

## **ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ:**

### **Χημικός χαρακτηρισμός αιωρούμενων σωματιδίων σε φίλτρα κλιματιστικών μηχανημάτων στην περιοχή του Λεκανοπεδίου Αττικής**

Παναγιώτης Α. Σίσκος, Καθηγητής Αναλυτικής Χημείας και Περιβαλλοντικής Ανάλυσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας, Ομάδα Περιβαλλοντικής Ανάλυσης, Πανεπιστημιόπολη Ζωγράφου, 15771, τηλ. 2107274311,

Χρυσή Β. Βιλαδέρη, φοιτήτρια Χημείας, Λαχανά 72, 11363, Αθήνα

Τριάς Δ. Πισκόπου, φοιτήτρια Χημείας, Χαρ. Τρικούπη 20, 18120, Κορυδαλλός

Το αντικείμενο αυτής της εργασίας ήταν ο χημικός χαρακτηρισμός των σωματιδίων που συλλέχθηκαν στα φίλτρα των κλιματιστικών μηχανημάτων. Σαράντα τέσσερα (44) δείγματα συλλέχθηκαν από επτά (7) διαφορετικές περιοχές του λεκανοπεδίου Αττικής. Ο χημικός χαρακτηρισμός περιελάμβανε τον προσδιορισμό του ολικού άνθρακα και του ολικού οργανικού άνθρακα, του διαλυτού κλάσματος στο διχλωρομεθάνιο, τον υπολογισμό του ανόργανου άνθρακα και του στοιχειακού άνθρακα. Τα πειραματικά αποτελέσματα οδηγούν σε ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στους χώρους που εξετάστηκαν.

### **Chemistry and Air- Conditioning.**

Chryssi V. Viladeri, Trias D. Piscopou, and Panayotis A. Siskos

The objective of this paper was the chemical characterization of the particles which were collected on the filters of the air- conditioning machines. Forty four (44) samples were collected from seven (7) different sites in Athens, Greece. The characterization was performed with the determination of the total carbon (TC) and the total organic carbon (TOC), the dichloromethane soluble fraction (DSF), the estimation of the inorganic carbon (IC) and the elemental carbon (EC). The results lead to some conclusions about the indoor- air quality in the examined buildings.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Οι αλλαγές στον τρόπο ζωής και εργασίας στη σύγχρονη κοινωνία επέφεραν μοιραία αύξηση στο χρόνο κατά τον οποίο ο άνθρωπος ζει και κινείται σε εσωτερικούς χώρους. Ειδικά οι άνθρωποι στις αναπτυγμένες χώρες βρίσκονται κατά το 80-90% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους, εφόσον σε αυτούς εκτυλίσσονται στις μέρες μας οι περισσότερες δραστηριότητες. Το ποσοστό αυτό είναι ακόμη πιο αυξημένο σε ορισμένες ομάδες του πληθυσμού, όπως οι υπερήλικες, τα νεογέννητα παιδιά, ή οι ασθενείς. Για τους παραπάνω λόγους το ενδιαφέρον πολλών ερευνών επικεντρώνεται στη μελέτη της ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων, καθώς αποδεικνύεται ότι σε αυτούς τα επίπεδα αρκετών ρύπων είναι 25 και περιστασιακά περισσότερο από 100 φορές μεγαλύτερα σε σχέση με τα αντίστοιχα σε εξωτερικούς χώρους. [4,6,9,22]

## 2. ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

### 2.1. Εισαγωγή.

Ο ρόλος του κλιματισμού είναι η βελτιστοποίηση των συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας, διευκολύνοντας έτσι τη διαβίωση σε οποιονδήποτε χώρο. Έχει επικρατήσει ωστόσο να χαρακτηρίζεται ως κλιματισμός η ψύξη ενός χώρου, η οποία επιτυγχάνεται με διάφορα μηχανήματα, μολονότι τα ίδια μπορούν επίσης να θερμάνουν.

### 2.2. Τύποι κλιματιστικών μηχανημάτων.

2.2.1. Αυτόνομες μονάδες (split units). Πρόκειται για τον συνηθέστερο τύπο κλιματιστικών. Λειτουργούν για έναν χώρο, ενώ η λειτουργία τους βασίζεται στη δράση των ψυκτικών υγρών (freon). Αποτελούνται από δύο μέρη: Την εξωτερική μονάδα και την εσωτερική. Κυρίως τοποθετούνται στον τοίχο, αλλά υπάρχουν και ειδικά μοντέλα για το δάπεδο.

2.2.2. Ημικεντρικά κλιματιστικά. Έχουν και αυτά εξωτερική και εσωτερική μονάδα και λειτουργούν επίσης με ψυκτικά υγρά. Τοποθετούνται σε χώρους πολύ μεγαλύτερους από ότι τα αυτόνομα κλιματιστικά και παρουσιάζουν αυξημένη ψυκτική ικανότητα. Σε αυτή την κατηγορία υπάγονται τα κλιματιστικά τύπου «κασέτας», τα οποία τοποθετούνται μέσα σε ψευδοροφή.

2.2.3. Κεντρικός κλιματισμός. Σε αντίθεση με τους παραπάνω δύο τύπους, λειτουργεί με τη βοήθεια του νερού. Έχει την ικανότητα να καλύψει ανάγκες ενός διαμερίσματος μέχρι μιας πολυκατοικίας.

2.2.4. Κλιματιστικά ρυθμιζόμενης ισχύος (“ Inverter”). Τελευταία τα κλιματιστικά “Inverter” γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή. Θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως

κλιματιστικά «νέας γενιάς». Τα πλεονεκτήματα ενός κλιματιστικού “Inverter” κυρίως εστιάζονται στη επίτευξη μεγάλης εξοικονόμησης ενέργειας, η οποία οφείλεται στον διαφορετικό τρόπο λειτουργίας του σε σχέση με ένα συμβατικό κλιματιστικό τύπου split.

2.2.5. Φορητά κλιματιστικά. Πρόκειται ουσιαστικά για έναν τύπο μηχανήματος, που φέρει την εξωτερική και την εσωτερική μονάδα μαζί (διαφέρει από τα τύπου split στα οποία οι δύο μονάδες χωρίζονται). Χρησιμοποιείται ως λύση ανάγκης σε ιδιαίζουσες περιπτώσεις, όπου καθίσταται αδύνατη η τοποθέτηση εξωτερικής μονάδας, ή προσφέρει προσωρινές λύσεις. [1,15]

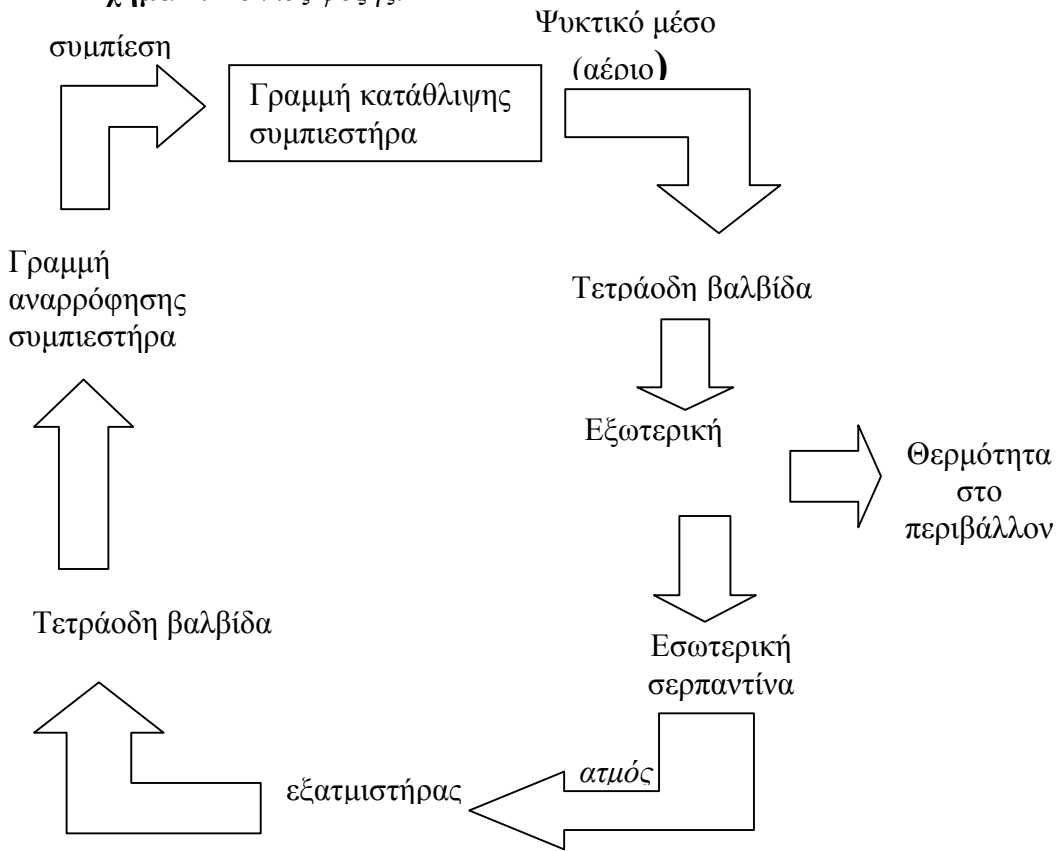
### *2.3. Περιγραφή κλιματιστικών μηχανημάτων.*

Τα σημαντικότερα εξαρτήματα ενός κλιματιστικού μηχανήματος είναι ο εξατμιστήρας, ο συμπιεστήρας, ο συμπυκνωτήρας και ο εκτονωτικός μηχανισμός. Αυτά ονομάζονται επίσης και εξαρτήματα του ψυκτικού κύκλου, εφόσον μέσω αυτών επιτελείται ο ψυκτικός κύκλος. Στα παραπάνω εξαρτήματα πρέπει να προστεθούν ο ανεμιστήρας και το φίλτρο, τα οποία δεν συμμετέχουν μεν στον ψυκτικό κύκλο, αλλά επιτελούν επιπρόσθετες ουσιαστικές λειτουργίες. Τα φίλτρα χρησιμεύουν για να αποτρέπουν την είσοδο ξένων σωματιδίων, όπως σκόνη, γύρη, νήματα και καπνό και να παράγεται καθαρός αέρας. Τα φίλτρα τα οποία χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες :Ξηρά (απλής και πολλαπλής χρήσης), κολλώδη (σταθερά και κινητά) και ηλεκτροστατικά. [21]

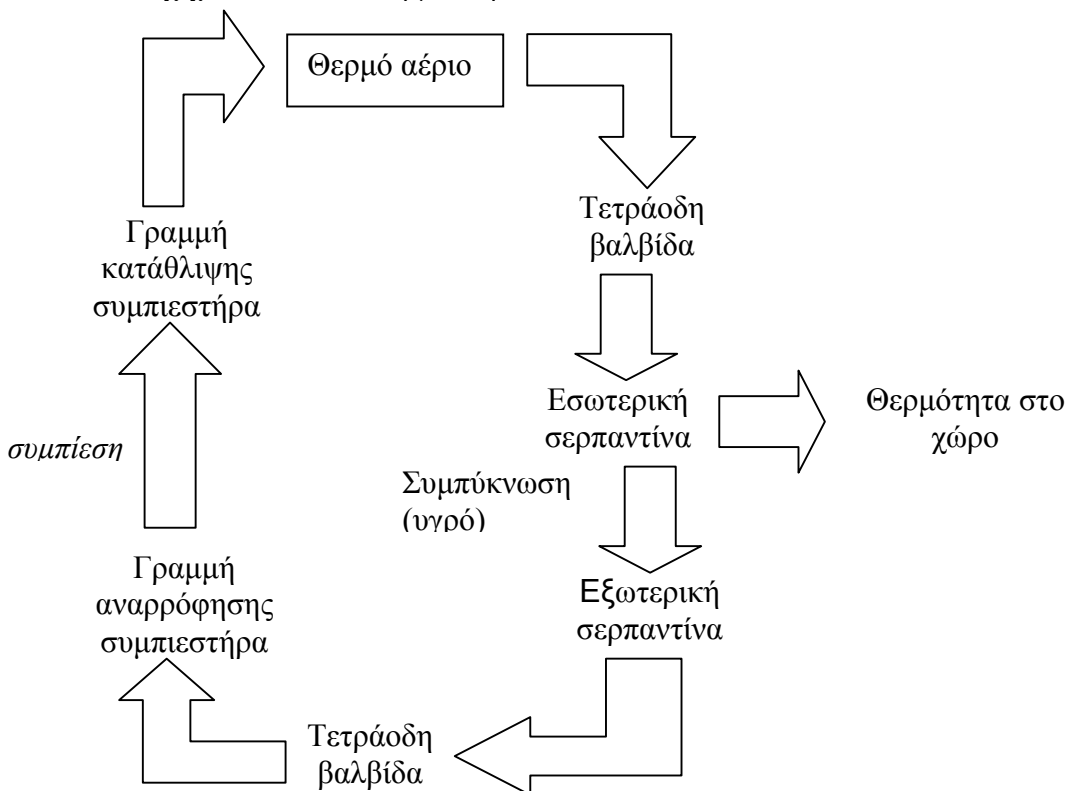
### *2.4. Αρχή λειτουργίας κλιματιστικών μηχανημάτων.*

Τα κλιματιστικά μηχανήματα παίρνουν αέρα από την ατμόσφαιρα του δωματίου στο οποίο βρίσκονται, τον επεξεργάζονται με τα ψυκτικά υγρά τους, αποβάλλουν δια μέσου της εξωτερικής μονάδας τη θερμότητα και επιστρέφουν στο εσωτερικό, ψυχρό πλέον τον αέρα που είχαν λάβει. Αυτό αφορά τα κλιματιστικά που χρησιμοποιούνται για ψύξη. Το ίδιο μηχανήμα όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη θέρμανση ενός χώρου, οπότε η λειτουργία του ακολουθεί αντίστροφη πορεία. Η αρχή λειτουργίας ενός κλιματιστικού μηχανήματος κατά την ψύξη και τη θέρμανση περιγράφεται αντίστοιχα **στα Σχήματα 1 και 2.** [1,15]

**Σχήμα 1:** Κύκλος ψύξης.



**Σχήμα 2:** Κύκλος θέρμανσης.



## 2.5. Αρνητικές επιπτώσεις από τη χρήση και την κατάχρηση των κλιματιστικών μηχανημάτων.

Είναι φυσικό να αποδέχεται κανείς τις ευεργετικές δυνατότητες, που παρέχει ο κλιματισμός, τόσο σε ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού, όπως ασθενείς και υπερήλικες, όσο και στην αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, όταν οι μετεωρολογικές συνθήκες το απαιτούν, όπως για παράδειγμα σε περίοδο υψηλών θερμοκρασιών. Όμως ως «νεοφώτιστη κοινωνία» στη συγκεκριμένη τεχνολογία, φτάσαμε και στην Ελλάδα πολύ γρήγορα στα επίπεδα της υπερβολής, ώστε τα μειονεκτήματα – κατά την άποψη των πλέον απαισιόδοξων – να τείνουν να υποσκελίσουν τα πλεονεκτήματα. Οι δυσμενείς συνέπειες από τη χρήση, αλλά κυρίως από την κατάχρηση των κλιματιστικών, διακρίνονται σε αυτές που αφορούν τον άνθρωπο (άσθμα, δύσπνοια, αλλεργίες, ερεθισμοί, ισοθερμικό σοκ, Νόσος των Λεγεωνάριων) και αυτές που αφορούν το περιβάλλον (αισθητική υποβάθμιση κτιρίων, θόρυβος, εκπομπή θερμότητας, υποβάθμιση ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων, ανάπτυξη οσμών και μικροοργανισμών, έκλυση πτητικών οργανικών ενώσεων από δομικά υλικά κτιρίων, σπατάλη ενέργειας) και έχουν την ικανότητα να μετατρέψουν το κλιματιστικό μηχάνημα σε πηγή ρύπανσης και εστία ποικίλων κινδύνων. [1,15,22]

## 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 3.1. Δειγματοληψία

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε κατά τους μήνες Φεβρουάριο έως Απρίλιο του έτους 2002. Περιελάμβανε άνοιγμα του καλύμματος της μονάδας του κλιματιστικού, εξαγωγή του φίλτρου, επιμελή καθαρισμό του με τη βοήθεια λεπτού πινέλου και επανατοποθέτησή του στο κλιματιστικό μηχάνημα. Συλλέχθηκαν συνολικά σαράντα τέσσερα (44) δείγματα σε αριθμημένα τρυβλία, τα οποία κλείστηκαν επιμελώς και διατηρήθηκαν σε ψυγείο μέχρι το πέρας των αναλύσεων.

Τα δείγματα συλλέχθηκαν από τις επτά (7) ακόλουθες περιοχές: Σύνταγμα (12 δείγματα), Αγία Παρασκευή (5 δείγματα), Νίκαια (3 δείγματα), Αγία Βαρβάρα (5 δείγματα), Πειραιά (2 δείγματα), Κορυδαλλό (11 δείγματα) και Πανεπιστημιόπολη Ζωγράφου (6 δείγματα). Όλα τα δείγματα πλην του Πειραιά και κάποιων του Κορυδαλλού συλλέχθηκαν από εργασιακούς χώρους. Πιο αναλυτικά, στο Σύνταγμα και στην Αγ. Παρασκευή η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε καταστήματα πώλησης ηλεκτρονικών υπολογιστών, όπου υπάρχει συνεχής ανανέωση του αέρα του χώρου και παρατηρείται καπνιστική δραστηριότητα. Παρόμοια χαρακτηριστικά παρουσιάζονται και στο κατάστημα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών ειδών στην Αγ. Βαρβάρα. Στη Νίκαια τα δείγματα συλλέχθηκαν από κατάστημα ειδών ένδυσης όπου παρατηρείται έντονη καπνιστική δραστηριότητα και ελλιπής ανανέωση του αέρα. Στην Πανεπιστημιόπολη Ζωγράφου τα δείγματα συλλέχθηκαν από

γραμματείες τομέων, γραφεία διδασκόντων και εργαστήρια όπου δεν αναφέρεται καπνιστική δραστηριότητα. Τα δείγματα του Πειραιά συλλέχθηκαν από παραθαλάσσια κατοικία όπου επίσης παρατηρείται καπνιστική δραστηριότητα. Στον Κορυδαλλό η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε τόσο σε κατοικίες όσο και σε εργασιακούς χώρους όπου και στις δύο περιπτώσεις η καπνιστική δραστηριότητα είναι έντονη. Σε όλες τις προαναφερθείσες περιπτώσεις τα κλιματιστικά μηχανήματα λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Η τελευταία συντήρηση των φίλτρων αναφέρθηκε ότι πραγματοποιήθηκε σε διάστημα από τρεις (3) έως έντεκα (11) μήνες πριν τη δειγματοληψία με εξαίρεση τα φίλτρα στην Πανεπιστημιόπολη Ζωγράφου όπου μεσολαβεί διάστημα έως τεσσάρων (4) ετών. Όλα τα δείγματα ήταν χρώματος σκούρου γκριζού έως μαύρου και σπογγώδους υφής εκτός εκείνων της Πανεπιστημιόπολης όπου ήταν υπόλευκου χρώματος και χωματώδους υφής.

### 3.2. Προσδιορισμοί

Στα δείγματα εκτελέστηκαν οι προσδιορισμοί (% m/m) ολικού άνθρακα (Total Carbon, TC), ολικού οργανικού άνθρακα (Total Organic Carbon, TOC) και κλάσματος διαλυτού στο διχλωρομεθάνιο (Dichloromethane Soluble Fraction, DSF). Με τη βοήθεια των παραπάνω παραμέτρων έγιναν οι υπολογισμοί (% m/m) ανόργανου άνθρακα (Inorganic Carbon, IC) και Στοιχειακού άνθρακα (Elemental Carbon, EC).

Η μέθοδος προσδιορισμού του Ολικού άνθρακα είναι σταθμική και στηρίζεται στην αρχή της οξείδωσης του συνόλου του άνθρακα που υπάρχει στα δείγματα με διάφορες μορφές προς CO<sub>2</sub> κατά την πύρωση σε θερμοκρασία 650°C. Η μέθοδος προσδιορισμού του Ολικού Οργανικού άνθρακα βασίζεται στη οξείδωση με διχρωμικό κάλιο και πυκνό θειικό οξύ. Η ποσότητα του K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> που καταναλώνεται προσδιορίζεται με οπισθογκομέτρηση της περίσσειάς του με διάλυμα Fe<sup>2+</sup>. Ως δείκτης για το τελικό σημείο χρησιμοποιείται η διφαινυλαμίνη. Η μέθοδος προσδιορισμού του Κλάσματος διαλυτού στο διχλωρομεθάνιο είναι σταθμική. Στηρίζεται στη διαφορά μάζας προζυγισμένου φιαλιδίου εξάτμισης πριν και μετά την τοποθέτηση σε αυτό και εξάτμιση του διηθημένου εκχυλίσματος του εξεταζόμενου δείγματος.

Ο Ανόργανος άνθρακας υπολογίζεται με τη διαφορά του Ολικού Οργανικού άνθρακα από τον Ολικό άνθρακα με βάση τη σχέση:

$$IC = TC - TOC \quad (1)$$

Ο Στοιχειακός άνθρακας υπολογίζεται με τη διαφορά του Κλάσματος διαλυτού στο διχλωρομεθάνιο από τον Ολικό Οργανικό άνθρακα με βάση τη σχέση:

$$EC = TOC - DSF \quad (2)$$

[2,3,5,16,17,18,19,20]

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.

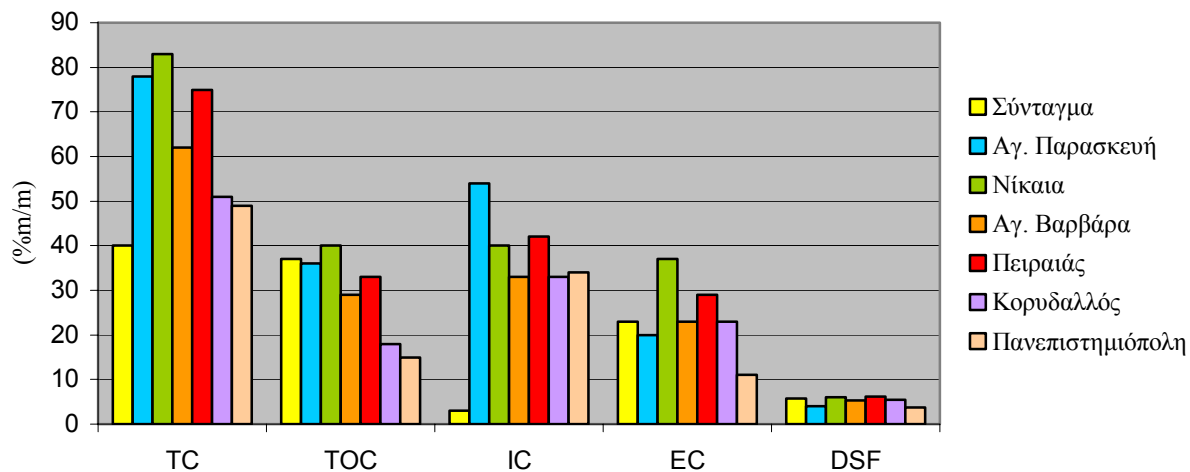
Τα αποτελέσματα των προσδιορισμών και υπολογισμών που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα συνοψίζονται στον **Πίνακα 1**, από τον οποίο προκύπτει το αντίστοιχο **Σχήμα 3**.

**Πίνακας 1:** Αποτελέσματα χημικού προσδιορισμού σωματιδίων συλλεγέντων στα φίλτρα κλιματιστικών μηχανημάτων στις περιοχές δειγματοληψίας.

Περιοχή Δειγματοληψίας	Ολικός Άνθρακας (TC) ( % m/m )	Ανόργανο Άνθρακας (IC) ( % m/m )	Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC) (% m/m )	Στοιχειακό Άνθρακας (EC) ( % m/m )	Κλάσμα Διαλυτό στο Διχλωρομεθ άνιο (DSF) ( % m/m )
Σύνταγμα	40	3,0	37 29*	23	6,0
Αγία Παρασκευή	78	54	24 24	20	4,0
Νίκαια	83	40	43 40*	37	3,0
Αγία Βαρβάρα	62	33	29 28*	23	5,0
Πειραιάς	75	42	33 36*	29	7,0
Κορυδαλλός	51	33	18 28*	23	5,0
Πανεπιστημιού- πολη Ζωγράφου	49	34	15 15	11	4,0

\* Οι προσδιορισμοί έγιναν σε διαφορετικό δείγμα της ίδιας περιοχής.

**Σχήμα 3:** Προσδιορισμός και υπολογισμός πέντε διαφορετικών κλασμάτων των συλλεγμένων σωματιδίων στα φίλτρα κλιματιστικών μηχανημάτων στις περιοχές δειγματοληψίας.





Στα δείγματα από την περιοχή του Συντάγματος μικρή, εντούτοις αναμενόμενη, προκύπτει η περιεκτικότητα σε ανόργανο άνθρακα, εφόσον δεν υπάρχουν ούτε στην ευρύτερη περιοχή, αλλά ούτε ειδικότερα και στο χώρο πιθανές πηγές υπεύθυνες για την παρουσία τους. Σχετικά περιορισμένη είναι και η τιμή για τον ολικό άνθρακα, φαινόμενο το οποίο πιθανότατα υποδηλώνει αυξημένη στα δείγματα την παρουσία ουσιών, οι οποίες στη θερμοκρασία που χρησιμοποιήθηκε διατηρούν αμετάβλητη τη χημική τους σύσταση. Σε σχέση με την τιμή του ολικού οργανικού άνθρακα, σε υψηλά επίπεδα βρίσκονται οι τιμές του διαλυτού στο διχλωρομεθάνιο κλάσματος και του στοιχειακού άνθρακα, όπου ουσιαστικότερες αιτίες μπορούν να θεωρηθούν το κάπνισμα στο χώρο, η λειτουργία ηλεκτρονικών υπολογιστών και η αυξημένη κίνηση των οχημάτων στην περιοχή του Συντάγματος.



**(Φωτογραφία 1).**

Σχετικά με την Αγία Παρασκευή στην υψηλή τιμή του ολικού άνθρακα συμβάλλει βέβαια ο ολικός οργανικός άνθρακας, αλλά κυριότερα ο ανόργανος, του οποίου η παρουσία είναι δυνατό να δικαιολογηθεί από την ύπαρξη του άλσους πλησίον του σημείου δειγματοληψίας. Χαμηλή σχετικά είναι η τιμή του διαλυτού στο διχλωρομεθάνιο κλάσματος. Για τα παρατηρούμενα αποτελέσματα κυριότερες αιτίες που μπορεί να επικαλεστεί κανείς είναι το κάπνισμα στο χώρο και τη λειτουργία ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η κίνηση των οχημάτων στην περιοχή είναι έντονη, βέβαια δεν είναι δυνατό να συγκριθεί με αυτή στο κέντρο της

πρωτεύουσας. Επιπλέον ρυμοτομία της περιοχής, της οποίας τα βασικότερα χαρακτηριστικά είναι η απουσία πολύ ψηλών κτιρίων και η ύπαρξη ελεύθερου χώρου μεταξύ των κτιρίων, συνηγορεί κατά της συσσώρευσης των ρύπων και βοηθά στη εύκολη διασπορά τους. Αν επιπλέον ληφθεί υπόψη ότι τα δείγματα του Συντάγματος και της Αγ. Παρασκευής συλλέχθηκαν από χώρους πανομοιότυπους τόσο ως προς την επιτελούμενη δραστηριότητα, όσο και ως προς τη διαρρύθμιση, συμπεραίνει κανείς ότι στην έντονη διαφοροποίηση αυτών των δύο περιοχών κυρίως συμβάλλει το εξωτερικό περιβάλλον.

Στην περιοχή της Νίκαιας η εξαιρετικά υψηλή τιμή για τον ολικό άνθρακα μοιράζεται εξίσου σε ολικό οργανικό και ανόργανο άνθρακα, για το επίπεδο του οποίου κυρίως υπεύθυνα είναι τα δημόσια έργα που εκτελούνταν απέναντι από το σημείο δειγματοληψίας. Όσον αφορά τον ολικό οργανικό άνθρακα, η τιμή αυτή μεταφράζεται σε αρκετά αυξημένες τιμές τόσο για το διαλυτό στο διχλωρομεθάνιο κλάσμα, όσο και για το στοιχειακό άνθρακα. Αναμφίβολα το κάπνισμα στο χώρο διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο και μάλιστα σε συνδυασμό με τον ελλιπή αερισμό της αίθουσας. Επίσης η συνεισφορά των οχημάτων θα έπρεπε να θεωρηθεί δευτερεύουσα, εφόσον το συγκεκριμένο κατάστημα βρίσκεται σε μη κεντρικό δρόμο.

Στην περιοχή της Αγίας Βαρβάρας εξίσου σχεδόν συμβάλλουν ο ολικός οργανικός άνθρακας και ο ανόργανος άνθρακας στην παρατηρούμενη τιμή του ολικού άνθρακα. Σε χαμηλότερα συγκριτικά με άλλες περιοχές επίπεδα βρίσκεται το διαλυτό στο διχλωρομεθάνιο κλάσμα. Αναμφίβολα στα παρατηρούμενα αποτελέσματα συμβάλλει η λειτουργία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, όπως και το κάπνισμα στο χώρο. Το κατάστημα το οποίο χρησίμευσε για τη συλλογή των δειγμάτων βρίσκεται σε υψόμετρο, υπάρχουν αρκετές εκτάσεις με χώμα πλησίον του σημείου δειγματοληψίας, όπως επίσης και εστίες καύσης με ξύλα (τζάκια και ξυλόσομπες). Το υψόμετρο και η απουσία πολλών ψηλών κτιρίων επιτρέπουν την εύκολη διασπορά των ρύπων. Η κίνηση των οχημάτων είναι και στην περίπτωση αυτή δευτερεύουσας σημασίας.

Στον Πειραιά η υψηλή συγκέντρωση του ολικού άνθρακα αντικατοπτρίζεται βέβαια στον ολικό οργανικό άνθρακα, αλλά κυρίως στον ανόργανο, πιθανότατα εξαιτίας των οικοδομικών εργασιών που εκτελούνταν πλησίον του σημείου δειγματοληψίας. Επιπλέον σε υψηλά συγκριτικά με άλλες περιοχές επίπεδα βρίσκεται και το διαλυτό στο διχλωρομεθάνιο κλάσμα των σωματιδίων. Αναφορικά με τον Πειραιά στους βασικότερους παράγοντες που δρουν καθοριστικά πάνω στη σύσταση των δειγμάτων, συγκαταλέγονται πρωτίστως η θάλασσα και κατά δεύτερον τα πλοία τα οποία εισέρχονται και εξέρχονται στο λιμάνι. Βεβαίως δεν θα πρέπει να λησμονηθεί η κίνηση των οχημάτων στον παραλιακό δρόμο της Πειραιϊκής, αλλά

και η παρουσία πετρελαιοκίνητων οχημάτων στην περιοχή του λιμανιού, όπως για παράδειγμα φορτηγών.

Στον Κορυδαλλό η μικρή συγκριτικά με άλλες περιοχές περιεκτικότητα σε ολικό άνθρακα αντικατοπτρίζει την πιθανή παρουσία στα δείγματα ουσιών που απαιτούσαν υψηλότερη θερμοκρασία για να οξειδωθούν. Το ποσοστό του ολικού άνθρακα διαμοιράζεται σχεδόν εξίσου σε ολικό οργανικό άνθρακα και ανόργανο άνθρακα. Επίσης σημαντικό είναι και το διαλυτό στο διχλωρομεθάνιο κλάσμα των σωματιδίων. Σημαντική επιρροή ασκούν η κυκλοφορία των οχημάτων στην παρακείμενη κεντρική πολυσύχναστη λεωφόρο και βεβαίως το κάπνισμα στο χώρο.

Στην περίπτωση της Πανεπιστημιόπολης Ζωγράφου στην παρατηρούμενη τιμή του ολικού άνθρακα συμμετέχει κατά κύριο λόγο ο ανόργανος άνθρακας, προφανώς εξαιτίας της εκτεταμένης ανοικοδόμησης που παρατηρείται στο Πανεπιστήμιο Αθηνών. Επιπλέον η περιοχή είναι δεντροφυτεμένη και η Πανεπιστημιόπολη συνορεύει με το Νεκροταφείο Ζωγράφου. Η ιδιαιτερότητα των συγκεκριμένων δειγμάτων έγινε από νωρίς αντιληπτή και αφορούσε το υπόλευκό τους χρώμα και την υφή τους, η οποία σε αντίθεση με τα υπόλοιπα δείγματα δεν ήταν σπογγώδης, αλλά χωματώδης. Τα επίπεδα του ολικού οργανικού άνθρακα είναι ιδιαίτερος χαμηλά, όπως επίσης και οι τιμές για το διαλυτό στο διχλωρομεθάνιο κλάσμα και για το στοιχειακό άνθρακα. Αυτό είναι αναμενόμενο, εφόσον η κίνηση των οχημάτων στην περιοχή είναι περιορισμένη και δεν αναφέρθηκε καπνιστική δράση στους χώρους από τους οποίους συλλέχθηκαν τα δείγματα. Το υψόμετρο και το γεγονός ότι η περιοχή είναι αραιοκτισμένη, ευνοούν την διάχυση και διασπορά των ρύπων.



**(Φωτογραφία 2). [7]**

## 5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.

### 5.1. Γενικά συμπεράσματα.

Με βάση τους προσδιορισμούς που πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα γενικά συμπεράσματα:

1. Οι περιοχές που βρίσκονται **μακριά από το κέντρο** της Αθήνας παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ολικό άνθρακα (TC) σε σχέση με αυτές του κέντρου.
2. Τα **κεντρικά σημεία της Αθήνας** διακρίνονται από υψηλή περιεκτικότητα σε ολικό οργανικό άνθρακα (TOC) και χαμηλή σε ανόργανο άνθρακα (IC). Αντίθετα σε περιοχές της περιφέρειας η συμμετοχή του ανόργανου άνθρακα είναι αισθητά μεγαλύτερη.
3. Επίσης μεγαλύτερο είναι το διαλυτό κλάσμα στο διχλωρομεθάνιο (DSF) για τα δείγματα από το κέντρο της Αθήνας και άλλα σημεία με **αυξημένη κίνηση οχημάτων**, όπως για παράδειγμα ο Πειραιάς. Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται μια αισθητά μειωμένη τιμή του DSF για περιοχές της περιφέρειας, όπως η Αγία Παρασκευή και η Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου.
4. Στους χώρους όπου υπάρχει **καπνιστική δραστηριότητα** προκύπτουν τιμές σχετικά μεγαλύτερες για όλες τις παραμέτρους και κυρίως για τον στοιχειακό άνθρακα (EC). Χαρακτηριστικό αντιπαράδειγμα αποτελεί η Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, όπου τα φίλτρα ήταν ακαθάριστα για διάστημα έως και τεσσάρων χρόνων, αλλά δεν βρέθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις στοιχειακού άνθρακα, εφόσον στους χώρους από όπου ελήφθησαν δεν υπήρχαν καπνιστές.
5. Στους χώρους όπου λειτουργούν **ηλεκτρονικοί υπολογιστές** και άλλες **ηλεκτρονικές συσκευές** προκύπτουν τιμές σχετικά μεγαλύτερες για όλες τις παραμέτρους.

### 5.2. Προτάσεις

1. Η εγκατάσταση και η συντήρηση κλιματιστικών μηχανημάτων θα πρέπει να ανατίθεται σε άτομα με κατάρτιση και τεχνογνωσία, εφόσον πρόκειται για ένα σύνθετο πρόβλημα που απαιτεί γνώση και εμπειρία.
2. Πριν την εγκατάσταση των κλιματιστικών μηχανημάτων είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως η περιοχή και ο χώρος εγκατάστασης, η ηλικία και η αρχιτεκτονική του κτιρίου, η ύπαρξη ή όχι μόνωσης, όπως επίσης η διαρρύθμιση του χώρου και η επιτελούμενη σε αυτόν δραστηριότητα.
3. Προτείνεται η αποφυγή του καπνίσματος στους χώρους όπου λειτουργούν κλιματιστικά μηχανήματα.
4. Είναι απαραίτητη η ανανέωση του αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο κατά διαστήματα με το άνοιγμα παραθύρων.

5. Κριτήρια για τον καθαρισμό των φίλτρων και τη συντήρηση του κλιματιστικού μηχανήματος, θα πρέπει να αποτελούν η περιοχή (π.χ. κίνηση οχημάτων), η δραστηριότητα που επιτελείται στο χώρο (π.χ. οικία ή εργασιακός χώρος, κάπνισμα ή μη), και η μέση ημερήσια λειτουργία του κλιματιστικού μηχανήματος. Οποσδήποτε πάντως η συντήρηση θα πρέπει να πραγματοποιείται συχνότερα. Προτείνεται επιπλέον και η καθιέρωση ενός «Δελτίου Συντήρησης» με σκοπό την ορθή και έγκαιρη συντήρηση των κλιματιστικών μηχανημάτων.

6 Οι χρήστες των κλιματιστικών μηχανημάτων κρίνεται απαραίτητο να ενημερώνονται σε βάθος με σκοπό την ορθότερη χρήση τους και την αποφυγή κάθε είδους σπατάλης (όπως ενέργειας), η οποία όχι μόνο επιβαρύνει το περιβάλλον, αλλά καταπονεί και το κλιματιστικό.

7.Τέλος, εκφράζουμε την αισιοδοξία μας ότι στο μέλλον θα μπορέσουν να βρεθούν νέοι και περισσότερο φιλικόι προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον τρόποι ψύξης των χώρων

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

- (1) Σ. Π. Αναστασιάδης, (1979) *Κλιματισμός Χειμώνα και Καλοκαίρι*, σελ. 166–175, 528–553, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- (2) E. M. Birch, (1998), “Analysis of carbonaceous aerosols: interlaboratory comparison”, *The Analyst*, **123**, 851-857.
- (3) H. Cahier, M. P. Bremond, P. Buat-Menard, (1989), “Determination of atmospheric soot carbon with a sample thermal method”, *Ser. B. Chem. Phys. Meteorol.*, **41**, 379-390.
- (4) J. Carrington, I. Gee, A. Watson, L. Stewart, (2001), “ETS-RSP Particulate Marker Factors: Variation in Published Factors and Application to ETS Data from Two Types of Indoor Environments”, *Indoor Built Environment*, **10**, 214-221.
- (5) C. Y. Chao, G.Y. Chan, L. Ho, (2001), “Feasibility Study of an Indoor Air Quality Measurement Protocol on 12 Parameters in Mechanically Ventilated and Air- Conditioned Buildings”, *Indoor and Built Environment*, **10**, 3-19.
- (6) C. Dimitropoulou, M. R. Ashmore, M. A. Byrne, (2001), “Modeling the Contribution of Passive Smoking to Exposure to PM<sub>10</sub> in UK Homes”, *Indoor Built Environment*, **10**, 209-213.
- (7) S. Ferrari, H. Belevi, P. Baccini, (2002), “Chemical speciation of carbon in municipal solid waste incinerator residues”, *Waste Management*, **22**, 303-314.
- (8) K. Funasaka, T. Miyazaki, K. Tsuruho, K. Tamura, T. Mizuno and K. Kuroda, (2000), “Relationship between indoor and outdoor carbonaceous particulates in roadside households”, *Environmental Pollution*, **110**, 127-134.
- (9) A. P. Jones, (1999), “Indoor air quality and health” *Atmospheric Environment*, **33**, 4535-4564.
- (10) J. Kildeso, J. Vallarino, J. D. Spengler, H. S. Brightman, T. Schneider, (1999), “Dust build-up on surfaces in the indoor environment”, *Atmospheric Environment*, **33**, 699-707.
- (11) I. K. Koponen, A. Asmi, P. Keronen, K. Puhto and M. Kulmala, (2001), “Indoor air measurement campaign in Helsinki, Finland 1999 – the effect of air pollution on indoor air”, *Atmospheric Environment*, **35**, 1465-1477.
- (12) P. Kumar, (2001), “Characterisation of Indoor Respirable Dust in a Locality of Delhi, India”, *Indoor Built Environment*, **10**, 95-102.
- (13) A. Nayebzadeh, S. Cragg-Elkouh, R. Rancy, A. Dufresne, (1999), “Sources of Indoor Air Contamination on the Ground Floor of a High-Rise Commercial Building”, *Indoor Environment*, **8**, 237-245.

- (14) A. Wadge, (1995), "Indoor Air Quality: A UK Perspective", *Indoor Environment*, **4**, 281-288.
- (15) H. Q. Wang, J. D. Chen, H. Zhang, (2001), "Ventillation, Air- Conditioning and the Indoor Air Environment", *Indoor and Built Environment*, **10**, 52-57.
- (16) Λ. Γ. Βύρα, (1989) *Παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής Αθηνών από πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες*. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας.
- (17) Μ. Ι. Δασενάκης, *Σημειώσεις για το εργαστήριο χημικής ωκεανογραφίας*, σελ. 62-70, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας, Εργαστήριο Ανόργανης Χημείας.
- (18) Π. Α. Σίσκος, Δ. Π. Νικολέλης, (1991) *Αναλυτικές μέθοδοι διαχωρισμού*, σελ. 152-205, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας.
- (19) Π. Α. Σίσκος, Μ. Ι. Σκούλλος, (1990) *Περιβαλλοντική Χημεία II*, σελ. 208-227, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας.
- (20) Θ. Π. Χατζηϊωάννου, (1992) *Εργαστηριακές Ασκήσεις Ποσοτικής Αναλυτικής Χημείας*, σελ. 591-594, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας.
- (21) W. C. Whitman, W. M. Johnson, J. A. Tomczyk, *Τεχνολογία ψύξεως και κλιματισμού – Εγκαταστάσεις κλιματισμού*, 4<sup>η</sup> Έκδοση, σελ. 493– 498, Εκδόσεις «Ιων».
- (22) European Collaborative Action. Indoor Air Quality & Its Impact On Man. Report No 4. Sick Building Syndrome – A Practical Guide.