

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ REVIEW

# Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο αναπνευστικό σύστημα

Συντριπτικά στοιχεία δείχνουν ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρεάζουν το κλίμα του πλανήτη. Η κλιματική αλλαγή είναι σημαντική και αναδυόμενη απειλή για τη δημόσια υγεία, ενώ αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές απειλές που αντιμετωπίζει ο πλανήτης. Οι επιπτώσεις γίνονται ήδη αισθητές και ορατές λόγω της αυξημένης συχνότητας και έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων, με αποτελέσματα που εκτείνονται από την αύξηση της θερμοκρασίας έως την άνοδο της στάθμης της θάλασσας λόγω της τήξης των πολικών παγετών. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας συμβάλλουν σε αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα των πνευμονικών νοσημάτων. Η υπερθέρμανση του πλανήτη, σε συνδυασμό με την αυξημένη υγρασία, επιτρέπει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών σε γεωγραφικές περιοχές όπου δεν έπρεπε να εμφανίζονται. Ο επιπολασμός των αλλεργικών νοσημάτων, καθώς και η εποχικότητα και η διάρκεια των αλλεργικών διαταραχών (αλλεργική ρινίτιδα, άσθμα), έχουν αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες στο βιομηχανοποιημένο κόσμο. Η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας της κατώτερης ατμόσφαιρας αυξάνει το «κακό» όζον του φωτοχημικού νέφους, ενισχύοντας τα προβλήματα του αναπνευστικού συστήματος. Ιδιαίτεροι είναι οι κίνδυνοι λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κυρίως από τα αιωρούμενα σωματίδια και το όζον, για τις ευπαθείς ομάδες, όπως υπερήλικες, άτομα με καρδιοαναπνευστικά προβλήματα, νεογνά και βρέφη. Επίσης, κινδυνεύουν ιδιαίτερα άτομα που ήδη υποφέρουν από χρόνιες αναπνευστικές νόσους, όπως άσθμα, σοβαρές αλλεργίες ή χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ).

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο «κλίμα» εννοείται ο μέσος όρος των καιρικών συνθηκών που επικρατούν σε μια ορισμένη περιοχή για μεγάλη χρονική περίοδο. Το κλίμα παρουσίαζε και θα παρουσιάζει πάντα αποκλίσεις, που οφείλονται σε φυσικά αίτια. Οι αιτίες αυτές περιλαμβάνουν τις ανεπαίσθητες μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας, τις ηφαιστειακές εκρήξεις, οι οποίες μπορούν να καλύψουν τη γη με σκόνη, που αντανάκλα την ηλιακή ακτινοβολία στο διάστημα και τις φυσικές αποκλίσεις του ίδιου κλιματικού συστήματος.

Η ενέργεια του ήλιου θερμαίνει την επιφάνεια της γης και καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία η θερμότητα αντανάκλαται στην ατμόσφαιρα ως ενέργεια υπεριώδους ακτινοβολίας. Η ατμόσφαιρα λειτουργεί όπως τα τοιχώματα ενός θερμοκηπίου, αφήνοντας το ορατό ηλιακό φως να εισέλθει, απορροφώντας την εξερχόμενη ενέργεια της υπεριώδους ακτινοβολίας και διατηρώντας ζεστό το εσωτερικό του. Η

εν λόγω φυσική διαδικασία ονομάζεται «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Χωρίς αυτό, η μέση θερμοκρασία στη γη θα ήταν  $-18^{\circ}\text{C}$ , ενώ αυτή τη στιγμή φθάνει τους  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), του μεθανίου ( $\text{CH}_4$ ) και του υποξειδίου του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ), τα οποία έχουν ήδη αυξηθεί από την προβιομηχανική περίοδο (1970–2004) κατά 70%. Η συγκεκριμένη αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου ευθύνεται για την υπερθέρμανση του πλανήτη.<sup>1,2</sup>

Οι συγκεντρώσεις του  $\text{CO}_2$  στην ατμόσφαιρα αυξάνονται με επιταχυνόμενο ρυθμό από δεκαετία σε δεκαετία. Μακροπρόθεσμα, η θερμοκρασία της γης μπορεί να έχει μεγαλύτερη ευαισθησία κατά 30–50% στο ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα απ' ό,τι είχε εκτιμηθεί προηγουμένως.<sup>3,4</sup>

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2011, 28(4):502–515  
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2011, 28(4):502–515

Ε.Χ. Φιλιππίδου,<sup>1</sup>  
Α. Κουκουλιάτα<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Α΄ Πνευμονολογική Κλινική, Γενικό Νοσοκομείο Καβάλας, Καβάλα  
<sup>2</sup>Τμήμα Τεχνικής και Υγειονομικής Επιθεώρησης Καβάλας, Καβάλα

The effects of climate change  
on the respiratory system

Abstract at the end of the article

### Λέξεις ευρετηρίου

Αλλεργικές νόσοι  
Ατμοσφαιρική ρύπανση  
Κλιματική αλλαγή  
και αναπνευστικά νοσήματα

Υποβλήθηκε 27.9.2010  
Εγκρίθηκε 10.11.2010

## 2. ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Ο άνθρωπος είναι αναπόσπαστο τμήμα του οικοσυστήματος στο οποίο διαμένει. Πρώτος ο Ιπποκράτης συσχέτισε την ανθρώπινη υγεία με περιβαλλοντικούς παράγοντες, απομακρύνοντας την Ιατρική από τη μαγεία. Είχε επισημάνει δε ότι η υγεία των κατοίκων μιας πόλης συνδέεται με την υγρασία, τον προσανατολισμό και τη φορά των ανέμων. Η κλιματική αλλαγή ήδη έχει πολλές ορατές επιπτώσεις, όπως αυτές που παρατίθενται πιο κάτω.

### 2.1. Αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας

Το παρόν φαινόμενο προκαλεί αλλαγές στα υπάρχοντα οικοσυστήματα, με άμεσες και σοβαρές απειλές για την υγεία.<sup>5,6</sup> Οι τροπικές ζώνες θα αυξηθούν λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και ανάλογα θα αλλάξει και η βλάστηση. Μέσω της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας, η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει άμεσα την υγεία του ανθρώπου.<sup>5</sup>

Η Διεθνής Ομάδα για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), ένας οργανισμός του ΟΗΕ (Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών) που αποτελεί σημείο συνάντησης εκατοντάδων ειδικών επί του κλίματος από ολόκληρο τον κόσμο, προβλέπει ότι έως το 2100 η μέση παγκόσμια θερμοκρασία είναι πολύ πιθανό να αυξηθεί περαιτέρω κατά 1,8–4 °C και στη χειρότερη περίπτωση έως 6,4 °C, εκτός εάν οι άνθρωποι αναλάβουν δράση για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.<sup>7</sup>

Επιστήμονες από την Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου της Νέας Υόρκης σε πρόσφατη έρευνά τους επισημαίνουν ότι οι νόσοι και οι θάνατοι θα αυξηθούν λόγω της συνεχιζόμενης αύξησης της θερμοκρασίας της γης.<sup>7</sup> Συγκεκριμένα, τα αναπνευστικά νοσήματα μπορεί να επιδεινωθούν λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών και της κακής ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.<sup>8</sup> Η αύξηση της θερμοκρασίας της γης έχει οδηγήσει σε:

- *Τήξη των πολικών πάγων:* Η περιοχή του πάγου στο Βόρειο Πόλο έχει μειωθεί κατά 10% τις τελευταίες δεκαετίες και το στρώμα του πάγου πάνω από το νερό έχει μειωθεί κατά 43%.
- *Εξαφάνιση παγετώνων:* Είναι πιθανόν ότι το 75% των παγετώνων στις Ελβετικές Άλπεις θα εξαφανιστεί έως το 2050.
- *Ανοδο της στάθμης της θάλασσας:* Τον τελευταίο αιώνα, η στάθμη της θάλασσας έχει ανέλθει κατά 12–22 cm, ενώ αναμένεται να ανέρχεται ακόμη πιο γρήγορα στο μέλλον.

- *Απειλή της φύσης:* Πολλά είδη ζώων και φυτών δεν θα μπορέσουν να αντιμετωπίσουν την άνοδο της θερμοκρασίας και τις αλλαγές στο φυσικό τους οικότοπο.
- *Ακραία καιρικά φαινόμενα:* Κατά την τελευταία δεκαετία τριπλασιάστηκαν οι φυσικές καταστροφές, όπως καύσωνες, πλημμύρες, καταιγίδες, ξηρασίες και δασικές πυρκαγιές, λόγω των καιρικών συνθηκών, σε σχέση με τη δεκαετία του 1960. Όλα αυτά τα φαινόμενα επιφέρουν μεγάλο ανθρώπινο και οικονομικό κόστος.<sup>1</sup>

### 2.2. Αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα

Η κύρια ανησυχία στην Ευρώπη συνδέεται με τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα, λόγω της αύξησης της ετήσιας θερμοκρασίας και των ακραίων μορφών της. Τα θέματα αυτά επηρεάζονται επίσης από τις κοινωνικοοικονομικές αλλαγές λόγω της αύξησης του πληθυσμού, της ηλικιακής κατανομής (γήρανση του πληθυσμού της Ευρώπης) και από άλλους παράγοντες, όπως είναι η μετανάστευση. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) εκτιμήθηκε ότι η θνησιμότητα αυξήθηκε κατά 1–4% για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας. Αυτό σημαίνει ότι η θνησιμότητα που οφείλεται στην υψηλή θερμοκρασία θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 30.000 θανάτους ετησίως έως τη δεκαετία του 2030 και κατά 50.000–110.000 θανάτους ετησίως έως τη δεκαετία του 2080.<sup>9</sup>

Οι ηλικιωμένοι, οι οποίοι έχουν μειωμένη ικανότητα ελέγχου και ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματος, κινδυνεύουν περισσότερο να πεθάνουν από θερμοπληξία, αναπνευστικές, καρδιαγγειακές και νεφρικές διαταραχές καθώς και μεταβολικές δυσλειτουργίες. Επίσης, ενώ ο συνολικός αριθμός των θανάτων είναι έντονα συνδεδεμένος με το μέγεθος του πληθυσμού, η αλλαγή στα ποσοστά των θανάτων μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη σε περιοχές με υψηλότερες θερμοκρασίες.<sup>10</sup>

Οι επιπτώσεις στην υγεία θα αυξηθούν στους πληθυσμούς που είναι λιγότερο ικανοί να προσαρμοστούν στην αλλαγή του κλίματος, ειδικότερα σε ευάλωτες ομάδες, όπως οι ηλικιωμένοι, και θα ποικίλλουν ανά περιοχή.<sup>11</sup>

### 2.3. Επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα

Αν και μεγάλο τμήμα του πληθυσμού της γης, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, προστατεύεται από τα δυσμενή αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής στην υγεία του αναπνευστικού, ορισμένοι δημογραφικοί και γεωγραφικοί πληθυσμοί βρίσκονται σε ιδιαίτερα αυξημένο κίνδυνο.<sup>8</sup>

Σύμφωνα με μελέτη της Ιατρικής Σχολής από το Mount Sinai, περισσότερα παιδιά θα καταλήξουν στο νοσοκομείο

κατά την επόμενη δεκαετία, λόγω των αναπνευστικών προβλημάτων, από την αλλαγή του κλίματος.<sup>12</sup> Επίσης, θα επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό η επικράτηση και η κατανομή του άσθματος.<sup>13</sup>

Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν –είτε βραχυπρόθεσμα, είτε μακροπρόθεσμα– τα νοσήματα του πνεύμονα είναι τα ακραία καιρικά φαινόμενα, η ρύπανση του περιβάλλοντος, οι πλημμύρες, η υγρασία, οι πυρκαγιές, οι καταιγίδες, τα αλλεργιογόνα και η ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οι κύριες πνευμονικές νόσοι που ενδέχεται να επηρεαστούν από την κλιματική αλλαγή είναι το άσθμα, η ρινίτιδα, οι αλλεργίες, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), οι λοιμώξεις του αναπνευστικού, ο καρκίνος του πνεύμονα, καθώς και οι συνυπάρχοντες παράγοντες νοσηρότητας. Οι παθήσεις που προκαλούν ανησυχία είναι το άσθμα, οι παραρρινοκολπίτιδες, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) και οι λοιμώξεις του αναπνευστικού. Ο βαθμός όμως στον οποίο θα επηρεάσουν οι παθήσεις αυτές ποικίλλει ανάλογα με το ποσοστό των ευπαθών ατόμων σε ένα συγκεκριμένο πληθυσμό.<sup>14</sup>

Ατομα με προϋπάρχουσα αναπνευστική νόσο είναι περισσότερο ευάλωτα στην αλλαγή του κλίματος, αν και ο βαθμός ευαισθησίας τους παραμένει ασαφής. Περιοχές με αυξημένη φτώχεια, με περιορισμένη πρόσβαση σε ιατρικές υπηρεσίες, καθώς και περιοχές με λιγότερο αναπτυγμένες ιατρικές υπηρεσίες και μεγαλύτερη αύξηση του πληθυσμού, λόγω μετανάστευσης, θα πληγούν περισσότερο.<sup>15</sup>

#### 2.4. Ακραία καιρικά φαινόμενα

Κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα, πολλές επιπτώσεις αναμένεται να εμφανιστούν στα φυσικά συστήματα, λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων. Για παράδειγμα, οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις, καθώς και η τήξη των πάγων και του χιονιού, αναμένεται να αυξήσουν τους κινδύνους πλημμύρας σε ορισμένες περιοχές και να προκαλέσουν ξηρασία σε άλλες. Η αύξηση της θερμοκρασίας της γης ήδη έχει απτές και μετρήσιμες συνέπειες, ενώ οι μελλοντικές επιπτώσεις αναμένεται να είναι περισσότερο ευρείες και δαπανηρές.<sup>16</sup>

Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη σταδιακή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης και των ωκεανών της, μια αλλαγή που πιστεύεται ότι θα ευθύνεται για τη μόνιμη αλλαγή του κλίματος της γης.<sup>17</sup>

Οι συνέπειές της κυμαίνονται από τις επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, στην οικονομία, στο περιβάλλον, καθώς και

στη ζωή και την υγεία των ανθρώπων. Αναπνευστικά προβλήματα είναι επίσης γνωστό ότι θα προκύψουν από υψηλή θερμοκρασία. Για παράδειγμα, θα αυξηθεί η συχνότητα διαφόρων ιογενών νοσημάτων στις πτωχότερες χώρες, όπως της ελονοσίας και του ιού του Δυτικού Νείλου.

Αντίστοιχα, στις χώρες όπου έχουν εξαλειφθεί οι συγκεκριμένες νόσοι, θα προκληθεί αύξηση των δαπανών για την υγεία (για εμβολιασμούς και άλλους τρόπους εξάλειψης, όπως τα φυτοφάρμακα κ.λπ.).<sup>18</sup>

Η αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων είναι πιθανόν να επιδεινώσει περαιτέρω τα χρόνια αναπνευστικά νοσήματα. Επί πλέον, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να αυξήσει τη ρύπανση του αέρα και των υδάτων, η οποία με τη σειρά της θα βλάψει την υγεία.<sup>19</sup>

Η εκτιμώμενη αύξηση του κινδύνου πρόωρου θανάτου μεταξύ των ατόμων με αναπνευστικά προβλήματα, λόγω αύξησης κατά 1 °C της θερμοκρασίας του πλανήτη, είναι υπερδιπλάσια σε σχέση με τον υπόλοιπο πληθυσμό στα κράτη μέλη της Συμμαχίας για την Υγεία και το Περιβάλλον (HEAL).<sup>2</sup>

Στην Ευρώπη, η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των κυμάτων καύσωνα το καλοκαίρι είναι αναμενόμενη, ειδικά στις κεντρικές, ανατολικές και νότιες χώρες. Οι συγκεκριμένες αλλαγές θα συμβάλλουν στην επιβάρυνση των νοσημάτων και των πρόωρων θανάτων από θερμική εξάντληση, ιδίως σε συγκεκριμένες ομάδες του πληθυσμού με περιορισμένη ικανότητα προσαρμογής, όπως σε υπερήλικες, ασθενείς με ΧΑΠ, καθώς και στα βρέφη, επειδή δεν έχει αναπτυχθεί εντελώς ο θερμορρυθμιστικός τους μηχανισμός. Η θνησιμότητα από καύσωνες είναι επίσης αυξημένη στις γυναίκες και σε ασθενείς με ΧΑΠ που νοσηλεύονται σε νοσοκομεία χωρίς κλιματιστικό έλεγχο.<sup>15</sup>

Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί πλημμύρες, καύσωνες και πυρκαγιές που επιδεινώνουν την υγεία, ειδικά στα παιδιά και τους ηλικιωμένους, σύμφωνα με τους ερευνητές του Harvard. Οι πυρκαγιές παράγουν ατμοσφαιρικούς ρύπους, στους οποίους περιλαμβάνονται και καρκινογόνοι χημικοί παράγοντες. Αναμένεται στις περιπτώσεις αυτές αύξηση των εισαγωγών σε νοσοκομεία για νόσους, όπως η πνευμονία, η χρόνια πνευμονοπάθεια, το άσθμα και άλλες παθήσεις του αναπνευστικού.<sup>20</sup>

Η αύξηση των δασικών πυρκαγιών σε κάποιες περιφέρειες απελευθερώνει επίσης σωματίδια, μονοξειδίο του άνθρακα (CO), πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) και άλλες πολλές τοξικές χημικές ουσίες, οι οποίες καθιστούν δυσχερή την αναπνοή, μειώνουν την άμυνα του ανοσοποιητικού συστήματος και πιθανόν να προκαλέσουν αύξηση των λοιμώξεων του αναπνευστικού.<sup>21</sup>

Η υψηλότερη συχνότητα των δασικών πυρκαγιών μπορεί να αυξήσει τη διασυννοριακή μεταφορά των σωματιδίων, που συνδέεται με αυξημένα συμπτώματα και μειωμένη πνευμονική λειτουργία σε παιδιά με άσθμα και με υψηλότερη θνησιμότητα στους ενήλικες, συμπεριλαμβανομένων των θανάτων από καρκίνο του πνεύμονα.<sup>22</sup>

Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (World Meteorological Organization) προειδοποιεί ότι οι ισχυρές βροχοπτώσεις, οι πολύ έντονοι καύσωνες και οι τυφώνες ενδεχομένως βρίσκονται σε ανοδική πορεία, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας της γης και της αλλαγής του κλίματος.<sup>20</sup>

Είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη στην υγεία, καθώς αυτή εξαρτάται και από άλλους παράγοντες. Είναι προφανές ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη θα επηρεάσει τις ευπαθείς ομάδες περισσότερο.<sup>23</sup>

Όσον αφορά στις μεγάλες πλημμύρες, ενώ συνέβαιναν μόνο κάθε 100 χρόνια, τώρα είναι πιθανό να εμφανίζονται κάθε 10 ή κάθε 20 χρόνια. Οι επιπτώσεις τους μπορεί να είναι ολέθριες, εκτός των άλλων και στην παροχή ιατρικών και υγειονομικών υπηρεσιών. Επίσης, πλημμύρες μικρότερης έντασης μπορεί να προκαλέσουν υγρασία στα κτήρια, με αποτέλεσμα την επιδείνωση των αναπνευστικών νοσημάτων και συμπτωμάτων και αυξημένες πιθανότητες για εκδήλωση άσθματος.<sup>20</sup>

Επί πλέον, θα μειωθούν οι κρύες ημέρες του χειμώνα, οι οποίες ενδέχεται να οδηγήσουν σε μείωση των χειμερινών θανάτων, που οφείλονται σε νοσήματα του αναπνευστικού συστήματος, κυρίως στις βορειότερες χώρες.<sup>15</sup>

Πολλοί θάνατοι στη διάρκεια του χειμώνα οφείλονται σε λοιμώξεις του αναπνευστικού, όπως η γρίπη. Όμως, είναι ασαφές ακόμη αν ο τρόπος μετάδοσης της γρίπης θα επηρεαστεί από τις υψηλότερες θερμοκρασίες του χειμώνα.<sup>8</sup>

## 2.5. Αλλεργιογόνα και αλλεργικές αντιδράσεις

Η αλλαγή του κλίματος, εκτός του γεγονότος ότι επηρεάζει την έκθεση σε ρύπους του αέρα, υπάρχει πιθανότητα να διαδραματίζει κάποιο ρόλο στην έκθεση σε αερομεταφερόμενα αλλεργιογόνα. Συγχρόνως, ενδεχομένως μεταβάλλει την παραγωγή γύρης σε ορισμένα φυτά και τη γεωγραφική κατανομή των φυτικών ειδών. Κατά συνέπεια, υπάρχει πιθανότητα να επηρεάσει το χρονοδιάγραμμα ή τη διάρκεια των εποχιακών αλλεργιών. Οι επιπτώσεις των αλλαγών της γύρης σχετικά με την εμφάνιση και τη σοβαρότητα του άσθματος –η συχνότερη χρόνια νόσος της παιδικής ηλικίας– είναι σήμερα πολύ αβέβαιες.<sup>24</sup>

Η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει ως συνέπεια την αύξηση της ευαισθητοποίησης στους αερομεταφερόμενους γυρεοκόκκους.<sup>25</sup>

Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) συντελεί επίσης στην ταχύτερη ανάπτυξη ορισμένων συμβιωτικών μυκήτων και στην παραγωγή περισσότερων σπορίων. Σύμφωνα με μελέτες, το φαινόμενο αυτό συμβάλλει στην αύξηση των αλλεργιών.

Η αύξηση της γύρης, επίσης, μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια ή το χρονοδιάγραμμα των εποχιακών αλλεργιών, να επιδεινώσει το άσθμα και να αυξήσει την εμφάνισή του (κρίσεις άσθματος).<sup>26,27</sup>

Στην Ελλάδα, οι λεγόμενες ανοιξιότικες αλλεργίες αρχίζουν από το Φεβρουάριο και ταλαιπωρούν τους πάσχοντες έως τα μέσα του καλοκαιριού. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην ανθρώπινη παρέμβαση, που έχει δύο σκέλη: (α) Την εισαγωγή στην Ελλάδα διαφόρων φυτών από διαφορετικά μήκη και πλάτη της υφής, που έχει οδηγήσει στον εμπλουτισμό της χλωρίδας του τόπου μας με νέα είδη και (β) την περιβαλλοντική ρύπανση και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που επηρεάζουν άμεσα και το φυτικό βασίλειο.

Η πρώιμη άνοιξη και οι «τροπικές» ανοιξιότικες βροχές και καταιγίδες δεν είναι πλέον ασυνήθη φαινόμενα στην Ελλάδα και τροποποιούν την έναρξη και τη διάρκεια της ανθοφορίας πολλών ειδών. Κάποια από τα εισαγόμενα φυτά είναι αλλεργιογόνα και ανθοφορούν είτε νωρίτερα είτε πιο αργά από τα περισσότερα ελληνικά φυτά, που ανθίζουν κυρίως την άνοιξη. Έτσι, η εποχή των αλλεργιών επεκτείνεται στο μισό τουλάχιστον διάστημα του έτους και για ορισμένα φυτά ακόμη περισσότερο.

Κλασικό παράδειγμα είναι τα διάφορα εισαγόμενα είδη κυπαρισσιού (*Cupressus arizonica* ή *lusitanica*, *Thuja orientalis* κ.ά.). Η γύρη ορισμένων ειδών κυπαρισσιού είναι περισσότερο αλλεργιογόνος από τη γύρη του δικού μας κυπαρισσιού (*Cupressus sempervirens*), με το οποίο ζήσαμε πολύ αρμονικά για πολλούς αιώνες. Στην ανθρώπινη παρέμβαση στο περιβάλλον αποδίδουν οι ειδικοί την έξαρσή τους, που διαρκεί πλέον 6 μήνες. Επί πλέον, όσοι πάσχουν από νοσήματα του αναπνευστικού επηρεάζονται αρνητικά τόσο από τις ακραίες θερμοκρασίες όσο και από τις απότομες καιρικές αλλαγές. Για τους πάσχοντες από εποχική αλλεργία, θα επηρεαστεί αρνητικά τουλάχιστον η προληπτική θεραπευτική τους αγωγή, που εφαρμοζόταν έως τώρα. Ακόμη, καθώς οι καταιγίδες θα γίνονται όλο και πιο συχνό φαινόμενο την άνοιξη, θα παρατηρούνται σοβαρές εξάρσεις του αλλεργικού άσθματος, λόγω της μετάπτωσής του στο λεγόμενο «άσθμα των καταιγίδων» (*thunderstorm asthma*), που έχει περιγραφεί σε διαφορετικά γεωγραφικά διαμερίσματα.<sup>28</sup>



Η αύξηση της θερμοκρασίας στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη θα επιτρέψει επίσης τη γεωγραφική εξάπλωση συγκεκριμένων ειδών φυτών και μυκήτων, με αποτέλεσμα να εκτεθούν οι πληθυσμοί σε νέα αλλεργιογόνα. Ο συνδυασμός της αύξησης των αλλεργιογόνων ουσιών από κοινού με την αύξηση των επιπέδων του όζοντος θα οδηγήσει σε επιδείνωση των συμπτωμάτων του άσθματος και σε αύξηση των περιστατικών αλλεργικής ρινίτιδας.<sup>29</sup>

Στην Ατλάντα, επιστήμονες διαπίστωσαν ότι οι καταιγίδες είναι συνδεδεμένες με αύξηση κατά 3% των επισκέψεων σε τμήματα επειγόντων περιστατικών λόγω άσθματος. Οι πιο πιθανές εξηγήσεις για το συγκεκριμένο θέμα είναι ότι η ρήξη των σπόρων με το νερό της βροχής απελευθερώνει τα αλλεργιογόνα και στη συνέχεια οι άνεμοι προκαλούν εξάπλωση των αλλεργιογόνων, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν αύξηση των κρίσεων άσθματος.<sup>30</sup>

Τέλος, ενδέχεται να υπάρχουν άλλες έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία λόγω της κλιματικής αλλαγής, που επηρεάζει καθοριστικούς παράγοντες της υγείας, όπως είναι η ποιότητα του αέρα των εσωτερικών και των εξωτερικών χώρων, το επίπεδο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κ.λπ. Στις ομάδες που διατρέχουν κίνδυνο περιλαμβάνονται παιδιά και ηλικιωμένοι. Άτομα που υποφέρουν ήδη από χρόνιες αναπνευστικές νόσους, όπως το άσθμα, οι σοβαρές αλλεργίες ή η ΧΑΠ, κινδυνεύουν ιδιαίτερα.<sup>7</sup>

## 2.6. Αναδυόμενες ασθένειες – νοσήματα που μεταδίδονται από φορείς

Οι αναδυόμενες ασθένειες είναι από τις πλέον εκτεταμένες συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η αλλαγή του κλίματος ευθύνεται μεταξύ άλλων και για την αυξανόμενη απειλή των θανατηφόρων νέων ιών.<sup>31</sup> Οι μολυσματικές ασθένειες που έχουν αυξηθεί σε συχνότητα περιλαμβάνουν το σοβαρό οξύ αναπνευστικό σύνδρομο (SARS) και τη γρίπη H1N1.<sup>32</sup> Αλλαγή παρατηρείται και στη συχνότητα των λοιμώξεων από τον αναπνευστικό συγκυτιακό ιό (RSV).<sup>2</sup> Ιδιαίτερα στα βρέφη και στα μικρά παιδιά, ο ιός RSV προκαλεί νοσήματα, τα οποία μπορεί να κυμαίνονται από μια ήπια λοίμωξη του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος έως και επικίνδυνες για τη ζωή τους λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος (βρογχολίτιδα και πνευμονία). Συχνά, στα παιδιά προκαλεί και ωτίτιδες. Τα παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας και οι ενήλικες παρουσιάζουν κατά κανόνα μια ήπια πορεία της νόσου, ενώ οι ηλικιωμένοι νοσούν βαριά. Η εποχιακή εμφάνιση και η διάρκεια της λοίμωξης από τον ιό RSV έχουν ήδη αλλάξει από τα μέσα της δεκαετίας του 1990.<sup>33</sup>

Το 2006, το Ηνωμένο Βασίλειο μαστιζόταν από εστιές

νόσου των Λεγεωναριών, μια βακτηριακή λοίμωξη των πνευμόνων, την οποία αποδίδουν οι επιστήμονες στην υπερθέρμανση του πλανήτη.<sup>34</sup>

Οι Chang et al, στη μελέτη τους, αναφέρουν ότι σε τοπική κλίμακα τα κρούσματα SARS σχετίζονται σημαντικά με τη θερμοκρασία του αέρα και τη διακύμανσή της.<sup>35</sup> Αν και η εποχικότητα των αναπνευστικών λοιμώξεων δεν είναι πλήρως κατανοητή, σε γενικές γραμμές η συχνότητα των αναπνευστικών λοιμώξεων αυξάνεται κατά τους χειμερινούς μήνες και συνεπώς –με θερμότερους χειμώνες στο μέλλον– μπορεί να μειωθεί και η συχνότητά τους. Κατά συνέπεια, η συνολική επίδραση της αλλαγής του κλίματος στις αναπνευστικές λοιμώξεις μπορεί να είναι από ήπια έως και ευεργετική. Ωστόσο, η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα συμβάλει στην αύξηση της ευαισθησίας στις λοιμώξεις, με αποτέλεσμα να είμαστε πιο επιρρεπείς σε αυτές. Είναι πιθανόν ότι η κλιματική αλλαγή θα μεταβάλει τη συχνότητα και άλλων λοιμώξεων, ιδίως της φυματίωσης.<sup>2,15</sup>

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στις μεταβολές των τυπολογιών των νόσων που μεταδίδονται από φορείς σε σχέση με την αλλαγή του κλίματος. Η IPCC προβλέπει ότι η αλλαγή του κλίματος θα έχει ως συνέπεια μεταβολές στη μετάδοση λοιμωδών νόσων από φορείς όπως τα κουνούπια, λόγω των μεταβολών στη γεωγραφική τους εξάπλωση.<sup>36</sup>

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) αναφέρει ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη θα προκαλέσει σημαντική αύξηση των νοσημάτων που μεταδίδονται στην Ευρώπη μέσω των εντόμων.<sup>37</sup> Αναμένεται αύξηση των μολυσματικών νοσημάτων μέσω της δημιουργίας ενός πιο φιλόξενου περιβάλλοντος για έντομα και τρωκτικά.<sup>34</sup>

Η άνοδος της θερμοκρασίας θα αυξήσει επίσης τον κίνδυνο ορισμένων μεταδοτικών νοσημάτων, οι οποίες μέχρι πρότινος εμφανίζονταν μόνο σε τροπικές ή σε πολύ θερμές χώρες. Τα κουνούπια και άλλα έντομα-φορείς τέτοιων νοσημάτων μπορούν να μετακινηθούν σε υψηλότερη γεωγραφική θέση, σε περίπτωση που το επιτρέψουν οι θερμοκρασίες. Αυτό ενδέχεται να φέρει σε επαφή πληθυσμούς, όπως αυτόν της χώρας μας, με ασθένειες τις οποίες δεν είχαν αντιμετωπίσει ποτέ στο παρελθόν. Η ελονοσία είναι από τις πρώτες νόσους από τις οποίες θα κινδυνεύσουν διάφοροι πληθυσμοί, λόγω της μετανάστευσης των φορέων τους στη δική τους γεωγραφική ζώνη.<sup>38</sup>

Πρόσφατα, αυξήθηκαν τα κρούσματα της ελονοσίας στη δύση.<sup>37</sup> Η λοίμωξη που προκαλείται από το *Plasmodium falciparum* είναι η πλέον επικίνδυνη μορφή της ελονοσίας, η οποία προκαλεί σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα.<sup>39</sup> Με διάφορα μοντέλα διερευνήθηκε η ενδεχόμενη αύξηση

του κινδύνου της ελονοσίας σε περιοχές της Ευρώπης. Μολονότι είναι δύσκολο προς το παρόν να γίνουν ακριβείς προβλέψεις, επικρατεί ωστόσο η συναίνεση ότι ο γενικός κίνδυνος μετάδοσης της ελονοσίας, λόγω τοπικών κλιματικών αλλαγών, είναι πολύ μικρός, ιδίως όταν υπάρχουν οι κατάλληλες υγειονομικές υπηρεσίες και η καλή διαχείριση της καταπολέμησης των κουνουπιών.<sup>7</sup>

## 2.7. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία ρύπων στην ατμόσφαιρα, δηλαδή η συγκέντρωση κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα ή διάρκεια, που μπορεί να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ζωντανών οργανισμών και γενικότερα να διαταράξουν την οικολογική ισορροπία σε μεγάλη ή μικρή γεωγραφική κλίμακα.<sup>40</sup> Προκαλούνται κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες αλλά και από φυσικές πηγές (πυρκαγιές δασών, εκρήξεις ηφαιστειών κ.ά.).<sup>41</sup>

Η ατμοσφαιρική ρύπανση βλάπτει σοβαρά την υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον. Αναπνευστικά προβλήματα, πρόωροι θάνατοι, ευτροφισμός και υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, εξ αιτίας αζωτούχων και όξινων επικαθίσεων, είναι μερικές μόνο από τις συνέπειες του προβλήματος, τοπικού όσο και διασυνοριακού.

Οι πλέον ανησυχητικοί για τη δημόσια υγεία ρύποι είναι το τροποσφαιρικό όζον και προπαντός τα αιωρούμενα σωματίδια (κυρίως τα λεπτά σωματίδια/PM<sub>2,5</sub>).<sup>40</sup>

Οι επιδράσεις στην υγεία του αναπνευστικού συστήματος από την έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι πολυποικίλες και συνοψίζονται στον πίνακα 1.<sup>41</sup>

Υπό ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι πιθανό να φθάσει σε επίπεδα που δημιουργούν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Για την περιγραφή της συγκεκριμένης κατάστασης έχει επικρατήσει ο όρος

**Πίνακας 1.** Οι επιδράσεις στην υγεία του αναπνευστικού συστήματος από την έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

---

Αυξημένη θνησιμότητα από πνευμονική ή καρδιακή νόσο
Αύξηση νοσηλειών και ιατρικών επισκέψεων
Κρίσεις άσθματος
Αυξημένος αριθμός πνευμονικών λοιμώξεων
Μειωμένη πνευμονική λειτουργία
Αυξημένη βρογχική αντιδραστικότητα
Φλεγμονή πνευμονικού παρεγχύματος
Έκπτωση αμυντικών μηχανισμών
Αύξηση αναπνευστικών συμπτωμάτων

---

«νέφος». Το νέφος παρουσιάζεται με δύο μορφές: (α) Το νέφος καπνομίχλης και (β) το φωτοχημικό νέφος.

Το νέφος καπνομίχλης σχηματίζεται όταν στην ατμόσφαιρα υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) και αιωρούμενα σωματίδια, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και υψηλή υγρασία. Το φαινόμενο είναι εντονότερο κατά τους χειμερινούς μήνες και κυρίως τις πρωινές ώρες, κατά τις οποίες επικρατούν οι παραπάνω καιρικές συνθήκες. Ονομάζεται και ατμοσφαιρική ρύπανση «τύπου Λονδίνου», καθώς πρώτη φορά παρουσιάστηκε στην πρωτεύουσα της Αγγλίας, με σοβαρότερο επεισόδιο το 1952, οπότε πέθαναν εκατοντάδες άνθρωποι λόγω των ακραίων συνθηκών ατμόσφαιρας που δημιουργήθηκαν.

Το φωτοχημικό νέφος παρουσιάζεται όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια, μικρή σχετικά υγρασία και υψηλή συγκέντρωση συγκεκριμένων ενώσεων, όπως τα οξειδία του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες και τα προϊόντα των αντιδράσεών τους. Ονομάζεται και ρύπανση «τύπου Los Angeles», καθώς εκεί εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1943.<sup>38</sup>

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων στα οχήματα, τη βιομηχανία και την παραγωγή ενέργειας συμβάλλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τις κλιματικές αλλαγές. Η καύση τους –και σε μικρότερο βαθμό, η βιομάζα– εκλύει πολλούς ατμοσφαιρικούς ρύπους, που βλάπτουν την υγεία. Αυτοί περιλαμβάνουν οξειδία του θείου (SO<sub>x</sub>), οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), αιωρούμενα σωματίδια (PM), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και τοξικές ουσίες, όπως ο υδράργυρος, που προκαλούν άμεσες επιπτώσεις στην υγεία των πνευμόνων. Δεν υπάρχει ασφαλές επίπεδο έκθεσης σε καμιά από αυτές τις ουσίες. Αυξημένα επίπεδα της έκθεσης μπορεί να προκαλέσουν συμφόρηση, δυσκολία στην αναπνοή, κρίσεις άσθματος και περιστασιακά θάνατο. Τα ορυκτά καύσιμα αποβάλλουν σημαντικά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα, ένα από τα πλέον σημαντικά αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου που επηρεάζουν την αλλαγή του κλίματος.<sup>21</sup>

**2.7.1. Ατμοσφαιρικοί ρύποι.** Αναλυτικότερα, οι ατμοσφαιρικοί ρύποι διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: (α) Τους πρωτογενείς και (β) τους δευτερογενείς ρύπους.

### α. Πρωτογενείς ρύποι

Είναι οι ρύποι οι οποίοι προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης. Τέτοιες πηγές είναι η βιομηχανία, τα αυτοκίνητα (βενζίνη, πετρέλαιο), η θέρμανση κ.ά. Οι κυριότεροι πρωτογενείς ρύποι είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του θείου

(SO<sub>2</sub>), ο μόλυβδος (Pb), οι υδρογονάνθρακες (HC) και τα σωματίδια. Οι ρύποι αυτοί μαζί με το όζον (O<sub>3</sub>) παρακολουθούνται συστηματικά από τους αρμόδιους κρατικούς φορείς και ονομάζονται «συμβατικοί ρύποι».<sup>42</sup>

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι άχρωμο και άοσμο αέριο, που εκπέμπεται, ως προϊόν ατελούς καύσης, από πάσης φύσεως μηχανές. Επιδρά αρνητικά στην υγεία, καθώς μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς.

Το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) είναι αέριο άχρωμο και άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις, αλλά με έντονη οσμή σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. Προέρχεται από τα ηφαίστεια, αλλά οι ανθρωπογενείς και βλαβερές πηγές του είναι οι εκπομπές από τις κεντρικές θερμάνσεις, τα διυλιστήρια πετρελαίου, τις χημικές βιομηχανίες και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Επηρεάζει άτομα με αναπνευστικά προβλήματα νεαρής και μεγάλης ηλικίας.<sup>43</sup> Έχει διαπιστωθεί ότι η εισπνοή του SO<sub>2</sub> είναι ερεθιστική τόσο σε ασθματικούς όσο και σε υγιείς, αλλά οι αεραγωγοί των ασθματικών είναι περισσότερο ευαίσθητοι. Οι ασθματικοί διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να παρουσιάσουν βρογχόσπασμο σε συγκεντρώσεις περί τα 0,5 ppm, ιδιαίτερα σε συνθήκες που απαιτούν αναπνοή από το στόμα, όπως σε άσκηση, αφού το SO<sub>2</sub> αποβάλλεται από τη μύτη. Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι η συγκέντρωση και όχι η διάρκεια της έκθεσης είναι εκείνη που καθορίζει το βαθμό του βρογχόσπασμου.<sup>44</sup>

Τα υψηλά επίπεδα SO<sub>2</sub> μπορεί να προκαλέσουν συριγμό, άλγος στο στήθος, βήχα και αναπνευστικά προβλήματα, γεγονός που ενδέχεται να επιτείνει υφιστάμενες νόσους του αναπνευστικού, όπως βρογχίτιδα, εμφύσημα, ή και να προκαλέσει κρίσεις άσθματος. Η χρόνια έκθεση μπορεί να προκαλέσει βρογχίτιδα, ενώ η έκθεση σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub> σοβαρή δύσπνοια και πνευμονικό οίδημα. Χαμηλές συγκεντρώσεις στον αέρα των εξωτερικών χώρων μπορεί να ερεθίσουν το ανώτερο και το κατώτερο αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα και δύσπνοια. Η μακροχρόνια έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις ενδέχεται να προκαλέσει προσωρινή απώλεια της όσφρησης, κεφαλαλγία, ναυτία και ζάλη.

Οι πιο ευάλωτοι στην έκθεση του SO<sub>2</sub> είναι οι ηλικιωμένοι και οι ασθματικοί (ενήλικες και παιδιά), οι ασθενείς με καρδιαγγειακά νοσήματα, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (βρογχίτιδα, εμφύσημα), ιδιαίτερα κατά την άσκηση. Η έκθεση σε SO<sub>2</sub> κατά την άσκηση μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα της συστολής των αεραγωγών. Η πιθανή επίπτωση της μακροχρόνιας έκθεσης σε SO<sub>2</sub> σε παιδιά με αναπνευστική νόσο είναι ο συριγμός, ο οποίος σχετίζεται με αυξημένες επισκέψεις σε θάλαμο έκτακτης ανάγκης. Επειδή τα παιδιά εισπνέουν περισσότερο αέρα

απ' ό,τι οι ενήλικες, σε σχέση με το σωματικό βάρος τους, συνήθως είναι πιο ευάλωτα στις επιπτώσεις του SO<sub>2</sub>. Η μακροχρόνια έκθεση σε SO<sub>2</sub> μπορεί να αλλάξει την ικανότητα του παιδιού να αναπνέει βαθιά. Η εισπνοή SO<sub>2</sub> ενδέχεται να προκαλέσει μόνιμη βλάβη στους πνεύμονες.<sup>45</sup> Επίσης, μπορεί να αυξήσει την ευαισθησία σε άλλα αλλεργιογόνα, ιδιαίτερα σε ασθματικούς ασθενείς. Από μελέτες που έχουν διεξαχθεί σε εργαζομένους οι οποίοι εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα διοξειδίου του θείου προκύπτει αυξημένος κίνδυνος για καρκίνο του πνεύμονα.<sup>46</sup>

Ο πετρελαϊκός οπτάνθρακας (pet coke), επίσης, αναφέρεται στο γενικότερο πρόβλημα της ποιότητας του αέρα και αντιμετωπίζεται ως ένας από τους πλέον σοβαρούς παράγοντες της ποιότητας ζωής, με συνέπειες που δεν μπορούν να εκτιμηθούν σε βάθος χρόνου για τη δημόσια υγεία, ακόμη και υπό τις καλύτερες συνθήκες διαχείρισης του ίδιου του καυσίμου και των παραγόμενων ρύπων.<sup>47</sup> Ανήκει στα παραπροϊόντα που παράγονται κατά την πυρόλυση των υπολειμμάτων πετρελαίου και από την απόσταξη των πιο βαρέων πετρελαίων. Επίσης, περιέχει εξαερώσιμα υλικά σε ποσοστό 2–15% και πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες. Από περιβαλλοντικής άποψης, η υψηλή περιεκτικότητα του πετρελαϊκού οπτάνθρακα σε θείο, καθώς και οι ποσότητες βαρέων μετάλλων που υπάρχουν στην τέφρα, αποτελούν πολύ σημαντικούς κινδύνους για τις περιοχές οι οποίες γειτνιάζουν με τις εστίες καύσης που χρησιμοποιούν πετρελαϊκό οπτάνθρακα. Το παραγόμενο SO<sub>2</sub> έχει τοξικές δράσεις (βρογχίτιδα, βρογχόσπασμος) και είναι καρκινογόνο.

Το βανάδιο επίσης προκαλεί τοξικές δράσεις, κυρίως στα μάτια και την ανώτερη αναπνευστική οδό. Η συστηματική έκθεση σε τοξικά μέταλλα, μεταξύ των οποίων και το βανάδιο, μπορεί να προκαλέσει οξείες και χρόνιες νόσους του αναπνευστικού (εμφύσημα, καρκίνο πνεύμονα, ίνωση, άσθμα).

Το νικέλιο, ο σίδηρος και ο χαλκός μπορούν, σε τοξικές δόσεις, να προκαλέσουν τοξικές δράσεις, μεταξύ των οποίων και καρκινογένεση. Ο στοιχειακός άνθρακας (αιθάλη), ειδικά σε λεπτό διαμερισμό, είναι υπαίτιος πρόκλησης χρόνιας βρογχίτιδας, άσθματος, ακόμη και πνευμονοκονίασης (σωματίδια PM<sub>10</sub>).<sup>48</sup>

Τα υψηλά ποσοστά των πτητικών συστατικών του πετρελαϊκού οπτάνθρακα αποτελούνται, κατά κύριο λόγο, από πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), οι οποίοι εμφανίζουν καρκινογόνο δράση, ειδικότερα όταν δρουν συνεργικά με βαρέα μέταλλα και αιωρούμενα σωματίδια. Αυτή η ιδιότητα καθιστά το υλικό pet coke τουλάχιστον προβληματικό, όταν βρίσκεται αποθηκευμένο σε υπαίθριο χώρο, κατά τη μεταφορά και το χειρισμό του από τους εργαζόμενους, αλλά και κατά την καύση του.<sup>49</sup>



### β. Δευτερογενείς ρύποι

Οι κυριότεροι δευτερογενείς ρύποι είναι το διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) και το όζον ( $\text{O}_3$ ). Το όζον είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης του οξειδίου του αζώτου με διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις, αντίδραση η οποία καταλύεται από το ηλιακό φως.<sup>42</sup>

Το  $\text{NO}_2$  είναι αέριο ιδιάζουσα οσμή. Προέρχεται, μέσω χημικών αντιδράσεων, παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, από το μονοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}$ ), το οποίο παράγεται από αυτοκίνητα, φορτηγά και βιομηχανικούς καυστήρες. Αποτελεί τον κύριο ρύπο του νέφους και της όξινης βροχής.

Το  $\text{NO}_2$  είναι ελεύθερη ρίζα και οξειδωτική ουσία, που διαλύεται δύσκολα στο νερό. Για το λόγο αυτόν εναποτίθεται περιφερικότερα στους αεραγωγούς σε σύγκριση με τα άκρως υδατοδιαλυτά αέρια, όπως το  $\text{SO}_2$ . Η απορρόφηση του  $\text{NO}_2$  γίνεται σε όλη την αναπνευστική οδό, αλλά κυρίως στα τελικά βρογχιόλια, όπως συμβαίνει και με το όζον. Έτσι, μπορεί να προκαλέσει υπεροξειδωσή των λιπιδίων στις κυτταρικές μεμβράνες και οξειδωτική βλάβη σε ποικίλα δομικά και λειτουργικά μόρια. Επίσης, μπορεί να αντιδράσει με αντιοξειδωτικούς μηχανισμούς στο υγρό του επιθηλίου.<sup>50</sup> Σχετικές μελέτες δείχνουν ότι η μακροχρόνια έκθεση σε αυξημένα επίπεδα  $\text{NO}_2$  μπορεί να μειώσει την πνευμονική λειτουργία και να αυξήσει τον κίνδυνο για αναπνευστικά προβλήματα, όπως οξεία βρογχίτιδα, ιδιαίτερα στα παιδιά. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι προκαλεί αύξηση των αλλεργικών αντιδράσεων σε εισπνεόμενη γύρη. Οι ασθεντικοί και τα παιδιά θεωρείται ότι είναι περισσότερο ευάλωτοι σε έκθεση  $\text{NO}_2$ .<sup>43</sup>

Η χρόνια έκθεση σε σωματίδια  $\text{NO}_2$  και  $\text{SO}_2$ , διαμέτρου  $<10 \mu\text{m}$ , συσχετίστηκε με μειωμένη  $\text{FEV}_1$  σε ενήλικες, ηλικίας  $>16$  ετών, σε μια μακροχρόνια μελέτη. Τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα έντονα σε ενήλικες άνδρες και πρώην καπνιστές.<sup>51</sup>

Τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών  $\text{NO}_x$ , μετά από τα αυτοκίνητα. Η χημική αντίδραση των οξειδίων του αζώτου με πτητικές οργανικές ενώσεις και το ηλιακό φως δημιουργούν αιθαλομίχλη και τροποσφαιρικό όζον. Σε δυσμενείς συνθήκες, αυτή η αιθαλομίχλη από  $\text{NO}_x$  μολύνει περιοχές σε αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων. Όταν εισπνέεται προκαλεί λαχάνιασμα, αναπνευστικό συριγμό και ευπάθεια σε αναπνευστικά προβλήματα. Μπορεί να δημιουργήσει σοβαρότερα προβλήματα, όπως άσθμα και φλεγμονές του πνεύμονα. Η αιθαλομίχλη είναι επικίνδυνη για όλους, αλλά περισσότερο για τα παιδιά, τους ηλικιωμένους και τα άτομα με αναπνευστικά προβλήματα.<sup>52</sup>

Σε μελέτη της Cancer Prevention II Study of American Cancer Society (2002) βρέθηκε ότι η ρύπανση από μικροσωματίδια και οξείδιο του θείου είχε θετική συσχέτιση με την ολική θνησιμότητα. Υπολογίστηκε ότι ο αριθμός θανάτων από καρκίνο του πνεύμονα αυξανόταν κατά 8% για κάθε  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  μικροσωματιδιακής ύλης ( $<2,5 \mu\text{m}$ ).<sup>53</sup>

Η χρόνια έκθεση σε ατμοσφαιρική ρύπανση συνδέεται με μέτρια μείωση της  $\text{FEV}_1$  σε ενήλικες και μπορεί να συμβάλλει στην έξαρση της ΧΑΠ.<sup>51,54</sup>

2.7.2. Αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια (ΑΑΣ). Ο όρος «αιωρούμενα ατμοσφαιρικά σωματίδια» (ΑΑΣ) περιλαμβάνει ένα μείγμα στερεών και υγρών σωματιδίων, διαφορετικής προέλευσης, μεγέθους και σύστασης. Προέρχονται είτε από φυσικές πηγές (ηφαίστεια, αερομεταφερόμενη σκόνη, οργανική ύλη, αιωρούμενα σταγονίδια θαλάσσιου ύδατος), είτε από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (καύση ορυκτών καυσίμων, μεταφορικά μέσα, βιομηχανία, οικιακή θέρμανση). Λειτουργούν ως καταλυτικές επιφάνειες και ως μέσα μεταφοράς ενώσεων, ενδεχομένως τοξικών ή οξειδωτικών.

Ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους, τα ΑΑΣ διακρίνονται σε (α) πρωτογενή σωματίδια, όταν εκπέμπονται κατ' ευθείαν στον ατμοσφαιρικό αέρα, και (β) δευτερογενή σωματίδια, όταν σχηματίζονται μέσω χημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα από αέρια (ατμοσφαιρικό οξυγόνο, υδρατμοί), αντιδρώντα μόρια ( $\text{O}_3$ , ελεύθερες ρίζες), ρύπους ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ), καθώς και οργανικά αέρια (VOCs προερχόμενα από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές).

Η πλειοψηφία των αιωρούμενων σωματιδίων, λόγω του μικρού μεγέθους τους, διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα και προκαλούν σημαντικά προβλήματα υγείας, καθώς εισέρχονται βαθύτερα στην αναπνευστική οδό. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που έχουν ενοχοποιηθεί έως σήμερα για τις επιπτώσεις τους στην υγεία είναι η διάμετρος, η οποία ποικίλλει, και η χημική τους σύσταση. Με βάση την αεροδυναμική διάμετρό τους, τα μικροσωματίδια (particulate matter, PM) ταξινομούνται σε αδρά (coarse ή  $\text{PM}_{10}$ , διαμέτρου  $2,5-10 \mu\text{m}$ ), λεπτά (fine ή  $\text{PM}_{2,5}$  διαμέτρου  $<2,5 \mu\text{m}$ ) και πολύ λεπτά (ultrafine ή  $\text{PM}_{0,1}$  με διάμετρο  $<0,1 \mu\text{m}$ ), τα οποία διεισδύουν στις πνευμονικές κυψελίδες σε βαθμό αντιστρόφως ανάλογο του μεγέθους τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα εισπνεόμενα ΑΑΣ, δηλαδή τα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο  $<10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), λόγω της ικανότητάς τους να εισέρχονται και να αποτίθενται στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα.<sup>55</sup> Η μεγαλύτερη εναπόθεση συμβαίνει σε εύρος  $<0,5 \mu\text{m}$ , αφού τα μεγαλύτερα σωματίδια είναι βαρύτερα και καθιζάνουν πιο εύκολα. Τοξικολογικές θεωρίες υποστηρίζουν ότι τα λεπτά και τα πολύ λεπτά σωματίδια είναι βιολογικά πιο ενεργά από τα



μεγαλύτερα.<sup>56</sup> Σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου >5 μm και <10 μm φθάνουν μέχρι τους μεγάλους αεραγωγούς, από τους οποίους απομακρύνονται με το βλεννοκροσσωτό μηχανισμό κάθαρσης. Τα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου 0,1–2,5 μm, καθώς και εκείνα με αεροδυναμική διάμετρο <0,1 μm θεωρούνται περισσότερο κυτταροτοξικά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι φθάνουν έως το πνευμονικό παρέγχυμα, συσσωρεύονται στις κυψελίδες, προκαλούν ενεργοποίηση των κυψελιδικών μακροφάγων (του κύριου αμυντικού μηχανισμού του πνευμονικού παρεγχύματος), έκκριση παραγόντων της φλεγμονής και οξειδωτικό stress. Επιπρόσθετα, υπάρχουν ενδείξεις ότι ένα ποσοστό τους εισέρχεται στη συστηματική κυκλοφορία, καταλήγοντας σε απομακρυσμένα όργανα. Η πρόκληση φλεγμονής είναι ο κύριος μηχανισμός της βλαπτικής δράσης των σωματιδίων. Τα κυψελιδικά μακροφάγα και τα επιθηλιακά κύτταρα αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας στους εισπνεόμενους εισβολείς και φαίνεται ότι διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην έναρξη της φλεγμονής μετά από την έκθεση του ατόμου στα μικροσωματίδια. Απαντούν με παραγωγή και απελευθέρωση ουσιών (κυτταροκίνες, χημειοτακτικοί παράγοντες, λευκοτριένια-προσταγλανδίνες και μόρια προσκόλλησης), που έχουν ως σκοπό να συγκεντρώνουν στο σημείο της εισβολής κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος, ικανά να αντιμετωπίσουν τον εισβολέα (όπως ουδετερόφιλα, ηωσινόφιλα και Τ-λεμφοκύτταρα). Τα ενεργοποιημένα πολυμορφοπύρρηνα προσκολλώνται στο πνευμονικό ενδοθήλιο και απελευθερώνουν πρωτεάσες και προϊόντα οξειδωσης, τα οποία βλάπτουν το αγγειακό τοίχωμα. Συγχρόνως, απελευθερώνονται αγγειοδραστικές ουσίες, λιπίδια και πεπτιδία που επιτείνουν τη βλάβη, ενώ οι διαταραχές στην επιφάνεια του πνευμονικού ενδοθηλίου ευοδώνουν τη θρόμβωση.

Όσον αφορά στη σύστασή τους, παρατηρείται ότι στα PM<sub>2,5-10</sub> (coarse particles) υπερισχύουν συστατικά τα οποία προέρχονται από το φλοιό της γης (έδαφος, φυσικές πηγές), ενώ στα PM<sub>2,5</sub> και PM<sub>0,1</sub>, συστατικά τα οποία είναι προϊόντα ατελούς καύσης ή χημικών αντιδράσεων (ανθρωπογενείς πηγές). Υπεύθυνα για τις προαναφερθείσες επιδράσεις στην υγεία θεωρούνται διάφορα μέταλλα (Fe, Cr, Co, Mn, Ni, Zn, Titanium, Vanadium), τα οποία περιέχονται στα σωματίδια και προκαλούν πνευμονική βλάβη, μέσω απελευθέρωσης οξειδωτικών ριζών.

Στα μεγάλα αστικά κέντρα, ποσοστό >90% των ΑΑΣ αποτελείται από σωματίδια καυσαερίων που εκπέμπονται από κινητήρες Diesel (diesel exhaust particulate, DEP). Η σωματιδιακή φάση των καυσαερίων περιλαμβάνει στοιχειακό άνθρακα, προσροφημένες οργανικές ενώσεις, μικρές ποσότητες θειικών και νιτρικών ενώσεων, καθώς και μέταλλα και άλλα ιχνοστοιχεία. Από τοξικολογική άποψη, ιδιαίτερο

ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), οι νιτρο-πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες και τα οξειδωμένα παράγωγα των PAHs. Η σημασία τους είναι κεφαλαιώδης, καθώς πολλές από αυτές τις ενώσεις έχουν καρκινογόνο και μεταλλαξιογόνο δράση. Τελευταία, η έρευνα εστιάζεται στις επιδράσεις των μικροσωματιδίων, τα οποία προσροφούν και διάφορα αλλεργιογόνα, παρατείνοντας την επαφή τους με το βρογχικό δένδρο και ενισχύοντας τη σύνθεση IgE.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι ο υδρόφοβος χαρακτήρας των PAHs και άλλων προσροφημένων ενώσεων διευκολύνει την είσοδο των σωματιδίων στα επιθηλιακά κύτταρα και στα μακροφάγα, όπου:

- Προάγουν τη σύνθεση κυτταροκινών (IL-6, IL-8, GM-CSF), τη συσσώρευση λεμφοκυττάρων, πολυμορφοπυρήνων, ηωσινοφίλων και την έκλυση ισταμίνης, με τελικό αποτέλεσμα το σπασμό των λείων μυϊκών ινών και την αύξηση της βρογχικής υπεραντιδραστικότητας.
- Μέσω της απελευθέρωσης δραστικών ελευθέρων ριζών προκαλούν υπεροξειδωση των λιπιδίων των κυτταρικών μεμβρανών, βλάβες στο DNA, παρεμποδίζουν τους επανορθωτικούς μηχανισμούς και απενεργοποιούν τα κατασταλτικά ογκογονίδια, επάγοντας την καρκινογένεση.<sup>55</sup>

Πολυάριθμες μελέτες έχουν αποδείξει την καρκινογόνο δράση των καυσαερίων των πετρελαιοκινητήρων. Η εν λόγω δράση έχει αναγνωριστεί από επίσημους φορείς, ήδη από το 1988 (National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], International Agency for Research on Cancer [IARC], World Health Organization [WHO], US Environmental Protection Agency [EPA]). Εκδηλώνεται κυρίως ως καρκίνος των πνευμόνων και μπορεί να εμφανιστεί και σε επίπεδα ρύπων αντίστοιχα με αυτά που συναντώνται σε αστικά κέντρα.<sup>57</sup>

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του πνεύμονα σε ποσοστό <1 στις 100 περιπτώσεις, σύμφωνα με διεθνή μελέτη.<sup>58</sup> Άνθρωποι που διέμεναν στις πιο μολυσμένες πόλεις, σύμφωνα με επιδημιολογικές μελέτες, είχαν υψηλότερο κίνδυνο νοσηλείας και πρόωρων θανάτων από καρκίνο του πνεύμονα και άλλα νοσήματα του αναπνευστικού συστήματος, σε σχέση με εκείνους που διέμεναν σε λιγότερο μολυσμένες πόλεις.

Η έκθεση στους ρύπους των οχημάτων και τις εκπομπές ορυκτών καυσίμων μπορεί να παρεμποδίσει την ανάπτυξη των πνευμόνων και την αναπνευστική ικανότητα. Παιδιά τα οποία διαβιούν σε περιοχές υψηλής ρύπανσης διατρέχουν πενταπλάσιο κίνδυνο να έχουν μειωμένη πνευμονική λειτουργία, μάλιστα <80% της φυσιολογικής, σύμφωνα με την ηλικία τους.<sup>59</sup>

Επίσης, σύμφωνα με άλλη μελέτη, η περιγεννητική έκθεση σε μέταλλα από την καύση του πετρελαίου θέρμανσης και του ντήζελ συνδέεται με μετέπειτα αναπνευστικές διαταραχές στα μικρά παιδιά. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε σε παιδιά που διαμένουν στο νότιο Bronx και το βόρειο Manhattan, όπου συγκρίθηκαν τα επίπεδα των ρύπων και η εμφάνιση αναπνευστικών συμπτωμάτων. Η ερευνητική ομάδα διαπίστωσε ότι η έκθεση στο βανάδιο και το νικέλιο αποτελεί παράγοντα κινδύνου για συριγμό στα μικρά παιδιά. Η καύση πετρελαίου οικιακής θέρμανσης είναι σημαντική πηγή των εν λόγω μετάλλων. Τα ευρήματα της μελέτης αυξάνουν την κατανόηση των επιπτώσεων των συγκεκριμένων ρύπων στην αναπνευστική υγεία των μικρών παιδιών. Τα αποτελέσματα εμπνέουν ιδιαίτερη ανησυχία, επειδή τα επίπεδα του νικελίου που βρίσκονται στον αέρα των περιοχών της μελέτης είναι από τα υψηλότερα στις ΗΠΑ, όπως αντίστοιχα είναι τα ποσοστά του παιδιατρικού άσθματος. Τα παιδιά θα παρακολουθούνται για να διαπιστωθεί εάν οι επιπτώσεις αυτές εξακολουθούν να υφίστανται και αν συνδέονται με αυξημένα ποσοστά αναπνευστικών νοσημάτων σε μεταγενέστερες ηλικίες.<sup>60</sup>

Άλλη μελέτη εκτιμά ότι οι εκπομπές των πλοίων στην παραθαλάσσια περιοχή του Los Angeles - Long Beach συνέβαλαν σημαντικά στην επιδείνωση του άσθματος. Οι ερευνητές υπολόγισαν ότι το 21% των ετήσιων –σχετιζομένων με το άσθμα– βρογχίτιδων προκαλείται από τα αυξημένα επίπεδα διοξειδίου του αζώτου των πλοίων. Αποτελέσματα της ίδιας μελέτης δείχνουν ότι >2.200 περιπτώσεις παιδικού άσθματος στην ίδια πάντα περιοχή συνδέονται με τη διαβίωση σε απόσταση  $\leq 75$  m από μεγάλες οδικές αρτηρίες ή αυτοκινητόδρομους. Επί πλέον, η σοβαρότητα του άσθματος είναι μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα συχνότερες επισκέψεις σε νοσοκομεία ή θάλαμο έκτακτης ανάγκης.<sup>61</sup>

Κάθε χρόνο, 370.000 άνθρωποι στην Ευρώπη πεθαίνουν πρόωρα από νόσους που προκαλούνται από τη μόλυνση του αέρα, ενώ 350.000 από αυτούς τους θανάτους οφείλονται στα μικροσωματίδια (PM) με διάμετρο  $< 2,5$   $\mu\text{m}$ , που είναι τα πλέον επικίνδυνα γιατί διεισδύουν βαθιά στους πνεύμονες.<sup>62</sup> Ομάδες υψηλού κινδύνου αποτελούν τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και οι πάσχοντες από καρδιοπνευμονικές νόσους. Πολυάριθμες επιστημονικές μελέτες έχουν συνδέσει την έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια με μια ποικιλία αναπνευστικών προβλημάτων, κάποια από τα οποία παρατίθενται στον πίνακα 2.<sup>63</sup>

Η εισπνοή των σωματιδίων οδηγεί σε πνευμονική φλεγμονή με δευτεροπαθείς συστηματικές επιδράσεις.<sup>64</sup> Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Οργανισμού Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ, η δέσμευση για τα νέα πρότυπα ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα θα προκαλέσει 23.000

**Πίνακας 2.** Η έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια και οι επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα.

Ερεθισμός των αναπνευστικών οδών, βήχας ή δυσκολία στην αναπνοή
Μειωμένη πνευμονική λειτουργία
Επιδείνωση του άσθματος
Ανάπτυξη χρόνιας βρογχίτιδας
Πρώωρος θάνατος σε άτομα με πνευμονική νόσο

πρώωρους θανάτους Αμερικανών, 1,7 εκατομμύρια περιπτώσεις κρίσης άσθματος ή επιδείνωσης χρόνιου άσθματος, 67.000 νέες περιπτώσεις οξείας και χρόνιας βρογχίτιδας και 22.000 εισαγωγές στο νοσοκομείο για νοσήματα του αναπνευστικού κατά το έτος 2010.<sup>59</sup>

Επίσης, σύμφωνα με άλλη μελέτη, ο στοιχειακός άνθρακας, σε υψηλά επίπεδα στο περιβάλλον, έχει συνδεθεί με αναπνευστικά συμπτώματα σε μικρά παιδιά. Αυξημένες συγκεντρώσεις νικελίου και βαναδίου στην ατμόσφαιρα συσχετίστηκαν σημαντικά με την αυξημένη πιθανότητα συριγμού.<sup>60</sup>

2.7.3. Όζον. Το όζον ( $\text{O}_3$ ) είναι ένα συστατικό του φωτοχημικού νέφους. Η παραγωγή του αυξάνεται με τις υψηλότερες θερμοκρασίες και αυτή του η ιδιότητα θα οδηγήσει πιθανότατα σε περαιτέρω αύξηση της συκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα. Το τροποσφαιρικό όζον είναι το όζον που παράγεται ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων μεταξύ των πτητικών οργανικών ενώσεων και των οξειδίων του αζώτου, υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, και το οποίο συγκεντρώνεται σε χαμηλά ύψη.<sup>40</sup>

Το στρώμα του όζοντος στην ανώτερη ατμόσφαιρα ενεργεί ως φίλτρο για τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου και τη μείωση του ποσού της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης. Στο επίπεδο του εδάφους, όμως, υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος μπορεί να είναι επιβλαβείς. Τα τελευταία χρόνια, οι επιστήμονες κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου σε διεθνές επίπεδο για την αραιώση του στρώματος του όζοντος, επικαλούμενοι τη χημική ρύπανση ως κύρια αιτία. Αστικές περιοχές με μεγάλη κυκλοφορία και μεγάλες βιομηχανικές κοινότητες έχουν τα εντονότερα προβλήματα λόγω του όζοντος.<sup>4</sup>

Το όζον διαλύεται δύσκολα στο νερό και είναι ισχυρό οξειδωτικό. Η εναπόθεσή του γίνεται σε όλο το μήκος των αεραγωγών και προκαλεί οξειδωτικές βλάβες στο επιθήλιό τους. Στα επίπεδα της περιβαλλοντικής έκθεσης, όμως, οι κύριες επιδράσεις του εμφανίζονται στα τελικά βρογχόλια.<sup>65</sup> Τα άτομα που πλήττονται από το όζον τις περισσότερες φορές εμφανίζουν συμπτώματα, αλλά αυτό δεν συμβαίνει πάντοτε. Τα συμπτώματα μπορεί να είναι παροδικά και να

υποχωρούν.<sup>66</sup> Ακόμη και σε υγιή άτομα, η έκθεση σε μέτρια επίπεδα του όζοντος μπορεί να προκαλέσει ναυτία, άλγος στο στήθος και πνευμονική συμφόρηση.<sup>37</sup>

Οι επιπτώσεις του όζοντος στο αναπνευστικό σύστημα αναφέρονται στον πίνακα 3.<sup>15,66</sup>

Συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τα 100 µg/m<sup>3</sup> μπορεί να επιφέρουν μεταξύ των άλλων αναπνευστικά προβλήματα, καθώς και γενική δυσφορία σε άτομα με ευαίσθητη υγεία (καρδιοπαθείς, αλλεργικοί, μικρά παιδιά).<sup>67</sup> Γενικότερα, ασθματικοί ή ασθενείς με άλλα αναπνευστικά προβλήματα, καθώς και άτομα που για λόγους οι οποίοι έως σήμερα ήταν άγνωστοι στην ιατρική επιστήμη, είναι περισσότερο ευαίσθητοι στις επιπτώσεις του όζοντος. Παιδιά τα οποία παραμένουν συνήθως πολύ χρόνο σε εξωτερικούς χώρους κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν το όζον είναι υψηλότερο, κινδυνεύουν περισσότερο. Το ίδιο ισχύει και για τους ενεργούς ενήλικες, που ασκούνται ή εργάζονται σε εξωτερικούς χώρους δυναμικά.<sup>15</sup> Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα μεγάλης μελέτης, παιδιά που συμμετείχαν ενεργά σε υπαίθρια αθλήματα σε περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος είχαν τριπλάσιες πιθανότητες να αναπτύξουν άσθμα, σε σύγκριση με εκείνα που δεν συμμετείχαν σε υπαίθριες αθλητικές δραστηριότητες κατά τη διάρκεια των πενταετών σπουδών τους.<sup>59</sup>

Το όζον προκαλεί >1,5 εκατομμύριο σημαντικά αναπνευστικά προβλήματα ανά έτος σε παιδιά και ενήλικες.<sup>68</sup> Υψηλές συγκεντρώσεις του μπορεί να προκαλέσουν σοβαρότερα προβλήματα.<sup>67</sup> Η μακροχρόνια έκθεση σε συγκεντρώσεις όζοντος μειώνει την αμυντική ικανότητα του οργανισμού και προκαλεί χρόνια νοσήματα των πνευμόνων, καθώς και καρκίνο, ενώ τα βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα περιλαμβάνουν βήχα, ερεθισμό των πνευμόνων και επιδείνωση προϋπάρχουσας αναπνευστικής νόσου.<sup>68</sup> Αναλυτικότερα,

**Πίνακας 3.** Οι επιπτώσεις του όζοντος στο αναπνευστικό σύστημα.

Ευαισθητοποίηση αλλεργιογόνων
Μείωση της πνευμονικής λειτουργίας
Αύξηση της νοσηρότητας και της θνησιμότητας στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ
Επιδείνωση του άσθματος (στην πραγματικότητα, το όζον είναι ένα από τα πλέον κοινά αίτια που προκαλεί άσθμα)
Επιβαρυντική δράση σε χρόνια νοσήματα των πνευμόνων, όπως χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια
Φλεγμονή των αεραγωγών
Πρόκληση μόνιμης ιστικής βλάβης στους πνεύμονες, σε παιδιά και ενήλικες, μέσα από επαναλαμβανόμενη βραχυχρόνια έκθεση
Ερεθισμός του αναπνευστικού συστήματος με βήχα ή και μια δυσάρεστη αίσθηση στο στήθος

τα αυξημένα επίπεδα του όζοντος (80–400 ppb) προκαλούν φλεγμονή των αεραγωγών. Μετά την είσοδο των ουδετεροφίλων παρατηρείται μεγάλη παραγωγή κυτταροκινών και άλλων προφλεγμονωδών παραγόντων με αύξηση των επιπέδων του ιστικού παράγοντα, της λευκωματίνης, της γαλακτικής αφυδρογονάσης, της IL-6, της IL-8 και της προσταγλανδίνης E<sub>2</sub> στο υγρό της βρογχοκυψελιδικής έκπλυσης. Η φλεγμονή έχει επιβεβαιωθεί σε βιοψίες βρογχικού βλεννογόνου, όπου φάνηκε ότι τα σιτευτικά κύτταρα ήταν οι κύριοι μεσολαβητές της φλεγμονής και ότι η φλεγμονή ακολουθούσε την αυξημένη έκφραση των αγγειακών προσκολλητικών μορίων στα επιφανειακά αγγεία του βρογχικού βλεννογόνου. Ο βρογχόσπασμος που παρατηρείται σε υγιή άτομα, μετά από έκθεση στο όζον, είναι παροδικός, ενώ παραμένει η ιστική βλάβη.<sup>44</sup>

Σύμφωνα με μεγάλη αμερικανική μελέτη, οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ο κίνδυνος θανάτου από πνευμονική νόσο, λόγω έκθεσης στο όζον, είναι τρεις φορές υψηλότερος σε μεγάλες πόλεις σε σύγκριση με τις μικρότερες αστικές περιοχές, όπου οι συγκεντρώσεις της ρύπανσης είναι μικρότερες.<sup>69</sup> Επίσης, στο Ηνωμένο Βασίλειο εκτιμάται ότι θα προκύψουν 1.500 περισσότεροι ετήσιοι θάνατοι, λόγω του όζοντος, το έτος 2020.<sup>70</sup>

### 3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το κλίμα της γης θα αλλάξει, λόγω αύξησης της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και το φαινόμενο αυτό θα επηρεάσει τη δημόσια υγεία μέσω:

- Αύξησης του αριθμού των θανάτων και της οξείας νοσηρότητας, λόγω του καύσωνα, ιδίως μεταξύ των ασθενών με πνευμονολογικά νοσήματα. Για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 °C, ο κίνδυνος πρόωρου θανάτου μεταξύ των ασθενών με νοσήματα του αναπνευστικού συστήματος είναι έως και 6 φορές υψηλότερος απ' ό,τι στον υπόλοιπο πληθυσμό
- Αυξημένης συχνότητας των νόσων του καρδιοαναπνευστικού, λόγω των υψηλότερων συγκεντρώσεων του όζοντος στο επίπεδο του εδάφους
- Αλλαγών στη συχνότητα των αναπνευστικών νόσων, που οφείλονται στην αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση
- Μεταβολών στην κατανομή των αλλεργιογόνων και ορισμένων φορέων λοιμωδών νόσων.<sup>22</sup>

Όσο μεγαλύτερη είναι η αλλαγή του κλίματος τόσο τα αποτελέσματά της είναι πιο αρνητικά. Οι ευπαθείς ομάδες που πλήττονται περισσότερο είναι γενικά οι πτωχοί, δεδομένου ότι έχουν μικρότερη ικανότητα προσαρμογής

και η επιβίωσή τους εξαρτάται συχνά από πόρους που συνδέονται με το κλίμα και τις επιπτώσεις του.

Η έρευνα πρέπει να επικεντρωθεί στον εντοπισμό των πλέον ευάλωτων πληθυσμών και περιοχών, με την εφαρμογή αποτελεσματικών προγραμμάτων και δραστηριοτήτων. Επίσης, πρέπει να ληφθεί υπ' όψη το γεγονός ότι η κλιματική αλλαγή μπορεί να μεταβάλλει τη γεωγραφική εξάπλωση των περιοχών που κινδυνεύουν.<sup>8</sup>

Στις στρατηγικές για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής πρέπει να περιλαμβάνεται η υγεία ως στρατηγικό στοιχείο σε περιφερειακό επίπεδο. Τα από κοινού οφέλη που προκύπτουν από τη βελτίωση της υγείας και την παράλληλη αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος θα βελτιώσουν τις υπάρχουσες υποδομές της δημόσιας υγείας, ενώ θα αμβλύνουν τις αρνητικές συνέπειες της αλλαγής του κλίματος για τις μελλοντικές γενιές.<sup>70</sup>

Οι θάνατοι από τις χρόνιες αναπνευστικές νόσους

αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον, εφ' όσον δεν ληφθούν κατάλληλες πολιτικές στρατηγικές για την αλλαγή του κλίματος.

Οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του πνεύμονα σε μεγάλο βαθμό μπορεί να προληφθούν. Η πρόληψη απαιτεί μια σειρά δράσεων σε διάφορα επίπεδα, από την ετοιμότητα του συστήματος υγείας –συντήρηση και βελτίωση των συστημάτων δημόσιας υγείας– και το συντονισμό με μετεωρολογικά συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης έως την έγκαιρη δημόσια βελτίωση στη στέγαση και την πολεοδομία. Οι σχετικές ενέργειες μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα καθορισμένο γενικό σχέδιο δράσης για την υγεία.

Τέλος, η προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος απαιτεί στρατηγικές δημόσιας υγείας και βελτίωση της επιτήρησης. Με τη μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων και την αυξημένη χρήση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα βελτιωθεί η υγεία στο άμεσο μέλλον.<sup>71</sup>

## ABSTRACT

### The effects of climate change on the respiratory system

E.C. FILIPPIDOU,<sup>1</sup> A. KOUKOULIATA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>First Pulmonary Department, General Hospital of Kavala, Kavala, <sup>2</sup>Labour Inspectorate of Kavala, Kavala, Greece

*Archives of Hellenic Medicine 2011, 28(4):502–515*

Overwhelming evidence is documented showing that human activities affect the global climate. Climate change poses a significant, emerging threat to public health and is one of the greatest environmental, social and economic hazards faced by the planet. Various effects are already being felt, ranging from global warming to rising sea levels as a result of melting polar ice, and increased frequency and intensity of extreme weather events such as storms, floods, droughts and heat waves. The temperature changes contribute to increases in morbidity and mortality associated with lung diseases. Global warming, combined with increased humidity, favors the development of pathogenic micro-organisms in geographic areas where this would not normally occur. The prevalence of allergic diseases and the duration of seasonal allergic disorders (allergic rhinitis, asthma) have increased in recent decades in the industrialized world. The rising average temperature of the lower atmosphere increases the concentration of “bad” ozone in photochemical smog, exacerbating respiratory problems. Air pollution, mainly particulate matter and ozone, give rise to particular risk, especially for vulnerable groups such as the elderly, people with cardio-respiratory problems, neonates and infants. Patients at higher risk are those who already suffer from chronic respiratory diseases such as asthma, severe allergies or chronic obstructive pulmonary disease (COPD).

**Key words:** Air pollution, Allergic disease, Climate change and respiratory disease

## Βιβλιογραφία

1. EUROPEAN COMMISSION. Environment – climate change: Climate change is already happening and represents one of the greatest environmental, social and economic threats facing the planet. Brussels, Belgium, 2010. Available at: <http://ec.europa.eu/environment/climat/campaing/what/climate-change>
2. EUROPEAN LUNG FOUNDATION. *Climate change and the lung*. ELF, Sheffield, UK, 2009:1–4. Available at: [http://www.european-lung-foundation.org/uploads/Document/WEB\\_CHEMIN\\_16421\\_1244730689.pdf](http://www.european-lung-foundation.org/uploads/Document/WEB_CHEMIN_16421_1244730689.pdf)



3. LUNT DJ, HAYWOOD AM, SCHMIDT GA, SALZMANN U, VALDES PJ, DOWSETT HJ. Earth system sensitivity inferred from Pliocene modelling and data. *Nature Geoscience* 2010, 3:60–64
4. ROTH P. *Allergic and respiratory disease and climate change*. Climate Change Health. Available at: <http://climatechange-healthhealthcare/respiratory-diseases/allergic-respiratory-disease-and-climate-change> (retrieved 18.1.2010)
5. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Health and environmental effects. Climate change – Health and environmental effects. US, 2010. Available at: <http://www.epa.gov/climatechange/effects/health.html> (retrieved 16.7.2010)
6. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global environmental change. WHO, Geneva, Switzerland, 2010. Available at: <http://www.who.int/en/>
7. EUROPEAN COMMISSION. Adapting to climate change: Towards a European framework for action human, animal and plant health impacts of climate change. Commission Staff Working Document, Brussels, Belgium, 2009:1–18. Available at: [http://ec.europa.eu/health/ph\\_threats/climate/docs/com\\_2009-147\\_el.pdf\\_pp22](http://ec.europa.eu/health/ph_threats/climate/docs/com_2009-147_el.pdf_pp22)
8. HOPFL-HARRIS K. The potential impacts of global warming on public health. Impacts of climate change in the United States. *Human Health* 2000. Available at: <http://www.climatehotmap.org/impacts/humanhealth.html>
9. EUROPEAN COMMISSION. PESETA report. EUR 24093 EN 2009. Available at: <http://peseta.jrc.ec.europa.eu/docs/Agriculture.htm.M>
10. MATTHIES A, SCHARTNER T, LECKEBUSCH GC, ROHLFING G, NÉVIR P, ULBRICH U. Extreme weather events in Southern Germany – Climatological risk and development of a nowcasting procedure. EGU General Assembly. *Geophys Res Vienna* 2008, 10:EGU2008-A–10029 (Book of Abstracts)
11. LUBER G, PRUDENT N. Climate change and human health. *Trans Am Clin Climatol Assoc* 2009, 120:113–117
12. SHEFFIELD PE. Future climate change likely to cause more respiratory problems in young children. Mount Sinai School of Medicine. Science Daily, New York, 11.5.2009. Available at: <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/05/090504205108.htm>
13. CURSON P. Climate and chronic respiratory disease in Sydney – the case of asthma. *Climatic Change* 1993, 25:405–420
14. HELMS PJ. *Climate change and lung health. Policy, actions, research needs*. European Respiratory Society University of Aberdeen, Scotland, UK, 2007. Available at: [http://ec.europa.eu/health/ph\\_information/dissemination/unexpected/docs/ev\\_20041024\\_co11\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_information/dissemination/unexpected/docs/ev_20041024_co11_en.pdf)
15. AYRES JG, FORSBERG B, ANNESI-MAESANO I, DEY R, EBI KL, HELMS PJ ET AL. Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. *Eur Respir J* 2009, 34:295–302
16. GREEN FACTS. Scientific facts on climate change: 2007 update. Available at: <http://www.greenfacts.org>
17. WEST L. All about global warming. Available at: <http://www.livescience.com/globalwarming> (retrieved 11.4.2008)
18. ANONYMOUS. Global warming effects. Available at: <http://www.buzzle.com/articles/effects-consequences-global-warming.html> (retrieved 10.5.2010)
19. THAIANDIAN NEWS. Global warming spells increased hospitalisations for respiratory problems. Washington. Available at: [http://www.thaindian.com/newsportal/health/rising-global-temperature-may-increase-hospitalizations-for-respiratory-problems\\_100157987.html](http://www.thaindian.com/newsportal/health/rising-global-temperature-may-increase-hospitalizations-for-respiratory-problems_100157987.html) (retrieved 20.2.2009)
20. WORLD WILDLIFE FUND. Ακραία καιρικά φαινόμενα. Εκστρατεία για την κλιματική αλλαγή. WWF, Ελλάδα, 2006. Διαθέσιμο: <http://climate.wwf.gr>
21. CANADIAN LUNG ASSOCIATION. Pollution and air quality. 2010. Available at: <http://www.lung.ca/protect-protegez/pollution-pollution>
22. EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. Climate change and respiratory disease. What the European Respiratory Society, ERS, says needs to happen in an era of climate change. Brussels, Belgium, 2009:1–6. Available at: [http://www.2010yearofthelung.org/uploads/Document/cc/WEB\\_CHEMIN\\_5543\\_1260432341.pdf](http://www.2010yearofthelung.org/uploads/Document/cc/WEB_CHEMIN_5543_1260432341.pdf)
23. ALTERNATE ENERGY SOURCES. The health effects of global warming – What are they? Available at: <http://www.alternate-energy-sources.com/health-effects-of-global-warming.html>
24. BURKETT VR, RITSCHARD R, McNULTY S, O'BRIEN JJ, ABT R, JONES J ET AL. Potential consequences of climate variability and change for the Southeastern United States. In: *Climate change impacts in the United States: Potential consequences of climate variability and change*. Foundation Document. US Global Change Research Program. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001:137–164
25. LINNEBERG A, NIELSEN NH, MADSEN F, FRØLUND L, DIRKSEN A, JØRGENSEN T. Increasing prevalence of allergic rhinitis symptoms in an adult Danish population. *Allergy* 1999, 54:1194–1198
26. GLOBAL WARMING ISSUES. Climate change impacts on human health. Available at: <http://globalwarming.house.gov/issues/globalwarming>
27. OREGON. Public health effects of global warming in Oregon. Available at: <http://phsj.org/wp-content/uploads/2009/04/public-health-effects-of-global-warming-in-oregon-thomasson.doc>
28. KONTOΥ-ΦΙΛΗ Κ. Αλλεργίες: Η νόσος της κλιματικής αλλαγής και της Άνοιξης. 2008. Διαθέσιμο: [www.fatsimare.net/health/p2\\_articleid/8033](http://www.fatsimare.net/health/p2_articleid/8033)
29. D'AMATO G, LICCARDI G, D'AMATO M, CAZZOLA M. Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma. *Eur Respir J* 2002, 20:763–776
30. GRUNDTSTEIN A, SARNAT SE. Meteorological mechanisms explaining thunderstorm-related asthma. *Geography Compass* 2008, 3:45–63
31. BRILLIANT L. The age of pandemics. *Wall Street J* 2009:1–3
32. MARGAI FM. Is climate change making us sick? Available at: <http://discover.binghamton.edu/faculty-spotlights/is-climate-change-making-us-sick-2507.html> (retrieved 14.1.2010)
33. ENDERS G. Paramyxoviruses. In: Baron S (ed) *Medical microbiology*. University of Texas, Medical Branch, Galveston, 2001
34. CLIMATE ARK, CLIMATE CHANGE AND GLOBAL WARMING PORTAL. United Kingdom: Climate change blamed for Legionnaires' disease surge. Available at: [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m1309/is\\_2\\_44/ai\\_n27399061/](http://findarticles.com/p/articles/mi_m1309/is_2_44/ai_n27399061/) (retrieved 18.10.2006)
35. CHANG WL, YEUNG KH, LEUNG YK. Climate, severe acute respiratory syndrome (SARS) and avian flu. *WMO Bulletin* 2005, 54:1–10
36. CONFALONIERI U, MENNE B, AKHTAR R, EBI KL, HAUENGUE M, KOVATS RS ET AL. Human health. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (eds) *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of*

- working group II to Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007:391–431
37. MedINDIA. Health effects of global warming. Available at: <http://www.medindia.net/Patients/lifestyleandwellness/health-effects-of-global-warming.htm>
  38. ANONYMOUS. Effects on human health from climate change, 2010. Available at: <http://healthin.gr>
  39. MERCK MANUAL. Malaria: Parasitic infections. Available at: <http://www.merck.com/mmhe/sec17/ch196/ch196k.html>
  40. EUROPA. Environment, air pollution. Available at: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/air\\_pollution/128159\\_el.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/128159_el.htm)
  41. ΣΙΧΛΕΤΙΔΗΣ Λ, ΧΛΩΡΟΣ Δ. Ατμοσφαιρική ρύπανση. Στο: *Πνευμονολογία*. Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2009:345–349
  42. ΧΑΪΝΗΣ Ν. Ατμοσφαιρική ρύπανση και οι επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα. 2007. Διαθέσιμο: [www.pneumonologist.gr](http://www.pneumonologist.gr)
  43. GREEN FACTS. Scientific facts on air pollution ozone. How does nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) affect human health? 2009. Available at: <http://greenfacts.org/en/ozone-o3/index.htm>
  44. ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΟΥ Φ, ΤΖΑΝΑΚΗΣ Ν. Ατμοσφαιρική ρύπανση και αποφρακτικά νοσήματα του αναπνευστικού συστήματος (βρογχικό άσθμα και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια). Στο: *Επαγγελματικά και περιβαλλοντικά νοσήματα των πνευμόνων*. Εκδόσεις της Ελληνικής Πνευμονολογικής Εταιρείας, Αθήνα, 2007:277–278
  45. ThinkQuest. Global warming. Available at: [http://library.thinkquest.org/CR0271/global\\_warming.htm](http://library.thinkquest.org/CR0271/global_warming.htm)
  46. HEALTHY CHILD HEALTHY WORLD. Sulfur dioxide. Available at: [http://healthychild.org/issues/chemicalpop/sulfur\\_dioxide/Health\\_Effects\\_sulfur\\_dioxide](http://healthychild.org/issues/chemicalpop/sulfur_dioxide/Health_Effects_sulfur_dioxide)
  47. GREEK TECHNICAL CHAMBER. Air pollution and petroleum coke. TEE, Athens, 2008. Available at: [portal.tee.gr/](http://portal.tee.gr/)
  48. ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ 401/03.04.2007. Μελέτη οικοσυστήματος Λάρισας. Διαθέσιμο: [http://www.pakoe.gr/deltia\\_typou\\_pages/deltia\\_tipou\\_files/deltio\\_tipou6.htm](http://www.pakoe.gr/deltia_typou_pages/deltia_tipou_files/deltio_tipou6.htm)
  49. ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΚΤΥΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΣΕΩΝ. Διαθέσιμο: <http://www.pandoiko.gr/orgnews-ppm3-2/> (πρόσβαση 22.02.2010)
  50. SANDSTRÖM T. Respiratory effects of air pollutants: Experimental studies in humans. *Eur Respir J* 1995, 8:976–995
  51. FORBES L J L, KAPETANAKIS V, RUDNICKA A R, COOK D G, BUSH T, STEDMAN J R ET AL. Chronic exposure to outdoor air pollution and lung function in adults. *Thorax* 2009, 64:657–663
  52. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Study of hazardous air pollutant emissions from electric utility steam generating units – Final report to congress*. EPA, US, 1998, 453/R-98-004a. Available at: [www.epa.gov/ttncaaa1/t3/reports/eurtc1.pdf](http://www.epa.gov/ttncaaa1/t3/reports/eurtc1.pdf)
  53. POPE CA 3rd, BURNETT RT, THUN MJ, CALLE EE, KREWSKI D, ITO K ET AL. Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002, 287:1132–1141
  54. DONALDSON GC, SEEMUNGAL T, JEFFRIES DJ, WEDZICHA JA. Effect of temperature on lung function and symptoms in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 1999, 13:844–849
  55. ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗ Α. Επικίνδυνα συστατικά των αιωρούμενων ατμοσφαιρικών σωματιδίων. 18ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νοσημάτων Θώρακος. Τόμος Εισηγήσεων, Θεσσαλονίκη, 2009:71–74
  56. TZANAKIS N, KALLERGIS K, BOUROS DE, SAMIOU MF, SIAFAKAS NM. Short-term effects of wood smoke exposure on the respiratory system among charcoal production workers. *Chest* 2001, 119:1260–1265
  57. GUO J, KAUPPINEN T, KYRÖNEN P, HEIKKILÄ P, LINDBOHM ML, PUKKALA E. Risk of esophageal, ovarian, testicular, kidney and bladder cancers and leukemia among Finnish workers exposed to diesel or gasoline engine exhaust. *Int J Cancer* 2004, 111:286–292
  58. WILLIAMS MD, SANDLER AB. The epidemiology of lung cancer. *Cancer Treat Res* 2001, 105:31–52
  59. NATIONAL INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL HEALTH SCIENCES. Air pollution and respiratory disease. NIEHS, 2007. Available at: <http://www.niehs.nih.gov/health/impacts/respiratory.cfm>
  60. PATEL MM, HOEPNER L, GARFINKEL R, CHILLRUD S, REYES A, QUINN J W ET AL. Ambient metals, elemental carbon, and wheeze and cough in New York city children through 24 months of age. *Am J Respir Crit Care Med* 2009, 180:1107–1113
  61. PEREZ L, KÜNZLI N, AVOL E, HRICKO AM, LURMANN F, NICHOLAS E ET AL. Global goods movement and the local burden of childhood asthma in southern California. *Am J Public Health* 2009, 99(Suppl 3):S622–S628
  62. PARAPONIARI M. EU: Measures to reduce air pollution: The voice of America. Luxembourg, 2006. Available at: <http://www.hri.org/news/usa/voa/2006/06-10-24.voa.html>
  63. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Health and environment. EPA, 2009. Available at: <http://www.epa.gov/oar/particulatepollution>
  64. SIMKHOVICH B Z, KLEINMAN M T, KLONER R A. Air pollution and cardiovascular injury epidemiology, toxicology, and mechanisms. *J Am Coll Cardiol* 2008, 52:719–726
  65. MUDWAY IS, KELLY F J. Ozone and lung: A sensitive issue. *Mol Aspects Med* 2000, 21:1–48
  66. YOUR LUNG HEALTH. Healthy living: The effects of ozone pollution. YourLungHealth.org, 2006. Available at: [http://www.yourlunghealth.org/healthy\\_living/pollution/outdoor/effects/](http://www.yourlunghealth.org/healthy_living/pollution/outdoor/effects/)
  67. ΑΝΩΝΥΜΟΣ. Μελέτη του όζοντος. Ελλάδα, 2010. Διαθέσιμο <http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/climate/html/ozon.htm>
  68. GREEN MERCHANT ALLIANCE. Global warming 101. 2007. Available at: <http://www.greenmerchantalliance.com/page/global-warming-101.html>
  69. JERRETT M, BURNETT RT, POPE CA 3rd, ITO K, THURSTON G, KREWSKI D ET AL. Long-term ozone exposure and mortality. *N Engl J Med* 2009, 360:1085–1095
  70. FRUMKIN H, HESS J, LUBER G, MALILAY J, MCGEEHIN M. Climate change: The public health response. *Am J Public Health* 2008, 98:435–445
  71. HAINES A, KOVATS RS, CAMPBELL-LENDRUM D, CORVALAN C. Climate change and human health: Impacts, vulnerability, and mitigation. *Lancet* 2006, 367:2101–2109
- Corresponding author:*
- E.C. Filippidou, 1st Pulmonary Department, General Hospital of Kavala, 56 El. Venizelou street, GR-654 04 Kavala, Greece  
e-mail: [xfilippidou@gmail.com](mailto:xfilippidou@gmail.com)