

## Η ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

**Κ. Σαμαρά - Κωνσταντίνου**  
**Αναπληρώτρια Καθηγήτρια**  
**Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος, Τμήμα Χημείας Α.Π.Θ.**  
**541 24 Θεσσαλονίκη**  
**e-mail: [csamara@chem.auth.gr](mailto:csamara@chem.auth.gr)**

Στην εργασία αυτή γίνεται μία αναλυτική παρουσίαση των δεδομένων που αφορούν στη χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων της Θεσσαλονίκης.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται προέρχονται από το Ερευνητικό Πρόγραμμα «ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΗΓΩΝ, ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ», που υλοποιήθηκε με χρηματοδότηση του Οργανισμού Ρυθμιστικού Θεσσαλονίκης και της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας κατά την περίοδο 2006-07, καθώς και από άλλες ερευνητικές εργασίες.

Για πρώτη φορά, έγινε πλήρης χημική ανάλυση του κλάσματος των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων PM10 στη Θεσσαλονίκη, σε δύο θέσεις του πολεοδομικού συγκροτήματος, στο κέντρο (Πλ. Αγίας Σοφίας) και στη δυτική Θεσσαλονίκη (Ελευθέριο-Κορδελιό).

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι επικρατέστερα συστατικά των PM10 και στις δύο περιοχές είναι τα στοιχεία εδαφικής προέλευσης (Al, Mg, Si, K, Ca, Ti και Fe) που συνολικά αποτελούν ποσοστό 40% της μάζας των σωματιδίων στο ΕΚ και 29% στην ΑΣ.. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα των συστατικών αυτών στο Ελευθέριο-Κορδελιό αποδίδεται σε μεγαλύτερη .....αλλά και σε βιομηχανικές εκπομπές από την παραγωγή τσιμέντου και τις ασβεστοποιίες που λειτουργούν σε μικρή απόσταση.

Τα PM10 έχουν επίσης μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανική ύλη, κυρίως στην Πλ. Αγίας Σοφίας (23% έναντι 17% στο Ελευθέριο-Κορδελιό), υποδηλώνοντας ότι στο κέντρο υπάρχει μεγαλύτερη επιβάρυνση από πρωτογενείς εκπομπές με τα καυσαέρια των αυτοκινήτων και δευτερογενή οργανικά αεροζόλ που σχηματίζονται σε φωτοχημικές συνθήκες. Τα δευτερογενή ανόργανα αεροζόλ (θειικό και νιτρικό αμμώνιο) αποτελούν κι αυτά σημαντικό ποσοστό της μάζας των PM10, με συνεισφορά 14% στο Ελευθέριο-Κορδελιό και 22% στην Πλ. Αγίας Σοφίας το καλοκαίρι προφανώς λόγω φωτοχημικού σχηματισμού. Η συνεισφορά του στοιχειακού άνθρακα στη μάζα των PM10 είναι μέτρια και περίπου ίδια (~5%) στις δύο περιοχές. Τα θαλάσσια άλατα αποτελούν μικρό ποσοστό (~2%) της μάζας των PM10 και στις δύο περιοχές. Επίσης, βρέθηκαν χλωριούχα μη-θαλάσσια προέλευσης, κυρίως στο Ελευθέριο-Κορδελιό (με συμμετοχή 1%), που υποδεικνύουν σχετική επίδραση από βιομηχανικές δραστηριότητες (παραγωγή τσιμέντου, αποτέφρωση scrap). Τα βαρέα μέταλλα αποτελούν ~1% της μάζας των PM10 των δύο περιοχών. Τέλος, οι τοξικές οργανικές ενώσεις αποτελούν ποσοστό <0.5% της μάζας των PM10 στις δύο περιοχές, με ορισμένες κατηγορίες να υπερτερούν στο Ελευθέριο-Κορδελιό και άλλες στην Πλ. Αγίας Σοφίας.

Επίσης, για πρώτη φορά εξετάσθηκε η βιοδραστικότητα των αιωρούμενων σωματιδίων, συγκεκριμένα η ικανότητά τους να προκαλούν οξειδοαναγωγικό stress ή/και μεταλλάξεις στον εκτιθέμενο πληθυσμό. Η βιοδραστικότητα εξετάσθηκε στα σωματίδια του κέντρου σε σχέση με το μέγεθος και την περιεκτικότητά τους σε τοξικές οργανικές ενώσεις. Όπως διαπιστώθηκε, τα σωματίδια με διάμετρο <1 μm αποτελούν ποσοστό >50% της συνολικής μάζας της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στο κέντρο της

Θεσσαλονίκης, ενώ παράλληλα συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό (60-90%) των επικίνδυνων χημικών συστατικών. Τα σωματίδια αυτά εμφανίζουν και τη μεγαλύτερη μεταλλαξιγόνο και οξειδωτική δραστηριότητα. Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα μέτρα περιορισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια στη Θεσσαλονίκη πρέπει να στοχεύουν τις πηγές εκπομπής μικρών σωματιδίων (καύσεις), κυρίως, τα οποία είναι πιο επικίνδυνα λόγω μεγέθους και εμφανίζουν μεγαλύτερη βιοδραστηριότητα σαν αποτέλεσμα της χημικής τους σύστασης.



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

# Η ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Κ. Σαμαρά - Κωνσταντίνου  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια  
Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος  
Τμήμα Χημείας Α.Π.Θ.  
541 24 Θεσσαλονίκη  
e-mail: csamara@chem.auth.gr

# ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

- Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων της ατμόσφαιρας διαφέρει ανάλογα με τις πηγές εκπομπής τους και το είδος των διεργασιών και των μηχανισμών που οδηγούν στο σχηματισμό τους. Έτσι, η σκόνη εδάφους αποτελείται από οξειδία Si, Al και Ca, ενώ τα θαλάσσια αεροζόλ είναι υδατικά διαλύματα NaCl και  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , ενώ τα δευτερογενή αεροζόλ είναι κυρίως θειικά και νιτρικά άλατα.
- Γενικά, τα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας αποτελούνται από μία **ανόργανη φάση** (στερεό ανόργανο υλικό, υδατοδιαλυτά ανόργανα άλατα, στοιχειακό άνθρακα, κ.ά.) και μία **οργανική φάση** (οργανικό άνθρακα).
- Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων είναι διαφορετική για τα σωματίδια διαφορετικού μεγέθους. Έτσι, σε ρυπασμένες αστικές περιοχές, τα μικρά σωματίδια μπορεί να περιέχουν μέχρι και 40% άνθρακα, ενώ τα μεγάλα είναι, κυρίως, εδαφικής προέλευσης οξειδία Si, Al και Ca.

# ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Η διάμετρος των σωματιδίων καθορίζει τη χημική τους σύσταση, το χρόνο παραμονής τους στην ατμόσφαιρα, τη δυνατότητα μεταφοράς τους σε μεγάλες αποστάσεις και το βαθμό διείσδυσης στο αναπνευστικό σύστημα

- Ολικά αιωρούμενα σωματίδια ( $d < 50 \mu\text{m}$ , TSP)
- Εισπνεύσιμα σωματίδια ( $d < 10 \mu\text{m}$ , PM<sub>10</sub>)
- Αναπνεύσιμα σωματίδια (μικρά,  $d < 2.5 \mu\text{m}$ , PM<sub>2.5</sub>)
- Υπέρλεπτα σωματίδια ( $d < 1 \mu\text{m}$ )
- Νανοσωματίδια ( $d < 0.1 \mu\text{m}$ )



# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Άμεσες (βραχυχρόνιες) & Μακροχρόνιες  
Στην πραγματικότητα υπάρχει μια χρονική συνέχεια στις επιδράσεις,  
αλλά οι μηχανισμοί δεν έχουν γίνει ακόμα πλήρως κατανοητοί.

- Αναπνευστικές ( $PM_{10}$ )  
Πνευμονική δυσλειτουργία, φλεγμονή των αεραγωγών, άσθμα, βρογχίτιδα, εμφύσημα, καρκίνος του πνεύμονα
- Καρδιαγγειακές ( $PM_{2.5}$ )  
Καρδιακές προσβολές, αρρυθμίες, έμφραξη του μυοκαρδίου, θρόμβωση και αλλαγές στα αιματολογικά χαρακτηριστικά
- Πρόωρη Θνησιμότητα ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ )
  - ✓ Αύξηση της συγκέντρωσης των  $PM_{10}$  κατά  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  προκαλεί αύξηση της συχνότητας εμφάνισης πρόωρων θανάτων κατά 0.5-1.5% όταν η έκθεση είναι βραχυχρόνια και μέχρι 5% όταν η έκθεση είναι μακροχρόνια.
  - ✓ Για κάθε επιπλέον  $1 \mu\text{g } PM_{2.5}$  στον αέρα, ο αριθμός των πρόωρων θανάτων αυξάνεται κατά 0.6-1.6% το χρόνο.

Για τα  $PM_{2.5}$  δεν υπάρχει τιμή κατωφλίου, κάτω από την οποία δεν αναμένεται βλάβη στην υγεία σε κάποια ευαίσθητη ομάδα πληθυσμού

# ΟΡΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΡΜ10 (ΟΔΗΓΙΑ 1999/30/ΕΚ)

ΟΡΙΟ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ	ΠΕΡΙΘΩΡΙΑ ΑΝΟΧΗΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ
------	-------------------	-------------	------------------	------------------------

## ΦΑΣΗ 1

24ωρο	24 ώρες	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (επιτρεπτός αριθμός υπερβάσεων 35/έτος)	50% κατά την έναρξη ισχύος της Οδηγίας, μειούμενο από 1/1/2001 και κάθε 12 μήνες από κατά ίσο ετήσιο ποσοστό μέχρι να φθάσει το 0% την 1/1/2005	1/1/2005
Ετήσιο	Ημερολογιακό έτος	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20% κατά την έναρξη ισχύος της Οδηγίας, μειούμενο από 1/1/2001 και κάθε 12 μήνες από κατά ίσο ετήσιο ποσοστό μέχρι να φθάσει το 0% την 1/1/2005	1/1/2005

## ΦΑΣΗ 2

24ωρο	24 ώρες	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (επιτρεπτός αριθμός υπερβάσεων 7/έτος)	Θα προκύψει από την εφαρμογή του ορίου της φάσης I	1/1/2010
Ετήσιο	Ημερολογιακό έτος	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50% την 1/1/2005, μειούμενο κάθε 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό μέχρι να φθάσει το 0% την 1/1/2010	1/1/2010

# ΟΡΙΟ ΓΙΑ ΤΟ ΜΟΛΥΒΔΟ ΤΩΝ ΡΜ10 (Οδηγία 1999/30/ΕΚ)

	Περίοδος αναφοράς	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Προθεσμία συμμόρφωσης
Ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της υγείας <sup>α</sup>	Ημερολογιακό έτος	0,5 µg/m <sup>3</sup>	100% κατά την έναρξη ισχύος της παρούσας Οδηγίας μειούμενο από 1/1/2001 και κατόπιν κάθε 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε να φθάσει το 0% την 1/1/2010 στο άμεσο περιβάλλον συγκεκριμένων σημειακών πηγών οι οποίες κοινοποιούνται στην Επιτροπή	1/1/2005 ή 1/1/2010 στο άμεσο περιβάλλον συγκεκριμένων βιομηχανικών πηγών οι οποίες βρίσκονται σε θέσεις ρυπασμένες από δεκαετίες βιομηχανικής δραστηριότητας. Οι πηγές αυτές κοινοποιούνται στην Επιτροπή έως τις 16/6/2001. Στις περιπτώσεις αυτές <sup>δ</sup> η οριακή τιμή από 1/1/2005 είναι 1,0 µg/m <sup>3</sup>
Κατώτατο όριο εκτίμησης <sup>β</sup>	Ημερολογιακό έτος	0,25 µg/m <sup>3</sup>		
Ανώτατο όριο εκτίμησης <sup>γ</sup>	Ημερολογιακό έτος	0,35 µg/m <sup>3</sup>		

α Προκύπτει μόνον από μετρήσεις

β Το επίπεδο συγκεντρώσεων, κάτω από το οποίο μπορούν να εφαρμόζονται μόνο υπολογισμοί βάσει μοντέλων ή τεχνικές αντικειμενικής εκτίμησης

γ Το επίπεδο συγκεντρώσεων, κάτω από το οποίο μπορούν να εφαρμόζονται συνδυασμένα μετρήσεις και υπολογισμοί βάσει μοντέλων

δ Η περιοχή που ισχύουν υψηλότερες οριακές τιμές δεν πρέπει να εκτείνεται άνω των 1000 µ από τις εν λόγω συγκεκριμένες πηγές



# ΟΡΙΑ ΓΙΑ ΓΕΝΟΤΟΞΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ $PM_{10}$ (Οδηγία 2004/107/ΕΚ)

	Περίοδος αναφοράς	Τιμή - στόχος για την προστασία της υγείας <sup>α</sup>	Κατώτατο όριο εκτίμησης <sup>β</sup>	Ανώτατο όριο εκτίμησης <sup>γ</sup>	Ισχύς εφαρμογής
As	Ημερολογιακό έτος	6 ng/m <sup>3</sup>	2.4 ng/m <sup>3</sup>	3.6 ng/m <sup>3</sup>	31/12/2012
Cd	Ημερολογιακό έτος	5 ng/m <sup>3</sup>	2 ng/m <sup>3</sup>	3 ng/m <sup>3</sup>	31/12/2012
Ni	Ημερολογιακό έτος	20 ng/m <sup>3</sup>	10 ng/m <sup>3</sup>	14 ng/m <sup>3</sup>	31/12/2012
B[a]P	Ημερολογιακό έτος	1 ng/m <sup>3</sup>	0.4 ng/m <sup>3</sup>	0.6 ng/m <sup>3</sup>	31/12/2012

α Προκύπτει μόνον από μετρήσεις

β Το επίπεδο συγκεντρώσεων, κάτω από το οποίο μπορούν να εφαρμόζονται μόνον υπολογισμοί βάσει μοντέλων ή τεχνικές αντικειμενικής εκτίμησης

γ Το επίπεδο συγκεντρώσεων, κάτω από το οποίο μπορούν να εφαρμόζονται συνδυασμένα μετρήσεις και υπολογισμοί βάσει μοντέλων

# ΟΔΗΓΙΑ 2008/50/ΕΚ

«ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΟΤΕΡΟ ΑΕΡΑ ΓΙΑ ΤΗ ΕΥΡΩΠΗ» (21/05/08)

Αντικαθιστά τις παρακάτω πράξεις:

1. Οδηγία 96/62/ΕΚ για την εκτίμηση και τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος
2. Οδηγία 1999/30/ΕΚ σχετικά με τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου στον αέρα του περιβάλλοντος
3. Οδηγία 2000/69/ΕΚ σχετικά με τις οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος
4. Οδηγία 2002/3/ΕΚ σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα
5. Απόφαση 97/101/ΕΚ για τη καθιέρωση διαδικασίας για την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων που προέρχονται από τα δίκτυα και τους μεμονωμένους σταθμούς μέτρησης της ρύπανσης του αέρα του περιβάλλοντος στα κράτη μέλη

Η Οδηγία 2004/107/ΕΚ, σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα, μπορεί να ενσωματωθεί στην 2008/50/ΕΚ αφ' ης στιγμής συγκεντρωθεί η απαραίτητη πείρα ως προς την εφαρμογή της.

# ΟΔΗΓΙΑ 2008/50/ΕΚ

## ΤΙΜΗ-ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΤΑ **PM2.5**

### ΤΙΜΗ-ΣΤΟΧΟΣ

Περίοδος μέσου όρου	Τιμή-στόχος	Ημερομηνία κατά την οποία πρέπει να έχει επιτευχθεί
Ημερολογιακό έτος	<b>25</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1η Ιανουαρίου 2010

### ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ

Περίοδος μέσου όρου	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Ημερομηνία κατά την οποία πρέπει να έχει επιτευχθεί
<b>ΣΤΑΔΙΟ 1</b>			
Ημερολογιακό έτος	<b>25</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20% στις 11 Ιουνίου 2008, μειούμενο έως την 1η του επόμενου Ιανουαρίου εν συνεχεία ανά εφεξής 12μηνο κατά ίσα ετήσια ποσοστά ώστε να καταλήξει σε 0% έως την 1η Ιανουαρίου 2015	1η Ιανουαρίου 2015
<b>ΣΤΑΔΙΟ 2<sup>α</sup></b>			
Ημερολογιακό έτος	<b>20</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$		1η Ιανουαρίου 2020

<sup>α</sup> Ενδεικτική τιμή που θα επανεξετασθεί το 1013 υπό το φως περαιτέρω πληροφοριών σχετικά με τις επιδράσεις στην υγεία και το περιβάλλον, του τεχνικώς εφικτού και της εμπειρίας από την τιμή-στόχο στα κράτη μέλη.

# ΟΔΗΓΙΑ 2008/50/ΕΚ

## ΕΘΝΙΚΟΣ ΣΤΟΧΟΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ **PM2.5**

- Ο εθνικός στόχος μείωσης της έκθεσης μέχρι το 2020 κυμαίνεται από 0%-20% αν ο ΔΜΕ το 2010 είναι  $<22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ή είναι ίσος με  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  αν ο ΔΜΕ το 2010 είναι  $<22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Καθιερώνεται ο **Δείκτης Μέσης Έκθεσης (ΔΜΕ)**. Ο ΔΜΕ για το έτος αναφοράς 2010 είναι ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων που μετρούνται σε αστικές, μη-εκτεθειμένες, τοποθεσίες κατά τα έτη 2008, 2009 & 2010
- Η υποχρέωση όσον αφορά τη συγκέντρωση της έκθεσης είναι  **$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$**  και πρέπει να επιτευχθεί μέχρι το 2015.

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΜΕΘΟΡΙΑΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ **PM2.5**

- Σε αγροτικές, μη-εκτεθειμένες περιοχές, οι μετρήσεις των **PM2.5** πρέπει να περιλαμβάνουν, εκτός από τη συνολική κατά μάζα συγκέντρωση, και τις συγκεντρώσεις των χημικών συστατικών:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , EC, OC

# ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΗΓΩΝ, ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

## *ΜΕΡΟΣ I*

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΠΗΓΩΝ  
ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΕΙΣΠΝΕΥΣΙΜΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM10

## *ΜΕΡΟΣ II*

ΜΕΤΡΗΣΗ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΜΕΣΩ ΕΥΕΛΙΚΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

### ΦΟΡΕΙΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΕΚΕΤΑ/ΙΤΧΗΔ  
ΕΤΕΣΑ

### ΦΟΡΕΙΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ  
ΣΧΕΔΙΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

# ΘΕΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ



## ΘΕΣΕΙΣ - ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ

Ελευθέριο -  
Κορδελιό (ΕΚ)

Πλατεία Αγίας  
Σοφίας (ΑΣ)

Σταθμός αστικός -  
βιομηχανικός

Σταθμός αστικός-  
κυκλοφορίας

N=84

N=92

Χειμερινή περίοδος

15/12/06-31/3/07

Θερινή περίοδος

11/6/07-5/10/07

# ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ PM10



Δειγματολήπτης αιωρούμενων  
σωματιδίων PM10

- Η δειγματοληψία των PM10 πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πρότυπο ISO/IEC EN-12341 με δειγματολήπτες αέρα μικρού όγκου LVS (Ingenieur Derenda, Berlin) με κεφαλές συλλογής PM10 και παροχή 2,3 m<sup>3</sup>/h.
- Η συλλογή των PM10 έγινε σε προζυγισμένα φίλτρα Teflon (Zefluor, Pall 2μm).
- Κάθε δειγματοληψία είχε διάρκεια 24 ώρες.

## ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ PM10

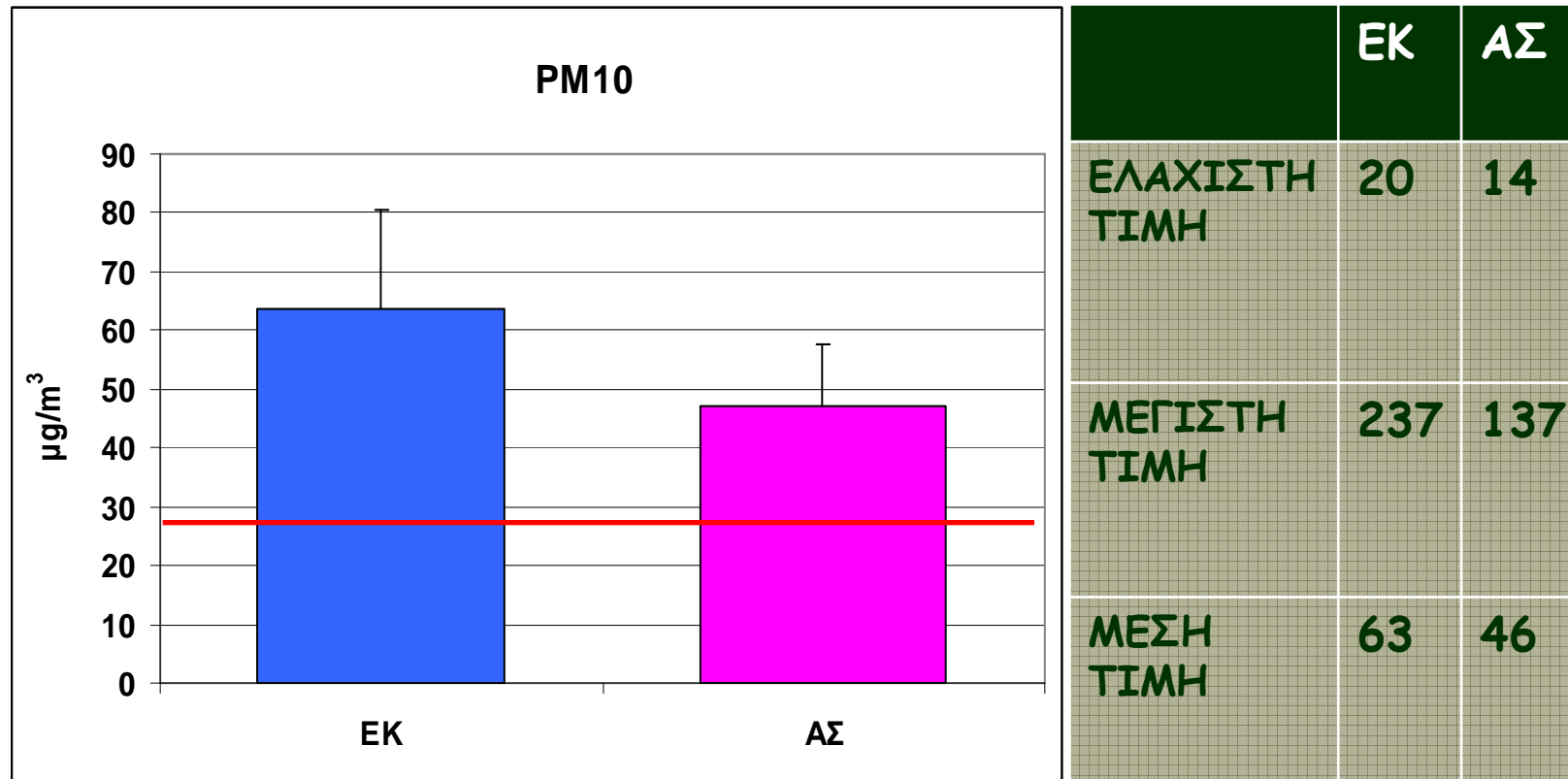
- Η ατμοσφαιρική συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων PM10 προσδιορίσθηκε σταθμικά με ζύγιση των φίλτρων πριν και μετά τη δειγματοληψία σύμφωνα με το πρότυπο ISO/IEC EN-12341.
- Οι ζυγίσεις έγιναν σε ηλεκτρονικό αναλυτικό ζυγό ακρίβειας  $\pm 0,1$  mg, μετά από εξισορρόπηση των φίλτρων για 48 ώρες σε συνθήκες θερμοκρασίας  $20 \pm 1$  °C και σχετικής υγρασίας  $50 \pm 5\%$ .



# ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΡΜ10

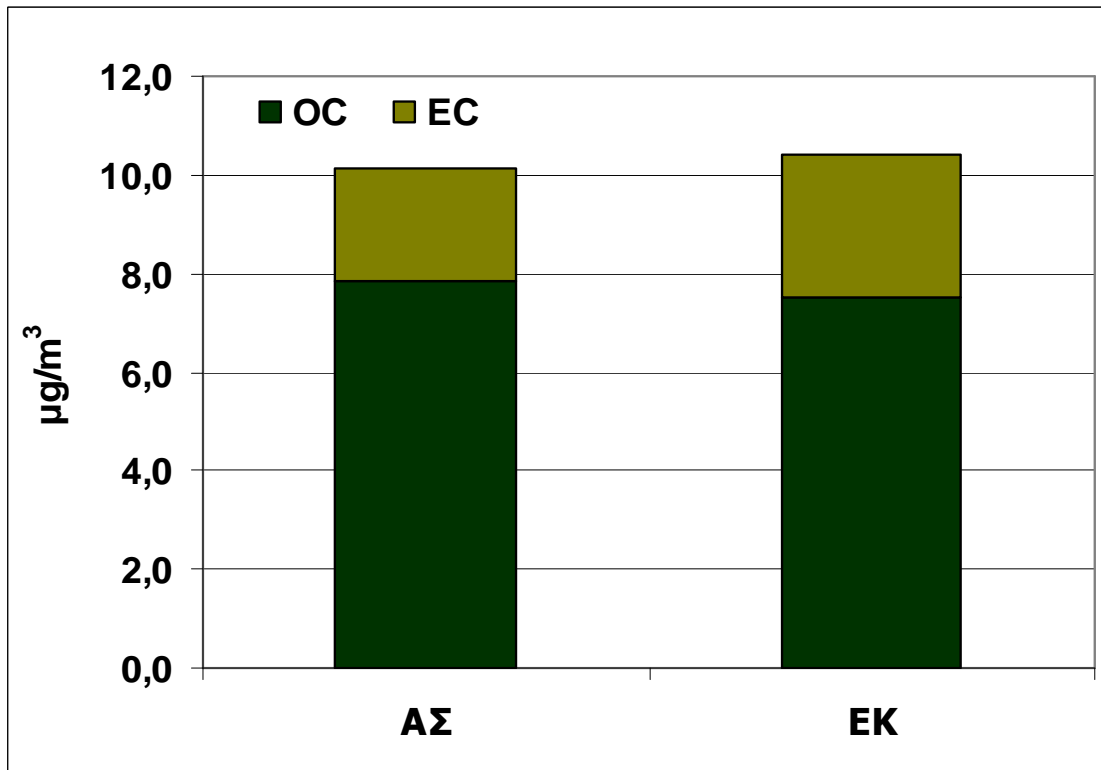
Ιοντικά συστατικά	Μέθοδος	Ιχνοστοιχεία	Μέθοδος
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Θειικά (<math>SO_4^{2-}</math>)</li> <li>• Νιτρικά (<math>NO_3^-</math>)</li> <li>• Αμμωνιακά (<math>NH_4^+</math>)</li> <li>• Νάτριο (<math>Na^+</math>)</li> <li>• Κάλιο (<math>K^+</math>)</li> <li>• Χλώριο (<math>Cl^-</math>)</li> </ul>	Ιοντική χρωματογραφία	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μαγνήσιο (Mg)</li> <li>• Αργίλιο (Al)</li> <li>• Πυρίτιο (Si)</li> <li>• Φώσφορος (P)</li> <li>• Θείο (S)</li> <li>• Χλώριο (Cl)</li> <li>• Κάλιο (K)</li> <li>• Ασβέστιο (Ca)</li> <li>• Τιτάνιο (Ti)</li> <li>• Βανάδιο (V)</li> <li>• Χρώμιο (Cr)</li> <li>• Μαγγάνιο (Mn)</li> <li>• Σίδηρος (Fe)</li> <li>• Κοβάλτιο (Co)</li> <li>• Νικέλιο (Ni)</li> <li>• Χαλκός (Cu)</li> <li>• Ψευδάργυρος (Zn)</li> <li>• Αρσενικό (As)</li> <li>• Σελήνιο (Se)</li> <li>• Βρώμιο (Br)</li> <li>• Στρόντιο (Sr)</li> <li>• Κασσίτερος (Sn)</li> <li>• Τελλούριο (Te)</li> <li>• Βάριο (Ba)</li> <li>• Μόλυβδος (Pb)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φασματοσκοπία</li> <li>• Φθορισμού</li> <li>• ακτίνων-Χ (ED XRF)</li> </ul>
Σωματιδιακός άνθρακας	Μέθοδος		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Οργανικός άνθρακας (OC)</li> <li>• Στοιχειακός άνθρακας (EC)</li> </ul>	Θερμική οξείδωση-οπτική διαπερατότητα (TOT)		
Τοξικές Οργανικές Ενώσεις	Μέθοδος		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PAHs</li> <li>• PCBs</li> <li>• OCPs</li> <li>• EDCs</li> </ul>	GC/MS		

# ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ PM10



- Οι συγκεντρώσεις των PM10 ήταν σημαντικά υψηλότερες στο ΕΚ ( $P < 0,001$ )
- Τόσο στο ΕΚ, όσο και στην ΑΣ, οι μέση ετήσια συγκέντρωση των PM10 υπερβαίνει την αντίστοιχη οριακή τιμή

# ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ OC & EC

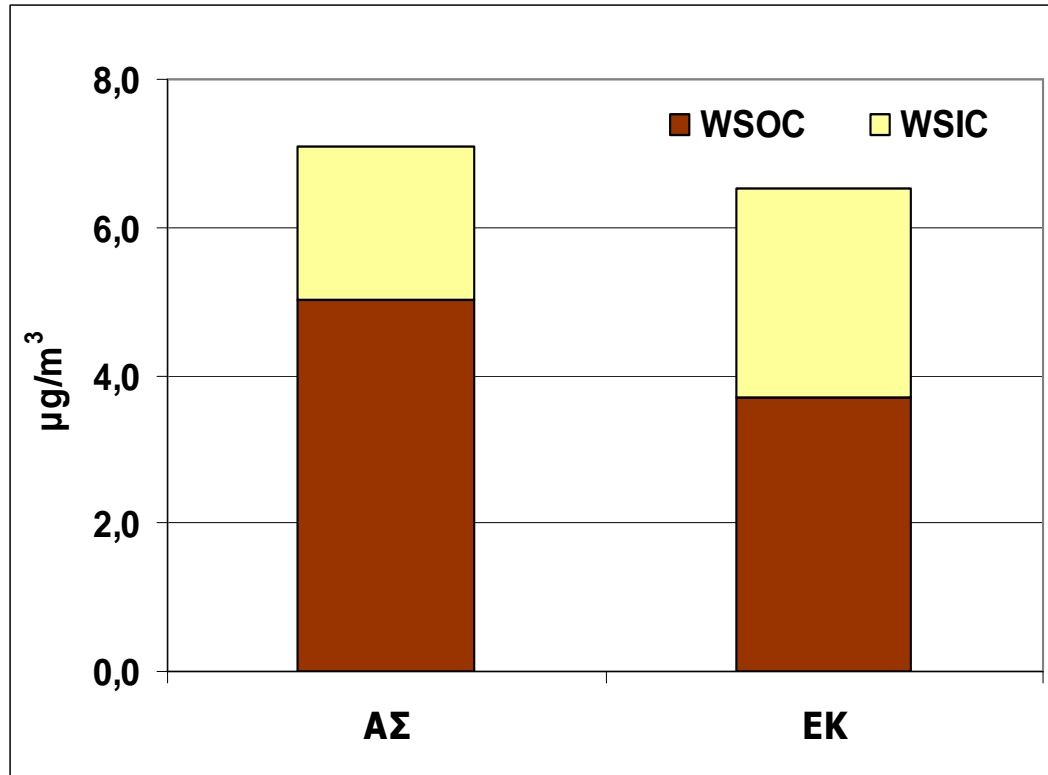


	ΕΚ (μg/m³)	ΑΣ (μg/m³)
OC	7,9	7,9
EC	3,0	2,3
OC/EC	2,5	3,3

Σχηματισμός  
δευτερογενών  
σωματιδίων

- Οι συγκεντρώσεις του OC δεν παρουσίασαν χωρική διαφορά
- Οι συγκεντρώσεις του EC ήταν σημαντικά υψηλότερες στο ΕΚ

# ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ WSOC & WSIC

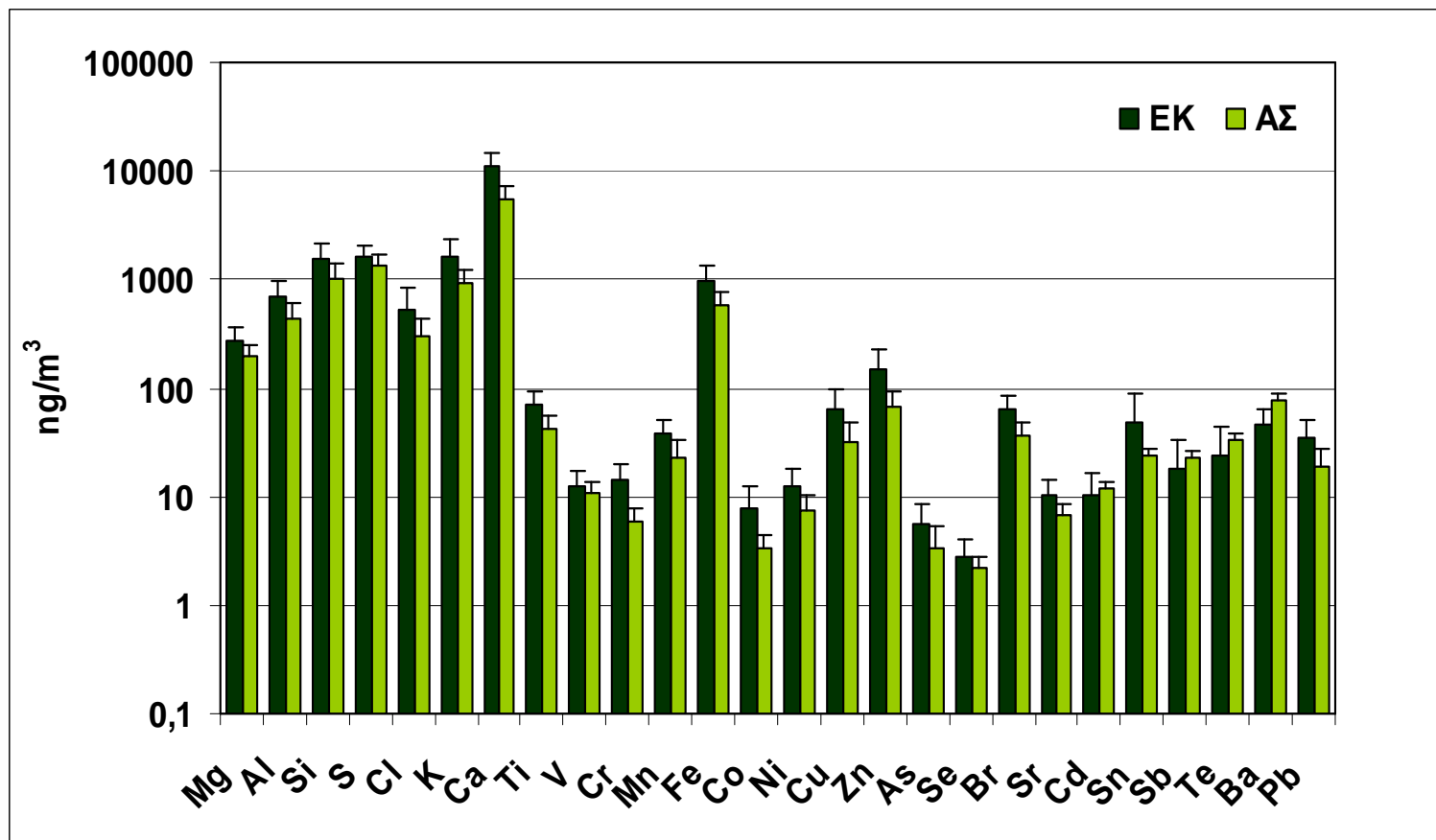


	ΕΚ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ΑΣ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
WSOC	3,4	10,2
WSIC	3,4	5,0
WSOC/OC	0,45	0,57

Εντονότερες φωτοχημικές  
συνθήκες

- Οι συγκεντρώσεις του WSOC ήταν σημαντικά υψηλότερες στην ΑΣ
- Οι συγκεντρώσεις του WSIC ήταν σημαντικά υψηλότερες στο ΕΚ

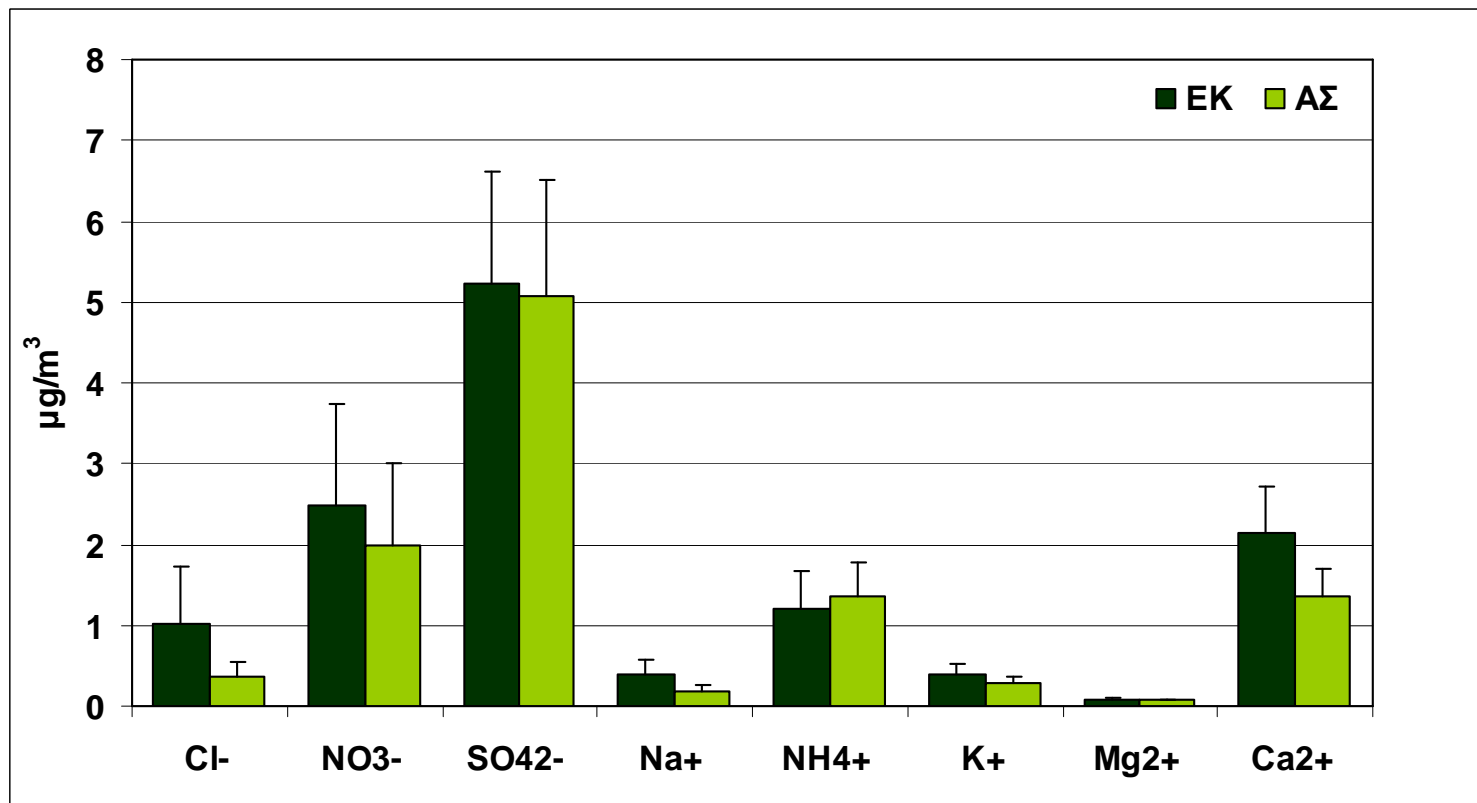
# ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΚΡΟ & ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



Οι συγκεντρώσεις των περισσότερων στοιχείων είναι σημαντικά υψηλότερες στο EK

Mg	EK>ΑΣ
Al	EK>ΑΣ
Si	EK>ΑΣ
Cl	EK>ΑΣ
K	EK>ΑΣ
Ca	EK>ΑΣ
Ti	EK>ΑΣ
Cr	EK>ΑΣ
Mn	EK>ΑΣ
Fe	EK>ΑΣ
Co	EK>ΑΣ
Ni	EK>ΑΣ
Cu	EK>ΑΣ
Zn	EK>ΑΣ
As	EK>ΑΣ
Br	EK>ΑΣ
Sr	EK>ΑΣ
Cd	ΑΣ>EK
Sn	ΑΣ>EK
Sb	ΑΣ>EK
Te	ΑΣ>EK
Ba	ΑΣ>EK
Pb	EK>ΑΣ

# ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΙΟΝΤΩΝ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-
Cl <sup>-</sup>	EK > AS
Na <sup>+</sup>	EK > AS
K <sup>+</sup>	EK > AS
Ca <sup>2+</sup>	EK > AS

- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> και NH<sub>4</sub><sup>+</sup> δεν παρουσιάζουν χωρικές διαφορές
- Οι συγκεντρώσεις των υπολοίπων ιόντων είναι σημαντικά υψηλότερες στο EK

# ΕΠΟΧΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ

	ΕΚ	ΑΣ
PM10	-	-

Οι συγκεντρώσεις των PM10 δεν παρουσιάζουν εποχικότητα

Αρκετά συστατικά των PM10 παρουσιάζουν εποχικότητα

	ΕΚ	ΑΣ
OC	$\Psi > \Theta$	-
EC	-	$\Theta > \Psi$
WSOC	$\Theta > \Psi$	-
WSIC	-	$\Theta > \Psi$

	ΕΚ	ΑΣ
$SO_4^{2-}$	$\Theta > \Psi$	$\Theta > \Psi$
$NO_3^-$	$\Psi > \Theta$	$\Psi > \Theta$
$Cl^-$	$\Psi > \Theta$	$\Psi > \Theta$
$Na^+$	-	$\Theta > \Psi$
$K^+$	$\Theta > \Psi$	$\Theta > \Psi$
$Ca^{2+}$	-	$\Psi > \Theta$
$Mg^{2+}$	-	$\Theta > \Psi$

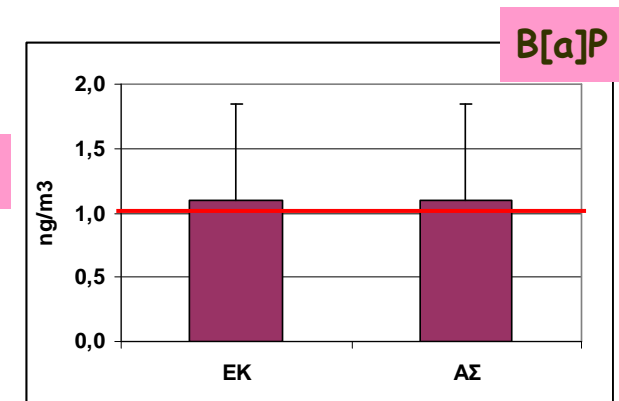
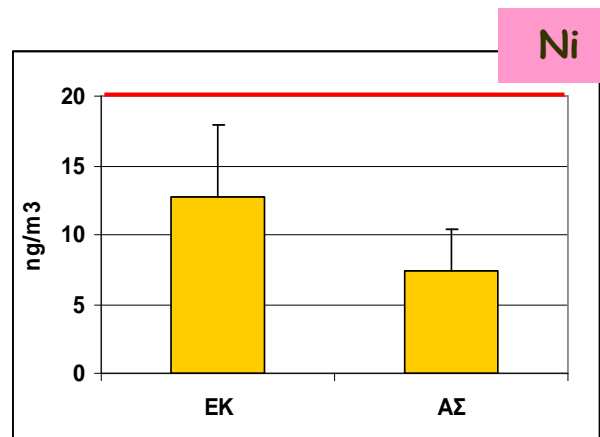
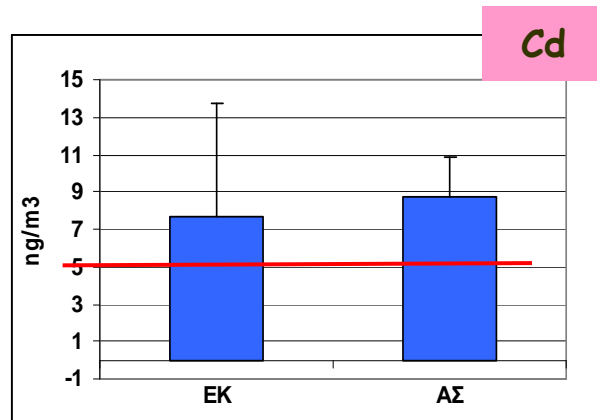
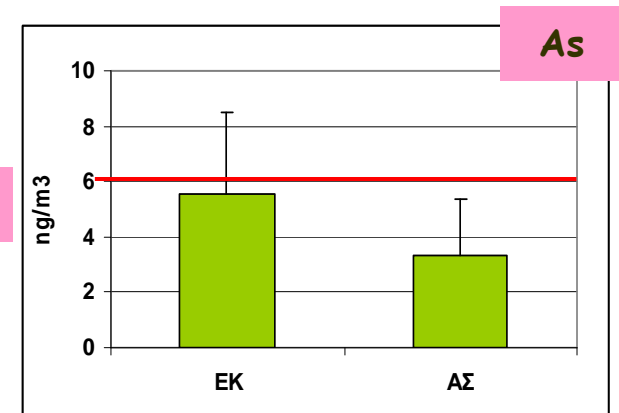
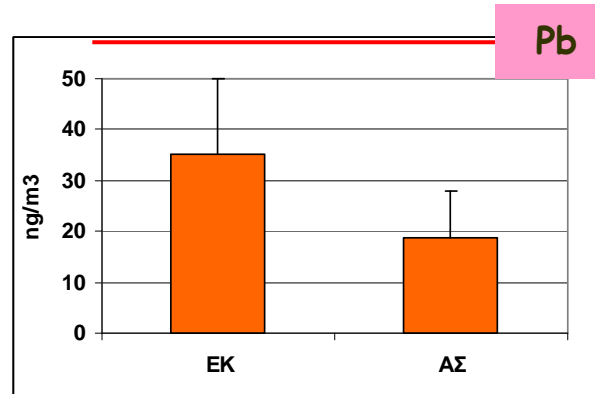
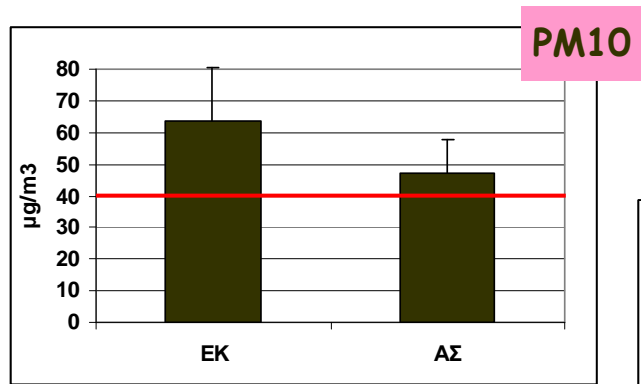
# ΕΠΟΧΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΑΚΡΟ- & ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα περισσότερα στοιχεία παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις το χειμώνα

	ΕΚ	ΑΣ
Cl	$\Psi > \Theta$	$\Psi > \Theta$
K	$\Psi > \Theta$	-
Ca	$\Psi > \Theta$	-
Cu	$\Psi > \Theta$	$\Psi > \Theta$
Zn		
As	$\Psi > \Theta$	-
Sr	$\Psi > \Theta$	-
Cd	$\Psi > \Theta$	$\Psi > \Theta$
Sn	$\Psi > \Theta$	-
Sb	-	$\Theta > \Psi$
Te	$\Psi > \Theta$	$\Psi > \Theta$
Ba	$\Psi > \Theta$	$\Psi > \Theta$

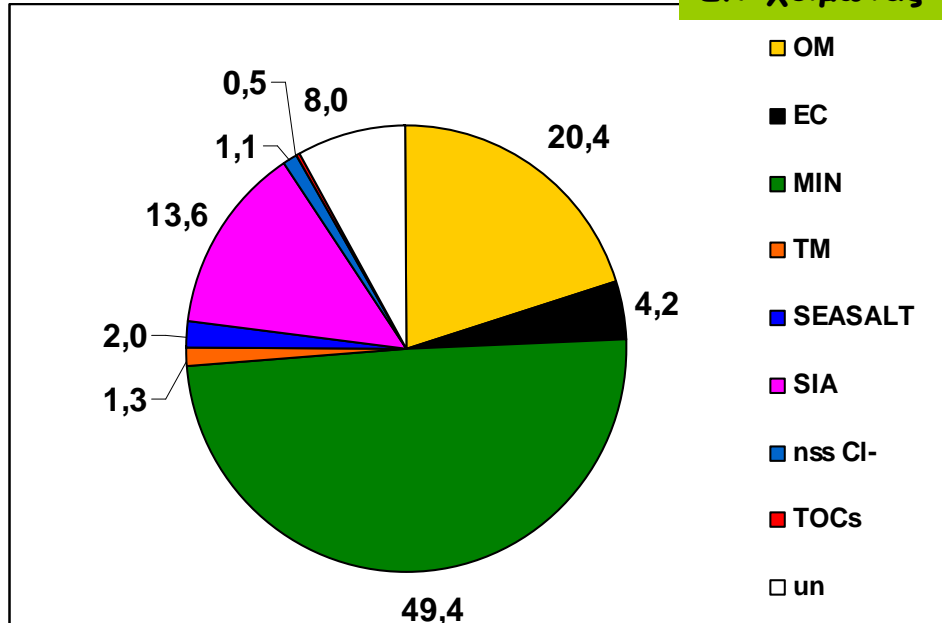


# ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΘΕΣΜΟΘΕΤΗΜΕΝΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

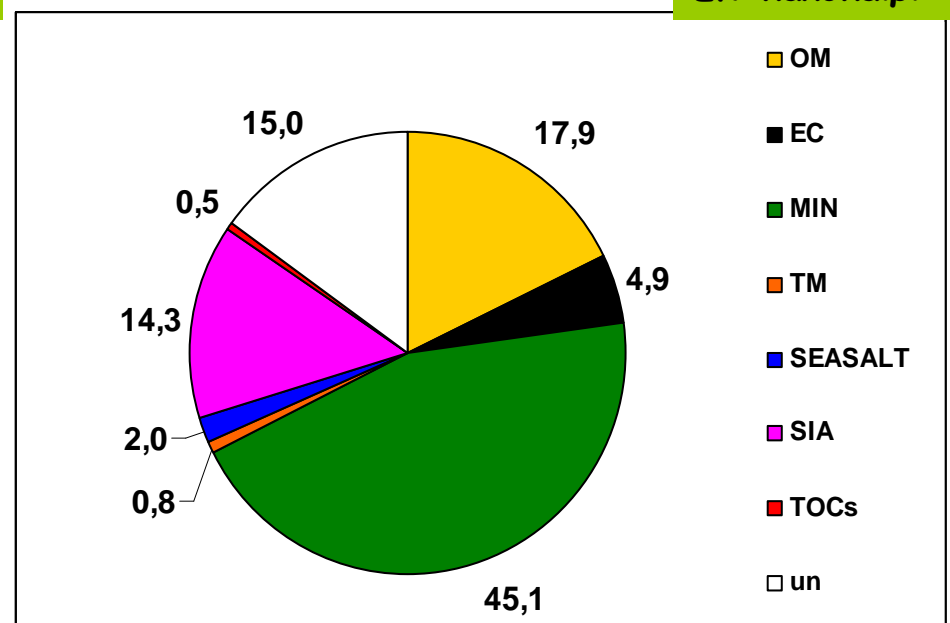


# ΧΗΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΤΩΝ ΡΜ10

ΕΚ-χειμώνας



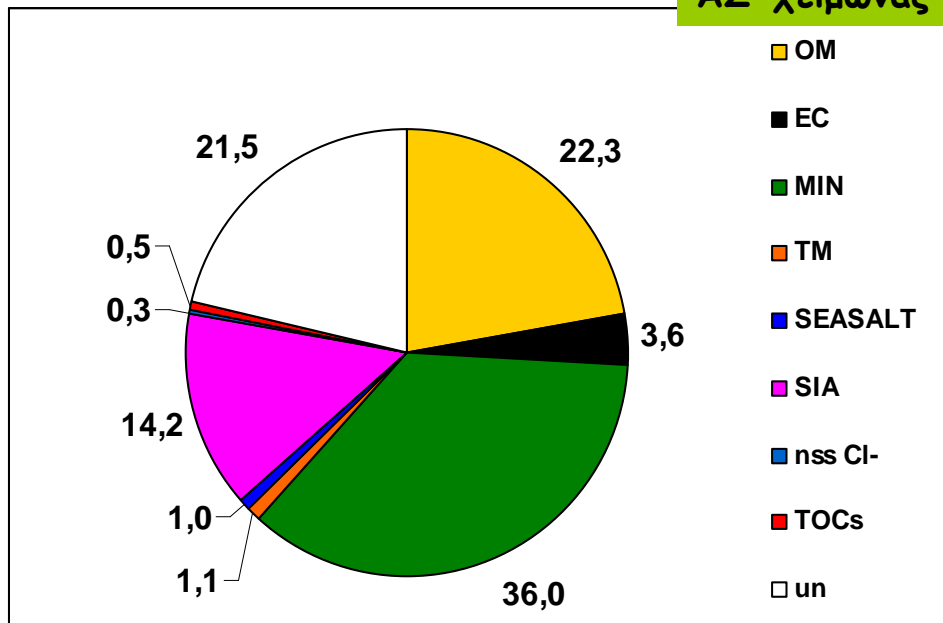
ΕΚ-καλοκαίρι



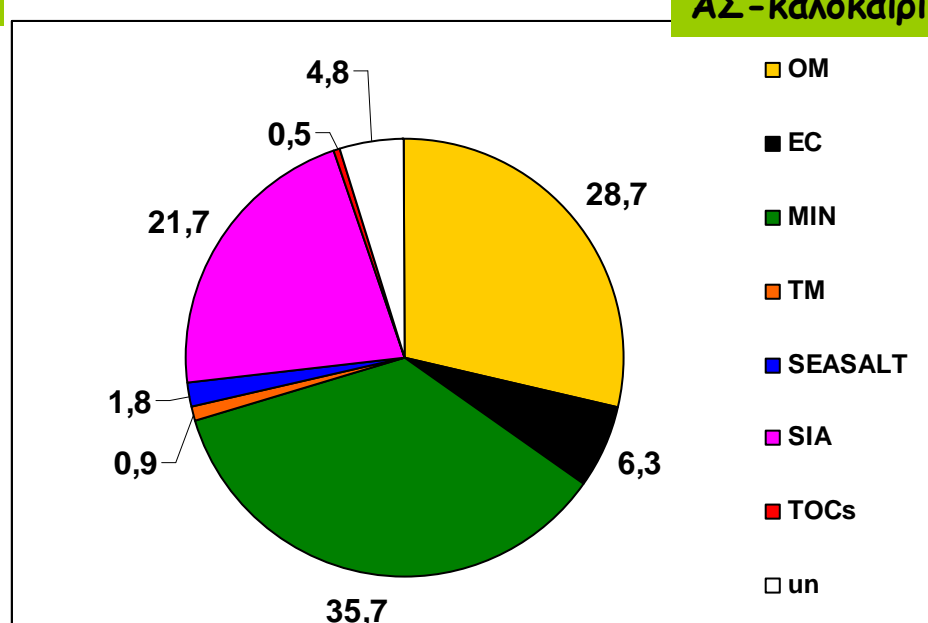
OM	Οργανική ύλη	SEASALT	Θαλάσσια άλατα ( $[Na^+] + [ss-Cl^-] + [ss-Mg^{2+}] + [ss-K^+] + [ss-Ca^{2+}] + [ss-SO_4^{2-}]$ )
EC	Στοιχειακός άνθρακας	SIA	Δευτερογενή ανόργανα αεροζόλ (μη-θαλάσσια $SO_4^{2-}$ , $NO_3^-$ & $NH_4^+$ )
MIN	Στοιχεία εδαφικής προέλευσης (οξειδία Al, Mg, Si, K, Ca, Ti, Fe, $CaCO_3$ )	nssCl-	Χλωριούχα μη-θαλάσσιας προέλευσης
TM	Ιχνοστοιχεία	TOCs	Τοξικές Οργανικές Ενώσεις

# ΧΗΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΤΩΝ ΡΜ10

ΑΣ - χειμώνας



ΑΣ - καλοκαίρι



OM	Οργανική ύλη	SEASALT	Θαλάσσια άλατα ( $[Na^+] + [ss-Cl^-] + [ss-Mg^{2+}] + [ss-K^+] + [ss-Ca^{2+}] + [ss-SO_4^{2-}]$ )
EC	Στοιχειακός άνθρακας	SIA	Δευτερογενή ανόργανα αεροζόλ (μη-θαλάσσια $SO_4^{2-}$ , $NO_3^-$ & $NH_4^+$ )
MIN	Στοιχεία εδαφικής προέλευσης (οξειδία Al, Mg, Si, K, Ca, Ti, Fe, $CaCO_3$ )	nssCl-	Χλωριούχα μη-θαλάσσιας προέλευσης
TM	Ιχνοστοιχεία	TOCs	Τοξικές Οργανικές Ενώσεις

Το χημικό ισοζύγιο μάζας των PM10 ήταν περίπου 88% στο ΕΚ και 87% στην ΑΣ

## ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΕ ΜΕΓΑΛΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (10-50%)

- Τα επικρατέστερα συστατικά των PM10 και στις δύο περιοχές, κυρίως στο ΕΚ, είναι τα **ορυκτά (MIN)**, τα οποία αποτελούν ποσοστό:
  - 45±16% (το καλοκαίρι) και 49±23% (το χειμώνα) στο ΕΚ
  - 36±12% (το καλοκαίρι) και 36±11% (το χειμώνα) στην ΑΣ
- Το ποσοστό της **οργανικής ύλης (OM)** είναι μεγαλύτερο στην ΑΣ από ό,τι στο ΕΚ:
  - 18±4% το καλοκαίρι και 20±6% το χειμώνα στο ΕΚ
  - 29±7% το καλοκαίρι και 22±5% το χειμώνα στην ΑΣ
- Τα **δευτερογενή ανόργανα αεροζόλ (SIA)** έχουν σημαντικό ποσοστό στη μάζα των PM10, κυρίως στην ΑΣ:
  - ~14% όλο το χρόνο στο ΕΚ
  - 22±9% το καλοκαίρι και 14±6% το χειμώνα στην ΑΣ

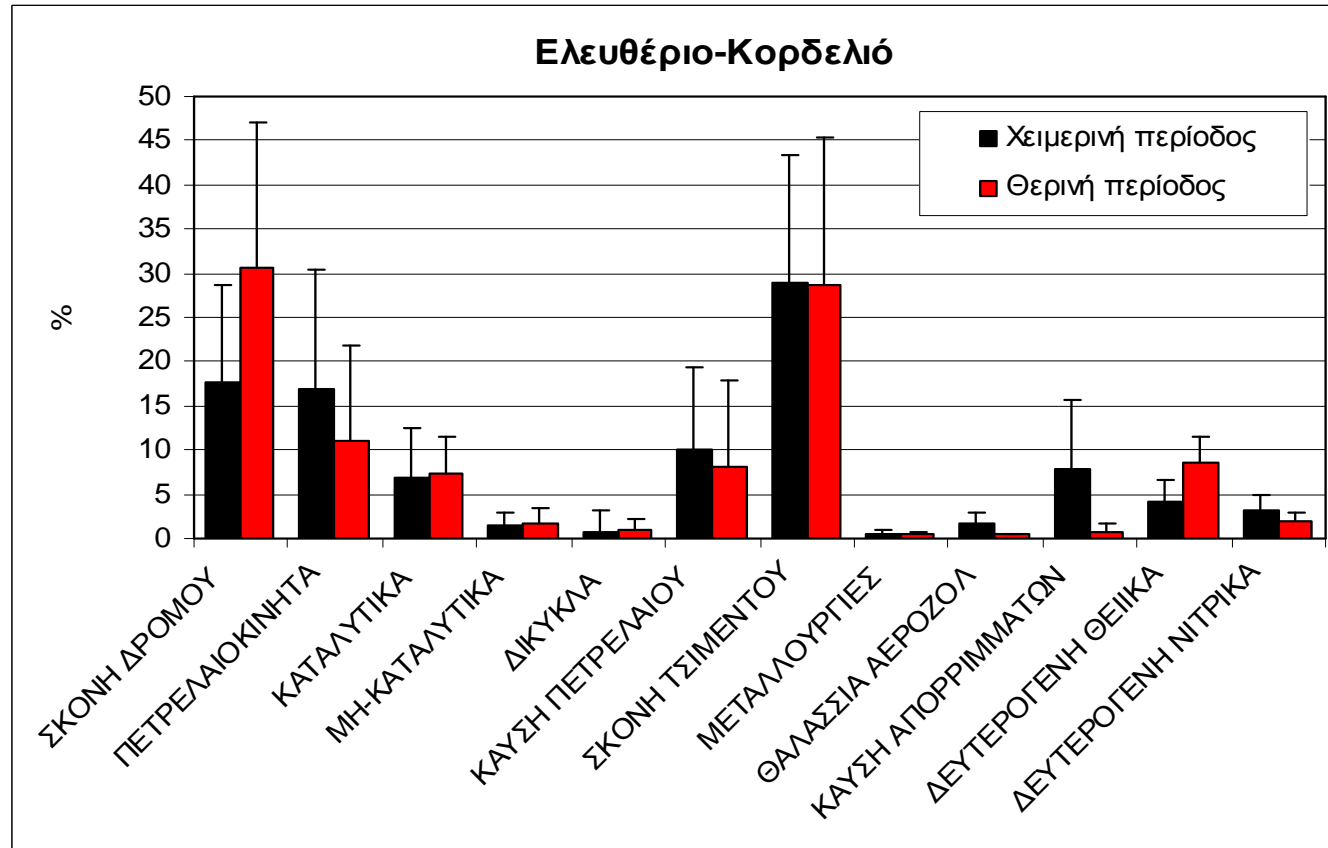
## ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΕ ΜΙΚΡΗ-ΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (1-10%)

- Ο **στοιχειακός άνθρακας (EC)** έχει μέτρια συνεισφορά στις δύο περιοχές (~5%)
- Τα **θαλάσσια άλατα (SEASALT)** αποτελούν ~2% της μάζας των PM10 στο ΕΚ και στην ΑΣ

## ΙΧΝΟΣΥΣΤΑΤΙΚΑ (<1%)

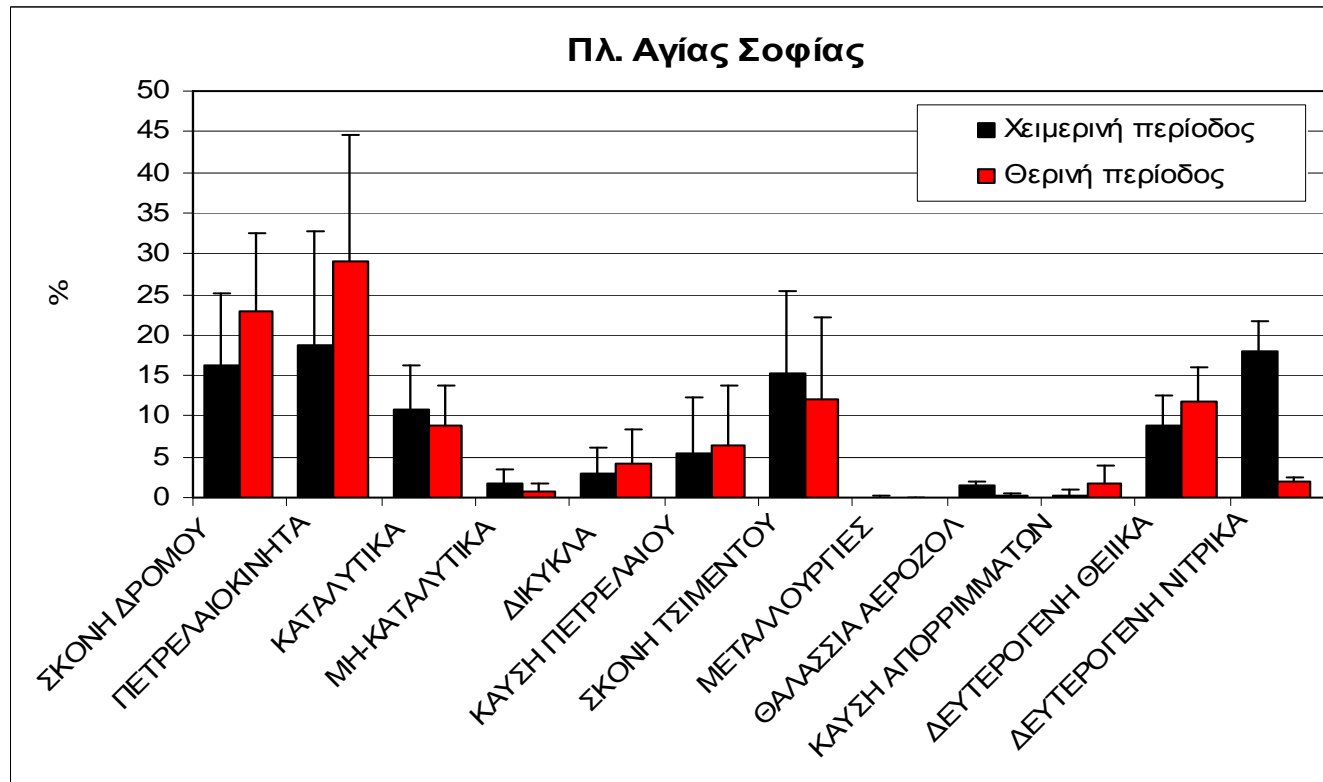
- Τα **βαρέα μέταλλα (TM)** αποτελούν ~1% της μάζας των PM10 στο ΕΚ και στην ΑΣ
- Τα **χλωριούχα μη-θαλάσσιας προέλευσης (Nss Cl<sup>-</sup>)** βρέθηκαν να συνεισφέρουν με 1% στο ΕΚ και <0.5% στην ΑΣ
- Οι **Τοξικές Οργανικές Ενώσεις (TOCs)** αποτελούν ποσοστό <0.5% της μάζας των PM10

# ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΠΗΓΩΝ ΣΤΑ ΡΜ10



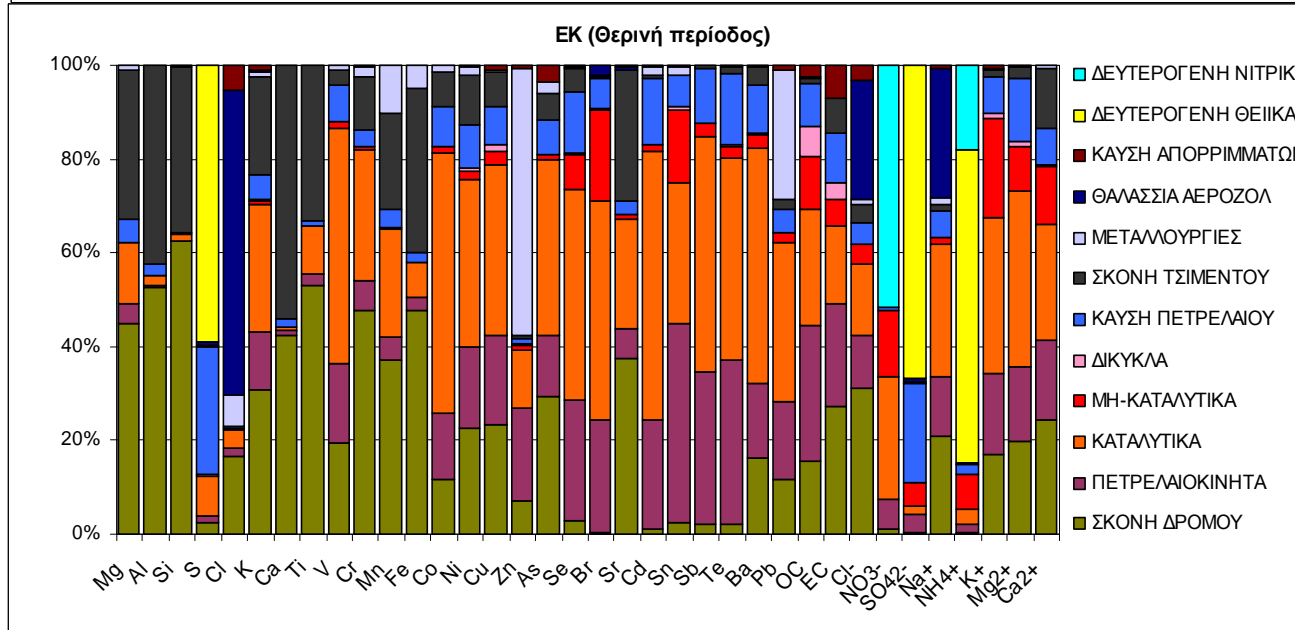
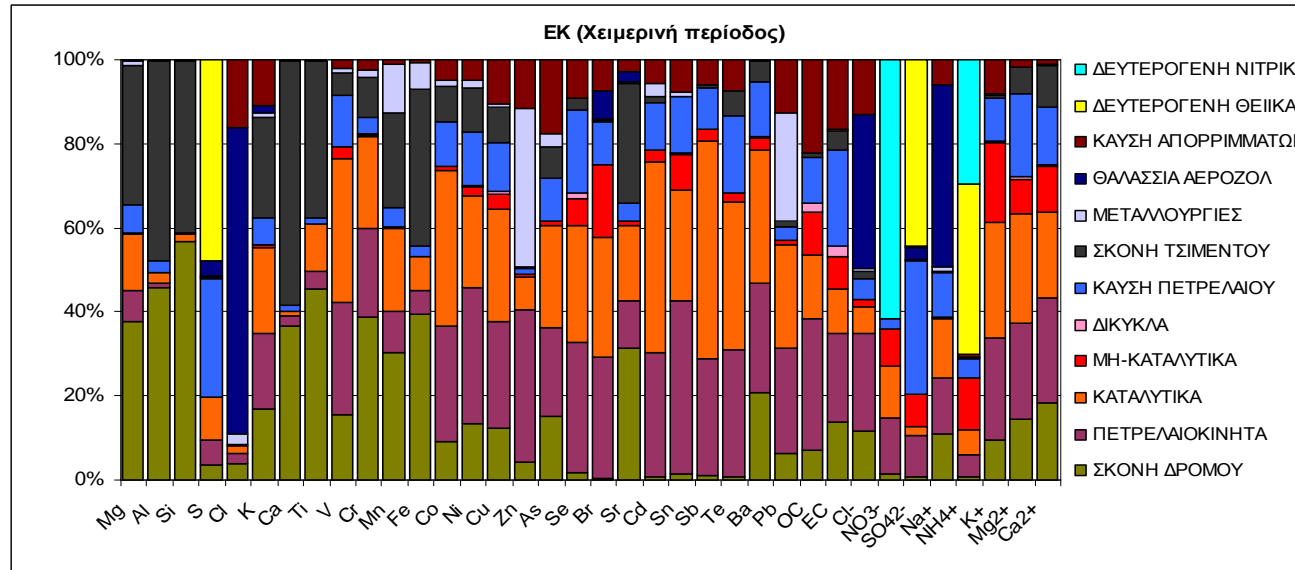
**ΣΚΟΝΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ** (εκπομπές από τσιμεντοβιομηχανίες, ασβεστοποιίες, οικοδομική δραστηριότητα)  
**ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΕΣ** (συνολική μεταλλουργική δραστηριότητα)

# ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΠΗΓΩΝ ΣΤΑ ΡΜ10



**ΣΚΟΝΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ** (εκπομπές από τσιμεντοβιομηχανίες, ασβεστοποιίες, οικοδομική δραστηριότητα)  
**ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΕΣ** (συνολική μεταλλουργική δραστηριότητα)

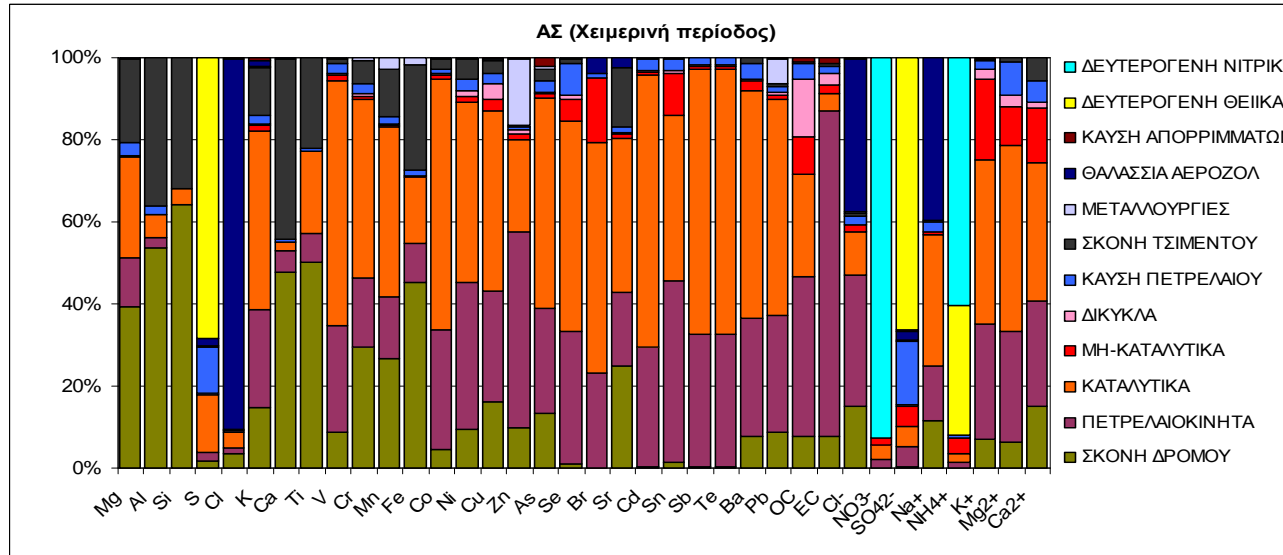
# ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΠΗΓΩΝ ΣΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΡΜ10



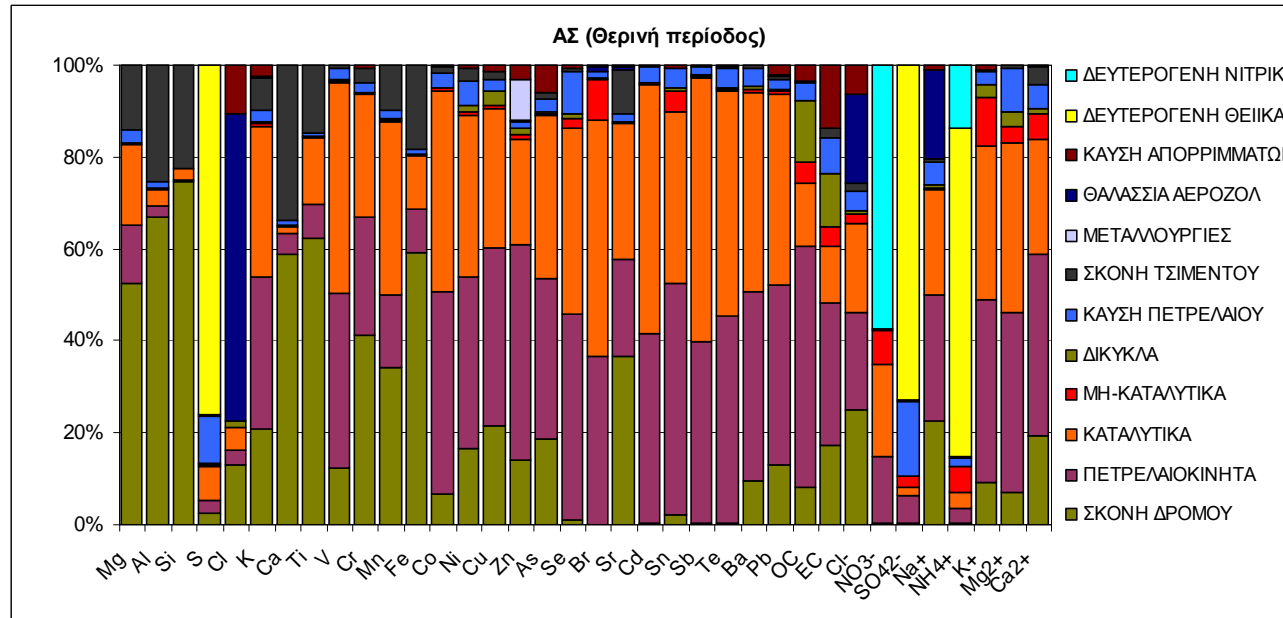
**ΕΚ**



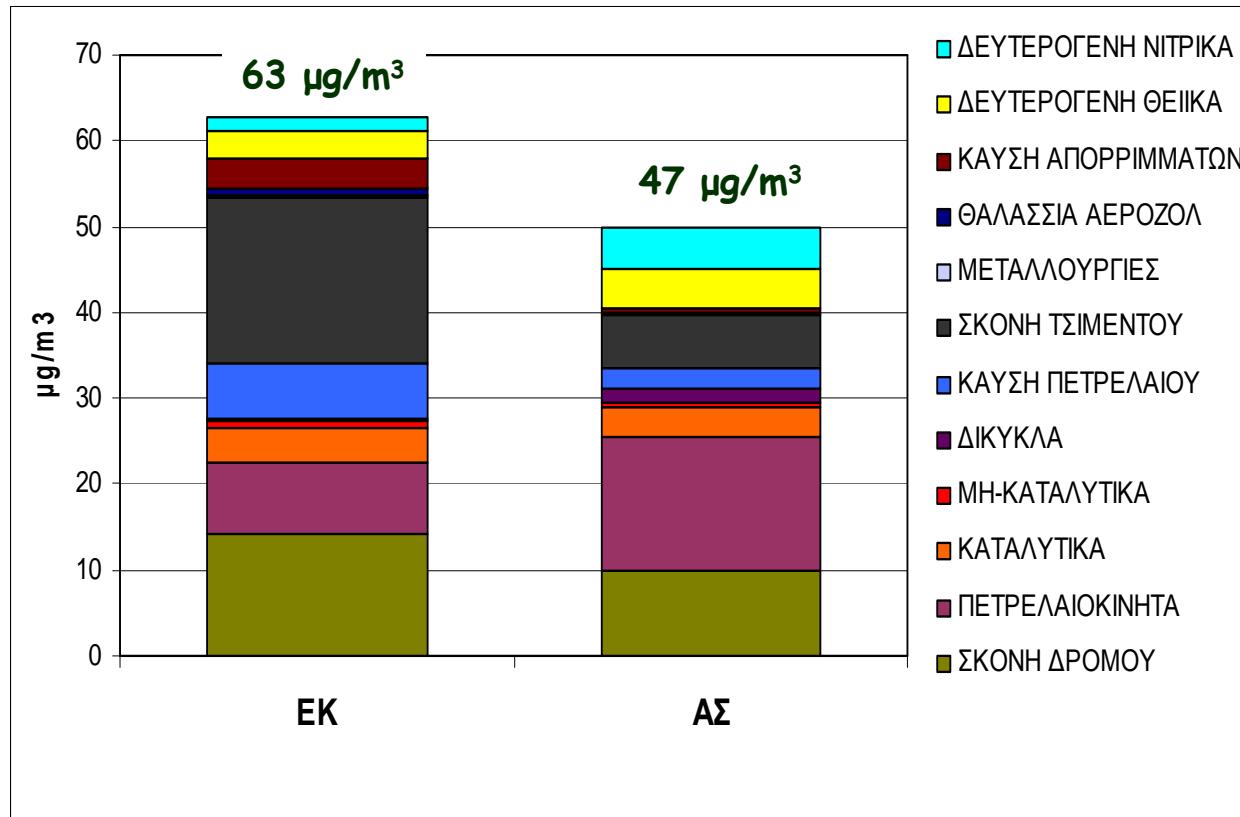
# ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΠΗΓΩΝ ΣΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑΤΩΝ ΡΜ10



ΑΣ



# ΑΠΟΛΥΤΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΠΗΓΩΝ ΣΤΑ ΡΜ10 (μg/m<sup>3</sup>)



➤ Η συνεισφορά από **σκόνη τσιμέντου** είναι μεγαλύτερη στο ΕΚ (19 έναντι 6 μg/m<sup>3</sup>)

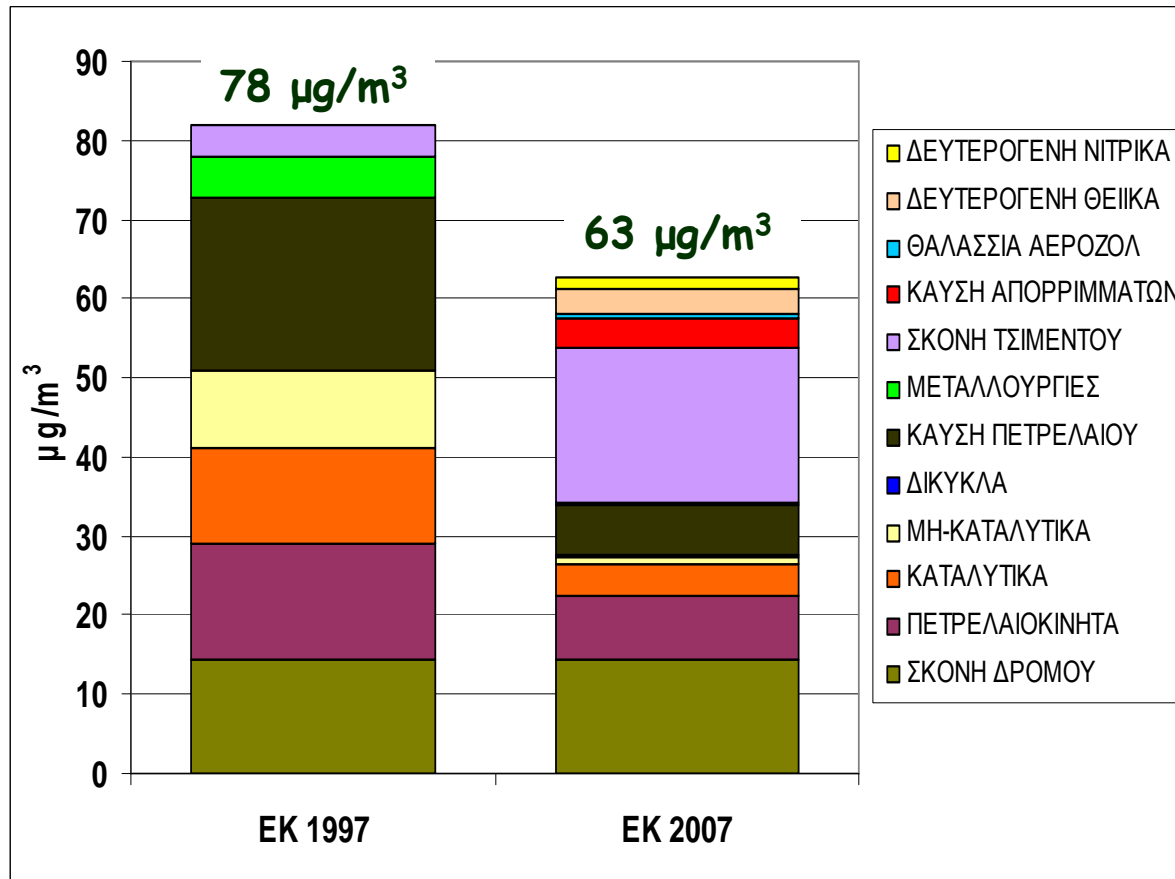
➤ Η συνεισφορά από την **καύση πετρελαίου** είναι μεγαλύτερη στο ΕΚ (6 έναντι 2,5 μg/m<sup>3</sup>)

➤ Η συνεισφορά της **κυκλοφορίας** είναι μεγαλύτερη στην ΑΣ (21 έναντι 13 μg/m<sup>3</sup>)

➤ Η συνεισφορά από **δευτερογενή αεροζόλ** είναι μεγαλύτερη στην ΑΣ (9,5 έναντι 4,5 μg/m<sup>3</sup>)

➤ Η συνεισφορά της **σκόνης δρόμου** είναι περίπου ίδια στο ΕΚ και στην ΑΣ (14 έναντι 10 μg/m<sup>3</sup>)

# ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ 1997



➤ Οι συγκεντρώσεις PM10 έχουν μειωθεί

➤ Η απόλυτη συνεισφορά της σκόνης δρόμου παραμένει η ίδια (~15 µg/m³)

➤ Έχει μειωθεί σημαντικά η συνεισφορά της καύσης πετρελαίου

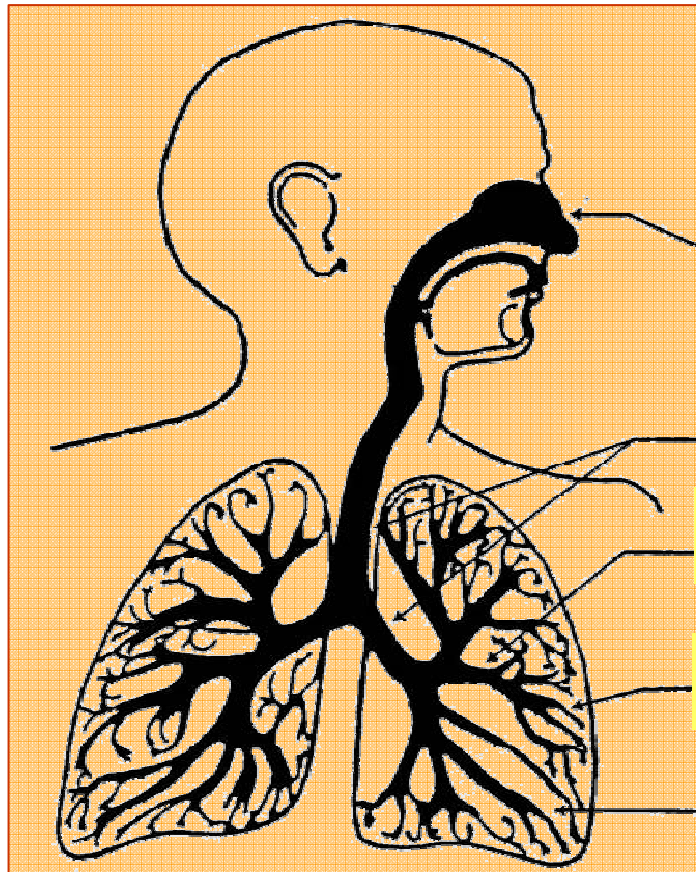
➤ Έχει μειωθεί σημαντικά η συνεισφορά της κυκλοφορίας (από 36 µg/m³ σε 13,5 µg/m³)

➤ Έχει αυξηθεί σημαντικά η συνεισφορά από σκόνη τσιμέντου

Αυξημένη οικοδομική δραστηριότητα, έργα?

# ΠΟΣΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΡΜ10 ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ;

Η επικινδυνότητα των αιωρούμενων σωματιδίων είναι συνάρτηση της χημικής σύστασης και του μεγέθους τους



$d > 7.5 \mu\text{m}$  (ρινική κοιλότητα)

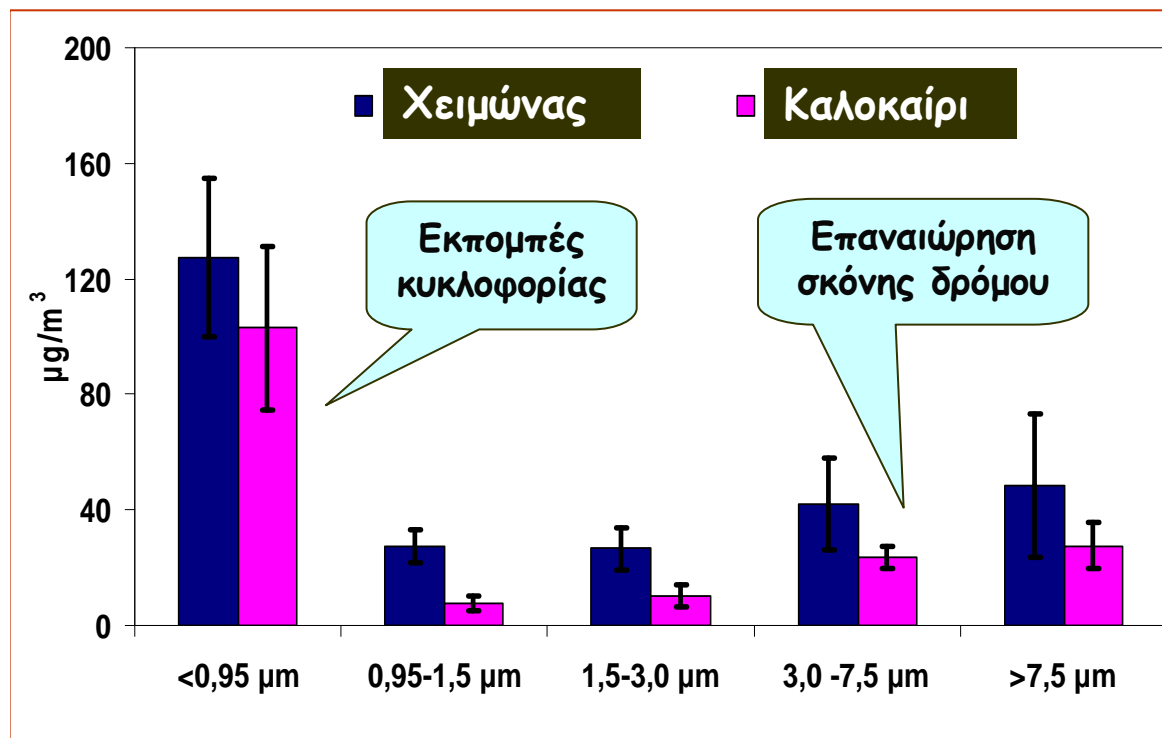
$d = 3 - 7.5 \mu\text{m}$  (φάρυγγας & τραχεία)

$d = 1.5 - 3 \mu\text{m}$  (πρωτεύοντες βρόγχοι)

$d = 1 - 1.5 \mu\text{m}$  (δευτερεύοντες βρόγχοι)

$d < 0.95 \mu\text{m}$  (βρογχιόλια & κυψελίδες)

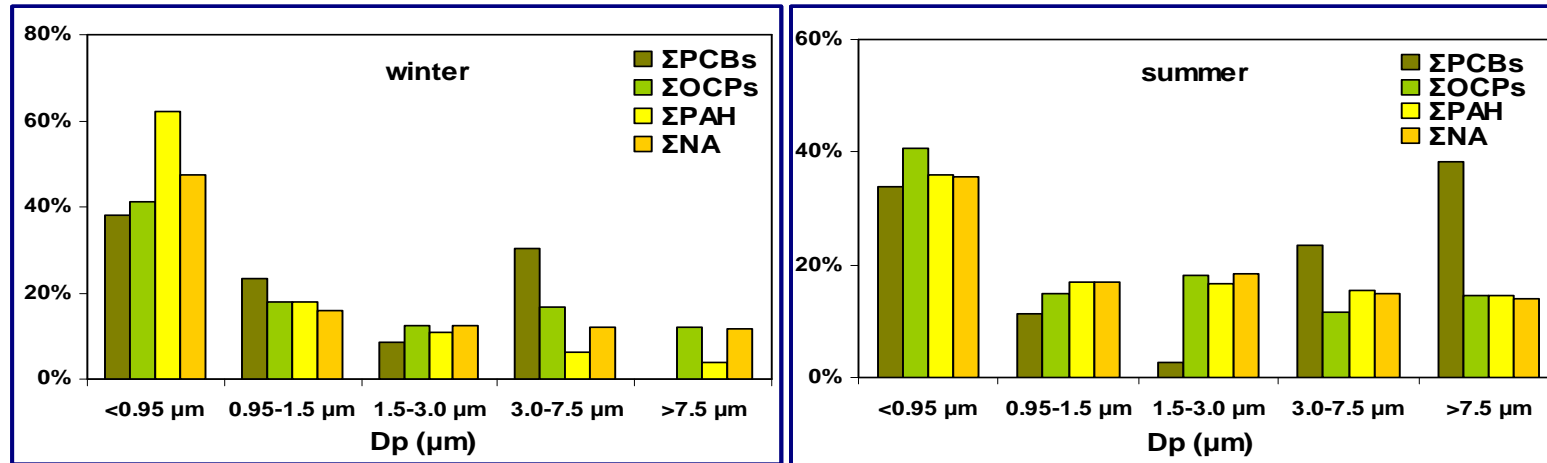
# ΚΑΤΑ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΩΝ ΡΜ10 ΣΤΗΝ ΑΣ



Κατά μέγεθος κατανομή της μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων στην ΑΣ

- Τόσο την ψυχρή, όσο και τη θερμή περίοδο, η μεγαλύτερη μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων (50-60%) κατανέμεται στο κλάσμα <0,95 µm (κυψελιδικό κλάσμα)
- Τα σωματίδια του κυψελιδικού κλάσματος προέρχονται κυρίως από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων

# ΚΑΤΑ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΤΟCΣ



## Κατά μέγεθος κατανομή της μάζας των ΤΟCς στην ΑΣ

- Τόσο την ψυχρή, όσο και τη θερμή περίοδο, η μεγαλύτερη μάζα των Τοξικών Οργανικών Ενώσεων (50-90%) κατανέμεται στο κλάσμα <0,95 μm (κυψελιδικό κλάσμα)
- Παρόμοια κατανομή βρέθηκε και για τα βαρέα μέταλλα & τα τοξικά στοιχεία

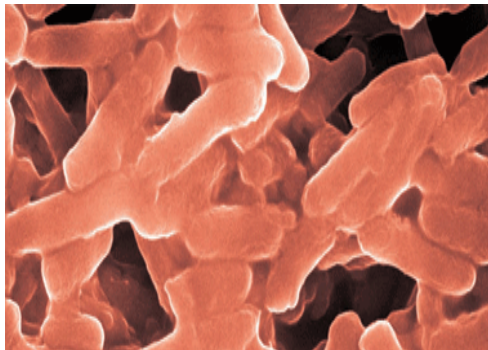
Τα σωματίδια με διάμετρο <1 μm έχουν πιο επικίνδυνη χημική σύσταση από τα μεγαλύτερα σωματίδια

# ΤΕΣΤ ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Bacterial mutagenicity test  
(Ames test)



Μεταλλαξιγόνος  
δραστικότητα



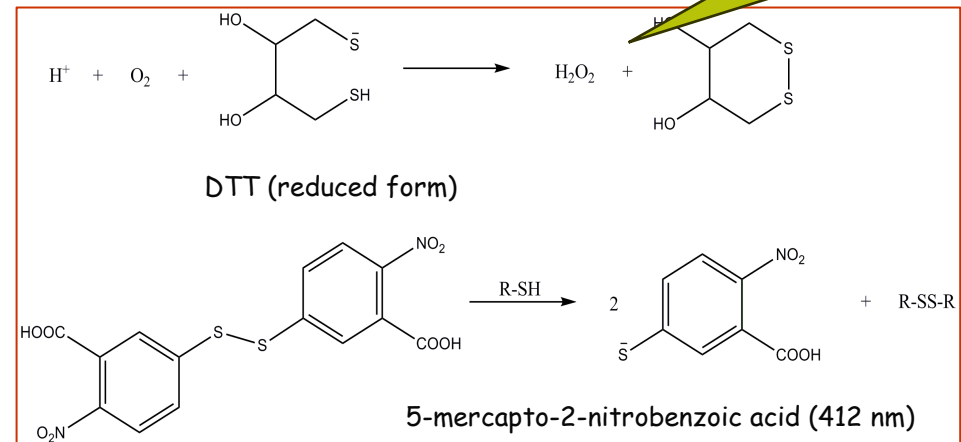
*Salmonella typhimurium*

Dithiothreitol chemical assay  
(DTT test)

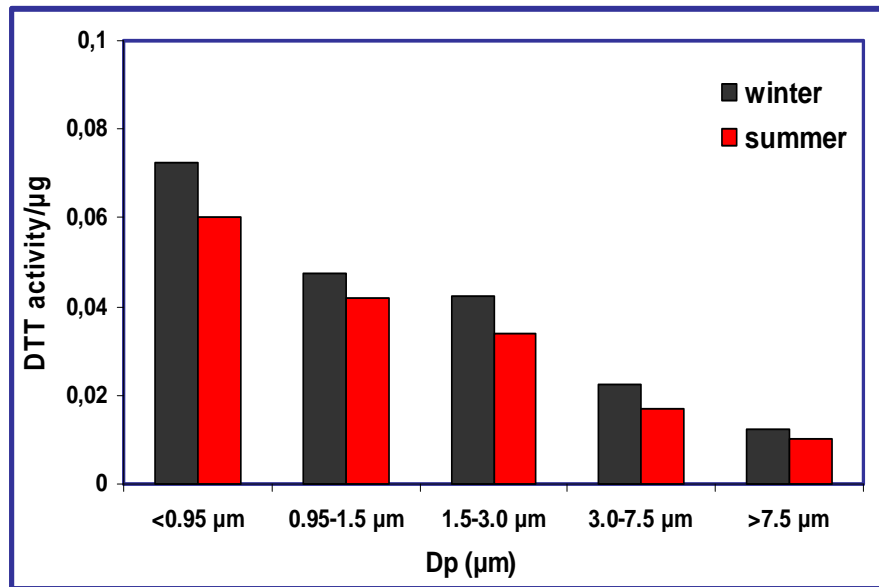


Οξειδοαναγωγική  
δραστικότητα

Δραστικά  
Οξειδωτικά  
Είδη



# ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

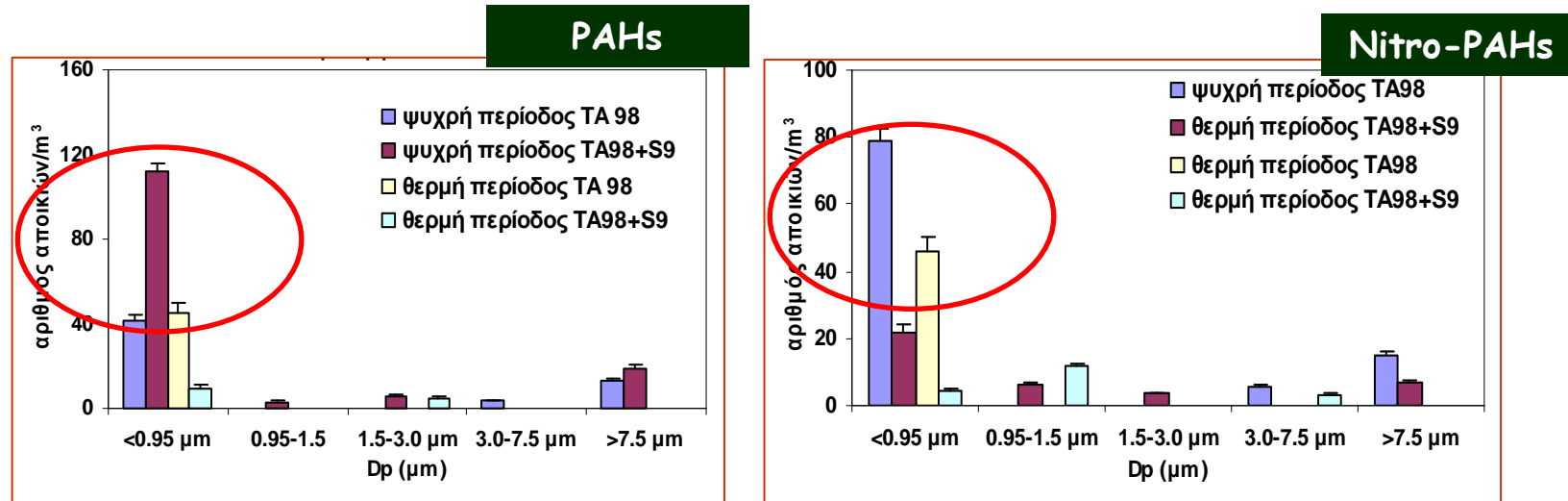


Οξειδοαναγωγική δραστηριότητα των αιωρούμενων σωματιδίων στην ΑΣ

- Η οξειδοαναγωγική δραστηριότητα των αιωρούμενων σωματιδίων είναι μεγαλύτερη κατά την ψυχρή περίοδο
- Τόσο την ψυχρή, όσο και τη θερμή περίοδο, η μεγαλύτερη οξειδοαναγωγική δραστηριότητα παρατηρείται στο κλάσμα <0,95 μm (κυψελιδικό κλάσμα)
- Η μεταλλαξιγόνος δραστηριότητα συσχετίζεται με διάφορα χημικά συστατικά των σωματιδίων, όπως:
  - ✓ n-alkanes (C14, C16, C22, C16, C28, C32)
  - ✓ isoprenoids (pristane, phytane)
  - ✓ OCPs (α-HCH, quintozene, p-p'-DDT)
  - ✓ PAHs (Fl, B[a]Py, B[e]Py, B[b]Fl, IPy, B[ghi]Pe)
  - ✓ NPAHs (1-NPy, 2-NFl)
  - ✓ EC
  - ✓ OC



# ΜΕΤΑΛΛΑΞΙΓΟΝΟΣ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ



**Μεταλλαξιγόνος δραστικότητα των αιωρούμενων σωματιδίων στην ΑΣ (οργανικά κλάσματα των PAHs & Nitro-PAHs)**

- Τόσο την ψυχρή, όσο και τη θερμή περίοδο, η μεγαλύτερη μεταλλαξιγόνος δραστικότητα των αιωρούμενων σωματιδίων παρατηρείται στο κλάσμα <0,95 μm (κυψελιδικό κλάσμα)
- Η μεταλλαξιγόνος δραστικότητα συσχετίζεται ισχυρά με τους PAHs & Nitro-PAHs

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## Επίπεδα συγκεντρώσεων-Χωροχρονικές διαφορές

- Οι ημερήσιες συγκεντρώσεις των PM10 ήταν σημαντικά υψηλότερες στο ΕΚ (μέση ετήσια τιμή 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  έναντι 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  στην ΑΣ) υπερβαίνοντας το αντίστοιχο όριο.
- Τα περισσότερα από τα χημικά στοιχεία, ο στοιχειακός άνθρακας και τα ιόντα βρέθηκαν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στο ΕΚ.
- Οι συγκεντρώσεις των PM10 δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική εποχικότητα σε καμία από τις δύο θέσεις δειγματοληψίας. Από τα συστατικά, τα περισσότερα εμφανίζουν υψηλότερες τιμές τη χειμερινή περίοδο, ενώ τα θειικά εμφανίζουν υψηλότερες τιμές το καλοκαίρι (λόγω φωτοχημικού σχηματισμού).

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## Χημική σύσταση των PM10

- Επικρατέστερα συστατικά των PM10 και στις δύο περιοχές δειγματοληψίας είναι τα **στοιχεία εδαφικής προέλευσης** (Al, Mg, Si, K, Ca, Ti και Fe) με μεγαλύτερο ποσοστό στο ΕΚ (47%) και μικρότερο (36%) στην ΑΣ.
- Το ποσοστό της **οργανικής ύλης** είναι μεγαλύτερο στην ΑΣ (23%) από ό,τι στο ΕΚ (17%), ενώ το ποσοστό του στοιχειακού άνθρακα είναι περίπου ίδιο στις δύο περιοχές (~5%).
- Τα **δευτερογενή ανόργανα αεροζόλ** έχουν μέγιστη συνεισφορά στην ΑΣ το καλοκαίρι (22%) λόγω φωτοχημικού σχηματισμού.
- Τα **θαλάσσια άλατα** αποτελούν ~2% της μάζας των PM10 στο ΕΚ και στην ΑΣ.
- Ιχνοσυστατικά των PM10 είναι τα **βαρέα μέταλλα** (~1%) και οι **Τοξικές Οργανικές Ενώσεις** (<0.5%) της μάζας των PM10.

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## Πηγές εκπομπής PM10

- Η **κυκλοφορία των αυτοκινήτων** είναι σημαντική πηγή PM10 με συνολική μέση ετήσια συμμετοχή 23,3% (13,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) στο ΕΚ και 39% (21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) στην ΑΣ.
- Μεγαλύτερη είναι η συμμετοχή των **πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων** με μέση ετήσια συμμετοχή 13,7% (8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) στο ΕΚ και 24,4% (16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) στην ΑΣ.
- Η επαναιώρηση της **σκόνης δρόμου** είναι, επίσης, σημαντική πηγή PM10 και στις δύο θέσεις δειγματοληψίας με μέση ετήσια συνεισφορά 24,6% (14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) στο ΕΚ και 20,0% (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) στην ΑΣ.
- Σημαντική συμμετοχή βρέθηκε για τη **σκόνη τσιμέντου**, ιδιαίτερα στο ΕΚ (28,8% ή 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) και λιγότερο στην ΑΣ (13,5% ή 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- Η μέση ετήσια συμμετοχή της **καύσης πετρελαίου** ήταν σχετικά μεγαλύτερη στο ΕΚ (8,9% ή 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) από ό,τι στην ΑΣ (5,9% ή 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- Τα **δευτερογενή αεροζόλ** (θειικά και νιτρικά) συμμετέχουν με 9% (4,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) στο ΕΚ και 19,6% (9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) στην ΑΣ.
- Μικρή ήταν η συμμετοχή της καύσης απορριμμάτων, των μεταλλουργικών βιομηχανιών, καθώς και των θαλάσσιων αεροζόλ.

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## Επικινδυνότητα των PM10

- Τα σωματίδια με διάμετρο  $<1$   $\mu\text{m}$  αποτελούν ποσοστό  $>50\%$  της συνολικής μάζας των PM10 στο κέντρο της Θεσσαλονίκης
- Τα σωματίδια με διάμετρο  $<1$   $\mu\text{m}$  συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό (60-90%) των επικίνδυνων χημικών συστατικών
- Τα σωματίδια με διάμετρο  $<1$   $\mu\text{m}$  εμφανίζουν τη μεγαλύτερη μεταλλαξιγόνο και οξειδωτική δραστικότητα

Για την προστασία της υγείας απαιτείται η εφαρμογή μέτρων περιορισμού των εκπομπών μικρών σωματιδίων (σωματίδια από καύσεις, δευτερογενή σωματίδια από αέριους ρύπους)

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ**