

Θεματική ενότητα: Περιβαλλοντικές επιστήμες

Υποκατηγορία: 6.2 Φυσική της ατμόσφαιρας

Τίτλος: Σωματίδια στην ατμόσφαιρα

Επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου.

Ο ρόλος τους στη διαμόρφωση του κλίματος

Ονοματεπώνυμο: Σαχινίδης Συμεών

Φορέας: Καθηγητής Δευτεροβάθμια Σερρών

Μεταπτυχιακός Φοιτητής του ΕΑΠ

Ονοματεπώνυμο: Κεμετζή Αικατερίνη

Φορέας: Δ/ντρια Παιδιάτρος ΚΥ Νευροκοπίου

Τηλέφωνα επικοινωνίας: 2521021323, 6936962608

Saxsim@otenet.gr

Περίληψη

Στην ατμόσφαιρα υπάρχει μια τεράστια ποικιλία σωματιδίων, τόσο από την άποψη της προέλευσης όσο και από την άποψη των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, με κυριότερους εκπροσώπους τη σύσταση και το μέγεθος. Δημιουργήθηκαν έτσι διάφοροι τρόποι ταξινόμησης των σωματιδίων οι κυριότεροι από τους οποίους βασίζονται στην προέλευση, στον τρόπο σχηματισμού τους, στη σύσταση τους και στις επιπτώσεις τους στην υγεία. Μια σημαντική κατηγορία ρύπων είναι τα αιωρούμενα σωματίδια. Πρόκειται για σωματίδια στερεής ή υγρής φάσης, τα οποία αιωρούνται στην ατμόσφαιρα. Τέτοια σωματίδια είναι η σκόνη, ο καπνός, διάφορα μέταλλα κλπ. Διακρίνονται ανάλογα τη διάμετρό τους. Σημαντικό ρόλο έχουν τα σωματίδια που έχουν διάμετρο μέχρι 10 μm (PM-10) και ιδίως τα σωματίδια με πολύ μικρή διάμετρο (PM-2,5), διότι το μέγεθός τους επιτρέπει την είσοδό τους στο αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα. Τα τελευταία χρόνια αυξήθηκαν οι καρκινογενέσεις, οι αλλεργίες, οι θρομβώσεις, τα εγκεφαλικά και τα νοσήματα του αναπνευστικού. Τα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας έχουν προκαλέσει άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, οι παράγοντες που συμβάλλουν στην κίνηση και την παραμονή των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, η διερεύνηση των επιπτώσεων των σωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία, και στη διαμόρφωση του κλίματος. Τέλος, προτείνονται τα κατάλληλα μέτρα.

Σωματίδια στην ατμόσφαιρα:
Επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου.
Ο ρόλος τους στη διαμόρφωση του κλίματος

Σαχινίδης Συμεών/Κεμετζή Αικατερίνη

Εισαγωγή

Ατμόσφαιρα καλείται το αεριώδες στρώμα που περιβάλλει τη Γη, το οποίο συγκρατείται λόγω της βαρύτητάς της, και φθάνει σε ύψος περίπου 3.500 χλμ. Η ατμόσφαιρα αποτελεί το προστατευτικό στρώμα το οποίο συντηρεί τη ζωή στη γη. Σε αυτήν οφείλονται η απορρόφηση μεγάλου τμήματος της υπεριώδους ακτινοβολίας και η μείωση της διαφοράς των ακραίων θερμοκρασιών. Η ατμόσφαιρα περιβάλλει τον πλανήτη σαν ένα λεπτό στρώμα από αέρια και αιωρούμενα σωματίδια. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικρά τεμάχια ύλης σε στερεή ή υγρή φάση, που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ανάλογα με την προέλευση τους μπορούν να παρουσιάζουν ανομοιογένεια στη μορφή, μέγεθος και χημική σύσταση.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι :

- Η παρουσίαση των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα
- Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην κίνηση και την παραμονή των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα
- Ο ρόλος στη διαμόρφωση του κλίματος
- Οι επιπτώσεις των σωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία
- Προτάσεις

Κυρίως θέμα

A. Τα σωματίδια στην ατμόσφαιρα. Είδη σωματιδίων, προέλευση, κίνηση και χρόνος παραμονής

Στην ατμόσφαιρα υπάρχει μια τεράστια ποικιλία σωματιδίων, τόσο από την άποψη της προέλευσης όσο και από την άποψη των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, με κυριότερους εκπροσώπους τη σύσταση και το μέγεθος. Διακριτά σωματίδια με μέγεθος μεγαλύτερο από αυτό των μικρών μορίων δηλαδή διαμέτρου περίπου 0,0002 μm και μικρότερο από 500 μm.

Οι κυριότερες διεργασίες στις οποίες συμμετέχουν τα σωματίδια στην ατμόσφαιρα περιλαμβάνουν αντιδράσεις με αέρια, συμπύκνωση ατμών και υδρατμών στην επιφάνειά τους, συσσωμάτωση μικρότερων σε μεγαλύτερα, ενσωμάτωση σε σταγονίδια νερού και τελικά κατακρήμνιση μέσω βαρύτητας ή μετά από ενσωμάτωση στις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις (βροχές, χιόνια). Οι διεργασίες αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

Οι φυσικές διεργασίες σχηματισμού ατμοσφαιρικών σωματιδίων έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλου μεγέθους (>1 μm) «χονδρών» σωματιδίων.

Οι χημικές διεργασίες σχηματισμού ατμοσφαιρικών σωματιδίων έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μικρού μεγέθους (<1 μm) «λεπτών» σωματιδίων.

Τα μικρού μεγέθους ατμοσφαιρικά σωματίδια σχηματίζονται μέσω δύο κύριων κατηγοριών διεργασιών:

1. Μετατροπής αερίου σε σωματίδιο.

Η χημική μετατροπή αερίων σε σωματίδια μέσω οξείδωσης στην αέρια φάση παράγει δευτερογενή σωματίδια. Κύριοι εκπρόσωποι είναι:

α. Τα θειικά αερολύματα που προέρχονται από την οξείδωση του αερίου διοξειδίου του θείου και

β. Οργανικά αερολύματα που προέρχονται από τη φωτοχημική οξείδωση πτητικών οργανικών ενώσεων

2. Χημικής μετατροπής αερίων σε ατούς χαμηλής πτητικότητας. (Ρεμουντάκη Ε., 2004).

Προκειμένου να μελετηθούν τα ατμοσφαιρικά σωματίδια, είναι απαραίτητο να ταξινομηθούν σε κατηγορίες. Δημιουργήθηκαν έτσι διάφοροι τρόποι ταξινόμησης των σωματιδίων οι κυριότεροι από τους οποίους βασίζονται:

1. Στην προέλευση: Τα σωματίδια κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το αν οι πηγές εκπομπής τους είναι φυσικές (π.χ. αιολική διάβρωση εδαφών, επίδραση ανέμων στην επιφάνεια των ωκεανών, ηφαιστειακές εκρήξεις κ.λπ.), ή ανθρωπογενείς (διάφορες καύσεις, βιομηχανικές δραστηριότητες κ.λπ.), όπως φαίνεται και στον πίνακα 1.

2. Στον τρόπο σχηματισμού τους. Τα σωματίδια κατατάσσονται σε πρωτογενή και δευτερογενή (πίνακας 2

3. Στη σύσταση τους. Τα σωματίδια κατατάσσονται σε ανόργανα και οργανικά. Η διάκριση αυτή

σχετίζεται με τα κυριότερα συστατικά των σωματιδίων που υπάρχει περίπτωση να είναι ανόργανα (π.χ. οξείδια μετάλλων, θεικές ρίζες, νιτρικές ρίζες κ.λπ.) ή οργανικά (π.χ. διάφοροι υδρογονάνθρακες) (πίνακας 3).

4. Στις επιπτώσεις τους στην υγεία. Κατατάσσονται έτσι σε εισπνεύσιμα και μη (πίνακας 3).

Πίνακας 1. Οι κύριες πηγές προέλευσης των ατμοσφαιρικών σωματιδίων

Κύριες πηγές προέλευσης	
1. Αιολική διάβρωση εδαφών	1.Βιομηχανικές καύσεις και καύσεις ορυκτών καυσίμων
2. Σχηματισμός θαλάσσιων αερολυμάτων	2.Διεργασίες σε υψηλές θερμοκρασία
3. Εκπομπές πρωτογενών οργανικών	3.Προϊόντα οξείδωσης αερίων SO _x , NO _x και οργανικών, είτε φυσικής, είτε ανθρωπογενούς προέλευσης
4. Πρωτογενή σωματίδια ηφαιστειακών εκπομπών	
5. Θραύση υλικών	

Πίνακας 2. Οι μηχανισμοί γένεσης των ατμοσφαιρικών σωματιδίων

Μηχανισμοί γένεσης	
1. Παραγωγή με μηχανικό τρόπο	1.Μετατροπή αερίου σε σωματίδιο με συμπύκνωση
	2.Χημική μετατροπή αερίων σε ατμούς χαμηλής πτητικότητας

Πίνακας 3. Η ταξινόμηση των ατμοσφαιρικών σωματιδίων με βάση το μέγεθος

Μέγεθος >1μm	Μέγεθος <1μm
Κύρια Χαρακτηριστικά Ταξινόμησης	
1.Πρωτογενή	1.Δευτερογενή
2.Μη εισπνεόμενα	2.Εισπνεόμενα
3.Κυρίως φυσικής προέλευσης	3.Κυρίως ανθρωπογενούς προέλευσης
4.Κυρίως ανόργανα	4.Ανόργανα και οργανικά
Χρόνος παραμονής στην ατμόσφαιρα	
Από λεπτά έως ώρες	Από ημέρες έως εβδομάδες

Το μέγεθος αλλά και η σύσταση των σωματιδίων σχετίζονται άμεσα με την προέλευση και ειδικότερα με το μηχανισμό γένεσής τους. Επομένως, οι διάφοροι τρόποι ταξινόμησης, πολύ συχνά υπονοούν ή και εμπεριέχουν άλλους τρόπους ή κατηγορίες.

Στον πίνακα 4 φαίνονται οι κυριότεροι όροι που χρησιμοποιούνται στις επιστήμες της ατμόσφαιρας για την περιγραφή των ατμοσφαιρικών σωματιδίων:

Πίνακας 4. Τα είδη των ατμοσφαιρικών σωματιδίων (Ρεμουντάκη Ε., 2004).

Όρος	Έννοια
Αερολύματα (aerosol)	Σωματίδια μικρού μεγέθους στερεά ή σταγονίδια
Αερολύματα από συμπύκνωση	Σωματίδια που σχηματίζονται από συμπύκνωση ατμών ή αντιδράσεις αερίων
Αερολύματα από διασπορά	Σωματίδια που σχηματίζονται από άλεση στερεών ή διασπορά σκόνης
Ομίχλη	Σταγονίδια νερού στην ατμόσφαιρα σε μεγάλη συγκέντρωση
Αραιά ομίχλη	Υποδηλώνει μειωμένη ορατότητα οφειλόμενη στην παρουσία σωματιδίων
Καπνός, αιθάλη	Σωματίδια που προέρχονται από ατελή καύση καυσίμων

Αερολύματα είναι ο όρος που συνήθως χρησιμοποιείται στις επιστήμες της ατμόσφαιρας για τα αιωρήματα των στερεών ή υγρών σωματιδίων στον ατμοσφαιρικό αέρα με διαμέτρους μεταξύ 0,0002-500 μm.

Ατμοσφαιρική ρύπανση καλείται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια, που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι κατατάσσονται στις παρακάτω έξι κατηγορίες, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που έχει επικρατήσει σήμερα διεθνώς:

- Αιωρούμενα σωματίδια,
- Οξείδια του θείου (SO_x).
- Οξείδια του αζώτου (NO_x).
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).
- Πτητικές οργανικές ενώσεις
- Μόλυβδος (Pb).

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν επομένως τη μία από τις έξι κατηγορίες των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων.

Οι ρύποι διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- A. Πρωτογενείς ρύποι
- B. Δευτερογενείς ρύποι

Πρωτογενείς ονομάζουμε τους ρύπους οι οποίοι προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης. Τέτοιες πηγές είναι η βιομηχανία, τα αυτοκίνητα (βενζίνη, πετρέλαιο), η θέρμανση κλπ. Κυριότεροι πρωτογενείς ρύποι είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του θείου (SO₂), οι υδρογονάνθρακες (HC) και τα σωματίδια.

Οι πρωτογενείς ρύποι στην ατμόσφαιρα μέσω διαφόρων χημικών αντιδράσεων παράγουν τους δευτερογενείς ρύπους, κυριότεροι εκ των οποίων είναι το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το όζον (O₃). Το όζον για παράδειγμα είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης του οξειδίου του αζώτου με διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις, αντίδραση η οποία καταλύεται από το ηλιακό φως.

Το όζον στην ατμόσφαιρα:

α) όταν βρίσκεται στα κατώτερα επίπεδα, αποτελεί ρύπο,

β) όταν βρίσκεται στα ανώτερα επίπεδα, σχηματίζει φυσιολογικά μια στιβάδα που συντελεί στη διατήρηση της ζωής, απορροφώντας μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας. (Καλαϊτζιδάκη Μ. και Πανταζίδης Γ., 2007).

Μια άλλη σημαντική κατηγορία ρύπων είναι τα αιωρούμενα σωματίδια. Πρόκειται για σωματίδια στερεής ή υγρής φάσης, τα οποία αιωρούνται στην ατμόσφαιρα. Τέτοια σωματίδια είναι η σκόνη, ο καπνός, διάφορα μέταλλα κλπ. Διακρίνονται ανάλογα τη διάμετρό τους. Σημαντικό ρόλο έχουν τα σωματίδια που έχουν διάμετρο μέχρι 10 μm (PM-10) και ιδίως τα σωματίδια με πολύ μικρή διάμετρο (PM-2,5), διότι το μέγεθός τους, επιτρέπει την είσοδό τους στο αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα.

Τα PM-10 αποτελούνται από λεπτομερώς διαχωρισμένη ανόργανη ύλη-ορυκτά, όπως οξειδία του αργιλίου, πυρίτιο, σίδηρο και κάλιο .

Τα PM-2,5 αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 2,5 μm (<2,5μm) αναφέρονται ως λεπτόκοκκα σωματίδια, PM-2,5 ("fine" particles). Ως μέτρο σύγκρισης, να αναφερθεί πως μία ανθρώπινη τρίχα έχει διάμετρο περίπου 70 μm. Τα PM-2,5 προκύπτουν από πολλές, διαφορετικές πηγές, όπως από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, από διάφορες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και από οικιακές εστίες φωτιάς, τζάκια, φούρνοι κ.ά., κι έτσι η σύστασή τους ποικίλλει. Δημιουργούνται επίσης από αέρια πυρανάφλεξης, τα οποία μετατρέπονται με χημικό τρόπο σε σωματίδια. (ecocity, 2004).

Τα αιωρούμενα σωματίδια βέβαια δεν είναι ένας ενιαίος ρύπος, αλλά μάλλον είναι ένα μίγμα πολλών ρύπων. Μέτρο της προσροφητικής ικανότητας των σωματιδίων αποτελεί η ειδική επιφάνειά τους, η οποία αυξάνει όσο μειώνεται η διάμετρος των σωματιδίων. Αυτό συγκλίνει και με τις τελευταίες δημοσιευμένες έρευνες σύμφωνα με τις οποίες τα πιο επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία σωματίδια είναι αυτά με την μικρότερη διάμετρο (Ντάφης Σ., 2001).

Η κυκλοφορία των οχημάτων αποτελεί την κύρια πηγή αιωρούμενων σωματιδίων, ενώ η διασπορά τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής. Οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων είναι εμφανώς χαμηλότερες κατά τους τρεις καλοκαιρινούς μήνες, ενώ αυξάνονται σημαντικά τους μήνες του χρόνου που το κρύο είναι εντονότερο. Επίσης, πολύ λιγότερα αιωρούμενα σωματίδια υπάρχουν στην ατμόσφαιρα του κέντρου τα Σαββατοκύριακα, σε σύγκριση με τις καθημερινές που λειτουργούν πολλές ώρες η αγορά, οι δημόσιες υπηρεσίες και οι επιχειρήσεις.

Στη φύση τα αιωρούμενα σωματίδια βρίσκονται σε ηφαίστεια , θαλάσσια σταγονίδια, γύρη από λουλούδια, σπόρους μυκήτων και σωματίδια του εδάφους.

Χρόνος παραμονής των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα

Από τον ορισμό της ταχύτητας κατακρήμνισης ($V = dx / dt$) μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι ο χρόνος παραμονής ενός σωματιδίου στην ατμόσφαιρα είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογος με την τελική ταχύτητα κατακρήμνισής του. Από το νόμο του Stokes όπως αυτός εκφράστηκε από τη σχέση $V = g \cdot D^2 \cdot \rho_{part} / 18 \mu$ μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ότι ο χρόνος παραμονής ενός σωματιδίου στην ατμόσφαιρα μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της διαμέτρου του. Στην πραγματικότητα, ο χρόνος παραμονής των αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα δεν εξαρτάται μόνο από το μέγεθος των σωματιδίων.

Θα πρέπει να σκεφθούμε ότι ο χρόνος παραμονής των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα εξαρτάται και από άλλες παραμέτρους όπως η κατακόρυφη κατανομή των υδρατμών στην ατμόσφαιρα και η κατακόρυφη κατανομή άλλων συστατικών του ατμοσφαιρικού αέρα τα οποία είναι χημικά δραστικά και επηρεάζουν την εξέλιξη της σύστασης και του μεγέθους των ατμοσφαιρικών σωματιδίων.

Επειδή είναι σπάνιο τα ατμοσφαιρικά σωματίδια να παρουσιάζουν ομοιομορφία ως προς το μέγεθος τους, σε κάθε πρόβλημα μελέτης τους, θα πρέπει να προσδιορίζεται η συνάρτηση κατανομής του μελετώμενου πληθυσμού των σωματιδίων ως προς το μέγεθος τους.

Η αεροδυναμική διάμετρος ενός σωματιδίου είναι αυτή που αντιστοιχεί σε σφαιρικό σωματίδιο μοναδιαίας πυκνότητας του οποίου η τελική ταχύτητα κατακρήμνισης έχει την ίδια τιμή με αυτή της ταχύτητας του πραγματικού σωματιδίου. Παρατηρούμε ότι για μικρά σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο η οποία κυμαίνεται μεταξύ 0,01 και 1 μm, ο χρόνος παραμονής τους είναι περίπου ίσος με μία εβδομάδα στην κατώτερη ατμόσφαιρα και φθάνει τα δύο χρόνια στη στρατόσφαιρα. Τα σωματίδια μπορούν να μεταφέρονται μέσω της ατμόσφαιρας σε μεγάλες αποστάσεις από τις πηγές εκπομπής τους. Για το λόγο αυτό, μπορούν να επηρεάζουν τους βιογεωχημικούς κύκλους των στοιχείων στη φύση (Ρεμουντάκη Ε., 2004).

B. Επιπτώσεις των σωματιδίων της ατμόσφαιρας στο κλίμα

Τα αερολύματα επηρεάζουν το κλίμα με άμεσο τρόπο μέσω ανάκλασης και απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και με έμμεσο τρόπο μεταβάλλοντας τις οπτικές ιδιότητες και τη διάρκεια ζωής των νεφών. Το αποτέλεσμα αυτής της επίδρασης είναι συνήθως η μείωση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας δηλαδή, φαινόμενο αντίθετο από αυτό που προκαλούν τα αέρια του θερμοκηπίου. Ειδικότερα τα αερολύματα στο κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα, επηρεάζουν το κλίμα και αυτά με δύο τρόπους:

- άμεσα μέσω της ανάκλασης και της απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας,
- έμμεσα μεταβάλλοντας τη διάρκεια ζωής και τις οπτικές ιδιότητες των νεφών.

Τα σύννεφα με την σειρά τους παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του κλίματος. Ορισμένα αερολύματα ανακλούν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας. Με τον τρόπο αυτό, αυξάνεται το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας το οποίο επιστρέφει στο διάστημα από το σύστημα πλανήτη-ατμόσφαιρα. Άρα, όταν υπάρχουν στην ατμόσφαιρα τέτοια σωματίδια σε μεγάλες συγκεντρώσεις, φθάνει στην επιφάνεια της γης λιγότερη ακτινοβολία και επομένως, αναμένονται μικρότερες θερμοκρασίες στην ατμόσφαιρα. Αυτός είναι ο άμεσος τρόπος με τον οποίο τα σωματίδια μπορούν να επηρεάσουν το κλίμα.

Πιο ειδικά για τα αιωρούμενα σωματίδια των ατελών καύσεων, ανθρωπογενούς προέλευσης, όταν βρεθούν στην ατμόσφαιρα μπορεί να επιδράσουν με δύο τρόπους κυρίως τη θερμοκρασία. Τα λιγότερο σκούρα σωματίδια οργανικού άνθρακα ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία και ψύχουν περιοχές, που έχουν έντονη παρουσία. Τα σωματίδια μαύρου άνθρακα και αιθάλης θερμαίνουν την ατμόσφαιρα μέσω της απορρόφησης του φωτός. Αυτή είναι η άμεση επίδραση των σωματιδίων στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Πέρα από τα άμεσα αποτελέσματα στο ενεργειακό ισοζύγιο της ατμόσφαιρας λόγω της διάχυσης και της απορρόφησης του φωτός, τα σωματίδια ενεργούν και έμμεσα. Πολλές φορές η έμμεση αυτή επίδραση προκαλεί μεγαλύτερες μεταβολές στην ατμόσφαιρα σε σχέση με την άμεση επίδραση. Τα έμμεσα αποτελέσματα βασίζονται στη δυνατότητα που έχουν ορισμένα αερολύματα να δρουν ως πυρήνες συμπύκνωσης σύννεφου (cloud condensation nuclei, CCN). Αυτό συνεπάγεται μεταβολή της συγκέντρωσης του πλήθους των σταγονιδίων στο σύννεφο καθώς και της κατανομής του μεγέθους τους, στοιχεία που καθορίζουν σημαντικά το ρυθμό κατακρήμνισης τους. Τέτοιες μεταβολές στα χαρακτηριστικά του σύννεφου θεωρείται ότι μεταβάλλουν τον χρόνο ζωής και το μέγεθος ενός σύννεφου (Cess R.D., et al., 1997, Lohmann U. and Feichter J., 1997).

Τα σύννεφα μειώνουν την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ανακλώντας ένα σημαντικό ποσό αυτής πίσω προς το διάστημα (κύριο αποτέλεσμα), αλλά σε μεγάλα ύψη μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε θέρμανση της τροπόσφαιρας διαμέσου της αλληλεπίδρασης με την μεγάλο μήκους κύματος (υπέρυθρης) ηπειρωτικής θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη γη προς το διάστημα.

Επιπλέον υπάρχουν ορισμένα δεδομένα που δείχνουν ότι τα σύννεφα στην πραγματικότητα απορροφούν μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας από αυτό που θεωρητικά αναμένεται. Εάν τα στοιχεία αυτά είναι σωστά τότε οι συνέπειες στη θέρμανση της ατμόσφαιρας και στις διαδικασίες της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας θα είναι μεγαλύτερες σε σχέση με ότι πιστεύεται μέχρι σήμερα. Ήδη από το 1974 ο Twomey σε εργασία του υποστήριξε ότι οι ανθρωπογενείς εκπομπές μπορούν να επηρεάσουν τις ιδιότητες των σύννεφων και το albedo, κάτι που σημαίνει ότι μπορούν έμμεσα να επηρεάσουν το κλίμα (Twomey S., 1974).

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η επίδραση των αιωρούμενων σωματιδίων στο γήινο κλίμα.



Σχήμα 1. Περιβάλλον και ανάπτυξη 2004-2005

Η σπουδαιότητα της επίδρασης στη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι τόσο ως προς τη χρονική διάρκεια (ταυτίζεται με το χρόνο παραμονής τους στην ατμόσφαιρα) όσο και ως προς την έκταση (ταυτίζεται με την κατανομή τους στο χώρο) περιορισμένη σε σχέση με αυτή των αερίων του θερμοκηπίου. Όταν συμβαίνουν όμως μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις σε διάρκεια και ένταση, η επίδραση των αερολυμάτων αυτών στη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι σημαντική. Για λόγους ανομοιογένειας ως προς την κατανομή στο χώρο αλλά και ως προς τη σύσταση τους δεν μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια η επίδραση στη μείωση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας.

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις στέλνουν μόρια τέφρας στη στρατόσφαιρα, τα οποία εμποδίζουν το φως του ήλιου να φτάσει στην γη μας, συμβάλλοντας έτσι στην ψύξη του πλανήτη. Η τέφρα από τα ηφαίστεια μπορεί να έχει παγκόσμια επίδραση, δεδομένου ότι η τέφρα στη στρατόσφαιρα είναι σε θέση να ταξιδέψει σε μεγάλες αποστάσεις. Παραδείγματος χάριν, το ηφαίστειο του όρους Pinatubo εξερράγη το 1990 και έστειλε τόση τέφρα στην ατμόσφαιρα η οποία ήταν αρκετή ώστε να κρατηθεί για αρκετά χρόνια χαμηλά η μέση θερμοκρασία της γης. Εντούτοις, τα ηφαίστεια απελευθερώνουν επίσης διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο, μέσα στο πέρασμα εκατομμυρίων των ετών, προκαλεί τη θέρμανση του πλανήτη. (Robinson A. et al., 1998).

Να τονισθεί ότι η επίπτωση των ηφαιστειακών εκρήξεων σε κλιματικές μεταβολές μεγάλης κλίμακας δεν είναι σημαντική εκτός αν το ηφαιστειακό νέφος είναι πλούσιο σε διοξείδιο του θείου. Στη στρατόσφαιρα, το αέριο αυτό μετατρέπεται σε θειικά σωματίδια και σταγονίδια διοξειδίου του θείου και αυξάνει την ανάκλαση του ηλιακού φωτός από την ατμόσφαιρα οδηγώντας σε μείωση της μέσης θερμοκρασίας της. (Ρεμουντάκη Ε., 2004)

Γ. Οι επιπτώσεις των σωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία

Κινδυνεύει η ανθρώπινη υγεία από τα σωματίδια της ατμόσφαιρας και από τη θέρμανση του πλανήτη την οποία αυτά προκαλούν;

Το όζον στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας απορροφά την επικίνδυνη ακτινοβολία για τους ζωντανούς οργανισμούς, αλλά η αύξηση της συγκέντρωσής του στις κατώτερες περιοχές της ατμόσφαιρας είναι παθογόνος. Το όζον επιδρά αρνητικά στους ιστούς των πνευμόνων και δημιουργεί προβλήματα σε άτομα με άσθμα και άλλες ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος. Ακόμα και σε υγιή άτομα η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος προκαλεί πόνους στο στήθος, ναυτία και πνευμονική συμφόρηση.

Οι υψηλές θερμοκρασίες ευνοούν την αύξηση της μόλυνσης στην ατμόσφαιρα, ενώ δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για την εμφάνιση ασθενειών, που εμφανίζονται μόνο σε θερμές περιοχές. (Καλαϊτζιδάκη Μ. και

Πανταζίδης Γ., 2007).

Ασθένειες που μεταδίδονται με κουνούπια και άλλα έντομα, όπως ελονοσία, κίτρινος πυρετός και εγκεφαλίτιδα, θα εξαπλωθούν, εάν οι υψηλές θερμοκρασίες επιτρέψουν σε αυτούς τους οργανισμούς να εγκατασταθούν και σε άλλες περιοχές.

Η θνησιμότητα συσχετίζεται και με το κλίμα. Πιο συγκεκριμένα, όσο ανεβαίνει ο υδράργυρος τόσο αυξάνεται η θνησιμότητα. Σε σχετικά κρύες πόλεις η αύξηση των μικροσωματιδίων κατά $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ αντιστοιχεί σε αύξηση της θνησιμότητας κατά 0,29% ενώ σε θερμές πόλεις (όπως η Αθήνα, η Βαρκελώνη κ.ά.) κατά 0,82%. Το μόνο θετικό όσον αφορά την Αθήνα είναι ότι το ποσοστό των ηλικιωμένων είναι μικρότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές πόλεις.

Στον πίνακα 5 καθορίζονται το άνω και κάτω όριο εκτίμησης της συγκέντρωσης των σωματιδίων PM -10 και 2,5 στον ατμοσφαιρικό αέρα εντός ζώνης ή οικισμού και στο πίνακα 6 δίνονται οι οριακές τιμές των σωματιδίων PM-10 που αφορούν την υγεία του ανθρώπου

Πίνακας 5 όρια εκτίμησης της συγκέντρωσης των σωματιδίων PM -10 και 2,5 στον ατμοσφαιρικό αέρα εντός ζώνης ή οικισμού (EEK 2005)

	Μέσος όρος 24 ωρών	Μέσος ετήσιος όρος PM ₁₀	Μέσος ετήσιος όρος PM _{2,5}
Άνω όριο εκτίμησης	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 7 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος	14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Κάτω όριο εκτίμησης	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 7 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Πίνακας 6. Οριακές τιμές των σωματιδίων PM-10 που αφορούν την υγεία του ανθρώπου (EEK 2005)

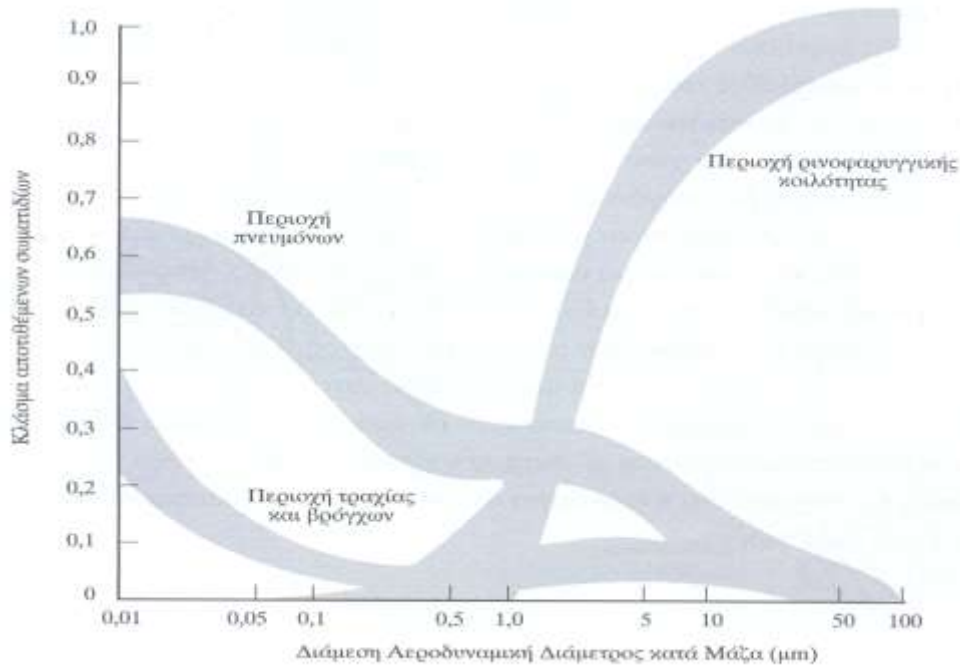
PM ₁₀			
1 ημέρα	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ δεν επιτρέπεται υπέρβαση του περισσότερες από 35 ημέρες σε ένα ημερολογιακό έτος	50%	
Ημερολογιακό έτος	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20%	

Επιστημονικές μελέτες προειδοποιούν ότι αν συνεχιστεί η συσσώρευση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, θα έχουμε να αντιμετωπίσουμε συνεχιζόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας και άνοδο της στάθμης της θάλασσας, συχνότερα και εντονότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, ξηρασίες, πλημμύρες, επανεμφάνιση ασθενειών, καταστροφές καλλιεργειών και οικοσυστημάτων, καθώς και απώλειες ανθρώπινων ζώων. Οι επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην υγεία αφορούν κυρίως το αναπνευστικό σύστημα.

Ένας ενήλικας αναπνέει περίπου 10.000 λίτρα αέρα κάθε μέρα. Άρα, η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα που αναπνέουμε διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία και στη ποιότητα της ζωής. Παγκοσμίως, η ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται υπεύθυνη για μεγάλο αριθμό θανάτων, αλλά και ασθενειών του αναπνευστικού/καρδιαγγειακού συστήματος. Σήμερα, η ατμοσφαιρική ρύπανση στις πόλεις μας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, ειδικά για αυτούς που ζουν στα αστικά κέντρα.

Η ικανότητα του αναπνευστικού συστήματος να προστατεύεται από τη σωματιδιακή ύλη καθορίζεται κυρίως από το μέγεθος των σωματιδίων. Όσον πιο μικρά είναι τα σωματίδια, τόσο πιο πολύ αυξάνει η πιθανότητα εισχώρησης τους στην αναπνευστική περιοχή των πνευμόνων, όπου εναποτίθενται κυρίως στις κυψελίδες των πνευμόνων και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία των ανθρώπων.

Στο σχήμα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται μια πρόβλεψη της απόθεσης των σωματιδίων διαφόρων μεγεθών στα διάφορα μέρη του αναπνευστικού συστήματος. Κάθε μια από τις σκιαζόμενες περιοχές δείχνει το εύρος της απόθεσης για μια δεδομένη (αεροδυναμική) διάμετρο σωματιδίων (Ρεμουντάκη Ε., 2004).



Σχήμα 2. Προβλέψεις απόθεσης σωματιδίων στα διάφορα μέρη του αναπνευστικού συστήματος που βασίζονται σε προσομοίωση που προτάθηκε. Πηγή: Spengler J., Wilson R., 1996.

Παρατηρούμε στο παραπάνω σχήμα ότι στη ρινοφαρυγγική κοιλότητα αντιστοιχούν σωματίδια μεγάλης διαμέτρου. Αντίθετα, το μέγιστο της απόθεσης στους πνεύμονες αντιστοιχεί στις μικρές διαμέτρους. Τέλος, η καμπύλη που αντιστοιχεί στην τραχεία και στους βρόγχους καλύπτει ευρύ φάσμα διαμέτρων με σχετικά χαμηλά ποσοστά απόθεσης. Το μέγεθος των σωματιδίων είναι σημαντικό, καθώς αυτό είναι που καθορίζει το σημείο της αναπνευστικής οδού όπου θα εναποτεθεί το σωματίδιο, καθώς και το πόσο γρήγορα και με ποιο τρόπο θα απομακρυνθεί. Ωστόσο, δεν είναι μονάχα το πλήθος των σωματιδίων σε ένα συγκεκριμένο εύρος διαμέτρου που είναι σημαντικό, αλλά και η χημική σύσταση του αερολύματος. Η χημική σύσταση είναι εκείνη που καθορίζει κατά κύριο λόγο το πως θα αντιδράσει ένα ανθρώπινο όργανο ή σημείο όταν έρθει σε επαφή με τα σωματίδια. Είναι γνωστό ότι πολλά σωματίδια λειτουργούν ως μεταφορείς άλλων σωματιδίων ή αερίων χημικών ουσιών τα οποία απορροφώνται ή προσροφώνται στο αρχικό σωματίδιο. Αυτά τα μεταφερόμενα χημικά είδη μπορούν να προκαλέσουν διάφορα προβλήματα υγείας (Oberdorster O. et al., 1995).

Τα λεπτά σωματίδια, πέρα από τις συνέπειες που μπορούν να προκαλέσουν στην αναπνευστική λειτουργία, μπορούν λόγω του μεγέθους τους να διανύσουν σχετικά σύντομα μεγάλες αποστάσεις καθώς και να εισχωρήσουν στο εσωτερικό των κτιρίων συμβάλλοντας έτσι στην μόλυνση των εσωτερικών χώρων, που αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό πεδίο έρευνας τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον, χημικές μετατροπές μπορούν να δημιουργήσουν ή να εμπλουτίσουν τα αερολύματα της ατμόσφαιρας με ουσίες ικανές να προκαλέσουν μεταλλάξεις ή/και καρκινογενέσεις (Utell M. and Samet J., 1996).

Ιδιαίτερα επιβλαβερικό είναι για την ατμόσφαιρα του σπιτιού το κάπνισμα. Μείγμα επικίνδυνων αερίων σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις, που απειλούν άμεσα την υγεία μας, κατέγραψαν επιστήμονες σε 50 κατοικίες στο Κερατσίνι, τον Πειραιά, τη Νίκαια, την Καλλιθέα, το Χαλάνδρι, τα Πατήσια, του Ζωγράφου, την Καισαριανή, το Καματερό, το Μενίδι και τη Ραφήνα. Από τις μετρήσεις των επιστημόνων της Ομάδας Κτιριακού Περιβάλλοντος του Τμήματος Φυσικής του

Πανεπιστημίου Αθηνών προκύπτει ότι ρύποι όπως οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM-10 και PM-2,5) εμφανίζονται σε συγκεντρώσεις που ξεπερνούν κατά πολύ τα ανώτατα επιτρεπτά όρια και τα πρότυπα που ορίζει ο ευρωπαϊκός κανονισμός για την ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Πρόκειται για ρύπους που έχουν πολύ σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Ιδιαίτερα τα αιωρούμενα σωματίδια PM-10 και PM-2,5, τα οποία προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον, από τον καπνό του τσιγάρου, τις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης και όσες συσκευές έχουν ανοιχτές εστίες φωτιάς, χαρακτηρίζονται συχνά «φονιάδες».

Ευθύνονται για την εμφάνιση άσθματος, αναπνευστικών και πνευμονικών προβλημάτων, ενώ λόγω της πολύ μικρής διάστασής τους (10 ή 2,5 χιλιοστά) δεν φιλτράρονται από τους πνεύμονες. Σύμφωνα με τις μετρήσεις, στα 21 από τα 50 σπίτια, η συγκέντρωση σωματιδίων PM-2,5 ξεπερνά το όριο των 65 μικρογραμμάριων ανά κυβικό μέτρο ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις είναι διπλάσιες. Ακόμη χειρότερη είναι η εικόνα για τα PM-10: Στα 47 από τα 50 σπίτια, δηλαδή σε ποσοστό 94%, η παρατηρούμενη συγκέντρωση υπερβαίνει το όριο που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση και είναι τα $55\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Δεν είναι λίγα, δε, τα σπίτια όπου οι συγκεντρώσεις των PM-10 φτάνουν ή ξεπερνούν τιμές όπως τα 400 ή 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ως προς το τι προκαλεί τη μόλυνση του περιβάλλοντος ακόμα και μέσα στα σπίτια μας, οι επιστήμονες την αποδίδουν στη μεγάλη συγκέντρωση των ρύπων αυτών στο εξωτερικό περιβάλλον, στον κακό αερισμό, στο κάπνισμα, στο τηγάνισμα και στη χρήση ακατάλληλων θερμαντικών μέσων, με χειρότερο τη σόμπα πετρελαίου. Σε ότι αφορά τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), η συντριπτική πλειονότητα των μετρήσεων σε όλες τις περιοχές, με εξαίρεση τη Νίκαια, υπερβαίνουν κατά 70% το όριο των 0,05 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο), το οποίο συνδέεται με ένα αίσθημα δυσφορίας. (ecocity., 2004).

Τα μικροσκοπικά σωματίδια των ατμοσφαιρικών ρύπων, μεγέθους μικρότερου από το ένα δέκατο του πάχους μιας ανθρώπινης τρίχας, μπορεί να προκαλούν:

Θρόμβωση του αίματος – εμφράγματα

Θρόμβωση του αίματος, ανακοίνωσαν αμερικανοί επιστήμονες. Το εύρημά τους εξηγεί πώς μπορεί να προκαλεί έμφραγμα και εγκεφαλικό η ατμοσφαιρική ρύπανση. Μεγάλες πληθυσμιακές μελέτες έχουν δείξει ότι οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκπέμπονται από φορτηγά, λεωφορεία και εργοστάσια που καίνε κάρβουνο αυξάνουν τον κίνδυνο μοιραίων εμφραγμάτων και εγκεφαλικών. Ωστόσο, οι επιστήμονες δεν ήξεραν έως πρότινος πώς ακριβώς αυτά τα μικροσκοπικά σωματίδια μπορεί να κοστίσουν τη ζωή.

Πρόσφατες έρευνες απέδειξαν ότι τα μικροσωμάτια όταν τα εισπνεύσουμε λόγω των απειροελάχιστων διαστάσεών τους είναι δυνατόν από τους πνεύμονες να καταλήξουν μέσα στο κυκλοφορικό μας σύστημα. Η καταστροφή των μακροφάγων εξαιτίας της εισβολής των μικροσωματιδίων στον οργανισμό μπορεί να αποδειχθεί θανατηφόρα για όσους διατρέχουν κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων.

Οι μακροφάγοι αποτελούν το βασικό δομικό υλικό των αθηρωματικών πλακών στα τοιχώματα των αρτηριών. Η συγκέντρωση τέτοιων στρωμάτων παρεμποδίζει τη φυσιολογική ροή του αίματος, ενώ η διάρρηξή τους προκαλεί τη δημιουργία θρόμβων, που μπορεί να πυροδοτήσουν καρδιακή προσβολή ή εγκεφαλικό επεισόδιο. (kathimerini., 2005).

2. Φλεγμονές

Την ίδια απάντηση την επιβεβαιώνει η νέα μελέτη. «Τώρα ξέρουμε ότι προκαλούν φλεγμονή στους πνεύμονες, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε θάνατο από καρδιαγγειακή νόσο», είπε ο Δρ Γκόγκχαν Μουτλού από το Πανεπιστήμιο Northwestern του Σικάγου, ο οποίος μελέτησε τις επιδράσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων σε ποντίκια.

Όπως εξήγησαν στην «Επιθεώρηση Κλινικής Διερεύνησης» ο Δρ Μουτλού και οι συνεργάτες του, οι πνεύμονες που παθαίνουν φλεγμονή εξαιτίας της ρύπανσης εκκρίνουν ιντερλευκίνη-6, μία ουσία του ανοσοποιητικού συστήματος η οποία έχει αποδειχθεί ότι διευκολύνει τη θρόμβωση του αίματος.

Η νέα μελέτη δημοσιεύεται μόλις μία εβδομάδα έπειτα από τη δημοσίευση μίας άλλης μελέτης στην «Ιατρική Επιθεώρηση της Νέας Αγγλίας», η οποία έδειξε ότι η εισπνοή των αναθυμιάσεων του ντίζελ επηρεάζει αρνητικά ανθρώπους που επιζούν από ένα έμφραγμα, καθώς διαταράσσει την ικανότητα του οργανισμού τους να διασπά τους θρόμβους του αίματος.

Στη νέα μελέτη, οι ερευνητές εξέθεσαν ποντίκια σε σωματίδια ρύπων τα οποία είχε συγκεντρώσει η Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) των ΗΠΑ. Τα σωματίδια αναμειχθηκαν με διάλυμα αλατόνευρου και εγχύθηκαν στους πνεύμονες των ποντικίων. Μέσα σε μόλις 24 ώρες, τα επίπεδα της ιντερλευκίνης-6 είχαν 15πλασιαστεί στους πνεύμονες των ζώων, τα οποία άρχισαν να παρουσιάζουν θρομβώσεις (Mutlu G.M. et al, 2007).

Το χρονικό όριο των 24 ωρών είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι κλινικές μελέτες σε ανθρώπους έχουν δείξει ότι σε μέρες που η ρύπανση ξεπερνάει τα όρια ασφαλείας παρατηρείται κατακόρυφη αύξηση των εμφραγμάτων.

Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι πλειοψηφία των αιωρούμενων σωματιδίων λόγω του μικρού μεγέθους τους διαφεύγει στην ατμόσφαιρα και προκαλούν σημαντικά προβλήματα υγείας καθώς εισέρχονται βαθύτερα στην αναπνευστική οδό. Μάλιστα, ορισμένα από αυτά, όπως οι αρωματικοί πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες, θεωρείται ότι έχουν άκρως μεταλλαξιογόνα και καρκινογόνα δράση.

Τα σωματίδια που παράγονται από τις καύσεις για την κίνηση των τροχοφόρων οχημάτων και από άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, και τα επίπεδα τους, ειδικά στα μεγάλα αστικά κέντρα έχουν προβληματίσει ιδιαίτερα τους ερευνητές. Μάλιστα, πρόσφατες επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι μια πιθανή αύξηση στη συγκέντρωση των εισπνευσίμων (inhaled) σωματιδίων κατά $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ θα προκαλέσει 1% αύξηση στην πρόωρη παιδική θνησιμότητα (Premaure mortality) (Schwartz J., 1994).

Μάλιστα, η συσχέτιση αυτή φαίνεται να είναι ανεξάρτητη από τις εκάστοτε ημερήσιες κλιματικές συνθήκες.

Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια έχουμε ραγδαία αύξηση των σωματιδίων ανθρωπογενούς προέλευσης στην ατμόσφαιρα.

Τα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας έχουν προκαλέσει άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Τα τελευταία χρόνια αυξήθηκαν οι καρκινογενέσεις, οι αλλεργίες, οι θρομβώσεις, τα εγκεφαλικά και τα νοσήματα του αναπνευστικού.

Η προστασία της ατμόσφαιρας είναι ένα περιβαλλοντικό ζήτημα που θα έχει πρωταρχική θέση στις κοινοτικές πολιτικές του επόμενου αιώνα, επηρεάζοντας ευρύ φάσμα πολιτικών όπως στον τομέα της ενέργειας, των μεταφορών και της πολεοδομίας.

Οι κοινοτικές δραστηριότητες για την προστασία της ατμόσφαιρας καλύπτουν ευρύ φάσμα προβλημάτων: περιορισμό της εξάντλησης του όζοντος της στρατόσφαιρας, έλεγχο της οξίνισης, του όζοντος της τροπόσφαιρας και άλλων ρύπων καθώς και αλλαγή του κλίματος

Απαιτείται ανάπτυξη τεχνολογιών και μέσων μεταφοράς που θα βασίζονται λιγότερο ή και θα είναι ανεξάρτητα από καύσιμα υλικά. Οι ήπιες μορφές ενέργειας (ηλιακή, αιολική, γεωθερμική) μπορεί να βοηθήσουν στην κατεύθυνση αυτή. Οι επιπτώσεις από το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν περιορίζονται στα σύνορα κρατών, αλλά αποτελούν παγκόσμια προβλήματα και απαιτείται διεθνής συνεργασία και χάραξη κοινής πολιτικής από όλα τα κράτη.

Βιβλιογραφία

ΕΕΚ (2005). Επιτροπή των Ευρωπαϊκών κοινοτήτων. *Οδηγίες του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη*. Βρυξέλλες, {SEC (2005)1133}.

Καλαϊτζιδάκη Μαριάννα, Πανταζίδης Γιώργος (2007). *Βιολογία γενικής παιδείας γ' λυκείου Ο.Ε.Δ.Β* Αθήνα σελ. 103 – 106.

Ντάφης Σ. (2001). *Δασοκομία πόλεων*. Εκδ. Art of Text. Θεσσαλονίκη. Σελ. 22-25.

Ρεμουντάκη Εμμανουέλα, (2004). *Η ατμόσφαιρα ως αποδέκτης αποβλήτων*. Τόμος Γ. Εκδότης ΕΑΠ, Πάτρα. Σελ.95-279..

Cess R.D., M.H.Zhang , G.L.Potter,et., (1997). *Comparision of the seasonal change in cloud-radiative forcing from atmospheric general circulation models and satellite observations*. Res.,102,16593-16603.

Lohmann U., and J.Feichter, (1997). *Impact of sulfate aerosols on albedo and lifetime of clouds:a sensivity study with the ECHAM4 GGM*, J.Geophys.Res.,102,13685-13700.

Mutlu G. M., D. Green, A. Bellmeyer, C. M. Baker, Z. Burgess, N. Rajamannan, J. W. Christman, N. Foiles, D. W.

Kamp, A. J. Ghio, N. S. Chandel, D. A. Dean, J. I. Sznajder, and G.R. S. Budinger (2007). *Ambient particulate matter accelerates coagulation via an IL-6 dependent pathway*, Chicago.

Robinson Arthur B., Salliel Baliunas, Willie Soon Zachary W. Robinson (1998). *Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide* Washington.

Schwartz J., (1994). *Air pollution and daily mortality: a review and metaanalysis*, *Envirom. Research*,64,36-52.
Twomey S.(1974).*Pollution on the planetary albedo* ,*Atmos.Envirom.*,8,1251-1256.
Oberdorster O.,Gelein R.M.,Ferin J.,Weiss B.,(1995). *Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of yltrafine particles*,*Inhalation Toxicology*,7,111-124.
Utell M., Samet J., (1996). *Airborne particle-sand respiratory disease: clinical and pathogenetic considerations in particles in our air* ,Harvard University Press.
Πηγή:
http://news.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_world_801249_22/02/2005_134726
<http://www.ecocity.gr/main.php?cat=27&art=88>