**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΗ ΚΛΙΝΙΚΗ

Διευθυντής: Καθηγητής Κωνσταντίνος Ι. ΓΟΥΡΓΟΥΛΙΑΝΗΣ

Διδακτορική Διατριβή

**ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΡΥΠΩΝ ΜΕ ΤΗ ΝΟΣΗΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ
ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΡΔΙΟΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΩΝ ΠΑΘΗΣΕΩΝ,
ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΚΑΙ ΕΝΗΛΙΚΕΣ, ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ
2001-2007 ΣΤΟ ΒΟΛΟ**

υπό

ΕΙΡΗΝΗΣ Γ. ΚΑΛΑΝΤΖΗ

ΠΑΙΔΙΑΤΡΟΣ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διδακτορικού Διπλώματος

Λάρισα 2013

© 2013 Ειρήνη Καλαντζή

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από το Τμήμα Ιατρικής της Σχολής Επιστημών Υγείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Στον πατέρα μου για το χαμόγελό του, που φωτίζει το δρόμο μου..

Στη μητέρα μου για την αγκαλιά της..

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. **Δρ. Ζωή Δανιήλ**, Αναπλ. Καθηγήτρια Πνευμονολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπουσα)
2. **Δρ. Κωνσταντίνος Γουργουλιάνης**, Καθηγητής Πνευμονολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
3. **Δρ. Γεώργιος Συρογιαννόπουλος**, Καθηγητής Παιδιατρικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ (6η/11-07-2012 ΓΣΕΣ)

- 1. Δρ. Ζωή Δανιήλ,** Αναπλ. Καθηγήτρια Πνευμονολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Επιβλέπουσα)
- 2. Δρ.Κωνσταντίνος Γουργουλιάνης,** Καθηγητής Πνευμονολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 3. Δρ. Γεώργιος Συρογιαννόπουλος,** Καθηγητής Παιδιατρικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 4. Δρ. Επαμεινώνδας Ζακυνθινός,** Καθηγητής Εντατικής Θεραπείας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 5. Δρ. Φύλιππος Τρυποσκιάδης,** Καθηγητής Καρδιολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 6. Δρ. Marie-Noelle Duquenne,** Αν. Καθηγήτρια Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- 7. Δρ. Δημοσθένης Μακρής,** Επίκουρος Καθηγητής Εντατικής Θεραπείας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περιεχόμενα	Σελίδες
Ευχαριστίες	8
Βιογραφικό σημείωμα	9
Συντομογραφίες	18
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Η γήινη ατμόσφαιρα	21
1.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή	23
2.0 ΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΟΥΣ	
2.1 Βασικές έννοιες	25
2.2 Πηγές αερίων ρύπων	25
2.3 Ατμοσφαιρικοί ρύποι	30
3.0 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ	
3.1 Πρότυπα	32
3.2 Επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης	33
3.2.1 Μέτρηση ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ευρώπη	33
3.2.2 Μέτρηση ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα	36
3.3 Επιδράσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στην υγεία του ανθρώπου	38
4.0 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	
4.1 Επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα	45
4.2 Καρδιαγγειακές επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης	47
4.3 Καρκίνος	50
4.4 Θνησιμότητα	51
4.5 Λοίμωξη	52
4.6 Οικονομικές επιπτώσεις	52

5.0 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

5.1 Έλεγχος των εκπομπών από τις βιομηχανίες 53

5.2 Χρήση καταλυτών στα αυτοκίνητα 55

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Σκοπός της μελέτης 57

2. Υλικό και Μέθοδος 58

3. Στατιστική επεξεργασία 68

4. Αποτελέσματα 69

5. Συζήτηση 85

6. Συμπεράσματα 92

7. Περίληψη 93

8. Summary 95

Βιβλιογραφία 97

Πίνακες 107

Διαγράμματα 148

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη και την απέραντη εκτίμησή μου στον αξιότιμο καθηγητή Πνευμονολογίας, κο Κωνσταντίνο Γουργουλιάνη, ο οποίος αποτελεί για μένα πρότυπο ιατρού με αγάπη στον ασθενή, παράδειγμα επιστήμονα με αστείρευτο πάθος για έρευνα και χαρισματικό καθηγητή ιατρικής με ανεκτίμητη συμβολή στην επιστημονική κατάρτιση και εξέλιξη νέων ιατρών. Ένας από αυτούς είμαι και εγώ, και τον ευχαριστώ από καρδιάς για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κο Ερρίκο Σταπουντζή, που παραχώρησε τα στοιχεία των περιβαλλοντικών δεικτών ατμοσφαιρικής ρύπανσης, και την κα Marie-Noelle Duquenne για την άρτια στατιστική επεξεργασία των δεδομένων με επιστημονική εγκυρότητα.

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τον κο Δημοσθένη Μακρή για την ουσιαστική βοήθεια του στην πορεία αυτής της μελέτης.

Ειρήνη Κаланτζή

Βιογραφικό σημείωμα

I. Προσωπικά στοιχεία

Όνομα: Ειρήνη

Επώνυμο: Καλαντζή

Όνομα πατρός: Γεώργιος

Τόπος γέννησης: Βόλος

Ημερομηνία γέννησης: 12 Ιουλίου 1979

Ξένες γλώσσες: Αγγλικά, Γαλλικά

Διεύθυνση κατοικίας: Στρατηγού Φράγκου 15, Σούρπη- Μαγνησίας, TK 37008

Τηλέφωνο: +306948629117

e-mail: eirinikalatzi@yahoo.gr

II. Εκπαίδευση

1997 Απόφοιτη Γενικού Λυκείου Αλμυρού Μαγνησίας

1997 Εισαγωγή με Πανελλαδικές Εξετάσεις στη Σχολή Μαιευτικής ΤΕΙ Αθήνας

1998-2004 Εισαγωγή με Πανελλαδικές Εξετάσεις και φοίτηση στην Ιατρική Σχολή
Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

III. Τίτλοι σπουδών

23 Ιουλίου 2004 Πτυχίο Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Βαθμός: Λίαν καλώς 8 (οκτώ)

26 Μαρτίου 2013 Τίτλος Ιατρικής Ειδικότητας Παιδιατρικής

IV. Άδεια άσκησης ιατρικού επαγγέλματος

27 Ιουλίου 2004 Απόφαση 4393/27-07-2004, Νομαρχία Λάρισας

V. Ιατρικός Σύλλογος

- 2 Αυγούστου 2004** Εγγραφή στον Ιατρικό Σύλλογο Λάρισας
- 15 Ιανουαρίου 2006** Μεταγραφή στον Ιατρικό Σύλλογο Μαγνησίας
- 5 Φεβρουαρίου 2008** Μεταγραφή στον Ιατρικό Σύλλογο Λάρισας

VI. Συμβάσεις εργασίας

- **16 Ιανουαρίου 2006- 20 Απριλίου 2006:** Τρίμηνη έμμισθη υπηρεσία σε Τακτικά Παθολογικά, Χειρουργικά και Καρδιολογικά Εξωτερικά Ιατρεία και Ιατρεία αντίστοιχων επειγόντων περιστατικών στο Γενικό Νομαρχιακό Νοσοκομείο Βόλου
- **25 Απριλίου 2006- 10 Μαΐου 2007:** Έμμισθος αγροτικός ιατρός στο ΠΠ Ευξεινούπολης- ΚΥ Αλμυρού
- **11 Μαΐου 2007- 12 Σεπτεμβρίου 2007:** Παράταση της υπηρεσίας υπαίθρου ως έμμισθη αγροτικός ιατρός
- Σύμβαση ανάθεσης έργου από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας από **1 Οκτωβρίου 2008** έως **31 Δεκεμβρίου 2008** για τη διεξαγωγή έρευνας με θέμα: Μελέτη συσχέτισης ατμοσφαιρικών ρύπων με τη νοσηρότητα και θνησιμότητα καρδιοαναπνευστικών παθήσεων ενηλίκων και παιδιών κατά τη χρονική περίοδο 2001-2007 στο Βόλο.
- Από το έτος **2005** έως και σήμερα: Επιστημονικός συνεργάτης της Πνευμονολογικής Κλινικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- **2005-2007.** Συμμετοχή στο πρόγραμμα των σπироμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν υπό την αιγίδα της Πνευμονολογικής Κλινικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την περίοδο 2005-2006, 2006-2007.
- **9 Σεπτεμβρίου 2008 – 24 Ιουνίου 2012:** Ειδικευόμενη ιατρός στην Παιδιατρική Κλινική του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας.

- **2 Νοεμβρίου 2011 έως 3 Μαΐου 2012:** Ειδικευόμενη ιατρός στη Μονάδα Εντατικής Νοσηλείας Νεογνών του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Λάρισας.
- **21 Μαΐου 2008 έως σήμερα:** Υποψήφια διδάκτορας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, εκπόνηση διδακτορικής διατριβής με θέμα: Μελέτη συσχέτισης ατμοσφαιρικών ρύπων με τη νοσηρότητα και θνησιμότητα καρδιοαναπνευστικών παθήσεων ενηλίκων και παιδιών κατά τη χρονική περίοδο 2001-2007 στο Βόλο

VIII. Διακρίσεις - Βραβεία

- 1991-1997 Αριστεία και Βραβεία Προόδου του Υπουργείου Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων για την επίδοση (Άριστα 19 6/11- 20) και διαγωγή (κοσμιότητα) στις τάξεις Γυμνασίου και Λυκείου
- 1997 Υποτροφία του Ιδρύματος Κρατικών Υποτροφιών (Ι.Κ.Υ) για την εισαγωγή στη Σχολή Μαιευτικής ΤΕΙ Αθήνας
- 20 Μαΐου 2003: Απονομή Αριστείου Προόδου από το Πανεπιστημιακό Παθολογοανατομικό Εργαστήριο Ιατρικής Σχολής Ιωαννίνων και Αναμνηστικού Διπλώματος από το Δήμο Ιωαννιτών για την επίδοση στο μάθημα της Παθολογικής Ανατομικής

IX. Συμμετοχή σε συνέδρια και σεμινάρια

- 6ο Επιστημονικό Συνέδριο Φοιτητών Ιατρικής Ελλάδος, Θεσσαλονίκη 12-14 Μαΐου 2000
- 1ο Πανηπειρωτικό Ιατρικό Συνέδριο , Ιωάννινα 12-14 Οκτωβρίου 2000
- Ημερίδα με θέμα:<<Αθηροθρόμβωση- Στεφανιαία Νόσος>>, Πανεπιστημιακή Καρδιολογική Κλινική Ιωαννίνων, Καρδιολογική Εταιρεία Βορείου Ελλάδος, Ιωάννινα 25 Νοεμβρίου 2000
- 11ο Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο Ακτινολογίας , Εργαστήριο Κλινικής Ακτινολογίας

και Απεικόνισης Ιατρική Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα 1-3 Νοεμβρίου 2001

- Εκπαιδευτικό Σεμινάριο με θέμα:<<Σύγχρονη αντιμετώπιση του διαβήτη και των επιπλοκών του>>, Ενδοκρινολογική Παθολογική Πανεπιστημιακή Κλινική Ιωαννίνων , Ιωάννινα 1 Δεκεμβρίου 2001
- 1η Εκπαιδευτική Ημερίδα Επεμβατικής Καρδιολογίας, Ελληνική Καρδιολογική Εταιρεία, Μέτσοβο 8 Δεκεμβρίου 2001
- Ημερίδα με θέμα:<<Προπτυχιακή, μεταπτυχιακή και συνεχιζόμενη ιατρική εκπαίδευση: παρόν και μέλλον>>, Επιστημονική Εταιρεία Φοιτητών Ιατρικής Ελλάδος, Ιωάννινα 13-14 Δεκεμβρίου 2001
- Σεμινάριο με θέμα :<<Αντιμετώπιση βαρέως πασχόντων ασθενών>>, Αναισθησιολογική Κλινική Πανεπιστημίου Ιωαννίνων , Ιωάννινα 15 Δεκεμβρίου 2001
- 8ο Επιστημονικό Συνέδριο Φοιτητών Ιατρικής Ελλάδος, Ιωάννινα 19-21 Απριλίου 2002
- 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οφθαλμολογικών Φλεγμονών και Λοιμώξεων, Ιωάννινα 4-6 Οκτωβρίου 2002
- 2ο Πανηπειρωτικό Ιατρικό Συνέδριο, Ιωάννινα 10-12 Οκτωβρίου 2002
- VI th Balkan Congress of Medicine and Dentistry for students and young doctors, Ioannina 1-3 November 2002
- Ημερίδα με θέμα: << Περιεγχειρητική Ηχοκαρδιογραφία>>, Αναισθησιολογική Κλινική Πανεπιστημίου Ιωαννίνων , Ελληνική Καρδιολογική Εταιρεία, Ιωάννινα 14 Δεκεμβρίου 2002
- Ημερίδα με θέμα: <<Ιατρική Ειδικότητα :Εκπαίδευση στην Ελλάδα και το εξωτερικό>>, Επιστημονική Εταιρεία Φοιτητών Ιατρικής Ελλάδος, Ιωάννινα 28 Μαρτίου 2003
- 2ο Ιατρικό Συμπόσιο, Περιφερειακό Γενικό Νοσοκομείο Ιωαννίνων <<Γ.

Χατζηκώστα>>, Ιωάννινα 4 Οκτωβρίου 2003

- Στρογγυλή Τράπεζα με θέμα:<<Υποβοηθούμενη Αναπαραγωγή>>, Μαιευτική Γυναικολογική Κλινική Πανεπιστημίου Ιωαννίνων , Ουρολογική Κλινική Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα 21 Οκτωβρίου 2003
- Συμμετοχή σε Πρόγραμμα Παροχής Πρώτων Βοηθειών και Υπηρεσιών Επείγουσας Ιατρικής από φοιτητές Ιατρικής στα Περιφερειακά Κέντρα Υγείας της Ηπείρου, Επιστημονική Εταιρεία Φοιτητών Ιατρικής Ελλάδος, Μονάδα Εντατικής Θεραπείας του Περιφερειακού Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Ιωαννίνων, Κλινική Αναισθησιολογίας Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
- Συμπόσιο Ελληνικής Εταιρείας Αθηροσκλήρωσης , Λαρισα 7 Μαΐου 2005
- Ημέρες Πνευμονολογίας 2005, Λίμνη Πλαστήρα 2-4 Σεπτεμβρίου 2005
- 17ο Μετεκπαιδευτικό Σεμινάριο Παιδιατρικής, Γ Παιδιατρική Κλινική του ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 24 Σεπτεμβρίου 2005
- Advanced Trauma Life Support Course for Doctors, Ιανουάριος 2007
- 7ο Παιδιατρικό Συνέδριο Κεντρικής Ελλάδος, Λάρισα 21-22 Απριλίου 2007
- 45ο Πανελλήνιο Παιδιατρικό Συνέδριο , Χαλκιδική 25-27 Μαΐου 2007
- Ημέρες Πνευμονολογίας 2007, Βόλος 21-23 Σεπτεμβρίου 2007
- 19ο Μετεκπαιδευτικό Σεμινάριο Γ' Παιδιατρικής Κλινικής ΑΠΘ, 29 Σεπτεμβρίου 2007
- 1ος Μετεκπαιδευτικός Κύκλος Εξειδίκευσης IBET με θέμα: <<Αντιβιοτικά>>, Λάρισα 27/9/2007 έως 15/5/2008
- 28η Ενημερωτική Ημερίδα Α' Παιδιατρικής κλινικής ΑΠΘ, 24 Νοεμβρίου 2007
- 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Υποειδικοτήτων Παιδιατρικής, Αθήνα 8-9 Μαρτίου 2008
- Ημέρες Πνευμονολογίας 2008, Καρδίτσα 12-13 Σεπτεμβρίου 2008
- International Symposium: Arthroscopy and Minimally Invasive Surgery of the Upper

Limb, Larissa, 20-22 November, 2008

- 9ο Παιδιατρικό Συνέδριο Κεντρικής Ελλάδος, Λάρισα 4-5 Απριλίου 2009
- 47^ο Πανελλήνιο Παιδιατρικό Συνέδριο, Χανιά Κρήτης 19-21 Ιουνίου 2009
- 9^η Ημερίδα Παιδιατρικής Κλινικής Γενικού Νοσοκομείου Καρδίτσας: Επίκαιρα Παιδιατρικά Θέματα, Καρδίτσα 7 Νοεμβρίου 2009
- 1^η Παιδιατρική Ημερίδα, Βόλος 5 Δεκεμβρίου 2009
- Ημέρες Πνευμονολογίας 2009, Λάρισα 18-19 Σεπτεμβρίου 2009
- Διεθνές Συμπόσιο: Πρωτοπαθείς Ανοσοανεπάρκειες και Παιδιατρική Ανοσολογία, Λάρισα 4-6 Δεκεμβρίου 2009
- Ημερίδα: Σύγχρονες εξελίξεις στη διάγνωση και θεραπεία του σαρκώματος Ewing, Λάρισα 4 Μαρτίου 2010
- Συμπόσιο: Ψυχοσωματικά και ψυχοσεξουαλικά προβλήματα στη Μαιευτική και Γυναικολογία, Λάρισα 13-14 Μαρτίου 2010
- 2^η Παιδιατρική Ημερίδα, Βόλος 4 Δεκεμβρίου 2010
- 10ο Παιδιατρικό Συνέδριο Κεντρικής Ελλάδος, Λάρισα 17-18 Απριλίου 2010
- 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Παιδοαλλεργιολογίας, Βόλος 30/9-1/10/2011
- 14^ο Καρδιολογικό Συνέδριο Κεντρικής Ελλάδος, Λάρισα 13-16 Οκτωβρίου 2011
- 11^η Ημερίδα Παιδιατρικής Κλινικής Γενικού Νοσοκομείου Καρδίτσας: Έφηβος: Υγεία- Προβληματισμοί, Καρδίτσα 19 Νοεμβρίου 2011
- Επιστημονική Εκδήλωση Ελληνικού Κολλεγίου Παιδιάτρων: Σύγχρονες Εξελίξεις και Προοπτικές στην Παιδιατρική, Βόλος 18-20 Νοεμβρίου 2011
- 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο του Φόρουμ Δημόσιας Υγείας και Κοινωνικής Ιατρικής, Λάρισα 25-27 Νοεμβρίου 2011
- 3^η Παιδιατρική Ημερίδα, Βόλος 3 Δεκεμβρίου 2011
- 12^ο Παιδιατρικό Συνέδριο Κεντρικής Ελλάδος, Λάρισα 7-8 Απριλίου 2012

- 30th Annual Meeting of the European Society for Pediatric Infectious Diseases, Thessaloniki, Greece, May 8-12, 2012
- 50^ο Πανελλήνιο Παιδιατρικό Συνέδριο, Ιωάννινα, 1-3 Ιουνίου 2012
- 4^η Παιδιατρική Ημερίδα, Βόλος 1 Δεκεμβρίου 2012
- 13^ο Παιδιατρικό Συνέδριο Κεντρικής Ελλάδος, Λάρισα 13-14 Απριλίου 2013
- Advanced Paediatric Life Support Course, Athens 26-28 April 2013

Ανακοινώσεις σε συνέδρια

- Evangelos Paraskevaidis, MD, Georgios Potsis, MD, Kalantzi Eirini, Mperou Evangelia, Nika Thomai, Lolis Dimitrios: <<Human Papillomavirus Testing and the outcome of treatment for Cervical Intraepithelial Neoplasia>>, Department of Obstetrics and Gynecology, Ioannina University Hospital, VIth Balkan Congress of Medicine and Dentistry for students and young doctors, Ioannina 1-3 November 2002, PC5
- Ειρήνη Καλαντζή, Γεώργιος Συρογιαννόπουλος, Κωνσταντίνος Γουργουλιάνης, Δημοσθένης Μακρής: <<Συσχέτιση άσθματος και λοιμώξεων του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος σε παιδιά με τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον τόπο διαμονής τους>>, 47^ο Πανελλήνιο Παιδιατρικό Συνέδριο, Χανιά Κρήτης 19-21 Ιουνίου 2009, EA25
- Παρουσίαση κλινικών περιστατικών στα πλαίσια εκπαίδευσης στην Παιδιατρική ειδικότητα στην Πανεπιστημιακή Παιδιατρική Κλινική του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με θέματα: Λεϊσμανίαση, Βρογχολίτιδα, Αφυδάτωση, Βακτηριακή Ενδοκαρδίτιδα, Συστηματικός Ερυθηματώδης Λύκος, Σύνδρομο ADEM, Χολοστεάτωμα, Αιμοφαγοκυτταρικό Σύνδρομο, Σύνδρομο Stevens Johnson, Λοιμώξεις από Mycoplasma pneumoniae, Εμβόλια σε ειδικές ομάδες παιδιών.

Δημοσιεύσεις

- **Eirini Kalantzi**, Demosthenes Makris, Marie Noelle Duquenne, Stamatina Kaklamani, Herricos Stapountzis, Konstantinos I. Gourgoulisanis. Air pollutants and morbidity of cardiopulmonary diseases in a semi-urban Greek peninsula. *Atmospheric Environment* 2011;45 (39):7121-7126
- **Eirini Kalantzi**, Demosthenes Makris, Marie-Noelle Duquenne, Errikos Stapountzis, Zoe Daniil, Stamatina Kaklamani, George Syrogiannopoulos, Konstantinos Gourgoulisanis. Air pollution and respiratory health of children growing up in a semi urban peninsula. *BMC Public Health*, under review (online submission, Manuscript ID 1117078333102544)

Συμμετοχή στη συγγραφή σημειώσεων ή βιβλίων

- **Παιδιατρική Νεφρολογία**, Κ.Δ. Κολλιός , Ι.Γ Δαλιανούδης, Ε.Γ Καλαντζή, Ιωάννινα, Οκτώβριος 2003
- **Στοιχεία Παιδιατρικής Νεφρολογίας**, Κ.Δ. Κολλιός , Ι.Γ Δαλιανούδης, Ε.Γ Καλαντζή, Ιωάννινα, Μαΐος 2004, University Press Α.Π.Θ.

Συντομογραφίες

PM_{10-c} = συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των $10\mu m$ ($\mu g/m^3$)

PM_{10-m} = μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των $10\mu m$ (μg)

CO = μονοξείδιο άνθρακα (mg/m^3)

NO = μονοξείδιο του αζώτου ($\mu g/m^3$)

NO_2 = διοξείδιο του αζώτου ($\mu g/m^3$)

NO_x = οξείδια του αζώτου ($\mu g/m^3$)

SO_2 = διοξείδιο του θείου ($\mu g/m^3$)

O_3 = όζον ($\mu g/m^3$)

RH = υγρασία (%)

Ta_{MIN} = ελάχιστη θερμοκρασία (C^0)

Ta_{MAX} = ελάχιστη θερμοκρασία (C^0)

Ta_{AVER} = μέση θερμοκρασία (C^0)

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Suddenly, from behind the rim of the Moon, in long, slow-motion moments of immense majesty, there emerges a sparkling blue and white jewel, a light, delicate sky-blue sphere laced with slowly swirling veils of white, rising gradually like a small pearl in a thick sea of black mystery. It takes more than a moment to fully realize this is Earth . . . home.

We went to the Moon as technicians, we returned as humanitarians.

Edgar Mitchell

Στα τέλη του Γενάρη του 1971, οι αστροναύτες Alan Shepard και Edgar Mitchell με την αποστολή *Απόλλων 14* προσεδαφίστηκαν στη σελήνη. Το ταξίδι της επιστροφής, λίγες μέρες αργότερα, ήταν μια εμπειρία ζωής. Η θέα της γης σαν «γαλάζιο πετράδι κρεμασμένο στο βελούδινο σκοτάδι» αποτέλεσε ταυτόχρονα και τη γέννηση μιας παγκόσμιας συνείδησης για το περιβάλλον της γης.

Η ατμόσφαιρα της γης εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Οι χημικές και βιολογικές επιδράσεις που διαμόρφωσαν τη σύστασή της συνεχίζουν να δρουν, ενώ προστίθενται συνεχώς μεγάλες ποσότητες αερίων και σωματιδίων από τη δράση των ηφαιστειών και των θερμών πηγών. Το νέο στοιχείο είναι ότι ο άνθρωπος της βιομηχανικής εποχής έγινε και ο ίδιος παράγοντας με μεγάλη περιβαλλοντική βαρύτητα. Ήδη, από τις πρώτες δεκαετίες του 18ου αιώνα, οι αυξημένες ενεργειακές ανάγκες οδήγησαν σε αύξηση της χρήσης απολιθωμένων καυσίμων υλών, αύξηση η οποία έφτασε σε τρομακτικούς ρυθμούς στον εικοστό αιώνα. Οι ρύποι που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες έρχονται να προστεθούν σε αυτούς που εκπέμπονται από φυσικές πηγές δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για αλλοίωση της σύστασής της. Μπορεί η βασική σύσταση της ατμόσφαιρας σε άζωτο και οξυγόνο (το 99% του ατμοσφαιρικού αέρα) να μην αλλάζει, η αύξηση όμως των συγκεντρώσεων αερίων με μικρή συμμετοχή στην σύσταση της ατμόσφαιρας κάνει την παραμονή στην γη δυσκολότερη ή στην πιο αισιόδοξη εκδοχή λιγότερο ευχάριστη. Η ανθρώπινη υγεία και ευεξία, η ευστάθεια του κλίματος, το φυσικό και

ανθρωπογενές περιβάλλον, όλα αποδεικνύονται πολύ ευαίσθητα σε αλλαγές αερίων των οποίων η συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα δεν υπερβαίνει το 0.04%.

1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η γήινη ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα της γης είναι ένα λεπτό αεριώδες περίβλημα το οποίο αποτελείται κυρίως από μοριακό άζωτο (N_2) και οξυγόνο (O_2). Οι επιστήμονες υπολογίζουν την ηλικία της γήινης ατμόσφαιρας σε περίπου 4.6 δισεκατομμύρια χρόνια. Η αρχική σύσταση της ατμόσφαιρας διέφερε πολύ από την σημερινή και πιθανότατα θα ήταν τοξική για τα περισσότερα σημερινά έμβια όντα. Αυτή η αφιλόξενη πρώτη ατμόσφαιρα υπέστη μεγάλες αλλαγές από τη δράση πολλών χημικών, γεωλογικών και βιολογικών μηχανισμών. Μέσα από μια πολύπλοκη εξελικτική πορεία διαμορφώθηκε πριν περίπου από 0.5 δισεκατομμύριο χρόνια μια ατμόσφαιρα της οποίας η σύσταση δεν διέφερε πολύ από τη σημερινή. Σημαντικές διαφοροποιήσεις στη σύσταση έχουν παρουσιασθεί, κυρίως μετά την βιομηχανική επανάσταση, μόνο στις συγκεντρώσεις κάποιων αερίων τα οποία έχουν μικρή συμμετοχή στη σύσταση της ατμόσφαιρας.

Ένας τρόπος να χωρισθεί η ατμόσφαιρα της γης σε στρώματα είναι με βάση τη σύστασή της. Η βασική σύσταση της ατμόσφαιρας σε N_2 και O_2 παραμένει σταθερή μέσα στην *ομοιόσφαιρα*, το ατμοσφαιρικό στρώμα το οποίο εκτείνεται από το έδαφος μέχρι το ύψος περίπου των 80 χιλιομέτρων (km). Στο στρώμα αυτό, η τυρβώδης ροή του αέρα είναι αρκετά έντονη ώστε το μοριακό μίγμα των κυριότερων αερίων να διατηρείται σε σταθερή αναλογία. Η τάση διαχωρισμού των αερίων σύμφωνα με το μοριακό τους βάρος εξουδετερώνεται μέσα στην ομοιόσφαιρα από το μηχανισμό μίξης. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι τα πρώτα 65-80 km πάνω από την επιφάνεια της γης περιλαμβάνουν τα 99% της συνολικής μάζας του ατμοσφαιρικού αέρα. Το στρώμα που βρίσκεται πάνω από την ομοιόσφαιρα ονομάζεται

ετερόσφαιρα και, όπως υποδηλώνει το όνομά του, η σύστασή του δεν είναι ομοιογενής καθώς τα βαρύτερα άτομα και μόρια τείνουν να κατακάθονται στο κάτω μέρος του, ενώ τα ελαφρύτερα αέρια επιπλέουν στην κορυφή.

Ένας άλλος τρόπος διαχωρισμού της ατμόσφαιρας στηρίζεται στη μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος. Κατ' αυτό τον τρόπο η ατμόσφαιρα μπορεί να χωριστεί στις εξής βασικές περιοχές (σχήμα 1.1):

- *Τροπόσφαιρα*: Η κατώτερη περιοχή της ατμόσφαιρας που εκτείνεται από το έδαφος μέχρι το ύψος των 10-12 km. Στην τροπόσφαιρα λαμβάνει χώρα σε συντριπτικό ποσοστό η εκπομπή των ρύπων.
- *Στρατόσφαιρα*: Το ατμοσφαιρικό στρώμα το οποίο καταλαμβάνει την περιοχή μεταξύ της τροπόπαυσης (δηλαδή του άνω ορίου της τροπόσφαιρας) και των 50 km από το έδαφος. Είναι η περιοχή όπου βρίσκεται το στρώμα του όζοντος.
- *Μεσόσφαιρα*: Εκτείνεται από την στρατόπαυση μέχρι τα 80 km περίπου και είναι η πιο ψυχρή περιοχή της γήινης ατμόσφαιρας.
- *Θερμόσφαιρα*: Εκτείνεται από την μεσόπαυση μέχρι τα 400 km περίπου και χαρακτηρίζεται από την μεγάλη αραίωση του αέρα.

Σχήμα 1.1 Στρώματα της ατμόσφαιρας όπως προκύπτουν από την κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος.

1.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Πριν από την βιομηχανική επανάσταση

Η περιβαλλοντική ρύπανση δεν είναι φαινόμενο της εποχής μας. Ένας από τους λόγους που ανάγκαζαν τις πρώτες φυλές να ζουν ως νομάδες, ήταν η ανάγκη να απομακρύνονται περιοδικά από την δυσοσμία την οποία δημιουργούσαν τα απόβλητα των ζώων και των ανθρώπων. Η ανακάλυψη της φωτιάς δημιούργησε πρόσθετα προβλήματα ρυπαίνοντας τον αέρα, στις περιοχές που κατοικούσαν, με προϊόντα ατελούς καύσης. Η ανακάλυψη της καμινάδας μετατόπισε το πρόβλημα προς την ευρύτερη περιοχή και είχε σαν αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές να είναι καπνώδης. Χαρακτηριστική είναι η αναφορά του Ρωμαίου φιλόσοφου Σενέκα το 61 μ.Χ στην κακή ποιότητα του αέρα στην Ρώμη.

«Μόλις έφυγα μακριά από τον πνιγερό αέρα

της Ρώμης και από τη βρωμιά των

καπνοδόχων που κάπνιζαν, διαχέοντας

ολόγυρα θανατηφόρα αέρια και αιθάλη,

ένοιωσα να αλλάζει η διάθεσή μου»,

Σενέκας, 61 μ.Χ.

Το 1157, η σύζυγος του βασιλιά Ερρίκου του 2ου της Αγγλίας, Ελεονόρα, μετακόμισε από το Tutbury Castle του Nottingham, γιατί θεώρησε ανυπόφορη τη ρύπανση του αέρα εξ αιτίας της καύσης των ξύλων. Άλλες αναφορές από τον Μεσαίωνα περιγράφουν τα προβλήματα καπνού που δημιουργούσε η καύση του κάρβουνου, με αποτέλεσμα, ο Βασιλιάς Εδουάρδος ο 1ος να απαγορεύσει το 1307 την χρήση του κάρβουνου στις ασβεστοκάμινους του Λονδίνου. Μαρτυρίες αναφέρουν ότι ένα άτομο τιμωρήθηκε με απαγχονισμό για παράβαση του νόμου. Οι κυριότερες δραστηριότητες που συνδεόταν με την ατμοσφαιρική ρύπανση τους αιώνες

που προηγήθηκαν της βιομηχανικής επανάστασης, ήταν η μεταλλουργία, η κεραμοποιεία και η διατήρηση κτηνοτροφικών προϊόντων.

Η βιομηχανική επανάσταση

Η βιομηχανική επανάσταση, τον 19ο αιώνα, οδήγησε στην εντατική χρήση κυρίως του κάρβουνου και σε μικρότερο βαθμό του πετρελαίου, για την παραγωγή ενέργειας, κίνησης ατμομηχανών και πλοίων, καθώς και οικιακής θέρμανσης, με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα από τον καπνό και τη στάχτη. Το πρώτο σοβαρό επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης συνέβη το 1875 στο Λονδίνο, όπου σημειώθηκαν αρκετοί θάνατοι ανθρώπων και ζώων. Σε χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο και οι ΗΠΑ, αναλαμβάνεται δράση για τον περιορισμό της αέριας ρύπανσης και αναπτύσσονται αντιρρυπαντικές τεχνολογίες.

Εικοστός Αιώνας

Παρόλο λοιπόν, που η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν μπορεί να θεωρηθεί αποκλειστικό προνόμιο της σύγχρονης εποχής, μια σειρά από μεγάλα επεισόδια τις τελευταίες δεκαετίες μας υπενθύμισαν το μέγεθος του προβλήματος και την ανάγκη ελέγχου της ποιότητας του αέρα που αναπνέουμε. Η αιθαλομίχλη, το 1909, στη Γλασκόβη και το Εδιμβούργο θεωρήθηκε η κύρια αιτία για 1000 περίπου θανάτους ανθρώπων. Το 1930, σε επεισόδιο αιθαλομίχλης, στη βιομηχανική περιοχή της κοιλάδας του Meuse στο Βέλγιο αρρώστησαν εκατοντάδες άτομα, από τα οποία 60 πέθαναν τις επόμενες μέρες. Το 1948 στην πόλη Donora των ΗΠΑ κατά την διάρκεια ενός τετραήμερου επεισοδίου ρύπανσης σημειώθηκαν 20 θάνατοι και 6000 ασθένειες οι οποίες συνδέθηκαν με την αέρια ρύπανση. Για να εκτιμηθεί σωστά το μέγεθος του προβλήματος θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι ο πληθυσμός της πόλης ήταν μόνο 14000 κάτοικοι. Το μεγαλύτερο, όμως, επεισόδιο συνέβη στο Λονδίνο το 1952 όταν μια εβδομάδα υψηλών επιπέδων ρύπανσης είχε σαν αποτέλεσμα να συμβούν 4000 «πλεονάζοντες» θάνατοι (σύγκριση των ρυθμών θανάτου πριν και μετά το επεισόδιο) οι

οποίοι αποδόθηκαν στην ρύπανση. Όταν ο άνθρακας αντικαταστάθηκε από το πετρέλαιο και λόγω των αυξημένων αναγκών, το πρόβλημα της ρύπανσης έγινε οξύτερο, καθώς και ένας άλλος τύπος ρύπανσης, η φωτοχημική, έκανε την εμφάνισή του αρχικά στο Λος Άντζελες των ΗΠΑ στις αρχές της δεκαετίας του 1940.

2.0 ΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΟΥΣ

2.1 Βασικές έννοιες

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια τέτοια ώστε να είναι δυνατόν να προκληθούν αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα.

2.2 Πηγές αερίων ρύπων

Αντίθετα με την κοινή αντίληψη, το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αερίων ρύπων προέρχεται από καθαρά φυσικές πηγές. Με τον όρο φυσικές πηγές αναφερόμαστε στις πηγές εκπομπών αερίων ρύπων που δεν οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Παρόλα αυτά οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίστηκαν. Αυτό οφείλεται βεβαίως στην ανατροπή της φυσικής ισορροπίας, αλλά επίσης και στη μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών από ανθρωπογενείς πηγές οι οποίες συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (κυρίως αστικές περιοχές και βιομηχανικές ζώνες). Αντίθετα, η καλή διασπορά των φυσικών πηγών ανά την υφήλιο προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης ανάμιξης των ρύπων με τον καθαρό αέρα. Κατά συνέπεια, με κάποιες μικρές εξαιρέσεις, οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Φυσικές Πηγές

Η χλωρίδα της γης αποτελεί τη μεγαλύτερη φυσική πηγή εκπομπής αερίων ρύπων. Τα δέντρα και τα φυτά, παρά τη συμβολή τους στη μετατροπή, μέσω της φωτοσύνθεσης, του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο, αποτελούν τα ίδια τη μεγαλύτερη πηγή υδρογονανθράκων του πλανήτη.

Οι ωκεανοί αποτελούν τη δεύτερη σημαντικότερη πηγή «φυσικών» ρύπων. Η δράση των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών οδηγεί στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων θειούχων ενώσεων. Επιπλέον, η μηχανική δράση των κυμάτων προκαλεί τη διάβρωση των πετρωμάτων και την παραγωγή σωματιδίων με μέγεθος ικανό ώστε να είναι δυνατή η αιώρησή τους στην ατμόσφαιρα. Τέλος, ο άνεμος συμπαρασύρει υδροσταγονίδια που περιέχουν άλατα αποτελώντας, έτσι, συνεχή πηγή ατμοσφαιρικών αιωρημάτων (αεροζόλ).

Ατμοσφαιρικά αιωρήματα δημιουργούνται ωστόσο και από την επίδραση του ανέμου στο έδαφος και τα στοιχεία που βρίσκονται στην επιφάνειά του. Σε κάποιες περιπτώσεις, τα αιωρούμενα σωματίδια είναι δυνατό να φτάσουν ή και να ξεπεράσουν τα θεσπισμένα όρια προστασίας. Αποτέλεσμα των υψηλών συγκεντρώσεων αποτελεί η μείωση της ορατότητας της ατμόσφαιρας.

Μια άλλη σημαντική πηγή φυσικών ρύπων αποτελεί και η καύση της βιομάζας. Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στις εκτεταμένες πυρκαγιές, που λαμβάνουν χώρα σε δάση και λειβαδικές εκτάσεις και που δεν οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τέτοιες πυρκαγιές συναντάμε συχνά κατά τις θερινές περιόδους του έτους, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που σημειώνονται, είτε μετά από ισχυρές καταιγίδες, λόγω των κεραυνών.

Τέλος, αναφερόμενοι σε φυσικές πηγές, δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τα ηφαίστεια. Η έκρηξη ενός ηφαιστείου παράγει μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων, αλλά και αερίων όπως διοξείδιο του θείου, μεθάνιο και υδρόθειο. Τα σύννεφα που σχηματίζονται από τα σωματίδια και τα αέρια εκτοξεύονται σε μεγάλο ύψος και μπορεί να παραμείνουν στην

ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Οι εκπομπές σωματιδίων από την πρόσφατη έκρηξη του ηφαιστείου Pinatubo (Φιλιππίνες, 1991) είχε σαν αποτέλεσμα να καταγραφεί ελαφρά μείωση στη θερμοκρασία του πλανήτη.

Ανθρωπογενείς Πηγές.

Τρεις είναι οι κυριότερες κατηγορίες ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης: η βιομηχανική δραστηριότητα (συμπεριλαμβανομένου και του τομέα παραγωγής ενέργειας), οι μεταφορές και η κεντρική θέρμανση.

Βιομηχανία

Η βιομηχανία αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή αερίων ρύπων καθώς το μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Οι μεγάλες ποσότητες ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται οδηγούν στην παραγωγή εξίσου μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου. Επίσης, είναι η κυριότερη πηγή βαρέων μετάλλων σε ποσοστό που πλησιάζει το 100%. Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα είδη των ρύπων που παράγονται από τις διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες.

Πίνακας 2.1 Εκπεμπόμενοι ρύποι από τις διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες (Πηγή: Masters G.M., Introduction to Environmental Engineering and Science, Prentice Hall Int. Ed., 1991)

Ρύπος	Σταθμοί παραγωγής ενέργειας	Διυλιστήρια Πετρελαίου	Χημικές και φαρμακευτικές βιομηχανίες	Επεξεργασία μετάλλων
Σωματίδια	✓			✓
CO	✓			
CO ₂	✓			
SO ₂	✓	✓		
NO _x	✓	✓		
VOC	✓	✓	✓	
Μόλυβδος				✓
Υδράργυρος	✓		✓	✓
Χαλκός				✓
Κάδμιο			✓	✓

Στην Ελλάδα είναι χαρακτηριστική η συγκέντρωση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων στην περιοχή των μεγάλων αστικών κέντρων της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Ωστόσο, ειδικά για την Αθήνα, η συμμετοχή της στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πόλη είναι μικρής κλίμακας. Η χωροθέτησή της σε σχέση με το αστικό συγκρότημα σε συνδυασμό με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες δεν επιτρέπουν τη συχνή μεταφορά ρύπων προς το κέντρο της πόλης.

Αυτοκίνητο

Μέσα στην πληθώρα των ρυπογόνων δραστηριοτήτων μιας σύγχρονης πόλης, η χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου αποτελεί τη σημαντικότερη συνεισφορά του πολίτη στη ρύπανση της περιοχής. Παρά την μικρή, σχετικά, συνεισφορά κάθε μεμονωμένου αυτοκινήτου, η ρύπανση από τον μεγάλο αριθμό τους προστίθεται για να αποτελέσει τη μεγαλύτερη απειλή για την ποιότητα του αέρα στις μεγαλουπόλεις.

Η ισχύς που είναι απαραίτητη για την κίνηση του αυτοκινήτου προέρχεται από την καύση του καυσίμου σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης. Η ρύπανση προέρχεται τόσο από τα προϊόντα της καύσης (τυπικά από την εξάτμιση του αυτοκινήτου), όσο και από την εξάτμιση του καύσιμου.

Η βενζίνη και το Diesel είναι μίγματα υδρογονανθράκων, ενώσεις που περιέχουν άτομα υδρογόνου και άνθρακα. Κατά την διάρκεια της καύσης σε μια τέλεια μηχανή, το οξυγόνο του αέρα θα μετέτρεπε το υδρογόνο σε νερό και τον άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα. Το άζωτο του αέρα δεν θα επηρεαζόταν.

Σε πραγματικές συνθήκες όμως τα πράγματα είναι διαφορετικά. Η καύση στη μηχανή του αυτοκινήτου δεν είναι τέλεια με αποτέλεσμα να εκπέμπονται ρύποι από την εξάτμιση του αυτοκινήτου (κυρίως υδρογονάνθρακες και μονοξείδιο του άνθρακα). Επιπρόσθετα, λόγω των υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στη μηχανή το οξυγόνο και το άζωτο του αέρα αντιδρούν σχηματίζοντας οξείδια του αζώτου.

Πρέπει εδώ να τονιστεί ότι η καύση στις μηχανές Diesel είναι πιο πλήρης απ' ό τι στους βενζινοκινητήρες, οπότε και οι εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα είναι μικρότερες. Αντίθετα οι κινητήρες Diesel έχουν μεγαλύτερη συνεισφορά στην εκπομπή των σωματιδίων και στις οσμές.

Εκτός των προϊόντων της καύσης, σημαντικές εκπομπές ρύπων προέρχονται και από την εξάτμιση των υδρογονανθράκων. Λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη την πρόοδο που έχει γίνει στην μείωση των εκπομπών από την εξάτμιση του αυτοκινήτου, οι απώλειες υδρογονανθράκων λόγω εξάτμισης είναι υπεύθυνες για την πλειονότητα των εκπομπών αυτών των ρύπων στην ατμόσφαιρα, ιδιαίτερα κατά την διάρκεια ζεστών ημερών.

Οι υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα, με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, σχηματίζουν το όζον, ίσως το πιο επικίνδυνο συστατικό του φωτοχημικού νέφους των πόλεων. Συμπληρωματικά, το διοξείδιο του άνθρακα, αν και ακίνδυνο για την υγεία είναι το σημαντικότερο θερμοκηπικό αέριο με μεγάλη συνεισφορά στην παγκόσμια μεταβολή του κλίματος.

Θέρμανση

Η συνεισφορά της θέρμανσης στα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει καθαρά εποχικό χαρακτήρα και έγκειται στην παραγωγή καπνού, διοξειδίου του θείου και σε μικρότερο ποσοστό, οξειδίων του αζώτου. Αν και οι ρύποι, που παράγονται σε ετήσια βάση από τις κεντρικές θερμάνσεις, αποτελούν ένα μικρό ποσοστό σε σχέση με την παραγωγή των ίδιων ρύπων από τις άλλες δύο πηγές, το διοξείδιο του θείου αποτελεί στις αστικές περιοχές ρύπο- δείκτη για τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης. Ακόμη σημαντικό στοιχείο είναι οι πολύ χαμηλές καμινάδες που χρησιμοποιούνται, καθώς αδυνατούν να διασπείρουν τους ρύπους στην ευρύτερη περιοχή με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σε πολλές περιπτώσεις αυξημένα τοπικά προβλήματα. Το πρόβλημα πάντως δείχνει μια σταθερή πορεία βελτίωσης λόγω της χρήσης καυσίμων καλύτερης ποιότητας (κυρίως χαμηλότερης περιεκτικότητας σε

θείο). Οι αιχμές στις τιμές των ρύπων παρουσιάζονται τις πρώτες πρωινές και τις πρώτες βραδινές ώρες. Αν κατά τις ώρες της μέγιστης παραγωγής επικρατούν δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες (π.χ. άπνοια και θερμοκρασιακή αναστροφή), τότε προκαλείται συσσώρευση του εκπεμπόμενου διοξειδίου του θείου και οδηγούμαστε στο σχηματισμό αιθαλομίχλης.

2.3. Ατμοσφαιρικοί ρύποι

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που κατά κύριο λόγο απασχολούν τις ανά τον κόσμο υπηρεσίες προστασίας του περιβάλλοντος είναι οι παρακάτω: το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, οι υδρογονάνθρακες, το όζον, ο καπνός, τα αιωρούμενα σωματίδια και ο μόλυβδος.

2.3.1 Σωματίδια

Σωματίδια ονομάζουμε ένα ευρύ φάσμα υλικών τα οποία είναι στερεά ή υγρά στον αέρα. Οι πηγές των σωματιδίων είναι πολλές και περιλαμβάνουν σκόνη από το έδαφος και τους δρόμους, τα καυσαέρια, τις εκπομπές από την καύση και βιομηχανικές διεργασίες, την κατασκευή και κατεδάφιση, φυτοφάρμακα, βιοαεροζόλ και ηφαιστειακή στάχτη (Dickey 2000; Brook et al. 2004). Τα εν λόγω σωματίδια μπορούν να ταξιδέψουν χιλιάδες χιλιόμετρα στον αέρα κατά μήκος των ωκεανών και εναποτίθενται σε άλλες ηπείρους (Wilkening et al. 2000; Gyan et al. 2005).

Η καύση βιομάζας σε καλλιέργειες και δάση είναι η μεγαλύτερη πηγή των σωματιδίων σε πολλά μέρη του κόσμου. Μια μελέτη από 15 πόλεις των ΗΠΑ διαπίστωσε ότι η καύση ξυλείας παράγει το 36% έως 95% της συνολικής ποσότητας αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} (Rozenberg 2003). Καπνός από μεγάλες δασικές πυρκαγιές στην Ινδονησία και το Κεμπέκ έχει βρεθεί ότι αυξάνει σε μεγάλο βαθμό τη συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων σε περιοχές πολλές εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά (Awang et al. 2000; Sapkota et al. 2005).

Η τοξικότητα των σωματιδίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθός τους, με τα σωματίδια κάτω των 10 μm (PM_{10}) ή 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) να θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα, δεδομένου ότι μπορούν εύκολα να διεισδύσουν στις πνευμονικές κυψελίδες. Η τοξικότητα των σωματιδίων ποικίλλει επίσης ανάλογα με τη χημική τους σύσταση.

Σωματίδια ειδικού ενδιαφέροντος περιλαμβάνουν τοξικά μέταλλα, όπως μόλυβδος και υδράργυρος, πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH) και οργανικές τοξικές ουσίες όπως οι διοξίνες (Dickey 2000; Jaward et al. 2004). Οι κύριες εξωτερικές πηγές PAH είναι οι εξατμίσεις μηχανοκίνητων οχημάτων, η καύση άνθρακα / υδρογονανθράκων πετρελαίου σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και η καύση βιομάζας (Naumova et al. 2002).

2.3.2 Όζον (O_3)

Το μόριο του όζοντος αποτελείται από 3 άτομα οξυγόνου (O_3), αντί των συνήθων 2 ατόμων οξυγόνου (O_2). Στη στρατόσφαιρα η παρουσία όζοντος διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην παρεμπόδιση της επιβλαβούς υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου, αλλά το τροποσφαιρικό όζον είναι τοξικό για τον άνθρωπο. Το όζον μπορεί να παραχθεί από μια σειρά διαδικασιών, όπως η αστραπή (Godish 2003), χρήση ηλεκτρονικών συσκευών όπως φωτοτυπικά μηχανήματα (Brook et al. 2004), και από τις ατμοσφαιρικές χημικές αντιδράσεις που αφορούν πτητικές οργανικές χημικές ουσίες, τα οξείδια του αζώτου και το ηλιακό φως. Αυτή η έμμεση παραγωγή όζοντος είναι πιο αποτελεσματική κατά τη διάρκεια του θερμού καιρού (Brook et al. 2004). Όπως και τα σωματίδια, το όζον μπορεί να ταξιδέψει για χιλιάδες χιλιόμετρα. Ο ατμοσφαιρικός χρόνος ημίσειας ζωής του όζοντος είναι 1-2 εβδομάδες το καλοκαίρι και 1-2 μήνες το χειμώνα (Akimoto 2003).

2.3.3 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένα προϊόν της ελλιπούς καύσης. Κύριες πηγές του είναι οχήματα, θέρμανση, χρήση κάρβουνου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και καύση βιομάζας (Godish 2003). Το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται σε μεγαλύτερες ποσότητες

εάν η καύση δεν είναι αποτελεσματική, στο κρύο ή σε μεγαλύτερα υψόμετρα (Brook et al. 2004). Το μονοξείδιο του άνθρακα έχει ατμοσφαιρικό χρόνο ημίσειας ζωής 1-2 μήνες και μπορεί επίσης να ταξιδέψει χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από την πηγή του (Akimoto 2003).

2.3.4 Οξείδια του θείου (SO_2 , SO_3), υδρόθειο (H_2S), όξινα αέρια (HF , HCl)

Το διοξείδιο του θείου παράγεται από την καύση του άνθρακα, τις εκπομπές των οχημάτων και τις εκπομπές από τη χρήση πετρελαίου/ φυσικού αερίου (Godish 2003). Το υδρόθειο παράγεται από πολλές βιομηχανικές διαδικασίες και από την αποσύνθεση του πετρελαίου ή νεκρής βλάστησης. Όξινα αέρια, όπως το υδροχλωρικό οξύ (HCl), το υδροφθορικό οξύ (HF), παράγονται από την καύση αποβλήτων και από διάφορες βιομηχανίες (Godish 2003).

2.3.5 Οξείδια του αζώτου (NO_2 και άλλων)

Τα οξείδια του αζώτου παράγονται κυρίως από τις εκπομπές βιομηχανιών/οχημάτων και από την οξείδωση των αζωτούχων λιπασμάτων (Godish 2003). Τα οξείδια του αζώτου μπορούν επίσης να παραχθούν στην ατμόσφαιρα από αντιδράσεις μορίων οξυγόνου με άζωτο από την ατμόσφαιρα.

3.0 Ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα

3.1. Πρότυπα

Μια σειρά από χώρες και οργανώσεις έχουν αναπτύξει πρότυπα για τις συγκεντρώσεις των κοινών ρύπων στην ατμόσφαιρα. Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα ισχύοντα πρότυπα συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών ρύπων ($\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$, O_3 , CO , NO_2 , SO_2 , Pb) για τις ΗΠΑ, Ιαπωνία, Γερμανία και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ). Τα επίπεδα ρύπων υπερβαίνουν συχνά τα όρια σε πολλά μέρη του κόσμου, ιδίως στις μεγάλες πόλεις των αναπτυσσόμενων χωρών. Για παράδειγμα, υπολογίστηκε το 2004 ότι το 18% των αστικών περιοχών παγκοσμίως (πόλεις με πληθυσμό άνω των 100.000 κατοίκων) διαθέτουν ατμοσφαιρικό αέρα με ετήσιο μέσο όρο αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} πάνω από 100

μg/m³ ή μεγαλύτερο από το διπλάσιο του ορίου, που τίθεται στις ΗΠΑ (United States Environmental Protection Agency, US EPA) (Cohen et al. 2005).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία έχουν τεκμηριωθεί και σε επίπεδα ρύπων μικρότερα των ορίων US EPA. Επιπλέον, οι κανόνες αυτοί αγνοούν τη συνέργεια των τοξικών ατμοσφαιρικών ρύπων. Ας σημειωθεί επίσης ότι πολλοί ρύποι, όπως οργανικοί διαλύτες, φυτοφάρμακα, υδράργυρος, διοξίνες και βιοαεροζόλ δεν έχουν επίσημα όρια ασφαλείας. Ένα σύνολο 189 τέτοιων ρύπων έχουν οριστεί ως "τοξικά αέρια" από τις ΗΠΑ με βάση το σχέδιο Clean Air Act του 1990 (Suh et al. 2004).

Πίνακας 3.1 Πρότυπα συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών ρύπων (PM₁₀/PM_{2.5}, O₃, CO, NO₂, SO₂, Pb) για τις ΗΠΑ, Ιαπωνία, Γερμανία και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ).

Κράτος	PM (μg/m ³)	O ₃ (μg/m ³)	CO (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	Pb (μg/m ³)
Η.Π.Α	PM ₁₀	1 ώρα 240	1 ώρα 40	24ωρη μ.τ. 0.365	ετήσια μ.τ. 0.1	3 μήνες μ.τ. 1.5
	ετήσια μ.τ. 50		8 ώρες 10	ετήσια μ.τ. 0.08		
	24ωρη μ.τ. 150					
	PM _{2.5}					
Ιαπωνία	ετήσια μ.τ. 15					
	24ωρη μ.τ. 65					
	PM ₁₀	1 ώρα 120	8 ώρες 22.8	24ωρη μ.τ. 0.26	24ωρη μ.τ. 0.04-0.06	*
	ετήσια μ.τ. 200			ετήσια μ.τ. 0.11		
Γερμανία	24ωρη μ.τ. 100					
	PM ₁₀	*	1 ώρα 30	24ωρη μ.τ. 0.40	24ωρη μ.τ. 0.3	*
	ετήσια μ.τ. 100			ετήσια μ.τ. 0.14	ετήσια μ.τ. 0.1	
	24ωρη μ.τ. 200					
Π.Ο.Υ	σύνολο	1 ώρα 200	1 ώρα 30	24ωρη μ.τ. 0.20	1 ώρα 0.190 έως 0.320	*
	σωματιδίων					
	ετήσια μ.τ. 60-90		8 ώρες 10	ετήσια μ.τ. 0.09		
	24ωρη μ.τ. 150-230					

3.2 Επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης

3.2.1 Μετρήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρώπη

Παρόλο που οι συγκεντρώσεις του όζοντος σε όλη την Ευρώπη είναι σήμερα χαμηλότερες από τις εξαιρετικά υψηλές τιμές που μετρήθηκαν το 2003, όταν οι συγκεντρώσεις στις

περισσότερες χώρες της Ευρώπης υπερέβησαν τα όρια ασφαλείας λόγω της υψηλής θερμοκρασίας για μακρές περιόδους, καθημερινά οι συγκεντρώσεις στο μεγαλύτερο μέρος της ηπειρωτικής Ευρώπης εξακολουθούν να υπερβαίνουν την τιμή στόχο. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού συχνά υπερβαίνουν την τιμή των $140 \mu\text{g} / \text{m}^3$, φτάνοντας τα $200 \mu\text{g} / \text{m}^3$ σε ορισμένες περιοχές. Η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτει ως οριακή τιμή για τη συγκέντρωση του όζοντος τα $120 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (8-ωρη μέση τιμή).

Ημερήσιες μέσες συγκεντρώσεις PM_{10} που υπερβαίνουν τα ευρωπαϊκά κριτήρια (η ημερήσια οριακή τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα $50 \mu\text{g} / \text{m}^3$ περισσότερες από 35 ημέρες ανά έτος) παρατηρούνται σε πολλές αγροτικές περιοχές. Σε περιοχές με αυξημένη κυκλοφορία οχημάτων η ημερήσια οριακή τιμή PM_{10} εμφανίζει υπέρβαση των ορίων ασφαλείας σε πολλές χώρες στη νότια Ευρώπη. Ετήσιοι μέσοι όροι PM_{10} πάνω από το Ευρωπαϊκό επίπεδο-στόχο ($40 \mu\text{g} / \text{m}^3$) έχουν επίσης παρατηρηθεί στις κυριότερες βιομηχανικές περιοχές της Ευρώπης.

Παράλληλα με τις υπερβάσεις των PM_{10} παρατηρούνται υπερβάσεις της ετήσιας τιμής – στόχου για το NO_2 σε όλη την Ευρώπη. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις SO_2 είναι σχετικά χαμηλές σε όλη την Ευρώπη και υπάρχουν μόνο περιορισμένες περιπτώσεις υπέρβασης των προτύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Παρά τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα με σχέδια δράσης που έχουν αναληφθεί σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, η τάση εξέλιξης των δεικτών ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι μεταβλητή με τη πάροδο του χρόνου.

Το ποσοστό του αστικού πληθυσμού που εκτίθεται σε συγκεντρώσεις SO_2 πάνω από τις οριακές τιμές (επιτρεπόμενη ανώτατη καθημερινή μέση τιμή $125 \mu\text{g} / \text{m}^3$ σε ένα μέγιστο χρονικό διάστημα 3 ημερών ανά έτος) μειώθηκε σε λιγότερο από 1% μεταξύ 1997 και 2006, μετά τη θέσπιση πολιτικών κατά την τελευταία δεκαετία (σχήμα 3.2). Οι συγκεντρώσεις του

NO₂ έχουν επίσης βελτιωθεί, αν και περίπου το 25% του αστικού πληθυσμού εξακολουθεί να ζει σε περιοχές με καθημερινή ή ετήσια μέση συγκέντρωση πάνω από το όριο. Με εξαίρεση το έτος 2003, όπου παρατηρήθηκαν εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος και το ποσοστό του αστικού πληθυσμού, που εκτέθηκε σε συγκέντρωση πάνω από την οριακή τιμή, ανήλθε στο 60%, το 25% του αστικού πληθυσμού εξακολουθεί να είναι εκτεθειμένο σε συγκεντρώσεις πάνω από τις οριακές τιμές. Για τα PM₁₀, ο αστικός πληθυσμός, που εκτέθηκε σε συγκεντρώσεις στον ατμοσφαιρικό αέρα πάνω από την οριακή τιμή που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση, κυμάνθηκε μεταξύ 23% και 45% κατά το χρονικό διάστημα 1997- 2004 χωρίς σαφή πτωτική τάση κατά την περίοδο αυτή.

Σχήμα 3.2 Ποσοστό αστικού πληθυσμού στην Ευρώπη που εκτίθεται σε συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων, οι οποίες υπερβαίνουν τα όρια – στόχους για την προστασία του περιβάλλοντος, μεταξύ των ετών 1997-2004. Τα όρια ορίζονται ως εξής: PM₁₀: Οριακή Μέση Τιμή 24ώρου: 50 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/24\text{h}$ (όχι περισσότερες από 35 ημέρες το χρόνο). NO₂: οριακή ετήσια μέση τιμή 40 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$. Όζον: οριακή τιμή 120 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/8\text{h}$ (όχι περισσότερες από 25 ημέρες ανά έτος, για 3 έτη), SO₂: οριακή τιμή 125 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/24\text{h}$ (όχι περισσότερες από 3 φορές το χρόνο). Πηγή προέλευσης: EEA. Air quality in Europe 1990–2004. European Environmental Agency report No 2/2007. Available at: <http://themes.eea.europa.eu>

Ο μακροχρόνιος μέσος όρος έκθεσης σε ένα ατμοσφαιρικό ρύπο είναι ιδιαίτερα σημαντικός όσον αφορά την ανάπτυξη χρόνιων προβλημάτων υγείας. Για το λόγο αυτό, οι χαμηλές ετήσιες μέσες συγκεντρώσεις ρύπων αποτελούν στόχο των πολιτικών προστασίας περιβάλλοντος. Την ευρωπαϊκή ετήσια οριακή τιμή μονάδας για τα PM_{10} (ετήσιος μέσος όρος $40 \mu g/m^3$) δεν φαίνεται να υπερβαίνουν πολλές χώρες το 2005, αν και με εξαίρεση την περίπτωση της Σκανδιναβίας, οι περισσότερες χώρες εξακολουθούν να υπερβαίνουν την τιμή - στόχο που προτείνεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (PM_{10} $20 \mu g/m^3$).

3.2.2 Μετρήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ελλάδα

Στην ηλεκτρονική υπηρεσία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος που λειτουργεί στη διεύθυνση <http://prtr.ec.europa.eu> αναφέρεται, όσον αφορά τη γεωγραφία των PM_{10} στη Γηραιά Ήπειρο, ότι το 8,5% του πληθυσμού της Ελλάδας εκτίθεται σε συγκεντρώσεις αιωρούμενων μικροσωματιδίων που υπερβαίνουν τα $45 \mu g/m^3$. Επιπλέον, το 35,4% του πληθυσμού ζει σε περιβάλλον με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται ανάμεσα στα 40 με $45 \mu g/m^3$. Αυτό σημαίνει ότι περίπου 4,8 εκατ. Έλληνες (43,9% των 11 εκατ.) αναπνέουν αέρα που περιέχει αιωρούμενα μικροσωματίδια πάνω από τον ευρωπαϊκό ετήσιο όριο, το οποίο έχει τεθεί στα $40 \mu g/m^3$. Αυτό είναι το μεγαλύτερο ποσοστό στην Ευρώπη των 27- την Ελλάδα ακολουθεί η Ρουμανία με 39% του πληθυσμού να αναπνέει «απαγορευμένο» αέρα. Χαρακτηριστικό πάντως είναι το γεγονός πως ο ευρωπαϊκός μέσος όρος των πολιτών που εκτίθεται σε υπερβάσεις ανώτατων επιτρεπόμενων τιμών αιωρούμενων μικροσωματιδίων είναι στο 9%, καθώς και το ότι ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας θέτει ως αποδεκτή τιμή τα $20 \mu g/m^3$ για την καλή διαβίωση των ανθρώπων. Στην Ευρώπη μόλις το 23% του πληθυσμού αναπνέει αέρα με μικρότερες συγκεντρώσεις από $20 \mu g/m^3$, ενώ το 66,7% αναπνέει ανάμεσα στα 20-40 $\mu g PM_{10}/m^3$.

Στην Ελλάδα, η ατμοσφαιρική ρύπανση εντείνεται τα τελευταία χρόνια λόγω της εκβιομηχάνισης και της αστικοποίησης. Κατά το παρελθόν είχαν διαπιστωθεί επικίνδυνες

συγκεντρώσεις οξειδίων του θείου και του αζώτου στους νομούς Κοζάνης, Φλώρινας και Αρκαδίας όπου λειτουργούν μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ, καθώς και στο λεκανοπέδιο της Αττικής, που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων. Σε πρόσφατη έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης εκτός από την Αθήνα, περιλαμβάνονται η Θεσσαλονίκη, το Ηράκλειο, η Λάρισα, ο Βόλος και η Πάτρα στις πόλεις με τους περισσότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους στην Ευρώπη.

Στη χώρα μας η συγκέντρωση των μικροσωματιδίων είναι διπλάσια ($44 \mu\text{g}/\text{m}^3$) από το μέγιστο όριο ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) που θέτει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Σαφώς πολύ καλύτερα επίπεδα από αυτά των αναπτυσσόμενων χωρών, όπως η Ινδία και η Κίνα, όπου η συγκέντρωση είναι 15πλάσια από το μέγιστο όριο, αλλά αρκετά χειρότερα από τα επίπεδα άλλων ευρωπαϊκών μεσογειακών χωρών, όπως για παράδειγμα η Ισπανία ($29 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ή η Πορτογαλία ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Σύμφωνα με στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, η Θεσσαλονίκη αναδεικνύεται στην πλέον επιβαρημένη ελληνική πόλη με συγκέντρωση $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, και ακολουθούν η Πάτρα ($44 \mu\text{g}/\text{m}^3$), η Λάρισα ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ο Βόλος ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και η Αθήνα ($41 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ενδεικτικά αναφέρονται οι συγκεντρώσεις στο Λονδίνο: $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, στη Μαδρίτη: $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, στη Στοκχόλμη: $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Δύο ακόμα ατμοσφαιρικοί ρύποι οι οποίοι είναι ιδιαίτερα «δημοφιλείς» στην Ελλάδα είναι το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου. Σε αυτούς τους ρύπους οφείλονται εν μέρει οι αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος, ενώ συνδέονται κατά κύριο λόγο με αναπνευστικές και καρδιακές ασθένειες. Όπως επισημαίνεται σε αναφορά του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος, οι Έλληνες παράγουν κατά κεφαλήν το περισσότερο διοξείδιο του θείου στην Ευρώπη των 15, εκπέμποντας 48,5 κιλά ετησίως έκαστος. Οι ειδικοί επισημαίνουν ότι για τη μεγάλη «παραγωγή» διοξειδίου του θείου στην Ελλάδα ευθύνονται κατά κύριο λόγο οι παλαιές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροπαραγωγή: το 93% των ποσοτήτων

του συγκεκριμένου αέριου ρύπου στη χώρα προέρχεται από τον τομέα της ενέργειας και μόλις το 5% από τις θαλάσσιες και αέριες μεταφορές.

3.3 Επιδράσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στην υγεία του ανθρώπου

Ένας μέσος ενήλικας με βάρος σώματος 70kg εισπνέει 20m³ ατμοσφαιρικού αέρα καθημερινά (Beme et al. 1998). Ομάδες ασθενών, όπως οι ασθματικοί, οι πάσχοντες από ατοπία, εμφύσημα και χρόνια βρογχίτιδα, οι στεφανιαίοι ασθενείς, οι ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη, και ειδικές ομάδες πληθυσμού, όπως οι έγκυες, οι ηλικιωμένοι και τα παιδιά είναι επιρρεπείς στις επιβλαβείς δράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (American Lung Association 2005).

Οι βλαβερές επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης στους ανθρώπους είναι ο βασικότερος λόγος των προσπαθειών που καταβάλλονται για την πλήρη κατανόηση και τον έλεγχο των πηγών εκπομπής των διαφόρων αερομεταφερόμενων ρύπων. Διακρίνουμε τις οξείες επιδράσεις, όπου οι ρύποι δρουν για μικρό χρονικό διάστημα και σε δόσεις σχετικά υψηλές, και τις χρόνιες επιδράσεις, όπου οι ρύποι δρουν σε μικρές δόσεις, ανεπαρκείς για να δημιουργήσουν μια άμεση δηλητηρίαση, αλλά με έναν επαναλαμβανόμενο τρόπο. Οι οξείες επιδράσεις προκαλούν συχνά το θάνατο και δημιουργούνται συνήθως σε εσωτερικούς χώρους ή έχουν σχέση με τοξικά αέρια τα οποία απελευθερώνονται σε εξαιρετικές περιστάσεις (π.χ. βιομηχανικά ατυχήματα).

Οι συνέπειες του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία του ανθρώπου είναι ποικίλες και κατανέμονται με τη μορφή πυραμίδας με βάση τη συχνότητα εμφάνισής τους και τη σοβαρότητα της κλινικής εικόνας (σχήμα 3.3). Η βαρύτητα τους κυμαίνεται από υποκλινικές αλλαγές στη φυσιολογία του οργανισμού μέχρι την εκδήλωση συμπτωματολογίας και σε περίπτωση μη αναστρέψιμων επιδράσεων πρόωρους θανάτους.

Σχήμα 3.3 Πυραμίδα επιδράσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον άνθρωπο (World Health Organization. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02. Available at: http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)

3.3.1 Ευπάθεια πληθυσμιακών ομάδων στην ατμοσφαιρική ρύπανση

Μια σειρά παραγόντων ευνοούν την ευπάθεια συγκεκριμένων ομάδων του πληθυσμού στην επιβλαβή για την υγεία δράση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης:

- Κατά γενικό κανόνα, τα παιδιά επηρεάζονται περισσότερο λόγω του σχετικά δυναμικότερου αερισμού και μεταβολισμού τους κατά τη διάρκεια της παιδικής και εφηβικής ηλικίας. Ωστόσο, όλα τα παιδιά δεν πλήττονται εξίσου το ίδιο.
- Προϋπάρχουσες ασθένειες μπορεί να εντείνουν την ευπάθεια. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές για τις οξείες επιπτώσεις της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα: η ατμοσφαιρική ρύπανση

μπορεί να προκαλέσει εξάρσεις σε ασθενείς με άσθμα ή χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ). Τα άτομα με καρδιακή νόσο ή αθηροσκλήρωση μπορεί να υποστούν καρδιακή προσβολή ή εγκεφαλικό επεισόδιο μετά από έκθεση σε ατμοσφαιρική ρύπανση. Μερικές μελέτες έχουν δείξει ότι οι διαβητικοί επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από τις οξείες καρδιαγγειακές επιδράσεις της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα.

- Η πρόσληψη αντιοξειδωτικών ουσιών δρα προστατευτικά: τα παιδιά με υψηλότερη πρόσληψη αντιοξειδωτικών φαίνεται να προστατεύονται καλύτερα από τα οξειδωτικά αποτελέσματα του όζοντος και άλλων ρύπων του περιβάλλοντος.

3.3.2 Διεισδυτικότητα των ατμοσφαιρικών ρύπων στον οργανισμό

Η διείσδυση των ρύπων στο αναπνευστικό σύστημα εξαρτάται από το είδος των ρύπων (σχήμα 3.3.2) και ενδέχεται τελικά να επιφέρει ειδικές επιδράσεις στην υγεία (πίνακας 3.3.2). Η απορρόφηση του εισπνεόμενου αερίου συνδέεται με τη διαλυτότητά του στο νερό. Όσο λιγότερο διαλυτό στο νερό το αέριο, τόσο πιο βαθιά θα διεισδύσει στο αναπνευστικό δένδρο. Έτσι το διοξείδιο του θείου κατά κύριο λόγο απορροφάται στους αεραγωγούς, ενώ το όζον και το διοξείδιο του αζώτου διασπείρεται στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα και διεισδύει στις κυψελίδες. Το βάθος διείσδυσης των σωματιδίων εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων. Σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη των 10 μm φυλάσσονται στο υγρό περιβάλλον του στόματος και της μύτης, τα μικρότερα σωματίδια διαχέονται στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα, ενώ σωματίδια μικρότερα από 2-3 μm εισάγονται στις κυψελίδες. Το οξειδωτικό στρες προτείνεται ως ο κύριος μηχανισμός που οδηγεί σε τοπική και συστηματική φλεγμονή μετά την εισπνοή των ατμοσφαιρικών ρύπων. Ένα πρώτο βήμα μπορεί να είναι μέσω της αύξησης των ελευθέρων ριζών οξυγόνου στα κύτταρα του πνεύμονα μετά την επαφή με τον πυρήνα του άνθρακα στα εισπνεόμενα σωματίδια, ενώ τοξικές ουσίες, όπως θειικά άλατα, νιτρικά και μέταλλα απορροφώνται. Δείκτες για την τοπική φλεγμονή στους αεραγωγούς αποτελούν φλεγμονώδη κύτταρα, όπως τα

ουδετερόφιλα μακροφάγα σε πτύελα ή βρογχοκυψελιδικό έκπλυμα, οι συγκεντρώσεις πρωτεϊνών, όπως κυτταροκίνες, ιντερλευκίνες IL -6, IL -8, IL -10, μόρια προσκόλλησης των κυττάρων και ο TNF- α . Ένας μη επεμβατικός δείκτης φλεγμονής, ιδιαίτερα σε ασθματικούς που συνδέεται επίσης με τα επίπεδα της ρύπανσης, είναι το εκπνεόμενο μονοξείδιο του αζώτου στην αναπνοή. Τοπικές φλεγμονές μπορεί να είναι ο λόγος για υπεραντιδραστικότητα των αεραγωγών, όπως φαίνεται στις κλινικές μελέτες για αρκετούς ρύπους. Σε ασθματικούς ασθενείς, η επιδείνωση της φλεγμονής μπορεί να αυξήσει την αντιδραστικότητα των αεραγωγών σε αλλεργιογόνα. Αυτό έχει αποδειχθεί για το όζον και τα αιωρούμενα σωματίδια.

Η διάδοση της φλεγμονής στην κυκλοφορία του αίματος μπορεί να προκύψει μέσω της μεταφοράς των διαμεσολαβητών, κυτταροκινών και φλεγμονωδών κυττάρων μέσω του κυψελιδικού επιθηλίου στο αίμα. Τα αποτελέσματα μελετών σε ζώα έδειξαν ότι πολύ λεπτά σωματίδια εισέρχονται στην κυκλοφορία και μπορεί επίσης να προκαλούν φλεγμονή στον ιστό του ενδοθηλίου, αλλαγές των παραμέτρων πήξης και επιπτώσεις σε άλλα όργανα-στόχους άμεσα. Ο βαθμός στον οποίο τα σωματίδια μπορούν να διαπεράσουν όργανα, όπως το ήπαρ, η καρδιά ή ο εγκέφαλος, είναι υπό μελέτη.

Σχήμα 3.3.2 Η διεισδυτικότητα των εισπνεόμενων ρύπων στο αναπνευστικό σύστημα

Ρινική κοιλότητα, φάρυγγας : PM<30 μm
	Τραχεία, βρόγχοι, βρογχιόλια: PM <10 μm SO ₂ , NO ₂ , ozone
	Πνευμονικές κυψελίδες: PM <2–3 μm
	Πνευμονικό παρέγχυμα, αιματική κυκλοφορία: Ultrafine particles <0.1 μm

Πίνακας 3.3.2 Παθοφυσιολογικές διαταραχές στον οργανισμό εξαιτίας εισπνεόμενων ατμοσφαιρικών ρύπων.

Τραχεία, βρόγχοι	Ερεθισμός επιθηλίου, τοπική φλεγμονή, αλλαγή στη σύνθεση βλέννης, μετανάστευση φλεγμονωδών κυττάρων, διάχυση κυτταροκινών, βρογχόσπασμος.
Πνευμονικές κυψελίδες	Δυσλειτουργία κυττάρων ανοσοποιητικού συστήματος στη φαγοκυττάρωση μικροβίων, τοπική φλεγμονή, αλλαγή στη διαπερατότητα μεμβράνης, μεταφορά φλεγμονωδών πρωτεϊνών και ultrafine σωματιδίων στο πνευμονικό παρέγχυμα και την αιματική κυκλοφορία.
Κυκλοφορία αίματος	Φλεγμονή ενδοθηλίου, αθηρωμάτωση, προσκόλληση αιμοπεταλίων, θρόμβωση. Διαταραχή στη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος, αρρυθμίες.

Αιωρούμενα σωματίδια (PM)

Τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν άμεσες επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα και τη λειτουργία του, που αφορούν κυρίως την πρόκληση φλεγμονώδους αντίδρασης, την επιδείνωση των υφιστάμενων νόσων (π.χ. υπεραντιδραστικότητα) ή τη διαταραχή των μηχανισμών άμυνας. Εισπνεόμενα σωματίδια μπορεί να αυξήσουν έτσι την παραγωγή ειδικών ανοσοσφαιρινών, να μεταβάλλουν την αντιδραστικότητα των αεραγωγών σε αντιγόνα ή να επηρεάσουν την ικανότητα των πνευμόνων να αμύνονται έναντι βακτηρίων, γεγονός που υποδηλώνει ότι η έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη ευαισθησία σε μικροβιακές λοιμώξεις. Τα τελευταία χρόνια, διεξήχθησαν μελέτες για την κατανόηση της επίδρασης των αιωρούμενων σωματιδίων στο καρδιαγγειακό σύστημα. Βραχυπρόθεσμη έκθεση του ανθρώπου και πειραματοζώων σε συγκεντρώσεις σωματιδίων κοντά στο ανώτερο επιτρεπόμενο όριο έχει συσχετιστεί με στατιστικά σημαντική αλλαγή του καρδιακού ρυθμού, αρρυθμίες, και με μεταβολές της ροής στις βραχιόνιες αρτηρίες.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένα άοσμο, άχρωμο και άγευστο αέριο, που συνδέεται με την αιμοσφαιρίνη με συγγένεια 250 φορές μεγαλύτερη από αυτή του οξυγόνου, για την

παραγωγή καρβοξυαιμοσφαιρίνης (CO Hb). Η CO Hb είναι επίσης ένα ενδογενές προϊόν του μεταβολισμού, με τα επίπεδα του σε υγιή άτομα να κυμαίνονται έως 1,4%. Πυρετός ή ορισμένα φάρμακα μπορεί να αυξήσει αυτό το επίπεδο έως και 4%, ενώ το κάπνισμα αυξάνει τα επίπεδα της COHb με δόσοεξαρτώμενο τρόπο. Σε αντίθεση με άλλα αέρια, οι δυσμενείς επιπτώσεις της έκθεσης σε CO δεν σχετίζονται με πνευμονική βλάβη. Η COHb παρεμβαίνει στην ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο, με δυσμενείς επιπτώσεις κυρίως στον εγκέφαλο και την καρδιά. Σε κλινικές μελέτες, έκθεση σε χαμηλό επίπεδο CO προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία ανθρώπων με στεφανιαία νόσο κατά την άσκηση. Άλλες κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι η έκθεση σε CO μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο αιφνιδίου θανάτου από αρρυθμία.

Όζον (O₃)

Το όζον είναι ένα ιδιαίτερα δραστικό αέριο και με ισχυρή ερεθιστική οξειδωτική δράση στους αεραγωγούς. Αντιδρά με τα αντιοξειδωτικά στοιχεία του υπερκείμενου υγρού του αναπνευστικού επιθηλίου (κυρίως γλουταθειόνη, ασκορβικό οξύ, ουρικό οξύ, λευκοματίνη και τοκοφερόλη) και μπορεί να οδηγήσει σε εξάντληση των αντιοξειδωτικών και ανισορροπία μεταξύ οξειδωτικών και αντιοξειδωτικών στο εξωκυττάριο υγρό και στα κύτταρα, φαινόμενο που αποκαλείται οξειδωτικό στρες. Αυτό οδηγεί σε οξείδωση και διαρθρωτικές αλλαγές σε μόρια και αντιδραστικά προϊόντα πρωτεϊνών και λιπιδίων. Αντιδράσεις ελευθέρων ριζών προκαλούν τον καταρράκτη της φλεγμονής στους αεραγωγούς, όπως αύξηση πολυμορφοπυρήνων, λευκοματίνης, ολικής πρωτεΐνης, κυτταροκινών (π.χ. η ιντερλευκίνη-6), LDH και MPO. Σε μελέτη (Horstman 1990) αποδείχτηκε σημαντική βλάβη στη λειτουργία των πνευμόνων μετά από βραχυχρόνια έκθεση σε όζον με επίπεδα μικρότερα των 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για διάρκεια έκθεσης 6,6 ωρών. Η πνευμονική αυτή δυσλειτουργία εκφράστηκε με συμπτώματα λόγω ενισχυμένης βρογχικής αντιδραστικότητας. Η σοβαρότητα της κλινικής εικόνας εξαρτάται από τη συγκέντρωση του όζοντος, τη διάρκεια

της έκθεσης και του ρυθμού αναπνοής ή της σωματικής άσκησης των ατόμων. Οι αλλαγές είναι αναστρέψιμες, αλλά μπορεί να διαρκέσουν έως και 24 ώρες μετά το τέλος της περιόδου έκθεσης.

Υπάρχει μια μεγάλη ατομική διακύμανση στην απάντηση στα επίπεδα του όζοντος, η οποία δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητή. Πολυμορφισμοί στα γονίδια κωδικοποίησης οξειδωτικών αμυντικών μηχανισμών (π.χ. glutathione-S transferase γονίδια, TNF-γονίδια) μπορεί να αυξάνουν την ευαισθησία του οργανισμού στο όζον, καθώς επίσης και μία προ-υπάρχουσα φλεγμονώδη νόσο των αεραγωγών, όπως άσθμα, διαταραχή του ανοσοποιητικού μηχανισμού και ταυτόχρονη έκθεση σε ρύπους ή άλλα αλλεργιογόνα.

Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) είναι ένα αέριο που εμφανίζεται καστανοκόκκινο και έχει μια ιδιάζουσα οσμή, όταν είναι παρόν σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από αρκετές εκατοντάδες μg/m³. Δεν αντιδρά με οργανικές ενώσεις στην επιφάνεια του αναπνευστικού επιθηλίου και εισέρχεται στην κυκλοφορία κυρίως ως νιτρώδες (NO₂⁻). Στα ζώα, η οξεία έκθεση σε NO₂ με συγκεντρώσεις ανάλογες του ατμοσφαιρικού αέρα σπάνια προκαλεί επιδράσεις στην υγεία. Χρόνια έκθεση (εβδομάδες ή και μήνες) σε χαμηλά επίπεδα NO₂ προκάλεσε ποικίλες επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένων των μεταβολών στο μεταβολισμό του πνεύμονα, της δομής και λειτουργίας, καθώς και φλεγμονή και αυξημένη ευαισθησία σε πνευμονικές λοιμώξεις.

Ελεγχόμενες μελέτες σε ανθρώπους που εκτέθηκαν σε διοξείδιο του αζώτου χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό του ορίου των 200 μg/m³ NO₂ ανά 1 ώρα από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Οι μελέτες αυτές δείχνουν τις επιπτώσεις στην υγεία ακόμη και σε επίπεδα χαμηλότερα του ορίου ασφαλείας, όσον αφορά ασθματικούς ασθενείς. Στους τελευταίους, συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου της τάξης των 380-560 μg/m³ για περιόδους μιας ώρας ή μεγαλύτερες μπορεί να ενισχύσουν το βρογχόσπασμο, την αντίδραση

σε αλλεργιογόνα και να μεταβάλουν την ανοσοποιητική ικανότητα του πνεύμονα, ενώ σε υγιείς ενήλικες, συγκεντρώσεις του NO₂ που υπερβαίνουν 1.880 µg/m³ (1,0 ppm) είναι δυνατόν να προκαλέσουν αλλαγές στην πνευμονικής λειτουργίας (US EPA Report No.EPA/600/8-91/049).

4.0 Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία

4.1 Επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα

Οι περισσότερες μελέτες για επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στην υγεία αναφέρονται σε αναπνευστικά προβλήματα. Πολλές από τις μελέτες αυτές αφορούν παιδιά και οι περισσότερες από αυτές έχουν συνδέσει υψηλότερα ποσοστά παροξύνσεων άσθματος και άλλα αναπνευστικά προβλήματα με υψηλά επίπεδα ρύπων, όπως σωματίδια, όζον, οξείδια θείου και αζώτου και μονοξείδιο του άνθρακα.

4.1.1 Επίπεδα ατμοσφαιρικών ρύπων και άσθμα στα παιδιά

Ο πίνακας 4.1.1 συνοψίζει χαρακτηριστικά 10 οικολογικών μελετών, στις οποίες υψηλότερα επίπεδα ρύπανσης (PM₁₀ και PM_{2.5}, O₃, CO, SO₂, NO₂) σχετίζονται με αύξηση συμπτωμάτων άσθματος, περισσότερες ιατρικές συμβουλές για κρίσεις άσθματος και / ή εισαγωγές σε νοσοκομείο.

Πίνακας 4.1.1 Επιδημιολογικές μελέτες συσχετίσεων μεταξύ της αύξησης των επιπέδων των ρύπων στην ατμόσφαιρα και των κρίσεων βρογχικού άσθματος

Μελέτη	Έκβαση	PM ₁₀ ή PM _{2.5}	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂
Barnett et al. (2005)	Νοσηλεία για πνευμ/κες παθήσεις	X				X
Buchdahl et al. (2000)	Επισκέψεις σε ΤΕΠ λόγω άσθματος/συριγμού		X			
Lee et al. (2002)	Νοσηλεία λόγω άσθματος	X		X	X	X
Lin et al. (2002)	Νοσηλεία λόγω άσθματος	X				
Linaker et al. (2000)	Επιδείνωση άσθματος μετά από λοίμωξη					X
Thompson and Patterson (2001)	Α.Α.Σ					
	Επισκέψεις σε ΤΕΠ λόγω άσθματος	X				X
Tolbert et al. (2000)	Επισκέψεις σε ΤΕΠ λόγω άσθματος	X	X			
White et al. (1994)	Επισκέψεις σε ΤΕΠ λόγω άσθματος		X			
Wong et al. (2001)	Νοσηλεία λόγω άσθματος		X	X		
Yu et al. (2000)	Επιδείνωση άσθματος	X		X		

X υποδηλώνει συσχέτιση στατιστικά σημαντική (p<0.05) με άσθμα.

Πολλοί από αυτούς τους ρύπους του αέρα μπορεί να επιδεινώσουν το άσθμα παιδικής ηλικίας ακόμη και σε συγκεντρώσεις που δεν ξεπερνούν τα όρια ασφαλείας. Τα όρια για τις εκπομπές CO και O₃ σπανίως υπερβαίνουν τα όρια ασφαλείας στις μελέτες που περιλαμβάνονται στον πίνακα 4.1.1. Οι μέσες συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM₁₀, SO₂, και O₃ ήταν μικρότερες από τα όρια US EPA σε όλες, πλην 2 από τις 8 μελέτες (Lee et al. 2002; Wong et al. 2001). Αυτό υποδηλώνει ότι τα PM₁₀, CO, O₃, NO₂, SO₂ μπορεί να επιδεινώσουν το άσθμα στα παιδιά ακόμη και σε κοινωνικά ανεκτά επίπεδα.

Μια μελέτη που διενεργήθηκε στη Χιλή διαπίστωσε μια σημαντική σχέση ανάμεσα σε υψηλότερα επίπεδα PM_{2.5} και κρίσεων βρογχόσπασμου σε βρέφη (Pino et al. 2004). Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του 1996 στους Ολυμπιακούς Αγώνες της Ατλάντα διαπίστωσε ότι η πρωινή κυκλοφορία οχημάτων μειώθηκε κατά 29% κατά την περίοδο αυτή, τα μέγιστα επίπεδα O₃ μειώθηκαν κατά 28% και οι ιατρικές επισκέψεις λόγω συμπτωμάτων άσθματος στα παιδιά μειώθηκαν κατά περίπου 40% (Freidman et al. 2001). Μια γαλλική μελέτη έδειξε ότι η αύξηση στα επίπεδα των PM₁₀, O₃ και SO₂ σχετίστηκαν με σημαντικά υψηλότερα ποσοστά παιδικού άσθματος και ρινίτιδας (Penard-Morand et al. 2005). PM₁₀, PM_{2.5}, διοξείδιο αζώτου, μονοξείδιο άνθρακα και όζον ευθύνονται για αύξηση συμπτωμάτων άσθματος, συνεπώς χρήση εισπνεόμενων βρογχοδιασταλτικών και κορτικοστεροειδών, και νοσηλείες για παρόξυνση άσθματος (Lee et al. 2002, Lin et al. 2003, Wong et al. 2001). Η ανάπτυξη του αναπνευστικού συστήματος αποδεικνύεται υπολειπόμενη όσον αφορά τους δείκτες FEV1 και MMEF σε παιδιά που κατοικούν σε απόσταση μικρότερη των 500μ. από αυτοκινητοδρόμους (Gauderman et al. 2007).

4.1.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση και επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα των ηλικιωμένων

Χαμηλή έως μέτρια αύξηση στα επίπεδα ρύπων μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλο βαθμό σε αύξηση των αναπνευστικών προβλημάτων στους ηλικιωμένους. Μια μελέτη που διεξήχθη

μεταξύ 1980-1995 στο Τόκιο και περιελάμβανε κατοίκους ηλικίας άνω των 65 ετών απέδειξε ότι η αύξηση των PM_{10} σχετιζόταν με σημαντικά υψηλότερα ποσοστά άσθματος και βρογχίτιδας ($p < 0.001$ και στις δύο περιπτώσεις) (Ye et al. 2001). Υψηλότερα επίπεδα $PM_{2.5}$ είχαν ως αποτέλεσμα αύξηση νοσηλείων για παρόξυνση ΧΑΠ σε ηλικιωμένα άτομα στο Βανκούβερ του Καναδά (Chen et al. 2004).

4.1.3 Η ατμοσφαιρική ρύπανση και άλλες επιπτώσεις στην υγεία.

Μια μελέτη στο Λος Άντζελες συσχέτισε τη συχνότητα βρογχίτιδας με τα επίπεδα PM_{10} (McConnell et al. 2003). Σε άλλη μελέτη, όπου καταγράφησαν 4 εκατομμύρια επισκέψεις στα επείγοντα νοσοκομείου της Ατλάντα διαπιστώθηκε ότι τα υψηλότερα επίπεδα PM_{10} , NO_2 και CO είχαν ως αποτέλεσμα σημαντικά υψηλότερα ποσοστά προσέλευσης στους χώρους υγείας λόγω λοιμώξεων του ανώτερου αναπνευστικού και ΧΑΠ (Peel et al. 2005). Μια αυστραλιανή μελέτη διαπίστωσε ότι τα υψηλότερα επίπεδα των PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 και SO_2 συνδέονται με σημαντικά υψηλότερα ποσοστά εισαγωγών στο νοσοκομείο για πνευμονία και οξεία βρογχίτιδα στην παιδική ηλικία (Barnett et al. 2005), ενώ υψηλά επίπεδα όζοντος συσχετίζονται με αυξημένη συχνότητα οξέων αναπνευστικών προβλημάτων (croup, βρογχιολίτιδες, πνευμονίες) σε παιδιά μικρότερα των 2 ετών (Burnet et al. 2001). Σημαντικά υψηλότερη συχνότητα χρόνιου βήχα και παραγωγής φλέγματος έχει βρεθεί σε παιδιά που εκτίθενται σε υψηλότερα επίπεδα O_3 (Romieu et al. 1997) και σε ενήλικες που εκτίθενται σε υψηλότερα επίπεδα PM_{10} (Zemp et al. 1999).

4.2 Καρδιαγγειακές επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ατμοσφαιρικοί ρύποι, όπως τα PM_{10} ή $PM_{2.5}$, O_3 , NO_2 , έχουν συνδεθεί με σημαντικά υψηλότερα ποσοστά καρδιακής νοσηρότητας και θνησιμότητας. Ο πίνακας 4.2 παραθέτει εννέα επιδημιολογικές μελέτες που έχουν εξετάσει τις συσχετίσεις μεταξύ της αύξησης των επιπέδων των ρύπων στην ατμόσφαιρα και τις καρδιακές παθήσεις.

Πίνακας 4.2 Επιδημιολογικές μελέτες συσχετίσεων μεταξύ της αύξησης των επιπέδων των ρύπων στην ατμόσφαιρα και των καρδιακών παθήσεων

Μελέτη	Έκβαση	PM ₁₀ ή PM _{2.5}	O ₃	CO	NO ₂
D'Ippoliti et al. (2003)	Ο.Ε.Μ	X		X	X
Peters et al. (2001a)	Ο.Ε.Μ	X		X	X
Ruidavets et al. (2005)	Ο.Ε.Μ-χωρίς προηγθέν ιστορικό		X		
Chen et al. (2005)	θανατηφόρο Ο.Ε.Μ	X (κυρίως γυναίκες)			
Metzger et al. (2004)	νοσηλεία λόγω Ο.Ε.Μ	X		X	X
Zanobetti and Schwartz (2005)	νοσηλεία λόγω Ο.Ε.Μ	X			
Pantazopoulou et al. (1995)	νοσηλεία λόγω Ο.Ε.Μ και πνευμ/κων αιτίων	X		X	X
Yang et al. (2004)	νοσηλεία λόγω Ο.Ε.Μ και πνευμ/κων αιτίων	X		X	X
Morris et al. (1995)	νοσηλεία λόγω Σ.Κ.Α.			X	

X υποδεικνύει ρύπανση με στατιστικά σημαντικά ($p < 0.05$) συχνότερες δυσμενείς επιρροές στην υγεία

Αποδείχτηκε ότι οι ατμοσφαιρικοί ρύποι μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιακών προβλημάτων, ακόμη και σε επίπεδα κάτω από τα όρια ασφαλείας που έθεσαν οργανισμοί, όπως US EPA ή ΠΟΥ. Για παράδειγμα, οι Peters et al. (2001a) διαπίστωσαν ότι τα υψηλότερα επίπεδα PM₁₀ συσχετίστηκαν με περισσότερα καρδιακά επεισόδια και εισαγωγές για νοσηλεία, ακόμη και αν η διάμεση τιμή και το 95% των επιπέδων PM₁₀ ήταν μόνο 19,4 και 37,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ αντίστοιχα.

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε κυκλοφοριακή ρύπανση μπορεί επίσης να προκαλέσει καρδιακά συμβάματα. Μια γερμανική μελέτη με 691 ασθενείς που εμφάνισαν μη θανατηφόρο καρδιακό επεισόδιο διαπίστωσε ότι ο κίνδυνος εμφράγματος του μυοκαρδίου ήταν 2,9 φορές μεγαλύτερος ($p < 0.0001$) μία ώρα μετά την έκθεση σε κυκλοφοριακή συμφόρηση σε σύγκριση με 6 ώρες μετά την τελευταία έκθεση στην κυκλοφορία (Peters et al. 2004). Τα οξέα στεφανιαία επεισόδια αποδεικνύεται μέσα από διεθνείς μελέτες να σχετίζονται θετικά με αιωρούμενα σωματίδια, CO και NO₂ (Yang et al. 2004, Peters et al. 2001a).

Η επίδραση των ατμοσφαιρικών ρύπων στην καρδιαγγειακή νόσο μπορεί να είναι ιδιαίτερα έντονη σε ορισμένους πληθυσμούς, όπως οι γυναίκες, οι διαβητικοί και οι ηλικιωμένοι. Σε

προοπτική μελέτη, που διήρκησε 22 έτη και συμπεριέλαβε 3.239 ενήλικες στην Καλιφόρνια διαπιστώθηκε ότι τα υψηλότερα επίπεδα PM_{10} ή $PM_{2.5}$ σχετίστηκαν με σημαντικά υψηλότερα ποσοστά θανατηφόρων στεφανιαίων επεισοδίων σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, αλλά ευρέθη μικρή συσχέτιση μεταξύ PM_{10} ή $PM_{2.5}$ και θανατηφόρων καρδιαγγειακών νοσημάτων σε άνδρες (Chen et al. 2005). Μια μελέτη σε τέσσερις πόλεις των ΗΠΑ διαπίστωσε ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις PM_{10} παρουσίασαν σημαντικά ισχυρότερη επίδραση στην αύξηση των εισαγωγών σε νοσοκομείο λόγω καρδιαγγειακής νόσου σε διαβητικούς σε σύγκριση με μη διαβητικά άτομα κάτω των 75 ετών (Zanobetti and Schwartz 2002). Παραδόξως, σε άτομα άνω των 75 ετών, η επίδραση στο καρδιαγγειακό σύστημα λόγω PM_{10} ήταν μικρότερη σε πάσχοντες από σακχαρώδη διαβήτη σε σύγκριση με μη διαβητικούς. Αύξηση στα επίπεδα των PM_{10} σε οκτώ κομητείες των ΗΠΑ συνδέθηκαν με υψηλότερα επίπεδα εισαγωγών λόγω καρδιαγγειακών νοσημάτων σε νοσοκομεία σε ασθενείς άνω των 65 ετών, αλλά όχι σε νεότερους ασθενείς (Schwartz 1999).

Μια μελέτη της Μασαχουσέτης σε 100 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε καρδιακή απινίδωση διαπίστωσε ότι οι καρδιακές αρρυθμίες ήταν συχνότερες σε υψηλότερα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης με NO_2 , CO και αιωρούμενα σωματίδια (Peters et al. 2000). Αυξήσεις στη συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα προκαλεί στατιστικά σημαντική αύξηση στη συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση σε 48 υγιείς ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας στο Σάο Πάολο (De Paula Santos et al. 2005).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο εγκεφαλικών επεισοδίων. Μελέτη στις ΗΠΑ διαπίστωσε ότι οι εισαγωγές για εγκεφαλικά επεισόδια και περιφερική αγγειακή νόσο (θρόμβωση, χολόλητα, ανεύρυσμα, αγγειίτιδα) αυξήθηκαν, όταν παρατηρήθηκαν υψηλότερα επίπεδα CO, $PM_{2.5}$ και NO_2 (Metzger et al. 2004). Μια μελέτη 19.005 θανάτων λόγω εγκεφαλικού επεισοδίου σε μια επταετή περίοδο στη Σεούλ της Νότιας Κορέας διαπίστωσε ότι υψηλότερα επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων και διοξειδίου του θείου

σχετίστηκαν με σημαντικά υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας από εγκεφαλικό επεισόδιο (Hong et al. 2002). Ωστόσο, μια μελέτη σε οκτώ ευρωπαϊκές πόλεις διαπίστωσε ότι τα αυξημένα επίπεδα των PM₁₀ είχαν μικρή επίδραση στην συχνότητα των εγκεφαλικών επεισοδίων (Le Tetre et al. 2002).

Η έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους του περιβάλλοντος μπορεί επίσης να έχει αρνητικές επιδράσεις στα αιμοφόρα αγγεία και το κυκλοφορικό αγγειακό σύστημα. Μια μελέτη από 798 ενήλικες ανθρώπους ηλικίας άνω των 40 ετών στο Λος Άντζελες απέδειξε ότι η έκθεση σε υψηλότερα επίπεδα PM_{2.5} συνδέεται με σημαντικά μεγαλύτερη πάχυνση του μέσου χιτώνα καρωτίδας, που αποτελεί δείκτη αθηρωμάτωσης (Kunzli et al. 2005). Η έκθεση του ανθρώπου στην ατμοσφαιρική ρύπανση έχει συνδεθεί με την αρτηριακή αγγειοσυστολή (Brook et al. 2002), αυξημένη γλοιότητα του πλάσματος (Peters et al. 1997) και αύξηση της C-αντιδρώσας πρωτεΐνης (Peters et al. 2001b).

4.3 Καρκίνος

Τέσσερις από τις πέντε μελέτες που έχουν διεξαχθεί στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ έχουν διαπιστώσει ότι η έκθεση σε υψηλότερες συγκεντρώσεις PM₁₀/PM_{2.5}, η κυκλοφορία των οχημάτων και το NO₂ συνδέονται με στατιστικά σημαντικά υψηλότερο κίνδυνο καρκίνου των πνευμόνων, ενώ η πέμπτη μελέτη έδειξε μια μη σημαντική αύξηση της συχνότητας καρκίνου του πνεύμονα (Vineis et al. 2004). Μια ανασκόπηση 24 δημοσιευμένων μελετών ανέδειξε ότι σημαντικά υψηλότερα ποσοστά καρκίνου (πνεύμονα, λάρυγγα, και non-Hogkins λεμφώματος) έχουν αναφερθεί σε 16 μελέτες ατόμων που κατοικούν κοντά σε αποτεφρωτήρες απορριμμάτων (Franchini et al. 2004).

Σχετικά λίγα επιδημιολογικά στοιχεία υπάρχουν να συνδέουν την έκθεση σε οργανικές χημικές ουσίες στον ατμοσφαιρικό αέρα με τον καρκίνο (Suh et al. 2004). Μία βρετανική εθνική μελέτη, κατά τη διάρκεια των ετών 1966 - 1980 ανέδειξε σημαντικά υψηλότερα ποσοστά θανάτου από καρκίνο για τα παιδιά που ζουν σε απόσταση μικρότερη του ενός

χιλιομέτρου από περιοχές υψηλής βιομηχανικής εκπομπής PM_{10} , NO_2 , βενζολίου, διοξινών και 1,3 - βουταδιενίου (Knox 2005).

4.4 Θνησιμότητα

Πολυάριθμες μελέτες έχουν συνδέσει την έκθεση σε υψηλότερα επίπεδα ρύπανσης με σημαντικά υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας (Brunekreef and Holgate 2002). Δύο μεγάλες μελέτες συσχέτισης ρύπανσης και νοσηρότητας/ θνητότητας διεξήχθησαν μεταξύ 43 εκατομμυρίων κατοίκων Ευρωπαϊκών πόλεων και 50 εκατομμυρίων κατοίκων σε πόλεις των ΗΠΑ (Katsouyanni et al. 2001; Atkinson et al. 2001; Samet et al. 2000; Zanobetti et al. 2000). Για κάθε αύξηση κατά $10 \mu g/m^3$ των PM_{10} , παρατηρήθηκε αύξηση της θνησιμότητας κατά περίπου 0,6% στην ευρωπαϊκή μελέτη και 0,5% στην αμερικανική μελέτη. Επιπλέον, κάθε αύξηση των PM_{10} κατά $10 \mu g/m^3$ είχε ως αποτέλεσμα στατιστικά σημαντική αύξηση των εισαγωγών στο νοσοκομείο για χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) της τάξεως του 1,0% (Ευρώπη) και 1,5% (ΗΠΑ) και στατιστικά σημαντική αύξηση των εισαγωγών για καρδιακές παθήσεις της τάξης του 0,5% (Ευρώπη) και 1,1% (ΗΠΑ).

Μια μελέτη από 14 μεγάλες πόλεις των ΗΠΑ μεταξύ 1986 - 1993 ανέφερε κατά 0,36% αύξηση της θνησιμότητας ανά $10 \mu g/m^3$ αύξηση των PM_{10} (Schwartz 2004). Μια κινεζική μελέτη με 61.000 θανάτους διαπίστωσε ότι τα υψηλότερα επίπεδα των PM_{10} , SO_2 και NO_2 αντιστοιχούσαν σε σημαντικά υψηλότερα ποσοστά θανάτου (Kan and Chen 2003).

Μια μετα-ανάλυση έδειξε ότι για κάθε αύξηση των PM_{10} κατά $10 \mu g/m^3$ παρατηρείται αύξηση κατά 5% του συνόλου των νεογνικών θανάτων και 22% αύξηση στη νεογνική θνησιμότητα λόγω αναπνευστικών αιτιών (Lacasana et al. 2005).

Έχει υπολογιστεί ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση παγκοσμίως είναι υπεύθυνη για 0,8 εκατομμύρια πρόωρους θανάτους ετησίως (1,2% του συνόλου των θανάτων), περιλαμβάνοντας το 5% των θανάτων από καρκίνο του αναπνευστικού, το 3% από

καρδιαγγειακές παθήσεις και το 1% λόγω οξέων λοιμώξεων του αναπνευστικού (Cohen et al. 2005).

4.5 Λοίμωξη

Πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι τα υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο λοιμώξεων του αναπνευστικού. Στο Εκουαδόρ, παιδιά που είχαν εκτεθεί σε υψηλότερα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα βρέθηκαν να έχουν σημαντικά μεγαλύτερη συχνότητα λοιμώξεων του αναπνευστικού (Estrella et al. 2005). Μελέτες στη Φινλανδία και τη Τουρκία έχουν αποδείξει ότι οι λοιμώξεις του αναπνευστικού στην παιδική ηλικία είναι περίπου δύο φορές συχνότερες σε πόλεις με υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε σύγκριση με λιγότερο μολυσμένες περιοχές (Jaakkola et al. 1991; Keles and Picali 1998). Υψηλά επίπεδα PM_{10} και O_3 έχουν συνδεθεί με σημαντικά υψηλότερα ποσοστά εισαγωγών σε νοσοκομεία λόγω πνευμονίας (Schwartz 1994; Ye et al. 2001). Επιπρόσθετα έχει βρεθεί ότι αύξηση στα επίπεδα των O_3 και SO_2 συνδέεται με αυξημένη συχνότητα εισαγωγών λόγω γρίπης (Martins et al. 2002).

4.6 Οικονομικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Το οικονομικό κόστος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι δύσκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια (Levy 2003). Η έκθεση σε διάφορους ρύπους του αέρα και των συνδυασμών των ατμοσφαιρικών ρύπων οδηγεί στη δημιουργία μεγάλων οικονομικών δαπανών από την αύξηση της θνησιμότητας, της νοσηρότητας και την αύξηση των απουσιών στην εργασία και την απώλεια της παραγωγικότητας.

Οι Kunzli et al. (2000) εκτιμούν ότι στη Γαλλία, την Ελβετία και την Αυστρία η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί ετησίως πάνω από 40.000 πρόωρους θανάτους, περισσότερες από 25.000 νέες περιπτώσεις βρογχίτιδας σε ενήλικες, περισσότερα από 290.000 επεισόδια βρογχίτιδας στην παιδική ηλικία, πάνω από 500.000 κρίσεις άσθματος και απώλεια πάνω από 16 εκατ. ανθρωπο/ημερών λόγω περιορισμένης δραστηριότητας. Οι

Wong et al. (2004) εκτιμούν ότι οι ΗΠΑ με βάση το πρόγραμμα τροποποιήσεων της Clean Air Act 1990 θα επιτύχουν ετήσια μείωση των δαπανών για την υγεία περίπου 10 δισ. δολλαρίων μέχρι το έτος 2010 και θα μειωθεί το κόστος από τη θνησιμότητα περίπου κατά 100 δισεκατομμύρια δολάρια. Επιπλέον, εκτιμάται ότι θα μειωθεί ο αριθμός των επισκέψεων κατά 40.000 ετησίως σε τμήματα επειγόντων περιστατικών λόγω κρίσεων άσθματος στην παιδική ηλικία και θα αποφευχθούν 20.000 σχολικές απουσίες στα παιδιά ηλικίας 6 έως 11 ετών (Wong et al. 2004).

5.0 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η βελτίωση της ποιότητας του αέρα μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους. Δραστικές, βιώσιμες λύσεις θα πρέπει να βασίζονται στην μείωση των εκπομπών των ρύπων που προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές. Εφόσον οι περισσότεροι ρύποι είναι προϊόντα καύσης, μια πρώτη προσέγγιση για τον έλεγχο των εκπομπών θα πρέπει να στοχεύει στην μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων. Για τον σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο γενικές προσεγγίσεις:

- η αποδοτικότερη χρησιμοποίηση της ενέργειας, και,
- η χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας και κυρίως ανανεώσιμων πηγών όπως είναι η γεωθερμία, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια.

Στην περίπτωση που συνεχίζεται σε ευρεία κλίμακα η χρήση ορυκτών καυσίμων, είναι απαραίτητη η εφαρμογή αντιρρυπαντικής τεχνολογίας για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών από τις υπάρχουσες πηγές. Παρουσιάζονται συνοπτικά κάποιες τεχνικές για τον έλεγχο των εκπομπών της βιομηχανίας και των αυτοκινήτων.

5.1 Έλεγχος των εκπομπών από τις βιομηχανίες

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των βιομηχανικών διεργασιών οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των εκπομπών της ρύπανσης, που προέρχεται από βιομηχανικές μονάδες,

καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αναγκών. Στις περισσότερες μονάδες μάλιστα, για τον αποτελεσματικότερο έλεγχο των εκπομπών, χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των τεχνικών αυτών.

Για τον περιορισμό των βιομηχανικών εκπομπών υπάρχουν τρεις γενικές προσεγγίσεις:

α. Αλλαγή ή βελτίωση του καυσίμου.

Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται η χρήση καυσίμου με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο (π.χ. χρήση diesel αντί για μαζούτ), η επεξεργασία του κάρβουνου για την απομάκρυνση μέρους του θείου, η χρήση φυσικού αερίου αντί πετρελαίου ή κάρβουνου κ.τ.λ. Η αλλαγή του καυσίμου μπορεί να μειώσει τις εκπομπές των ενώσεων του θείου κατά 30-90%.

β. Έλεγχος των εκπομπών κατά το στάδιο της καύσης.

Παράδειγμα τεχνικής που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των εκπομπών των οξειδίων του θείου αποτελεί η *καύση σε ρευστοποιημένα στρώματα*. Οι βιομηχανικοί καυστήρες αυτής της μορφής λειτουργούν με ένα διαφορετικό τρόπο από τους συνηθισμένους. Αέρας με υψηλές ταχύτητες διαπερνά το στρώμα που περιέχει, εκτός των άλλων, το καύσιμο που πρέπει να αποθειωθεί και τον ασβεστόλιθο που θα απορροφήσει το θείο. Το σύστημα συμπεριφέρεται σαν υγρό που βράζει, καθώς φυσαλίδες ανεβαίνουν διαπερνώντας το στρώμα. Το διοξείδιο του θείου αντιδρά με τον ασβεστόλιθο και δίνει θειικά άλατα.

Η χαμηλότερη παραγωγή NO_x μπορεί να επιτευχθεί με τροποποίηση είτε της αναλογίας αέρα- καυσίμου είτε της θερμοκρασίας καύσης. Παραδείγματα τέτοιων τεχνικών αποτελούν ο συγχρονισμός μίξης καυσίμου-αέρα, η επανακυκλοφορία των αερίων της καύσης, ο διαρκής έλεγχος του διαθέσιμου για καύση οξυγόνου, ο ψεκασμός νερού ή εισαγωγή ατμού στον καυστήρα κλπ.

γ. Έλεγχος εκπομπών μετά την καύση.

Σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός από συσκευές συλλογής των σωματιδίων και συσκευών αποθείωσης. Για παράδειγμα ο έλεγχος των

σωματιδίων μπορεί να επιτευχθεί είτε με την χρήση *κυκλωνικών συλλεκτών* (φυγόκεντρες διατάξεις οι οποίες είναι ιδιαίτερα αποδοτικές για μεγάλα σωματίδια) είτε με *ηλεκτροστατική κατακρήμνιση* (τα σωματίδια ηλεκτρίζονται και συλλέγονται σε αντίθετα φορτισμένες πλάκες). Επίσης, μια από τις πιο αξιόπιστες και αποδοτικές μεθόδους συλλογής σωματιδίων μικρής διαμέτρου είναι τα *φίλτρα*. Μερικές εκατοντάδες ή και μερικές χιλιάδες φίλτρα, βρίσκονται συγκεντρωμένα σε μια μεγάλη «σακούλα». Τα σωματίδια κινούνται ανάμεσα στα φίλτρα και προσκολλούνται σ' αυτά. Τα φίλτρα είναι πολύ αποδοτικά, έχουν όμως ορισμένα μειονεκτήματα, όπως υψηλό κόστος, κίνδυνο ανάφλεξης για ορισμένους τύπους σκόνης, υψηλές απαιτήσεις σε διαθέσιμο χώρο και περιορισμούς όσον αφορά τη θερμοκρασία. Ο μέσος χρόνος ζωής ενός τέτοιου συστήματος είναι περίπου 18 μήνες.

Τέλος για την αποθείωση των βιομηχανικών αερολυμάτων χρησιμοποιούνται τόσο υγρές όσο και ξηρές τεχνικές, ανάλογα με την φάση στην οποία γίνεται η κύρια αντίδραση. Σε μερικά συστήματα χρησιμοποιούνται δαπανηρά υλικά τα οποία επαναχρησιμοποιούνται με κατάλληλη επεξεργασία, ενώ στα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν οικονομικότερα υλικά μιας χρήσης (π.χ. ασβεστόλιθο). Μειονέκτημα της δεύτερης μεθόδου αποτελεί η ανάγκη για διάθεση των αποβλήτων που παράγονται σε μεγάλες ποσότητες.

5.2 Χρήση καταλυτών στα αυτοκίνητα

Το μεγαλύτερο ποσοστό ρύπων, που εκπέμπει ένα αυτοκίνητο, προέρχεται από την εξάτμισή του. Έτσι, οι προσπάθειες βελτίωσης της ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές εστιάζονται ακριβώς στον έλεγχο αυτών των εκπομπών. Μια από τις σημαντικότερες μεθόδους αντιρρύπανσης είναι η χρήση του καταλυτικού μετατροπέα, ο οποίος είναι μια συσκευή η οποία τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων των αυτοκινήτων με στόχο την μετατροπή των εκπεμπόμενων ρύπων σε αβλαβή για την υγεία καυσαέρια, όπως είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Από δημοσιευμένες μελέτες παγκοσμίως προκύπτει ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση, μέσω του οξειδωτικού stress, επιδρά δυσμενώς στον ανθρώπινο οργανισμό. Ως ιδιαίτερα ευπαθείς ομάδες παρουσιάζονται τα βρέφη, τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και ειδικές κατηγορίες ασθενών, όπως οι ασθματικοί, οι ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και στεφανιαία ανεπάρκεια.

Όσον αφορά τη χώρα μας δεν υπάρχουν πολλά βιβλιογραφικά δεδομένα για τη συσχέτιση των ρύπων με τη νοσηρότητα και θνησιμότητα πληθυσμών. Παρουσιάζονται μελέτες καταγραφής των επιπέδων ρύπων σε μεγάλα αστικά κέντρα, ωστόσο αυτές αφορούν μικρές χρονικές περιόδους (Priftis et al. 2007). Παρόλα αυτά οι προηγούμενες μελέτες αναδεικνύουν ένα μέρος του προβλήματος. Στη μελέτη που διεξήχθη στο λεκανοπέδιο της Αθήνας από την επιστημονική ομάδα του Παιδιατρικού Νοσοκομείου Πεντέλης (Priftis et al. 2007), αναδεικνύεται η θετική συσχέτιση NO₂ και SO₂ με μείωση των FVC% και FEF50% σε σπυρομετρήσεις παιδιών αστικών περιοχών και η συσχέτιση περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως η υψηλή υγρασία και η χαμηλή θερμοκρασία, με τη συχνότητα παροξύνσεων βρογχικού άσθματος στον παιδικό πληθυσμό.

Η παρούσα μελέτη ασχολείται με τη διερεύνηση της πιθανής συσχέτισης του φορτίου νοσηρότητας, αλλά και του δείκτη θνησιμότητας, παθήσεων του αναπνευστικού και καρδιαγγειακού συστήματος, σε παιδιά και ενήλικες με τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή. Σε αντίθεση με προηγούμενες ελληνικές μελέτες, είναι η μοναδική που αφορά ημιαστική περιοχή και μια επταετή χρονική περίοδο. Μελετήθηκε η πιθανότητα επίδρασης των ατμοσφαιρικών ρύπων στη συχνότητα πνευμονολογικών και καρδιαγγειακών παθήσεων που χρήζουν νοσοκομειακής περίθαλψης σε όλο το ηλικιακό φάσμα. Επιπρόσθετα, εκτιμήθηκε ο βαθμός επίδρασης των αέριων ρυπαντών σε παθήσεις αναπνευστικού και καρδιαγγειακού συστήματος με θανατηφόρο έκβαση.

2. ΥΛΙΚΟ - ΜΕΘΟΔΟΣ

2.α ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Πρόκειται για αναδρομική μελέτη, που αναφέρεται στη χρονική περίοδο 1^η Ιανουαρίου 2001-31^η Δεκεμβρίου 2007. Αφορά στον πληθυσμό ανθρώπων, όλων των ηλικιών και των δύο φύλων, που νοσηλεύτηκαν στο Γενικό Νομαρχιακό Νοσοκομείο του Βόλου εξαιτίας παθήσεων του αναπνευστικού και του καρδιαγγειακού συστήματος ή απεβίωσαν την ίδια χρονική περίοδο εξαιτίας αναλόγων πνευμονολογικών και καρδιαγγειακών παθήσεων και οι θάνατοι δηλώθηκαν στο Ληξιαρχείο του Βόλου.

2.β ΤΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η πόλη του Βόλου ανήκει στις έξι μεγαλύτερες πόλεις του ελληνικού χώρου (πέμπτη στη σειρά) και αποτελεί ένα ευρύτερο Πολεοδομικό Συγκρότημα, που περιλαμβάνει τους Δήμους Βόλου, Νέα Ιωνίας, Αισωνίας και Ιωλκού. Ο μόνιμος πληθυσμός του Πολεοδομικού Συγκροτήματος της πόλης του Βόλου, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, ανέρχεται σε 118.000 κατοίκους, ενώ η πληθυσμιακή πυκνότητα υπολογίζεται σε 1.297 κατοίκους/km². Ο Βόλος αποτελεί την πρωτεύουσα του Νομού Μαγνησίας, με πληθυσμό που ανέρχεται στις 205.000 κατοίκους και το 60% αυτών κατοικεί στην πόλη του Βόλου. Τοποθετείται γεωγραφικά στην περιοχή της κεντρικής Ελλάδας, χτισμένη στο μυχό του Παγασητικού κόλπου, κοντά στη θέση της αρχαίας Ιωλκού στους πρόποδες του Πηλίου. Χαρακτηρίζεται από έντονες αστικές λειτουργίες, μια σημαντική παρουσία της βιομηχανίας και του τουρισμού, αλλά και από ένα αξιοσημείωτο αριθμό νέων ανθρώπων, κυρίως λόγω της ύπαρξης της πλειονότητας των τμημάτων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η πόλη του Βόλου διαθέτει ένα και μόνο νοσοκομείο, το Γενικό Νομαρχιακό Νοσοκομείο «Αχιλλοπούλειο». Είναι το μοναδικό νοσοκομείο στο Νομό Μαγνησίας, και συνεπώς το μόνο κέντρο τριτοβάθμιας ιατρικής περίθαλψης, όπου είναι δυνατόν να νοσηλευτούν ασθενείς από το πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου, αλλά και ολόκληρο το νομό. Ωστόσο το μεγαλύτερο

μέρος του πληθυσμού της Μαγνησίας συγκεντρώνεται στο πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου και αυτό επιβεβαιώνεται από το 60,1% που καταλαμβάνει ο Βόλος σε σχέση με το νομό. Συνεπώς η κίνηση των νοσηλευόμενων ασθενών στο Νοσοκομείο Βόλου αντιπροσωπεύει στατιστικά και το ποσοστό νοσηρότητας των Δημοτών Βόλου και γειτονικών ημιαστικών περιοχών. Ο δήμος Βόλου διαθέτει ένα Ληξιαρχείο, στο οποίο δηλώνονται με κατάθεση των πιστοποιητικών θανάτου οι θανόντες δημότες Βόλου.

2.γ ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΝΟΣΗΡΟΤΗΤΑΣ

Από την ηλεκτρονική βάση δεδομένων νοσηλευόμενων ασθενών του Γενικού Νοσοκομείου Βόλου έγινε καταγραφή των εισαγωγών και νοσηλείων ασθενών στην Παιδιατρική και Παθολογική κλινική, τη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας και τη Στεφανιαία Μονάδα, για τη χρονική περίοδο που μελετούμε και με τις ακόλουθες διαγνώσεις εξόδου:

- Παρόξυνση Χρόνιας Αποφρακτικής Πνευμονοπάθειας (Χρόνια Βρογχίτιδα και Εμφύσημα)
- Παρόξυνση Άσθματος
- Οξεία βρογχιολίτιδα - Οξεία βρογχίτιδα - Πνευμονία
- Οξύ Στεφανιαίο Σύνδρομο
- Οξύ Πνευμονικό Οίδημα
- Καρκίνος πνεύμονα
- Άλλο πνευμονολογικό πρόβλημα
- Άλλο καρδιαγγειακό πρόβλημα
- Καρδιοαναπνευστική ανεπάρκεια

Η συλλογή των δεδομένων έγινε με βάση τη διάγνωση εξόδου, έτσι ώστε να έχει διευκρινιστεί μετά από κλινικοεργαστηριακό έλεγχο η συγκεκριμένη νόσος για την οποία εισήχθη ο ασθενής στο νοσοκομείο. Η νόσος καταγράφηκε με βάση Διεθνές Σύστημα Ταξινόμησης (ICD-10) (World Health Organization, Version for 2007) και εντάχθηκε σε

κατηγορίες νοσημάτων. Σε μια πρώτη φάση, βάση των προαναφερόμενων αιτιών νοσηλείας, η νοσηρότητα εκτιμήθηκε ξεχωριστά για τα παιδιά και για τους ενήλικους, ενώ σε δεύτερη φάση δημιουργήθηκαν για τις δύο ομάδες πληθυσμού, συγκεντρωτικές μεταβλητές που αφορούν τη συνολική νοσηρότητα, τους νοσηλευόμενους ασθενείς για πνευμονολογικούς λόγους, και τέλος τους ασθενείς με καρδιακά προβλήματα. Η κάθε νοσηλεία καταγράφηκε μεμονωμένα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη αν ο ίδιος ασθενής έχει νοσηλευτεί περισσότερες από μία φορές. Στην παιδιατρική κλινική με βάση τη νοσοκομειακή πολιτική στην Ελλάδα νοσηλεύονται ασθενείς μέχρι την ηλικία των 14 ετών. Ασθενείς μεγαλύτεροι των 14 ετών νοσηλεύονται στην παθολογική κλινική ως ενήλικες.

Επεξεργασία δεδομένων

Η κατηγοριοποίηση βασίστηκε σε κωδικούς για τις αιτίες νοσηλείας και είναι οι ακόλουθοι ($i = 1 \dots 9$).

Κωδικός	Αιτία Νοσηλείας - Κατηγορίες Νοσημάτων
1N	ΧΑΠ
2N	ΑΣΘΜΑ
3N	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
4N	ΟΞΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ
5N	ΟΞΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟ ΟΙΔΗΜΑ
6N	ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΠΝΕΥΜΟΝΑ
7N	ΆΛΛΟ ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΟ
8N	ΆΛΛΟ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟ
9N	ΚΑΡΔΙΟΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

2.8 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Από τα αρχεία των Ληξιαρχικών Πράξεων Θανάτου στο Ληξιαρχείο του Δήμου Βόλου έγινε καταγραφή του αριθμού των θανάτων, που επήλθαν την περίοδο 2001-2007 εξαιτίας των κάτωθι νόσων (όπως αυτές αναγράφονται ως αιτίες θανάτου στα πιστοποιητικά) :

- Παρόξυνση Χρόνιας Αποφρακτικής Πνευμονοπάθειας
- Παρόξυνση Άσθματος
- Πνευμονία
- Λοίμωξη Αναπνευστικού Συστήματος
- Καρκίνος Πνεύμονα
- Οξύ Στεφανιαίο Σύνδρομο
- Οξύ Πνευμονικό Οίδημα
- Καρδιοαναπνευστική Ανεπάρκεια
- Άλλο πνευμονολογικό πρόβλημα
- Άλλο καρδιαγγειακό πρόβλημα

Επεξεργασία δεδομένων

Η θνησιμότητα εξετάζεται συνολικά χωρίς διάκριση μεταξύ ενήλικων και ανήλικων και σε πρώτη φάση, κατηγοριοποιήθηκε ανάλογα με 17 διαφορετικές αιτίες θανάτου. Οι κωδικοί για τις αιτίες θανάτου ήταν οι ακόλουθοι ($i = 1 \dots 11$). Στη συνέχεια κατά την επιπλέον επεξεργασία των δεδομένων δημιουργήθηκαν συγκεντρωτικές μεταβλητές όπως και στην περίπτωση της νοσηρότητας.

Κωδικός	Αιτία θανάτου
1Θ	ΧΑΠ
2Θ	ΑΣΘΜΑ
3Θ	ΠΝΕΥΜΟΝΙΑ
4Θ	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
4ΑΘ	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ
4ΒΘ	ΛΟΙΜΩΞΗ ΚΑΤΩΤΕΡΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ
5Θ	ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΠΝΕΥΜΟΝΑ
6Θ	ΟΞΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ
7Θ	ΟΞΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟ ΟΙΔΗΜΑ (ΟΠΟ)
7ΑΘ	ΟΠΟ ΜΗ ΚΑΡΔΙΟΓΕΝΕΣ
7ΒΘ	ΟΠΟ ΚΑΡΔΙΟΓΕΝΕΣ
8Θ	ΆΛΛΟ ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΟ
9Θ	ΆΛΛΟ ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΚΟ
10Θ	ΑΝΑΚΟΠΗ
11Θ	ΚΑΡΔΙΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ
11ΑΘ	ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ
11ΒΘ	ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

2.ε ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σε προκαταρκτική φάση για την επεξεργασία των δεδομένων απαιτήθηκε η δημιουργία μίας συνολικής στατιστικής βάσης δεδομένων, η οποία να καλύπτει όλη την εξεταζόμενη περίοδο από 1^η Ιανουάριου 2001 έως και 31 Δεκεμβρίου 2007, δηλαδή 2.556 ημερήσιες παρατηρήσεις κατά τρόπο ομοιογενή.

Στη Βάση Δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν 55 μεταβλητές οι οποίες αφορούν τις 4 παρακάτω ενότητες πληροφοριών:

Ενότητα	Περιγραφή μεταβλητών	Ονομασία	Αριθμός μεταβλητών
1	Χρονικές μεταβλητές (έτος, μήνα, ημέρα)		6
2	Αριθμός νοσηλειών κατά βασική αιτία <ul style="list-style-type: none"> - Αριθμός νοσηλειών παιδιών κατά αίτια - Σύνολο νοσηλειών παιδιών - Αριθμός νοσηλειών ενηλίκων κατά αίτια - Σύνολο νοσηλειών ενηλίκων - Συνολικός αριθμός νοσηλειών 	H_iN_E H_tot_E H_iN_A H_tot_A H_tot	16 4 1 9 1 1
3	Αριθμός καταγεγραμμένων θανάτων στο Ληξιαρχείο του Βόλου <ul style="list-style-type: none"> - Αριθμός θανάτων κατά αίτια - Συνολικός αριθμός θανάτων 	 D_i D_tot	18 17 1
4	Δείκτες ρύπανσης		15

Συνολικά δημιουργηθήκαν 42 δείκτες υγείας, οι οποίοι εκτιμηθήκαν για το σύνολο της εξεταζόμενης περιόδου:

- Δεκατρείς (13) βασικοί δείκτες νοσηλείας με βάση την αναλυτική κατηγοριοποίηση αιτιών, από τους οποίους οι 4 αφορούν τα παιδιά και οι 9 τους ενήλικους.
- Εννέα (9) συγκεντρωτικοί δείκτες με βάση τη 2^η ομαδοποίηση, δηλαδή τρεις ανά πληθυσμό αναφοράς (παιδιά, ενήλικοι και σύνολο ασθενείς).

- Δεκαεπτά (17) βασικοί δείκτες θνησιμότητας με βάση την αναλυτική κατηγοριοποίηση αιτίων θανάτου.
- Τρεις (3) συγκεντρωτικοί δείκτες με βάση τη 2^η ομαδοποίηση.

2.στ ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

2.στ.Ι Δίκτυο σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Τη χρονική περίοδο 2001 έως 2007 λειτούργησαν τρεις σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων στο Πολεοδομικό Συγκρότημα του Βόλου. Ο σταθμός μέτρησης NAM ευρίσκεται στην οδό Βασσάνη και ο σταθμός του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στα κτήρια του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, στο Πεδίο Άρεως. Ο κινητός σταθμός μέτρησης της ΔΕΥΑΜΒ μεταφέρεται ανά έτος σε διάφορα σημεία του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βόλου. Όλοι οι σταθμοί είναι αστικοί και τοποθετημένοι στο επίπεδο του πεζού (pedestrian level).

2.στ.ΙΙ Μετρούμενοι ρύποι

Οι βασικοί δείκτες ατμοσφαιρικών ρύπων που εξετάστηκαν αφορούν :

- στους κυριότερους πρωτογενείς ρύπους που προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO : mg/m^3), το μονοξείδιο του αζώτου (NO : $\mu\text{g}/\text{m}^3$), το διοξείδιο του θείου (SO_2 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- στους σημαντικότερους δευτερογενείς ρύπους οι οποίοι παράγονται μέσω διαφόρων χημικών αντιδράσεων από την ύπαρξη στην ατμόσφαιρα πρωτογενών ρύπων. Πρόκειται για το διοξείδιο του αζώτου (NO_2 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και το όζον (O_3 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- στα σωματίδια που έχουν διάμετρο μέχρι $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}), δεδομένου ότι η πολύ μικρή διάμετρός τους επιτρέπει την είσοδο τους στο αναπνευστικό σύστημα και πιο συγκεκριμένα τα PM_{10-c} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) και PM_{10-m} (μg).
- στους προαναφερμένους δείκτες, πρέπει να προσθέτουμε και τη μέση θερμοκρασία και το ποσοστό υγρασίας ανά μέρα.

Οι μετρούμενοι ρύποι για τους σταθμούς της NAM και της ΔΕΥΑΜΒ, καθώς και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται φαίνονται στους Πίνακες 2.1 και 2.2 αντίστοιχα.

Η μέτρηση των ρύπων στους σταθμούς γίνεται σε συνεχή βάση, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Ο χρόνος απόκρισης των αυτομάτων αναλυτών είναι της τάξης του ενός λεπτού, δηλαδή ο κάθε αναλυτής δίνει μια τιμή περίπου κάθε λεπτό. Με ένα μικροεπεξεργαστή, που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό και που είναι συνδεδεμένος με τους αυτόματους αναλυτές, υπολογίζονται κάθε ώρα οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης. Οι τιμές αυτές καταγράφονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή του αντίστοιχου φορέα λειτουργίας του σταθμού και με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής. Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (ΠΘ) καταγράφει μόνο σωματίδια PM_{10} . Το όργανο που χρησιμοποιείται είναι το DustTrak Model 8520. Οι μετρήσεις λαμβάνονται με συχνότητα δειγματοληψίας 1Hz και αποθηκεύονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή σαν μέσες τιμές 5λέπτου.

Ο Δήμος Βόλου (ΔΕΥΑΜΒ) ενημερώνει τη δικτυακή του ιστοσελίδα καθημερινά για τις ημερήσιες τιμές των ατμοσφαιρικών ρύπων, ενώ το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων (ΠΘ), έχει συνδεδεμένο το όργανο μέτρησης των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} online στην ηλεκτρονική του ιστοσελίδα http://www.mie.uth.gr/n_chart10p.asp, στην οποία δημοσιοποιούνται οι μετρήσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας σε πραγματικό χρόνο. Στο διάγραμμα της ιστοσελίδας απεικονίζεται, με αυτόματη ανανέωση κάθε 5 λεπτά, η ημερήσια διακύμανση των αιωρούμενων σωματιδίων στο Σταθμό Μέτρησης.

2.στ.ΙΙΙ Βαθμονόμηση αυτομάτων οργάνων

Η βαθμονόμηση περιλαμβάνει τον έλεγχο της καλής λειτουργίας των οργάνων και τη ρύθμισή τους. Η βαθμονόμηση βασίζεται στη διαβίβαση μέσω του οργάνου αερίου, με γνωστή συγκέντρωση του αντίστοιχου ρύπου. Η παρασκευή αυτή του πρότυπου αερίου, γίνεται με διάταξη δυναμικής αραίωσης, που συνδέεται αφενός με μία πηγή "καθαρού" αέρα

και αφετέρου με έναν κύλινδρο που περιέχει μίγμα του εν λόγω αερίου με άζωτο σε γνωστή πρότυπη συγκέντρωση. Ο "καθαρός αέρας", δηλαδή αέρας απαλλαγμένος από τους κύριους ρύπους, παράγεται διαβιβάζοντας αέρα μέσα από ειδικά φίλτρα συγκράτησης των ρύπων. Μεταβάλλοντας την παροχή του "καθαρού" αέρα και του αερίου της φιάλης είναι δυνατή η επίτευξη μιγμάτων αερίων που περιέχουν τον αντίστοιχο ρύπο σε γνωστές συγκεντρώσεις. Η διαδικασία αυτή της βαθμονόμησης γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα ή μετά τη συντήρηση ή επισκευή ενός αναλυτή.

2.στ .IV ΙΣΧΥΟΥΣΕΣ ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ (2007)

NO₂

Τα όρια αυτά ισχύουν έως 31.12.2009

Οριακή τιμή **200 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/\text{h}$**

Όριο συναγερμού **400 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/\text{h}$** . (επί 3 συνεχόμενες ώρες). (οδηγία 85/203/EOK)

SO₂

Οριακή τιμή **350 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/\text{h}$** (όχι περισσότερες από 24 φορές το χρόνο) και **125 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/24\text{h}$** (όχι περισσότερες από 3 φορές το χρόνο).

Όριο συναγερμού **500 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/\text{h}$** (επί 3 συνεχόμενες ώρες). (οδηγία EN 1999/30/EC)

CO

Δεν έχει θεσπιστεί όριο συναγερμού. Οριακή τιμή **10 $\text{mgr}/\text{m}^3/8\text{h}$** .

O₃

Οριακή τιμή **120 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/8\text{h}$** . Όριο ενημέρωσης κοινού **180 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/\text{h}$** .

Όριο συναγερμού **240 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/\text{h}$** (επί 3 συνεχόμενες ώρες).

PM₁₀

Οριακή Μέση Τιμή 24ώρου: **50 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/24\text{h}$** (όχι περισσότερες από 35 ημέρες το χρόνο).

Οριακή Μέση Τιμή Έτους: **40 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/\text{year}$** (EN 1999/30/EC).

Βενζόλιο

Οριακή Μέση Ετήσια Τιμή για το έτος 2007: 8 $\mu\text{gr}/\text{m}^3/\text{year}$ (EN 2000/69/EC).

3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Σκοπός της έρευνας είναι η συσχέτιση των παθήσεων του αναπνευστικού και καρδιαγγειακού συστήματος με τα επίπεδα αστικής ρύπανσης στο πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για την ανάλυση, μέσω χρονολογικών σειρών, της επίδρασης των ατμοσφαιρικών ρύπων στη νοσηρότητα και θνησιμότητα των καρδιοαναπνευστικών παθήσεων.

Σε μια πρώτη φάση, πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, έτσι ώστε να εμφανιστούν τα βασικά χαρακτηριστικά και τάσεις των δεικτών υγείας και ρύπανσης.

Σε μια δεύτερη φάση, εξετάστηκαν συστηματικά οι συσχετίσεις μηδέν βαθμού (zero order) μεταξύ κάθε δείκτη νοσηρότητας - θνησιμότητας και των ατμοσφαιρικών δεικτών, λαμβάνοντας υπόψη τρία επίπεδα υστέρησης (Lag) για τους τελευταίους, έτσι ώστε να διερευνηθεί η επιρροή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έως και τρεις μέρες πριν την καταγραφή των νοσηλειών και θανάτων.

Επιπλέον, δεδομένου ότι ο αριθμός νοσηλειών ανά ημέρα είναι αρκετά περιορισμένος, η ανάλυση αφορά αθροιστικά δεδομένα ανά 3 μέρες. Για κάθε περίοδο 3 ημερών, υπολογίσαμε το σύνολο των νοσηλειών ανά αίτια καθώς και τους μέσους όρους των δεικτών ρύπανσης ανά περίοδο.

Στη συνέχεια, δεδομένου ότι οι δείκτες ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο αυτοσυσχέτισης με αποτέλεσμα ορισμένοι δείκτες να εμφανίζουν αρνητικές συσχετίσεις, η ανάλυση επικεντρώθηκε στους μερικούς δείκτες συσχέτισης (partial), οι οποίοι, ως γνωστό είναι απαλλαγμένοι από την αλληλεξάρτηση των άλλων δεικτών ρύπανσης και ως εκ τούτου μετράνε την «καθαρή» επίπτωση ενός ρύπου στη νοσηρότητα και θνησιμότητα.

Τέλος, με τη χρήση παλινδρόμησης Poisson εκτιμήθηκε η επίδραση της σχετικής μεταβολής των σημαντικότερων ρύπων στις κύριες κατηγορίες νοσηρότητας και θνησιμότητας, υπολογίζοντας ταυτόχρονα και τα σχετικά διαστήματα εμπιστοσύνης. Η επιλογή των

ανεξάρτητων μεταβλητών για την εξειδίκευση του μοντέλου βασίστηκε στα αποτελέσματα της ανάλυσης των μερικών συντελεστών συσχέτισης, όπου φάνηκε ότι η αλληλεξάρτηση μεταξύ των εξεταζόμενων ρύπων οδήγησε στη μη στατιστική σημαντικότητα ορισμένων από αυτούς.

Οι επιλεγμένοι ρύποι εξετάσθηκαν από κοινού μέσω του συγκεκριμένου μοντέλου, το οποίο αποτελεί κατάλληλο εργαλείο, όταν η εξαρτημένη μεταβλητή εκφράζει αριθμό γεγονότων που καταγράφονται με βάση σταθερή μονάδα χρονικής μέτρησης. Η προσαρμογή του μοντέλου ελέγχεται με τη διαδικασία ελέγχου καλής προσαρμογής που εξετάζει το πηλίκο των τιμών των συναρτήσεων πιθανότητας (Likelihood ratio). Στατιστικά σημαντικά θεωρήθηκαν τα αποτελέσματα με $p < 0.05$.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Συνοπτικά αποτελέσματα – γενική αξιολόγηση δεδομένων

Οι πίνακες 4.1 , 4.2, 4.3 και 4.4 περιγράφουν τις βασικές στατιστικές για τις κύριες μεταβλητές που αφορούν τον αριθμό νοσηλείων και θανάτων ανά ημέρα, καθώς και τους δείκτες ρύπανσης. Στα διαγράμματα 1-8 διαφαίνεται η τάση διακύμανσης των επιπέδων των ρύπων κατά τη διάρκεια του χρόνου μελέτης. Η ανάλυση αφορά την περίοδο 1η Ιανουαρίου 2001 έως 31 Δεκεμβρίου 2007.

Για τις μεταβλητές νοσηλείας και θανάτου κατά αίτια δεν τίθεται θέμα διαθεσιμότητας δεδομένων. Επομένως, για το σύνολο των συγκεκριμένων μεταβλητών είναι καταγεγραμμένες 2.556 παρατηρήσεις.

Αντίθετα, όσον αφορά στους δείκτες ρύπανσης, η διαθέσιμη σειρά μετρήσεων είναι ελλιπής, ενώ ο βαθμός κάλυψης των μεταβλητών είναι ανομοιόμορφος. Παρατηρήθηκαν δύο μορφές έλλειψης δεδομένων με την έννοια ότι: α) ορισμένες ελλείψεις είναι σποραδικές (μια μέτρηση για ένα και μοναδικό δείκτη σε μια μέρα), ενώ β) άλλες είναι πιο τακτικές και αφορούν συνεχόμενες μέρες για το σύνολο ή τους περισσότερους δείκτες και επομένως, δεν υπάρχει

ασφαλής τρόπος αντικατάστασης των κενών αυτών. Ακολουθώντας τη διεθνή βιβλιογραφία (Luginaah et al. 2005) οι σποραδικές μη διαθέσιμες τιμές εκτιμήθηκαν ως μέσος όρος των 3 προηγούμενων και των 3 επομένων μερών, έτσι ώστε να μειωθεί το ποσοστό μη διαθέσιμων τιμών. Μετά από την συγκεκριμένη επεξεργασία, η διαθεσιμότητα των δεδομένων κυμαίνεται μεταξύ 81% και 93%, με αποτέλεσμα περίπου το 30% των ημερών να έχουν τουλάχιστον μια ελλιπή μέτρηση.

Το πρόβλημα αυτό είναι περισσότερο έντονο κατά τα δύο πρώτα έτη (2001 και 2002), ενώ μειώνεται σημαντικά κατά τα δύο τελευταία έτη (2006 και 2007). Αξίζει να σημειωθεί ότι, η μη διαθεσιμότητα δεδομένων είναι αρκετά υψηλή για το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), το διοξείδιο του θείου (SO₂) και τα σωματίδια (PM_{10-c}).

Παρατηρείται σημαντική μεταβλητότητα στις μετρήσεις, η οποία είναι ιδιαίτερα υψηλή για το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και για το διοξείδιο του θείου (SO₂). Από τον πίνακα 4.3 και με βάση τα όρια των ατμοσφαιρικών ρύπων που ισχύουν μέχρι τις 31/12/2009 (οδηγία EN 1999/30/EC) παρατηρούμε ότι υπερβάσεις ορίων αφορούν τα PM₁₀, NO₂ και SO₂.

Νοσηλείες

Αξίζει να σημειωθεί ότι, με βάση τα συλλεχθέντα δεδομένα (Πίνακας 4.5), ο μέσος αριθμός νοσηλειών ανά ημέρα τείνει μετά από το 2002 να μειώνεται. Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα 9α,β,γ, η τάση αυτή αφορά κατά κύριο λόγο τους ενηλίκους που παρουσιάζουν καρδιακά προβλήματα, ενώ ο αριθμός νοσηλειών για αναπνευστικούς λόγους δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές από το ένα έτος στο άλλο, με εξαίρεση το 2007 όπου παρατηρείται σημαντική μείωση. Για την περίοδο 2001-2006, έχουμε κατά μέσο όρο, πάνω από 4 εισαγωγές για πνευμονολογικούς λόγους (από τις οποίες 3 ενήλικοι), ενώ το 2007 ο αντίστοιχος δείκτης ανέρχεται σε 3,2 (με 2 ενηλίκους). Στα διαγράμματα 10α και 10β παρουσιάζεται η διακύμανση του ημερήσιου αριθμού νοσηλειών παιδιών και ενηλίκων

αντίστοιχα για κάθε αιτία ανά έτος. Συνοπτικά η περιγραφική ανάλυση έδειξε ότι κατά μέσο όρο η συνολική νοσηρότητα ανέρχεται περίπου σε 8 ασθενείς ανά ημέρα, που αντιστοιχεί περίπου σε 7 ενήλικους και ένα παιδί. Η διαχρονική εξέλιξη ανέδειξε μια τάση σχετικής μείωσης των εισαγωγών στο Γενικό Νοσοκομείο Βόλου μετά το 2002, όπου ο αριθμός νοσηλειών φτάνει τα 10 άτομα. Η μείωση αυτή είναι ιδιαίτερα έντονη το 2007 και οφείλεται κατά κύριο λόγο στη νοσηλεία για καρδιαγγειακές αιτίες και αφορά αποκλειστικά τους ενήλικους.

Θάνατοι

Όσον αφορά τα συγκεντρωτικά στοιχεία των θανάτων τη χρονική περίοδο 2001-2007, αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6. Η διακύμανση του δείκτη θνησιμότητας προβάλλεται στα διαγράμματα 11α, β, γ. Αξίζει να αναφερθεί ότι στο έτος 2003 ο ημερήσιος αριθμός θανάτων για πνευμονολογικές και καρδιολογικές αιτίες ήταν αυξημένος σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έτη.

Συσχετίσεις μεταξύ περιβαλλοντικών δεικτών

Η περαιτέρω ανάλυση των περιβαλλοντικών δεικτών αναδεικνύει σημαντικά επίπεδα συσχέτισης μεταξύ τους (πίνακας 4.7). Υψηλές συσχετίσεις παρουσιάζονται μεταξύ των PM_{10} , CO και NO_2 , γεγονός που συνηγορεί υπέρ της συνεργικής δράσης των αέριων ρυπαντών.

4.2. ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΚΑΙ ΝΟΣΗΛΕΙΩΝ-ΘΑΝΑΤΩΝ

Η στατιστική επεξεργασία επιβεβαίωσε ότι οι δείκτες παρουσιάζουν γενικά αδύνατους συντελεστές συσχέτισης. Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι υπάρχει συσχέτιση της νοσηρότητας και της θνησιμότητας με τους περισσότερους δείκτες ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όμως η ένταση της σχέσης φαίνεται αρκετά περιορισμένη.

Παράδειγμα, όπως προκύπτει από τον πίνακα 4.8, ο ημερήσιος δείκτης PM_{10} παρουσιάζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τον ημερήσιο αριθμό νοσηλειών στους ενήλικες, αλλά η μεγαλύτερη συσχέτιση που βρίσκεται είναι της τάξης του $r=0.261$ ($p<0.01$) για το έτος 2007. Ωστόσο, μέσω του υπολογισμού των μερικών συντελεστών συσχέτισης (partial correlation coefficients) μετρήσαμε την «καθαρή» επιρροή του κάθε δείκτη στον αριθμό νοσηλειών και θανάτων, απαλλαγμένη από την επίδραση των άλλων δεικτών ρύπανσης. Ο υπολογισμός των συντελεστών μερικής συσχέτισης αφορούσε 1.791 ημερήσιες παρατηρήσεις, όπου υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για τους εξεταζόμενους δείκτες. Εξετάσαμε επίσης την καθαρή επιρροή των δεικτών ρύπανσης εισάγοντας τρεις διαδοχικούς βαθμούς υστέρησης (Lag1 έως Lag3). Εξετάζοντας τα δεδομένα σε μια τριήμερη βάση, προκύπτουν πιο έντονες συσχετίσεις, ειδικά για τα μικρο-σωματίδια και τους δείκτες θερμοκρασίας και υγρασίας, που εμφανίζουν τις πιο ισχυρές σχέσεις τόσο με τη νοσηρότητα όσο και με τη θνησιμότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι για το έτος 2007 αναλύοντας τα δεδομένα σε τριήμερη βάση προκύπτει υψηλότερη συσχέτιση των PM_{10} με το σύνολο των νοσηλειών στους ενήλικες ($r=0.394$ $p<0.01$).

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στους πίνακες 4.9 (1-11). Όσον αφορά το γενικό σύνολο των νοσηλειών και το σύνολο των νοσηλειών για τους ενήλικες της περιόδου 2001-2007, παρατηρείται ασθενή θετική συσχέτιση στατιστικά σημαντική με τα επίπεδα των PM_{10} , NO_x και O_3 της ίδιας ημέρας και της προηγούμενης, και τα επίπεδα του CO των δύο προηγούμενων ημερών.

Ορισμένοι δείκτες εμφανίζουν συσχετίσεις στατιστικά σημαντικές ειδικά την ίδια ημέρα (Lag0) και την προηγούμενη (Lag1). Οι βαθμοί υστέρησης Lag2 και Lag3 εμφανίζονται σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως το O_3 , NO_x και τη θερμοκρασία. Για τα παιδιά φαίνεται ότι οι καιρικές συνθήκες κυριαρχούν με σημαντική επιρροή της θερμοκρασίας έως και τις 3 προηγούμενες ημέρες.

Οι νοσηλείες ενηλίκων εξαιτίας αναπνευστικών παθήσεων σχετίζονται ασθενώς θετικά με τα PM_{10} , NO_x , O_3 και αρνητικά με τη μέση θερμοκρασία, τόσο της ίδιας ημέρας όσο και των 3 ημερών, που προηγήθηκαν της εισαγωγής στο νοσοκομείο. Για τις καρδιαγγειακές παθήσεις ενηλίκων αναδεικνύεται ασθενή θετική συσχέτιση με τα PM_{10} , NO_x , O_3 και αρνητικά με τη μέση θερμοκρασία, της ίδιας ημέρας και των 2 ημερών που προηγήθηκαν της εισαγωγής στο νοσοκομείο, ενώ επιπρόσθετα το CO επιδρά θετικά στην αύξηση των νοσηλειών. Για τα παιδιά με αναπνευστικά προβλήματα σημαντικός επιβαρυντικός παράγοντας αναδεικνύεται η πτώση της θερμοκρασίας.

Αναφορικά με το δείκτη θνησιμότητας οι σημαντικότερες, ωστόσο ασθενείς, θετικές συσχετίσεις παρουσιάζονται με τα PM_{10} , NO και O_3 των δύο προηγούμενων ημερών.

Αποτελέσματα στα παιδιά ανά έτος και νόσημα (βλ. πίνακα 4.10-4.15)

Το γενικό σύνολο των νοσηλειών στα παιδιά σχετίζεται με υψηλές συσχετίσεις στατιστικά σημαντικά με τα PM_{10} ($r=0.419$ $p=0.000$ το έτος 2006), CO ($r=0.330$ $p=0.000$ το έτος 2004), NO_2 ($r=0.324$ $p=0.000$ το έτος 2004) και το SO_2 ($r=0.564$ $p=0.000$ το έτος 2004) (βλ. πίνακα 4.10).

Στα παιδιά η συχνότητα των νοσηλειών λόγω ασθματικών παροξύνσεων σχετίζεται ασθενώς θετικά με τα επίπεδα ρύπων, όπως PM_{10} , CO , NO_2 και αρνητικά με την θερμοκρασία. Επιπλέον, για τις νοσηλείες παιδιών με λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος PM_{10} , SO_2 και οξείδια του αζώτου αναδεικνύονται ασθενείς επιβαρυντικοί παράγοντες, ενώ η αύξηση της υγρασίας ισχυρός επιβαρυντικός παράγοντας (βλ. πίνακα 4.11).

Αναλύοντας σε ετήσια βάση τα δεδομένα ρύπων και νοσηλειών προκύπτουν σημαντικές στατιστικές συσχετίσεις, όπως η συσχέτιση των παροξύνσεων άσθματος στα παιδιά με τα επίπεδα PM_{10} ($r=0.203$ $p=0.04$) το έτος 2006, με το CO ($r=0.219$ $p=0.016$) το έτος 2004 και με το SO_2 ($r=0.213$ $p=0.025$) το έτος 2003.

Όσον αφορά τη θερμοκρασία, αύξησή της συνεπάγεται μείωση των εισαγωγών στο νοσοκομείο για νοσηλεία ιδιαίτερα εμφανής στα έτη 2004-2005 (βλ. πίνακα 4.12).

Οι λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος στα παιδιά σχετίζονται αξιοπρόσεκτα θετικά με τα επίπεδα των PM_{10} (συσχέτιση της τάξης των $r=0.408$ $p=0.0000$ το έτος 2006) και το CO ($r=0.28$ $p=0.002$ το έτος 2004). Επιπρόσθετα, ισχυρή θετική συσχέτιση αναδεικνύεται και για το NO_2 ($r=0.302$ $p=0.001$) και το SO_2 ($r=0.554$ $p=0.000$) κατά τη διάρκεια του 2004 (βλ. πίνακα 4.13).

Συμπερασματικά, η παιδική νοσηρότητα λόγω αναπνευστικών παθήσεων εμφανίζει υψηλές θετικές συσχετίσεις, στατιστικά σημαντικές με τα επίπεδα των PM_{10} , CO , NO_2 , SO_2 καθόλη τη διάρκεια των επτά ετών της μελέτης μας. Αντίθετα, ο παράγοντας της μέσης θερμοκρασίας σχετίζεται αρνητικά με το δείκτη νοσηρότητας, ενώ τα δεδομένα που αφορούν καρδιολογικές παθήσεις ανηλίκων είναι ανεπαρκή για την στατιστική τους επεξεργασία και αξιολόγηση (βλ. πίνακα 4.14-4.15).

Αποτελέσματα στους ενήλικες ανά έτος και νόσημα (βλ. πίνακα 4.16-4.28).

Προκύπτουν γενικά θετικά ασθενείς συσχετίσεις, αν και στατιστικά σημαντικές, των νοσηλειών για Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια με τα επίπεδα των PM_{10} στην ατμόσφαιρα. Μικρή αύξηση στη συχνότητα των οξέων στεφανιαίων επεισοδίων παρατηρείται με υψηλά επίπεδα PM_{10} και CO , ενώ όσον αφορά ασθενείς με οξύ πνευμονικό οίδημα ασθενώς επιβαρυντική εμφανίζεται η επίδραση των PM_{10} , CO και NO_2 . Ασθενής συσχέτιση μεταξύ νοσηλείας για καρκίνο πνεύμονα και CO , NO_2 όζοντος στην ατμόσφαιρα επίσης παρατηρήθηκε (βλ. πίνακα 4.16).

Ο δείκτης νοσηρότητας στους ενήλικους σχετίζεται θετικά με τα PM_{10} ($r=0.268$ $p=0.006$) το έτος 2006, ενώ υψηλή συσχέτιση παρουσιάζεται και με το CO ($r=0.289$ $p=0.002$) το έτος 2003 (βλ. πίνακα 4.17).

Όσον αφορά τις πνευμονολογικές παθήσεις των ενηλίκων παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση στατιστικά σημαντική με τα PM_{10} ($r=0.293$ $p=0.008$) και με το CO ($r=0.274$ $p=0.003$) το έτος 2003. Την επόμενη χρονιά, το 2004, υψηλές συσχετίσεις επιβεβαιώθηκαν με το NO_2 ($r=0.301$ $p=0.001$) και το SO_2 ($r=0.474$ $p=0.000$) (βλ. πίνακα 4.18).

Από τη στατιστική ανάλυση των καρδιαγγειακών παθήσεων προκύπτει αξιοσημείωτη συσχέτιση με τα PM_{10} ($r=0.304$ $p=0.002$) και το NO_2 ($r=0.345$ $p=0.000$) το έτος 2005 (βλ. πίνακα 4.19).

Στη μελέτη μας παρουσιάστηκε συσχέτιση, στατιστικά σημαντική, της νοσηρότητας από ΧΑΠ με τα PM_{10} ($r=0.197$ $p=0.032$) το έτος 2007, το CO ($r=0.186$ $p=0.042$) και το SO_2 ($r=0.324$ $p=0.000$) το έτος 2004 (βλ. πίνακα 4.20).

Για τις ασθματικές παροξύνσεις που χρήζουν νοσοκομειακής περίθαλψης στους ενήλικες προέκυψε στατιστικά σημαντική υψηλή συσχέτιση μόνο με το SO_2 ($r=0.217$ $p=0.017$) το 2007 (βλ. πίνακα 4.21).

Στη μελέτη μας βρέθηκε επίσης υψηλή συσχέτιση, στατιστικά σημαντική, της νοσηρότητας από λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος στους ενήλικες με τα PM_{10} ($r=0.192$ $p=0.041$), το CO ($r=0.240$ $p=0.008$), το SO_2 ($r=0.457$ $p=0.000$), και το NO_2 ($r=0.262$ $p=0.004$) το έτος 2004 (βλ. πίνακα 4.22).

Για τη συχνότητα των οξέων στεφανιαίων νοσημάτων στους ενήλικες προέκυψαν υψηλές συσχετίσεις με τα PM_{10} ($r=0.351$ $p=0.000$) το έτος 2007, και τα οξείδια αζώτου ($r=0.208$ $p=0.034$) το έτος 2005 (βλ. πίνακα 4.23).

Ο αριθμός των οξέων πνευμονικών οιδημάτων στους ενήλικες σχετίζεται σημαντικά με το επίπεδο των PM_{10} ($r=0.257$ $p=0.016$), το CO ($r=0.202$ $p=0.033$), το SO_2 ($r=0.211$ $p=0.027$), και το NO_2 ($r=0.191$ $p=0.044$) το έτος 2003 (βλ. πίνακα 4.24).

Τα PM₁₀ εμφάνισαν υψηλή θετική συσχέτιση, στατιστικά σημαντική, με τις νοσηλείες λόγω καρκίνου του πνεύμονα (r=0.214 p=0.022) το έτος 2001, ενώ και το SO₂ φάνηκε να έχει ισχυρή επιβαρυντική επίδραση (r=0.260 p=0.004) το έτος 2004 (βλ. πίνακα 4.25).

Τα επίπεδα των PM₁₀ παρουσιάζουν αξιοσημείωτη συσχέτιση, στατιστικά σημαντική, με τον αριθμό των νοσηλειών για άλλες πνευμονολογικές παθήσεις, όπως πνευμονική εμβολή, (r=0.331 p=0.002) το έτος 2003(βλ. πίνακα 4.26).

Τα επίπεδα των PM₁₀ παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση, στατιστικά σημαντική, με τον αριθμό των νοσηλειών για άλλες καρδιολογικές παθήσεις, όπως αρρυθμίες (r=0.262 p=0.007) το έτος 2005 (βλ. πίνακα 4.27).

Ο αριθμός των νοσηλειών εξαιτίας καρδιοαναπνευστικής ανεπάρκειας αποδείχτηκε να σχετίζεται θετικά και στατιστικά σημαντικά κυρίως με τα PM₁₀ (r=0.299 p=0.006) και το CO (r=0.245 p=0.009) το έτος 2003, το SO₂ (r=0.249 p=0.006), και το NO₂ (r=0.332 p=0.001) το έτος 2004(βλ. πίνακα 4.28).

4.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΡΥΠΩΝ- ΝΟΣΗΛΕΙΩΝ

Ρύποι και νοσηλείες

Λόγω της φύσης της εξαρτημένης μεταβλητής (διακριτή με περιορισμένο αριθμό πιθανών τιμών), η γραμμική παλινδρόμηση είναι ακατάλληλη και η ανάλυση των επιπτώσεων των ερμηνευτικών μεταβλητών (μεταβλητές ρύπανσης) πρέπει να βασιστεί σε άλλο μοντέλο και ειδικά στην παλινδρόμηση Poisson, όπου:

$$\text{Log}(Y / t) = a_0 + a_1 X_1 + \dots + a_k X_k + \varepsilon$$

$$Y / t = \exp^{(a_0 + a_1 X_1 + \dots + a_k X_k + \varepsilon)}$$

$$Y / t = e^{a_0} \times e^{a_1 X_1} \times \dots \times e^{a_k X_k} \times e^{\varepsilon}$$

Η αύξηση κατά μια μονάδα της μεταβλητής X_i προκαλεί αύξηση της μεταβλητής Y/t κατά ένα συντελεστή ίσον με e^a . Η μεταβολή της τιμής μιας ερμηνευτικής μεταβλητής X έχει πολλαπλασιαστική επίδραση στην αναμενόμενη τιμή της μεταβλητής Y .

Με τη χρησιμοποίηση μοντέλου παλινδρόμησης Poisson αποδείχτηκε ότι αύξηση της συγκέντρωσης συγκεκριμένων ρύπων προκαλεί αύξηση των εισαγωγών στο νοσοκομείο για νοσηλεία (βλ. πίνακα 4.29, πίνακα 5.1 α,β). Παράδειγμα, αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης των PM_{10} κατά $10 \mu g/m^3$ προκαλεί αύξηση, στατιστικά σημαντική, του αριθμού των νοσηλειών στους ενήλικες κατά 0.0070 την ίδια ημέρα και κατά 0.0066 την επόμενη ημέρα.

Όσον αφορά τις νοσηλείες για πνευμονολογικές παθήσεις, αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης των PM_{10} κατά $10 \mu g/m^3$ προκαλεί αύξηση, στατιστικά σημαντική, του ημερήσιου αριθμού των νοσηλειών κατά 0.0051 στους ενήλικες και κατά 0.0030 στα παιδιά, ενώ παρατηρείται και αύξηση του αριθμού των νοσηλειών της επόμενης ημέρας κατά 0.0038 στους ενήλικες.

Αναφορικά με τις νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα στους ενήλικες, αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης των PM_{10} κατά $10 \mu g/m^3$ προκαλεί αύξηση, στατιστικά σημαντική, του ημερήσιου αριθμού των νοσηλειών κατά 0.0057, ενώ ίδια τάση αύξησης παρατηρείται και για τις νοσηλείες της επόμενης ημέρας.

Αναλυτικότερα για την εκτίμηση εξισώσεων τάσης του αριθμού νοσηλειών με βάση τη συγκέντρωση μικρο-σωματιδίων : PM_{10-c} ($10 \mu g/m^3$) ακολουθήθηκαν τα παρακάτω :

(α) Ενήλικες

Για τον υπολογισμό της τάσης χρησιμοποιήθηκε το ακόλουθο μοντέλο :

$Y = b_0 \cdot (PM_{10c})^{b_1}$ (Power Model) το οποίο αντανάκλα με τον πιο αξιόπιστο τρόπο τη σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω εκτιμήσεων προκύπτει ότι η αύξηση μιας μονάδας PM10-c προκαλεί σημαντικότερη αύξηση του αριθμού νοσηλειών για επίπεδο συγκέντρωσης κάτω των 30, ενώ πάνω από αυτό το όριο η αύξηση τείνει να σταθεροποιηθεί. Για τα καρδιαγγειακά, το όριο αλλαγής της συμπεριφοράς της καμπύλης τείνει να είναι μικρότερο (25) (βλ. διάγραμμα 12 α.1-3).

(β) Παιδιά

Για τον υπολογισμό της τάσης, χρησιμοποιήθηκε τον ακόλουθο μοντέλο :

$Y = b_1 \cdot \ln(PM10c)$ (Logarithmic Model) το οποίο αντανακλά με τον πιο αξιόπιστο τρόπο τη σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών για τα παιδιά.

Με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω εκτιμήσεων προκύπτει ότι η αύξηση μιας μονάδας PM10-c προκαλεί σημαντικότερη αύξηση του αριθμού νοσηλειών για επίπεδο συγκέντρωσης κάτω των 20, ενώ πάνω από αυτό το όριο η αύξηση τείνει να σταθεροποιηθεί (βλ. διάγραμμα 12 β.1-3).

Για το CO παρατηρήθηκε το εξής φαινόμενο: αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης του CO κατά 0.1 mg/m^3 προκαλεί αύξηση, στατιστικά σημαντική, του αριθμού των νοσηλειών της επόμενης ημέρας εξαιτίας πνευμονολογικών παθήσεων στους ενήλικες κατά 0.000972 και στα παιδιά κατά 0.001003. Μεγαλύτερη είναι η τάση αύξησης – κατά 0.002324 - που παρατηρείται στις νοσηλείες της επόμενης ημέρας για καρδιαγγειακές παθήσεις στους ενήλικες με αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης του CO κατά 0.1 mg/m^3 .

Παράλληλα, εκτιμήθηκε η συσχέτιση των επιπέδων των οξειδίων του αζώτου στην αύξηση των νοσηλειών. Συγκεκριμένα, αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης του NO_x κατά 10 μg/m^3 προκαλεί αύξηση, στατιστικά σημαντική, του ημερήσιου αριθμού των νοσηλειών για πνευμονολογικές παθήσεις κατά 0.0018 στα παιδιά και κατά 0.0015 στους ενήλικες. Για τις νοσηλείες καρδιαγγειακών παθήσεων στους ενήλικες η τάση αύξησης είναι της τάξης του 0.0017 για αύξηση της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης του NO_x κατά 10 μg/m^3 .

Επιπτώσεις της αύξησης της συγκέντρωσης των ρύπων στις εισαγωγές στο νοσοκομείο

Η χρήση του υποδείγματος Poisson ανέδειξε ότι η αύξηση της συγκέντρωσης ορισμένων ρύπων έχει αρκετά σοβαρές επιπτώσεις στις νοσηλείες στο νοσοκομείο του Βόλου. Σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο προκύπτει ότι σε μια υποθετική μεσαία κατάσταση¹ συγκέντρωσης των κυριοτέρων ρύπων, η ημερήσια εισαγωγή στο νοσοκομείο θα κυμαίνονταν μεταξύ 6 και 7 άτομα με αναλογία 3 ατόμων για πνευμονολογικά προβλήματα και 4 για καρδιαγγειακά νοσήματα. Σε μια τέτοια υποθετική κατάσταση, η αναλογία μεταξύ ανήλικων και ενήλικων είναι σχεδόν 1 προς 6.

Με βάση το παραπάνω μοντέλο μπορούμε, επίσης, να εξετάζουμε τις επιπτώσεις της ταυτόχρονης αύξησης της συγκέντρωσης ορισμένων ρύπων. Σε αρκετές περιπτώσεις διαπιστώνουμε - όπως ήταν αναμενόμενο - ότι η ταυτόχρονη αύξηση δύο ρύπων ή ακόμα η αύξηση του ίδιου ρύπου κατά δύο συνεχείς ημέρες έχει πολλαπλασιαστικό αποτέλεσμα στις εισαγωγές στο νοσοκομείο (βλ. πίνακα 5.2α,β).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα διαφόρων σεναρίων ταυτόχρονης συγκέντρωσης ρύπων.

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
Αύξηση κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} την ίδια ημέρα και την προηγούμενη μέρα	0.0169	0.0155	-
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0125	0.0097	0.0024
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0127	0.0127	-

Η αύξηση κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} την ίδια ημέρα και την προηγούμενη μέρα οδηγεί σε επιπλέον συνολική εισαγωγή στο νοσοκομείο κατά ένα (1) έως δύο (2) άτομα για 100

¹ Με την μεσαία κατάσταση συγκέντρωσης ρύπων, αναφερόμαστε σε μια υποθετική μέρα όπου οι τιμές των εξεταζομένων δεικτών θα αντιστοιχούσαν στις μέσες τιμές όλων των ημερήσιων παρατηρήσεων της περιόδου από 1^η Ιανουαρίου 2001 έως και 31 Δεκεμβρίου 2007.

υπάρχουσες εισαγωγές (συντελεστής = 0.0169). Η αύξηση αυτή προκαλεί περίπου μια (1) επιπλέον εισαγωγή στις 100 για αναπνευστικά νοσήματα στους ενήλικους (συντελεστής = 0.0097) και δύο (2) εισαγωγές στις 1000 για αναπνευστικά νοσήματα στα παιδιά (συντελεστής = 0.0024). Όσον αφορά τα καρδιαγγειακά νοσήματα, η αύξηση κατά $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} σε δύο συνεχόμενες ημέρες προκαλεί μια επιπλέον εισαγωγή στα 100 άτομα και αφορά ενήλικους. Για τα παιδιά, τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικά.

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
Αύξηση κατά $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} και $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ του CO την προηγούμενη μέρα	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.3151	0.2953	0.1211
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.1717	0.1185	0.1179
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.3302	0.3178	-

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
Αύξηση κατά $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} και $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ του NO_x	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0117	0.0103	0.0051
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0094	0.0070	0.0051
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0079	0.0079	-

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
Αύξηση κατά $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} και $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ του O_3	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0206	0.0172	0.0102
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0141	0.0079	0.0099
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0149	0.0148	-

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
Αύξηση κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} και 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του O_3 την προηγούμενη ημέρα	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0191	0.0196	-
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0127	0.0136	-
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0147	0.0147	-

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
Αύξηση κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} την προηγούμενη μέρα και 10 mg/m^3 του CO την προηγούμενη μέρα	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.3126	0.2936	0.1131
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.1679	0.1157	0.1095
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.3304	0.3181	-

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
Αύξηση κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} την προηγούμενη μέρα και 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του NO_x	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0110	0.0099	0.0014
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0079	0.0056	0.0011
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0080	0.0080	-

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
Αύξηση κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} την προηγούμενη μέρα και 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του O_3	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0198	0.0167	0.0062
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0125	0.0065	0.0056
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0149	0.0148	-

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
Αύξηση κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του PM_{10} την προηγούμενη μέρα και 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του O_3 την προηγούμενη ημέρα	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0184	0.0191	-
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0111	0.0121	-
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.0147	0.0147	-

Σενάριο	Σύνολο Νοσηλειών		
Αύξηση 10 mg/m^3 του CO την προηγούμενη μέρα και 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ του NO_x	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.2949	0.2764	0.1183
	Νοσηλείες για αναπνευστικά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.1607	0.1104	0.1150
	Νοσηλείες για καρδιαγγειακά νοσήματα		
	Συνολικά	Ενήλικα άτομα	Παιδιά
	0.3123	0.3003	-

Συνοπτικά, παρατηρούμε ότι η επιρροή της αύξησης της συγκέντρωσης των ρύπων PM_{10} και O_3 είναι σχεδόν της ίδιας έντασης, όταν η αύξηση γίνεται την ίδια ημέρα ή την προηγούμενη.

Συνδυασμένη πολλαπλασιαστική επίδραση των αέριων ρύπων (αύξηση της ημερήσιας συγκέντρωσης ρύπων κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM_{10} , NO_x και O_3 και κατά 0.1 mg/m^3 για το CO) στη συχνότητα νοσηλειών λόγω αναπνευστικών και καρδιολογικών παθήσεων σε παιδιά και ενήλικες (υποθέτοντας ότι οι υπόλοιποι ρύποι παραμένουν σταθεροί) (βλ. πίνακα 5.2 α,β)

Η ανάλυση βασίζεται αποκλειστικά στους ρύπους για τους οποίους η επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική.

Dependent Variable	H_TOT	H_TOT_A	H_TOT_E	H_PN	H_PN_A	H_PN_E	H_CA	H_CA_A
Join Impact of:								
PM10 & PM10 lag1	0.0169	0.0155	0.0026	0.0125	0.0097	0.0024	0.0127	0.0127
PM10 & CO lag1	0.3151	0.2953	0.1211	0.1717	0.1185	0.1179	0.3302	0.3178
PM10 & NOX	0.0117	0.0103	0.0051	0.0094	0.0070	0.0051	0.0079	0.0079
PM10 & O3	0.0206	0.0172	0.0102	0.0141	0.0079	0.0099	0.0149	0.0148
PM10 & O3 lag1	0.0191	0.0196	-0.0061	0.0127	0.0136	-0.0060	0.0147	0.0147
PM10 lag1 & CO lag1	0.3126	0.2936	0.1131	0.1679	0.1157	0.1095	0.3304	0.3181
PM10 lag1 & NOX	0.0110	0.0099	0.0014	0.0079	0.0056	0.0011	0.0080	0.0080
PM10 lag1 & O3	0.0198	0.0167	0.0062	0.0125	0.0065	0.0056	0.0149	0.0148
PM10 lag1 & O3 lag1	0.0184	0.0191	-0.0090	0.0111	0.0121	-0.0092	0.0147	0.0147
CO lag1 & NOX	0.2949	0.2764	0.1183	0.1607	0.1104	0.1150	0.3123	0.3003
CO lag1 & O3	0.3251	0.2991	0.1289	0.1717	0.1122	0.1248	0.3384	0.3253
CO lag1 & O3 lag1	0.3202	0.3070	0.0942	0.1685	0.1232	0.0915	0.3377	0.3250
NOX & O3	0.0144	0.0114	0.0088	0.0094	0.0040	0.0084	0.0100	0.0098
NOX & O3 lag1	0.0131	0.0136	-0.0071	0.0081	0.0093	-0.0071	0.0098	0.0098
O3 & O3 lag1	0.0222	0.0209	-0.0031	0.0127	0.0102	-0.0034	0.0170	0.0168

(όπου H_TOT: νοσηλείες σύνολο, H_TOT_A: νοσηλείες ενηλίκων σύνολο, H_TOT_E : νοσηλείες παιδιών σύνολο, H_PN: νοσηλείες πνευμονολογικές σύνολο, H_PN_A: νοσηλείες ενηλίκων πνευμονολογικές , H_PN_E: νοσηλείες παιδιών πνευμονολογικές , H_CA: νοσηλείες καρδιολογικές σύνολο, H_CA_A: νοσηλείες ενηλίκων καρδιολογικές, lag1 = την προηγούμενη μέρα)

Παρατηρούμε ότι η ταυτόχρονη αύξηση των επιπέδων CO και O_3 , καθώς επίσης και των ρύπων PM_{10} και CO συσχετίζονται με ακόμη μεγαλύτερη αύξηση στη συχνότητα των νοσηλειών.

Ρύποι και Θάνατοι

Συνοπτικά η περιγραφική ανάλυση έδειξε ότι καταγράφηκε κατά μέσο όρο ένας θάνατος ανά ημέρα χωρίς σημαντική μεταβολή ανά έτος, με εξαίρεση το 2003 όπου ο αριθμός διπλασιάζεται σε σχέση με τα υπόλοιπα έτη. Η μελέτη ανέδειξε ασθενείς συσχετίσεις, αν και στατιστικά σημαντικές, των ρύπων με συγκεκριμένες αιτίες θανάτου (βλ. πίνακα 4.30). Παραδείγματος χάρη, το NO παρουσιάζει ασθενή συσχέτιση με τον αριθμό των θανάτων από πνευμονίες ($r=0.083$ $p=0.026$), το CO σχετίζεται ασθενώς θετικά με θανατηφόρα οξεία στεφανιαία σύνδρομα ($r=0.092$ $p=0.009$), ενώ τα PM_{10} συνδέονται ασθενώς με θανάτους από καρδιολογικές παθήσεις ($r=0.085$ $p=0.019$), αλλά και το γενικό σύνολο των θανάτων ($r=0.073$ $p=0.044$). Μεταξύ των ρύπων και των θανάτων από άλλες πνευμονολογικές, καρδιολογικές αιτίες και αναπνευστική ανεπάρκεια δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα διαχρονική μελέτη διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα και των νοσηλειών από αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις που αποτελούν μια σημαντική αιτία νοσηρότητας, σε μία ημι-αστική περιοχή της Ευρώπης με μέτρια εκβιομηχάνιση και ανεπτυγμένες τουριστικές δραστηριότητες. Έχουμε αποδείξει ότι οι αυξήσεις στα επίπεδα των PM_{10} , CO, NO_x , O_3 συσχετίστηκαν ανεξάρτητα μεταξύ τους με αυξήσεις στα ποσοστά νοσηλείας. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η επίπτωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην αύξηση των νοσηλειών ήταν ακόμη μεγαλύτερη όταν ερευνήσαμε τη σχέση μεταξύ συνδυασμού περισσοτέρων του ενός ρύπων και των νοσηλειών. Έτσι, η συνδυασμένη αύξηση των επιπέδων του CO, O_3 ή των PM_{10} και CO επέφερε αύξηση στις νοσηλείες. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα μελέτη παρέχει στοιχεία που δείχνουν ότι η ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα αποτελεί σημαντικό παράγοντα νοσηρότητας, ακόμη και σε περιοχές όπου οι ανθρώπινες δραστηριότητες θεωρούνται φιλικές προς το περιβάλλον, όπως στην περίπτωσή μας.

Αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει τη σχέση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της νοσηρότητας του αναπνευστικού / καρδιαγγειακού συστήματος (Brunekreef and Holgate 2002; Viegli et al. 2006). Μερικές από αυτές απέδειξαν ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις των PM_{10} , NO_x και CO σχετίζονται με αύξηση της συχνότητας των οξέων στεφανιαίων επεισοδίων (Maitre et al. 2006), ενώ άλλες τόνισαν τη σχέση μεταξύ PM_{10} και αύξησης των νοσηλειών λόγω ΧΑΠ κατά περίπου 1.023 (Wong et al. 1999). Μελέτες σε πληθυσμούς παιδιών απέδειξαν ότι αύξηση των επιπέδων των PM_{10} , O_3 και SO_2 συσχετίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα παροξυσμών άσθματος και ρινίτιδας (Penard-Morand C et al. 2005), ενώ σε άλλες βρέθηκε ότι υψηλότερα επίπεδα PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 και SO_2 επιφέρουν αύξηση των νοσηλειών σε παιδιατρικές κλινικές λόγω πνευμονίας και οξείας βρογχίτιδας (Barnett AG et al. 2005). Δεδομένα σπιρομετρήσεων (Volpino et al. 2004), ερωτηματολόγια

(Morgenstern et al. 2008) ή επισκέψεις στο Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών (Wong et al. 1999) έχουν χρησιμοποιηθεί ως δείκτες νοσηρότητας. Στη μελέτη μας χρησιμοποιήσαμε τις εισαγωγές στο νοσοκομείο λόγω αναπνευστικών ή καρδιαγγειακών νόσων ως δείκτη νοσηρότητας. Η νοσηλεία λόγω αναπνευστικού ή καρδιαγγειακού αιτίου μπορεί να είναι ένας δείκτης σοβαρής νοσηρότητας, δεδομένου ότι αντιπροσωπεύει ένα από τα χειρότερα σενάρια για μία επείγουσα εισαγωγή στο νοσοκομείο.

Στη μελέτη μας, χρησιμοποιήσαμε δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια επταετούς περιόδου σε μία ελληνική μεσογειακή ημι-αστική περιοχή. Προηγούμενες μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις στην υγεία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα βασίστηκαν σε δεδομένα από μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές (Nastos et al. 2010, Pantazopoulou et al. 1995, Samoli et al. 2011). Οι μελέτες αυτές υπογράμμισαν τη σχέση μεταξύ των PM_{10} , O_3 , NO_2 , CO και της συχνότητας των νοσηλειών. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες πρόσφατες μελέτες αναφέρονται σε παιδιατρικούς πληθυσμούς.

Σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες, βρήκαμε μια σημαντική σχέση μεταξύ των νοσηλειών και της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα. Ωστόσο, σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες που είχαν πραγματοποιηθεί είτε στις πλέον εκβιομηχανισμένες χώρες, όπως για παράδειγμα τις ΗΠΑ (Goldman et al. 2010) είτε στις αναπτυσσόμενες χώρες, για παράδειγμα, την Ινδία (Jayaraman G and Nidhi 2008), τα στοιχεία μας προέρχονται από μια ημι-αστική περιοχή της Ευρώπης, όπου σημαντικά κοινωνικοοικονομικά δρώμενα συνέβησαν κατά την τελευταία δεκαετία (Ολυμπιακοί Αγώνες, είσοδος της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Οικονομική Ένωση) και συνοδεύτηκαν από την αποβιομηχάνιση και την έντονη ανάπτυξη των τουριστικών δραστηριοτήτων. Ως εκ τούτου, στη μελέτη μας οι εκπομπές προς το περιβάλλον είναι κυρίως από τις εξατμίσεις των οχημάτων, τις μικρές βιομηχανικές μονάδες και την οικοδόμηση κατασκευών.

Αυτοί οι τύποι δραστηριοτήτων θα μπορούσαν να εξηγήσουν το γεγονός ότι τα επίπεδα των PM_{10} έχουν βρεθεί πάνω από το ευρωπαϊκό όριο ασφαλείας ($40 \mu g/m^3$) σε όλα σχεδόν τα χρόνια της μελέτης. Συγκεκριμένα, βρήκαμε ότι αυξήσεις στα επίπεδα των PM_{10} ($Lag0$ και $Lag1$) συσχετίστηκαν με αύξηση των συνολικών νοσηλείων. Καθημερινή αύξηση των PM_{10} κατά $10 \mu g/m^3$ προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση των εισαγωγών στο νοσοκομείο λόγω αναπνευστικών και καρδιαγγειακών παθήσεων στους ενήλικες κατά 0.0051 και 0.0057 αντίστοιχα. Έτσι, αυξήσεις των PM_{10} κατά τη διάρκεια δύο διαδοχικών ημερών έχει ως αποτέλεσμα μία επιπλέον εισαγωγή στο νοσοκομείο λόγω αναπνευστικών αιτιών ανά 100 νοσηλείες. Παρόμοια ήταν τα συμπεράσματα σχετικά και με τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Όσον αφορά τον παιδιατρικό πληθυσμό της μελέτης μας, αύξηση των PM_{10} κατά $10 \mu g/m^3$ προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση των νοσηλείων λόγω αναπνευστικών αιτιών κατά 0.003.

Αυτή η συσχέτιση μεταξύ PM_{10} και αναπνευστική / καρδιαγγειακή νοσηρότητα υπογραμμίζει τις πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις των PM_{10} για την ανθρώπινη υγεία που έχουν επισημανθεί και από άλλους (Brook et al. 2004; D'Amato et al. 2002; Dickey 2000). Η είσοδος των PM_{10} στο αναπνευστικό σύστημα ενεργοποιεί τα φλεγμονώδη κύτταρα (ουδετερόφιλα, μαστοκύτταρα, λεμφοκύτταρα) στους αεραγωγούς και προκαλεί την απελευθέρωση μεσολαβητών της φλεγμονής (Nightingale et al. 2000; Pourazar et al. 2004; Salvi S. et al. 1999, Salvi SS. et al. 2000), η οποία μπορεί να είναι σημαντική σε πληθυσμούς ασθενών με χρόνια αναπνευστικά προβλήματα, όπως άσθμα και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (Zanobetti et al. 2000).

Στην παρούσα έρευνα, εκτός από τα PM_{10} , θα αξιολογηθεί επίσης η σχέση μεταξύ της νοσηρότητας και των επιπέδων αρκετών άλλων ρύπων του περιβάλλοντος. Έτσι, αποδείξαμε ότι η ημερήσια αύξηση της συγκέντρωσης των εκπομπών NO_x ανά $10 \mu g/m^3$, μπορεί να προκαλέσει αύξηση (κατά ένα δείκτη 0.0015 στους ενήλικες και κατά 0.0018 στα παιδιά) των

εισαγωγών σε νοσοκομείο για αναπνευστικά προβλήματα. Τα ευρήματα αυτά είναι σε συμφωνία με αποτελέσματα από προηγούμενες μελέτες σε παιδιατρικούς πληθυσμούς ή σε βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες (Lebowitz et al. 1985; Schildcrout et al. 2006; Shima and Adachi 2000). Τα οξείδια του αζώτου μπορούν να ενισχύσουν τον βρογχόσπασμο / άσθμα, να μειώσουν την αποτελεσματικότητα των αμυντικών μηχανισμών ενάντια στις αναπνευστικές λοιμώξεις και να σχετίζονται με αυξημένη νοσηρότητα σε ασθματικούς. Επιπλέον, τα οξείδια του αζώτου είναι δυνατόν να προωθήσουν μια συστηματική φλεγμονή του αγγειακού δικτύου με καρδιαγγειακές συνέπειες (Nel et al. 2005). Σύμφωνα με αυτό, στην παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε ότι αύξηση των επιπέδων των οξειδίων του αζώτου συσχετίστηκε με αυξημένη νοσηρότητα εξαιτίας καρδιαγγειακών παθήσεων. Ομοίως με τα οξείδια του αζώτου, τα επίπεδα του O₃ σχετίζονται με αυξημένο οξειδωτικό στρες (Kelly et al. 2003). Κατά συνέπεια, οι αυξήσεις των επιπέδων του όζοντος στο περιβάλλον έχουν σταθερά συσχετισθεί με αυξημένες νοσηλείες στη μελέτη μας, τόσο για αναπνευστικά όσο και για καρδιαγγειακά νοσήματα.

Στην παρούσα μελέτη, διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ των νοσηλειών και της ρύπανσης των προηγούμενων ημερών. Επίδραση των διαφορετικών περιόδων καθυστέρησης (Lag days) στη νοσηρότητα των αναπνευστικών και καρδιαγγειακών παθήσεων έχει σημειωθεί στη βιβλιογραφία (Wong et al. 1999), αλλά ο λόγος δεν έχει διευκρινιστεί. Βεβαίως αναγνωρίζουμε ότι η παρούσα μελέτη δεν θα μπορούσε να παράσχει περαιτέρω πληροφορίες γι' αυτό το φαινόμενο. Ωστόσο, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι υπάρχει ένας συσχετισμός ανάμεσα στη νοσηρότητα και τα PM₁₀, NO_x, O₃ της ίδιας ημέρας (Lag0) σε ενήλικες και παιδιά (Πίνακας 5.1). Έτσι, θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι υπάρχει μία οξεία "ενοχλητική" επίδραση αυτών των ρύπων στο αναπνευστικό σύστημα ή μία γρήγορη διαμεσολάβηση ανεπιθύμητων ενεργειών των εν λόγω ρύπων στο αναπνευστικό / καρδιαγγειακό σύστημα. Από την άλλη πλευρά, οι εισαγωγές στο νοσοκομείο δεν συνδέονται

με αυξήσεις του CO της ίδιας ημέρας (Lag0), αλλά της προηγούμενης (Lag1). Αυτό μπορεί να σχετίζεται με χημικές και τοξικολογικές ιδιότητες του διοξειδίου του άνθρακα σε σύγκριση με άλλους ρύπους. Το CO, όταν εισπνέεται εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος και συνδέεται με την αιμοσφαιρίνη σχηματίζοντας καρβοξυ-αιμοσφαιρίνη. Το CO έχει συσχετιστεί με αυξημένη συχνότητα εμφάνισης επεισοδίων καρδιακής ανεπάρκειας, οξεία στεφανιαία επεισόδια, αρρυθμίες, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και παροξύνσεις άσθματος σε προηγούμενες μελέτες (Allred et al. 1989; De Paula Santos et al. 2005; Lee et al. 2002; Morris et al 1995; Peel et al. 2005). Χαμηλά επίπεδα του CO μπορεί να είναι ανεπαρκή να προκαλέσουν σημαντικές κλινικές επιπτώσεις. Ωστόσο, η επιμονή των αυξημένων επιπέδων CO θα μπορούσε να οδηγήσει στη συσσώρευση μονοξειδίου του άνθρακα στο αίμα επιδεινώνοντας ένα χρόνια αναπνευστικό και στεφανιαίο πρόβλημα. Αυτή η υπόθεση θα μπορούσε να αποτελέσει εξήγηση για τη συσχέτιση της αύξησης στα επίπεδα του CO (Lag1) και της νοσηρότητας σε αυτή τη μελέτη.

Επιπλέον, οι επιπτώσεις της αύξησης του ατμοσφαιρικού CO στο αναπνευστικό/καρδιαγγειακό σύστημα θα μπορούσαν να ενισχυθούν περαιτέρω από τη δυσμενή επίδραση των υπολοίπων ατμοσφαιρικών ρύπων. Στην παρούσα μελέτη, διαπιστώσαμε ότι η συνδυασμένη αύξηση των PM₁₀ και CO μπορεί να ασκήσει μια συνεργική επίδραση στη νοσηρότητα. Έτσι, σε συνδυασμό αυξήσεις στα PM₁₀ και το CO συσχετίστηκαν με αύξηση των εισαγωγών σε νοσοκομείο, κυρίως λόγω καρδιαγγειακών αιτίων στους ενήλικες (Πίνακας 5.2α) και λόγω αναπνευστικών παθήσεων στα παιδιά (Πίνακας 5.2β). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν για τη συνέργεια των επιπτώσεων της ταυτόχρονης αύξησης του μονοξειδίου του άνθρακα και οξειδίων του αζώτου ή άλλων ρύπων τόσο στον ενήλικο όσο και στον παιδιατρικό πληθυσμό (Πίνακας 5.2α και Πίνακας 5.2β). Τα ευρήματα που υπογραμμίζουν τα αποτελέσματα της συνέργειας μεταξύ των εναέριων ρύπων στην

ανθρώπινη υγεία πρέπει να αξιοποιούνται για τον εντοπισμό των βέλτιστων ορίων ασφαλείας για τους κύριους ρύπους του περιβάλλοντος, προκειμένου να μειωθεί η νοσηρότητα.

Υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στη μελέτη μας. Είναι μία μελέτη κατά τη διάρκεια επταετούς περιόδου με κάποιες ελλείψεις στα δεδομένα ρύπανσης. Η διαθεσιμότητα των δεδομένων της ρύπανσης του αέρα (και όχι για τα δεδομένα υγείας) παρουσιάζουν πράγματι ένα πρόβλημα, λόγω του ότι αρκετά συχνά κάποια στοιχεία λείπουν. Στην πραγματικότητα δύο ήταν τα προβλήματα. Πρώτον, έχουμε ελλιπή δεδομένα κατά τη διάρκεια μερικών εβδομάδων το καλοκαίρι. Επειδή πρόκειται για επτά χρόνια μελέτης (2001-2007), η χρήση των μεθόδων καταλογισμού προτίμησε να αποφύγει αυτά τα δεδομένα, ακόμη και αν η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις απώλειας πληροφοριών. Δεύτερον, μερικά δεδομένα απουσίαζαν εντελώς τυχαία (missing completely at random - MCAR) για παράδειγμα, λόγω βλάβης του εξοπλισμού. Στην περίπτωση αυτή, όπως είναι γνωστό, η πιθανότητα της εγκατάλειψής τους είναι ανεξάρτητη των παρατηρούμενων και μη παρατηρούμενων μετρήσεων. Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιήσαμε ως μέθοδο συμψηφισμού hot-deck imputation method, και όπου λείπουν δεδομένα αντικαθίστανται με άλλα που προέρχονται από παρόμοια αρχεία (Ford BL 1983, Schoier G. 1999). Ένα άλλο μειονέκτημα των μελετών χρονολογικών σειρών είναι η έκθεση σε εσφαλμένη κατάταξη. Η χρήση επιλεγμένων σταθερών σταθμών παρακολούθησης δεν αντικατοπτρίζει την πραγματική έκθεση του πληθυσμού της μελέτης. Ένας άλλος περιορισμός της μελέτης μας είναι ότι τα δεδομένα μας αντιστοιχούν σε μία και μόνη πόλη, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη στατιστική ισχύ. Ωστόσο, η παρατεταμένη περίοδο επτά ετών που μελετήσαμε προσδίδει αρκετή αξιοπιστία στα δεδομένα μας.

Η μελέτη μας παρέχει στοιχεία που ενδιαφέρουν ειδικά τις ελληνικές αρχές για την ενίσχυση των μέτρων που αφορούν το περιβάλλον. Παρά το γεγονός ότι η κύρια επιλογή μοντέλου βασίστηκε σε προηγούμενη εκτεταμένη μεθοδολογική εργασία σχετικά με την ανάλυση των

χρονικών σειρών ρύπανσης του αέρα και τις επιπτώσεις στην υγεία (Katsouyanni et al. 2009, Samoli et al. 2008), η μελέτη μας ήταν η πρώτη που αφορά μια ημι-αστική περιοχή, ενώ οι προηγούμενες έρευνες βασίστηκαν σε στοιχεία από την Αθήνα, την πρωτεύουσα της Ελλάδας, όπως προτείνεται από την ευρωπαϊκή μελέτη APHEA (Katsouyanni et al. 2011). Εκτός από τη μελέτη APHEA, όπου η Αθήνα ήταν μία από τις 29 μέλη-πόλεις που μετείχαν, και άλλες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σε ελληνικό χώρο. Ωστόσο υπήρχε περιορισμός στη διερεύνηση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη Αθήνα στην παιδική νοσηρότητα λόγω άσθματος (Samoli et al. 2011). Αν και άμεσες συγκρίσεις μεταξύ των μελετών θα πρέπει να γίνονται με προσοχή λόγω των διαφορών στις μεθόδους και τους πληθυσμούς που μελετήθηκαν, προηγούμενες μελέτες στην Ελλάδα υπογράμμισαν τη σχέση μεταξύ PM_{10} , O_3 και εισαγωγών στο νοσοκομείο λόγω παροξύνσεων άσθματος. Όμως, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω μελέτες στην Ελλάδα αφορούν παιδιατρικούς πληθυσμούς. Στο πλαίσιο αυτό η μελέτη μας υπογραμμίζει το μέγεθος του προβλήματος, ακόμη και σε ενήλικες που ζουν σε ημιαστικές περιοχές.

6. Συμπεράσματα

Συνοπτικά η μελέτη μας έδειξε συσχέτιση του φορτίου νοσηρότητας, αλλά και του δείκτη θνησιμότητας, παθήσεων του αναπνευστικού και καρδιαγγειακού συστήματος, σε παιδιά και ενήλικες, με τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή που διαμένουν.

Συγκεκριμένα:

1. Βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση των PM_{10} (Lag0, Lag1), CO (Lag1), NO_x (Lag0) και O₃ (Lag1) με το σύνολο των νοσηλειών για πνευμονολογικές και καρδιαγγειακές παθήσεις στους ενήλικες. Στον παιδιατρικό πληθυσμό, αντίστοιχα, τα επίπεδα των PM_{10} (Lag0), CO (Lag1), NO_x (Lag0) και του O₃ (Lag0) σχετίζονται με αύξηση των νοσηλειών για αναπνευστικά προβλήματα.

2. Η αύξηση των νοσηλειών για αναπνευστικά και καρδιαγγειακά αίτια στους ενήλικες τείνει να σταθεροποιείται σε επίπεδα PM_{10} ανώτερα των $30 \mu g/m^3$ και $25 \mu g/m^3$ αντίστοιχα. Στα παιδιά η σταθεροποίηση του αριθμού των νοσηλειών για αναπνευστικά συμβάματα εμφανίζεται σε επίπεδα PM_{10} ανώτερα των $20 \mu g/m^3$.

3. Στους ενήλικες η μεγαλύτερη αύξηση στον αριθμό των νοσηλειών για πνευμονολογικές παθήσεις οφείλεται σε συνδυαστική δράση των PM_{10} (Lag0) με CO (Lag1) και CO (Lag1) με O₃ (Lag1), ενώ όσον αφορά τα καρδιαγγειακά αίτια η μεγαλύτερη αύξηση των νοσηλειών παρουσιάζεται λόγω συνδυασμού CO (Lag1) με O₃ (Lag1). Οι συνδυασμοί των CO (Lag1) με O₃ (Lag0), και των PM_{10} (lag0) με CO (lag1) οδηγούν στην μεγαλύτερη αύξηση των νοσηλειών λόγω αναπνευστικών αιτίων στα παιδιά.

4. Η μελέτη ανέδειξε ασθενείς συσχετίσεις, στατιστικά σημαντικές, των ρύπων με συγκεκριμένες αιτίες θανάτου των ενηλίκων.

Αναλογιζόμενοι το κοινωνικό και οικονομικό κόστος που επιφέρει η αναπνευστική και καρδιαγγειακή νοσηρότητα, αποτελεί ανάγκη η λήψη των κατάλληλων μέτρων για την περαιτέρω μείωση των επιπέδων των αιωρούμενων σωματιδίων, CO και NO₂ στην ατμόσφαιρα.

7. Περίληψη

Ο σκοπός της μελέτης μας ήταν να αξιολογηθεί η επίδραση ημι-αστικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη συχνότητα των νοσηλειών λόγω καρδιοαναπνευστικών αιτιών σε παιδιά και ενήλικες, καθώς επίσης και στη θνησιμότητα λόγω των παθήσεων αυτών. Η μελέτη αυτή περιελάμβανε όλες τις νοσηλείες των παιδιών (<14 ετών) και των ενηλίκων (> 14 ετών), λόγω αναπνευστικών ή καρδιαγγειακών προβλημάτων, στο Γενικό Νοσοκομείο του νομού Μαγνησίας, («Αχιλλοπούλειο», Βόλος) μεταξύ της 1ης Ιανουαρίου 2001 - 31ης Δεκεμβρίου 2007. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από την ηλεκτρονική βάση δεδομένων του Γενικού Νοσοκομείου Βόλου. Συγκεντρωτικές μεταβλητές δημιουργήθηκαν για τη συνολική νοσηρότητα, τη νοσηρότητα εξαιτίας αναπνευστικών και καρδιαγγειακών νόσων (π.χ. χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, άσθμα, οξεία βρογχίτιδα - πνευμονία, οξύ στεφανιαίο σύνδρομο). Από το Ληξιαρχείο του δήμου Βόλου συγκεντρώθηκαν τα στοιχεία για τη θνησιμότητα των δημοτών λόγω των παραπάνω νόσων κατά την ίδια χρονική περίοδο. Τα δεδομένα της ρύπανσης συλλέχθηκαν από την ηλεκτρονική βάση δεδομένων του δικτύου του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την καταγραφή των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά τη διάρκεια της περιόδου 2001-2007. Η επίδραση των ατμοσφαιρικών ρύπων στη νοσηρότητα και θνησιμότητα μελετήθηκε μέσω της ανάλυσης χρονοσειρών, αρχικά με εκτιμήσεις που αφορούν συσχετίσεις μηδέν βαθμού (zero order) και στη συνέχεια μερικές συσχετίσεις (partial) και παλινδρόμηση Poisson.

Υπήρξε σημαντική επίδραση των PM_{10} (Lag0, Lag1), CO (Lag1), NO_x (Lag0) στη συχνότητα νοσηλειών λόγω καρδιοαναπνευστικών αιτιών, του O₃ (Lag0) στην καρδιαγγειακή νοσηρότητα και του O₃ (Lag1) στη συνολική νοσηρότητα. Τα παιδιά είναι πιο επιρρεπή σε νοσηλείες λόγω αναπνευστικών προβλημάτων εξαιτίας των αυξημένων επιπέδων των PM_{10} (Lag0), CO (Lag1), NO_x (Lag0) και του O₃ (Lag0). Περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων νοσηρότητας των ενηλίκων έδειξε ότι η αύξηση των

αναπνευστικών νοσηλειών λόγω ανόδου των PM_{10} τείνει να σταθεροποιηθεί πάνω από 30 mg/m^3 PM_{10} , ενώ για τα καρδιαγγειακά αίτια το όριο της καμπύλης ήταν μικρότερο (25 mg/m^3). Στα παιδιά η αύξηση των νοσηλειών για πνευμονολογικά προβλήματα λόγω υψηλών επιπέδων PM_{10} τείνει να σταθεροποιηθεί πάνω από 20 mg/m^3 PM_{10} .

Η μεγαλύτερη επίδραση στη συνολική νοσηρότητα των ενηλίκων παρατηρήθηκε σε συνδυασμένη αύξηση των επιπέδων CO (Lag0) και O_3 (Lag1), λόγω αναπνευστικών αιτιών εξαιτίας της συνδυασμένης αύξησης των PM_{10} (Lag0) και CO (Lag1), CO (Lag0) και O_3 (Lag1), και λόγω καρδιαγγειακών νοσημάτων εξαιτίας της συνδυασμένης αύξησης του CO (Lag1) και O_3 (Lag1). Στην παιδική ηλικία η συνδυασμένη αύξηση των επιπέδων του CO (Lag1) και O_3 (Lag0), και PM_{10} (lag0) και CO (lag1) έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στη νοσηρότητα λόγω ασθενειών του αναπνευστικού συστήματος.

Η μελέτη ανέδειξε ασθενείς συσχετίσεις, στατιστικά σημαντικές, των ρύπων με συγκεκριμένες αιτίες θανάτου, π.χ το NO με θανάτους λόγω πνευμονιών, το CO με θανατηφόρο οξύ στεφανιαίο σύνδρομο και τα PM_{10} με θανάτους από καρδιολογικές παθήσεις. Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη έδειξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της συχνότητας νοσηλείας λόγω αναπνευστικών και καρδιαγγειακών παθήσεων και των επιπέδων των ατμοσφαιρικών ρύπων για μεγάλο χρονικό διάστημα σε περιοχές με μέτρια βιομηχανοποίηση και ανάπτυξη τουριστικών δραστηριοτήτων.

8. Summary

The aim of our study was to evaluate the impact of semi-urban air pollution on the frequency of hospitalizations and deaths due to cardiopulmonary causes in children and adults, during the period 2001-2007 in Volos.

This study included all emergency admissions of children (<14 years old) and adults (>14 years old), which required hospitalization due to respiratory or cardiovascular problems, in the General Hospital of the prefecture of Magnesia, Greece («Achillopouleion», Volos) between 1 January 2001 – 31 December 2007. Data were collected for all admissions from the electronic database of General Hospital Volos. Aggregated variables were created for overall morbidity, respiratory and cardiovascular diseases (e.g. chronic obstructive pulmonary disease, asthma, acute bronchitis – pneumonia, acute coronary syndrome). Data for deaths due to above causes at the same period were collected from the files of the local Registry Office. Ambient pollution data were collected from the electronic data base of the University of Thessaly-Magnesia County Network for air pollution during the period 2001 to 2007. The impact of air pollutants on morbidity and mortality was studied through time series analysis, initially assessing correlations zero order, partial correlations and finally using Poisson regression.

There was significant effect of PM_{10} (Lag0, Lag1), CO (Lag1), NO_x (Lag0), on hospitalization of both cardiovascular and respiratory causes, and of O₃ (Lag0) on cardiovascular and of O₃ (Lag1) on hospitalization of both cardiovascular and respiratory causes. The children are more vulnerable in hospitalizations due to respiratory causes because of increased levels of PM_{10} (Lag0), CO (Lag1), NO_x (Lag0) and of O₃ (Lag0).

Further analysis of data for adult's morbidity showed that the growth in respiratory hospitalizations due to elevations in the levels of PM_{10} tended to stabilize above 30 mg/m³ of PM_{10} , whereas for cardiovascular hospitalizations the threshold of the curve was smaller

(25mg/m³). In children population the growth in respiratory hospitalizations due to elevations in the levels of PM₁₀ tended to stabilize above 20 µg/m³ of PM₁₀.

The greatest impact in admissions of adults was observed in combined increase in the levels of CO (Lag0) and O₃ (Lag1), due to respiratory causes because of combined increase of PM₁₀ (Lag0) and CO (Lag1), CO (Lag0) and O₃ (Lag1), and due to cardiovascular diseases because of combined increase of CO (Lag1) and O₃ (Lag1). In childhood the combined increase in the levels of CO (Lag1) and O₃ (Lag0), and of PM₁₀ (lag0) and CO (lag1) have the greatest effect on hospitalizations due to respiratory diseases.

The study showed weak correlation, statistically significant, between air pollutants and mortality, e.g. NO with deaths due to pneumonia, CO with fatal acute coronary syndrome and PM₁₀ with deaths due to heart diseases.

In conclusion, the present study demonstrated a significant relationship between hospitalizations due to respiratory or cardiovascular diseases and the levels of ambient pollutants in a moderately industrialized tourist area, over a long period.

Βιβλιογραφία

- Akimoto H. Global air quality and pollution. *Science* 2003; 302:1716–1719.
- Allred E.N., Bleecker E.R., Chaitman B.R., Dahms T.E., Gottlieb S.O., Hackney J.D., et al. Short-term effects of carbon monoxide exposure on the exercise performance of subjects with coronary artery disease. *N. Engl. J. Med.* 1989; 321(21):1474-1475.
- American Lung Association, State of the Air 2005. Available at http://lungaction.org/reports/sota05_heffects3a.html.
- Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from the APHEA2 study. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164 (10 Pt 1):1860–1866.
- Awang MB, Rahman AF, Adullah WZ, Lazer R, Majid MT. Air quality in Malaysia: impacts, management issues and future challenges. *Respirology* 2000;5(2):183–196.
- Barnett AG, Williams GM, Schwartz J, Neller AH, Best TL, Petroeschevsky AL, et al. Air pollution and child respiratory health: a case-crossover study in Australia and New Zealand. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;171(11):1272–1278.
- Berne RM, Levy MN, Koeppen B, Stanton BA. *Physiology*. Fourth edition. St. Louis, Missouri: Mosby Publishers; 1998. p. 519.
- Brook R.D., Franklin B., Cassio W., Hong Y., Howard G., Lipsett M., et al. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American heart association. *Circulation* 2004;109(21):2655-2671.
- Brook RD, Brook JR, Urch B, Vincent R, Rajagopalan S, Silverman F. Inhalation of fine particulate matter and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults. *Circulation* 2002;105(13):1534–1536.

- Brunekreef B, Holgate S.T. Air pollution and health. *Lancet* 2002; 360(9341):1233-1242.
- Burnett RT, Smith-Doiron M, Stieb D, Raizenne ME, Brook JR, Dales RE, Leech JA, Cakmak S, Krewski D. Association between Ozone and Hospitalization for acute respiratory diseases in children less than 2 years of age. *Am J Epidemiol.* 2001;153(5):444-452.
- Chen LH, Knutsen SF, Shavlik D, Beeson WL, Petersen F, Ghamsary M, et al. The association between fatal coronary heart disease and ambient particulate air pollution: are females at greater risk? *Environ Health Perspect* 2005;113(12): 1723–1729.
- Chen Y, Yang Q, Krewski D, Shi Y, Burnett RT, McFrail K. Influence of relatively low level particulate air pollution and hospitalization for COPD in elderly people. *Inhal Toxicol* 2004;16(1):21–25.
- Cohen AJ, Ross Alexander H, Ostro B, Pandey KD, Kryzanowski M, Kunzail N, et al. The global burden of disease due to outdoor air pollution. *J Toxicol Environ Health A* 2005; 68(13-14): 1–7.
- D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, Cazzola M. Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma. *Eur Respir J.* 2002;20(3):763-776.
- De Paula Santos U, Braga AL, Giorgi DM, Grupi CJ, Li CA, Bussacos MA, et al. Effects of air pollution on blood pressure and heart rate variability: a panel study of vehicular traffic controllers in the city of Sao Paulo, Brazil. *Eur Heart J* 2005;26(2):193–200.
- Dickey J.H. Air pollution: overview of sources and health effects. *Dis.Mon.* 2000;46(9):566-589.
- Estrella B, Estrella R, Oviedo J, Narvaez X, Reyes MT, Guitierrez M, et al. Acute respiratory disease and carboxyhemoglobin status in school children in Quito, Ecuador. *Environ Health Perspect* 2005;113(5):607–611.

- Ford B.L., 1983. An overview of hot-deck procedures. In: Madow W.G., Olkin I., Rubon D.B. (Eds.), *Incomplete Data in Sample Surveys*. Academic Press, NY, pp. 185-207.
- Franchini M, Rial M, Buiatti E, Bianchi F. Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Ann Ist Super Sanita* 2004;40(1):101-115.
- Freidman MS, Powell KE, Hutwanger L, Graham LM, Teague WG. Impact of changes in transportation and commuting during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA* 2001;285(7):897–905.
- Gauderman WJ, Vora H, McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Thomas D, Lurmann F, Avol E, Kunzli N, Jerrett M, Peters J. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age : a cohort study. *Lancet* 2007;369(9561):571-577.
- Godish T. *Air quality*. Fourth edition. Boca Raton, Florida: Lewis Books; 2003.
- Goldman G.T., Mulholland J.A., Russell A.G., Srivastava A., Strickland M.J., Klein M., et al. Ambient air pollutant measurement error: characterization and impacts in a time-series epidemiologic study in Atlanta. *Environ. Sci. Technol.* 2010;44(19):7692-7698.
- Gyan K, Henry W, Lucille S, Laloo A, Lamsee-Ebanke C, McKay R, et al. African dust clouds are associated with increased pediatric asthma accident and emergency admission on the Caribbean island of Trinidad. *Int J Biometeorol* 2005;49(6):371–376.
- Hong YC, Lee JT, Kim H, Kwon HJ. Air pollution: a new risk for stroke mortality. *Stroke* 2002;33(9):2165–2169.
- Horstman DH, Folinsbee LJ, Ives PJ, Abdul-Salaam S, McDonnell WF. Ozone concentration and pulmonary response relationships for 6.6-hour exposures with five hours of moderate exercise to 0.08, 0.10, and 0.12 ppm. *Am Rev Respir Dis.* 1990;142(5):1158-1163.
- Jaakkola JJ, Paunio M, Virtanen M, Heinonen OP. Low-level air pollution and upper respiratory infections in children. *Am J Publ Health* 1991;81(8):1060–1063.

- Jaward FM, Meijer SN, Steinnes E, Thomas GO, Jones KC. Further studies on the latitudinal and temporal trends of persistent organic pollutants in Norwegian and UK background air. *Environ Sci Technol* 2004;38(9):2523–2530.
- Jayaraman G., Nidhi. Air pollution and associated respiratory morbidity in Delhi. *Health Care Manag. Sci.* 2008;11(2):132-138.
- Kan H, Chen B. Air pollution and daily mortality in Shanghai: a time course series. *Arch Environ Health* 2003;58(6):360–367.
- Katsouyanni K, Samet JM, Anderson HR, Atkinson R, Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Touloumi G, Burnett RT, Krewski D, Ramsay T, Dominici F, Peng RD, Schwartz J, Zanobetti A; HEI Health Review Committee. Air pollution and health: a European and North American approach (APHENA). *Res Rep Health Eff Inst.* 2009;(142):5-90.
- Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 2011;12(5):521–31.
- Keles N, Ilicali C. The impact of outdoor pollution on upper respiratory disease. *Rhinology* 1998;36(1):24–27.
- Kelly F.J., Dunster C., Mudway I. Air pollution and the elderly: oxidant/ antioxidant issues worth consideration. *Eur. Respir. J.* 2003;Suppl. 40:70s-75s.
- Knox EG. Childhood cancers and atmospheric carcinogens. *J Epidemiol Community Health* 2005;59 (2):101–105.
- Kunzli N, Jerrett M, Mack WJ, Beckerman B, LaBree L, Gilliland, et al. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environ Health Perspect* 2005;113(2):201–206.
- Kunzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P, et al. Public health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000;356 (9232):795–801.

- Lacasana M, Esplugues A, Ballester F. Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects. *Eur J Epidemiol* 2005;20(2):183–199.
- Le Tetre A, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A, et al. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *J Epidemiol Community Health* 2002;56(10):773–779.
- Lebowitz M.D., Holberg C.J., Boyer B., Hayes C. Respiratory symptoms and peak flow associated with indoor and outdoor air pollutants in the southwest. *J. Air. Pollut. Control. Assoc.* 1985;35(11):1154-1158.
- Lee J.T., Kim H., Song H., Hong Y.C., Cho Y.S., Shin S.Y., et al. Air pollution and asthma among children in Seoul, South Korea. *Epidemiology* 2002;13(4):481-484.
- Levy J. Issues and uncertainties in estimating the health effects of air pollution control. *J Toxicol Environ Health Part A* 2003;66(16-19):1865–1871.
- Lin M, Chen Y, Burnett RT, Villeneuve PJ, Krewski D. Effect of short-term exposure to gaseous pollution on asthma hospitalisation in children: a bi-directional case-crossover analysis. *J Epidemiol Community Health* 2003;57(1):50-55
- Luginaah IN, Fung KY, Gorey KM, Webster G, Wills C. Association of Ambient Air Pollution with Respiratory Hospitalization in a Government-Designated “Area of Concern”: The Case of Windsor, Ontario. *Environ Health Perspect.* 2005;113(3): 290–296.
- Maitre A, Bonnetterre V, Huillard L, Sabatier Ph, de Gaudemaris, Regis. Impact of urban atmospheric pollution on coronary disease. *Eur. Heart J.* 2006;27(19) :2275-2284.
- Martins LC, La Torre Mdo R, Cardoso MR, Goncalves FL, Saldiva F, Braga AL. Air pollution and emergency room visits due to pneumonia and influenza in Sao Paulo, Brazil. *Rev Saude Publica* 2002;36(1):88–94.

- McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Molitor J, Thomas D, Lurmann F, et al. Prospective study of air pollution and bronchitic symptoms in children with asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168(7):790–797.
- Metzger KB, Tolbert PE, Klein M, Peel JL, Flanders WD, Todd K, et al. Ambient air pollution and cardiovascular emergency room visits. *Epidemiology* 2004;15(1):46–56.
- Morgenstern V., Zutavern A., Cyrys J., Brockow I., Koletzko S., Krämer U., et al. Atopic diseases, allergic sensitization, and exposure to traffic-related air pollution in children. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2008;177(12):1331-1337.
- Morris R., Naumova E.N., Mungjinshe R.L. Ambient air pollution and hospitalization for congestive heart failure among elderly people in 7 large US cities. *Am. J. Public Health* 1995; 85(10):1361-1365.
- Nastos P.T., Paliatsos A.G., Anthracopoulos M.B., Roma E.S., Priftis K.N. Outdoor particulate matter and childhood asthma admissions in Athens, Greece: a time-series study. *Environ. Health* 2010; 9: 45.
- Naumova Y, Eisenreich SJ, Turpin B, Weisel CP, Morandi MT, Colome SD, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the indoor and outdoor air of 3 cities in US. *Environ Sci Technol* 2002;36(12):2552–2559.
- Nel A. Atmosphere. Air pollution-related illness: effects of particles. *Science* 2005;308(5723):804-806.
- Nightingale J.A., Maggs R., Cullinan P., Donnelly L.E., Rogers D.F., Kinnersley R., et al. Airway inflammation after controlled exposure to diesel exhausts particulates. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* 2000;162(1):161-166.
- Pantazopoulou A., Katsouyanni K., Kourea-Kremastinou J., Trichopoulos D. Short-term effects of air pollution on hospital emergency outpatient visits and admissions in the greater Athens, Greece area. *Environ. Res.* 1995;69(1):31-36.

- Peel J., Paige T., Klein M., Metzger K.B., Flanders W.D., Todd K., et al. Ambient air pollution and respiratory emergency department visits. *Epidemiology* 2005;16(2):164-174.
- Penard-Morand C, Charpin D, Raheison C, Kopferschmitt C, Callaud D, Lavaud F, et al. Long-term exposure to background air pollution related to respiratory and allergic health in schoolchildren. *Clin Exp Allergy* 2005; 35(10):1279–1287.
- Peters A, Dockery DD, Miller JF, Mittelman MA. Increased particulate matter and the triggering of myocardial infarction. *Circulation* 2001a; 103(23):2810–2815.
- Peters A, Döring A, Wichmann HE, Koenig W. Increased plasma viscosity during the 1985 air pollution episode: a link to mortality? *Lancet* 1997; 349(9065):1582-1587
- Peters A, Fröhlich M, Döring A, Immervoll T, Wichmann HE, Hutchinson WL, Pepys MB, Koenig W. Particulate air pollution is associated with an acute phase response in men; results from the MONICA-Augsburg Study. *Eur Heart J.* 2001b; 22(14):1198-1204
- Peters A, Liu E, Verrier RL, Schwartz J, Gold DR, Mittleman M, et al. Air pollution and risk of cardiac arrhythmia. *Epidemiology* 2000; 11(1):11–7.
- Peters A, Von Klot S, Heier M, Trentinaglia I, Hormann A, Wichmann E, et al. Exposure to traffic and the onset of myocardial infarction. *N Engl J Med* 2004; 351 (17):1721–1730.
- Pino P, Walter T, Oyarzun M, Villegas R, Romieu I. Fine particulate matter and wheezing illnesses in the first year of life. *Epidemiology* 2004;15(6):702–708.
- Pourazar J., Frew A.J., Blomberg A., Helleday R., Kelly F.J., Wilson S., et al. Diesel exhaust exposure enhances the expression of IL-13 in the bronchial epithelium of healthy subjects. *Respir. Med.* 2004;98(9):821-825.
- Priftis KN, Anthracopoulos MB, Paliatsos AG, Tzavelas G, Nikolaou-Papanagiotou A, Douridas P, Nicolaidou P, Mantzouranis E. Different effects of urban and rural environments in the respiratory status of Greek schoolchildren. *Respiratory Medicine* 2007;101(1):98-106

- Romieu I, Meneses F, Ruiz S, Huerta J, Sienra JJ, White M, et al. Effects of intermittent ozone exposure on peak expiratory flow and respiratory symptoms among asthmatic children in Mexico City. *Arch Environ Health* 1997; 52(5):368–376.
- Rozenberg M. Summary of PM_{2.5} produced by wintertime wood burning in 15 US cities; 2003. Available at <http://burningissues.org>.
- Salvi S., Blomberg A., Rudell B., Kelly F., Sandström T., Holgate S.T., et al. Acute inflammatory responses in the airways and peripheral blood after shortterm exposure to diesel exhaust in healthy human volunteers. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* 1999;159(3):702-709.
- Salvi S., Nordenhall C., Blomberg A., Rudell B., Pourazar J., Kelly F.J., et al. Acute exposure to diesel exhaust increases IL-8 and GRO-alpha production in healthy human airways. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* 2000; 161(2 Pt 1):550-557.
- Samet JM, Dominici F, Curriero F, Coursac I, Zeger S. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987–1994. *N Engl J Med* 2000; 343(24):1742–1749.
- Samoli E, Peng R, Ramsay T, Pipikou M, Touloumi G, Dominici F, Burnett R, Cohen A, Krewski D, Samet J, Katsouyanni K. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA study. *Environ Health Perspect.* 2008; 116(11):1480-1486.
- Samoli E., Nastos P.T., Paliatsos A.G., Katsouyanni K., Priftis K.N. Acute effects of air pollution on pediatric asthma exacerbation: evidence of association and effect modification. *Environ. Res.* 2011;111(3):418-424.
- Sapkota A, Symons JM, Kleissl J, Wang L, Parlange MB, Ondov J, et al. Impact of the 2002 Canadian forest fires on particulate air pollution in Baltimore City. *Environ Sci Technol* 2005; 39(1):24–32.

- Schildcrout J.S., Sheppard L., Lumley T., Slaughter J.C., Koenig J.Q., Shapiro G.G. Ambient air pollution and asthma exacerbations in children: an eight-city analysis. *Am. J. Epidemiol.* 2006;164(6):505-517.
- Schoier G, 1999. On partial non response situations: the hor-deck imputation method. *Bulletin of the International Statistical Institute, Proceedings Acts*, tome LVIII, Finland.
- Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for heart disease in eight US counties. *Epidemiology* 1999;10(1):17–22.
- Schwartz J. PM10, ozone, and hospital admissions for the elderly in Minneapolis–St. Paul, Minnesota. *Arch Environ Health* 1994;49(5):366–374.
- Schwartz J. The effects of particulate air pollution on daily deaths: a multi-city case crossover study. *Occup Environ Med* 2004;61(12):956–961.
- Shima M., Adachi M. Effect of outdoor and indoor nitrogen dioxide on respiratory symptoms in schoolchildren. *Int. J. Epidemiol.* 2000;29(5):862-870.
- Suh HH, Bahadori T, Vallarino J, Spengler JD. Criteria air pollutants and toxic air pollutants. *Environ Health Perspect* 2004;108 Suppl 4:625-633.
- Viegi G, Maio S, Pistelli F, Baldacci S, Carrozzi L, 2006. Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease: health effects of air pollution. *Respirology* 2006;11(5):523-532.
- Vineis P, Foraster F, Hoek G, Lippsett M. Outdoor air pollution and lung cancer: recent epidemiological evidence. *Int J Cancer* 2004;111(5):647–652.
- Volpino P., Tomei F., La Valle C., Tomao E., Rosati M.V., Ciarrocca M., et al. Respiratory and cardiovascular function at rest and during exercise testing in a healthy working population: effects of outdoor traffic air pollution. *Occup. Med. (Lond)* 2004;54(7):475-482.

- Wilkening KE, Barrie LA, Engle M. Trans-Pacific air pollution. *Science* 2000;290(5489):65–67.
- Wong EY, Gohlke J, Griffith WC, Farrow S, Faustman EM. Assessing the health benefits of air pollution reduction for children. *Environ Health Perspect* 2004;112(2):226–232.
- Wong GW, Ko FW, Lau TS, Li ST, Hui D, Pang SW, Leung R, Fok TF, Lai CK. Temporal relationship between air pollution and hospital admissions for asthmatic children in Hong Kong. *Clin Exp Allergy* 2001;31(4):565-569.
- Wong T.W., Lau T.S., Yu T.S., Neller A., Wong S.L., Tam W., et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases in Hong Kong. *Occup. Environ. Med.* 1999;56(10):679-683.
- Yang CY, Chen YS, Yang CH, Ho SC. Relationship between ambient air pollution and hospital admissions for cardiovascular diseases in kaohsiung, taiwan. *J Toxicol Environ Health A*. 2004;67(6):483-493.
- Ye F, Piver WT, Ando M, Portier CJ. Effects of temperature and air pollutants on cardiovascular and respiratory diseases for males and females older than 65 years of age in Toyko, July and August 1980–1995. *Environ Health Perspect* 2001;109(4):355–359.
- Zanobetti A, Schwartz J, Dockery D. Airborne particles as a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease. *Environ Health Perspect* 2000;108(11):1071–1077.
- Zanobetti A, Schwartz J. Cardiovascular damage by airborne particles: are diabetics more susceptible? *Epidemiology* 2002;13(5):588–592.
- Zemp E, Elsasser S, Schindler C, Kunzli N, Perruchoud AP, Domenighetti G, et al. Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159 (4 Pt 1):1257–1266.

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2.1: Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης στο σταθμό μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανση της NAM.

Ρύπος	Χρονική βάση μετρήσεων	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	1 ώρα / 8 ώρες	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO,NO ₂)	1 ώρα	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O ₃)	1 ώρα / 8 ώρες	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (PM ₁₀)	1 ώρα / 24 ώρες	Απορρόφηση β ακτινοβολίας

Πίνακας 2.2: Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης στο σταθμό μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της ΔΕΥΑΜΒ.

Ρύπος	Χρονική βάση μετρήσεων	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	1 ώρα / 8 ώρες	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO ₂)	1 ώρα	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O ₃)	1 ώρα / 8 ώρες	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (PM ₁₀)	1 ώρα / 24 ώρες	Απορρόφηση β ακτινοβολίας
Βενζόλιο – Τολουόλιο – Αιθυλοβενζόλιο, m-p-o Ξυλόλιο (BTEX)	1 ώρα	Αέρια χρωματογραφία (GC-PID)

Πίνακας 4.1: Βασικές μεταβλητές.

Μεταβλητές		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Τεταρτημόρια			Μέγιστη τιμή	Αριθμός παρατηρήσεων
					25	50	75		
Νοσηλεία παιδιών	Πνευμ/κες	1,12	1,302	0	0	1	2	8	2.556
	Καρδ/κες	0,04	0,203	0	0	0	0	2	2.556
	Σύνολο	1,14	1,317	0	0	1	2	8	2.556
Νοσηλεία Ενηλίκων	Πνευμ/κες	2,94	1,916	0	2	3	4	13	2.556
	Καρδ/κες	4,88	2,822	0	3	5	7	18	2.556
	Σύνολο	6,80	3,302	0	4	7	9	19	2.556
Σύνολο νοσηλείων	Πνευμ/κες	4,06	2,469	0	2	4	5	16	2.556
	Καρδ/κες	4,92	2,837	0	3	5	7	18	2.556
	Σύνολο	7,94	3,703	0	5	8	10	22	2.556
Θάνατοι	Πνευμ/κες	0,50	0,897	0	0	0	1	24	2.556
	Καρδ/κες	0,59	0,782	0	0	0	1	5	2.556
	Σύνολο	1,06	1,199	0	0	1	2	24	2.556
Περιβαλλοντικοί δείκτες	PM10_C	48,47	23,01	0,00	34,00	44,00	57,00	284,00	2.114
	PM10_m	448,98	204,51	2,00	306,33	472,79	616,00	1.421,00	2.215
	CO	0,45	0,42	0,10	0,20	0,30	0,50	3,00	2.367
	NO	13,52	28,79	1,00	3,00	6,00	13,00	310,00	2.058
	NO2	30,12	24,82	1,00	16,00	24,00	37,00	314,36	2.098
	NOX	40,67	42,95	0,18	18,97	29,00	46,00	455,80	2.140
	SO2	13,40	36,45	2,00	2,00	5,00	14,00	718,00	2.331
	O3	50,29	22,77	7,00	31,00	50,00	69,00	115,00	2.361
	Ta	16,16	7,60	-6,10	10,08	15,70	22,20	34,90	2.369
	RH	62,32	14,48	15,00	52,00	61,00	73,00	100,00	2.370

Πίνακας 4.2: Αναλυτικές μεταβλητές : αριθμός νοσηλειών και θανάτων ανά αιτία.

Μεταβλητές		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Τεταρτημόρια			Μέγιστη τιμή	Αριθμός παρατηρήσεων
					25	50	75		
Νοσηλεία παιδιών	ΑΣΘΜΑ	0,17	0,441	0	0	0	0	3	2.556
	ΛΟΙΜΩΞΗ	0,93	1,190	0	0	1	1	8	2.556
	ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΚΟ	0,02	0,156	0	0	0	0	2	2.556
	Κ/Α ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0,01	0,132	0	0	0	0	2	2.556
Νοσηλεία Ενήλικων	ΧΑΠ	0,25	0,530	0	0	0	0	4	2.556
	ΑΣΘΜΑ	0,02	0,142	0	0	0	0	2	2.556
	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΑΠΝ	0,85	1,001	0	0	1	1	7	2.556
	ΟΞΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟ	1,82	1,589	0	1	2	3	10	2.556
	ΟΞΥ ΠΝΕΥΜ ΟΙΔ	0,34	0,598	0	0	0	1	5	2.556
	CA ΠΝΕΥΜΟΝΑ	0,30	0,560	0	0	0	1	4	2.556
	ΆΛΛΟ ΠΝ/ΚΟ	0,17	0,420	0	0	0	0	3	2.556
	ΑΛΛΟ ΚΑΡΔ/ΚΟ	2,04	1,665	0	1	2	3	13	2.556
	Κ/Α ΑΝΕΠ/ΚΕΙΑ	1,02	1,093	0	0	1	2	6	2.556
Θάνατοι	ΧΑΠ	0,01	0,115	0	0	0	0	1	2.556
	ΑΣΘΜΑ	0,00	0,034	0	0	0	0	1	2.556
	ΠΝΕΥΜΟΝΙΑ	0,02	0,143	0	0	0	0	1	2.556
	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΑΠΝ	0,05	0,475	0	0	0	0	22	2.556
	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΩ ΑΝΑΠΝ	0,00	0,044	0	0	0	0	1	2.556
	ΛΟΙΜΩΞΗ ΚΑΤΩ ΑΝΑΠΝ	0,00	0,056	0	0	0	0	1	2.556
	CA ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ	0,11	0,338	0	0	0	0	3	2.556
	ΟΞΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟ	0,20	0,456	0	0	0	0	3	2.556
	ΟΠΟ	0,14	0,397	0	0	0	0	3	2.556
	ΟΠΟ.ΜΗ ΚΑΡΔΙΟΓΕΝΕΣ	0,01	0,097	0	0	0	0	2	2.556
	ΟΠΟ.ΚΑΡΔΙΟΓΕΝΕΣ	0,12	0,358	0	0	0	0	3	2.556
	ΆΛΛΟ ΠΝΕΥΜ/ΚΟ	0,01	0,121	0	0	0	0	1	2.556
	ΆΛΛΟ ΚΑΡΔ/ΚΟ	0,04	0,211	0	0	0	0	2	2.556
	ΑΝΑΚΟΠΗ	0,11	0,336	0	0	0	0	3	2.556
	Κ/Α ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0,09	0,307	0	0	0	0	2	2.556
	ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0,11	0,333	0	0	0	0	3	2.556
	ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ	0,02	0,130	0	0	0	0	1	2.556

Πίνακας 4.3: Διαθεσιμότητα δεδομένων ρύπανσης.

Δείκτες	Αριθμός παρατηρήσεων	%	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
PM10_C	2114	82,7	48,5	23,0	0,0	284,0
PM10_m	2215	86,7	449,0	204,5	2,0	1421,0
CO	2367	92,6	0,5	0,4	0,1	3,0
NO	2058	80,5	13,5	28,8	1,0	310,0
NO2	2098	82,1	30,1	24,8	1,0	314,4
NOX	2140	83,7	40,7	42,9	0,2	455,8
SO2	2331	91,2	13,4	36,4	2,0	718,0
O3	2361	92,4	50,3	22,8	7,0	115,0
Ta	2369	92,7	16,2	7,6	-6,1	34,9
RH	2370	92,7	62,3	14,5	15,0	100,0
Ta MIN / C ^(*)	365	14,3	13,4	7,2	-0,3	36,8
Ta MAX / C ^(*)	365	14,3	20,0	7,9	2,2	42,5

(*) Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα μόνο για το έτος 2007 όπου PM10-c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) και PM10-m (μg) πρόκειται για τη συγκέντρωση και τη μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 10 μm , CO αντιστοιχεί στο μονοξείδιο άνθρακα (mg/m^3), NO, NO₂, NO_x αντίστοιχα μονοξείδιο, διοξείδιο και οξείδια του αζώτου ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), SO₂ το διοξείδιο του θείου ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), O₃ το όζον ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), RH η υγρασία (%), και Ta MIN, Ta MAX, Ta AVER η ελάχιστη, η μέγιστη και η μέση θερμοκρασία (C⁰)

Πίνακας 4.4 : Διαθεσιμότητα μετρήσεων ρύπανσης ανά έτος.

Έτος	Δείκτες	Αριθμός παρατηρήσεων	%	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	CV	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
2001	PM10_C	299	81,9	44,4	17,7	0,40	6,0	107,0
	PM10_m	335	91,8	443,7	210,1	0,47	3,0	1.140,0
	CO	347	95,1	0,9	0,5	0,51	0,1	2,1
	NO	258	70,7	16,7	17,1	1,02	1,0	84,0
	NO2	294	80,5	50,6	21,8	0,43	9,0	139,0
	NOX	293	80,3	59,8	36,2	0,61	7,0	215,0
	SO2	347	95,1	10,7	10,2	0,95	2,0	68,0
	O3	347	95,1	57,7	23,3	0,40	11,0	115,0
	Ta	347	95,1	16,9	7,8	0,46	-6,1	30,4
	RH	347	95,1	60,8	14,4	0,24	26,0	97,0
	T_st	347	95,1	23,1	1,8	0,08	11,5	25,3
2002	PM10_C	290	79,5	50,3	20,9	0,41	11,0	123,0
	PM10_m	304	83,3	494,9	191,3	0,39	2,0	865,0
	CO	317	86,8	0,7	0,7	1,08	0,1	3,0
	NO	317	86,8	14,8	18,7	1,27	1,0	130,0
	NO2	317	86,8	36,6	25,1	0,68	5,0	128,0
	NOX	317	86,8	50,7	41,9	0,83	9,0	232,0
	SO2	317	86,8	11,3	10,4	0,92	2,0	47,0
	O3	317	86,8	50,3	25,2	0,50	7,0	105,0
	Ta	317	86,8	16,3	7,2	0,44	-1,3	31,4
	RH	317	86,8	65,3	14,4	0,22	27,0	96,0
	T_st	317	86,8	24,3	1,4	0,06	14,1	25,6
2003	PM10_C	238	65,2	49,3	22,2	0,45	13,0	222,0
	PM10_m	250	68,5	478,9	224,4	0,47	2,0	1.421,0
	CO	328	89,9	0,4	0,2	0,40	0,1	1,0
	NO	328	89,9	6,8	7,0	1,03	1,0	44,0
	NO2	328	89,9	20,4	9,0	0,44	3,0	48,0
	NOX	328	89,9	26,8	15,0	0,56	4,0	87,0
	SO2	322	88,2	9,5	9,0	0,95	2,0	52,0
	O3	328	89,9	54,6	24,4	0,45	8,0	113,0
	Ta	328	89,9	16,3	7,8	0,48	2,6	32,2
	RH	328	89,9	63,6	14,8	0,23	30,0	100,0
	T_st	328	89,9	24,6	1,4	0,06	20,1	29,5
2004	PM10_C	336	92,1	48,4	21,8	0,45	14,0	143,0
	PM10_m	336	92,1	458,4	184,5	0,40	12,0	978,0
	CO	354	97,0	0,3	0,2	0,63	0,1	1,2
	NO	355	97,3	7,5	9,8	1,29	1,0	79,0
	NO2	355	97,3	21,7	12,5	0,57	3,0	73,0
	NOX	355	97,3	29,1	21,3	0,73	5,0	152,0
	SO2	355	97,3	12,1	13,5	1,11	2,0	74,0
	O3	347	95,1	51,2	20,8	0,41	8,0	94,0
	Ta	355	97,3	16,2	7,2	0,45	-2,6	30,1
	RH	355	97,3	62,2	13,9	0,22	32,0	96,0
	T_st	355	97,3	25,7	1,7	0,07	15,3	27,3

2005	PM10_C	299	81,9	49,8	26,8	0,54	0,0	272,0
	PM10_m	300	82,2	424,4	203,0	0,48	5,0	909,0
	CO	300	82,2	0,3	0,1	0,49	0,1	0,8
	NO	300	82,2	8,2	8,0	0,97	1,0	48,0
	NO2	300	82,2	27,4	12,8	0,47	3,0	66,0
	NOX	300	82,2	35,4	20,0	0,56	4,0	105,0
	SO2	286	78,4	27,7	69,4	2,50	2,0	718,0
	O3	300	82,2	58,4	23,3	0,40	14,0	101,0
	Ta	300	82,2	15,1	7,7	0,51	-0,1	29,4
	RH	301	82,5	60,6	12,9	0,21	15,0	99,0
	T_st	300	82,2	25,2	1,5	0,06	17,4	27,7
2006	PM10_C	297	81,4	54,6	30,5	0,56	10,0	284,0
	PM10_m	334	91,5	428,1	238,5	0,56	2,0	994,0
	CO	357	97,8	0,3	0,2	0,61	0,1	1,3
	NO	357	97,8	8,8	8,0	0,91	1,0	48,0
	NO2	356	97,5	23,6	13,3	0,56	1,0	73,0
	NOX	357	97,8	32,0	19,6	0,61	3,0	120,0
	SO2	352	96,4	12,6	48,8	3,87	2,0	583,0
	O3	357	97,8	42,7	16,8	0,39	8,0	80,0
	Ta	357	97,8	15,6	7,9	0,51	-3,5	30,2
	RH	357	97,8	64,0	14,8	0,23	28,0	98,0
	T_st	357	97,8	24,8	1,6	0,06	16,3	26,4
2007	PM10_C	355	97,3	43,7	17,5	0,40	14,6	135,4
	PM10_m	356	97,5	425,1	168,9	0,40	3,8	816,1
	CO	364	99,7	0,4	0,3	0,69	0,1	1,0
	NO	143	39,2	58,1	87,9	1,51	1,3	310,0
	NO2	148	40,5	38,4	60,7	1,58	1,1	314,4
	NOX	190	52,1	64,6	106,0	1,64	0,2	455,8
	SO2	352	96,4	12,0	43,3	3,61	2,0	497,7
	O3	365	100,0	39,2	18,1	0,46	10,3	90,4
	Ta	365	100,0	16,6	7,5	0,45	0,8	34,9
	RH	365	100,0	60,0	15,2	0,25	19,4	96,6

Πίνακας 4.5 Νοσηλείες: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανά έτος.

ΑΣΘΜΑ ΠΑΙΔΩΝ					ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΑΠΝ/ΚΟΥ ΠΑΙΔΩΝ				ΚΑΡΔ. ΑΝΕΠ/ΚΕΙΑ ΠΑΙΔΩΝ				ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΙΔΩΝ			
Έτος	Σύνολο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	CV	Σύνολο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	CV	Σύνολο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	CV	Σύνολο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	CV
2001	112	0,31	0,587	1,91	400	1,10	1,358	1,24	6	0,02	0,127	7,75	553	1,52	1,547	1,02
2002	90	0,25	0,524	2,12	310	0,85	1,090	1,28	19	0,05	0,222	4,27	419	1,15	1,275	1,11
2003	38	0,10	0,332	3,19	347	0,95	1,190	1,25	1	0,00	0,052	19,10	386	1,06	1,240	1,17
2004	76	0,21	0,463	2,23	359	0,98	1,248	1,27	9	0,02	0,155	6,31	444	1,21	1,378	1,14
2005	55	0,15	0,415	2,75	275	0,75	1,035	1,37	13	0,04	0,186	5,21	343	0,94	1,182	1,26
2006	48	0,13	0,384	2,92	251	0,69	1,025	1,49	6	0,02	0,127	7,75	305	0,84	1,129	1,35
2007	23	0,06	0,243	3,86	439	1,20	1,266	1,05	8	0,02	0,164	7,50	470	1,29	1,314	1,02
ΧΑΠ					ΑΣΘΜΑ ΕΝΗΛΙΚΩΝ				ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝ/ΚΟΥ ΕΝΗΛΙΚΩΝ				ΟΕΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟ			
2001	108	0,30	0,598	2,02	3	0,01	0,090	11,00	238	0,65	0,846	1,30	738	2,02	1,512	0,75
2002	98	0,27	0,534	1,99	5	0,01	0,116	8,50	233	0,64	0,806	1,26	996	2,73	1,916	0,70
2003	82	0,22	0,549	2,44	6	0,02	0,127	7,75	344	0,94	1,032	1,10	835	2,29	1,531	0,67
2004	95	0,26	0,545	2,10	15	0,04	0,224	5,48	382	1,04	1,202	1,15	821	2,24	1,606	0,72
2005	84	0,23	0,447	1,94	7	0,02	0,137	7,16	334	0,92	1,090	1,19	273	0,75	0,915	1,22
2006	61	0,17	0,435	2,60	3	0,01	0,090	11,00	312	0,85	0,965	1,13	586	1,61	1,274	0,79
2007	104	0,28	0,575	2,02	7	0,02	0,156	8,14	318	0,87	0,945	1,08	391	1,07	1,163	1,09
ΟΕΥ ΠΝ/ΚΟ ΟΙΔΗΜΑ					CΑ ΠΝΕΥΜΟΝΑ				ΑΛΛΟ ΠΝ/ΚΟ ΕΝΗΛΙΚΩΝ				ΑΛΛΟ ΚΑΡΔ/ΚΟ ΕΝΗΛΙΚΩΝ			
2001	139	0,38	0,616	1,62	168	0,46	0,720	1,56	32	0,09	0,302	3,44	697	1,91	1,361	0,71
2002	175	0,48	0,751	1,57	124	0,34	0,615	1,81	82	0,22	0,468	2,08	1.090	2,99	2,319	0,78
2003	117	0,32	0,578	1,80	98	0,27	0,513	1,91	56	0,15	0,397	2,59	734	2,01	1,555	0,77
2004	94	0,26	0,485	1,89	92	0,25	0,488	1,94	53	0,14	0,389	2,69	764	2,09	1,417	0,68
2005	112	0,31	0,573	1,87	101	0,28	0,522	1,89	81	0,22	0,506	2,28	811	2,22	1,527	0,69
2006	145	0,40	0,641	1,61	121	0,33	0,557	1,68	79	0,22	0,463	2,14	712	1,95	1,461	0,75
2007	90	0,25	0,468	1,90	61	0,17	0,415	2,49	42	0,12	0,360	3,13	408	1,12	1,231	1,10
Κ/Α ΑΝΕΠ/ΚΕΙΑ					ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΗΛΙΚΩΝ				ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ							
2001	408	1,12	1,059	0,95	2.531	6,93	2,884	0,42	3.084	8,45	3,409	0,40				
2002	457	1,25	1,142	0,91	3.260	8,93	3,630	0,41	3.679	10,08	3,948	0,39				
2003	450	1,23	1,140	0,92	2.722	7,46	3,188	0,43	3.108	8,52	3,601	0,42				
2004	429	1,17	1,073	0,92	2.745	7,50	3,128	0,42	3.189	8,71	3,588	0,41				
2005	417	1,14	1,168	1,02	2.220	6,08	2,806	0,46	2.563	7,02	3,142	0,45				
2006	351	0,96	1,084	1,13	2.370	6,49	2,744	0,42	2.675	7,33	3,152	0,43				
2007	103	0,28	0,524	1,86	1.524	4,18	2,579	0,62	1.994	5,46	3,192	0,58				

Πίνακας 4.6 Θάνατοι: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανά έτος.

Έτος	ΧΑΠ			
	Σύνολο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	CV
2001	3	0,01	0,090	11,00
2002	4	0,01	0,104	9,51
2003	5	0,01	0,116	8,50
2004	6	0,02	0,127	7,76
2005	1	0,00	0,052	19,10
2006	6	0,02	0,127	7,75
2007	9	0,02	0,155	6,30
ΣΑ ΠΝΕΥΜΟΝΑ				
2001	33	0,09	0,287	3,18
2002	34	0,09	0,300	3,22
2003	66	0,18	0,426	2,36
2004	37	0,10	0,320	3,16
2005	35	0,10	0,322	3,35
2006	40	0,11	0,330	3,01
2007	44	0,12	0,358	2,97
ΟΠΟ ΚΑΡΔΙΟΓΕΝΕΣ				
2001	45	0,12	0,337	2,74
2002	55	0,15	0,408	2,71
2003	86	0,24	0,507	2,15
2004	24	0,07	0,248	3,78
2005	25	0,07	0,284	4,14
2006	34	0,09	0,309	3,32
2007	38	0,10	0,323	3,11
Κ/Α ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ				
2001	15	0,04	0,199	4,84
2002	26	0,07	0,268	3,76
2003	47	0,13	0,359	2,79
2004	19	0,05	0,222	4,28
2005	48	0,13	0,362	2,75
2006	28	0,08	0,277	3,61
2007	56	0,15	0,390	2,54

Σύνολο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	CV
1	0,00	0,052	19,10
1	0,00	0,052	19,10
1	0,00	0,052	19,10
ΟΞΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟ			
76	0,21	0,445	2,14
80	0,22	0,476	2,17
150	0,41	0,608	1,48
49	0,13	0,379	2,83
45	0,12	0,329	2,67
36	0,10	0,341	3,46
78	0,21	0,478	2,24
ΑΛΛΟ ΠΝΕΥΜ/ΚΟ			
5	0,01	0,116	8,50
2	0,01	0,074	13,49
7	0,02	0,137	7,16
8	0,02	0,146	6,70
6	0,02	0,127	7,75
2	0,01	0,074	13,49
8	0,02	0,147	6,69
ΚΑΡΔ. ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ			
28	0,08	0,277	3,61
39	0,11	0,318	2,98
73	0,20	0,440	2,20
37	0,10	0,336	3,33
44	0,12	0,350	2,91
19	0,05	0,234	4,50
43	0,12	0,323	2,74

Σύνολο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	CV
7	0,02	0,137	7,16
6	0,02	0,127	7,75
13	0,04	0,186	5,21
3	0,01	0,090	11,02
6	0,02	0,127	7,75
8	0,02	0,147	6,69
10	0,03	0,163	5,97
ΟΠΟ			
29	0,08	0,281	3,53
58	0,16	0,428	2,70
124	0,34	0,602	1,77
39	0,11	0,351	3,29
47	0,13	0,367	2,85
34	0,09	0,309	3,32
32	0,09	0,283	3,23
ΑΛΛΟ ΚΑΡΔ/ΚΟ			
8	0,02	0,147	6,69
20	0,05	0,228	4,16
32	0,09	0,293	3,34
19	0,05	0,222	4,28
11	0,03	0,171	5,68
17	0,05	0,211	4,53
8	0,02	0,164	7,50
ΑΝ. ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ			
3	0,01	0,090	11,00
6	0,02	0,127	7,75
10	0,03	0,163	5,97
9	0,02	0,155	6,31
4	0,01	0,104	9,51
5	0,01	0,116	8,50
7	0,02	0,137	7,16

Σύνολο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	CV
4	0,01	0,104	9,51
29	0,08	1,159	14,58
17	0,05	0,224	4,80
7	0,02	0,156	8,15
16	0,04	0,205	4,68
15	0,04	0,199	4,84
28	0,08	0,266	3,47
ΟΠΟ ΜΗ ΚΑΡΔΙΟΓΕΝΕΣ			
2	0,01	0,074	13,49
8	0,02	0,164	7,50
12	0,03	0,179	5,43
ΑΝΑΚΟΠΗ			
17	0,05	0,224	4,80
25	0,07	0,274	4,00
54	0,15	0,378	2,56
38	0,10	0,305	2,94
63	0,17	0,420	2,43
47	0,13	0,374	2,91
38	0,10	0,323	3,11
ΣΥΝΟΛΟ			
276	0,76	0,934	1,23
385	1,05	1,616	1,53
686	1,88	1,357	0,72
295	0,81	0,923	1,15
353	0,97	0,960	0,99
302	0,83	0,944	1,14
418	1,15	1,091	0,95

Πίνακας 4.7 : Συσχετίσεις μεταξύ περιβαλλοντικών δεικτών.

Pearson Correlation										
	PM10_C	PM10_m	CO	NO	NO2	NOX	SO2	O3	Ta	RH
PM10_C		,582(**)	,215(**)	,196(**)	,272(**)	,291(**)	,245(**)	-,359(**)	-,173(**)	,175(**)
PM10_m	,582(**)		,191(**)	0,045	,152(**)	,127(**)	,075(**)	-,185(**)	-,112(**)	,118(**)
CO	,215(**)	,191(**)		,189(**)	,463(**)	,381(**)	,089(**)	-,182(**)	-,222(**)	,088(**)
NO	,196(**)	0,045	,189(**)		,650(**)	,909(**)	,053(**)	-,263(**)	-0,012	-0,029
NO2	,272(**)	,152(**)	,463(**)	,650(**)		,829(**)	,122(**)	-,241(**)	-,097(**)	0,034
NOX	,291(**)	,127(**)	,381(**)	,909(**)	,829(**)		,121(**)	-,297(**)	-,079(**)	0,015
SO2	,245(**)	,075(**)	,089(**)	,053(**)	,122(**)	,121(**)		-,238(**)	-,211(**)	,137(**)
O3	-,359(**)	-,185(**)	-,182(**)	-,263(**)	-,241(**)	-,297(**)	-,238(**)		,557(**)	-,568(**)
Ta	-,173(**)	-,112(**)	-,222(**)	-0,012	-,097(**)	-,079(**)	-,211(**)	,557(**)		-,504(**)
RH	,175(**)	,118(**)	,088(**)	-0,029	0,034	0,015	,137(**)	-,568(**)	-,504(**)	

Spearman's rho										
	PM10_C	PM10_m	CO	NO	NO2	NOX	SO2	O3	Ta	RH
PM10_C		,747(**)	,287(**)	,492(**)	,397(**)	,460(**)	,360(**)	-,367(**)	-,149(**)	,173(**)
PM10_m	,747(**)		,265(**)	,337(**)	,287(**)	,337(**)	,298(**)	-,215(**)	-,128(**)	,149(**)
CO	,287(**)	,265(**)		,553(**)	,511(**)	,525(**)	,394(**)	-,255(**)	-,371(**)	,157(**)
NO	,492(**)	,337(**)	,553(**)		,622(**)	,803(**)	,535(**)	-,645(**)	-,430(**)	,268(**)
NO2	,397(**)	,287(**)	,511(**)	,622(**)		,926(**)	,400(**)	-,280(**)	-,179(**)	,098(**)
NOX	,460(**)	,337(**)	,525(**)	,803(**)	,926(**)		,520(**)	-,398(**)	-,260(**)	,160(**)
SO2	,360(**)	,298(**)	,394(**)	,535(**)	,400(**)	,520(**)		-,445(**)	-,559(**)	,241(**)
O3	-,367(**)	-,215(**)	-,255(**)	-,645(**)	-,280(**)	-,398(**)	-,445(**)		,566(**)	-,560(**)
Ta	-,149(**)	-,128(**)	-,371(**)	-,430(**)	-,179(**)	-,260(**)	-,559(**)	,566(**)		-,507(**)
RH	,173(**)	,149(**)	,157(**)	,268(**)	,098(**)	,160(**)	,241(**)	-,560(**)	-,507(**)	

*p=0.05, **p=0.01, #p=0.001, +p<0.0001

(όπου PM10-c και PM10-m πρόκειται για τη συγκέντρωση και τη μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 10μm, CO αντιστοιχεί στο μονοξείδιο άνθρακα, NO, NO2, NOX αντίστοιχα μονοξείδιο, διοξείδιο και οξείδια του αζώτου, SO2 το διοξείδιο του θείου, O3 το όζον, RH η υγρασία, και Ta μέση θερμοκρασία)

Πίνακας 4.8 : Συσχετίσεις ρύπων με νοσηλείες σε ημερήσια βάση.

ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ		Pearson correlation	ΑΣΘΜΑ ΠΑΙΔΩΝ	ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΠΑΙΔΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΝΟΣΗΛΕΙΩΝ ΠΑΙΔΩΝ	ΧΑΠ	ΑΣΘΜΑ ΕΝΗΛΙΚΩΝ	ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΕΝΗΛΙΚΩΝ	ΟΞΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟ	ΚΑΔ ΑΝΕΠΙΣΤΡΕΥΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ ΝΟΣΗΛΕΙΩΝ ΕΝΗΛΙΚΩΝ
PM10C	2004	r	ns	0,158	0,155	ns	ns	0,114	ns	ns	ns
	2005	r	ns	0,134	0,130	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2006	r	ns	0,260	0,245	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2007	r	ns	ns	ns	ns	ns	0,118	0,147	ns	0,142
PM10M	2004	r	0,153	0,181	0,214	ns	ns	0,145	ns	ns	ns
	2005	r	0,126	0,248	0,272	ns	ns	ns	ns	0,254	0,210
	2006	r	ns	-0,142	-0,111	ns	0,136	ns	ns	ns	ns
CO	2007	r	0,107	0,116	0,132	0,127	ns	ns	0,236	ns	0,261
	2004	r	0,147	0,190	0,226	0,123	ns	0,241	ns	ns	0,132
	2005	r	0,114	0,117	0,154	ns	ns	ns	ns	0,117	ns
	2006	r	ns	0,136	0,119	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NO	2007	r	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,178
	2004	r	ns	0,140	0,155	ns	ns	0,185	ns	0,137	0,137
	2005	r	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2006	r	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,105	0,114	0,146
NO2	2007	r	ns	-0,168	-0,177	ns	ns	ns	ns	ns	-0,242
	2004	r	0,105	0,200	0,216	0,104	ns	0,229	ns	0,143	0,227
	2005	r	ns	0,172	0,199	ns	ns	ns	0,115	0,194	0,170
	2006	r	ns	0,151	0,165	ns	ns	ns	0,159	0,124	0,268
NOX	2007	r	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,206
	2004	r	ns	0,185	0,201	ns	ns	0,222	ns	0,150	0,194
	2005	r	ns	0,136	0,166	ns	ns	ns	0,125	0,155	0,136
	2006	r	ns	0,145	0,157	ns	ns	ns	0,154	0,133	0,251
SO2	2007	r	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2004	r	ns	0,384	0,386	0,155	ns	0,342	ns	0,157	0,210
	2005	r	0,120	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2006	r	ns	0,146	0,125	ns	ns	ns	0,107	ns	0,105
O3	2007	r	0,134	ns	ns	ns	0,145	ns	ns	ns	ns
	2004	r	0,113	-0,204	-0,221	ns	ns	-0,151	ns	ns	ns
	2005	r	ns	ns	-0,123	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2006	r	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2007	r	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

r= Pearson correlation

ns= non significant

Πίνακες 4.9 (1-11) : Μερική συσχέτιση μεταξύ νοσηλειών και δεικτών ατμοσφαιρικής ρύπανσης την ίδια ημέρα (lag0) και μία (lag1), δύο(lag2), τρεις ημέρες(lag3) πριν την εισαγωγή στο νοσοκομείο.

(1) Σύνολο νοσηλειών

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM _{10 C}	0,074	(,002)	0,066	(,005)	0,044	(,065)	0,042	(,074)
CO	0,018	(,453)	0,050	(,034)	0,046	(,049)	0,038	(,11)
NO	-0,140	(,)	-0,083	(,)	-0,090	(,)	-0,110	(,)
NO ₂	0,023	(,321)	0,016	(,499)	-0,001	(,962)	-0,015	(,519)
NOX	0,099	(,)	0,052	(,027)	0,064	(,007)	0,088	(,)
SO ₂	-0,033	(,163)	-0,068	(,004)	-0,055	(,019)	-0,024	(,304)
O ₃	0,122	(,)	0,137	(,)	0,142	(,)	0,142	(,)
Ta	-0,183	(,)	-0,215	(,)	-0,238	(,)	-0,239	(,)
RH	0,071	(,003)	0,018	(,455)	0,055	(,02)	0,059	(,012)

(2) Νοσηλείες ενηλίκων

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM _{10 C}	0,073	(,002)	0,073	(,002)	0,060	(,011)	0,045	(,059)
CO	0,035	(,133)	0,066	(,006)	0,062	(,009)	0,054	(,023)
NO	-0,137	(,)	-0,084	(,)	-0,079	(,001)	-0,100	(,)
NO ₂	0,010	(,686)	0,002	(,917)	-0,012	(,612)	-0,016	(,491)
NOX	0,094	(,)	0,047	(,045)	0,047	(,047)	0,070	(,003)
SO ₂	-0,026	(,277)	-0,063	(,008)	-0,046	(,052)	-0,016	(,49)
O ₃	0,123	(,)	0,145	(,)	0,157	(,)	0,155	(,)
Ta	-0,087	(,)	-0,131	(,)	-0,162	(,)	-0,158	(,)
RH	0,109	(,)	0,046	(,049)	0,081	(,001)	0,094	(,)

(3) Νοσηλείες παιδιών

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM _{10 C}	0,023	(,336)	-0,001	(,976)	-0,030	(,209)	0,005	(,844)
CO	-0,041	(,086)	-0,026	(,267)	-0,027	(,248)	-0,031	(,196)
NO	-0,044	(,061)	-0,019	(,415)	-0,050	(,035)	-0,053	(,024)
NO ₂	0,041	(,081)	0,038	(,106)	0,027	(,256)	-0,001	(,958)
NOX	0,039	(,1)	0,025	(,281)	0,059	(,012)	0,068	(,004)
SO ₂	-0,027	(,257)	-0,030	(,209)	-0,038	(,11)	-0,026	(,27)
O ₃	0,028	(,23)	0,014	(,547)	-0,003	(,885)	0,004	(,851)
Ta	-0,286	(,)	-0,268	(,)	-0,255	(,)	-0,268	(,)
RH	-0,079	(,001)	-0,069	(,003)	-0,051	(,031)	-0,072	(,002)

4) Νοσηλείες για πνευμονολογικούς λόγους (σύνολο)

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM ₁₀ C	0,086	(,)	0,057	(,015)	0,036	(,131)	0,063	(,008)
CO	-0,063	(,008)	-0,037	(,118)	-0,033	(,162)	-0,043	(,068)
NO	-0,129	(,)	-0,066	(,005)	-0,079	(,001)	-0,108	(,)
NO ₂	0,046	(,051)	0,042	(,077)	0,033	(,162)	0,009	(,695)
NOX	0,096	(,)	0,049	(,039)	0,061	(,01)	0,094	(,)
SO ₂	-0,037	(,112)	-0,058	(,014)	-0,044	(,063)	-0,025	(,281)
O ₃	0,099	(,)	0,115	(,)	0,121	(,)	0,126	(,)
Ta	-0,290	(,)	-0,314	(,)	-0,319	(,)	-0,310	(,)
RH	-0,039	(,102)	-0,082	(,001)	-0,024	(,316)	-0,010	(,666)

(5) Νοσηλείες για πνευμονολογικούς λόγους (ενήλικοι)

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM ₁₀ C	0,091	(,)	0,072	(,002)	0,064	(,007)	0,072	(,002)
CO	-0,049	(,036)	-0,028	(,235)	-0,023	(,34)	-0,031	(,189)
NO	-0,131	(,)	-0,071	(,003)	-0,067	(,005)	-0,098	(,)
NO ₂	0,029	(,212)	0,025	(,291)	0,021	(,373)	0,010	(,661)
NOX	0,094	(,)	0,046	(,052)	0,037	(,114)	0,071	(,003)
SO ₂	-0,029	(,219)	-0,054	(,022)	-0,031	(,193)	-0,015	(,528)
O ₃	0,104	(,)	0,134	(,)	0,152	(,)	0,152	(,)
Ta	-0,175	(,)	-0,221	(,)	-0,238	(,)	-0,216	(,)
RH	0,006	(,816)	-0,054	(,022)	0,002	(,929)	0,033	(,158)

(6) Νοσηλείες για πνευμονολογικούς λόγους (παιδιά)

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM ₁₀ C	0,023	(,33)	-0,001	(,95)	-0,029	(,217)	0,009	(,705)
CO	-0,043	(,07)	-0,027	(,257)	-0,028	(,241)	-0,034	(,155)
NO	-0,043	(,068)	-0,017	(,483)	-0,048	(,041)	-0,055	(,02)
NO ₂	0,042	(,078)	0,041	(,086)	0,030	(,204)	0,002	(,943)
NOX	0,038	(,108)	0,022	(,349)	0,057	(,016)	0,069	(,003)
SO ₂	-0,026	(,268)	-0,027	(,255)	-0,036	(,13)	-0,025	(,289)
O ₃	0,027	(,246)	0,013	(,569)	-0,002	(,938)	0,006	(,788)
Ta	-0,285	(,)	-0,267	(,)	-0,252	(,)	-0,265	(,)
RH	-0,080	(,001)	-0,072	(,002)	-0,047	(,046)	-0,069	(,004)

(7) Νοσηλείες για καρδιακούς λόγους (σύνολο)

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM ₁₀ C	0,055	(,019)	0,059	(,013)	0,045	(,054)	0,024	(,317)
CO	0,086	(,)	0,112	(,)	0,100	(,)	0,102	(,)
NO	-0,109	(,)	-0,079	(,001)	-0,078	(,001)	-0,071	(,003)
NO ₂	-0,003	(,887)	-0,015	(,533)	-0,029	(,213)	-0,024	(,307)
NOX	0,073	(,002)	0,048	(,042)	0,053	(,026)	0,045	(,055)
SO ₂	-0,017	(,469)	-0,052	(,028)	-0,046	(,049)	-0,013	(,582)
O ₃	0,123	(,)	0,134	(,)	0,135	(,)	0,133	(,)
Ta	-0,023	(,331)	-0,051	(,032)	-0,085	(,)	-0,098	(,)
RH	0,133	(,)	0,092	(,)	0,106	(,)	0,098	(,)

(8) Νοσηλείες για καρδιακούς λόγους (ενήλικοι)

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM _{10 C}	0,056	(,018)	0,059	(,012)	0,047	(,046)	0,026	(,272)
CO	0,079	(,001)	0,105	(,)	0,093	(,)	0,095	(,)
NO	-0,108	(,)	-0,079	(,001)	-0,078	(,001)	-0,074	(,002)
NO ₂	-0,008	(,74)	-0,019	(,425)	-0,032	(,179)	-0,026	(,274)
NOX	0,075	(,001)	0,050	(,036)	0,054	(,022)	0,049	(,04)
SO ₂	-0,017	(,481)	-0,051	(,032)	-0,046	(,053)	-0,012	(,598)
O ₃	0,121	(,)	0,132	(,)	0,135	(,)	0,133	(,)
Ta	-0,025	(,283)	-0,052	(,026)	-0,085	(,)	-0,099	(,)
RH	0,133	(,)	0,092	(,)	0,108	(,)	0,100	(,)

(9) Νοσηλείες για καρδιακούς λόγους (παιδιά)

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM _{10 C}	-0,004	(,876)	-0,005	(,82)	-0,018	(,453)	-0,029	(,218)
CO	0,092	(,)	0,090	(,)	0,087	(,)	0,099	(,)
NO	-0,011	(,648)	-0,005	(,839)	-0,003	(,913)	0,031	(,188)
NO ₂	0,056	(,017)	0,050	(,033)	0,028	(,232)	0,021	(,379)
NOX	-0,016	(,488)	-0,018	(,442)	-0,016	(,489)	-0,038	(,105)
SO ₂	-0,007	(,783)	-0,018	(,444)	-0,013	(,592)	-0,008	(,739)
O ₃	0,028	(,241)	0,025	(,291)	0,010	(,685)	0,006	(,812)
Ta	0,030	(,208)	0,022	(,358)	0,002	(,92)	-0,003	(,884)
RH	0,006	(,806)	0,001	(,976)	-0,028	(,235)	-0,019	(,426)

(10) Θάνατοι (σύνολο)

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM _{10 C}	0,038	(,106)	0,030	(,207)	0,047	(,045)	0,044	(,061)
CO	-0,002	(,94)	-0,001	(,976)	0,023	(,335)	0,010	(,673)
NO	0,049	(,036)	0,036	(,126)	0,065	(,006)	0,059	(,013)
NO ₂	-0,056	(,018)	-0,053	(,025)	-0,044	(,065)	-0,046	(,053)
NOX	0,003	(,891)	0,009	(,692)	-0,026	(,263)	-0,016	(,509)
SO ₂	-0,038	(,112)	-0,018	(,448)	-0,007	(,767)	-0,017	(,479)
O ₃	0,033	(,163)	0,025	(,283)	0,022	(,36)	0,035	(,135)
Ta	-0,075	(,001)	-0,068	(,004)	-0,066	(,005)	-0,075	(,002)
RH	-0,018	(,45)	-0,033	(,157)	-0,034	(,153)	-0,022	(,362)

(11) Θάνατοι (ενήλικοι)

	Lag 0		Lag 1		Lag 2		Lag 3	
PM _{10 C}	0,036	(,131)	0,029	(,223)	0,042	(,074)	0,041	(,079)
CO	-0,013	(,596)	-0,015	(,523)	0,018	(,445)	0,009	(,718)
NO	0,008	(,722)	0,002	(,945)	0,035	(,143)	0,024	(,317)
NO ₂	-0,043	(,071)	-0,039	(,096)	-0,039	(,103)	-0,039	(,099)
NOX	0,023	(,336)	0,028	(,242)	-0,008	(,738)	0,001	(,964)
SO ₂	-0,028	(,238)	-0,011	(,647)	0,003	(,902)	-0,021	(,365)
O ₃	0,049	(,037)	0,039	(,101)	0,039	(,095)	0,039	(,1)
Ta	-0,027	(,254)	-0,018	(,455)	-0,017	(,478)	-0,029	(,212)
RH	0,007	(,782)	-0,015	(,532)	-0,013	(,572)	-0,024	(,313)

Πίνακας 4.10 : Συσχέτιση νοσηλειών παιδιών με τη μέση συγκέντρωση ρύπων.

ΜΕΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΝΟΣΗΛΕΙΕΣ ΠΑΙΔΙΩΝ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	,224(*)	0,043	0,037	,256(**)	,207(*)	,419(**)	0,080
	0,022	0,672	0,742	0,006	0,035	0,000	0,388
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	-0,127	0,076	0,084	,348(**)	,410(**)	-0,122	0,172
	0,179	0,440	0,436	0,000	0,000	0,195	0,062
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,133	0,030	,274(**)	,330(**)	,241(*)	,187(*)	-0,034
	0,152	0,755	0,003	0,000	0,014	0,040	0,711
	117	108	112	120	104	121	121
NO	,245(*)	0,145	0,132	,249(**)	0,139	,188(*)	-0,142
	0,018	0,136	0,164	0,006	0,160	0,039	0,316
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	,283(**)	,224(*)	,229(*)	,324(**)	,280(**)	,288(**)	-0,087
	0,004	0,020	0,015	0,000	0,004	0,001	0,541
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	,367(**)	,199(*)	,187(*)	,307(**)	,242(*)	,282(**)	-0,042
	0,000	0,039	0,049	0,001	0,013	0,002	0,739
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	0,105	,197(*)	,305(**)	,564(**)	0,066	,179(*)	0,001
	0,260	0,041	0,001	0,000	0,507	0,050	0,991
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-,229(*)	-,290(**)	-,252(**)	-,318(**)	-0,180	0,010	-0,031
	0,013	0,002	0,007	0,000	0,067	0,917	0,733
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-0,140	-,318(**)	-,521(**)	-,669(**)	-,573(**)	-,353(**)	-,371(**)
	0,131	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-0,028	0,027	,197(*)	0,125	,196(*)	,185(*)	,190(*)
	0,767	0,779	0,037	0,173	0,045	0,043	0,036
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

**Πίνακας 4.11 : Συσχέτιση νοσηλείων παιδιών ανά νόσημα με τη μέση συγκέντρωση
ρύπων.**

Συντελεστές ρύπανσης	Αρ. παρατηρή σεων	ΑΣΘΜΑ	ΛΟΙΜΩΞΗ	ΆΛΛΟ ΚΑΡΔ/ΚΟ	ΚΑΡΔ. ΑΝΕΠ/ΕΙΑ	ΠΝΕΥΜ/ΚΕΣ	ΚΑΡΔ/ΚΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ
PM10_C	727	,100(**) 0,007	,105(**) 0,005	0,031 0,402	-0,014 0,706	,124(**) 0,001	0,012 0,748	,126(**) 0,001
PM10_m	757	,110(**) 0,002	0,059 0,104	0,043 0,236	0,065 0,074	,092(*) 0,011	,077(*) 0,034	,095(**) 0,009
CO	803	,161(**) 0,000	0,060 0,089	0,035 0,319	,167(**) 0,000	,117(**) 0,001	,144(**) 0,000	,120(**) 0,001
NO	710	0,004 0,911	,089(*) 0,018	0,004 0,921	0,003 0,943	,083(*) 0,027	0,005 0,903	,083(*) 0,028
NO2	717	,169(**) 0,000	,136(**) 0,000	0,029 0,439	,147(**) 0,000	,189(**) 0,000	,128(**) 0,001	,190(**) 0,000
NOX	730	,111(**) 0,003	,145(**) 0,000	0,023 0,534	0,040 0,279	,169(**) 0,000	0,045 0,223	,170(**) 0,000
SO2	800	0,053 0,135	,082(*) 0,020	-0,002 0,950	-0,035 0,319	,087(*) 0,014	-0,027 0,452	,086(*) 0,015
O3	801	-0,049 0,166	-,171(**) 0,000	-0,045 0,207	,113(**) 0,001	-,159(**) 0,000	0,049 0,164	-,163(**) 0,000
Ta	803	-,146(**) 0,000	-,384(**) 0,000	-0,057 0,106	,127(**) 0,000	-,381(**) 0,000	0,049 0,163	-,384(**) 0,000
RH	804	0,064 0,071	,104(**) 0,003	0,031 0,376	-,093(**) 0,008	,104(**) 0,003	-0,044 0,213	,106(**) 0,003

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.12 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλείων για άσθμα στα παιδιά και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

ΜΕΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΑΣΘΜΑ ΠΑΙΔΙΩΝ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,111	0,099	0,089	0,074	0,124	,203(*)	0,072
	0,260	0,327	0,429	0,437	0,210	0,040	0,434
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	-0,052	0,169	0,184	0,180	0,172	0,053	0,148
	0,586	0,086	0,086	0,056	0,081	0,573	0,109
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,053	0,033	,188(*)	,219(*)	0,134	0,017	0,105
	0,571	0,732	0,047	0,016	0,174	0,854	0,250
	117	108	112	120	104	121	121
NO	0,033	0,131	0,131	0,096	0,039	0,125	0,038
	0,755	0,175	0,168	0,297	0,696	0,171	0,791
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	0,196	0,129	0,165	0,150	0,100	0,150	0,122
	0,050	0,184	0,081	0,102	0,311	0,101	0,388
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	0,185	0,132	0,151	0,133	0,078	0,158	0,078
	0,066	0,174	0,112	0,148	0,432	0,082	0,537
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	0,076	0,065	,213(*)	0,165	0,171	-0,059	0,128
	0,413	0,501	0,025	0,072	0,086	0,524	0,163
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-0,117	-0,108	-0,162	-,188(*)	-0,136	-0,063	0,047
	0,209	0,267	0,088	0,041	0,167	0,490	0,609
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-0,090	-0,083	-0,117	-,299(**)	-,363(**)	-0,144	-0,072
	0,334	0,395	0,217	0,001	0,000	0,116	0,435
	117	108	112	120	104	121	121
RH	0,005	-0,037	0,011	,193(*)	0,062	0,134	0,090
	0,957	0,706	0,909	0,035	0,533	0,143	0,327
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.13 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για λοιμώξεις αναπνευστικού συστήματος στα παιδιά και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

ΜΕΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΠΑΙΔΙΩΝ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	,194(*)	-0,031	0,021	,254(**)	,206(*)	,408(**)	0,069
	0,048	0,760	0,850	0,006	0,036	0,000	0,457
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	-0,162	-0,007	0,047	,321(**)	,407(**)	-0,162	0,160
	0,084	0,941	0,665	0,000	0,000	0,085	0,082
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,119	-0,006	,237(*)	,280(**)	,231(*)	,195(*)	-0,041
	0,200	0,948	0,012	0,002	0,019	0,032	0,657
	117	108	112	120	104	121	121
NO	,271(**)	0,083	0,107	,235(**)	0,139	0,157	-0,134
	0,009	0,394	0,262	0,010	0,160	0,086	0,344
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	,227(*)	,189(*)	,196(*)	,302(**)	,287(**)	,258(**)	-0,099
	0,023	0,050	0,038	0,001	0,003	0,004	0,485
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	,366(**)	0,154	0,157	,287(**)	,248(*)	,248(**)	-0,040
	0,000	0,112	0,099	0,001	0,011	0,006	0,753
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	0,132	0,176	,264(**)	,554(**)	0,031	,220(*)	-0,015
	0,157	0,068	0,005	0,000	0,755	0,015	0,867
	117	108	111	120	102	121	121
O3	- ,258(**)	-,269(**)	-,218(*)	-,288(**)	-0,169	0,042	-0,037
	0,005	0,005	0,021	0,002	0,087	0,648	0,685
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-,190(*)	-,330(**)	-,505(**)	-,636(**)	-,530(**)	-,341(**)	-,368(**)
	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	117	108	112	120	104	121	121
RH	0,020	0,028	,195(*)	0,078	0,191	0,170	,185(*)
	0,834	0,772	0,039	0,395	0,051	0,062	0,042
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.14 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για πνευμονολογικές παθήσεις στα παιδιά και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

ΜΕΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ ΠΑΙΔΙΩΝ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	,230(*)	0,013	0,039	,255(**)	,215(*)	,427(**)	0,080
	0,019	0,901	0,729	0,006	0,028	0,000	0,388
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	-0,127	0,060	0,084	,345(**)	,405(**)	-0,132	,183(*)
	0,178	0,546	0,437	0,000	0,000	0,161	0,047
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,121	0,008	,274(**)	,316(**)	,240(*)	,184(*)	-0,024
	0,193	0,938	0,004	0,000	0,014	0,043	0,797
	117	108	112	120	104	121	121
NO	,246(*)	0,121	0,134	,242(**)	0,132	,180(*)	-0,127
	0,018	0,212	0,160	0,008	0,180	0,049	0,370
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	,287(**)	,210(*)	,228(*)	,319(**)	,280(**)	,280(**)	-0,080
	0,004	0,029	0,016	0,000	0,004	0,002	0,571
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	,368(**)	0,181	,187(*)	,301(**)	,239(*)	,273(**)	-0,029
	0,000	0,061	0,049	0,001	0,015	0,002	0,821
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	0,104	0,174	,306(**)	,556(**)	0,074	,185(*)	0,005
	0,262	0,071	0,001	0,000	0,458	0,042	0,955
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-,230(*)	-,270(**)	-,249(**)	-,316(**)	-0,187	0,021	-0,029
	0,013	0,005	0,008	0,000	0,058	0,823	0,749
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-0,136	-,311(**)	-,520(**)	-,667(**)	-,567(**)	-,354(**)	-,375(**)
	0,145	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-0,027	0,010	,193(*)	0,123	0,186	,195(*)	,197(*)
	0,774	0,922	0,041	0,181	0,057	0,032	0,030
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.15 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για καρδιολογικές παθήσεις στα παιδιά και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

ΜΕΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ ΠΑΙΔΙΩΝ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,049	0,170	-0,043	0,032	-0,064	0,030	0,024
	0,620	0,089	0,700	0,738	0,517	0,762	0,792
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	0,162	0,100	0,009	0,061	0,027	0,092	-0,048
	0,085	0,312	0,933	0,519	0,785	0,329	0,606
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,040	0,132	0,042	0,164	0,005	0,056	-0,105
	0,668	0,173	0,660	0,073	0,963	0,544	0,253
	117	108	112	120	104	121	121
NO	-0,057	0,148	-0,021	0,085	0,044	0,115	-0,151
	0,584	0,126	0,822	0,355	0,655	0,208	0,286
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	0,062	0,101	0,050	0,073	-0,002	0,123	-0,107
	0,541	0,300	0,597	0,426	0,986	0,179	0,451
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	-0,106	0,124	0,018	0,080	0,015	0,135	-0,112
	0,292	0,202	0,853	0,383	0,878	0,141	0,375
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,171	0,150	0,019	0,114	-0,057	-0,058	-0,037
	0,065	0,121	0,839	0,216	0,568	0,530	0,685
	117	108	111	120	102	121	121
O3	,187(*)	-0,146	-0,124	-0,051	0,051	-0,124	-0,027
	0,044	0,131	0,194	0,584	0,607	0,175	0,773
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	,270(**)	-0,074	-0,091	-0,059	-0,033	-0,018	-0,074
	0,003	0,445	0,339	0,521	0,741	0,846	0,419
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-,214(*)	0,103	0,122	0,036	0,069	-0,097	-0,007
	0,021	0,290	0,200	0,700	0,486	0,289	0,940
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.16 : Συσχετίσεις μεταξύ νοσηλειών ενηλίκων ανά νόσημα και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων

Συντελεστές ρύπανσης	ΧΑΠ	ΑΣΘΜΑ	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΑΠΝ.	ΟΞΥ ΣΤΕΦ/ΑΙΟ	ΟΞΥ ΠΝΕΥΜ. ΟΙΔΗΜΑ	CA ΠΝΕΥ/Ν	ΑΛΛΟ ΠΝΕΥΜ.	ΑΛΛΟ ΚΑΡΔ.	Κ/Α ΑΝΕΠ/Κ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΝΕΥΜ.	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΡΔ.	ΣΥΝΟΛΟ
PM10_C	0,017 <i>0,649</i>	-0,01 <i>0,780</i>	0,072 <i>0,053</i>	0,065 <i>0,082</i>	,089(*) <i>0,016</i>	0,002 <i>0,954</i>	,099(**) <i>0,007</i>	,095(*) <i>0,011</i>	,169(**) <i>0,000</i>	,178(**) <i>0,000</i>	,143(**) <i>0,000</i>	,168(**) <i>0,000</i>
PM10_m	,077(*) <i>0,035</i>	0,014 <i>0,695</i>	0,054 <i>0,140</i>	,145(**) <i>0,000</i>	,086(*) <i>0,018</i>	0,065 <i>0,074</i>	0,044 <i>0,222</i>	,096(**) <i>0,008</i>	,114(**) <i>0,002</i>	,161(**) <i>0,000</i>	,168(**) <i>0,000</i>	,196(**) <i>0,000</i>
CO	0,061 <i>0,085</i>	-0,027 <i>0,441</i>	-,081(*) <i>0,021</i>	,167(**) <i>0,000</i>	,099(**) <i>0,005</i>	,108(**) <i>0,002</i>	-0,041 <i>0,248</i>	,071(*) <i>0,044</i>	,111(**) <i>0,002</i>	,083(*) <i>0,019</i>	,166(**) <i>0,000</i>	,153(**) <i>0,000</i>
NO	0,002 <i>0,967</i>	-0,027 <i>0,481</i>	-0,042 <i>0,269</i>	-0,064 <i>0,088</i>	-0,021 <i>0,570</i>	-0,009 <i>0,808</i>	-0,061 <i>0,103</i>	-,137(**) <i>0,000</i>	-,090(*) <i>0,016</i>	-,092(*) <i>0,014</i>	-,145(**) <i>0,000</i>	-,148(**) <i>0,000</i>
NO2	0,006 <i>0,871</i>	-0,045 <i>0,226</i>	-0,002 <i>0,967</i>	0,012 <i>0,749</i>	,073(*) <i>0,049</i>	,131(**) <i>0,000</i>	-0,04 <i>0,285</i>	-0,002 <i>0,956</i>	0,069 <i>0,067</i>	,082(*) <i>0,027</i>	0,03 <i>0,416</i>	0,051 <i>0,169</i>
NOX	-0,001 <i>0,972</i>	-0,031 <i>0,409</i>	-0,021 <i>0,567</i>	0,005 <i>0,885</i>	0,048 <i>0,197</i>	0,059 <i>0,114</i>	-0,046 <i>0,214</i>	-0,031 <i>0,405</i>	0,033 <i>0,376</i>	0,025 <i>0,502</i>	-0,002 <i>0,949</i>	0,002 <i>0,959</i>
SO2	-0,007 <i>0,834</i>	0,03 <i>0,391</i>	0,059 <i>0,094</i>	-,073(*) <i>0,040</i>	-0,004 <i>0,901</i>	-0,045 <i>0,199</i>	0,063 <i>0,074</i>	-0,023 <i>0,517</i>	0,057 <i>0,107</i>	0,06 <i>0,089</i>	-0,031 <i>0,377</i>	-0,011 <i>0,751</i>
O3	-0,025 <i>0,488</i>	-0,002 <i>0,961</i>	-0,057 <i>0,110</i>	0,014 <i>0,684</i>	-0,003 <i>0,922</i>	,093(**) <i>0,009</i>	-0,022 <i>0,530</i>	,101(**) <i>0,004</i>	0,053 <i>0,132</i>	0,013 <i>0,706</i>	,080(*) <i>0,023</i>	0,06 <i>0,091</i>
T a	-,089(*) <i>0,012</i>	-0,022 <i>0,536</i>	-,209(**) <i>0,000</i>	-0,041 <i>0,248</i>	-,081(*) <i>0,021</i>	0,055 <i>0,118</i>	-,090(*) <i>0,011</i>	-0,031 <i>0,377</i>	-,149(**) <i>0,000</i>	-,237(**) <i>0,000</i>	-,091(*) <i>0,010</i>	-,160(**) <i>0,000</i>
RH	0,036 <i>0,310</i>	0,047 <i>0,184</i>	,072(*) <i>0,041</i>	,126(**) <i>0,000</i>	0,036 <i>0,311</i>	-0,055 <i>0,117</i>	0,044 <i>0,211</i>	,100(**) <i>0,005</i>	,074(*) <i>0,036</i>	,093(**) <i>0,008</i>	,147(**) <i>0,000</i>	,153(**) <i>0,000</i>

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.17 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ του συνόλου των νοσηλειών στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	ΣΥΝΟΛΟ ΝΟΣΗΛΕΙΩΝ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,091	0,055	,236(*)	0,062	,209(*)	,268(**)	,191(*)
	0,360	0,584	0,033	0,514	0,033	0,006	0,038
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	0,050	-0,070	,282(**)	0,090	,391(**)	0,022	,394(**)
	0,596	0,482	0,008	0,339	0,000	0,813	0,000
	114	104	88	114	104	114	119
CO	0,003	0,056	,289(**)	0,159	0,095	0,076	,229(*)
	0,971	0,563	0,002	0,082	0,336	0,405	0,012
	117	108	112	120	104	121	121
NO	,257(*)	0,183	,195(*)	0,154	0,097	,215(*)	-,303(*)
	0,013	0,058	0,040	0,093	0,330	0,018	0,029
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	0,185	0,171	,201(*)	,237(**)	,292(**)	,395(**)	-,298(*)
	0,065	0,076	0,033	0,009	0,003	0,000	0,032
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	,258(**)	0,184	,202(*)	,211(*)	,231(*)	,375(**)	-0,218
	0,010	0,057	0,033	0,021	0,018	0,000	0,080
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,058	0,170	0,034	,303(**)	-0,076	0,106	-0,048
	0,535	0,079	0,722	0,001	0,447	0,249	0,605
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-0,015	-,236(*)	-0,073	-0,077	0,013	0,071	0,133
	0,872	0,014	0,443	0,406	0,899	0,437	0,147
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-0,006	-,241(*)	-0,171	-,246(**)	-0,123	-0,151	-,430(**)
	0,948	0,012	0,072	0,007	0,212	0,099	0,000
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-0,044	,240(*)	0,086	0,117	0,122	0,133	0,121
	0,637	0,012	0,368	0,205	0,214	0,145	0,186
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.18 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για πνευμονολογικές παθήσεις στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,171	0,082	,293(**)	0,169	0,052	,239(*)	0,152
	0,083	0,415	0,008	0,072	0,601	0,015	0,098
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	0,107	-0,008	,262(*)	0,158	,361(**)	-0,080	,237(**)
	0,256	0,933	0,014	0,093	0,000	0,396	0,009
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,002	0,067	,274(**)	,216(*)	0,061	,191(*)	0,125
	0,982	0,493	0,003	0,018	0,535	0,036	0,172
	117	108	112	120	104	121	121
NO	0,162	,263(**)	0,182	,241(**)	0,019	,212(*)	-0,258
	0,120	0,006	0,054	0,008	0,848	0,020	0,065
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	,299(**)	,252(**)	0,178	,301(**)	,207(*)	,269(**)	-0,164
	0,003	0,008	0,060	0,001	0,035	0,003	0,246
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	,261(**)	,265(**)	0,179	,290(**)	0,140	,277(**)	-0,213
	0,009	0,006	0,059	0,001	0,156	0,002	0,088
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,061	,223(*)	0,125	,474(**)	-0,120	0,126	0,099
	0,512	0,020	0,193	0,000	0,231	0,167	0,282
	117	108	111	120	102	121	121
O3	0,024	-,240(*)	-0,146	-0,137	0,053	0,001	0,045
	0,799	0,012	0,124	0,139	0,595	0,993	0,625
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	0,039	-,251(**)	-,310(**)	-,414(**)	-,233(*)	-,217(*)	-,296(**)
	0,677	0,009	0,001	0,000	0,017	0,017	0,001
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-,196(*)	0,142	0,155	0,075	0,092	0,136	0,112
	0,034	0,142	0,102	0,415	0,353	0,137	0,220
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.19 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για καρδιαγγειακές παθήσεις στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,019	0,049	0,174	-0,030	,304(**)	,224(*)	0,173
	0,845	0,627	0,118	0,753	0,002	0,023	0,060
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	0,028	-0,080	0,181	0,005	,362(**)	0,047	,369(**)
	0,769	0,418	0,091	0,955	0,000	0,621	0,000
	114	104	88	114	104	114	119
CO	0,023	0,056	,245(**)	0,050	0,166	0,011	,221(*)
	0,809	0,563	0,009	0,586	0,092	0,902	0,015
	117	108	112	120	104	121	121
NO	,249(*)	0,106	0,179	0,040	,206(*)	0,176	-0,244
	0,016	0,275	0,059	0,662	0,036	0,053	0,081
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	0,071	0,104	0,167	0,116	,345(**)	,360(**)	-,336(*)
	0,484	0,282	0,079	0,207	0,000	0,000	0,015
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	0,194	0,111	0,174	0,087	,310(**)	,334(**)	-0,154
	0,053	0,254	0,066	0,345	0,001	0,000	0,220
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,044	0,119	-0,019	0,066	0,009	0,084	-0,111
	0,634	0,219	0,841	0,473	0,929	0,360	0,226
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-0,050	-0,181	-0,053	0,027	-0,067	0,107	0,151
	0,594	0,061	0,581	0,772	0,497	0,242	0,097
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-0,016	-0,179	-0,061	-0,020	-0,070	-0,111	-,394(**)
	0,862	0,064	0,526	0,829	0,483	0,226	0,000
	117	108	112	120	104	121	121
RH	0,031	,211(*)	0,089	0,106	0,091	0,084	0,072
	0,743	0,028	0,352	0,250	0,356	0,361	0,429
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.20 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για παρόξυνση ΧΑΠ και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	ΧΑΠ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,165	-0,128	0,014	0,159	-0,111	-0,001	,197(*)
	0,094	0,200	0,900	0,091	0,264	0,992	0,032
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	0,102	0,019	0,044	0,103	0,024	0,026	,199(*)
	0,282	0,847	0,682	0,276	0,805	0,782	0,030
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,008	-0,013	0,004	,186(*)	-0,055	-0,068	0,134
	0,929	0,897	0,971	0,042	0,580	0,457	0,143
	117	108	112	120	104	121	121
NO	-0,076	0,003	-0,065	0,121	-0,027	0,091	-0,186
	0,467	0,975	0,498	0,187	0,788	0,321	0,186
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	-0,021	-0,010	-0,088	0,165	-0,025	0,018	-0,170
	0,834	0,919	0,356	0,071	0,799	0,846	0,229
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	-0,059	0,000	-0,082	0,153	-0,025	0,056	-0,130
	0,563	0,999	0,391	0,094	0,802	0,540	0,301
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,054	-0,018	0,052	,324(**)	0,020	0,002	-0,122
	0,563	0,852	0,590	0,000	0,840	0,986	0,184
	117	108	111	120	102	121	121
O3	0,121	-0,151	-0,029	-0,159	-0,023	-0,082	0,030
	0,195	0,119	0,761	0,086	0,814	0,371	0,742
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	0,067	-0,099	-,188(*)	-,274(**)	-0,144	0,097	-0,136
	0,476	0,306	0,047	0,002	0,144	0,289	0,136
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-0,070	0,175	0,019	0,103	0,132	,189(*)	-0,097
	0,451	0,070	0,843	0,264	0,180	0,038	0,292
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.21 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για παρόξυνση άσθματος στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	ΑΣΘΜΑ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,067	0,037	0,124	-0,055	-0,033	.(a)	-0,029
	0,500	0,711	0,268	0,559	0,743	0,000	0,751
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	0,099	0,090	0,056	0,053	0,041	-,259(**)	-0,002
	0,295	0,362	0,606	0,574	0,680	0,005	0,984
	114	104	88	114	104	114	119
CO	0,178	0,005	0,184	-0,067	0,044	-0,085	-0,081
	0,055	0,963	0,052	0,469	0,657	0,352	0,378
	117	108	112	120	104	121	121
NO	-0,044	0,139	0,108	-0,094	0,133	-0,067	-0,084
	0,677	0,152	0,257	0,309	0,179	0,463	0,556
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	-0,069	0,056	0,054	-0,093	0,110	0,009	-0,108
	0,494	0,563	0,574	0,310	0,268	0,920	0,447
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	-0,034	0,099	0,078	-0,101	0,126	-0,021	-0,066
	0,734	0,308	0,411	0,272	0,204	0,817	0,604
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,033	0,041	0,099	-0,121	-0,029	-0,048	,217(*)
	0,721	0,671	0,301	0,188	0,775	0,599	0,017
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-0,031	0,092	-0,115	0,102	-0,030	0,140	-0,155
	0,737	0,346	0,227	0,273	0,763	0,125	0,090
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	0,059	0,086	-0,146	0,053	-0,075	0,014	-0,096
	0,531	0,379	0,124	0,565	0,447	0,879	0,294
	117	108	112	120	104	121	121
RH	0,012	-0,103	0,062	0,044	0,060	-0,009	,200(*)
	0,898	0,287	0,518	0,636	0,543	0,918	0,028
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.22 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,015	0,075	0,040	0,143	-0,056	0,131	0,151
	0,882	0,456	0,724	0,129	0,570	0,186	0,101
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	-0,041	-0,042	0,112	,192(*)	0,166	-0,114	0,180
	0,666	0,671	0,298	0,041	0,091	0,226	0,051
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,143	0,062	0,175	,240(**)	-0,064	0,039	0,063
	0,125	0,523	0,065	0,008	0,520	0,674	0,489
	117	108	112	120	104	121	121
NO	0,162	0,173	0,089	,211(*)	-0,139	0,033	-0,186
	0,121	0,073	0,352	0,020	0,161	0,720	0,187
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	,278(**)	,233(*)	,196(*)	,262(**)	0,028	0,072	-0,074
	0,005	0,015	0,038	0,004	0,779	0,432	0,600
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	,239(*)	,211(*)	0,151	,252(**)	-0,037	0,063	-0,177
	0,017	0,028	0,113	0,005	0,707	0,495	0,158
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,018	0,174	0,087	,457(**)	-0,109	0,013	0,178
	0,846	0,072	0,362	0,000	0,274	0,889	0,051
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-0,035	-0,118	-0,056	-,200(*)	0,080	0,010	-0,057
	0,704	0,222	0,560	0,030	0,421	0,914	0,534
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-0,088	-0,173	-,235(*)	-,462(**)	-0,141	-0,017	-,266(**)
	0,345	0,074	0,012	0,000	0,154	0,857	0,003
	117	108	112	120	104	121	121
RH	0,023	0,110	0,049	0,080	0,042	0,083	,206(*)
	0,807	0,259	0,609	0,387	0,670	0,368	0,023
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.23 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για οξεία στεφανιαία επεισόδια στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

ΟΞΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ							
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	-0,034	0,000	0,018	0,027	0,117	0,160	0,168
	0,730	0,999	0,870	0,773	0,238	0,107	0,067
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	-0,055	-0,095	,218(*)	0,007	0,107	0,143	,351(**)
	0,558	0,340	0,041	0,945	0,280	0,130	0,000
	114	104	88	114	104	114	119
CO	0,044	0,053	0,139	0,094	0,155	-0,032	0,105
	0,637	0,583	0,144	0,306	0,116	0,729	0,252
	117	108	112	120	104	121	121
NO	0,192	0,053	0,066	0,082	,195(*)	0,154	-0,181
	0,065	0,588	0,490	0,373	0,048	0,091	0,198
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	-0,069	0,026	0,062	0,121	,193(*)	,209(*)	-0,233
	0,498	0,790	0,514	0,186	0,050	0,022	0,097
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	0,079	0,044	0,068	0,106	,208(*)	,217(*)	-0,115
	0,436	0,654	0,478	0,249	0,034	0,017	0,363
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	0,002	0,091	-0,116	0,046	0,106	0,028	-0,075
	0,980	0,347	0,226	0,614	0,289	0,761	0,417
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-0,078	-0,184	0,062	-0,049	-0,102	0,052	0,098
	0,405	0,057	0,518	0,595	0,303	0,569	0,285
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-0,078	-,213(*)	0,057	0,016	-0,002	-0,025	-,276(**)
	0,405	0,027	0,554	0,861	0,984	0,785	0,002
	117	108	112	120	104	121	121
RH	0,109	,217(*)	-0,051	0,119	0,097	0,003	0,056
	0,242	0,024	0,596	0,196	0,324	0,977	0,544
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.24 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για οξύ πνευμονικό οίδημα στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	ΟΞΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟ ΟΙΔΗΜΑ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	-0,011	0,052	0,169	0,063	0,109	0,064	0,048
	0,909	0,609	0,129	0,507	0,271	0,522	0,607
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	-0,084	-0,047	,257(*)	0,039	0,177	0,043	0,153
	0,373	0,638	0,016	0,680	0,073	0,653	0,097
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,004	0,075	,202(*)	-0,124	0,039	0,011	0,110
	0,962	0,442	0,033	0,176	0,697	0,901	0,231
	117	108	112	120	104	121	121
NO	0,044	0,170	,199(*)	-0,023	-0,003	-0,019	-0,132
	0,678	0,078	0,035	0,806	0,978	0,837	0,350
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	0,125	0,126	,191(*)	-0,014	0,076	0,030	-0,136
	0,214	0,195	0,044	0,876	0,445	0,742	0,337
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	0,128	0,147	,202(*)	-0,014	0,050	0,020	-0,127
	0,203	0,128	0,033	0,882	0,612	0,824	0,315
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	0,018	0,117	,211(*)	-0,043	-0,036	-0,003	-0,020
	0,846	0,228	0,027	0,637	0,716	0,970	0,830
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-0,005	-0,088	-0,132	0,084	-0,027	0,013	,190(*)
	0,960	0,366	0,164	0,368	0,787	0,892	0,037
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-0,053	-0,129	-0,174	0,067	-0,083	-0,083	-0,105
	0,567	0,182	0,067	0,465	0,401	0,363	0,252
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-0,005	0,038	0,005	-0,066	0,120	0,029	-0,050
	0,955	0,695	0,958	0,476	0,223	0,752	0,584
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.25 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για καρκίνο πνεύμονα στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	CA ΠNEYMONA						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,186	-0,007	0,026	0,029	-0,080	-0,086	-0,094
	0,059	0,947	0,813	0,758	0,419	0,390	0,311
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	,214(*)	0,053	0,069	-0,025	-0,128	0,040	0,067
	0,022	0,592	0,526	0,789	0,195	0,675	0,471
	114	104	88	114	104	114	119
CO	0,022	-0,093	-0,132	0,154	-0,088	,213(*)	0,135
	0,813	0,338	0,165	0,093	0,372	0,019	0,140
	117	108	112	120	104	121	121
NO	0,083	0,080	-0,082	,179(*)	-0,086	0,083	0,017
	0,430	0,408	0,392	0,050	0,387	0,368	0,903
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	0,103	0,047	-0,100	,188(*)	-0,079	0,114	0,237
	0,308	0,626	0,294	0,040	0,425	0,213	0,091
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	0,055	0,066	-0,085	,187(*)	-0,089	0,114	0,043
	0,585	0,498	0,370	0,040	0,371	0,214	0,732
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,070	0,034	-0,123	,260(**)	-0,117	-0,064	-0,070
	0,452	0,727	0,199	0,004	0,243	0,485	0,444
	117	108	111	120	102	121	121
O3	0,072	-0,069	0,100	-0,057	,203(*)	0,032	0,140
	0,440	0,481	0,294	0,537	0,038	0,727	0,127
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	0,149	-0,068	0,156	-0,100	,235(*)	-0,016	-0,010
	0,109	0,485	0,100	0,278	0,016	0,863	0,914
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-,239(**)	0,041	-0,016	-0,082	-0,082	-0,071	0,023
	0,010	0,672	0,866	0,375	0,406	0,437	0,805
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.26 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για άλλες πνευμονολογικές παθήσεις στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	ΑΛΛΟ ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΟ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	-0,073	0,027	,331(**)	-0,032	0,011	,209(*)	-0,152
	0,462	0,792	0,002	0,738	0,911	0,035	0,100
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	-0,175	0,061	,251(*)	-0,062	0,111	0,049	-0,062
	0,063	0,537	0,018	0,512	0,263	0,608	0,506
	114	104	88	114	104	114	119
CO	0,165	-0,050	0,154	-0,013	0,026	0,127	-0,093
	0,075	0,610	0,104	0,891	0,795	0,164	0,312
	117	108	112	120	104	121	121
NO	-0,033	-0,003	0,089	0,066	0,029	,194(*)	-0,182
	0,754	0,976	0,351	0,477	0,773	0,033	0,197
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	-0,047	-0,032	0,016	0,051	0,030	,204(*)	-0,055
	0,643	0,742	0,868	0,584	0,760	0,025	0,699
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	0,004	-0,023	0,048	0,061	0,031	,217(*)	-0,183
	0,966	0,815	0,616	0,507	0,752	0,017	0,144
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	0,072	-0,010	-0,083	0,003	-0,073	,271(**)	0,062
	0,439	0,920	0,385	0,971	0,468	0,003	0,499
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-0,049	-0,003	0,032	-0,014	0,044	-0,151	-0,054
	0,597	0,974	0,739	0,882	0,659	0,098	0,553
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	-0,085	0,042	-0,041	-0,019	-0,067	-,266(**)	-0,068
	0,361	0,667	0,668	0,833	0,502	0,003	0,458
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-0,079	-0,076	-0,029	0,068	0,015	0,100	0,159
	0,396	0,437	0,760	0,464	0,879	0,276	0,081
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.27 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για άλλες καρδιολογικές παθήσεις στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

	ΑΛΛΟ ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΚΟ						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,006	0,020	0,044	-0,156	,262(**)	0,055	0,111
	0,949	0,844	0,692	0,098	0,007	0,581	0,230
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	0,029	-0,027	-0,014	-0,047	0,185	0,013	,311(**)
	0,757	0,786	0,901	0,619	0,059	0,887	0,001
	114	104	88	114	104	114	119
CO	-0,040	-0,009	0,107	-0,088	0,005	-0,062	,291(**)
	0,672	0,928	0,262	0,337	0,961	0,501	0,001
	117	108	112	120	104	121	121
NO	0,096	0,027	0,108	-0,131	0,043	0,003	-0,246
	0,359	0,783	0,256	0,153	0,665	0,975	0,079
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	0,052	0,038	0,134	-0,075	0,159	,218(*)	-,306(*)
	0,608	0,696	0,159	0,413	0,108	0,017	0,027
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	0,093	0,033	0,128	-0,104	0,126	0,162	-0,173
	0,356	0,731	0,177	0,260	0,203	0,076	0,167
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,053	0,009	0,014	-0,131	-0,045	0,017	-0,150
	0,573	0,927	0,883	0,155	0,655	0,856	0,101
	117	108	111	120	102	121	121
O3	0,020	-0,026	-0,014	0,103	0,012	0,084	0,165
	0,832	0,789	0,885	0,265	0,904	0,358	0,070
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	0,019	-0,002	0,016	0,097	0,090	0,007	-,408(**)
	0,837	0,985	0,863	0,290	0,366	0,937	0,000
	117	108	112	120	104	121	121
RH	0,049	0,086	0,018	0,023	0,050	0,078	0,103
	0,601	0,377	0,854	0,801	0,611	0,392	0,261
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.28 : Διαχρονική ανάλυση (ανά έτος) των συσχετίσεων μεταξύ νοσηλειών για καρδιοαναπνευστική ανεπάρκεια στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

ΚΑΡΔΙΟΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ							
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM10_C	0,080	0,113	,299(**)	0,094	0,174	,209(*)	0,097
	0,420	0,259	0,006	0,321	0,078	0,034	0,292
	104	101	82	114	104	103	119
PM10_m	0,104	-0,025	0,122	0,064	,399(**)	-0,087	0,012
	0,271	0,800	0,257	0,499	0,000	0,357	0,897
	114	104	88	114	104	114	119
CO	0,038	0,102	,245(**)	0,093	,204(*)	0,142	-0,008
	0,682	0,291	0,009	0,314	0,038	0,120	0,933
	117	108	112	120	104	121	121
NO	0,127	0,179	,191(*)	0,142	,203(*)	0,178	-0,048
	0,225	0,064	0,043	0,123	0,039	0,050	0,736
	93	108	112	120	104	121	52
NO2	0,183	,195(*)	0,138	,186(*)	,332(**)	,211(*)	-0,194
	0,069	0,043	0,147	0,042	0,001	0,020	0,168
	100	108	112	120	104	121	52
NOX	0,184	,195(*)	0,154	0,178	,293(**)	,221(*)	0,001
	0,068	0,044	0,105	0,052	0,003	0,015	0,992
	100	108	112	120	104	121	65
SO2	-0,041	,193(*)	0,095	,249(**)	-0,009	0,118	0,073
	0,658	0,046	0,322	0,006	0,929	0,196	0,428
	117	108	111	120	102	121	121
O3	-0,030	-0,186	-,187(*)	-0,001	-0,070	0,049	0,026
	0,744	0,053	0,048	0,989	0,479	0,594	0,781
	117	108	112	118	104	121	121
Ta	0,046	-0,184	-,234(*)	-,191(*)	-,256(**)	-,209(*)	-0,077
	0,620	0,057	0,013	0,037	0,009	0,021	0,404
	117	108	112	120	104	121	121
RH	-0,138	0,088	,250(**)	0,043	0,040	0,066	-0,081
	0,137	0,367	0,008	0,642	0,688	0,469	0,375
	117	108	112	120	105	121	121

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

Στην 3^η γραμμή δίνεται ο αριθμός περιπτώσεων για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Πίνακας 4.29 : Συντελεστές πολλαπλασιαστικής επίδρασης της ημερήσιας συγκέντρωσης ρύπων στον αριθμό των νοσηλειών σε παιδιά και ενήλικες (αύξηση της ημερήσιας συγκέντρωσης ρύπων κατά 10 µg/m³ για τα PM₁₀, NO_x και O₃ και κατά 0.1mg/m³ για το CO).

Σύνολο Νοσηλειών					Σύνολο Νοσηλειών: Ενήλικες					Σύνολο Νοσηλειών: Παιδιά				
Δείκτες	Συντελεστές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης		P value	Δείκτες	Συντελεστές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης		P value	Δείκτες	Συντελεστές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης		P value
		Low	High				Low	High				Low	High	
PM10	0,0076	0,0064	0,0087	0,000	PM10	0,0070	0,0058	0,0081	0,000	PM10	0,0030	0,000	0,005	0,020
PM10(lag1)	0,0070	0,0059	0,0081	0,000	PM10(lag1)	0,0066	0,0055	0,0077	0,000	PM10(lag1)	-0,0005	-0,003	0,002	0,729
CO(lag1)	0,002256	0,0015	0,0029	0,000	CO(lag1)	0,002151	0,001495	0,0028	0,000	CO(lag1)	0,001030	-0,00017	0,002	0,0009
NOX	0,0029	0,0022	0,0037	0,000	NOX	0,0024	0,0017	0,0032	0,000	NOX	0,0018	0,000	0,003	0,003
O3	0,0098	0,0067	0,0128	0,000	O3	0,0078	0,0049	0,0107	0,000	O3	0,0063	0,001	0,011	0,021
O3(lag1)	0,0087	0,0057	0,0117	0,000	O3(lag1)	0,0097	0,0068	0,0126	0,000	O3(lag1)	-0,0095	-0,014	-0,004	0,001

Σύνολο Νοσηλειών με πνευμονολογικά αίτια					Σύνολο Νοσηλειών με πνευμονολογικά αίτια: Ενήλικες					Σύνολο Νοσηλειών με πνευμονολογικά αίτια: Παιδιά				
Δείκτες	Συντελεστές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης		P value	Δείκτες	Συντελεστές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης		P value	Δείκτες	Συντελεστές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης		P value
		Low	High				Low	High				Low	High	
PM10	0,0062	0,0049	0,0075	0,000	PM10	0,0051	0,0037	0,0064	0,000	PM10	0,0030	0,000	0,005	0,022
PM10(lag1)	0,0049	0,0036	0,0062	0,000	PM10(lag1)	0,0038	0,0025	0,0052	0,000	PM10(lag1)	-0,0007	-0,003	0,002	0,621
CO(lag1)	0,001348	0,0006	0,0020	0,000	CO(lag1)	0,000972	0,000237	0,0017	0,010	CO(lag1)	0,001030	-0,00017	0,002	0,00093
NOX	0,0024	0,0016	0,0031	0,000	NOX	0,0015	0,0007	0,0023	0,000	NOX	0,0018	0,000	0,003	0,004
O3	0,0062	0,0031	0,0094	0,000	O3	0,0023	-0,0008	0,0054	0,142	O3	0,0060	0,000	0,011	0,030
O3(lag1)	0,0051	0,0020	0,0083	0,001	O3(lag1)	0,0070	0,0039	0,0101	0,000	O3(lag1)	-0,0094	-0,014	-0,004	0,001

Σύνολο Νοσηλειών με καρδιαγγειακά αιτία					Σύνολο Νοσηλειών με καρδιαγγειακά αιτία: Ενήλικες				
Δείκτες	Συντελεστές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης		P value	Δείκτες	Συντελεστές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης		P value
		Low	High				Low	High	
PM10	0,0057	0,0044	0,0069	0,000	PM10	0,0057	0,0044	0,006	0,000
PM10(lag1)	0,0057	0,0045	0,0069	0,000	PM10(lag1)	0,0057	0,0045	0,006	0,000
CO(lag1)	0,002398	0,0017	0,0030	0,000	CO(lag1)	0,002324	0,0016	0,003	0,000
NOX	0,0017	0,0009	0,0025	0,000	NOX	0,0017	0,0009	0,002	0,000
O3	0,0077	0,0047	0,0107	0,000	O3	0,0073	0,0043	0,010	0,000
O3(lag1)	0,0072	0,0043	0,0102	0,000	O3(lag1)	0,0072	0,0042	0,010	0,000

Πίνακας 4.30 : Διαχρονική ανάλυση των συσχετίσεων μεταξύ θανάτων ανά αιτία στους ενήλικες και της μέσης συγκέντρωσης ρύπων.

Συντελεστές ρύπανσης	n	D_1*	D_2*	D_3*	D_4*	D_4a*	D_4b*	D_5*	D_6*	D_7*	D_7a*	D_7b	D_10*	D_11*	D_11a*	D_Pn*	D_Ca*	D_tot*
PM10 _C	727	0,022 0,562	0,043 0,246	-0,002 0,961	0,034 0,366	-0,005 0,89	-0,013 0,723	-0,05 0,193	0,048 0,193	0,06 0,108	0,02 0,591	0,026 0,486	0,007 0,858	,077(*) 0,038	0,005 0,902	0,061 0,1	0,062 0,097	0,066 0,075
PM10 _m	757	-0,02 0,59	0,013 0,731	-0,053 0,144	0,052 0,156	-0,015 0,69	0,028 0,44	-0,04 0,321	0,062 0,088	0,031 0,391	0,021 0,559	0,054 0,136	-0,026 0,476	0,067 0,066	0,049 0,178	0,045 0,219	,085(*) 0,019	,073(*) 0,044
CO	803	0,007 0,842	0,007 0,835	-0,019 0,582	-0,03 0,362	0,002 0,953	-0,016 0,656	-0,03 0,461	,092(**) 0,009	-0,029 0,411	-0,043 0,221	0,044 0,21	,116(**) 0,001	-0,022 0,527	0,018 0,601	-0,067 0,058	0,02 0,57	-0,026 0,461
NO	710	0,001 0,984	-0,01 0,735	,083(*) 0,026	0,012 0,74	,300(**) 0	,090(*) 0,016	-0,03 0,384	0,022 0,556	-0,029 0,439	,082(*) 0,029	-0 0,951	,081(*) 0,032	0,039 0,302	0,039 0,299	0,033 0,38	0,062 0,102	0,056 0,133
NO2	717	0,032 0,388	-0,02 0,672	-0,022 0,56	-0,01 0,724	0,072 0,055	,096(*) 0,01	-0,06 0,139	0,012 0,744	,075(*) 0,044	0,026 0,488	0,028 0,451	-0,02 0,586	-0,049 0,194	-0,002 0,954	,086(*) 0,021	-0,011 0,766	-0,055 0,142
NOX	730	0,008 0,827	-0,02 0,682	0,058 0,116	-0,01 0,876	,102(**) 0,006	,082(*) 0,026	-0,04 0,269	0,023 0,544	-0,037 0,321	0,068 0,065	0,028 0,451	0,046 0,21	0,012 0,738	0,042 0,252	-0,009 0,812	0,054 0,148	0,028 0,443
SO2	800	0,026 0,456	-0,01 0,854	0,019 0,594	-0,01 0,826	-0,032 0,364	-0,027 0,437	-0,02 0,663	-0,002 0,964	-0,032 0,367	-0,006 0,855	-0 0,971	0,018 0,619	0,056 0,115	0,02 0,567	-0,002 0,965	0,024 0,506	0,002 0,96
O3	801	0,061 0,084	-0 0,911	-0,026 0,465	-0,01 0,834	-0,03 0,392	-0,017 0,628	0,022 0,532	-0,049 0,166	0,055 0,119	,086(*) 0,015	0,006 0,871	-0,06 0,09	,102(**) 0,004	,075(*) 0,033	-0,031 0,388	,108(**) 0,002	,072(*) 0,043
Ta	803	0,045 0,205	-0,04 0,253	-0,004 0,916	0,012 0,727	-0,019 0,595	0,027 0,439	0,038 0,283	-0,058 0,1	0,029 0,408	-0,037 0,293	-0,04 0,246	,098(**) 0,006	-0,064 0,072	-0,041 0,249	0,004 0,907	,128(**) 0	,072(*) 0,042
RH	804	0,002 0,965	0,036 0,312	0,044 0,209	0,021 0,56	-0,002 0,947	-0,066 0,062	-0,02 0,68	0,021 0,56	-0,037 0,291	0,022 0,538	0,044 0,212	0,005 0,883	0,048 0,172	0,061 0,082	0,017 0,639	,084(*) 0,017	0,058 0,098

Στην 1η γραμμή δίνεται η τιμή του συντελεστή συσχέτισης

Στην 2η γραμμή δίνεται το επίπεδο σημαντικότητας

*Ακολουθεί πίνακας με επεξήγηση των συντομογραφιών για τις μεταβλητές D_1 – D_tot. (πίνακας 4.30-α)

όπου n: αριθμός παρατηρήσεων

Πίνακας 4.30-α : Επεξήγηση των συντομογραφιών για τις μεταβλητές D_1 – D_tot.

Κωδικός	Αιτία θανάτου
D_1	ΧΑΠ
D_2	ΑΣΘΜΑ
D_3	ΠΝΕΥΜΟΝΙΑ
D_4	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
D_4A	ΛΟΙΜΩΞΗ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ
D_4B	ΛΟΙΜΩΞΗ ΚΑΤΩΤΕΡΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ
D_5	ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ
D_6	ΟΞΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ
D_7	ΟΞΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟ ΟΙΔΗΜΑ (ΟΠΟ)
D_7A	ΟΠΟ ΜΗ ΚΑΡΔΙΟΓΕΝΕΣ
D_7B	ΟΠΟ ΚΑΡΔΙΟΓΕΝΕΣ
D_8	ΆΛΛΟ ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΟ
D_9	ΆΛΛΟ ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΚΟ
D_10	ΑΝΑΚΟΠΗ
D_11	ΚΑΡΔΙΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ
D_11A	ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ
D_11B	ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ
D_Pn	ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ
D_Ca	ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ
D_tot	ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΘΗΣΕΩΝ

Πίνακας 5.1α: Συντελεστές πολλαπλασιαστικής επίδρασης της ημερήσιας συγκέντρωσης ρύπων στον αριθμό των νοσηλειών σε ενήλικες (αύξηση της ημερήσιας συγκέντρωσης ρύπων κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM_{10} , NO_x και O_3 και κατά 0.1 mg/m^3 για το CO).

Σύνολο νοσηλειών			Αναπνευστικά αίτια		Καρδιαγγειακά αίτια	
	Συντελεστές (CI)	P τιμή	Συντελεστές(CI)	P τιμή	Συντελεστές(CI)	P τιμή
PM_{10} (Lag0)	0.007 (0.0058- 0.0081)	0.0001	0.0051 (0.0037-0.0064)	0.0001	0.0057 (0.0044-0.006)	0.0001
PM_{10} (Lag1)	0.0066 (0.0055- 0.0077)	0.0001	0.0038 (0.0025-0.0052)	0.0001	0.0057 (0.0045-0.006)	0.0001
CO (Lag1)	0.00215 (0.0015-0.0028)	0.0001	0.00097 (0.0002-0.0017)	0.01	0.00232 (0.0016-0.003)	0.0001
NO_x (Lag0)	0.0024 (0.0017-0.0032)	0.0001	0.0015 (0.0007-0.0023)	0.0001	0.0017 (0.009-0.002)	0.0001
O_3 (Lag0)	0.0078 (0.0049-0.0107)	0.0001			0.0073 (0.0043-0.01)	0.0001
O_3 (Lag 1)	0.0097 (0.0068-0.0126)	0.0001	0.007 (0.0039-0.0101)	0.0001	0.0072 (0.0042-0.01)	0.0001

CI: 95% διάστημα εμπιστοσύνης, Lag0 =την ίδια μέρα, Lag1 = την προηγούμενη μέρα.

Πίνακας 5.1β: Συντελεστές πολλαπλασιαστικής επίδρασης της ημερήσιας συγκέντρωσης ρύπων στον αριθμό των νοσηλειών σε παιδιά (αύξηση της ημερήσιας συγκέντρωσης ρύπων κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM_{10} , NO_x και O_3 και κατά 0.1 mg/m^3 για το CO).

Αναπνευστικά αίτια		
	Συντελεστής (CI)	P τιμή
$\text{PM}_{10}(\text{Lag}0)$	0.003(0-0.005)	0.022
$\text{CO}(\text{Lag}1)$	0.00103(-0.00017-0.002)	0.00093
$\text{NO}_x(\text{Lag}0)$	0.0018(0-0.003)	0.004
$\text{O}_3(\text{Lag}0)$	0.006(0-0.011)	0.03

CI: 95% διάστημα εμπιστοσύνης, Lag0 =την ίδια μέρα, Lag1 = την προηγούμενη μέρα.

Πίνακας 5.2α: Συνδυασμένη πολλαπλασιαστική επίδραση των αέριων ρύπων (αύξηση της ημερήσιας συγκέντρωσης ρύπων κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM_{10} , NO_x και O_3 και κατά 0.1 mg/m^3 για το CO) στη συχνότητα νοσηλείων λόγω αναπνευστικών και καρδιολογικών παθήσεων στους ενήλικες.

	Σύνολο	Αναπνευστικά αίτια	Καρδιολογικά αίτια
$\text{PM}_{10}(\text{Lag } 0) \text{ \& } \text{PM}_{10}(\text{Lag } 1)$	0.0155	0.0097	0.0127
$\text{PM}_{10}\text{C}(\text{Lag } 0) \text{ \& } \text{CO}(\text{Lag } 1)$	0.2953	0.1185	0.3178
$\text{PM}_{10}\text{C}(\text{Lag } 0) \text{ \& } \text{NO}_x(\text{Lag } 0)$	0.0103	0.007	0.0079
$\text{PM}_{10}\text{C}(\text{Lag } 0) \text{ \& } \text{O}_3(\text{Lag } 0)$	0.0172	0.0079	0.0148
$\text{PM}_{10}\text{C}(\text{Lag } 0) \text{ \& } \text{O}_3(\text{Lag } 1)$	0.0196	0.0136	0.0147
$\text{PM}_{10}\text{C}(\text{Lag } 1) \text{ \& } \text{CO}(\text{Lag } 1)$	0.2936	0.1157	0.3181
$\text{PM}_{10}\text{C}(\text{Lag } 1) \text{ \& } \text{NO}_x(\text{Lag } 0)$	0.0099	0.0056	0.008
$\text{PM}_{10}\text{C}(\text{Lag } 1) \text{ \& } \text{O}_3(\text{Lag } 0)$	0.0167	0.0065	0.0148
$\text{PM}_{10}\text{C}(\text{Lag } 1) \text{ \& } \text{O}_3(\text{Lag } 1)$	0.0191	0.0121	0.0147
$\text{CO}(\text{Lag } 1) \text{ \& } \text{NO}_x(\text{Lag } 0)$	0.2764	0.1104	0.3003
$\text{CO}(\text{Lag } 1) \text{ \& } \text{O}_3(\text{Lag } 0)$	0.2991	0.1122	0.3253
$\text{CO}(\text{Lag } 1) \text{ \& } \text{O}_3(\text{Lag } 1)$	0.307	0.1232	0.325
$\text{NO}_x(\text{Lag } 0) \text{ \& } \text{O}_3(\text{Lag } 0)$	0.0114	0.004	0.0098
$\text{NO}_x(\text{Lag } 0) \text{ \& } \text{O}_3(\text{Lag } 1)$	0.0136	0.0093	0.0098
$\text{O}_3(\text{Lag } 0) \text{ \& } \text{O}_3(\text{Lag } 1)$	0.0209	0.0102	0.0168

Lag0 =την ίδια μέρα, Lag1 = την προηγούμενη μέρα.

Πίνακας 5.2β: Συνδυασμένη πολλαπλασιαστική επίδραση των αέριων ρύπων (αύξηση της ημερήσιας συγκέντρωσης ρύπων κατά 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM_{10} , NO_x και O_3 και κατά 0.1 mg/m^3 για το CO) στη συχνότητα νοσηλειών λόγω αναπνευστικών παθήσεων στα παιδιά.

	Αναπνευστικές παθήσεις
$\text{PM}_{10}(\text{Lag0})$ & $\text{PM}_{10}(\text{Lag1})$	0.0024
$\text{PM}_{10}(\text{Lag0})$ & $\text{CO}(\text{Lag1})$	0.1179
$\text{PM}_{10}(\text{Lag0})$ & $\text{NO}_x(\text{Lag0})$	0.0051
$\text{PM}_{10}(\text{Lag0})$ & $\text{O}_3(\text{Lag0})$	0.0099
$\text{PM}_{10}(\text{Lag1})$ & $\text{CO}(\text{Lag1})$	0.1095
$\text{PM}_{10}(\text{Lag1})$ & $\text{NO}_x(\text{Lag0})$	0.0011
$\text{PM}_{10}(\text{Lag1})$ & $\text{O}_3(\text{Lag0})$	0.0056
$\text{CO}(\text{Lag1})$ & $\text{NO}_x(\text{Lag0})$	0.1150
$\text{CO}(\text{Lag1})$ & $\text{O}_3(\text{Lag0})$	0.1248
$\text{CO}(\text{Lag1})$ & $\text{O}_3(\text{Lag1})$	0.0915
$\text{NO}_x(\text{Lag0})$ & $\text{O}_3(\text{Lag0})$	0.0084

Lag0 =την ίδια μέρα, Lag1 = την προηγούμενη μέρα.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1-2 : Διακύμανση ημερήσιων μέσων τιμών συγκέντρωσης και μάζας

PM₁₀ ατμοσφαιρικών ρύπων ανά έτος.

PM10-c :συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 10μm (μg/m³)

Διάγραμμα 3 : Διακύμανση ημερήσιων μέσων τιμών συγκέντρωσης CO (mg/m³) ανά έτος.

Διάγραμμα 4 : Διακύμανση ημερήσιων μέσων τιμών συγκέντρωσης NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ανά έτος.

Διάγραμμα 5 : Διακύμανση ημερήσιων μέσων τιμών συγκέντρωσης NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ανά έτος.

Διάγραμμα 6 : Διακύμανση ημερήσιων μέσων τιμών συγκέντρωσης NO_x (μg/m³) ανά έτος.

Διάγραμμα 7 : Διακύμανση ημερήσιων μέσων τιμών συγκέντρωσης O₃ (μg/m³) ανά έτος.

Διάγραμμα 8 : Διακύμανση ημερήσιων μέσων τιμών συγκέντρωσης SO₂ (μg/m³) ανά έτος.

Διάγραμμα 9 α , β, γ : Διακύμανση του ημερήσιου αριθμού νοσηλειών ανά έτος.

α) συνολικά

β) πνευμονολογικές αιτίες

γ) καρδιολογικές αιτίες

H_tot: σύνολο νοσηλειών ανά μέρα

H_Pn: σύνολο νοσηλειών με πνευμονολογική αιτία

H_Ca: σύνολο νοσηλειών με καρδιακή αιτία

Διάγραμμα 9 δ, ε, στ : Διακύμανση του ημερήσιου αριθμού νοσηλειών ενηλίκων ανά έτος.

δ) συνολικά

ε) πνευμονολογικές αιτίες

στ) καρδιολογικές αιτίες

H_tot: σύνολο νοσηλειών ανά μέρα

H_Pn: σύνολο νοσηλειών με πνευμονολογική αιτία

H_Ca: σύνολο νοσηλειών με καρδιακή αιτία

H ένδειξη: _A αφορά τους ενήλικους

Διάγραμμα 9 η, θ : Διακύμανση του ημερήσιου αριθμού νοσηλειών παιδιών ανά έτος.

η) συνολικά

θ) πνευμονολογικές αιτίες

H_tot: σύνολο νοσηλειών ανά μέρα

H_Pn: σύνολο νοσηλειών με πνευμονολογική αιτία

H ένδειξη: _E αφορά τα παιδιά

Διάγραμμα 10 α : Διακύμανση του ημερήσιου αριθμού νοσηλγιών παιδιών για κάθε αιτία ανά έτος.

Διάγραμμα 10 β : Διακόμανση του ημερήσιου αριθμού νοσηλειών ενηλίκων για κάθε αιτία ανά έτος

Διάγραμμα 11 α, β, γ : Διακύμανση του ημερήσιου αριθμού θανάτων ανά έτος

α) συνολικά

β) πνευμονολογικά αίτια

γ) καρδιολογικά αίτια

tot: σύνολο θανάτων

D_Pn: σύνολο θανάτων με πνευμονολογική αίτια

D_Ca: σύνολο θανάτων με καρδιακή αίτια

Διάγραμμα 12 α.1-3: Εκτιμώμενη τάση μεταβολής του μέσου ημερήσιου αριθμού νοσηλειών ενηλίκων με βάση τη συγκέντρωση μικρο-σωματιδίων : PM_{10-c} ($10\mu g/m^3$)

(12 α.1.) Μέσος ημερήσιος αριθμός νοσηλειών (σύνολο) με βάση το επίπεδο συγκέντρωσης σωματιδίων PM_{10-c} (Ενήλικοι)

(12 α.2) Μέσος ημερήσιος αριθμός νοσηλειών εξαιτίας πνευμονολογικών παθήσεων με βάση το επίπεδο συγκέντρωσης σωματιδίων PM_{10-c} (Ενήλικοι)

(12 α.3) Μέσος ημερήσιος αριθμός νοσηλειών εξαιτίας καρδιαγγειακών παθήσεων με βάση το επίπεδο συγκέντρωσης σωματιδίων PM_{10-c} (Ενήλικοι)

Διάγραμμα 12 β.1-3: Εκτιμώμενη τάση μεταβολής του μέσου ημερήσιου αριθμού νοσηλειών παιδιών με βάση τη συγκέντρωση μικρο-σωματιδίων : PM_{10-c} ($10\mu g/m^3$)

(12 β.1.) Μέσος ημερήσιος αριθμός νοσηλειών (σύνολο) με βάση το επίπεδο συγκέντρωσης σωματιδίων PM_{10-c} (παιδιά)

(12 β.2.) Μέσος ημερήσιος αριθμός νοσηλειών εξαιτίας πνευμονολογικών παθήσεων με βάση το επίπεδο συγκέντρωσης σωματιδίων PM10-c (Παιδιά)

(12 β.3) Μέσος ημερήσιος αριθμός νοσηλειών εξαιτίας καρδιαγγειακών παθήσεων με βάση το επίπεδο συγκέντρωσης σωματιδίων PM10-c (Παιδιά)