



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

**ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΓΙΑ
ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2001-2021. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ
ΜΕΤΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΝΔΗΜΙΑΣ.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΡΤΕΜΙΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ

A.M. 2017050053

ΧΑΝΙΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2024

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

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



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

**ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΓΙΑ
ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2001-2021. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ
ΜΕΤΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΝΔΗΜΙΑΣ.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΡΤΕΜΙΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ

A.M. 2017050053

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Αναπληρωτής Καθηγητής Τρύφων Δάρας (Επιβλέπων)

Καθηγητής Λαζαρίδης Μιχάλης

Καθηγητής Φιλιππάκης Μιχάλης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα είναι ένα θέμα που απασχολεί έντονα την επιστημονική κοινότητα. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας έχει επιπτώσεις σε πολλούς τομείς όπως το κλίμα με την υπερθέρμανση του πλανήτη, η πανίδα και η χλωρίδα, η οικονομία αλλά και η δημόσια υγεία. Στις πόλεις η ανθρώπινη δραστηριότητα συμβάλλει στη συσσώρευση ρύπων στην ατμόσφαιρα γιατί εκεί συγκεντρώνονται οι περισσότερες ανθρωπογενείς πηγές ρύπων, (βιομηχανίες, βιοτεχνίες, οχήματα, κεντρικές θερμάνσεις κλπ.). Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα είναι η ευρύτερη περιοχή της Αθήνας και του Πειραιά.

Η εξέλιξη της αέριας ρύπανσης στο Λεκανοπέδιο της Αττικής παρακολουθείται με τη βοήθεια ενός δικτύου σταθμών του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης του ΥΠΕΝ.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της διαχρονικής εξέλιξης των αέριων ρύπων στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας στην 20ετία 2001 – 2021 και η επίδραση των μέτρων κατά της πανδημίας στο ύψος των μετρούμενων ρύπων.

Για την πραγμάτωση αυτής της εργασίας συγκεντρώθηκε το σύνολο των ωριαίων μετρήσεων των αερίων ρύπων τριών σταθμών για το διάστημα 2001 – 2021 όπως επίσης και οι τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων για την τριετία 2019 - 2021. Μελετήθηκε η διαχρονική μεταβολή των ρύπων σε τρεις σταθμούς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (Σταθμός Αθηνάς, Σταθμός Πατησίων και Σταθμός Πειραιά) για το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO_2), το όζον (O_3), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το διοξείδιο του θείου (SO_2) κατά τη διάρκεια της 20ετίας. Αναζητήθηκε πιθανή συσχέτιση ανάμεσα στις μέσες ετήσιες τιμές αερίων των ρύπων τριών σταθμών και βρέθηκαν μοντέλα που να συσχετίζουν τους ρύπους των σταθμών μεταξύ τους. Μελετήθηκαν οι ημερήσιες τιμές ρύπων για το διάστημα 11/3 – 3/5 για την τετραετία 2019 - 2021 και αναζητήθηκαν διαφορές στις τιμές των αερίων ρύπων εξαιτίας περιοριστικών μέτρων του 2020 λόγω της πανδημίας. Με τη βοήθεια στατιστικών πακέτων αναζητήθηκε η πρόβλεψη των τιμών των μελετώμενων ρύπων (βάση τριών διαφορετικών μοντέλων) για τα επόμενα 2 χρόνια. Τέλος μελετήθηκε η εξέλιξη των μετεωρολογικών παραμέτρων για την τριετία 2019 – 2021 και αναζητήθηκε η συσχέτιση του τιμών του O_3 με τις τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας.

ABSTRACT

The quality of atmospheric air is a matter of intense concern within the scientific community. Atmospheric pollution has implications in various sectors such as climate change, global warming, biodiversity, flora and fauna, the economy and public health. In urban areas, human activities contribute significantly to the accumulation of pollutants in the atmosphere, as these areas concentrate most anthropogenic sources of pollution, including industries, crafts, vehicles, central heating systems, etc. A typical example of this is the broader area of Athens and Piraeus.

The progression of air pollution in the Attica Basin is monitored through a network of stations belonging to the National Network for Monitoring Atmospheric Pollution of the Ministry of Environment and Energy (YPEN). The aim of this study is to examine the long-term evolution of gaseous pollutants in the wider Athens area during the period 2001-2021 and the impact of pandemic-related measures on the levels of measured pollutants.

For the realization of this study, the entire set of hourly measurements of gas of three stations pollutants for the period 2001-2021, as well as the values of meteorological parameters for the triennium 2019-2021, were collected. The chronological variation of pollutants was studied at three stations of the National Network for Monitoring Atmospheric Pollution (Athens Station, Patission Station, and Piraeus Station) for nitrogen monoxide (NO), nitrogen dioxide (NO₂), ozone (O₃), carbon monoxide (CO), and sulfur dioxide (SO₂) over the two decades. Possible correlations between the annual average values of gas pollutants of three stations were investigated, and models were found to relate the pollutants to each other.

Daily pollutant values for the period 11/3 - 3/5 for the years 2019-2021 were examined, and differences in gas pollutant values due to restrictive measures in 2020 during the pandemic were explored. Using statistical packages, predictions of the values of the studied pollutants (based on three different models) for the next 2 years were sought. Finally, the evolution of meteorological parameters for the triennium 2019-2021 was studied, and the correlation between O₃ values and solar radiation values was investigated.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διεξήχθη στο πλαίσιο του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών της Σχολής Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Τρύφωνα Δάρα, Αναπληρωτή Καθηγητή και επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την πολύτιμη βοήθεια και ουσιαστική καθοδήγησή του καθώς και τα μέλη της επιτροπής κ. Μιχάλη Λαζαρίδη και κ. Μιχάλη Φιλιππάκη για την αμέριστη βοήθειά τους καθώς και την εποικοδομητική συνεργασία τους.

Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί χωρίς την συμβολή της Δ/σης Κλιματικής Αλλαγής & Ποιότητας Ατμόσφαιρας του ΥΠΕΝ που παρείχε τα στοιχεία αέριας ρύπανσης και του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου (κα. Φουντά Δ. και κ. Πιέρρος Φ.) για την παροχή των μετεωρολογικών στοιχείων.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τους φίλους μου για τη στήριξη που παρείχαν όλο το διάστημα της εκπόνησης της εργασίας αυτής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΦΥΛΛΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	xvi

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

1.1 Η Γη και η Ατμόσφαιρά της	1
1.2 Η Σύσταση της ατμόσφαιρας	2
1.3 Η Κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας	4
1.3.1 Τροπόσφαιρα	5
1.3.2 Στρατόσφαιρα	5
1.3.3 Μεσόσφαιρα	5
1.3.4 Θερμόσφαιρα	6
1.3.5 Εξώσφαιρα	6
1.4 Ιονόσφαιρα και Μαγνητόσφαιρα	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

2.1 Εισαγωγή	8
2.2 Ορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης	9
2.3 Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων	10
2.4 Ο κύκλος των ρύπων στην ατμόσφαιρα	11
2.5 Διαδικασία διασποράς των ρύπων	13
2.6 Διαβάθμιση της αέριας ρύπανσης σε διάφορες χωρικές κλίμακες	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

3.1 Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι	19
3.1.1 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	19

3.1.2	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	20
3.1.3	Διοξείδιο (NO ₂) και μονοξείδιο του αζώτου (NO)	20
3.1.4	Όζον (O ₃)	21
3.1.5	Υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις	23
3.1.6	Αιωρούμενα σωματίδια	24
3.1.7	Μόλυβδος (Pb)	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

4.1	Νομοθεσία για την ποιότητα της ατμόσφαιρας	27
4.2	Αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης	30
4.3	Κανονισμοί - Διεθνείς Συμβάσεις και Πρωτόκολλα	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

5.1	Γεωγραφικά χαρακτηριστικά της Αθήνας	34
5.2	Κλιματικά χαρακτηριστικά της Αθήνας	36
5.3	Διοικητική διαίρεση	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2001 – 2021

6.1	Εισαγωγή	39
6.2	Διαδικασία συλλογής – επιλογής μετρήσεων	41
6.3	Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών των μετρούμενων ρύπων για το διάστημα 2001 – 2021	43
6.4	Ποσοστιαία μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών των μετρούμενων ρύπων από το 2001 στο 2021	46
6.5	Συμπεράσματα	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΜΕΤΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΝΔΗΜΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 11/3/2020 – 3/5/2020

7.1	Εισαγωγή	50
7.2	Μετρήσεις CO στον σταθμό Αθηνάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	52
7.3	Μετρήσεις CO στον σταθμό Πατησίων από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	53

7.4	Μετρήσεις NO ₂ στον σταθμό Αθηνάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	54
7.5	Μετρήσεις NO ₂ στον σταθμό Πατησίων από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	55
7.6	Μετρήσεις NO ₂ στον σταθμό Πειραιάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	56
7.7	Μετρήσεις O ₃ στον σταθμό Αθηνάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	57
7.8	Μετρήσεις O ₃ στον σταθμό Πατησίων από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	58
7.9	Μετρήσεις O ₃ στον σταθμό Πειραιάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	59
7.10	Μετρήσεις SO ₂ στον σταθμό Αθηνάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	60
7.11	Μετρήσεις SO ₂ στον σταθμό Πατησίων από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία	61
7.12	Μετρήσεις SO ₂ στον σταθμό Πειραιάς από 2017 έως 2021- στατιστική επεξεργασία	62
7.13	Μετρήσεις και ποσοστιαίες μεταβολές τιμών ρύπων	63
7.14	Συμπεράσματα	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2019-2021

8.1	Εισαγωγή	67
8.2	Μηνιαίες μετρήσεις CO 2019 - 2021	68
8.3	Μηνιαίες μετρήσεις SO ₂ 2019 - 2021	69
8.4	Μηνιαίες μετρήσεις NO ₂ 2019 - 2021	71
8.5	Μηνιαίες μετρήσεις O ₃ 2019 - 2021	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ (PEARSON) ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΝΑ ΡΥΠΟ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΟ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΙΠΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ

9.1	Εισαγωγή	74
9.2	Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων CO	75
9.3	Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων NO	78

9.4	Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων NO ₂	81
9.5	Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων SO ₂	84
9.6	Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων O ₃	87
9.7	Συμπεράσματα	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΑΝΑΛΥΣΗ - ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

10.1	Εισαγωγή	92
10.2	Μέθοδος WINTERS	95
10.2.1	Winters' Method CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021	95
10.2.2	Winters' Method CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021	96
10.2.3	Winters' Method SO ₂ ΣΤΑΘΜ.ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021	97
10.2.4	Winters' Method SO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019 - 2021	98
10.2.5	Winters' Method NO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021	99
10.2.6	Winters' Method NO ₂ ΣΤΑΘΜ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021	100
10.2.7	Winters' Method NO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019-2021	101
10.2.8	Winters' Method O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021	102
10.2.9	Winters' Method O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021	103
10.2.10	Winters' Method O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021	104
10.3	Μέθοδος διάσπασης χρονοσειράς (DECOMPOSITION)	105
10.3.1	Decomposition CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021	105
10.3.2	Decomposition CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021	107
10.3.3	Decomposition SO ₂ ΣΤΑΘΜ.ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021	109
10.3.4	Decomposition SO ₂ ΣΤΑΘΜ. ΠΕΙΡΑΙΑ 2019 - 2021	111
10.3.5	Decomposition NO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021	113
10.3.6	Decomposition NO ₂ ΣΤΑΘ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021	115
10.3.7	Decomposition NO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019-2021	117
10.3.8	Decomposition O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021	119
10.3.9	Decomposition O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021	121
10.3.10	Decomposition O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021	123
10.4	Ανάλυση Τάσης (TREND ANALYSIS)	125
10.4.1	Trend Analysis CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	125
10.4.2	Trend Analysis CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ	126
10.4.3	Trend Analysis CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ	127
10.4.4	Trend Analysis NO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	128

10.4.5	Trend Analysis NO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ	129
10.4.6	Trend Analysis NO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ	130
10.4.7	Trend Analysis NO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	131
10.4.8	Trend Analysis NO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ	132
10.4.9	Trend Analysis NO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ	133
10.4.10	Trend Analysis SO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	134
10.4.11	Trend Analysis SO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ	135
10.4.12	Trend Analysis SO ₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ	136
10.4.13	Trend Analysis O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ	137
10.4.14	Trend Analysis O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ	138
10.4.15	Trend Analysis O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ	139
10.5	Συμπεράσματα	140

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ (PEARSON) ΚΑΙ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΟΖΟΝΤΟΣ

11.1	Χρονοσειρές μετεωρολογικών παραμέτρων 2019-2021	142
11.2	Ανάλυση χρονοσειρών μετεωρολογικών παραμέτρων 2019-2021	142
11.3	Συσχέτιση O ₃ με τη θερμοκρασία. Συντελεστής συσχέτισης Pearson	147
11.4	Συσχέτιση O ₃ με ηλιακή ακτινοβολία	149

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

12	Συμπεράσματα	152
----	--------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 1991 - 2023	155
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	176
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ 2019 – 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	178
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ 2019 – 2021	182
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΟΓΛΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ	184

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1	Χημικά συστατικά του ατμοσφαιρικού αέρα (Πηγή: Μ.Λαζαρίδης 2020)	3
Πίνακας 2	Οριακές τιμές για το διοξείδιό του θείου (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	27
Πίνακας 3	Οριακές τιμές για αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ ₁₀ (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	28
Πίνακας 4	Οριακές τιμές για το αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ _{2,5} (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	28
Πίνακας 5	Οριακές τιμές για το διοξείδιο του αζώτου (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	28
Πίνακας 6	Οριακές τιμές για το μόλυβδο (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	29
Πίνακας 7	Οριακές τιμές για το όζον (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	29
Πίνακας 8	Οριακές τιμές για το μονοξείδιο του άνθρακα (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	29
Πίνακας 9	Οριακές τιμές για το βενζόλιο (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	29
Πίνακας 10	Οριακές τιμές για το αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο και βενζο(α)πυρένιο (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	30
Πίνακας 11	Όρια λήψης εκτάκτων (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας)	30
Πίνακας 12	Τιμές για τα αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ ₁₀ (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022)	31
Πίνακας 13	Δεδομένα σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ, που την ευθύνη λειτουργίας τους έχει το ΥΠΕΝ στην περιοχή Αθηνών	40

Πίνακας 14	Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης	41
Πίνακας 15	Ποσοστιαία μεταβολή μέσων ετησίων τιμών αερίων ρύπων στον σταθμό Πατησίων στην 20ετία 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	46
Πίνακας 16	Ποσοστιαία μεταβολή μέσων ετησίων τιμών αερίων ρύπων στον σταθμό Αθηνάς στην 20ετία 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	46
Πίνακας 17	Ποσοστιαία μεταβολή μέσων ετησίων τιμών αερίων ρύπων στον σταθμό Πειραιάς στην 20ετία 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	47
Πίνακας 18	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων CO στον σταθμό Αθηνάς από το 2017 έως το 2021	52
Πίνακας 19	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων CO στον σταθμό Πατησίων από το 2017 έως το 2021	53
Πίνακας 20	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων NO ₂ στον σταθμό Αθηνάς από το 2017 έως το 2021	54
Πίνακας 21	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων NO ₂ στον σταθμό Πατησίων από το 2017 έως το 2021.	55
Πίνακας 22	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων NO ₂ στον σταθμό Πειραιά από το 2017 έως το 2021	56
Πίνακας 23	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων O ₃ στον σταθμό Αθηνάς από το 2017 έως το 2021	57
Πίνακας 24	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων O ₃ στον σταθμό Πατησίων από το 2017 έως το 2021	58
Πίνακας 25	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων O ₃ στον σταθμό Πειραιά από το 2017 έως το 2021	59
Πίνακας 26	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων SO ₂ στον σταθμό Αθηνάς από το 2017 έως το 2021	60
Πίνακας 27	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων SO ₂ στον σταθμό Πατησίων από το 2017 έως το 2021	61
Πίνακας 28	Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων SO ₂ στον σταθμό Πειραιά από το 2017 έως το 2021	62
Πίνακας 29	Μέσες τιμές ρύπων για το διάστημα 11/3 – 3/5 (2019)	63
Πίνακας 30	Μέσες τιμές ρύπων για το διάστημα 11/3 – 3/5 (2020)	64
Πίνακας 31	Μέσες τιμές ρύπων για το διάστημα 11/3 – 3/5 (2021)	64
Πίνακας 32	% διαφορά μέσων τιμών ρύπων του 2019 από το 2020	64
Πίνακας 33	% διαφορά μέσων τιμών ρύπων του 2021 από το 2020	65
Πίνακας 34	Μέσες ετήσιες τιμές των ρύπων για το 2019, 2020 και 2021	68
Πίνακας 35	Πίνακας συντελεστών συσχέτισης Pearson	91

Πίνακας 36	Τιμές πρόβλεψης - μέτρησης (Μοντέλο Trend Analysis)	140
Πίνακας 37	Τιμές πρόβλεψης - μέτρησης (Μοντέλα Winters – Decomposition)	141

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1	Η ατμόσφαιρα της γης	2
Εικόνα 2	Στρώματα της ατμόσφαιρας	4
Εικόνα 3	Ιονόσφαιρα και Μαγνητόσφαιρα	7
Εικόνα 4	Σχηματική περιγραφή των ατμοσφαιρικών διεργασιών που επηρεάζουν τη διασπορά των ρύπων	13
Εικόνα 5	Χωρικές και χρονικές κλίμακες ορισμένων χαρακτηριστικών διαδικασιών μεταφοράς των αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα (πηγή: Μ. Λαζαρίδης, 2020).	17
Εικόνα 6	Σχηματική αναπαράσταση της κατανομής επιφανείας σωματιδίων ατμοσφαιρικού αεροζόλ. (πηγή: Ι. Γεντεκάκης, 2010).	25
Εικόνα 7	Το ανάγλυφο της Αττικής	35
Εικόνα 8	Χάρτης σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αττική	42
Εικόνα 9	Χάρτης θέσης των σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης Αθηνάς, Πατησίων και Πειραιάς	74
Εικόνα 10	Ανεμολόγιο με τις επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου	145

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1	Χωρική και χρονική κλιμάκωση και μεταβλητότητα διαφόρων ατμοσφαιρικών οντοτήτων. (Πηγή: Ι. Γεντεκάκης 2010)	18
Διάγραμμα 2	Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών CO για το διάστημα 2001 – 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$).	43
Διάγραμμα 3	Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών NO για το διάστημα 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$).	44
Διάγραμμα 4	Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών NO ₂ για το διάστημα 2001 - 2021(σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$).	44
Διάγραμμα 5	Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών SO ₂ για το διάστημα 2001 - 2021(σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$).	45
Διάγραμμα 6	Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών O ₃ για το διάστημα 2001 - 2021(σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$).	45
Διάγραμμα 7	Μέσοι όροι τιμών CO στον σταθμό Αθηνάς	53
Διάγραμμα 8	Μέσοι όροι τιμών CO στον σταθμό Πατησίων	54
Διάγραμμα 9	Μέσοι όροι τιμών NO ₂ στον σταθμό Αθηνάς	55
Διάγραμμα 10	Μέσοι όροι τιμών NO ₂ στον σταθμό Πατησίων	56
Διάγραμμα 11	Μέσοι όροι τιμών NO ₂ στον σταθμό Πειραιά	57
Διάγραμμα 12	Μέσοι όροι τιμών O ₃ στον σταθμό Αθηνάς	58
Διάγραμμα 13	Μέσοι όροι τιμών O ₃ στον σταθμό Πατησίων	59
Διάγραμμα 14	Μέσοι όροι τιμών O ₃ στον σταθμό Πειραιά	60
Διάγραμμα 15	Μέσοι όροι τιμών SO ₂ στον σταθμό Αθηνάς	61
Διάγραμμα 16	Μέσοι όροι τιμών SO ₂ στον σταθμό Πατησίων	62
Διάγραμμα 17	Μέσοι όροι τιμών SO ₂ στον σταθμό Πειραιά	63
Διάγραμμα 18	Μηνιαίες μεταβολές του CO στον σταθμό Αθηνάς για τα έτη 2019 – 2021	68
Διάγραμμα 19	Μηνιαίες μεταβολές του CO στον σταθμό Πατησίων για τα έτη 2019 – 2021	69
Διάγραμμα 20	Μηνιαίες μεταβολές του SO ₂ στον σταθμό Πατησίων για τα έτη 2019 – 2021	69
Διάγραμμα 21	Μηνιαίες μεταβολές του SO ₂ στον σταθμό Αθηνάς για τα έτη 2019 – 2021.	70
Διάγραμμα 22	Μηνιαίες μεταβολές του SO ₂ στον σταθμό Πειραιά για τα έτη 2019 – 2021	70

Διάγραμμα 23	Μηνιαίες μεταβολές του NO ₂ στον σταθμό Αθηνάς για τα έτη 2019 - 2021.	71
Διάγραμμα 24	Μηνιαίες μεταβολές του NO ₂ στον σταθμό Πατησίων για τα έτη 2019 – 2021.	71
Διάγραμμα 25	Μηνιαίες μεταβολές του NO ₂ στον σταθμό Πειραιά για τα έτη 2019 – 2021.	72
Διάγραμμα 26	Μηνιαίες μεταβολές του O ₃ στον σταθμό Αθηνάς για τα έτη 2019 – 2021.	72
Διάγραμμα 27	Μηνιαίες μεταβολές του O ₃ στον σταθμό Πατησίων για τα έτη 2019 – 2021.	73
Διάγραμμα 28	Μηνιαίες μεταβολές του O ₃ στον σταθμό Πειραιά για τα έτη 2019 – 2021	73
Διάγραμμα 29	Διάγραμμα μετρήσεων CO (Αθηνάς, Πατησίων) σε µg/m ³	75
Διάγραμμα 30	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων CO Αθηνάς - Πατησίων	76
Διάγραμμα 31	Διάγραμμα μετρήσεων CO (Πειραιάς, Πατησίων) σε µg/m ³	76
Διάγραμμα 32	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων CO Πειραιά - Πατησίων	77
Διάγραμμα 33	Διάγραμμα μετρήσεων CO (Πειραιάς, Αθηνάς) σε µg/m ³	77
Διάγραμμα 34	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων CO Πειραιά - Αθηνάς	78
Διάγραμμα 35	Διάγραμμα μετρήσεων NO (Αθηνάς, Πατησίων) σε µg/m ³	78
Διάγραμμα 36	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO Αθηνάς-Πατησίων	79
Διάγραμμα 37	Διάγραμμα μετρήσεων NO (Πειραιάς, Πατησίων) σε µg/m ³	79
Διάγραμμα 38	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO Πειραιά -Πατησίων	80
Διάγραμμα 39	Διάγραμμα μετρήσεων NO (Πειραιάς, Αθηνάς) σε µg/m ³	80
Διάγραμμα 40	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO Πειραιά - Αθηνάς	81
Διάγραμμα 41	Διάγραμμα μετρήσεων NO ₂ (Αθηνάς, Πατησίων) σε µg/m ³	81
Διάγραμμα 42	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO ₂ Αθηνάς-Πατησίων	82
Διάγραμμα 43	Διάγραμμα μετρήσεων NO ₂ (Πειραιάς, Πατησίων) σε µg/m ³	82
Διάγραμμα 44	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO ₂ Πειραιά -Πατησίων	83

Διάγραμμα 45	Διάγραμμα μετρήσεων NO ₂ (Πειραιάς, Αθηνάς) σε μg/m ³	83
Διάγραμμα 46	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO ₂ Πειραιά - Αθηνάς	84
Διάγραμμα 47	Διάγραμμα μετρήσεων SO ₂ (Αθηνάς, Πατησίων) σε μg/m ³	84
Διάγραμμα 48	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων SO ₂ Αθηνάς-Πατησίων	85
Διάγραμμα 49	Διάγραμμα μετρήσεων SO ₂ (Πειραιάς, Πατησίων) σε μg/m ³	85
Διάγραμμα 50	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων SO ₂ Πειραιά -Πατησίων	86
Διάγραμμα 51	Διάγραμμα μετρήσεων SO ₂ (Πειραιάς, Αθηνάς) σε μg/m ³	86
Διάγραμμα 52	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων SO ₂ Πειραιά - Αθηνάς	87
Διάγραμμα 53	Διάγραμμα μετρήσεων O ₃ (Αθηνάς, Πατησίων) σε μg/m ³	87
Διάγραμμα 54	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων O ₃ Αθηνάς-Πατησίων	88
Διάγραμμα 55	Διάγραμμα μετρήσεων O ₃ (Πειραιάς, Πατησίων) σε μg/m ³	88
Διάγραμμα 56	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων O ₃ Πειραιά -Πατησίων	89
Διάγραμμα 57	Διάγραμμα μετρήσεων O ₃ (Πειραιάς, Αθηνάς) σε μg/m ³	89
Διάγραμμα 58	Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων O ₃ Πειραιά - Αθηνάς	90
Διάγραμμα 59	Διάγραμμα μετρήσεων θερμοκρασίας σε °C	143
Διάγραμμα 60	Διάγραμμα μετρήσεων ταχύτητας ανέμου σε m/sec	143
Διάγραμμα 61	Διάγραμμα διεύθυνσης ανέμου	144
Διάγραμμα 62	Ιστόγραμμα διεύθυνσης ανέμου	145
Διάγραμμα 63	Διάγραμμα ωριαίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m ² για τα έτη 2019-2021	146
Διάγραμμα 64	Διάγραμμα ημερησίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m ² για τα έτη 2019-2021	146
Διάγραμμα 65	Διάγραμμα ημερησίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m ² για τα δυο ηλιοστάσια	147
Διάγραμμα 66	Διάγραμμα ημερησίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m ² για την ημέρα 3/8/2021	150

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΦΥΛΛΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Φύλλο Ανάλυσης 1	Winters method CO Σταθμός Αθηνάς	95
Φύλλο Ανάλυσης 2	Winters method CO Σταθμός Πατησίων	96
Φύλλο Ανάλυσης 3	Winters method SO ₂ Σταθμός Πατησίων	97
Φύλλο Ανάλυσης 4	Winters method SO ₂ Σταθμός Πειραιά	98
Φύλλο Ανάλυσης 5	Winters method NO ₂ Σταθμός Αθηνάς	99
Φύλλο Ανάλυσης 6	Winters method NO ₂ Σταθμός Πατησίων	100
Φύλλο Ανάλυσης 7	Winters method NO ₂ Σταθμός Πειραιά	101
Φύλλο Ανάλυσης 8	Winters method O ₃ Σταθμός Αθηνάς	102
Φύλλο Ανάλυσης 9	Winters method O ₃ Σταθμός Πατησίων	103
Φύλλο Ανάλυσης 10	Winters method O ₃ Σταθμός Πειραιά	104
Φύλλο Ανάλυσης 11	Decomposition method CO Σταθμός Αθηνάς	106
Φύλλο Ανάλυσης 12	Decomposition method CO Σταθμός Πατησίων	108
Φύλλο Ανάλυσης 13	Decomposition method SO ₂ Σταθμός Πατησίων	110
Φύλλο Ανάλυσης 14	Decomposition method SO ₂ Σταθμός Πειραιά	112
Φύλλο Ανάλυσης 15	Decomposition method NO ₂ Σταθμός Αθηνάς	114
Φύλλο Ανάλυσης 16	Decomposition method NO ₂ Σταθμός Πατησίων	116
Φύλλο Ανάλυσης 17	Decomposition method NO ₂ Σταθμός Πειραιά	118
Φύλλο Ανάλυσης 18	Decomposition method O ₃ Σταθμός Αθηνάς	120
Φύλλο Ανάλυσης 19	Decomposition method O ₃ Σταθμός Πατησίων	122
Φύλλο Ανάλυσης 20	Decomposition method O ₃ Σταθμός Πειραιά	124
Φύλλο Ανάλυσης 21	Trend Analysis method CO Σταθμός Πατησίων	125
Φύλλο Ανάλυσης 22	Trend Analysis method CO Σταθμός Αθηνάς	126
Φύλλο Ανάλυσης 23	Trend Analysis method CO Σταθμός Πειραιά	127
Φύλλο Ανάλυσης 24	Trend Analysis method NO Σταθμός Πατησίων	128
Φύλλο Ανάλυσης 25	Trend Analysis method NO Σταθμός Αθηνάς	129
Φύλλο Ανάλυσης 26	Trend Analysis method NO Σταθμός Πειραιά	130
Φύλλο Ανάλυσης 27	Trend Analysis method NO ₂ Σταθμός Πατησίων	131
Φύλλο Ανάλυσης 28	Trend Analysis method NO ₂ Σταθμός Αθηνάς	132
Φύλλο Ανάλυσης 29	Trend Analysis method NO ₂ Σταθμός Πειραιά	133
Φύλλο Ανάλυσης 30	Trend Analysis method SO ₂ Σταθμός Πατησίων	134
Φύλλο Ανάλυσης 31	Trend Analysis method SO ₂ Σταθμός Αθηνάς	135
Φύλλο Ανάλυσης 32	Trend Analysis method SO ₂ Σταθμός Πειραιά	136
Φύλλο Ανάλυσης 33	Trend Analysis method O ₃ Σταθμός Πατησίων	137
Φύλλο Ανάλυσης 34	Trend Analysis method O ₃ Σταθμός Αθηνάς	138

Φύλλο Ανάλυσης 35	Trend Analysis O_3 Σταθμός Πειραιά	139
Φύλλο Ανάλυσης 36	Υπολογισμός συντελεστή συσχέτισης Pearson T - O_3	148
Φύλλο Ανάλυσης 37	Γραμμική παλινδρόμηση O_3 - T	149
Φύλλο Ανάλυσης 38	Υπολογισμός συντελεστή συσχέτισης Pearson O_3 -Ηλιακής ακτινοβολίας	151
Φύλλο Ανάλυσης 39	Γραμμική παλινδρόμηση O_3 – Ηλιακής Ακτινοβολίας	151

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

1.1 Η Γη και η Ατμόσφαιρα της

Η Γη περιβάλλεται από ένα εκτεταμένο περίβλημα αερίων, γνωστό ως ατμόσφαιρα, το οποίο την ακολουθεί στο σύνολο των κινήσεων της. Έτσι, εκτός των άλλων κινήσεων που εκτελεί, η ατμόσφαιρα περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της Γης, από τα δυτικά προς τα ανατολικά, με ταχύτητα η οποία δεν ταυτίζεται πάντα με την αντίστοιχη του στερεού τμήματος του πλανήτη. Η ατμόσφαιρα αποτελεί ζωτικής σημασίας παράγοντα για την εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη μας.

Χωρίς την ατμόσφαιρα της, η Γη δεν θα είχε υδάτινες επιφάνειες, λίμνες, ωκεανούς, ούτε θα υπήρχαν ηχητικά φαινόμενα και σύννεφα. Επίσης, οι θερμοκρασίες θα ήταν ακραίες, με πολύ ψυχρές νύχτες και υπερβολικά ζεστές ημέρες. Ο αέρας που αποτελεί μείγμα αερίων άγευστο, άοσμο και τις περισσότερες φορές άχρωμο, προστατεύει τη ζωή από την επικίνδυνη ηλιακή ακτινοβολία, καθώς επίσης και από συγκρούσεις με ύλη του διαστήματος (μετεωρίτες, αστεροειδείς κτλ.). Η ατμόσφαιρα της Γης αποτελείται κυρίως από άζωτο (N_2) και οξυγόνο (O_2), καθώς και από νέφη που περιέχουν όλες τις μορφές του νερού: υδρατμούς, σταγονίδια βροχής και παγοκρυστάλλους. Περίπου το 99% της ατμοσφαιρικής μάζας συγκεντρώνεται στα πρώτα 40 km από την επιφάνεια. Το όριο ανάμεσα στην ατμόσφαιρα και το διάστημα δεν είναι αυστηρά καθορισμένο. Καθώς μεγαλώνει η απόστασή της από τη γη, η ατμόσφαιρα σταδιακά εξασθενεί και εξαφανίζεται σιγά-σιγά στο διάστημα. Η γραμμή Κάρμαν στα 100 km λαμβάνεται επίσης συχνά ως το σύνορο μεταξύ της ατμόσφαιρας και του διαστήματος.

Το ατμοσφαιρικό στρώμα μέχρι τα 85 km ύψος ονομάζεται ομοιόσφαιρα, καθώς επικρατούν συνθήκες πλήρους μίξης και ο αέρας έχει σταθερό μοριακό βάρος. Πάνω από αυτό το όριο υπάρχει η ετερόσφαιρα. Η πυκνότητα εκεί είναι τόσο μικρή που τα μόρια και τα άτομα συγκρούονται λιγότερο συχνά με αποτέλεσμα τα αέρια να διαστρωματώνονται ανάλογα με το μοριακό τους βάρος.

Η ατμόσφαιρα απορροφά την κοσμική και την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από τον ήλιο, προστατεύοντας τη ζωή από επικίνδυνες επιδράσεις. Επίσης, επαναπορροφά μέρος της υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης, διατηρώντας τη θερμοκρασία στα σταθερά επίπεδα. Γενικώς, η ατμόσφαιρα είναι καθοριστική για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη μας, παρέχοντας τις κατάλληλες συνθήκες για την ύπαρξη και την ανάπτυξη της ζωής όπως την γνωρίζουμε.



Εικόνα 1: Η ατμόσφαιρα της γης

1.2. Η Σύσταση της Ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα περιλαμβάνει σημαντικά ποσοστά άζωτου (N_2) και οξυγόνου (O_2), που ανέρχονται στο 78% και 21%, αντίστοιχα. Τα χημικά συστατικά του ατμοσφαιρικού αέρα παρατίθενται στον Πίνακα 1. Σημειώνεται πως η αναλογία αζώτου και οξυγόνου παραμένει σταθερή μέχρι περίπου τα 85 km. Κοντά στην επιφάνεια υπάρχει ισορροπία στην παραγωγή και καταστροφή των αερίων αυτών. Το άζωτο απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα μέσω βιολογικών διεργασιών από βακτήρια που βρίσκονται στο έδαφος. Τα βακτήρια αυτά εμπλέκονται στην αποσύνθεση οργανικής ύλης και απελευθερώνουν άζωτο στην ατμόσφαιρα. Το οξυγόνο, από την άλλη πλευρά, απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα κατά την αποσύνθεση οργανικών υλικών, καθώς και μέσω χημικών αντιδράσεων με άλλες ουσίες, που οδηγούν στην παραγωγή οξειδίων.

Ακόμη, κατά τη διαδικασία της αναπνοής, οι πνεύμονες απομακρύνουν οξυγόνο και ελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα. Στη φύση, το οξυγόνο επανέρχεται στην ατμόσφαιρα μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Κατά τη φωτοσύνθεση, τα φυτά απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα και νερό, με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας, και παράγουν οξυγόνο και σάκχαρο. Όσον αφορά το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), αυτό αποτελεί φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας και αντιπροσωπεύει μικρό, αλλά εξαιρετικά σημαντικό, ποσοστό

του ατμοσφαιρικού αέρα (περίπου 0,037%). Εκτιμάται ότι προέρχεται από διάφορες πηγές, όπως η αποσύνθεση της βλάστησης, οι εκρήξεις ηφαιστείων και η καύση ορυκτών καυσίμων όπως οι γαιάνθρακες, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η απομάκρυνση του CO₂ από την ατμόσφαιρα επιτελείται κυρίως μέσω της διεργασίας της φωτοσύνθεσης, καθώς τα φυτά καταναλώνουν το CO₂ για την παραγωγή χλωροφύλλης. Επιπλέον, οι ωκεανοί αποτελούν σημαντική αποθήκη CO₂, καθώς το φυτοπλαγκτόν διατηρεί το CO₂ σε οργανικούς ιστούς. Υπολογίζεται ότι οι ωκεανοί φιλοξενούν περισσότερο από 50 φορές τη συνολική ποσότητα του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα.

Ονομασία Αερίου	Σύμβολο	Περιεκτικότητα		Πυκνότητα σε gr/m ³	Μοριακό βάρος	Κρίσιμη Θερμοκρασία	Μέση Μοριακή ταχύτητα σε 0° C
		Κατ' όγκο	Κατά βάρος				
Αζώτο	N ₂	78,08	75,51	1250	28,016	-147,2	454 m/sec
Οξυγόνο	O ₂	20,95	23,14	1429	32,000	-118,9	425 m/sec
Αργό	Ar	0,93	1,3	1786	39,944	-122,0	380 m/sec
Διοξ. Άνθρακα	CO ₂	0,03	~0,5	1977	44,010	31,0	362 m/sec
Νέο	Ne	18,18 × 10 ⁻⁴	120 × 10 ⁻⁵	900	20,183	-228,0	-
Ήλιο	He	5,24 × 10 ⁻⁴	8,10 ⁻⁵	178	4,003	-258,0	1202 m/sec
Μεθάνιο	CH ₄	~2,2×10 ⁻⁴	-	717	16,04	-	-
Κρυπτό	Kr	1,14 × 10 ⁻⁴	29,10 ⁻⁵	3736	83,7	-63,0	-
Υποξειδ. Αζώτου	N ₂ O	(0,5±0,1) × 10 ⁻⁴	-	1978	44,016	-	-
Υδρογόνο	H ₂	~0,5 × 10 ⁻⁴	0,35 × 10 ⁻⁵	90	2,016	-239,0	1700 m/sec
Ξένο	Xe	0,087 × 10 ⁻⁴	3,6 × 10 ⁻⁵	5891	131,3	16,6	-
Όζον	O ₃	(0-0,07) × 10 ⁻⁴ έως (1-3) × 10 ⁻⁴	~0,17×10 ⁻⁵	2140	48,0	5,0	-

Πίνακας 1: Χημικά συστατικά του ατμοσφαιρικού αέρα (Πηγή: Μ. Λαζαρίδης 2020)

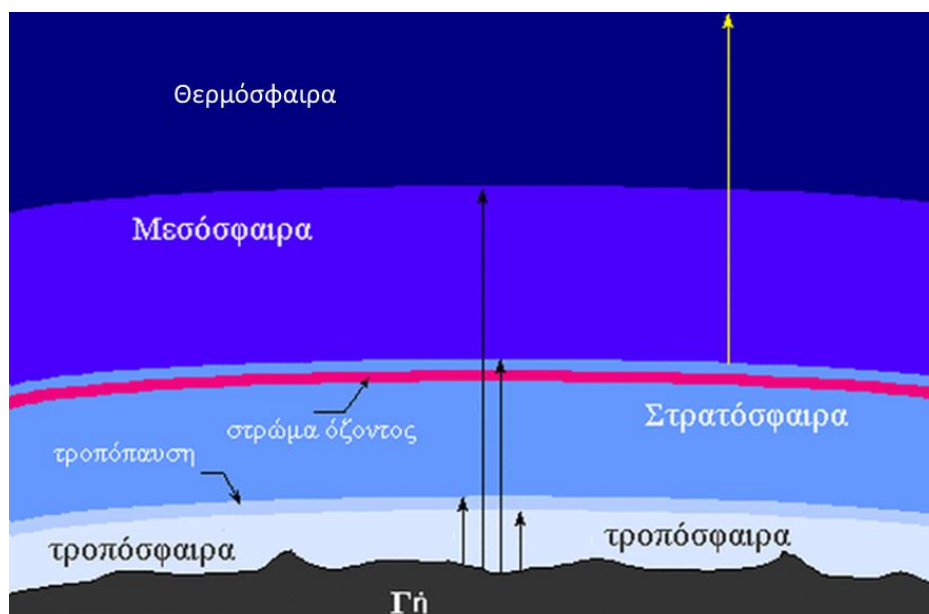
Σημειώνεται πως η μέση ετήσια συγκέντρωση του CO₂ έχει παρουσιάσει αύξηση κατά τα προηγούμενα έτη. Στα τέλη της δεκαετίας του 1950, η συγκέντρωση ήταν περίπου 315 ppm κατ' όγκο, ενώ το 1992 αυξήθηκε στα 355 ppm. Η παγίδευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας από το διοξείδιο του άνθρακα οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην

επιφάνεια της Γης. Μαθηματικά μοντέλα προβλέπουν ότι μια διπλασιασμένη συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο από 1,5°C έως 4,5°C, έχοντας απρόβλεπτες συνέπειες για τα οικοσυστήματα του πλανήτη.

1.3 Η κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας

Μέχρι το ύψος των 80-100 km η χημική σύνθεση της ατμόσφαιρας παραμένει σταθερή. Ωστόσο με βάση την κατακόρυφη κατανομή (μεταβολή) της θερμοκρασίας διακρίνονται σε αυτή τα ακόλουθα στρώματα (Μ.Λαζαρίδης, 2020):

- **Τροπόσφαιρα** (troposphere): από ύψος 0 μέχρι 8-16 km (ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος) όπου βρίσκεται και η τροπόπαυση.
- **Στρατόσφαιρα** (stratosphere): από τη τροπόπαυση μέχρι τα 50-55 km όπου βρίσκεται και η στρατόπαυση.
- **Μεσόσφαιρα** (mesosphere): από τη στρατόπαυση μέχρι τα 80-85 km όπου βρίσκεται και η μεσόπαυση.
- **Θερμόσφαιρα** (thermosphere): από τη μεσόπαυση μέχρι τα 400 km όπου βρίσκεται η θερμόπαυση.
- **Εξώσφαιρα** (exosphere): από τη θερμόπαυση μέχρι τα 3500 km



Εικόνα 2: Στρώματα της ατμόσφαιρας

Γενικά ο αέρας έχει προοδευτικά μικρότερη πυκνότητα καθώς κινούμαστε προς τα επάνω, από τα κατώτερα στα ανώτερα στρώματα.

1.3.1 Τροπόσφαιρα

Στην τροπόσφαιρα περιέχεται περίπου το 80% της μάζας της ατμόσφαιρας και το σύνολο σχεδόν των υδρατμών της. Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς μειώνεται με την αύξηση του ύψους, επειδή μειώνεται και η θερμοκρασία. Αποτελεί την περιοχή στην οποία συμβαίνουν σχεδόν το σύνολο των διεργασιών που ονομάζονται καιρικά φαινόμενα. Η επιφάνεια της γης θερμαίνεται από τον ήλιο και θερμαίνει και τον αέρα πάνω από αυτήν. Επίσης στην τροπόσφαιρα βρίσκονται όλα τα έμβια όντα και για το λόγο αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η μελέτη αυτού του τμήματος της ατμόσφαιρας. Η τροπόσφαιρα δεν θερμαίνεται τόσο από την απορρόφηση ακτινοβολίας, όσο με μεταφορά από τη θερμή επιφάνεια της γης. Στην τροπόσφαιρα εκπέμπεται το σύνολο των αερίων ρύπων που προέρχονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές. Σε αυτό το κομμάτι της ατμόσφαιρας λαμβάνουν χώρα τα φαινόμενα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα οποία έχουν άμεσες επιπτώσεις τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και στον ίδιο τον άνθρωπο.

1.3.2 Στρατόσφαιρα

Η στρατόσφαιρα ξεκινάει πάνω από την τροπόσφαιρα και μετά την περιοχή της τροπόπαυσης, που αποτελεί το όριο διαχωρισμού του ενός από το άλλο στρώμα. Παρουσιάζει έντονη στρωμάτωση και φτωχή ανάμειξη, ενώ τα σωματίδια που εισάγονται σε αυτή έχουν μεγάλους χρόνους παραμονής. Η ανταλλαγή ενέργειας με ακτινοβολία στην περιοχή αυτή γίνεται σχεδόν σε συνθήκες ισορροπίας.

1.3.3 Μεσόσφαιρα

Στο στρώμα της μεσόσφαιρας ο αέρας είναι πολύ λεπτός και η ατμοσφαιρική πίεση πολύ χαμηλή. Μολονότι τα μόρια αζώτου και οξυγόνου είναι τα ίδια συγκριτικά με αυτά που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης, η πυκνότητα διαφέρει πολύ λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης, με αποτέλεσμα μια μεσοσφαιρική αναπνοή να περιέχει πολύ λιγότερα μόρια οξυγόνου από μια τροποσφαιρική. Η θερμοκρασία στην περιοχή αυτή είναι στους -90°C , αντιπροσωπεύοντας το ψυχρότερο τμήμα της ατμόσφαιρας.

1.3.4 Θερμόσφαιρα

Η θερμόσφαιρα αποτελεί ένα θερμό στρώμα που βρίσκεται πάνω από τη μεσόσφαιρα και λειτουργεί ως φίλτρο για τις ηλιακές ακτίνες. Τα μόρια οξυγόνου σε αυτό το στρώμα απορροφούν τις ηλιακές ακτίνες, προκαλώντας θέρμανση του αέρα. Ειδικότερα, η υπεριώδης ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος απορροφάται από το οξυγόνο, προκαλώντας φωτόλυση των μορίων και αύξηση της θερμοκρασίας. Ενώ η θερμοκρασία στην θερμόσφαιρα είναι υψηλή, ο άνθρωπος δεν αισθάνεται ζέστη εξαιτίας της αραιής πυκνότητας των μορίων σε αυτήν την περιοχή, που δυσχεραίνει τη μετάδοση της θερμότητας. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει γιατί ο αέρας είναι αραιός και οι συγκρούσεις μεταξύ των μορίων είναι σπάνιες, αφήνοντας τη θερμική ακτινοβολία να διαδίδεται ελεύθερα. Η μεταβολή της θερμοκρασίας στην θερμόσφαιρα συναρτάται με το ύψος και εκδηλώνεται μέσω διαφορετικών στρωμάτων.

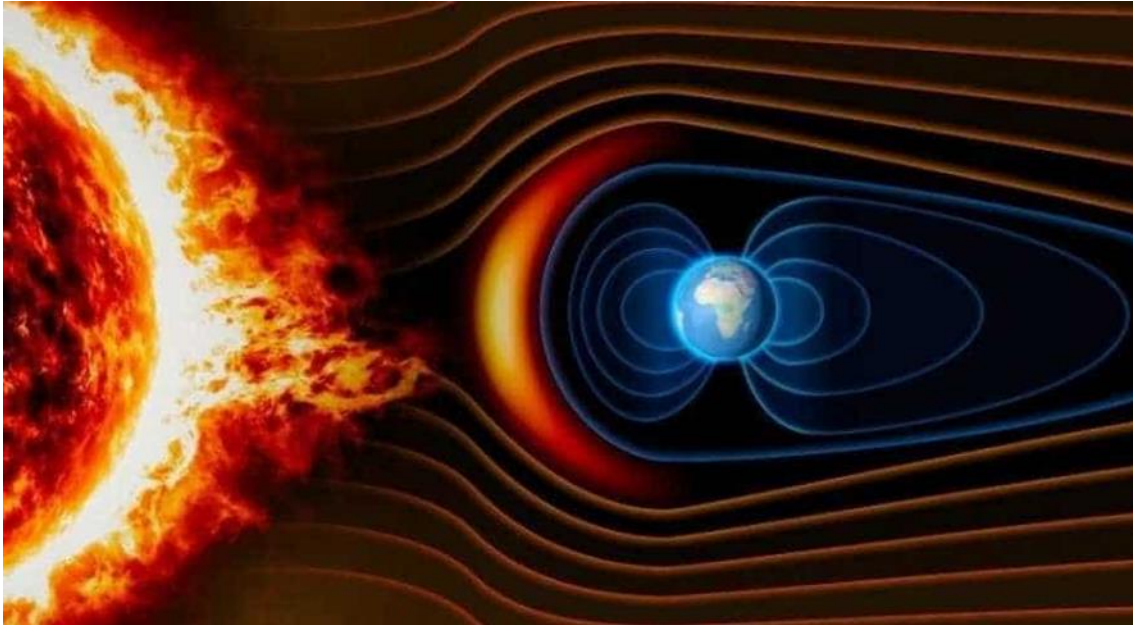
1.3.5 Εξώσφαιρα

Η εξώσφαιρα αποτελεί το στρώμα που βρίσκεται μετά τη θερμόπαυση, όπου η ατμόσφαιρα γίνεται ισόθερμη. Η βάση της εξώσφαιρας κυμαίνεται περίπου από 400-500 km ενώ πρέπει να σημειωθεί πως εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ηλιακή δραστηριότητα. Στο εν λόγω στρώμα παρατηρείται μεγάλη μέση ελεύθερη διαδρομή των μορίων καθώς και μεγάλη θερμική αγωγιμότητα, πράγμα που διευκολύνει τα ουδέτερα άτομα των αερίων να μπορούν να διαφύγουν τη βαρυτική έλξη της Γης.

1.4 Ιονόσφαιρα και Μαγνητόσφαιρα

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το τμήμα της ατμόσφαιρας που εκτείνεται μεταξύ 60-300 km. Στην περιοχή αυτή, η μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία δημιουργεί έναν σημαντικό αριθμό ιονισμένων ατόμων και μορίων και των αντίστοιχων ελευθέρων ηλεκτρονίων.

Έτσι, σχηματίζεται μία κατανομή πυκνότητας ηλεκτρονίων κατά την κατακόρυφο, με χαρακτηριστικές ζώνες ή περιοχές μεγάλης πυκνότητας, που αποτελούν τη λεγόμενη «ιονόσφαιρα».



Εικόνα 3: Ιονόσφαιρα και Μαγνητόσφαιρα

Τα ιονοσφαιρικά στρώματα χαρακτηρίζονται από μεγάλη μεταβλητότητα κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Πάνω από την ιονόσφαιρα βρίσκεται η λεγόμενη «μαγνητόσφαιρα», όπου τα φορτισμένα σωματίδια επηρεάζονται από το μαγνητικό πεδίο της Γης. Αν και κοντά στην επιφάνεια της Γης οι γραμμές του γεωμαγνητικού πεδίου είναι παρόμοιες με εκείνες που σχηματίζονται από μαγνητικό δίπολο, σε μεγαλύτερα ύψη παραμορφώνονται από τον ηλιακό άνεμο και αποκτούν ατρακτοειδές σχήμα. Ειδικότερα, σε απόσταση 10 ακτινών Γης (από την πλευρά του φωτισμένου ημισφαιρίου), το μαγνητικό πεδίο εξασθενεί και γίνεται σχεδόν αμελητέο. Πρόκειται για τη λεγόμενη «μαγνητόπωση», η οποία οριοθετεί τη μαγνητόσφαιρα. Από την άλλη μεριά (στο σκοτεινό ημισφαίριο), η μαγνητόσφαιρα εκτείνεται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, σχηματίζοντας τη λεγόμενη «μαγνητική ουρά της Γης».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

2.1 Εισαγωγή

Κάνοντας μια σύντομη ιστορική αναδρομή, παρατηρούμε πως η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει μακρά πορεία. Αρχικά, οι πρώτες κοινότητες βρέθηκαν αντιμέτωπες με την ανάγκη μετακίνησης λόγω δυσοσμίας και ρύπανσης περιβάλλοντος που πρόκυπτε από τα απόβλητα που παρήγαγαν. Έπειτα από την ανακάλυψη της φωτιάς, η ανθρωπότητα ξεκίνησε να επηρεάζει αρνητικά το περιβάλλον των εσωτερικών χώρων μέσω της καύσης. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη της καμινάδας, κάτι το οποίο επέτρεψε την απομάκρυνση των προϊόντων καύσης στον εξωτερικό χώρο. Ωστόσο, η χρήση των καμινάδων μετέφερε το πρόβλημα της ρύπανσης από τους εσωτερικούς χώρους στην ατμόσφαιρα, δημιουργώντας καπνούς σε περιοχές με πυκνή κατοίκηση.

Ο Ιπποκράτης, γνωστός ως ο πατέρας της Ιατρικής, έκανε την πρώτη αναφορά σχετικά με την σύνδεση μεταξύ επιδημικών φαινομένων και κλιματολογικών συνθηκών, τον 4ο αιώνα π.Χ. Επίσης, ήταν ο πρώτος που περιέγραψε την σημασία της υγιεινής των πόλεων, λαμβάνοντας υπόψη τον προσανατολισμό τους και τις τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες. Οι γνώσεις αυτές εμπλουτίστηκαν από την περίφημη Ιατρική Σχολή της Αλεξάνδρειας τον 1ο αιώνα π.Χ., καθώς και από τον Βιτρούβιο, ο οποίος έγραψε για τον σωστό προσανατολισμό κτιρίων, δρόμων και πόλεων. Ο Σενέκας, ένας Ρωμαίος φιλόσοφος, κάνει για πρώτη φορά αναφορά για τη βρωμιά από τις καπνοδόχους στη Ρώμη, το 61 μ.Χ.

Κατά τη διάρκεια του 1157 μ.Χ., η σύζυγος του Βασιλιά της Αγγλίας Ερρίκου II αναγκάστηκε να μετακινηθεί λόγω αέριας ρύπανσης που προήρχετο από την καύση κάρβουνου στο Κάστρο του Νότινγχαμ.

Η βιομηχανική επανάσταση του 18ου αιώνα συνδέθηκε με την έντονη χρήση άνθρακα και, σε μικρότερο βαθμό, πετρελαίου, για την παραγωγή ενέργειας, επιφέροντας σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα από τους καπνούς και τις στάχτες. Κατά τον 19ο αιώνα, το κύριο πρόβλημα ήταν οι ατμοσφαιρικές εκπομπές από την καύση άνθρακα ή πετρελαίου σε εργοστάσια, φούρνους, σταθμούς παραγωγής ενέργειας, τρένα, πλοία και κατοικίες. Η Αγγλία υιοθέτησε στρατηγικές ελέγχου της ρύπανσης, και συγκεκριμένα το 1845 και τις επόμενες το 1853 και 1856, επιβεβαιώνοντας την προσέγγισή της για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Τον πρώτο μισό του 20ου αιώνα, μία σημαντική εξέλιξη ήταν η αντικατάσταση της ατμομηχανής με τον ηλεκτροκινητήρα, που μείωσε τις εκπομπές από τα εργοστάσια.

Ωστόσο, με την αύξηση των εργοστασίων, το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επιδεινώθηκε. Ο Dr. Henry Antoine Des Voeux ανέφερε σε ένα άρθρο το 1905 με τίτλο "Fog and Smoke" (Ομίχλη και Καπνός) ότι πολλές μεγάλες πόλεις παρουσίαζαν καπνώδη ομίχλη, την οποία ονόμασε "Smog" (Καπνομίχλη) από τη σύζευξη των λέξεων "Smoke+Fog". Στην ίδια περίοδο, η αντικατάσταση του άνθρακα με πετρέλαιο σε πολλές εφαρμογές και η έκταση της χρήσης αυτοκινήτων οδήγησε σε νέα προβλήματα αέριας ρύπανσης.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου 1950-1980, σημαντικά επεισόδια αέριας ρύπανσης, όπως η καπνομίχλη του Λονδίνου το 1952 με 4.000 νεκρούς, προκάλεσαν σοβαρές συζητήσεις. Εμφανίστηκαν επίσης οι πρώτες παγκόσμιες συμφωνίες και πρωτοβουλίες για την αντιμετώπιση της παγκόσμιας περιβαλλοντικής κρίσης, όπως το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για το στρατοσφαιρικό όζον και το Πρωτόκολλο του Κιότο για τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.

Μετά το 1980, η προσοχή επικεντρώθηκε στην παγκόσμια κλίμακα της περιβαλλοντικής κρίσης, συμπεριλαμβανομένων των προβλημάτων του φαινομένου του θερμοκηπίου, της καταστροφής του όζοντος και των διασυνοριακών μεταφορών αερίων ρύπων.

2.2 Ορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ατμοσφαιρική ρύπανση καλείται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα.

Σε ειδικές συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φθάσει σε ανησυχητικά υψηλά επίπεδα, επιφέροντας δυσμενείς συνθήκες διαβίωσης. Τέτοια παραδείγματα είναι το φωτοχημικό νέφος ή αλλιώς φωτοχημική αιθαλομίχλη που παρατηρείται, μεταξύ άλλων, στο Λος Άντζελες, καθώς και τη βιομηχανική αιθαλομίχλη ή καπνομίχλη του Λονδίνου. Η βιομηχανική αιθαλομίχλη προέρχεται κυρίως από την καύση κάρβουνου και άλλων καυσίμων και προκαλούν οξείδια του θείου και αιωρούμενα σωματίδια. Αντίθετα, το φωτοχημικό νέφος προκαλείται από εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου και υδρογονανθράκων που αντιδρούν με το ηλιακό φως, δημιουργώντας τη φωτοχημική αιθαλομίχλη.

Στο πλαίσιο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, υφίστανται και εκείνα τα ρυπογόνα στοιχεία που ενδέχεται να μην παρουσιάζουν άμεσες επιπτώσεις στους οργανισμούς, αλλά επηρεάζουν μακροπρόθεσμα τη λειτουργία τους. Ενδεικτικά, ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία τοξικά αέρια και αόρατα ραδιενεργά, τα οποία έχουν καταστροφικά

αποτελέσματα στην εξέλιξη της ζωής. Επιπλέον, ρυπογόνες ενώσεις εισέρχονται στην ατμόσφαιρα, μέσω φυσικών ή τεχνικών διαδικασιών, με ενδεχόμενες έμμεσες συνέπειες, όπως η μείωση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου ή αλλαγές στη σύσταση του αέρα.

Χρήσιμο είναι να παραθέσουμε εδώ και τους νομικούς ορισμούς των σχετικών όρων, σύμφωνα πάντα με την ισχύουσα ελληνική νομοθεσία. Οι σχετικοί ορισμοί έχουν ως εξής:

«Ατμοσφαιρικός αέρας»: ο αέρας της τροπόσφαιρας στους εξωτερικούς χώρους, εξαιρουμένου του αέρα στους χώρους εργασίας όπως ορίζονται στην οδηγία 89/654/ΕΟΚ(3), για τους οποίους ισχύουν οι διατάξεις για την υγεία και την ασφάλεια στους χώρους εργασίας και στους οποίους δεν έχει συχνά πρόσβαση το κοινό.

«Ρύπος»: οιαδήποτε ουσία εμφανίζεται στον ατμοσφαιρικό αέρα και ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και/ή στο περιβάλλον στο σύνολό του.

«Επίπεδο»: η συγκέντρωση ενός ρύπου στον ατμοσφαιρικό αέρα ή η εναπόθεσή του σε μια επιφάνεια σε δεδομένη χρονική στιγμή.

«Οριακή τιμή»: επίπεδο καθοριζόμενο βάσει επιστημονικών γνώσεων, με σκοπό να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και/ή στο σύνολο του περιβάλλοντος, το οποίο πρέπει να επιτευχθεί εντός δεδομένης προθεσμίας χωρίς εν συνεχεία υπερβάσεις.

«Κρίσιμο επίπεδο»: επίπεδο καθοριζόμενο βάσει επιστημονικών γνώσεων, η υπέρβαση του οποίου ενδέχεται να συνεπάγεται άμεσες αρνητικές επιπτώσεις για ορισμένους υποδοχείς όπως τα δένδρα, άλλα φυτά ή τα φυσικά οικοσυστήματα, όχι όμως και για τον άνθρωπο.

«Συμβολή από φυσικές πηγές»: εκπομπές ρύπων που δεν οφείλονται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, περιλαμβανομένων φυσικών φαινομένων όπως οι εκρήξεις ηφαιστείων, η σεισμική δραστηριότητα, οι γεωθερμικές δραστηριότητες, οι πυρκαγιές φυσικών εκτάσεων, οι περιπτώσεις ισχυρών ανέμων, τα σταγονίδια θαλάσσιου ύδατος ή η επαναιώρηση ή η μεταφορά με τον ατμοσφαιρικό αέρα φυσικών σωματιδίων από ξηρές περιοχές.

2.3 Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων

Η συνηθισμένη άποψη ότι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι οι κύριες πηγές των αέριων ρύπων δεν είναι απολύτως ακριβής. Στην πραγματικότητα, το ποσοστό των παραγόμενων ρύπων από φυσικές πηγές είναι σημαντικότερο από ό,τι πιστεύαμε. Επισημαίνουμε πως φυσικές πηγές αναφέρονται σε πηγές εκπομπών που δεν οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Παρ' όλα αυτά, οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι οι υπεύθυνες κυρίως για τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε σήμερα. Η ανατροπή της φυσικής ισορροπίας, αλλά και η συγκέντρωση των εκπομπών από

ανθρωπογενείς πηγές σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές, όπως αστικά κέντρα και βιομηχανικές ζώνες, αποτελούν κρίσιμους παράγοντες. Αντιθέτως, οι φυσικές πηγές διασκορπίζονται παγκοσμίως, παρέχοντας τη δυνατότητα καλύτερης ανάμιξης των ρύπων με τον καθαρό αέρα. Εξαιτίας αυτού, οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα, εκτός από λίγες εξαιρέσεις.

Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές είναι:

- Τα ηφαίστεια (αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, υδρόθειο και μεθάνιο)
- Οι πυρκαγιές δασών (αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα)
- Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες επιφάνειες (κυρίως χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα)
- Βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων (κυρίως υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο)
- Η αποσάθρωση του εδάφους (αιωρούμενα σωματίδια)
- Τα φυτά και τα δέντρα (κυρίως υδρογονάνθρακες)

Ως κύριες πηγές ανθρωπογενούς ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορούμε να θεωρήσουμε:

- τα μέσα μεταφοράς
- την οικιακή θέρμανση
- τις διεργασίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- τις βιομηχανικές καύσεις καυσίμων και γενικότερα τις υπόλοιπες βιομηχανικές εκπομπές

Οι ρύποι που εκπέμπονται απευθείας από μία πηγή χαρακτηρίζονται ως πρωτογενείς, ενώ εκείνοι που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από πρωτογενείς ρύπους έπειτα από χημικές αντιδράσεις χαρακτηρίζονται ως δευτερογενείς.

Οι πρωτογενείς ρύποι περιλαμβάνουν το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το μονοξείδιο του αζώτου (NO), καθώς και τους υδρογονάνθρακες και άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις, και τα αιωρούμενα σωματίδια.

2.4 Ο κύκλος των ρύπων στην ατμόσφαιρα

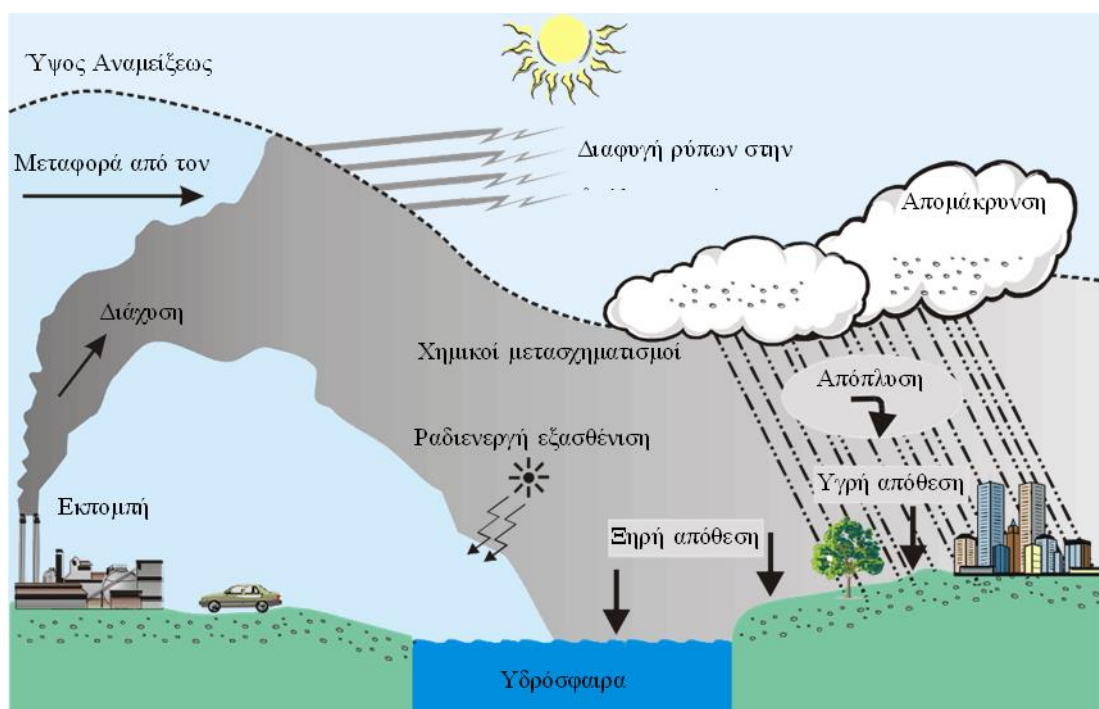
Για να παρακολουθήσουμε τα αποτελέσματα των ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης είναι σημαντικό να καταλάβουμε τον κύκλο των ρύπων που περιλαμβάνει τη μεταφορά και διασπορά των ρύπων καθώς και οποιαδήποτε φυσικό ή χημικό μετασχηματισμό τους μεταξύ της πηγής και του αποδέκτη.

Μεταφορά είναι ο μηχανισμός με τον οποίο μεταφέρεται η ρύπανση από μία πηγή σε έναν αποδέκτη. Ο άνεμος είναι το κύριο μέσο με το οποίο οι ρύποι μεταφέρονται. Στην απλούστερη περίπτωση ως μία σημειακή πηγή μπορούμε να θεωρήσουμε μία καμινάδα κάποιας βιομηχανικής μονάδας που ρυπαίνει την ατμόσφαιρα. Όμως κατά την διάρκεια της μεταφοράς ο ρυπασμένος θύσανος που εκπέμπεται από την καμινάδα δεν παραμένει κυλινδρικού σχήματος της ίδιας διαμέτρου με την καμινάδα αλλά λόγω τύρβης και στροβίλων αναμειγνύεται στο χώρο με τον περιβάλλοντα αέρα και ο μηχανισμός αυτός χαρακτηρίζεται ως ατμοσφαιρική διάχυση. Η διάχυση έχει ως αποτέλεσμα ο ρυπασμένος θύσανος που εκπέμπεται από την καμινάδα να εξαπλώνεται καθώς μεταφέρεται με τον άνεμο. Αυτές οι δύο διαδικασίες, η ανάμειξη λόγω τύρβης και η εξάπλωση του ρυπασμένου θυσάνου τείνουν να μειώσουν την αρχική πυκνότητα του καθώς απομακρύνεται από την πηγή και πλησιάζει τον αποδέκτη. Το σύνολο αυτών των διαδικασιών το αποκαλούμε διασπορά. Με τον όρο μετασχηματισμό ορίζουμε την παραγωγή (ή καταστροφή) ενός δεδομένου στοιχείου διαμέσου φυσικών (π.χ. ξηρή και υγρή εναπόθεση) και χημικών (π.χ. χημικές αντιδράσεις) διαδικασιών. Γίνεται επομένως κατανοητό ότι ο κύκλος των ρύπων στην ατμόσφαιρα είναι μία ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία που εξαρτάται από διαφορετικούς παράγοντες που δρουν σε διαφορετικές κλίμακες χώρου και χρόνου όπως:

- τα μέσης και τοπικής κλίμακας συστήματα κυκλοφορίας που συνδέονται με τα συγκεκριμένα τοπογραφικά χαρακτηριστικά ενός τόπου (π.χ. θαλάσσια αύρα, αύρα κοιλάδας, κατακόρυφη μεταφορά λόγω θέρμανσης στους πρόποδες ορεινών όγκων)
- τη μετεωρολογική κατάσταση στην ατμόσφαιρα (π.χ. κυκλωνική ή αντικυκλωνική κατάσταση, μέτωπα, ταχύτητα του ανέμου)
- τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας για την κατανόηση της μεταφοράς ρύπων σε παγκόσμια κλίμακα
- τον βαθμό ανατάραξης της ατμόσφαιρας και τη σχετιζόμενη ένταση των στροβίλων που καθορίζουν τη διάχυση των ρύπων στην ατμόσφαιρα
- τον χρόνο ζωής των ρύπων που εξαρτάται από τον ρυθμό των φυσικών και χημικών μετασχηματισμών τους ή καταστροφής τους
- τη χωρική κατανομή και την ένταση των πηγών ρύπανσης

2.5 Διαδικασία διασποράς των ρύπων

Οι διαδικασίες οι οποίες συντελούν στη διασπορά των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από μία καμινάδα είναι οι παρακάτω. Σε πρώτη φάση οι αέριοι ρύποι όταν αφήνουν την καμινάδα είναι κατά κανόνα θερμότεροι από τον περιβάλλοντα αέρα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την αρχική ορμή που έχουν τα καυσαέρια όταν φθάνουν στην κορυφή της καμινάδας έχει σαν αποτέλεσμα ο θύσανος να ανυψώνεται μέχρι ενός ορισμένου ύψους. Το ύψος αυτό είναι βέβαια υψηλότερο του φυσικού (κατασκευαστικού) ύψους της καμινάδας και ονομάζεται ενεργό ύψος της καμινάδας. Η διαφορά ανάμεσα στο φυσικό και στο ενεργό ύψος της καμινάδας ονομάζεται αρχική ανύψωση του θυσάνου. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αρχική ανύψωση του θυσάνου έχει πολύ μεγάλη σημασία στην ποιότητα του αέρα της περιοχής γιατί μπορεί να αυξήσει το ενεργό ύψος της καμινάδας με ένα παράγοντα 2 έως 10 φορές το κατασκευαστικό ύψος της καμινάδας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη συγκέντρωση εδάφους είναι χονδρικά αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου του ενεργού ύψους εκπομπής, είναι φανερό ότι η ανύψωση του θυσάνου μπορεί, στη ακραία περίπτωση, να μειώσει τις συγκεντρώσεις εδάφους με ένα παράγοντα της τάξης του 100.



Εικόνα 4: Σχηματική περιγραφή των ατμοσφαιρικών διεργασιών που επηρεάζουν τη διασπορά των ρύπων.

Ο καπνός μεταφέρεται μακριά από την πηγή από τον μέσο οριζόντιο άνεμο. Η οριζόντια μεταφορά αποτελεί τον πλέον σημαντικό μηχανισμό απομάκρυνσης και αραίωσης των ρύπων. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η ταχύτητα του ανέμου είναι πολύ χαμηλή (άπνοια), οι συνθήκες διασποράς είναι άσχημες και υπάρχει αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης επεισοδίου ρύπανσης σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα εκπομπών. Τέτοιες συνθήκες εμφανίζονται συνήθως κοντά στο κέντρο αντικυκλωνικών συστημάτων. Επίσης σε περιπτώσεις που ο θύσανος ρύπανσης βρεθεί πάνω από το ύψος που συντελούνται ισχυρές στροβιλώδεις κινήσεις (π.χ. στην ελεύθερη τροπόσφαιρα πάνω από το οριακό στρώμα ανάμειξης) τότε ο ρυπασμένος αέρας μπορεί να ταξιδέψει μεγάλες αποστάσεις αρκετών εκατοντάδων χιλιομέτρων.

Παράλληλα οι αναταρακτικές κινήσεις του αέρα (τυρβώδεις στρόβιλοι) είναι υπεύθυνες για την κατακόρυφη μεταφορά και τη διαπλάτυνση του θυσάνου λόγω διάχυσης, με τελικό αποτέλεσμα την αραίωση. Η κλίμακα και η ένταση της αραίωσης εξαρτώνται από τον βαθμό ανατάραξης της ατμόσφαιρας. Σε συνθήκες ευστάθειας οι τυρβώδεις στρόβιλοι είναι μικρότερης κλίμακας και η κατακόρυφη διάχυση γίνεται αργά ενώ σε συνθήκες μεγάλης αστάθειας οι τυρβώδεις στρόβιλοι είναι μεγαλύτεροι και η διάχυση πολύ έντονη. Η διάχυση των ρύπων γίνεται μέχρι ένα συγκεκριμένο ύψος από την επιφάνεια της γης το οποίο ονομάζεται ύψος ανάμειξης. Το στρώμα το οποίο περιέχεται ανάμεσα στην επιφάνεια της γης και το ύψος ανάμειξης ονομάζεται στρώμα ανάμειξης.

Ένα μέρος της ρύπανσης είναι δυνατόν να διαφύγει από το στρώμα ανάμειξης στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Η απουσία αναταρακτικών κινήσεων στην ελεύθερη ατμόσφαιρα έχει σαν αποτέλεσμα η διάχυση και η κατακόρυφη μεταφορά των ρύπων να γίνεται με πολύ βραδύτερους ρυθμούς. Από την άλλη μεριά, οι αντίστοιχοι ατμοσφαιρικοί μηχανισμοί είναι μεγαλύτερης χωρικής και χρονικής κλίμακας με αποτέλεσμα τα φαινόμενα να επηρεάζουν ευρύτερες περιοχές της γης.

Κατά τον χρόνο της παραμονής τους στην ατμόσφαιρα οι ρύποι υφίστανται διάφορους χημικούς μετασχηματισμούς λόγω αντιδράσεων είτε μεταξύ τους είτε με τα συστατικά της καθαρής ατμόσφαιρας. Η ατμόσφαιρα είναι ένα αποτελεσματικό εργαστήριο αντιδράσεων μέσα στο οποίο διοχετεύονται χημικά ενεργά συστατικά με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός αριθμού καινούργιων ουσιών. Οι καινούργιες ουσίες παράγονται από αέρια και υγρά τα οποία αντιδρούν μεταξύ τους και με τα σωματίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Οι χημικές αντιδράσεις των ρύπων μπορεί να δώσουν και ουσίες οι οποίες δεν είναι ρύποι. Σε πολλές περιπτώσεις όμως στα προϊόντα των χημικών αντιδράσεων περιλαμβάνονται και νέοι ρύποι οι οποίοι ονομάζονται δευτερογενείς ρύποι σε αντιδιαστολή με αυτούς που εκπέμπονται από τις πηγές οι οποίοι ονομάζονται

πρωτογενείς ρύποι. Χαρακτηριστικά παραδείγματα χημικών μετασχηματισμών στην ατμόσφαιρα είναι οι χημικές αντιδράσεις οξείδωσης, οι φωτοχημικές αντιδράσεις φωτόλυσης κάποιων στοιχείων και οι ετερογενείς αντιδράσεις πάνω σε νεφροσταγονίδια και αιωρούμενα σωματίδια.

Τέλος η μεταφορά των ρύπων από την ατμόσφαιρα στο έδαφος ονομάζεται εναπόθεση που είναι μία φυσική διαδικασία απομάκρυνσης των ρύπων από την ατμόσφαιρα. Γενικά ξεχωρίζουμε τρεις διαφορετικούς τύπους εναπόθεσης:

- **Καθίζηση** ονομάζεται η πτώση λόγω βαρύτητας των σχετικά μεγάλων και βαρέων σωματιδίων.
- **Ξηρή εναπόθεση** υφίστανται τα μικρά σωματίδια και οι αέριες ενώσεις τα οποία ακολουθούν αδρανώς τις κινήσεις του αέρα και τα οποία κατακρατούνται, όταν έρθουν σε επαφή, από την υποκείμενη επιφάνεια
- **Υγρή απόθεση** λαμβάνει χώρα σε περίπτωση υετού οπότε μπορούν να συμβεί κάποιο από τα παρακάτω ενδεχόμενα: είτε σάρωση των ρύπων οι οποίοι βρίσκονται στην ατμόσφαιρα από την βροχή ή το χιόνι (απόπλυση) είτε πρόσληψη των ρύπων σε ένα προηγούμενο στάδιο από τα μικρά σταγονίδια του νέφους, τα οποία αργότερα ενώνονται μεταξύ τους φτιάχνοντας σταγόνες βροχής.

2.6 Διαβάθμιση της αέριας ρύπανσης σε διάφορες χωρικές κλίμακες

Ο κύκλος των ρύπων στην ατμόσφαιρα εξαρτάται από διαφορετικούς παράγοντες που δρουν σε διαφορετικές κλίμακες χώρου και χρόνου με συνέπεια το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτείνεται σε διαφορετικές χωρικές κλίμακες. Μία συνηθισμένη διαβάθμιση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης περιλαμβάνει τις εξής κλίμακες:

Η τοπική κλίμακα που εκτείνεται μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα. Τα τοπικά προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης χαρακτηρίζονται συνήθως από μία ή περισσότερες πηγές έντονης ρυπογόνου δραστηριότητας ή από ένα μεγάλο αριθμό σχετικά μικρών εκπομπών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ρύπανσης τοπικής κλίμακας είναι εκπομπές σε αυτοκινητόδρομους ή εκπομπές από καμινάδες διάφορων βιομηχανιών πρωτογενών ρύπων όταν και οι μετεωρολογικές συνθήκες υποβοηθούν την προσέγγιση των εκπεμπόμενων ρύπων στο έδαφος άμεσα. Τα προβλήματα ρύπανσης σε τοπική κλίμακα αφορούν στους πρωτογενείς ρύπους καθώς η αντίστοιχη χρονική κλίμακα μεταφοράς είναι μικρή ώστε να έχουμε μετασχηματισμό τους σε δευτερογενείς ρύπους.

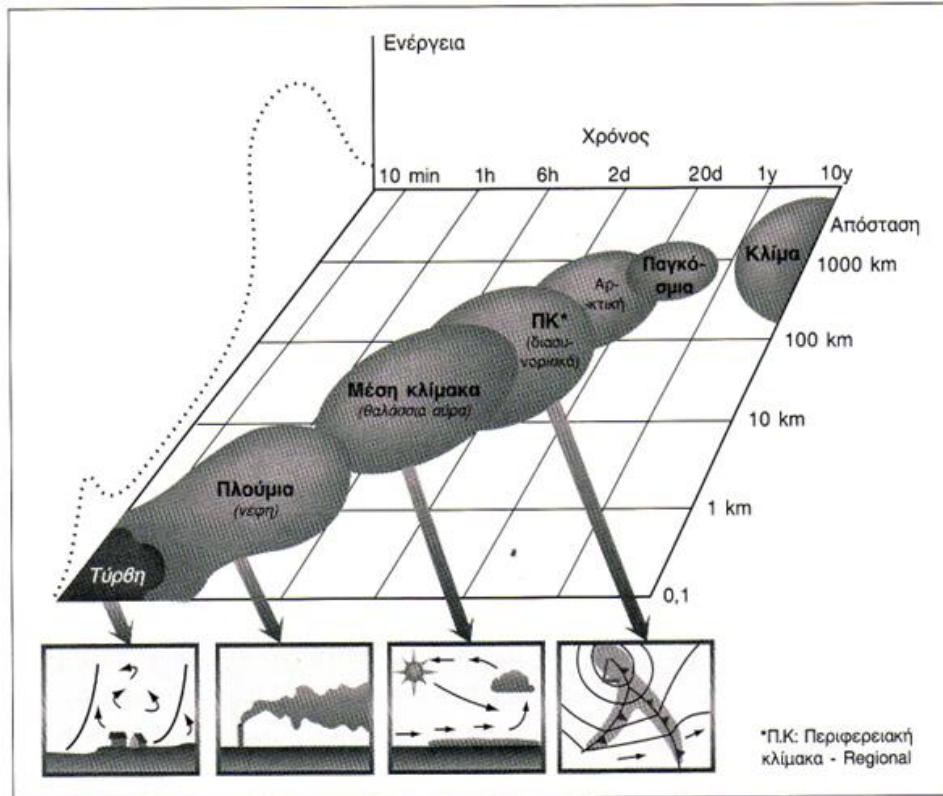
Η αστική κλίμακα που εκτείνεται μέχρι μερικές δεκάδες χιλιόμετρα και όπου έχουμε εκτός των πρωτογενών και την εμφάνιση δευτερογενών ρύπων. Έτσι από την μία πλευρά ρύποι που δεν είναι ιδιαίτερα δραστικοί όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα αιωρούμενα σωματίδια και το διοξείδιο του θείου (SO₂) εκπεμπόμενοι από διάφορες μεμονωμένες πηγές παρουσιάζονται τελικά σε υψηλές συγκεντρώσεις σε αστικά κέντρα. Από την άλλη πολύ σοβαρά προβλήματα προέρχονται και από δευτερογενείς ρύπους στα αστικά κέντρα και στις περιαστικές περιοχές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ρύπανσης σε αστική κλίμακα είναι το φωτοχημικό νέφος των μεγαλουπόλεων (π.χ. Αθήνα και Λος Άντζελες) όπου έχουμε το σχηματισμό όζοντος από φωτοχημικές αντιδράσεις.

Η περιφερειακή κλίμακα που εκτείνεται μέχρι περίπου 1000 km και αφορά πρωτογενείς ή δευτερογενείς ρύπους που έχουνε μια σχετική χημική σταθερότητα ώστε να μπορέσουνε να μεταφερθούν σε τέτοιες αποστάσεις με τον άνεμο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ρύπανσης σε περιφερειακή κλίμακα είναι η όξινη βροχή, η μεταφορά φωτοχημικών οξειδωτικών, και η μεταφορά αιωρούμενων σωματιδίων.

Η διηπειρωτική κλίμακα που αφορά πρωτογενείς ή δευτερογενείς ρύπους που έχουν μια τέτοια χημική σταθερότητα ώστε να μπορούν να μεταφερθούν από μία ήπειρο σε άλλη ήπειρο ή ακόμη και σε όλο το ημισφαίριο διαμέσου της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ρύπανσης τέτοιας κλίμακας είναι η αύξηση τροποσφαιρικού όζοντος και η έλλειψη αρρύπαντου αέρα στο βόρειο ημισφαίριο της γης καθώς και το φαινόμενο της αρκτικής ομίχλης κατά το οποίο συναντούμε στις αρκτικές περιοχές στρώματα ομίχλης με αποχρώσεις καφέ και ερυθρού που προέρχονται από μεταφορά σωματιδιακής και αέριας ρύπανσης.

Η παγκόσμια κλίμακα αφορά στα φαινόμενα ρύπανσης που πλήττουν όλο το πλανήτη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ρύπανσης σε παγκόσμια κλίμακα είναι η εκπομπή χλωροφθορανθράκων (CFCs) που χρησιμοποιούνται ως προωθητικά αέρια στα σπρέι και τα κλιματιστικά, τα οποία λόγω του μεγάλου χρόνου ζωής μπορούν να φτάσουν στη στρατόσφαιρα και να αυξήσουν το ρυθμό καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος με αποτέλεσμα την μείωση του και στα δύο ημισφαίρια. Στην Ανταρκτική λόγω των ιδιαίτερων μετεωρολογικών συνθηκών με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και τη δημιουργία πολικών στρατοσφαιρικών νεφών η μείωση του όζοντος μεγιστοποιείται προκαλώντας την αποκαλούμενη τρύπα του όζοντος. Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα ρύπανσης σε παγκόσμια κλίμακα είναι η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στο πλανήτη ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας με αποτέλεσμα την ενίσχυση του φαινομένου θερμοκηπίου που μπορεί να προκαλέσει μη αναστρέψιμες κλιματικές αλλαγές με τεράστιες επιδράσεις στα οικοσυστήματα και

τον άνθρωπο. Στη ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου συμβάλουν και άλλες ενώσεις που συνδέονται με ανθρώπινη δραστηριότητα όπως το μεθάνιο (CH_4), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), οι αλογονάθρακες (CFCs και HCFCs) και το όζον (O_3) που απορροφούν την γήινη υπέρυθη ακτινοβολία.



Εικόνα 5: Χωρικές και χρονικές κλίμακες ορισμένων χαρακτηριστικών διαδικασιών μεταφοράς των αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα (πηγή: Μ.Λαζαρίδης, 2020).

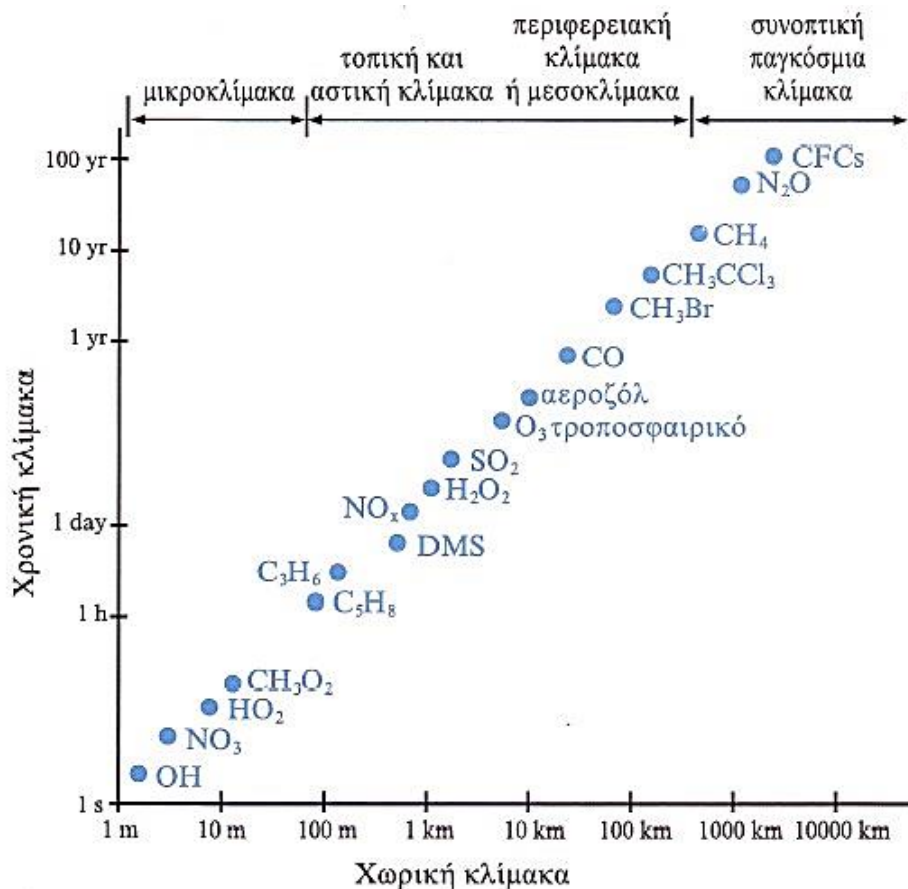
Μία άλλη κατηγοριοποίηση για τη διαβάθμιση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης περιλαμβάνει τις εξής κλίμακες:

Τη μικροκλίμακα που αφορά φαινόμενα ρύπανσης σε έκτασης της τάξης των 0 - 100 m. Χαρακτηριστικά παραδείγματα διαδικασιών μεταφοράς των αέριων ρύπων στη μικροκλίμακα είναι η τύρβη και οι θύσανοι καμινάδων.

Τη μεσοκλίμακα που αφορά φαινόμενα ρύπανσης σε έκτασης της τάξης των δεκάδων έως εκατοντάδων χιλιομέτρων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα διαδικασιών μεταφοράς των αέριων ρύπων στη μέση κλίμακα είναι θαλάσσια αύρα, η αύρα κοιλάδας, η κατακόρυφη μεταφορά λόγω θέρμανσης στους πρόποδες ορεινών όγκων.

Τη συνοπτική κλίμακα που αφορά φαινόμενα ρύπανσης σε έκτασης της τάξης των εκατοντάδων έως χιλιάδων χιλιομέτρων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα διαδικασιών μεταφοράς των αέριων ρύπων στη συνοπτική κλίμακα είναι τα συστήματα καιρού και τα μέτωπα.

Τη παγκόσμια κλίμακα που αφορά φαινόμενα ρύπανσης που υπερβαίνουν τα 5000 km. Χαρακτηριστικά παραδείγματα διαδικασιών μεταφοράς των αέριων ρύπων στη παγκόσμια κλίμακα είναι τα πλανητικά κύματα Rossby, η γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας.



Διάγραμμα 1: Χωρική και χρονική κλιμάκωση και μεταβλητότητα διαφόρων ατμοσφαιρικών οντοτήτων. (Πηγή: Ι. Γεντεκάκης 2010)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΟΙ

3.1 Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι:

- Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)
- Διοξειδίο του θείου (SO₂)
- Διοξειδίο του Αζώτου (NO₂) και μονοξειδίο του αζώτου (NO)
- Όζον (O₃)
- Υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις
- Αιωρούμενα σωματίδια
- Μόλυβδος (Pb)

3.1.1 Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)

Το μονοξειδίο του άνθρακα είναι αέριο άοσμο, άχρωμο, άγευστο, ελαφρύτερο του αέρα και ελάχιστα διαλυτό στο νερό. Το CO οξειδώνεται από την ελεύθερη ρίζα του OH σε CO₂ έχοντας χρόνος ζωής 2-4 μήνες και παίζει σημαντικό ρόλο στη χημεία του τροποσφαιρικού όζοντος.

Κυριότερες πηγές προέλευσης του μονοξειδίου του άνθρακα είναι οι εξατμίσεις αυτοκινήτων, ιδιαίτερα σε κλειστούς χώρους στάθμευσης ή κατά μήκος δρόμων σε περίοδο κυκλοφοριακής αιχμής, και οι εξατμίσεις πάσης φύσεως μηχανών όταν συντελείται ατελής καύση. Τα αυτοκίνητα συνεισφέρουν περίπου 75% στις ανθρωπογενείς πηγές του μονοξειδίου του άνθρακα ενώ η ατελής καύση ορυκτών καυσίμων στη βιομηχανία συνεισφέρει άλλα περίπου 25%. Η σημαντικότερη φυσική πηγή του μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι η οξείδωση του ατμοσφαιρικού μεθανίου.

Το μονοξειδίο του άνθρακα μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα προκαλούν ζαλάδες, πονοκεφάλους και κόπωση. Υγιή άτομα εκτεθειμένα σε ψηλά επίπεδα, μπορεί να υποστούν προσωρινή μείωση της πνευματικής τους διαύγειας καθώς και της όρασης τους.

3.1.2 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Είναι αέριο άχρωμο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική μυρωδιά σε πολύ ψηλές συγκεντρώσεις. Στην ατμόσφαιρα το SO₂ αντιδρά για να σχηματίσει SO₃ που εμφανίζει έντονη δραστικότητα με υδατμούς σχηματίζοντας ομίχλη θειικού οξέος φαινόμενο που απαντάται στην πρόβλημα ρύπανσης από όξινη βροχή. Άλλες σημαντικές ενώσεις του θείου στην ατμόσφαιρα είναι το καρβονυλοσουλφίδιο (OCS), ο διθειάνθρακας (CS₂), το διμεθυλοσουλφίδιο (CH₃)₂S, το υδρόθειο (H₂S) και τα θειικά άλατα. Φυσικές πηγές των θειούχων ενώσεων είναι οι κοιλότητες συγκέντρωσης βιολογικής ύλης, η αναερόβια σήψη η διάχυση σταγονιδίων από τη θάλασσα, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, και οι θερμές πηγές.

Κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές προέλευσης του διοξειδίου του θείου είναι οι ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί, οι χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές του SO₂ εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό ποσοστό της ροής του θείου στην ατμόσφαιρα. Το θείο υπάρχει στον γαιάνθρακα και στο πετρέλαιο συνήθως σε ποσότητες 0-6% κ.β. υπό μορφή οργανικών μορίων που όταν καίγονται παράγουν SO₂. Το επεξεργασμένο πετρέλαιο και βενζίνες περιέχουν λιγότερο από 0.05% θείο.

Μακροχρόνια έκθεση στο διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα, να τροποποιήσει τον αμυντικό μηχανισμό των πνευμόνων και να επιδεινώσει τυχόν υπάρχουσες καρδιοαγγειακές παθήσεις. Άτομα με καρδιοαγγειακές, χρόνιες πνευμονολογικές παθήσεις καθώς και μικρά παιδιά και ηλικιωμένοι είναι ιδιαίτερα ευπαθή σε τέτοιες συνθήκες. Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα συμβάλλουν επίσης στη μείωση της ορατότητας, στην αύξηση της οξύτητας των λιμνών και των ποταμών και προκαλούν αλλοιώσεις στη βλάστηση και στα μέταλλα.

3.1.3 Διοξείδιο (NO₂) και μονοξείδιο του αζώτου (NO)

Το NO είναι πρωτογενής ρύπος ενώ το NO₂ κυρίως δευτερογενής ρύπος που προέρχεται από την αντίδραση του NO με το O₃. Είναι σύνηθες να χρησιμοποιούμε το όρο NO_x για το άθροισμα των συγκεντρώσεων NO και NO₂ καθώς η αλληλομετατροπή ανάμεσα στο NO και NO₂ γίνεται αρκετά γρήγορα (π.χ. σε μερικά λεπτά). Το NO₂ είναι αέριο με καφέ χρώμα, διαλυτό στο νερό, ισχυρό οξειδωτικό, με οξεία ερεθιστική οσμή. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι υπεύθυνο για την καφέ όψη του αστικού ουρανού. Τα οξείδια του αζώτου NO και NO₂ εμπλέκονται και ενεργοποιούν τον φωτοχημικό κύκλο

αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και το σχηματισμό έτσι της φωτοχημικής ρύπανσης και παίζουν καθοριστικό ρόλο στον έλεγχο του τροποσφαιρικού όζοντος. Άλλες σημαντικές ενώσεις του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι το υποξείδιο (N_2O), το νιτρικό οξύ (HNO_3), η αμμωνία (NH_3) και τα διάφορα νιτρικά (NO_3^-), νιτρώδη (NO_2^-) και αμμωνιακά άλατα (NH_4^+).

Η καύση ορυκτών καυσίμων κυρίως σε αυτοκίνητα, σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς και κεντρικές θερμάνσεις παράγουν μεταξύ άλλων και μονοξείδιο του αζώτου (NO). Η καύση ορυκτών καυσίμων και τα αυτοκίνητα συμβάλουν από 50% στις ανθρωπογενείς πηγές του NO . Αυτό με διάφορες χημικές αντιδράσεις που ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας και του όζοντος, μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου (NO_2).

Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα, ιδιαίτερα σε άτομα που υποφέρουν από άσθμα και σε παιδιά. Στους ασθματικούς προκαλεί δυσκολία στην αναπνοή. Συνδράμει επίσης στη δημιουργία του όζοντος στην τροπόσφαιρα και της όξινης βροχής, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά τη βλάστηση.

3.1.4 Οζον (O_3)

Το όζον είναι αέριο άχρωμο, βαρύτερο του αέρα με δριμεία οσμή. Το όζον το συναντούμε στα πλέον γνωστά προβλήματα ρύπανσης από την αστική έως την παγκόσμια κλίμακα όπως το φωτοχημικό νέφος, την αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος και μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, την τρύπα του όζοντος και την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Το όζον είναι ένα αέριο στοιχείο που παράγεται στην στρατόσφαιρα (15-50 km) όπου και βρίσκεται περίπου το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας της γης. Το στρατοσφαιρικό όζον είναι το λεγόμενο «καλό» όζον γιατί δρα ως φίλτρο στο υπεριώδες που μας προστατεύει από τις επιβλαβή υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Η μείωση του όζοντος στην στρατόσφαιρα από τη χρήση ανθρωπογενών χημικών στοιχείων όπως οι χλωροφθοράνθρακες τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα είναι ένα πρόβλημα σε παγκόσμια κλίμακα και έχει απασχολήσει ιδιαίτερα αλλά και συνεχίζει να απασχολεί τόσο την επιστημονική κοινότητα όσο και την κοινή γνώμη και τις κυβερνήσεις των κρατών.

Το υπόλοιπο 10% του όζοντος βρίσκεται στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα (0-15 km). Το όζον χαμηλά στο έδαφος είναι ένας ρύπος που συνδέεται με επεισόδια φωτοχημικού νέφους σε αστικά κέντρα και γύρω από αυτά, όπου μπορεί να προκαλέσει ποικίλα προβλήματα στον άνθρωπο και τη φύση όταν

ξεπεραστούν κάποιες οριακές τιμές. Για αυτό τον λόγο έχει επικρατήσει να αποκαλούμε το τροποσφαιρικό όζον ως το «κακό» όζον. Είναι χαρακτηριστική η φράση για το όζον «good up high, bad nearby» που σημαίνει καλό εκεί ψηλά, κακό εδώ γύρω. Στην τροπόσφαιρα το όζον είναι δευτερογενής ρύπος που παράγεται με διάφορες χημικές αντιδράσεις μεταξύ του οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), και οξειδίων του αζώτου (NO_x) με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής πρόδρομων ουσιών του όζοντος (VOCs και NO_x) είναι τα οχήματα, τα χημικά εργοστάσια, τα χημικά διαλυτικά και τα βενζινάδικα.

Το τροποσφαιρικό όζον έχει πολλαπλή σημασία για την ατμόσφαιρα της γης. Καταρχήν το τροποσφαιρικό όζον κατέχει κεντρικό ρόλο στην χημεία της τροπόσφαιρας καθώς αποτελεί τη βασική πηγή του πιο σημαντικού οξειδωτικού μέσου στην τροπόσφαιρα, της ρίζας του υδροξυλίου (OH). Με πιο απλά λόγια το υδροξύλιο αποτελεί το ισχυρότερο «απορρυπαντικό» της ατμόσφαιρας που την καθαρίζει από μια σειρά οργανικών και ανόργανων ενώσεων που εκπέμπονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές. Φανταστείτε πως υπό την έλλειψη της ρίζας του υδροξυλίου όλες αυτές οι ενώσεις θα είχαν πολύ μεγάλο χρόνο ζωής και θα συσσωρεύονταν στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας δρώντας επικουρικά στο γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου που προκαλείται από ενώσεις όπως το CO_2 , το μεθάνιο και βέβαια οι υδρατμοί. Αυτό θα είχε σαν συνέπεια ότι μια σειρά από αέριες ενώσεις που δεν συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου θα συνέβαλλαν σε ακόμα μεγαλύτερες θερμοκρασίες στο πλανήτη μας.

Κατά δεύτερο λόγο το τροποσφαιρικό όζον που βρίσκεται στα υψηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας είναι από μόνο του ένα θερμοκηπτικό αέριο που σημαίνει ότι δρα και αυτό επικουρικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αφού απορροφά τη γήινη υπέρυθρη ακτινοβολία. Πρέπει να επισημανθεί ότι η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος παγκοσμίως συνεισφέρει περίπου το 1/3 από την αύξηση του CO_2 στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου από το προβιομηχανικά χρόνια έως σήμερα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το CO_2 είναι το βασικότερο αέριο που συνεισφέρει στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά χρόνια.

Το όζον είναι επίσης ισχυρότατο οξειδωτικό μέσο π.χ. για το σχηματισμό της όξινης βροχής (οξειδώνει SO_2 προς H_2SO_4). Η σημασία του τροποσφαιρικού όζοντος έγκειται όμως και στις συνέπειες που έχει τόσο στον άνθρωπο όσο και στο φυτικό βασίλειο και τα διάφορα υλικά. Ως αναφορά τις επιπτώσεις του όζοντος στον άνθρωπο η συνεχής έκθεση του ανθρώπου σε υψηλές τιμές όζοντος μπορεί να του προκαλέσει μόνιμη βλάβη στους πνεύμονες. Διαλύεται δύσκολα στο νερό για αυτό και μπορεί να διεισδύσει μέχρι τους πνεύμονες με όλες τις αρνητικές συνέπειες για την υγεία των ανθρώπων. Το

όζον σε ψηλές συγκεντρώσεις (>140 ppbv) μπορεί να ερεθίσει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό και πόνο στο στήθος, φλεγμονή στους πνεύμονες και πιθανή επιδεκτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού. Η υγεία των ατόμων που υποφέρουν από άσθμα μπορεί να επιδεινωθεί.

Το όζον έχει επίσης αρνητικές επιπτώσεις στις αγροτικές καλλιέργειες, δασική και άλλη βλάστηση καθώς είναι φυτοτοξικό στοιχείο που σημαίνει ότι όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις γίνεται επικίνδυνο για τα φυτά και δάση καθώς επηρεάζει την ικανότητά τους να παράγουν και να αποθηκεύουν τροφή κάνοντας τα έτσι πιο ευάλωτα στις αρρώστιες, τα έντομα και τις άσχημες καιρικές συνθήκες. Σύμφωνα με την U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency) η ρύπανση του όζοντος προκαλεί καταστροφές στη σοδειά που αντιστοιχεί σε μείωση της αγροτικής παραγωγής πάνω από 0.5 δισεκατομμύριο δολάρια κάθε έτος σε πανεθνικό επίπεδο.

Το όζον ως οξειδωτικό μέσο επιδρά και σε διάφορα οργανικά υλικά, όπως οργανικά χρώματα που χρησιμοποιούνται στην ζωγραφική, στις εξωτερικές ζωγραφισμένες διακοσμήσεις κτιρίων, ή για βαφή υφασμάτων, το φυσικό καουτσούκ, τα συνθετικά ελαστικά υλικά από κυτταρίνη όπως το χαρτί, διάφορα εκθέματα των μουσείων φυσικής ιστορίας όπως φτερά, δέρμα ζώων, πάπυρο.

Επομένως η ρύπανση του όζοντος συνδέεται άρρηκτα και με προβλήματα υποβιβασμού της πολιτισμικής μας κληρονομιάς.

3.1.5 Υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις

Οι υδρογονάνθρακες θεωρούνται σημαντικοί πρωτογενείς ρύποι της ατμόσφαιρας γιατί συμβάλουν στο σχηματισμό των φωτοχημικών οξειδωτικών (τοξικές και οξειδωτικές χημικές ενώσεις που δημιουργούνται κατά το φωτοχημικό νέφος). Με τον όρο υδρογονάνθρακες χαρακτηρίζονται χιλιάδες ενώσεις που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο στο μόριο τους. Οι πιο απλοί περιέχουν 1-4 άτομα άνθρακα και είναι αέρια, 5-6 άτομα άνθρακα και είναι υγρά ενώ από 7 άτομα και πάνω είναι στερεά. Από αυτές τις ενώσεις οι πιο σημαντικές είναι τα αέρια και από τις υπόλοιπες οι πιο πτητικές.

Οι οργανικές ενώσεις μπορούν να περιέχουν στο μόριο τους και άλλα στοιχεία (θείο, άζωτο, αλογόνα) ή ομάδες στοιχείων (ρίζες), ή ακόμα και άτομα οξυγόνου. Από τους οξυγονομένους υδρογονάνθρακες δύο κατηγορίες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην ατμοσφαιρική ρύπανση, οι αλδεΐδες και οι κετόνες. Κατηγορίες οργανικών ενώσεων είναι τα αλκάνια, αλκένια, αλκίνια, αλκαδιένια, αρωματικοί υδρογονάνθρακες, αλδεΐδες, κετόνες και αλογονούχες ενώσεις όπως τα CFCs.

Η πιο επικίνδυνη τοξική πτητική οργανική ένωση στην ατμόσφαιρα είναι το βενζόλιο η οποία αποτελεί ένα από τα δευτερεύοντα συστατικά της βενζίνης. Πηγές βενζολίου είναι τα πρατήρια βενζίνης και τα αυτοκίνητα διανομής της, καθώς επίσης και όλες οι μηχανές που χρησιμοποιούν βενζίνη σαν καύσιμο. Το βενζόλιο σαν αυτούσια ένωση μπορεί να προκαλέσει χρόνιες παθήσεις όπως καρκίνο, αταξία στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ζημιές στη λειτουργία του ήπατος και των νεφρών, ανωμαλίες στην αναπαραγωγή και προβληματικές γεννήσεις.

3.1.6 Αιωρούμενα σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικρά τεμάχια ύλης σε στερεή ή υγρή φάση, που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ανάλογα με την προέλευση τους μπορούν να παρουσιάζουν ανομοιογένεια στη μορφή, μέγεθος και χημική σύσταση. Οι κυριότερες πηγές εκπομπής αιωρουμένων σωματιδίων είναι οι διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, τα αυτοκίνητα, οι πυρκαγιές, τα καψαλίσματα χωραφιών και άλλες γεωργικές δραστηριότητες, οι κατασκευές, η επαναιώρηση σκόνης λόγω ισχυρών ανέμων κλπ.

Τα αιωρούμενα σωματίδια επηρεάζουν την αναπνοή και προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό σύστημα, στους πνεύμονες και στην καρδιά. Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι, είναι ομάδες πληθυσμού ιδιαίτερα ευαίσθητες στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Όσο πιο μικρά είναι τα σωματίδια τόσο πιο επικίνδυνα είναι καθώς αυξάνει η πιθανότητα εισχώρησης τους στην αναπνευστική περιοχή των πνευμόνων, όπου εναποτίθενται κυρίως στις κυψελίδες των πνευμόνων και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία των ανθρώπων. Τέτοια προβληματικά για τους πνεύμονες είναι τα σωματίδια με διάμετρο 0.1-1 μm . Η επικινδυνότητά τους εξαρτάται επίσης από τη χημική τους σύσταση. Τα αιωρούμενα σωματίδια συμβάλλουν επίσης στη μείωση της ορατότητας.

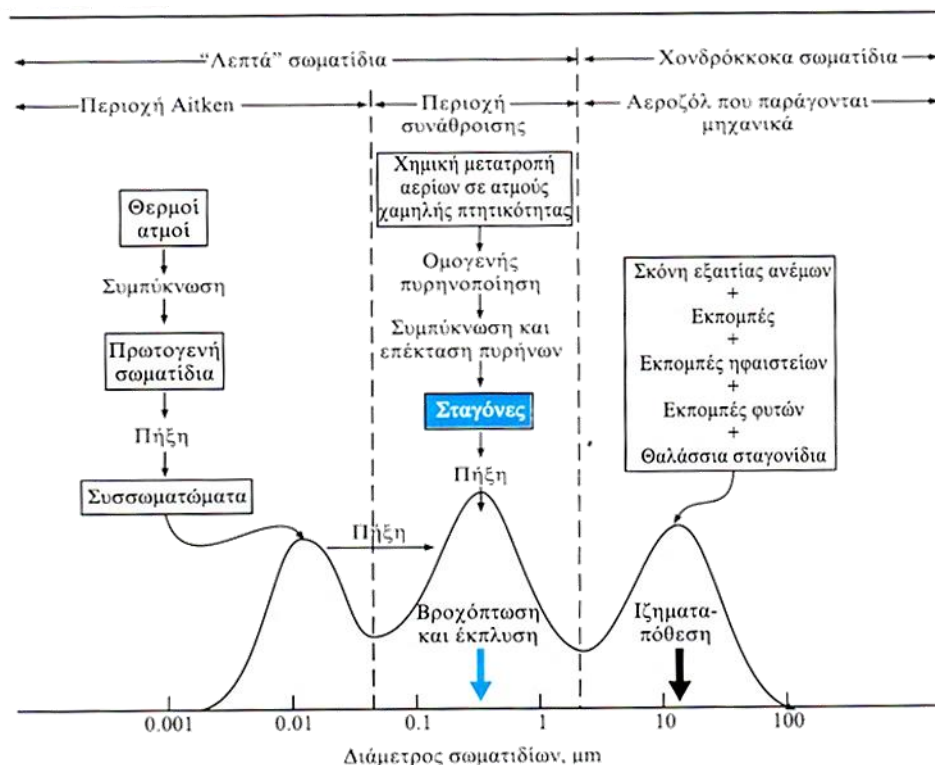
Ο χρόνος ζωής των σωματιδίων είναι αντιστρόφως ανάλογος με το μέγεθός τους. Οπότε τα μεγάλα σωματίδια έχουν χρόνο ζωής μερικές ώρες ενώ τα μικρά σωματίδια μερικές ημέρες. Αναλόγως με το μέγεθός τους η ταξινόμηση των αιωρουμένων σωματιδίων γίνεται ως εξής:

- Aitken σωματίδια 0.001 – 0.1 μm
- λεπτά σωματίδια 0.1 – 1 μm
- γιγαντιαία ή χονδρόκοκκα σωματίδια > 1 μm
- σωματίδια καπνού 1-1000 μm

- σκόνη μικρής διαμέτρου $<100 \mu\text{m}$
- σκόνη μεγάλης διαμέτρου $>100 \mu\text{m}$
- νεφοσταγονίδια $1-100 \mu\text{m}$
- σταγόνες βροχής $> 100 \mu\text{m}$

Υπάρχουν διάφορες μετρήσεις σωματιδίων ύλης εκτός της κλασσικής που είναι το βάρος ανά μονάδα όγκου αέρα. Περιλαμβάνουν μέτρηση του ολικού αριθμού σωματιδίων ανά μονάδα όγκου αέρα, τη μέτρηση της μάζας, της επιφάνειας αλλά και του αριθμού των σωματιδίων σε συγκεκριμένα μεγέθη ακτίνας (κατανομή μεγεθών).

Στην Εικόνα 6 βλέπουμε την ύπαρξη τριών μεγίστων ανάλογα με το μηχανισμό δημιουργίας σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Σωματίδια με μέγιστο κοντά στο $0.2 \mu\text{m}$ προκύπτουν από το μηχανισμό πήξης και συμπύκνωσης και ονομάζονται «λεπτά» σωματίδια για να τα ξεχωρίζουμε από τα σωματίδια που παρουσιάζουν μέγιστο περίπου στα $10 \mu\text{m}$ και τα ονομάζουμε «χονδρόκοκκα». Τα λεπτά σωματίδια είναι κυρίως θειικά, νιτρικά οργανικά, αμμωνιακά άλατα και ενώσεις του μολύβδου.



Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση της κατανομής επιφάνειας σωματιδίων ατμοσφαιρικού αεροζόλ. (πηγή: Ι. Γεντεκάκης, 2010).

Σωματίδια με εύρος 0.1-1.0 μm σχηματίζονται από τη συμπύκνωση ατμών από προϊόντα καύσης και από ατμοσφαιρική σκόνη αλλά είναι αρκετά ελαφριά ώστε να παραμένουν στην ατμόσφαιρα για μήνες. Αυτά τα σωματίδια είναι υπεύθυνα για την ομίχλη και τη μείωση της ορατότητας και συμμετέχουν σε συγκρούσεις και συσσωματώσεις.

Τα σωματίδια που έχουν μέγιστο στα 10 μm εισάγονται στην ατμόσφαιρα από την επιφάνεια της γης και της θάλασσας. Η σωματιδιακή ύλη στα $\sim 10 \mu\text{m}$ είναι κυρίως άμμος, θαλάσσιο αλάτι, σωματίδια από φυτικούς οργανισμούς. Υφίσταται ένας κύκλος συνεχούς δράσης κατά τον οποίο δημιουργούνται μικρά σωματίδια, γίνονται μεγαλύτερα και τελικά όταν γίνουν αρκετά μεγάλα απομακρύνονται από την ατμόσφαιρα με ξηρή και υγρή εναπόθεση.

Στο εύρος των μεγεθών $< 0.1 \mu\text{m}$ βρίσκονται πυρήνες Aitken και ιόντα που είναι σε διαρκή κίνηση. Αυτά τα σωματίδια θεωρείται ότι δεν συμμετέχουν στο σχηματισμό νεφών. Πιθανές πηγές τους είναι καταιγίδες σκόνης, ηφαίστεια, πυρκαγιές δασών, εξατμίσεις αυτοκινήτων, φωτο-οξειδωτικές αντιδράσεις και βιομηχανικές πηγές.

3.1.6 Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος είναι μαλακό μέταλλο, αργυρόχρουν και ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων. Ένα ποσοστό της σωματιδιακής σκόνης αποτελείται από σωματίδια μολύβδου. Πηγές μολύβδου μπορεί να είναι τα διάφορα τύπου μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούν μολυβδόχα βενζίνη, εργοστάσια που χρησιμοποιούν μόλυβδο ή ουσίες που περιέχουν μόλυβδο και χώροι που καίνε απορρίμματα. Ο μόλυβδος χρησιμοποιούνταν στη βενζίνη των αυτοκινήτων παλαιάς τεχνολογίας ως αντικροτικό για την ανύψωση του αριθμού οκτανίων.

Υψηλά ποσοστά μολύβδου μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την πνευματική ανάπτυξη και δραστηριότητα των ανθρώπων, τη λειτουργία των νεφρών και τη χημεία του αίματος. Τα νεαρά άτομα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εξαιτίας της μεγαλύτερης ευαισθησίας των νεανικών ιστών και οργάνων στο μόλυβδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

4.1 Νομοθεσία για την ποιότητα της ατμόσφαιρας

Στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για τους ρύπους διοξείδιο του θείου, αιωρούμενα σωματίδια (AS_{10} και $AS_{2,5}$), διοξείδιο του αζώτου, όζον, μονοξείδιο του άνθρακα, βενζόλιο, μόλυβδο, αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο και βενζο(a)πυρενίο σύμφωνα με αυτά που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οι οδηγίες που αφορούν στην ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι:

- Οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη (ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103/2011, Β' 488).
- Οδηγία 2004/107/ΕΚ σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103/2007, Β' 920).
- Οδηγία 2015/1480/ΕΚ για την τροποποίηση ορισμένων παραρτημάτων των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2004/107/ΕΚ και 2008/50/ΕΚ, οι οποίες ορίζουν τους κανόνες σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση των δεδομένων και την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα (ΚΥΑ 174505/607/2017, Β' 1311).

Σύμφωνα με τη νομοθεσία αυτή οι οριακές τιμές συγκεντρώσεων των μετρούμενων ρύπων με τα ισχύοντα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες

Τιμές ορίων για το διοξείδιο του θείου

	Οριακή τιμή
Μέση ωριαία τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 24 φορές το χρόνο	350 μ g/m ³
Μέση ημερήσια τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές το χρόνο	125 μ g/m ³
Όριο συναγερμού	Ωριαία τιμή μεγαλύτερη από 500 μ g/m ³ για τρεις συνεχόμενες ώρες

Πίνακας 2: Οριακές τιμές για το διοξείδιό του θείου (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Τιμές ορίων για αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ₁₀

	Οριακή τιμή
Μέση ημερήσια τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές το χρόνο	50μg/m³
Μέση ετήσια τιμή	40μg/m³

Επίπεδα συγκεντρώσεων	51-75, 76-100, 101-150, >150μg/m³ μέση 24-ωρη τιμή
------------------------------	---

Πίνακας 3: Οριακές τιμές για αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ₁₀ (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαιράς 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Τιμές ορίων για αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ_{2,5}

	Οριακή τιμή
Μέση ετήσια τιμή	25μg/m³

Πίνακας 4: Οριακές τιμές για το αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ_{2,5} (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαιράς 2022 Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Τιμές ορίων για το διοξείδιο του αζώτου

	Οριακή τιμή
Μέση ωριαία τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές το χρόνο	200μg/m³
Μέση ετήσια τιμή	40μg/m³

Όριο συναγερμού	Ωριαία τιμή μεγαλύτερη από 400μg/m³ για τρεις συνεχόμενες ώρες
------------------------	--

Πίνακας 5: Οριακές τιμές για το διοξείδιο του αζώτου (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαιράς 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Τιμές ορίων για μόλυβδο

	Οριακή τιμή
Μέση ετήσια τιμή	0,5μg/m³

Πίνακας 6: Οριακές τιμές για το μόλυβδο (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Τιμές ορίων για το όζον

		Οριακή τιμή
Όριο ενημέρωσης	Μέση ωριαία τιμή	180μg/m³
Όριο συναγερμού	Μέση ωριαία τιμή	240μg/m³
Τιμή – στόχος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Μέγιστη ημερήσια μέση 8ωρη τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 25 φορές ανά έτος κατά μέση τιμή για διάστημα 3 ετών	120μg/m³

Πίνακας 7: Οριακές τιμές για το όζον (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Τιμές ορίων για το μονοξείδιο του άνθρακα

	Οριακή τιμή
Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	10mg/m³

Πίνακας 8: Οριακές τιμές για το μονοξείδιο του άνθρακα (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Τιμές ορίων για το βενζόλιο

	Οριακή τιμή
Μέση ετήσια τιμή	5μg/m³

Πίνακας 9: Οριακές τιμές για το βενζόλιο (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Τιμές στόχοι για το αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο και βενζο(α)πυρένιο				
	Οριακή τιμή για			
	αρσενικό	κάδμιο	νικέλιο	βενζο(α)πυρένιο
Μέση ετήσια τιμή	6 ng/m ³	5 ng/m ³	20 ng/m ³	1 ng/m ³

Πίνακας 10: Οριακές τιμές για το αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο και βενζο(α)πυρένιο (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαιράς 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

4.2 Αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Με την Κ.Υ.Α 11824/1993, Β΄ 369 θεσμοθετείται σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τίθενται «όρια εκτάκτων μέτρων», για τον περιορισμό της ρύπανσης σε περιπτώσεις που κυρίως λόγω εξαιρετικά δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών για τη διάχυση της ρύπανσης, αναμένεται αύξηση των τιμών ρύπανσης. Τα μέτρα λαμβάνονται όταν οι μετρούμενες τιμές υπερβούν ή προσεγγίσουν τα όρια εκτάκτων μέτρων (συναγερμού) και ταυτόχρονα υπάρχει πρόβλεψη για μετεωρολογικές συνθήκες που ευνοούν τη διατήρηση ή αύξηση των τιμών ρύπανσης για τις επόμενες ή την επόμενη ημέρα.

Τα όρια λήψης εκτάκτων μέτρων που ισχύουν για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, παρουσιάζονται παρακάτω.

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 400 µg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 500 µg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες
Όζον (O ₃)	1 ώρα	Όριο συναγερμού: 240 µg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες για εφαρμογή σχεδίων δράσης

Πίνακας 11: Όρια λήψης εκτάκτων (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαιράς 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Η παραπάνω Κ.Υ.Α τροποποιήθηκε και οι οριακές τιμές λήψης εκτάκτων μέτρων, αντικαταστάθηκαν με τις νέες οριακές τιμές που αναφέρονται στο Παράρτημα XII της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ (ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103/2011, Β΄ 488).

Δεδομένου ότι η ενωσιακή νομοθεσία δεν διαθέτει όρια ενημέρωσης πληθυσμού και συναγερμού για τα ΑΣ10 και για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια, εκδόθηκε η ΚΥΑ 70601/2013, Β΄ 3272, η οποία θεσμοθετεί επίπεδα συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10, καθορίζει μέτρα ενημέρωσης και προστασίας του πληθυσμού καθώς και μέτρα μείωσης των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, τη βιομηχανία-βιοτεχνία και την κυκλοφορία οχημάτων ανάλογα με τα επίπεδα των συγκεντρώσεων.

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ
Αιωρούμενα Σωματίδια ΑΣ ₁₀	24 ώρες	51-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού
		76-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό
		101-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό, μέτρα μείωσης των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, βιομηχανικές-βιοτεχνικές δραστηριότητες και την κυκλοφορία
		>150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό, μέτρα μείωσης των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, βιομηχανικές-βιοτεχνικές δραστηριότητες και την κυκλοφορία

Πίνακας 12: Τιμές για τα αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ10 (Πηγή: Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 - Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας)

Στο παράρτημα παρουσιάζεται το σύνολο των νόμων από το 1991 μέχρι σήμερα τα οποία οι οποίοι αφορούν την αέρια ρύπανση στην Ελλάδα

4.3 Κανονισμοί - Διεθνείς Συμβάσεις και Πρωτόκολλα

Πέρα όμως από ελληνική νομοθεσία χρήσιμη είναι η αναφορά των σχετικών κανονισμών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου αλλά και των διεθνών πρωτοκόλλων. Ελληνική νομοθεσία,

κανονισμοί του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, διεθνείς συμβάσεις και διεθνή πρωτόκολλα μαζί , δημιουργούν ένα ισχυρό πλέγμα νόμων και κανονισμών που διέπουν την αέρια ρύπανση, προστατεύοντας το περιβάλλον και δημιουργώντας μια ισχυρή υποδομή για ένα καλύτερο περιβάλλον σε ένα καλύτερο αέριο.

Κανονισμοί του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου

- Κανονισμός (ΕΕ) 2019/1242 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 20ής Ιουνίου 2019, σχετικά με τον καθορισμό προτύπων επιδόσεων για τις εκπομπές CO₂ των νέων βαρέων επαγγελματικών οχημάτων και την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 595/2009 και (ΕΕ) 2018/956 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και της οδηγίας 96/53/ΕΚ του Συμβουλίου
- Κανονισμός (ΕΕ) 2019/1021 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 20ής Ιουνίου 2019, για τους έμμονους οργανικούς ρύπους
- Κανονισμός (ΕΕ) 2017/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 17ης Μαΐου 2017, για τον υδράργυρο και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1102/2008
- Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 517/2014 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Απριλίου 2014 , για τα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 842/2006
- Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1005/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Σεπτεμβρίου 2009, για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος

Διεθνείς Συμβάσεις και Πρωτόκολλα

- Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές
- Πρωτόκολλο του Κιότο στη Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές αλλαγές
- Σύμβαση για την πρόσβαση στην πληροφόρηση, τη δημόσια συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων και την πρόσβαση στη δικαιοσύνη για θέματα περιβάλλοντος
- Πρωτόκολλο του Κιέβου στη Σύμβαση Άαρχους για τα μητρώα έκλυσης και μεταφοράς ρύπων (Πρωτόκολλο PRTR)
- Πρωτόκολλο Κιέβου στη Σύμβαση Έσπο για τη στρατηγική περιβαλλοντική εκτίμηση
- Σύμβαση για τις διασυνοριακές επιπτώσεις από βιομηχανικά ατυχήματα
- Σύμβαση της Μινάμα για τον υδράργυρο
- Σύμβαση Γενεύης για τη διασυνοριακή μεταφορά της ρύπανσης της ατμόσφαιρας σε μεγάλη απόσταση

- Πρωτόκολλο στη Σύμβαση Γενεύης για μακροπρόθεσμη χρηματοδότηση του προγράμματος για τη συνεχή παρακολούθηση και την εκτίμηση της μεταφοράς ατμοσφαιρικών ρύπων σε μεγάλη απόσταση στην Ευρώπη (EMEP)
- Πρωτόκολλο στη Σύμβαση Γενεύης (SO₂) για μείωση των εκπομπών θείου ή των διασυνοριακών ροών τους
- Πρωτόκολλο στη Σύμβαση Γενεύης (NO_x) για τον έλεγχο των εκπομπών οξειδίων του αζώτου ή των διασυνοριακών ροών τους
- Πρωτόκολλο II στη Σύμβαση Γενεύης (SO₂), για την περαιτέρω μείωση των εκπομπών θείου ή των διασυνοριακών ροών τους
- Σύμβαση για την προστασία της στοιβάδας του όζοντος
- Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος
- Πρωτόκολλο του Χάρτη Ενέργειας για την ενεργειακή απόδοση και τα σχετικά περιβαλλοντικά ζητήματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

5.1. Γεωγραφικά χαρακτηριστικά της Αθήνας

Η χερσόνησος της Αττικής οριοθετείται δυτικά από τα Γεράνεια όρη και βόρεια από τα όρη Πάρνηθα και Κιθαιρώνας, νότια από τον Σαρωνικό κόλπο και ανατολικά από τον Ευβοϊκό κόλπο και το Αιγαίο πέλαγος. Το ανάγλυφό της χαρακτηρίζεται από όρη μεσαίου μεγέθους με απότομες κλίσεις, που αφήνουν ορισμένες διόδους επικοινωνίας, χαμηλές πεδιάδες και διάσπαρτους λόφους. Με γεωφυσικούς όρους η έννοια της Αθήνας σχετίζεται με το λεκανοπέδιο Αθηνών (383 km²).

Το λεκανοπέδιο Αθηνών οροθετείται προς Βορρά από το όρος Πάρνηθα (υψόμετρο: 1.413 m), προς Δύση από το Αιγάλεω ή Ποικίλο όρος (υψόμετρο: 468 m), που το διαχωρίζει από το Θριάσιο Πεδίο, νότια και νοτιοδυτικά από τον Σαρωνικό κόλπο, ανατολικά από τον Υμηττό (υψόμετρο: 1.026 m), που το διαχωρίζει από την πεδιάδα των Μεσογείων, και βορειοανατολικά από το Πεντελικό όρος (1.110 m), που το διαχωρίζει από την πεδιάδα του Μαραθώνα. Βόρεια του Θριάσιου Πεδίου βρίσκονται τα όρη Πατέρας και Κιθαιρώνας, ενώ νότια της Αττικής βρίσκονται μεταξύ άλλων τα νησιά Σαλαμίνα και Αίγινα.

Το λεκανοπέδιο Αθηνών χωρίζεται σε Ανατολικό και Δυτικό από μια σειρά λόφους και μικρά βουνά: τα Τουρκοβούνια (338 m), ο Λυκαβηττός (277 m), η Ακρόπολη (156 m), και ο Άρειος Πάγος (115 m), ο λόφος των Νυμφών (104 m), η Πνύκα (109 m), ο λόφος του Φιλοπάππου (147 m). Μέσα στο λεκανοπέδιο των Αθηνών βρίσκονται πολλοί λόφοι. Στο Ανατολικό τμήμα του βρίσκονται ο Αρδηττός (133 m) και ο λόφος Σικελίας, ενώ στο Δυτικό τμήμα ο λόφος Στρέφη (163 m), ο λόφος Σκουζέ (67 m), ο λόφος Ιππίου Κολωνού (55 m). Στον Πειραιά βρίσκονται ο λόφος της Καστέλας (87 m) και της Πειραιϊκής (48 m) και στο Κερασίни το Τουρκοβούνι (153 m).

Η ακτή του Σαρωνικού κόλπου, στην οποία καταλήγει το λεκανοπέδιο, εκτείνεται σε 47 km. (από το Πέραμα μέχρι τη Βουλιαγμένη) και περιλαμβάνει πολλούς όρμους, λιμάνια και ακτές (παραλίες). Οι κυριότεροι όρμοι είναι του Περάματος, του Ηρακλέως, της Δραπετσώνας και των Φερών, το λιμάνι του Πειραιά, το λιμάνι Ζέας (Πασαλιμάνι) το Μικρολίμανο ή Τουρκολίμανο, η ακτή Παρασκευά (Βοτσαλάκια), ο όρμος του Φαλήρου, που σε μεγάλο βαθμό έχει επιχωματωθεί, οι ακτές Αλίμου, Ελληνικού, Βούλας και οι όρμοι Γλυφάδας Βουλιαγμένης, Καβουριού.

Το λεκανοπέδιο Αθηνών διασχίζεται από δύο ποτάμια-χειμάρρους, που έχουν νερό κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες, τον Κηφισό και τον Ιλισό.

Οι πηγές του Κηφισού καθώς και ένα μεγάλο τμήμα του στα βόρεια προάστια της Αθήνας προστατεύονται μετά από απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ και αντίστοιχο διάταγμα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του Ιλισού έχει μετατραπεί σε αγωγό αποχέτευσης και έχει οδηγηθεί στην κοίτη του Κηφισού.

Οι πηγές του Ιλισού καθώς και ορισμένοι παραπόταμοί του βρίσκονται στον Υμηττό. Τα ρέματα αυτά έχουν κατά διαστήματα προστατευθεί όμως στην πλειοψηφία τους έχουν καταπατηθεί και χτιστεί ή καλυφθεί και έχουν μετατραπεί σε οδούς (περιοχές Ζωγράφου και γενικά στα ανατολικά προάστια). Στο κέντρο της Αθήνας υπάρχουν επίσης (στον Κεραμικό) απομεινάρια του ποταμού Ηριδανού, οι πηγές του οποίου βρίσκονται στον Υμηττό και οι εκβολές του στον Ιλισό.



Εικόνα 7: Το ανάγλυφο της Αττικής

Γενικά η μετατροπή των ρεμάτων και χειμάρρων της Αττικής σε αγωγούς αποχέτευσης και η κάλυψή τους έχει δημιουργήσει τεράστια προβλήματα ιδιαίτερα σε περιόδους αυξημένων βροχοπτώσεων λόγω της υπερχείλισης τους (βλ. περιοχές Γλυφάδας, Νέας Ιωνίας κ.ά.).

Ιδιαίτερα στη Δυτική Αθήνα και τη Δυτική Αττική τα ρέματα δέχονται, εκτός από τα οικιακά, και βιομηχανικά απόβλητα, με αποτέλεσμα να γίνονται επικίνδυνα για την υγεία των κατοίκων (Θριάσιο Πεδίο).

Στην Αττική βρίσκονται επίσης δύο λίμνες: η Κουμουνδούρου και η Μαραθώνα. Η λίμνη Κουμουνδούρου που βρίσκεται στα όρια Χαϊδαρίου και Ασπρόπυργου, είναι ένας ιδιαίτερος βιότοπος στη μέση βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Από το 1970 είχε υποβαθμιστεί σε μεγάλο βαθμό λόγω των βιομηχανικών αποβλήτων των διυλιστηρίων, ενώ από το 1984 και εξής προστατεύεται και βρίσκεται σε διαδικασία ανάκαμψης. Η τεχνητή λίμνη του Μαραθώνα που τροφοδοτούσε με νερό την Αθήνα, είναι πλέον ένα πλούσιο οικοσύστημα, που περιβάλλεται από δάσος και προστατεύεται.

5.2 Κλιματικά χαρακτηριστικά της Αθήνας

Το κλίμα της Αττικής, που ανήκει στη μεγάλη ομάδα των κλιμάτων της Ανατολικής Μεσογείου, έχει ορισμένες ιδιαιτερότητες και χαρακτηρίζεται περισσότερο ως ορεινό παρά ως παράκτιο. Η περίοδος από τις αρχές Νοεμβρίου μέχρι τα τέλη Απριλίου είναι αρκετά ψυχρή και υγρή με ορισμένες περιόδους βροχών αλλά και πολλές περιόδους ηλιοφάνειας (π.χ. Αλκυονίδες ημέρες τον Ιανουάριο). Η περίοδος από τις αρχές Μαΐου μέχρι τα τέλη Οκτωβρίου είναι γενικά περίοδος έντονης ξηρασίας με ελάχιστες εξαιρέσεις. Η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας είναι της τάξης των 6 - 13 °C. Υπάρχουν όμως και σοβαρές διαφοροποιήσεις στο εσωτερικό του μητροπολιτικού συγκροτήματος, που οφείλονται σε διαβαθμίσεις του μικροκλίματος.

Οι πιο συχνοί άνεμοι είναι βορειοανατολικοί και βόρειοι, ενώ μεταξύ Απριλίου και Ιουλίου κυριαρχούν οι νοτιοδυτικοί άνεμοι με απότομες αλλαγές. Γενικά στην Αθήνα οι νεφώσεις είναι πολύ λίγες και για το λόγο αυτόν πολλά κείμενα μέχρι τη δεκαετία του 1960 αναφέρουν την ατμόσφαιρά της ως διάφανη.

Όπως στα περισσότερα αστικά συγκροτήματα, και στην Αθήνα παρατηρείται μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του πυκνοδομημένου κέντρου και της αραιοκατοικημένης περιφέρειας. Υπάρχει επίσης μια σημαντική διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των πιο θερμών πυκνοδομημένων και κοντινών σε βιομηχανικές περιοχές δυτικών και βορειοδυτικών περιοχών και των πιο ψυχρών, αραιοκατοικημένων και πράσινων ανατολικών και βορειοανατολικών περιοχών. Η διαφορά αυτή σχετίζεται με τους διαφορετικούς τρόπους διαμόρφωσης του χώρου σε καθεμιά από αυτές τις περιοχές: πρόκειται για αραιοκατοικημένες περιοχές με μονοκατοικίες, με κήπους και δέντρα στην περίπτωση των «πράσινων» συνοικιών, σε αντιδιαστολή με τις πυκνοδομημένες περιοχές τμημάτων του

κέντρου και των δυτικών και βορειοδυτικών συνοικιών, καθώς και αυτών που περιλαμβάνουν βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Το κλίμα του Λεκανοπεδίου Αττικής είναι τυπικό μεσογειακό με υγρούς και ήπιους χειμώνες και θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι περίπου 17 ° C τους χειμερινούς μήνες και 26 ° C τους θερινούς. Οι ταχύτητες ανέμου που κυριαρχούν είναι γενικά χαμηλές, μικρότερες των 3 m/s, λόγω της τοπολογίας της περιοχής, ενώ σπάνια συναντώνται ταχύτητες ανέμου που ξεπερνούν τα 8 m/s.

Τα ανοίγματα που υπάρχουν μεταξύ των όρων της Πεντέλης και της Πάρνηθας καθώς και του Υμηττού και της Πεντέλης βοηθούν στην απομάκρυνση των ρύπων από το λεκανοπέδιο Αττικής. Αντίθετα, από το άνοιγμα που υπάρχει μεταξύ του όρους Αιγάλεω και της Πάρνηθας επιτρέπεται η μεταφορά αέριων μαζών από το Θριάσιο Πεδίο, που λόγω της βιομηχανικής δραστηριότητας που συντελείται σε αυτή την περιοχή έχουν συχνά υψηλές συγκεντρώσεις στους διάφορους ρύπους.

Γενικά μπορεί να υποστηριχθεί ότι η διασπορά των ρύπων στο λεκανοπέδιο Αττικής γίνεται με δυσκολία επειδή τα όρη που το οριοθετούν εμποδίζουν τη διαφυγή των ρυπασμένων αέριων μαζών από το κέντρο της Αθήνας. Η μεταφορά των αέριων μαζών μακριά δεν ευνοείται επίσης όταν παρατηρείται το φαινόμενο της θαλάσσιας αύρας.

Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο λεκανοπέδιο Αττικής αποτελούν η βιομηχανική ζώνη που βρίσκεται στα νοτιοδυτικά στο Θριάσιο πεδίο, ο αερολιμένας στα ανατολικά, το λιμάνι του Πειραιά καθώς και η ρύπανση που οφείλεται στην κυκλοφορία των οχημάτων και στην κεντρική θέρμανση των κτιρίων κατά τους χειμερινούς μήνες. Στη βιομηχανική ζώνη λειτουργούν μεταξύ άλλων δύο διυλιστήρια πετρελαίου, δύο ναυπηγεία, εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου και ένα χαλυβουργείο. Η κυκλοφορία είναι αυξημένη στο κέντρο της πόλης αυξάνοντας έτσι τη συγκέντρωση των ρύπων που σχετίζονται με την κίνηση των οχημάτων στις περιοχές αυτές.

5.3 Διοικητική διαίρεση

Η Περιφέρεια Αττικής στην πρόσφατη απογραφή του 2021 είχε μόνιμο πληθυσμό 3.814.064 άτομα, 1.837.343 άντρες και 1.976.721 γυναίκες και χωρίζεται σε 8 Περιφερειακές Ενότητες:

Η Π.Ε. Ανατολικής Αττικής, περιλαμβάνει το ανατολικό τμήμα της Περιφέρειας Αττικής με 13 Δήμους. Η έδρα της Ενότητας είναι ο Δήμος της Παλλήνης και η έκταση της 1.513 km².

Η Π.Ε. Βορείου Τομέα Αθηνών, είναι σύμπλεγμα 12 αυτοδιοικητικών οντοτήτων οι οποίες εκτείνονται στο βορειοανατολικό τμήμα του λεκανοπεδίου Αττικής, το οποίο περικλείεται από την Πάρνηθα, το Πεντελικό, τον Υμηττό και τα Τουρκοβούνια. Το συγκρότημα συνορεύει με τον Κεντρικό Τομέα Αθηνών και την Ενότητα Ανατολικής Αττικής. Η έκταση του Βόρειου Τομέα Αθηνών ανέρχεται στα 138,78 km².

Η Π.Ε. Δυτικού Τομέα Αθηνών, είναι μια από τις οκτώ Περιφερειακές Ενότητες στις οποίες διαιρείται η Περιφέρεια Αττικής. Περιλαμβάνει το δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου των Αθηνών που περικλείεται από την Εθνική Οδό Αθηνών – Λαμίας και τα όρη Αιγάλεω και Ποικίλο. Συνορεύει με τις Ενότητες Κεντρικού Τομέα Αθηνών, Πειραιώς και Δυτικής Αττικής. Η έκταση της Ενότητας είναι 66,8 km² και η έδρα της είναι ο Δήμος Περιστερίου.

Η Π.Ε. Κεντρικού Τομέα Αθηνών, περιλαμβάνει το αστικό τμήμα του κέντρου του λεκανοπεδίου των Αθηνών που περικλείεται από την Εθνική Οδό Αθηνών – Λαμίας, τα Τουρκοβούνια, τον Υμηττό και τον Ιλισό ποταμό. Το συγκρότημα συνορεύει με τις Ενότητες Βορείου Τομέα Αθηνών, Δυτικού Τομέα Αθηνών και Νοτίου Τομέα Αθηνών. Έδρα της Ενότητας είναι ο δήμος Αθηνών και η έκταση της είναι 87,3 km².

Η Π.Ε. Νοτίου Τομέα Αθηνών, περιλαμβάνει το νοτιότερο τμήμα του λεκανοπεδίου των Αθηνών. Το συγκρότημα συνορεύει με τις Ενότητες Πειραιώς και Κεντρικού Τομέα Αθηνών. Έδρα της Ενότητας είναι ο Δήμος Γλυφάδας και η έκταση της είναι 68,9 km².

Η Π.Ε. Δυτικής Αττικής, περιλαμβάνει το δυτικό τμήμα της Περιφέρειας Αττικής. Η Ενότητα περιλαμβάνει διοικητικά 5 Δήμους με έδρα τον Δήμο Ελευσίνας και η έκταση της είναι 1.004 km².

Η Π.Ε. Πειραιώς, περιλαμβάνει το αστικό τμήμα της πρώην Νομαρχίας Πειραιώς και αποτελεί το νοτιοδυτικό τμήμα του πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας. Συνορεύει με τις Ενότητες Νοτίου και Κεντρικού Τομέα Αθηνών. Έδρα της Ενότητας είναι ο Δήμος Πειραιά και η έκταση της είναι 50,41 km².

Η Π.Ε. Νήσων, περιλαμβάνει το νησιωτικό χώρο που περιγράφεται γεωγραφικά ως Αργοσαρωνικός, την περιοχή της Τροιζηνίας και τα νησιά των Κυθήρων. Προέρχεται ουσιαστικά από την απόσπαση του νησιωτικού τμήματος από την παλαιότερη Νομαρχία Πειραιά. Έδρα της Ενότητας είναι η Σαλαμίνα και η έκταση της είναι 878,9 km².

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 2001 - 2021

6.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με την εθνική και ενωσιακή νομοθεσία αποτελεί υποχρέωση της χώρας η λειτουργία δικτύου σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για το σκοπό αυτό και με πόρους του Β΄ ΚΠΣ, στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού προγράμματος «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ», το ΥΠΕΝ ως ΥΠΕΧΩΔΕ αναβάθμισε σταθμούς του λεκανοπεδίου των Αθηνών και άλλων πόλεων, που ήδη λειτουργούσαν, και παράλληλα εγκατέστησε νέους σταθμούς σε μεγάλες πόλεις, δημιουργώντας το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ). Το ΕΔΠΑΡ ξεκίνησε να λειτουργεί από τα τέλη του 2000.

Το 2015, με πόρους του ΕΣΠΑ 2007-2013 στο πλαίσιο του ΕΠΠΕΡΑΑ αναβαθμίστηκαν οι σταθμοί του ΕΔΠΑΡ που λειτουργεί το ΥΠΕΝ με νέους αναλυτές μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, πιστοποιημένους σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα και αυξήθηκαν οι θέσεις μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων (AS_{10} και $AS_{2.5}$) και βενζολίου.

Το Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας, που ανήκει στη Δ/ση Κλιματικής Αλλαγής και Ποιότητας Ατμόσφαιρας (ΚΑΠΑ) του ΥΠΕΝ είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία του δικτύου μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής Αττικής.

Μέσω του έργου του ΥΠΕΝ, το δίκτυο ΕΔΠΑΡ ανανεώθηκε με νέους αναλυτές αιωρούμενων σωματιδίων AS_{10} που αντικατέστησαν τους παλιούς (Σεπτέμβριος 2016) καθώς επίσης επεκτάθηκε και σε μετρήσεις ρύπων που δεν μετρούνταν μέχρι τώρα, όπως τα αιωρούμενα σωματίδια $AS_{2.5}$ (Σεπτέμβριος 2016) και το βενζόλιο (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2015).

Το 2022, η Δ/ση ΚΑΠΑ του ΥΠΕΝ (Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας), λειτούργησε δεκατέσσερις σταθμούς μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή Αττικής καθώς και ένα σταθμό στην Αλίαρτο Βοιωτίας για τις ανάγκες του Προγράμματος Διασυνοριακής Μεταφοράς της Ρύπανσης (EMEP). Υπάρχουν μετρήσεις για εννέα ρύπους συνολικά (NO_2 , NO , O_3 , SO_2 , CO , PM_{10} , $PM_{2.5}$, Smoke, C_6H_6), αλλά δεν μετρούνται όλοι σε κάθε σταθμό εκτός των οξειδίων του αζώτου.

Οι μετρήσεις είναι ωριαίες για όλους τους ρύπους εκτός του καπνού και των αιωρούμενων σωματιδίων που δίνονται μόνο οι μέσες ημερήσιες τιμές. Η πρώτη μέτρηση κάθε ημέρας είναι στη 1π.μ. Οι ρύποι μετρούνται σε $μg/m^3$ για όλους τους ρύπους εκτός του μονοξειδίου

του αζώτου που δίνεται σε mg/m^3 . Η μέτρηση των ρύπων γίνεται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Ο χρόνος απόκρισης των αυτομάτων αναλυτών είναι της τάξης του ενός λεπτού, δηλαδή ο κάθε αναλυτής δίνει μια τιμή περίπου κάθε λεπτό. Με ένα μικροεπεξεργαστή, που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό και που είναι συνδεδεμένος με τους αυτόματους αναλυτές, υπολογίζονται κάθε ώρα οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης. Οι τιμές αυτές μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας, μέσω τηλεφωνικής γραμμής και με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής.

Σταθμός						
Όνομα	Θέση					Χαρακτηρισμός
	WGS84		ΕΓΣΑ87		Υψόμετρο (m –asl)	
	Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	X (m)	Y(m)		
ΑΘΗΝΑΣ (ΑΘΗ) [1]	23,726845	37,978204	475861	4203144	75	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥ Σ (ΑΡΙ) [2]	23,727617	37,988066	475932	4204238	75	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ (ΓΕΩ) [3]	23,705153	37,984100	473958	4203804	40	Περιαστικός- Βιομηχανικός
ΛΙΟΣΙΑ (ΛΙΟ) [4]	23,697781	38,076741	473344	4214085	165	Περιαστικός-Υποβάθρου
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ* (ΛΥΚ) [5]	23,788986	38,067793	481341	4213070	234	Περιαστικός-Υποβάθρου
ΜΑΡΟΥΣΙ (ΜΑΡ) [6]	23,787372	38,030837	481190	4208970	170	Αστικός-Υποβάθρου
ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ (ΣΜΥ) [7]	23,713020	37,931998	474631	4198021	50	Αστικός-Υποβάθρου
ΠΑΤΗΣΙΩΝ (ΠΑΤ) [8]	23,733053	37,999587	476413	4205515	105	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1** (ΠΕΙ) [9]	23,645230	37,944656	468679	4199446	4	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ (ΠΕΡ) [10]	23,688361	38,020811	472497	4207882	80	Αστικός-Υποβάθρου
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ (ΑΓΠ) [11]	23,819421	37,995110	483995	4205000	290	Περιαστικός-Υποβάθρου
ΕΛΕΥΣΙΝΑ (ΕΛΕ) [12]	23,538432	38,051322	459354	4211322	20	Περιαστικός- Βιομηχανικός
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔ ΟΝΕΣ (ΘΡΑ) [13]	23,758195	38,143521	478662	4221479	550	Περιαστικός-Υποβάθρου
ΚΟΡΩΠΙ (ΚΟΡ) [14]	23,879026	37,901308	489215	4194584	140	Περιαστικός-Υποβάθρου

Πίνακας 13 : Δεδομένα σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ, που την ευθύνη λειτουργίας τους έχει το ΥΠΕΝ στην περιοχή Αθηνών.

Ρύπος	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO, NO ₂)	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O ₃)	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (A _{Σ10} ¹ –A _{Σ2,5} ²)	Απορρόφηση β ακτινοβολίας
Βενζόλιο (C ₆ H ₆)	Αέρια χρωματογραφία (GC)
Βαρέα μέταλλα	Ατομική απορρόφηση
Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες – Βενζο(α)πυρένιο	Αέρια χρωματογραφία-φασματογραφία μάζας

Πίνακας 14: Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης

6.2 Διαδικασία συλλογής – επιλογής μετρήσεων

Στο παρόν κεφάλαιο μελετώνται οι διακυμάνσεις των μέσων ετήσιων τιμών των συγκεντρώσεων το μετρούμενων ρύπων για το χρονικό διάστημα 2001-2021.

Η διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε ήταν η παρακάτω :

Από το σύνολο των σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας επιλέχθηκαν 3 σταθμοί. Οι σταθμοί αυτοί ήταν ο σταθμός Πατησίων, ο σταθμός Αθηνάς και ο σταθμός Πειραιά.

Οι σταθμοί αυτοί χαρακτηρίζονται σαν σταθμοί αστικοί – κυκλοφορίας. Το υψόμετρο τους είναι αντίστοιχα 75m, 105m και 4 m από το επίπεδο της θάλασσας. Οι σταθμοί είναι αντιπροσωπευτικοί της συνολικής ρύπανσης που εμφανίζεται στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών-Πειραιώς.

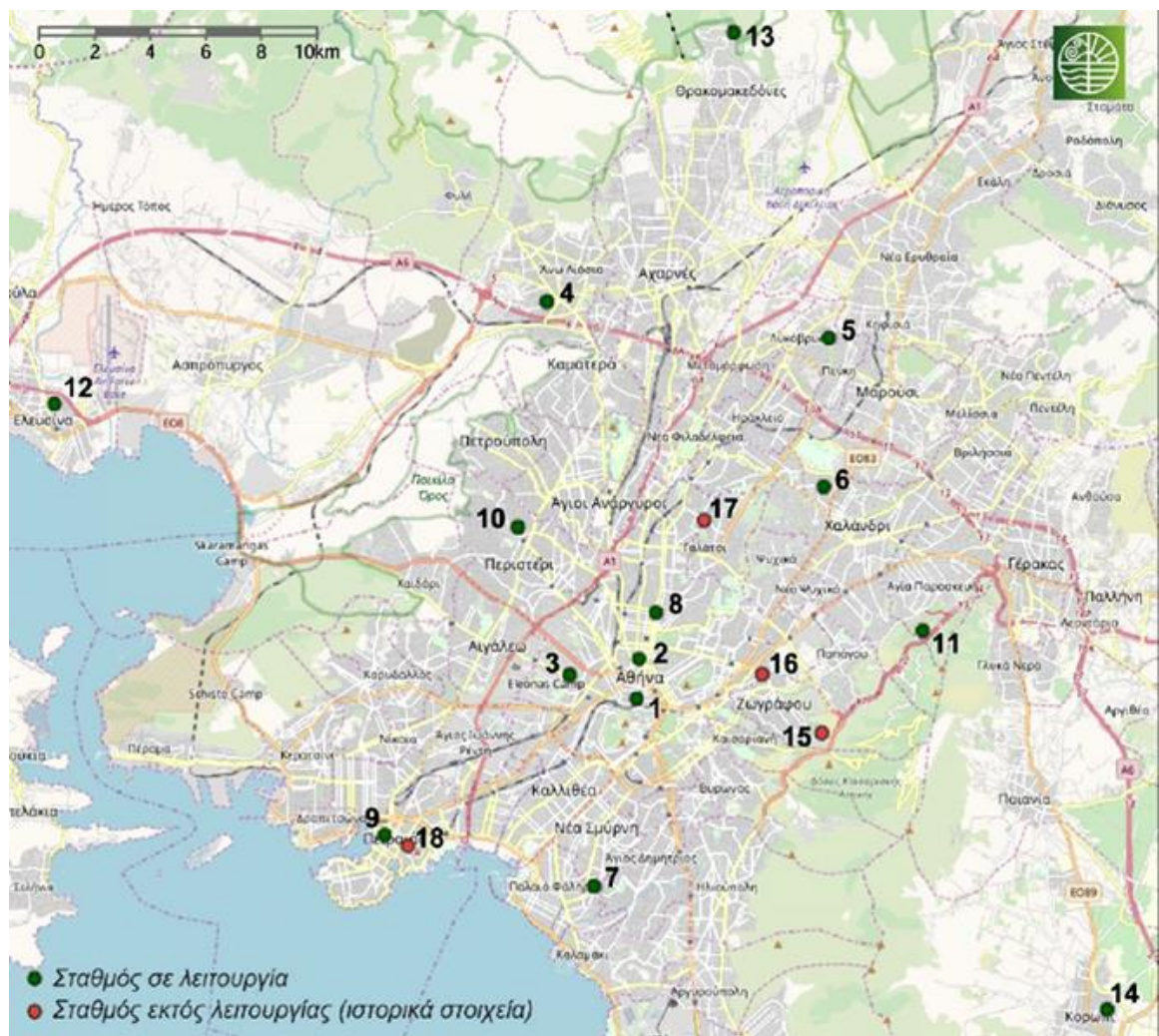
Οι σταθμοί αυτοί, πέραν της πληρότητας των μετρούμενων στοιχείων που παρουσιάζουν τα τελευταία 20 χρόνια, εμφανίζουν και μια ιδιαιτερότητα. Οι σταθμοί του δικτύου ΠΑΤΗΣΙΩΝ, ΑΘΗΝΑΣ, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ και ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1 εμφανίζουν σταθερά κάθε χρόνο υπερβάσεις της οριακής τιμής του διοξειδίου του αζώτου από το 2008 μέχρι και το 2022 ενώ οι άλλοι 10 σταθμοί του δικτύου στην Αθήνα δεν εμφανίζουν καμία υπέρβαση αυτό το διάστημα .

Από αυτούς σε αυτούς τους 3 σταθμούς, συγκεντρώθηκε το σύνολο των ωριαίων μετρήσεων των αερίων ρύπων για το διάστημα 2001 – 2021.

Μετά τη λήψη των ωριαίων μετρήσεων της εικοσαετίας 2001-2021, έγινε επεξεργασία των ωριαίων τιμών (διαγράφοντας όπου υπήρχε την τιμή -9999 που ήταν ένδειξη μη κανονικής λειτουργίας της συσκευής) και υπολογιστήκαν οι μέσοι όροι, ημερήσιοι, μηνιαίοι και ετήσιοι, όλων των ρύπων και για όλους τους σταθμούς.

Οι πίνακες με τις μέσες ετήσιες τιμές των αέριων ρύπων σε κάθε σταθμό μέτρησης βρίσκονται στο Παράρτημα 2.

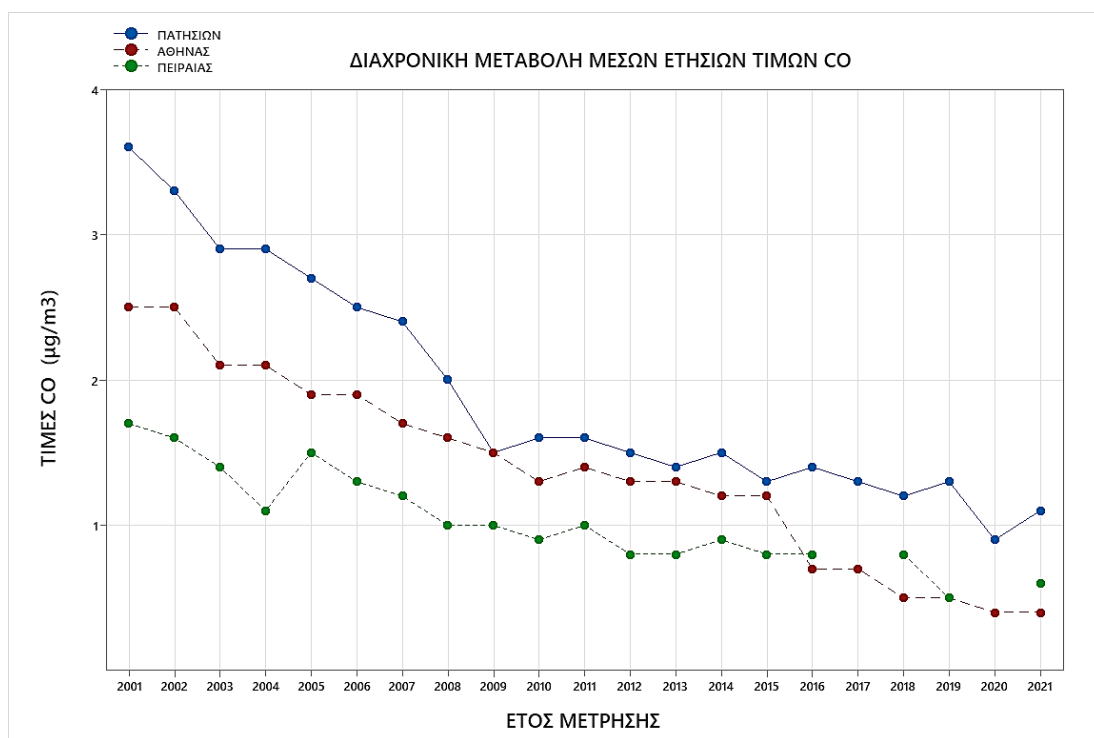
Στο κεφάλαιο αυτό αναζητούμε την γενικότερη τάση των μέσων ετησίων τιμών όλων των ρύπων. Η διαχρονική εξέλιξη των τιμών δείχνει μια ισχυρή τάση μείωσης των τιμών ρύπανσης από χρόνο σε χρόνο. Η τάση αυτή είναι εμφανής στους πρωτογενείς ρύπους ενώ για τους δευτερογενείς ρύπους φαίνεται περισσότερο μια τάση σταθεροποίησης.



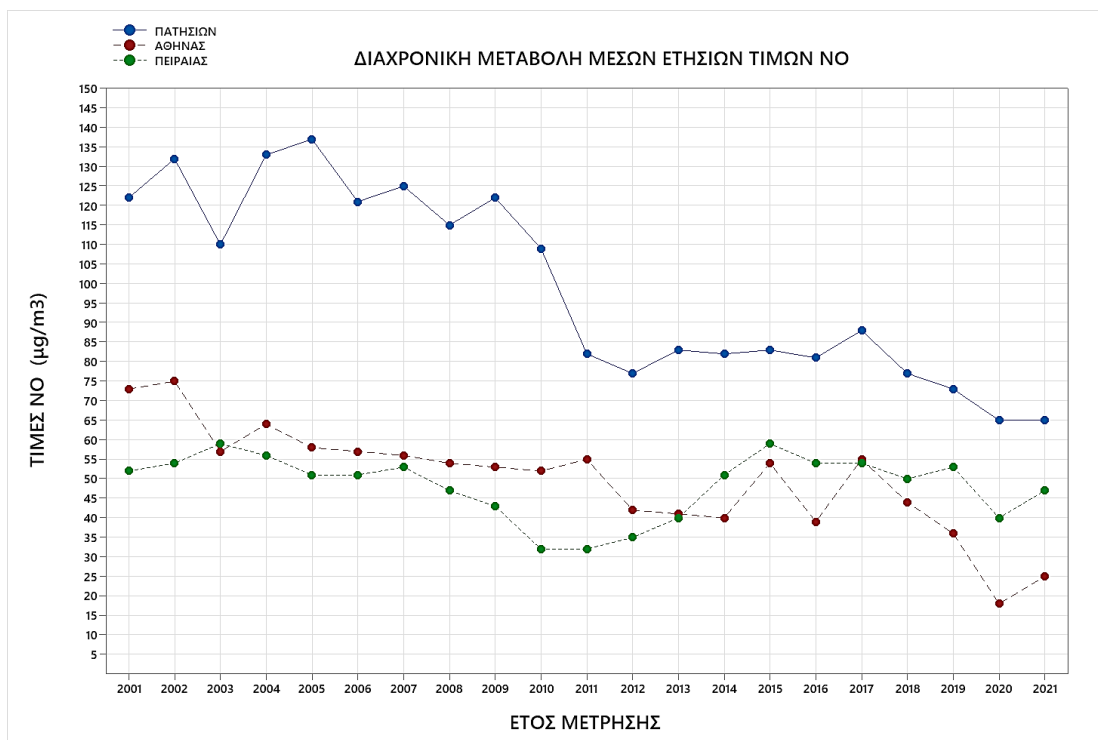
Εικόνα 8 : Χάρτης σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αττική

6.3 Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών των μετρούμενων ρύπων για το διάστημα 2001 – 2021

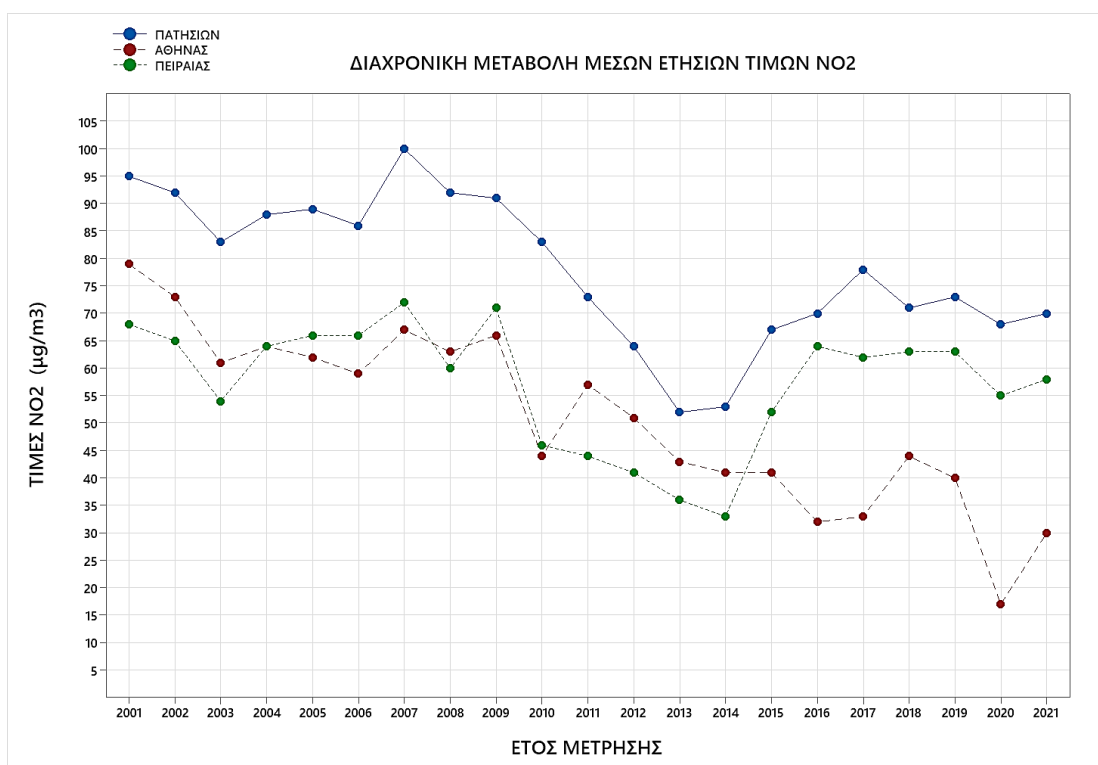
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η διαχρονική διακύμανση των συγκεντρώσεων των μέσων ετησίων τιμών των μετρούμενων ρύπων. Κάθε διάγραμμα αναφέρεται σε έναν ρύπο και παρουσιάζει την διακύμανση του στους 3 σταθμούς αναφοράς για όλο το διάστημα της 20ετίας 2001 - 2011.



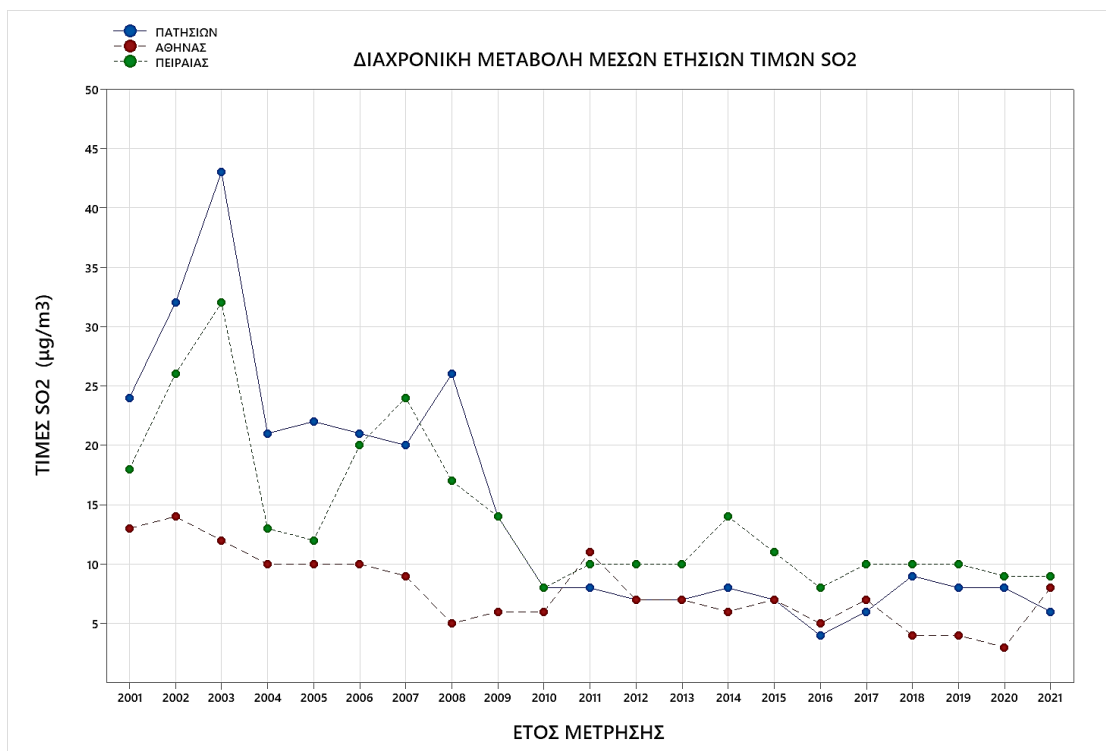
Διάγραμμα 2 : Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών CO για το διάστημα 2001 – 2021 (σε µg/m³).



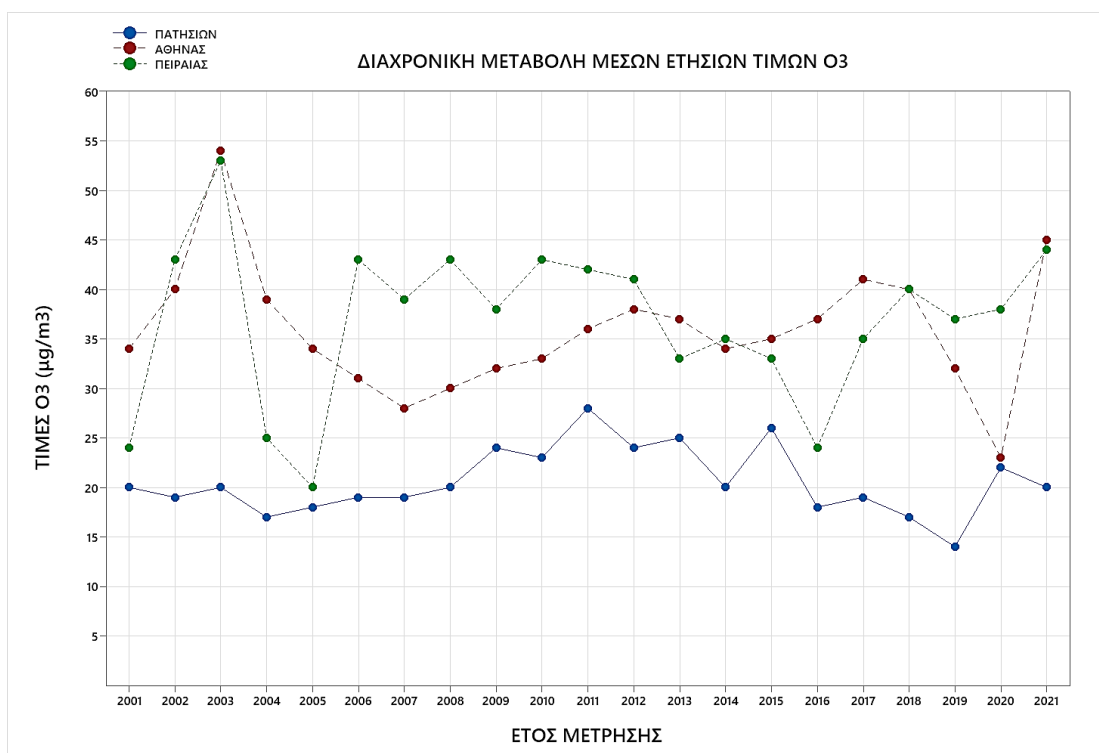
Διάγραμμα 3 : Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών NO για το διάστημα 2001 - 2021 (σε µg/m³).



Διάγραμμα 4 : Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών NO₂ για το διάστημα 2001 - 2021(σε µg/m³).



Διάγραμμα 5 : Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών SO₂ για το διάστημα 2001 - 2021(σε µg/m³).



Διάγραμμα 6 : Διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των μέσων ετήσιων τιμών O₃ για το διάστημα 2001 - 2021(σε µg/m³).

6.4 Ποσοστιαία μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών των μετρούμενων ρύπων από το 2001 στο 2021

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές των μετρούμενων αερίων ρύπων για κάθε σταθμό μέτρησης στην 20ετία.

ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΠΑΤΗΣΙΩΝ ΣΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
ΕΤΟΣ	O ₃	NO	NO ₂	CO	SO ₂
2001	20	122	95	3,6	24
2021	20	65	70	1,1	6
ΔΙΑΦΟΡΑ % 2021-2001	0,0	-46,7	-26,3	-69,4	-75,0

Πίνακας 15: Ποσοστιαία μεταβολή μέσων ετησίων τιμών αερίων ρύπων στον σταθμό Πατησίων στην 20ετία 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΑΘΗΝΑΣ ΣΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
ΕΤΟΣ	O ₃	NO	NO ₂	CO	SO ₂
2001	34	73	79	2,5	13
2021	45	25	30	0,4	8
ΔΙΑΦΟΡΑ % 2021-2001	32,4	-65,8	-62,0	-84,0	-38,5

Πίνακας 16: Ποσοστιαία μεταβολή μέσων ετησίων τιμών αερίων ρύπων στον σταθμό Αθηνάς στην 20ετία 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΠΕΙΡΑΙΑΣ ΣΤΗΝ 20ΕΤΙΑ 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
ΕΤΟΣ	O ₃	NO	NO ₂	CO	SO ₂
2001	24	52	68	1,7	18
2021	44	47	58	0,6	9
ΔΙΑΦΟΡΑ % 2021-2001	83,3	-9,6	-14,7	-64,7	-50,0

Πίνακας 17: Ποσοστιαία μεταβολή μέσων ετησίων τιμών αερίων ρύπων στον σταθμό Πειραιάς στην 20ετία 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

6.5 Συμπεράσματα

Η διαχρονική εξέλιξη των τιμών δείχνει ότι υπάρχει μια έντονη μείωση στο σύνολο σχεδόν των ρύπων (παρόλο που υπάρχουν αυξομειώσεις και μεγάλη διακύμανση των μέσων ετήσιων τιμών ρύπανσης από χρόνο σε χρόνο)

Αναλυτικότερα για κάθε ρύπο παρατηρούμε τα εξής:

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) παρουσιάζει πολύ μεγάλη μείωση με ποσοστά 69% 84% και 65% στην 20ετία. Το διοξείδιο του θείου (SO₂) παρουσιάζει ισχυρή μείωση με ποσοστά 75%, 38% και 65% στην 20ετία. Η μείωση αυτή σε μεγάλο ποσοστό συνδέεται με τις μειώσεις της περιεκτικότητας του θείου τόσο στο πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης όσο και στην αμόλυβδη βενζίνη. Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) παρουσιάζει τάση μείωσης και παρουσιάζει μείωση 47%, 65% και 10% στην 20ετία. Για το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) παρουσιάζει τάση μείωσης με ποσοστά 26% ,62% και 15% στην 20ετία. Αξιοσημείωτη είναι η έντονη διαφοροποίηση της μείωσης από σταθμό σε σταθμό για τους δύο προηγούμενους ρύπους.

Για το όζον εμφανίζει γενικά μια τάση σταθεροποίησης των τιμών με έντονη όμως διακύμανση από έτος σε έτος, λόγω της φύσης του ρύπου. Τα ποσοστά ανά σταθμό είναι αυξητικά 32% και 83% στην 20ετία και σταθερά στον σταθμό Πατησίων.

Το SO₂ , το NO, το NO₂ και το CO έχουν, κατά βάση, τις ίδιες ανθρωπογενείς πηγές δημιουργίας. Η κίνηση των οχημάτων, οι διάφορες βιομηχανικές μονάδες, οι εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης και γενικά οι μηχανές εσωτερικής καύσης αποτελούν τις πλέον σημαντικές πηγές εκπομπής των ρύπων αυτών. Επιπρόσθετα η έντονη κίνηση οχημάτων στις αστικές περιοχές, η πυκνή δόμηση των κτιρίων, το χαμηλό ύψος του οριακού

στρώματος και τα συστήματα ανέμων που επικρατούν προκαλούν συσσώρευση των ρύπων στο κέντρο της πόλης.

Στην περίπτωση του O_3 επειδή είναι δευτερογενής ρύπος με μεγάλο χρόνο παραμονής στην τροπόσφαιρα και φαινόμενα μεταφοράς από την στρατόσφαιρα εμφανίζει μια πιο σύνθετη και πολύπαραγοντική συμπεριφορά. Λιγότερη ή περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία διαφοροποιεί την ταχύτητα των φωτοχημικών αντιδράσεων με αποτέλεσμα την αυξομείωση των συγκεντρώσεων του O_3 .

Πέρα όμως από τα παραπάνω, η κλειστή τοπογραφία του λεκανοπέδιου της Αθήνας δυσχεραίνει τον αερισμό και τη διάχυση των ρύπων, λόγω της ύπαρξης ορεινών όγκων, ενώ έχει ως αποτέλεσμα, η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου να είναι είτε Βορειοανατολική είτε Νοτιοδυτική λόγω του καναλισμού του ανέμου εξαιτίας του ανοίγματος στα βορειοανατολικά μεταξύ των βουνών Πάρνηθας και Πεντέλης και στα νότια στο Σαρωνικό κόλπο. Οι Βορειοανατολικοί άνεμοι έχουν μεγαλύτερη μέση ταχύτητα σε σχέση με τους Νοτιοδυτικούς ανέμους, συντελώντας έτσι καθοριστικά στη διάχυση των ρύπων.

Σε περίπτωση ασθενούς ή απουσίας ροής, οι άνεμοι του νότιου τομέα έχουν αποτέλεσμα την ανάπτυξη τοπικού συστήματος κυκλοφορίας (θαλάσσια αύρα), γεγονός που ευνοεί τη δημιουργία υψηλών συγκεντρώσεων δευτερογενών (φωτοχημικών) ρύπων στην περιφέρεια του λεκανοπεδίου προς βορρά.

Η γενικότερη πτωτική τάση των ρύπων στην 20ετία αυτή, μπορεί να αποδοθεί σε μια σειρά από μέτρα που θεσμοθετήθηκαν, εφαρμόστηκαν και λειτούργησαν ευεργετικά για το περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής Αθηνών - Πειραιώς. Τέτοια μέτρα ήταν :

- Ο περιορισμός της περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα για τις οδικές μεταφορές, στην θέρμανση και την ναυτιλία.
- Η τεχνολογική αναβάθμιση του στόλου των Ι.Χ. αυτοκινήτων και των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.
- Η εφαρμογή του μέτρου της κάρτας ελέγχου καυσαερίων.
- Η περιοδική τεχνική επιθεώρηση οχημάτων μέσω των Κέντρων Τεχνικής Επιθεώρησης Οχημάτων (ΚΤΕΟ).
- Η διευκόλυνση της κυκλοφορίας των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς με λεωφορειολωρίδες.
- Η διείσδυση του φυσικού αερίου στον οικιακό, βιομηχανικό και τριτογενή τομέα.
- Μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας (μεγάλος και μικρός δακτύλιος).
- Η θέσπιση ανωτάτων ορίων εκπομπών CO_2 στους κατασκευαστές αυτοκινήτων.
- Ο εξηλεκτρισμός των σιδηροδρομικών υποδομών.

- Η αύξηση της συμμετοχής των μέσων μεταφοράς σταθερής τροχιάς στο μεταφορικό έργο.
- Η πρόσθεση νέων μέσων σταθερής τροχιάς στο μεταφορικό έργο (Μετρό, Προαστιακός, Τραμ).
- Η διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων στην ελληνική αγορά οχημάτων.
- Ο περιορισμός κυκλοφορίας σε ρυπογόνα οχήματα και ιδίως σε ντιζελοκίνητα οχήματα σε συγκεκριμένες περιοχές, όπως κέντρα μεγάλων πόλεων.
- Η ανάπτυξη ποδηλατοδρόμων και πεζόδρομων.
- Δημιουργία αυτοκινητόδρομων υψηλής ταχύτητας στο λεκανοπέδιο (Αττική Οδός)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΜΕΤΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΝΔΗΜΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 11/3/2020 – 3/5/2020

7.1 Εισαγωγή

Το ξέσπασμα της πανδημίας του COVID 19 και τα περιοριστικά μέτρα που ελήφθησαν, κατά την περίοδο του πρώτου κύματος της πανδημίας, δημιούργησαν πρωτόγνωρες συνθήκες στη λειτουργία της Αθήνας. Έτσι δόθηκε η δυνατότητα να διερευνηθεί η επίδραση των περιοριστικών μέτρων στην κυκλοφορία και σε παραγωγικές δραστηριότητες, στις μετρούμενες συγκεντρώσεις των ρύπων σε σχέση με την περίοδο λειτουργίας της πόλης υπό κανονικές συνθήκες οικονομικής δραστηριότητας.

Ο SARS-CoV-2 είχε ξεκινήσει να απασχολεί τους επιστήμονες από τον Δεκέμβριο του 2019 όταν και αναγνωρίστηκε για πρώτη φορά στην πόλη Ουχάν, της Κίνας. Στις 9 Ιανουαρίου 2020 οι υγειονομικές αρχές της Κίνας ανακοίνωσαν ότι πρόκειται για νέο στέλεχος κορονοϊού (2019-nCoV) που ανήκει σε μία ομάδα ιών που συνήθως προκαλούν αναπνευστικές λοιμώξεις με ποικίλη σοβαρότητα στον άνθρωπο και στα ζώα. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ονόμασε τον νέο ιό SARS-Cov-2 και την ασθένεια που προκαλεί COVID-19. Ο Οργανισμός κήρυξε πανδημία, αφού ο ιός έχει πλέον εξαπλωθεί σε δεκάδες χώρες του κόσμου -ανάμεσά τους και την Ελλάδα- με δεκάδες χιλιάδες κρούσματα και θανατηφόρα περιστατικά.

Μετά την επιβεβαίωση των τριών πρώτων κρουσμάτων στην Ελλάδα, σταδιακά επιβλήθηκαν μέτρα αναστολής εκδηλώσεων, αρχικά σε τοπικό επίπεδο. Ωστόσο, εντός του Μαρτίου, λόγω της εμφάνισης κρουσμάτων του ιού σε διάφορες περιοχές της χώρας, αποφασίστηκε το πανελλαδικό κλείσιμο όλων των εκπαιδευτικών δομών και σταδιακά καταστημάτων εστίασης, εμπορικών καταστημάτων και χώρων λατρείας.

Στις αρχές Μαρτίου αποφασίστηκε το κλείσιμο όλων των δημοσίων και ιδιωτικών εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, όλων των βαθμίδων, στις Περιφερειακές Ενότητες Αχαΐας, Ηλείας και Ζακύνθου και ανεστάλησαν όλες οι εκπαιδευτικές εκδρομές στο εσωτερικό της χώρας. Ανεστάλη επίσης η λειτουργία των χώρων διασκέδασης και η πραγματοποίηση διαφόρων πολιτιστικών εκδηλώσεων, αρχικά τοπικά και στις 12 Μαρτίου σε εθνικό επίπεδο. Στις 13 Μαρτίου ανακοινώθηκε το κλείσιμο όλων των εμπορικών κέντρων, καφετεριών, μπαρ, μουσείων, αθλητικών εγκαταστάσεων και εστιατορίων. Στα μέσα Μαρτίου έκλεισαν επίσης τα σύνορα με την Αλβανία, τη Βόρεια Μακεδονία και την Τουρκία επιτρέποντας μόνο

τη διακίνηση εμπορευμάτων και την είσοδο στην Ελλάδα όσων έχουν ελληνική ιθαγένεια ή διαμένουν στη χώρα. Στις 18 Μαρτίου έκλεισαν και όλα τα εμπορικά καταστήματα εκτός από τις επιχειρήσεις τροφίμων, τα πρατήρια υγρών καυσίμων, τα συνεργεία αυτοκινήτων, τις επιχειρήσεις παροχής ταχυδρομικών υπηρεσιών και κούριερ, τα καταστήματα κινητής τηλεφωνίας και οπτικών. Την ίδια ημέρα ανακοινώθηκε από τον υφυπουργό Πολιτικής Προστασίας και Διαχείρισης Κρίσεων Νίκο Χαρδαλιά η απαγόρευση των δημόσιων συναθροίσεων 10 ή περισσότερων ατόμων. Στις 19 Μαρτίου, το Υπουργείο Τουρισμού ανακοίνωσε τη διακοπή λειτουργίας του συνόλου των ξενοδοχείων σε ολόκληρη τη χώρα, με ορισμένες εξαιρέσεις.

Από τις 6 το πρωί της 23ης Μαρτίου μέχρι και τις 4 Μαΐου επιβλήθηκαν σημαντικοί περιορισμοί στην κυκλοφορία και μετακίνηση των πολιτών σε ολόκληρη την επικράτεια, πλην εξαιρέσεων που αφορούσαν σε όσους κινούνταν προς και από την εργασία τους, μετακινούνταν για να προμηθευτούν αγαθά πρώτης ανάγκης ή φάρμακα, επισκέπτονταν γιατρό ή άτομο το οποίο έχει ανάγκη για βοήθεια, μετέβαιναν σε τελετή (κηδεία, γάμο ή βάφτιση), κλπ. Επιτρεπτή ήταν επίσης και η μετακίνηση για την εφάπαξ μετάβαση στον τόπο της μόνιμης κατοικίας, μεταξύ άλλων εξαιρέσεων. Οι πολίτες κατά την κυκλοφορία τους έπρεπε να φέρουν την αστυνομική τους ταυτότητα ή το διαβατήριο καθώς και κάποιου τύπου βεβαίωση, αναλόγως του σκοπού μετακίνησης, ενώ προβλέπεται και κύρωση διοικητικού προστίμου στους παραβάτες. Από τις 21 Μαρτίου 2020 επετράπη η μετάβαση στα νησιά με πλοία της ακτοπλοΐας μόνο των μόνιμων κατοίκων τους και τα όποια δρομολόγια αφορούσαν μόνιμους κατοίκους και την τροφοδοσία των νησιών, καθώς και εκείνους που επιθυμούσαν να αναχωρήσουν από τα νησιά. Από τις 4 Μαΐου ανοίγουν τα πρώτα καταστήματα και γίνεται η σταδιακή άρση των περιοριστικών μέτρων και ελεύθερη μετακίνηση των πολιτών εντός νομού.

Το χρονικό διάστημα που εξετάζουμε είναι από την 11η Μαρτίου, όπου άρχισαν τα πρώτα περιοριστικά μέτρα που επίδρασαν στην κυκλοφορία, μέχρι και την 4η Μαΐου όπου υπήρξε σταδιακή άρση των περισσότερων μέτρων που επηρεάζουν την κυκλοφορία.

Η διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η παρακάτω:

Από τα ωριαία στοιχεία τα οποία ήταν ήδη συγκεντρωμένα στα προηγούμενα κεφάλαια απομονώθηκαν οι τιμές για το διάστημα 11/3 έως 3/5 και για τα έτη 2017-2021. Από αυτές οι τιμές εξήχθησαν οι μέσες ημερήσιες τιμές για αυτό το διάστημα που αντιστοιχούσαν σε 54 μέρες. Μετά τη στατιστική επεξεργασία των τιμών αυτών, δημιουργήθηκαν οι παρακάτω πίνακες που παρουσιάζονται ,ανά ρύπο και σταθμό ,ο μέσος όρος, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση, το εύρος ,η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή και τα εκατοστημόρια 25% 50% και 75%. Με βάση τα παραπάνω γίνεται αποτύπωση σε ραβδογράμματα της διακύμανσης του αέριου

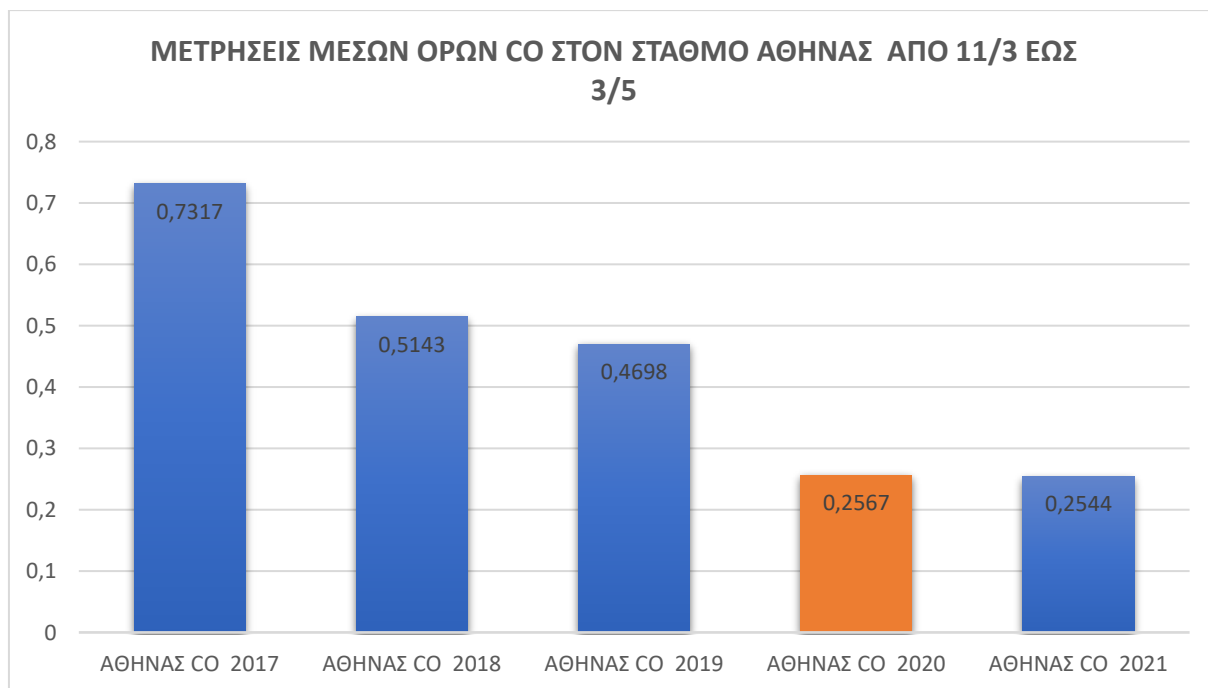
ρύπου στο συγκεκριμένο σταθμό διαδοχικά για το 2017, 2018, 2019, 2020, και 2021. Οι μετρούμενες τιμές συγκέντρωσης και για τους τέσσερις ρύπους που εξετάστηκαν. Ζητούμενο στην διαδικασία αυτή είναι να βρεθεί αν έχουν επηρεαστεί οι τιμές το χρονικό διάστημα του 2020 που ελήφθησαν τα περιοριστικά μέτρα, λόγω του covid 19, σε σχέση με το αντίστοιχο διάστημα της προηγούμενης τριετίας αλλά και αν επανέκαμψαν τον επόμενο χρόνο (2021).

7.2 Μετρήσεις CO στον σταθμό Αθηνάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΑΘΗΝΑΣ CO 2017	ΑΘΗΝΑΣ CO 2018	ΑΘΗΝΑΣ CO 2019	ΑΘΗΝΑΣ CO 2020	ΑΘΗΝΑΣ CO 2021
N	Valid	47	49	50	54	54
	Missing	7	5	4	0	0
Mean		0,7317	0,5143	0,4698	0,2567	0,2544
Median		0,6500	0,5100	0,4700	0,2050	0,2300
Mode		0,64	,28 ^a	0,38 ^a	0,18	0,23
Std. Deviation		0,25586	0,16485	0,15981	0,16787	0,10240
Variance		0,065	0,027	0,026	0,028	0,010
Range		1,14	0,57	0,68	0,79	0,42
Minimum		0,32	0,25	0,12	0,10	0,11
Maximum		1,46	0,82	0,80	0,89	0,53
Percentiles	25	0,5900	0,3800	0,3575	0,1700	0,1775
	50	0,6500	0,5100	0,4700	0,2050	0,2300
	75	0,8300	0,6600	0,5575	0,2525	0,3150

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 18: Στατιστική επεξεργασία μετρήσεων CO στον σταθμό Αθηνάς από το 2017 έως το 2021



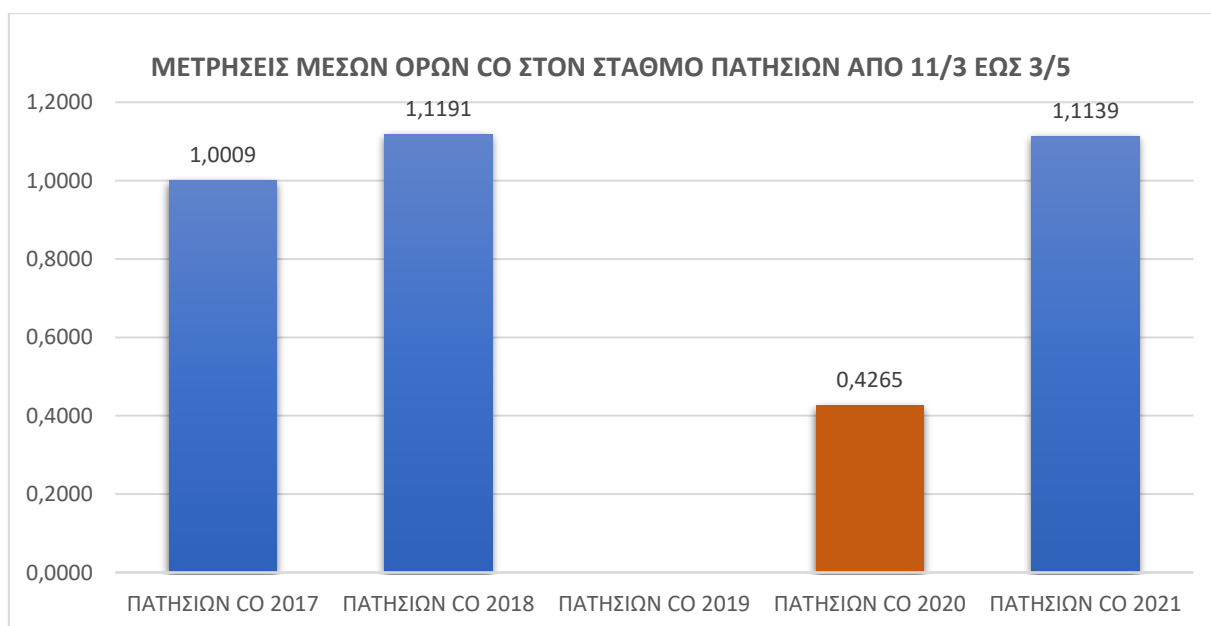
Διάγραμμα 7: Μέσοι όροι τιμών CO στον σταθμό Αθηνάς

7.3 Μετρήσεις CO στον σταθμό Πατησίων από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΠΑΤΗΣΙΩΝ CO 2017	ΠΑΤΗΣΙΩΝ CO 2018	ΠΑΤΗΣΙΩΝ CO 2019	ΠΑΤΗΣΙΩΝ CO 2020	ΠΑΤΗΣΙΩΝ CO 2021
N	Valid	54	54	0	54	54
	Missing	0	0	54	0	0
Mean		1,0009	1,1191		0,4265	1,1139
Median		0,9500	1,0600		0,3150	1,0800
Mode		0,58	0,40 ^a		0,10	0,65 ^a
Std. Deviation		0,45710	0,47895		0,33048	0,37573
Variance		0,209	0,229		0,109	0,141
Range		1,75	1,72		1,37	1,91
Minimum		0,25	0,23		0,10	0,48
Maximum		2,00	1,95		1,47	2,39
Percentiles	25	0,5975	0,7700		0,2025	0,8075
	50	0,9500	1,0600		0,3150	1,0800
	75	1,2975	1,5100		0,5800	1,3375

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 19: Στατιστική επεξεργασία μετρήσεων CO στον σταθμό Πατησίων από το 2017 έως το 2021



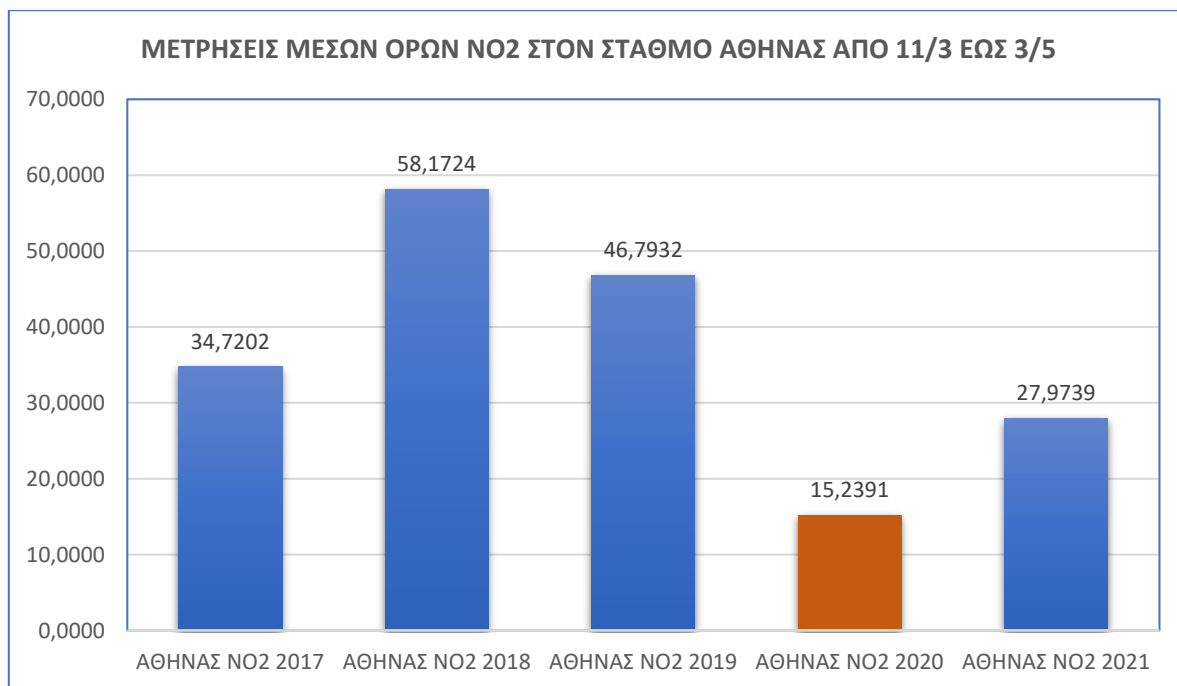
Διάγραμμα 8 : Μέσοι όροι τιμών CO στον σταθμό Πατησίων

7.4 Μετρήσεις NO₂ στον σταθμό Αθηνάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΑΘΗΝΑΣ NO2 2017	ΑΘΗΝΑΣ NO2 2018	ΑΘΗΝΑΣ NO2 2019	ΑΘΗΝΑΣ NO2 2020	ΑΘΗΝΑΣ NO2 2021
N	Valid	47	37	50	54	54
	Missing	7	17	4	0	0
Mean		34,7202	58,1724	46,7932	15,2391	27,9739
Median		34,3300	58,2500	46,7950	13,8050	27,3350
Mode		19,96 ^a	21,42 ^a	22,67 ^a	10,29 ^a	29,42
Std. Deviation		9,30543	15,66365	11,34248	6,61472	9,69595
Variance		86,591	245,350	128,652	43,755	94,011
Range		41,82	67,79	55,96	26,50	35,00
Minimum		19,96	21,42	22,67	4,88	10,75
Maximum		61,78	89,21	78,63	31,38	45,75
Percentiles	25	27,2900	48,3250	37,5975	10,2300	20,0000
	50	34,3300	58,2500	46,7950	13,8050	27,3350
	75	39,7100	69,3150	53,4300	18,5925	36,8225

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 20: Στατιστική επεξεργασία μετρήσεων NO₂ στον σταθμό Αθηνάς από το 2017 έως το 2021



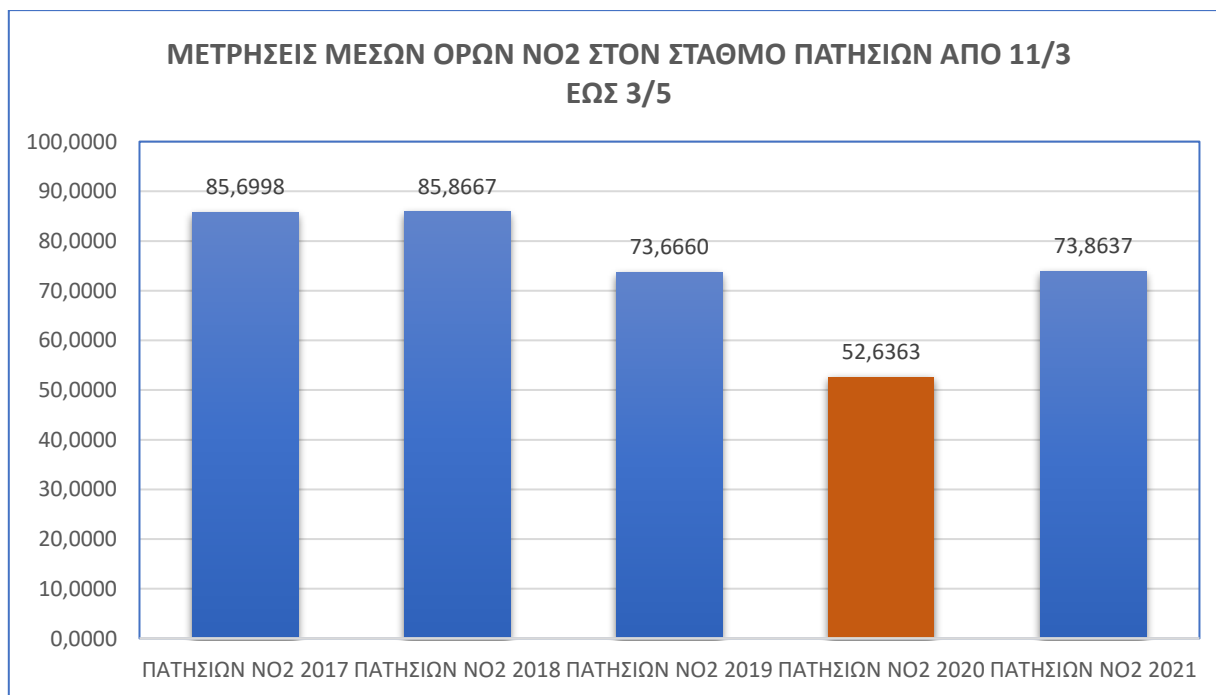
Διάγραμμα 9 : Μέσοι όροι τιμών NO₂ στον σταθμό Αθηνάς

7.5 Μετρήσεις NO₂ στον σταθμό Πατησίων από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΠΑΤΗΣΙΩΝ NO ₂ 2017	ΠΑΤΗΣΙΩΝ NO ₂ 2018	ΠΑΤΗΣΙΩΝ NO ₂ 2019	ΠΑΤΗΣΙΩΝ NO ₂ 2020	ΠΑΤΗΣΙΩΝ NO ₂ 2021
N	Valid	54	54	53	54	54
	Missing	0	0	1	0	0
Mean		85,6998	85,8667	73,6660	52,6363	73,8637
Median		87,5400	83,1500	73,8300	48,6500	74,5250
Mode		41,13 ^a	57,33	90,96	12,88 ^a	96,42
Std. Deviation		22,92041	21,10384	18,63665	19,31450	21,18314
Variance		525,345	445,372	347,325	373,050	448,725
Range		94,04	91,63	71,45	78,70	82,54
Minimum		41,13	35,75	37,13	12,88	32,21
Maximum		135,17	127,38	108,58	91,58	114,75
Percentiles	25	65,4350	73,2200	61,0200	39,6775	56,0550
	50	87,5400	83,1500	73,8300	48,6500	74,5250
	75	102,3450	103,0450	90,8550	69,4675	90,9800

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 21: Στατιστική επεξεργασία μετρήσεων NO₂ στον σταθμό Πατησίων από το 2017 έως το 2021.



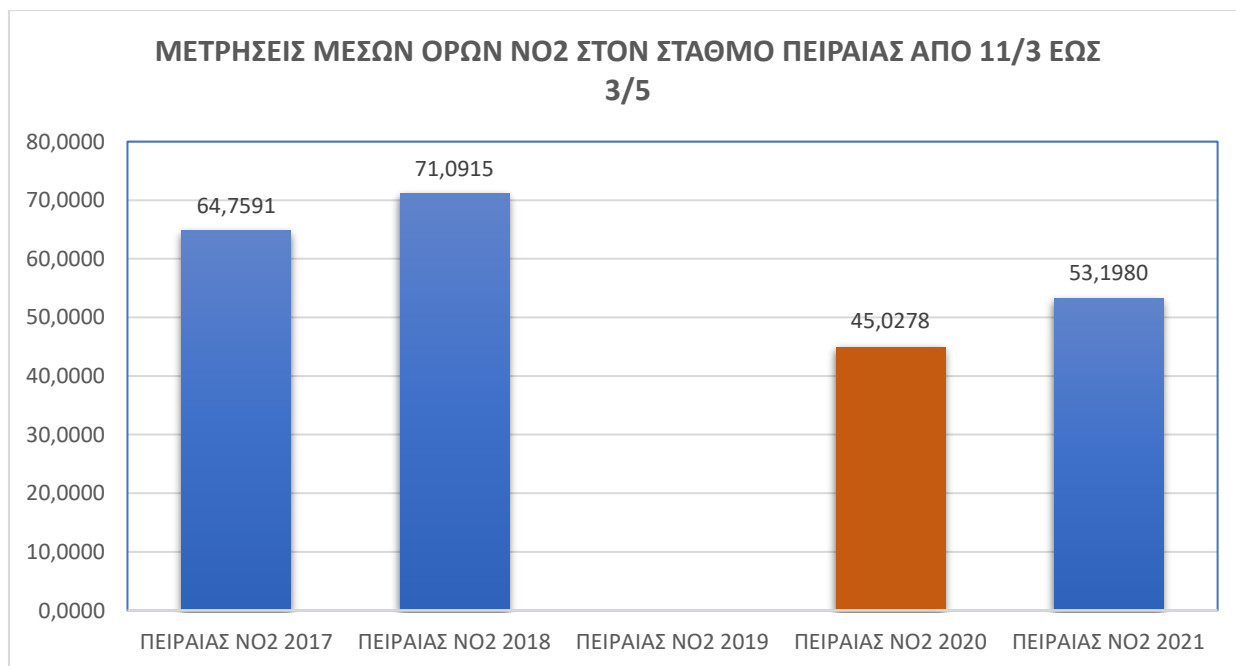
Διάγραμμα 10 : Μέσοι όροι τιμών NO₂ στον σταθμό Πατησίων

7.6 Μετρήσεις NO₂ στον σταθμό Πειραιάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΠΕΙΡΑΙΑΣ NO ₂ 2017	ΠΕΙΡΑΙΑΣ NO ₂ 2018	ΠΕΙΡΑΙΑΣ NO ₂ 2019	ΠΕΙΡΑΙΑΣ NO ₂ 2020	ΠΕΙΡΑΙΑΣ NO ₂ 2021
N	Valid	53	54	0	54	54
	Missing	1	0	54	0	0
Mean		64,7591	71,0915		45,0278	53,1980
Median		64,5000	71,8950		42,7300	53,0700
Mode		69,17 ^a	33,42 ^a		42,58 ^a	55,08
Std. Deviation		12,10180	19,84738		15,25301	13,22972
Variance		146,454	393,919		232,654	175,025
Range		58,04	88,04		57,83	67,12
Minimum		37,96	33,42		18,92	22,38
Maximum		96,00	121,46		76,75	89,50
Percentiles	25	57,7100	54,5600		33,6675	43,1650
	50	64,5000	71,8950		42,7300	53,0700
	75	70,0000	85,9475		57,3850	59,8125

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 22: Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων NO₂ στον σταθμό Πειραιά από το 2017 έως το 2021



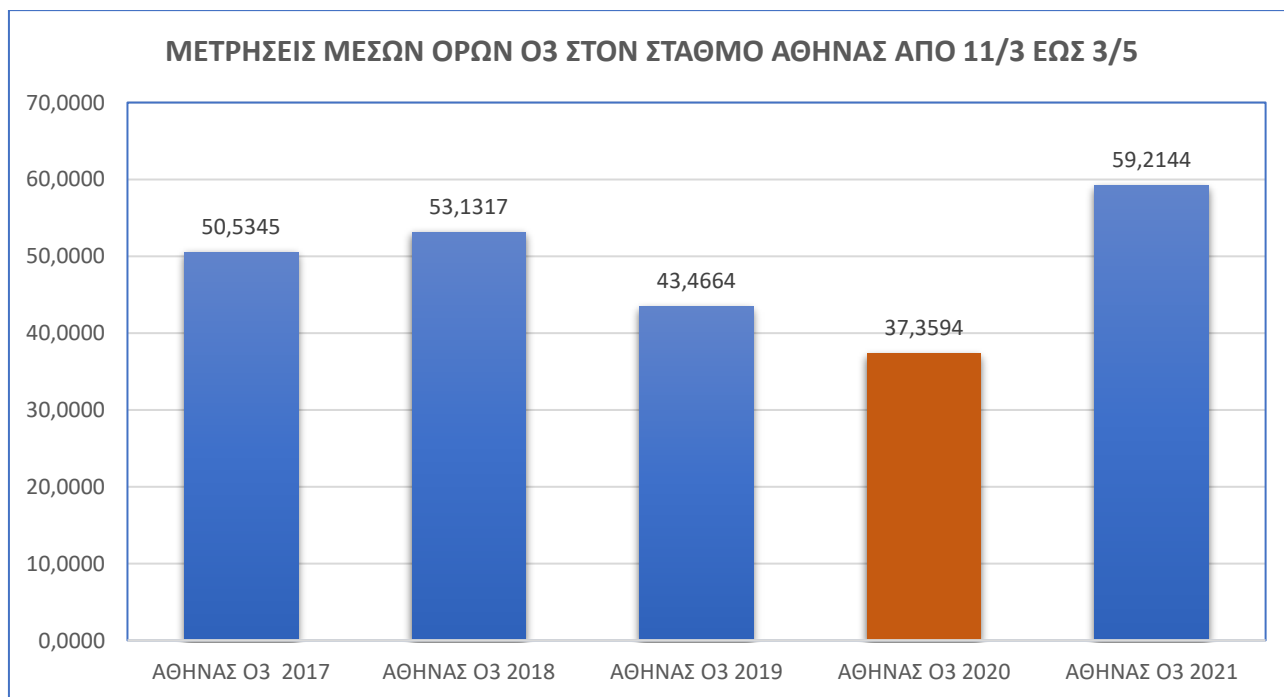
Διάγραμμα 11 : Μέσοι όροι τιμών NO₂ στον σταθμό Πειραιά.

7.7 Μετρήσεις O₃ στον σταθμό Αθηνάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΑΘΗΝΑΣ O ₃ 2017	ΑΘΗΝΑΣ O ₃ 2018	ΑΘΗΝΑΣ O ₃ 2019	ΑΘΗΝΑΣ O ₃ 2020	ΑΘΗΝΑΣ O ₃ 2021
N	Valid	47	54	50	54	41
	Missing	7	0	4	0	13
Mean		50,5345	53,1317	43,4664	37,3594	59,2144
Median		49,8300	52,2500	40,7550	38,2950	59,8300
Mode		45,00	23,71 ^a	40,21	27,83	30,75 ^a
Std. Deviation		13,66590	13,72036	15,11838	14,76839	14,38556
Variance		186,757	188,248	228,565	218,105	206,944
Range		72,03	63,83	69,11	56,29	64,46
Minimum		22,88	23,71	7,25	6,79	30,75
Maximum		94,91	87,54	76,36	63,08	95,21
Percentiles	25	43,3300	41,9575	32,0850	27,7575	51,5200
	50	49,8300	52,2500	40,7550	38,2950	59,8300
	75	59,7700	64,4050	56,1700	49,8225	67,6050

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 23: Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων O₃ στον σταθμό Αθηνάς από το 2017 έως το 2021



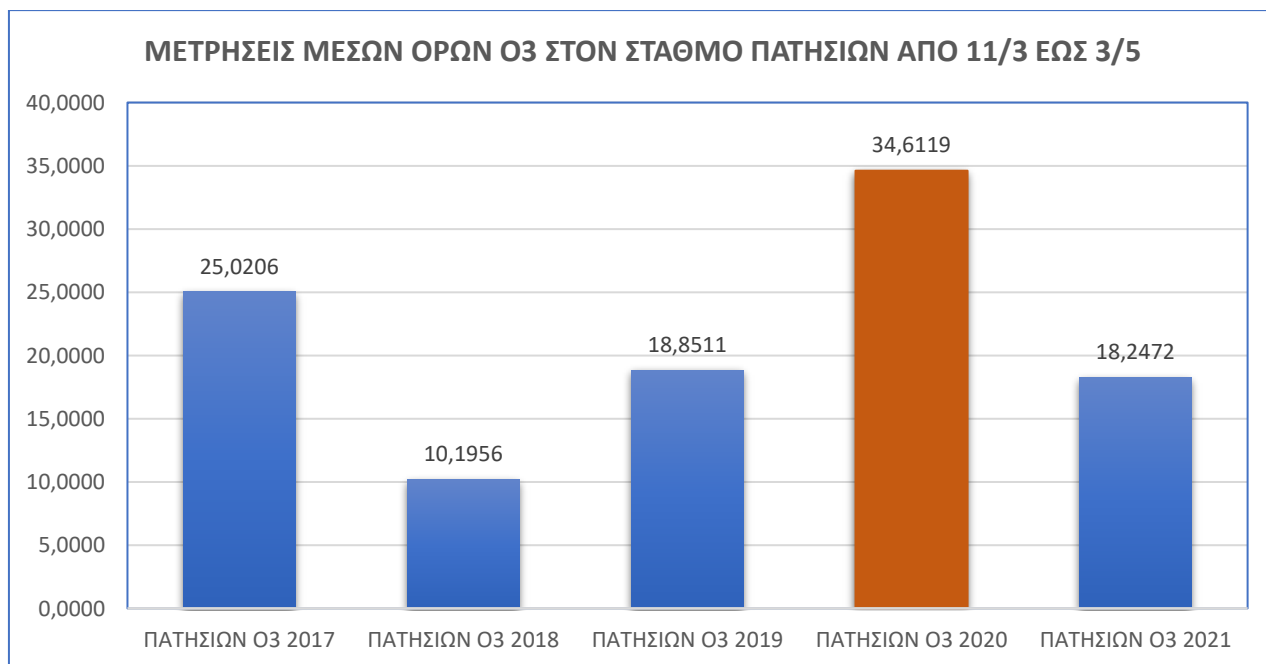
Διάγραμμα 12 : Μέσοι όροι τιμών O₃ στον σταθμό Αθηνάς

7.8 Μετρήσεις O₃ στον σταθμό Πατησίων από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΠΑΤΗΣΙΩΝ O ₃ 2017	ΠΑΤΗΣΙΩΝ O ₃ 2018	ΠΑΤΗΣΙΩΝ O ₃ 2019	ΠΑΤΗΣΙΩΝ O ₃ 2020	ΠΑΤΗΣΙΩΝ O ₃ 2021
N	Valid	54	54	37	54	54
	Missing	0	0	17	0	0
Mean		25,0206	10,1956	18,8511	34,6119	18,2472
Median		23,6650	5,1250	13,6400	33,7950	15,2300
Mode		5,25 ^a	2,13	2,21 ^a	5,75 ^a	1,42 ^a
Std. Deviation		14,41085	11,48709	15,21236	13,94772	12,52885
Variance		207,672	131,953	231,416	194,539	156,972
Range		59,67	44,29	44,79	58,33	46,12
Minimum		5,25	1,21	2,21	5,75	1,42
Maximum		64,92	45,50	47,00	64,08	47,54
Percentiles	25	13,9800	2,1600	7,1500	22,5875	9,7100
	50	23,6650	5,1250	13,6400	33,7950	15,2300
	75	33,8325	12,2425	34,2500	45,6650	24,7700

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 24: Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων O₃ στον σταθμό Πατησίων από το 2017 έως το 2021



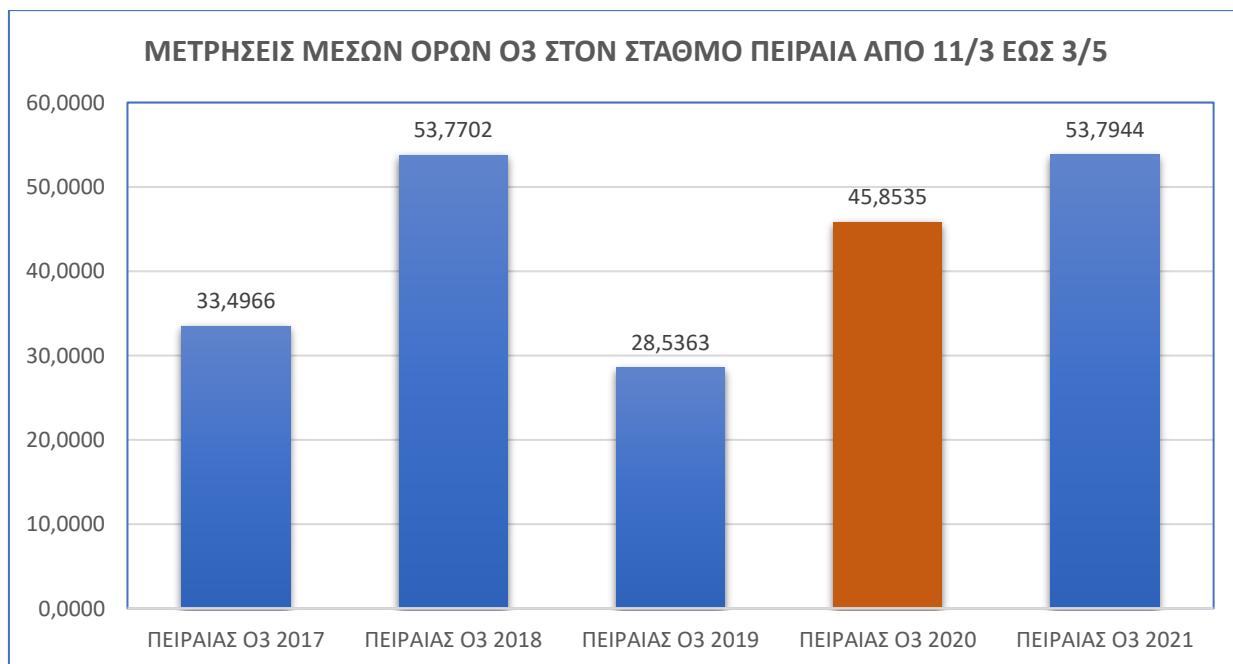
Διάγραμμα 13 : Μέσοι όροι τιμών Ο₃ στον σταθμό Πατησίων

7.9 Μετρήσεις Ο₃ στον σταθμό Πειραιάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΠΕΙΡΑΙΑΣ Ο ₃ 2017	ΠΕΙΡΑΙΑΣ Ο ₃ 2018	ΠΕΙΡΑΙΑΣ Ο ₃ 2019	ΠΕΙΡΑΙΑΣ Ο ₃ 2020	ΠΕΙΡΑΙΑΣ Ο ₃ 2021
N	Valid	53	54	8	54	54
	Missing	1	0	46	0	0
Mean		33,4966	53,7702	28,5362	45,8535	53,7944
Median		30,2900	54,6250	29,3550	49,0600	51,6250
Mode		10,00 ^a	59,92	7,33 ^a	57,17	58,04
Std. Deviation		13,48284	16,33107	12,87683	13,91516	14,47190
Variance		181,787	266,704	165,813	193,632	209,436
Range		56,08	63,38	42,84	51,62	62,92
Minimum		10,00	20,54	7,33	18,63	21,75
Maximum		66,08	83,92	50,17	70,25	84,67
Percentiles	25	24,6450	40,1275	19,9475	35,2950	43,3000
	50	30,2900	54,6250	29,3550	49,0600	51,6250
	75	45,0200	64,8725	36,4675	56,8900	63,9450

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 25: Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων Ο₃ στον σταθμό Πειραιά από το 2017 έως το 2021



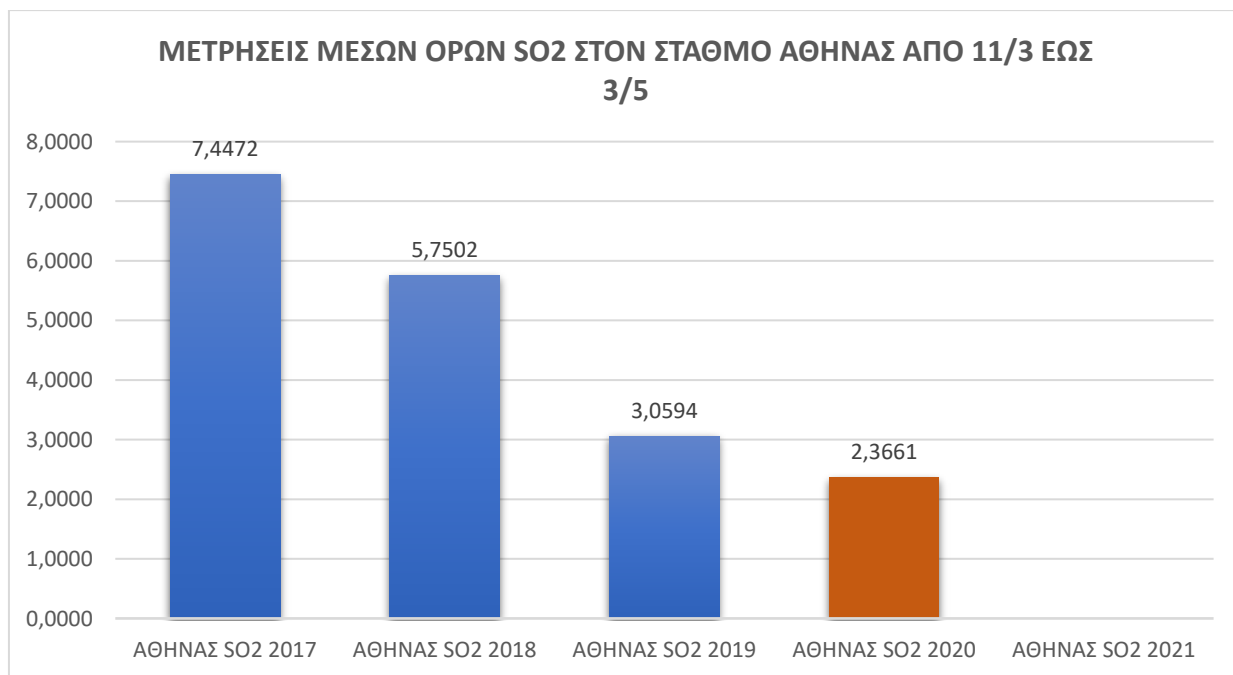
Διάγραμμα 14 : Μέσοι όροι τιμών Ο₃ στον σταθμό Πειραιά

7.10 Μετρήσεις SO₂ στον σταθμό Αθηνάς από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΑΘΗΝΑΣ SO ₂ 2017	ΑΘΗΝΑΣ SO ₂ 2018	ΑΘΗΝΑΣ SO ₂ 2019	ΑΘΗΝΑΣ SO ₂ 2020	ΑΘΗΝΑΣ SO ₂ 2021
N	Valid	47	54	50	54	0
	Missing	7	0	4	0	54
Mean		7,4472	5,7502	3,0594	2,3661	
Median		7,1100	5,2100	2,5000	2,0800	
Mode		6,50 ^a	2,04 ^a	2,00	2,00	
Std. Deviation		2,08627	3,26519	1,25333	,57206	
Variance		4,353	10,661	1,571	,327	
Range		8,87	11,58	4,54	2,42	
Minimum		4,13	2,00	2,00	2,00	
Maximum		13,00	13,58	6,54	4,42	
Percentiles	25	5,7400	2,9275	2,0700	2,0000	
	50	7,1100	5,2100	2,5000	2,0800	
	75	9,1700	7,5325	3,7000	2,5200	

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 26: Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων SO₂ στον σταθμό Αθηνάς από το 2017 έως το 2021



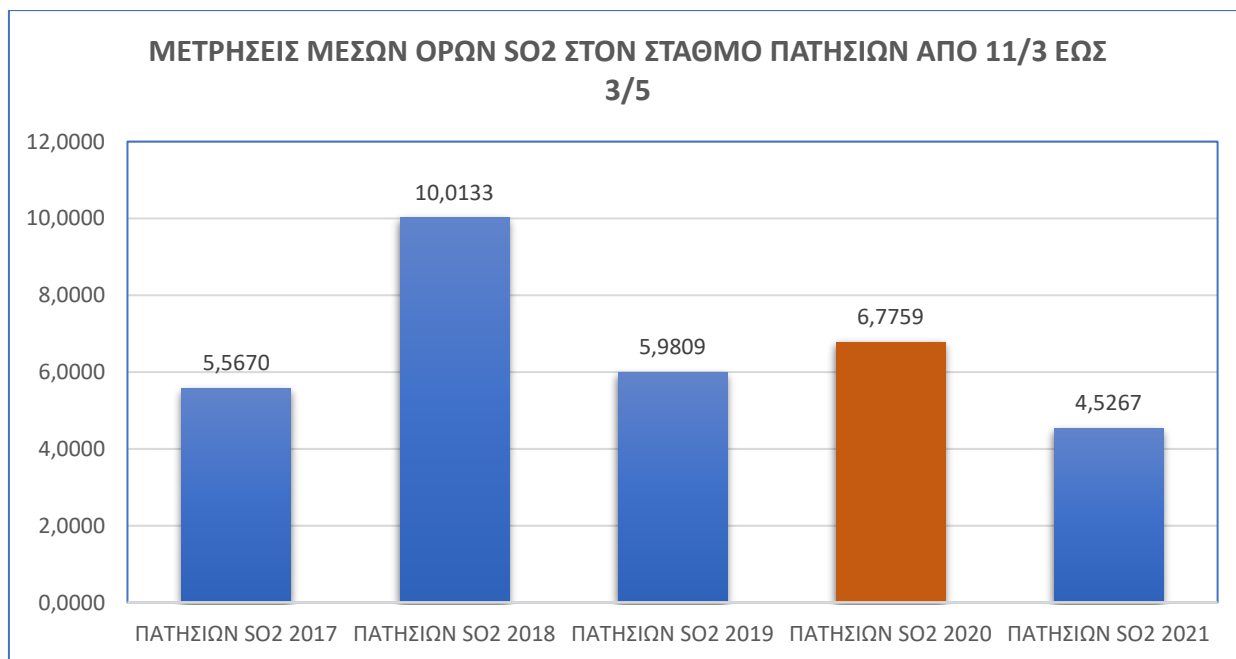
Διάγραμμα 15 : Μέσοι όροι τιμών SO₂ στον σταθμό Αθηνάς

7.11 Μετρήσεις SO₂ στον σταθμό Πατησίων από 2017 έως 2021- Στατιστική επεξεργασία

		ΠΑΤΗΣΙΩΝ SO ₂ 2017	ΠΑΤΗΣΙΩΝ SO ₂ 2018	ΠΑΤΗΣΙΩΝ SO ₂ 2019	ΠΑΤΗΣΙΩΝ SO ₂ 2020	ΠΑΤΗΣΙΩΝ SO ₂ 2021
N	Valid	54	54	35	54	54
	Missing	0	0	19	0	0
Mean		5,5670	10,0133	5,9809	6,7759	4,5267
Median		4,5400	9,7100	5,7900	4,2950	4,3800
Mode		4,54	8,71	5,67	2,00	2,92 ^a
Std. Deviation		3,37062	4,04197	1,54239	5,76785	1,05569
Variance		11,361	16,338	2,379	33,268	1,114
Range		16,36	16,83	5,76	16,79	4,95
Minimum		2,52	3,13	2,57	2,00	2,88
Maximum		18,88	19,96	8,33	18,79	7,83
Percentiles	25	3,5700	7,0400	4,7300	2,5800	3,8675
	50	4,5400	9,7100	5,7900	4,2950	4,3800
	75	5,6800	12,7600	7,3300	8,5900	5,1200

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 27: Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων SO₂ στον σταθμό Πατησίων από το 2017 έως το 2021



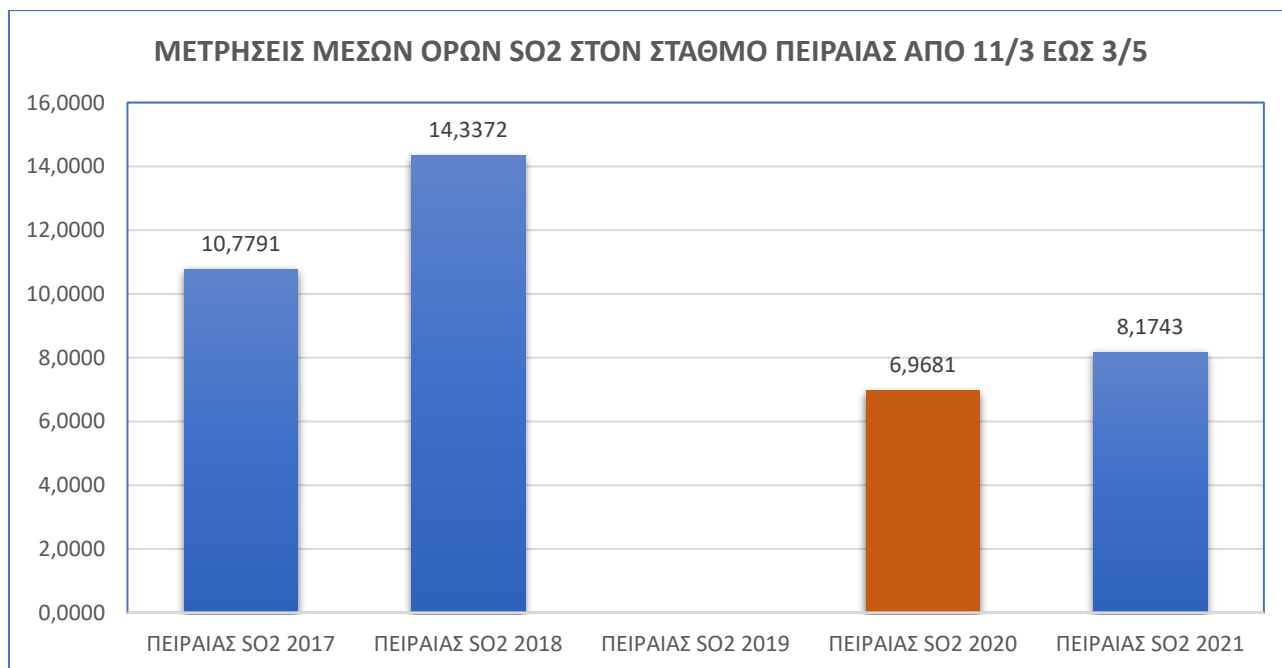
Διάγραμμα 16: Μέσοι όροι τιμών SO₂ στον σταθμό Πατησίων

7.12 Μετρήσεις SO₂ στον σταθμό Πειραιάς από 2017 έως 2021- στατιστική επεξεργασία

		ΠΕΙΡΑΙΑΣ SO ₂ 2017	ΠΕΙΡΑΙΑΣ SO ₂ 2018	ΠΕΙΡΑΙΑΣ SO ₂ 2019	ΠΕΙΡΑΙΑΣ SO ₂ 2020	ΠΕΙΡΑΙΑΣ SO ₂ 2021
N	Valid	53	54	0	43	54
	Missing	1	0	54	11	0
Mean		10,7791	14,3372		6,9681	8,1743
Median		10,7100	13,2300		6,2500	8,0000
Mode		9,04 ^a	8,79 ^a		6,58	5,17 ^a
Std. Deviation		3,78180	6,32928		2,54285	2,40854
Variance		14,302	40,060		6,466	5,801
Range		16,75	29,75		9,37	10,62
Minimum		3,00	5,08		3,63	4,17
Maximum		19,75	34,83		13,00	14,79
Percentiles	25	8,4700	8,8200		5,0000	6,2100
	50	10,7100	13,2300		6,2500	8,0000
	75	13,1050	20,0825		8,7100	9,8300

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 28: Στατιστική Επεξεργασία μετρήσεων SO₂ στον σταθμό Πειραιά από το 2017 έως το 2021



Διάγραμμα 17 : Μέσοι όροι τιμών SO₂ στον σταθμό Πειραιά

7.13 Μετρήσεις και ποσοστιαίες μεταβολές τιμών ρύπων

Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζονται συγκεντρωτικά οι μέσες τιμές των ρύπων για το διάστημα 11/3 έως 3/5 και οι ποσοστιαίες μεταβολές τους για τα έτη μελέτης.

ΤΙΜΕΣ 2019			
	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ
CO	0,4698	-	-
NO ₂	46,7932	73,6660	-
SO ₂	3,0594	5,9809	-
O ₃	43,4664	18,8511	28,5363

Πίνακας 29 : Μέσες τιμές ρύπων για το διάστημα 11/3 – 3/5 (2019)

ΤΙΜΕΣ 2020			
------------	--	--	--

	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ
CO	0,2567	0,4265	-
NO2	15,2391	52,6363	45,0278
SO2	2,3661	6,7759	6,9681
O3	37,3594	34,6119	45,8535

Πίνακας 30 : Μέσες τιμές ρύπων για το διάστημα 11/3 – 3/5 (2020)

ΤΙΜΕΣ 2021			
------------	--	--	--

	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ
CO	0,2544	1,1139	-
NO2	27,9739	73,8637	53,1980
SO2	-	4,5267	8,1743
O3	59,2144	18,2472	53,7944

Πίνακας 31 : Μέσες τιμές ρύπων για το διάστημα 11/3 – 3/5 (2021)

% ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΟΥ 2020 ΑΠΟ ΤΟ 2019			
--------------------------------	--	--	--

	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ
CO	-45,36	-	-
NO2	-67,43	-28,55	-
SO2	-22,66	13,29	-
O3	-14,05	83,61	60,69

Πίνακας 32 : % διαφορά μέσων τιμών ρύπων του 2020 από το 2019

% ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΟΥ 2021 ΑΠΟ ΤΟ 2020

	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ
CO	-0,90	161,18	-
NO2	83,57	40,33	18,14
SO2	-	-33,19	17,31
O3	58,50	-47,28	17,32

Πίνακας 33 : % διαφορά μέσων τιμών ρύπων του 2021 από το 2020

7.14 Συμπεράσματα

Από τις παραπάνω διακυμάνσεις των τιμών των ρύπων στο μετρούμενο διάστημα προκύπτουν από τα παρακάτω συμπεράσματα:

1) Οι μετρούμενες τιμές συγκέντρωσης και για τους τέσσερις ρύπους που εξετάστηκαν **έχουν επηρεαστεί σημαντικά** το χρονικό διάστημα του 2020 που ελήφθησαν τα περιοριστικά μέτρα, λόγω του covid 19, σε σχέση με το αντίστοιχο διάστημα της προηγούμενης τριετίας.

2) Για το διοξείδιο του αζώτου για τους σταθμούς ΠΑΤΗΣΙΩΝ και ΑΘΗΝΑΣ για το χρονικό διάστημα που ίσχυαν τα περιοριστικά μέτρα σε σχέση με το αντίστοιχο του προηγούμενου έτους παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων 28% και 67% αντίστοιχα. Η μείωση της κυκλοφορίας έχει επηρεάσει τις μετρούμενες συγκεντρώσεις στους σταθμούς του κέντρου, οι οποίοι και καταγράφουν διαχρονικά υπερβάσεις των οριακών τιμών, οι οποίες οφείλονται στην κυκλοφορία.

Το αμέσως επόμενο διάστημα από την άρση των περιοριστικών μέτρων που εξετάστηκε σε σχέση με το διάστημα που ίσχυαν τα περιοριστικά μέτρα υπήρξε σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων 40%, 83% στους σταθμούς ΠΑΤΗΣΙΩΝ και ΑΘΗΝΑΣ ενώ στο σταθμό ΠΕΙΡΑΙΑΣ η αύξηση ήταν 18%.

3) Για το διοξείδιο του θείου για τους σταθμούς ΠΑΤΗΣΙΩΝ και ΑΘΗΝΑΣ για το χρονικό διάστημα που ίσχυαν τα περιοριστικά μέτρα σε σχέση με το αντίστοιχο του προηγούμενου έτους παρατηρήθηκε 13% αύξηση και 22% μείωση των συγκεντρώσεων αντίστοιχα.

Το αμέσως επόμενο διάστημα από την άρση των περιοριστικών μέτρων που εξετάστηκε σε σχέση με το διάστημα που ίσχυαν τα περιοριστικά μέτρα υπήρξε σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων 39% μείωση στον σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ ενώ στο σταθμό ΠΕΙΡΑΙΑΣ η αύξηση ήταν 17%.

4) Για το όζον, σαν δευτερογενής ρύπος παρουσιάζει μεικτή εικόνα σε όλους τους σταθμούς ενώ οι τιμές του μονοξειδίου του άνθρακα είναι εξαιρετικά μικρές με αποτέλεσμα μικρές μεταβολές τους να παρουσιάζουν εξαιρετικά μεγάλες ποσοστιαίες μεταβολές

Οι επικρατέστεροι άνεμοι το χρονικό διάστημα 11/3 έως και 3/5 της τριετίας είναι του Β τομέα, ενώ και του αντίστοιχου διαστήματος του 2020 του Β τομέα. Και στις δυο αυτές περιπτώσεις κατεύθυνσης ανέμων, διαχρονικά παρατηρούνται μικρότερες τιμές συγκεντρώσεων, σε σχέση με τις συγκεντρώσεις που παρατηρούνται με ανέμους του νότιου τομέα.

Η μέγιστη μέση τιμή ταχύτητας ανέμου για το χρονικό διάστημα 11.3 έως και 3.5 της τριετίας ήταν 3,9m/sec ενώ για το αντίστοιχο διάστημα του 2020 ήταν 4,2m/sec, και στις δυο περιπτώσεις ΒΑ.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι συγκεκριμένοι μετεωρολογικοί παράμετροι για τα παραπάνω διαστήματα που εξετάστηκαν είναι παρόμοιοι και επομένως οι παρατηρούμενες μειώσεις των συγκεντρώσεων, οφείλονται κατά κύριο λόγο στη μείωση των εκπομπών από τον περιορισμό της κυκλοφορίας των οχημάτων.

Σε ότι αφορά το διάστημα από 4 Μαΐου έως και 13 Μαΐου του 2020 οι επικρατέστεροι άνεμοι ήταν του ΝΝΔ τομέα, οι οποίοι δυσχεραίνουν τη διάχυση των ρύπων, ενώ η μέγιστη μέση ταχύτητα ανέμου ήταν 3,1m/sec του Ν τομέα. Αυτό έχει συνεισφέρει εκτός των προαναφερόμενων λόγων, στην αύξηση των συγκεντρώσεων την περίοδο αυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2019-2021

8.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές των μετρούμενων ρύπων για το διάστημα 2019 - 2021. Οι μετρήσεις αυτές συγκεντρώθηκαν από την Ετήσια Έκθεση Ποιότητας Ατμόσφαιρας 2021 η οποία εκδίδεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας - Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας. Μετά τη συγκέντρωση των μετρήσεων έγινε αποτύπωση τους σε διαγράμματα. Η πρώτη παρατήρηση την οποία μπορούμε να κάνουμε είναι ότι για όλη σχεδόν τη διάρκεια του έτους 2020 και για τους περισσότερους ρύπους η πανδημία επίδρασε σημαντικά στη μείωση ή έστω την σταθεροποίηση των τιμών των ρύπων.

Οι πρωτογενείς ρύποι (CO , NO , SO_2), παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές τους μήνες του χειμώνα. Αναφορικά με το SO_2 , αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης (αν και οι πολύ χαμηλές τιμές συγκεντρώσεων δεν επιτρέπουν την εξαγωγή στατιστικά σημαντικών συμπερασμάτων). Για το CO και το NO , οφείλεται κυρίως στην εντονότερη κυκλοφορία που παρατηρείται τους χειμερινούς μήνες και τις χειρότερες συνθήκες λειτουργίας των μηχανών των αυτοκινήτων (χαμηλή απόδοση καταλύτη στο ξεκίνημα με κρύα μηχανή). Σημαντικό ρόλο παίζει και η καύση βιομάζας, ξύλου και pellet για θέρμανση σε τζάκια και θερμάστρες ενώ συμμετέχει στις εκπομπές και η κεντρική θέρμανση σε όλη την περίοδο του χειμώνα.

Το όζον (O_3) παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές τη θερινή περίοδο του έτους. Οι αυξημένες τιμές της συγκέντρωσης του όζοντος τους καλοκαιρινούς μήνες οφείλονται στην αυξημένη ηλιοφάνεια σε διάρκεια και ένταση, δεδομένου ότι αυτός ο ρύπος σχηματίζεται από φωτοχημικές διεργασίες στις οποίες καθοριστικό ρόλο παίζει η ηλιακή ακτινοβολία, έχοντας ως πρόδρομες ενώσεις τα οξείδια του αζώτου και τους πτητικούς υδρογονάνθρακες.

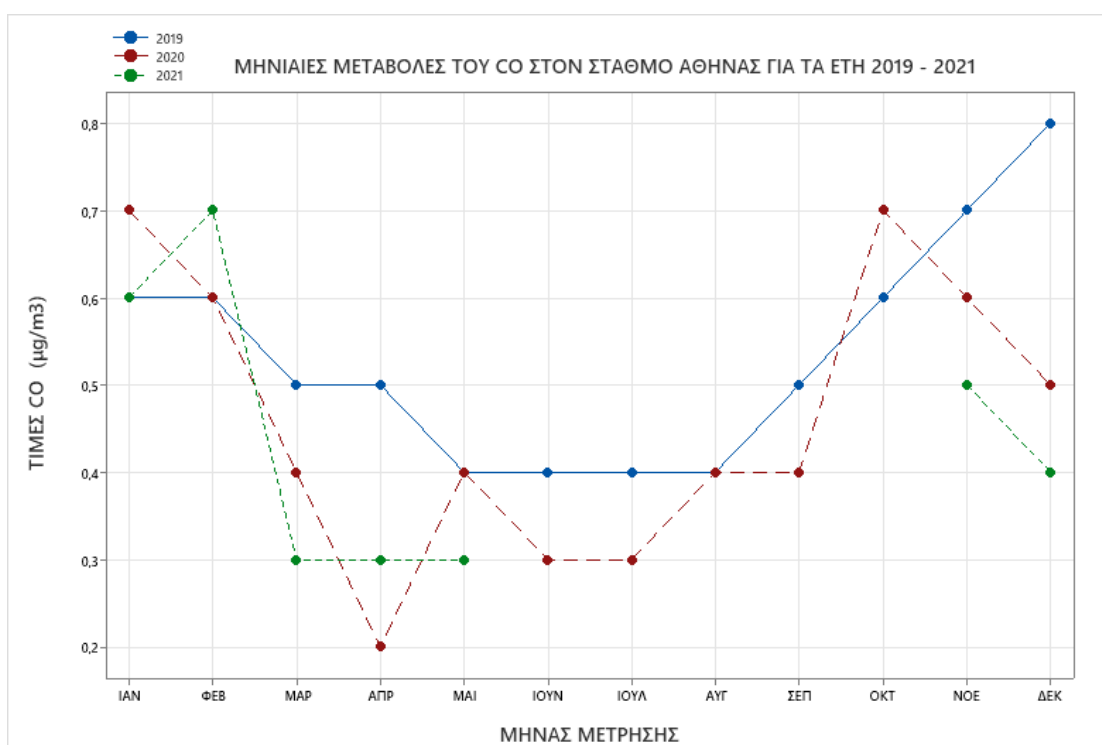
Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) γενικά δεν έχει σαφή μηνιαία μεταβολή. Ωστόσο παρουσιάζει μέγιστη τιμή γενικά το Μάιο-Ιούνιο (μεγάλη συχνότητα ισχυρών θερμοκρασιακών αναστροφών καθώς και μέγιστη διάρκεια ηλιοφάνειας που επιτείνει το σχηματισμό του NO_2 μέσω του κύκλου του όζοντος πέραν του συνήθους σχηματισμού του από το NO).

Στον Πίνακα 34 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες τιμές των ρύπων για το 2019, 2020 και 2021 ενώ στην συνέχεια παρουσιάζονται σε διάγραμμα οι μηνιαίες τιμές όπου είναι φανερό η τάση μείωσης ή έστω συγκράτησης των τιμών εξαιτίας της πανδημίας όχι μόνο για το διάστημα των εκτάκτων μέτρων αλλά για όλο το 2020.

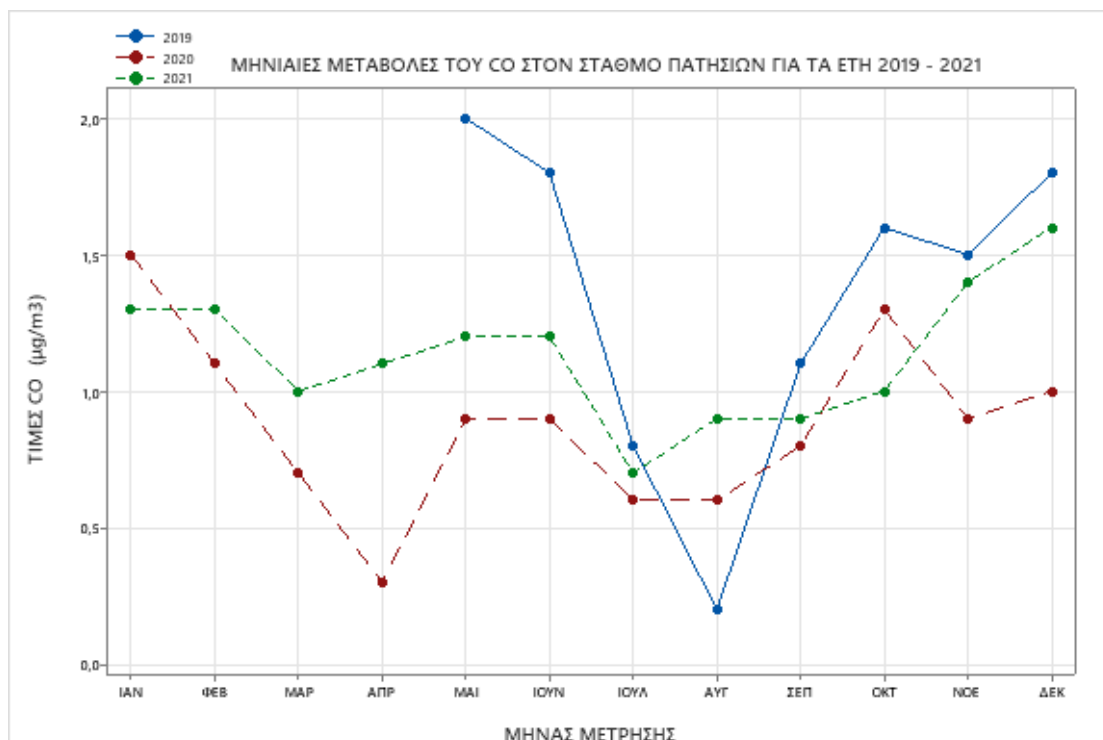
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ 2019 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)															
ΕΤΟΣ	O ₃			SO ₂			NO ₂			NO			CO		
2019	14	32	37	8	4	10	73	40	63	73	36	53	1,3	0,5	0,5
2020	22	23	38	8	3	9	68	17	55	65	18	40	0,9	0,4	
2021	20	45	44	6	8	9	70	30	58	65	25	47	1,1	0,4	0,6

Πίνακας 34 : Μέσες ετήσιες τιμές των ρύπων για το 2019, 2020 και 2021

8.2 Μηνιαίες μετρήσεις CO 2019 - 2021

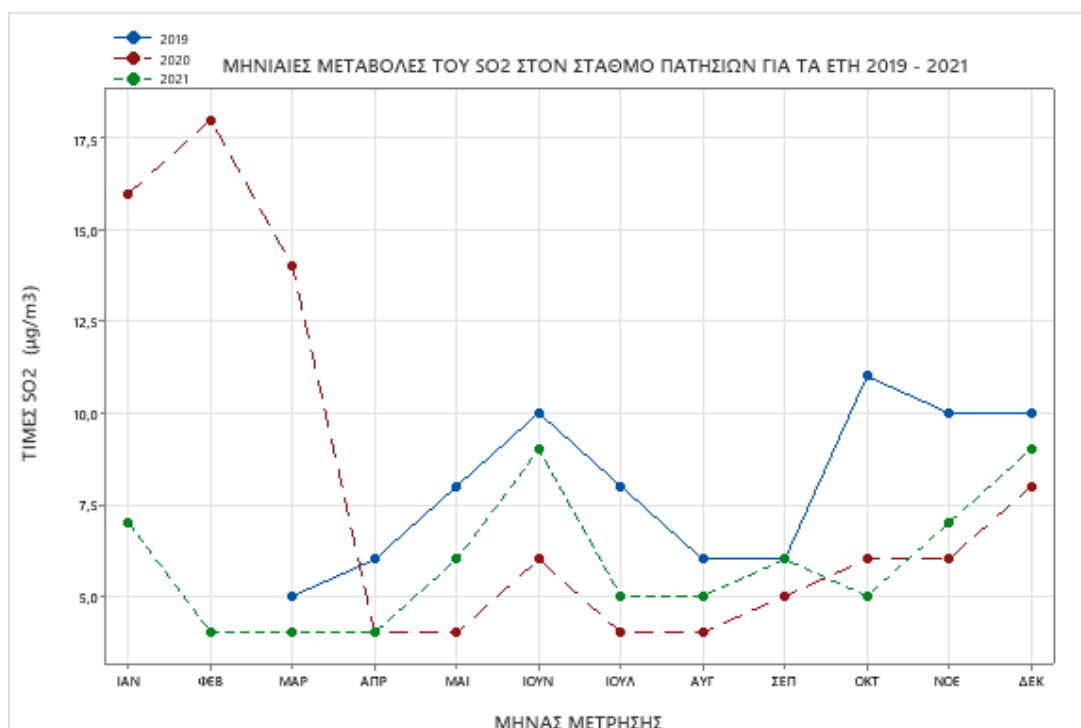


Διάγραμμα 18: Μηνιαίες μεταβολές του CO στον σταθμό Αθηνάς για τα έτη 2019-2021

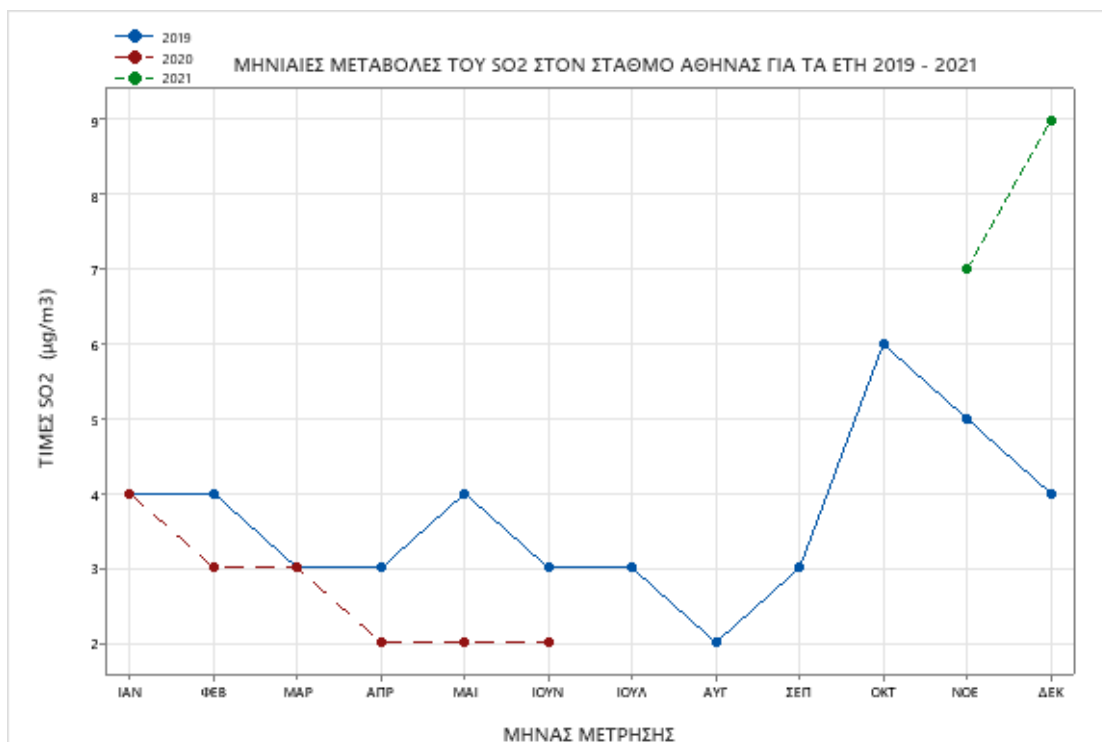


Διάγραμμα 19: Μηνιαίες μεταβολές του CO στον σταθμό Πατησίων για τα έτη 2019 – 2021

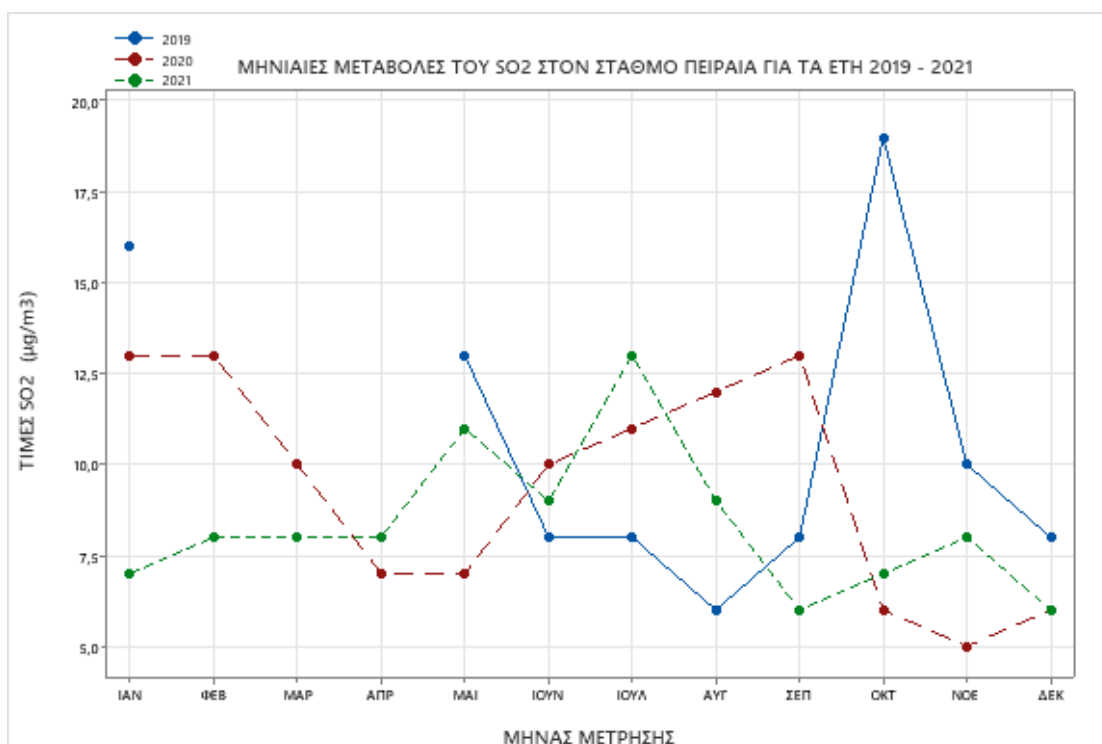
8.3 Μηνιαίες μετρήσεις SO₂ 2019 - 2021



Διάγραμμα 20: Μηνιαίες μεταβολές του SO₂ στον σταθμό Πατησίων για τα έτη 2019 – 2021

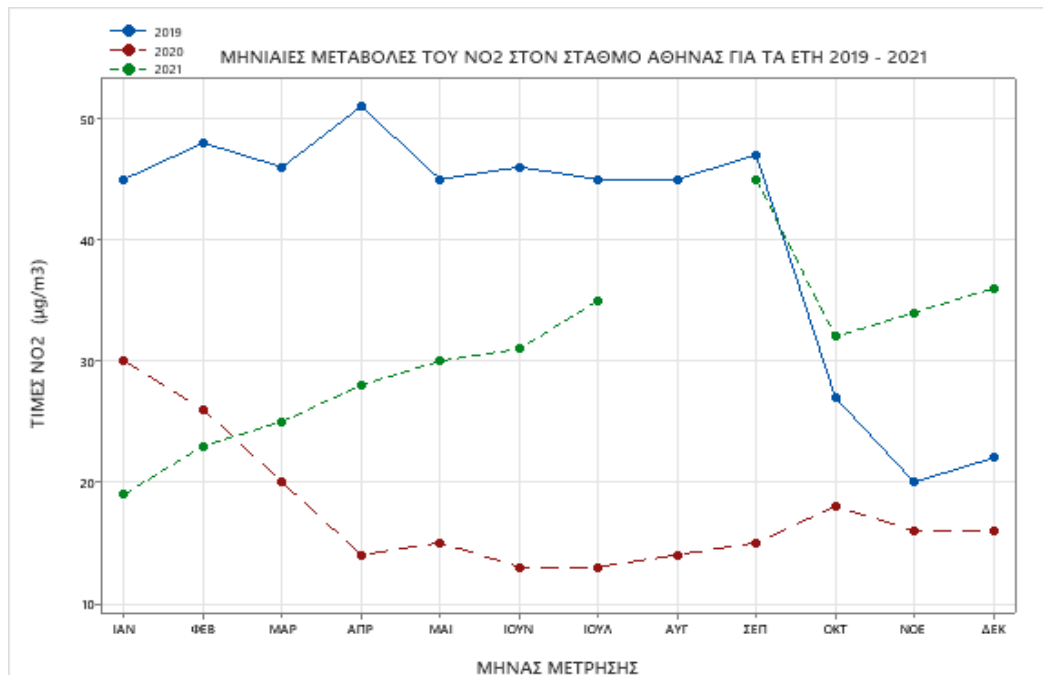


Διάγραμμα 21: Μηνιαίες μεταβολές του SO₂ στον σταθμό Αθηνάς για τα έτη 2019 – 2021.

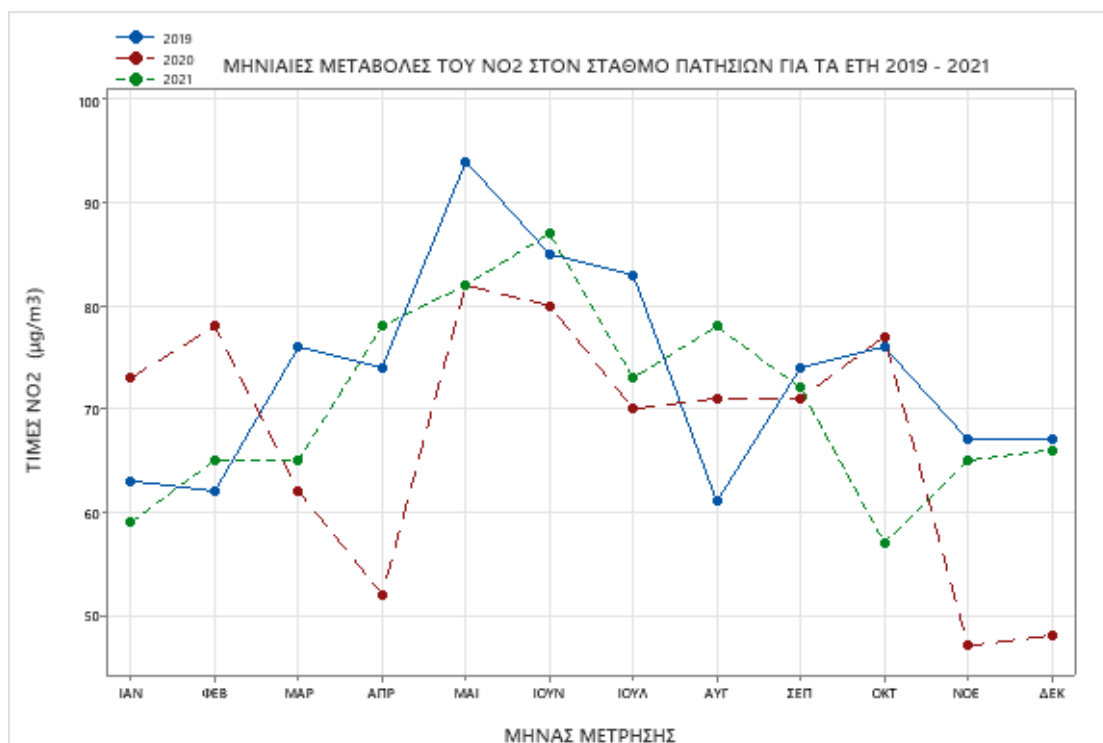


Διάγραμμα 22: Μηνιαίες μεταβολές του SO₂ στον σταθμό Πειραιά για τα έτη 2019 – 2021.

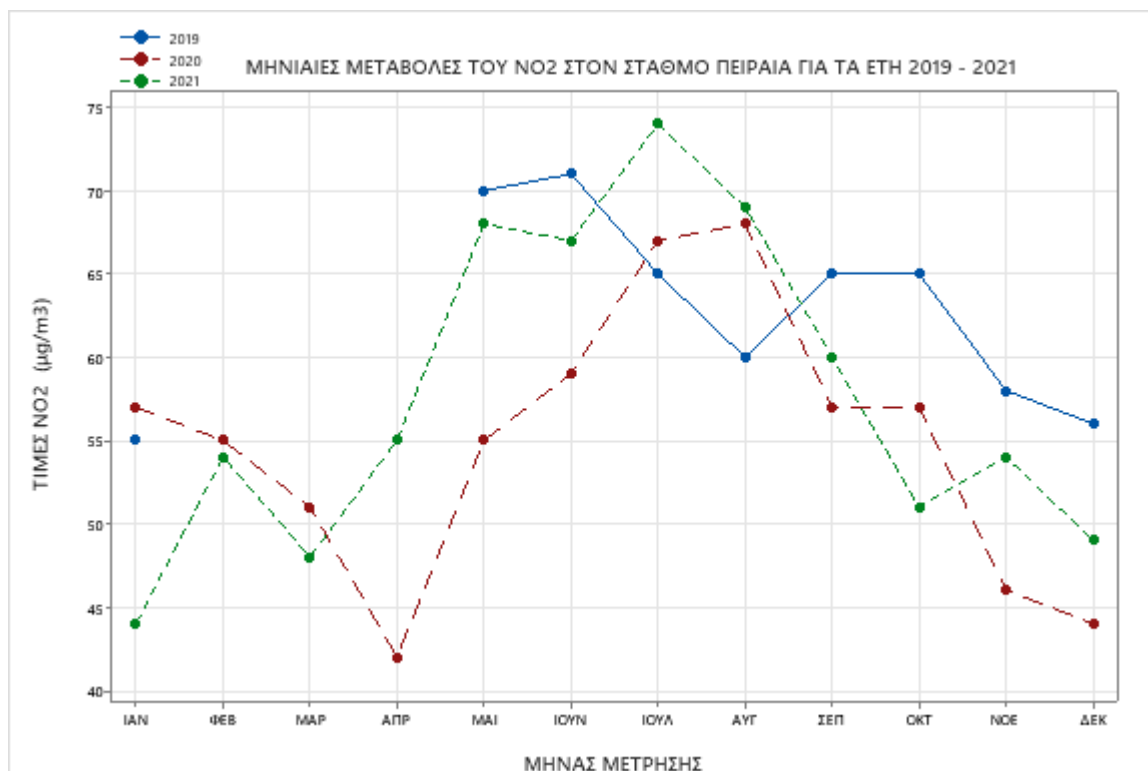
8.4 Μηνιαίες μετρήσεις NO₂ 2019 - 2021



Διάγραμμα 23: Μηνιαίες μεταβολές του NO₂ στον σταθμό Αθηνάς για τα έτη 2019 – 2021.

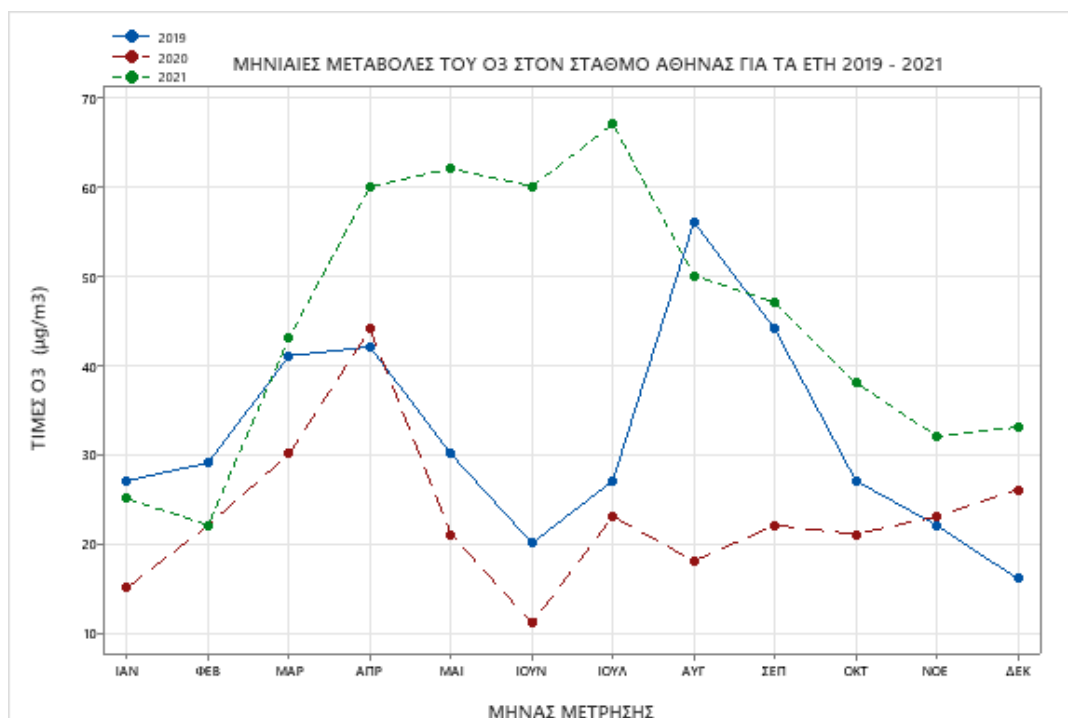


Διάγραμμα 24: Μηνιαίες μεταβολές του NO₂ στον σταθμό Πατησίων για τα έτη 2019 – 2021.

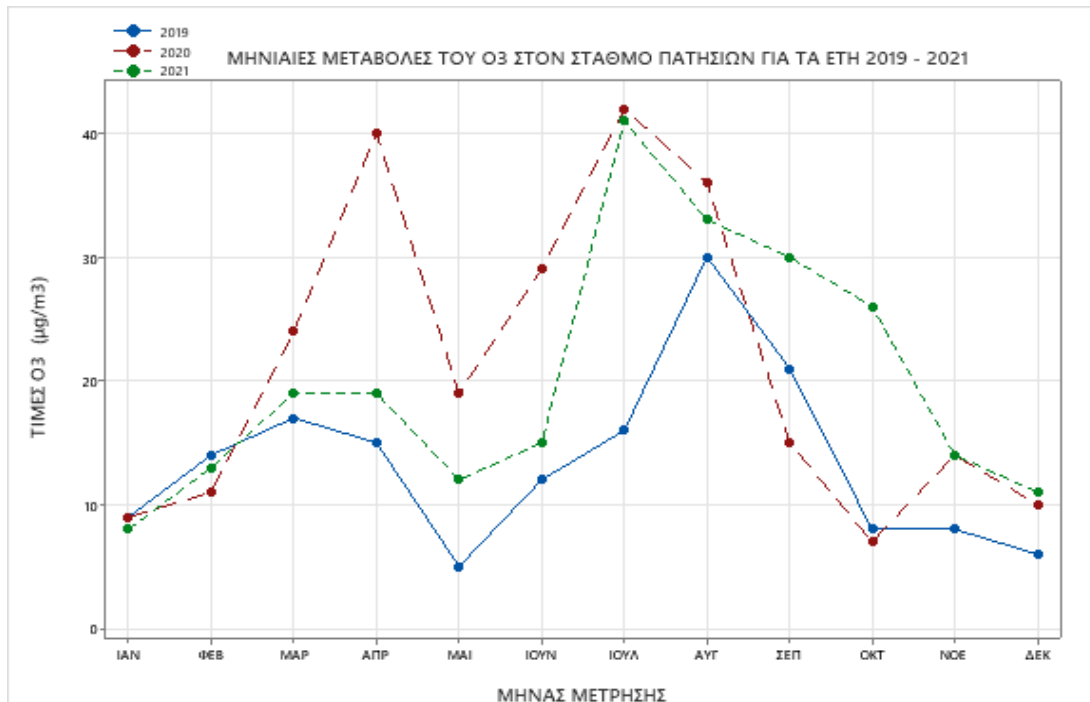


Διάγραμμα 25: Μηνιαίες μεταβολές του NO₂ στον σταθμό Πειραιά για τα έτη 2019 – 2021.

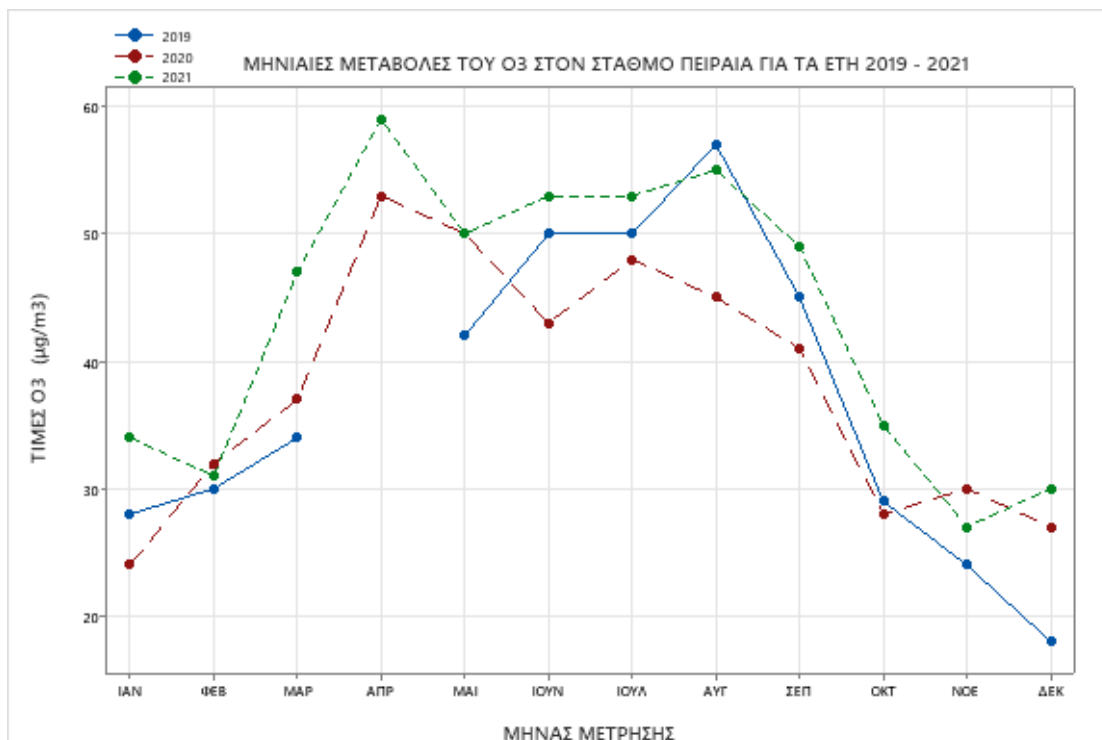
8.5 Μηνιαίες μετρήσεις O₃ 2019 - 2021



Διάγραμμα 26: Μηνιαίες μεταβολές του O₃ στον σταθμό Αθηνάς για τα έτη 2019 – 2021.



Διάγραμμα 27: Μηνιαίες μεταβολές του O₃ στον σταθμό Πατησίων για τα έτη 2019 – 2021.



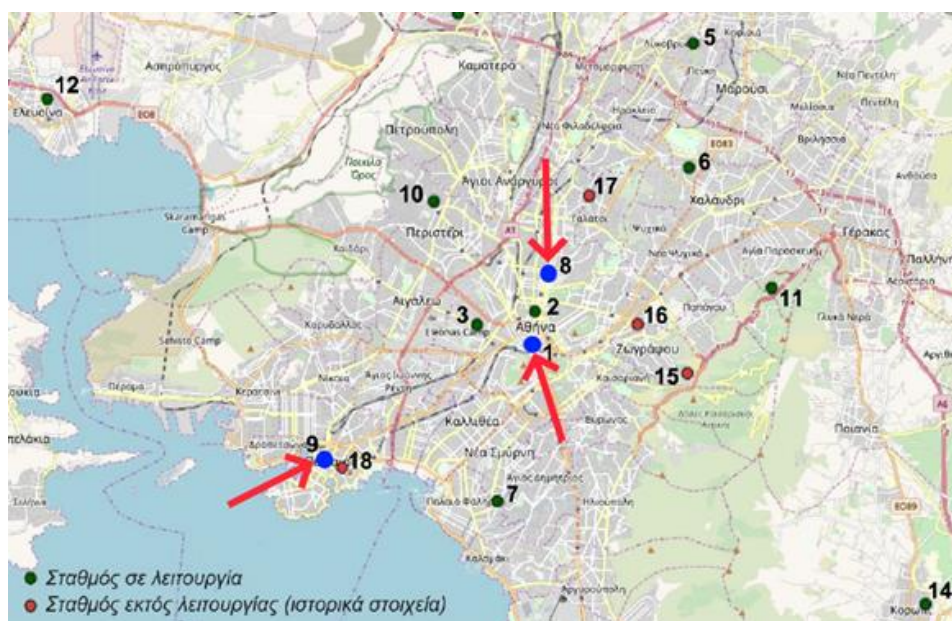
Διάγραμμα 28: Μηνιαίες μεταβολές του O₃ στον σταθμό Πειραιά για τα έτη 2019 – 2021

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ (PEARSON) ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΝΑ ΡΥΠΟ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΟ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΥΣ ΥΠΟΛΟΙΠΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ.

9.1 Εισαγωγή

Σε συνέχεια του προηγούμενου κεφαλαίου και μετά την παρουσίαση των χρονοσειρών των μετρούμενων ρύπων (ετήσιων και μηνιαίων τιμών), στο παρόν κεφάλαιο επιχειρείται να αναζητηθεί το είδος της συσχέτισης που πιθανώς υπάρχει ανάμεσα στις μέσες ετήσιες μετρήσεις των αερίων ρύπων. Προσδιορίζονται γραμμικά μοντέλα που συσχετίζουν ανά δυο τους ρύπους μεταξύ τους σε κάθε σταθμό. Οι μελετώμενοι σταθμοί αέριας ρύπανσης παρουσιάζουν ομοιότητες αλλά έχουν και αρκετές διαφορές. Οι σταθμοί Πατησίων και Αθηνάς χαρακτηρίζονται σαν σταθμοί κυκλοφορίας, βρίσκονται μέσα στον πολεοδομικό ιστό της Αθήνας, περιβάλλονται από κτίρια σε μεγάλη ακτίνα γύρω τους και βρίσκονται σε αρκετά κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Ο σταθμός του Πειραιά βρίσκεται σε αρκετά μεγάλη απόσταση από τους δυο, χαρακτηρίζεται σταθμός κυκλοφορίας όμως επηρεάζεται από τις εκλύσεις αερίων ρύπων από τα πλοία στο λιμάνι του Πειραιά (που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση) και ο πολεοδομικός ιστός του Πειραιά δεν τον περικλείει απόλυτα γιατί σε κοντινή απόσταση βρίσκεται η θάλασσα.

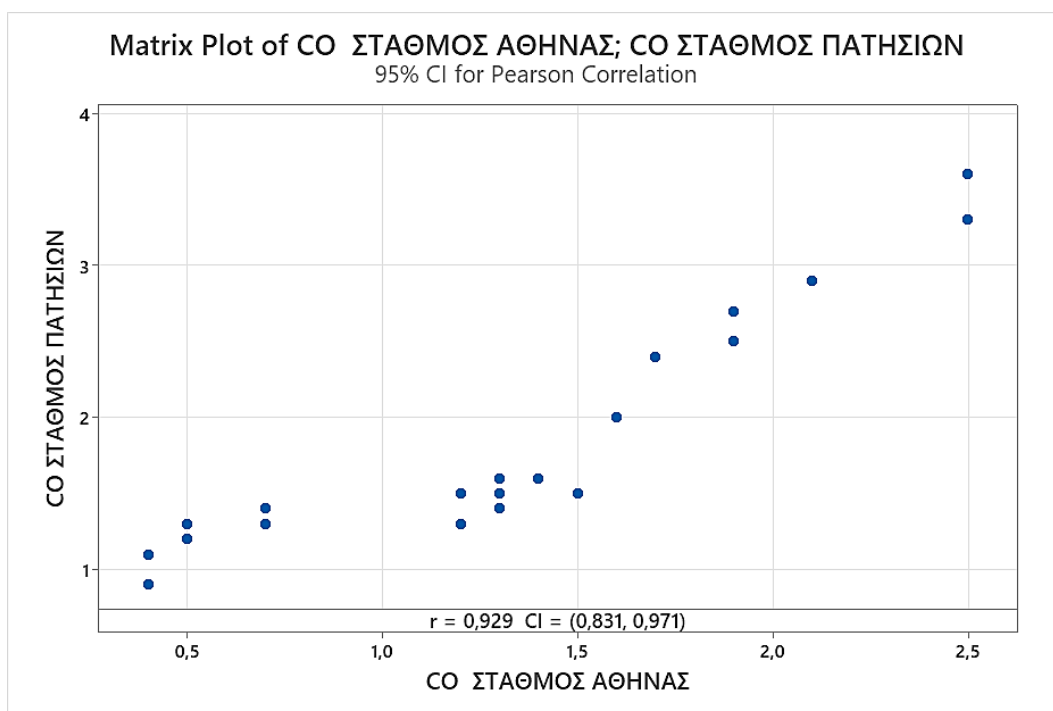


Εικόνα 9 Χάρτης θέσης των σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης Αθηνάς, Πατησίων και Πειραιάς

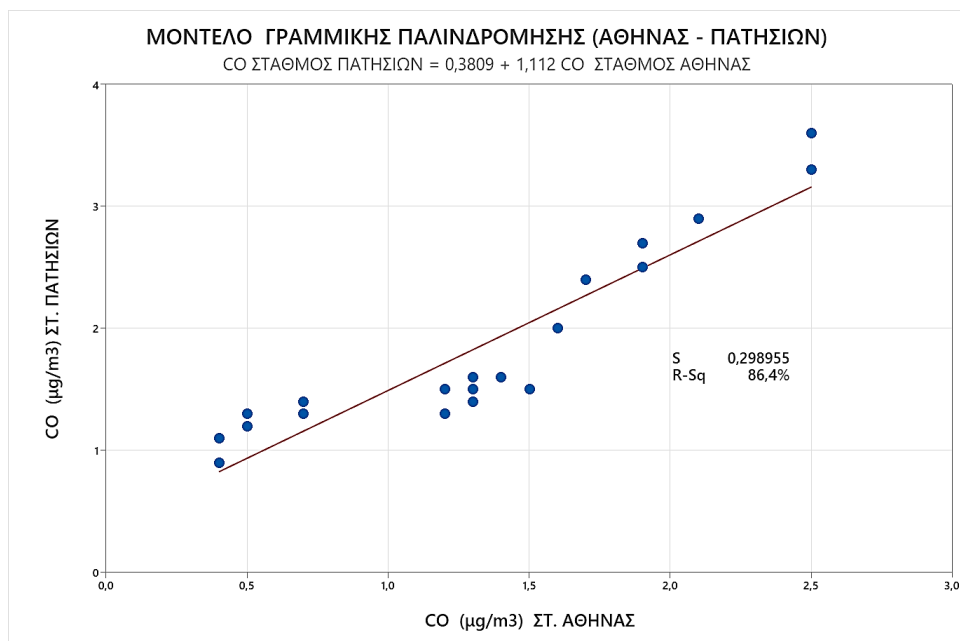
Επίσης σημαντική είναι και η υψομετρική διαφορά των σταθμών επειδή ο σταθμός Πειραιά βρίσκεται περίπου στο επίπεδο της θάλασσάς (4m) ενώ οι σταθμοί Πατησίων και Αθηνάς έχουν υψόμετρα 75 m και 105 m. Η θέση των σταθμών σημειώνεται στον παραπάνω πίνακα.

Η επεξεργασία των μετρήσεων ήταν η ακόλουθη. Αναζητήθηκε για κάθε ζευγάρι μετρήσεων το βέλτιστο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης και ο έλεγχος συσχέτισης των τιμών έγινε βάση του συντελεστή συσχέτισης Pearson. Στο 9.3 παρουσιάζεται πίνακας με τους συντελεστές Pearson και στους ρύπους που παρουσιάζουν ισχυρή συσχέτιση (μεγαλύτερη του 0.9).

9.2 Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων CO



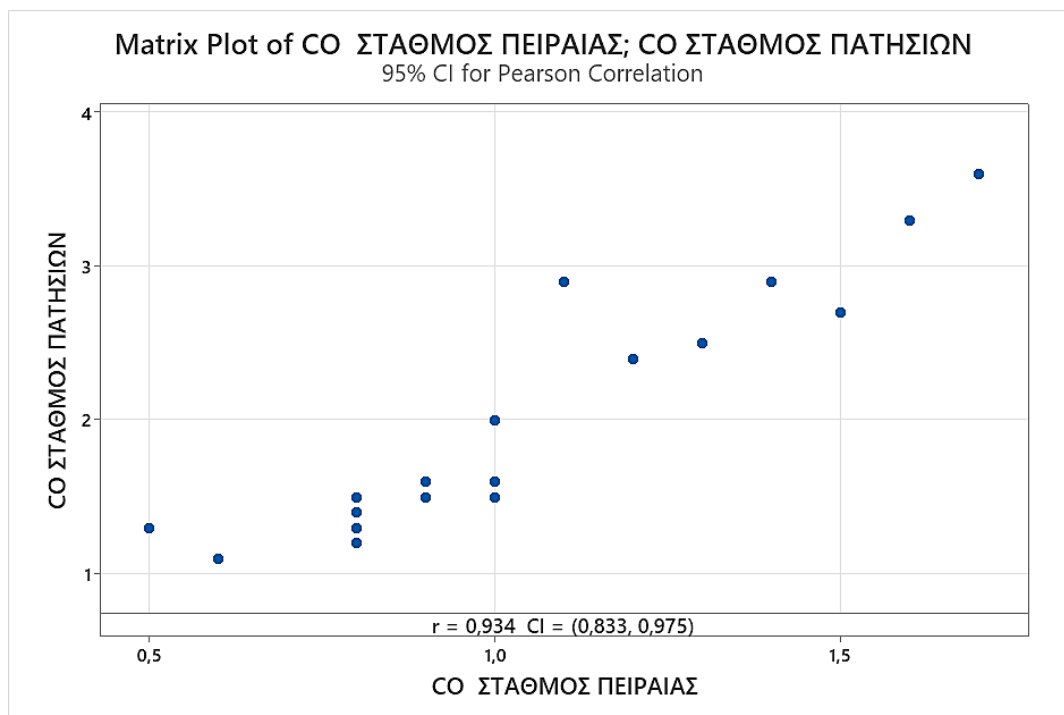
Διάγραμμα 29 : Διάγραμμα μετρήσεων CO (Αθηνάς, Πατησίων) σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Συντελεστής Pearson = 0,929



Διάγραμμα 30 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων CO Αθηνάς - Πατησίων

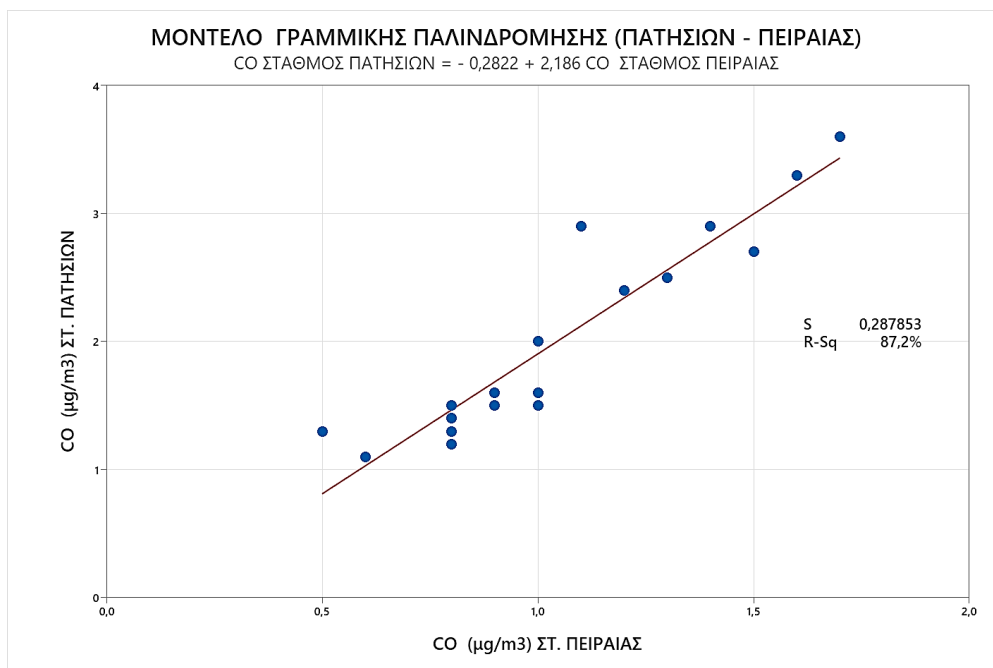
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$) :

$$CO \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ} = 0,3809 + 1,112 \cdot CO \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ}$$



Διάγραμμα 31 : Διάγραμμα μετρήσεων CO (Πειραιάς, Πατησίων) σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

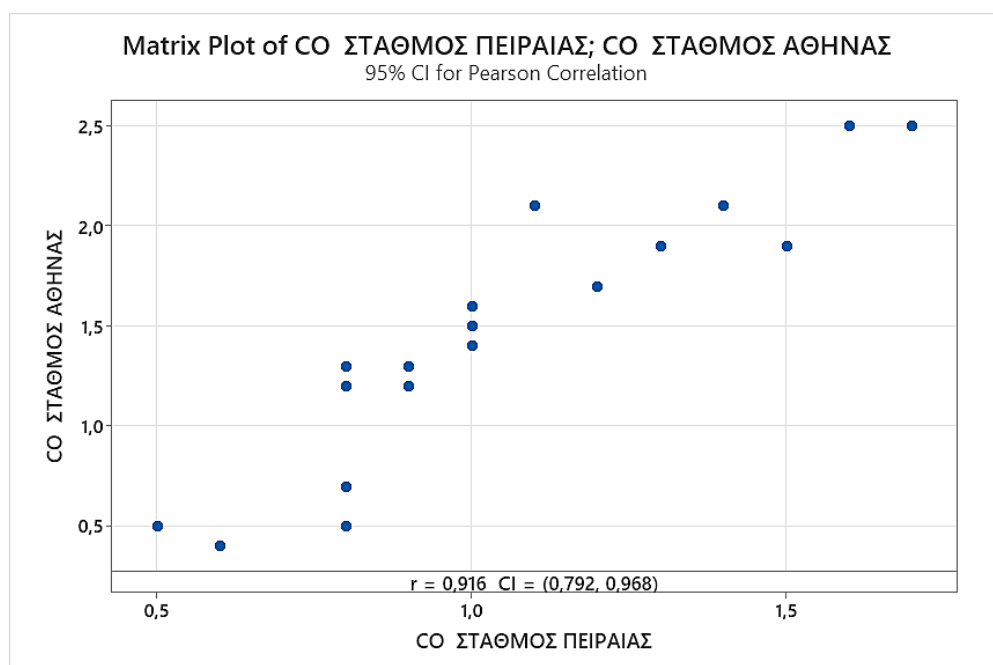
Συντελεστής Pearson = 0,934



Διάγραμμα 32 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων CO Πειραιά - Πατησίων

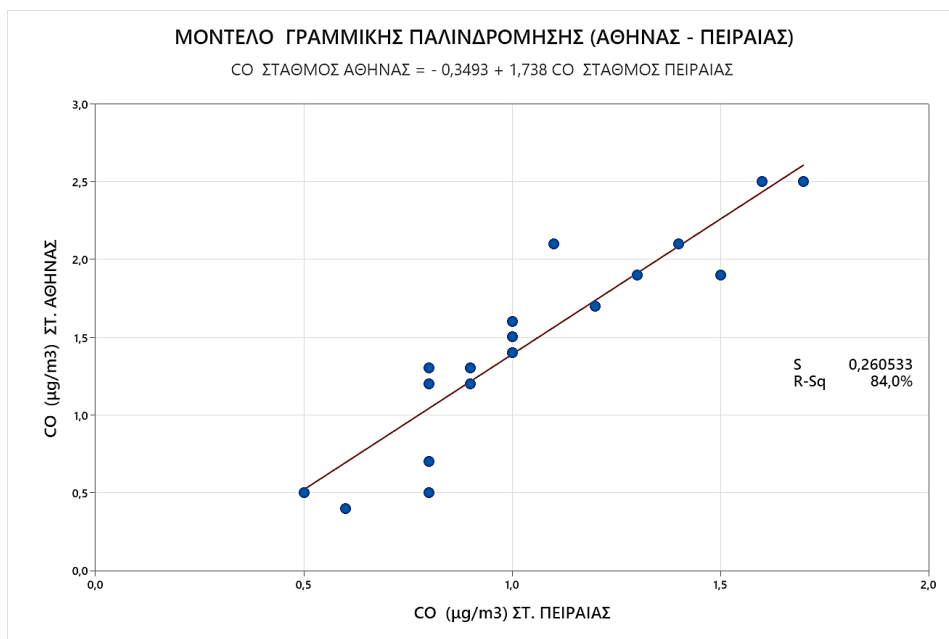
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε µg/m³) :

CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ = - 0,2822 + 2,186*CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ



Διάγραμμα 33 : Διάγραμμα μετρήσεων CO (Πειραιάς, Αθηνάς) σε µg/m³

Συντελεστής Pearson = 0,916

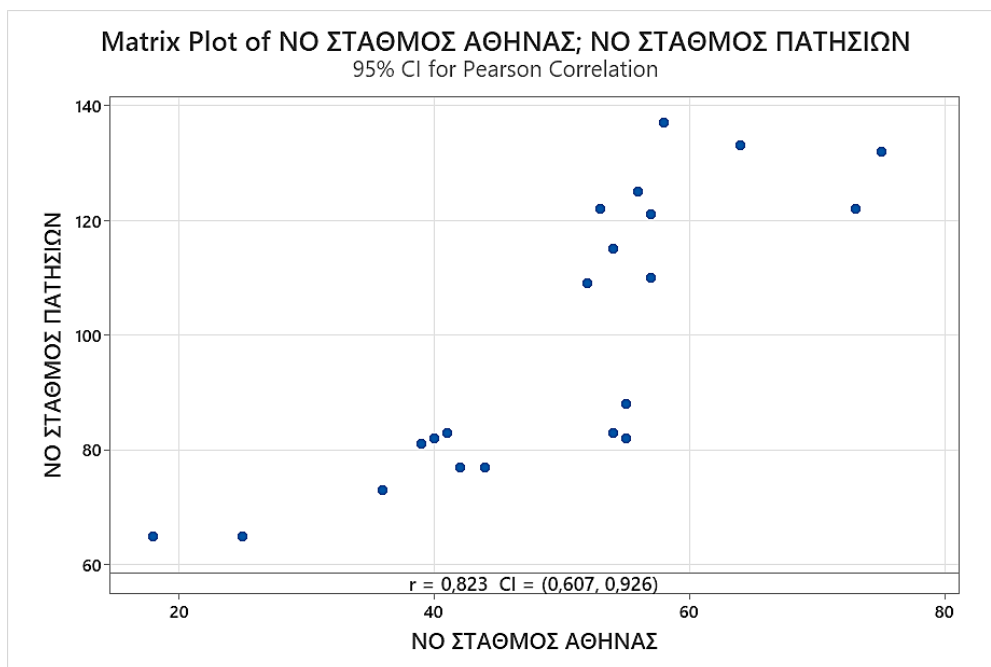


Διάγραμμα 34 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων CO Πειραιά - Αθηνάς

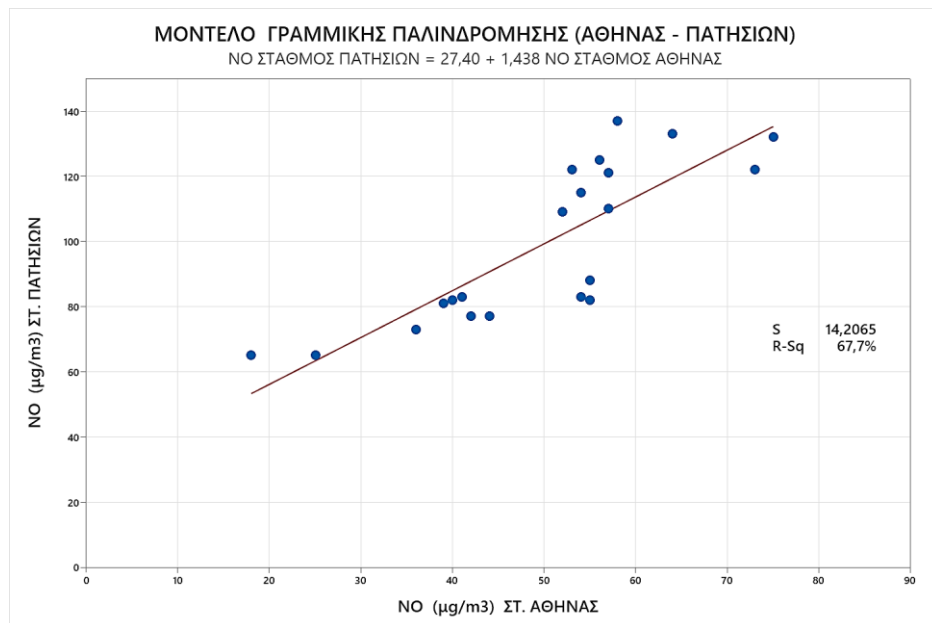
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε µg/m³) :

$$CO \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ} = -0,3493 + 1,738 * CO \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ}$$

9.3 Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων NO



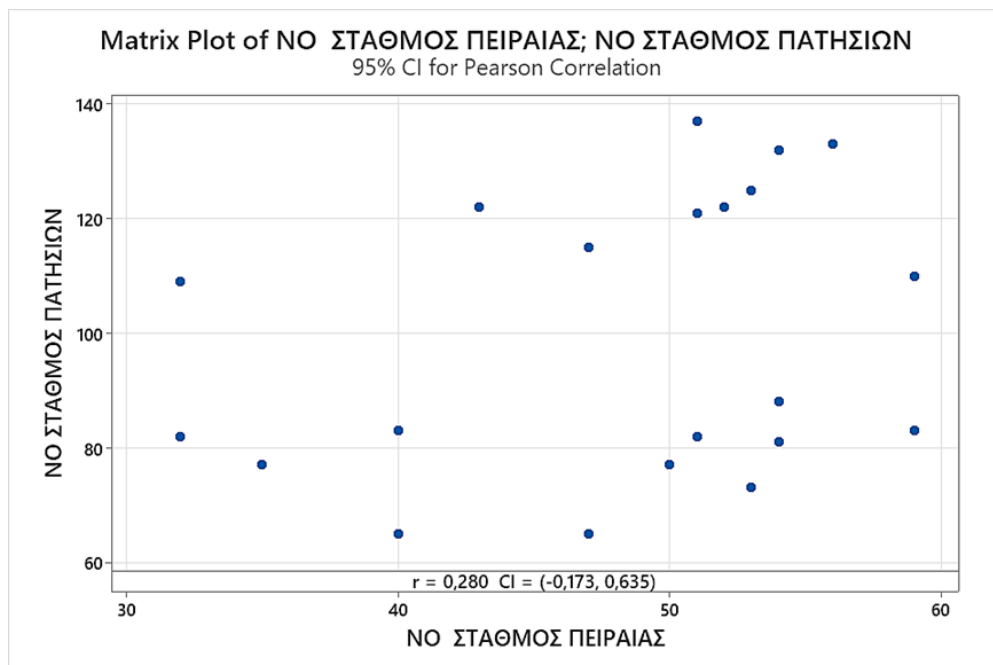
Διάγραμμα 35 : Διάγραμμα μετρήσεων NO (Αθηνάς, Πατησίων) σε µg/m³
 Συντελεστής Pearson = 0,823



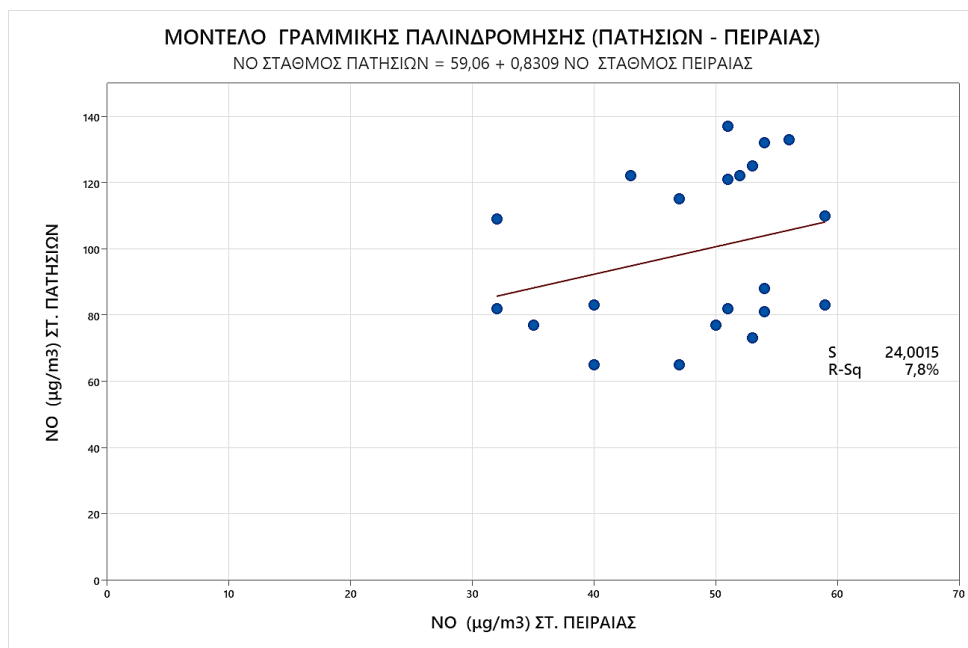
Διάγραμμα 36 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO Αθηνάς-Πατησίων

Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$) :

$$NO \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ} = 27,40 + 1,438 \cdot NO \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ}$$



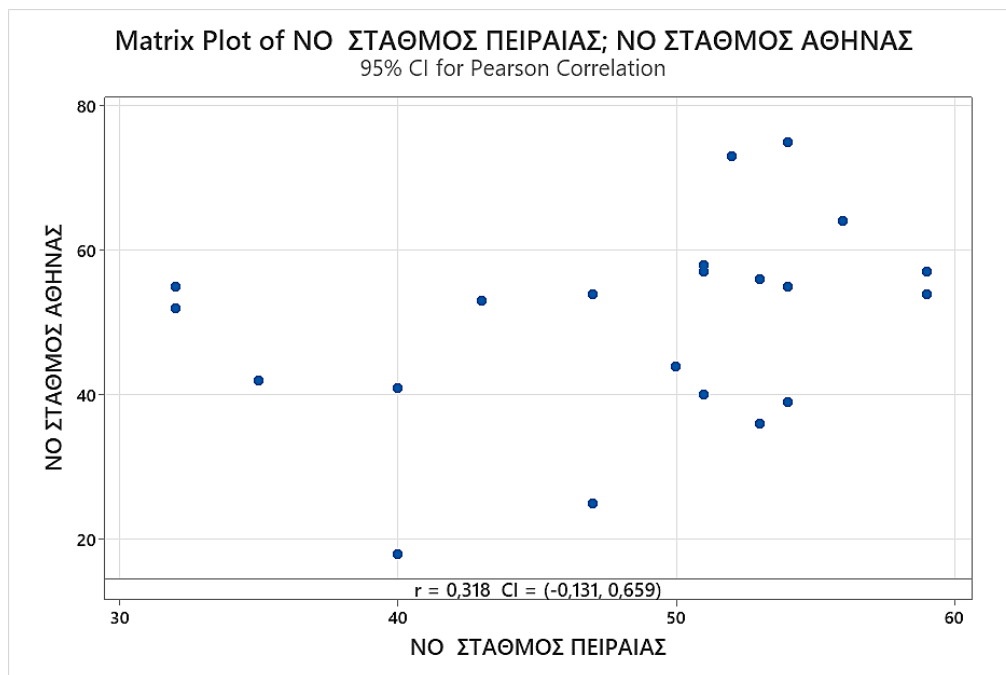
Διάγραμμα 37 : Διάγραμμα μετρήσεων NO (Πειραιάς, Πατησίων) σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 Συντελεστής Pearson = 0,280



Διάγραμμα 38 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO Πειραιά -Πατησίων

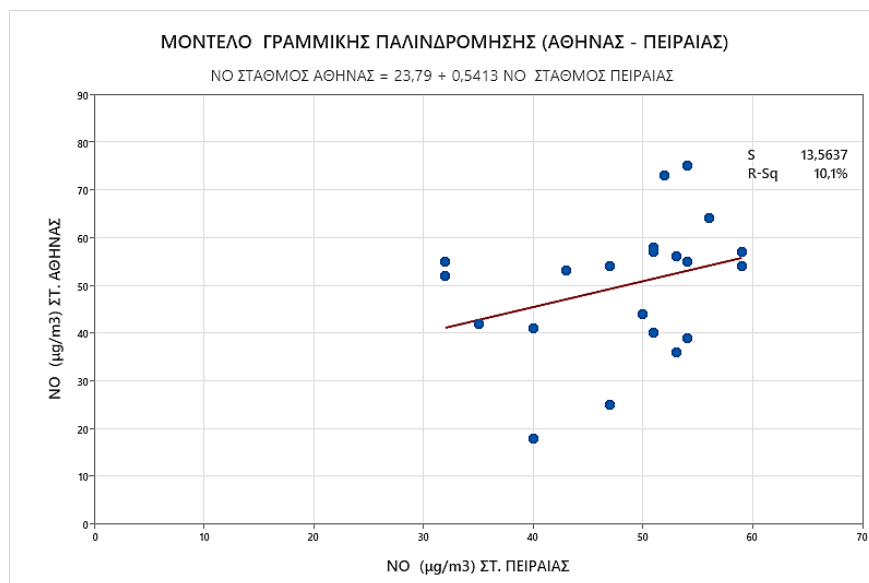
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$) :

$$\text{NO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ} = 59,06 + 0,8309 \cdot \text{NO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ}$$



Διάγραμμα 39 : Διάγραμμα μετρήσεων NO (Πειραιάς, Αθηνάς) σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Συντελεστής Pearson = 0,318

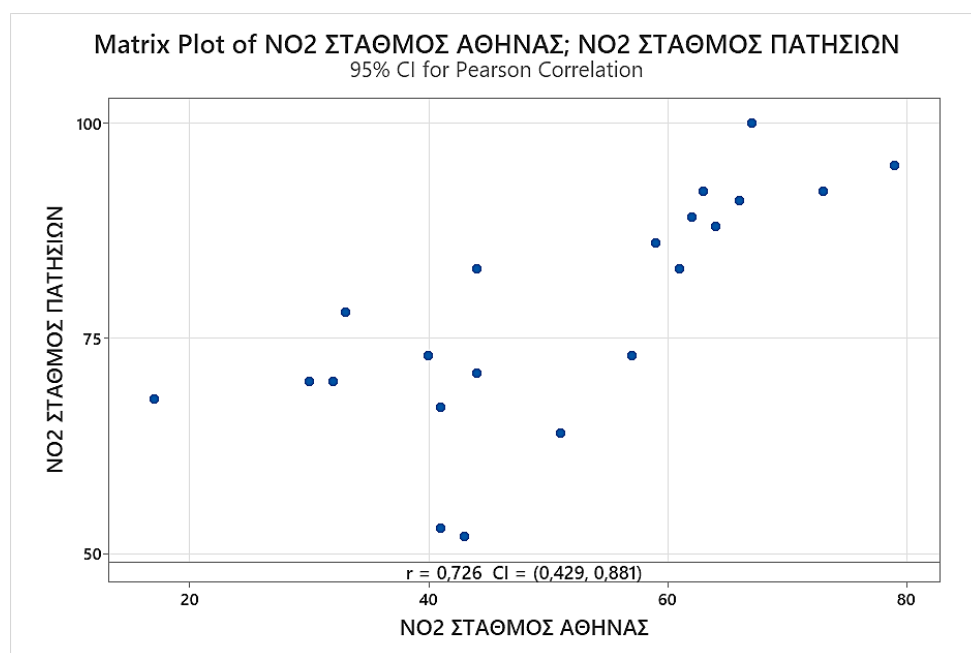


Διάγραμμα 40 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO Πειραιά - Αθηνάς

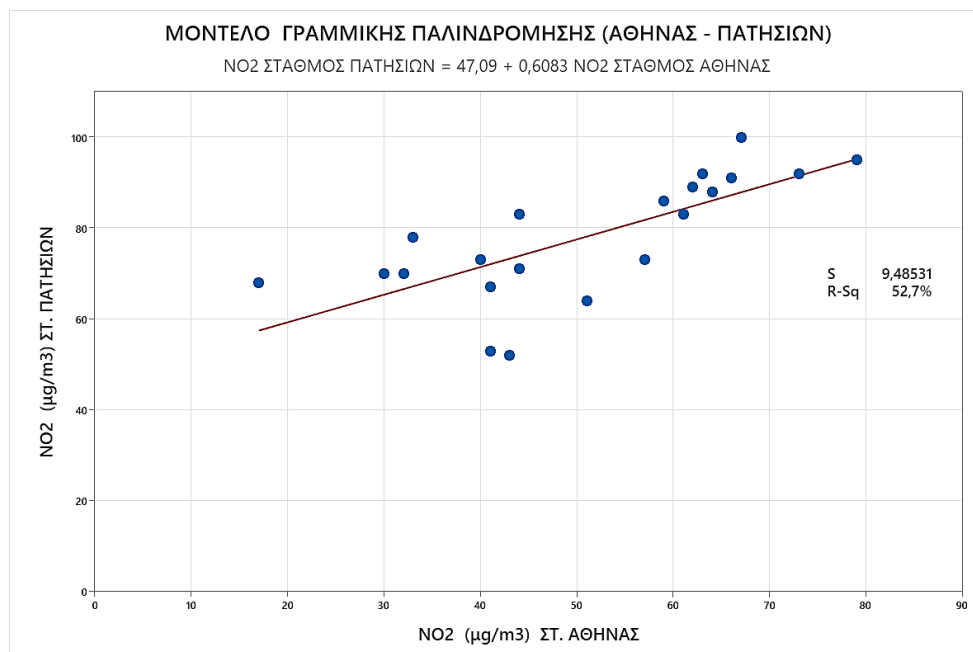
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε µg/m³) :

$$\text{NO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ} = 23,79 + 0,5413 \cdot \text{NO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ}$$

9.4 Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων NO₂



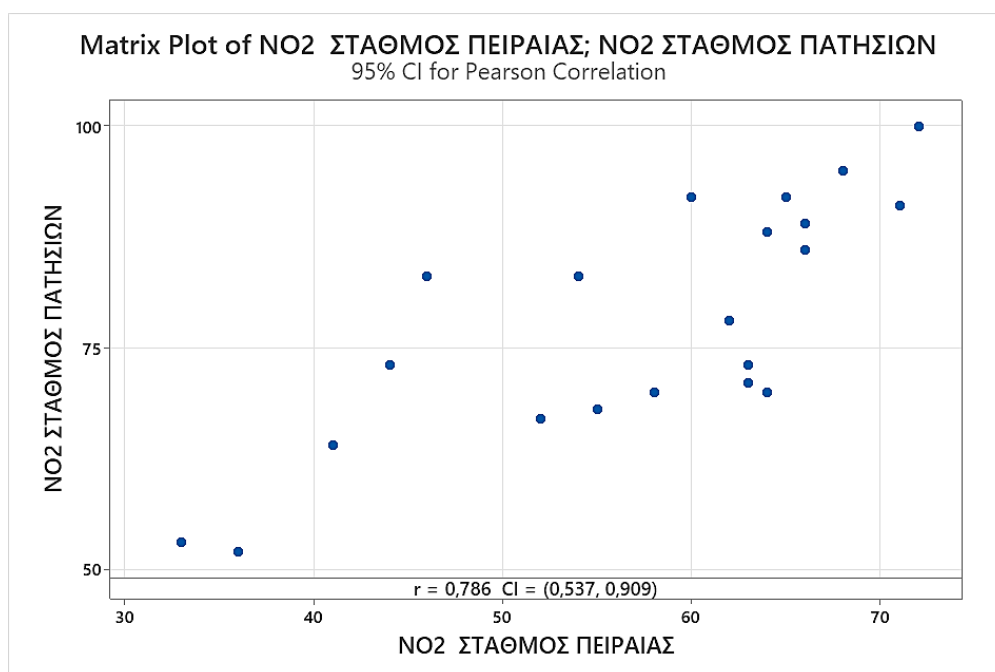
Διάγραμμα 41 : Διάγραμμα μετρήσεων NO₂ (Αθηνάς, Πατησίων) σε µg/m³
Συντελεστής Pearson = 0,726



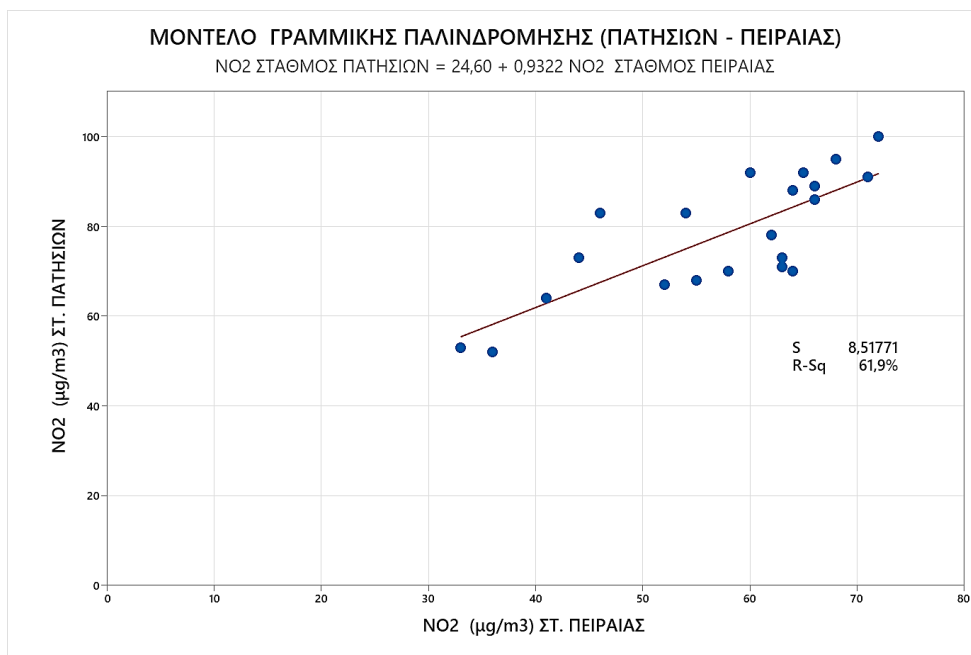
Διάγραμμα 42: Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO₂ Αθηνάς-Πατησίων

Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε µg/m³) :

$$NO_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ} = 47,09 + 0,6083 \cdot NO_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ}$$



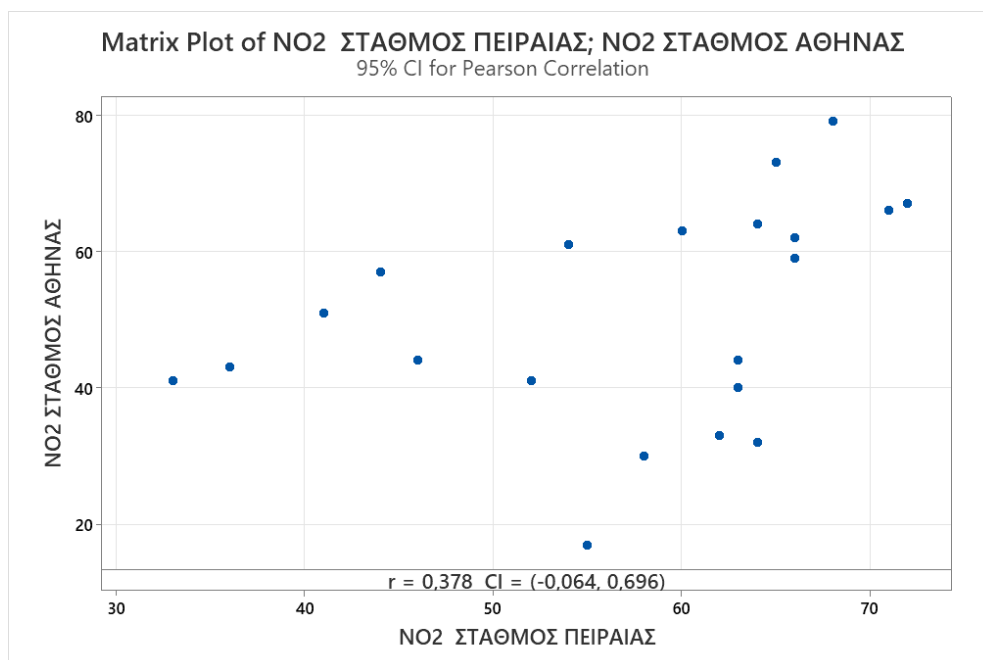
Διάγραμμα 43 : Διάγραμμα μετρήσεων NO₂ (Πειραιάς, Πατησίων) σε µg/m³
 Συντελεστής Pearson = 0,786



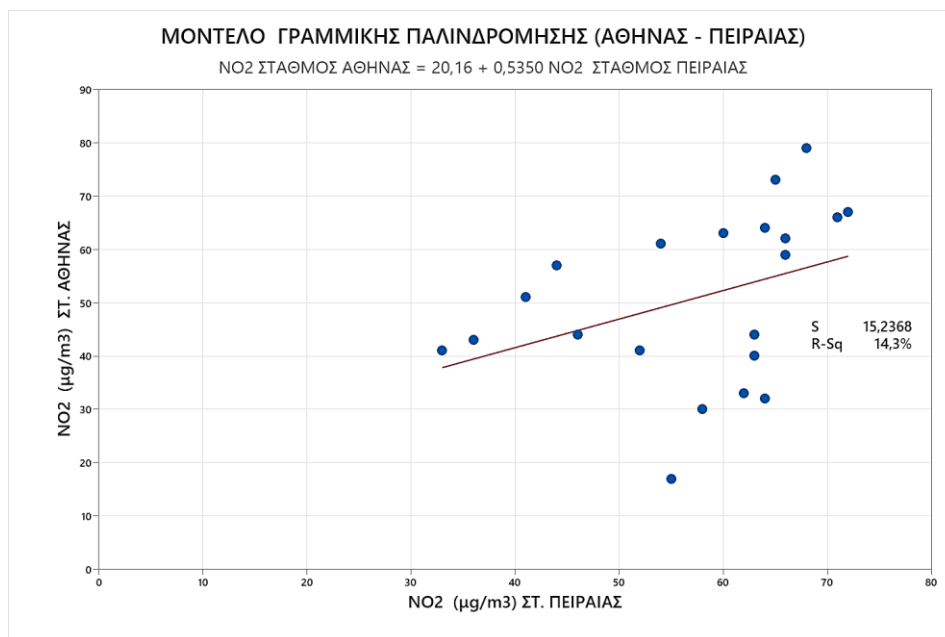
Διάγραμμα 44 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO₂ Πειραιά -Πατησίων

Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε µg/m³) :

$$NO_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ} = 24,60 + 0,9322 \cdot NO_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ}$$



Διάγραμμα 45 : Διάγραμμα μετρήσεων NO₂ (Πειραιάς, Αθηνάς) σε µg/m³
 Συντελεστής Pearson = 0,378

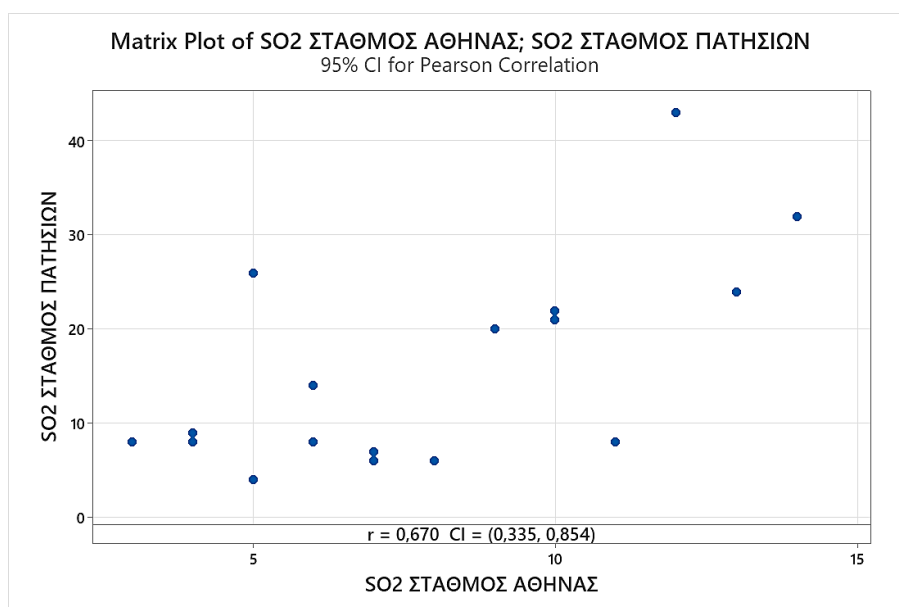


Διάγραμμα 46 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων NO₂ Πειραιά - Αθηνάς

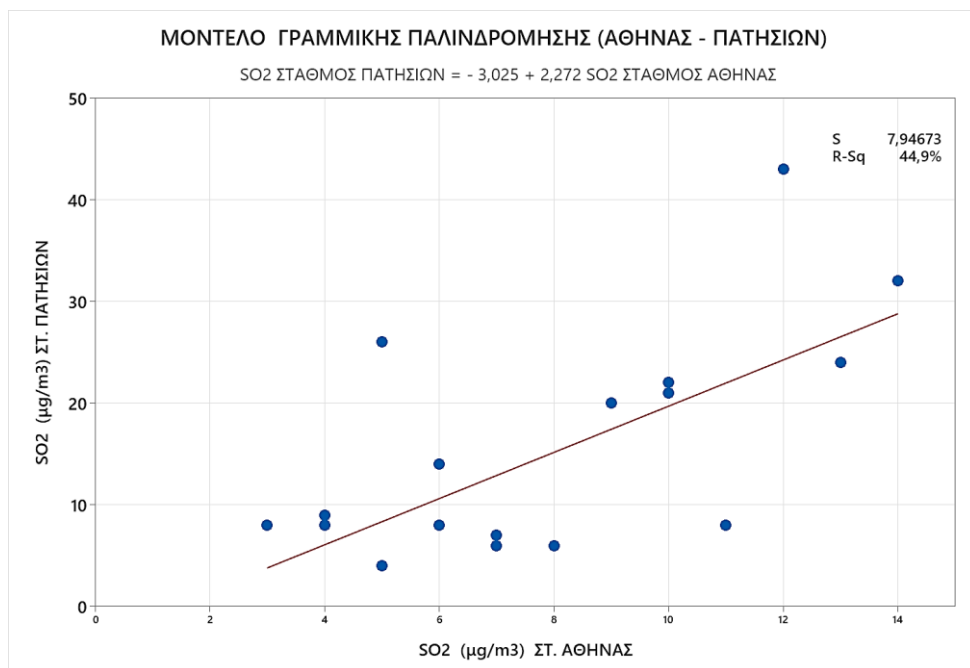
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε µg/m³) :

$$NO_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ} = 20,16 + 0,5350 \cdot NO_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ}$$

9.5 Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων SO₂



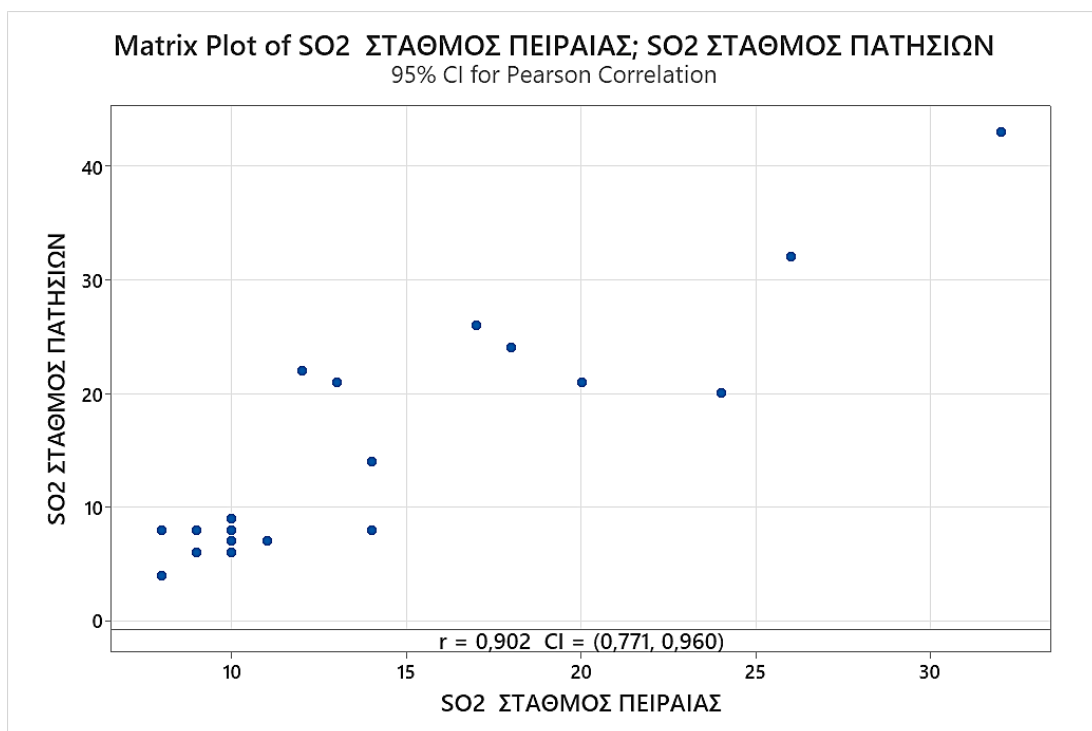
Διάγραμμα 47 : Διάγραμμα μετρήσεων SO₂ (Αθηνάς, Πατησίων) σε µg/m³
 Συντελεστής Pearson = 0,670



Διάγραμμα 48 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων SO₂ Αθηνάς-Πατησίων

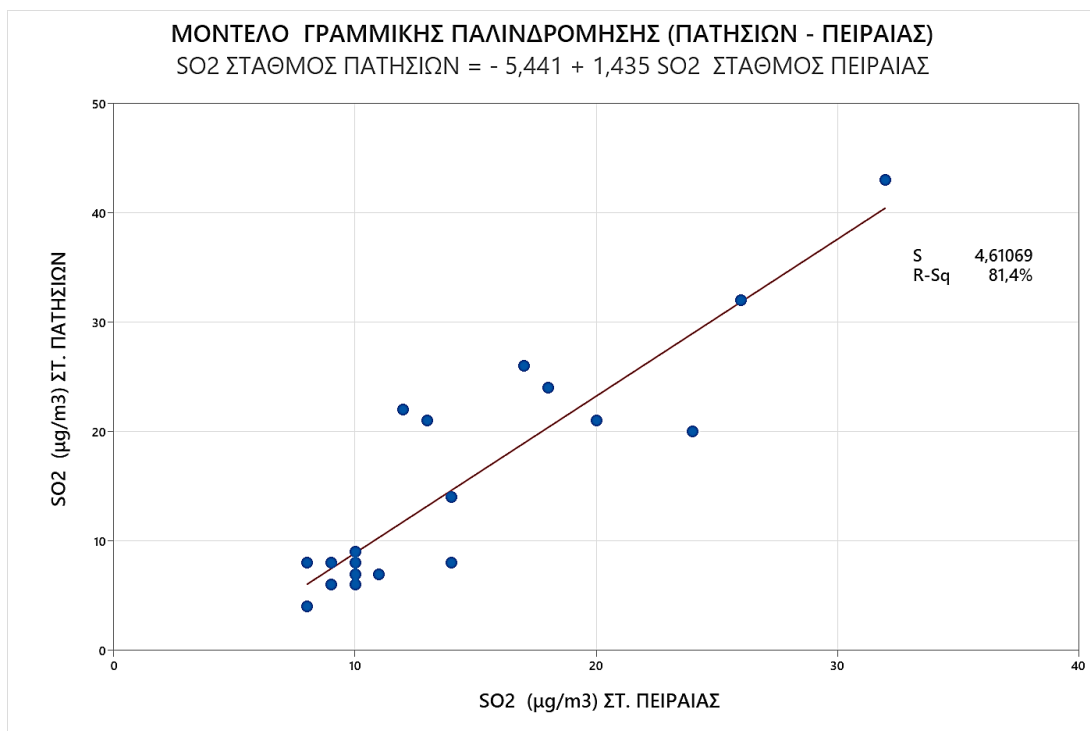
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε µg/m³) :

$$\text{SO}_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ} = - 3,025 + 2,272 \cdot \text{SO}_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ}$$



Διάγραμμα 49 : Διάγραμμα μετρήσεων SO₂ (Πειραιάς, Πατησίων) σε µg/m³

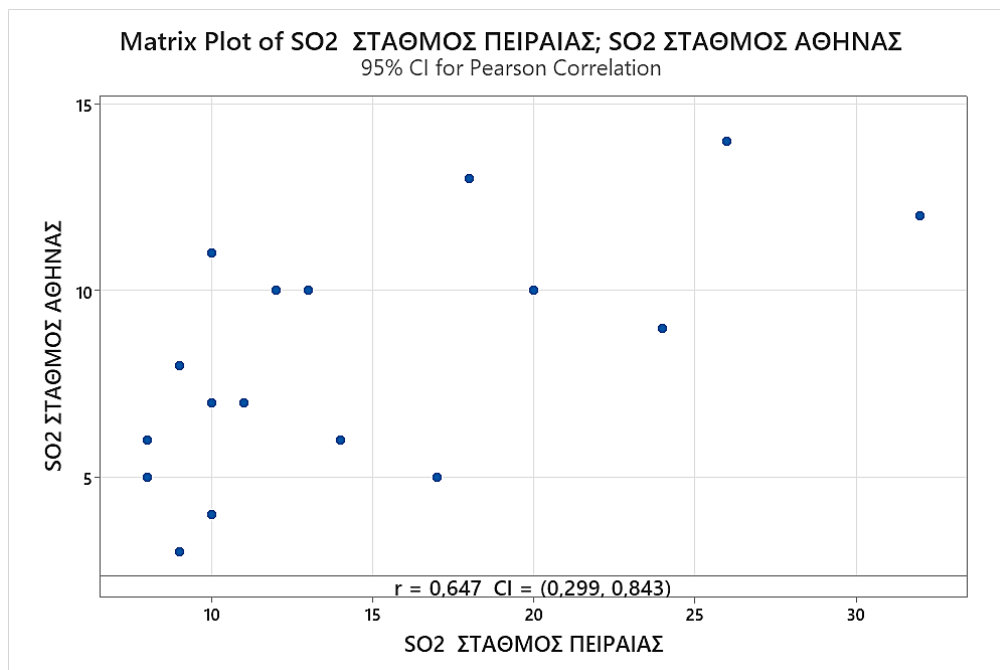
Συντελεστής Pearson = 0,902



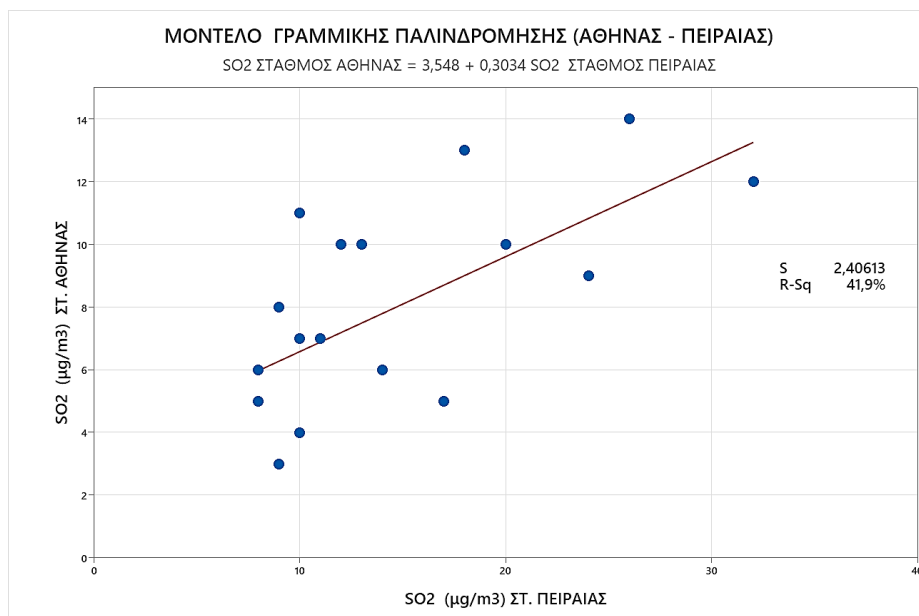
Διάγραμμα 50 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων SO₂ Πειραιά -Πατησίων

Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε µg/m³) :

SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ = - 5,441 + 1,435*SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ



Διάγραμμα 51 : Διάγραμμα μετρήσεων SO₂ (Πειραιάς, Αθηνάς) σε µg/m³
 Συντελεστής Pearson = 0,647

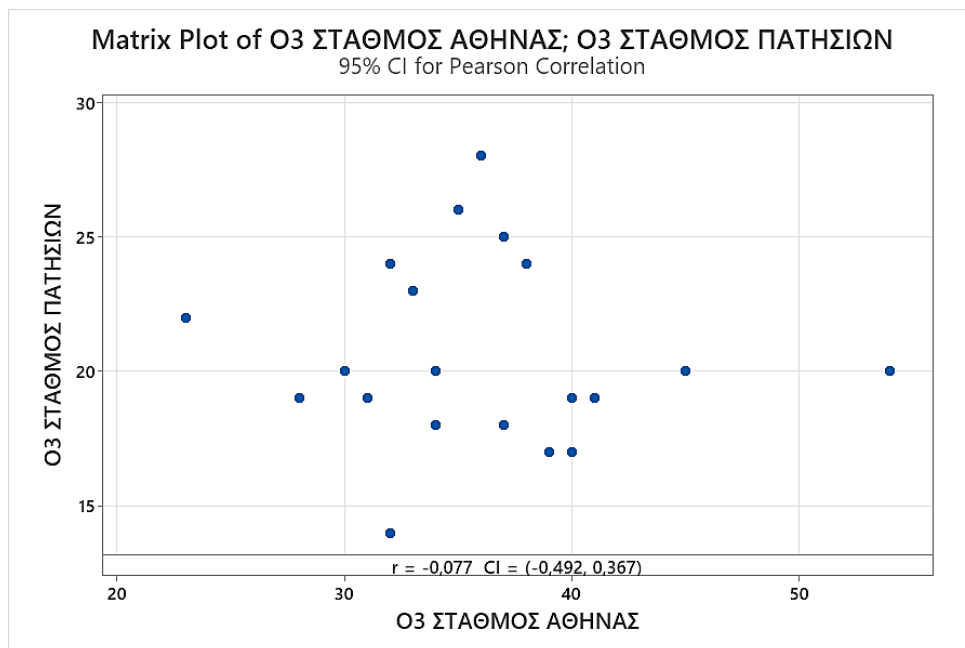


Διάγραμμα 52 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων SO₂ Πειραιά - Αθηνάς

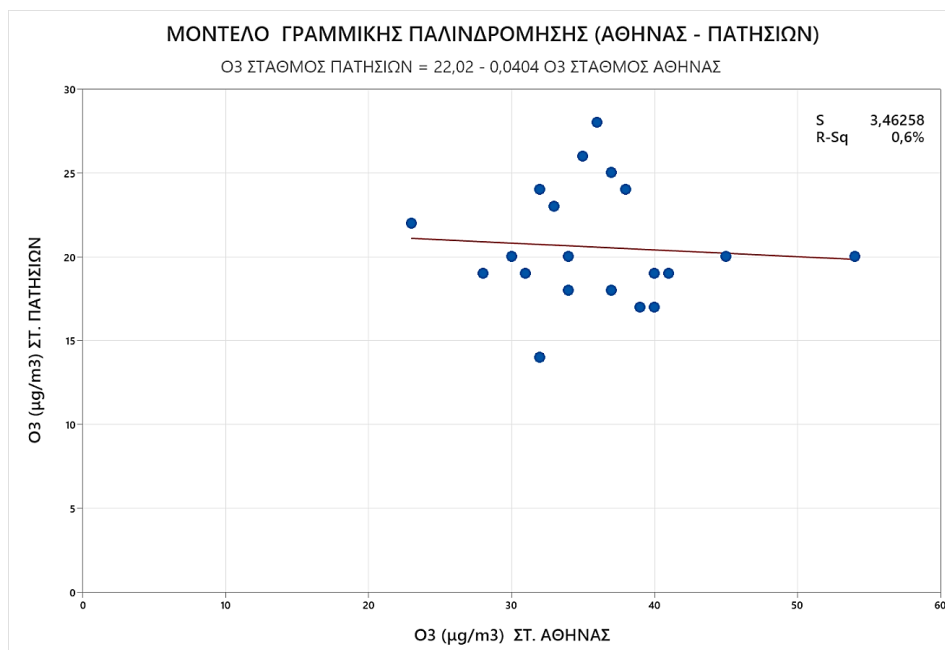
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε µg/m³) :

$$SO_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ} = 3,548 + 0,3034 * SO_2 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ}$$

9.6 Γραμμική παλινδρόμηση και συντελεστές συσχέτισης μετρήσεων O₃



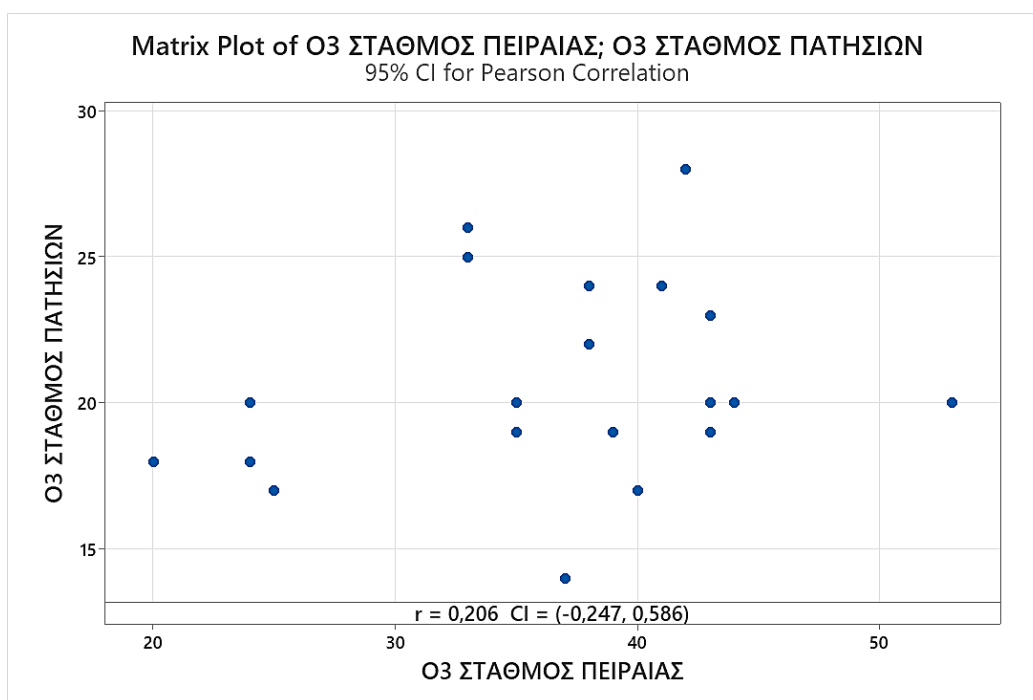
Διάγραμμα 53 : Διάγραμμα μετρήσεων O₃ (Αθηνάς, Πατησίων) σε µg/m³
 Συντελεστής Pearson = 0,077



Διάγραμμα 54 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων O_3 Αθηνάς-Πατησίων

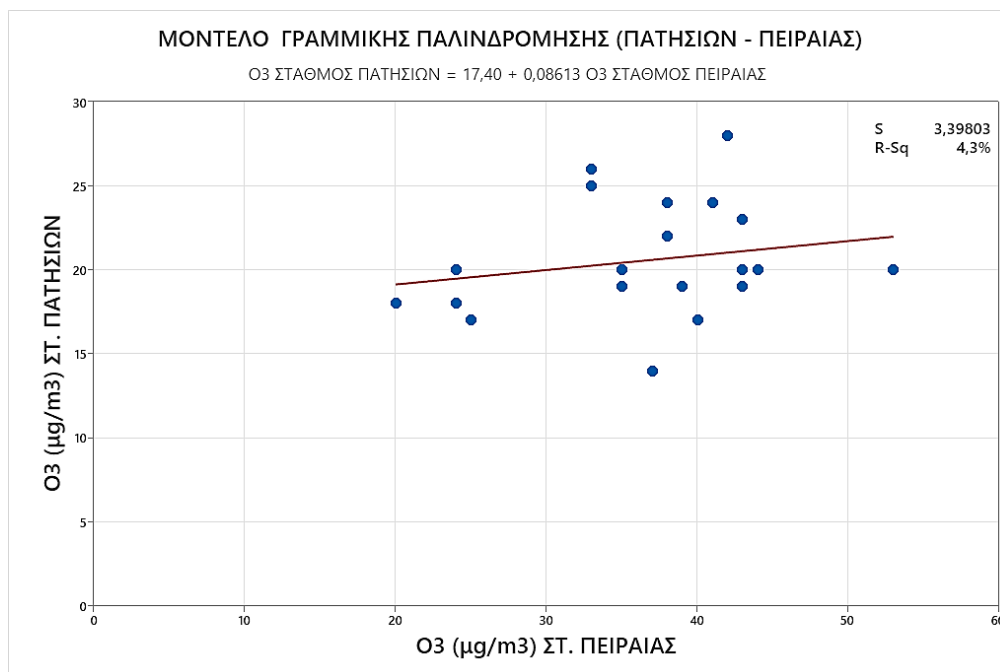
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε $\mu g/m^3$) :

$$O_3 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ} = 22,02 - 0,0404 \cdot O_3 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ}$$



Διάγραμμα 55 : Διάγραμμα μετρήσεων O_3 (Πειραιάς, Πατησίων) σε $\mu g/m^3$

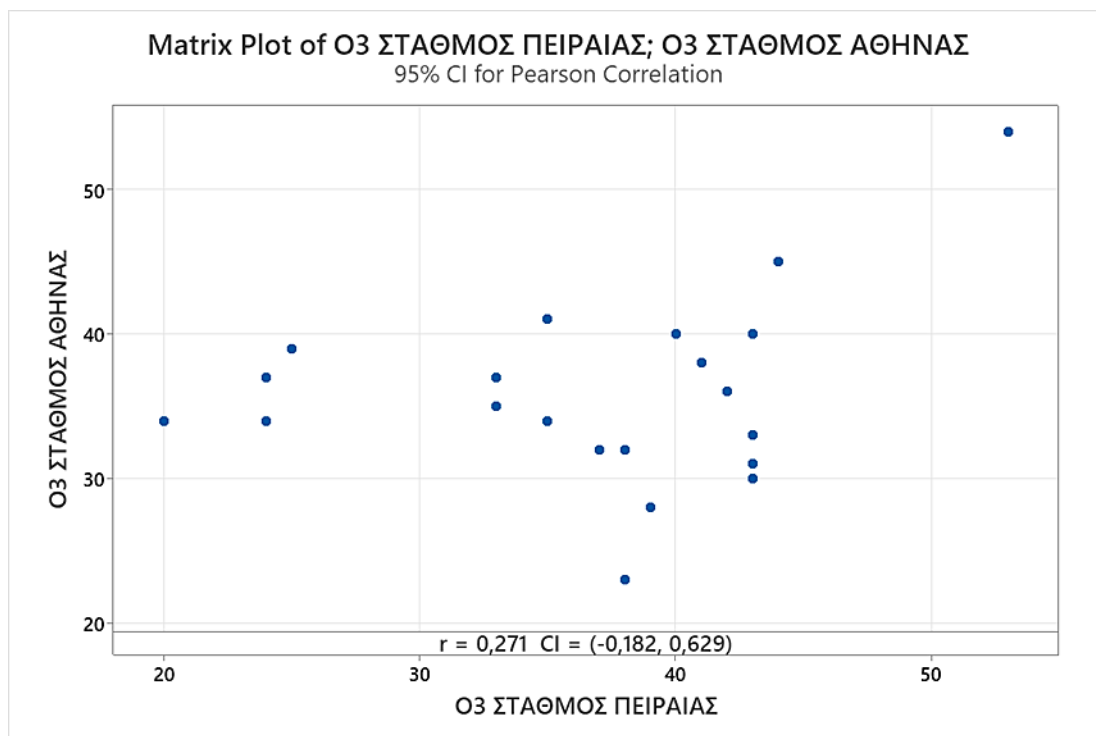
Συντελεστής Pearson = 0,206



Διάγραμμα 56 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων O_3 Πειραιά -Πατησίων

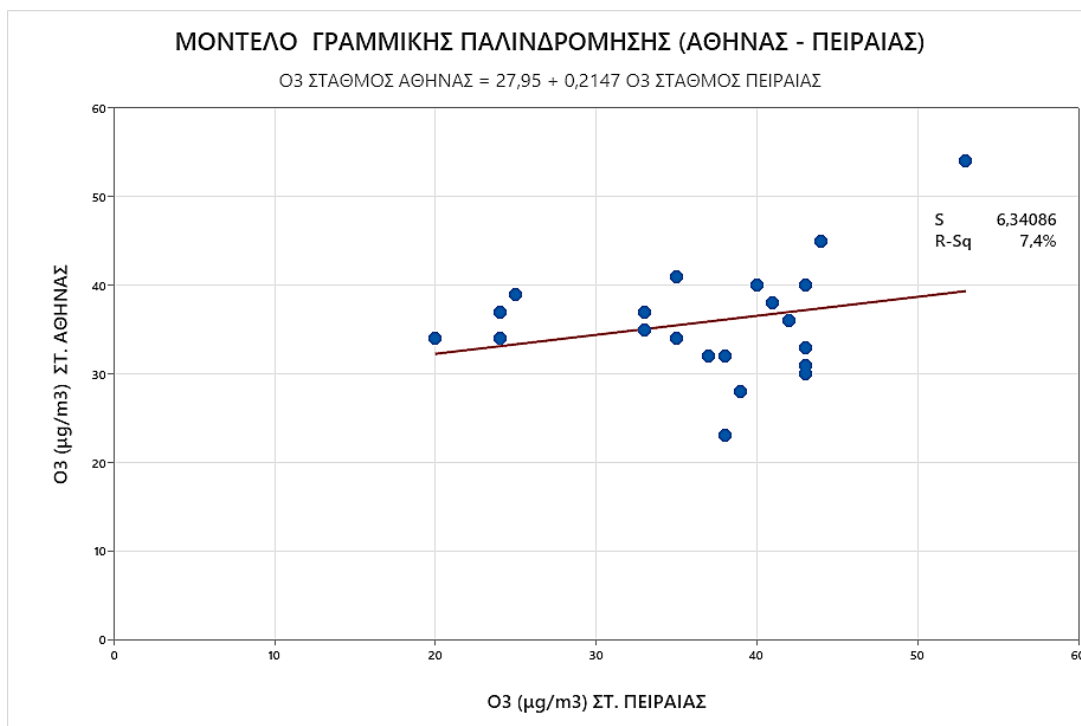
Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε $\mu\text{g/m}^3$) :

$$O_3 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ} = 17,40 + 0,08613 \cdot O_3 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ}$$



Διάγραμμα 57 : Διάγραμμα μετρήσεων O_3 (Πειραιάς, Αθηνάς) σε $\mu\text{g/m}^3$

Συντελεστής Pearson = 0,271



Διάγραμμα 58 : Διάγραμμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μετρήσεων O_3 Πειραιά - Αθηνάς

Εξίσωση μοντέλου (τιμές σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$) :

$$O_3 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ} = 27,95 + 0,2147 \cdot O_3 \text{ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ}$$

9.7 Συμπεράσματα

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας με το σύνολο των συντελεστών συσχέτισης Pearson για κάθε ρύπο και για κάθε σταθμό. Όπως φαίνεται και παρακάτω σε 4 περιπτώσεις ο συντελεστής αυτός είναι μεγαλύτερος των 0,90 παρουσιάζοντας ισχυρή συσχέτιση των μετρήσεων μεταξύ τους ,σε τρεις περιπτώσεις για το CO και σε μια περίπτωση για το SO₂ . Επίσης άξιο παρατήρησης είναι και το ότι οι χαμηλότερες τιμές των συντελεστών Pearson συναντώνται με τις μετρήσεις όζοντος.

ΡΥΠΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ Α	ΣΤΑΘΜΟΣ Β	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ PEARSON	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
CO	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΑΘΗΝΑΣ	0,929	0,000
CO	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,934	0,000
CO	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,916	0,000
NO	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΑΘΗΝΑΣ	0,823	0,000
NO	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,28	0,219
NO	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,318	0,160
NO ₂	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΑΘΗΝΑΣ	0,726	0,000
NO ₂	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,786	0,000
NO ₂	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,378	0,091
SO ₂	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΑΘΗΝΑΣ	0,67	0,001
SO ₂	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,902	0,000
SO ₂	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,647	0,002
O ₃	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΑΘΗΝΑΣ	0,077	0,741
O ₃	ΠΑΤΗΣΙΩΝ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,206	0,369
O ₃	ΑΘΗΝΑΣ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0,271	0,239

Πίνακας 35: Πίνακας συντελεστών συσχέτισης Pearson

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΑΝΑΛΥΣΗ - ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

10.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα ενότητα εξετάζουμε τις χρονοσειρές μετρήσεων αέριων ρύπων που δημιουργήθηκαν από τα στοιχεία που αντλήθηκαν από το ΥΠΕΝ. Και χρησιμοποιούμε μοντέλα ανάλυσης και πρόβλεψης συγκρίνοντας τις τιμές που εξάχθηκαν από τα μοντέλα με τις πραγματικές τιμές των μετρήσεων για το 2022.

Ο όρος χρονοσειρά (time series) προσδιορίζει μια ακολουθία παρατηρήσεων ενός μεγέθους που λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Μια χρονοσειρά θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι εκφράζει τη διαχρονική εξέλιξη μιας μεταβλητής κατά τη διάρκεια ίσων διαδοχικών χρονικών περιόδων π.χ. έτος, τρίμηνο, μήνα, ημέρα, ώρα κλπ. Τα βασικά στοιχεία των χρονοσειρών είναι η τάση, η κυκλικότητα, η εποχικότητα και οι μη κανονικές διακυμάνσεις.

Ως τάση θα μπορούσε να ορισθεί η μακροπρόθεσμη μεταβολή του μέσου επιπέδου των τιμών μιας χρονοσειράς. Για παράδειγμα παρατηρώντας την εικόνα του γραφήματος μιας χρονοσειράς μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε αν το παρατηρούμενο μέγεθος παρουσιάζει γενικότερα αυξητική τάση (ή τάση σταθεροποίησης ή μείωσης) κατά τη διάρκεια των μετρήσεων για το χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων μας.

Η κυκλικότητα αναφέρεται σε ταλαντώσεις γύρω από τη γραμμή ή καμπύλη τάσης. Αντικατοπτρίζει μια μεταβολή που εμφανίζεται λόγω εξωγενών παραγόντων, όπως οικονομικές και τεχνολογικές εξελίξεις, κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων. Συνήθως, οι περίοδοι έχουν χρονική διάρκεια μεγαλύτερη του έτους, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι είναι σταθερού χρονικού βήματος. Για παράδειγμα μια γραφική παράσταση χρονοσειράς που παρουσιάζει μια κυματοειδής γραμμή που κινείται ανάμεσα στην υψηλότερη και χαμηλότερη τιμή.

Η εποχικότητα μπορεί να εκφραστεί σαν μια περιοδική διακύμανση η οποία έχει σταθερό, μικρότερο ή ίσο μήκος ενός έτους. Η διακύμανση αυτή είναι άμεσα κατανοητή και διακριτή με το μάτι, γιατί τα δεδομένα ορισμένων χρονοσειρών επαναλαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα η ποσότητα κατανάλωσης του πετρελαίου θέρμανσης, η οποία είναι μεγαλύτερη κατά τους χειμερινούς μήνες κάθε έτους, η μηνιαία κατανάλωση παγωτού, οι μηνιαίες μετρήσεις O_3 , οι οποίες είναι υψηλότερες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και χαμηλότερες τον χειμώνα.

Οι μη κανονικές διακυμάνσεις είναι κύριο χαρακτηριστικό των περισσότερων χρονοσειρών και παρουσιάζουν ασυνέχειες με απότομες αλλαγές που εμφανίζονται στην εξέλιξη της χρονοσειράς και δε δύναται να προβλεφθούν από τα ιστορικά δεδομένα της αντίστοιχης χρονοσειράς. Για παράδειγμα η πτώση της παραγωγής ενός εργοστασίου λόγω απεργίας του προσωπικού και η επίδραση στην παραγωγή από ακραία καιρικά φαινόμενα (σεισμός , πλημμύρες κλπ)

Μετά τη συγκέντρωση των στοιχείων από το ΥΠΕΝ δημιουργήθηκαν 4 διαφορετικές ομάδες χρονοσειρών που αφορούν τις μετρήσεις αέριας ρύπανσης για καθένα από τους σταθμούς Πατησίων , Αθηνάς και Πειραιάς και για κάθε ρύπο. Οι χρονοσειρές είναι οι παρακάτω :

- Χρονοσειρά μέσων ετήσιων μετρήσεων ρύπων 2001 – 2021
- Χρονοσειρά μέσων μηνιαίων μετρήσεων ρύπων 2001 – 2021
- Χρονοσειρά μέσων ημερήσιων μετρήσεων ρύπων 2001 – 2021
- Χρονοσειρά μέσων ωριαίων μετρήσεων ρύπων 2001 – 2021

Η χρονοσειρά των μέσων ετήσιων τιμών είναι μια χρονοσειρά η οποία από τη φύση της δίνει περισσότερο βάρος στη γενικότερη τάση του τιμών των αέριων ρύπων. Τα μέτρα περιορισμού της αέριας ρύπανσης που έχουν εφαρμοστεί την τελευταία εικοσαετία έχουν φέρει σαν αποτέλεσμα την μείωση της αέριας ρύπανσης στην περιοχή της Αθήνας (με αντίστοιχο αποτέλεσμα την μείωση των τιμών του αντίστοιχων ρύπων). Η γενικότερη εικόνα είναι μία φθίνουσα χρονοσειρά στους περισσότερους ρύπους. Όμως η χρονοσειρά αυτή δεν παρουσιάζει την εποχικότητα την οποία το NO₂, το NO και το O₃ παρουσιάζουν κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η ύπαρξη μίας μόνο τιμής για όλο τον χρόνο εξαφανίζει την εποχικότητα η οποία εμφανίζεται σε αυτούς τους ρύπους αν παρατηρήσουμε τις μηνιαίες τιμές ενός έτους.

Η χρονοσειρά των μέσων μηνιαίων τιμών είναι μια χρονοσειρά η οποία εμφανίζει την μηνιαία εποχικότητα του NO₂ , του NO και του O₃ όμως αντίστοιχα εξαφανίζει την εποχικότητα που παρουσιάζεται κατά την διάρκεια της εβδομάδας (εργάσιμες ημέρες – μη εργάσιμες) και κατά τη διάρκεια μιας εργάσιμης ημέρας (πρωί – βράδυ)

Οι υπόλοιπες 2 χρονοσειρές στις οποίες ήταν η χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών και η χρονοσειρά των μέσων ωριαίων τιμών. Η πρώτη θα εμφάνιζε την εποχικότητα κατά τη διάρκεια εβδομάδας όπου τη διάρκεια των ημερών εργασίας υπάρχει γενικά αύξηση των ρύπων λόγω της κίνησης των εργαζομένων από και προς την εργασία τους και μια σχετική μείωση των τιμών τα Σαββατοκύριακα. Η χρονοσειρά των ωριαίων τιμών θα εμφάνιζε αυξημένες τιμές κατά τη διάρκεια του χρόνου εργασίας, κατά τη διάρκεια μετακίνησης των εργαζομένων από και προς την εργασία τους και αλλά προς το τέλος της ημέρας και το

βράδυ μια εμφανή μείωση. Επιλέχθηκε να επεξεργαστούμε δυο χρονοσειρές. Η πρώτη χρονοσειρά είναι η χρονοσειρά των μέσων ετήσιων τιμών της εικοσαετίας 2001 – 2021 και η δεύτερη είναι η χρονοσειρά των μέσων μηνιαίων τιμών της τριετίας 2019 -2021.

Εδώ πρέπει να παρατηρήσουμε ότι και για τις δυο χρονοσειρές η περίοδος των περιοριστικών μέτρων κατά της πανδημίας αποτελεί αυτό που πριν ορίσαμε σαν μη κανονικές διακυμάνσεις. Αποτελούσε ένα γεγονός το οποίο δεν μπορούσε να προβλεφθεί και έφερε σημαντικό αποτέλεσμα στο ύψος των μετρούμενων ρύπων όπως παρουσιάστηκε και σε προηγούμενο κεφαλαίο.

Αφού διαμορφώθηκαν οι χρονοσειρές χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση τους τρεις διαφορετικές μεθοδολογίες . Όσον αφορά τις χρονοσειρές των μέσων μηνιαίων τιμών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Winters και η μέθοδος Decomposition μέσω του στατιστικού πακέτου Minitab. Μετά την ανάλυση, ζητήθηκε η πρόβλεψη των 12 μηνιαίων τιμών του 2022. Από τις μηνιαίες τιμές της πρόβλεψης, υπολογίστηκε η μέση ετήσια τιμή η οποία και συγκρίθηκε με την πραγματική τιμή του 2022 από την έκθεση του ΥΠΕΝ.

Όσον αφορά τη χρονοσειρά των μέσων ετήσιων τιμών χρησιμοποιήθηκε η Tread Analysis του στατιστικού πακέτου Minitab. Εκεί αναζητήθηκε καμπύλη η οποία προσεγγίζει τα δεδομένα εικοσαετίας (best regression fit) που είχαμε στην διάθεσή μας και ζητήθηκε πρόβλεψη για τα έτη 2022 και 2023. Αντίστοιχα η τιμή του 2022 συγκρίθηκε με την πραγματική τιμή του 2022 από την έκθεση του ΥΠΕΝ.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα φύλλα ανάλυσης κάθε μεθόδου, για κάθε ρύπο και για κάθε σταθμό και γίνεται σύγκριση των τιμών των μοντέλων με τις πραγματικές τιμές.

10.2 Μέθοδος WINTERS

10.2.1 Winters Method CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021 w
Length 36

Smoothing Constants

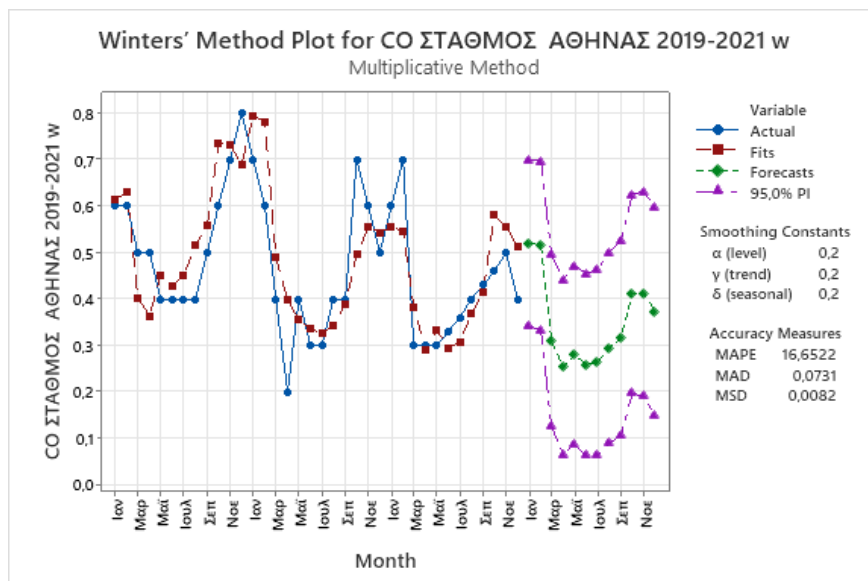
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 16,6522
MAD 0,0731
MSD 0,0082

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	0,520347	0,341264	0,699431
Φεβ	0,514978	0,333089	0,696867
Μαρ	0,310343	0,125325	0,495360
Απρ	0,253834	0,065382	0,442287
Μαϊ	0,279712	0,087535	0,471889
Ιουν	0,258987	0,062811	0,455163
Ιουλ	0,262927	0,062495	0,463359
Αυγ	0,294235	0,089306	0,499165
Σεπ	0,317059	0,107407	0,526711
Οκτ	0,411369	0,196784	0,625955
Νοε	0,410832	0,191116	0,630548
Δεκ	0,373615	0,148586	0,598645



Φύλλο Ανάλυσης 1:

Winters' Method CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

10.2.2 Winters Method CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021
Length 36

Smoothing Constants

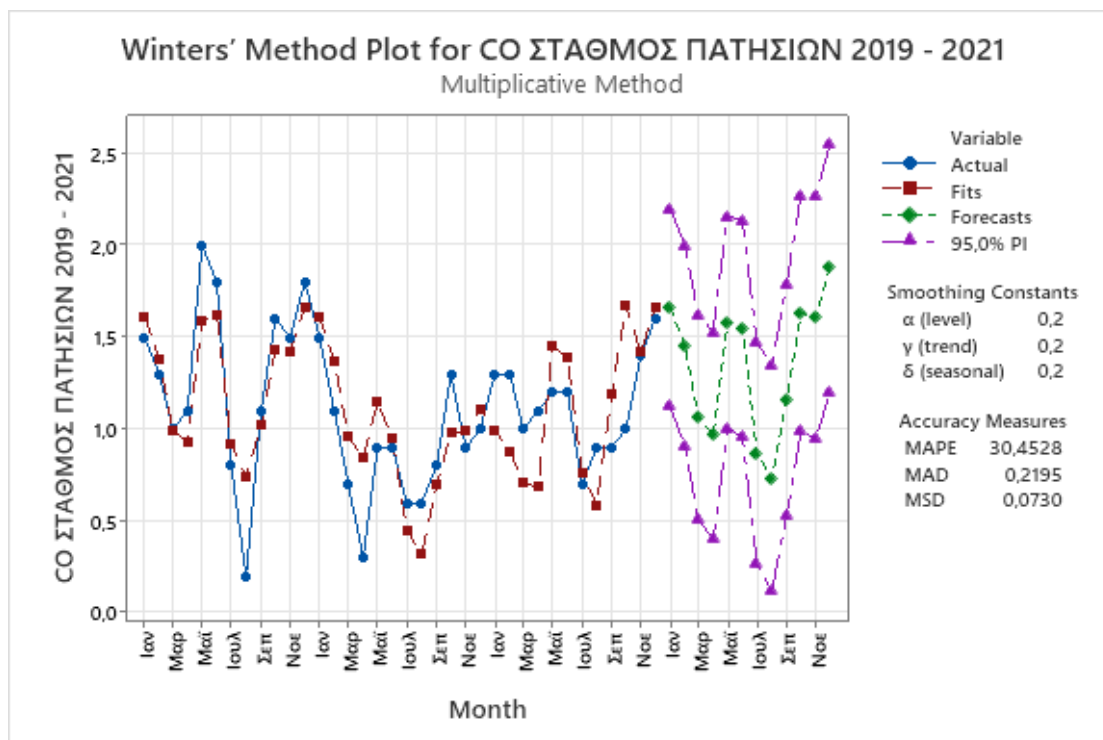
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 30,4528
MAD 0,2195
MSD 0,0730

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	1,66197	1,12428	2,19966
Φεβ	1,45234	0,90623	1,99846
Μαρ	1,06091	0,50541	1,61642
Απρ	0,96633	0,40051	1,53215
Μαϊ	1,58252	1,00551	2,15952
Ιουν	1,54511	0,95610	2,13412
Ιουλ	0,86785	0,26607	1,46964
Αυγ	0,73266	0,11737	1,34795
Σεπ	1,15902	0,52955	1,78849
Οκτ	1,63373	0,98945	2,27802
Νοε	1,60852	0,94883	2,26821
Δεκ	1,88160	1,20596	2,55724



Φύλλο Ανάλυσης 2:

Winters' Method CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

10.2.3 Winters Method SO₂ ΣΤΑΘΜ.ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data SO₂ ΣΤΑΘΜ.ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021 W
Length 36

Smoothing Constants

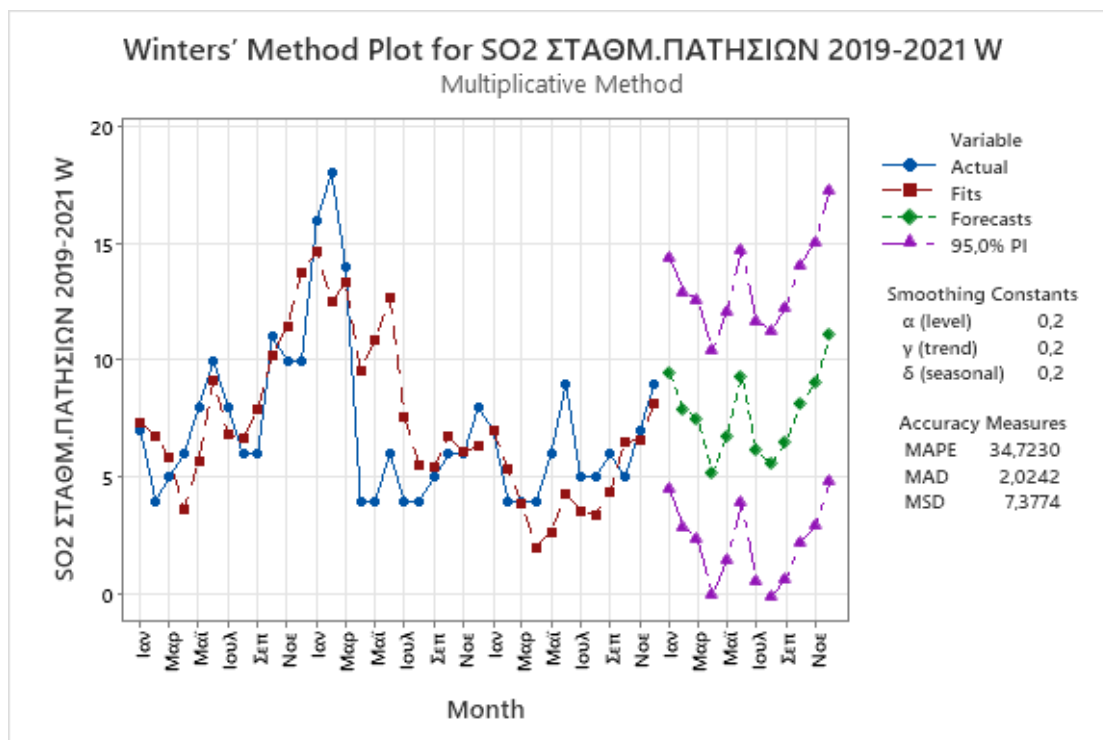
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 34,7230
MAD 2,0242
MSD 7,3774

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	9,4824	4,52324	14,4416
Φεβ	7,9173	2,88046	12,9542
Μαρ	7,4978	2,37431	12,6213
Απρ	5,2192	0,00059	10,4378
Μαϊ	6,7847	1,46291	12,1065
Ιουν	9,3437	3,91115	14,7762
Ιουλ	6,1521	0,60169	11,7024
Αυγ	5,5914	-0,08355	11,2663
Σεπ	6,4869	0,68117	12,2926
Οκτ	8,1575	2,21519	14,0998
Νοε	9,0306	2,94623	15,1150
Δεκ	11,0941	4,86259	17,3256



10.2.4 Winters Method SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019 - 2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019 - 2021
Length 36

Smoothing Constants

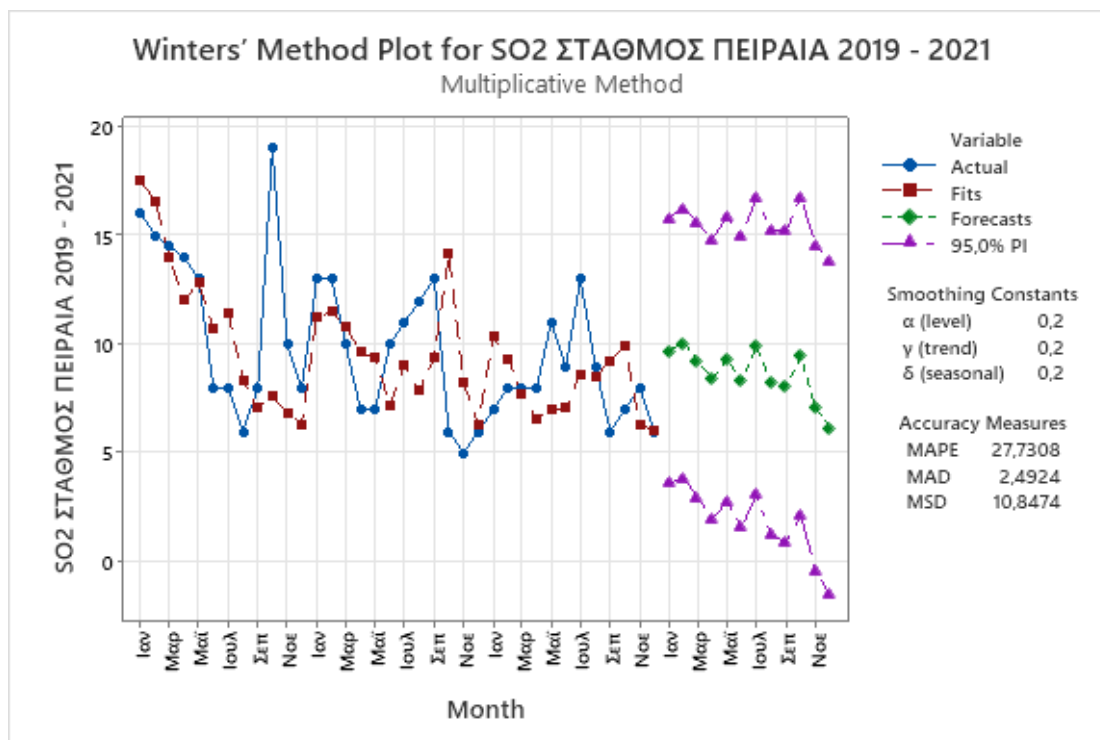
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 27,7308
MAD 2,4924
MSD 10,8474

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	9,7142	3,60782	15,8205
Φεβ	10,0513	3,84927	16,2533
Μαρ	9,2690	2,96035	15,5777
Απρ	8,4114	1,98555	14,8372
Μαϊ	9,3272	2,77439	15,8800
Ιουν	8,3007	1,61150	14,9898
Ιουλ	9,9196	3,08536	16,7539
Αυγ	8,2346	1,24692	15,2222
Σεπ	8,0715	0,92287	15,2202
Οκτ	9,4521	2,13523	16,7690
Νοε	7,0765	-0,41528	14,5684
Δεκ	6,1539	-1,51912	13,8269



10.2.5 Winters Method NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021
Length 36

Smoothing Constants

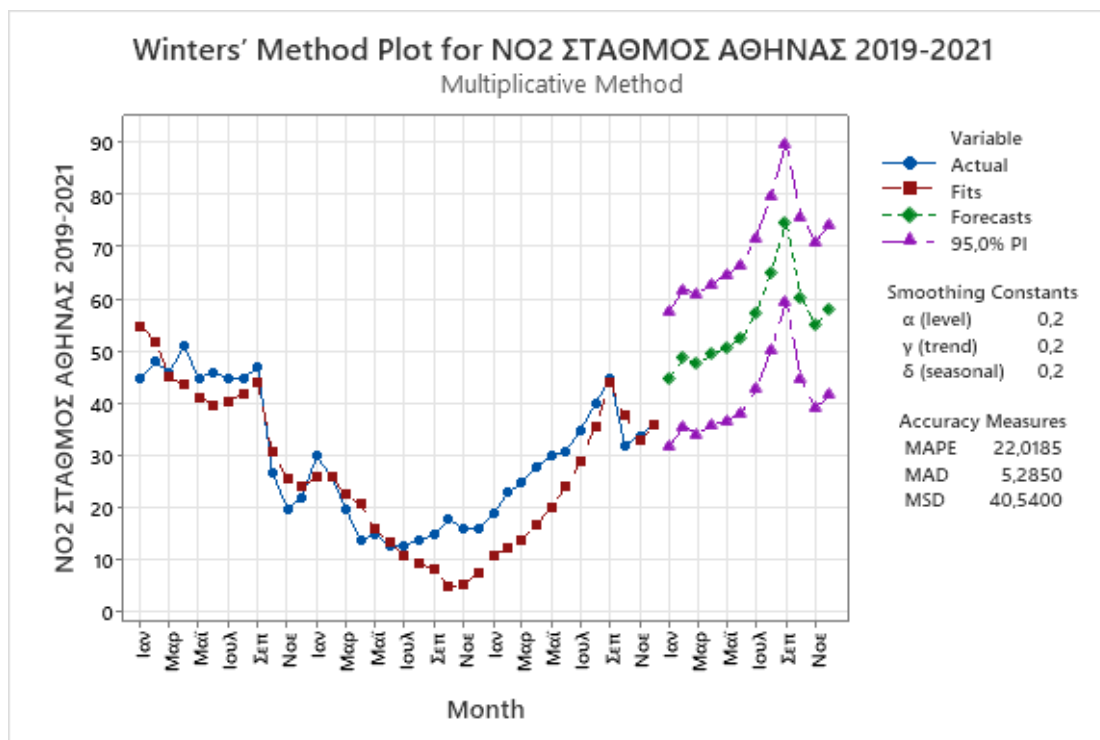
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 22,0185
MAD 5,2850
MSD 40,5400

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	44,8575	31,9094	57,8055
Φεβ	48,8118	35,6609	61,9627
Μαρ	47,7015	34,3245	61,0786
Απρ	49,4874	35,8619	63,1128
Μαϊ	50,8028	36,9080	64,6975
Ιουν	52,4958	38,3119	66,6796
Ιουλ	57,4541	42,9625	71,9457
Αυγ	65,2353	50,4186	80,0521
Σεπ	74,8473	59,6891	90,0055
Οκτ	60,5523	45,0374	76,0672
Νοε	55,1564	39,2705	71,0422
Δεκ	58,0430	41,7730	74,3130



10.2.6 Winters Method NO₂ ΣΤΑΘΜ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data NO₂ ΣΤΑΘΜ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021
Length 36

Smoothing Constants

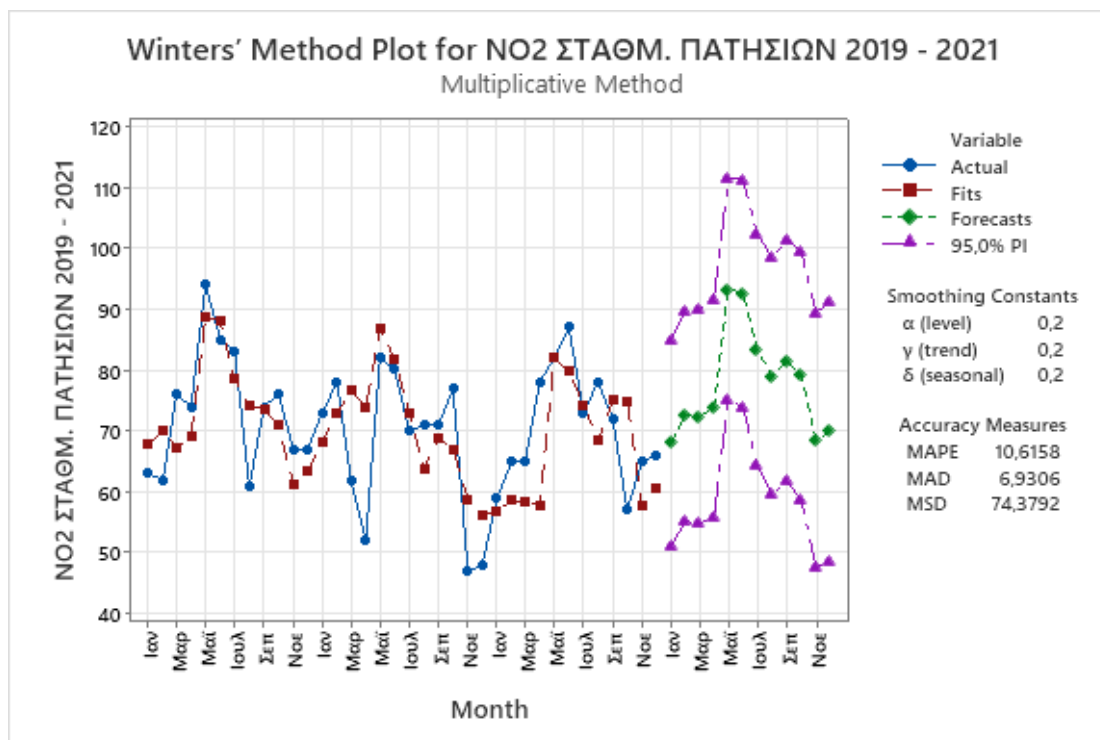
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 10,6158
MAD 6,9306
MSD 74,3792

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	68,0704	51,0908	85,050
Φεβ	72,5407	55,2952	89,786
Μαρ	72,2719	54,7298	89,814
Απρ	73,7594	55,8916	91,627
Μαϊ	93,2688	75,0478	111,490
Ιουν	92,4905	73,8904	111,091
Ιουλ	83,2557	64,2520	102,259
Αυγ	78,9442	59,5141	98,374
Σεπ	81,5320	61,6541	101,410
Οκτ	79,0925	58,7468	99,438
Νοε	68,5418	47,7097	89,374
Δεκ	69,9079	48,5720	91,244



10.2.7 Winters Method NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019-2021
Length 36

Smoothing Constants

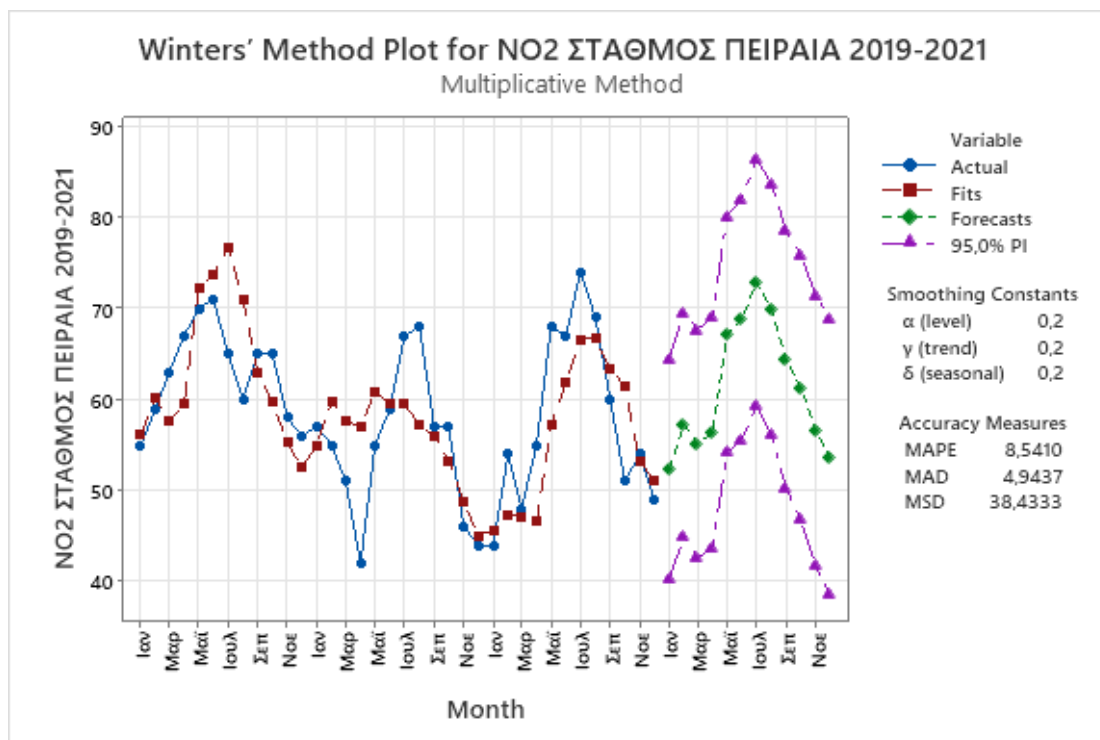
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 8,5410
MAD 4,9437
MSD 38,4333

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	52,3821	40,2703	64,4940
Φεβ	57,2922	44,9905	69,5938
Μαρ	55,1696	42,6564	67,6828
Απρ	56,3821	43,6366	69,1276
Μαϊ	67,2073	54,2098	80,2048
Ιουν	68,8590	55,5911	82,1269
Ιουλ	72,8647	59,3090	86,4205
Αυγ	69,9021	56,0422	83,7620
Σεπ	64,3713	50,1920	78,5507
Οκτ	61,3261	46,8131	75,8391
Νοε	56,6424	41,7824	71,5024
Δεκ	53,6559	38,4366	68,8752



10.2.8 Winters Method O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021
Length 36

Smoothing Constants

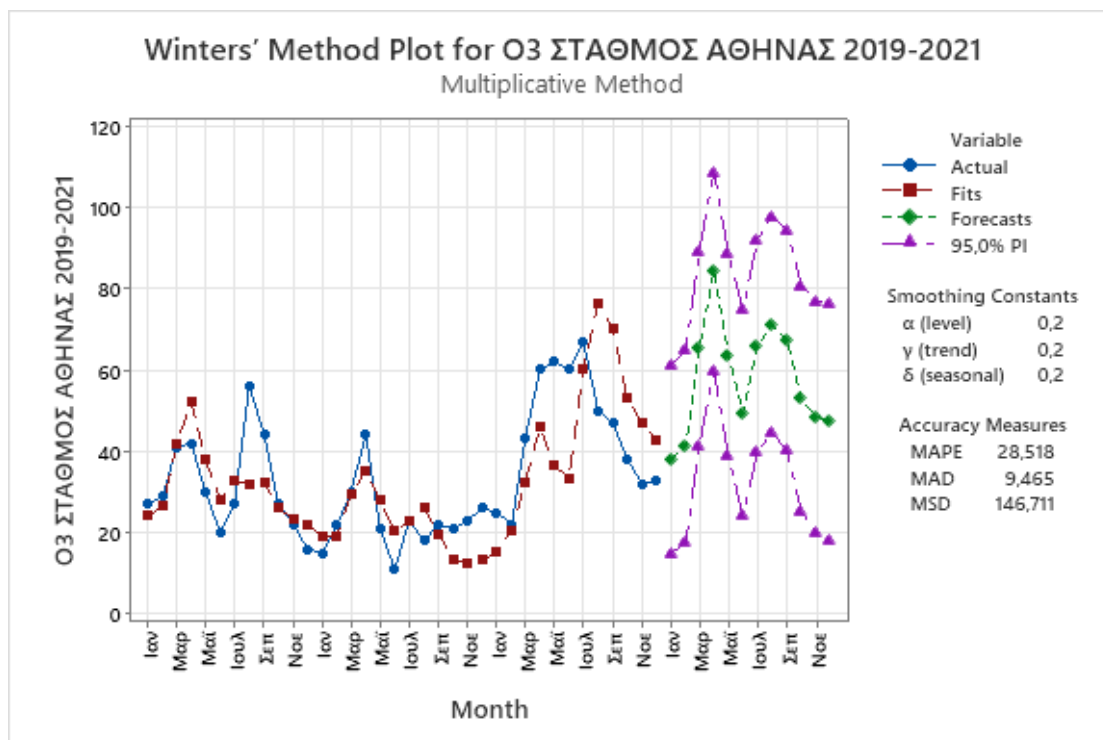
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 28,518
MAD 9,465
MSD 146,711

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	38,0149	14,8260	61,204
Φεβ	41,2546	17,7024	64,807
Μαρ	65,2290	41,2717	89,186
Απρ	84,3181	59,9160	108,720
Μαϊ	63,7802	38,8958	88,665
Ιουν	49,4390	24,0368	74,841
Ιουλ	65,9022	39,9489	91,855
Αυγ	71,1020	44,5664	97,638
Σεπ	67,3462	40,1991	94,493
Οκτ	52,9622	25,1762	80,748
Νοε	48,4878	20,0375	76,938
Δεκ	47,2000	18,0617	76,338



10.2.9 Winters Method O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021
Length 36

Smoothing Constants

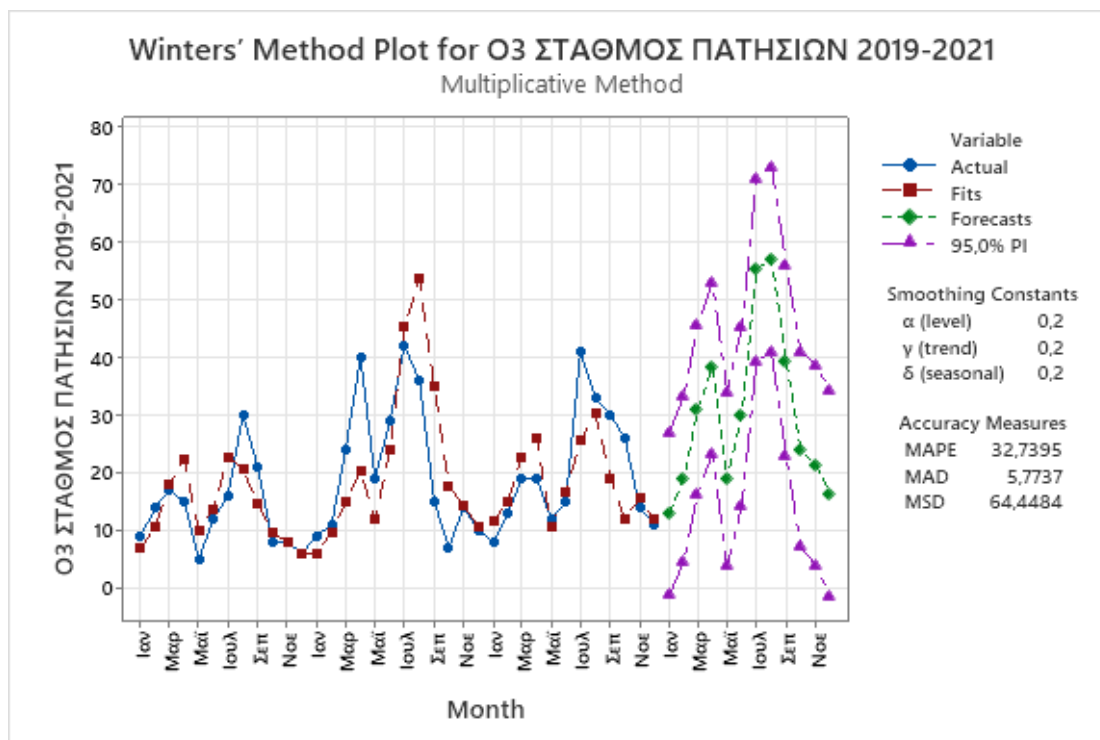
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 32,7395
MAD 5,7737
MSD 64,4484

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	12,8027	-1,3427	26,9481
Φεβ	19,0141	4,6471	33,3811
Μαρ	30,9397	16,3256	45,5538
Απρ	38,2068	23,3214	53,0923
Μαϊ	18,8617	3,6820	34,0413
Ιουν	29,8334	14,3379	45,3289
Ιουλ	55,2256	39,3940	71,0573
Αυγ	57,1054	40,9185	73,2922
Σεπ	39,4160	22,8561	55,9759
Οκτ	23,9888	7,0392	40,9385
Νοε	21,3240	3,9691	38,6788
Δεκ	16,3777	-1,3969	34,1522



10.2.10 Winters Method O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Method
Data O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021
Length 36

Smoothing Constants

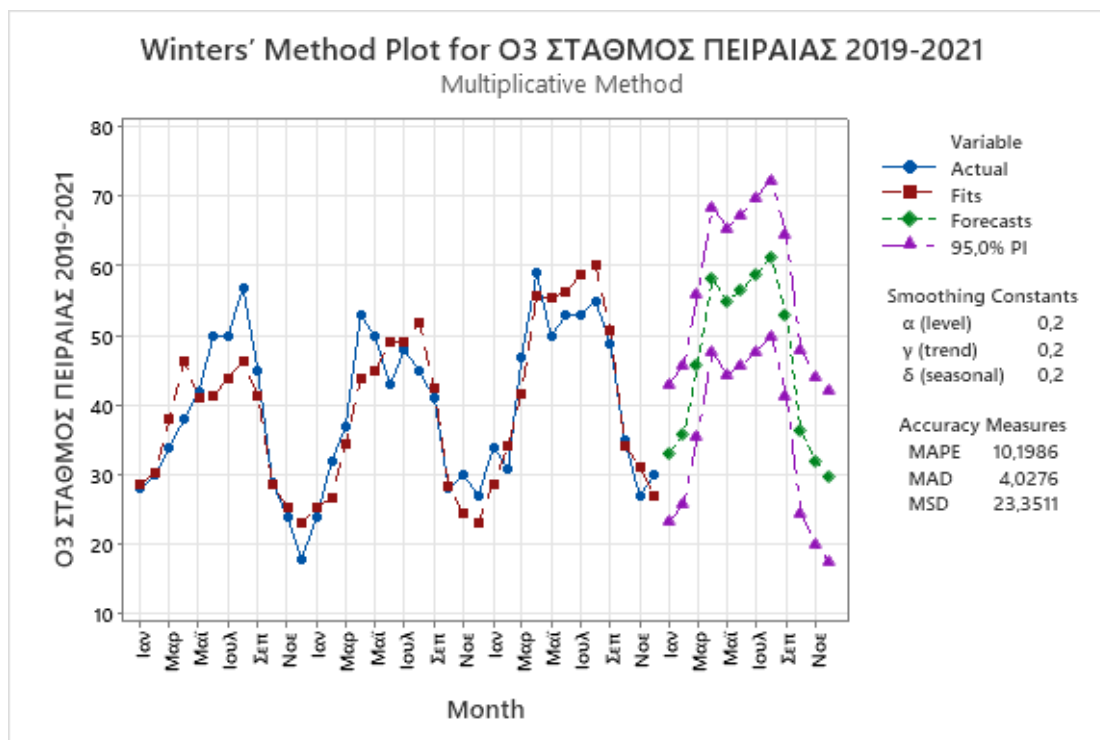
α (level) 0,2
 γ (trend) 0,2
 δ (seasonal) 0,2

Accuracy Measures

MAPE 10,1986
MAD 4,0276
MSD 23,3511

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
Ιαν	33,1757	23,3082	43,0431
Φεβ	35,9140	25,8920	45,9360
Μαρ	45,7760	35,5816	55,9704
Απρ	58,2191	47,8354	68,6027
Μαϊ	55,0206	44,4317	65,6095
Ιουν	56,6513	45,8420	67,4605
Ιουλ	58,8471	47,8034	69,8908
Αυγ	61,2815	49,9899	72,5730
Σεπ	53,0464	41,4947	64,5982
Οκτ	36,3236	24,5000	48,1472
Νοε	32,0852	19,9790	44,1915
Δεκ	29,8441	17,4451	42,2432



10.3 Μέθοδος DECOMPOSITION

10.3.1 Decomposition CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021 d
Length 36
NMissing 5

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 0,6016 - 0,00671 \times t$$

Seasonal Indices

Period	Index
1	1,37304
2	1,36376
3	0,73029
4	0,52595
5	0,75045
6	0,65204
7	0,71876
8	0,82850
9	0,92662
10	1,37808
11	1,38057
12	1,37195

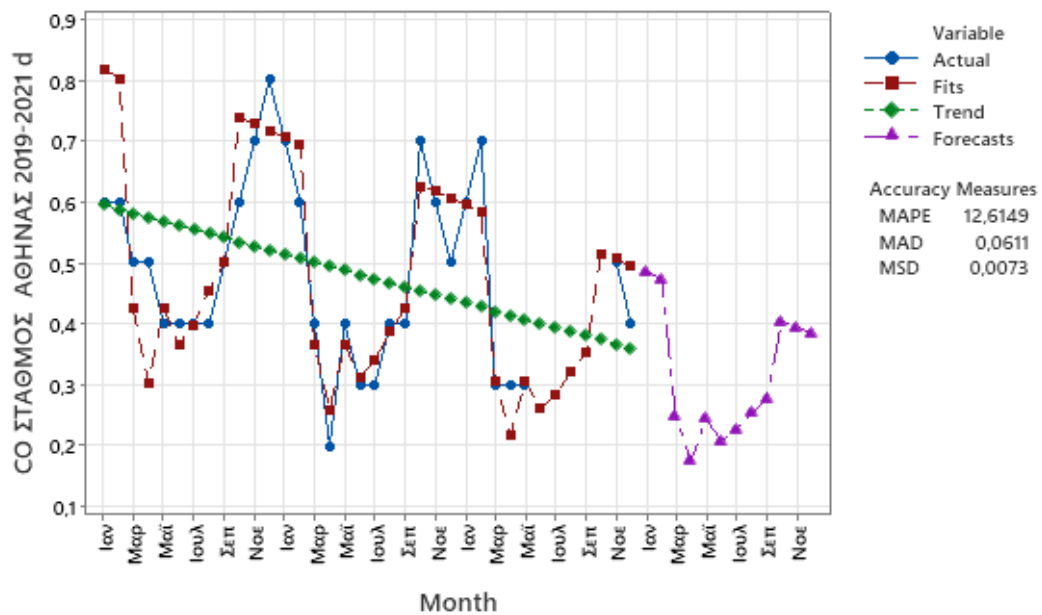
Accuracy Measures

MAPE 12,6149
MAD 0,0611
MSD 0,0073

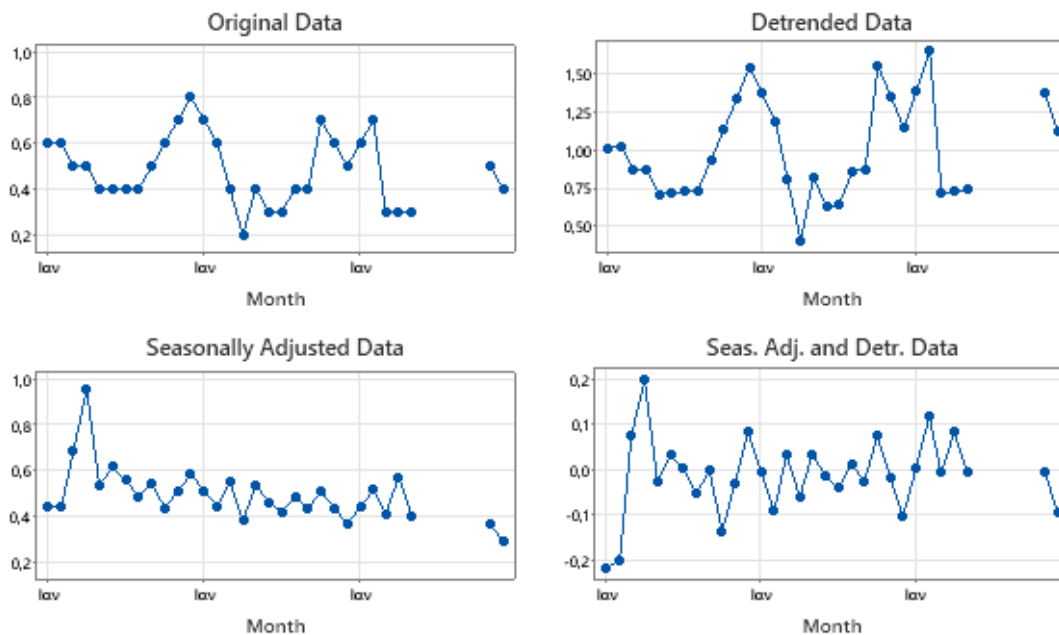
Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	0,485413
Φεβ	0,472985
Μαρ	0,248385
Απρ	0,175359
Μαϊ	0,245179
Ιουν	0,208655
Ιουλ	0,225186
Αυγ	0,254010
Σεπ	0,277880
Οκτ	0,404024
Νοε	0,395496
Δεκ	0,383827

Time Series Decomposition Plot for CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021 d
Multiplicative Model



Component Analysis for CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021 d
Multiplicative Model



Φύλλο Ανάλυσης 11:

Decomposition Method CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

10.3.2 Decomposition CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 20_1
Length 36
NMissing 4

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 1,140 - 0,00135 \times t$$

Seasonal Indices

Period	Index
1	1,39249
2	1,17849
3	0,82525
4	0,68424
5	1,04823
6	1,05438
7	0,65099
8	0,42568
9	0,88462
10	1,36355
11	1,12920
12	1,36288

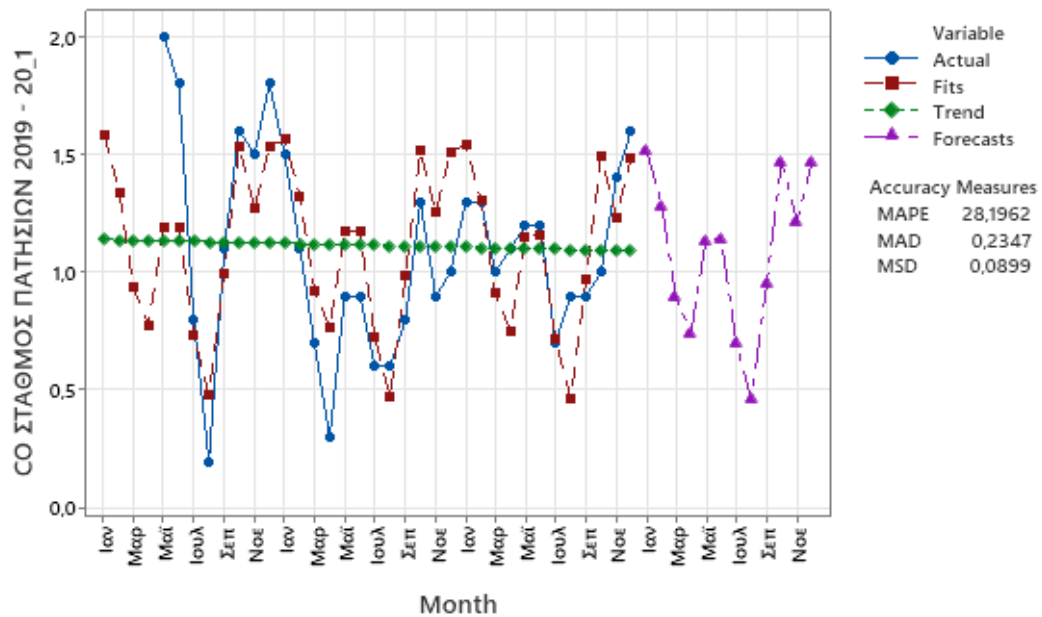
Accuracy Measures

MAPE 28,1962
MAD 0,2347
MSD 0,0899

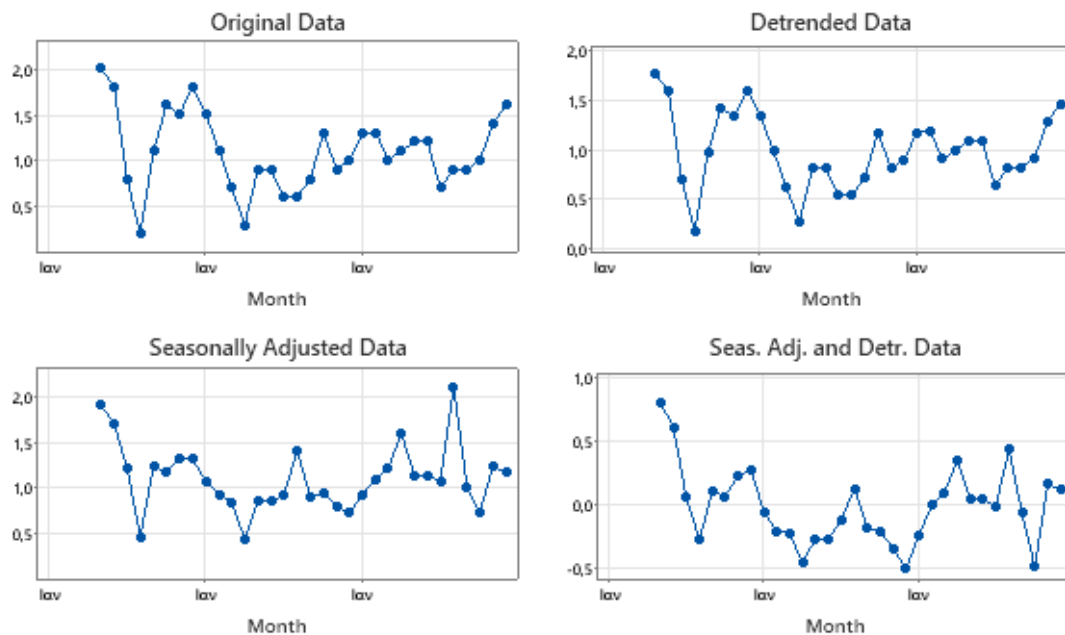
Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	1,51821
Φεβ	1,28330
Μαρ	0,89753
Απρ	0,74324
Μαϊ	1,13721
Ιουν	1,14245
Ιουλ	0,70449
Αυγ	0,46009
Σεπ	0,95493
Οκτ	1,47009
Νοε	1,21590
Δεκ	1,46568

Time Series Decomposition Plot for CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 20_1
Multiplicative Model



Component Analysis for CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 20_1
Multiplicative Model



Φύλλο Ανάλυσης 12:

Decomposition Method CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

10.3.3 Decomposition SO₂ ΣΤΑΘΜ.ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data SO₂ ΣΤΑΘΜ.ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021 D
Length 36
NMissing 2

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 9,747 - 0,1164 \times t$$

Seasonal Indices

Period	Index
1	1,48339
2	1,34701
3	1,13124
4	0,57577
5	0,75852
6	1,13812
7	0,74161
8	0,63140
9	0,74969
10	1,11884
11	1,07296
12	1,25145

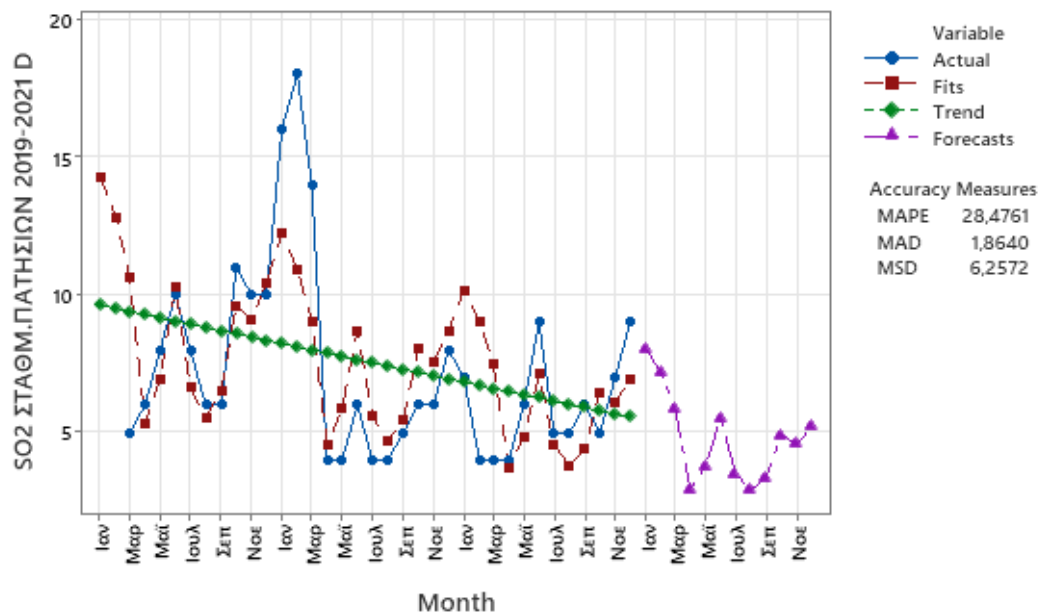
Accuracy Measures

MAPE 28,4761
MAD 1,8640
MSD 6,2572

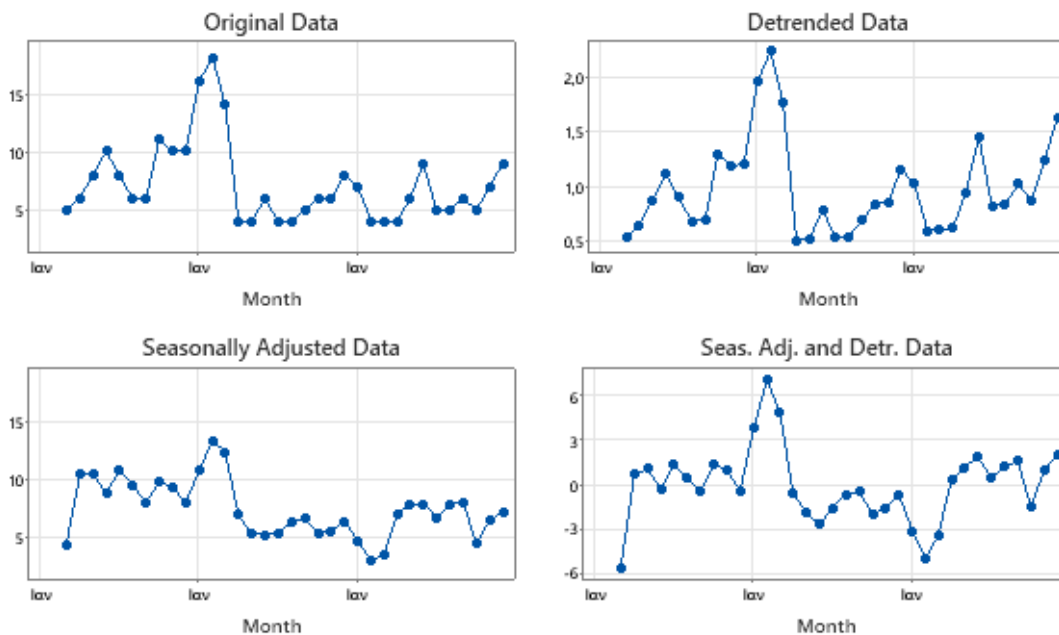
Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	8,06842
Φεβ	7,16978
Μαρ	5,88957
Απρ	2,93061
Μαϊ	3,77245
Ιουν	5,52786
Ιουλ	3,51563
Αυγ	2,91968
Σεπ	3,37938
Οκτ	4,91312
Νοε	4,58670
Δεκ	5,20399

Time Series Decomposition Plot for SO₂ ΣΤΑΘΜ.ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021 D
Multiplicative Model



Component Analysis for SO₂ ΣΤΑΘΜ.ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021 D
Multiplicative Model



Φύλλο Ανάλυσης 13:

Decomposition Method SO₂ ΣΤΑΘΜ.ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021

10.3.4 Decomposition SO₂ ΣΤΑΘΜ. ΠΕΙΡΑΙΑ 2019 - 2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data SO₂ ΣΤΑΘΜ. ΠΕΙΡΑΙΑ 2019 - 2021
Length 36
NMissing 3

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 11,34 - 0,0994 \times t$$

Seasonal Indices

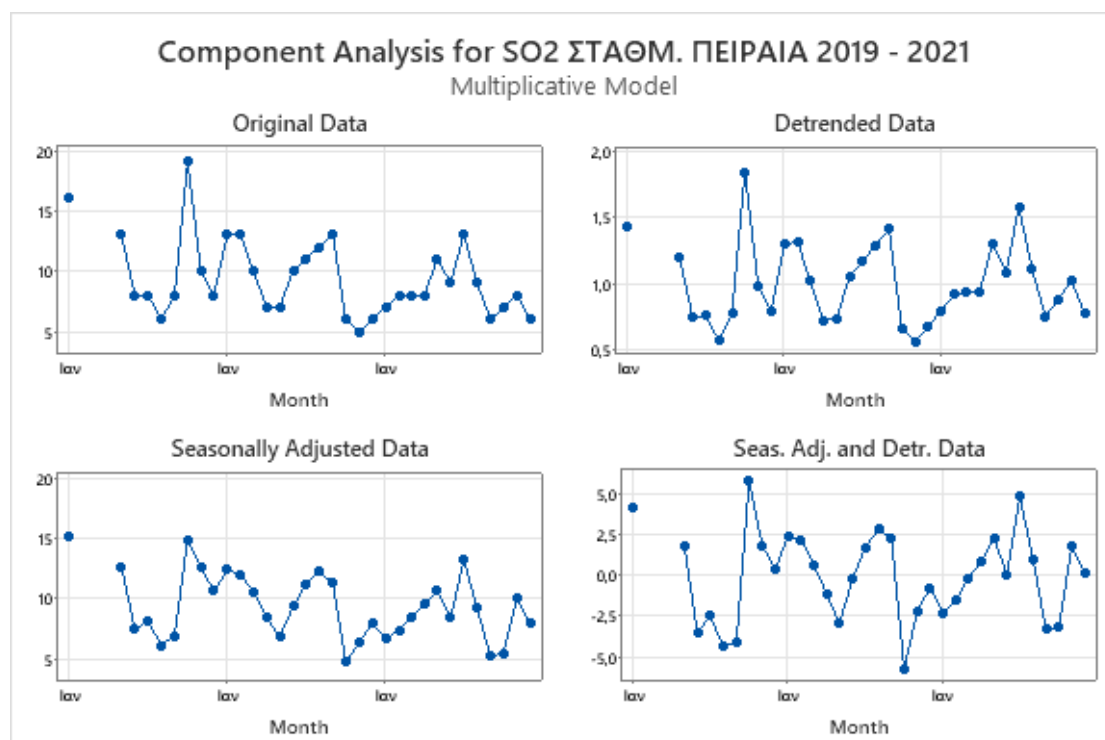
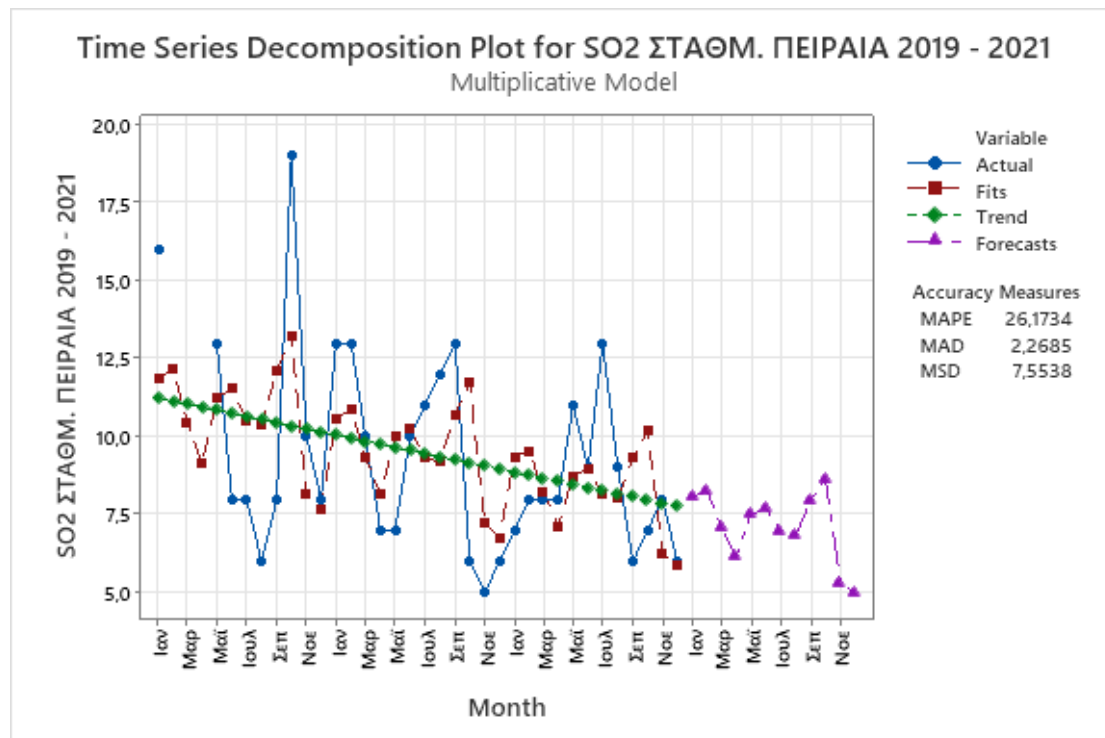
Period	Index
1	1,05454
2	1,09082
3	0,94869
4	0,83516
5	1,03460
6	1,07368
7	0,98773
8	0,98236
9	1,15856
10	1,28066
11	0,79673
12	0,75647

Accuracy Measures

MAPE 26,1734
MAD 2,2685
MSD 7,5538

Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	8,07934
Φεβ	8,24879
Μαρ	7,07971
Απρ	6,14938
Μαϊ	7,51501
Ιουν	7,69216
Ιουλ	6,97814
Αυγ	6,84251
Σεπ	7,95459
Οκτ	8,66556
Νοε	5,31183
Δεκ	4,96818



Φύλλο Ανάλυσης 14: Decomposition SO₂ Method ΣΤΑΘΜ. ΠΕΙΡΑΙΑ

10.3.5 Decomposition NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data NO2 ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021 D
Length 36
NMissing 1

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 36,02 - 0,351 \times t$$

Seasonal Indices

Period	Index
1	1,08445
2	1,12902
3	1,05546
4	0,95235
5	1,00216
6	0,93780
7	0,99971
8	1,07009
9	1,16293
10	0,97244
11	0,79811
12	0,83547

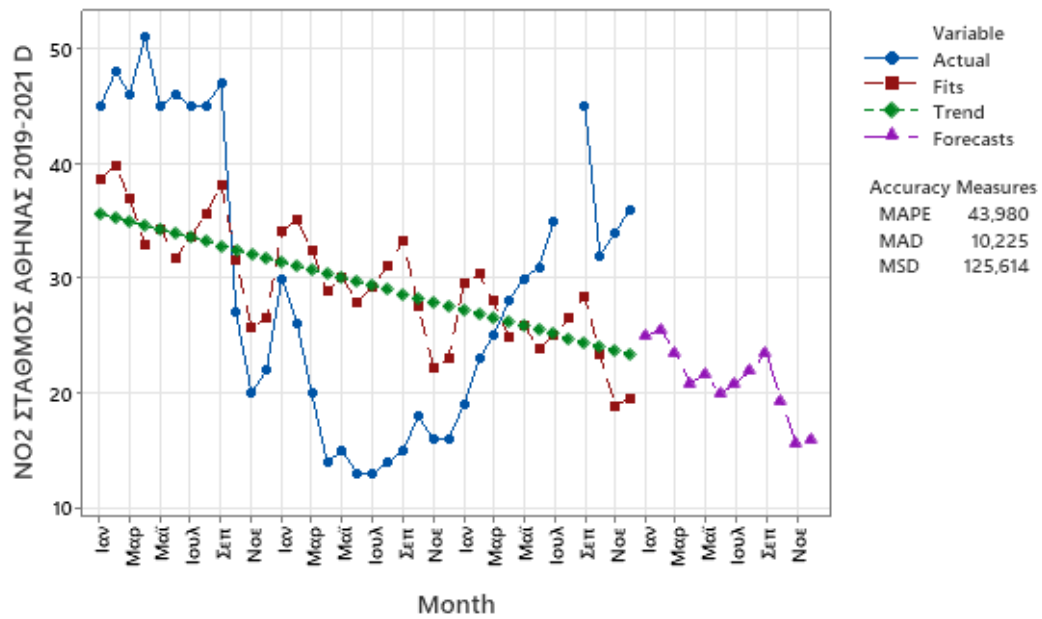
Accuracy Measures

MAPE 43,980
MAD 10,225
MSD 125,614

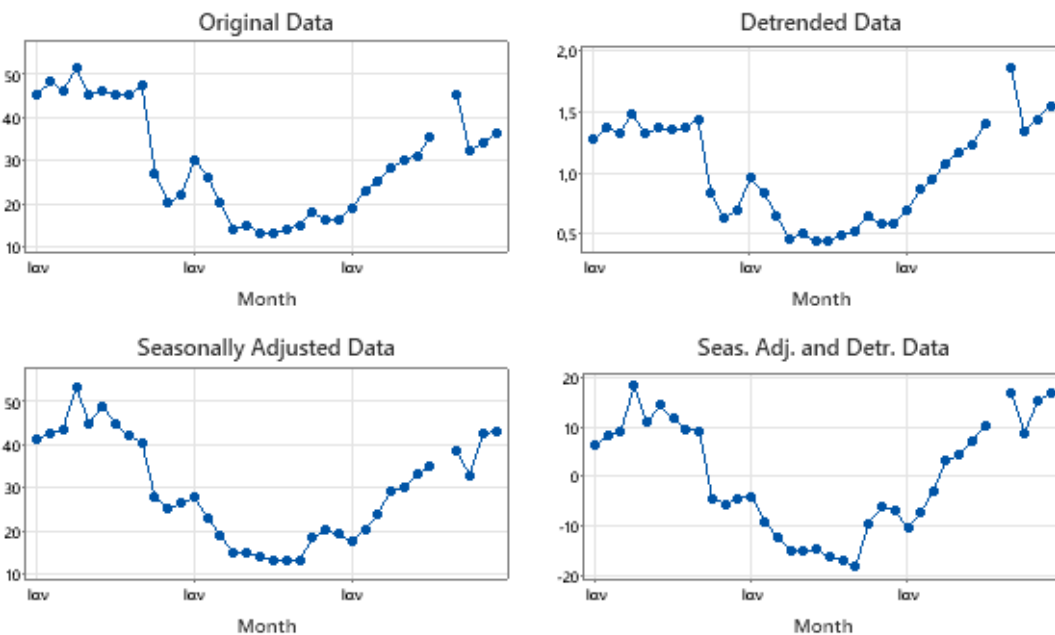
Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	24,9629
Φεβ	25,5922
Μαρ	23,5539
Απρ	20,9184
Μαϊ	21,6604
Ιουν	19,9398
Ιουλ	20,9050
Αυγ	22,0008
Σεπ	23,5009
Οκτ	19,3098
Νοε	15,5679
Δεκ	16,0031

Time Series Decomposition Plot for NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021 D
Multiplicative Model



Component Analysis for NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021 D
Multiplicative Model



Φύλλο Ανάλυσης 15:

Decomposition Method NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

10.3.6 Decomposition NO₂ ΣΤΑΘ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data NO2 ΣΤΑΘ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021
Length 36
NMissing 0

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 72,35 - 0,086 \times t$$

Seasonal Indices

Period	Index
1	0,94709
2	1,02437
3	0,90695
4	0,93727
5	1,18567
6	1,20787
7	1,08379
8	0,94553
9	1,03507
10	1,09388
11	0,81103
12	0,82150

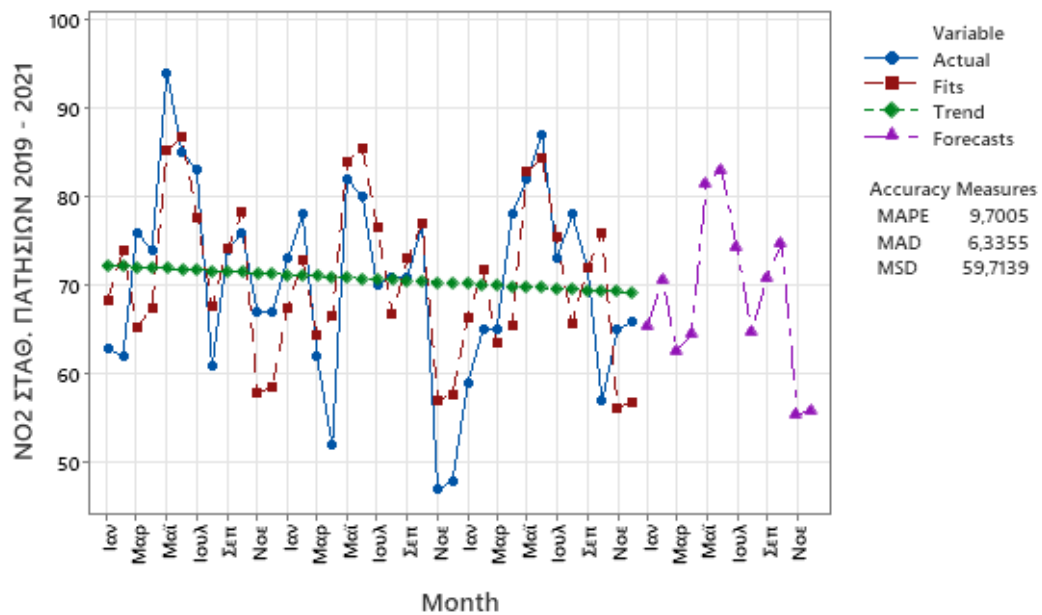
Accuracy Measures

MAPE 9,7005
MAD 6,3355
MSD 59,7139

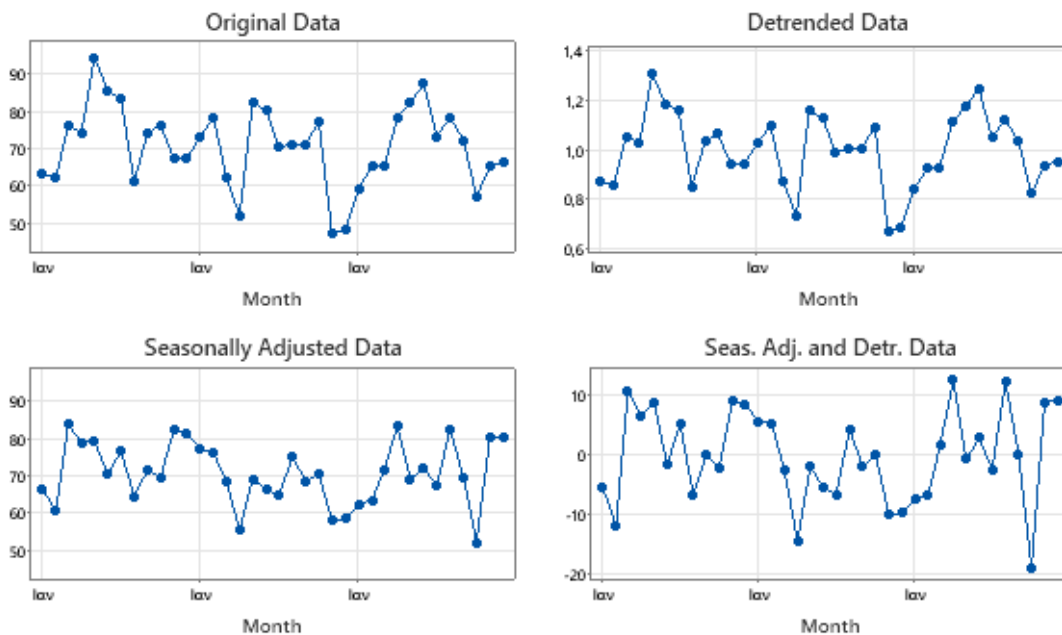
Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	65,4958
Φεβ	70,7518
Μαρ	62,5638
Απρ	64,5748
Μαϊ	81,5859
Ιουν	83,0097
Ιουλ	74,3887
Αυγ	64,8173
Σεπ	70,8666
Οκτ	74,7982
Νοε	55,3877
Δεκ	56,0314

Time Series Decomposition Plot for NO₂ ΣΤΑΘ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021
Multiplicative Model



Component Analysis for NO₂ ΣΤΑΘ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019 - 2021
Multiplicative Model



Φύλλο Ανάλυσης 16: Decomposition Method NO₂ ΣΤΑΘ. ΠΑΤΗΣΙΩΝ

10.3.7 Decomposition NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019-2021_1
Length 36
NMissing 3

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 60,06 - 0,1310 \times t$$

Seasonal Indices

Period	Index
1	0,89239
2	0,95767
3	0,86841
4	0,85717
5	1,09315
6	1,12405
7	1,14270
8	1,12099
9	1,06740
10	1,07477
11	0,91686
12	0,88446

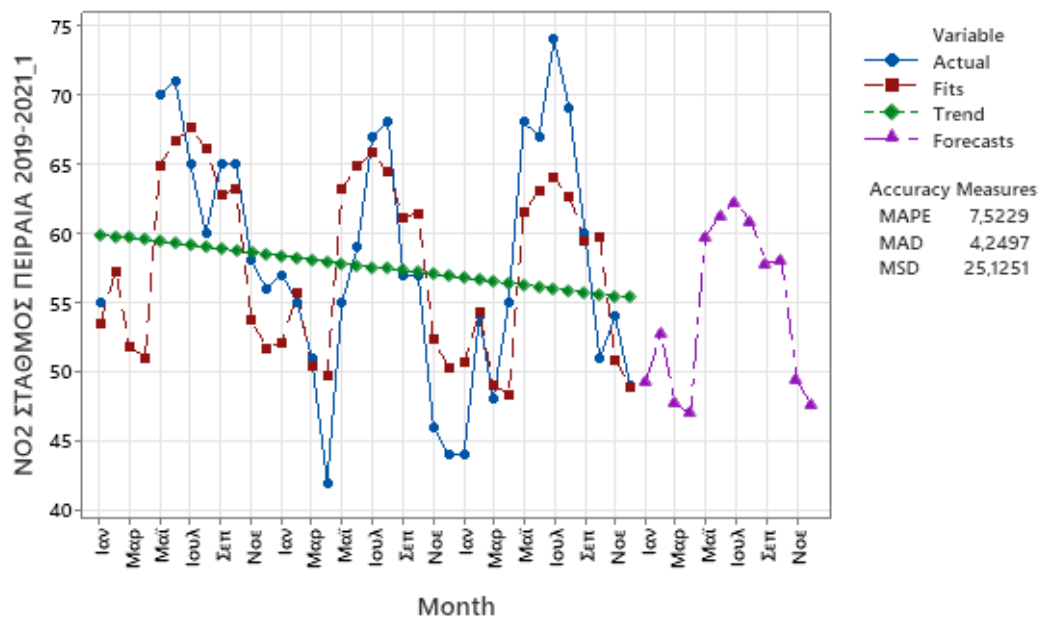
Accuracy Measures

MAPE 7,5229
MAD 4,2497
MSD 25,1251

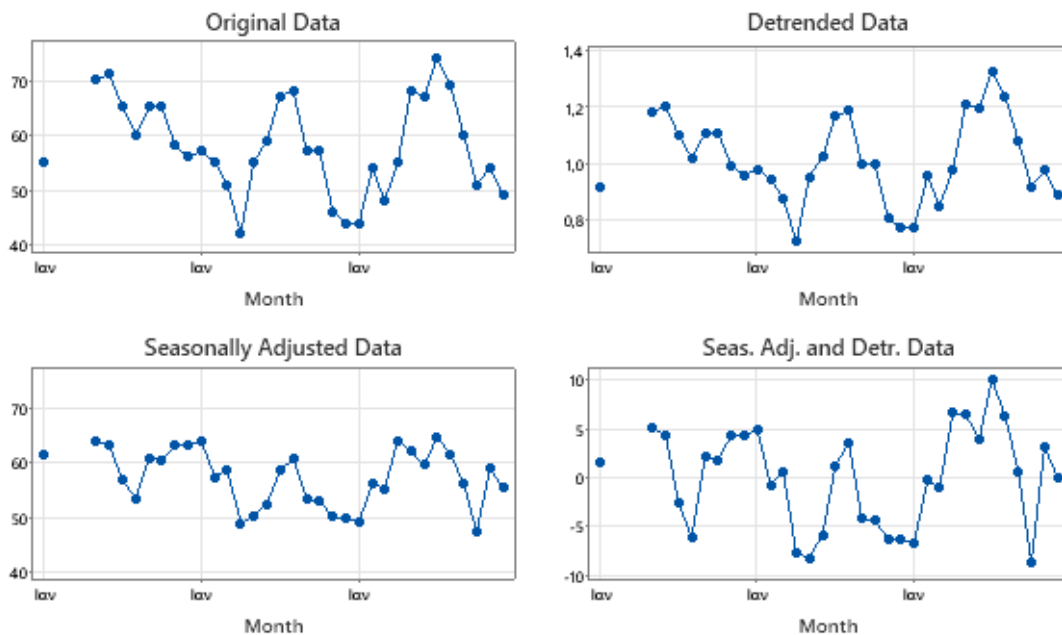
Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	49,2708
Φεβ	52,7490
Μαρ	47,7190
Απρ	46,9888
Μαϊ	59,7817
Ιουν	61,3244
Ιουλ	62,1920
Αυγ	60,8636
Σεπ	57,8145
Οκτ	58,0724
Νοε	49,4201
Δεκ	47,5580

Time Series Decomposition Plot for NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019-2021_1
Multiplicative Model



Component Analysis for NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ 2019-2021_1
Multiplicative Model



Φύλλο Ανάλυσης 17:

Decomposition Method NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ

10.3.8 Decomposition O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data 03 ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021_1
Length 36
NMissing 0

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 24,49 + 0,502 \times t$$

Seasonal Indices

Period	Index
1	0,61973
2	0,70487
3	1,15769
4	1,67984
5	1,17633
6	0,91312
7	0,92039
8	1,29311
9	1,18832
10	0,86810
11	0,78777
12	0,69072

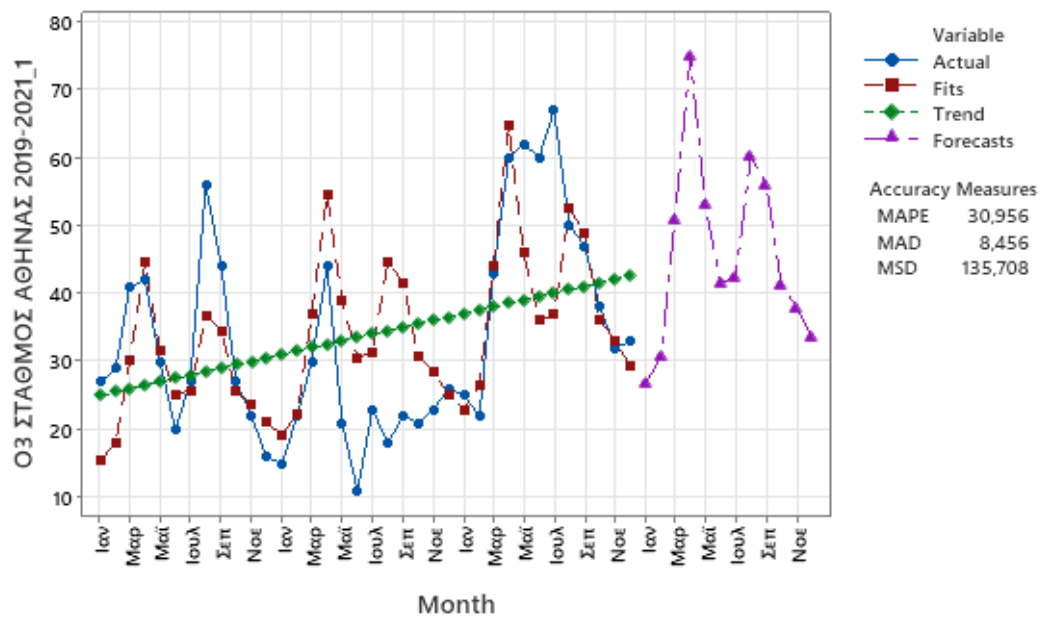
Accuracy Measures

MAPE 30,956
MAD 8,456
MSD 135,708

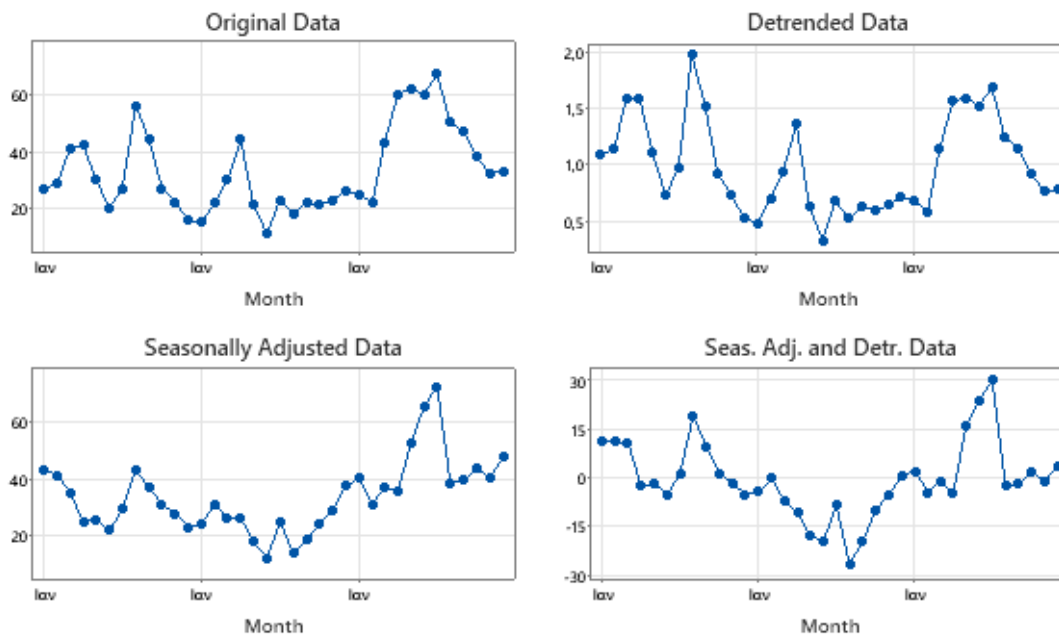
Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	26,6980
Φεβ	30,7199
Μαρ	51,0361
Απρ	74,8989
Μαΐ	53,0398
Ιουν	41,6309
Ιουλ	42,4248
Αυγ	60,2542
Σεπ	55,9684
Οκτ	41,3225
Νοε	37,8948
Δεκ	33,5733

Time Series Decomposition Plot for O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021_1
Multiplicative Model



Component Analysis for O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ 2019-2021_1
Multiplicative Model



Φύλλο Ανάλυσης 18:

Decomposition Method O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

10.3.9 Decomposition O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data 03 ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021_1
Length 36
NMissing 0

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 12,64 + 0,345 \times t$$

Seasonal Indices

Period	Index
1	0,47221
2	0,65705
3	1,13970
4	1,50755
5	0,77814
6	1,08764
7	1,62498
8	2,02512
9	1,16420
10	0,45624
11	0,62931
12	0,45786

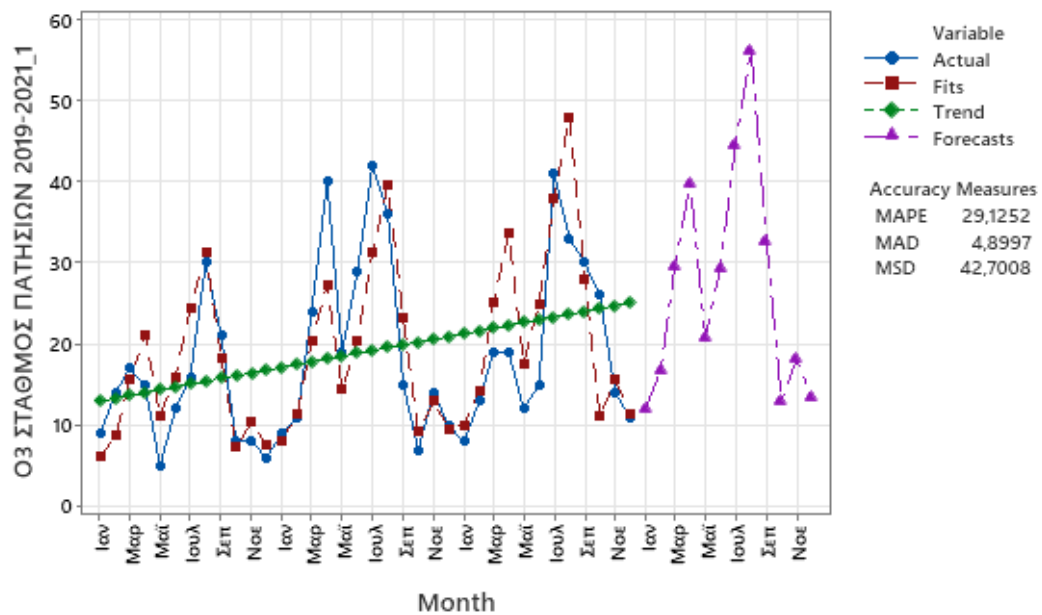
Accuracy Measures

MAPE 29,1252
MAD 4,8997
MSD 42,7008

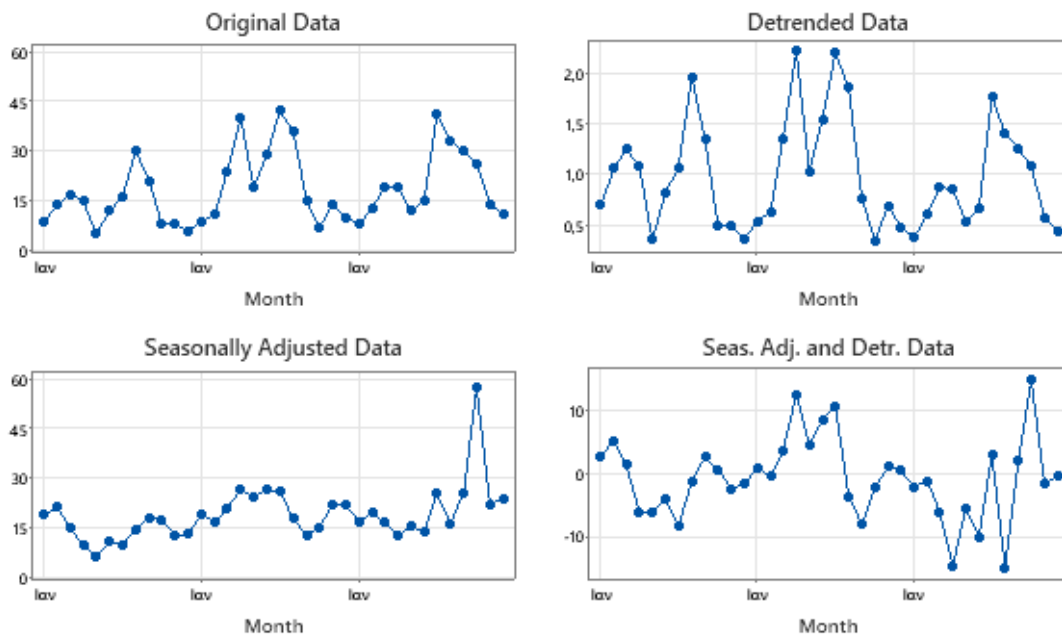
Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	11,9993
Φεβ	16,9230
Μαρ	29,7476
Απρ	39,8692
Μαϊ	20,8475
Ιουν	29,5150
Ιουλ	44,6575
Αυγ	56,3532
Σεπ	32,7981
Οκτ	13,0108
Νοε	18,1634
Δεκ	13,3729

Time Series Decomposition Plot for O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021_1
Multiplicative Model



Component Analysis for O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ 2019-2021_1
Multiplicative Model



Φύλλο Ανάλυσης 19:

Decomposition Method O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

10.3.10 Decomposition O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021

Method

Model type Multiplicative Model
Data O3 ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021_1
Length 36
NMissing 0

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 34,37 + 0,3049 \times t$$

Seasonal Indices

Period	Index
1	0,71516
2	0,78294
3	1,03564
4	1,38124
5	1,23256
6	1,16419
7	1,28325
8	1,33467
9	1,11472
10	0,72466
11	0,67395
12	0,55704

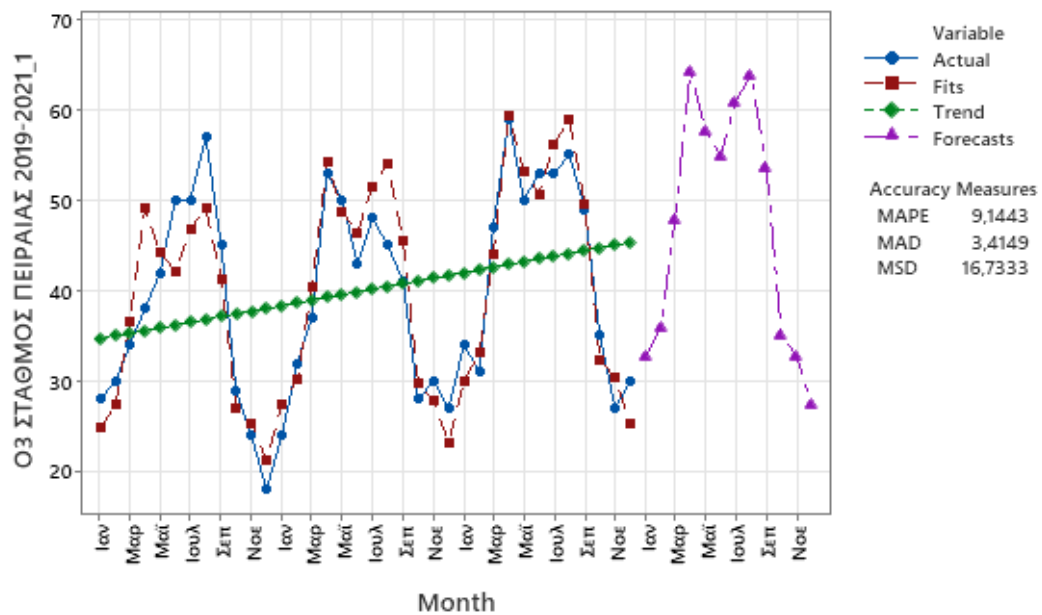
Accuracy Measures

MAPE 9,1443
MAD 3,4149
MSD 16,7333

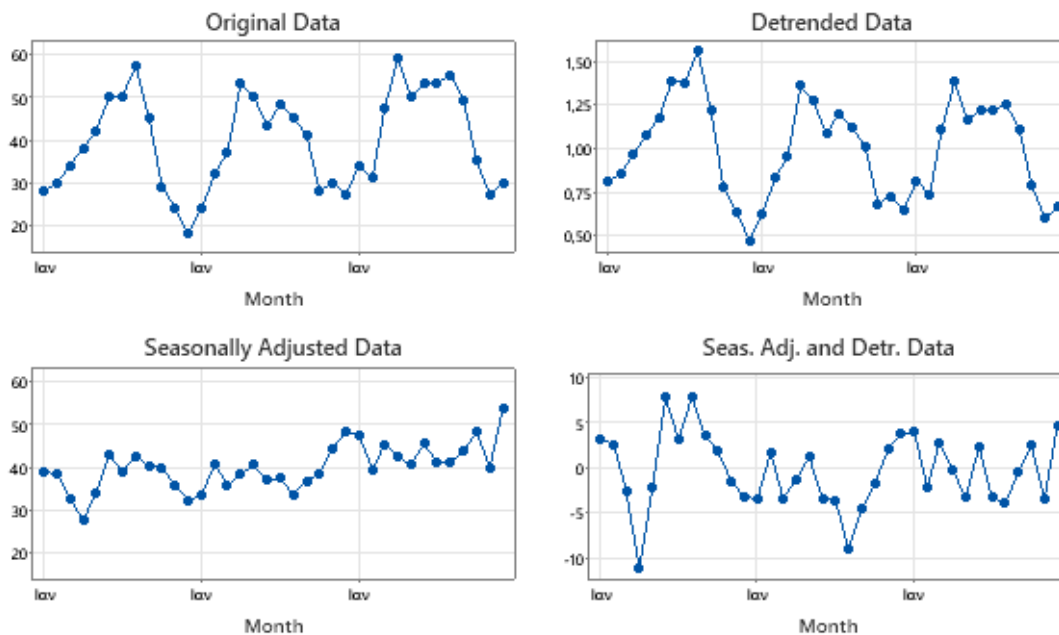
Forecasts

Period	Forecast
Ιαν	32,6474
Φεβ	35,9800
Μαρ	47,9088
Απρ	64,3175
Μαϊ	57,7697
Ιουν	54,9201
Ιουλ	60,9279
Αυγ	63,7764
Σεπ	53,6063
Οκτ	35,0691
Νοε	32,8208
Δεκ	27,2969

Time Series Decomposition Plot for Ο3 ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021_1
Multiplicative Model



Component Analysis for Ο3 ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021_1
Multiplicative Model



Φύλλο Ανάλυσης 20:

Decomposition Method Ο₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

10.4 TREND ANALYSIS

10.4.1 Trend Analysis CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

Method

Model type Quadratic Trend Model
Data CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

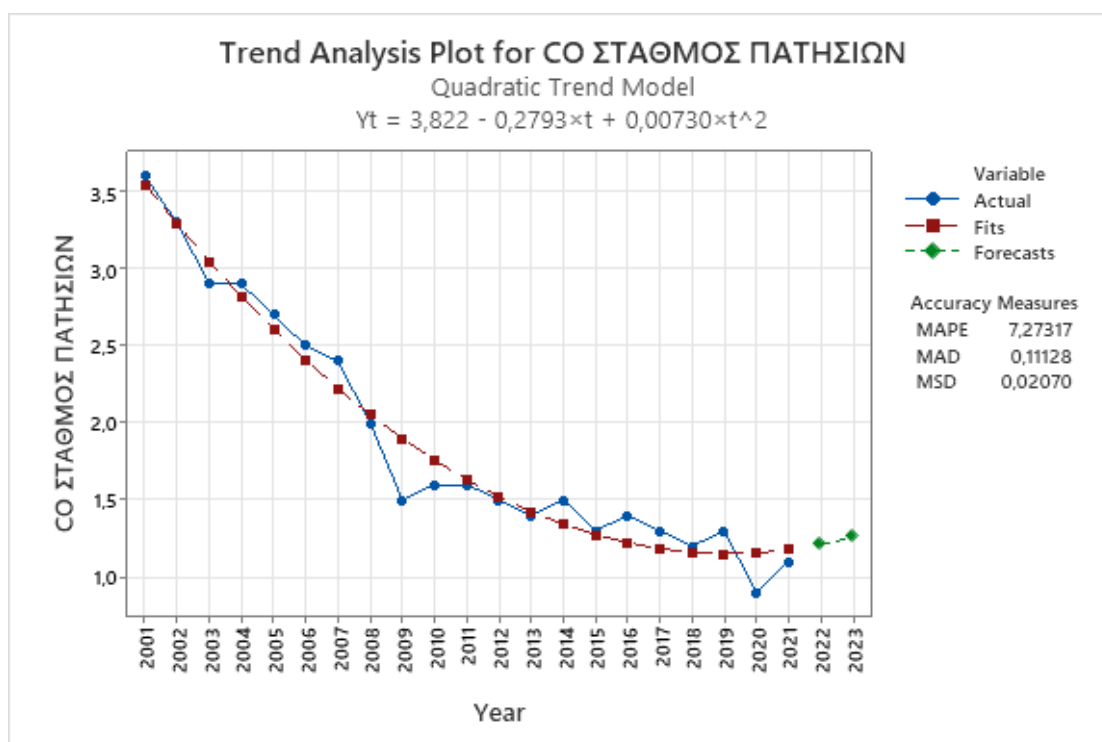
$$Y_t = 3,822 - 0,2793 \times t + 0,00730 \times t^2$$

Accuracy Measures

MAPE 7,27317
MAD 0,11128
MSD 0,02070

Forecasts

Period	Forecast
2022	1,21008
2023	1,25932



Φύλλο Ανάλυσης 21:

Trend Analysis CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

10.4.2 Trend Analysis CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

Method

Model type Growth Curve Model
Data CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

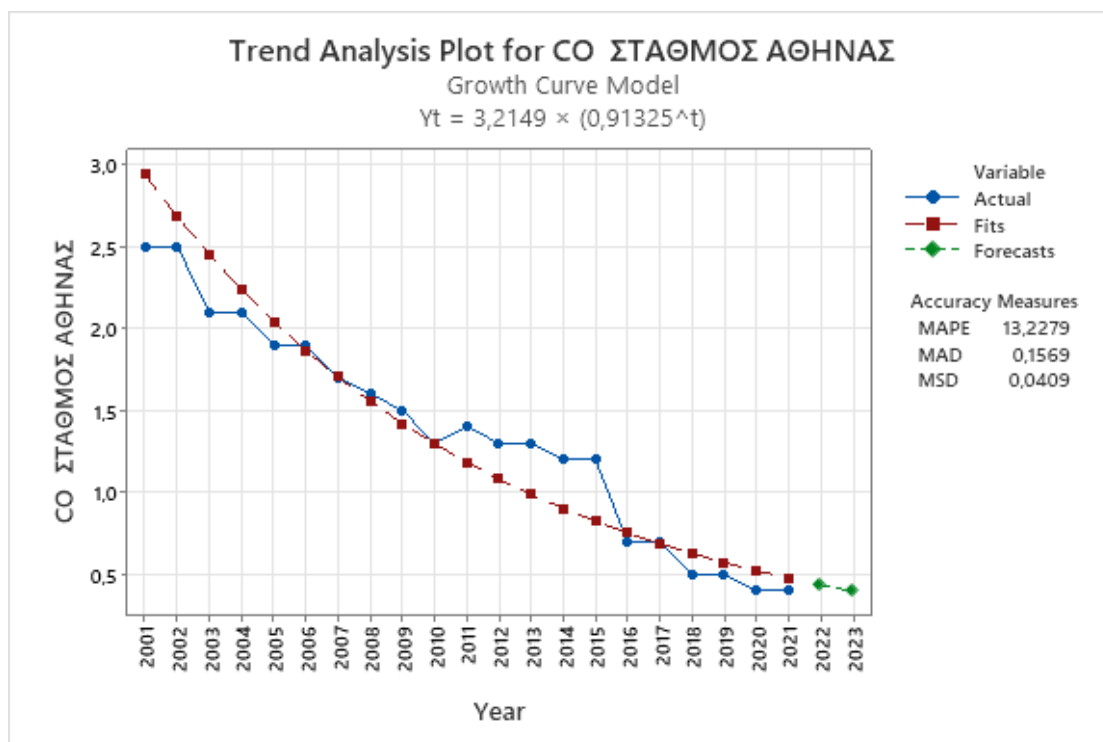
$$Y_t = 3,2149 \times (0,91325^t)$$

Accuracy Measures

MAPE 13,2279
MAD 0,1569
MSD 0,0409

Forecasts

Period	Forecast
2022	0,436688
2023	0,398807



Φύλλο Ανάλυσης 22:

Trend Analysis CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

10.4.3 Trend Analysis CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

Method

Model type Quadratic Trend Model
Data CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ
Length 21
NMissing 2

Fitted Trend Equation

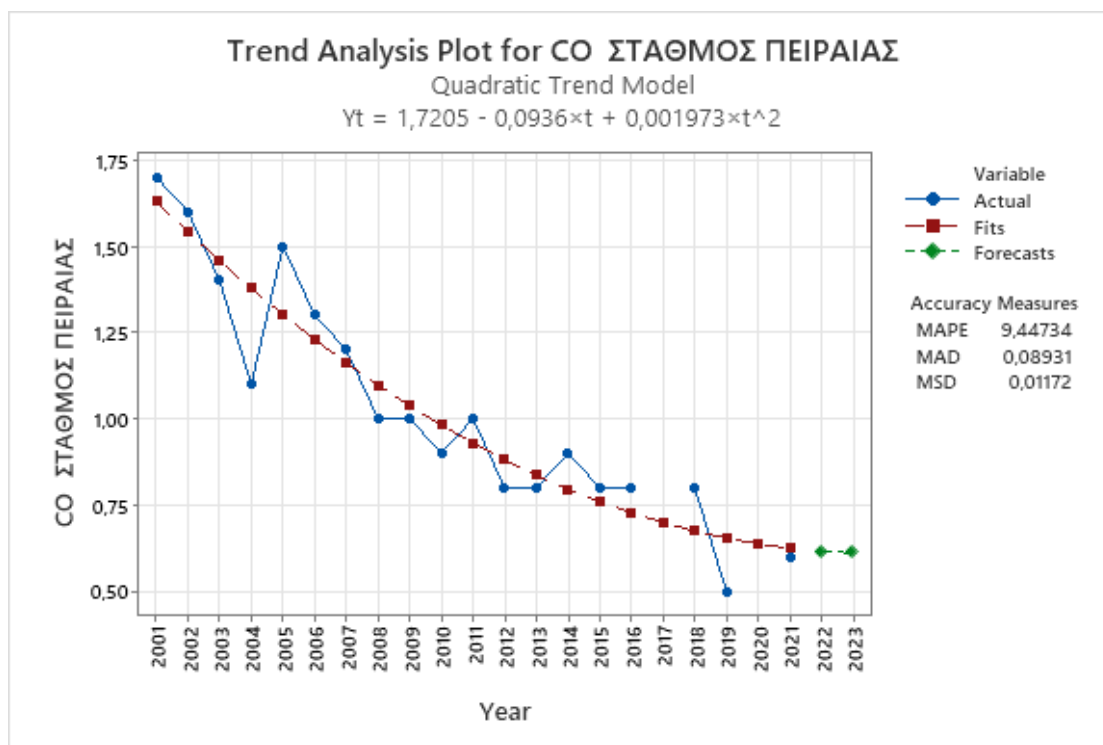
$$Y_t = 1,7205 - 0,0936 \times t + 0,001973 \times t^2$$

Accuracy Measures

MAPE 9,44734
MAD 0,08931
MSD 0,01172

Forecasts

Period	Forecast
2022	0,615633
2023	0,610779



Φύλλο Ανάλυσης 23:

Trend Analysis CO ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

10.4.4 Trend Analysis ΝΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

Method

Model type S-Curve Trend Model
Data ΝΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

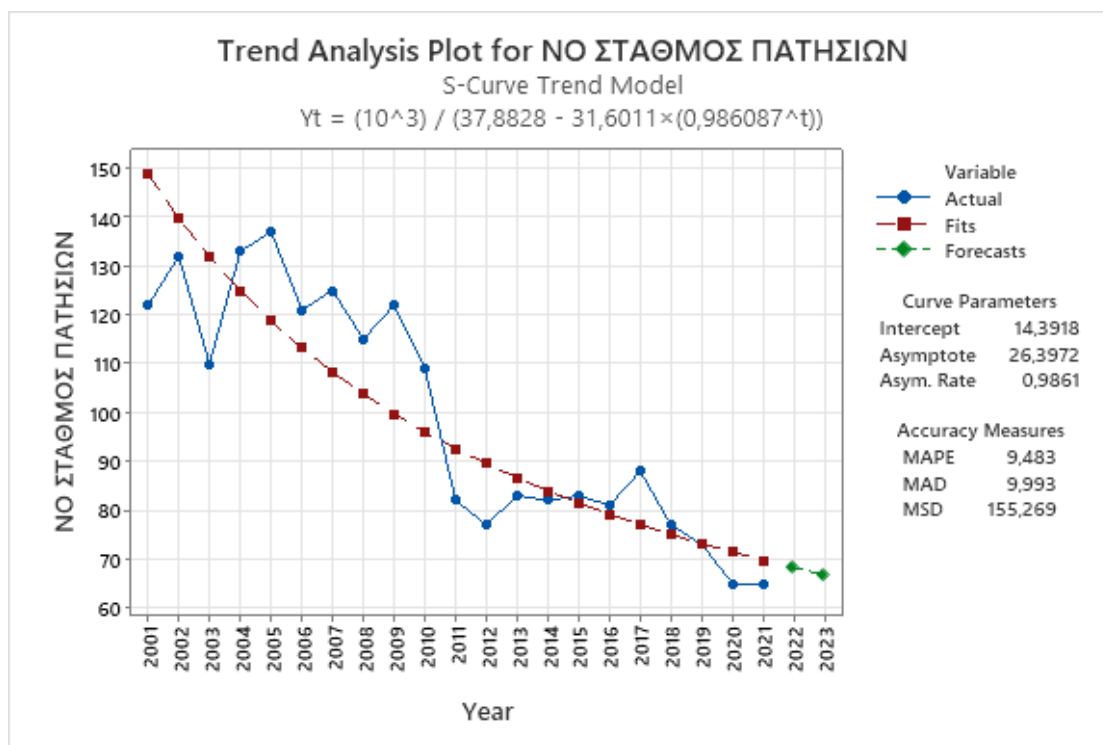
$$Y_t = (10^3) / (37,8828 - 31,6011 \times (0,986087^t))$$

Accuracy Measures

MAPE 9,483
MAD 9,993
MSD 155,269

Forecasts

Period	Forecast
2022	68,1939
2023	66,7240



Φύλλο Ανάλυσης 24:

Trend Analysis ΝΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

10.4.5 Trend Analysis ΝΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

Method

Model type Growth Curve Model
Data ΝΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

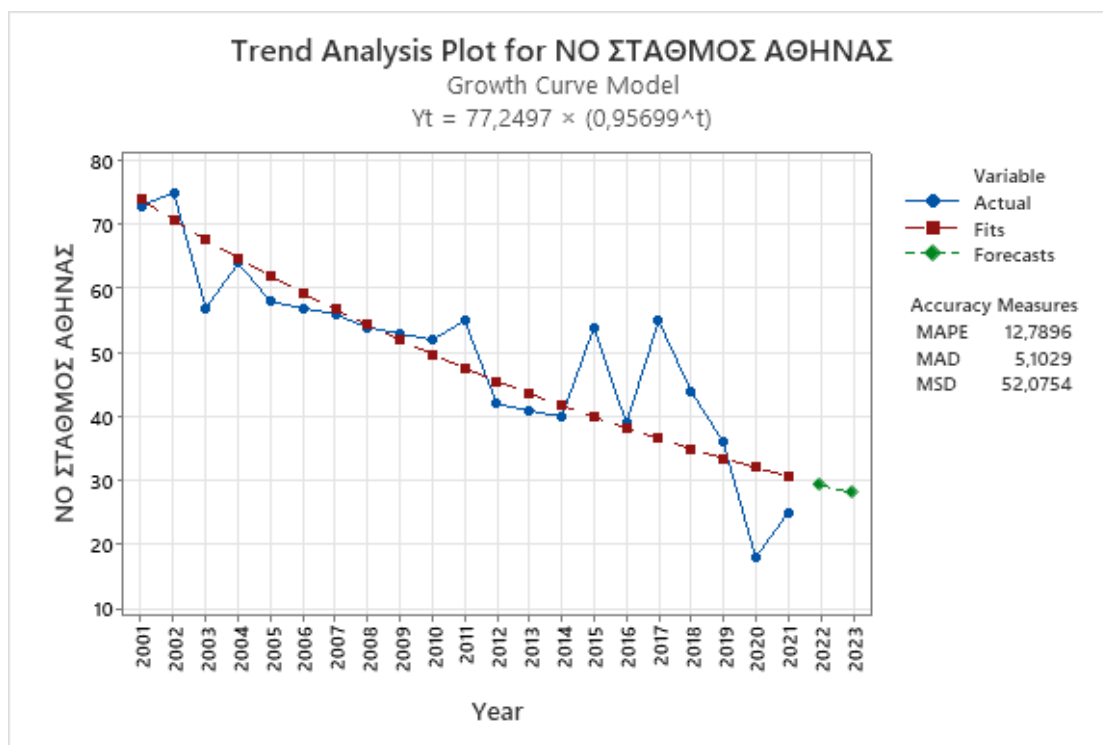
$$Y_t = 77,2497 \times (0,95699^t)$$

Accuracy Measures

MAPE 12,7896
MAD 5,1029
MSD 52,0754

Forecasts

Period	Forecast
2022	29,3696
2023	28,1065



Φύλλο Ανάλυσης 25:

Trend Analysis ΝΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

10.4.6 Trend Analysis ΝΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

Method

Model type Growth Curve Model
Data ΝΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

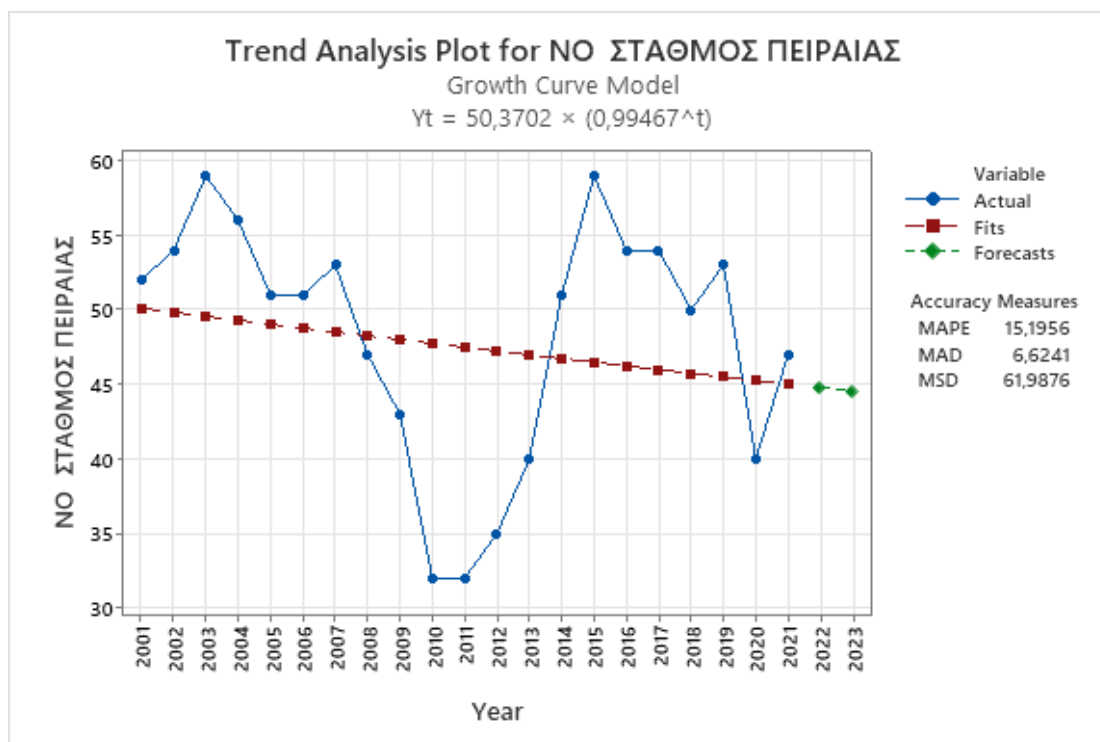
$$Y_t = 50,3702 \times (0,99467^t)$$

Accuracy Measures

MAPE 15,1956
MAD 6,6241
MSD 61,9876

Forecasts

Period	Forecast
2022	44,7825
2023	44,5438



Φύλλο Ανάλυσης 26:

Trend Analysis ΝΟ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

10.4.7 Trend Analysis NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

Method

Model type Quadratic Trend Model
Data NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

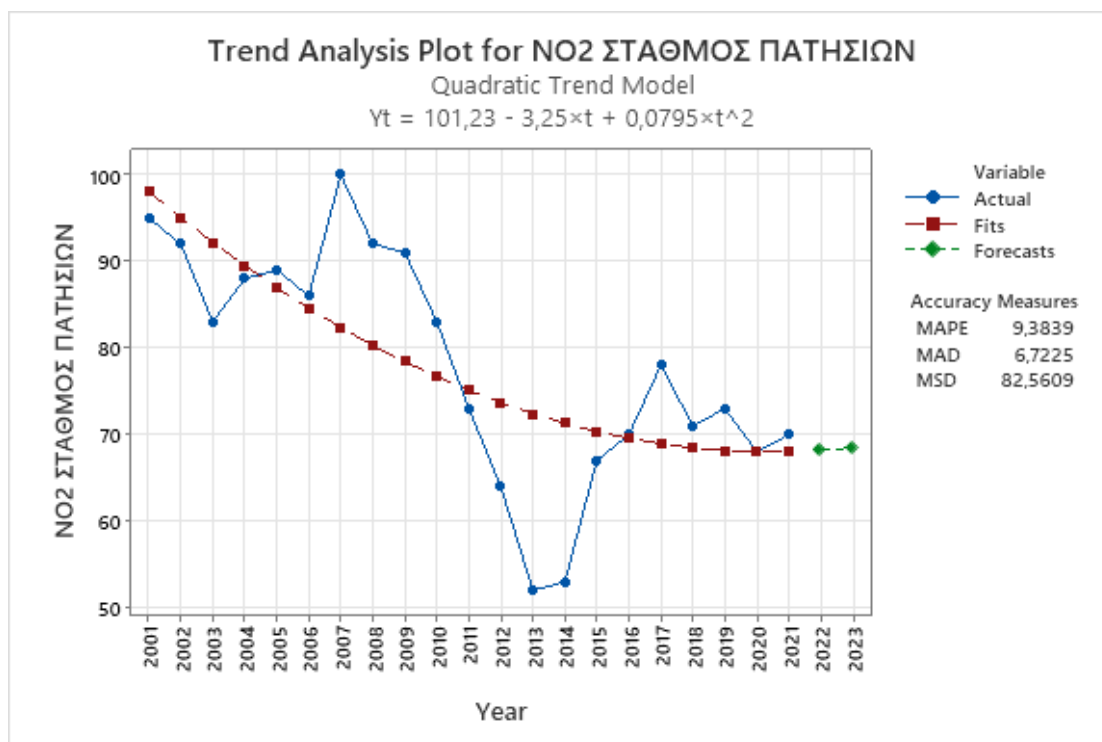
$$Y_t = 101,23 - 3,25 \times t + 0,0795 \times t^2$$

Accuracy Measures

MAPE 9,3839
MAD 6,7225
MSD 82,5609

Forecasts

Period	Forecast
2022	68,1744
2023	68,4999



Φύλλο Ανάλυσης 27:

Trend Analysis NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

10.4.8 Trend Analysis NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

Method

Model type Growth Curve Model
Data NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

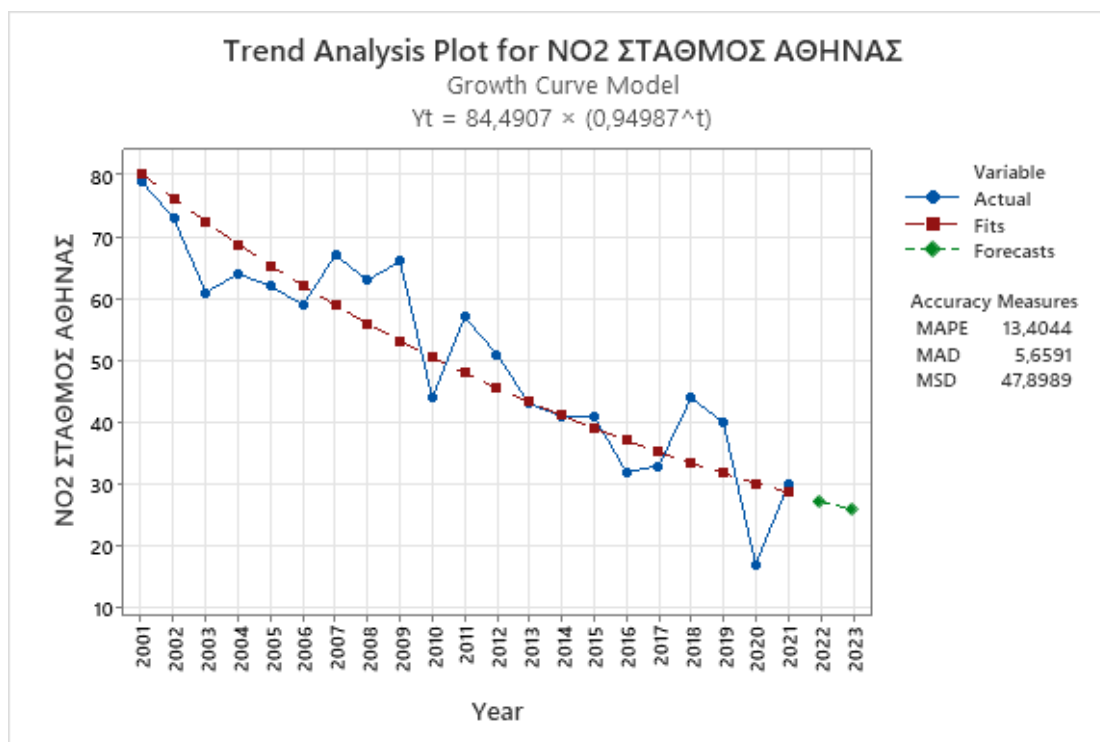
$$Y_t = 84,4907 \times (0,94987^t)$$

Accuracy Measures

MAPE 13,4044
MAD 5,6591
MSD 47,8989

Forecasts

Period	Forecast
2022	27,2530
2023	25,8868



Φύλλο Ανάλυσης 28:

Trend Analysis NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

10.4.9 Trend Analysis NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

Method

Model type Growth Curve Model
Data NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

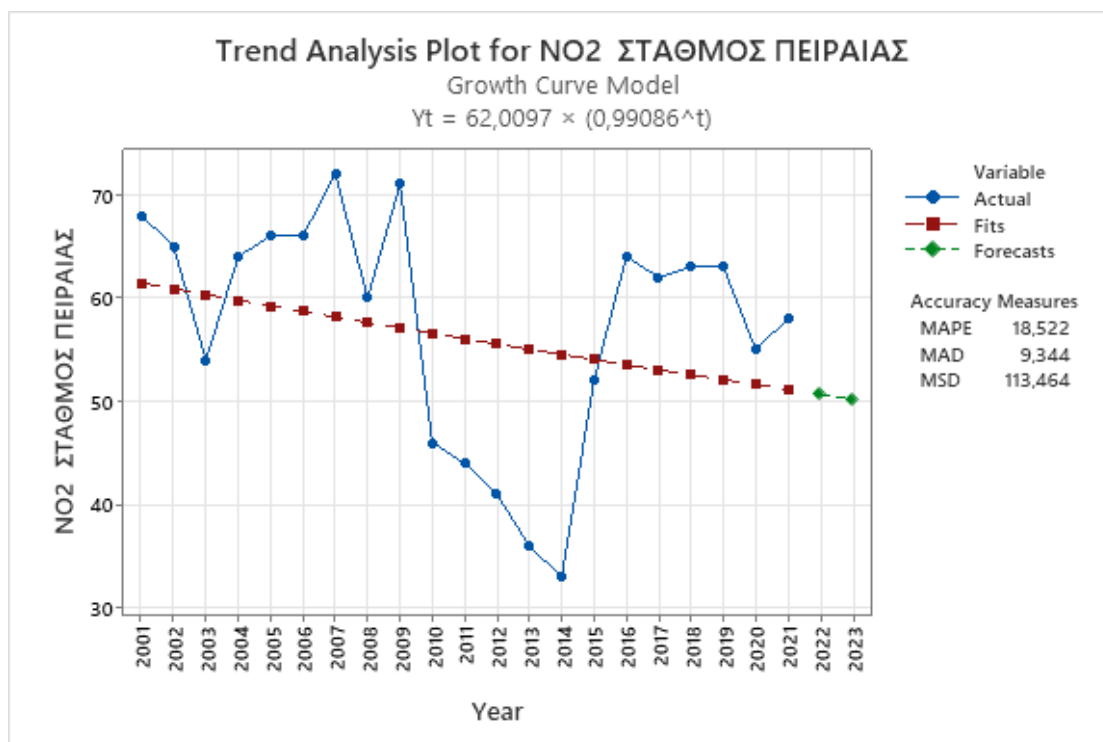
$$Y_t = 62,0097 \times (0,99086^t)$$

Accuracy Measures

MAPE 18,522
MAD 9,344
MSD 113,464

Forecasts

Period	Forecast
2022	50,6697
2023	50,2066



Φύλλο Ανάλυσης 29:

Trend Analysis NO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

10.4.10 Trend Analysis SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

Method

Model type Growth Curve Model
Data SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

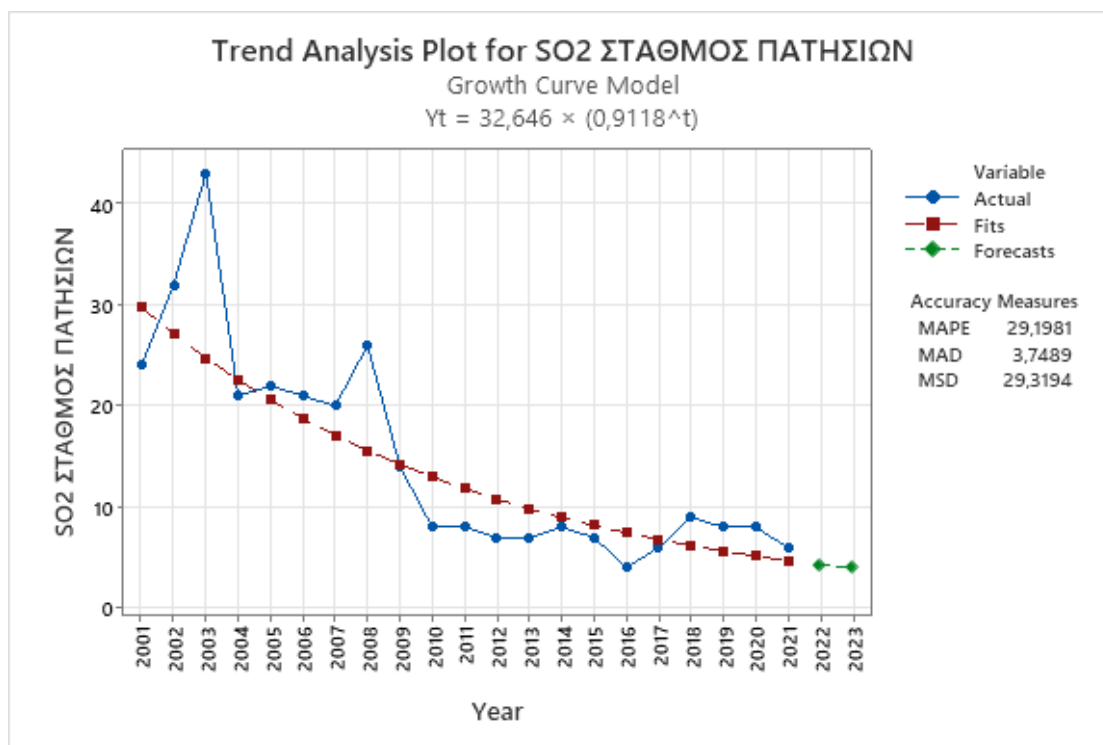
$$Y_t = 32,646 \times (0,9118^t)$$

Accuracy Measures

MAPE 29,1981
MAD 3,7489
MSD 29,3194

Forecasts

Period	Forecast
2022	4,28549
2023	3,90767



Φύλλο Ανάλυσης 30:

Trend Analysis SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

10.4.11 Trend Analysis SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

Method

Model type S-Curve Trend Model
Data SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

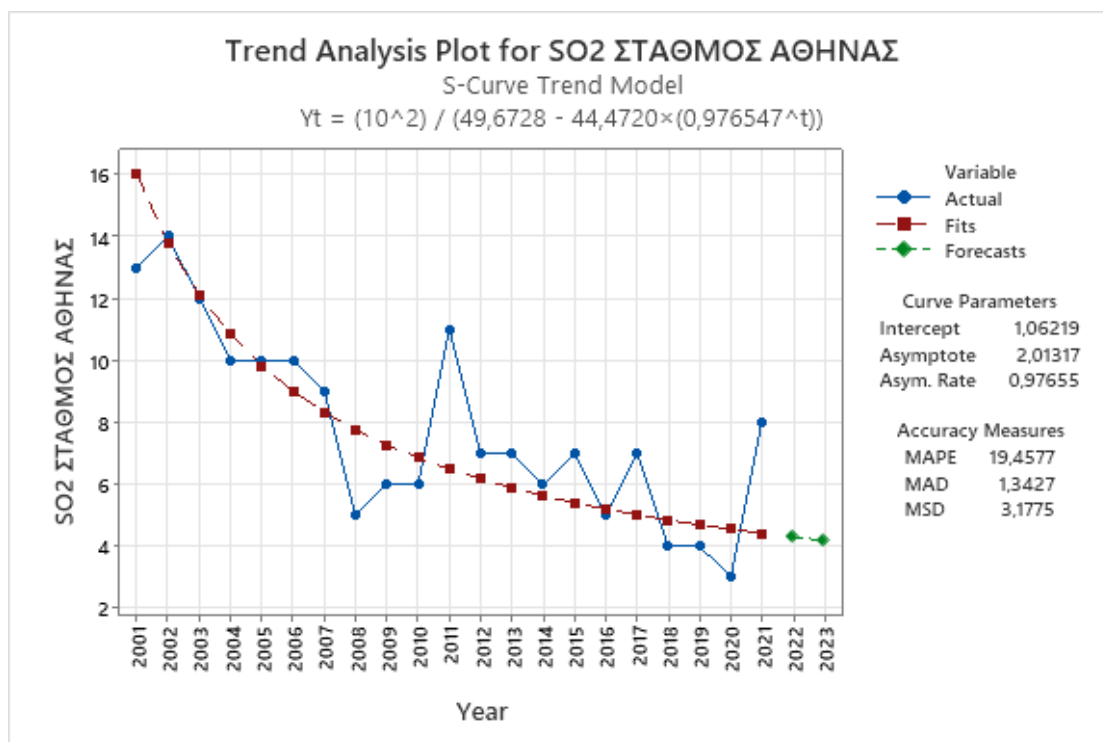
$$Y_t = (10^2) / (49,6728 - 44,4720 \times (0,976547^t))$$

Accuracy Measures

MAPE 19,4577
MAD 1,3427
MSD 3,1775

Forecasts

Period	Forecast
2022	4,29382
2023	4,18269



Φύλλο Ανάλυσης 31:

Trend Analysis SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

10.4.12 Trend Analysis SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

Method

Model type Growth Curve Model
Data SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

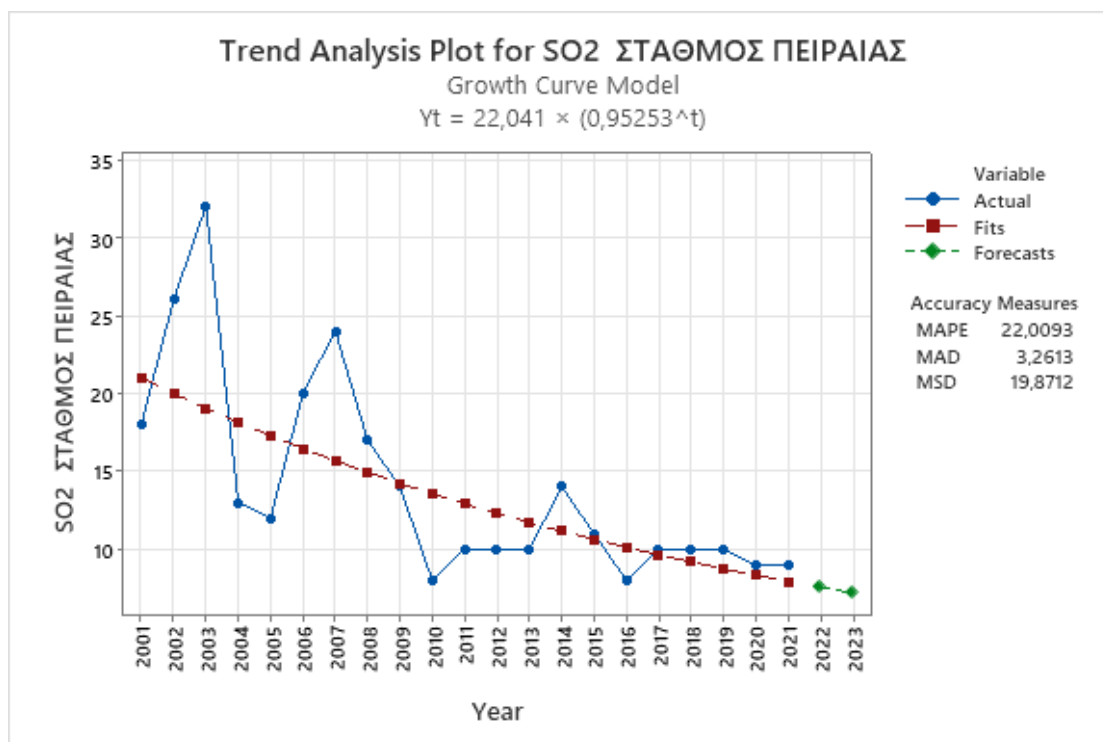
$$Y_t = 22,041 \times (0,95253^t)$$

Accuracy Measures

MAPE 22,0093
MAD 3,2613
MSD 19,8712

Forecasts

Period	Forecast
2022	7,56029
2023	7,20139



Φύλλο Ανάλυσης 32:

Trend Analysis SO₂ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

10.4.13 Trend Analysis O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

Method

Model type Growth Curve Model
Data O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

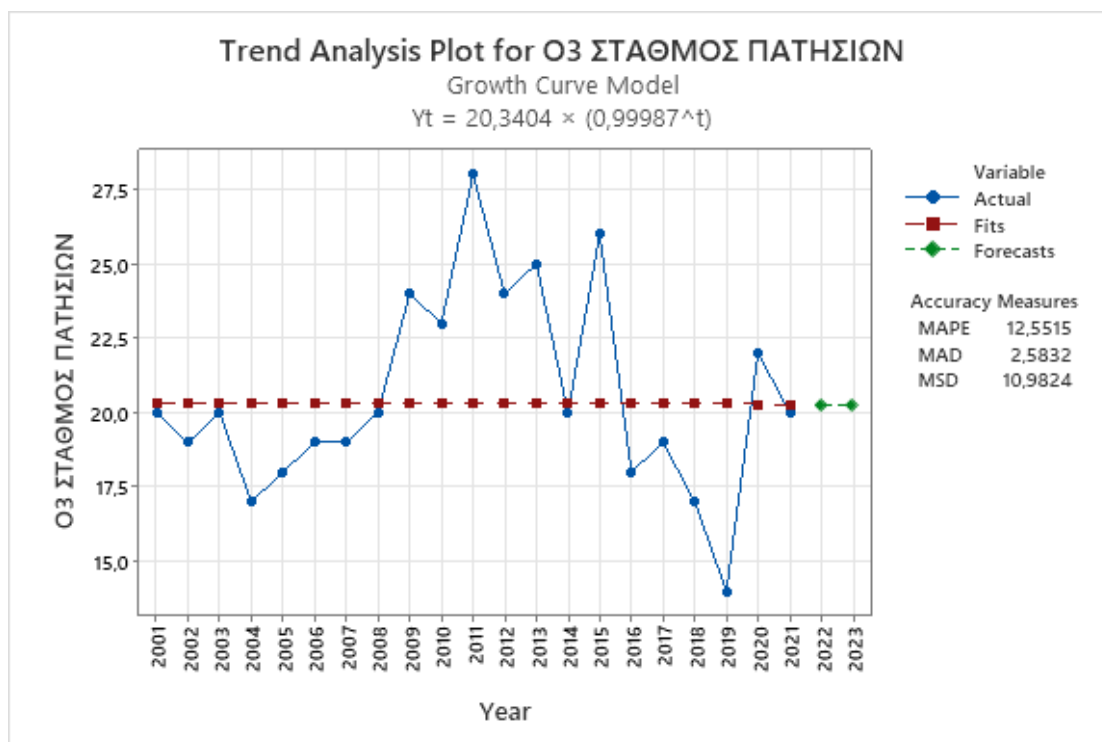
$$Y_t = 20,3404 \times (0,99987^t)$$

Accuracy Measures

MAPE 12,5515
MAD 2,5832
MSD 10,9824

Forecasts

Period	Forecast
2022	20,2817
2023	20,2791



Φύλλο Ανάλυσης 33:

Trend Analysis O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ

10.4.14 Trend Analysis O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

Method

Model type Growth Curve Model
Data O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

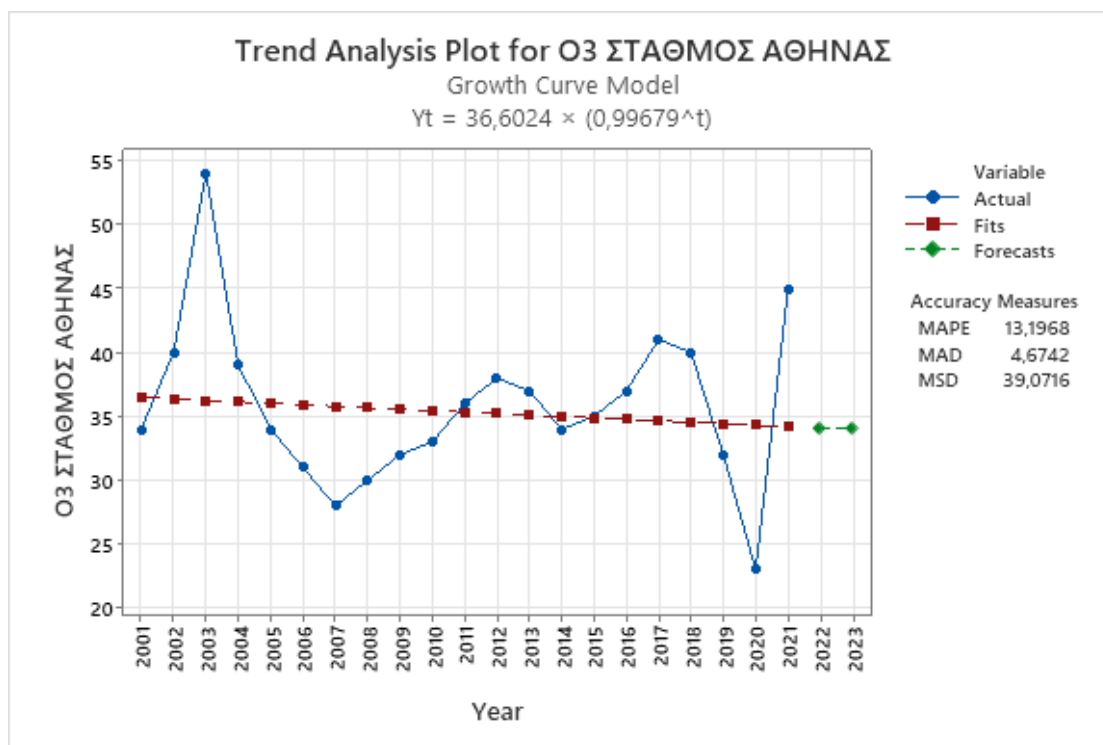
$$Y_t = 36,6024 \times (0,99679^t)$$

Accuracy Measures

MAPE 13,1968
MAD 4,6742
MSD 39,0716

Forecasts

Period	Forecast
2022	34,0998
2023	33,9902



Φύλλο Ανάλυσης 34:

Trend Analysis O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

10.4.15 Trend Analysis O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

Method

Model type Quadratic Trend Model
Data O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ
Length 21
NMissing 0

Fitted Trend Equation

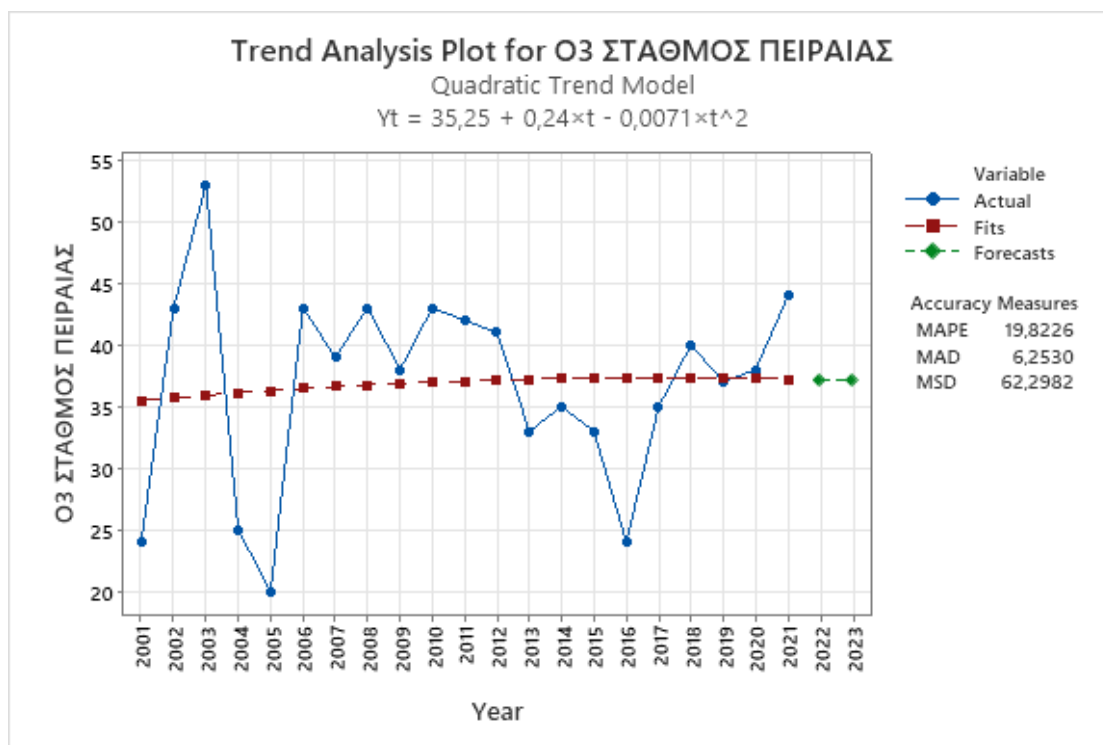
$$Y_t = 35,25 + 0,24 \times t - 0,0071 \times t^2$$

Accuracy Measures

MAPE 19,8226
MAD 6,2530
MSD 62,2982

Forecasts

Period	Forecast
2022	37,1639
2023	37,0865



Φύλλο Ανάλυσης 35:

Trend Analysis O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

10.5 Συμπεράσματα

Στην συνέχεια παρουσιάζονται σε δυο πίνακες (Πίνακας 36 και Πίνακας 37) οι τιμές πρόβλεψης βάση των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν σε αντιστοιχία με τις τιμές μέτρησης οι οποίες αντλήθηκαν από την Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμοσφαιράς 2022 του ΥΠΕΝ. Από την σύγκριση των παρακάτω τιμών γίνονται φανερό ότι όσον αφορά την πρόβλεψη των ετήσιων τιμών με μοντέλα από το Trend Analysis παρουσιάζει πολύ καλή προσέγγιση των θεωρητικά προβλεπόμενων σε σχέση με τις τιμές μέτρησης. Γενικότερα το Trend Analysis αναγνωρίζει τη γενικότερη τάση των μετρήσεων των αέριων ρύπων διαχρονικά με αποτέλεσμα η πρόβλεψη να είναι πάρα πολύ κοντά στην πραγματικότητα. Όσον αφορά τα μοντέλα Winter's και Decomposition, τα μοντέλα αυτά εμφανίζεται να δίνουν περισσότερο βάρος στην εποχικότητα σε ετήσια βάση. Έτσι, όταν οι μετρήσεις των προηγούμενων ετών είναι πλήρεις, αναγνωρίζουν εξαιρετικά τις ετήσιες διακυμάνσεις και την επαναληπτικότητα των μετρήσεων όπως φαίνεται και στα σχετικά διαγράμματα Πχ Decomposition O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΡΥΠΟΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	ΤΙΜΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ 2022	ΤΙΜΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ 2022	ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ
ΑΘΗΝΑΣ	CO	Tread Analysis	0,43	0,4	0,0409
ΑΘΗΝΑΣ	SO ₂	Tread Analysis	4,29	-	3,1775
ΑΘΗΝΑΣ	NO	Tread Analysis	29,36	37	52,0754
ΑΘΗΝΑΣ	NO ₂	Tread Analysis	27,25	36	47,8989
ΑΘΗΝΑΣ	O ₃	Tread Analysis	34,09	36	39,0716
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	CO	Tread Analysis	1,21	1,1	0,0207
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	SO ₂	Tread Analysis	4,28	5	29,3194
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	NO	Tread Analysis	68,19	70	155,269
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	NO ₂	Tread Analysis	68,17	69	82,5609
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	O ₃	Tread Analysis	20,28	21	10,9824
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	CO	Tread Analysis	0,61	0,8	0,01172
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	SO ₂	Tread Analysis	7,56	7	29,3194
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	NO	Tread Analysis	44,78	47	61,9876
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	NO ₂	Tread Analysis	50,66	54	113,464
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	O ₃	Tread Analysis	37,16	38	62,2982

Πίνακας 36: Τιμές πρόβλεψης - μέτρησης (Trend Analysis)

ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΡΥΠΟΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	ΤΙΜΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ 2022	ΤΙΜΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ 2022	ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ
ΑΘΗΝΑΣ	CO	Winter's method	0,35	0,4	0,0082
ΑΘΗΝΑΣ	CO	Decomposition	0,31	0,4	0,0073
ΑΘΗΝΑΣ	SO ₂	Winter's method	-	-	-
ΑΘΗΝΑΣ	SO ₂	Decomposition	-	-	-
ΑΘΗΝΑΣ	NO ₂	Winter's method	55,4	36	40,54
ΑΘΗΝΑΣ	NO ₂	Decomposition	21,1	36	125,614
ΑΘΗΝΑΣ	O ₃	Winter's method	57,9	36	146,711
ΑΘΗΝΑΣ	O ₃	Decomposition	45,7	36	135,708
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	CO	Winter's method	1,34	1,1	0,073
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	CO	Decomposition	1,08	1,1	0,0899
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	SO ₂	Winter's method	7,7	5	73,774
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	SO ₂	Decomposition	4,8	5	6,2572
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	NO ₂	Winter's method	77,8	69	74,3792
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	NO ₂	Decomposition	68,6	69	59,7139
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	O ₃	Winter's method	30,2	21	64,4484
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	O ₃	Decomposition	27,7	21	42,7008
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	CO	Winter's method	-	0,8	-
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	CO	Decomposition	-	0,8	-
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	SO ₂	Winter's method	8,6	7	10,8474
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	SO ₂	Decomposition	7,1	7	7,5538
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	NO ₂	Winter's method	61,3	54	38,4333
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	NO ₂	Decomposition	54,4	54	25,1251
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	O ₃	Winter's method	46,3	38	23,3511
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	O ₃	Decomposition	47,2	38	16,7333

Πίνακας 37: Τιμές πρόβλεψης - μέτρησης (Μοντέλα Winters – Decomposition)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ (PEARSON) ΚΑΙ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΟΖΟΝΤΟΣ

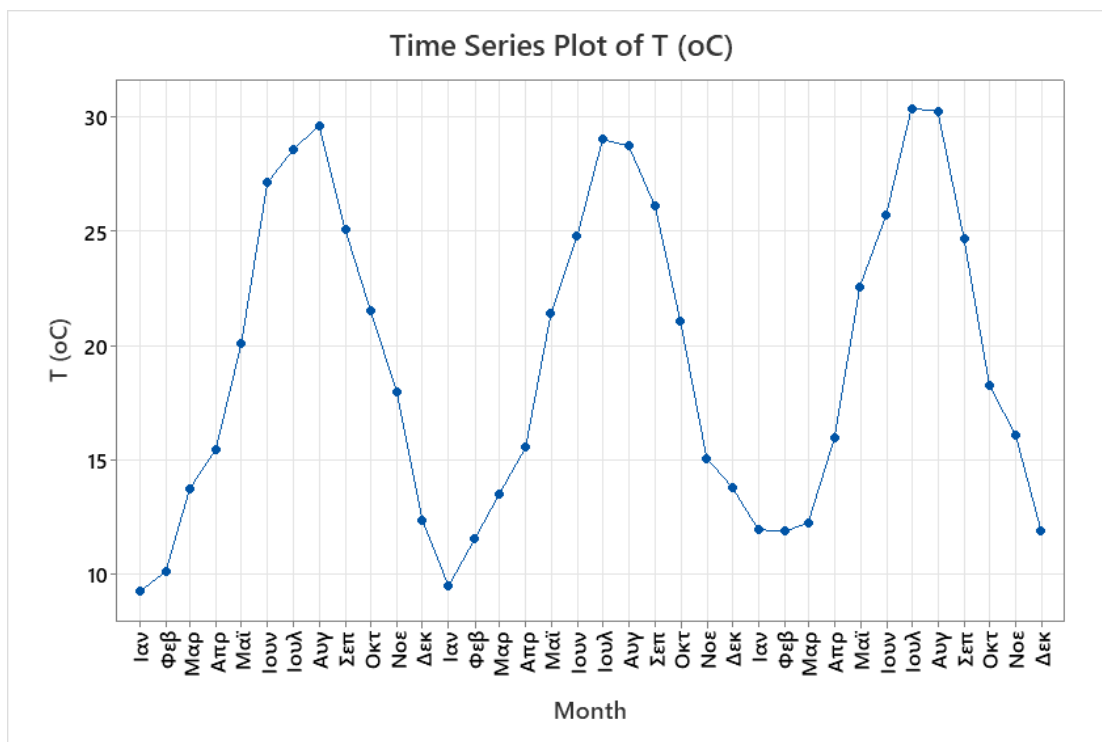
11.1 Χρονοσειρές μετεωρολογικών παραμέτρων 2019-2021

Για την ολοκλήρωση της γενικότερης εικόνας των αέριων ρύπων στην περιοχή της Αθήνας θεωρήθηκε απαραίτητη η αναζήτηση και η επεξεργασία χρονοσειρών μετεωρολογικών παραμέτρων της ευρύτερης περιοχής. Μετά από επικοινωνία που έγινε με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, ζητήθηκαν και μας αποστάλθηκαν οι τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων για τα τελευταία 3 χρόνια (2019 – 2021). Συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας, οι μέσες μηνιαίες τιμές εντάσεως ανέμου, οι μέσες μηνιαίες τιμές κατευθύνσεις ανέμου και οι τιμές έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η τελευταία χρονοσειρά δηλαδή η ένταση των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας στάλθηκε σε ωριαίες τιμές για όλο το διάστημα της τριετίας. Στην συνέχεια έγινε η σχετική επεξεργασία των μετρήσεων. Ο σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις βασικές μετεωρολογικές παραμέτρους του λεκανοπέδιου της Αθήνας και σε δεύτερο επίπεδο να αναζητηθούν συσχέτιση ανάμεσα στις μετρήσεις του όζοντος με τις μετρήσεις θερμοκρασίας και με τις μετρήσεις της έντασης ακτινοβολίας

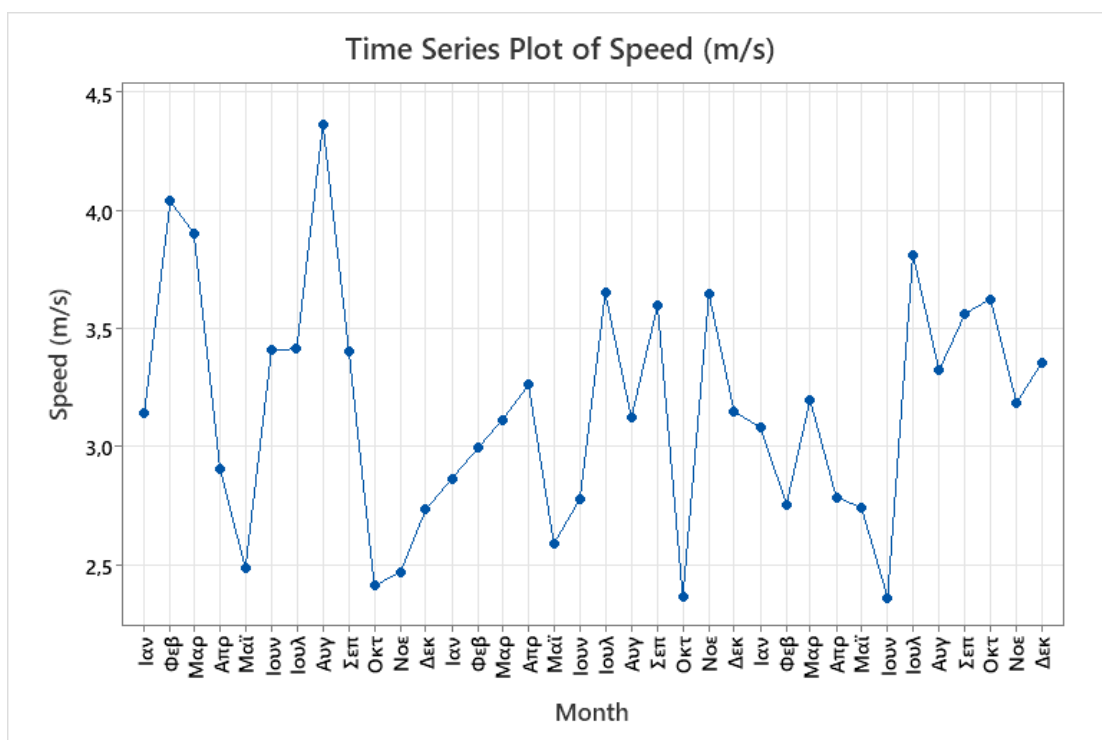
11.2 Ανάλυση χρονοσειρών μετεωρολογικών παραμέτρων 2019-2021

Στο διάγραμμα 58 παρουσιάζονται οι μετρήσεις θερμοκρασίας για την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας σε °C για την τριετία 2019-2021. Οι μέγιστες τιμές θερμοκρασίας παρουσιάζονται Ιούλιο ή Αύγουστο και είναι γύρω στους 30°C (μέση μηνιαία θερμοκρασία) ενώ οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζεται τον Ιανουάριο και είναι περίπου 10 °C.

Στο διάγραμμα 59 παρουσιάζονται οι χρονοσειρές της ταχύτητας του ανέμου σε m/sec για όλο το διάστημα της τριετίας. Οι μετρήσεις αυτές δεν παρουσιάζουν κάποια διακριτή εποχικότητα όπως η θερμοκρασία, εκτός ίσως από τα μελέμια Ιουλίου - Αυγούστου που δίνουν υψηλότερες τιμές ταχύτητας σε σχέση με άλλους μήνες .



Διάγραμμα 59: Διάγραμμα μετρήσεων θερμοκρασίας σε °C

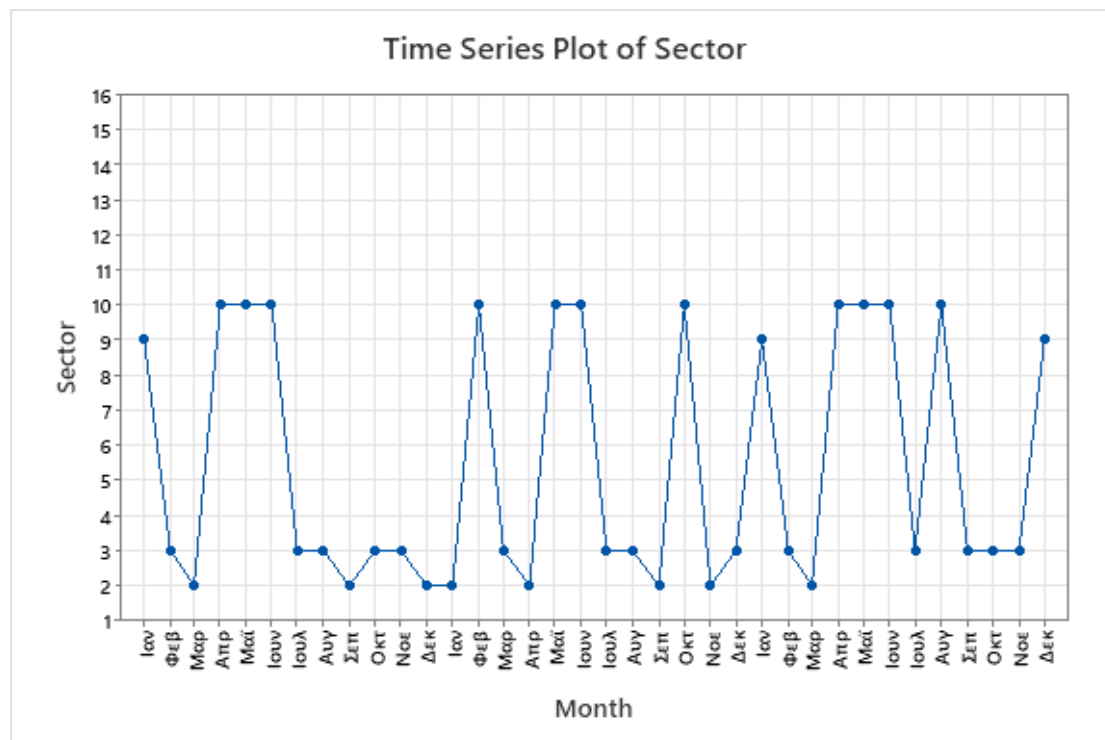


Διάγραμμα 60: Διάγραμμα μετρήσεων ταχύτητας ανέμου σε m/sec

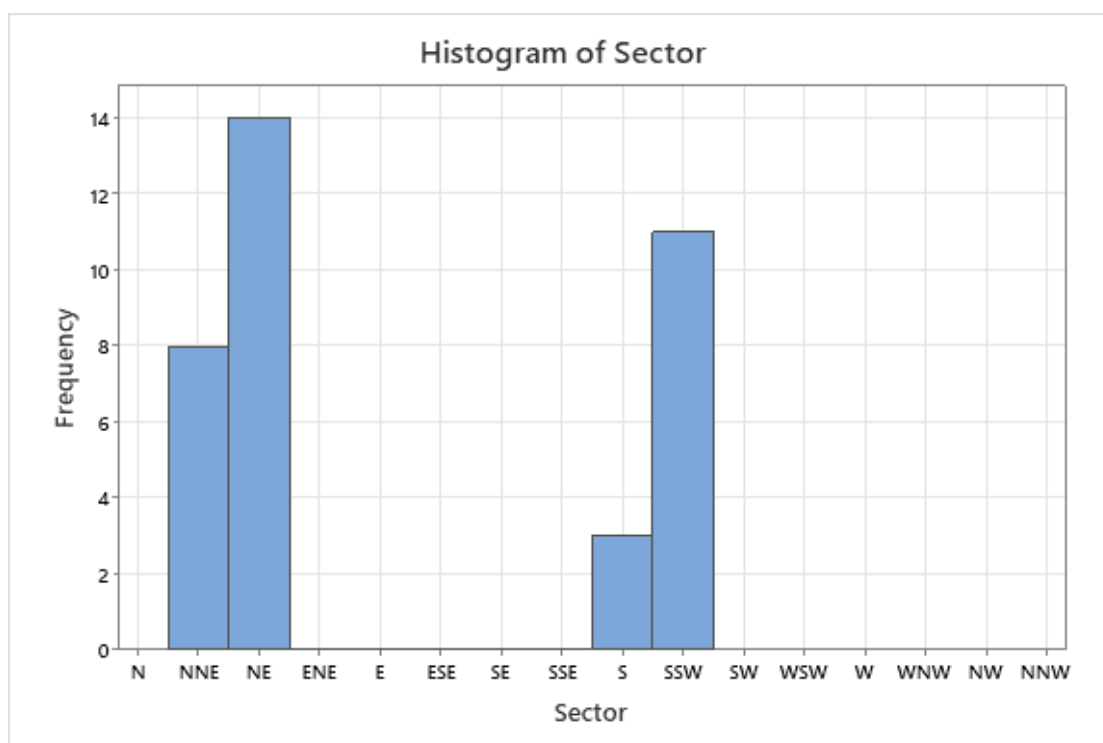
Σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου, τα στοιχεία που μας δόθηκαν ήταν οι μέσες μηνιαίες τιμές διεύθυνσης του αέρα κωδικοποιημένες σε 16 αριθμούς από το 1 μέχρι το 16 που αντιπροσωπεύει ο καθένας του ένα τμήμα 22,5 μοιρών του ανεμολογίου. Το 0 ήταν η ένδειξη ηρεμίας. Το εντυπωσιακό από τις μετρήσεις που μας έχουν δοθεί είναι ότι από αυτά τα 16 τμήματα του ανεμολογίου τα τελευταία 3 χρόνια , εμφανίζονται τιμές μόνο σε 4 από αυτά, συγκεκριμένα BBA , BA , N και NNΔ. Μάλιστα οι διευθύνσεις αυτές βρίσκονται περίπου πάνω σε μια ευθεία σχεδόν αντίθετες μεταξύ τους (Εικόνα 58)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sectors	CALM	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW

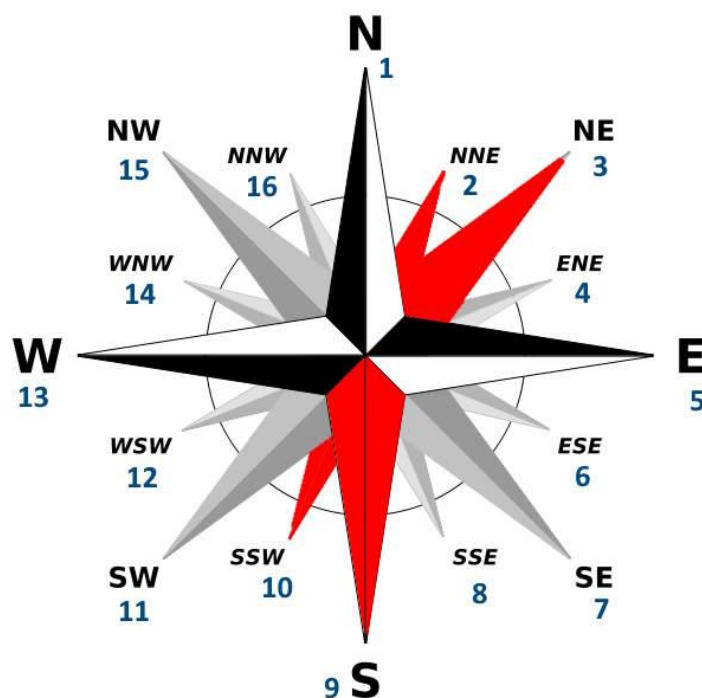
Πίνακας 58: Αντιστοιχία διευθύνσεων ανέμου



Διάγραμμα 61: Διάγραμμα διεύθυνσης ανέμου

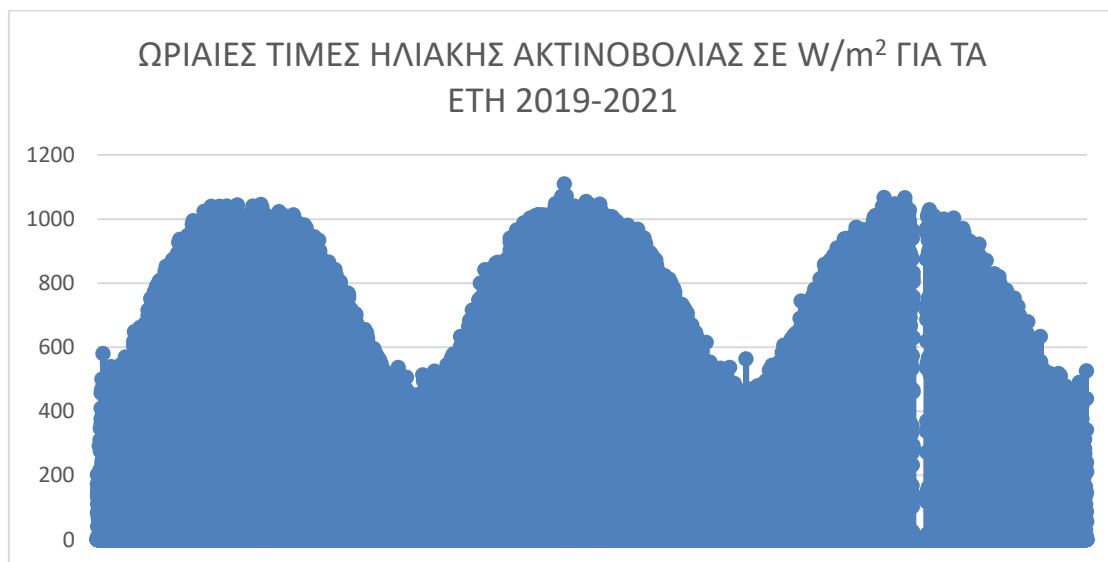


Διάγραμμα 62: Ιστόγραμμα διεύθυνσης ανέμου

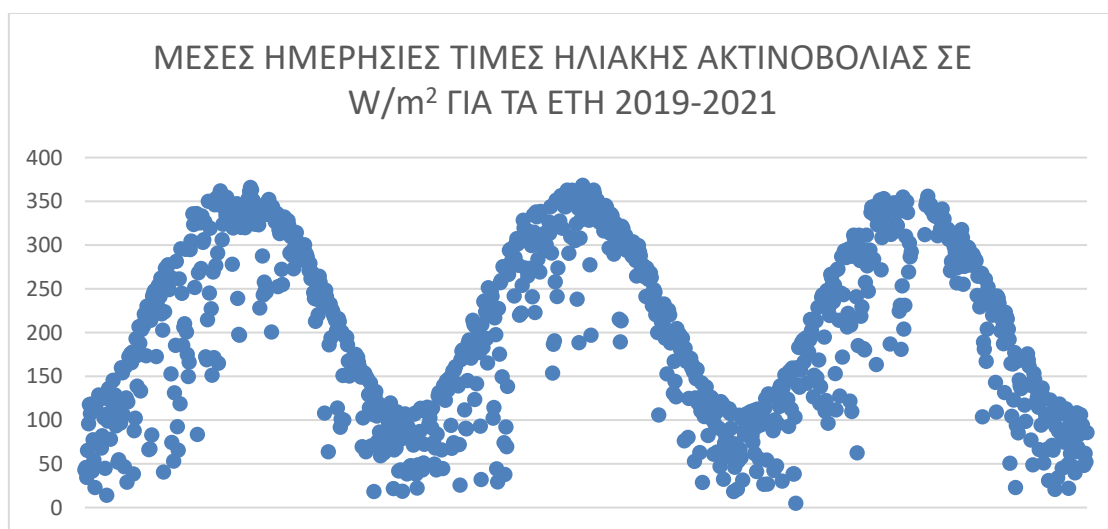


Εικόνα 10: Ανεμολόγιο με τις επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου

Στα διαγράμματα 62 και 63 παρουσιάζονται οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 για τα έτη 2019-2021. Τα διαγράμματα αυτά είναι διαγράμματα τριετίας και γίνεται φανερή η επαναληπτικότητα η οποία εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του χρόνου όπου η ακτινοβολία παίρνει τις μέγιστες τιμές της περίπου τέλος Ιουνίου και τις χαμηλότερες περίπου στα τέλη Δεκεμβρίου.

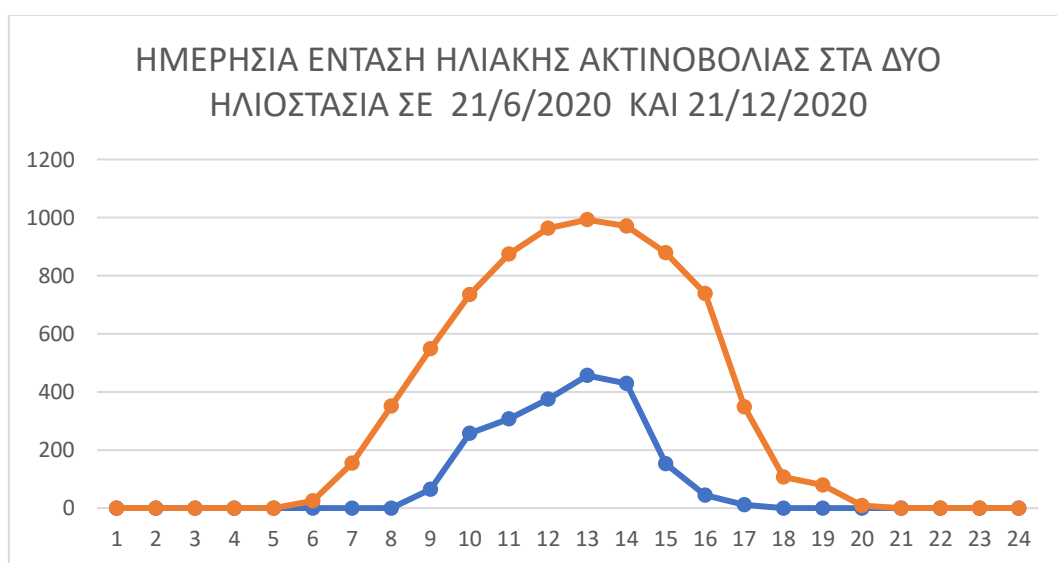


Διάγραμμα 63: Διάγραμμα ωριαίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 για τα έτη 2019-2021



Διάγραμμα 64: Διάγραμμα ημερησίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 για τα έτη 2019-2021

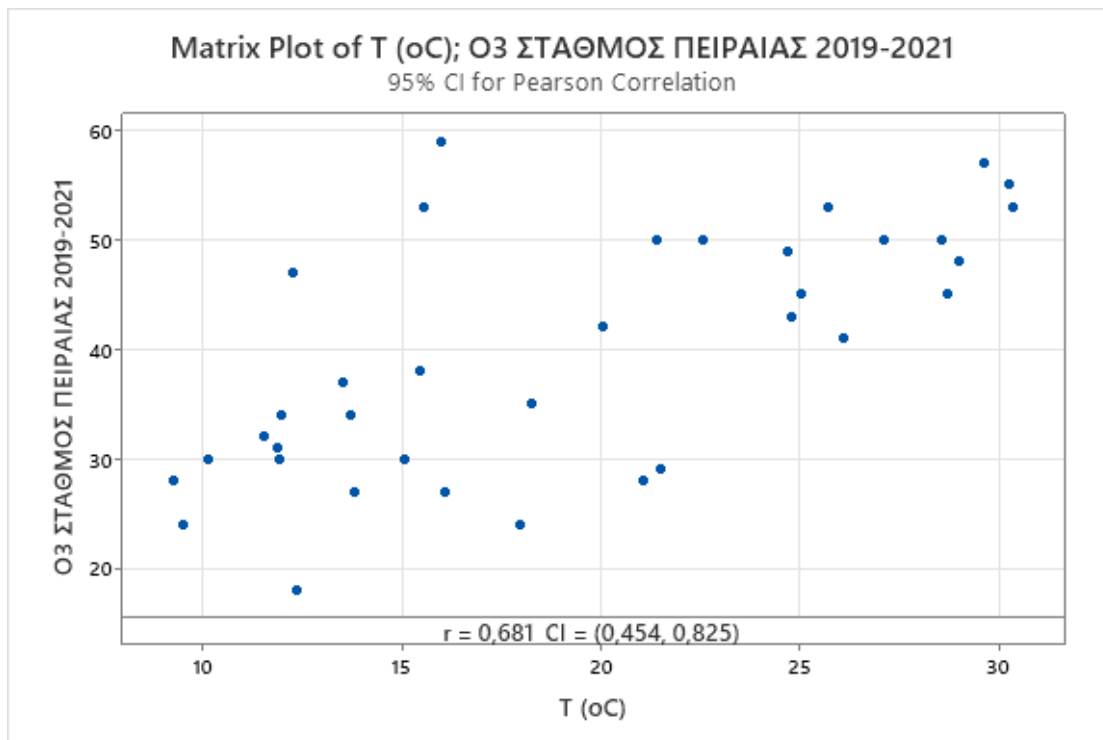
Στο διάγραμμα 64 παρουσιάζεται η ωριαία ένταση ακτινοβολίας κατά τα δυο ηλιοστάσια δηλαδή κατά την 21/6/2020 και κατά την 21/12/2020. Χρησιμοποιήσαμε ένα διάγραμμα για να παρουσιάσουμε τη διαφορά ανάμεσα στα ηλιοστάσια γιατί στο καλοκαιρινό ηλιοστάσιο έχουμε την μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας ενώ στο χειμερινό ηλιοστάσιο έχουμε την μεγαλύτερη διάρκεια της νύχτας. Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά από τα σημεία ανόδου και καθόδου της κάθε καμπύλης όπου στο χειμερινό ηλιοστάσιο φαίνεται η ηλιακή ακτινοβολία να ξεκινάει στις 06:00 το πρωί και να σταματάει στις 20:00 το βράδυ ενώ αντίστοιχα για το χειμερινό ηλιοστάσιο η ένταση αρχίζει και αυξάνει στις 08:00 το πρωί και σταματάει στις 17:00 το απόγευμα.



Διάγραμμα 65: Διάγραμμα ημερησίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 για τα δυο ηλιοστάσια

11.3 Συσχέτιση O_3 με τη θερμοκρασία. Συντελεστής Pearson

Στο τμήμα αυτό του κεφαλαίου θα υπολογίσουμε το συντελεστή Pearson χρησιμοποιώντας τις μέσες μηνιαίες τιμές του O_3 στον σταθμό Πειραιά και τις μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας οι οποίες μας έχουν δοθεί από το Εθνικό Αστεροσκοπείο. Ο συντελεστής Pearson ο οποίος υπολογίστηκε ήταν 0,681 υποδηλώνοντας μια σχετικά ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στις δυο ομάδες τιμών. Στη συνέχεια υπολογίσαμε τη βέλτιστη ευθεία ανάμεσα στις μετρήσεις θερμοκρασίας και στη μετρήσεις του O_3 . Τα φύλλα εργασίας που ακολουθούν δημιουργήθηκαν από την εφαρμογή Minitab.



Method

Correlation type Pearson
 Number of rows 36
 used

Correlations

	T (oC)
O ₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021	0,681

Φύλλο Ανάλυσης 36: Υπολογισμός συντελεστή Pearson T - O₃

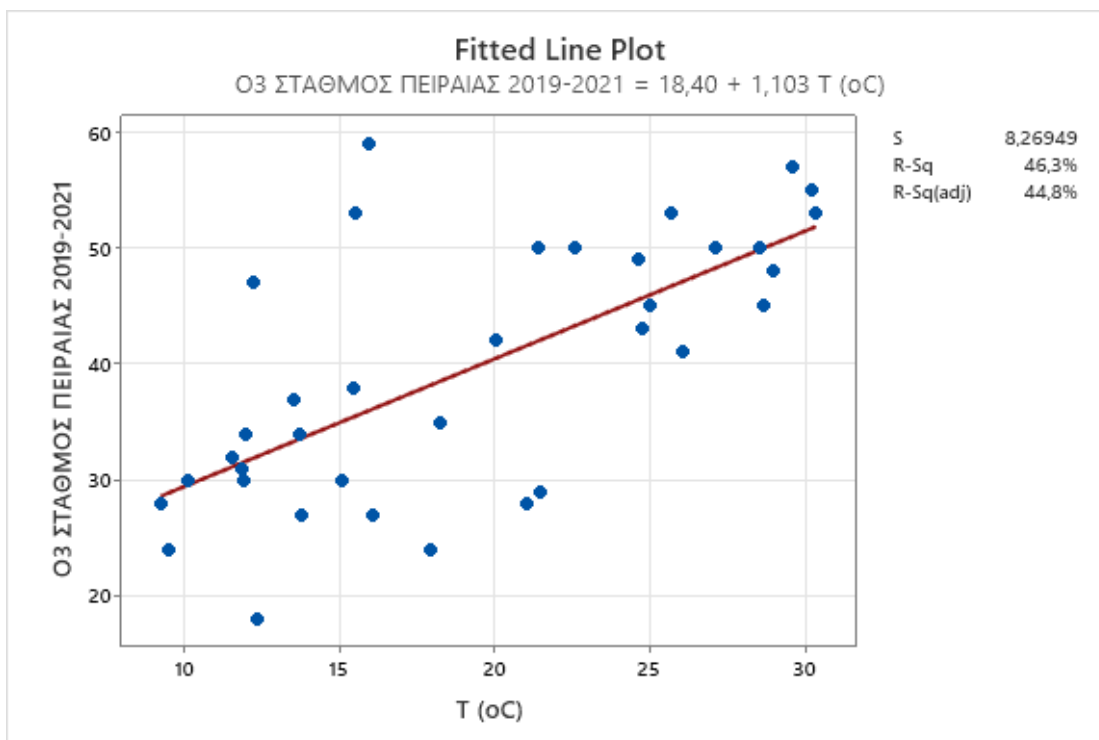
The regression equation is
 O₃ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2019-2021 = 18,40 + 1,103 T (oC)

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)
8,26949	46,33%	44,76%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2007,48	2007,48	29,36	0,000
Error	34	2325,07	68,38		
Total	35	4332,56			

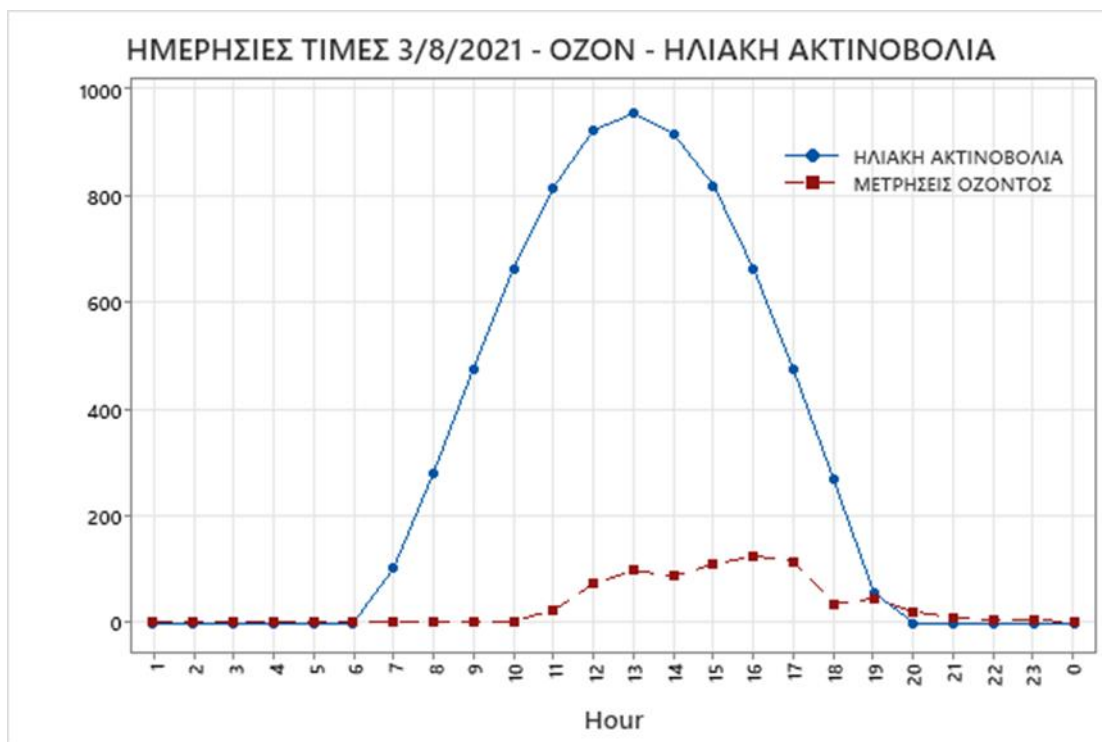


Φύλλο Ανάλυσης 37: Γραμμική παλινδρόμηση O_3 - T

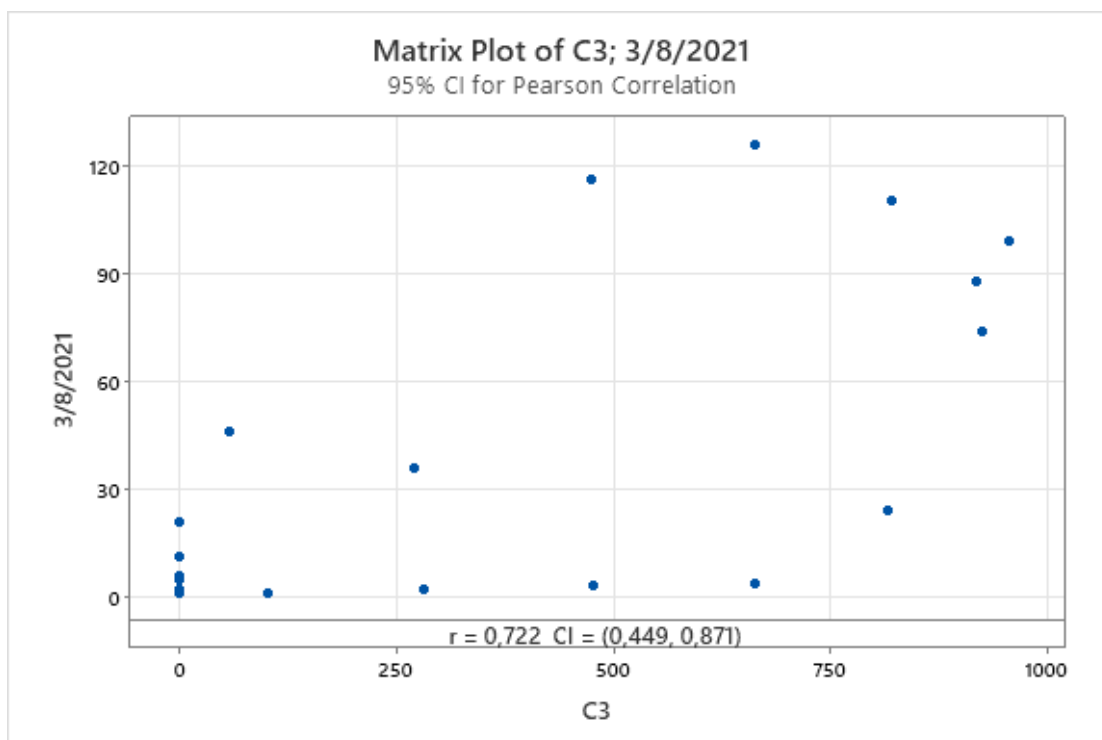
11.4 Συσχέτιση O_3 με ηλιακή ακτινοβολία

Στο παρόν τμήμα του κεφαλαίου επιλέχθηκε μια τυχαία καλοκαιρινή ημέρα (03/08/2020) προκειμένου να αναζητηθεί η σύνδεση των ωριαίων τιμών O_3 με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Το O_3 παράγεται φωτοχημικά από τα αζωτοξείδια και τους πτητικούς υδρογονάνθρακες με μια αλυσίδα αντιδράσεων (με καταλύτη το ηλιακό φως) και εμφανίζει το ημερήσιο μέγιστο τις μεταμεσημβρινές ώρες όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία παρουσιάζουν το μέγιστο ενώ τις αντίστοιχες ώρες τα αζωτοξείδια ως πρόδρομες ουσίες μειώνονται (ειδικά τη θερμή περίοδο του έτους). Επίσης όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 65 (όπου εμφανίζονται στο ίδιο διάγραμμα και οι μετρήσεις του όζοντος και η ηλιακή ακτινοβολία) φαίνεται να υπάρχει μια μικρή καθυστέρηση 2 ή 3 ωρών πριν την έναρξη αύξησης των τιμών του όζοντος.

Σε συνέχεια υπολογίζεται ο συντελεστής Pearson και παρουσιάζεται η γραμμική συσχέτιση μεταξύ O_3 και ηλιακής ακτινοβολίας για τις ωριαίες μετρήσεις της συγκεκριμένης ημέρας.



Διάγραμμα 66: Διάγραμμα ημερησίων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 για την ημέρα 3/8/2021



Method

Correlation type	Pearson
Number of rows used	24

Correlations

	C3
3/8/2021	0,722

Φύλλο Ανάλυσης 38: Υπολογισμός συντελεστή Pearson O₃-Ηλιακής ακτινοβολίας

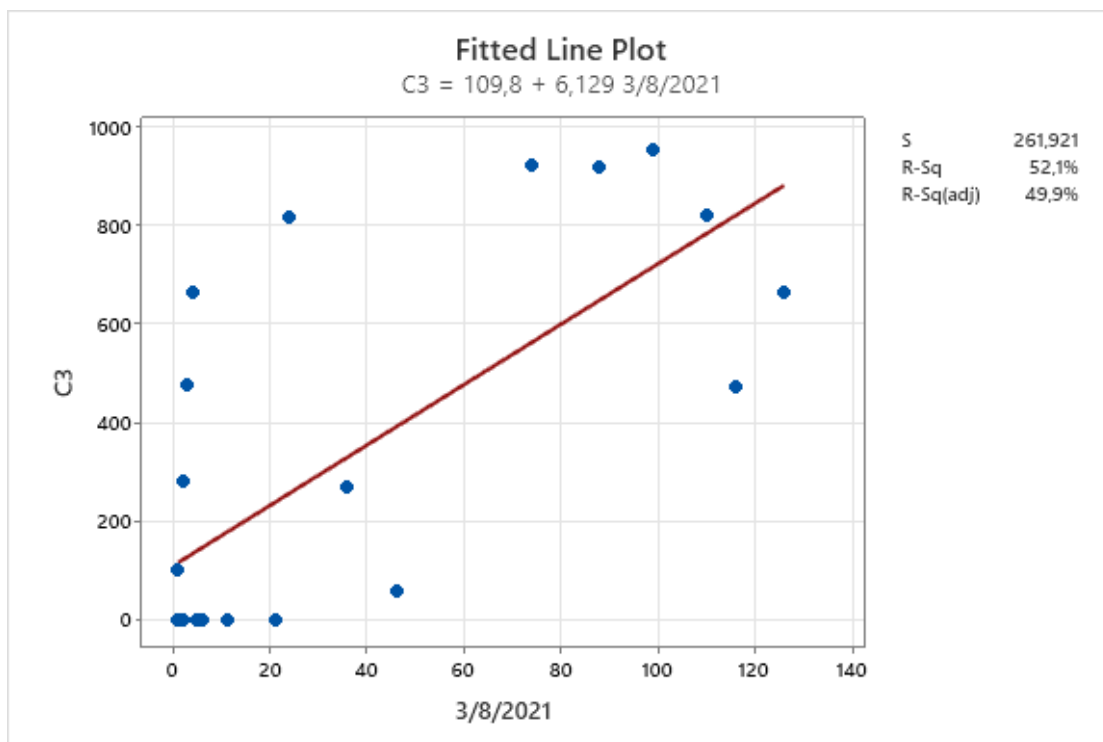
The regression equation is
 $C3 = 109,8 + 6,129 \text{ 3/8/2021}$

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)
261,921	52,09%	49,92%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1641217	1641217	23,92	0,000
Error	22	1509253	68602		
Total	23	3150469			



Φύλλο Ανάλυσης 39: Γραμμική παλινδρόμηση O₃ – Ηλιακής Ακτινοβολίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί τον σημαντικότερο περιβαλλοντικό κίνδυνο για την υγεία στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση προκαλεί περίπου κάθε χρόνο 400.000 πρόωρους θανάτους ενώ το κόστος από τις επιπτώσεις στην υγεία ανέρχεται σε εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ. Ιδιαίτερα εκτεθειμένοι είναι οι άνθρωποι που ζουν σε αστικές περιοχές.

Μια τέτοια περιοχή είναι και η περιοχή μελέτης μας , η ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Τα προβλήματα που δημιουργούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι εν μέρη αποτέλεσμα της υψηλής πυκνότητας πληθυσμού, της συσσώρευσης οικονομικών δραστηριοτήτων στο λεκανοπέδιο , των οδικών μεταφορών, της θέρμανσης των κτηρίων και των γενικών συνθηκών που ευνοούν τη συσσώρευση ατμοσφαιρικών ρύπων στην Αθήνα και τον Πειραιά , όπως η τοπογραφία του λεκανοπεδίου, τα φαράγγια στενών και βαθιών οδών , οι θερμοκρασιακές αναστροφές, οι χαμηλές ταχύτητες ανέμου, η εκτεταμένη ηλιοφάνεια κ.λπ.

Την τελευταία 20ετία μια σειρά από μέτρα θεσμοθετήθηκαν και λειτούργησαν ευεργετικά για το περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής Αθηνών - Πειραιώς. Τέτοια μέτρα ήταν ο περιορισμός της περιεκτικότητας θείου στα καύσιμα για τις οδικές μεταφορές, στην θέρμανση και την ναυτιλία, η τεχνολογική αναβάθμιση του στόλου των Ι.Χ. αυτοκινήτων και των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, η διεύθυνση του φυσικού αερίου στον οικιακό, βιομηχανικό και τριτογενή τομέα, τα μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας (μεγάλος και μικρός δακτύλιος), η πρόσθεση νέων μέσων σταθερής τροχιάς στο μεταφορικό έργο (Μετρό, Προαστιακός, Τραμ.), η διεύθυνση ηλεκτρικών οχημάτων στην ελληνική αγορά οχημάτων κλπ.

Η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετησίων τιμών την τελευταία 20ετία δείχνει μια έντονη μείωση στο σύνολο σχεδόν των ρύπων στους σταθμούς μελέτης της παρούσας εργασίας. Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) παρουσιάζει πολύ μεγάλη μείωση με ποσοστά 69% 84% και 65%, το διοξείδιο του θείου (SO₂) παρουσιάζει μείωση 75% ,38% και 65%, το μονοξείδιο του αζώτου (NO) παρουσιάζει μείωση 47% ,65% και 10% και το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) παρουσιάζει μείωσης 26%, 62% και 15% στην 20ετία.

Για το όζον εμφανίζει γενικά μια τάση σταθεροποίησης των τιμών με έντονη όμως διακύμανση από έτος σε έτος, λόγω της φύσης του ρύπου.

Όσον αφορά τις μέσες μηνιαίες τιμές των μετρούμενων ρύπων είναι εμφανές ότι για όλη σχεδόν τη διάρκεια του έτους 2020 και για τους περισσότερους ρύπους η πανδημία

επίδρασε σημαντικά στη μείωση ή έστω την σταθεροποίηση των τιμών των ρύπων. Όσον δε αφορά την εποχικότητα των μηνιαίων τιμών οι πρωτογενείς ρύποι (CO , NO , SO_2), παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές τους μήνες του χειμώνα (λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης, εντονότερη κυκλοφορία που παρατηρείται τους χειμερινούς μήνες, χειρότερες συνθήκες λειτουργίας των μηχανών των αυτοκινήτων, χαμηλή απόδοση καταλύτη στο ξεκίνημα με κρύα μηχανή, η καύση βιομάζας, ξύλου και pellet για θέρμανση σε τζάκια κλπ). Το όζον (O_3) παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές τη θερινή περίοδο του έτους λόγω αυξημένης ηλιοφάνειας σε διάρκεια και ένταση. Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) γενικά δεν έχει σαφή μηνιαία μεταβολή. Ωστόσο παρουσιάζει μέγιστη τιμή γενικά το Μάιο-Ιούνιο λόγω της μεγάλης συχνότητας θερμοκρασιακών αναστροφών καθώς και μέγιστη διάρκεια ηλιοφάνειας που επιτείνει το σχηματισμό του NO_2 μέσω του κύκλου του όζοντος πέραν του συνήθους σχηματισμού του από το NO . Οι παραπάνω εποχικότητες έγιναν εμφανείς στα διαγράμματα του Κεφ. 8

Μετά τη συγκέντρωση των μετρήσεων από το ΥΠΕΝ και από το Εθνικό Αστεροσκοπείο είχαμε τη δυνατότητα να καταρτίσουμε και να επεξεργαστούμε διάφορες χρονοσειρές μετρήσεων. Τη χρονοσειρά μέσω ετήσιων τιμών ρύπων, τη χρονοσειρά μέσω μηνιαίων τιμών ρύπων, τη χρονοσειρά μέσω ημερήσιων τιμών ρύπων και τη χρονοσειρά μέσω ωριαίων τιμών. Κάθε μια από αυτές είχε τα δικά της χαρακτηριστικά. Η χρονοσειρά των μέσω ετήσιων τιμών είναι μια χρονοσειρά η οποία εμφανίζει την γενικότερη τάση των τιμών αέριων ρύπων. Η χρονοσειρά των μέσω μηνιαίων τιμών είναι μια χρονοσειρά η οποία εμφανίζει την μηνιαία εποχικότητα των ρύπων (θερμή περίοδος – ψυχρή περίοδος). Η χρονοσειρά των μέσω ημερήσιων τιμών εμφανίζει την εποχικότητα κατά τη διάρκεια εβδομάδας όπου την διάρκεια των ημερών εργασίας υπάρχει γενικά αύξηση των ρύπων λόγω της κίνησης των εργαζομένων από και προς την εργασία τους και μια σχετική μείωση των τιμών τα Σαββατοκύριακα. Η χρονοσειρά των ωριαίων τιμών εμφανίζει αυξημένες τιμές κατά τη διάρκεια του χρόνου εργασίας, κατά την διάρκεια μετακίνησης των εργαζομένων από και προς την εργασία τους και αλλά προς το τέλος της ημέρας και το βράδυ μια εμφανή μείωση.

Χρησιμοποιώντας τη χρονοσειρά μέσω ετήσιων μετρήσεων προσδιορίσαμε τους συντελεστές Pearson για κάθε ρύπο και για κάθε σταθμό σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς. Σε 4 περιπτώσεις ο συντελεστής αυτός είναι μεγαλύτερος των 0,90 παρουσιάζοντας ισχυρή συσχέτιση των μετρήσεων των σταθμών μεταξύ τους, σε τρεις περιπτώσεις για το CO και σε μια περίπτωση για το SO_2 . Άξιο παρατήρησης είναι και το ότι οι χαμηλότερες τιμές των συντελεστών Pearson συναντώνται με τις μετρήσεις όζοντος. Για κάθε ρύπο και σταθμό σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς επίσης προσδιορίστηκε και το αντίστοιχο γραμμικό μοντέλο.

Χρησιμοποιώντας την ίδια χρονοσειρά και το Trend Analysis προχωρήσαμε σε πρόβλεψη των ετήσιων τιμών με πολύ καλή προσέγγιση των θεωρητικά προβλεπόμενων σε σχέση με τις τιμές μέτρησης με έτος αναφοράς το 2022. Χρησιμοποιώντας την χρονοσειρά μέσω μηνιαίων μετρήσεων και τα μοντέλα Winters και Decomposition, διαπιστώσαμε ότι τα μοντέλα αυτά δίνουν περισσότερο βάρος στην εποχικότητα σε ετήσια βάση και αναγνωρίζουν εξαιρετικά τις ετήσιες διακυμάνσεις και την επαναληπτικότητα των μετρήσεων.

Χρησιμοποιώντας τη χρονοσειρά των ημερησίων τιμών για το διάστημα 11/3 έως 3/5 για τα έτη 2017-2021 και μετά τη στατιστική επεξεργασία των τιμών αυτών, εξετάσαμε αν έχουν επηρεαστεί οι τιμές των ρύπων το χρονικό διάστημα του 2020 που ελήφθησαν τα περιοριστικά μέτρα, λόγω του covid 19, σε σχέση με το διάστημα της προηγούμενης τριετίας. Οι τιμές εμφανίζονται να έχουν επηρεαστεί σημαντικά το χρονικό διάστημα αυτό εμφανίζοντας γενικά έντονη μείωση. Το διοξείδιο του αζώτου παρουσιάζει σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων 28% και 67% και το διοξείδιο του θείου παρουσιάζει 13% αύξηση και 22% μείωση των συγκεντρώσεων στους δυο σταθμούς της Αθήνας. Το όζον, σαν δευτερογενής ρύπος παρουσιάζει μεικτή εικόνα σε όλους τους σταθμούς ενώ οι τιμές του μονοξειδίου του άνθρακα είναι εξαιρετικά μικρές με αποτέλεσμα μικρές μεταβολές τους να παρουσιάζουν εξαιρετικά μεγάλες ποσοστιαίες μεταβολές.

Επίσης αναλύσαμε χρονοσειρές μετεωρολογικών παραμέτρων, αναδείξαμε την εποχικότητά των μετρήσεων θερμοκρασίας και αναδείξαμε τις εξαιρετικά περιορισμένες διευθύνσεις που πνέει ο άνεμος εξαιτίας των ορεινών όγκων της Πεντέλης, της Πάρνηθας αλλά και του Υμηττού και του όρους Αιγάλεω. Τελικά αναδείξαμε την ισχυρή σύνδεση μετρήσεων όζοντος με την θερμοκρασία και την ένταση ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του συντελεστή Pearson (0.681 και 0.722 αντίστοιχα).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι
ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 1991 - 2023

N. 5010/2023 (ΦΕΚ 8/Α' 17.1.2023)

Κύρωση του Πρωτοκόλλου για τη μείωση της οξίνισης, του ευτροφισμού και του όζοντος σε επίπεδο εδάφους, στη Σύμβαση του 1979 της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη «σχετικά με τη διασυννοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλη απόσταση» που κυρώθηκε με τον ν. 1374/1983 και των τροποποιήσεων του Πρωτοκόλλου που υιοθετήθηκαν από τη Σύνοδο των συμβαλλομένων στη Σύμβαση Μερών, με τις Αποφάσεις 2012/1 και 2012/2

Εγκ. ΥΠΕΝ/ΔΙΠΑ/25297/1645/2022 (ΦΕΚ /-- 15.3.2022)

Διευκρινίσεις σχετικά με την εφαρμογή της ΚΥΑ οικ 6164/2018 (Β' 1107) «Περιορισμός των εκπομπών ορισμένων ρύπων στην ατμόσφαιρα από μεσαίου μεγέθους μονάδες καύσης – μεταφορά στο εθνικό δίκαιο της Οδηγίας (ΕΕ) 2015/2193 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕL 313/1/28.11.2015)»

Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΔΕΔ/85858/2124/2021 (ΦΕΚ 6777/Β' 31.12.2021)

Μέτρα εφαρμογής του Κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 517/2014 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Απριλίου 2014 “για τα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου και για την κατάργηση του Κανονισμού (ΕΚ) 842/2006” και των Εκτελεστικών Κανονισμών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής

Εγκ. 2263.4-1/59338/2021 (ΦΕΚ /-- 17.8.2021)

Εφαρμογή του Κανονισμού (ΕΕ) 2015/757 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2015 για την παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από θαλάσσιες μεταφορές και για την τροποποίηση της Οδηγίας 2009/16/ΕΚ

Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΔΕΔ/46424/1134/2021 (ΦΕΚ 2185/Β' 26.5.2021)

Τροποποίηση της υπ' αρ. 36060/1155/13.6.2013 κοινής υπουργικής απόφασης με θέμα: «Καθορισμός πλαισίου κανόνων, μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος από βιομηχανικές δραστηριότητες, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2010/75/ΕΕ “περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης)” του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 24ης Νοεμβρίου 2010» (Β' 1450), όπως ισχύει

Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΚΑΠΑ/5615/121/2021 (ΦΕΚ 182/Β' 22.1.2021)

Έγκριση Εθνικού Προγράμματος Ελέγχου της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, σύμφωνα με το άρθρο 7 της υπ' αρ. 67467/3577/2018 κοινής υπουργικής απόφασης «Μείωση των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων, τροποποίηση της Οδηγίας 2003/35/ΕΚ και κατάργηση της Οδηγίας 2001/81/ΕΚ – μεταφορά στο εθνικό δίκαιο της Οδηγίας (ΕΕ) 2016/2284 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕ L 334/1/17-12-2016)» (Β' 4740)

Εγκ. Δ1(δ)/ΓΠοικ. 10655/2020 (ΦΕΚ /-- 19.2.2020)

Συστάσεις για την προστασία της Δημόσιας Υγείας από επεισόδια αιθαλομίχλης

Ν. 4665/2020 (ΦΕΚ 33/Α' 18.2.2020)

Κύρωση της Σύμβασης της Μιναμάτα για τον Υδράργυρο

Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΚΑΠΑ/105040/2297/2019 (ΦΕΚ 4315/Β' 29.11.2019)

Τροποποίηση της 181478/965/2017 κοινής υπουργικής απόφασης (Β' 3763), όπως ισχύει, σε συμμόρφωση με την Οδηγία (ΕΕ) 2018/410 «για την τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ με σκοπό την ενίσχυση οικονομικά αποδοτικών μειώσεων των εκπομπών και την προώθηση επενδύσεων χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών και της απόφασης (ΕΕ) 2015/1814» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 14ης Μαρτίου 2018

Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΥΠΡΓ/56257/7231/2019 (ΦΕΚ 2646/Β' 1.7.2019)

Τροποποίηση της αριθμ. 36060/1155/Ε.103/13-06-2013 απόφασης των Υπουργών Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων - Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής «Καθορισμός πλαισίου κανόνων, μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος από βιομηχανικές δραστηριότητες, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2010/75/ΕΕ «περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης)» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 24ης Νοεμβρίου 2010» (Β' 1450) όπως ισχύει

Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΙΠΑ/38329/2517/2019 (ΦΕΚ 1999/Β' 31.5.2019)

Τροποποίηση της κοινής υπουργικής απόφασης 20232/2010 σχετικά με τη «Ρύθμιση θεμάτων τεχνικού και λεπτομερειακού χαρακτήρα για την ίδρυση και λειτουργία κέντρων αποτέφρωσης νεκρών»

Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΥΠΡΓ/82568/11912/2018 (ΦΕΚ 5301/Β' 26.11.2018)

Τροποποίηση της αριθμ. 36060/1155/Ε.103/13.6.2013 απόφασης των Υπουργών Οικονομίας και Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος και Ενέργειας «Καθορισμός πλαισίου κανόνων, μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος από βιομηχανικές δραστηριότητες, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2010/75/ΕΕ “περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης)” του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 24ης Νοεμβρίου 2010» (Β΄ 1450), όπως ισχύει

Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΝΕΠ/67467/3577/2018 (ΦΕΚ 4740/Β΄ 25.10.2018)

Μείωση των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων, τροποποίηση της Οδηγίας 2003/35/ΕΚ και κατάργηση της Οδηγίας 2001/81/ΕΚ - μεταφορά στο εθνικό δίκαιο της Οδηγίας (ΕΕ) 2016/2284 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕL 344/1/17.12.2016)

Ν. 4650/2018 (ΦΕΚ 165/Α΄ 11.9.2018)

Κύρωση της τροποποίησης που έγινε στο Κιγκάλι (Ρουάντα) στις 10-15 Οκτωβρίου 2016, του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ του 1987, που κυρώθηκε με το ν. 1818/1988 (Α΄ 253), σχετικά με τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος

Εγκ. Δ1α/Γ.Π. οικ. 43354/2018 (ΦΕΚ /-- 6.6.2018)

Πρόληψη των επιπτώσεων από την εμφάνιση υψηλών θερμοκρασιών και καύσωνα

Υ.Α. οικ. 6164/2018 (ΦΕΚ 1107/Β΄ 27.3.2018)

Περιορισμός των εκπομπών ορισμένων ρύπων στην ατμόσφαιρα από μεσαίου μεγέθους μονάδες καύσης - μεταφορά στο εθνικό δίκαιο της Οδηγίας (ΕΕ) 2015/2193 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕL 313/1/28.11.2015)

Υ.Α. οικ. 1023/2018 (ΦΕΚ 42/Β΄ 17.1.2018)

Καθορισμός των όρων λειτουργίας του συστήματος καταγραφής των περιβαλλοντικών επιδόσεων των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην Εφοδιαστική

Υ.Α. 2263.4-1/39239/2017/2021 (ΦΕΚ 1922/Β΄ 1.6.2017)

Επιβολή κυρώσεων σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΕ) 2015/757 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 29ης Απριλίου 2015 για την παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από θαλάσσιες μεταφορές και για την τροποποίηση της οδηγίας 2009/16/ΕΚ

Υ.Α. 181478/965/2017 (ΦΕΚ 3763/Β` 26.10.2017)

Τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπ' αριθμ. Η.Π. 54409/2632/2004 κοινής υπουργικής απόφασης «Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/87/ΕΚ «σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου» του Συμβουλίου της 13ης Οκτωβρίου 2003 και άλλες διατάξεις», (1931/Β) όπως αυτή έχει τροποποιηθεί και ισχύει

Αποφ. 2263.1-7/36286/2017/2017 (ΦΕΚ 1814/Β` 25.5.2017)

Αποδοχή Τροποποιήσεων στο Παράρτημα του Πρωτοκόλλου 1997 για την Τροποποίηση της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από πλοία, 1973, όπως Τροποποιήθηκε με το Πρωτόκολλο του 1978 που σχετίζεται με αυτή- Τροποποιήσεις στο Παράρτημα VI της Δ.Σ. MARPOL (Σύστημα συλλογής δεδομένων για την κατανάλωση καυσίμου πλοίου)

Υ.Α. 174505/607/2017 (ΦΕΚ 1311/Β` 13.4.2017)

Τροποποίηση των παραρτημάτων IV και V του άρθρου 8 της υπ' αριθμ. 22306/1075/2007 κοινής υπουργικής απόφασης (Β'920) και των παραρτημάτων I, III, VI και IX του άρθρου 30 της υπ' αριθμ. 14122/549/2011 κοινής υπουργικής απόφασης (Β'488), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2015/1480/ΕΕ «για την τροποποίηση ορισμένων παραρτημάτων των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2004/107/ΕΚ και 2008/50/ΕΚ, οι οποίες ορίζουν τους κανόνες σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση των δεδομένων και την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής

Υ.Α. 112/2015/2016 (ΦΕΚ 2300/Β` 25.7.2016)

Τροποποίηση απόφασης ΑΧΣ 96/2014, ΦΕΚ 2136/Β/2014 - «Εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την Οδηγία 2012/33/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Νοεμβρίου 2012 «για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/32/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο»

Αποφ. οικ.66941/1892/2016 (ΦΕΚ 1589/Β` 6.6.2016)

Βραχυπρόθεσμα σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας

Εγκ. Γ1α/Γ.Π. οικ. 40228/2016 (ΦΕΚ /-- 2.6.2016)

Πρόληψη των επιπτώσεων από την εμφάνιση υψηλών θερμοκρασιών και καύσωνα

Υ.Α. 2263.1-7/36083/2015/2015 (ΦΕΚ 2477/Β' 18.11.2015)

Οδηγίες 2015 του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού για την έγκριση συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων των πλοίων για ισοδύναμη συμμόρφωση των πλοίων με τις διατάξεις του κανονισμού 14 (Εκπομπές SO_x) του Αναθεωρημένου Παραρτήματος VI της ΔΣ MARPOL

Υ.Α. Η.Π. 34062/957/Ε103/2015 (ΦΕΚ 1793/Β' 20.8.2015)

Έγκριση Μεταβατικού Εθνικού Σχεδίου Μείωσης των Εκπομπών (ΜΕΣΜΕ), σύμφωνα με το άρθρο 28 της υπ' αριθμ. 36060/1155/2013 κοινής υπουργικής απόφασης «Καθορισμός πλαισίου κανόνων, μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος από βιομηχανικές δραστηριότητες, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2010/75/ΕΕ «περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης)» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 24ης Νοεμβρίου 2010» (Β' 1450), όπως ισχύει. Τροποποίηση της υπ' αριθμ. 36060/1155/2013 κοινής υπουργικής απόφασης (Β' 1450)»

Υ.Α. οικ. 174610/2014 (ΦΕΚ 2498/Β' 19.9.2014)

Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις για έργα και δραστηριότητες της κατηγορίας Β της 12ης ομάδας «Ειδικά Έργα και Δραστηριότητες», α/α 6 «Σταθμοί Βάσης Κινητής και Ασύρματης Σταθερής Τηλεφωνίας», του παραρτήματος XII της Υ.Α. 1958/2012 (21/Β), όπως εκάστοτε ισχύει

Υ.Α. 96/2014 (ΦΕΚ 2136/Β' 5.8.2014)

Εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την Οδηγία 2012/33/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Νοεμβρίου 2012 «για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/32/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο»

Αποφ. 531.2-4/2933/2014 (ΦΕΚ 1983/Β' 21.7.2014)

Αποδοχή Τροποποιήσεων στο Παράρτημα του Πρωτοκόλλου 1997 για την Τροποποίηση της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από πλοία, 1973, όπως

τροποποιήθηκε με το Πρωτόκολλο του 1978 που σχετίζεται με αυτή (τροποποιήσεις στο Παράρτημα VI της MARPOL και στον Τεχνικό Κώδικα NOx)

Υ.Α. Δ13/ο/1096/2014 (ΦΕΚ 218/Β` 4.2.2014)

Τροποποίηση της υπ' αριθμ. Δ13/Ο/121/4.1.2007 κοινής υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ 53/Β/2007) «Μέτρα κατά της εκπομπής αερίων και σωματιδιακών ρύπων προερχόμενων από κινητήρες εσωτερικής καύσης που τοποθετούνται σε μη οδικά κινητά μηχανήματα σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 97/68/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 2001/63/ΕΚ, 2002/88/ΕΚ και 2004/26/ΕΚ του Συμβουλίου της 17ης Αυγούστου 2001, της 9ης Δεκεμβρίου 2002 και της 21ης Απριλίου 2004 αντίστοιχα», όπως αυτή τροποποιήθηκε ...

Αρ. Πρωτ. ΔΥΓ2/Γ.Π. οικ. 3191/2014 (ΦΕΚ /-- 14.1.2014)

Συστάσεις για την προστασία της δημόσιας υγείας από υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, λόγω αυξημένων συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων (Α.Σ.10)

Υ.Α. οικ. 70601/2013 (ΦΕΚ 3272/Β` 23.12.2013)

Βραχυπρόθεσμα σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια

Υ.Α. Η.Π. 44105/1398/Ε.103/2013 (ΦΕΚ 1890/Β` 1.8.2013)

Τροποποίηση της αριθ. 29459/1510/2005 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Καθορισμός εθνικών ανωτάτων ορίων εκπομπών για ορισμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους...» (992/Β) και (1131/Β), όπως τροποποιήθηκε με την αριθ. 14849/853/2008 ΚΥΑ (645/Β) και της αριθ. 33318/3028/1998 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων (ενδιαιτημάτων) καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας» (Β'1289), όπως τροποποιήθηκε με την αριθ. 14849/853/2008 ΚΥΑ (645/Β), σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2013/17/ΕΕ του Συμβουλίου της 13ης Μαΐου 2013 της Ευρωπαϊκής Ένωσης και άλλες διατάξεις»

Υ.Α. 36060/1155/Ε.103/2013 (ΦΕΚ 1450/Β` 14.6.2013)

Καθορισμός πλαισίου κανόνων, μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος από βιομηχανικές δραστηριότητες, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2010/75/ΕΕ «περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης)» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 24ης Νοεμβρίου 2010

Υ.Α. Η.Π 26910/852/Ε103/2013 (ΦΕΚ 1021/Β` 25.4.2013)

Τροποποίηση της υπ' αριθ. 54409/2632/2004 κοινής υπουργικής απόφασης «σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/87/ΕΚ ...κλπ» (1931/Β), όπως ισχύει, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/101/ΕΚ «για την τροποποίηση της οδηγίας 2009/29/ΕΚ «για τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009»

Αρ. Πρωτ. 1498/2013 (ΦΕΚ /-- 20.3.2013)

Ισχύον θεσμικό πλαίσιο όσον αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση

Υ.Α. Δ13/Ο/11985/2012 (ΦΕΚ 3181/Β` 29.11.2012)

Τροποποίηση της υπ αριθμ Δ13/Ο/121/4.1.2007 κοινής υπουργικής απόφασης (53/Β) «Μέτρα κατά της εκπομπής αερίων και σωματιδιακών ρύπων προερχόμενων από κινητήρες εσωτερικής καύσης που τοποθετούνται σε μη οδικά κινητά μηχανήματα σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 97/68/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 2001/63/ΕΚ, 2002/88/ΕΚ και 2004/26/ΕΚ του Συμβουλίου της 17ης Αυγούστου 2001, της 9ης Δεκεμβρίου 2002 και της 21ης Απριλίου 2004 αντίστοιχα», όπως αυτή τροποποιήθηκε με την υπ αριθμ Δ13/Ο/3967/28.4.11 κοινή υπουργική απόφαση (741/Β) σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2011/88/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Νοεμβρίου 2011 για την τροποποίηση της οδηγίας 97/68/ΕΚ όσον αφορά τις διατάξεις για τους κινητήρες που διατίθενται στην αγορά στο πλαίσιο του ευέλικτου συστήματος

Υ.Α. 120/2012/2012 (ΦΕΚ 1583/Β` 9.5.2012)

Τροποποίηση της ΑΧΣ 437/2005 (ΦΕΚ 1641/Β) και εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την οδηγία 2010/79/ΕΕ της Επιτροπής της 19ης Νοεμβρίου 2010 «για προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο του παραρτήματος ΙΙΙ της οδηγίας 2004/42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τον περιορισμό των πτητικών οργανικών ενώσεων (ΕΕ L 30420.11.2010)»

Υ.Α. Οικ. 21523/763/Ε-103/2012 (ΦΕΚ 1439/Β` 2.5.2012)

Μέτρα για τη μείωση της ποσότητας των ατμών βενζίνης, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2009/126/ΕΚ «σχετικά με τη φάση ΙΙ της ανάκτησης ατμών βενζίνης κατά τη διάρκεια του ανεφοδιασμού μηχανοκίνητων οχημάτων σε πρατήρια καυσίμων»

του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 21ης Οκτωβρίου 2009

Υ.Α. Αριθ. πρωτ. οικ.: 189533/2011 (ΦΕΚ 2654/Β' 9.11.2011)

Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανσης κτιρίων και νερού

Υ.Α. Η.Π. 48416/2037/Ε.103/2011 (ΦΕΚ 2516/Β' 7.11.2011)

Μέτρα και όροι για την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς - Τροποποίηση της υπ αριθμ. 29457/1511/2005 (992/Β) κοινής υπουργικής απόφασης, του Π.Δ 51/2007 (54/Α) και του Π.Δ 148/2009 (190/Α), σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2009/31/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 «σχετικά με την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς και για την τροποποίηση της οδηγίας 85/337/ΕΟΚ του Συμβουλίου, των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2000/60/ΕΚ, 2004/35/ΕΚ, 2008/1/ΕΚ και του κανονισμού (ΕΚ) αριθμ. 1013/2006

Υ.Α. Δ13/Ο/3967/2011 (ΦΕΚ 741/Β' 5.5.2011)

Τροποποίηση της υπ αριθμ. Δ13/Ο/121/4.1.2007 κοινής υπουργικής απόφασης «Μέτρα κατά της εκπομπής αερίων και σωματιδιακών ρύπων προερχόμενων από κινητήρες εσωτερικής καύσης που τοποθετούνται σε μη οδικά κινητά μηχανήματα σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 97/68/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 2001/63/ΕΚ, 2002/88/ΕΚ και 2004/23/ΕΚ του Συμβουλίου της 17ης Αυγούστου 2001, της 9ης Δεκεμβρίου 2002 και 21ης Απριλίου 2004 αντίστοιχα» σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής 2010/23/ΕΕ της 31ης Μαρτίου 2010 «για την τροποποίηση της οδηγίας 97/68/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα ληπτέα μέτρα κατά της εκπομπής αερίων και σωματιδιακών ρύπων προερχομένων από κινητήρες εσωτερικής καύσης που τοποθετούνται σε μη οδικά κινητά μηχανήματα

Υ.Α. Η.Π. 14122/549/Ε. 103/2011 (ΦΕΚ 488/Β' 30.3.2011)

Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής ένωσης της 21ης Μαΐου 2008»

Π.Δ. 14/2011 (ΦΕΚ 29/Α` 2.3.2011)

Αποδοχή τροποποιήσεων στα Παραρτήματα VI του Πρωτοκόλλου του 1997 το οποίο τροποποιεί την Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από πλοία, 1973 όπως τροποποιήθηκε από το Πρωτόκολλο του 1978 που σχετίζεται με αυτή (Αναθεωρημένα Παραρτήματα VI της Δ.Σ. MARPOL 73/78)

Υ.Α. Η.Π. 57495/2959/Ε103/2010 (ΦΕΚ 2030/Β` 29.12.2010)

Τροποποίηση της υπ' αριθ. 54409/2632/2004 ΚΥΑ «Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/87/ΕΚ κλπ» (1931/Β), όπως ισχύει, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/101/ΕΚ «για την τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ ώστε να ενταχθούν οι αεροπορικές δραστηριότητες στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Νοεμβρίου 2008 καθώς και με τις διατάξεις των παραγράφων 10 και 13 του άρθρου 1 της οδηγίας 2009/29/ΕΚ «για τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009»

Υ.Α. οικ. 20232/2010 (ΦΕΚ 745/Β` 31.5.2010)

Ρύθμιση θεμάτων τεχνικού ή λεπτομερειακού χαρακτήρα για την ίδρυση και λειτουργία κέντρων αποτέφρωσης νεκρών

Αποφ. /2010 (ΦΕΚ 606/Β` 7.5.2010)

Έγκριση αναθεώρησης του Κανονισμού Οργάνωσης και Λειτουργίας του Τμήματος Περιβαλλοντικών Ευκολιών

Υ.Α. Η.Π. 52115/2970/Ε103/2008 (ΦΕΚ 2575/Β` 19.12.2008)

Έγκριση Εθνικού Σχεδίου Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΣΚΔΕ) αερίων θερμοκηπίου περιόδου 2008-2012, σύμφωνα με το άρθρο 7 της υπ αριθμ. 54409/2632/2004 κοινής υπουργικής απόφασης «Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/87/ΕΚ.....κ.λπ.» (Β/1931)» και σε συμμόρφωση με το άρθρο 11 (παρ. 2) της οδηγίας 2003/87/ΕΚ του Συμβουλίου της 31ης Δεκεμβρίου 2003 και άλλες συναφείς διατάξεις

Υ.Α. Η.Π. 33437/1904/Ε103/2008 (ΦΕΚ 1634/Β` 14.8.2008)

Έγκριση Εθνικού Προγράμματος Μείωσης των Εκπομπών στην ατμόσφαιρα, ορισμένων ρύπων, από υφιστάμενες μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, σύμφωνα με το άρθρο 4 (παραγ. Γ εδ. 8) της υπ. αριθ. Η.Π. 29457/1511/2005 - Καθορισμός μέτρων και όρων για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων που προέρχονται από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2001/80/ΕΚ «για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων από μεγάλες εγκαταστάσεις», του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2001 (992/Β)

Υ.Α. Η.Π. 14849/853/Ε 103/2008 (ΦΕΚ 645/Β` 11.4.2008)

Τροποποίηση των υπ' αριθμ. 33318/3028/1998 κοινών υπουργικών αποφάσεων (1289/Β) και υπ' αριθμ. 29459/1510/2005 κοινών υπουργικών αποφάσεων (992/Β), σε συμμόρφωση με διατάξεις της οδηγίας 2006/105 του Συμβουλίου της 20ης Νοεμβρίου 2006 της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Υ.Α. 37411/1829/Ε103/2007 (ΦΕΚ 1827/Β` 11.9.2007)

Καθορισμός αρμόδιων αρχών, μέτρων και διαδικασιών για την εφαρμογή του Κανονισμού (ΕΚ) υπ' αριθμ. 2037/2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Ιουνίου 2000 «για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος», όπως τροποποιημένος ισχύει

Υ.Α. Η.Π. 22306/1075/Ε103/2007 (ΦΕΚ 920/Β` 8.6.2007)

Καθορισμός τιμών – στόχων και ορίων εκτίμησης των συγκεντρώσεων του αρσενικού, του καδμίου, του υδραργύρου, του νικελίου και των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων στον ατμοσφαιρικό αέρα, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2004/107/ΕΚ «Σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα» του Συμβουλίου της 15ης Δεκεμβρίου 2004 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων»

Υ.Α. 37353/2375/2007 (ΦΕΚ 543/Β` 18.4.2007)

Προσαρμογή της Ελληνικής νομοθεσίας προς τις διατάξεις της οδηγίας 2005/553/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 28ης Σεπτεμβρίου 2005 «περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά των εκπομπών αερίων και σωματιδιακών ρύπων από τους κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση που χρησιμοποιούνται σε οχήματα, καθώς και κατά των εκπομπών αερίων ρύπων από κινητήρες επιβαλλόμενης ανάφλεξης που τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο ή υγραέριο και χρησιμοποιούνται σε οχήματα», καθώς και των οδηγιών

2005/78/ΕΚ της Επιτροπής της 14ης Νοεμβρίου 2005 που τροποποιεί τα παραρτήματα I, II, III, IV και VI της οδηγίας 2005/55/ΕΚ και 2006/51/ΕΚ της 6ης Ιουνίου 2006 που τροποποιεί το παράρτημα I της οδηγίας 2005/55/ΕΚ και το παράρτημα IV της οδηγίας 2005/78/ΕΚ

Υ.Α. Η.Π. 9267/468/2007 (ΦΕΚ 286/Β` 2.3.2007)

Τροποποίηση της υπ αριθμ. 54409/2632/2004 κοινής υπουργικής απόφασης (1931/Β), σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2004/101/ΕΚ «για την τροποποίηση της οδηγίας 203/87/ΕΚ σχετικά με την θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας, όσον αφορά τους μηχανισμούς έργων του πρωτοκόλλου του Κιότο» του Συμβουλίου της 27ης Οκτωβρίου 2004

Υ.Α. Δ13/0/121/2007 (ΦΕΚ 53/Β` 24.1.2007)

Μέτρα κατά της εκπομπής αερίων και σωματιδιακών ρύπων προερχόμενων από κινητήρες εσωτερικής καύσης που τοποθετούνται σε μη οδικά κινητά μηχανήματα σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 97/68/ΕΚ όπως τροποποιήθηκε από τις οδηγίες 2001/63/ΕΚ, 2002/88/ΕΚ και 2004/26/ΕΚ του Συμβουλίου της 17ης Αυγούστου 2001, της 9ης Δεκεμβρίου 2002 και της 21ης Απριλίου 2004 αντίστοιχα

Υ.Α. 437/2005/2006 (ΦΕΚ 1641/Β` 8.11.2006)

Εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την οδηγία 2004/42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Απριλίου 2004 όσον αφορά στον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε χρώματα διακόσμησης και βερνίκια και σε προϊόντα επαναβαφής (επισκευαστικής βαφής) αυτοκινήτων και για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/13/ΕΚ

Υ.Α. 36028/1604/2006 (ΦΕΚ 1216/Β` 1.9.2006)

Έγκριση Εθνικού Σχεδίου Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΣΚΔΕ) αερίων θερμοκηπίου περιόδου 2005 –2007, σύμφωνα με το άρθρο 7 της υπ αριθμ. 54409/2632/2004 κοινής υπουργικής απόφασης «Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/87/ΕΚκλπ» (1931/Β)» και σε συμμόρφωση με το άρθρο 11 (παρ. 1) της οδηγίας 2003/87/ΕΚ του Συμβουλίου της 31ης Δεκεμβρίου 2003»

Υ.Α. 16702/1285/2006 (ΦΕΚ 892/Β` 12.7.2006)

Προσαρμογή της Ελληνικής νομοθεσίας προς τις διατάξεις της οδηγίας 2005/21/ΕΚ της Επιτροπής της 7ης Μαρτίου 2005 για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 72/306/ΕΟΚ του Συμβουλίου για προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται κατά της εκπομπής ρύπων από τους πετρελαιοκινητήρες των οχημάτων»

N. 3425/2005 (ΦΕΚ 306/Α` 13.12.2005)

Κύρωση των τροποποιήσεων που έγιναν στο Μόντρεαλ στις 15-17 Σεπτεμβρίου 1997 και στο Πεκίνο στις 29 Νοεμβρίου – 3 Δεκεμβρίου 1999, του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ του 1987, που κυρώθηκε με το ν. 1818/1988 (253/Α), σχετικά με τις ουσίες που καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος

Υ.Α. Η.Π. 38638/2016/2005 (ΦΕΚ 1334/Β` 21.9.2005)

Οριακές και κατευθυντήριες τιμές για τις συγκεντρώσεις όζοντος στον ατμοσφαιρικό αέρα, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2002/3/ΕΚ «σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα» του Συμβουλίου της 12ης Φεβρουαρίου 2002 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

Διορθ. Σφ. /2005 (ΦΕΚ 1131/Β` 11.8.2005)

Διόρθωση σφάλματος στην κυα 29459/1510/8.7.2005 (ΦΕΚ 992/Β/14.7.2005)

Υ.Α. 4113.206/01/2005/2005 (ΦΕΚ 1118/Β` 8.8.2005)

Καθορισμός του τύπου του Διεθνούς Πιστοποιητικού Πρόληψης Ρύπανσης του Αέρα

Υ.Α. Η.Π. 29457/1511/2005 (ΦΕΚ 992/Β` 14.7.2005)

Καθορισμός μέτρων και όρων για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων που προέρχονται από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2001/80/ΕΚ «για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων από μεγάλες εγκαταστάσεις», του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2001

Υ.Α. 22912/1117/2005 (ΦΕΚ 759/Β` 6.6.2005)

Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων

Υ.Α. Η.Π. 54409/2632/2004 (ΦΕΚ 1931/Β` 27.12.2004)

Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/87/ΕΚ «σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου» του Συμβουλίου της 13ης Οκτωβρίου 2003 και άλλες διατάξεις

Υ.Α. 74379/3650/2004 (ΦΕΚ 1694/Β` 16.11.2004)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2003/76/ΕΚ της Επιτροπής της 11ης Αυγούστου 2003 που τροποποίησε την οδηγία 70/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου όπως ισχύει σήμερα, σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από εκπομπές προερχόμενες από οχήματα με κινητήρα

Υ.Α. Α.Η.Π. 9238/332/2004 (ΦΕΚ 405/Β` 27.2.2004)

Οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε βενζόλιο και μονοξείδιο του άνθρακα

Υ.Α. 351/2003 (ΦΕΚ 1383/Β` 9.9.2004)

Τροποποίηση της ΑΧΣ 340/00 απόφασης (ΦΕΚ 222/Β/6-3-01) «Εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας προς την οδηγία 99/32/ΕΚ του Συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999, σχετικά με τη μείωση της περιεκτικότητας ορισμένων υγρών καυσίμων σε θείο και για την τροποποίηση της οδηγίας 93/12/ΕΟΚ»

Υ.Α. 30408/1491/2003 (ΦΕΚ 1054/Β` 29.7.2003)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2002/80/ΕΚ για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ όπως ισχύει σήμερα, σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από εκπομπές προερχόμενες από μηχανοκίνητα οχήματα

Υ.Α. οικ. 32957/1585/2003 (ΦΕΚ 796/Β` 19.6.2003)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2002/51/ΕΚ, για την μείωση του επιπέδου ρυπαντικών εκπομπών των δίκυκλων και τρίκυκλων οχημάτων με κινητήρα και την τροποποίηση της κ.υ.α. 22529/1883/98 (Β/956) με την οποία ενσωματώθηκε στην εθνική νομοθεσία η οδηγία 97/24ΕΚ

Υ.Α. Δ13ε/4056/2003 (ΦΕΚ 592/Β` 14.5.2003)

Τροποποίηση της κ.υ.α Δ13ε/9321/88 «μέτρα κατά της εκπομπής αερίων και σωματιδιακών ρύπων, προερχομένων από κινητήρες εσωτερικής καύσης που τοποθετούνται σε μη οδικά κινητά μηχανήματα σε συμμόρφωση προς την οδηγία 2001/63/ΕΚ της Επιτροπής

Π.Υ.Σ. 5/2003 (ΦΕΚ 58/Α` 5.3.2003)

Έγκριση Εθνικού Προγράμματος μείωσης εκπομπών αερίων φαινομένου θερμοκηπίου (2000- 2010) σύμφωνα με το άρθρο 3 παρ. 3 του ν. 3017/02 (117/Α)

Υ.Α. 8407/395/2002 (ΦΕΚ 1368/Β` 24.10.2002)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2001/100/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 7ης Δεκεμβρίου 2001 «για την τροποποίηση της Οδηγίας 70/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου σχετικά με μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά της ρύπανσης του αέρα από τις εκπομπές των μηχανοκίνητων οχημάτων»

Υ.Α. Η.Π.: 11641/1942/2002 (ΦΕΚ 832/Β` 2.7.2002)

Μέτρα και όροι για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ) που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε ορισμένες δραστηριότητες και εγκαταστάσεις

Π.Υ.Σ. 34/2002 (ΦΕΚ 125/Α` 5.6.2002)

Οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου

Υ.Α. 10689/523/2002 (ΦΕΚ 408/Β` 4.4.2002)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2001/1/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Ιανουαρίου 2001 «για την τροποποίηση της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου σχετικά με μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά της ρύπανσης του αέρα από τις εκπομπές των μηχανοκίνητων οχημάτων

Υ.Α. 78106/3443/01/2002 (ΦΕΚ 118/Β` 1.2.2002)

Τροποποίηση της 81160/861/91 κοινής υπουργικής απόφασης όπως ισχύει, και συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2001/27/ΕΚ της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 10ης Απριλίου 2001 «για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 88/77/ΕΟΚ του Συμβουλίου, σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά των εκπομπών αερίων και σωματιδιακών ρύπων από τους κινητήρες ανάφλεξης με

συμπύεση που χρησιμοποιούνται σε οχήματα, καθώς και κατά των εκπομπών αερίων ρύπων από κινητήρες επιβαλλόμενης ανάφλεξης που τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο ή υγραέριο και χρησιμοποιούνται σε οχήματα

Υ.Α. 50050/2044/2000 (ΦΕΚ 1076/Β` 30.8.2000)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 1999/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Δεκεμβρίου 1999, σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά των εκπομπών αερίων και σωματιδιακών ρύπων από τους κινητήρες ανάφλεξης με συμπύεση που χρησιμοποιούνται σε οχήματα, καθώς και κατά των εκπομπών αερίων ρύπων από κινητήρες επιβαλλόμενης ανάφλεξης που τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο ή υγραέριο και χρησιμοποιούνται σε οχήματα, και σχετικά με την τροποποίηση της οδηγίας 88/77/ΕΟΚ

Υ.Α. 3261/128/2000 (ΦΕΚ 1049/Β` 25.8.2000)

Συμμόρφωση προς διατάξεις Οδηγίας 1999/102 της Επιτροπής της 15ης Δεκεμβρίου 1999 σχετικά με την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου όσον αφορά τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά της ρύπανσης του αέρα από τις εκπομπές των οχημάτων με κινητήρα

Υ.Α. 37791/1536/2000 (ΦΕΚ 862/Β` 12.7.2000)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 99/100/ΕΚ της Επιτροπής της 15ης Δεκεμβρίου 1998 «για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 80/1268/ΕΟΚ του Συμβουλίου σχετικά με το εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα και την κατανάλωση καυσίμων των μηχανοκίνητων οχημάτων

Υ.Α. 4241/769/2000 (ΦΕΚ 239/Β` 1.3.2000)

Επιβολή περιορισμών στο είδος των χρησιμοποιούμενων καυσίμων στην περιοχή του Ιστορικού Κέντρου της Αθήνα

Υ.Α. 4179/346/2000 (ΦΕΚ 182/Β` 17.2.2000)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 98/69/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13ης Οκτωβρίου 1998 «για την τροποποίηση της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τις εκπομπές οχημάτων με κινητήρα

Αποφ. οικ. 3277/209/2000 (ΦΕΚ 180/Β` 17.2.2000)

Καθορισμός γενικών αρχών και αρμόδιων υπηρεσιών για εκτίμηση και διαχείριση ποιότητας αέρα του περιβάλλοντος

Υ.Α. 5535/459/1999 (ΦΕΚ 370/Β` 13.4.1999)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 98/77/ΕΚ της Επιτροπής της 22ας Οκτωβρίου 1998 για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της Οδηγίας 70/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών όσον αφορά τα μέτρα που επιβάλλεται να ληφθούν για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από εκπομπές μηχανοκίνητων οχημάτων

Υ.Α. οικ. 35212/3028/1998 (ΦΕΚ 1330/Β` 31.12.1998)

Ταξινόμηση βυτιοφόρων οχημάτων αναφορικά με την τεκμηρίωση καταλληλότητας του εξοπλισμού τους όσον αφορά τη φόρτωση από τον πυθμένα, τη συλλογή των ατμών οργανικών πτητικών ουσιών Volatile Organic Compounds - VOC και την προστασία τους από υπερπλήρωση

Υ.Α. Δ13ε/9321/1998 (ΦΕΚ 1218/Β` 30.11.1998)

Μέτρα κατά της εκπομπής αερίων και σωματιδιακών ρύπων, προερχομένων από κινητήρες εσωτερικής καύσης που τοποθετούνται σε μη οδικά κινητά μηχανήματα

Υ.Α. 21475/4707/1998 (ΦΕΚ 880/Β` 19.8.1998)

Περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

Αποφ. Φ.0546/20/ΑΣ 342/Μ.4785/1998 (ΦΕΚ 121/Α` 5.6.1998)

Ανακοίνωση για θέση σε ισχύ πρωτοκόλλου της Συμβάσεως του 1979 περί της διασυνοριακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλη απόσταση σχετικά με τον έλεγχο εκπομπών οξειδίων του αζώτου ή των διασυνοριακών ροών τους. Σόφια 31-10-1988

Ν. 2543/1997 (ΦΕΚ 252/Α` 15.12.1997)

Κύρωση του Πρωτοκόλλου της Σύμβασης 1979 περί της διασυνοριακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλη απόσταση σχετικά με τον έλεγχο των εκπομπών οξειδίων του αζώτου ή των διασυνοριακών ροών τους

Ν. 2542/1997 (ΦΕΚ 251/Α` 15.12.1997)

Κύρωση του Πρωτοκόλλου της Σύμβασης 1979 περί της διασυνοριακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλη απόσταση σχετικά με την περαιτέρω μείωση εκπομπών θείου

Υ.Α. 17884/1368/1997 (ΦΕΚ 934/Β` 22.10.1997)

Προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας προς την οδηγία 97/20/ΕΚ της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 18ης Απριλίου 1997 «για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 72/306/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται κατά της εκπομπής ρύπων από τους πετρελαιοκινητήρες των οχημάτων

Υ.Α. 23292/7192/1997 (ΦΕΚ 669/Β` 8.8.1997)

Ανάθεση έργων με συμβάσεις σε είκοσι (20) άτομα διαφόρων ειδικοτήτων, διάρκειας οκτώ (8) μηνών

Υ.Α. οικ. 10245/713/1997 (ΦΕΚ 311/Β` 16.4.1997)

Μέτρα και όροι για τον έλεγχο των εκπομπών πτητικών οργανικών ουσιών (VOC) που προέρχονται από την αποθήκευση βενζίνης και την διάθεση της από τις τερματικές εγκαταστάσεις στους σταθμούς διανομής καυσίμων

Υ.Α. 38377/3077/1997 (ΦΕΚ 201/Β` 17.3.1997)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 96/69/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8ης Οκτωβρίου 1996 «για την τροποποίηση της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα μέτρα ρύπανσης του αέρα από τις εκπομπές οχημάτων με κινητήρα»

Π.Υ.Σ. 11/1997 (ΦΕΚ 19/Α` 19.2.1997)

Μέτρα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από το όζον

Υ.Α. 29086/2294/1996 (ΦΕΚ 1193/Β` 31.12.1996)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 96/44/ΕΚ της Επιτροπής της 1ης Ιουλίου 1996 «για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 70/220/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τα προς λήψη μέτρα κατά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τις εκπομπές μηχανοκίνητων οχημάτων

Υ.Α. οικ. 85395/8153/1996 (ΦΕΚ 663/Β` 1.8.1996)

Ανάθεση έργων από το ΥΠΕΧΩΔΕ με συμβάσεις σε είκοσι δύο (22) άτομα διαφόρων ειδικοτήτων, διάρκειας οκτώ (8) μηνών

Υ.Α. οικ. 76802/1033/1996 (ΦΕΚ 596/Β` 19.7.1996)

Τροποποίηση και συμπλήρωση της 58751/2370/93 κοινής υπουργικής απόφασης «καθορισμός μέτρων και όρων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης (264/B)»

Υ.Α. οικ. 18611/1393/1996 (ΦΕΚ 465/Β` 18.6.1996)

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 96/1/ΕΟΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 22ας Ιανουαρίου 1996 «για την τροποποίηση της οδηγίας 88/77/ΕΟΚ για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών-μελών σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά των εκπομπών αερίων και σωματιδιακών ρύπων από πετρελαιοκινητήρες προοριζόμενους να τοποθετηθούν σε οχήματα

Υ.Α. 31780/2522/1995 (ΦΕΚ 912/Β` 6.11.1995)

Συμπλήρωση της κ.υ.α 33976/3189/93 (822/Β) με την οποία τροποποιήθηκε η κ.υ.α 28433/2448/92 (542/Β) που αφορά τα μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων των οχημάτων με κινητήρα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 93/59/ΕΕ του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 28ης Ιουνίου 1993

Υ.Α. Φ 42/60741/1028/1995 (ΦΕΚ 262/Β` 7.4.1995)

Τροποποίηση και συμπλήρωση της 28433/2448/92 (542/Β) κοινής απόφασης των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και Μεταφορών και Επικοινωνιών

Υ.Α. οικοθ. 6765/511/1995 (ΦΕΚ 194/Β` 21.3.1995)

Τροποποίηση της κ.υ.α 28433/2448/92 (542/Β) όπως τροποποιήθηκε από την κ.υ.α 33976/3189/93 (822/Β) των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και Μεταφορών και Επικοινωνιών που αφορά τα μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων των οχημάτων με κινητήρα σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 94/12/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Μαρτίου 1994

Υ.Α. Φ.0546/31/ΑΣ 7/Μ.4080/1995 (ΦΕΚ 23/Α` 7.2.1995)

Ανακοίνωση για τη θέση σε ισχύ ως προς τη χώρας μας της τροποποίησης του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ του 1987 σχετικό με τις ουσίες που καταστρέφουν την στοιβάδα του όζοντος (Λονδίνο, 29.7.1990)

Υ.Α. 8742/524/1994 (ΦΕΚ 512/Β` 4.7.1994)

Προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο της οδηγίας 80/1268/ΕΟΚ του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων σχετικά με το εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα και την κατανάλωση καυσίμων των οχημάτων με κινητήρα

Υ.Α. Οικ. 33976/3189/1993 (ΦΕΚ 822/Β` 8.10.1993)

Τροποποίηση της Υ-28433/2448/2.7.1992 απόφασης των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και Μεταφορών και Επικοινωνιών (ΦΕΚ 542/Β) που αφορά τα μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων των οχημάτων με κινητήρα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 93/59/ΕΟΚ του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 28ης Ιουνίου 1993

Υ.Α. ΑΠ. οικ. 82805/2224/1993 (ΦΕΚ 699/Α` 9.9.1993)

Καθορισμός μέτρων και όρων για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από εγκαταστάσεις καύσης αστικών αποβλήτων

Κ.Υ.Α οικοθεν 11824/1993 (ΦΕΚ 369/Β` 24.5.1993)

Έκτακτα μέτρα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Πρωτεύουσας

Υ.Α. οικ. 10315/1993 (ΦΕΚ 369/Β` 24.5.1993)

Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανσης κτιρίων και νερού

Υ.Α. οικοθεν 11535/1993 (ΦΕΚ 328/Β` 6.5.1993)

Επιτρεπόμενα είδη καυσίμων στις βιομηχανικές, βιοτεχνικές και συναφείς εγκαταστάσεις στους αποτεφρωτήρες νοσηλευτικών μονάδων και μέτρα για τις ανοικτές εστίες καύσης

Υ.Α. 58751/2370/1993 (ΦΕΚ 264/Β` 15.4.1993)

Καθορισμός μέτρων και όρων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης

Υ.Α. οικοθεν 11294/1993 (ΦΕΚ 264/Β` 15.4.1993)

Όροι λειτουργίας και επιτρεπόμενα όρια εκπομπών αερίων αποβλήτων από βιομηχανικούς λέβητες, ατμογεννήτριες, ελαιόθερμα και αερόθερμα που λειτουργούν με καύσιμο μαζούτ, ντίζελ ή αέριο

Ν. 2110/1992 (ΦΕΚ 206/Α` 29.12.1992)

Κύρωση της από 29 Ιουνίου 1990 τροποποίησης του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ του 1987 που κυρώθηκε με το ν. 1818/88, σχετικά με τις ουσίες που καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος

Υ.Α. 28433/2448/1992 (ΦΕΚ 542/Β` 28.8.1992)

Μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων οχημάτων με κινητήρα σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις των οδηγιών 99/76/ΕΟΚ, 88/436/ΕΟΚ, 89/458/ΕΟΚ, 89/491/ΕΟΚ και 91/441/ΕΟΚ

Υ.Α. 28432/2447/1992 (ΦΕΚ 536/Β` 25.8.1992)

Μέτρα για τον περιορισμό της εκπομπής αερίων και σωματιδιακών ρύπων από κινητήρες ντήζελ προοριζόμενους να τοποθετηθούν σε οχήματα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις των οδηγιών 88/77/ΕΟΚ και 91/542/ΕΟΚ

Ν. 2052/1992 (ΦΕΚ 94/Α` 5.6.1992)

Μέτρα για την αντιμετώπιση του νέφους και πολεοδομικές ρυθμίσεις

Υ.Α. οικ. 81400/860/1991 (ΦΕΚ 575/Β` 25.7.1991)

Μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων από βενζινοκινητήρες προοριζόμενους να τοποθετηθούν σε οχήματα σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 88/76/ΕΟΚ, 88/436/ΕΟΚ, 89/458/ΕΟΚ, 89/401/ΕΟΚ

Υ.Α. 81160/861/1991 (ΦΕΚ 574/Β` 25.7.1991)

Μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων από ντηζελοκινητήρες προοριζόμενους να τοποθετηθούν σε οχήματα σε συμμόρφωση με την οδηγία 88/77/ΕΟΚ του Συμβουλίου 3ης Δεκεμβρίου 1987 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

Υ.Α. οικ. 11166/1991 (ΦΕΚ 310/Β` 8.5.1991)

Τροποποίηση του άρθρου 2 της 57520/4535 Υπουργικής απόφασης «Εργασίες συντήρησης, όροι λειτουργίας και καθορισμός καυσίμου γι τις εστίες καύσης αρτοκλιβάνων» (597/Β)

Υ.Α. 8243/1113/1991 (ΦΕΚ 138/Β` 8.3.1991)

Καθορισμός μέτρων και μεθόδων για την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από εκπομπές αμιάντου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ 2001 - 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

ΕΤΗΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ 2001 - 2021																			
O3				SO2				NO2				NO				CO			
	ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΠΕΙ		ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΠΕΙ		ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΠΕΙ		ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΠΕΙ		ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΠΕΙ
2001	20	34	24	2001	24	13	18	2001	95	79	68	2001	122	73	52	2001	3,6	2,5	1,7
2002	19	40	43	2002	32	14	26	2002	92	73	65	2002	132	75	54	2002	3,3	2,5	1,6
2003	20	54	53	2003	43	12	32	2003	83	61	54	2003	110	57	59	2003	2,9	2,1	1,4
2004	17	39	25	2004	21	10	13	2004	88	64	64	2004	133	64	56	2004	2,9	2,1	1,1
2005	18	34	20	2005	22	10	12	2005	89	62	66	2005	137	58	51	2005	2,7	1,9	1,5
2006	19	31	43	2006	21	10	20	2006	86	59	66	2006	121	57	51	2006	2,5	1,9	1,3
2007	19	28	39	2007	20	9	24	2007	100	67	72	2007	125	56	53	2007	2,4	1,7	1,2
2008	20	30	43	2008	26	5	17	2008	92	63	60	2008	115	54	47	2008	2,0	1,6	1,0
2009	24	32	38	2009	14	6	14	2009	91	66	71	2009	122	53	43	2009	1,5	1,5	1,0
2010	23	33	43	2010	8	6	8	2010	83	44	46	2010	109	52	32	2010	1,6	1,3	0,9
2011	28	36	42	2011	8	11	10	2011	73	57	44	2011	82	55	32	2011	1,6	1,4	1,0
2012	24	38	41	2012	7	7	10	2012	64	51	41	2012	77	42	35	2012	1,5	1,3	0,8
2013	25	37	33	2013	7	7	10	2013	52	43	36	2013	83	41	40	2013	1,4	1,3	0,8
2014	20	34	35	2014	8	6	14	2014	53	41	33	2014	82	40	51	2014	1,5	1,2	0,9
2015	26	35	33	2015	7	7	11	2015	67	41	52	2015	83	54	59	2015	1,3	1,2	0,8
2016	18	37	24	2016	4	5	8	2016	70	32	64	2016	81	39	54	2016	1,4	0,7	0,8
2017	19	41	35	2017	6	7	10	2017	78	33	62	2017	88	55	54	2017	1,3	0,7	
2018	17	40	40	2018	9	4	10	2018	71	44	63	2018	77	44	50	2018	1,2	0,5	0,8
2019	14	32	37	2019	8	4	10	2019	73	40	63	2019	73	36	53	2019	1,3	0,5	0,5
2020	22	23	38	2020	8	3	9	2020	68	17	55	2020	65	18	40	2020	0,9	0,4	
2021	20	45	44	2021	6	8	9	2021	70	30	58	2021	65	25	47	2021	1,1	0,4	0,6

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ 2019 – 2021 (σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ 2019												
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστο	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
SO2	-	-	5	6	8	10	8	6	6	11	10	10
O3	9	14	17	15	5	12	16	30	21	8	8	6
CO	-	-	-	-	2	1,8	0,8	0,2	1,1	1,6	1,5	1,8
NO2	63	62	76	74	94	85	83	61	74	76	67	67
ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ 2020												
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστο	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
SO2	16	18	14	4	4	6	4	4	5	6	6	8
O3	9	11	24	40	19	29	42	36	15	7	14	10
CO	1,5	1,1	0,7	0,3	0,9	0,9	0,6	0,6	0,8	1,3	0,9	1
NO2	73	78	62	52	82	80	70	71	71	77	47	48
ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΤΗΣΙΩΝ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ 2021												
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστο	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
SO2	7	4	4	4	6	9	5	5	6	5	7	9
O3	8	13	19	19	12	15	41	33	30	26	14	11
CO	1,3	1,3	1	1,1	1,2	1,2	0,7	0,9	0,9	1	1,4	1,6
NO2	59	65	65	78	82	87	73	78	72	57	65	66

Values: μg/m3

ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ 2019												
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστο	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
SO2	4	4	3	3	4	3	3	2	3	6	5	4
O3	27	29	41	42	30	20	27	56	44	27	22	16
CO	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
NO2	45	48	46	51	45	46	45	45	47	27	20	22
ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ 2020												
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστο	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
SO2	4	3	3	2	2	2	-	-	-	-	-	-
O3	15	22	30	44	21	11	23	18	22	21	23	26
CO	0,7	0,6	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7	0,6	0,5
NO2	30	26	20	14	15	13	13	14	15	18	16	16
ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ 2021												
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστο	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
SO2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	9
O3	25	22	43	60	62	60	67	50	47	38	32	33
CO	0,6	0,7	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-	0,5	0,4
NO2	19	23	25	28	30	31	35	-	45	32	34	36

Values: μg/m3

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ 2019												
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστο	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
SO2	16	-	-	-	13	8	8	6	8	19	10	8
O3	28	30	34	-	42	50	50	57	45	29	24	18
CO	-	-	-	-	0,4	0,2	0,3	0,2	0,4	0,8	0,9	1
NO2	55	-	-	-	70	71	65	60	65	65	58	56
ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ 2020												
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστο	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
SO2	13	13	10	7	7	10	11	12	13	6	5	6
O3	24	32	37	53	50	43	48	45	41	28	30	27
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO2	57	55	51	42	55	59	67	68	57	57	46	44
ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ 2021												
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστο	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
SO2	7	8	8	8	11	9	13	9	6	7	8	6
O3	34	31	47	59	50	53	53	55	49	35	27	30
CO	0,4	0,4	0,3	0,6	0,2	0,6	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9
NO2	44	54	48	55	68	67	74	69	60	51	54	49

Values: μg/m3

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

2019 – 2021

ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ					
YEAR	MONTH	Speed (m/s)	Sector		T (οC)
2019	1	3,14	9	S	9,24
2019	2	4,04	3	NE	10,11
2019	3	3,90	2	NNE	13,72
2019	4	2,91	10	SSW	15,45
2019	5	2,49	10	SSW	20,06
2019	6	3,41	10	SSW	27,11
2019	7	3,42	3	NE	28,54
2019	8	4,36	3	NE	29,62
2019	9	3,40	2	NNE	25,05
2019	10	2,41	3	NE	21,50
2019	11	2,47	3	NE	17,94
2019	12	2,74	2	NNE	12,35
2020	1	2,87	2	NNE	9,48
2020	2	3,00	10	SSW	11,54
2020	3	3,12	3	NE	13,50
2020	4	3,26	2	NNE	15,53
2020	5	2,59	10	SSW	21,39
2020	6	2,78	10	SSW	24,78
2020	7	3,65	3	NE	29,00
2020	8	3,12	3	NE	28,71
2020	9	3,60	2	NNE	26,08
2020	10	2,37	10	SSW	21,04
2020	11	3,65	2	NNE	15,07
2020	12	3,15	3	NE	13,80
2021	1	3,08	9	S	11,94
2021	2	2,76	3	NE	11,87
2021	3	3,20	2	NNE	12,24
2021	4	2,79	10	SSW	15,96
2021	5	2,74	10	SSW	22,58
2021	6	2,36	10	SSW	25,69
2021	7	3,81	3	NE	30,36
2021	8	3,32	10	SSW	30,24
2021	9	3,56	3	NE	24,67
2021	10	3,62	3	NE	18,26
2021	11	3,19	3	NE	16,07
2021	12	3,36	9	S	11,91

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΟΓΛΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

A. Ξενόγλωσση

Brimblecombe P., Air composition and chemistry, Cambridge University Press, second edition, 1996.

Finlayson-Pitts Barbara J. and James N. Pitts, Jr., Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere, Academic Press, 2000.

Fox L. Donald, Boubel W. Richard, Turner D. Bruce and Stern C. Arthur, Fundamentals of Air Pollution. Third Edition. Academic Press, Inc. 530 pp., 1992.

Hobbs Peter V., Basic Physical Chemistry for the Atmospheric Sciences, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

Seinfeld J.H. and S.N. Pandis, Atmospheric Chemistry and Physics, Wiley, New York, 1998.

Wayne R. P., Chemistry of Atmospheres, second edition, Oxford University Press, Oxford, 1991.

Brunekeerf, B., Holgate, S., T. (2002). Air pollution and health. Lancet.

Dongarrà, S., Manno, E., Varrica, D., Lombardo, M., Vultaggio, M. (2010). Study on ambient concentrations of PM₁₀, PM_{10-2.5}, PM_{2.5} and gaseous pollutants. Trace elements and chemical speciation of atmospheric particulates., Atmospheric Environment

European Union (2008). Directive 2008/50/EC of the European Parliament and the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Official Journal L 152, 11/06/2008

Newell. R.,E., Reichle, H., G., Seiler, W. (1989). Carbon monoxide and the burning earth. Scientific American,

Ormrod, D., P. (1984). Impact of trace element pollution on plants. In: Treshow M, ed. Air Pollution and Plant Life. Wiley: Chichester

Querol, X., Alastuey, A., Viana, M.M., Rodriguez, S., Artiñano B., Salvador P., Garcia do Santos, S., Fernandez Patier, R., Ruiz, C.R., de la Rosa, J., Sanchez de la Campa, A., Menendez, M., Gil, J.I. (2004) Speciation and origin of PM₁₀ and PM_{2.5} in Spain.

Boubel, R.W., Vallero, D., Fox, D.L., Turner, B., Stern, A.C., 2013, Fundamentals of Air Pollution. Elsevier Science.

Field, B., Field, M., 2012, Environmental Economics: Sixth Edition.

B. Ελληνική

Δάρας Τ. Σύψας Π., Πιθανότητες και Στατιστική – Θεωρία και εφαρμογές Εκδόσεις Ζήτη 2010

Λαζαρίδης Μιχάλης, Ατμοσφαιρική Ρύπανση με στοιχεία Μετεωρολογίας, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2020.

Γεντεκάκης Ιωάννης Β., Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Επιπτώσεις, Έλεγχος και Εναλλακτικές τεχνολογίες, , Εκδόσεις Κλειδάριθμος Αθήνα, 2010.

Κουιμτζή Θ., Φυτιανού Κ., Σαμαρά Κ., Χημεία περιβάλλοντος, , University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1998.

Καραθανάσης Σταύρος, Ατμοσφαιρική Ρύπανση – Ορισμός, επιπτώσεις, πηγές από βιομηχανικές & βιοτεχνικές δραστηριότητες, τεχνολογία αντιμετώπισης, νομοθεσία, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2006.

Καραθανάσης Σταύρος, Ατμοσφαιρική Ρύπανση – Φωτοχημικά μοντέλα ποιότητας αέρα, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2007.

Μελάς Δημήτριος, 1997: Διασπορά Αερίων Ρύπων, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 52 σ., 1997.

Ζερεφός, Χρήστος, Μαθήματα Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Φυσικής Περιβάλλοντος, , ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 1984.

Ζάνης, Π. (2014). Σημειώσεις για την Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας, Θεσσαλονίκη.

Ζουριδάκης, Χ. (2016). Μελέτη της ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος στην πόλη της Λάρισας την περίοδο 2001-2013. Πτυχιακή εργασία, ΑΕΙ Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., Πειραιάς.

Λαζαρίδης, Μ. (2008). Ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Μελάς, Δ. (2008). Φυσική ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Α.Π.Θ.

Μπεργελές, Γ. (2010). Πηγές, Διασπορά και Έλεγχος Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα.

Μπινιάρης, Σ. (2004). Το Περιβάλλον – Ρύπανση και Προστασία. Μελέτη.

Φούντη Μ. (2004). Εκπομπές και διαχείριση ρύπων. ΕΜΠ.

Ζάνης, Π., 2014, Σημειώσεις για την ρύπανση και χημεία της ατμόσφαιρας. Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Καλιαμπάκος, Δ., Δαμίγος, Δ., 2008, Οικονομικά του περιβάλλοντος και των υδατικών πόρων:

Σαλεπποτής, Α., 2016, Αποτίμηση της αξίας της βελτίωσης της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στην περιοχή της Κοζάνης, Πολυτεχνικής σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας .Γεν. δ/ση περιβαλλοντικής πολιτικής .Δ/ση κλιματικής αλλαγής & ποιότητας ατμοσφαίρας .Τμήμα ποιότητας της ατμοσφαίρας. Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2022 . (2023)

Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας .Γεν. δ/ση περιβαλλοντικής πολιτικής .Δ/ση κλιματικής αλλαγής & ποιότητας ατμοσφαίρας .Τμήμα ποιότητας της ατμοσφαίρας. Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2021 .(2022)

Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας .Γεν. δ/ση περιβαλλοντικής πολιτικής .Δ/ση κλιματικής αλλαγής & ποιότητας ατμοσφαίρας .Τμήμα ποιότητας της ατμοσφαίρας. Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2020 .(2021)

Υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας .Γεν. δ/ση περιβαλλοντικής πολιτικής .Δ/ση κλιματικής αλλαγής & ποιότητας ατμοσφαίρας .Τμήμα ποιότητας της ατμοσφαίρας. Ετήσια έκθεση ποιότητας της ατμοσφαίρας 2019 .(2020)

Γ. Διαδικτυακοί σύνδεσμοι

Υπουργείο Περιβάλλοντος <https://ypen.gov.gr/>

Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας <https://www.elinyae.gr>

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, www.hnms.gr

European Environmental Agency-www.eea.eu

European Monitoring and Evaluation Program-www.emep.int

Centre on Emission Inventories and Projections-www.ceip.at

Energy Efficiency Indicators in Europe - www.odyssee-indicators.org

United Nations Framework Convention on Climate Change-www.unfccc.int

European Commission - <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/>

International Energy Agency - www.iea.org

The World Bank - www.worldbank.org