

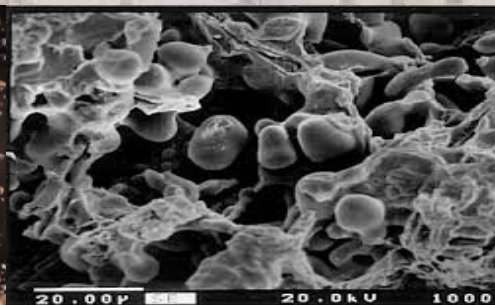
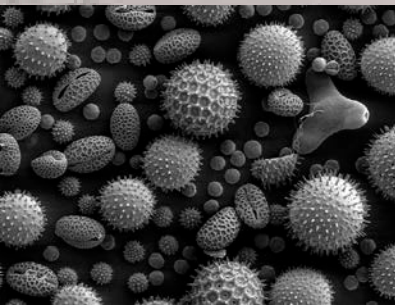
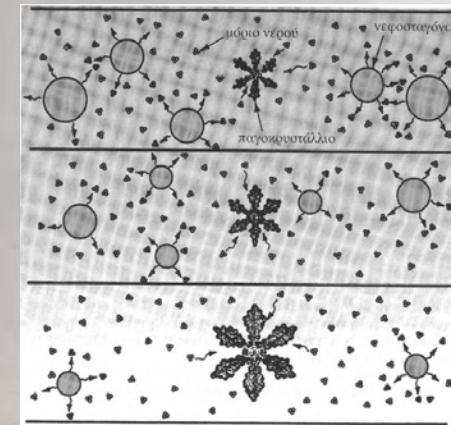
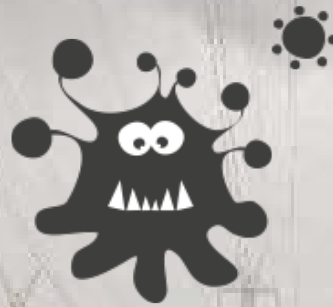


# Μάθημα 6<sup>ο</sup> : Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Οι βασικότεροι ρύποι  
Στερεά Αιωρούμενα Σωματίδια

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Ως στερεά αιωρούμενα σωματίδια (**Suspended Particulate Matters-SPM**) θεωρούνται όλα τα σώματα στερεά και υγρά, εκτός του νερού, που βρίσκονται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα και έχουν αεροδυναμική διάμετρο μεγαλύτερη από 0.0002  $\mu\text{m}$  και μικρότερη από 500  $\mu\text{m}$  περίπου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αιωρούμενων σωματιδίων είναι η σκόνη, η ιπτάμενη τέφρα και ο καπνός. Κάποια σωματίδια είναι αρκετά μεγάλα και ορατά με σκούρο χρώμα και γίνονται αντιληπτά ως καπνός. Άλλα είναι τόσο μικρά που δεν είναι ορατά παρά μόνο από ειδικά ηλεκτρονικά μικροσκόπια.



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Πολλά σωματίδια φεύγουν προς τον αέρα απευθείας από τις πηγές τους, όπως οι καπνοδόχοι και οι εξατμίσεις των οχημάτων. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου αέρια όπως  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  και  $\text{VOCs}$ , αντιδρούν με διάφορες άλλες ενώσεις του ατμοσφαιρικού αέρα και παράγουν έτσι τα λεπτόκοκκα σωματίδια.

Γενικά, η φύση και η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων ποικίλλει και εξαρτάται από την τοποθεσία, την εποχή του έτους και τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν. Δεν αποτελούν έναν ενιαίο ρύπο, αλλά μάλλον πρόκειται για ένα μίγμα πολλών ρύπων.

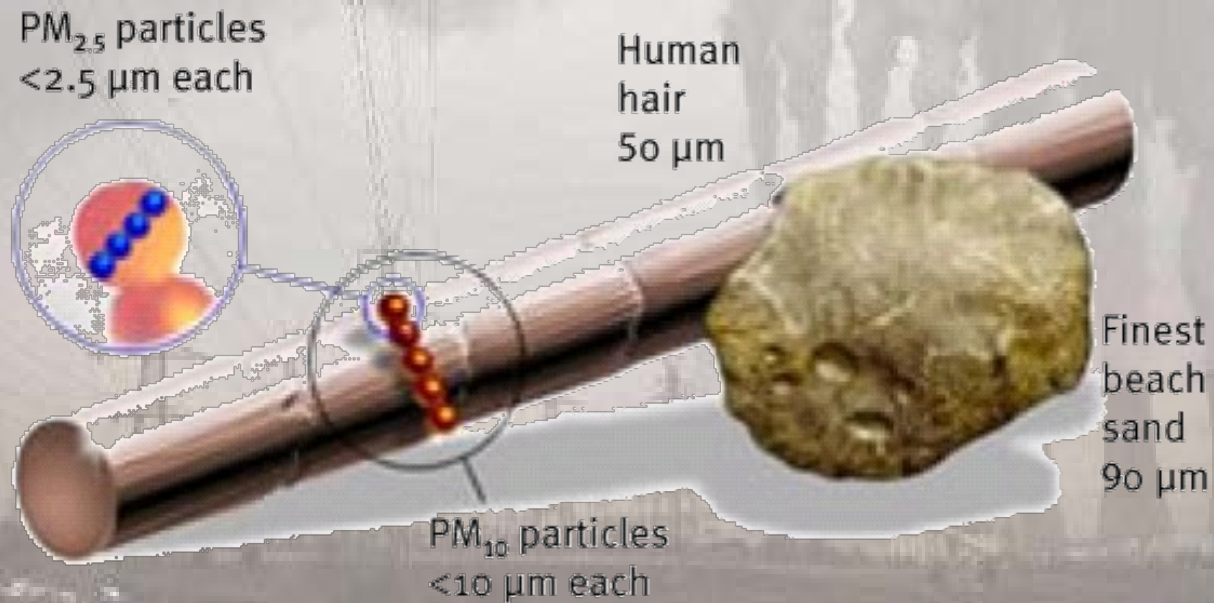


# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Αρχικά, οι μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων αναφέρονταν στα ολικά αιωρούμενα σωματίδια (**Total Suspended Particulate-TSP**), χωρίς να γίνεται καμία διαφοροποίηση αυτών ανάλογα με το μέγεθός τους. Το αρχικό μέτρο TSP, με την εξέλιξη της τεχνολογίας αντικαταστάθηκε με το  $PM_{10}$ , το οποίο αφορά μόνο αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μικρότερης ή ίσης των 10  $\mu m$ . Στη συνέχεια προτάθηκε ένας επιπλέον διαχωρισμός στα αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μεταξύ των 2.5 με 10  $\mu m$  (**χονδρόκοκκα σωματίδια**) και στα αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μικρότερης των 2.5  $\mu m$  (**λεπτόκοκκα σωματίδια**). Τι είναι όμως η αεροδυναμική διάμετρος;

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια περιλαμβάνουν σωματίδια με διαφορετική το καθένα μορφή και σχήμα. Έτσι, η γεωμετρική τους διάμετρος δεν μπορεί να περιγράψει τις διαστάσεις τους και δεν επιτρέπει τη μελέτη των ιδιοτήτων των σωματιδίων. Με τον όρο αεροδυναμική διάμετρος ορίζεται η διάμετρος που πρέπει να έχει ένα σφαιρικό σώμα πυκνότητας  $1 \text{ g/cm}^3$ , ώστε κάτω από τις ίδιες συνθήκες να έχει την ίδια ταχύτητα καθίζησης με το υπό εξέταση σωματίδιο [1], [2].



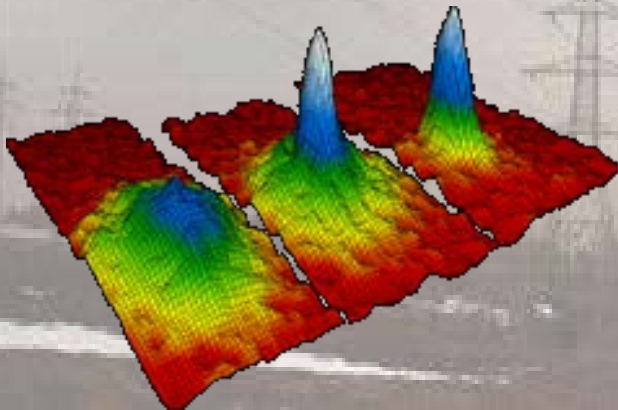
# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Τα χονδρόκοκκα σωματίδια (coarse particles) έχουν πολλές και διαφορετικές πηγές προέλευσης, όπως τη μεταφερόμενη από τον άνεμο σκόνη, την κίνηση οχημάτων σε δρόμους χωρίς ασφαλτόστρωση, τα μηχανήματα βιομηχανιών συμπύεσης, το λιώσιμο και τον τροχισμό διαφόρων υλικών, το άλεσμα κλπ. Ο σχηματισμός τους οφείλεται στην δράση κυρίως μηχανικών δυνάμεων, όπως η τριβή και η σύνθλιψη.



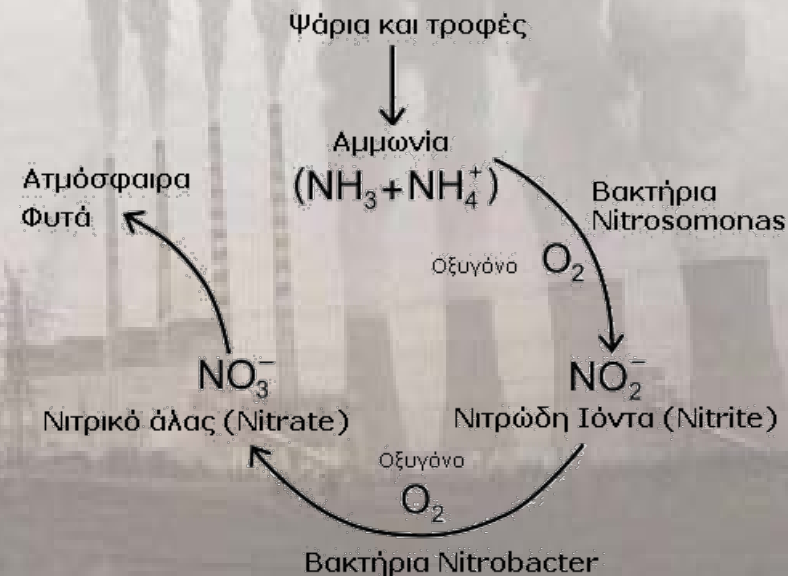
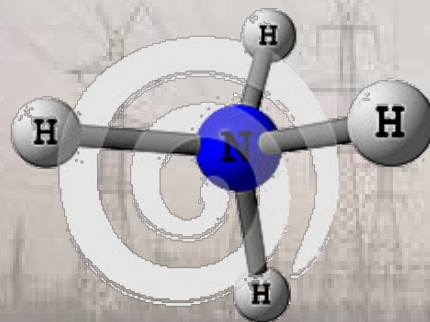
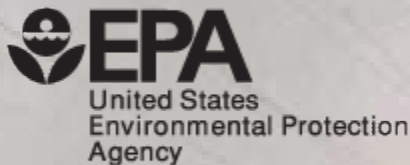
# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Τα λεπτόκοκκα σωματίδια (fine particles) με αεροδυναμική διάμετρο μεταξύ των 2.5 και 10  $\mu\text{m}$ , αποδίδονται στα σχηματιζόμενα από την αέρια φάση σωματίδια, με διαδοχικές συσσωρεύσεις, συμπύκνωση, μεταφορά ή καύση. Ως μέτρο σύγκρισης του μεγέθους τους μπορεί να αναφερθεί ότι μια ανθρώπινη τρίχα έχει διάμετρο της τάξης των 70  $\mu\text{m}$ . Οι κυριότερες πηγές εκπομπής τους είναι τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, διάφορες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τζάκια, φούρνοι κλπ. Δημιουργούνται επίσης από αέρια πυρανόφλεξης, τα οποία με τη σειρά τους μετατρέπονται στην ατμόσφαιρα με έναν χημικό τρόπο σε αιωρούμενα σωματίδια.



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Η διεθνής οργάνωση **EPA** (**E**nvironmental **P**rotection **A**gency) δίνει τελευταία μια νέα διάσταση στα αιωρούμενα σωματίδια, επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον σε ακόμη μικρότερα σωματίδια, τα οποία λόγω του πολύ μικρού μεγέθους τους μπορούν να εισχωρούν πιο εύκολα και βαθύτερα στους πνεύμονες. Οι μέχρι τώρα έρευνες δείχνουν ότι αυτά τα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 2.5 μm, αποτελούνται από ποσότητες θεικών ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) και νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ), ιόντων Αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ), άνθρακα, οργανικών ενώσεων του άνθρακα, νερού, καθώς επίσης και μικρότερων ποσοτήτων χρώματος, σκόνης και ενώσεων του μολύβδου (Pb).



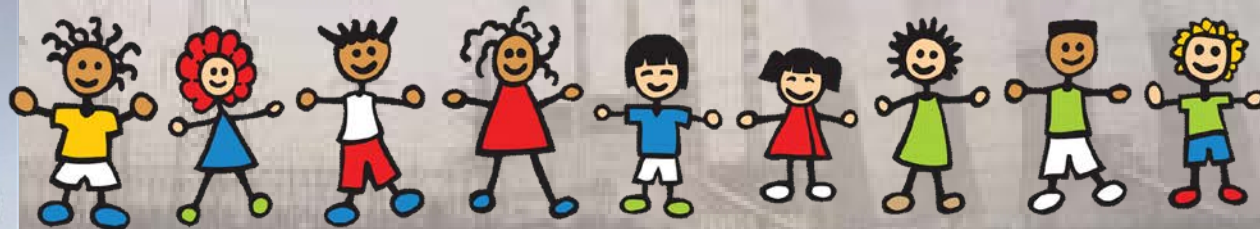
# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Μια άλλη σπουδαία ιδιότητα των αιωρούμενων σωματιδίων είναι η οπτική τους συμπεριφορά. Με το όρο οπτική συμπεριφορά εννοείται η ελάττωση της ορατότητας καθώς και της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη εξαιτίας της παρουσίας των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Τα αιωρούμενα σωματίδια ανάλογα με το μέγεθός τους και τη συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα, διαθλούν, περιθλούν, διαχέουν ή ακόμα και αποκόπτουν το φως.



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Γενικά οι επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι πολύ σημαντικές σε όλους τους τομείς του περιβάλλοντος και ειδικότερα στην υγεία των ανθρώπων. Καθοριστικοί παράγοντες για τις επιπτώσεις τους αυτές είναι το μέγεθός τους, η χημική τους σύσταση και η συνύπαρξή τους με άλλους ρύπους με τους οποίους μπορούν να δρουν συνεργιστικά. Τα μικροσκοπικά αυτά σωματίδια επηρεάζουν κυρίως την αναπνοή, προκαλώντας ασθένειες στο αναπνευστικό και στους πνεύμονες προκαλώντας ακόμα και το θάνατο. Ομάδα υψηλού κινδύνου αποτελούν ηλικιωμένοι, παιδιά και γενικότερα άτομα που πάσχουν από άσθμα. Προκαλούν επίσης φθορές στις βαφές, τα εδάφη, τα υφάσματα και μειώνουν την ορατότητα.

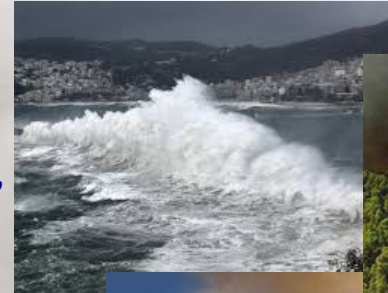


# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Οι πηγές στην ατμόσφαιρα των αιωρούμενων σωματιδίων είναι είτε φυσικές πηγές είτε ανθρωπογενείς πηγές.

Στις φυσικές πηγές κατατάσσονται:

- η επιφάνεια ωκεανών και των θαλασσών,
- η επιφάνεια των εδαφών,
- οι ηφαιστειακές εκρήξεις,
- η βιογενής ύλη,
- οι δασικές πυρκαγιές, κ.λπ.



Στις ανθρωπογενείς πηγές κατατάσσονται:

- Οι εκπομπές πρωτογενούς σωματιδιακής ύλης από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως οι βιομηχανικές καύσεις αέριων ή στερεών καυσίμων.
- Οι εκπομπές δευτερογενών αερολυμάτων, τα οποία είναι προϊόντα αέριων ανθρωπογενών εκπομπών από καύσεις ορυκτών καυσίμων, όπως θειικά και νιτρικά ιόντα.

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Σε παγκόσμια κλίμακα, στις μεγαλουπόλεις **τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν το σοβαρότερο ρύπο**. Το ίδιο συμβαίνει και στις μεγάλες ελληνικές πόλεις.

Τα αιωρούμενα σωματίδια στις αστικές περιοχές προέρχονται κυρίως:

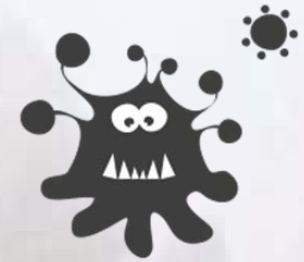
- ❑ Από την κυκλοφορία των οχημάτων, τις βιομηχανίες και τις κεντρικές θερμάνσεις.
- ❑ Από επεισόδια σκόνης από την αιολική διάβρωση των εδαφών των ερημικών περιοχών της Αφρικής (μεταφορά σκόνης-Sahara dust event).

Στο αστικό περιβάλλον οι οδικές μεταφορές είναι ένα από τις κυρίαρχες πηγές **εκπομπών  $PM_{10}$** . Χονδρόκοκκα σωματίδια κυρίως δημιουργούνται από την τριβή των φρένων και των ελαστικών των οχημάτων και από την απόξεση του ίδιου του οδοστρώματος.



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια και ιδιαίτερα οι συγκεντρώσεις των **PM<sub>10</sub>** και **PM<sub>2.5</sub>** παρακολουθούνται σε δίκτυα ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα λόγω των πιθανών επιπτώσεών τους **στην υγεία, το κλίμα, την ποιότητα των υδάτων κ.λπ.**



Συνήθως τη σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων την χωρίζουμε σε τέσσερα κλάσματα:

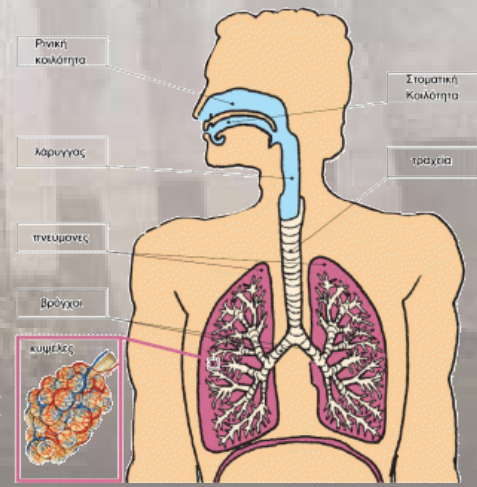
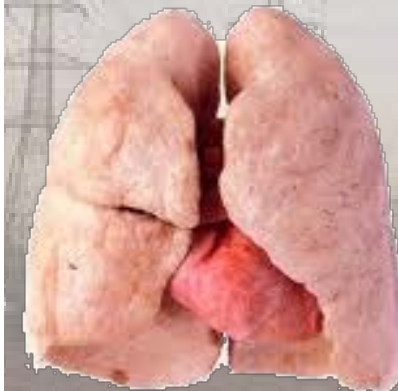
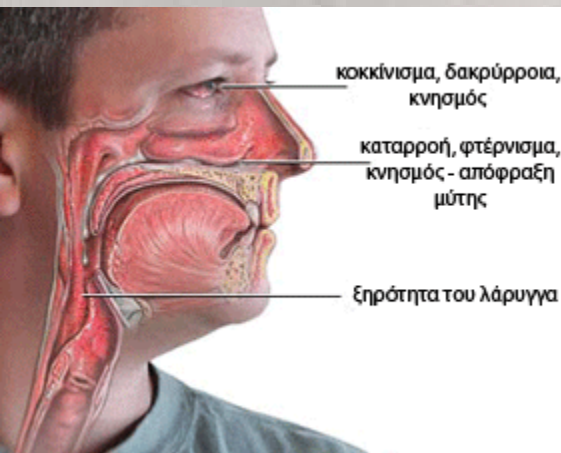
- 1. το ανόργανο ιοντικό κλάσμα** ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )
- 2. το ανθρακικό κλάσμα**, το οποίο αποτελείται από στοιχειακό και οργανικό άνθρακα και αποτελεί μεγάλο ποσοστό των αιωρούμενων σωματιδίων. Η περιεκτικότητά του σε ευρωπαϊκές αστικές περιοχές φτάνει μέχρι το 25-40% των  $\text{PM}_{10}$  και 30-50% των  $\text{PM}_{2.5}$
- 3. το στοιχειακό κλάσμα** το οποίο αποτελείται από Al, Si, Fe, Ca, K, Mg, Ti και περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά στοιχεία του φλοιού της Γης (Al, Si, Ti) καθώς και στοιχεία με μεγάλο ποσοστό στο φλοιό της Γης (Ca, Fe, K, Mg) και
- 4. το κλάσμα των μετάλλων** σε ίχνη, στα οποία περιλαμβάνονται και τα τοξικά μέταλλα, τα οποία είναι Mn, Pb, Cu, Zn, Ni.

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

## Επιπτώσεις στην Υγεία

Τα αιωρούμενα σωματίδια, ανάλογα με το μέγεθός τους, μπορούν να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό, μέσω των αναπνευστικών οδών. Ειδικότερα:

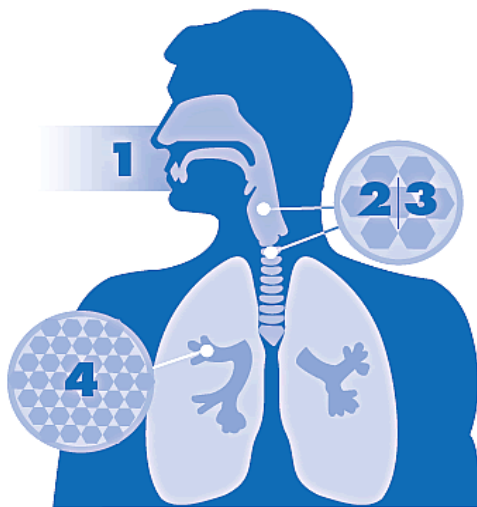
- $>11\mu\text{m}$ : δεν διεισδύουν στην αναπνευστική οδό
- $7-11\mu\text{m}$ : εισχωρούν στην ρινική κοιλότητα
- $4.7-7\mu\text{m}$ : εισχωρούν στο φάρυγγα
- $3.3-4.7\mu\text{m}$ : εισχωρούν στην τραχεία και την αρχή των βρόγχων
- $2.1-3.3\mu\text{m}$ : εισχωρούν στο μέσο των βρόγχων
- $1.1-2.1\mu\text{m}$ : εισχωρούν στα τελευταία τμήματα των βρόγχων
- $0.65-1.1\mu\text{m}$ : εισχωρούν στα βρογχιόλια (αεραγωγοί με διάμετρο  $<1\text{mm}$ )
- $0.43-0.65\mu\text{m}$ : εισχωρούν στις κυψελίδες των πνευμόνων



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια (particulate matters-PM) κατατάσσονται σε τρεις γενικές κατηγορίες ανάλογα με την αεροδυναμική τους διάμετρο:

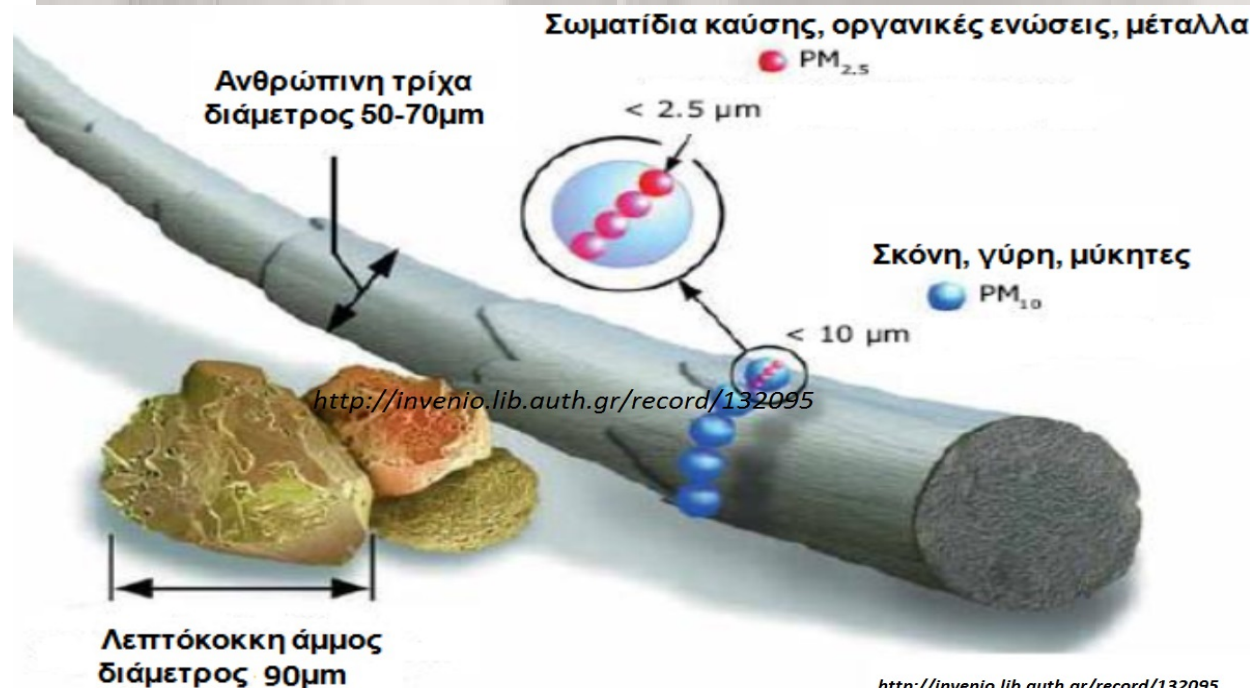
- **PM<sub>10</sub>**: σωματίδια των οποίων η αεροδυναμική διάμετρος είναι μικρότερη ίση από 10μm
- **PM<sub>10-2.5</sub>**: σωματίδια των οποίων η αεροδυναμική διάμετρος είναι μικρότερη από 10μm και μεγαλύτερη από 2.5μm και
- **PM<sub>2.5</sub>**: σωματίδια των οποίων η αεροδυναμική διάμετρος είναι μικρότερη από 2.5μm



**1** Τα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ) εισέρχονται αναπνευστικό μας σύστημα (πνεύμονες) μέσω της μύτης και του λαιμού

**2/3** Τα μεγαλύτερα σωματίδια (ΑΣ10) απομακρύνονται μέσω του βήχα, του φτερνίσματος και με την κατάπωση.

**4** Τα λεπτά σωματίδια ΑΣ2,5 μπορούν να διεισδύσουν βαθιά στους πνεύμονες. Μπορούν να ταξιδέψουν με όλες τις διόδους στις κυψελίδες, προκαλώντας προβλήματα στους πνεύμονες και την καρδιά, και τροφοδοτούν με επιβλαβείς χημικές ουσίες το κυκλοφορικό σύστημα (αίμα).

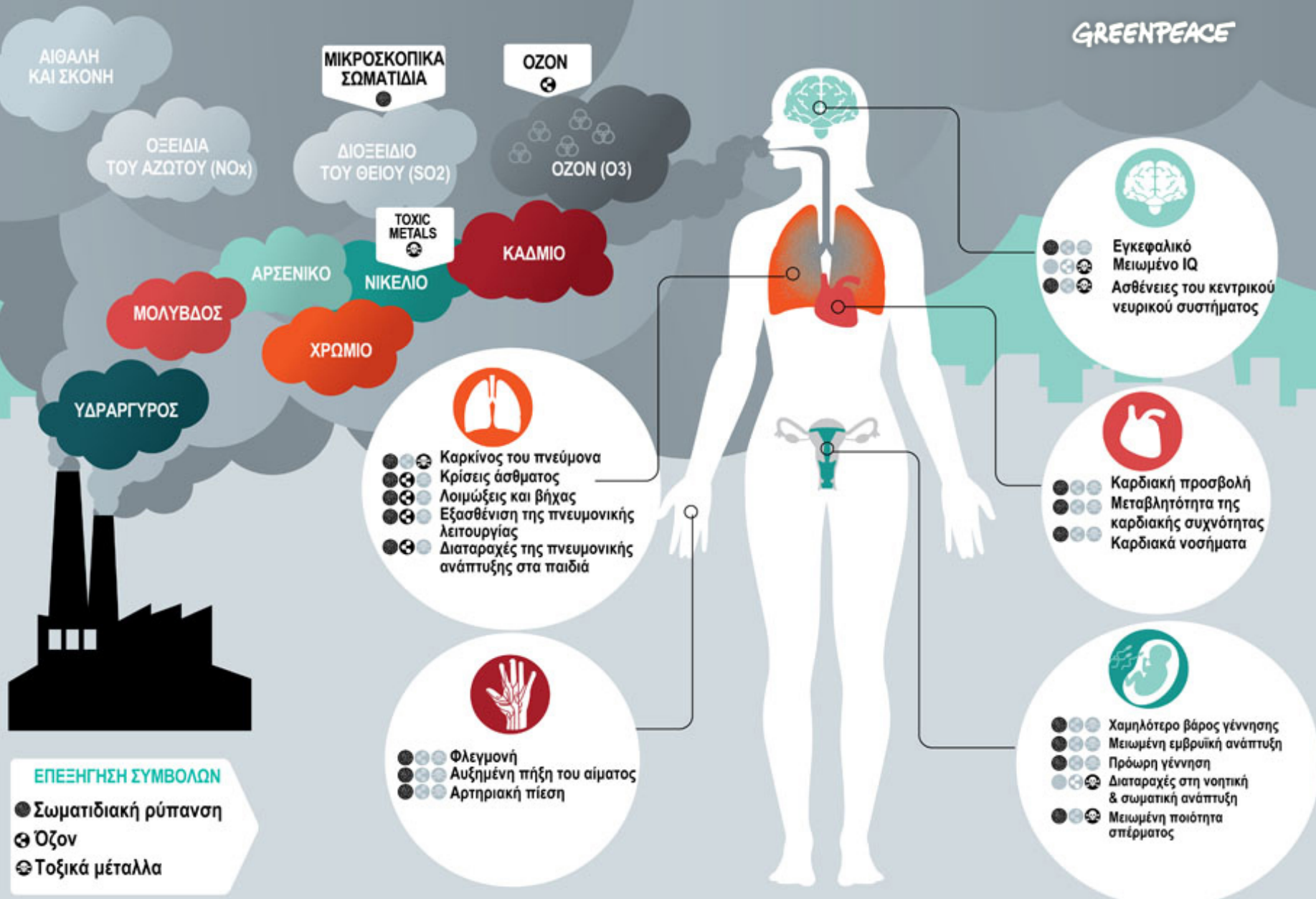


<http://invenio.lib.auth.gr/record/132095>

<http://invenio.lib.auth.gr/record/132095>

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

GREENPEACE



## ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

- Σωματιδιακή ρύπανση
- ⊕ Όζον
- ☠ Τοξικά μέταλλα

**ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΑ**  
 Κρίσεις άσθματος  
 Λοιμώξεις και βήχας  
 Εξασθένιση της πνευμονικής λειτουργίας  
 Διαταραχές της πνευμονικής ανάπτυξης στα παιδιά

**ΦΛΕΓΜΟΝΗ**  
 Αυξημένη πήξη του αίματος  
 Αρτηριακή πίεση

**ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟ ΜΕΙΩΜΕΝΟ IQ**  
 Ασθένειες του κεντρικού νευρικού συστήματος

**ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΠΡΟΣΒΟΛΗ**  
 Μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας  
 Καρδιακά νοσήματα

**ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΟ ΒΑΡΟΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ**  
 Μειωμένη εμβρυϊκή ανάπτυξη  
 Πρόωρη γέννηση  
 Διαταραχές στη νοσητική & σωματική ανάπτυξη  
 Μειωμένη ποιότητα σπέρματος

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Για την καταγραφή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων, έχουν προταθεί κατά καιρούς πολλές και διαφορετικές μεταξύ τους μέθοδοι.

## 1-Δειγματολήπτης Μεγάλου Όγκου (High Volume Sampler)

Ο δειγματολήπτης μεγάλου όγκου αέρα, δημιουργήθηκε και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1948, με την ίδια περίπου μορφή με αυτή που χρησιμοποιείται και σήμερα [3]. Η λειτουργία του στηρίζεται στη σταθμική μέθοδο. Ειδικότερα, «τραβάει» μεγάλη ποσότητα αέρα στη διάρκεια του 24ωρου, και ο αέρας αυτός περνάει μέσα από ένα φίλτρο από υαλονήματα και ταυτόχρονα υπολογίζεται ο όγκος του με ακρίβεια..

Έτσι, τα στερεά αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο από 0.3  $\mu\text{m}$  έως και περίπου 100  $\mu\text{m}$  παρακρατούνται από το φίλτρο, το οποίο στο τέλος του 24ωρου ζυγίζεται και από τη διαφορά βάρους του, υπολογίζεται η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα στη διάρκεια του 24ωρου [3].



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

## 2-Δειγματολήπτης PM<sub>10</sub>

Ο δειγματολήπτης PM<sub>10</sub> έχει αναπτυχθεί και χρησιμοποιείται για την καταγραφή των στερεών αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη ή ίση των 10 μm (εισπνεόμενα σωματίδια) [3].

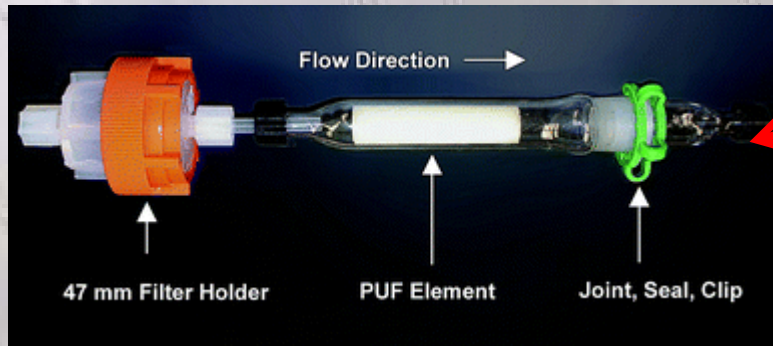
Στην ουσία πρόκειται για την ίδια σχεδόν λειτουργία με τον δειγματολήπτη μεγάλου όγκου. Έχει κατάλληλη κεφαλή δειγματοληψίας που επιτρέπει μόνο στα σωματίδια PM<sub>10</sub> να «περάσουν» [3].



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

## 3-Δειγματολήπτης σωματιδίων/ατμών (Puf Sampler)

Το σύστημα δειγματοληψίας **PolyUrethane Foam-PUF** είναι ένα σύστημα που έχει σχεδιαστεί για να συλλέγει στερεά αιωρούμενα σωματίδια και ταυτόχρονα ατμούς. Λειτουργεί με σχεδόν σταθερή ροή-παροχή αέρα ίση με 280lit/min [3].



Το σύστημα δειγματοληψίας **PolyUrethane Foam-PUF** είναι ουσιαστικά ένα τροποποιημένο High Volume σύστημα στο οποίο το φίλτρο υαλονημάτων ακολουθείται από μια «αφρώδη παγίδα» 6cm πολυουρεθάνης. Η παγίδα συλλέγει ατμούς και πτητικές ενώσεις σωματιδίων. Ουσιαστικά, αυτό το σύστημα έχει τη δυνατότητα καταγραφής αιωρούμενων σωματιδίων σε πτητικές οργανικές ενώσεις [3].



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

## 4-Δειγματολήπτης σωματιδίων πολλαπλών φίλτρων

Πρόκειται για εξέλιξη των High Volume δειγματοληπτών. Το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι έχουν τη δυνατότητα λειτουργίας ταυτόχρονα με πολλά διαφορετικά φίλτρα. Έτσι, έχουν τη δυνατότητα δειγματοληψίας και καταγραφής ταυτόχρονα από 8 έως και 16 δείγματα αέρα [3]. Αυτό του δίνει ένα συγκριτικό πλεονέκτημα, αφού μπορεί να προγραμματιστεί με αποτέλεσμα τη μείωση του απαιτούμενου αριθμού επισκέψεων, για αλλαγή φίλτρων κλπ.

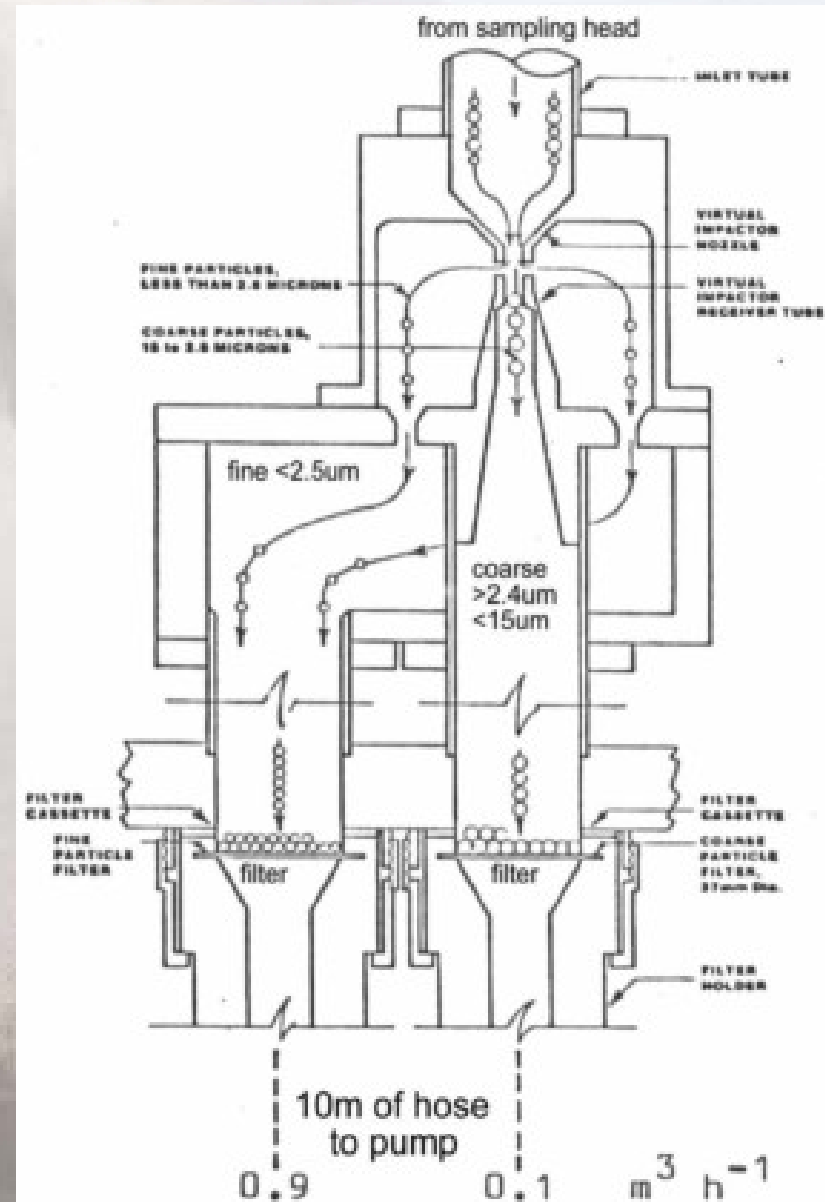
Δέχεται κεφαλές δειγματοληψίας για  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  &  $PM_1$ . Χρησιμοποιεί φίλτρα των 47mm και λειτουργεί με παροχή αέρα ίση με  $1m^3/h$ . Τέλος, έχει τη δυνατότητα να «φέρει» βασικά μετεωρολογικά όργανα για την ταυτόχρονη καταγραφή των βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων [3].



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

## 5-Διχοτομικός δειγματολήπτης (Dichotomous Sampler)

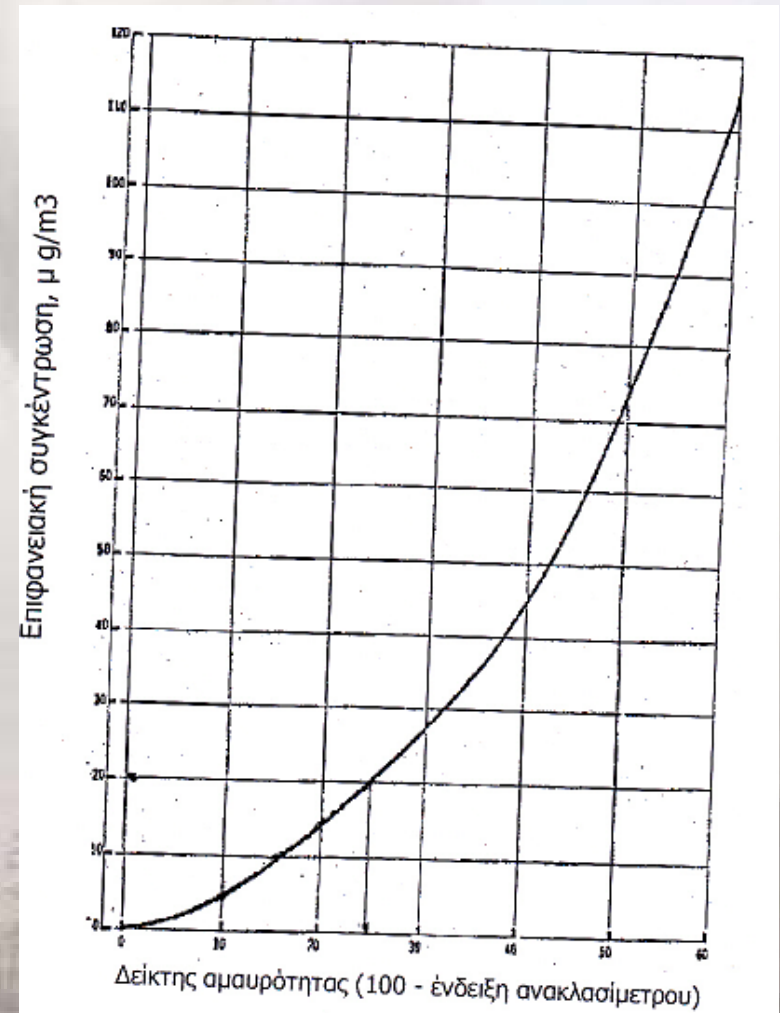
Πρόκειται για έναν δειγματολήπτη που έχει τη δυνατότητα να διαχωρίζει τα σωματίδια σε ομάδες ανάλογα με την αεροδυναμική τους διάμετρο [3].



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

## 6-Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων με τη μέθοδο του μαύρου καπνού

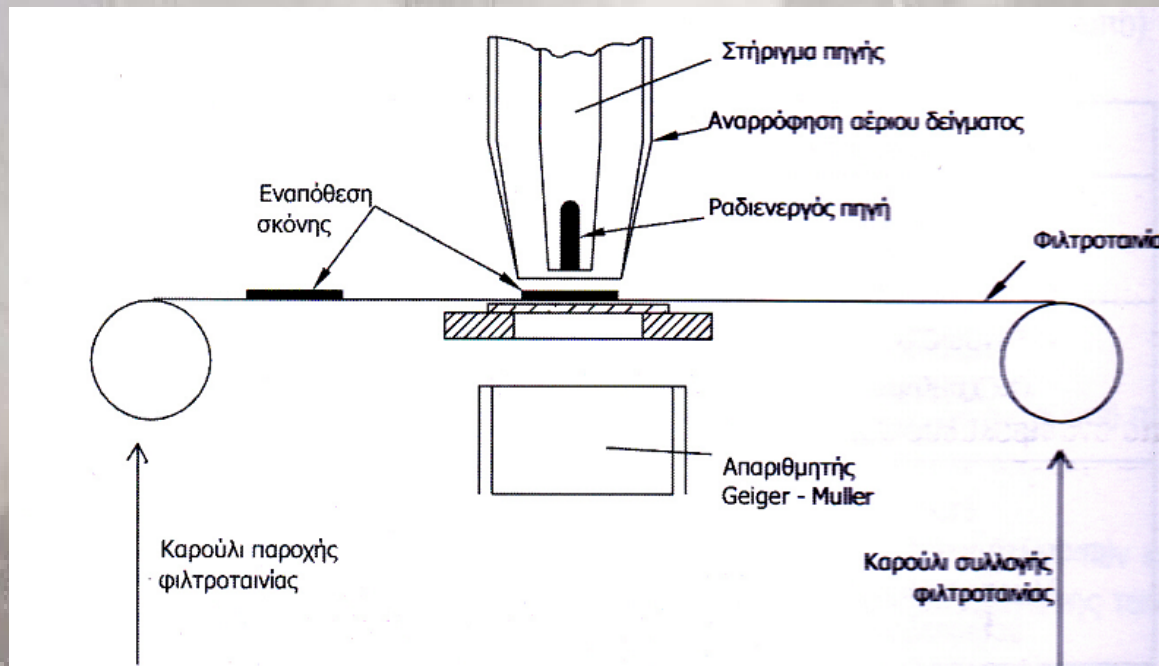
Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην εξαναγκασμένη διέλευση του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα από ένα φίλτρο. Στη συνέχεια καταγράφεται η αμαύρωση του φίλτρου με τη βοήθεια ενός ανακλασίμετρου και συσχετίζεται με τη συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για την καταγραφή σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη του 1 $\mu\text{m}$ . Τέτοια σωματίδια προέρχονται από ατελείς καύσεις [3].



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

## 7-Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων με τη μέθοδο της απορρόφησης β-ακτινοβολίας

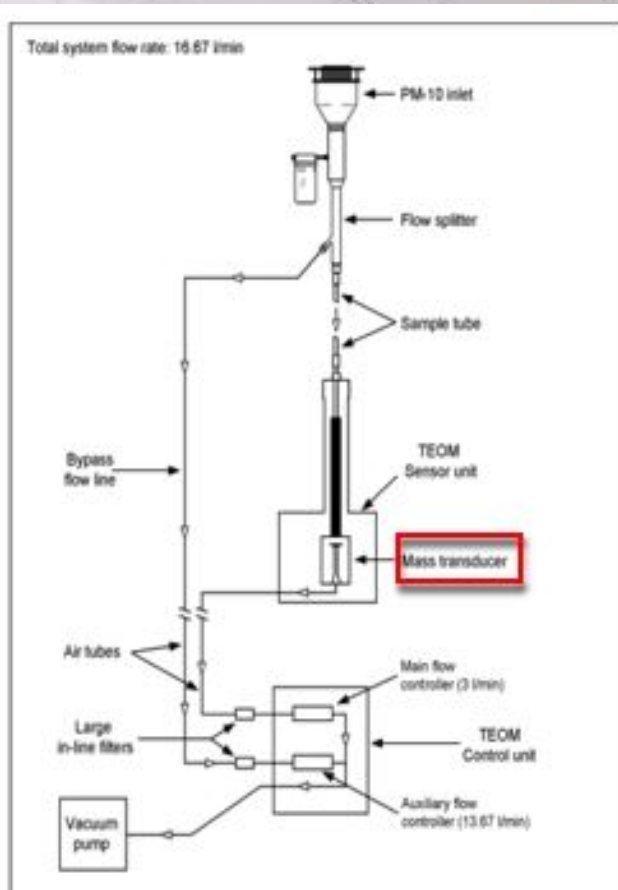
Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην απορρόφηση της ακτινοβολίας β (ταχέως κινούμενα ηλεκτρόνια). Είναι μια μέθοδος που δίνει τη δυνατότητα αυτόματης και συνεχούς καταγραφής. Ουσιαστικά, καταγράφεται η ακτινοβολία β που περνάει μέσα από ένα καθαρό φίλτρο. Στη συνέχεια, και μετά από αναρρόφηση ατμοσφαιρικού αέρα μέσα από το φίλτρο, αναμετράται η ακτινοβολία β που περνάει μέσα από το ίδιο φίλτρο. Η διαφορά στην απορρόφηση της ακτινοβολίας β από το φίλτρο, είναι ανάλογη με τη μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων που έχουν παρακρατηθεί από το φίλτρο [3].



# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

## 8-Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων με τη μέθοδο του δονούμενου στοιχείου

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην λειτουργία ενός εξειδικευμένου αισθητήρα δονούμενου στοιχείου που είναι ενσωματωμένος στη συσκευή του αναλυτή. Ο αναλυτής TEOM (Taped Element Oscillating Microbalances) είναι ένας τέτοιος αναλυτής που δίνει τη δυνατότητα αυτοματοποιημένων μετρήσεων συνεχώς και σε πραγματικό χρόνο [3].



Additional mass

Tapered element(\*) oscillates precisely at its natural frequency and  $f = \sqrt{K/mass}$

Frequency of oscillation loss

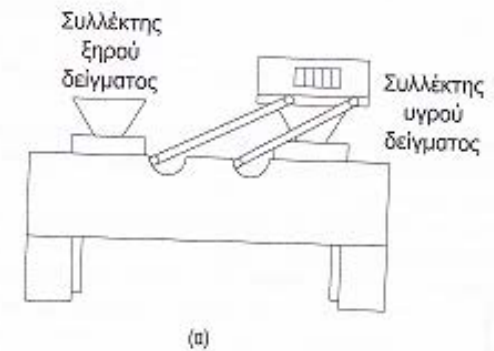
Total mass of PM collected  
-> mass rate  
-> mass rate / flow rate = mass concentration  $\mu g/m^3$



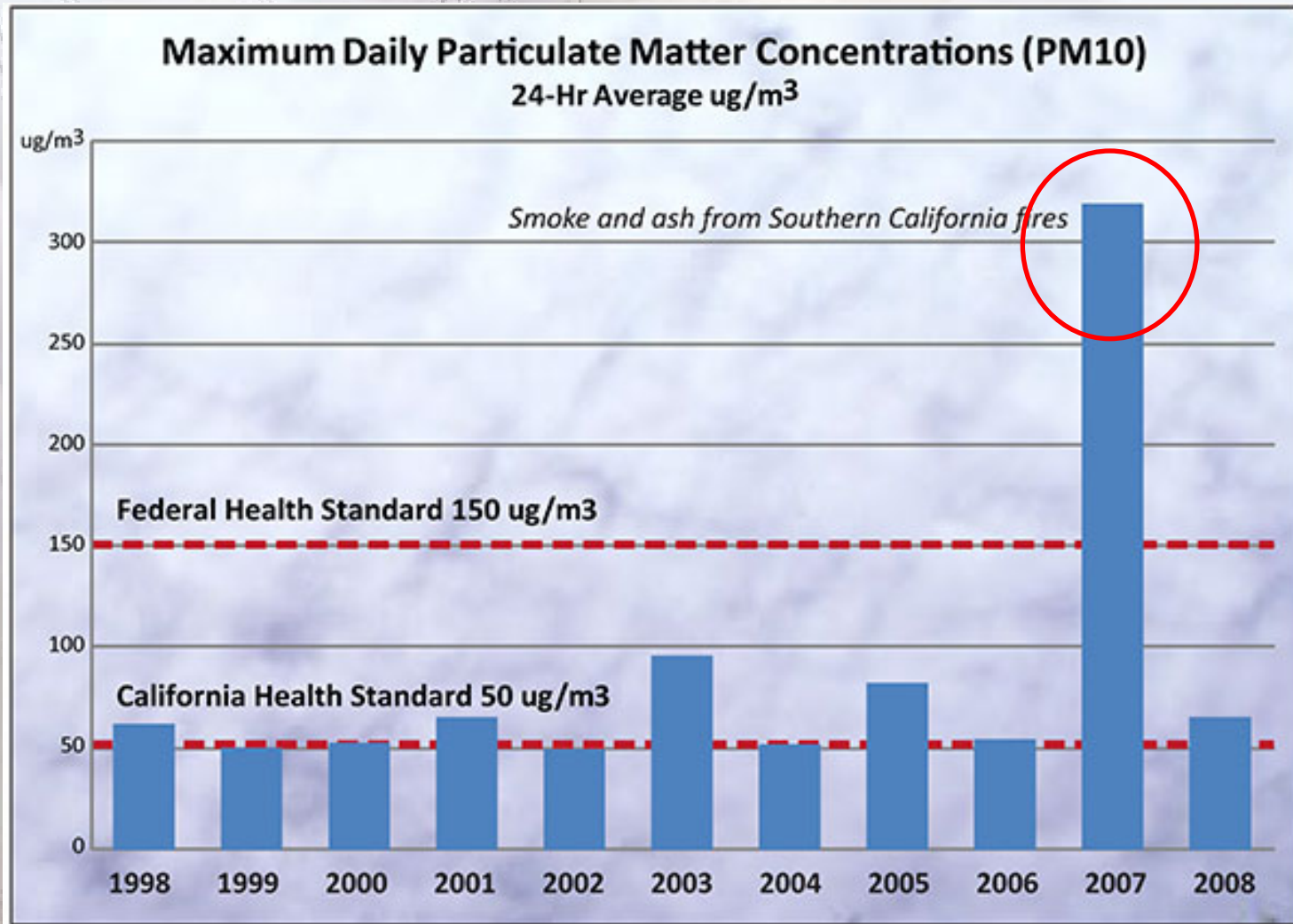
# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

## 9-Αυτόματος δειγματολήπτης υγρής και ξηρής απόθεσης

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη συλλογή ξηρών και υγρών δειγμάτων αέρα. Τέτοιοι δειγματολήπτες αποτελούνται από δύο δοχεία συλλογής που διαχωρίζονται από ένα μετακινούμενο κάλυμμα. Το κάλυμμα μετακινείται με τη βοήθεια ενός αισθητήρα βροχής για να γίνεται η υγρή και η ξηρή δειγματοληψία αντίστοιχα, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν [3].

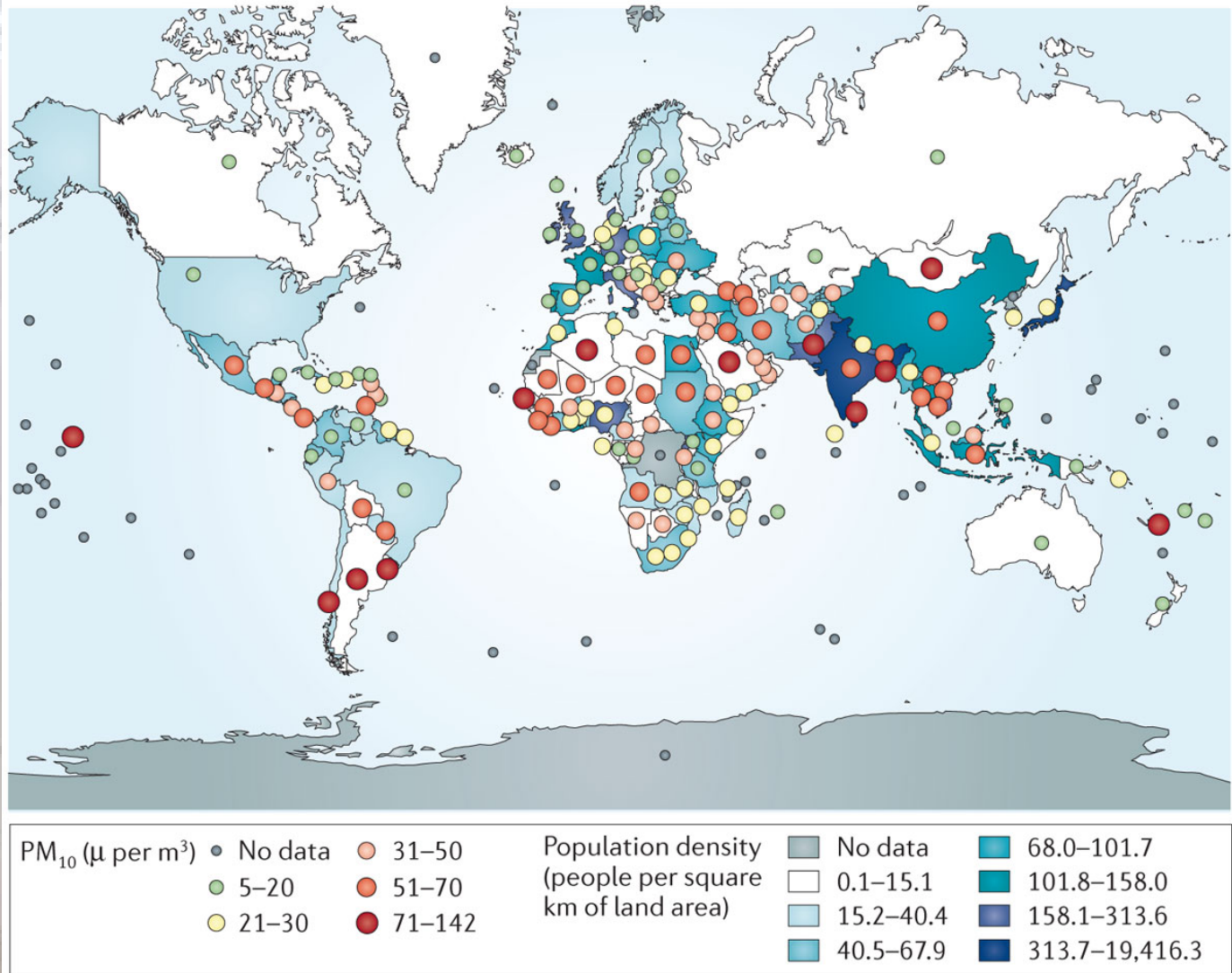


# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



Σχήμα 1. Μέγιστες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης PM10 στην Καλιφόρνια (USA) [4].

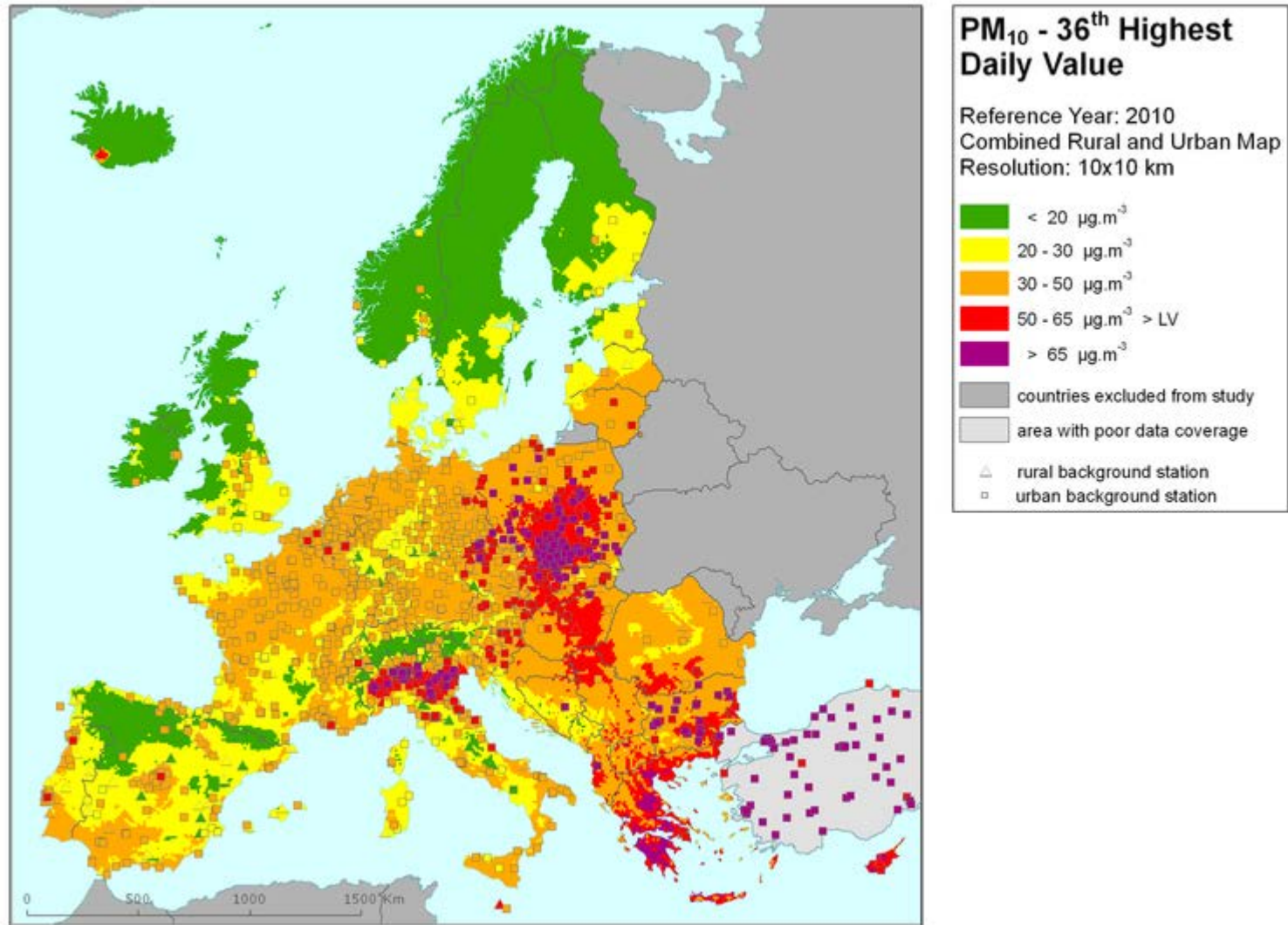
# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



Nature Reviews | **Cancer**

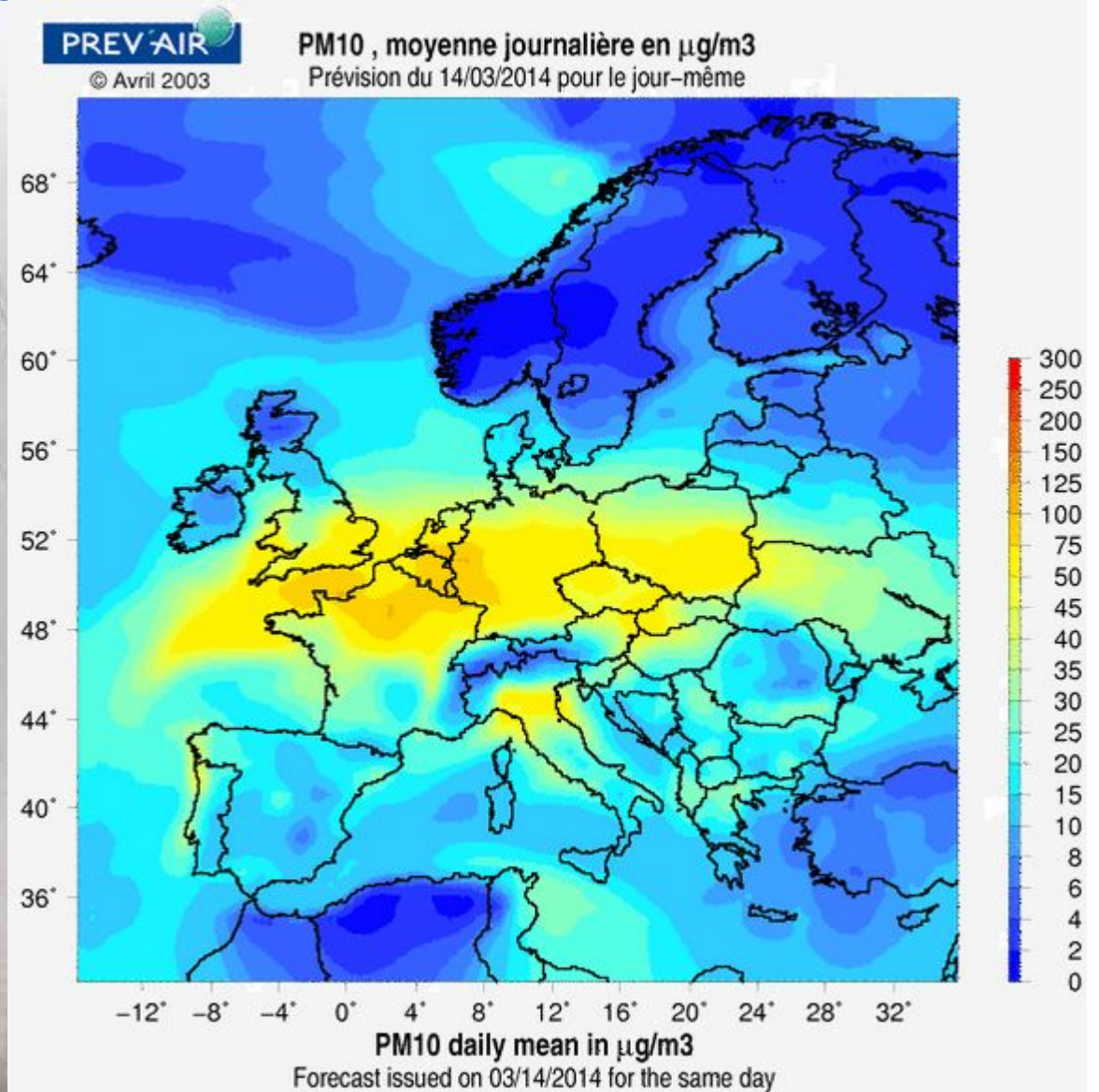
Σχήμα 2. Μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις PM<sub>10</sub> σε σχέση με την πυκνότητα πληθυσμού το έτος 2009 [5].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



Σχήμα 3. Μέγιστες ημερήσιες συγκεντρώσεις PM10 το έτος 2010 στην Ευρώπη [6].

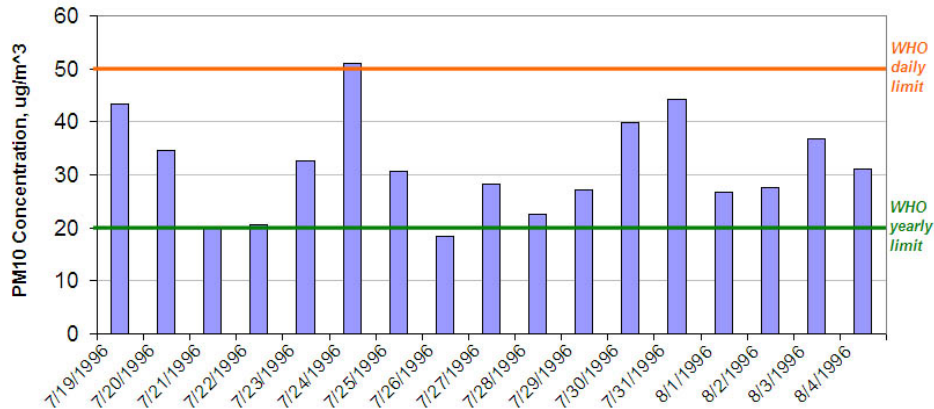
# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



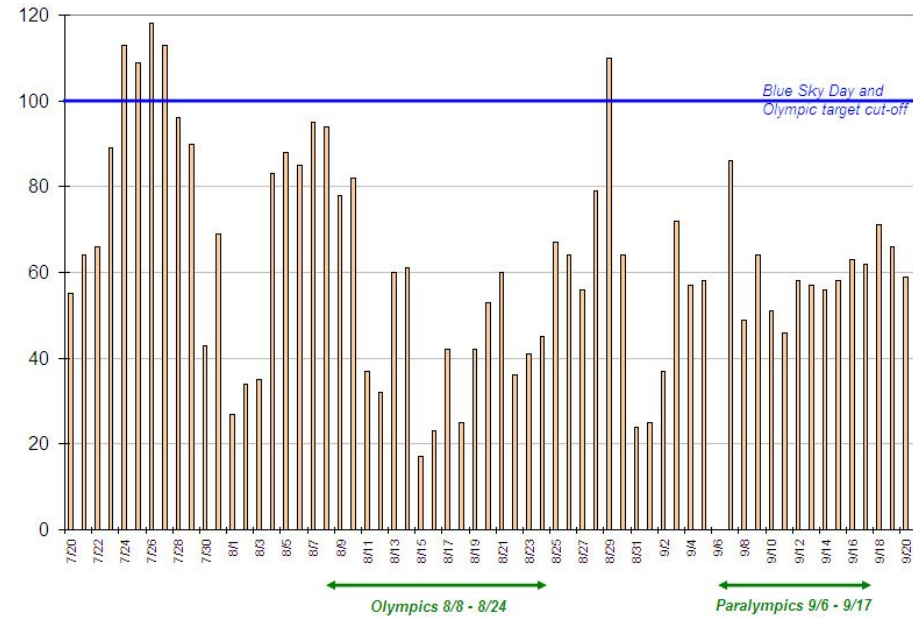
Σχήμα 4. Συγκεντρώσεις PM10 πάνω από την Ευρώπη στις 14 Μαρτίου 2014 [7].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

Daily Average PM10 Concentrations during 1996 Olympic Games in Atlanta



Beijing Olympics API, 7/20-9/20, 2008



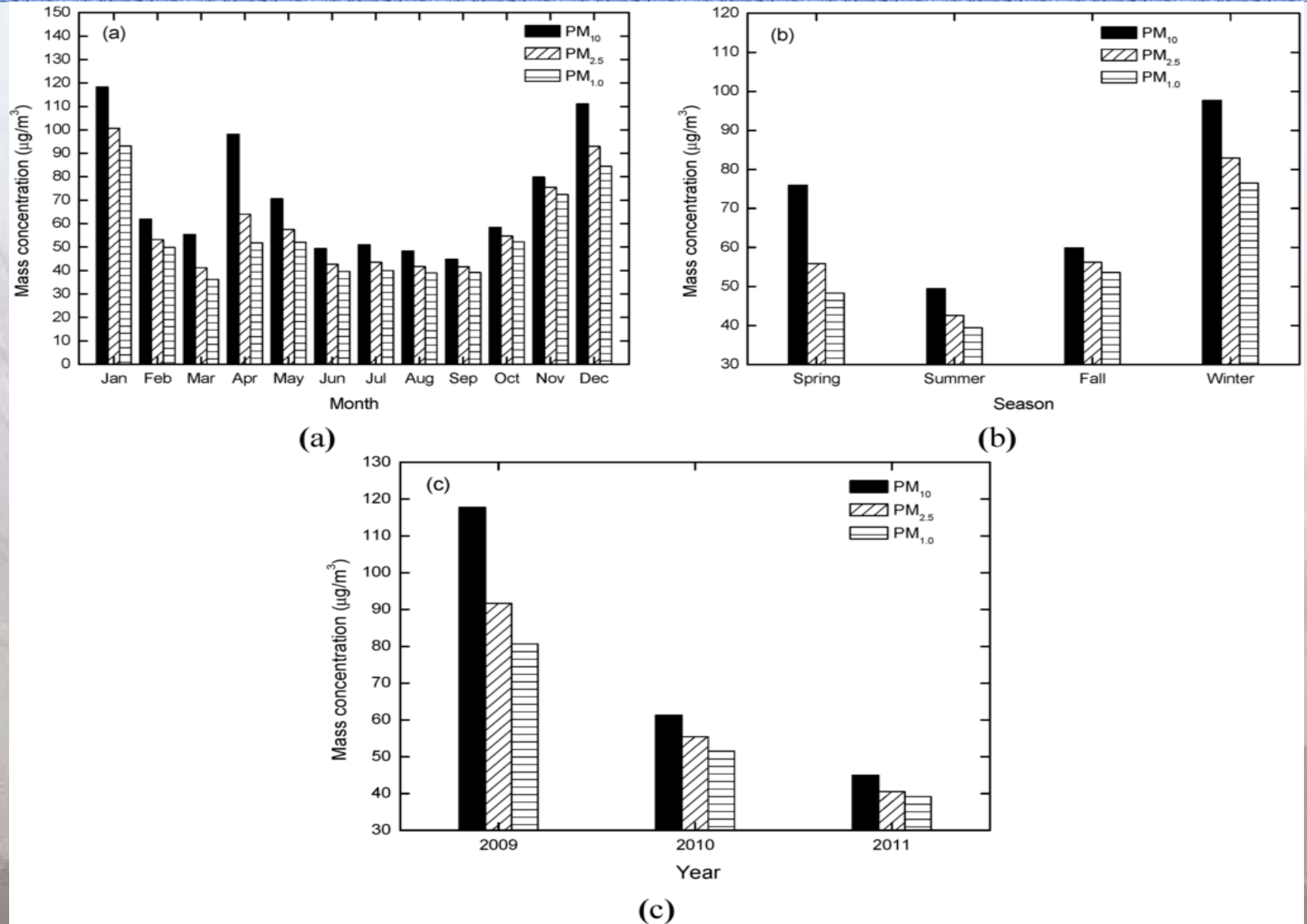
Σχήμα 5. Συγκεντρώσεις PM10 κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών αγώνων του 1996 στην Ατλάντα (USA) 2014 [8].

Σχήμα 6. Ημερήσιες τιμές του δείκτη ατμοσφαιρικής ρύπανσης (API) κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων του 2008 στο Πεκίνο (Κίνα) [9].

Particulate Matter Data for Atlanta, GA

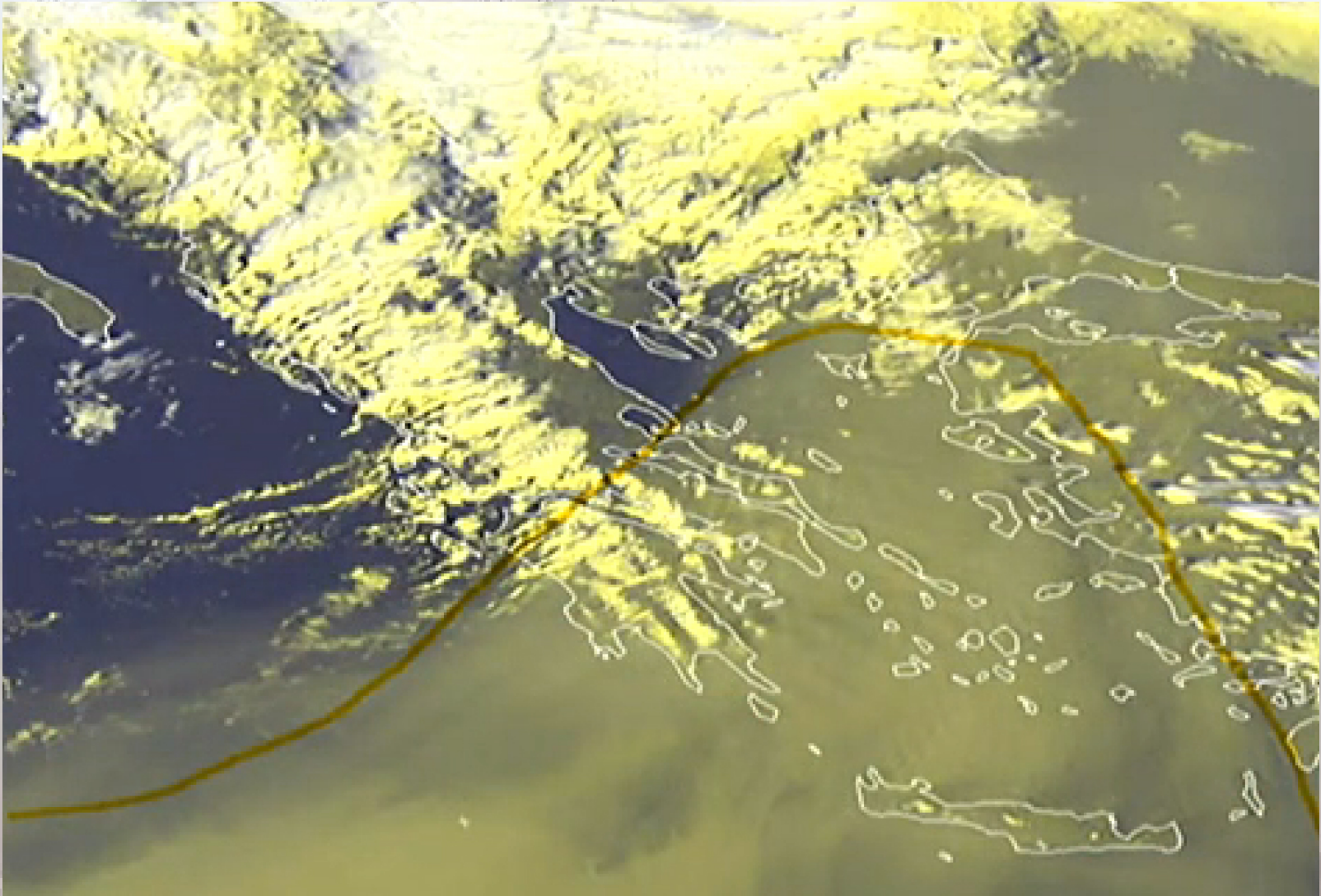
Time Period	PM10 Concentration ug/m <sup>3</sup>			Data Converted to Chinese API		
	Average	High	Low	Average	High	Low
Atlanta Olympics, 7/19/96 - 8/4/96	31	51	18	31	51	18
one month before Atlanta Olympics 6/19/96 - 7/4/96	44	73	28	44	61	28
one month after Atlanta Olympics 8/19/96 - 9/4/96	36	48	13	36	48	13
one year after Atlanta Olympics 7/19/97 - 8/4/97	34	57	18	34	53	18

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



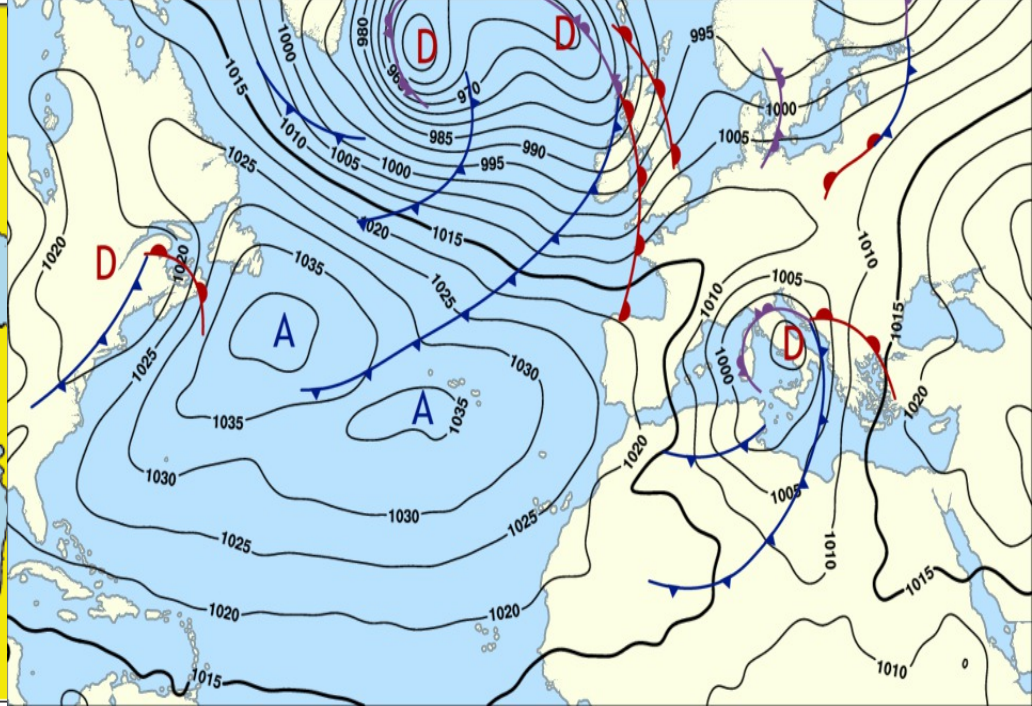
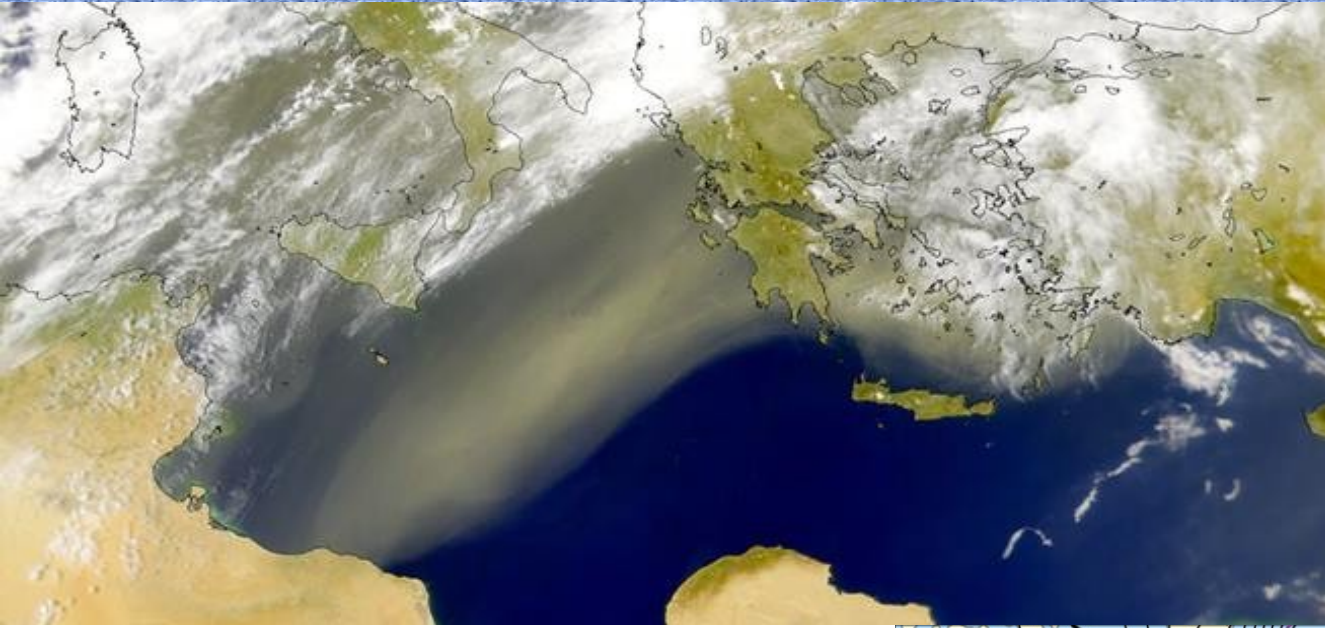
Σχήμα 7. Συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην μητροπολιτική περιοχή Chengdu της κοιλάδας Sichuan Basin (Κίνα) την περίοδο 2009-2011 [10].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



Σχήμα 8. Δορυφορική απεικόνιση της μεταφοράς σκόνης από την Σαχάρα την 1<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2015.

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

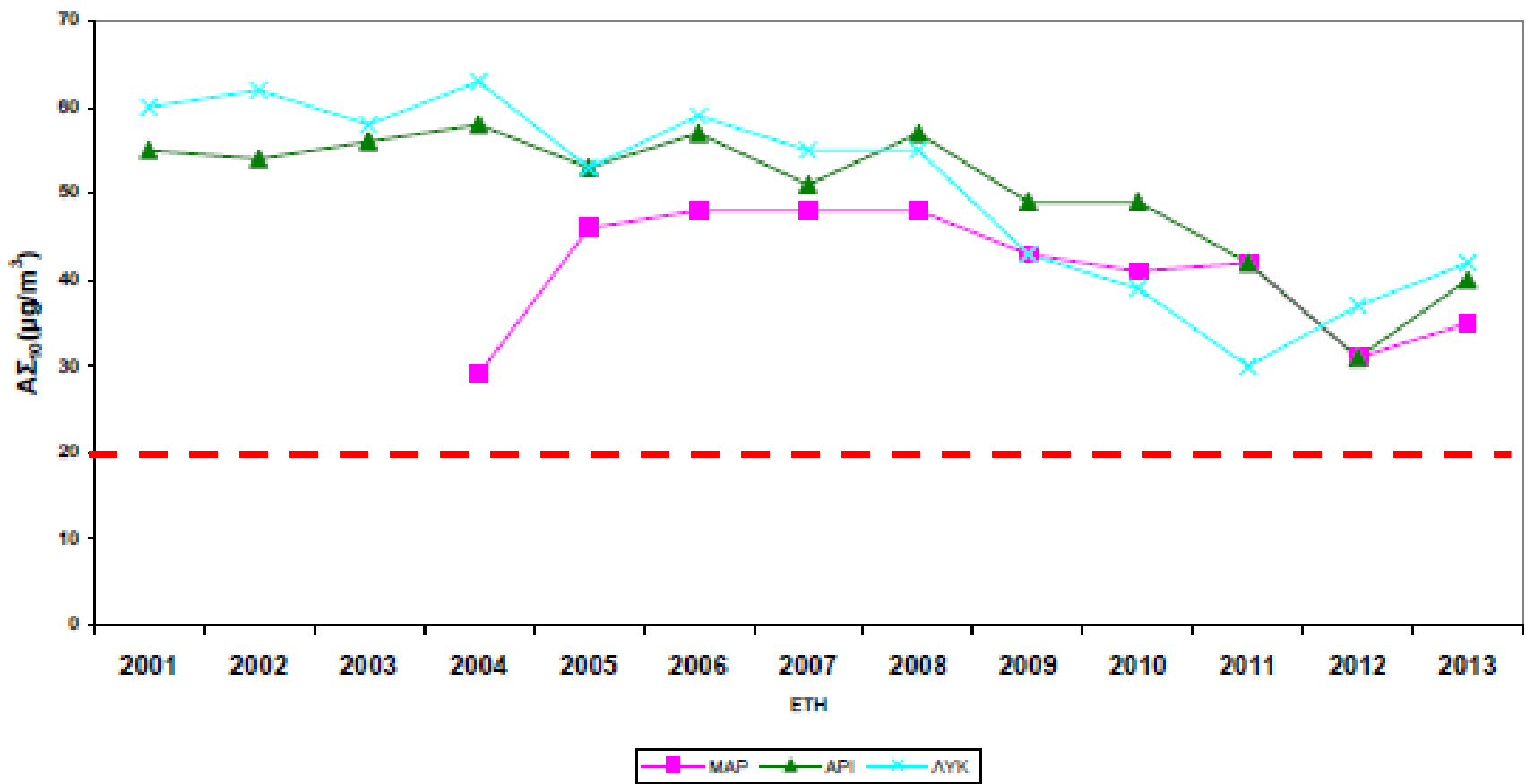


# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια

<b>ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM<sub>10</sub>)</b>			
<b>2<sup>ο</sup> ΣΤΑΔΙΟ</b>			
<b>Περίοδος αναφοράς</b>	<b>Οριακή τιμή</b>	<b>Περιθώριο ανοχής</b>	<b>Προθεσμία συμμόρφωσης ως προς την οριακή τιμή</b>
24ωρη οριακή τιμή	50 μg/m <sup>3</sup> των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 7 φορές ανά ημερολογιακό έτος	Θα υπολογιστεί βάσει δεδομένων και θα είναι ισοδύναμο με την οριακή τιμή του Σταδίου 1	1/1/2010
Ετήσια οριακή τιμή	20 μg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	10 μg/m <sup>3</sup> (50%) την 1/1/2005 και κατόπιν ανά 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε τελικά να φτάσει το 0% την 1/1/2010	1/1/2010

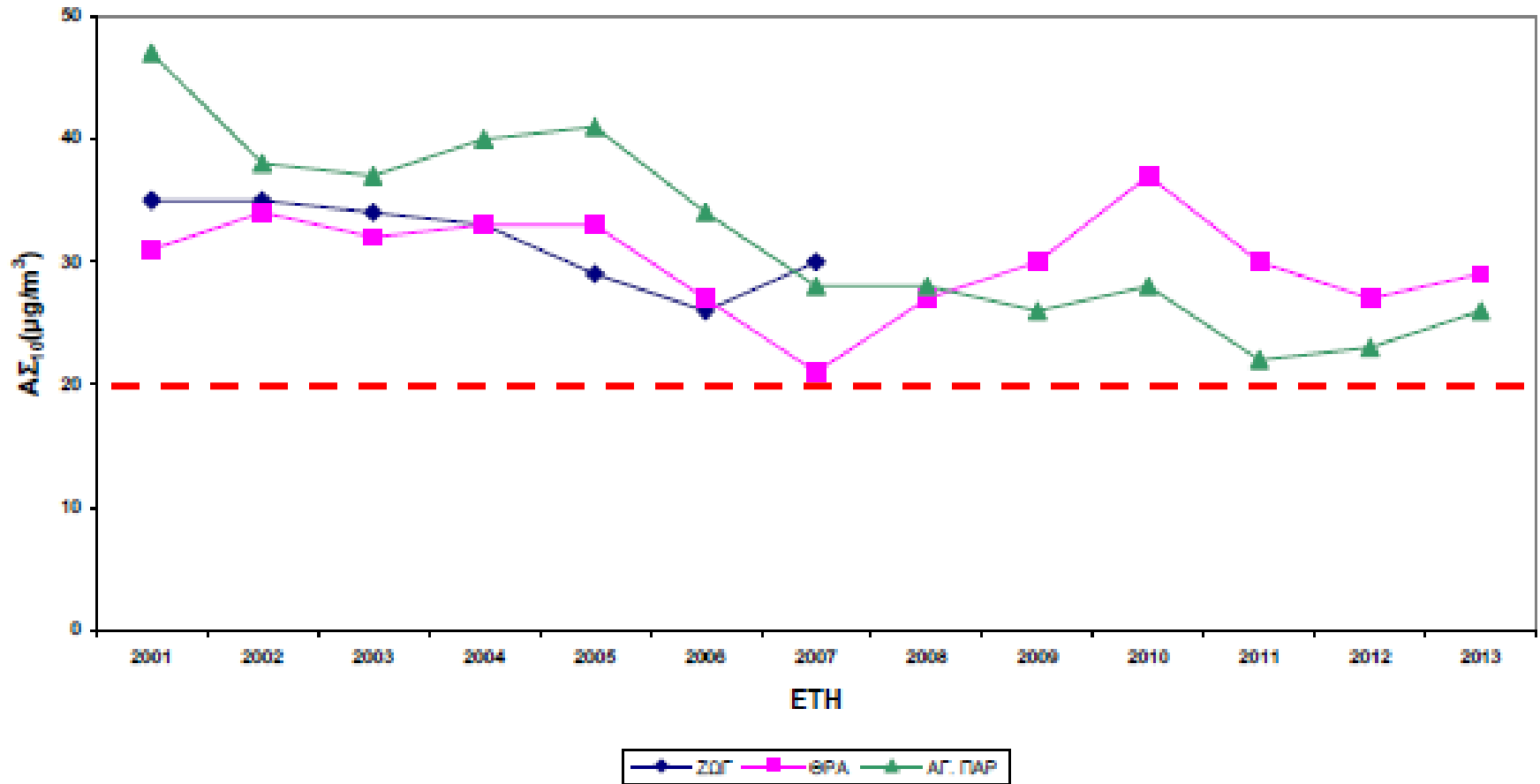
**Πίνακας 1.** Οριακές τιμές και προθεσμίες συμμόρφωσης ως προς τις οριακές τιμές για τα PM10 [11].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



Σχήμα 9. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM10 σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Περίοδος 2001-2013 [12].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



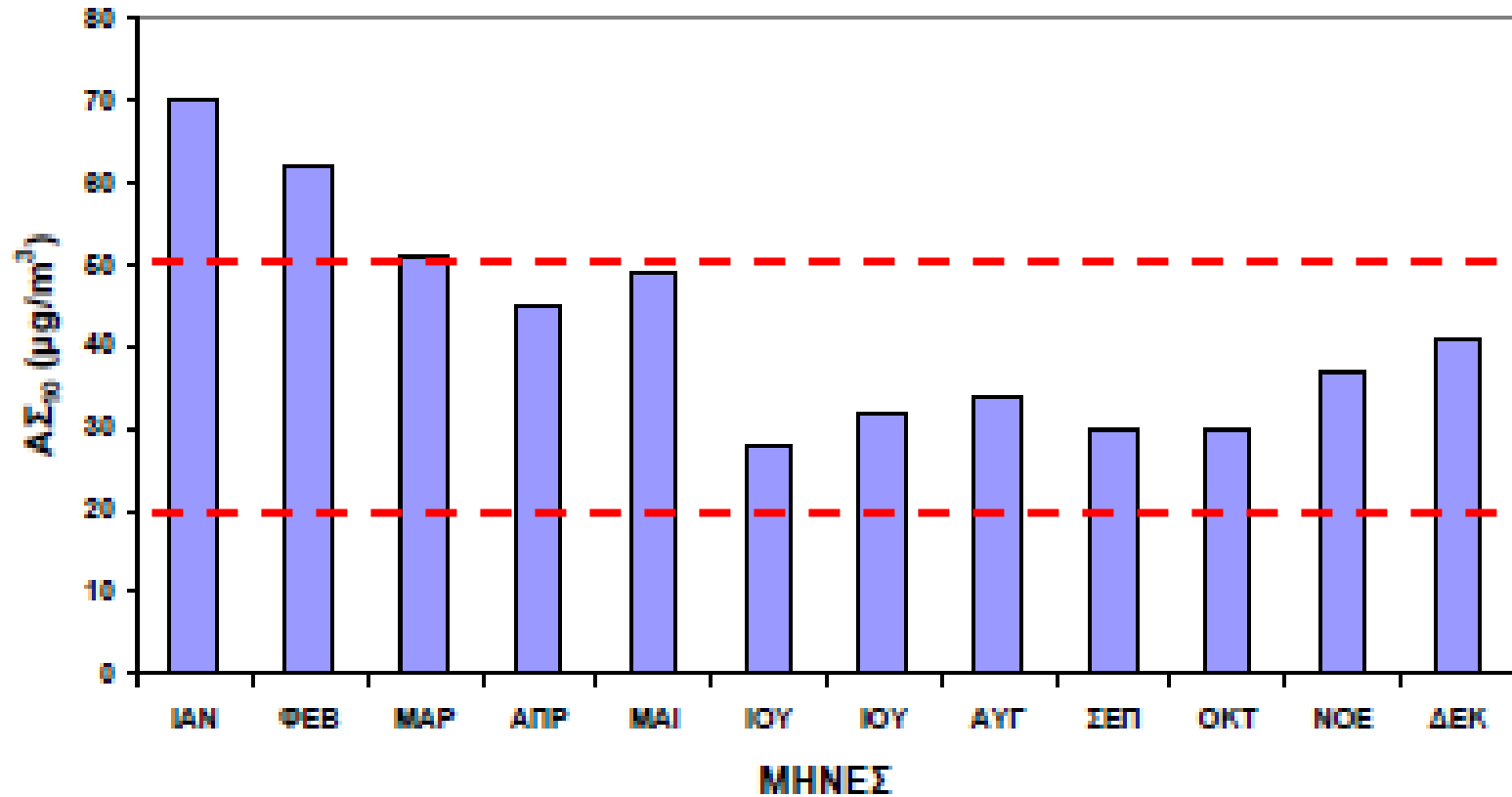
Σχήμα 10. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM<sub>10</sub> σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Περίοδος 2001-2013 [12].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



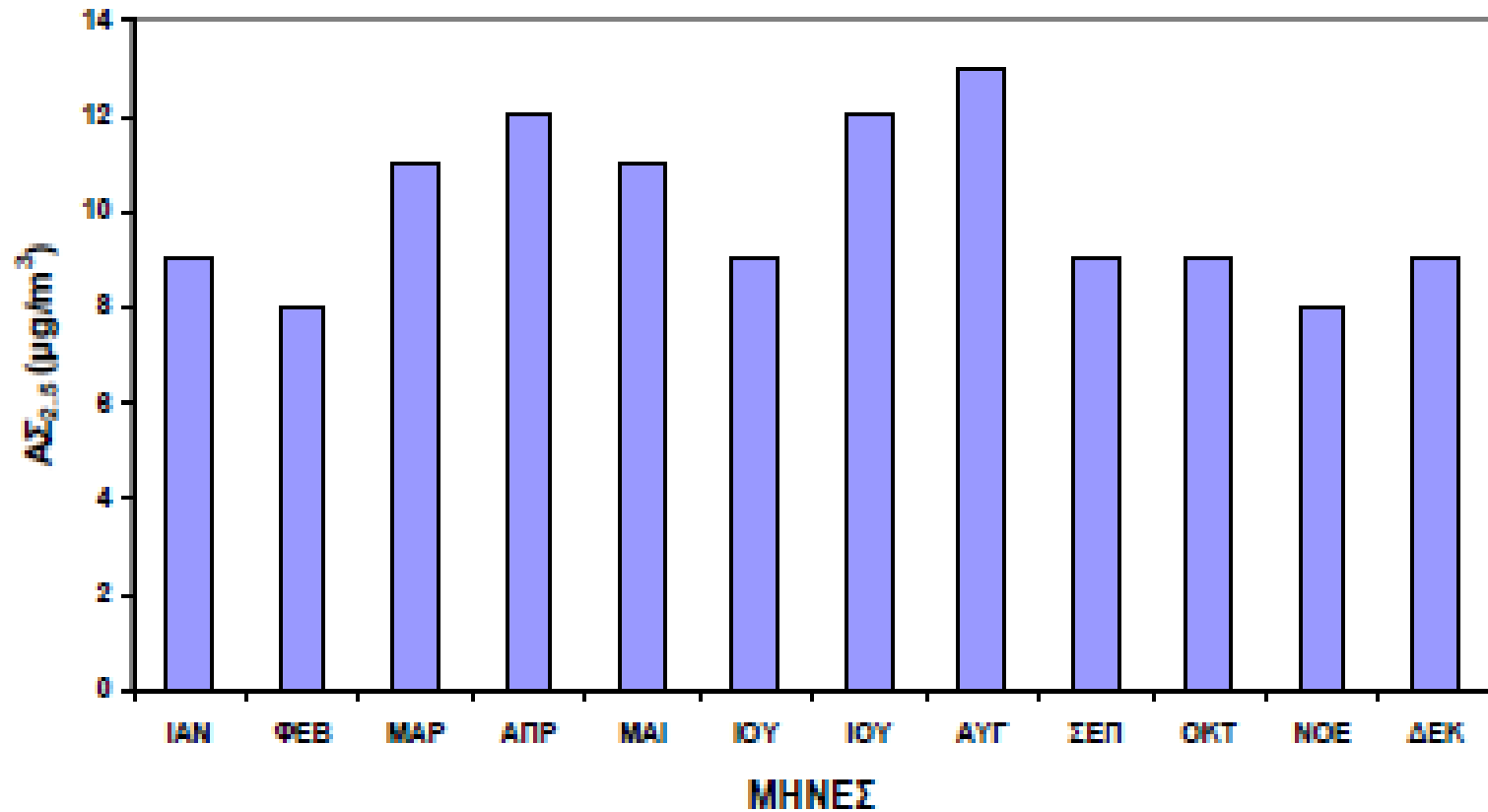
Σχήμα 11. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM<sub>2.5</sub> σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών. Περίοδος 2001-2013 [12].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



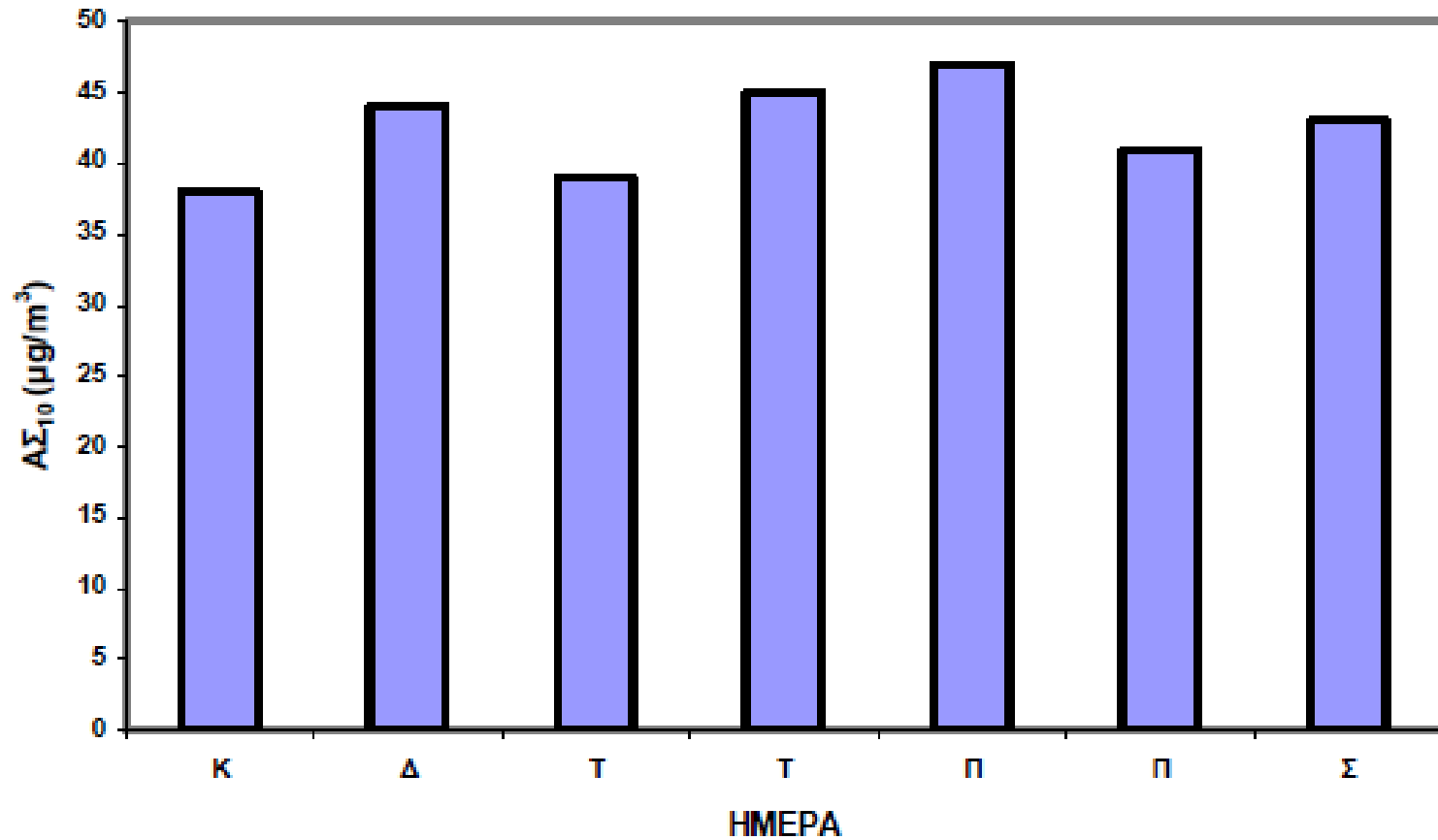
Σχήμα 12. Μέσες μηνιαίες τιμές συγκέντρωσης PM10 στο σταθμό Λυκόβρυση, Έτος 2013 [12].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



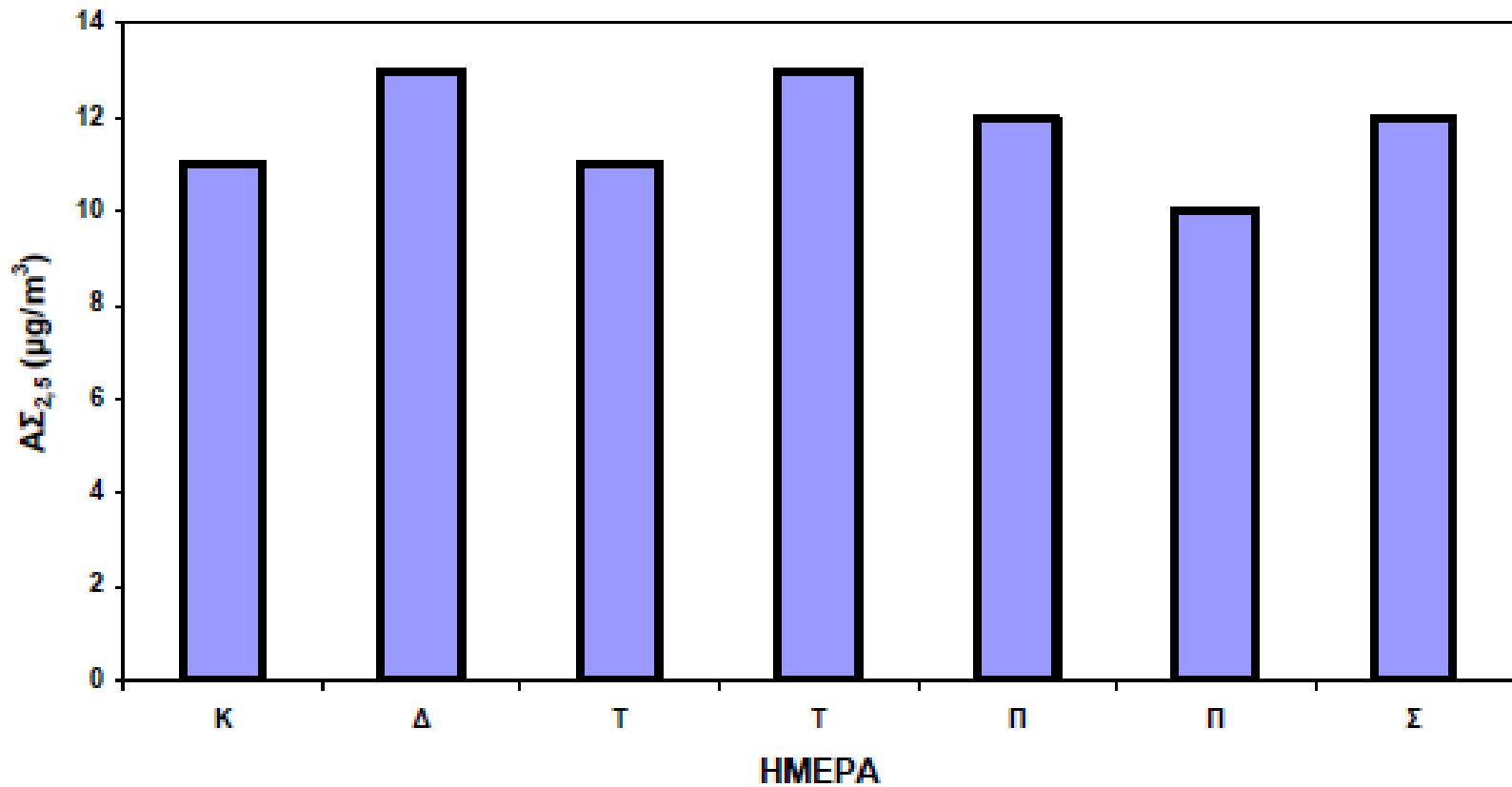
Σχήμα 13. Μέσες μηνιαίες τιμές συγκέντρωσης PM2.5 στο σταθμό Αγία Παρασκευή. Έτος 2013 [12].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



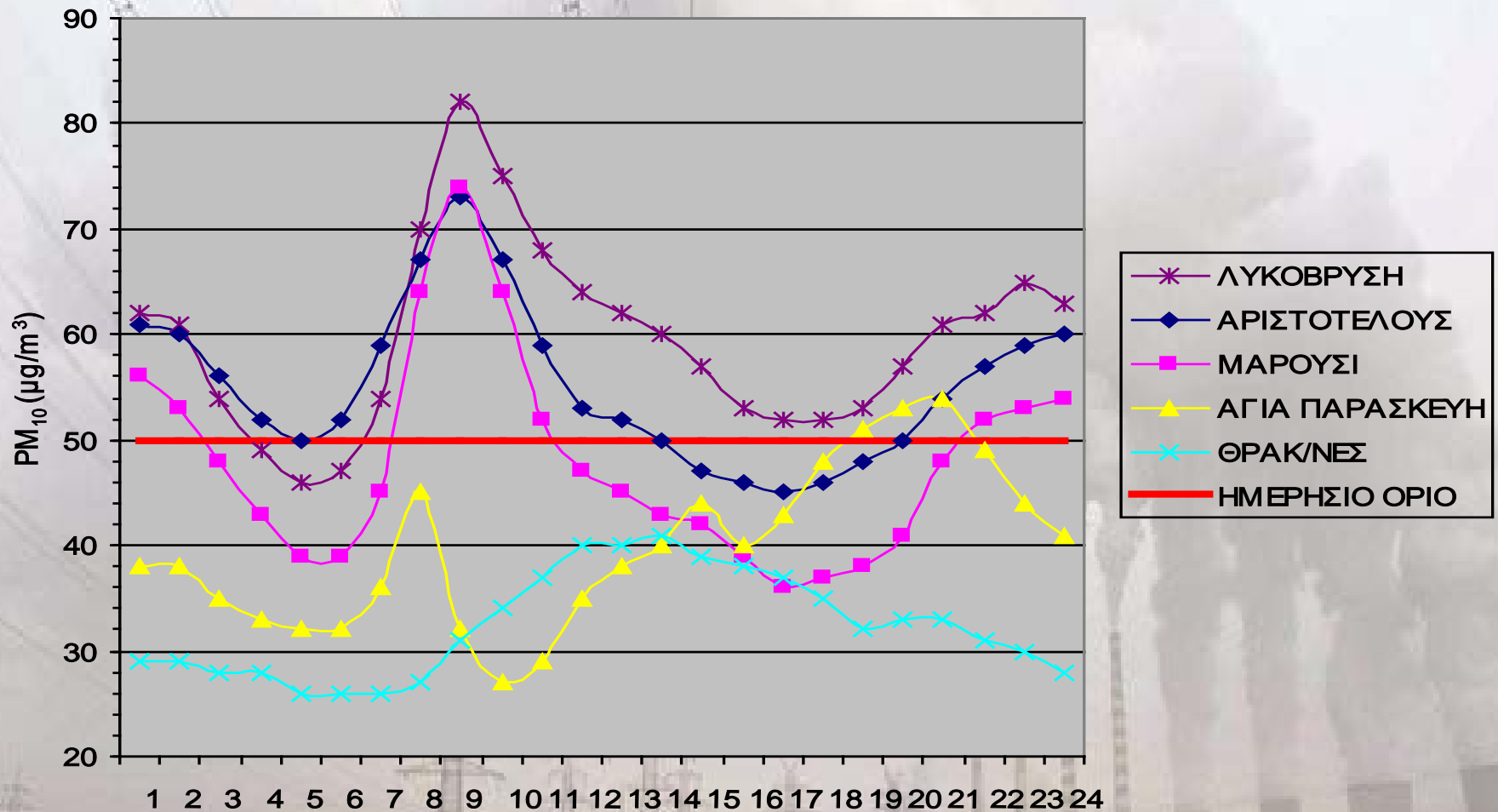
Σχήμα 14. Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης PM10 στο σταθμό Λυκόβρυση. Έτος 2013 [12]

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



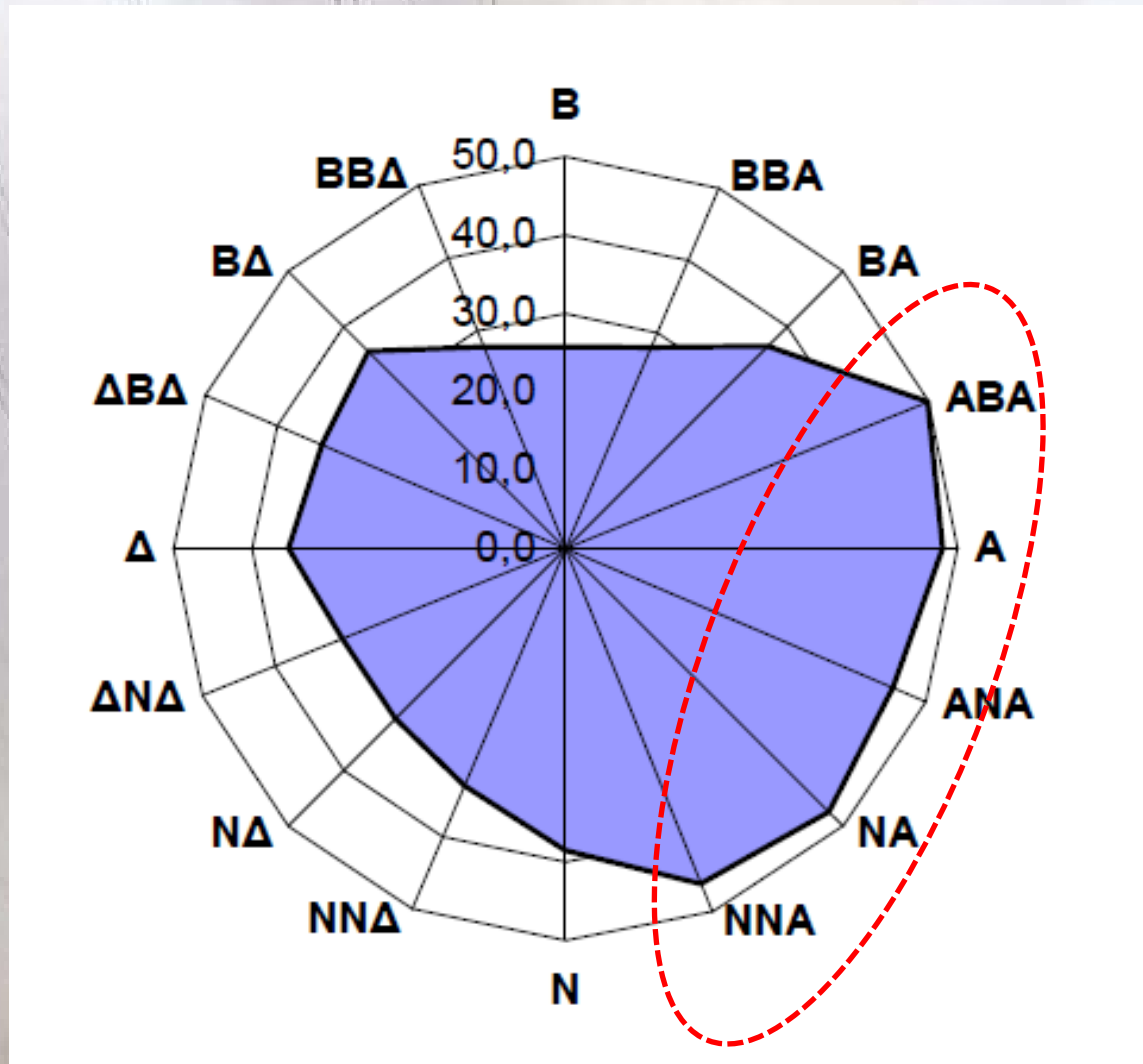
Σχήμα 15. Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης PM<sub>2.5</sub> στο σταθμό Λυκόβρυση. Έτος 2013 [12]

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



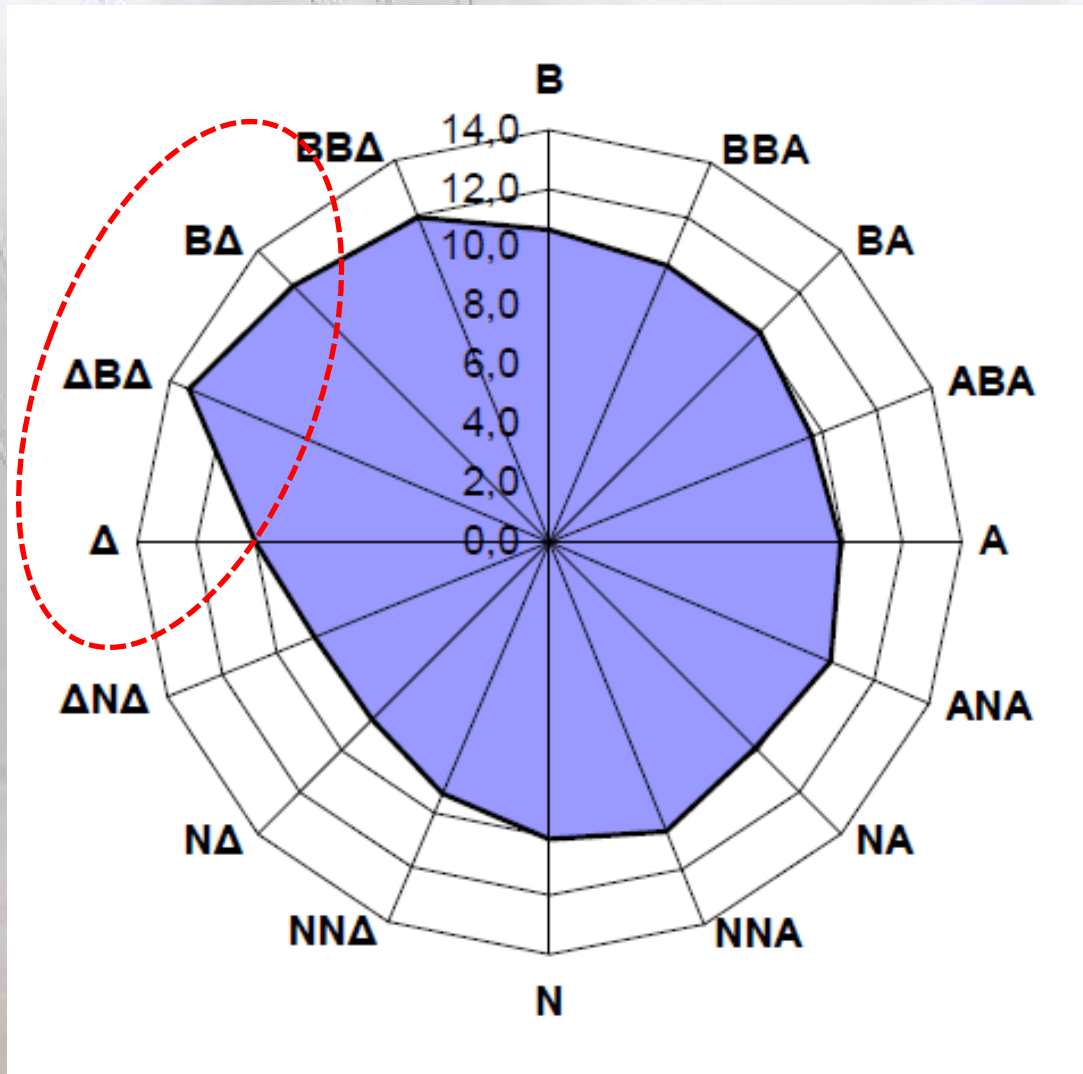
Σχήμα 16. Ενδοημερήσια μεταβολή (τυπικό 24ωρο) της συγκέντρωσης PM<sub>10</sub> σε διαφορετικές θέσεις εντός της ευρύτερης περιοχής Αθηνών. Περίοδος 2001-2005 [11].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



Σχήμα 17. Μέσες τιμές PM10 σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  για διαφορετικές διευθύνσεις του ανέμου στο σταθμό Μαρούσι. Έτος 2013 [12].

# Στερεά αιωρούμενα σωματίδια



Σχήμα 18. Μέσες τιμές PM2.5 σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  για διαφορετικές διευθύνσεις του ανέμου στο σταθμό Αγία Παρασκευή. Έτος 2013 [12].

# Βιβλιογραφία

- [1] Samet J. and Krewski D., 2007. Health Effects Associated with Exposure to Ambient Air Pollution. *Journal of Toxicology and Environment Health*, V (70), No (3-4), pp 227-242.
- [2] Dockery D.W., Pope C.A., Xiping Xu X., Spengler J.D, Ware J.H., Fay M.E., Ferris B.G., Speizer F.E., 1993. An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. *The New England Journal of Medicine*, V(329), No(24), pp. 1753-1759.
- [3] Τριανταφύλλου Α.Γ., 2004. Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα. Σύγχρονες τεχνικές μέτρησης. Κοζάνη 2004, ISBN: 960-90103-1-8 .
- [4] Particulate Matter. Διαθέσιμο στο: <http://www.ourair.org/sbc/particulate-matter/> (2015).
- [5] L. Fajersztajn, M. Veras, L.V. Barrozo & P. Saldiva, 2013. Air pollution: a potentially modifiable risk factor for lung cancer. *Nature Reviews Cancer* 13, 674–678 (2013) doi:10.1038/nrc3572.
- [6] PM10 36th highest daily value, 2010. European Environmental Agency. Διαθέσιμο στο: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/pm10-36th-highest-daily-value-2010> (2015).
- [7] PM 10 particulate matter on the European map on 14 March 2014, courtesy of PREV'AIR. PREV'AIR. Διαθέσιμο στο: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carte\\_PM10\\_Europe\\_20140314.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carte_PM10_Europe_20140314.JPG)
- [8] Atlanta 1996 Olympic air quality. Διαθέσιμο στο: <http://www.livefrombeijing.com/category/atlanta/> (2015).
- [9] Archive for the 'Olympics' Category. Διαθέσιμο στο: <http://www.livefrombeijing.com/category/olympics/> (2015).
- [10] Yang Li , Quanliang Chen , Hujia Zhao, Lin Wang and Ran Tao, 2015. Variations in PM10, PM2.5 and PM1.0 in an Urban Area of the Sichuan Basin and Their Relation to Meteorological Factors. *Atmosphere*, 6(1), 150-163, doi:10.3390/atmos6010150
- [11] Μουστρής Κ., 2009. Πρόγνωση ποιότητας της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών μ τη χρήση νευρωνικών δικτύων. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
- [12] Ετήσια Έκθεση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, 2013. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Διαθέσιμο στο: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=kLVZNDNL86c%3d&tabid=490&language=el-GR>