



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΕΜ 0162

Επιβλέπων : ΕΥΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Επόπτες :

α) ΣΤΗΜΟΝΙΑΡΗΣ ΑΔΑΜ

β) ΧΑΡΙΣΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΚΟΖΑΝΗ , 01/09/2022



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



**Στην οικογένεια
και τους φίλους μου...
Ευχαριστώ που είστε πάντα εκεί**



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αέρια ρύπανση απασχολεί τους ειδικούς σε όλον τον κόσμο, καθώς επηρεάζει τους ανθρώπους όλων των ηλικιών και εγκυμονεί διάφορους κινδύνους για την υγεία τους. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει θεσπίσει ως το ανώτατο όριο ετήσιας έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$ τα $10mg/m^3$. Σύμφωνα με τον ΠΟΥ περίπου το 99% του παγκόσμιου πληθυσμού ξεπερνάει τα ανώτατα όρια έκθεσης σε ρύπους που έχει θεσπίσει.

Η περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας αποτελεί ιδιαίτερου ενδιαφέροντος καθώς στην περιοχή αυτή βρίσκονται δυο από τα μεγαλύτερα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τα ορυχεία που εξυπηρετούν τα αντίστοιχα εργοστάσια στην Ελλάδα. Είναι γνωστό ότι εργοστάσια καύσης λιγνίτη παράγουν ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων PM και πιο συγκεκριμένα $PM_{2.5}$. Με την χρήση του προγράμματος AirQ+ έγινε εκτενής ανάλυση των επιπτώσεων που έχει η αέρια ρύπανση και πιο συγκεκριμένα τα αιωρούμενα σωματίδια $PM_{2.5}$ στην υγεία των κατοίκων της Δυτικής Μακεδονίας. Ειδικότερα, διερευνήθηκε το ποσοστό των θανάτων από φυσικά αίτια που μπορεί να αποδοθεί στην μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια $PM_{2.5}$ και δημιουργήθηκε η εκτίμηση του επιδημιολογικού αντίκτυπου για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε κατα πόσο επηρεάζεται ο αριθμός των θανόντων από τις αιτίες: οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού, άσθμα και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, καρκίνος του πνεύμονα, ισχαιμική καρδιοπάθεια, εγκεφαλικό επεισόδιο.

Πιο αναλυτικά, διερευνήθηκε το ποσοστό των θανάτων από φυσικά αίτια που μπορεί να αποδοθεί στην μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια $PM_{2.5}$ όταν η συγκέντρωση των σωματιδίων υπερβαίνει τα όρια που προτείνει ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας, στους νομούς Κοζάνης, Φλώρινας και για την Δυτική Μακεδονία συνολικά. Η εκτίμηση επίδρασης για το έτος 2017 έδειξε ότι αν η έκθεση σε αέριους ρύπους είχε διατηρηθεί κάτω από το ανώτατο όριο που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας θα είχαν σωθεί 72 ανθρώπινες ζωές για το νομό Κοζάνης, 38 για το νομό Φλώρινας και 159 για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας συνολικά.

Όσον αφορά, τη θνησιμότητα από οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού το πρόγραμμα AirQ+ έδειξε ότι το 33% της συνολικής θνησιμότητας προκλήθηκαν από την έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$. Αντίστοιχα, το 15% των συνολικών θανάτων εξαιτίας του άσθματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας και το 10% των συνολικών θανάτων του καρκίνου του πνεύμονα προκλήθηκε εξαιτίας της μακροχρόνια έκθεσης σε αέριους ρύπους. Επιπλέον, τα περιστατικά θνησιμότητας εξαιτίας της ισχαιμικής καρδιοπάθειας κυμάνθηκαν από 22% έως 5% αναλόγως την ηλικιακή ομάδα και τα περιστατικά θνησιμότητας από εγκεφαλικά επεισόδια κυμάνθηκαν από 17% έως 4%.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ : Αέριοι Ρύποι, Εκτίμηση Κινδύνου, Εκτίμηση Επιδημιολογικού Αντίκτυπου, Δυτική Μακεδονία, AirQ+.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ABSTRACT

Air pollution is of concern to experts around the world, as it affects people of all ages and poses various risks to their health. The World Health Organization has established as the upper limit of annual exposure to PM_{2.5} pollutants 10mg/m³. According to the WHO, approximately 99% of the world's population exceeds the maximum exposure limits to pollutants that it has established.

The region of Western Macedonia is of particular interest as in this region are located two of the largest power plants and the mines that serve the corresponding plants in Greece. It is known that lignite burning plants produce quantities of suspended PM particles and more specifically PM_{2.5}. With the use of the AirQ+ program, an extensive analysis was made of the effects of air pollution, and more specifically the suspended particles PM_{2.5}, on the health of the residents of Western Macedonia. In particular, the percentage of deaths from natural causes attributable to long-term exposure to PM_{2.5} was investigated and the epidemiological impact assessment for the region of Western Macedonia was created. Specifically, it was investigated to what extent the number of deaths is affected by the causes: acute respiratory infections, asthma and chronic obstructive pulmonary disease, lung cancer, ischemic heart disease, stroke.

In more detail, the percentage of deaths from natural causes that can be attributed to long-term exposure to suspended particles PM_{2.5} when the concentration of particles exceeds the limits recommended by the World Health Organization, in the prefectures of Kozani, Florina and for Western Macedonia as a whole, was investigated. The impact assessment for the year 2017 showed that if the exposure to gaseous pollutants had been kept below the upper limit established by the World Health Organization, 72 human lives would have been saved for the prefecture of Kozani, 38 for the prefecture of Florina and 159 for the region of Western Macedonia as a whole.

Regarding mortality from acute respiratory infections, the AirQ+ program showed that 33% of total mortality was caused by exposure to PM_{2.5} pollutants. Accordingly, 15% of all deaths from asthma and chronic obstructive pulmonary disease and 10% of all lung cancer deaths were caused by long-term exposure to air pollutants. In addition, mortality from ischemic heart disease ranged from 22% to 5% by age group, and mortality from stroke ranged from 17% to 4%.

KEYWORDS : Air Pollutants, Risk Assessment, Burden of disease, Western Macedonia, AirQ+



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Λέκτορα κ. Ευαγγελόπουλο Βασίλειο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, επιλέγοντας με για την διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την καθοδήγηση, την κατανόηση και τη βοήθεια που μου παρείχε καθόλη τη διάρκεια. Οι γνώσεις και οι εμπειρίες που αποκόμισα από την άριστη συνεργασία μας θα με συντροφεύουν σε όλη τη μετέπειτα πορεία μου.

Επίσης, ευχαριστώ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, καθηγητή κύριο, Στημονιάρη Αδάμ και καθηγητή κύριο, Χαρισίου Νικόλαο για τις υποδείξεις και παρατηρήσεις τους.

Τέλος ευχαριστώ όλους, όσους στήριξαν την προσπάθεια αυτή.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	7
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	9
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	11
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	13
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	15
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	17
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	21
1.1 Στόχοι	21
1.2. Υπόβαθρο	21
1.3. Τι είναι η εκτίμηση κινδύνου της ανθρώπινης υγείας ;	23
1.4 Υπολογισμός του πληθυσμού που εκτίθεται σε αέριους ρύπους.	26
1.5 Εκτίμηση του κινδύνου της υγείας.	26
1.6 Ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων υγείας.	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	31
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	31
2.1 Γεωγραφική θέση	31
2.2 Φυσικό Περιβάλλον και Κλιματολογικές Συνθήκες της Περιοχής	32
2.3 Οικονομικές Δραστηριότητες	35
2.4 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.	37
2.5 Η καύση του λιγνίτη και η ρύπανση της ατμόσφαιρας.	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	45
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ AirQ+	45
3.1 Εισαγωγή	45
3.2 Σχετικό ρίσκο	48
3.3 Συνάρτηση ενσωματωμένης έκθεσης και αντίδρασης (IER).	49
3.4 Παγκόσμια επιβάρυνση νόσου (GBD).	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	53
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	53
4.1 Περιγραφή δεδομένων	53



4.2 Δημιουργία Εκτίμησης Επίδρασης για τους Νομούς Κοζάνης και Φλώρινας με το Πρόγραμμα AirQ+	55
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ	91
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ	95
ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	96



ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Συνολικές εκσκαφές και παραγωγή λιγνίτη.	38
Σχήμα 2.2: Συγκέντρωση ρύπων PM _{2.5} στην περιοχή και η συσχέτιση με τις μετεωρολογικές συνθήκες.	41
Σχήμα 2.3: Μηνιαία ροδοδιαγράμματα ρύπων για τις συγκεντρώσεις μικροσωματιδίων PM _{2.5} στην Ποντοκόμη.	43
Σχήμα 2.4: Μηνιαία ροδοδιαγράμματα ρύπων για τις συγκεντρώσεις μικροσωματιδίων PM _{2.5} στα Πετρανά.	44
Σχήμα 4.1: Μέση συγκέντρωση ημερήσιων μετρήσεων PM _{2.5} κάθε σταθμού για διάστημα 10 ετών από το 2010 έως το 2021.	55
Σχήμα 4.2: Θάνατοι που θα μπορούσαν να αποφευχθούν από την αέρια ρύπανση στο Νόμο της Κοζάνης.	57
Σχήμα 4.3: Θάνατοι από Φυσικά Αίτια στο νομό Κοζάνης και θάνατοι από Μακροχρόνια έκθεση σε ρύπους PM _{2.5} στο νομό Κοζάνης.	59
Σχήμα 4.4: Θάνατοι που θα μπορούσαν να αποφευχθούν από την αέρια ρύπανση στο Νόμο της Φλώρινας.	60
Σχήμα 4.5: Θάνατοι από Φυσικά Αίτια και Θάνατοι από Μακροχρόνια έκθεση σε ρύπους PM _{2.5} .	62
Σχήμα 4.6: Θάνατοι από Φυσικά Αίτια και Θάνατοι από Μακροχρόνια έκθεση σε ρύπους PM _{2.5} .	64
Σχήμα 4.7: Θάνατοι εξαιτίας οξείων λοιμώξεων του αναπνευστικού και Θάνατοι εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους που προκάλεσαν τις Οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού.	65
Σχήμα 4.8: Θάνατοι εξαιτίας του άσματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας και Θάνατοι εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	66
Σχήμα 4.9: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας του καρκίνου του πνεύμονα και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	67
Σχήμα 4.10: Θάνατοι ανά ηλικιακή ομάδα εξαιτίας της έκθεσης σε PM _{2.5} .	68
Σχήμα 4.11: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	69
Σχήμα 4.12: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	69
Σχήμα 4.13: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	70
Σχήμα 4.14: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	70
Σχήμα 4.15: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	71
Σχήμα 4.16: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	71
Σχήμα 4.17: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	72
Σχήμα 4.18: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	72
Σχήμα 4.19: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	73
Σχήμα 4.20: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	73
Σχήμα 4.21: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	74
Σχήμα 4.22: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	74
Σχήμα 4.23: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	75
Σχήμα 4.24: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	75
Σχήμα 4.25: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	76
Σχήμα 4.26: Θάνατοι ανά ηλικιακή ομάδα εξαιτίας της έκθεσης σε PM _{2.5} .	77
Σχήμα 4.27: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	78
Σχήμα 4.28: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	78
Σχήμα 4.29: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	79
Σχήμα 4.30: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	79
Σχήμα 4.31: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	80
Σχήμα 4.32: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	80
Σχήμα 4.33: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	81
Σχήμα 4.34: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	81
Σχήμα 4.35: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	82
Σχήμα 4.36: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	82
Σχήμα 4.37: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	83
Σχήμα 4.38: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	83
Σχήμα 4.39: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	84
Σχήμα 4.40: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	84
Σχήμα 4.41: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	85
Σχήμα 4.42: Θάνατοι εξαιτίας των νόσων ALRI, COPD, LC και Θάνατοι εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM _{2.5} .	86



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Σχηματική σύγκριση των μεγεθών των PM10 και PM2.5 σε σχέση με μια ανθρώπινη τρίχα και ενός λεπτού κόκκου άμμου.	22
Εικόνα 1.2: Διάγραμμα βημάτων για την εκτίμηση κινδύνου.	25
Εικόνα 2.1 Χάρτης τουρισμού - πολιτισμού - περιβάλλοντος Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας.	33
Εικόνα 2.2: Μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής του λεκανοπεδίου (Στ. Κοζάνης) για το διάστημα 1955-1997 (ΕΜΥ, 1955-1997; Κύρος, 2012).	35
Εικόνα 2.3: Κρόκος Κοζάνης.	36
Εικόνα 2.4: Αμπελώνας της Δυτικής Μακεδονίας.	36
Εικόνα 2.5 Τοποθεσίες Ορυχείων.	39
Εικόνα 3.1: AirQ+ παράθυρο καλωσορίσματος.	46
Εικόνα 3.2. AirQ+ Δημιουργία Νέας Ανάλυσης : Νέα Εκτίμηση Επίδρασης.	47
Εικόνα 3.3: Εξισώσεις που αποδίδουν κάποιον παράγοντα κινδύνου.	50
Εικόνα 3.4:Ποσοστό θανάτων που αποδίδονται σε 10 σημαντικούς παράγοντες κινδύνου στη μελέτη του παγκόσμιου βάρους νόσων.	51
Εικόνα 3.5: Σύνοψη των διαφορών στην μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της επιβάρυνσης στην ανθρώπινη υγεία των δέκα σημαντικότερων παραγόντων της παγκόσμιας επιβάρυνσης νόσων.	52
Εικόνα 4.1: Τοποθεσίες σταθμών στην Δυτική Μακεδονία .	53



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Ο.Τ.Α. Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας.	32
Πίνακας 4.1: Συντεταγμένες και το υψόμετρο κάθε σταθμού.	54



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Χημικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας τη χρονική περίοδο από τον Ιανουάριο του 2022 έως τον Σεπτέμβριο του 2022, υπό την επίβλεψη του Λέκτορα κ. Ευαγγελόπουλου Βασίλειου.

Το θέμα της διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση κινδύνου για την υγεία των πολιτών από την αέρια ρύπανση στη Δυτική Μακεδονία. Η παρούσα διπλωματική εργασία χωρίζεται σε 4 κεφάλαια:

Στο 1ο κεφάλαιο συζητιέται το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο, η εκτίμηση κινδύνου της ανθρώπινης υγείας, ο τρόπος υπολογισμού του πληθυσμού που εκτίθεται σε αέριους ρύπους και η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων υγείας.

Στο 2ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην περιοχή μελέτης και πιο συγκεκριμένα στη γεωγραφική θέση, το φυσικό περιβάλλον και τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, στις οικονομικές δραστηριότητες, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την καύση του λιγνίτη με τη ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Στο 3ο κεφάλαιο αναλύεται η εκτίμηση κινδύνου με το λογισμικό AirQ+, η εισαγωγή του προγράμματος, το σχετικό ρίσκο, η συνάρτηση ενσωματωμένης έκθεσης και αντίδρασης (IER) και η παγκόσμια επιβάρυνση νόσου (GBD).

Στο 4ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εκτίμηση κινδύνου της περιοχής μελέτης, η περιγραφή δεδομένων, η δημιουργία εκτίμησης επίδρασης για τους νομούς Κοζάνης και Φλώρινας με το πρόγραμμα AirQ+ και η εκτίμηση του επιδημιολογικού αντίκτυπου για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας με τη χρήση του προγράμματος AirQ+.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Στόχοι

Η παρούσα εργασία παρέχει μια γενική σκοπιά στην έννοια της ανάλυσης κινδύνου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία καθώς γίνεται εκτίμηση των κινδύνων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία των κατοίκων της Δυτικής Μακεδονίας. Τα παραδείγματα παρουσιάζονται με τρόπο ο οποίος θα αναδείξει πολύπλευρα τα θέματα που θα συζητηθούν. Η εργασία αυτή προετοιμάστηκε με σκοπό να παρουσιαστεί ως Διπλωματική στο Πανεπιστήμιο της Δυτικής Μακεδονίας.

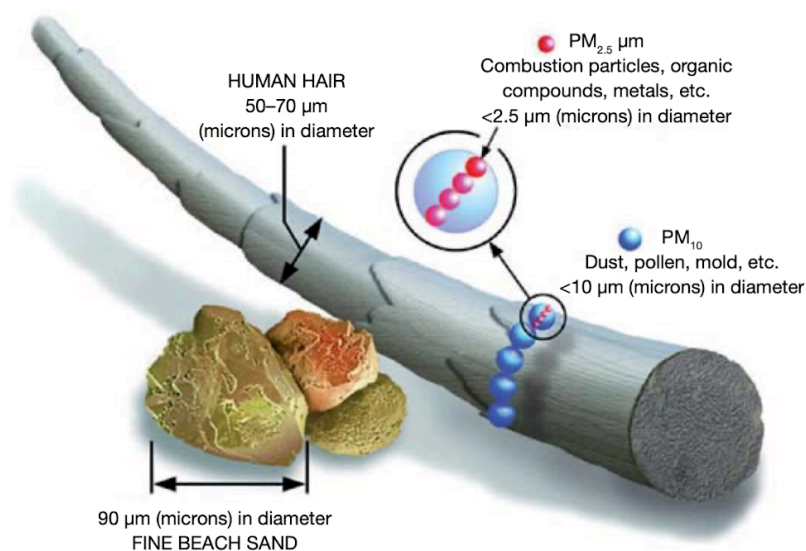
1.2. Υπόβαθρο

Η αέρια ρύπανση είναι καθοριστικός παράγοντας για την υγεία των ανθρώπων. Πληθώρα επιδημιολογικών ερευνών συνέδεσε την ατμοσφαιρική ρύπανση με σοβαρές επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία, όπως ήπιες κλινικά αντιμετωπίσιμες αρρώστιες μέχρι πρόωφο θάνατο. Ορισμένες κατηγορίες ανθρώπων όπως ηλικιωμένοι, παιδιά, έγκυες και άνθρωποι με υποκείμενα νοσήματα, βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο και μπορεί να εμφανίσουν ταχύτερα και πιο επιβλαβή αποτελέσματα από την αέρια ρύπανση. Επιπλέον ορισμένοι άνθρωποι εκτίθενται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αφού κατοικούν σε περιοχές με πολυσύχναστους αυτοκινητοδρόμους ή ανήκουν σε συγκεκριμένες κοινωνικοοικονομικές ομάδες.

Ο αέρας είναι γενικώς ένα πολύπλοκο μείγμα. Οι σοβαρές συνέπειες που παρατηρούνται στην ανθρώπινη υγεία από επιδημιολογικές έρευνες και αποδίδονται σε μεμονωμένους ρύπους είναι πολύ πιθανόν να προέρχονται από διαφορετικούς ρύπους του αέριου μείγματος. Οι αέριοι ρύποι που ερευνώνται συνήθως είναι τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), μαύρος καπνός, όζων (O_3), διοξείδιο του αζώτου (NO_2), μονοξείδιο του αζώτου (NO), διοξείδιο του θείου (SO_2), μονοξείδιο του άνθρακα και βαριά μέταλλα. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται στην συσχέτιση των PM με τις επιδράσεις του ατμοσφαιρικού αέρα στην ανθρώπινη υγεία. Τα PM προέρχονται κυρίως από πρωτογενής εκπομπές (όπως μηχανές εσωτερικής καύσης, από το θαλασσινό αλάτι και το έδαφος λόγω επαναιώρισης) και σχηματίζονται ακόμη από δευτερογενή αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας. Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να χαρακτηριστούν αναλόγως τη διάμετρο τους σε ($PM_{2.5}$) για όσα έχουν μάζα μικρότερη η ίση με $2.5 \mu m$ και σε (PM_{10}) για αυτά με διάμετρο $10 \mu m$. Ακόμη χαρακτηρίζονται αναλόγως το πλήθος των μικροσωματιδίων ή της χημικής σύστασης τους (μαύρος άνθρακας, οργανικές ενώσεις και βαριά μέταλλα). Επιδημιολογικά και τοξικολογικά δεδομένα αποκαλύπτουν ότι η μάζα των μικροσωματιδίων PM ($PM_{2.5}$, PM_{10}) επηρεάζει σε ποικίλα επίπεδα με επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. (WHO Regional Office for Europe, 2013).



Η διαφορά στο μέγεθος, η σύσταση ή τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων μπορούν να αποδοθούν σε συγκεκριμένες πηγές ρύπων. Πιο συγκεκριμένα τα PM_{10} μπορεί να θεωρηθούν ενδεικτικά για τις επιπτώσεις της αιώρησης της σκόνης των αυτοκινητοδρόμων ενώ ο μαύρος άνθρακας είναι ένδειξη ρύπων εκπομπών που προέρχονται από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων (Keuken et al., 2012). Επομένως είναι πολύ σημαντικό σε μια έρευνα εκτίμησης κινδύνου για την υγεία των πολιτών από την αέρια ρύπανση να επιλεγθούν κατάλληλοι ρύποι συνδεδεμένοι άμεσα με τις πηγές ρύπανσης των συγκεκριμένων ομάδων. Τα αιωρούμενα σωματίδια $PM_{2.5}$ εξετάστηκαν εκτενώς σε επιδημιολογικές έρευνες και αποδείχθηκε ότι είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την την ένδειξη ρίσκου έκθεσης σε αιωρούμενα σωματίδια PM από ποικίλες πηγές και πληθώρα περιοχών (Lim et al., 2013). Στην παρακάτω εικόνα γίνεται μια σχηματική σύγκριση των μεγεθών των PM_{10} και $PM_{2.5}$ σε σχέση με μια ανθρώπινη τρίχα και ενός λεπτού κόκκου άμμου (US EPA, 2008).



Source: US EPA, 2008.

Εικόνα 1.1: Σχηματική σύγκριση των μεγεθών των PM_{10} και $PM_{2.5}$ σε σχέση με μια ανθρώπινη τρίχα και ενός λεπτού κόκκου άμμου.

Ενώ έχουν γίνει κολοσσιαίες προσπάθειες για την βελτίωση της ποιότητας του αέρα και έμμεσα της ανθρώπινης υγείας σε πολλά μέρη του κόσμου, τα στοιχεία για δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία συνεχίζουν και βρίσκονται σε επίπεδα υψηλότερα από τα όρια που έχει ορίσει ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας. Επιπλέον η ρύπανση του αέρα είναι ένα πολυσυζητήμενο



πρόβλημα το οποίο αναδύεται όλο και ταχύτερα στην επιφάνεια κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου οι ρύποι αυξάνονται λόγω ελλιπών μέτρων διαχείρισης της ποιότητας αέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση πολλαπλών επεισοδίων χαμηλής ποιότητας αέρα σε αστικές κυρίως περιοχές (Health Effects Institute, 2010). Ποσοτικές εκτιμήσεις της επιβάρυνσης της υγείας εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχουν γίνει πλέον αναγκαίες, με σκοπό να διευκολύνουν τους νομοθέτες να αποφασίσουν και να εφαρμόσουν αποτελεσματικότερες τοπικές, εθνικές και παγκόσμιες νομοθεσίες ώστε να ελαττωθεί η ρύπανση του αέρα. Η εκτίμηση κινδύνου της ρύπανσης του αέρα στην υγεία των ανθρώπων μπορεί να διευκολύνει τους νομοθέτες, καταδεικνύοντας στοχευμένα ερωτήσεις και προβληματισμούς σε σχέση με διάφορες νομοθεσίες. Είναι πλέον γνωστό ότι σε πολλές χώρες απαιτείται η παραπάνω εκτίμηση κινδύνου με σκοπό να παρθεί η οποιαδήποτε απόφαση αφορά νέα προγράμματα, εγχειρήματα, κανονισμούς ή πολιτικές που έχουν στόχο να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα ή την επηρεάζουν έμμεσα. Σε πολλές άλλες χώρες μπορεί να λαμβάνει χώρα ως εργασία ή ερευνητική μελέτη, χωρίς να υπάρχει καμία νομική υποχρέωση (WHO Regional Office for Europe, 2014).

1.3. Τι είναι η εκτίμηση κινδύνου της ανθρώπινης υγείας ;

Ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία μπορεί να οριστεί ως η πηγή ρίσκου για την ανθρώπινη υγεία (Department of Health, 2006). Η ανάλυση κινδύνου είναι η επιστημονική ανάλυση των πιθανών ανεπιθύμητων παρενεργειών στην υγεία των ανθρώπων που προκαλούνται από έκθεση σε συγκεκριμένους κινδύνους. Για την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία είναι η ρύπανση του αέρα .

Η ανάλυση κινδύνου της ρύπανσης του αέρα έχει σκοπό να υπολογίσει τους κινδύνους της μέχρι πρότινος, τωρινής και μελλοντικής έκθεσης σε ρυπασμένο αέρα και να δείξει τα αποτελέσματα νομοθετικών αποφάσεων που σχετίζονται με την έκθεση σε αέριους ρύπους (Department of Health, 2006; HIP, 2014). Η ανάλυση κινδύνου μπορεί να είναι ποσοτική ή ποιοτική. Τα θέματα που εξετάζονται είναι τα εξής : 1) Το σύνολο της αέριας ρύπανσης που υπάρχει τη δεδομένη χρονική στιγμή, όπως οι συγκεντρώσεις των ρύπων, 2) Το ποσοστό της έκθεσης του στοχευμένου πληθυσμού σε ρύπους και 3) Το πόσο επιβλαβής είναι η συγκέντρωση των ρύπων για την ανθρώπινη υγεία και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία του πληθυσμού εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους (WHO, 2010).

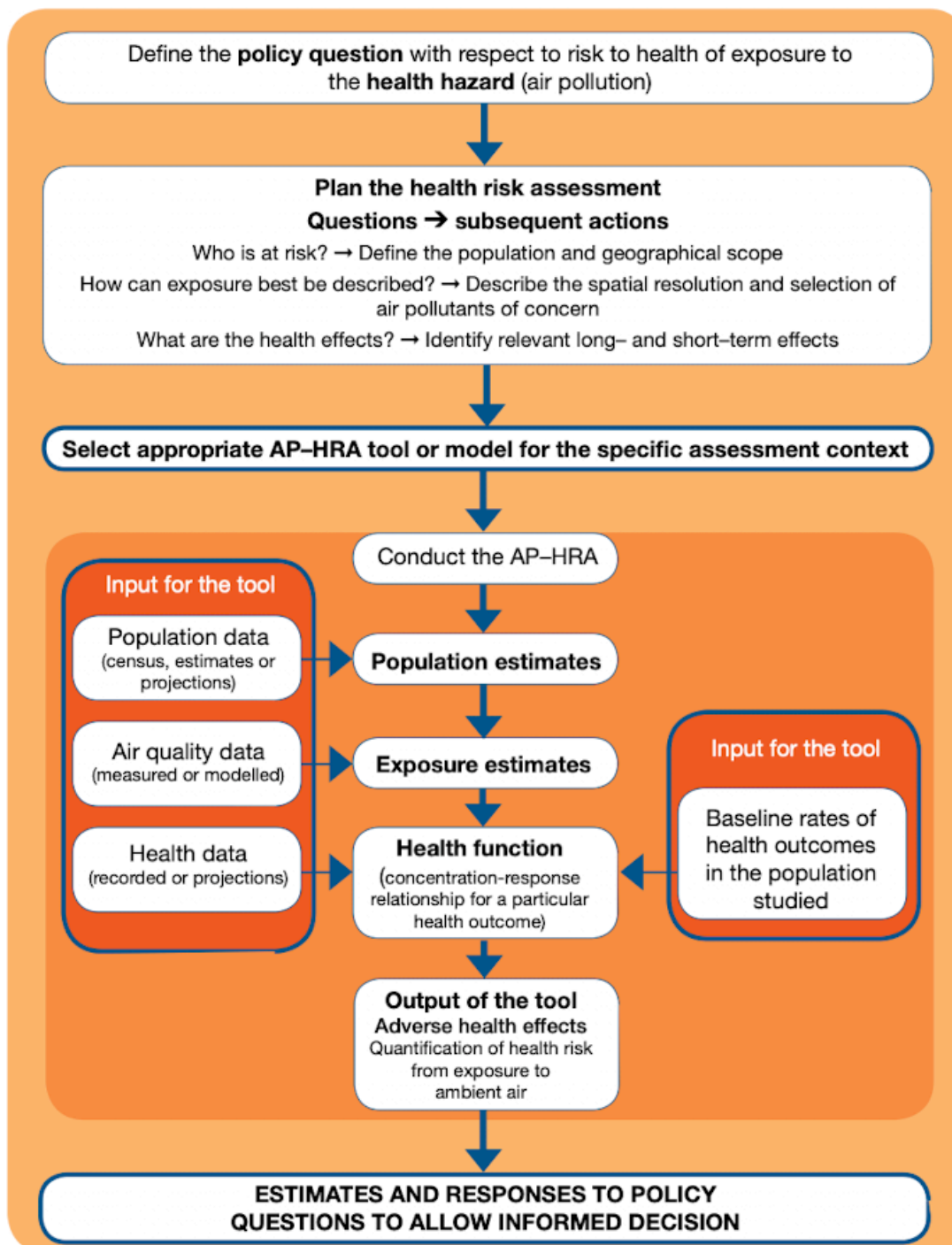
Τα προαπαιτούμενα δεδομένα εισόδου για την εκτίμηση κινδύνου, όπως η ρύπανση του αέρα και διάφορα βασικά στατιστικά για την υγεία δεν είναι πάντα διαθέσιμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εκτιμήσεις κινδύνου της ανθρώπινης υγείας να φέρουν κάποιες αβεβαιότητες (WHO, 2010). Πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι στην εκτίμηση κινδύνου χρησιμοποιούνται δεδομένα επιπτώσεων στην υγεία τα οποία μπορούν να μετρηθούν και δεν λαμβάνονται υπόψη δεδομένα για τα οποία



δεν υπάρχει κάποιο στατιστικό μοντέλο. Ιδανικά για να προστατευτεί η δημόσια υγεία, η εκτίμηση κινδύνου θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό αναλυτικότερη, όμως σε πολλές περιπτώσεις τα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου μπορεί να υποτιμούν το πραγματικό ρίσκο. Η εκτίμηση κινδύνου είναι ένα αναλυτικό εργαλείο, έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέρος μιας περιεκτικής αξιολόγησης των επιπτώσεων που έχουν στην ανθρώπινη υγεία οι πολιτικές αποφάσεις, προγράμματα και ερευνητικά σχέδια τα οποία επηρεάζουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η εκτίμηση κινδύνου της ανθρώπινης υγείας και η εκτίμηση της επίδρασης στην ανθρώπινη υγεία είναι δυο διαφορετικοί όροι, οι οποίοι ορισμένες φορές χρησιμοποιούνται ισοδύναμα. Η εκτίμηση επίδρασης στην ανθρώπινη υγεία ορίζεται ως εξής (WHO Regional Office for Europe, 1999): 'ο συνδυασμός διαδικασιών, μεθόδων και εργαλείων για τα οποία μια πολιτική απόφαση, πρόγραμμα ή ερευνητικό έργο μπορεί να κριθεί για τις εκτιμώμενες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία του πληθυσμού και της κατανομής των επιπτώσεων αυτών'. Η εκτίμηση επίδρασης ταυτοποιεί κατάλληλες πράξεις για να διαχειριστούν τα προαναφερθέντα αποτελέσματα (Quigley et al., 2006).

Η εκτίμηση κινδύνου αναλύει συγκεκριμένα ρίσκα και τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία ενώ, η εκτίμηση επίδρασης δίνει μια γενικότερη σκοπιά στο θέμα. Για παράδειγμα κατά την προετοιμασία κατασκευής ενός βιομηχανικού χώρου κοντά η μέσα σε μια πόλη, η εκτίμηση επίδρασης θα εξετάσει τα συγκεκριμένα ρίσκα αέριας ρύπανσης λόγω της κατασκευής αλλά και προβλήματα όπως είναι η ηχορύπανση, η ρύπανση του εδάφους, του νερού, καθώς και πιθανές επιπτώσεις στον πληθυσμό της πόλης. Όπως είναι η εισροή νέων κατοίκων, η δημιουργία θέσεων εργασίας για τους κατοίκους της πόλης αλλά και η πιθανή συσσώρευση νέων ρύπων με τους είδη υπάρχων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην εκτίμηση κινδύνου της ανθρώπινης υγείας λαμβάνοντας υπόψιν τον ορισμό που δόθηκε παραπάνω. Στην (εικόνα 1.2) δίνεται μια επιφανειακή εξήγηση των βημάτων που ακολουθούνται για την εκτίμηση κινδύνου.



Εικόνα 1.2: Διάγραμμα βημάτων για την εκτίμηση κινδύνου. (Quigley et al., 2006; US EPA, 2012; WHO Regional Office for Europe, 2014a).



1.4 Υπολογισμός του πληθυσμού που εκτίθεται σε αέριους ρύπους.

Τα δεδομένα για την έκθεση σε αέριους ρύπους αντλούνται συνήθως από αναλύσεις τοπικών ή διεθνών ινστιτούτων. Οι εκτιμήσεις για την έκθεση του πληθυσμού βασισμένες στην μετρούμενη ατμοσφαιρική ρύπανση ορισμένες φορές είναι δέσμιες της περιορισμένης γεωγραφικής κάλυψης και του χρόνου. Ακόμη η συλλογή και συσχέτιση δεδομένων από διάφορες τοποθεσίες είναι τις περισσότερες φορές δύσκολη αφού χρησιμοποιούνται ποικίλες διαδικασίες και τεχνικές για την δημιουργία τους (WHO Regional Office for Europe, 2014). Είναι δυνατόν ακόμη και μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε μια περιοχή να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Οι σύγχρονες μέθοδοι συνδυάζουν την δορυφορική ανίχνευση, τα μοντέλα παγκόσμιας χημικής μετακίνησης, τα μοντέλα ανάδρομης χρήσης γης και τα μοντέλα τοπικής διασποράς με υψηλή ευκρίνεια. Όπου τέλος σε συνδυασμό με τους ήδη υπάρχον ανιχνευτές, η συλλογή πληροφοριών για δομικούς αέριους ρύπους έχει γίνει πολύ εύκολη και απλουστευμένη σε πολύ ρυπασμένες περιοχές μέχρι και με ελάχιστα δεδομένα για τους ρύπους (Brauer et al., 2012; Hoek et al., 2008; Paciorek & Liu, 2012; UNECE, 2010; van Donkelaar et al., 2010).

Όταν υπολογίζεται η αλλαγή στην έκθεση του πληθυσμού ως αποτέλεσμα μιας υποθετικής αλλαγής στην εκπομπή ή την συγκέντρωση των ρύπων, η παρακολούθηση και καταγραφή δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση στην έρευνα. Τα μοντέλα ποιότητας αέρα όμως απαιτούνται για να εκτιμάται η μελλοντική αλλαγή στις συγκεντρώσεις των ρύπων προερχόμενες από κοινωνικοπολιτικές αλλαγές ή τεχνολογικές ανακαλύψεις.

1.5 Εκτίμηση του κινδύνου της υγείας.

Η εκτίμηση του κινδύνου της αέριας ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία συνήθως αντιπροσωπεύεται από μια συνάρτηση συγκέντρωσης-αντίδρασης, η οποία βασίζεται σε στοιχεία από το σχετικό ρίσκο που προέρχονται από μετρήσεις επιδημιολογικών ερευνών. Η εκτίμηση του σχετικού ρίσκου περιγράφει την πιθανότητα ύπαρξης μιας σημαντικής επίπτωσης στην υγεία όπως, πρόωρος θάνατος, καρδιακή προσβολή, κρίση άσθματος, αναγκαία επίσκεψη των επειγόντων ενός νοσοκομείου ή εισαγωγή σε νοσοκομειακή μονάδα σε πληθυσμούς οι οποίοι εκτίθενται σε υψηλότερα επίπεδα αερίων ρύπων σε σχέση με τους υπόλοιπους. Η τυπική εκτίμηση του σχετικού ρίσκου εκφράζεται ως η ποσοτική αύξηση μιας εκτιμώμενης κατάστασης στην ανθρώπινη υγεία συσχετισμένη με μια δεδομένη αύξηση της συγκέντρωσης των ρύπων σε μg ανά m^3 ή (ppb) (Katsouyanni, 2003). Είναι ακόμη σημαντικό να τονιστεί ότι οι υπολογισμοί του σχετικού ρίσκου δεν μπορεί να αποδοθούν σε κλίμακα του ενός ατόμου, δηλαδή περιγράφεται το ρίσκο για ένα ορισμένο πληθυσμό και όχι το ατομικό ρίσκο (Australian Department of Health, 2012; McAuley & Hrudey, 2006).

Με σκοπό να δοθούν χρήσιμες πληροφορίες και συμβουλές ικανές να απαντήσουν μεμονωμένα ερωτήματα, η εκτίμηση κινδύνου της αέριας ρύπανσης επεξεργάζεται συγκεκριμένα προβλήματα



υγείας ή ομάδες προβλημάτων σε συγκεκριμένους πληθυσμούς. Η ανάλυση δεν καλύπτει το πλήρες φάσμα των προβλημάτων υγείας σε οποιαδήποτε πιθανή ομάδα πληθυσμού. Τα στατιστικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στα εργαλεία της εκτίμησης κινδύνου είναι συνήθως βασισμένα στα επιδημιολογικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα υγείας. Ορισμένα είναι βασισμένα σε πειράματα στα οποία οι άνθρωποι ή τα ζώα σκόπιμα εκτέθηκαν σε κάποιο ρύπο (WHO Regional Office for Europe, 2014). Τα στατιστικά μοντέλα μπορούν να βελτιστοποιηθούν στην πορεία όσο γίνονται διαθέσιμα νέα επιστημονικά δεδομένα. Για συγκεκριμένα προβλήματα υγείας ή συγκεκριμένους αέριους ρύπους, τα διαθέσιμα δεδομένα μπορεί να είναι περιορισμένα ή παλιά και να μην θεωρούνται κατάλληλα, όποτε μπορεί να μην είναι δυνατόν να περιγράψει η σχέση μεταξύ συγκεντρώσεων και αντίδρασης. Για παράδειγμα δεν μπορούν να οριστούν αναμενόμενα προβλήματα υγείας εξαιτίας της έκθεσης σε αιωρούμενα σωματίδια αφού δεν υπάρχει κάποια αξιόπιστο στατιστικό μοντέλο διαθέσιμο (Hoek et al., 2010). Σε ορισμένες περιπτώσεις τα διαθέσιμα στατιστικά μοντέλα μπορεί να μην είναι κατάλληλα για πολύ υψηλές και πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Τέλος, κρίνεται σημαντικό να τονιστεί ότι οι περισσότερες έρευνες έχουν γίνει στην Ευρώπη και την Βόρεια Αμερική. Τα επίπεδα ρύπανσης, χημικής διάσπασης, και τα συστήματά υγείας της εκάστοτε περιοχής μπορεί να διαφέρουν κατα πολύ επηρεάζοντας τα στατιστικά μοντέλα.

Οι προαναφερθέντες παράγοντες δείχνουν ότι, σε συγκεκριμένες εκτιμήσεις, η απουσία συγκεκριμένων για την περιοχή επιδημιολογικών δεδομένων για τους κινδύνους έκθεσης της ανθρώπινης ζωής σε αέριους ρύπους είναι σημαντικός περιοριστικός παράγοντας. Σε ορισμένες από τις πιο ρυπασμένες περιοχές της γης, παρατηρείται ολική απουσία άμεσων για τις περιοχές επιδημιολογικών δεδομένων. Στις περιοχές αυτές απαιτούνται άμεσα έρευνες, καθώς οι επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία ανά μονάδα αλλαγής της ρύπανσης του αέρα μπορεί να διαφέρει κατα πολύ σε περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων σε σχέση με αυτές των χαμηλών συγκεντρώσεων. Για περιοχές με περιορισμένα επιδημιολογικά δεδομένα ή ολική απουσία αυτών, αντλούνται πληροφορίες από διάφορα μέρη του πλανήτη με σκοπό να πραγματοποιηθεί η εκτίμηση κινδύνου. Παρόλα αυτά λαμβάνοντας δεδομένα από διαφορετικές τοποθεσίες παρέχονται δεδομένα με λιγότερη ακρίβεια και δημιουργείται αμφιβολία στα αποτελέσματα (WHO Regional Office for Europe, 2014).

Ορισμένα εργαλεία δίνουν την επιλογή στο χρήστη να επιλέξει να εφαρμοστούν τα στατιστικά μοντέλα σε συγκεκριμένες εκτιμήσεις, ενώ σε άλλες περιπτώσεις τα στατιστικά μοντέλα είναι προεγκατεστημένα στα εργαλεία.

Κατά τη δημιουργία εκτίμησης κινδύνου για την υγεία των ανθρώπων εξαιτίας των αέριων ρύπων τα αποτελέσματα για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα υγείας εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους είναι δυσμενέστερα αυτών που παρατηρούνται για την βραχυπρόθεσμη έκθεση (WHO Regional Office for Europe, 2013).



1.6 Ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων υγείας.

Τα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου συχνά αναφέρονται με μαθηματικούς όρους σε σχέση με τους θανάτους που αποδόθηκαν στην έκθεση των ρύπων, υποθέσεις νοσηρότητας, έτη προσαρμοσμένα σε κάποια αναπηρία, ή αλλαγή στο προσδόκιμο ζωής εξαιτίας της συνολικής έκθεσης σε αέριους ρύπους ή σε κάποια αλλαγή στην έκθεση σε αυτούς (WHO Regional Office for Europe, 2014)). Οι μετρήσεις αυτές καταδεικνύουν διάφορους τρόπους επίδρασης στην ανθρώπινη υγεία και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν διάφορες οπτικές για την κατάσταση που βρίσκεται η υγεία ενός πληθυσμού (Murray & Lopez, 2013). Τονίζεται ακόμη ότι οι μετρήσεις αυτές παρέχουν δεδομένα για το σύνολο ενός πληθυσμού και δεν μπορεί να εφαρμοστεί για μεμονωμένα άτομα του πληθυσμού.

Αριθμός θανόντων ή περιπτώσεις νοσηρότητας. Υπολογίζονται ως η διαφορά των θανόντων ή των περιπτώσεων νοσηρότητας μεταξύ των περιστατικών/ρυθμού, έκθεσης στη μετρούμενη ποσότητα ρύπων σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Όπως είναι η διαφορά μεταξύ των τωρινών περιστατικών νοσηρότητας σε σχέση με τα ιστορικά περιστατικά ή τα εκτιμώμενα μελλοντικά.

Χρόνια ζωής που χάθηκαν. Είναι η μέτρηση των ετών ζωής που χάθηκαν εξαιτίας των πρόωρων θανάτων. Πιο αναλυτικά, οι υπολογισμένοι θάνατοι που ευθύνονται σε αλλαγές έκθεσης στην αέρια ρύπανση πολλαπλασιάζονται με το βασικό προσδόκιμο ζωής της εκάστοτε ηλικίας του θανόντος. Σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμόζεται το βάρος των κοινωνικών εμποδίων (WHO, 2014). Στα κοινωνικά εμπόδια ανήκουν περιπτώσεις με αναπηρίες και ηλικιακής επιβάρυνσης. Τα εμπόδια αυτά αποδίδουν διαφορετικές αξίες στα χρόνια ζωής διαφορετικών ηλικιών, για να αντικατοπτρίσουν τους διάφορους κοινωνικούς ρόλους αναλόγως των εκάστοτε ηλικιών (Murray, 1994; WHO, 2014). Η έκπτωση ετών, θέτει το ερώτημα αν κερδίζοντας ένα έτος υγείας ζωής στο παρόν είναι σημαντικότερο για την κοινωνία σε σχέση με ένα υγιές έτος στο μέλλον. Ενώ τα κοινωνικά εμπόδια υπολογίζουν αν τα χαμένα χρόνια υγείας ζωής έχουν περισσότερη αξία σε συγκεκριμένες ηλικίες σε σχέση με άλλες (Murray & Acharya, 1997; SA Health, 2003).

Χρόνια που χάθηκαν εξαιτίας προβλημάτων υγείας. Υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των υποθέσεων που εμφάνισαν κάποιο υποκείμενο νόσημα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, με τον μέσο όρο που διήρκησε η υπόθεση μέχρι την ανάρρωση ή τον θάνατο. Με παράγοντα που εκφράζει την σοβαρότητα της κατάστασης την κλίμακα από 0 (απόλυτα υγείας) έως 1 (θάνατος) (WHO, 2014).

Προσαρμοσμένα χρόνια προβλημάτων υγείας. Ένα προσαρμοσμένο έτος σε κάποιο πρόβλημα υγείας αντιστοιχεί σε ένα υγιές έτος που χάθηκε. Το σύνολο των προσαρμοσμένων ετών προβλημάτων υγείας για έναν πληθυσμό (το βάρος της ασθένειας) μπορεί να εκφραστεί ως η μέτρηση του κενού μεταξύ των πραγματικών δεδομένων υγείας και μιας ιδανικής κατάστασης στην οποία ολόκληρος ο πληθυσμός ζει έως ότου τα γηραιά χρόνια, χωρίς ασθένειες. Τα συνολικά



προσαρμοσμένα χρόνια προβλημάτων υγείας για μια συγκεκριμένη ασθένεια υπολογίζονται ως το σύνολο των ετών ζωής που χάθηκαν και των ετών που χάθηκαν εξαιτίας προβλήματα υγείας (WHO, 2014; Murray & Lopez, 2013).

Οι παραπάνω εκτιμήσεις των επιπτώσεων στην υγεία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω εκτίμηση του οικονομικού κόστους. Ορισμένα εργαλεία της εκτίμησης κινδύνου για την υγεία ενσωματώνουν το βήμα της οικονομικής αξιολόγησης, αλλιώς πραγματοποιείται σε ξεχωριστό βήμα μετά την εκτίμηση κινδύνου. Η ανάλυση για τα πλεονεκτήματα ως προς την υγεία αποδίδει την οικονομική αξία της αλλαγής στον τροπο που επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία. Εάν η αλλαγή είναι θετική, τότε θεωρείται πλεονέκτημα. Εάν είναι αρνητική, τότε θεωρείται ως, μειονέκτημα.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Γεωγραφική θέση

Η Δυτική Μακεδονία είναι μια από τις 13 περιφέρειες της Ελλάδας και αποτελεί το δυτικό τμήμα της Μακεδονίας. Βρίσκεται στη βορειοδυτική Ελλάδα και χωρίζεται στις περιφερειακές ενότητες της Φλώρινας, των Γρεβενών, της Καστοριάς και της Κοζάνης. Με πληθυσμό 283,689 ανθρώπους.

Η περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας βρίσκεται στην βορειοδυτική Ελλάδα και συνορεύει με την περιφέρεια της Κεντρικής Μακεδονίας (ανατολικά), με την Θεσσαλία (νότια), με την Ήπειρο (δυτικά) και συνορεύει βόρεια στα διεθνή σύνορα της Ελλάδας με την Βόρεια Μακεδονία (Μπίτολα, Ρέσεν, Νοβάσι) και με την Αλβανία (Κορυτσά).

Η περιφέρεια καλύπτει συνολικά 9,451 km² το οποίο αντιστοιχεί στο 7.2% της συνολικής κάλυψης της Ελλάδας. Με πληθυσμό 283,689 κατοίκων (2.6% του συνολικού πληθυσμού) θεωρείται αραιοκατοικημένη περιοχή. Αυτό οφείλεται στην ορεινή φύση της, αφού το 82% της συνολικής επιφάνειας καλύπτεται από ορεινές και ημιορεινές περιοχές. Αυτό αντικατοπτρίζεται και στην κατανομή του πληθυσμού καθώς το 56% του πληθυσμού κατοικεί σε αποκεντρωμένες περιοχές.

Η περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας απαρτίζεται από τέσσερις περιφερειακές ενότητες:

- Κοζάνης με έδρα την Κοζάνη.
- Φλώρινας με έδρα τη Φλώρινα.
- Γρεβενών με έδρα τα Γρεβενά.
- Καστοριάς με έδρα την Καστοριά.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτης (Ν.3852 «Νέα αρχιτεκτονική της αυτοδιοίκησης και της αποκεντρωμένης διοίκησης»), η Περιφερειακή ενότητα Κοζάνης αποτελείται από τέσσερις (4) Δήμους, η περιφερειακή ενότητα Καστοριάς από τρεις (3) Δήμους, η Περιφερειακή ενότητα Γρεβενών από δύο (2) Δήμους και η Περιφερειακή ενότητα Φλώρινας από τρεις (3) Δήμους. Παρακάτω παρουσιάζονται ανά Περιφερειακή ενότητα οι Δήμοι της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011).



Πίνακας 2.1: Ο.Τ.Α. Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011).

ΔΗΜΟΣ	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΕΔΡΑ
Κοζάνης	Κοζάνης	69.976	Κοζάνης
Εορδαίας	Κοζάνης	45.713	Πτολεμαΐδα
Βοΐου	Κοζάνης	24.383	Σιάτιστα
Σερβίων - Βελβεντού	Κοζάνης	20.256	Σέρβια
Δεσκάτης	Γρεβενών	7.904	Δεσκάτη
Γρεβενών	Γρεβενών	33.392	Γρεβενά
Νεστορίου	Καστοριάς	4.829	Νεστόριο
Ορεστιάδος	Καστοριάς	12.000	Άργος Ορεστικό
Καστοριάς	Καστοριάς	34.653	Καστοριά
Πρεσπών	Φλώρινας	2.577	Λαιμός
Φλώρινας	Φλώρινας	33.748	Φλώρινα
Αμυνταίου	Φλώρινας	20.051	Αμύνταιο

2.2 Φυσικό Περιβάλλον και Κλιματολογικές Συνθήκες της Περιοχής

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από πληθώρα οικοσυστημάτων. Διαθέτει πολλές λίμνες και ορεινά μέρη με σπάνια είδη χλωρίδας και πανίδας. Συνολικά η Ελλάδα διαθέτει δέκα εθνικούς δρυμούς και δυο από αυτούς βρίσκονται στην Δυτική Μακεδονία. Η περιοχή χωρίζεται σύμφωνα με τον οικολογικό θησαυρό της σε τρία διαφορετικά μέρη:

- Τον άξονα Πρέσπες - Βίτσι - Σινιάτσικο και Βούρινο.
- Την οροσειρά της Πίνδου, στο δυτικό άκρο.
- Τη ΝΔ λωρίδα λίμνη Πολυφύτου - Βελβεντού.

Στις δυο πρώτες ζώνες η ανθρωπογενής παρέμβαση απουσιάζει ή έχει διατηρηθεί στο ελάχιστο, με αποτέλεσμα να διατηρούνται τα ποικιλόμορφα χαρακτηριστικά τους.

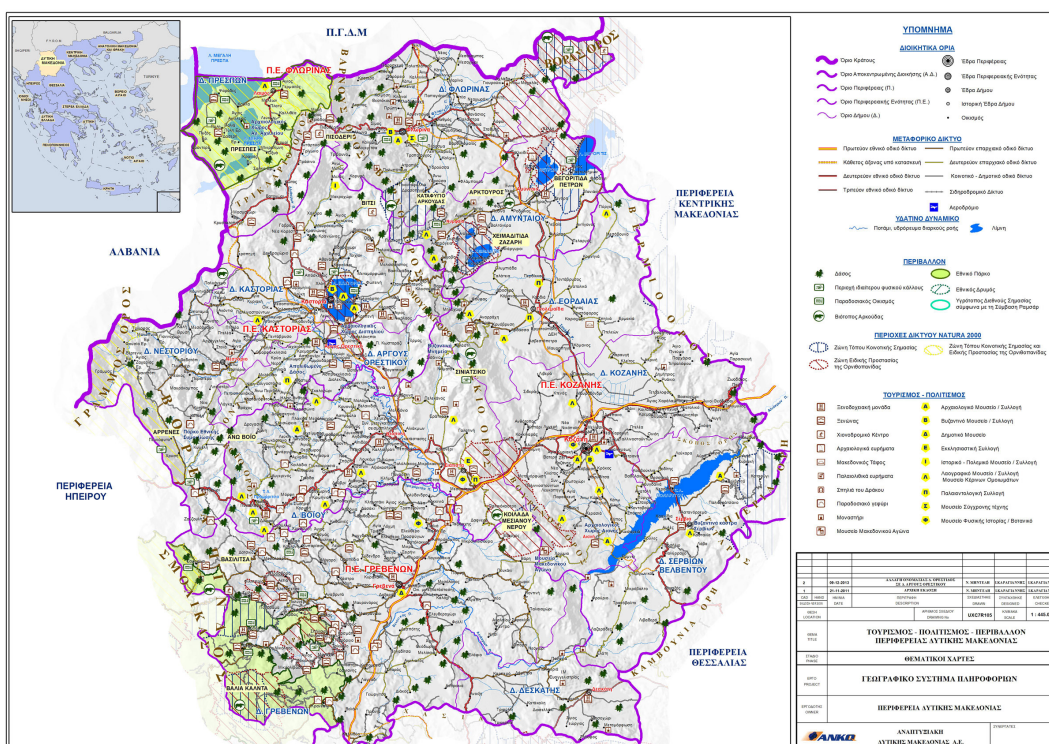
Δάση: Εξαιτίας της μεγάλης έκτασης και χωρικής συνέχειας τους, τα δάση της περιφέρειας θωρακίζουν την περιοχή και θεωρούνται σημαντικοί βιότοποι. Συμβάλουν στην μείωση των χειμάρρων κατά τους βροχερούς μήνες, προστατεύουν τα εδάφη από διαβρώσεις και ανανεώνουν την περιοχή με δροσερό και καθαρό αέρα.



Στα Γρεβενά βρίσκεται ένα από τα σημαντικότερα δασικά οικοσυστήματα, ο δρυμός Βάλια Κάλντα. Αποτελείται από ποικίλα είδων χλωρίδας και πανίδας με απaráμιλλη ομορφιά και σπανιότητα. Επιπλέον σημαντικά δασικά οικοσυστήματα είναι αυτά του Σινιάτσικου, των Πιερίων (εξαιτίας της μεγάλης έκτασης του), του Βούρινου (μοναδικές ποικιλίες) και του Βιτσιού.

Υγροβιότοποι: Το 65% των επιφανειακών υδάτων της Ελλάδας βρίσκεται στην Δυτική Μακεδονία (10 λίμνες και το υδρογραφικό δίκτυο Αλκιάκμονα και άλλων ποταμών). Ο υγροβιότοπος των Πρεσπών θεωρείται ο σημαντικότερος, αφού προστατεύεται ως Εθνικός δρυμός, χαρακτηρίζεται ακόμη, περιοχή ειδικής προστασίας και με την Οδηγία 79/409 της Ε.Ε. έχει και ανάλογη διεθνή σημασία. Τα είδη της χλωρίδας και πανίδας που βρίσκονται στον δρυμό των Πρεσπών χαρακτηρίζονται ποικιλόμορφα και σπάνια.

Λίμνες στις περιοχές του Πολυφύτου, στην Καστοριά, Βεγορίτιδα, Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη και Πετρών παρουσιάζουν προβλήματα όπως υπερτροφισμό και ανισορροπία των οικοσυστημάτων τους. Σε αυτό ευθύνονται τα γεωργικά και αστικά λήμματα που καταλήγουν στις λίμνες.



Εικόνα 2.1 Χάρτης τουρισμού - πολιτισμού - περιβάλλοντος Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας.



Η περιοχή χαρακτηρίζεται από κλιματική ανομοιομορφία εξαιτίας της γεωγραφικής της θέσης και το ανάγλυφο της. Απαρτίζεται από πολύπλοκο τοπογραφικό ανάγλυφο και έτσι δημιουργούνται ροές ανέμων που διαχέουν τους ρύπους στην περιοχή Κοζάνης - Πτολεμαΐδας (Triantafyllou et al, 1995; Triantafyllou and Kassomenos, 2002).

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Κοζάνης και της Πτολεμαΐδας είναι οι κοντινότεροι στην περιοχή. Ο μετεωρολογικός σταθμός της Κοζάνης με (Γεωγραφικό Μήκος (Longitude) 21ο47'0" / Γεωγραφικό Πλάτος (Latitude) 40ο 18'0" και Ύψος 625μ) βρίσκεται σε λειτουργία, ενώ της Πτολεμαΐδας σταμάτησε να λειτουργεί το 1997. Οι σταθμοί καταγράφουν παραμέτρους όπως θερμοκρασία, βροχοπτώσεις, υγρασία, νέφωση, χιόνι, χαλάζι, καταιγίδες.

Τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επηρεάζονται από τις εξής περιβαλλοντικές παραμέτρους: τη διεύθυνση και την ένταση του ανέμου, την ευστάθεια της ατμόσφαιρας, τη βροχόπτωση, τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, της ατμόσφαιρας. Ειδικά για τους φωτοχημικούς ρύπους επηρεάζει η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η διάρκεια της ηλιοφάνειας. Τη γεωγραφική θέση, το υψόμετρο και την τοπογραφία της λεκάνης μιας περιοχής (EMY, 2022).

Το μεγάλο υψόμετρο των βουνών σε συνδυασμό με την ιδιαίτερη μορφολογία του εδάφους με τα συχνά λεκανοπέδια καθιστά το κλίμα της Δυτικής Μακεδονίας διαφορετικό από τα περισσότερα μέρη της Ελλάδας. Το κλίμα χαρακτηρίζεται εύκρατο αφού απαρτίζεται από βαρείς χειμώνες και ήπια καλοκαίρια. Τους χειμερινούς μήνες παρατηρούνται αρκετές χιονοπτώσεις αφού επικρατούν βόρειοι άνεμοι και κρατούν την θερμοκρασία χαμηλά. Το κλίμα είναι αρκετά υγρό εξαιτίας της ορεινής μορφολογίας και των λιμνών της περιοχής. Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες περιοχές που ανήκουν στο ανατολικό ηπειρωτικό τμήμα της Ελλάδος.

Περίπου κάθε έτος πέφτουν 600 μέχρι 1.000 mm βροχής όπου στα ορεινά μέρη ξεπερνάει τα 1.200 mm. Η θερμοκρασία στη διάρκεια του έτους κυμαίνεται περίπου μεταξύ 14.5 και 17°C, με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο και θερμότερο τον Ιούλιο και παρατηρούνται έντονες χιονοπτώσεις κατά το διάστημα Σεπτεμβρίου - Απριλίου (Κυριακίδης, 2013).

Στις περιοχές της Κοζάνης, της Καστοριάς, του Αμυνταίου, της Φλώρινας και των Γρεβενών, έχουν εγκατασταθεί σταθμοί από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, οι οποίοι εκτιμάται ότι θα προσθέσουν πολλές καινούργιες πληροφορίες για το κλίμα που επικρατεί στη Δυτικής Μακεδονία (<http://meteo.gr>).



	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαΐ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Βροχόπτωση (mm)												
Μέση Μηνιαία	36,2	30,2	39,2	43,3	56,7	37,1	38,1	30,0	31,7	52,8	60,3	52,0
Συνολικές Ημέρες Βροχής	10,8	10,0	11,2	10,4	11,2	7,3	5,6	5,1	6,2	8,1	10,7	11,7
Ένταση Ανέμου (Κt)												
Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β
Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων	4,6	4,4	3,9	3,8	3,5	4,0	4,3	3,8	3,4	3,3	3,1	4,0
Θερμοκρασία (°C)												
Ελάχιστη Μηνιαία	-1,2	-0,5	1,8	5,2	9,5	13,2	15,7	15,7	12,5	8,1	3,9	0,4
Μέση Μηνιαία	2,3	3,7	6,9	11,6	16,8	21,5	24,1	23,6	19,3	13,5	8,0	3,9
Μέγιστη Μηνιαία	6,1	8,0	11,4	16,3	21,7	26,5	29,3	29,2	25,0	18,8	12,7	8,0
Υγρασία (%)												
Μέση Μηνιαία	74,2	70,1	67,5	63,0	62,0	54,8	49,8	50,4	57,0	66,7	74,7	75,7

Εικόνα 2.2: Μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής του λεκανοπεδίου (Στ. Κοζάνης) για το διάστημα 1955-1997 (ΕΜΥ, 1955-1997; Κύρος, 2012).

Η διαμόρφωση της τοπικής ροής επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις καθοδικές κινήσεις λόγω βαρύτητας και από την αύρα ορέων. Κατα την διάρκεια της ημέρας η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει τις βουνοπλαγιές στις οποίες ο αέρας γίνεται πιο θερμός από τον αέρα στο κέντρο της κοιλάδας. Έτσι δημιουργούνται ρεύματα αέρα με πορεία ανοδική (Triantafyllou et al., 1995; Triantafyllou and Kassomenos, 2002). Η κοιλάδα εξαιτίας του πλάτους της επηρεάζεται από την συνοπτική ροή (Λάλας κ.ά., 1987; Τριανταφύλλου κ.ά., 1992; Triantafyllou et al., 1995; Triantafyllou and Kassomenos, 2002).

Κατα τις βραδινές ώρες το έδαφος ψύχεται και στη συνέχεια κρυώνει ο αέρας που διέρχεται τις πλαγιές. Έτσι συστέλλεται, βαραίνει και ρέει προς τον πυθμένα της κοιλάδας (Narpo et al., 1981). Οι επικρατέστερες διευθύνσεις του ανέμου είναι ΝΑ και ΒΔ αφού η κοιλάδα έχει κλίση ΝΑ προς ΒΔ (Λάλας κ.ά., 1987; Τριανταφύλλου κ.ά., 1992).

2.3 Οικονομικές Δραστηριότητες

Πρωτογενής Τομέας: Ο πρωτογενής τομέας στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας είναι αρκετά αναπτυγμένος. Τα κυριότερα γεωργικά προϊόντα που παράγει η περιφέρεια είναι τα ροδάκινα, το σιτάρι και τα μήλα. Ακόμη η περιφέρεια είναι φημισμένη για τον κρόκο που παράγεται στον Κρόκο Κοζάνης αφού η ποικιλία της περιοχής είναι αναγνωρισμένη για την ποιότητα της, παγκοσμίως. Επιπλέον στα Γρεβενά υπάρχουν περισσότερα από 1.300 είδη μανιταριών με πολλά εξ αυτών να είναι σπάνια. Η Φλώρινα είναι γνωστή για τις πιπεριές της και η Καστοριά για τα παγκόσμια αναγνωρισμένα όσπρια όπως (φασόλια, φακές, ρεβίθια) τα οποία καλλιεργούνται στην περιοχή εδώ και 7500 χρόνια. Τέλος η περιφέρεια έχει μακρά ιστορία στην αμπελοργία και στην παραγωγή κρασιών υψηλής ποιότητας. Παράγει τα σημαντικά κρασιά ΑΟΗQ (Ονομασία



Προέλευσης Υψηλής Ποιότητας) καθώς και άλλα τοπικά κρασιά (www.enterprisegreece.gov.gr/images/public/Synergasia-2018).



Εικόνα 2.3: Κρόκος Κοζάνης.



Εικόνα 2.4: Αμπελώνας της Δυτικής Μακεδονίας.



Δευτερογενής τομέας: Στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας ο δευτερογενής τομέας επικρατεί έναντι των υπολοίπων παραγωγικών τομέων. Αφού στην περιοχή Πτολεμαΐδας - Κοζάνης - Αμυνταίου λαμβάνουν χώρα εξαιρετικά σημαντικές εξορυκτικές διαδικασίες και παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη στην περιοχή της Καστοριάς κυρίως υπάρχουν βιοτεχνίες και βιομηχανίες γούνας (Παπακώστας, 2012).

Τριτογενής τομέας: Ο τριτογενής τομέας στην Δυτική Μακεδονία τα προηγούμενα χρόνια παρουσίαζε μεγάλη κινητικότητα εξαιτίας της αποκεντρωμένης τοποθεσίας της περιοχής μακριά από μεγάλα αστικά κέντρα. Όμως με την οικονομική κρίση που ξεκίνησε στην Ελλάδα το έτος 2008 οδήγησε σε ταχεία μείωση του τριτογενή τομέα και οδήγησε την ανεργία της περιοχής στο 30% περίπου, το υψηλότερο ποσοστό στην Ελλάδα. Ακόμη, στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση στον τουρισμό όπου δίνεται πλέον έμφαση στην ανάδειξη του τοπικού φυσικού πλούτου. Καθώς η περιοχή διαθέτει πληθώρα μνημείων, λαογραφικών μουσείων, παραδοσιακά αρχοντικά, πλούσια φυσικά τοπία κ.ά. Το χειμώνα λειτουργούν ως χιονοδρομικά το Πισσοδέρι στην Βίγλα και η Βασιλίτσα στα Γρεβενά. Τέλος στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας υπάρχει ισχυρή παρουσία Ανώτατων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων και Πολυτεχνείων, με έδρα την Κοζάνη, την Καστοριά, την Πτολεμαΐδα, τα Γρεβενά και την Φλώρινα (Παπακώστας, 2012).

2.4 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.

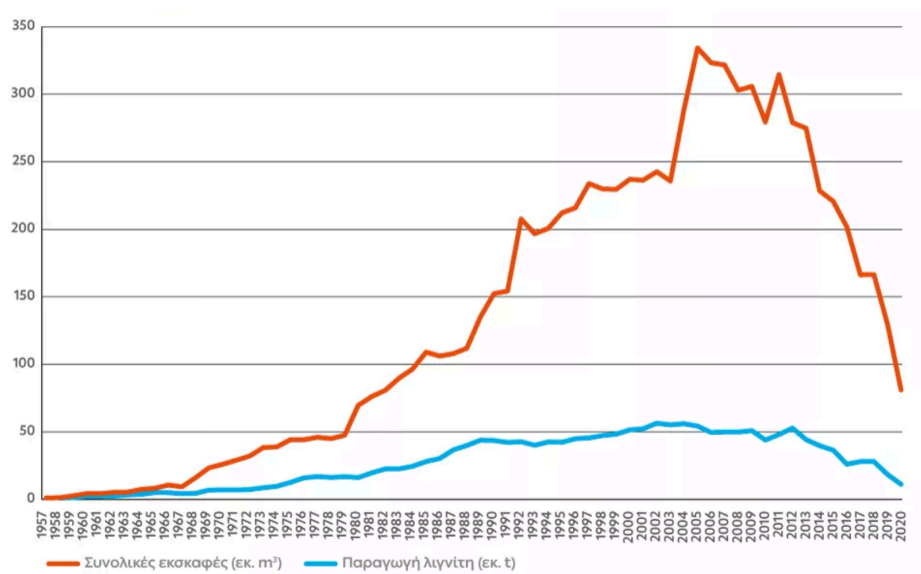
Στην Ελλάδα λειτουργούν σήμερα τρία μεγάλα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα. Η ηλεκτρική ενέργεια για τη Νότια Ελλάδα και τα νησιά παράγεται από ένα σταθμό ηλεκτροπαραγωγής 850 MW στην Πελοπόννησο. Στη Δυτική Μακεδονία υπάρχουν δυο σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ένας κοντά στο Αμύνταιο με συνολική ισχύ 600 MW και ένας ακόμη κοντά στην περιοχή της Κοζάνης με συνολική ισχύ 1.600 MW. Οι δυο σταθμοί αυτοί εξυπηρετούν τις ενεργειακές απαιτήσεις σε ρεύμα για τη Βόρεια Ελλάδα. Έτσι γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η Δυτική Μακεδονία κυριαρχείται σε μεγάλο βαθμό από την εξόρυξη λιγνίτη, τους λιγνιτικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και των συστήματα τηλεθέρμανσης που αποτελούν σημαντικό μέρος της οικονομίας της χώρας (Kaldellis et al., 2004; Petaloti et al., 2006; Triantafyllou et al., 2006; Iordanidis et al., 2008; Samara et al., 2006. al., 2018· Ziouzos et al., 2021· Evagelopoulous et al., 2022).

Η εντατική εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων της Δυτικής Μακεδονίας ξεκίνησε το 1956 και κλιμακώθηκε με ταχύτατους ρυθμούς, καλύπτοντας για δεκαετίες το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Στην κορύφωση της λιγνιτικής δραστηριότητας, κατά τα έτη 2001–2004, η παραγωγή λιγνίτη στη Δυτική Μακεδονία ξεπέρασε τους 55

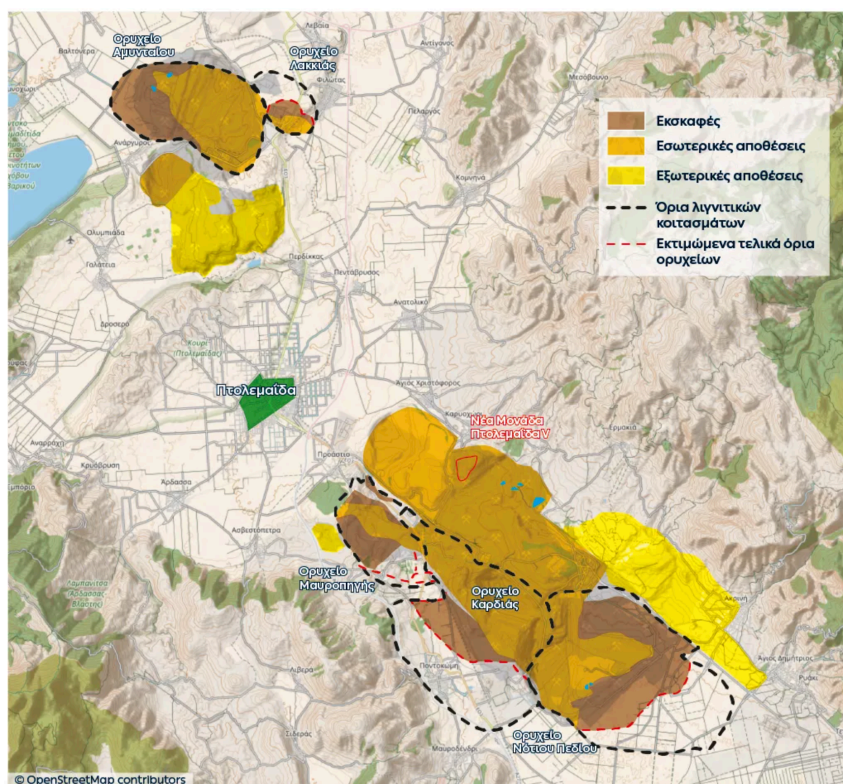


εκατομύρια τόνους ετησίως, ακολουθούμενη από πτώση στα επίπεδα των 30–45 εκατομμυρίων τόνων τη δεκαετία 2005–2015 (Ziouzios et al. , 2021).

Στην περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας λαμβάνει χώρα τα τελευταία χρόνια η βασικότερη εξόρυξη και εκμετάλλευση λιγνίτη στην Ελλάδα. Στην περιοχή Πτολεμαΐδας - Κοζάνης - Φλώρινας βρίσκεται το μεγαλύτερο λιγνιτικό κέντρο της χώρας με χρήση των ορυχείων (Αμυνταίου, Κλειδιού, Αχλάδας και Κύριου Πεδίου). Το 1959 η παραγωγή λιγνίτη ήταν 1,5 εκ. τόνοι, το έτος 1984 έφτασε τους 27.4 εκ. τόνους και το 2002 όπου υπήρξε η μέγιστη παραγωγή ανήλθε σε 50 εκ. τόνους ανά έτος. Η παραγωγή έμεινε σταθερή στους 50 εκ. τόνους μέχρι το 2012, όπου ξεκίνησε η σταδιακή πτώση και το 2020 η ετήσια παραγωγή ήταν 10.3 εκ. τόνοι λιγνίτη, όπως φαίνεται στο (Σχήμα 2.1) (www.dei.gr).



Σχήμα 2.1: Συνολικές εκσκαφές και παραγωγή λιγνίτη.



Εικόνα 2.5 Τοποθεσίες Ορυχείων.

2.5 Η καύση του λιγνίτη και η ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Όταν καίγεται ο άνθρακας, αντιδρά με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα και η αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια στον άνθρακα μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και απελευθερώνεται στη συνέχεια ως θερμότητα στο περιβάλλοντα χώρο. Ωστόσο, με την καύση του λιγνίτη απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες μικροσωματιδίων $PM_{2.5}$, διοξείδιο του θείου (SO_2), νιτρικά οξείδια (NO_x), βαριά μέταλλα, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και άλλοι ρύποι στην ατμόσφαιρα. Τα αέρια αυτά είναι πολύ επιβλαβή για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία (nationalgridesco.com). Στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση άνθρακα λαμβάνει χώρα η εξής διαδικασία. Ο λιγνίτης τοποθετείται σε λέβητες όπου θερμαίνεται και καίγεται με σκοπό παραχθεί ατμός. Στη συνέχεια ο ατμός με πολύ υψηλή πίεση ρε σε ένα στρόβιλο, ο οποίος με την σειρά του περιστρέφει μια γεννήτρια για να δημιουργήσει ηλεκτρισμό. Έπειτα ο ατμός ψύχεται, συμπυκνώνεται ξανά σε νερό και επιστρέφει στον λέβητα για να ξεκινήσει η παραπάνω διαδικασία από την αρχή (vedantu.com).

Η περιβαλλοντική ρύπανση από τους λιγνιτικούς σταθμούς στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας έχει αποτελέσει αντικείμενο μελετών τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Kaldellis et al., 2004; Petaloti et al., 2006; Triantafyllou et al., 2006; Iordanidis et al., 2008; Samara et al., 2006. al., 2018· Ziouzios



et al., 2021· Evagelopoulou et al., 2022). Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία σε λιγνιτωρυχεία και πολίτες της περιοχής έχουν διερευνηθεί από τους Sichletidis et al. (2004; 2005; 2014) και Spyrtatos et al. (2015).

Έπειτα από έρευνες διαπιστώθηκε ότι οι λιγνιτωρύχοι στην κοιλάδα της Εορδαίας (Δυτική Μακεδονία) είχαν υψηλό επιπολασμό ατροφικής ρινίτιδας και διαταραχών του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος εξαιτίας της μεγάλης έκθεσης σε ρύπους όπως αιωρούμενα σωματίδια (ιπτάμενη τέφρα) και τις υψηλές συγκεντρώσεις χρωμίου, νικελίου, κοβαλτίου και μολύβδου στην αερομεταφερόμενη σκόνη Sichletidis et al. (2004).

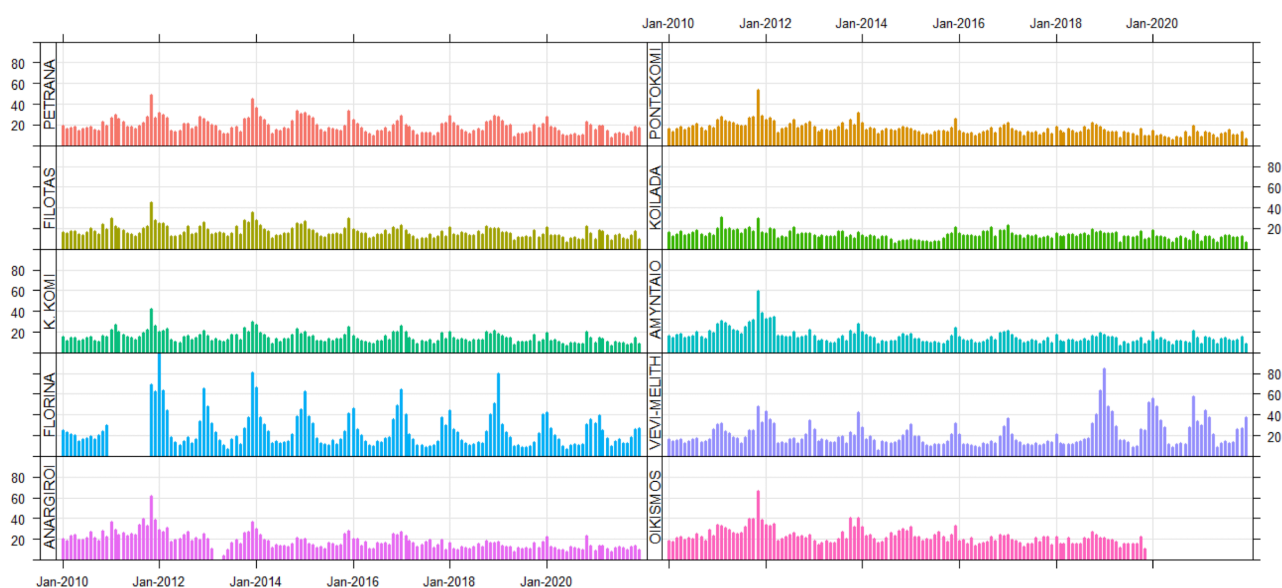
Στη συνέχεια εξετάστηκαν οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο αναπνευστικό σύστημα των παιδιών στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας από τους Sichletidis et al. (2005). Τα αποτελέσματα έδειξαν υψηλά ποσοστά ρινίτιδας και λοιμώδους βρογχίτιδας σε παιδιά που πήγαιναν σχολείο κοντά στην περιοχή της Πτολεμαΐδας, η οποία συγκαταλέγεται στις περιοχές με υψηλή αέρια ρύπανση. Τα παιδιά στην περιοχή είχαν σχεδόν διπλάσια περιστατικά επιπολασμού σε σύγκριση με τα παιδιά που το σχολείο τους βρισκόταν στα Γρεβενά, μια περιοχή με αρκετά μικρότερα ποσοστά αέριας ρύπανσης. Επιπλέον, οι Spyrtatos et al. (2015) διεξήγαγε μια 19ετή μελέτη μεταξύ παιδιών της περιοχής της Πτολεμαΐδας και μια μελέτη παρακολούθησης των αρχικών ατόμων που ήταν μόνιμοι κάτοικοι της πόλης, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση συσχετίστηκε με ρινική απόφραξη και χρόνια ρινικά συμπτώματα. Συμπερασματικά με τις παραπάνω έρευνες που αναφέρθηκαν δόθηκε το συμπέρασμα ότι, η έκθεση στα PM₁₀ αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την ανάπτυξη σοβαρής ρινικής απόφραξης (Sichletidis et al., 2014) υπογραμμίζοντας το γεγονός ότι το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα επηρεάζεται σοβαρά από την ατμοσφαιρική ρύπανση που εκπέμπεται από τις δραστηριότητες εξόρυξης λιγνίτη.

Είναι γνωστό ότι οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκπέμπονται από τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και από την εξόρυξη και μεταφορά λιγνίτη από τα ορυχεία στις μονάδες, έχουν προκαλέσει σημαντικά ζητήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Με βάση μελέτες και αναφορές που διεξήχθησαν σε σχέση με αυτήν την περιοχή, οι μέσες μετρούμενες συγκεντρώσεις PM₁₀ στις διάφορες τοποθεσίες στην περιφέρεια των περιοχών του ορυχείου κυμαίνονταν από 38 μg/m³ έως 72 μg/m³, κατά τις ψυχρές και τις θερμές περιόδους του έτους. (Νοέμβριος–Δεκέμβριος 2011 και Αύγουστος–Σεπτέμβριος 2012) (Samara et al., 2018). Επίσης, έρευνες αναφέρουν ότι τα επίπεδα των συγκεντρώσεων PM₁₀ συχνά υπερέβαιναν το ημερήσιο όριο των 50 μg/m³ στους σταθμούς παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα της ΔΕΗ στη λιγνιτική περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες (Evagelopoulou Vasilios, Paraskevi Begou, Pavlos Kassomenos, Stamatis Zoras).

Ακόμη από τους λιγνιτικούς σταθμούς απελευθερώνεται στο περιβάλλον ιπτάμενη τέφρα, η οποία είναι καταστροφική για το περιβάλλον. Βρέθηκε ιπτάμενη τέφρα σε όλες τις ευρύτερες περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας όπου έγιναν μετρήσεις (Jordanidis et al. 2018), ενώ λεπτά και εξαιρετικά



λεπτά σωματίδια καταγράφηκαν κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές και μεγαλύτερα σωματίδια ιπτάμενης τέφρας βρέθηκαν κυρίως στην περιοχή των σταθμών παραγωγής ενέργειας. Ο άνεμος που επικρατεί διασκορπίζει την ιπτάμενη τέφρα ως σκόνη. Επίσης, βρέθηκε ότι το έδαφος στις περιοχές είναι μολυσμένο εξαιτίας της εναπόθεσης υψηλών ποσοτήτων ιπτάμενης τέφρας που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα για χρόνια, επηρεάζοντας την ποιότητα του περιβάλλοντος μέσω της τυρβώδους ροής των ανέμων και τις αιωρούμενης σκόνης (Tsitouridou et al. 2007).



Σχήμα 2.2: Συγκέντρωση ρύπων $PM_{2.5}$ στην περιοχή και η συσχέτιση με τις μετεωρολογικές συνθήκες.

Στο παραπάνω (Σχήμα 2.2) φαίνονται οι μηνιαίες μέσες συγκεντρώσεις για την περίοδο (2010-2021) των σταθμών παρακολούθησης της αέριας ρύπανσης στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Στη Φλώρινα και τη Βεύη-Μελίτη φαίνεται ξεκάθαρα ένα μοτίβο εποχικότητας για τις συγκεντρώσεις των $PM_{2.5}$.

Κατα την ψυχρή περίοδο οι συγκεντρώσεις των $PM_{2.5}$ κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα ενώ κατα την θερμή περίοδο σε χαμηλότερα. Το μοτίβο της εποχικότητας κυριαρχεί σε όλους τους σταθμούς. Ακόμη οι μέσες μηνιαίες τιμές των $PM_{2.5}$ έφθασαν τις υψηλότερες τιμές στη Φλώρινα και τη Βεύη-Μελίτη.



Στη συνέχεια ερευνήθηκαν οι εποχιακές διακυμάνσεις των μετρήσεων συγκέντρωσης των PM_{10} στο εμπορικό κέντρο της Κοζάνης όπου αναλύθηκαν για μια περίοδο 5 ετών (1996–2000) Triantafyllou et al. (2002). Η έρευνα έδειξε ότι ο μέσος όρος και οι διαμέσες τιμές είναι υψηλότερες κατά τη θερμή περίοδο (Ιούνιος–Σεπτέμβριος) από ό,τι στην ψυχρή περίοδο (Νοέμβριος–Φεβρουάριος). Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι υπάρχει διαφορά στην εκπομπή και την εναπόθεση ρύπων μεταξύ των μηνών λόγω τοπικών μετεωρολογικών παραγόντων. Η βροχόπτωση, η οποία είναι συνήθως η κύρια διαδικασία απομάκρυνσης των ατμοσφαιρικών ρύπων, είναι υψηλότερη κατά την ψυχρή περίοδο με αποτέλεσμα τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις τους.

Η απομάκρυνση της βροχόπτωσης γνωστή και ως υγρή εναπόθεση, καθώς και οι μηχανισμοί βροχής και έκπλυσης που είναι μορφές καθαρισμού, μπορούν να απομακρύνουν αποτελεσματικά τα σωματίδια του αέρα από την ατμόσφαιρα. Ειδικά, τα μεγάλα σωματίδια, όπως τα PM_{10} . Με βάση τα κλιματικά δεδομένα για την περίοδο 1955–2010 στον μετεωρολογικό σταθμό Κοζάνης του μετεωρολογικού δικτύου ΕΜΥ (Ελληνικές Μετεωρολογικές Υπηρεσίες) καταγράφηκε το χαμηλότερο μηνιαίο μέσο ύψος βροχόπτωσης (27,8 mm) τον Αύγουστο. Με βάση τα ίδια κλιματικά δεδομένα, κατά την ψυχρή περίοδο το ύψος βροχόπτωσης είναι το υψηλότερο με υψηλό ύψος βροχόπτωσης (56,1 mm) τον Νοέμβριο καθώς και τον Μάιο (54,7 mm).

Μια άλλη σημαντική διαδικασία που επηρεάζει τις εποχιακές διακυμάνσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι η επαναιώρηση, κατά την οποία σωματίδια στο έδαφος και τη σκόνη ανακατεύονται εξαιτίας του αέρα από την επιφάνεια του εδάφους προς την ατμόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου, η ξήρανση των επιφανειών λόγω της έλλειψης βροχοπτώσεων και των χαμηλών επιπέδων υγρασίας επιδεινώνουν το φαινόμενο της επαναιώρησης των σωματιδίων, ιδιαίτερα υπό την επίδραση ισχυρών ανέμων.

Ειδικότερα, σε εξορυκτικές περιοχές όπως η περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, στις δομές εδαφοκάλυψης των μεταλλευτικών λατομείων και σε χώρους διάθεσης των απορριμμάτων μετά τη διαδικασία εξόρυξης, ο μηχανισμός αναστολής ενοείται υπό την επίδραση του ανέμου και της τυρβώδους ροής των ανέμων. Ακόμη, σημαντική πηγή εισπνεόμενων σωματιδίων στην περιοχή Κοζάνης – Πτολεμαΐδας είναι η σκόνη που παράγεται από εξορυκτικές εργασίες (π.χ εκσκαφή) η από δρόμους που χρησιμοποιούνται για μεταφορά από και προς τα ορυχεία, απόθεση του λιγνίτη και επαναιώρηση των μικροσωματιδίων εξαιτίας των δυνατών ανέμων.

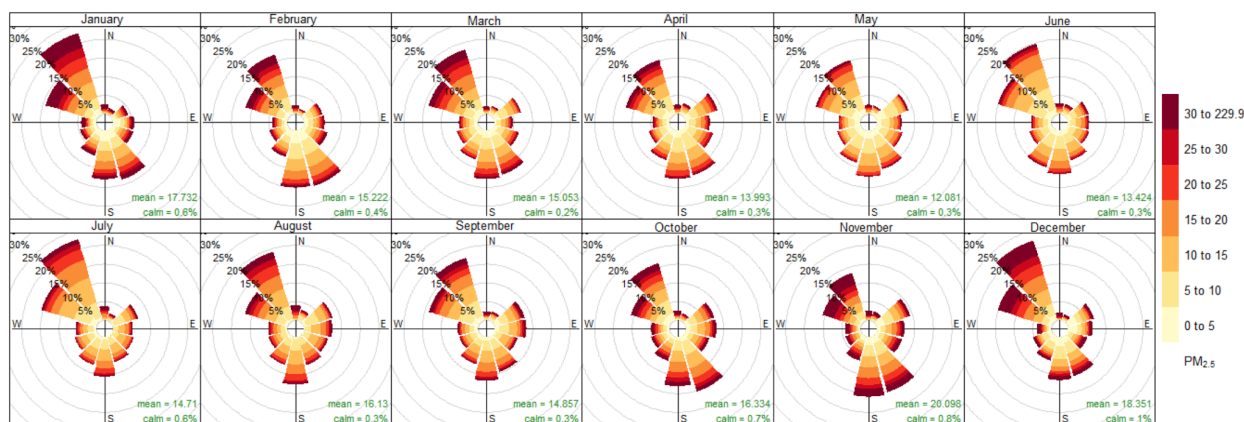
Τα παραπάνω υπογραμμίζουν την εξάρτηση των αερίων ρύπων με τις μετεωρολογικές συνθήκες μια περιοχής. Τέλος η εποχιακή διακύμανση των συγκεντρώσεων PM σχετίζεται με την εποχιακή διακύμανση σε ενεργειακές απαιτήσεις της περιοχής. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχει αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου με αποτέλεσμα υψηλά



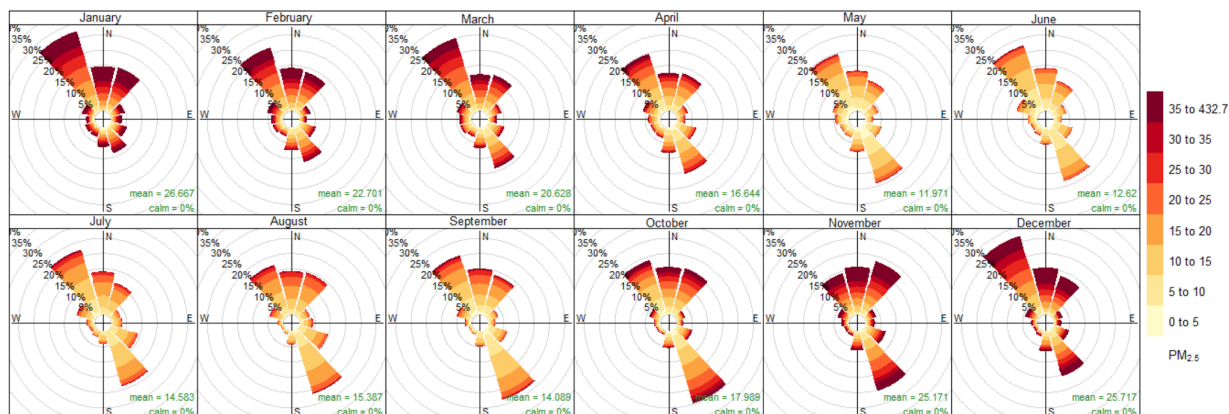
επίπεδα εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. (Triantafyllou et al. 2006)

Αναφορικά με τις μετεωρολογικές συνθήκες που οδηγούν σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις μικροσωματιδίων PM εντοπίζονται οι παρακάτω συνθήκες που ευνοούν τα επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Συγκεκριμένα, κατά τη χειμερινή περίοδο τα σύστημα υψηλής πίεσης που καλύπτουν την κεντρική και νότια Ευρώπη και οι σταθερές συνθήκες ευνοούν τη συσσώρευση ρύπων. Επίσης, συνθήκες υψηλής ταχύτητας ανέμου, έχουν ως αποτέλεσμα την επαναιώρηση της σκόνης και οι αυξημένες θερμοκρασιακές αναστροφές οδηγούν σε συνθήκες διασποράς των ατμοσφαιρικών ρύπων (Triantafyllou et al. 2002).

Από τις παραπάνω αναφορές γίνεται αντιληπτό ότι τα επίπεδα συγκεντρώσεων μικροσωματιδίων PM σχετίζονται με την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου αφού τα PM μπορούν να μεταφερθούν από τον άνεμο που επηρεάζει τη δεδομένη περιοχή.



Σχήμα 2.3: Συγκέντρωση ρύπων $PM_{2.5}$ στην περιοχή και η συσχέτιση με τις μετεωρολογικές συνθήκες.



Σχήμα 2.4: Μηνιαία ροδοδιαγράμματα ρύπων για τις συγκεντρώσεις μικροσωματιδίων $PM_{2.5}$ στα Πετρανά.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ AirQ+

3.1 Εισαγωγή

Το πρόγραμμα AirQ+ είναι ένα εργαλείο σχεδιασμένο να υπολογίζει τις επιπτώσεις στην υγεία και τις επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, σχεδιασμένο από τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας. Το πρόγραμμα περιέχει μεθοδολογίες με σκοπό να εκτιμήσει τις επιπτώσεις της βραχυχρόνιας και μακροχρόνιας έκθεσης στην αέρια ρύπανση. Οι βασικές μεθοδολογίες χρησιμοποιούν δεδομένα από επιδημιολογικές έρευνες, οι οποίες δείχνουν τη σχέση μεταξύ της μέσης βραχυχρόνιας και μακροχρόνιας έκθεσης και του ρίσκου θνησιμότητας για τον πληθυσμό που εκτίθεται. Κατα την αξιολόγηση των επιδράσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και πιο συγκεκριμένα κατα την αξιολόγηση των επιπτώσεων πολιτικών αποφάσεων, παρεμβάσεων ή υποθετικών σεναρίων το πρόγραμμα AirQ+ συστήνεται να χρησιμοποιείται με την βοήθεια ενός επιδημιολόγου ή ειδικού για την εκτίμηση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για να διευκολυνθούν οι χρήστες με την ανάλυση, το πρόγραμμα περιλαμβάνει εγχειρίδια χρήσης αυξανόμενης δυσκολίας. Για παράδειγμα, οι χρήστες μπορούν να υπολογίσουν την αναλογία που αποδίδεται σε επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία εξαιτίας την έκθεσης του πληθυσμού σε συγκεκριμένο επίπεδο αέριας ρύπανσης. Το παραπάνω χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί ο αριθμός των περιστατικών που αποδίδονται στην έκθεση σε αέριους ρύπους.

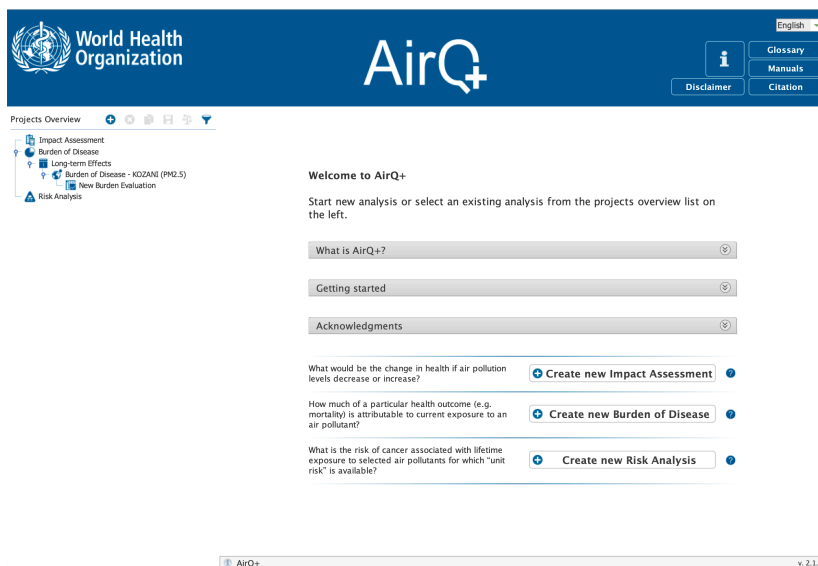
Το πρόγραμμα δουλεύει με τους εξής ρύπους, αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη η ίση των 2.5 μm (PM_{2.5}) ή με διάμετρο μικρότερη η ίση των 10 μm (PM₁₀), διοξείδιο του νατρίου, όζων και μαύρο άνθρακα. Το AirQ+ μπορεί να υπολογίσει τα αποτελέσματα της έκθεσης των κατοίκων στην αέρια ρύπανση. Στους υπολογισμούς εμπιρεύονται διάφορα στοιχεία μέτρησης συνδεδεμένα με την θνησιμότητα και την νοσηρότητα, όπως οξείες ή μακροχρόνιες παθήσεις.

Το AirQ+ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί το ρίσκο εμφάνισης καρκίνου εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε καρκινογόνους αέριους ρύπους. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί σταθερές βασισμένες στα επιστημονικά δεδομένα για τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία προερχόμενες κυρίως από έρευνες στην Δυτική Ευρώπη και Βόρεια Αμερική. Όταν πραγματοποιούνται μετρήσεις εκτός των δυο αυτών περιοχών απαιτείται μεγαλύτερη προσοχή και υπάρχει μεγαλύτερη περίπτωση αβεβαιότητας.

Η συγκεκριμένη έκδοση του προγράμματος αποτελείται από τρία σκέλη, τα οποία επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση της επίδρασης της αέριας ρύπανσης στην υγεία όσον αφορά 1) τα αποτελέσματα έπειτα αλλαγών στα επίπεδα της συγκέντρωσης των ρύπων, 2) τις επιπτώσεις στην υγεία εξαιτίας κάποιας ασθένειας χρησιμοποιώντας εξισώσεις έκθεσης-αντίδρασης και 3) ανάλυση ρίσκου για καρκινογόνους ρύπους χρησιμοποιώντας μεμονωμένο ρίσκο.



Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε με σκοπό να είναι φιλικό προς τον χρήστη. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα αποθηκεύονται αυτόματα και παρουσιάζονται με τρόπο που τον διευκολύνει. Τα πεδία που εισάγονται τα δεδομένα αντιπροσωπεύονται από κάποιο χρώμα για να ξεχωρίζει ο χρήστης αν παραδείγματος χάριν το πεδίο είναι υποχρεωτικό ή όχι.



Εικόνα 3.1: AirQ+ παράθυρο καλωσορίσματος.

Πράσινο υποδεικνύει ότι το πεδίο είναι υποχρεωτικό. Τα υποχρεωτικά πεδία πρέπει να συμπληρώνονται για να γίνουν οι υπολογισμοί του AirQ+. Κατά την δημιουργία μιας νέας ανάλυσης, τα υποχρεωτικά πεδία περιέχουν ορθά προεγκατεστημένα δεδομένα, για παράδειγμα η τιμή της συγκέντρωσης είναι αρχικά ορισμένη στο μηδέν. Το χρώμα πράσινο ακόμη υποδεικνύει ότι έχουν εισαχθεί ορθές τιμές σε υποχρεωτικά και προαιρετικά πεδία.

Κίτρινο υποδεικνύει πεδία προτεινόμενα από το πρόγραμμα στον χρήστη. Ενώ τα πεδία αυτά είναι προαιρετικά και δεν χρησιμοποιούνται για υπολογισμούς ή αναλύσεις, συνιστάται να εισαχθούν τιμές.

Άσπρο υποδεικνύει τα προαιρετικά πεδία.

Κόκκινο υποδεικνύει ότι έχει εισαχθεί μια λανθασμένη τιμή σε κάποιο υποχρεωτικό πεδίο.

Το πρόγραμμα έχει τρεις επιλογές, 1) Δημιουργία **εκτίμησης επίδρασης**, όπου εκτιμάται ποιο θα είναι η επίδραση στην υγεία αν οι τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων αυξηθούν ή μειωθούν. 2) Δημιουργία **ανάλυσης του επιδημιολογικού αντίκτυπου**, όπου καταδεικνύεται σε τι βαθμό συνδέεται η τωρινή έκθεση σε αέριους ρύπους με διάφορες καταστάσεις υγείας. 3) Δημιουργία **ανάλυσης ρίσκου**, όπου αναλύεται το ρίσκο καρκινογένεσης εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης ενός ατόμου σε συγκεκριμένους αέριους ρύπους.



Η **εκτίμηση επίδρασης** επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει ανάμεσα σε δυο τύπους αναλύσεων. Η πρώτη ανάλυση είναι βασισμένη σε ένα συγκεκριμένο αριθμό πληθυσμών, δεδομένων αερίων ρύπων, δεδομένων υγείας και σχετικού κινδύνου. Η δεύτερη ανάλυση βασίζεται σε πληθυσμιακά δεδομένα που περιλαμβάνουν για κάθε ηλικιακό εύρος τον αριθμό των ανθρώπων, των θανάτων και επιπλέον δεδομένα για την ατμοσφαιρική ρύπανση, την υγεία και το σχετικό ρίσκο.

New Impact Assessment

Please select the analysis parameters:

Analysis Type:	Ambient
Time Perspective:	Long-term Effects
Location:	New Location
Pollutant:	PM2.5
Evaluation (optional):	<NONE>

OK Cancel

Εικόνα 3.2. AirQ+ Δημιουργία Νέας Ανάλυσης : Νέα Εκτίμηση Επίδρασης.

Η ανάλυση του επιδημιολογικού αντίκτυπου εμπεριέχει μια συνάρτηση αντίδρασης στην έκθεση αερίων ρύπων, η οποία σχεδιάστηκε και δημιουργήθηκε μέσα στο πέρας των τελευταίων ετών με σκοπό να παραχθούν δεδομένα για το επιδημιολογικό αντίκτυπο βασισμένα σε συγκεκριμένα στοιχεία αιτιών για την θνησιμότητα.

Η ανάλυση ρίσκου είναι μια προσπάθεια ποσοτικοποίησης του ρίσκου εμφάνισης καρκίνου, αν θεωρητικά αφαιρεθούν οι κλασικοί αέριοι ρύποι και δοθεί έμφαση σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις ρύπων στην ατμόσφαιρα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ρίσκου δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τα αποτελέσματα της εκτίμησης επίδρασης ή της ανάλυσης του επιδημιολογικού αντίκτυπου.



3.2 Σχετικό ρίσκο

Το πρόγραμμα αρχικά μελετά το σχετικό ρίσκο (RR). Όπου, εκτιμά το μέγεθος της συσχέτισης μεταξύ έκθεσης και ασθένειας. Υποδεικνύει την πιθανότητα εμφάνισης της νόσου στην εκτεθειμένη ομάδα, P_{DE} , σε σχέση με εκείνες που δεν εκτίθενται, P_{DU} . Η πιθανότητα αυτή είναι ίση με P_{DE}/P_{DU} .

Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι το σχετικό ρίσκο είναι $RR = 1,06$ (95% CI=1,01-1,12) για όλες τις αιτίες θνησιμότητας ανά $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ μέση ετήσια αύξηση στα $\text{PM}_{2,5}$, αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε αύξηση στα $\text{PM}_{2,5}$ κατά $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στην μέση ετήσια συγκέντρωση, σχετίζεται με αύξηση 6% στους θανάτους όλων των αιτιών (με διαστήματα αβεβαιότητας μεταξύ 1% και 12%).

Οι σχετικοί κίνδυνοι λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μοντελοποιούνται συνήθως με μια λογαριθμική-γραμμική συνάρτηση, $RR = \exp(\alpha + \beta X)/\exp(\alpha + \beta X_0) = \exp[\beta(X - X_0)]$. Όπου X υποδηλώνει τη συγκέντρωση ρύπων ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) και X_0 υποδηλώνει την τιμή αποκοπής, η αλλιώς την την ελάχιστη δυνατή συγκέντρωση ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Στο λογαριθμικό γραμμικό μοντέλο, το β υποδηλώνει την αλλαγή στο σχετικό ρίσκο (RR) για αλλαγή μιας μονάδας στη συγκέντρωση X .

Το AirQ+ παρέχει επίσης άλλη μια διατύπωση της εξίσωσης για τον χρήστη. Ο χρήστης καλείται να εξετάσει τα αποτελέσματα της λήψης διαφορετικών υποθέσεων σχετικά με το σχήμα της συνάρτησης συγκέντρωσης-απόκρισης και παρέχεται επίσης ένα γραμμικό μοντέλο (Ostro, 2004). Μια συνάρτηση γραμμικής καταγραφής δίνεται για το σχετικό ρίσκο $RR = \exp(\alpha + \beta \log(X + 1))/\exp(\alpha + \beta \log(X_0 + 1)) [(X + 1)/(X_0 + 1)]^\beta$.

Στο γραμμικό μοντέλο, το β υποδηλώνει πόσο η αύξηση κατά μία μονάδα στο $\log(X)$ θα παράγει μια αναμενόμενη αύξηση στον άξονα Y των μονάδων β . Το β που εισήχθη δημιουργήθηκε με σταθερές παραμέτρους: μια ελάχιστη τιμή ίση με $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για μέση συγκέντρωση $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Στην περίπτωση που οι τιμές των συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης κυμαίνονται σε σχετικά φυσιολογικά επίπεδα, δηλαδή ούτε πολύ χαμηλές αλλά ούτε πολύ υψηλές το σχετικό ρίσκο (RR) μπορεί να προσεγγιστεί με μια γραμμική σχέση.

Οι νέες εκδόσεις του AirQ+ επεκτείνουν σταδιακά το σύνολο των προκαθορισμένων εξισώσεων σχετικού κινδύνου (RR) πέρα από εκείνα που συνιστώνται από το έργο HRAPIE του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) (για παράδειγμα: Hamra et al. 2014 για τον καρκίνο του πνεύμονα).

Με το σχετικό ρίσκο απαντούται ορισμένες προσαρμοσμένες εκτιμήσεις. Το εργαλείο AirQ+ παρέχει μοντέλα εκτίμησης σχετικού ρίσκου (RR) για πολλά ζεύγη αποτελεσμάτων ρύπων-υγείας, με διάστημα εμπιστοσύνης 95% (CI). Αυτές οι εκτιμήσεις γενικά δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας αναλύσεις σχετικών μελετών. Η χρήση του σχετικού ρίσκου (RR) θα πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα:



- i) Τα βασικά ευρωπαϊκά δεδομένα για μια νόσο ενδέχεται να μην ισχύουν για περιπτώσεις σε διαφορετικές περιοχές.
- ii) Τα μοντέλα σχετικού ρίσκου που χρησιμοποιούνται αντιπροσωπεύουν μέσες τιμές ενώ οι τοπικές τιμές μπορεί να είναι διαφορετικές, ιδίως για βραχυπρόθεσμη έκθεση σε ρύπους. Για παράδειγμα, οι υπολογισμοί της συνολικής θνησιμότητας πρέπει να λαμβάνουν υπόψη διαφορετικά πρότυπα θνησιμότητας, καθώς τα μοντέλα σχετικού ρίσκου μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους και μεταξύ των περιοχών. Ένα ζήτημα που πρέπει να εξεταστεί είναι η χρήση της κατα προσέγγιση προσαρμοσμένων εκτιμήσεων για τις τοπικές επιπτώσεις που προτάθηκε από τους Le Tertre, Schwartz και Touloumi (2005). Οι ειδικοί συμφώνησαν ότι οι μετα αναλύσεις παρέχουν την καλύτερη εκτίμηση με περιορισμένη αβεβαιότητα εάν εφαρμοστούν για τον ποσοτικό προσδιορισμό των συνολικών επιπτώσεων στην υγεία σε μια χώρα ή μια περιοχή.

3.3 Συνάρτηση ενσωματωμένης έκθεσης και αντίδρασης (IER).

Είναι μια συνάρτηση που ενσωματώνει πληροφορίες του σχετικού ρίσκου (RR) από μελέτες για τη ρύπανση του περιβαλλοντικού αέρα, τον καπνό από τα τσιγάρα και τα οικιακά καύσιμα (Burnett et al., 2014). Οι συναρτήσεις ενσωματωμένης έκθεσης και αντίδρασης (IER) χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της επιβάρυνσης της νόσου που αποδίδεται στη μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια PM_{2,5} στον ατμοσφαιρικό αέρα. Οι τρέχουσες λειτουργίες των συναρτήσεων (IER) έχουν αναπτυχθεί μόνο για συγκεκριμένες αιτίες θνησιμότητας σε ενήλικες: ισχαιμική καρδιακή νόσο (IHD), εγκεφαλοαγγειακή νόσο (εγκεφαλικό επεισόδιο), χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (COPD), καρκίνο του πνεύμονα (LC) και για οξεία λοίμωξη του κατώτερου αναπνευστικού (ALRI) σε παιδιά ηλικίας < 5 ετών. Το πρόγραμμα AirQ+ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των διακυμάνσεων των επιπτώσεων (π.χ. μεταβολή της ετήσιας συγκέντρωσης των PM₁₀ από 20 μg/m³ σε 10 μg/m³).

Οι συναρτήσεις (IER) άλλαξαν κατά τη διάρκεια των ετών για να παράγουν εκτιμήσεις για την παγκόσμια επιβάρυνση κάποιας νόσου (GBD) (Ostro et al., 2018). Οι συναρτήσεις ήταν διαθέσιμες το 2013, το 2015 και το 2016 για την παραγωγή εκτιμήσεων GBD 2010 (Lim et al., 2013), GBD 2013 (Forouzanfar et al., 2015) και GBD 2015 (Forouzanfar et al., 2017) αντίστοιχα.

Στις εκτιμήσεις GBD 2010 και 2013, η ελάχιστη συγκέντρωση (Θεωρητικό ελάχιστο επίπεδο έκθεσης σε κίνδυνο) επιλέχθηκε ως αντιπραγματική κατανομή με κατώτερα και ανώτερα όρια 5,8-8,8 μg/m³ (Lim et al., 2013) και 5,9-8,7 μg/m³ (Forouzanfar et al., 2015) αντίστοιχα, ενώ στο GBD 2015 η αντιπραγματική τιμή συγκέντρωσης επιλέχθηκε στο εύρος 2,4-5,9 μg/m³ (Cohen, 2017).

Το πρόγραμμα AirQ+ επιτρέπει στους χρήστες να υπολογίζουν τις επιπτώσεις των PM_{2,5} με βάση τις οδηγίες για την ποιότητα του αέρα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας ΠΟΥ (2006), συμπεριλαμβανομένων των ενδιάμεσων τιμών στόχων. Για συγκεκριμένους υπολογισμούς όπου ποσοτικοποιεί κανείς τις επιπτώσεις για διάφορες οριακές τιμές αποκοπής.



3.4 Παγκόσμια επιβάρυνση νόσου (GBD).

Η Μελέτη Παγκόσμιας Επιβάρυνσης Νόσων (GBD) είναι μια από τις πρώτες απόπειρες αξιολόγησης της πρόωρης θνησιμότητας εξαιτίας μεγάλου αριθμού ασθενειών και τραυματισμών και από ποικίλες εκθέσεις πληθυσμού. Η βασική προσέγγιση για την εκτίμηση παγκόσμιας επιβάρυνσης νόσου (GBD 2010) είναι να υπολογιστεί το ποσοστό των θανάτων ή επιβάρυνσης της νόσου που προκαλείται από συγκεκριμένους παράγοντες όπως, ή ισχαιμική καρδιοπάθεια που προκαλείται από αυξημένη αρτηριακή πίεση, διατηρώντας αμετάβλητους άλλους ανεξάρτητους παράγοντες.

Η μελέτη είχε τους ακόλουθους στόχους: (1) να αναπτυχθούν συνεπείς και με μεγάλη ακρίβεια εκτιμήσεις θνησιμότητας από 107 κύριες αιτίες θανάτου, κατανεμημένες ανά ηλικία και φύλο, για τον κόσμο και για οκτώ γεωγραφικές περιοχές (Καθιερωμένες οικονομίες αγοράς, πρώην σοσιαλιστικές οικονομίες της Ευρώπης, Ινδία, Κίνα, Άλλες Ασία και νησιά, ημισέληνος της Μέσης Ανατολής, Λατινική Αμερική και Καραϊβική και Υποσαχάρια Αφρική). Ακόμη (2) να αναπτύξουν εκτιμήσεις της επίπτωσης, του επιπολασμού, της διάρκειας και της θνησιμότητας για 483 συνέπειες αναπηρίας που προκύπτουν από τις παραπάνω αιτίες, κατανεμημένες ανά ηλικία, φύλο και περιοχή.

Έπειτα, (3) να πραγματοποιηθεί η εκτίμηση του κλάσματος της θνησιμότητας και της αναπηρίας που αποδίδεται σε δέκα κύριους παράγοντες κινδύνου, κατά ηλικία, φύλο και περιοχή. Τέλος, (4) να αναπτύξουν μελλοντικά σενάρια θνησιμότητας, χωρισμένα ανά ηλικία, φύλο και περιοχή (Christopher J. L. Murray and Alan D. Lopez).

Θεωρητικά, η επιβάρυνση που αποδίδεται από έναν παράγοντα κινδύνου είναι η εξής και ορίζεται από τις ακόλουθες εξισώσεις (Εικόνα 3.3):

$$AB = \sum AF_j B_j,$$

where

$$AF_j = \frac{\int_{x=0}^m R_j(x) P(x) - \int_{x=0}^m R_j(x) P'(x)}{\int_{x=0}^m R_j(x) P(x)}$$

Εικόνα 3.3: Εξισώσεις που αποδίδουν κάποιον παράγοντα κινδύνου.



Όπου AB είναι η αποδιδόμενη επιβάρυνση από μια μεταβλητή ή παράγοντα κινδύνου, AF_j είναι το αποδιδόμενο κλάσμα της επιβάρυνσης της νόσου για την αιτία j , B_j είναι η επιβάρυνση από την αιτία j , $R_j(X)$ είναι ο σχετικός κίνδυνος επιβάρυνσης (θάνατος ή αναπηρία) από την αιτία j για το επίπεδο έκθεσης x . Το PM είναι η κατανομή του πληθυσμού ανά επίπεδο έκθεσης (για υστεροχρονισμένη έκθεση, το $P(x)$ είναι δείκτης σταθμισμένης συσσωρευμένης έκθεσης), το $P'(x)$ είναι η αντιφατική κατανομή της έκθεσης για την πληθυσμό, και m είναι το μέγιστο επίπεδο έκθεσης.

Risk Factors	Regions										
	EME	FSE	IND	CHN	OAI	SSA	LAC	MEC	World	Developed	Developing
Malnutrition	0.0	0.0	18.4	3.1	12.3	31.9	4.5	9.8	11.7	0.0	14.9
Poor water/sanitation	0.0	0.1	9.0	0.9	6.4	10.7	4.5	8.3	5.3	0.0	6.7
Unsafe sex	0.8	0.9	2.4	0.5	2.4	5.9	2.5	1.1	2.2	0.8	2.5
Tobacco	14.9	13.6	1.4	9.2	4.0	0.9	3.3	2.4	6.0	14.5	3.7
Alcohol	1.2	1.4	1.2	1.3	1.8	3.2	4.5	0.5	1.5	1.3	1.6
Occupation	2.2	2.0	2.0	2.8	2.7	1.4	3.2	2.4	2.2	2.1	2.3
Hypertension	11.1	16.3	3.9	3.2	1.0	2.5	8.1	7.7	5.8	12.9	3.8
Physical inactivity	11.7	7.0	3.6	2.6	1.1	0.1	3.9	3.1	3.9	10.1	2.3
Illicit drugs	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.5	0.1	0.2	0.3	0.2
Air pollution	0.9	5.5	0.9	0.8	0.7	0.3	1.1	1.0	1.1	2.5	0.7

EME = Established Market Economies; FSE = Formerly Socialist Economics of Europe; IND = India; CHN = China; OAI = Other Asia and Islands; SSA = Sub-Saharan Africa; LAC = Latin America and the Caribbean; MEC = Middle Eastern Crescent.

Εικόνα 3.4: Ποσοστό θανάτων που αποδίδονται σε 10 σημαντικούς παράγοντες κινδύνου στη μελέτη του παγκόσμιου βάρους νόσων.



Risk Factor	Type of Risk Factor		Relative Risk Controlled for Confounding	Measure of Exposure	Reference Distribution of Exposure	Time Lag from Exposure to Burden
	Exposure	State				
Malnutrition		0		Population less than 2 SDs weight-for-age based on extensive national surveys	Population weight- for-age higher than minus 2 SDs	Intermediate
Poor water, sanitation, and hygiene	0			Based on the theoretical fecal-oral route of transmission	Zero	Short
Unsafe sex	0			Based on theoretical model of transmission of STDs and on contraceptive demand surveys for maternal conditions	Zero	Short to long
Alcohol (disease) ^H	0		0	Indexed on alcohol consumption, non-hepatitis B cirrhosis, and alcohol dependence syndrome	Zero	Long
Alcohol (injury) ^H	0			Indexed on estimate of consumption patterns based on small, scale studies	Zero	Short
Occupation (disease) ^H	0			Registration data for EME, FSE, and LAC and constant rates for all other regions	Zero	Long
Occupation (injury) ^H	0			Registration data for EME and co-stant rates for all other regions	Zero	Short
Tobacco Hypertension	0	0	0	Indexed on lung cancer Population surveys of blood pressure	Zero Systolic blood pressure of 110 mmHg	Long Long
Physical inactivity	0		0	Population surveys of activity patterns	Regular physical activity	Long
Illicit drugs	0			Small-scale studies	Zero	Short to intermediate
Air pollution	0			Monitoring systems in urban areas for most regions	WHO guidelines	Short to long

Εικόνα 3.5: Σύνοψη των διαφορών στην μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της επιβάρυνσης στην ανθρώπινη υγεία των δέκα σημαντικότερων παραγόντων της παγκόσμιας επιβάρυνσης νόσων.

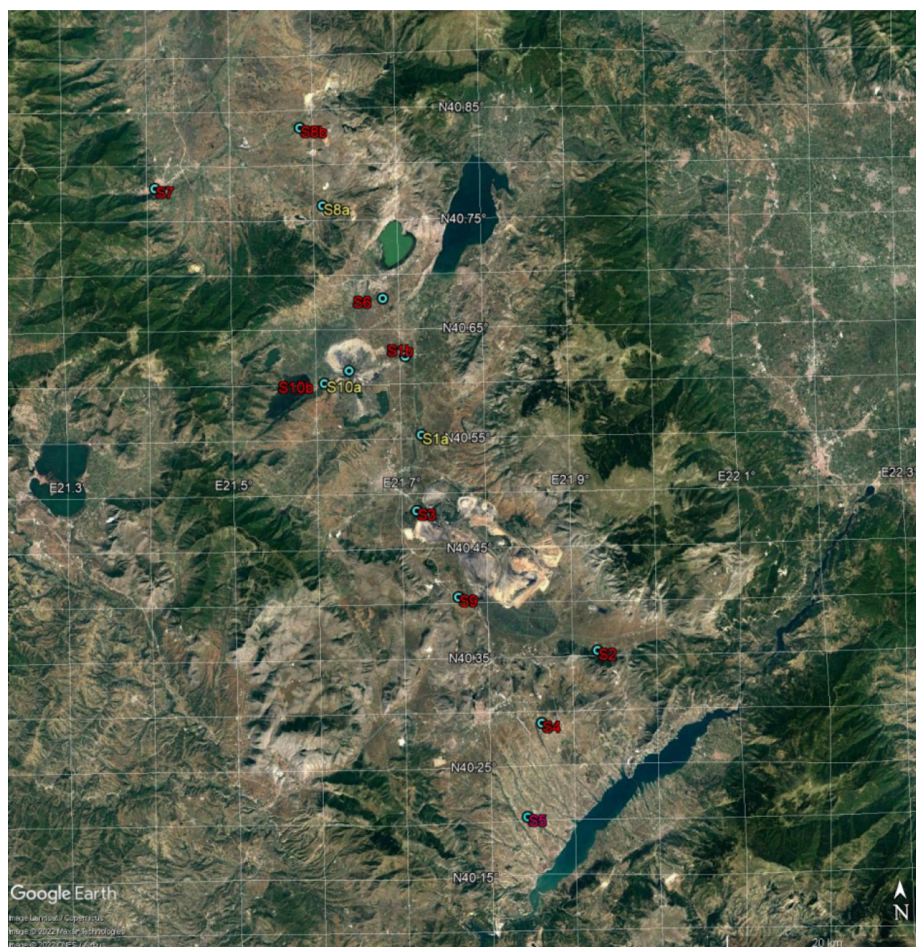


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1 Περιγραφή δεδομένων

Τα δεδομένα για τις συγκεντρώσεις $PM_{2.5}$ συλλέχθηκαν σε ημερήσια βάση από δέκα σταθμούς από το 2010 έως το 2021 στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Το Σχήμα 1 δείχνει τη θέση των σταθμών και ο Πίνακας 1 δείχνει τις συντεταγμένες και το υψόμετρο κάθε σταθμού.



Εικόνα 4.1: Τοποθεσίες σταθμών στην Δυτική Μακεδονία.



Πίνακας 4.1: Συντεταγμένες και το υψόμετρο κάθε σταθμού.

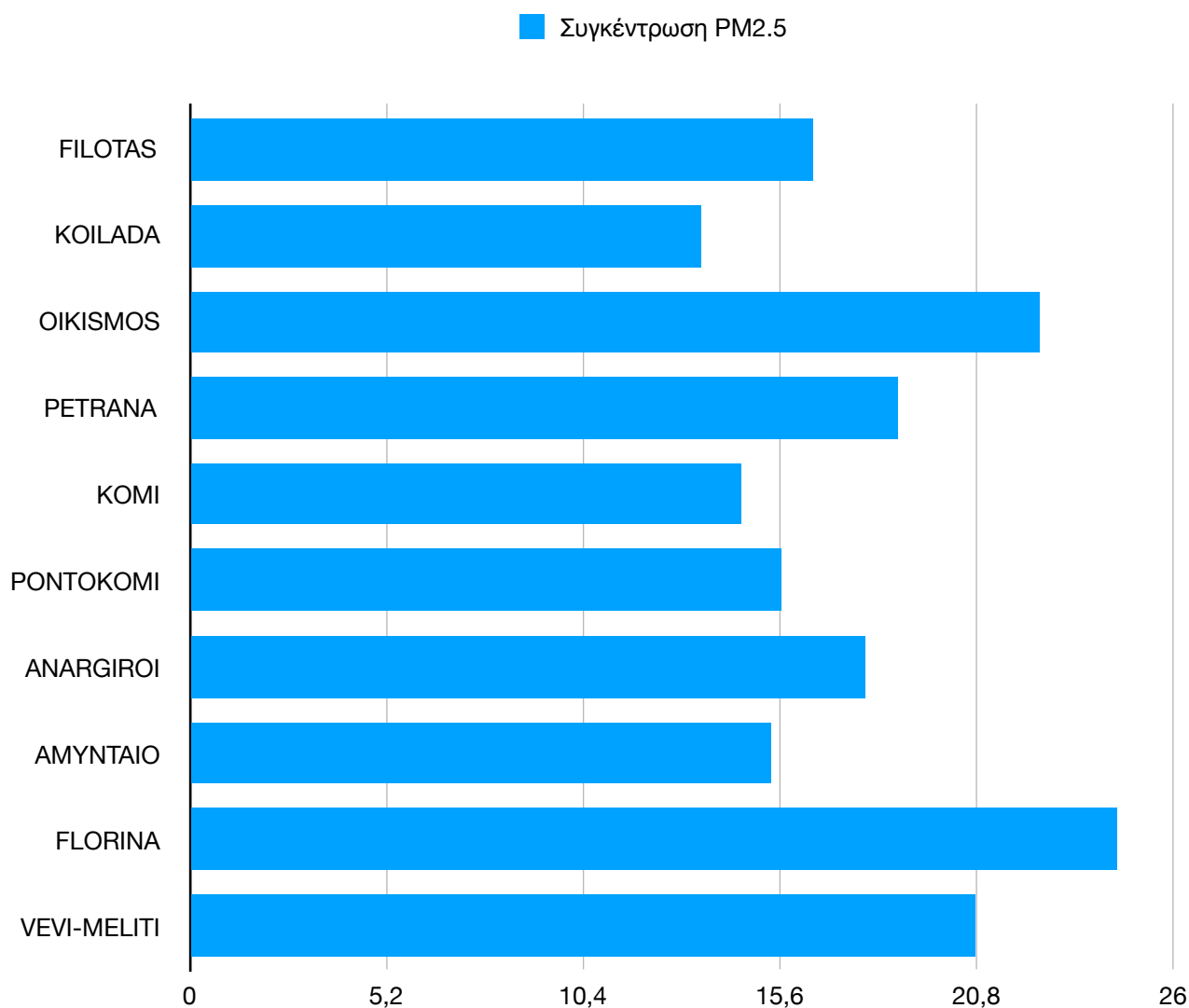
Station Name	Station Location	Latitude	Longitude	Altitude (m)
S1	Filotas	40,626056	21,707554	568
S2	Koilada	40,355725	21,930784	686
S3	Oikismos	40,485181	21,718224	673
S4	Petrana	40,290150	21,863800	614
S5	Komi	40,203969	21,843391	415
S6	Amyntaio	40,678970	21,681830	628
S7	Florina	40,782096	21,410366	659
S8	Meliti	40,835500	21,586800	677
S9	Pontokomi	40,406530	21,768110	702
S10	Anargyroi	40,602222	21,610000	611



4.2 Δημιουργία Εκτίμησης Επίδρασης για τους Νομούς Κοζάνης και Φλώρινας με το Πρόγραμμα AirQ+

Το βασικό θέμα συζήτησης είναι το πόσοι θάνατοι από τους συνολικούς θανάτους φυσικών αιτιών μπορούν να αποδοθούν στην μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5} ξεπερνώντας τα όρια συγκεντρώσεων που προτείνει ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας.

Για την δημιουργία της εκτίμησης επίδρασης με το πρόγραμμα AirQ+ είναι απαραίτητο να γνωρίζει ο χρήστης τη μέση τιμή συγκέντρωσης των μετρούμενων ρύπων. Έτσι συλλέχθηκαν οι ημερήσιες συγκεντρώσεις των PM_{2.5} σωματιδίων από τους 10 σταθμούς μέτρησης για διάστημα 10 ετών. Στη συνέχεια βρέθηκε ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων για κάθε σταθμό όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.1: Μέση συγκέντρωση ημερήσιων μετρήσεων PM_{2.5} κάθε σταθμού για διάστημα 10 ετών από το 2010 έως το 2021.



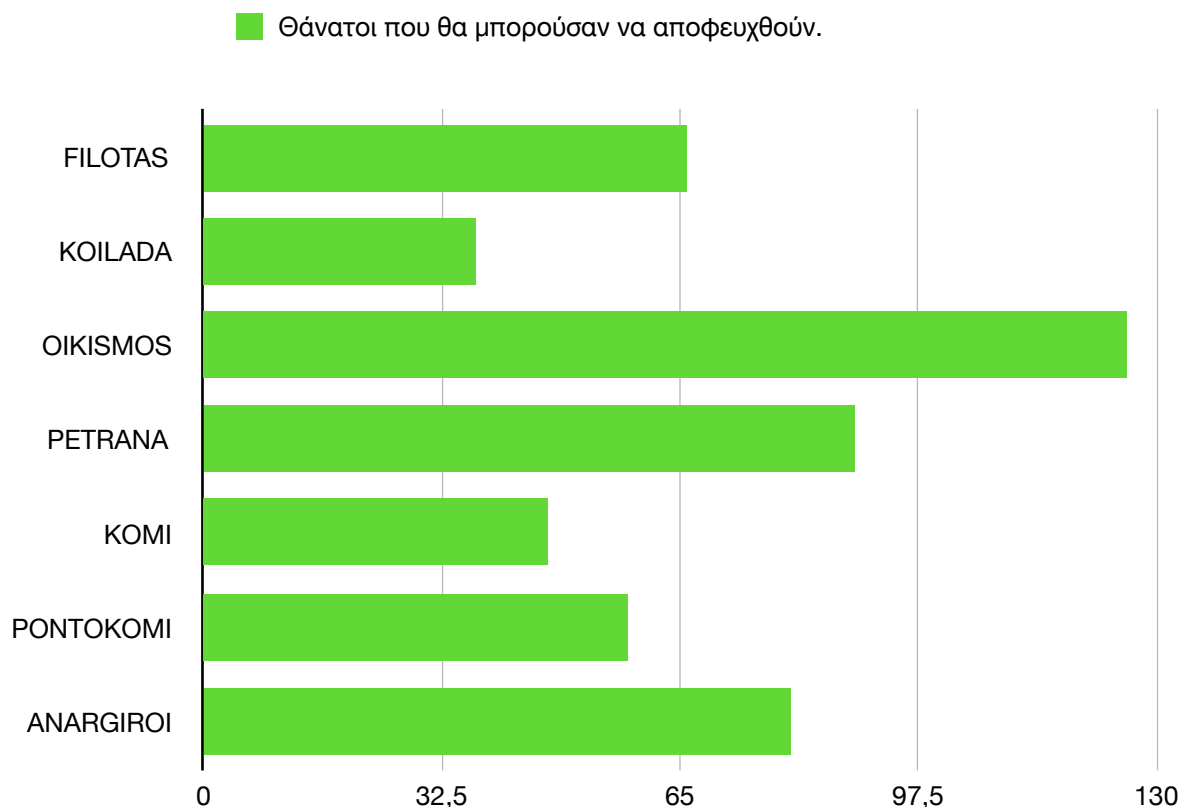
Αρχικά δημιουργήθηκαν εκτιμήσεις επίδρασης για κάθε σταθμό χρησιμοποιώντας την μέση συγκέντρωση του εκάστοτε σταθμού και τον πληθυσμό του νόμου στον οποίο ανήκει. Στο νομό της Κοζάνης ανήκουν οι εξής σταθμοί:

1. Φιλώτας με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Κοιλάδα με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $13,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
3. Οικισμός με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $22,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
4. Πετρανά με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $18,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
5. Κόμη με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $14,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
6. Ποντοκόμη με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $15,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
7. Ανάργυροι με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $17,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Στο νομό της Φλώρινας ανήκουν οι εξής σταθμοί:

1. Αμύνταιο με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $15,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Φλώρινας με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $24,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
3. Βεβή-Μελίτη με μέση συγκέντρωση σε $PM_{2.5}$: $20,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Για τον νομό της Κοζάνης στην εκτίμηση επίδρασης με τις συγκεντρώσεις από κάθε περιοχή εισάχθηκε ο συνολικός πληθυσμός του Νόμου ο οποίος είναι 150.196 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011 και ο συνολικός αριθμός των θανόντων του νόμου όπου σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή για το έτος 2017 ήταν 1.736 θάνατοι. (<https://www.statistics.gr/documents/20181/2c785845-3429-472a-96cc-65b06d5d1dc4>). Τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας συγκεντρώσεις από την κάθε περιοχή για τον νόμο Κοζάνης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



Σχήμα 4.2: Θάνατοι που θα μπορούσαν να αποφευχθούν από την αέρια ρύπανση στο Νόμο της Κοζάνης.

Το πρόγραμμα AirQ+ με την δημιουργία εκτίμησης επίδρασης για άτομα άνω των 30 ετών με περιστατικά θνησιμότητας όλων των φυσικών αιτιών και χρήση των μέσων συγκεντρώσεων κάθε σταθμού έδειξε ότι ο αριθμός των ανθρώπων που θα μπορούσαν να είχαν σωθεί στο νόμο της Κοζάνης για τις εκάστοτε συγκεντρώσεις, εάν οι συγκεντρώσεις των ρύπων είχαν διατηρηθεί κάτω από το όριο ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$) που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας είναι οι εξής:

1. Με βάση τη συγκέντρωση στην περιοχή Φιλώτα : χάθηκαν 66 ζωές εξαιτίας της έκθεσης σε αέριους ρύπους $\text{PM}_{2.5}$
2. Με βάση τη συγκέντρωση στην περιοχή Κοιλάδα χάθηκαν 37 ζωές εξαιτίας της έκθεσης σε αέριους ρύπους $\text{PM}_{2.5}$
3. Με βάση τη συγκέντρωση στην περιοχή Οικισμός χάθηκαν 126 ζωές εξαιτίας της έκθεσης σε αέριους ρύπους $\text{PM}_{2.5}$
4. Με βάση τη συγκέντρωση στην περιοχή Πετρανά χάθηκαν 89 ζωές εξαιτίας της έκθεσης σε αέριους ρύπους $\text{PM}_{2.5}$
5. Συγκέντρωση από την περιοχή Κόμη χάθηκαν 47 ζωές εξαιτίας της έκθεσης σε αέριους ρύπους $\text{PM}_{2.5}$



6. Συγκέντρωση από την περιοχή Ποντοκόμη χάθηκαν 58 ζωές εξαιτίας της έκθεσης σε αέριους ρύπους $PM_{2.5}$
7. Συγκέντρωση από την περιοχή Ανάργυροι χάθηκαν 80 ζωές εξαιτίας της έκθεσης σε αέριους ρύπους $PM_{2.5}$

Τελικά ο μέσος όρος των πρόωρων θανάτων οι οποίοι προκλήθηκαν από την μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια $PM_{2.5}$ είναι 72 θάνατοι για τον νόμο Κοζάνης στο έτος 2017.

Το παραπάνω αποτέλεσμα μπορεί να επαληθευθεί με τη δημιουργία μιας εκτίμησης επίδρασης για ανθρώπους άνω των 30 ετών με περιστατικά θνησιμότητας όλων των φυσικών αιτιών, εισάγοντας την μέση συγκέντρωση μικροσωματιδίων $PM_{2.5}$ από όλους του σταθμούς στο νομό της Κοζάνης η οποία είναι η εξής: $17.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στη συνέχεια εισάγονται ο συνολικός πληθυσμός του νομού (150.196) και τα περιστατικά θνησιμότητας του νόμου για το έτος 2017 (1.736).

Impact Evaluation (PM2.5)

Evaluation Name:

Health Endpoint

Health Endpoint:

Incidence (per 100 000 Population at risk per year):

Population at risk:

Calculation Parameters

Calculation Method:

Relative Risk: Lower: Upper:

Cut-off Value X_0 (see formula):

Mean Concentration X:

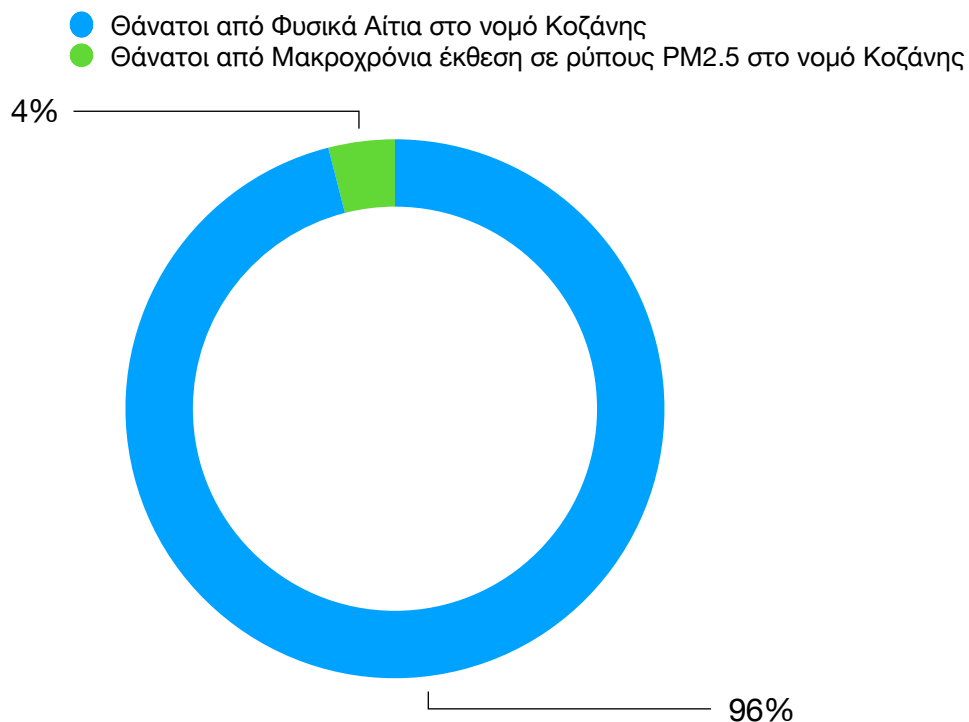
Advanced

Results (last calculation 2022-08-03 15:03:39)

	Central	Lower	Upper
Estimated Attributable Proportion	4.16%	2.73%	5.47%
Estimated number of Attributable Cases	72	47	95
Estimated number of Attributable Cases per 100,000 Population at Risk	48.03	31.55	63.23

Εικόνα 4.2: Χρήση του προγράμματος AirQ+ για την δημιουργία εκτίμησης επίδρασης στο νομό της Κοζάνης.

Το πρόγραμμα έδειξε τα ίδια αποτελέσματα με την προηγούμενη μέτρηση όπως φαίνεται και στην παραπάνω φωτογραφία. Δηλαδή, αν οι συγκεντρώσεις των μικροσωματιδίων $PM_{2.5}$ είχαν διατηρηθεί κάτω από το όριο ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$) που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας τότε θα είχαν σωθεί 72 ανθρώπινες ζωές οι οποίες χάθηκαν εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους $PM_{2.5}$.



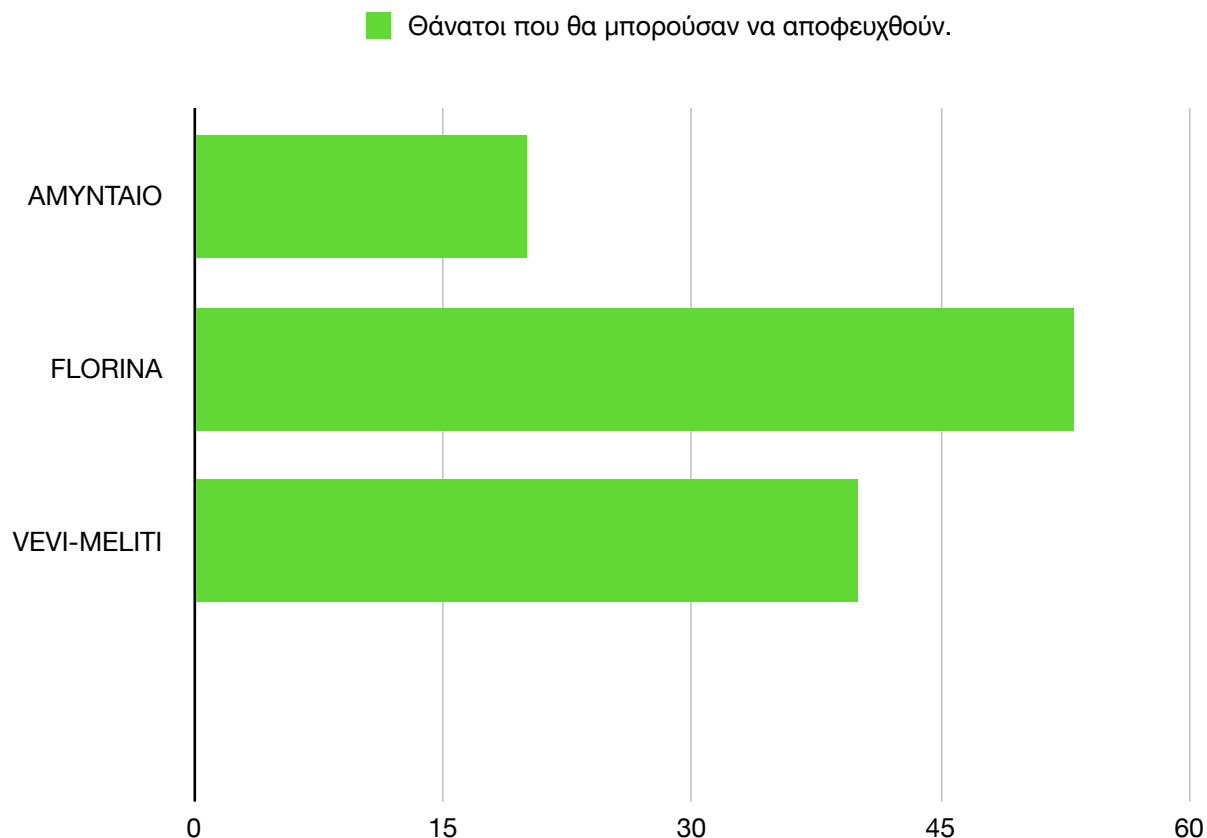
Σχήμα 4.3: Θάνατοι από Φυσικά Αίτια στο νομό Κοζάνης και θάνατοι από Μακροχρόνια έκθεση σε ρύπους PM_{2.5} στο νομό Κοζάνης

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το 4% των συνολικών θανάτων στο Νομό Κοζάνης για το έτος 2017 προκλήθηκε από την μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5}.

Για τον νομό της Φλώρινας στην εκτίμηση επίδρασης για άτομα άνω των 30 ετών με περιστατικά θνησιμότητας όλων των φυσικών αιτιών με τις συγκεντρώσεις από κάθε περιοχή εισάχθηκε ο



συνολικός πληθυσμός του νομού ο οποίος σύμφωνα με την απογραφή του 2011 είναι 51.414 κάτοικοι και ο συνολικός αριθμός των θανάτων του νόμου ήταν 636 σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή για το έτος 2017. Τα αποτελέσματα από την κάθε περιοχή φαίνονται παρακάτω πίνακα:



Σχήμα 4.4: Θάνατοι που θα μπορούσαν να αποφευχθούν από την αέρια ρύπανση στο Νόμο της Φλώρινας.

Το πρόγραμμα AirQ+ με την δημιουργία εκτίμησης επίδρασης για άτομα άνω των 30 ετών με περιστατικά θνησιμότητας όλων των φυσικών αιτιών και χρήση των μέσων συγκεντρώσεων κάθε σταθμού έδειξε ότι ο αριθμός των ανθρώπων που θα μπορούσαν να είχαν σωθεί στο νόμο της Φλώρινας για τις εκάστοτε συγκεντρώσεις, εάν οι συγκεντρώσεις των ρύπων είχαν διατηρηθεί κάτω από το όριο ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$) που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας είναι οι εξής:



1. Με βάση τη συγκέντρωση στην περιοχή Αμύνταιο χάθηκαν 20 ζωές εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους $PM_{2.5}$
2. Με βάση τη συγκέντρωση στην περιοχή Φλώρινα χάθηκαν 53 ζωές εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους $PM_{2.5}$
3. Με βάση τη συγκέντρωση στην περιοχή Βεβή-Μελίτη χάθηκαν 40 ζωές εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους $PM_{2.5}$

Ο μέσος όρος των πρόωρων θανάτων για τον νόμο της Φλώρινας οι οποίοι προκλήθηκαν από την μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια $PM_{2.5}$ είναι 38 θάνατοι για το έτος 2017.

Για την επαλήθευση του παραπάνω αποτελέσματος πραγματοποιήθηκε η δημιουργία δημιουργία μιας εκτίμησης επίδρασης για ανθρώπους άνω των 30 ετών με περιστατικά θνησιμότητας όλων των φυσικών αιτιών, εισάγοντας την μέση συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων $PM_{2.5}$ από όλους του σταθμούς στο νομό της Φλώρινας ($20,22529 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Στη συνέχεια εισάγονται ο συνολικός πληθυσμός του νομού (51.414) και τα περιστατικά θνησιμότητας του νόμου για το έτος 2017 (636).

Impact Evaluation (PM2.5)

Evaluation Name:

Health Endpoint

Health Endpoint:

Incidence (per 100 000 Population at risk per year):

Population at risk:

Calculation Parameters

Calculation Method:

Relative Risk: Lower: Upper:

Cut-off Value X0 (see formula):

Mean Concentration X:

Advanced

Results (last calculation 2022-08-03 15:49:24)

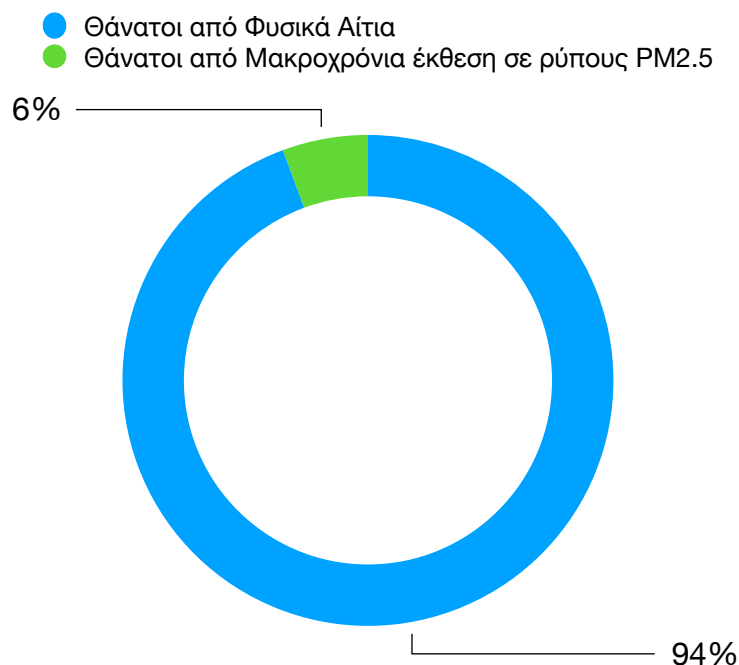
	Central	Lower	Upper
Estimated Attributable Proportion	5.97%	3.93%	7.83%
Estimated number of Attributable Cases	38	25	50
Estimated number of Attributable Cases per 100,000 Population at Risk	73.80	48.63	96.85

Εικόνα 4.3: Χρήση του προγράμματος AirQ+ για την δημιουργία εκτίμησης επίδρασης στο νομό της Φλώρινας.

Τα αποτελέσματα που έδωσε το πρόγραμμα είναι τα ίδια με την προηγούμενη μέτρηση όπως φαίνεται και στην παραπάνω φωτογραφία. Δηλαδή, αν οι συγκεντρώσεις των μικροσωματιδίων



PM_{2.5} είχαν διατηρηθεί κάτω από το όριο (10μg/m³) που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας τότε θα είχαν σωθεί 38 ανθρώπινες ζωές οι οποίες χάθηκαν εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους PM_{2.5}.



Σχήμα 4.5: Θάνατοι από Φυσικά Αίτια και Θάνατοι από Μακροχρόνια έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το 6% των συνολικών θανάτων στο Νομό Φλώρινας για το έτος 2017 προκλήθηκε από την μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5}.

Για την περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας πραγματοποιήθηκε εκτίμηση επίδρασης (impact evaluation) για άτομα άνω των 30 ετών με περιστατικά θνησιμότητας όλων των φυσικών αιτιών με τις συγκεντρώσεις από κάθε περιοχή εισάχθηκε ο συνολικός πληθυσμός της περιοχής ο οποίος σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται στους 283.689 κατοίκους και ο συνολικός αριθμός των θανόντων της περιοχής σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή για το έτος 2017 ήταν



3.386. Ακόμη η μέση συγκέντρωση ρύπων $PM_{2.5}$ για την περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν στους σταθμούς είναι $18,00697 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Impact Evaluation (PM2.5)

Evaluation Name: ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ ✓

Health Endpoint

Health Endpoint: Mortality, all (natural) causes (adults age 30+ years)

Incidence (per 100 000 Population at risk per year): 1193.56 ✓

Population at risk: # 283689 ✓

Calculation Parameters

Calculation Method: log-linear

Relative Risk: 1.062 ✓ Lower: 1.04 ✓ Upper: 1.083 ✓

Cut-off Value X_0 (see formula): 10 ✓

Mean Concentration X: 18.007

Advanced

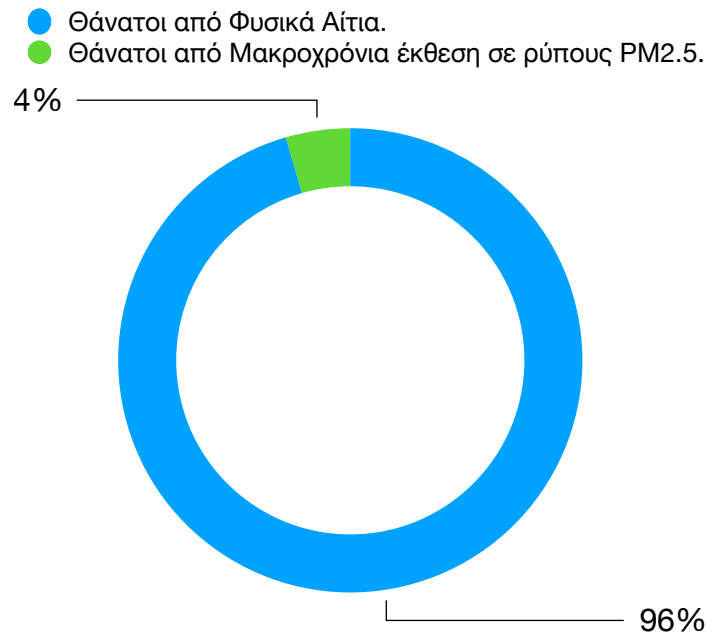
Calculate

Results (last calculation 2022-08-03 20:44:18)

	Central	Lower	Upper	
Estimated Attributable Proportion	4.7%	3.09%	6.18%	▲
Estimated number of Attributable Cases	159	105	209	
Estimated number of Attributable Cases per 100,000 Population at Risk	56.13	36.90	73.82	▼

Εικόνα 4.4: Χρήση του προγράμματος AirQ+ για την δημιουργία εκτίμησης επίδρασης στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι από τους 3.386 θανάτους που καταγράφηκαν για την περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας το έτος 2017 οι, 159 προκλήθηκαν εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$ με συγκεντρώσεις που ξεπερνούν τα όρια που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$) και θα μπορούσαν να αποφευχθούν. Με ποσοστό να αναλογεί στο 4% των συνολικών θανάτων.



Σχήμα 4.6: Θάνατοι από Φυσικά Αίτια και Θάνατοι από Μακροχρόνια έκθεση σε ρύπους PM2.5.

4.3 Εκτίμηση του Επιδημιολογικού Αντίκτυπου για την περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας χρησιμοποιώντας το Πρόγραμμα AirQ+.

Στο κομμάτι αυτό απαντάται το ερώτημα κατα ποιο βαθμό επηρεάζεται ο αριθμός των θανόντων από κάποια από τις εξής 5 αιτίες:

1. Οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού (ALRI)
2. Άσθμα και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (COPD)
3. Καρκίνος του πνεύμονα (LC)
4. Ισχαιμική καρδιοπάθεια (IHD)
5. Εγκεφαλικό επεισόδιο (STROKE)

Στην περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας για το έτος 2019 καταγράφηκαν τα περιστατικά θνησιμότητας για τις παραπάνω αιτίες:

1. Οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού : 31 θάνατοι
2. Άσθμα και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια : 122 θάνατοι
3. Καρκίνος του πνεύμονα : 150 θάνατοι

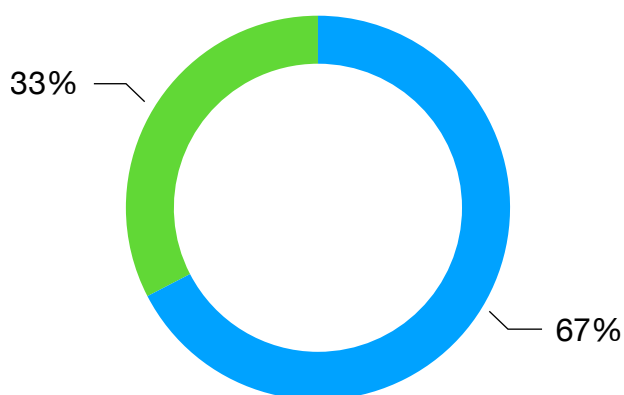


4. Ισχαιμική καρδιοπάθεια : 314 θάνατοι

5. Εγκεφαλικό επεισόδιο : 164 θάνατοι

Αρχικά, για τη θνησιμότητα από οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού το πρόγραμμα έδειξε ότι εξαιτίας της αέριας ρύπανσης σε ρύπους PM_{2.5} έχασαν τη ζωή τους 15 άνθρωποι το έτος 2019. Με το 33% της συνολικής θνησιμότητας εξαιτίας οξείων λοιμώξεων του αναπνευστικού να προκλήθηκαν από την έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}.

- Θάνατοι εξαιτίας οξείων λοιμώξεων του αναπνευστικού
- Θάνατοι εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους που προκάλεσαν τις Οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού

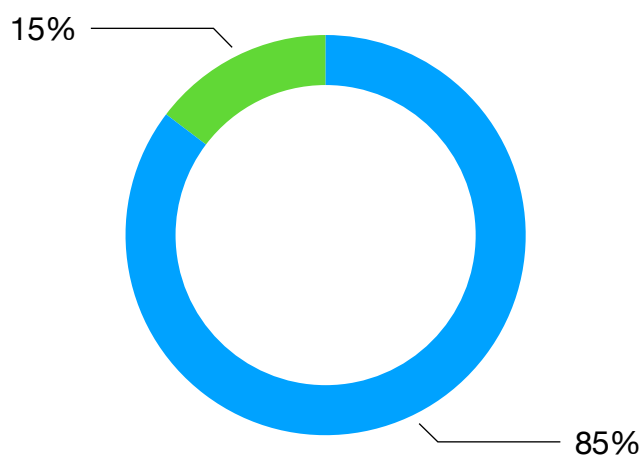


Σχήμα 4.7: Θάνατοι εξαιτίας οξείων λοιμώξεων του αναπνευστικού και Θάνατοι εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους που προκάλεσαν τις Οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού



Στη συνέχεια εξετάζεται η θνησιμότητα εξαιτίας του άσθματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας σε ενήλικες άνω των 25 ετών. Τα αποτελέσματα του προγράμματος έδειξαν ότι από τους συνολικούς 122 θανάτους οι 21 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}. Με το 15% των συνολικών θανάτων εξαιτίας του άσθματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας να οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}.

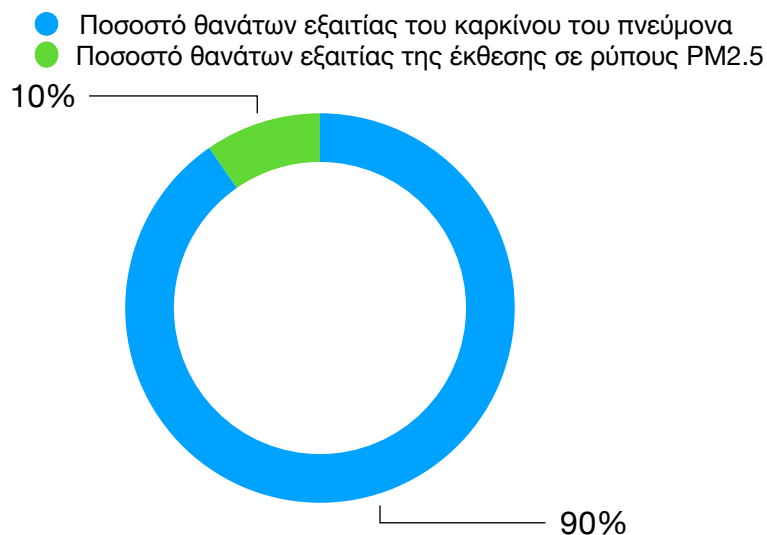
- Θάνατοι εξαιτίας του άσθματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας
- Θάνατοι εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}



Σχήμα 4.8: Θάνατοι εξαιτίας του άσθματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας και Θάνατοι εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}.

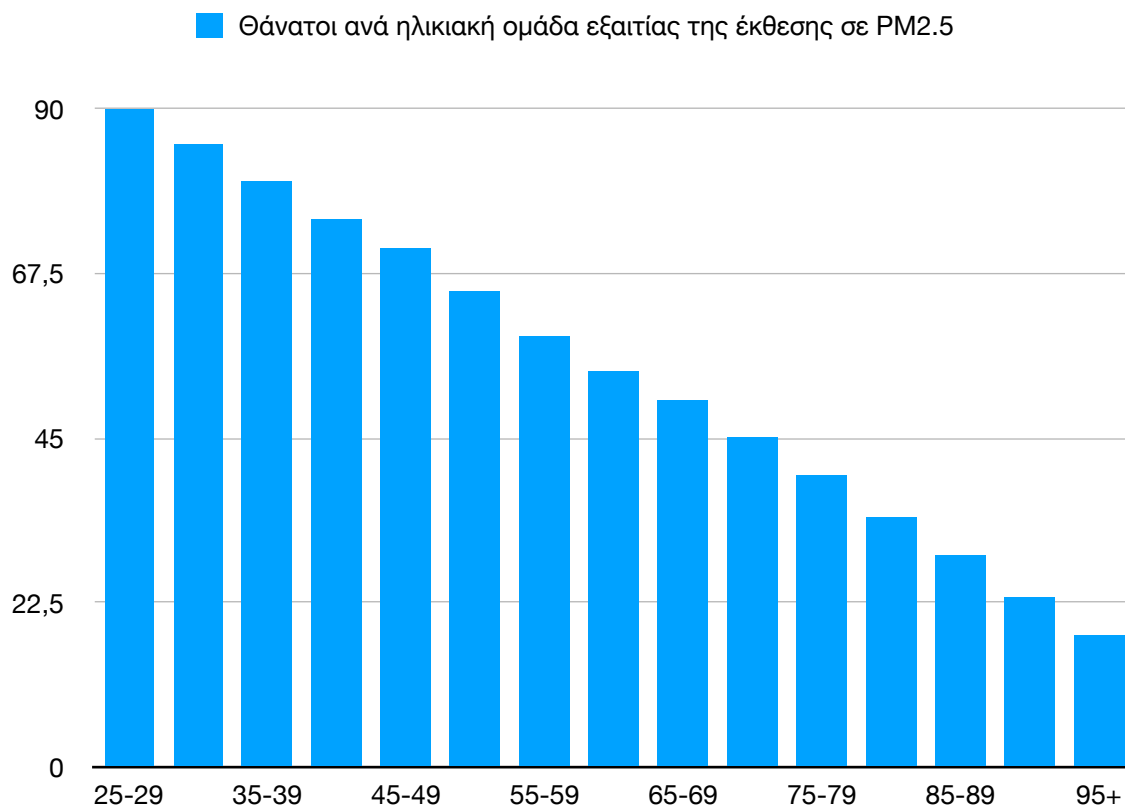


Ακόμη, εξετάστηκε η θνησιμότητα του καρκίνου του πνεύμονα σε ενήλικες άνω των 25 ετών. Το πρόγραμμα έδειξε ότι από τους συνολικούς 150 θανάτους το έτος 2019 οι 16 προκλήθηκαν από έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}. Με το 10% των θανάτων να οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}.



Σχήμα 4.9: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας του καρκίνου του πνεύμονα και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}

Επιπλέον, για τα περιστατικά θνησιμότητας εξαιτίας της ισχαιμικής καρδιοπάθειας το πρόγραμμα AirQ+ διαχωρίζει τα περιστατικά σε ηλικιακές ομάδες από ενήλικες άνω των 25 ετών μέχρι άνω των 95 ετών χωρίζοντας τις ηλικιακές ομάδες ανά πέντε έτη. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο αριθμός των ανθρώπων που θα μπορούσαν να είχαν σωθεί εάν τα όρια των ρύπων είχαν διατηρηθεί στα επιθυμητά όρια.

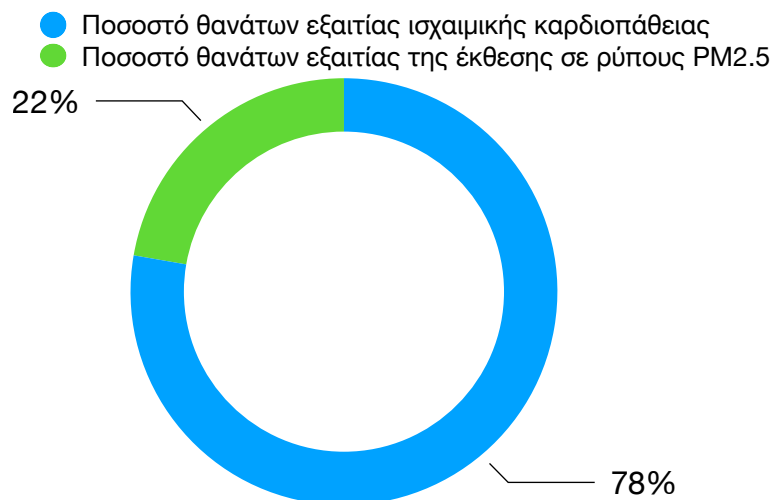


Σχήμα 4.10: Θάνατοι ανά ηλικιακή ομάδα εξαιτίας της έκθεσης σε PM2.5

Παρακάτω γίνεται η υπόθεση ότι οι συνολικοί 314 θάνατοι που προκλήθηκαν εξαιτίας της ισχαιμικής καρδιοπάθειας το έτος 2019 για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε ηλικιακή ομάδα ξεχωριστά για να αναδειχθούν οι διαφορές που υπάρχουν στην ηλικία που επηρεάζεται από την έκθεση σε αέριους ρύπους.

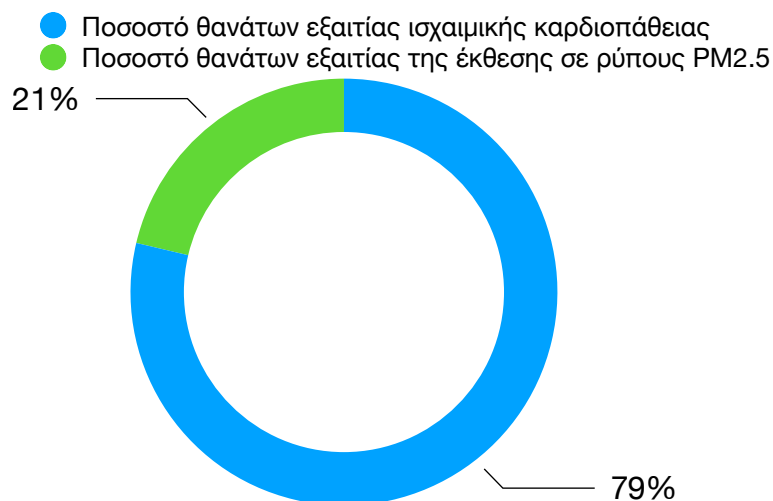


Ηλικιακή ομάδα 25-29 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 90 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 22% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.11: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

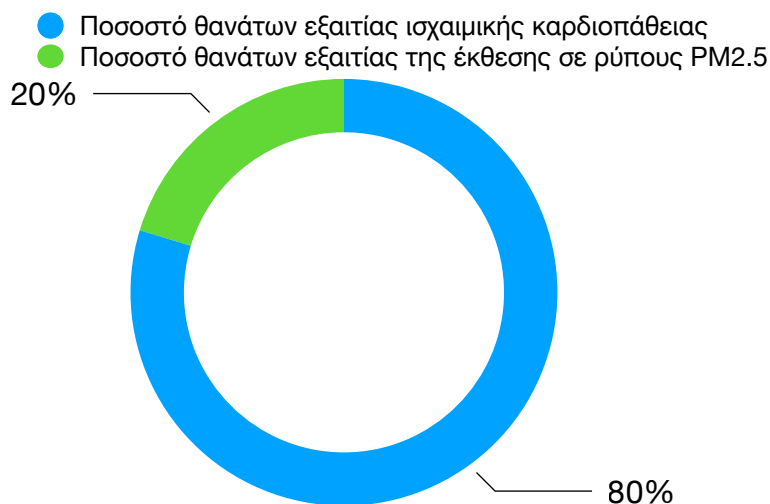
Ηλικιακή ομάδα 30-34 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 85 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 21% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.12: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

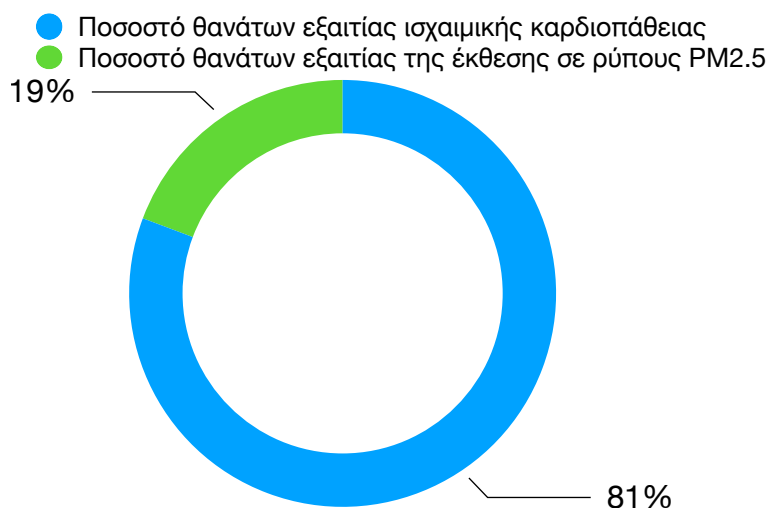


Ηλικιακή ομάδα 35-39 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 80 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 20% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.13: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

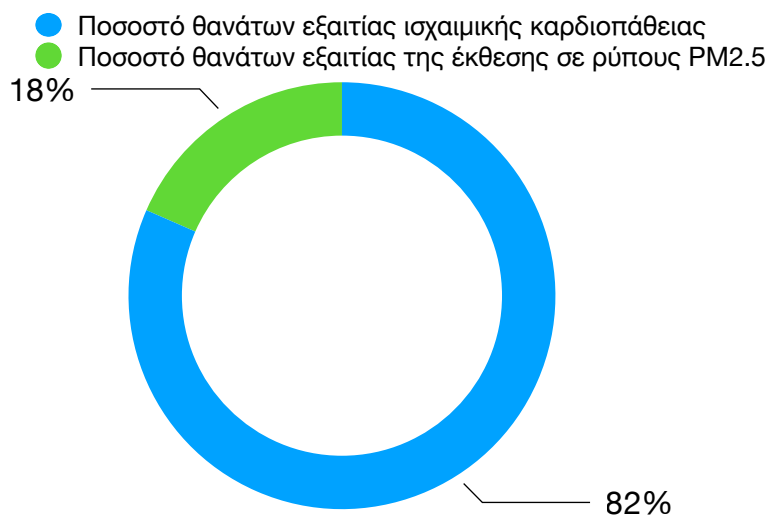
Ηλικιακή ομάδα 40-44 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 75 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 19% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.14: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

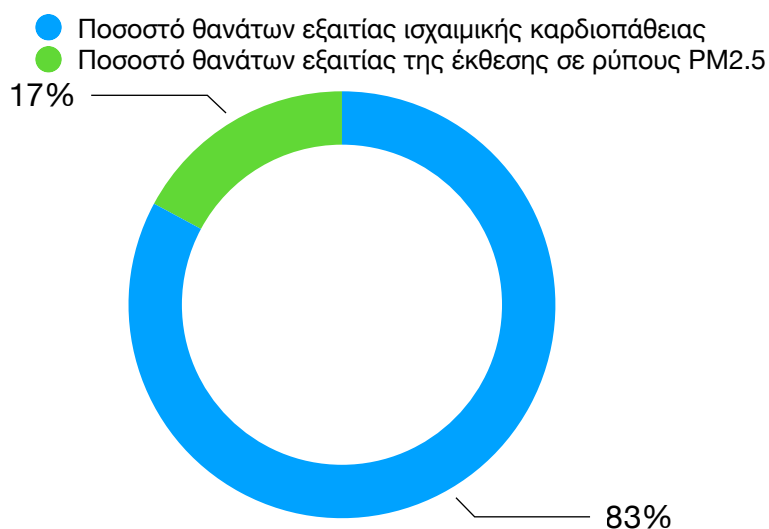


Ηλικιακή ομάδα 45-49 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 71 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 18% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.15: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

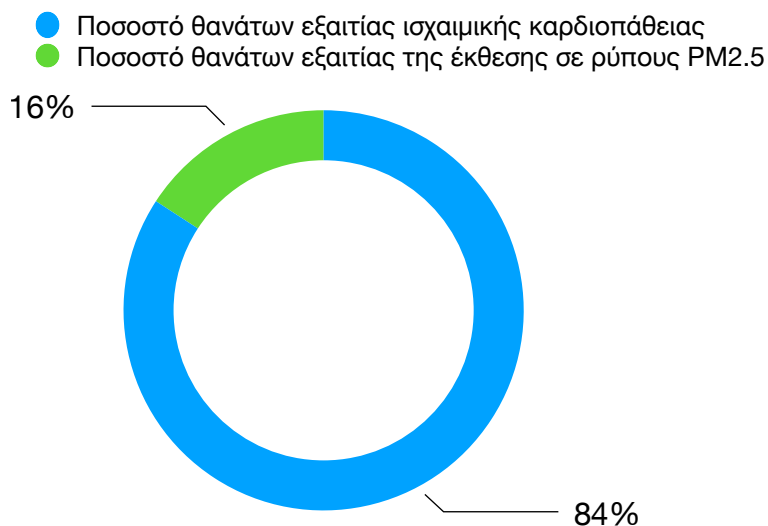
Ηλικιακή ομάδα 50-54 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 65 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 17% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.16: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

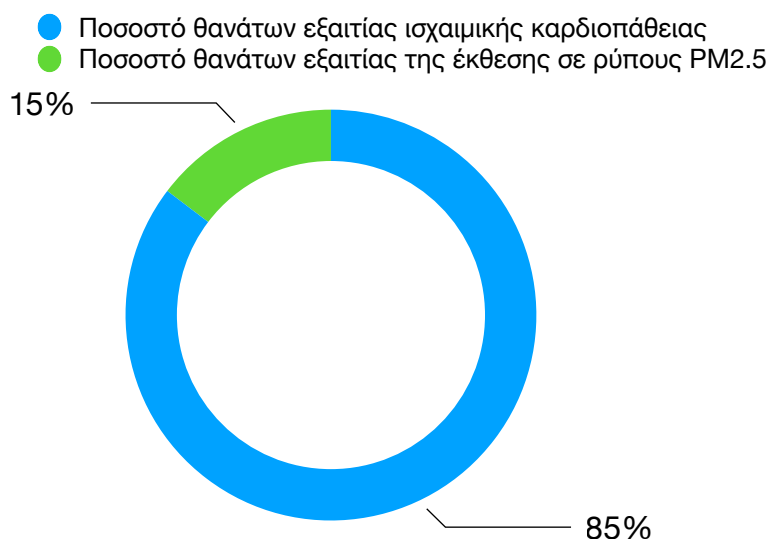


Ηλικιακή ομάδα 55-59 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 59 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}. Όπου το 16% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}.



Σχήμα 4.17: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}

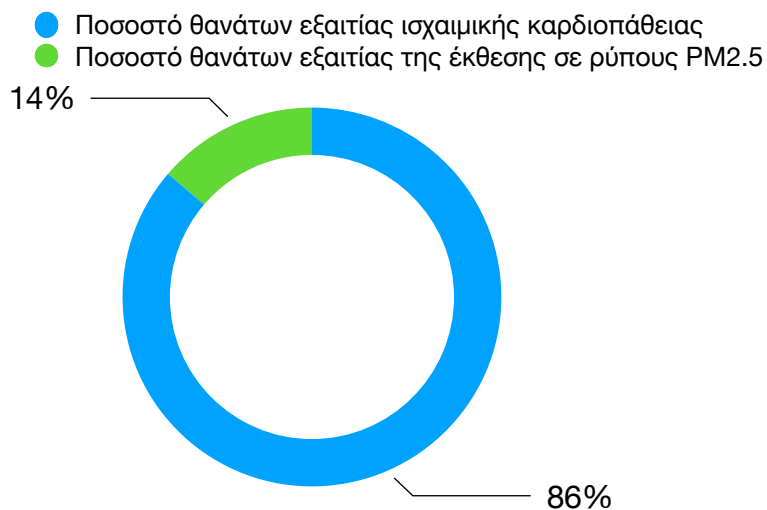
Ηλικιακή ομάδα 60-64 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 54 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}. Όπου το 15% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}.



Σχήμα 4.18: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}

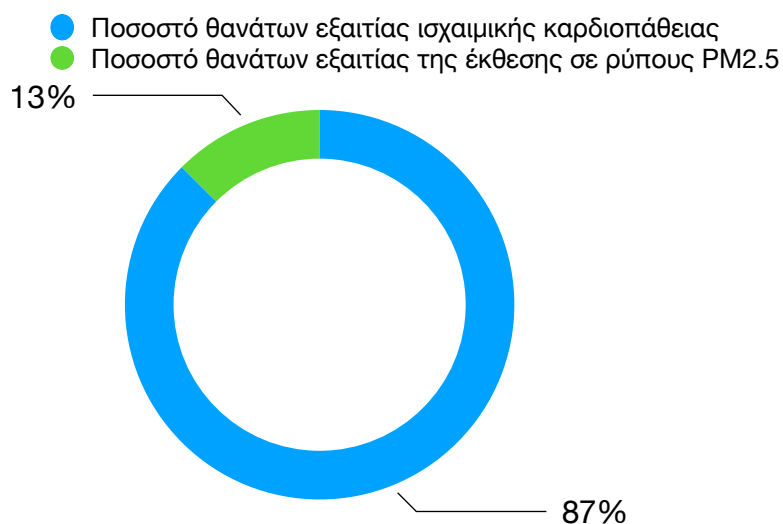


Ηλικιακή ομάδα 65-69 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 50 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 14% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.19: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

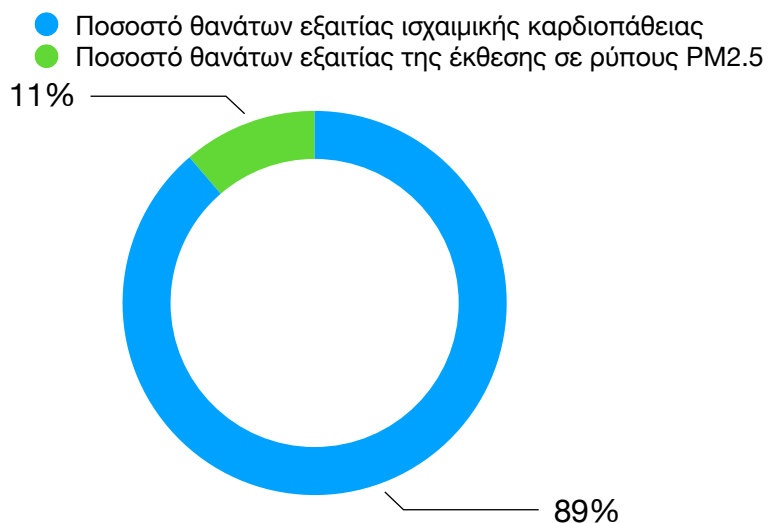
Ηλικιακή ομάδα 70-74 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 45 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 13% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.20: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

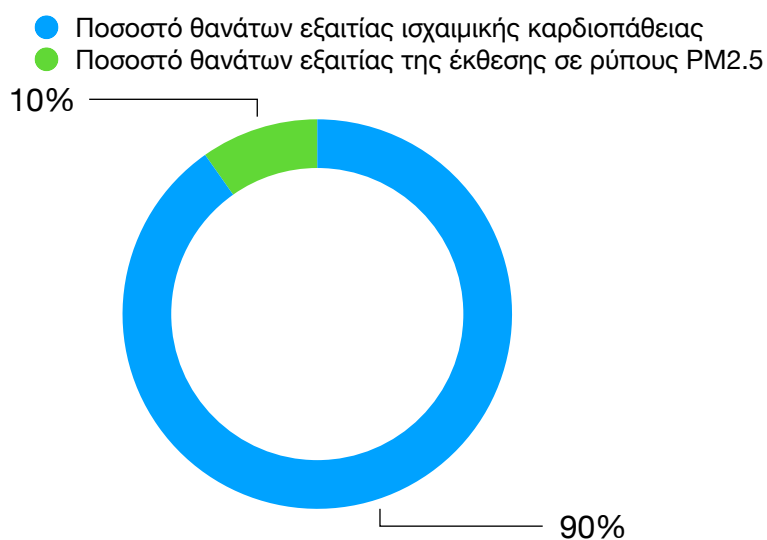


Ηλικιακή ομάδα 75-79 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 40 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 11% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.21: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

Ηλικιακή ομάδα 80-84 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 34 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 10% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.

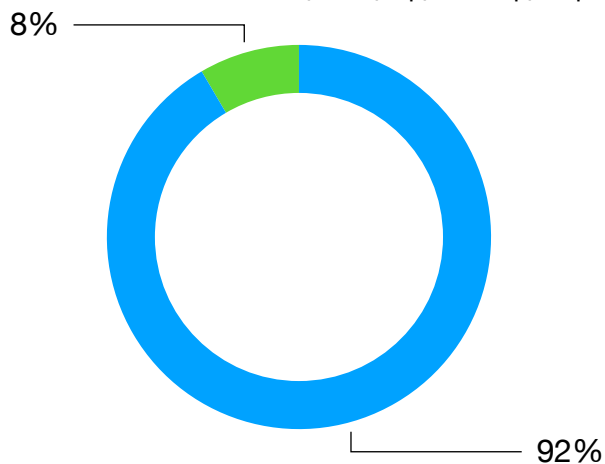


Σχήμα 4.22: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$



Ηλικιακή ομάδα 85-89 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 29 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 8% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.

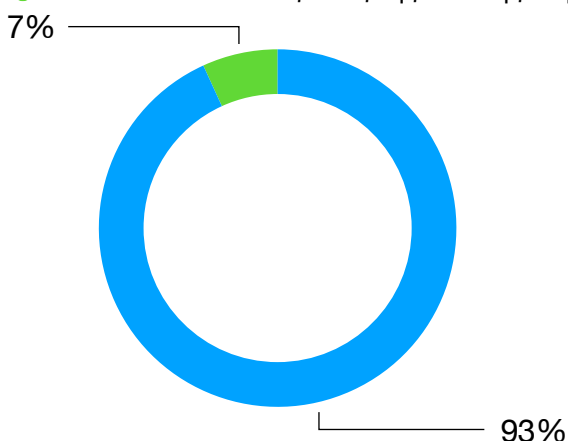
- Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας
- Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$



Σχήμα 4.23: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

Ηλικιακή ομάδα 90-94 από τους συνολικά 340 θανάτους οι 23 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 7% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.

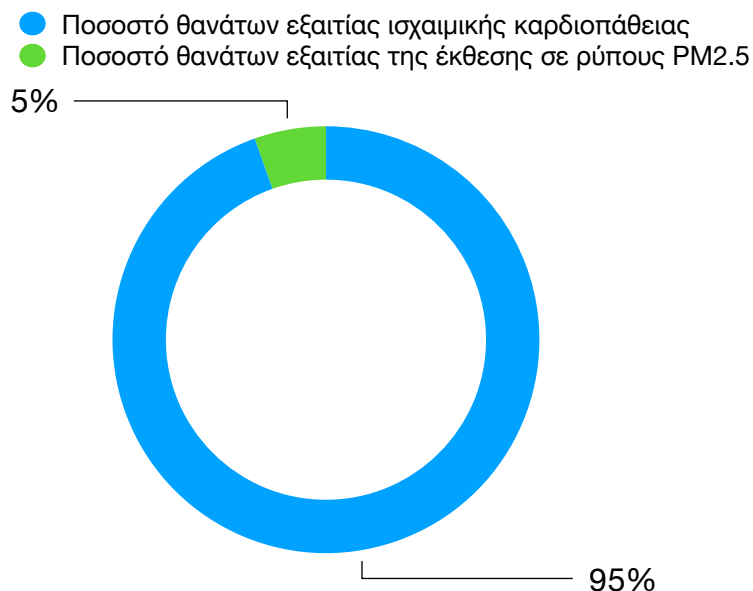
- Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας
- Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$



Σχήμα 4.24: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

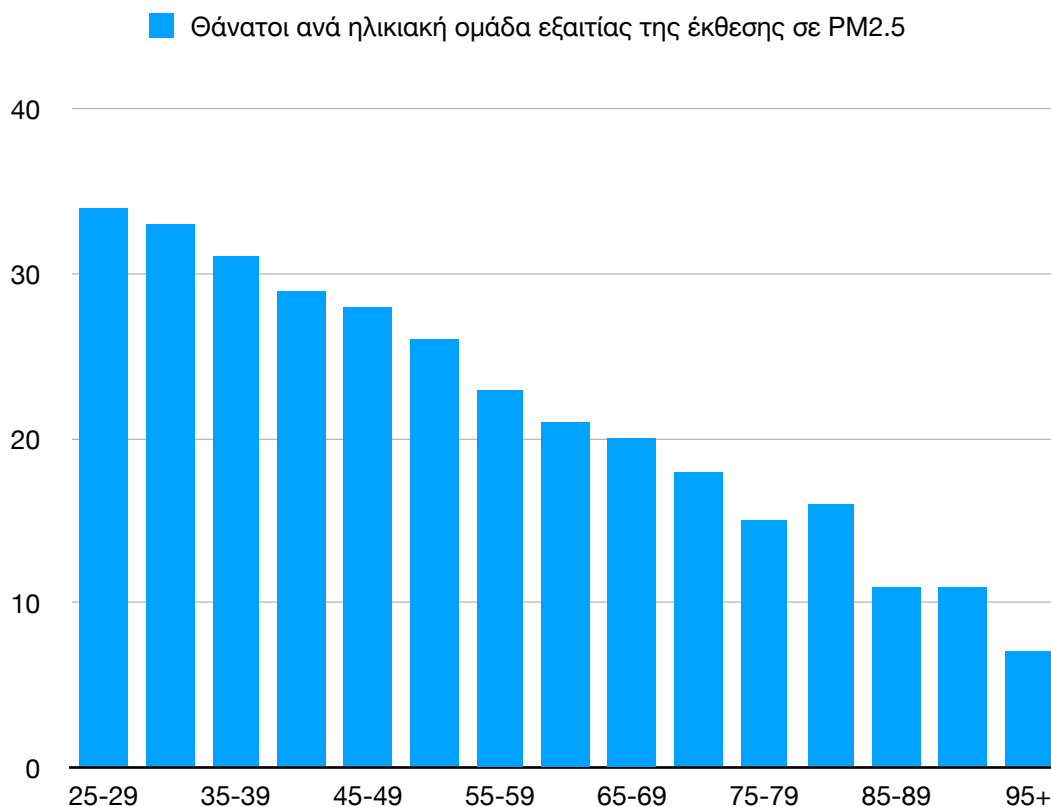


Ηλικιακή ομάδα 95 και άνω από τους συνολικά 340 θανάτους οι 18 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 5% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.25: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας ισχαιμικής καρδιοπάθειας και ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$

Στη συνέχεια όπως και στα περιστατικά θνησιμότητας εξαιτίας της ισχαιμικής καρδιοπάθειας έτσι και για τα περιστατικά από εγκεφαλικά επεισόδια το πρόγραμμα AirQ+ διαχωρίζει τα περιστατικά σε ηλικιακές ομάδες από ενήλικες άνω των 25 ετών μέχρι άνω των 95 ετών χωρίζοντας τις ηλικιακές ομάδες ανά πέντε έτη. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο αριθμός των ανθρώπων που θα μπορούσαν να είχαν σωθεί εάν τα όρια των ρύπων είχαν διατηρηθεί στα επιθυμητά όρια.

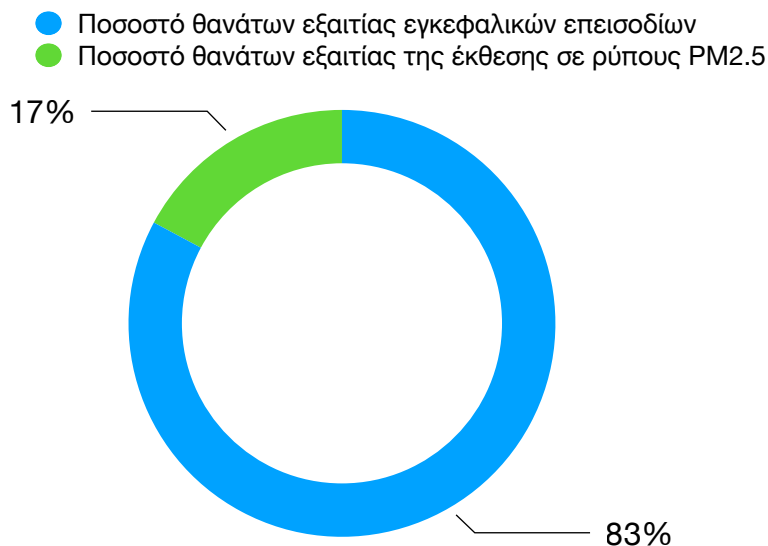


Σχήμα 4.26: Θάνατοι ανά ηλικιακή ομάδα εξαιτίας της έκθεσης σε PM2.5

Παρακάτω γίνεται η υπόθεση ότι οι συνολικοί 164 θάνατοι που προκλήθηκαν εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων το έτος 2019 για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε ηλικιακή ομάδα ξεχωριστά για να αναδειχθούν οι διαφορές που υπάρχουν στην ηλικία που επηρεάζεται από την έκθεση σε αέριους ρύπους.

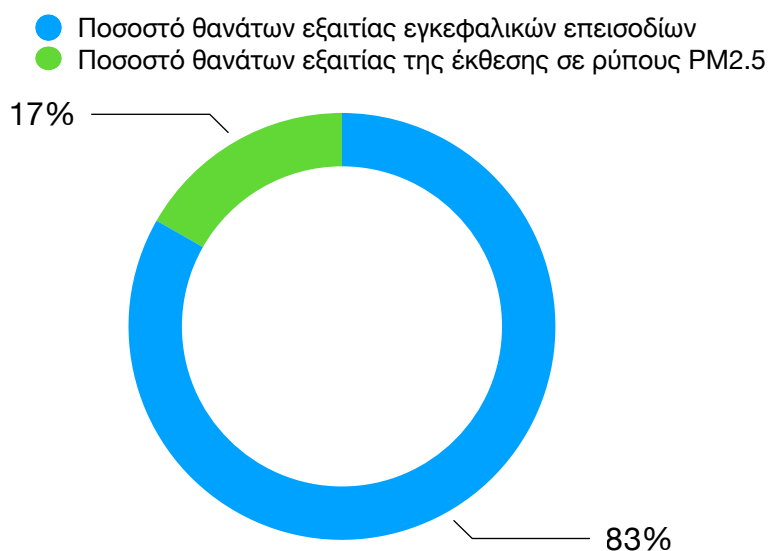


Ηλικιακή ομάδα 25-29 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 34 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 17% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.27: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

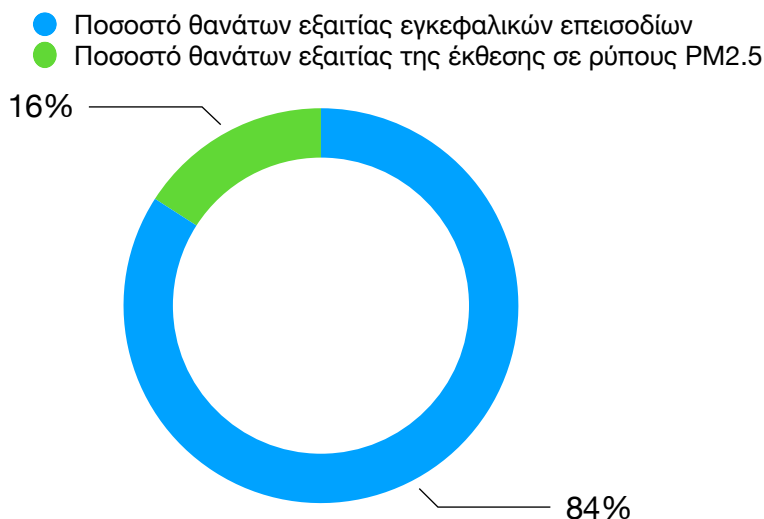
Ηλικιακή ομάδα 30-34 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 33 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 17% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.28: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

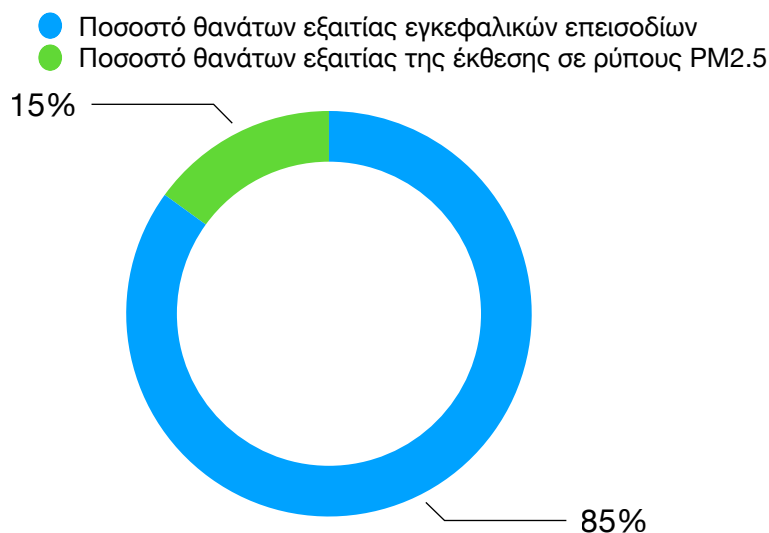


Ηλικιακή ομάδα 35-39 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 31 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}. Όπου το 16% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}.



Σχήμα 4.29: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}.

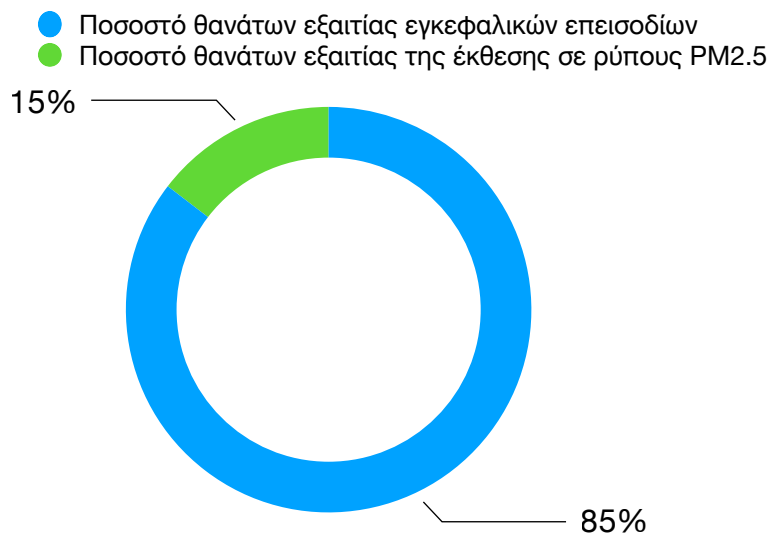
Ηλικιακή ομάδα 40-44 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 29 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}. Όπου το 15% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}.



Σχήμα 4.30: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}.

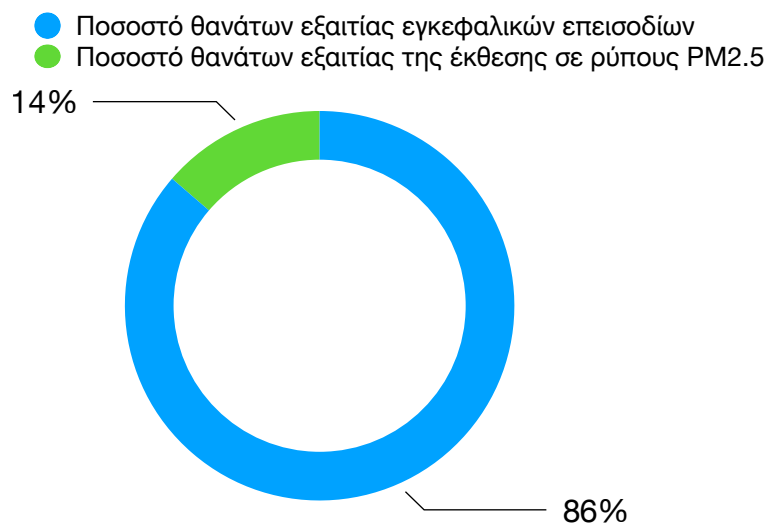


Ηλικιακή ομάδα 45-49 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 28 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 15% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.31: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

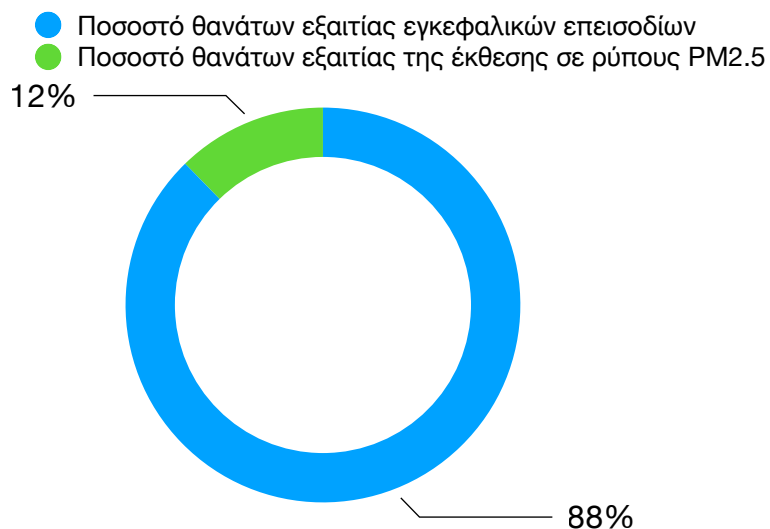
Ηλικιακή ομάδα 50-54 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 26 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 14% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.32: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

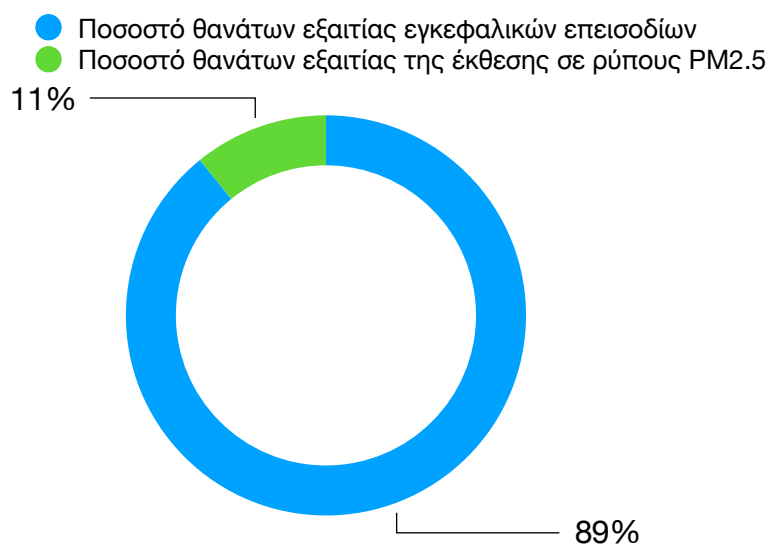


Ηλικιακή ομάδα 55-59 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 23 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 12% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.33: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

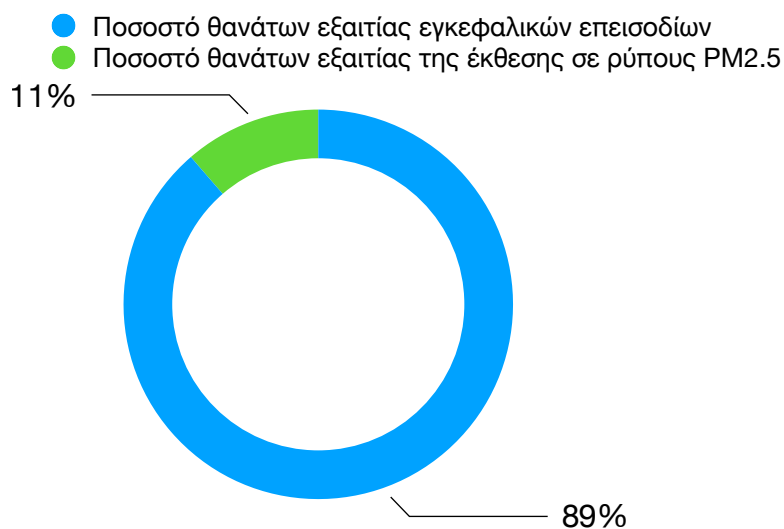
Ηλικιακή ομάδα 60-64 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 21 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 11% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.34: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

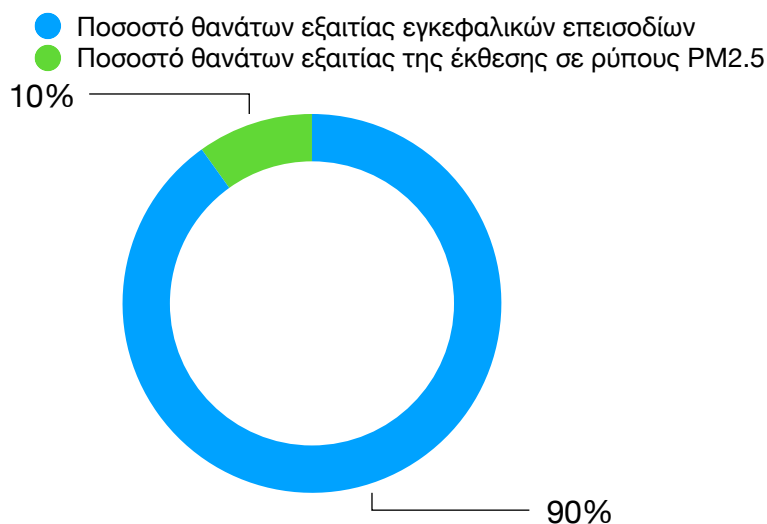


Ηλικιακή ομάδα 65-69 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 20 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 11% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.35: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

Ηλικιακή ομάδα 70-74 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 18 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 10% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.

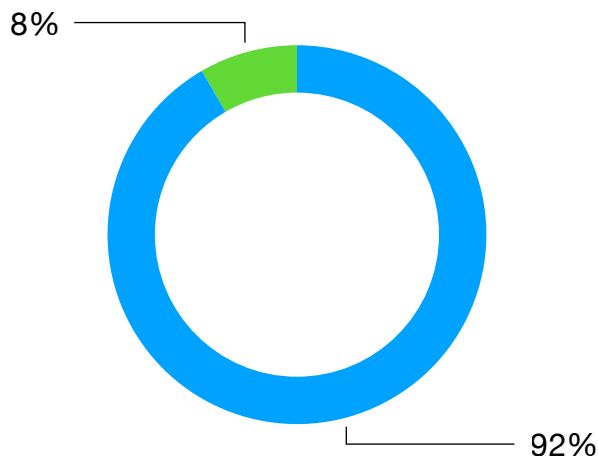


Σχήμα 4.36: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Ηλικιακή ομάδα 75-79 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 15 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 8% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.

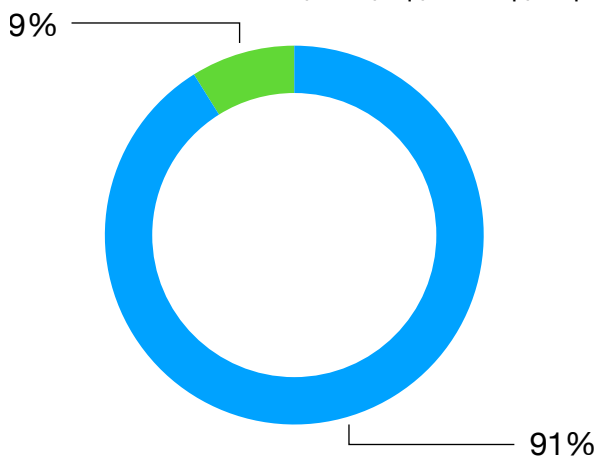
- Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων
- Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$



Σχήμα 4.37: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

Ηλικιακή ομάδα 80-84 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 16 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 9% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.

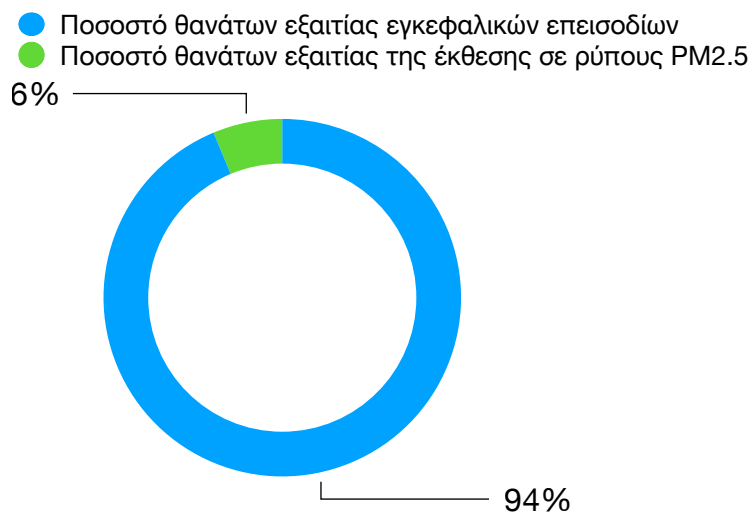
- Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων
- Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$



Σχήμα 4.38: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

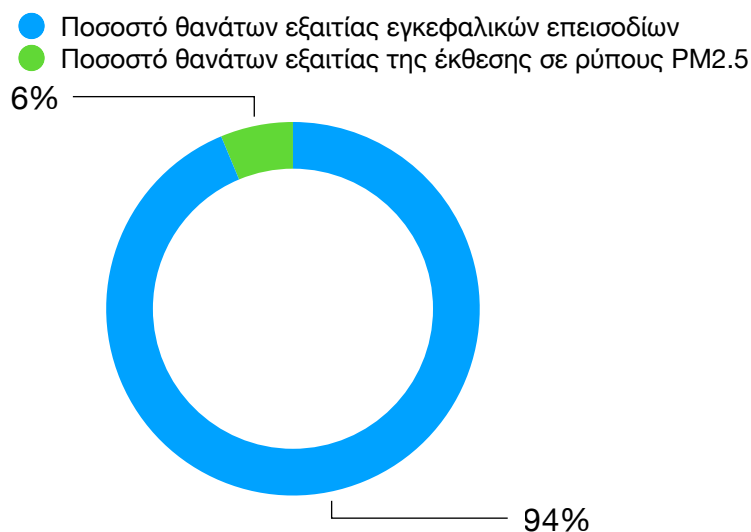


Ηλικιακή ομάδα 80-84 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 11 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 6% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.39: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.

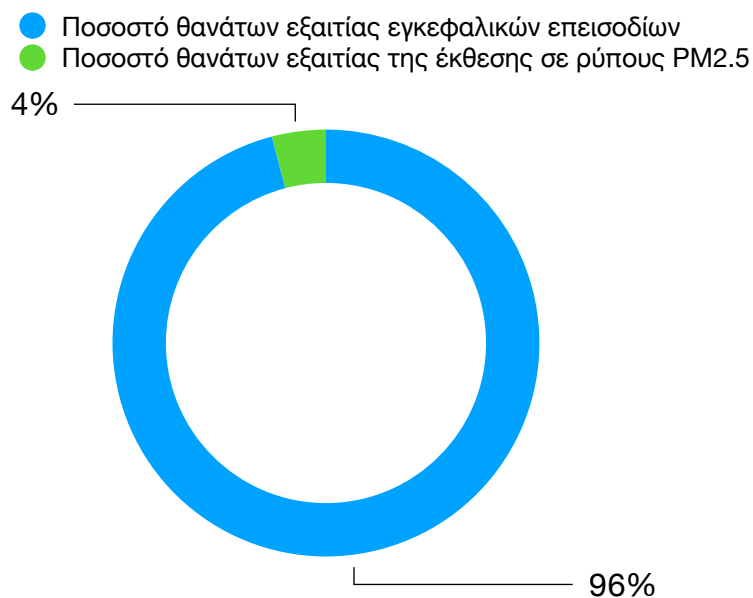
Ηλικιακή ομάδα 90-94 από τους συνολικά 164 θανάτους οι 11 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 6% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.40: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.



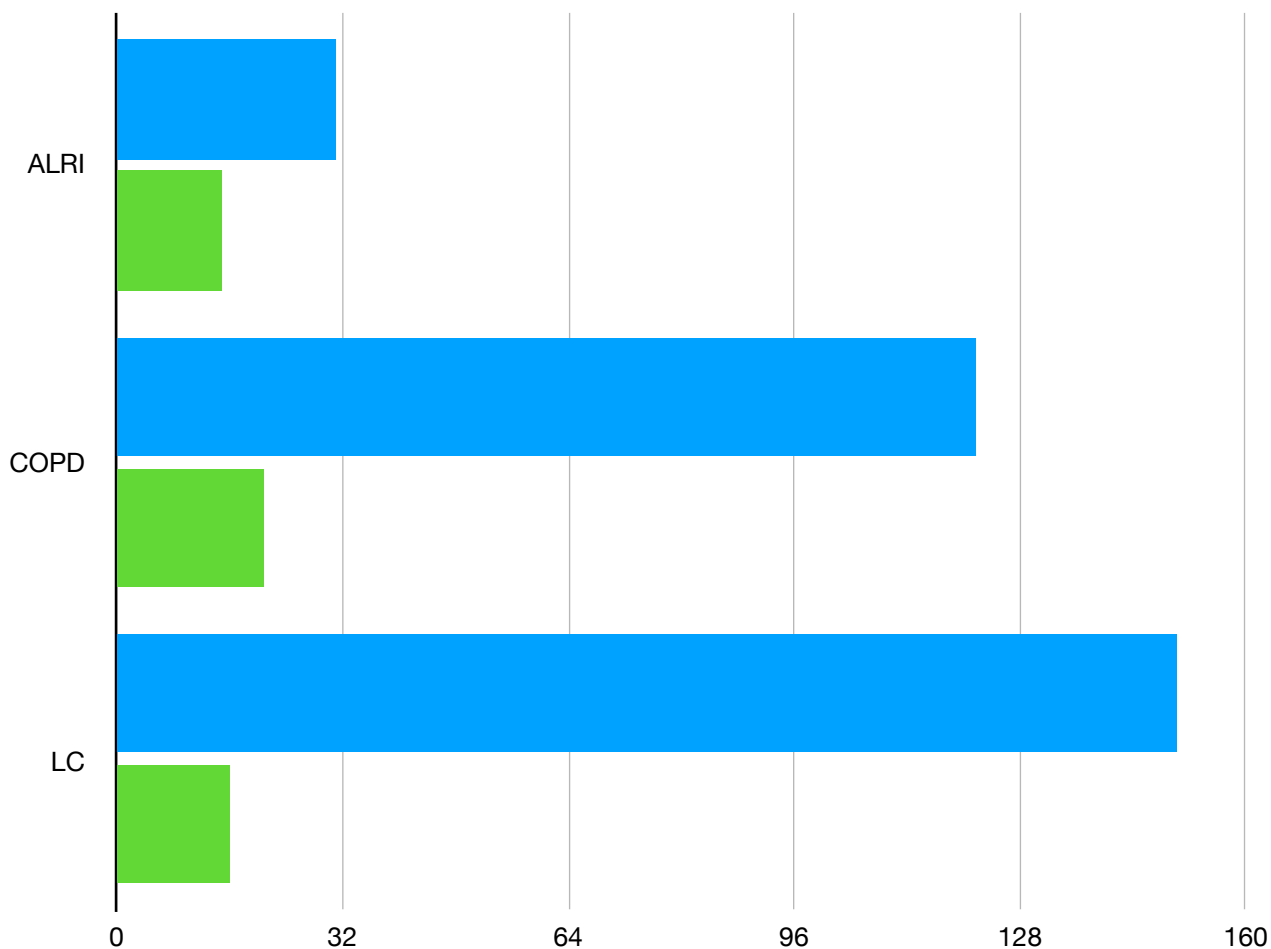
Ηλικιακή ομάδα 95 και άνω από τους συνολικά 164 θανάτους οι 7 προκλήθηκαν εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$. Όπου το 4% των θανάτων οφείλεται στην έκθεση σε ρύπους $PM_{2.5}$.



Σχήμα 4.41: Ποσοστό θανάτων εξαιτίας εγκεφαλικών επεισοδίων και Ποσοστό θανάτων εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους $PM_{2.5}$.



■ Θάνατοι εξαιτίας των νόσων ALRI, COPD, LC ■ Θάνατοι εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM2.5



Σχήμα 4.42: Θάνατοι εξαιτίας των νόσων ALRI, COPD, LC και Θάνατοι εξαιτίας της έκθεσης σε ρύπους PM2.5.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αέρια ρύπανση απασχολεί τους ειδικούς σε όλον τον κόσμο, καθώς επηρεάζει τους ανθρώπους όλων των ηλικιών και εγκυμονεί διάφορους κινδύνους για την υγεία τους. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει θεσπίσει ως το ανώτατο όριο ετήσιας έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5} τα 10μg/m³. Σύμφωνα με τον ΠΟΥ περίπου το 99% του παγκόσμιου πληθυσμού ξεπερνάει τα ανώτατα όρια έκθεσης σε ρύπους που έχει θεσπίσει.

Η περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας αποτελεί ιδιαίτερου ενδιαφέροντος καθώς στην περιοχή αυτή βρίσκονται δυο από τα μεγαλύτερα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τα ορυχεία που εξυπηρετούν τα αντίστοιχα εργοστάσια στην Ελλάδα. Είναι γνωστό ότι εργοστάσια καύσης λιγνίτη παράγουν ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων PM και πιο συγκεκριμένα PM_{2.5}. Με την χρήση του προγράμματος AirQ+ έγινε εκτενής ανάλυση των επιπτώσεων που έχει η αέρια ρύπανση και πιο συγκεκριμένα τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5} στην υγεία των κατοίκων της Δυτικής Μακεδονίας.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση επίδρασης για τους νομούς της Κοζάνης και της Φλώρινας με τη χρήση του προγράμματος AirQ+. Διερευνήθηκε το ποσοστό των θανάτων από φυσικά αίτια που μπορεί να αποδοθεί στην μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5} όταν η συγκέντρωση των σωματιδίων υπερβαίνει τα όρια που προτείνει ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας.

Στο νομό της Κοζάνης το έτος 2017 καταγράφηκαν 1.736 θάνατοι φυσικών αιτιών για άτομα άνω των 30 ετών. Η εκτίμηση επίδρασης για τον νόμο Κοζάνης το έτος 2017 έδειξε ότι αν η έκθεση σε αέριους ρύπους είχε διατηρηθεί κάτω από το ανώτατο όριο που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας θα είχαν σωθεί 72 ανθρώπινες ζωές. Δηλαδή τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το έτος 2017 στο νομό Κοζάνης κατέληξαν πρόωρα 72 άνθρωποι, εξαιτίας της έκθεσης σε αέριους ρύπους, ποσοστό που αναλογεί στο 4% των συνολικών θανάτων του έτους.

Στο νομό της Φλώρινας το έτος 2017 καταγράφηκαν 636 θάνατοι από φυσικά αίτια για άτομα άνω των 30 ετών. Με τη χρήση του προγράμματος πραγματοποιήθηκε εκτίμηση επίδρασης για τον νομό και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι χάθηκαν εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους 38 ανθρώπινες ζωές, το 6% δηλαδή των συνολικών θανάτων του νομού.

Ακόμη, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση επίδρασης της αέριας ρύπανσης στις ζωές των κατοίκων ολόκληρης της περιοχής της Δυτικής Μακεδονίας. Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή το έτος 2017 καταγράφηκαν 3.386 θάνατοι φυσικών αιτιών για άτομα άνω των 30 ετών. Τα αποτελέσματα της εκτίμησης έδειξαν ότι από τους 3.386 θανάτους οι 159 προκλήθηκαν εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5} με συγκεντρώσεις που ξεπερνούν τα όρια που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (10μg/m³) και θα μπορούσαν να αποφευχθούν. Το ποσοστό αναλογεί στο 4% των συνολικών θανάτων.



Σε αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την Τουρκία με τη χρήση του προγράμματος AirQ+ με αποτελέσματα αντίστοιχα με αυτά που παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Ειδικότερα, το ποσοστό των πρόωρων θανάτων εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους PM_{2.5} για το έτος 2018 ήταν 10% των συνολικών θανάτων τους έτους.

Στη συνέχεια με τη χρήση του προγράμματος AirQ+ δημιουργήθηκε η εκτίμηση του επιδημιολογικού αντίκτυπου για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Στο κομμάτι αυτό απαντάται το ερώτημα κατα ποίο βαθμό επηρεάζεται ο αριθμός των θανόντων από κάποια από τις εξής 5 αιτίες:

1. Οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού (ALRI)
2. Άσθμα και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (COPD)
3. Καρκίνος του πνεύμονα (LC)
4. Ισχαιμική καρδιοπάθεια (IHD)
5. Εγκεφαλικό επεισόδιο (STROKE)

Όπου, το έτος 2019 σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή καταγράφηκαν οι εξής θάνατοι, εξαιτίας των λοιμώξεων του αναπνευστικού 31 θάνατοι, εξαιτίας του άσθματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας 122 θάνατοι, εξαιτίας του καρκίνου του πνεύμονα 150 θάνατοι και εξαιτίας της ισχαιμικής καρδιοπάθειας 314 θάνατοι.

Αρχικά, για τη θνησιμότητα από οξείες λοιμώξεις του αναπνευστικού σε παιδιά κάτω των 5 ετών το πρόγραμμα έδειξε ότι εξαιτίας της αέριας ρύπανσης σε ρύπους PM_{2.5} έχασαν τη ζωή τους 15 παιδιά το έτος 2019. Με το 33% της συνολικής θνησιμότητας εξαιτίας οξείων λοιμώξεων του αναπνευστικού να προκλήθηκαν από την έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}. Δηλαδή εάν είχαν τηρηθεί τα όρια έκθεσης που έχει θεσπίσει ο ΠΟΥ θα είχαν σωθεί 33% των θανόντων παιδιών από την παραπάνω νόσο.

Στη συνέχεια εξετάζεται η θνησιμότητα εξαιτίας του άσθματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας σε ενήλικες άνω των 25 ετών. Τα αποτελέσματα του προγράμματος έδειξαν ότι το 15% των συνολικών θανάτων εξαιτίας του άσθματος και της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας οφείλεται στην μακροχρόνια έκθεση σε ρύπους PM_{2.5}. Για τα περιστατικά του καρκίνου του πνεύμονα το πρόγραμμα έδειξε ότι το 10% των συνολικών θανάτων προκλήθηκε εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους. Σε αντίστοιχα αποτελέσματα κατέληξε και η έρευνα του Badyda et al. (2017) όπου, αν και σε υψηλότερες απόλυτες τιμές, επιβεβαιώνεται ότι οι θάνατοι που προκλήθηκαν εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε αέριους ρύπους σε άτομα που έπασχαν από καρκίνο του πνεύμονα ήταν λιγότεροι από των ατόμων που έπασχαν από άσθμα ή χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια.



Για τα περιστατικά θνησιμότητας εξαιτίας της ισχαιμικής καρδιοπάθειας το πρόγραμμα AirQ+ διαχωρίζει τα περιστατικά σε ηλικιακές ομάδες από ενήλικες άνω των 25 ετών μέχρι άνω των 95 ετών χωρίζοντας τις ηλικιακές ομάδες ανά πέντε έτη. Όσο μικρότερη είναι η ηλικιακή ομάδα τόσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό που οφείλεται στην αέρια ρύπανση. Ξεκινώντας από ποσοστό 22% των συνολικών θανάτων και καταλήγοντας σε ποσοστό 5% των θανάτων να οφείλονται στην έκθεση σε αέρια ρύπανση.

Στα περιστατικά θνησιμότητας από εγκεφαλικά επεισόδια το πρόγραμμα AirQ+ διαχωρίζει τα περιστατικά σε ηλικιακές ομάδες από ενήλικες άνω των 25 ετών μέχρι άνω των 95 ετών χωρίζοντας τις ηλικιακές ομάδες ανά πέντε έτη. Τα ποσοστά κυμάνθηκαν από 17% έως 4%. Όπου και πάλι όσο μικρότερη είναι η ηλικιακή ομάδα τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό που αντιστοιχεί σε θανάτους εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης σε ρύπους PM_{2.5}

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνει εύκολα κανείς, ότι στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας έχουν χαθεί ζωές εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης στην αέρια ρύπανση. Επομένως, κρίνεται σκόπιμο να καταβληθούν συλλογικές προσπάθειες από την πολιτεία και τους κατοίκους ώστε να μειωθεί η έκθεση σε αέριους ρύπους και να φτάσει τιμές που είναι συμβατές με τα όρια που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ





ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Australian Department of Health (2012) Environmental health risk assessment. Guidelines for assessing human health risks from environmental hazards [online]. Canberra, Australian Government Department of Health.

Brauer M et al. (2012) Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. *Environmental Science and Technology*, 46: 652–660.

Cohen A (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*, 389(10082): 1907-1918.

Department of Health (2006) Health risk assessment in Western Australia. Perth, Government of Western Australia.

Evangelopoulos V., E. Papadimitriou, A. Kelessis, S. Zoras, P. Kassomenos and M.J. Petrakakis (2015) Trace elements (heavy metals) in atmospheric particulate matter over a lignite-burning area of western Macedonia, Greece, Proc. of 5th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2015) & SECOTOX Conference, Volume V, pp.32- A280, June 14-18, Myconos, Greece.

Evangelopoulos, V., Charisiou, N. D., & Zoras, S. (2022). Dataset of inhalable particulate matter concentrations in the region of West Macedonia, Greece for an 11-year period. *Data in brief*, 41, 107883.

Forouzanfar MH (2015). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*, 386(10010): 2287–2323.

Forouzanfar MH (2016). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990- 2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*, 388(10053): 1659–724.

Health Effects Institute (2010) Outdoor air pollution and health in the developing countries of Asia: a comprehensive review. Special report 18. Boston, Health Effects Institute

HIP (2014) Frequently asked questions about integrating health impact assessment into environmental impact assessment [online]. Human Impact Partners.



- Hoek G et al. (2008) A review of land-use regression models to assess spatial variation of outdoor air pollution. *Atmospheric Environment*, 42: 7561–7578.
- Hoek G et al. (2010) Concentration response functions for ultrafine particles and all-cause mortality and hospital admissions: results of a European expert panel elicitation. *Environmental Science and Technology*, 44: 476–482.
- Iordanidis, A., Buckman, J., Triantafyllou, A., & Asvesta, A. (2018). Atlas of airborne particles from Kozani area, Northern Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 40(3), 1421-1432.
- Kaldellis J.K., Voutsinas M., Paliatsos A.G., Koronakis P.S. (2004). Temporal Evolution of the Sulphur Oxides Emissions from the Greek Electricity Generation Sector, *Environmental Technology*, 25:12, 1371-1384.
- Katsouyanni K (2003) Ambient air pollution and health. *British Medical Bulletin*, 68: 143-156 .
- Keuken MP et al. (2012) Elemental carbon as an indicator for evaluating the impact of traffic measures on air quality and health. *Atmospheric environment*, 61: 1–8.
- Le Tertre A, Schwartz J, Touloumi G (2005). Empirical Bayes and adjusted estimates approach to estimating the relation of mortality to exposure of PM10. *Risk analysis* 25(3):711– 718.
- Lim S et al. (2013). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The lancet*, 380(9859): 2224–2260.
- Lim SS et al. (2013) A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380: 2224–2260.
- McAuley C, Hrudey SE. (2006) Towards meaningful stakeholder comprehension of sour gas facility risk assessments. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 5: 1–11.
- Murray CJ, Acharya AK (1997) Understanding DALYs (disability-adjusted life years). *J Health Econ*, 16: 703–30.
- Murray CJ (1994) Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bulletin of the World Health Organization*, 72: 429–445.
- Murray CJL, Lopez AD (1999). On the comparable quantification of health risks: lessons from the Global Burden of Disease Study. *Epidemiology*, 10(5):594–605.



Murray CJL, Lopez AD (2013) Measuring the global burden of disease. *New England Journal of Medicine*, 369: 448–457.

Paciorek CJ, Liu Y (2012). Assessment and statistical modeling of the relationship between remotely sensed aerosol optical depth and PM_{2.5} in the eastern United States. Research report 167. Health Effects Institute.

Petaloti, C., Triantafyllou, A., Kouimtzis, T., & Samara, C. (2006). Trace elements in atmospheric particulate matter over a coal burning power production area of western Macedonia, Greece. *Chemosphere*, 65(11), 2233–2243.

Quigley R et al. (2006) Health impact assessment international best practice principles [online]. Fargo, USA; International Association for Impact Assessment.

SA Health (2003) The South Australian Burden of Disease study: background and discussion papers. Discounting and age-weighting [online]. Adelaide; Government of South Australia.

Samara, C., Argyropoulos, G., Grigoratos, T., Kouras, A., Manoli, E., Andreadou, S., Pavloudakis, F., Sahanidis, C. (2018). Chemical characterization and receptor modeling of PM₁₀ in the surroundings of the opencast lignite mines of Western Macedonia, Greece. *Environmental science and pollution research international*, 25(13), 12206–12221.

Sichletidis, L., Spyratos, D., Tsiotsios, A., Haidich, A. B., Ganidis, I., Michailidis, D., Triantafyllou, G., Kottakis, G., & Melas, D. (2014). Exposure to PM₁₀ as a risk factor for the development of nasal obstruction and chronic obstructive pulmonary disease. *International journal of occupational and environmental health*, 20(1), 9–15.

Sichletidis, L., Tsiotsios, I., Chloros, D., Daskalopoulou, E., Ziomas, I., Michailidis, K., Kottakis, I., Konstantinidis, T. H., & Palladas, P. (2004). The effect of environmental pollution on the respiratory system of lignite miners: a diachronic study. *La Medicina del lavoro*, 95(6), 452–464.

Sichletidis, L., Tsiotsios, I., Gavriilidis, A., Chloros, D., Gioulekas, D., Kottakis, I., & Pataka, A. (2005). The effects of environmental pollution on the respiratory system of children in western Macedonia, Greece. *Journal of investigational allergology & clinical immunology*, 15(2), 117–123.

Spyratos, D., Sioutas, C., Tsiotsios, A., Haidich, A. B., Chloros, D., Triantafyllou, G., & Sichletidis, L. (2015). Effects of particulate air pollution on nasal and lung function development among Greek children: a 19-year cohort study. *International journal of environmental health research*, 25(5), 480–489.



Triantafyllou, A.G., Zoras, S., Evagelopoulos, V. (2006). Particulate Matter Over A Seven Year Period in Urban and Rural Areas Within, Proximal and Far from Mining and Power Station Operations in Greece. *Environ Monit Assess* 122, 41–60.

Triantafyllou, A. G., & Kassomenos, P. A. (2002). Aspects of atmospheric flow and dispersion of air pollutants in a mountainous basin. *The Science of the total environment*, 297(1-3), 85–103.

Triantafyllou, A. G., Kiros, E. S., & Evagelopoulos, V. G. (2002). Respirable particulate matter at an urban and nearby industrial location: concentrations and variability and synoptic weather conditions during high pollution episodes. *Journal of the Air & Waste Management Association* (1995), 52(3), 287–296.

Tsitouridou, Roxani & Anatolaki, Ch. (2007). On the wet and dry deposition of ionic species in the vicinity of coal-fired power plants, Northwestern Greece. *Atmospheric Research*. 83. 93-105.

UNECE (2010). Hemispheric transport of air pollution 2010. Part A: Ozone and particulate matter. *Air Pollution Studies No. 17*. New York and Geneva, United Nations Economic Commission for Europe.

US EPA (2008) Particulate matter (PM). Basic information [online]. US Environmental Protection Agency.

V. Evagelopoulos, N.D. Charisiou and S. Zoras / *Data in Brief* 41 (2022) 107883

van Donkelaar A et al. (2010) Global estimates of ambient fine particulate matter concentrations from satellite-based aerosol optical depth: development and application. *Environmental health perspectives*, 118, 847.

WHO (2014a) Health statistics and information systems. Metrics: disability-adjusted life year (DALY) [online]. Geneva; World Health Organization.

WHO (2014b) Burden of disease from ambient air pollution for 2012. Geneva; World Health Organization.

WHO (2014c) WHO news release. 7 million premature deaths annually linked to air pollution. Geneva.

WHO Regional Office for Europe (1999) Health impact assessment: main concepts and suggested approach [online]. Brussels, European Centre for Health Policy, WHO Regional Office for Europe.

WHO (2010) WHO human health risk assessment toolkit: chemical hazards. IPCS harmonization project document; no.8. Geneva; World Health Organization.



WHO Regional Office for Europe (2013). Review of evidence on health aspects of air pollution (REVIHAAP). Technical report. Copenhagen.

WHO Regional Office for Europe (2014) WHO Expert Meeting. Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level. Copenhagen.

Ziouzios, D., Karlopoulos, E., Fragkos, P., Vrontisi, Z. (2021). Challenges and Opportunities of Coal Phase-Out in Western Macedonia. *Climate* 2021, 9, 115.

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2022. <http://www.emy.gr/> (ανακτήθηκε στις 17/08/2022)

Κυριακίδης Κυριάκος, 2013. «Διερεύνηση Μεταβολής Ύψους Βροχόπτωσης με το Υψόμετρο σε περιοχές του Ελλαδικού Χώρου» Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Λάλας Δ., Ασημακόπουλος Δ., Πετρακάκης Μ., Χέλμης Κ., Τόμπρου Μ., Δαληγιώργη Δ., 1987. «Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην Κοιλάδα της Πτολεμαΐδας», ΔΕΗ.

Παπακώστας Ιωάννης, 2012. Αέρια και Σωματιδιακή Ρύπανση στην Περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Διαχείριση Αποβλήτων» (ΔΙΑ), ΕΑΠ, Πάτρα.

Τριανταφύλλου Γ. Α., Ασημακόπουλος Ν.Δ., Χέλμης Γ.Κ., 1992. «Το Πρόβλημα της Μεταφοράς Αέριων Ρύπων από την Κοιλάδα της Πτολεμαΐδας στην Πόλη της Κοζάνης», *Τεχν. Χρον. Γ.* 1992, Τομ. 12 Τεύχος 3 - 4.

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Κυριακίδης Κυριάκος, 2013. «Διερεύνηση Μεταβολής Ύψους Βροχόπτωσης με το Υψόμετρο σε περιοχές του Ελλαδικού Χώρου» Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Λάλας Δ., Ασημακόπουλος Δ., Πετρακάκης Μ., Χέλμης Κ., Τόμπρου Μ., Δαληγιώργη Δ., 1987. «Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην Κοιλάδα της Πτολεμαΐδας», ΔΕΗ.

Παπακώστας Ιωάννης, 2012. Αέρια και Σωματιδιακή Ρύπανση στην Περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Διαχείριση Αποβλήτων» (ΔΙΑ), ΕΑΠ, Πάτρα.

Τριανταφύλλου Γ. Α., Ασημακόπουλος Ν.Δ., Χέλμης Γ.Κ., 1992. «Το Πρόβλημα της Μεταφοράς Αέριων Ρύπων από την Κοιλάδα της Πτολεμαΐδας στην Πόλη της Κοζάνης», *Τεχν. Χρον. Γ.* 1992, Τομ. 12 Τεύχος 3 - 4.



ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<https://www.dei.gr/el/dei-omilos/i-dei/tomeis-drastiriotitas/symvatiki-paragogi/> (ανακτήθηκε στις 17/08/2022).

https://www.enterprisegreece.gov.gr/images/public/Synergasia-2018-Western_Macedonia.pdf (ανακτήθηκε στις 17/08/2022).

<https://www.meteo.gr/> (ανακτήθηκε στις 17/08/2022).

<https://www.nationalgrideso.com/electricity-explained/how-do-we-generate-electricity/how-does-coal-generate-electricity>. (ανακτήθηκε στις 17/08/2022).

vedantu.com/chemistry/lignite (ανακτήθηκε στις 17/08/2022).

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2022. <http://www.emy.gr/> (ανακτήθηκε στις 17/08/2022).

Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011. Γενικές Απογραφές Κτιρίων και Πληθυσμού - Κατοικιών 2011: Ανάλυση Στοιχείων Μόνιμου Πληθυσμού και Κτιρίων (<https://www.statistics.gr/2011-census-pop-hous>).



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

