



ΑΡΘΡΑ

# ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΙΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

Αθανάσιος Βαλαβανίδης και Μαργαρίτα Βατίστα

Τμήμα Χημείας, Εργαστήριο Οργανικής Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών

## Περίληψη

Η ερευνητική αυτή εργασία αφορά τον προσδιορισμό αερίων ρύπων που έγιναν σε αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήρια, βιβλιοθήκες και κοινόχρηστους χώρους του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι αέριοι ρύποι που μετρήθηκαν ήταν: CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, φορμαλδεΐδη (HCHO) και Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (TVOC). Επίσης, έγιναν μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού την ίδια στιγμή με τις μετρήσεις των αερίων ρύπων στους εσωτερικούς χώρους του Τμήματος Χημείας. Τα ηλεκτρονικά όργανα, όπως το BABUICK, ο ηλεκτροχημικός ανιχνευτής GASMAN για το όζον, ο ηλεκτρονικός ανιχνευτής PPM (formaldehydemeter) για την φορμαλδεΐδη και ο φωτοϊονιζόμενος ανιχνευτής PHOTOVAC 2020 για το σύνολο των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC). Οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν στους συνολικά 18 εσωτερικούς χώρους δεν ξεπερνούσαν τις τιμές που θεωρούνται ικανοποιητικοί για εργασιακούς χώρους, εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα σε μερικά εργαστήρια και την βιβλιοθήκη, καθώς και την φορμαλδεΐδη και τα TVOC σε μερικά εργαστήρια. Οι μετρήσεις αυτές πρέπει να διεξάγονται περιοδικά και σε τακτά χρονικά διαστήματα για να δώσουν περισσότερες πληροφορίες για τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων του Τμήματος Χημείας.

## Abstract

Measurements of air pollutants were performed in the laboratories, offices, lecture halls and libraries of the Department of Chemistry in the University of Athens. The air pollutants were CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, formaldehyde (HCHO) and total Volatile Organic Compounds (TVOC). Measurements of temperature, humidity and illumination were performed at the same time in all indoor environments. Monitoring instruments were the multiple BABUICK, the electrochemical gas sensor GASMAN for ozone, the PPM formaldehydemeter and the photoionization monitor PHOTOVAC 2020 for TVOC. The concentrations found (18 indoor environment spaces) were mostly below indoor standards, except for CO<sub>2</sub> and TVOC in some laboratories. These measurements must continue periodically every few months in order to give us the appropriate information concerning factors that influence emissions of air pollutants in the indoor spaces of the Department of Chemistry of the University of Athens.

**Λέξεις-κλειδιά:** αέριοι ρύποι, αναλυτικοί δειγματολήπτες, εσωτερικοί χώροι, πτητικές οργανικές ενώσεις, φορμαλδεΐδη, χημικά εργαστήρια.

## 1. Εισαγωγή

Το εργασιακό περιβάλλον και οι εσωτερικοί χώροι (οικίες, γραφεία, κοινόχρηστοι χώροι, σχολεία, νοσοκομεία, κ.λπ.) αποτελούν πλέον τις σημαντικότερες περιοχές έκθεσης σε χημικούς, φυσικούς και βιολογικούς παράγοντες που μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν επιτευχθεί σημαντικά βήματα στην προστασία των εργαζομένων από τοξικές, καρκινογόνες και επικίνδυνες ουσίες στους εργασιακούς χώρους με μέτρα για την προστασία της υγείας και ασφάλειας και αυστηρές νομοθετικές διατάξεις. Η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), έχει προωθήσει μεγάλο αριθμό οδηγιών και κανονιστικών διατάξεων για τον περιορισμό ή απαγόρευση επικίνδυνων ουσιών στους εργασιακούς χώρους.<sup>1,2</sup> Επίσης, την τελευταία δεκαετία έχει ενισχυθεί ο θεσμός του γιατρού εργασίας και του τεχνικού ασφάλειας, καθώς και οι δικαιοδοσίες της επιθεώρησης εργασίας του Υπουργείου Εργασίας (Διεύθυνση Συνθηκών και Υγιεινής της Εργασίας) για την αντιμετώπιση εργατικών ατυχημάτων, επαγγελματικών ασθενειών, και της επίβλεψης των κανόνων υγείας και ασφάλειας στο εργασιακό περιβάλλον.<sup>3-5</sup>

## 2. Ρύπανση Εσωτερικών Χώρων και Επιπτώσεις στην Υγεία του Ανθρώπου

Τις τελευταίες δεκαετίες το εργασιακό περιβάλλον έχει μεταβληθεί δραστικά με σημαντική μετατόπιση των εργαζομένων στον τριτογενή τομέα και αντίστοιχη συρρίκνωση του βιομηχανικού και αγροτικού τομέα. Το 60% των εργαζομένων σήμερα (σε ορισμένες αναπτυγμένες χώρες το ποσοστό είναι υψηλότερο) εργάζεται σε τομείς υπηρεσιών, νοσοκομεία, σχολεία, δημόσια γραφεία, ξενοδοχεία, καταστήματα λιανικής, τουρισμό, κ.λπ. Οι εργασιακοί αυτοί χώροι διαφέρουν σημαντικά από το παλιό εργασιακό περιβάλλον (εργοστάσια, βιοτεχνίες, γεωργικές επιχειρήσεις, κ.λπ.) γιατί δεν παράγονται προϊόντα και οι συνθήκες είναι τελείως διαφορετικές.<sup>6</sup> Επίσης, έρευνες δείχνουν ότι ο άνθρωπος περνάει το 80-90% του χρόνου του σε εσωτερικούς χώρους (υπηρεσίες, γραφεία, οικίες, αυτοκίνητα, κοινόχρηστοι χώροι). Με βάση αυτά τα δεδομένα, οι επιστήμονες έχουν επικεντρώσει την προσοχή τους στους χημικούς ρύπους και φυσικούς παράγοντες (ακτινοβολία, θερμότητα, θόρυβος, κ.λπ.), καθώς και στους βιολογικούς παράγοντες (μικρόβια, μύκητες, ιοί, κ.λπ.) των εσωτερικών χώρων.<sup>7</sup> Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ξεκινήσει ένα δραστήριο πρόγραμμα ερευνών για τους εσωτερικούς χώ-



ρους.<sup>8</sup> Οι συγκεντρώσεις των ρύπων στους εσωτερικούς χώρους είναι εξαιρετικά χαμηλές, προκαλώντας ενοχλήσεις, νοσηρότητα και αλλεργικές αντιδράσεις. Τα φαινόμενα νοσηρότητας εργαζομένων σε πολυώροφα γραφεία με κεντρικό σύστημα εξαερισμού αποκαλούνται «Σύνδρομο του Αρρωστημένου Κτιρίου» (Sick Building Syndrome) λόγω της πολυπλοκότητας των φαινομένων και του συνδυασμού ρύπων και συνθηκών εργασίας.<sup>9,10</sup> Πρόσφατες επιδημιολογικές έρευνες για τις επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου από την ρύπανση των εσωτερικών χώρων δείχνουν ότι η συνεργική δράση των διαφόρων παραγόντων παίζει σημαντικό ρόλο για τα προβλήματα υγείας των εργαζομένων.<sup>11,12</sup>

### 3. Ρύπανση Εργαστηρίων και Κοινόχρηστων Χώρων Πανεπιστημίων από Χημικούς Παράγοντες

Η ρύπανση εσωτερικών χώρων πανεπιστημίων, και ιδιαίτερα εργαστηρίων σε σχολές θετικών επιστημών, δεν θεωρείται επικίνδυνη για την υγεία εφόσον λαμβάνονται μέτρα προστασίας της υγείας και ασφάλειας. Παρόλα αυτά, η χρήση τοξικών χημικών ουσιών, διαλυτών, πτητικών αρωματικών ενώσεων και άλλων επικίνδυνων ουσιών (πυκνά οξέα, ισχυρά οξειδωτικά, κ.λπ.) επιβάλλει την εφαρμογή κανόνων υγιεινής και ασφάλειας για τους φοιτητές, ερευνητές και το επιστημονικό προσωπικό.<sup>13,14</sup> Πολυάριθμες επιδημιολογικές έρευνες με χημικούς, βιοχημικούς και βιολόγους που εργάζονται σε εργαστήρια πανεπιστημίων και επιστημονικών ιδρυμάτων δείχνουν ότι τα προβλήματα υγείας και ασφάλειας είναι περιορισμένα, αλλά με την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται μέτρα προστασίας των εργαζομένων.<sup>15-17</sup> Οι εργαζόμενοι σε χημικά, βιοχημικά και βιοϊατρικά εργαστήρια εκτίθενται σε χημικούς ρύπους, φυσικούς παράγοντες (θόρυβος, ακτινοβολία) και βιολογικά υλικά, αλλά και σε ρύπους των εσωτερικών χώρων (CO<sub>2</sub>, CO, πτητικές οργανικές ουσίες από υλικά, καπνό του τσιγάρου, NO<sub>x</sub>, φορμαλδεΐδη από πλαστικά υλικά, σκόνη ξηράς μελάνης εκτυπωτών και φωτοτυπικών μηχανημάτων, ακάρεα, σκόνη χαρτιού, κ.λπ.). Οι συνθήκες εργασίας στους εσωτερικούς χώρους εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα των χώρων, όπου διεξάγονται τα πειράματα, τον εξαερισμό τους, το θόρυβο, τον φωτισμό, την υγρασία, τη χρήση απαγωγών και από μία σειρά παραγόντων υγείας και κανόνων ασφάλειας. Με βάση την εμπειρία των εργαστών του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών και τις ερευνητικές δραστηριότητες για τον ποσοτικό προσδιορισμό χημικών ρύπων σε εσωτερικούς χώρους αναλάβουμε την διεξαγωγή μετρήσεων στους χώρους του Πανεπιστημίου στην Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου.<sup>18-120</sup>

## 4. Πειραματικό μέρος

### 4.1. Εσωτερικοί χώροι όπου διεξήχθησαν μετρήσεις αερίων ρύπων:

Οι χώροι του Τμήματος Χημείας, του Πανεπιστημίου Αθηνών στην Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, όπου έγιναν μετρήσεις ήταν: δεκαοκτώ (18) αίθουσες, εκ των οποίων 12 εργαστήρια οργανικής, ανοργάνου, βιομηχανικής χημείας και βιοχημείας, 1 παρασκευαστήριο χημικών εργαστών, 1 αίθουσα γραμματείας εργαστηρίου, η βιβλιοθήκη και το αναγνωστήριο Θετικών Επιστημών, 1 αίθουσα διδασκαλίας και το κεντρικό αμφιθέατρο Α15. Οι μετρήσεις έγιναν με την τοποθέτηση των μηχανημάτων στο κέντρο της αίθουσας, στο ύψος της αναπνευστικής οδού, με κλειστά παράθυρα και σε θερμοκρασίες 20-22°C. Στις αίθουσες εργαστηρίων διεξάγονταν εργαστηριακές ασκήσεις, φοιτητές και προσωπικό παρευρίσκονταν (περιορισμένος αριθμός ατόμων) κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

### 4.2. Αναλυτικά όργανα για τον προσδιορισμό αερίων ρύπων και μετρήσεις φυσικών παραγόντων:

Αυτόματος αναλυτής BABUCK/M (L.S.1.) με 6 διαφορετικούς αισθητήρες (BSU400 για τη μέτρηση θερμοκρασίας, BSR001 για τη μέτρηση της λαμπρότητας φωτός, BSO103 για τον προσδιορισμό CO<sub>2</sub>, ηλεκτροχημικός BSO101 για τη μέτρηση CO, BSO108 για τη μέτρηση NO<sub>2</sub>, BSO111 για τη μέτρηση SO<sub>2</sub>, BSO129 για τη μέτρηση Cl<sub>2</sub>).

Όζον με ανιχνευτή GASMAN (Bier & Lang),

Φορμαλδεΐδη με ανιχνευτή PPM Formaldehyde meter 3 με ηλεκτροχημικό αισθητήρα (PPM Ltd),

Χημικοί ρύποι	Μέση συγκέντρωση τριών μετρήσεων (ppm) ± τυπική απόκλιση	Ελάχιστη συγκέντρωση ppm	Μέγιστη συγκέντρωση ppm	Επιτρεπτά όρια ποιότητα αέρα για εργασιακού χώρους στην Ελλάδα (ΠΔ 90/13.5.1999)
CO <sub>2</sub>	516 ± 21	488	539	5000 ppm
CO	3 ± 0,3	2,5	3,3	50 ppm
NO <sub>2</sub>	0,2 ± 0,05	0,2	0,2	5 ppm
SO <sub>2</sub>	0,25 ± 0,05	0,2	0,3	2 ppm
Cl <sub>2</sub>	0,17 ± 0,05	0,1	0,2	1 ppm
O <sub>3</sub>	0,0	-	-	0,1 ppm
HCHO	0,27	-	-	2 ppm
VOCs (total)	6,8	6,2	7,5	<200 µg/m <sup>3</sup> (εξαρτάται από το είδος των Cs)
<b>Φυσικοί παράγοντες</b>				
Θερμοκρασία	21°C ± 1	20,9	21,1	23-26°C
Υγρασία	52,5(%) ± 0,5	51,8	53,4	~ 50%
Φωτισμός	375 (lux) ± 4	372	380	240-600 lux (γραφικές εργασίες)

(-) τιμές μικρότερες του ορίου προσδιορισμού του οργάνου

Πίνακας 1. Παράδειγμα μετρήσεων σε αίθουσα εργαστηρίων χημείας (25 m<sup>2</sup>) σε θερμοκρασία δωματίου, διάρκεια μετρήσεων 15 λεπτά

Μετρητής ανίχνευσης TVOCs, Photovac 2020 (PE PHOTOVAC) με αισθητήρα φωτισμού.

Όλα τα όργανα μετρήσεων είχαν βαθμονομηθεί με πρότυπα δείγματα και οι μετρήσεις έγιναν 3 φορές στην ίδια αίθουσα.

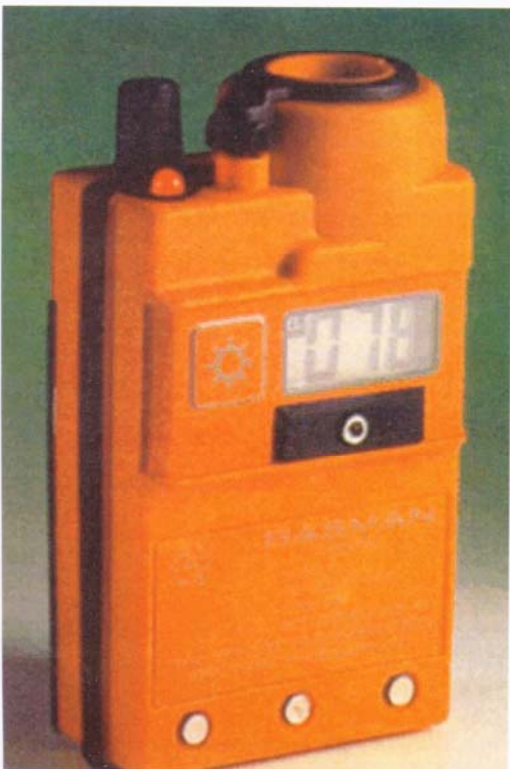
## 5. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εργασία σε πίνακα κατά κατηγορία αισθουσών. Ένα παράδειγμα όμως θα μας δώσει την εικόνα των μετρήσεων με τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων με τη μέση τιμή την τυπική απόκλιση (Πίνακας 1).

Συνοπτικά αποτελέσματα για τους διάφορους αέριους ρύπους σε εργαστήρια και αίθουσες (γραφεία, αίθουσες διδασκαλίας, βιβλιοθήκες κ.λπ.) του Τμήματος Χημείας. Οι μετρήσεις έγιναν κατά το μήνα Φεβρουάριο και επαληθεύσαν τον μήνα Ιούλιο του 2002.

### 5.1. Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>):

Η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> ήταν σχετικά χαμηλή σε όλα τα εργαστήρια και κοινόχρηστους χώρους (450-715 ppm). Υψηλές συγκεντρώσεις παρουσιάστηκαν στην κεντρική βιβλιοθήκη (1800-2800 ppm) και σε αίθουσα μεγάλου αμφιθεάτρου (250 θέσεων με παρόντες 150 φοιτητές) (1650-2700 ppm). Στις δύο αυτές περιπτώσεις παρατηρήθηκε ότι ο αερισμός των αιθουσών ήταν ανεπαρκής. Τα όρια που έχουν θεσπισθεί από διεθνείς οργανισμούς για το εργασιακό περιβάλλον είναι 5.000 ppm [NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health, OSHA (Occupational Safety and Health Administration), ACGIH(American Conference of Governmental Industrial



Hygienists): TLV (Threshold Limit Value)], αλλά η WHO (World Health Organization) προτείνει υγιεινό όριο στα 1.800 ppm για να μην προκαλεί πονοκεφάλους και ζάλη σε άτομα με μεγάλη διακύμανση ηλικιών. Το όριο στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) (εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας, Π.Δ. 90/13.5.1999) για το εργασιακό περιβάλλον είναι επίσης 5.000 ppm.

### 5.2. Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO):

Οι μετρήσεις σε εργαστήρια και αίθουσες του Τμήματος Χημείας κυμαίνονταν μεταξύ 2-3 ppm. Τα επίπεδα αυτά ήταν εξαιρετικά χαμηλά σε σχέση με τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια των διεθνών και εθνικών προδιαγραφών: 35 ppm (NIOSH), 25 ppm (ACGIH, TLV), 10 ppm για 8 ώρες και 25 ppm για 1 ώρα (WHO). Το όριο στην ΕΕ και στην Ελλάδα είναι 50 ppm για το εργασιακό περιβάλλον. Τα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα είναι αναμενόμενα λόγω της απουσίας καύσεων στα εργαστήρια και της περιορισμένης εξωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανση από καυσάερια αυτοκινήτων στην περιοχή της Πανεπιστημιούπολης Ζωγράφου.

### 5.3. Διοξείδιο του Αζώτου (NO<sub>2</sub>):

Οι μετρήσεις στις διάφορες αίθουσες παρουσίασαν διακυμάνσεις μεταξύ 0.1 και 0.2 ppm. Οι τιμές αυτές είναι εξαιρετικά χαμηλές σε σχέση με τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια του 1 ppm (NIOSH), 5 ppm (OSHA), 3 ppm (ACGIH, TLV), 5 ppm (ΕΕ). Τα αποτελέσματα είναι αναμενόμενα για χώρους όπου δεν πραγματοποιούνται καύσεις και η εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση είναι περιορισμένη στην περιοχή της Πανεπιστημιούπολης Ζωγράφου.

### 5.4. Διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>):

Οι μετρήσεις έδειξαν συγκεντρώσεις της τάξης των 0.2-0.3 ppm. Οι τιμές αυτές είναι φυσιολογικές και πολύ χαμηλές σε σχέση με τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια 2-5 ppm για εργασιακούς χώρους. Τα όρια είναι 2 ppm (NIOSH), 5 ppm (OSHA), 2 ppm (ACGIH) και 2 ppm (ΕΕ).

Τα αποτελέσματα είναι αναμενόμενα λόγω της απουσίας πηγών καύσης θειούχων υλικών ή ορυκτών καυσίμων. Η ατμοσφαιρική ρύπανση από κεντρικές θερμάνσεις ή καυσάερια στην περιοχή της Πανεπιστημιούπολης είναι περιορισμένη.

### 5.5. Χλώριο (Cl<sub>2</sub>):

Οι μετρήσεις για τον αέριο χλώριο κυμαίνονταν από 0,1 μέχρι 0,19 ppm. Οι τιμές αυτές είναι χαμηλές σε σχέση με τα ανώτατα όρια των 0,5 ppm. Τα όρια είναι 0,5 ppm (NIOSH), 1 ppm (OSHA), 0,5 ppm (ACGIH), 1 ppm (ΕΕ). Οι μετρήσεις χλωρίου είναι χαμηλές, αν και χρησιμοποιούνται υδροχλωρικό οξύ και άλλες χλωριούχες ενώσεις στα εργαστήρια.

### 5.6. Όζον (O<sub>3</sub>):

Οι μετρήσεις στις αίθουσες έδειξαν συγκεντρώσεις της τάξης των 0,01-0,02 ppm. Οι τιμές αυτές είναι εξαιρετικά χαμηλές σε σχέση με τα όρια των 0,1 ppm που έχουν καθορισθεί από διάφορους εθνικούς οργανισμούς για το εργασιακό περιβάλλον (OSHA, ACGIH, WHO, ΕΕ). Το όζον είναι ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας και σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους πνεύμονες. Παρά το ότι η περιοχή βρίσκεται μακριά από το κέντρο της Αθήνας, το όζον σχηματίζεται στην περιοχή Υμηττού ως δευτερογενής φωτοχημικός ρύπος. Παρόλα αυτά στις αίθουσες δεν μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος που να προέρχεται από την εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση των καλοκαιρινών μηνών.

### 5.7. Φορμαλδεΐδη (HCHO):

Οι μετρήσεις φορμαλδεΐδης έδειξαν συγκεντρώσεις της τάξης των 0,1-1.1 ppm. Οι μετρήσεις αυτές χρήζουν περαιτέρω αναλυτικών μετρήσεων με κλειστά και ανοικτά παράθυρα για να εξαχθούν χρήσιμα αποτελέσματα. Οι τιμές της φορμαλδεΐδης είναι υψηλές, κοντά στα όρια των επιτρεπόμενων

συγκεντρώσεων: 0,1 ppm (NIOSH), 0,75 ppm (OSHA), 0,3 ppm (ACGIH), 2 ppm (WHO), 2 ppm (EE). Οι πηγές ρύπανσης στις αίθουσες είναι τα έπιπλα, τα περισσότερα των οποίων είναι από μελαμίνη και άλλα πλαστικά υλικά που εκπέμπουν μικρές ποσότητες φορμαλδεΐδης. Επίσης, η φορμαλδεΐδη είναι φωτοχημικός δευτερογενής ρύπος. Αρκετές έρευνες έχουν προσδιορίσει εκπομπές φορμαλδεΐδης σε εσωτερικούς χώρους και το εργασιακό περιβάλλον και έχουν κάνει την εκτίμηση κινδύνου για τον άνθρωπο.<sup>21, 22</sup> Η επιτροπή μελέτης των εσωτερικών χώρων στην ΕΕ έχει διεξάγει έρευνες για την φορμαλδεΐδη σε ευρωπαϊκές χώρες. Υψηλές συγκεντρώσεις έχουν παρατηρηθεί σε αίθουσες με πολλά πλαστικά έπιπλα.<sup>23</sup>

### 5.8. Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (TVOCs):

Οι μετρήσεις σε εργαστήρια και αίθουσες έδειξαν συγκεντρώσεις της τάξης των 2.5-7 ppm. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάστηκαν σε εργαστήρια όπου διεξάγονταν πειράματα με πτητικούς οργανικούς διαλύτες. Η χρήση απαγωγών και η ύπαρξη ανοικτών παραθύρων στα εργαστήρια είχαν ως αποτέλεσμα να μειωθούν αισθητά οι συγκεντρώσεις των πτητικών διαλυτών. Λόγω της ποικιλίας και πολυπλοκότητας της τοξικότητας των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) δεν έχει καθιερωθεί ανώτατο επιτρεπόμενο όριο για εργασιακούς χώρους. Ως κριτήριο λαμβάνεται το Κατώτερο δυνατό όριο που μπορεί να επιτευχθεί (ALARA, as low as reasonably Achievable) με συγκεντρώσεις της τάξης των 200-300 ppm. Οι διάφοροι οργανισμοί προστασίας της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων ορίζουν ως ανώτατα επιτρεπόμενα όρια: Βενζόλιο, 0,1-10 ppm, Τολουόλιο 100 ppm, και Διμεθυλοβενζόλιο (Ξυλόλιο) 50-100 ppm.

Στην Ελλάδα έχουν γίνει έρευνες για πτητικές οργανικές ενώσεις στην ατμόσφαιρα του λεκανοπεδίου Αττικής.<sup>24</sup> Επίσης έχουν διεξαχθεί έρευνες σε σταθμούς ανεφοδιασμού πετρελαιοειδών και χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων στην Αθήνα για ορισμένες πτητικές οργανικές ενώσεις (π.χ. βενζόλιο, τολουόλιο, Ξυλόλιο).<sup>25-28</sup> Επίσης, έχουν γίνει πρόσφατα έρευνες για τις συγκεντρώσεις αερίων ρύπων (διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδία αζώτου, φορμαλδεΐδη, όζον, TVOCs, κ.λπ.) στην ατμόσφαιρα σχολείων στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδικότητας «Χημεία και Τεχνολογία Περιβάλλοντος» του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι μετρήσεις των αερίων ρύπων έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της παρούσας μελέτης.<sup>29, 30</sup>

### 6. Συμπεράσματα

Οι μετρήσεις αερίων ρύπων στους εργασιακούς και εσωτερικούς χώρους του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών στην Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις είναι αρκετά χαμηλές. Τα πιο σημαντικά προβλήματα παρουσιάζονται με το διοξείδιο του άνθρακα, που οφείλεται στην αναπνοή των ανθρώπων και εκπομπές καύσης και η φορμαλδεΐδη από τα πλαστικά έπιπλα. Συγκρινόμενες οι συγκεντρώσεις αυτές με τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια εκθέσεων σε εργασιακούς χώρους, διαφόρων διεθνών και εθνικών οργανισμών συνθηκών εργασίας και προστασίας των εργαζομένων, είναι 5-10 φορές χαμηλότερες. Παρόλα αυτά, οι συγκεντρώσεις των αερίων ρύπων μπορούν να αυξηθούν όταν δεν λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα εξερισμού και οι πειραματικές διεργασίες διεξάγονται εκτός των απαγωγών. Οι συγκεντρώσεις, ιδιαίτερα των πτητικών οργανικών ενώσεων και άλλων ρύπων, μπορούν να αυξηθούν όταν δεν διεξάγονται πειράματα εντός των απαγωγών, σε περιπτώσεις όπου μεγάλος αριθμός φοιτητών διεξάγουν πειράματα με τοξικές, πτητικές, ουσίες και διαλύτες, ενώ ο εξερισμός είναι ελλιπής λόγω κλειστών παραθύρων (ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες). Οι φοιτητές και το προσωπικό πρέπει να είναι ενημερωμένοι για την τοξικότητα των διαφόρων χημικών ουσιών που χρησιμοποιούν και να λαμβάνουν τις κατάλληλες προφυλάξεις ώστε να περιορισθεί η ρύπανση των εσωτερικών χώρων. Πρόσφατα ξεκίνησε και ένα πολυέξοδο, αλλά



απαραίτητο μέτρο, της απομάκρυνσης των υπολειμμάτων χλωριωμένων διαλυτών, φιαλών και παλαιών τοξικών ουσιών που υπήρχαν στις αποθήκες των εργαστηρίων.

### 7. Βιβλιογραφία

1. Σαραφόπουλος Ν. Οδηγός Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας. Μεταίχμιο, Αθήνα, 2001.
2. Βαλαβανίδης Α. Χημικοί Παράγοντες στο Εργασιακό Περιβάλλον. Προβλήματα Υγείας και Ασφάλειας των Εργαζομένων. Εκδ. Σύγχρονα Θέματα, Αθήνα, 1995.
3. Μπανούτσος Η. Σαραφόπουλος Ν. Εγχειρίδιο Νομοθεσίας Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας. Τόμος Α και Β. ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. Αθήνα, 1994.
4. Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων. Γενική Διεύθυνση Συνθηκών και Υγιεινής της εργασίας. Νομοθετήματα Εναρμόνισης του Εθνικού μας Δικαίου προς τις Κοινοτικές Οδηγίες για την Υγιεινή και Ασφάλεια των Εργαζομένων. Εκδ. Υπ. Εργασίας και Κ.Α., Αθήνα, 2000. Νομοθετικό Πλαίσιο για την Υγιεινή και Ασφάλεια των Εργαζομένων. Εκδ. Υπ. Εργασίας και Κ.Α., Αθήνα, 2000.
5. Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.) Υγιεινή και Ασφάλεια της Εργασίας. 2003, 13: 3-35.
6. Βαλαβανίδης Α. Ρύπανση εσωτερικών χώρων και χημικοί παράγοντες. Σύνορο αρρωστημένου κτιρίου. Στο: Βαλαβανίδης Α. Χημικοί Παράγοντες στο Εργασιακό Περιβάλλον. Προβλήματα υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων. Σύγχρονα Θέματα, Αθήνα, 1995:89-104.
7. World Health Organization. Indoor Air Pollutants: Exposure and Health Effects. WHO-EURO Reports and Studies 78. WHO publs, Geneva, 1983; WHO. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Office for Europe. WHO Regional Publications, European Series, No 23, Copenhagen, 1987.
8. European Concerted Action. Indoor Air Quality and Its Impact on Man. Commission of the European Communities. Directorate General for Science, Research and Development. Joint Research Centre-Institute for the Environment. Brussels, 1989-1995.

9. WHO. Regional Office for Europe. Sick Building Syndrome. WHO publs, Geneva, 1995. (Μετάφραση, Αθ. Βαλαβανίδης και Δ. Παναγόπουλος. Το Σύνδρομο του Αρρωστημένου Κτιρίου. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2000, περιορισμένη έκδοση)
10. Redlich C.A., Sparer J., Cullen M.R. Sick-building syndrome. *Lancet* 1997, **349**: 1013-1016.
11. Knoppel H., Wolkoff, P., eds. Chemical, Microbiological, Health and Comfort. Aspects of Indoor Air Quality-State of the Art in SBS. Kluwer-Academic, Dordrecht, 1992.
12. Teichman K.Y. Indoor air quality: exploring policy options to reduce human exposures. *Indoor Air* 1994, **4**:202-211.
13. Picot A., Grenouillet P. Safety in the Chemistry and Biochemistry Laboratory. Verlag CH, Heilderberg, 1994.
14. Βαλαβανίδης Α. Εγχειρίδιο Υγιεινής και Ασφάλειας Χημικών και Βιοχημικών Εργαστηρίων. Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2000.
15. Hunder W.J., Henman B.A., Bartlett D.M., Le Geyt I.P. Mortality of professional chemists in England and Wales, 1965-1989. *Am J Ind Med* 1993, **23**:615-627.
16. Βαλαβανίδης Α. Προσωπικό χημικών, ερευνητικών και βιοϊατρικών εργαστηρίων. Εκτίμηση του κινδύνου από διάφορα επαγγελματικά νοσήματα και επαγγελματικό καρκίνο. *Αρχεία Ελλν. Ιατρικής* 1996, **13**: 488-503.
17. Dement J.M., Crome J.R. Cancer and reproductive risks among chemists and laboratory workers: a review. *Appl Occup Environ Hyg* 1992, **7**:120-126.
18. Σίσκος Π. Υγεία και Ασφάλεια στα Χημικά Εργαστήρια. Στο: Υγιεινή και Ασφάλεια στους Χώρους Εργασίας. Εκδ. ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα, 1989.
19. Μπάγια Μ. Εκτίμηση της Ποιότητας του Αέρα των Εσωτερικών Χώρων: Ανάπτυξη αναλυτικών τεχνικών για τον προσδιορισμό των πτητικών οργανικών ενώσεων. Διδακτορική διατριβή (υπεύθ. Αν. Καθ. Π. Σίσκος), Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1999.
20. Μπάγια Μ., Σίσκος Π. Η ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων. *Χημικά Χρονικά* (Γεν. Εκδ.), 1996, **58**:395-398.
21. Molhave L., Dueholm S.; Jensen L.K. Assessment of exposures and health risks related to formaldehyde emissions from furniture: a case study. *Indoor Air* 1995, **5**:104-119.
22. Salthammer T.; Fuhrmann F.; Kaufhold S.; Meyer B.; Schwarz A. Effects of climatic



- parameters on formaldehyde concentrations in indoor air. *Indoor Air* 1995, **5**:120-128.
23. European Concerted Action. Indoor Air Quality and Its Impact on Man. Indoor air pollution by formaldehyde in European countries, No 7. Commission of the European Communities. DG Science, Research and Development. Luxembourg, 1990.
24. Μπακάας Ε. Προσδιορισμός των πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ) στην ατμόσφαιρα του λεκανοπεδίου Αττικής. Διδακτορική Διατριβή (υπεύθ. Αν. Καθ. Π. Σίσκος), Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 1997.
25. Σολδάτος Α. Προσδιορισμός των πτητικών οργανικών ενώσεων ΒΤΕΧ σε εσωτερικούς χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων και βενζινοπωλεία. Ερευνητική εργασία ΜΔΕ. Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2001 (υπεύθ. Αν. Καθ. Π. Σίσκος).
26. Baya MP, Siskos PA. Determination of selected volatile organic compounds in Athens homes. *Fresenius Environ Bull* 1996, **5**:625-630.
27. Siskow PA, Bakeas EB, Baya MP. Analytical methodology for the determination of volatile organic compounds in indoor and outdoor environment. In: Nikoilelis et al., eds. *Biosensors for Direct Monitoring of Environmental Pollutants in Field*. Kluwer Academic Publs, 1988, pp. 17-25.
28. Baya MP, Figa-Talamanca I, Siskos PA. Determination of selected volatile organic compounds in the air of dry-cleaning shops in the Athens area: pilot study. *Indoor+Built Environment* 1998, **7**:315-318.
29. Στρούμπου Α. Προσδιορισμός ανοργάνων ρύπων για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους των σχολείων της Αθήνας. Ερευνητική εργασία, ΜΔΕ, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2001 (υπεύθ. Αν. Καθ. Π. Σίσκος).
30. Μπούμπα Κ. Προσδιορισμός οργανικών ρύπων για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους των σχολείων της περιοχής της Αθήνας. Ερευνητική εργασία, ΜΔΕ, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2001 (υπεύθ. Αν. Καθ. Π. Σίσκος).

**Σημείωση:** Η εργασία αυτή έγινε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας της Μ. Βατίστα στο Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών. Θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον Τομέα Ασφάλειας Εργασίας/ΔΕΚΠ της ΔΕΗ για την διάθεση των οργάνων και τις χρήσιμες πληροφορίες κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας και την αναπαράγωγή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. ■