

2011

Αξιολόγηση της Ποιότητας Εσωτερικού Περιβάλλοντος και δομικών υλικών διαμερίσματος

Εργαστήριο Μέτρησης Ποιότητας
Εσωτερικού Περιβάλλοντος
Ομάδα Μελετών Κτιριακού
Περιβάλλοντος
Τομέας Φυσικής Περιβάλλοντος
Εθνικό και Καποδιστριακό

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	Error! Bookmark not defined.
2.	Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος	Error! Bookmark not defined.
2.1.	Μετρήσεις Διοξειδίου του Άνθρακα (CO ₂)	4
2.2.	Μετρήσεις Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (TVOC's).....	5
2.3.	Μετρήσεις Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO).....	7
3.	Μέτρηση Αεροστεγανότητας κλειστού χώρου.....	8
4.	Μέτρηση συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικού τοίχου	Error! Bookmark not defined.

1. Εισαγωγή

Η παρούσα έκθεση παρουσιάζει τα αποτελέσματα της πειραματικής αξιολόγησης της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος, της ποιότητας των δομικών υλικών και της αεροστεγανότητας διαμερίσματος της οδού Άρεως 35 στην περιοχή των Μελισσιών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τις 15/1/11 έως 15/2/11 στο υπό μελέτη διαμέρισμα.

Για το παραπάνω χρονικό διάστημα πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες μετρήσεις:

- ◆ Μετρήσεις της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε δειγματοληπτικός έλεγχος με χρήση αναλυτή αερίων (Innova Multigas Analyser) με σκοπό τον εντοπισμό τυχόν ρυπογόνων ουσιών.
- ◆ Μέτρηση της αεροστεγανότητας του διαμερίσματος με χρήση κατάλληλου οργάνου (Blower Door, σχήμα 1), σύμφωνα με τη μέθοδο Α που προβλέπει για τα κτήρια το EN ISO 13829.
- ◆ Μέτρηση του συντελεστή θερμοπερατότητας του εξωτερικού τοίχου με χρήση ειδικού οργάνου TRSYS01.

2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Στο διαμέρισμα της οδού Άρεως 35 στα Μελίσσια πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε δειγματοληπτικός έλεγχος με χρήση αναλυτή αερίων (Innova Multigas Analyser) με σκοπό τον εντοπισμό τυχόν ρυπογόνων ουσιών.

2.1. Μετρήσεις Διοξειδίου του Άνθρακα (CO₂)

Το CO₂ παράγεται από την ανθρώπινη εκπνοή και συναντάται συχνά σε αυξημένες ποσότητες σε χώρους με πολλά άτομα και χωρίς επαρκή αερισμό. Δεν είναι τοξική ουσία, ωστόσο σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί ασφυξία. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 800 ppm φανερώνουν ανεπαρκή αερισμό, συγκεντρώσεις από 600-800 ppm, δείχνουν επαρκή αερισμό, ενώ συγκεντρώσεις μικρότερες των 600 ppm είναι οι συνιστώμενες για τα σχολεία. Το όριο συγκέντρωσής του σύμφωνα με την ASHRAE είναι 1000 ppm για συνεχή έκθεση (8h), ενώ η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση είναι 9000mg/m³ (5001.14 ppm) σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86. Παρόλα αυτά, τιμές CO₂ μεγαλύτερες των 600ppm θεωρούνται πλέον οριακά ανεκτές. Ως μέτρο περιορισμού του διοξειδίου του άνθρακα σε εσωτερικούς χώρους θεωρείται ο περιορισμός των πηγών εκπομπής του και ο συχνός αερισμός.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο κτήριο προκύπτει ότι η συγκέντρωση CO₂ κυμαίνεται από 457 ppm έως 862 ppm. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις δεν ξεπερνούν το όριο των 1000 ppm, υποδηλώνοντας ότι ο αερισμός είναι επαρκής.

Οι συγκεντρώσεις CO₂ συνολικά στο κτήριο κυμαίνονται σε επίπεδα χαμηλότερα του ανώτατου ορίου των 1000 ppm με τη μέση τιμή να είναι ίση με 500 ppm. Υπέρβαση του ορίου δεν παρατηρήθηκε σε κανένα χώρο.

2.2 Μετρήσεις Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (TVOC's)

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2004/42/CE σαν οργανικές πτητικές ενώσεις, TVOC, ορίζονται όλες οι οργανικές ενώσεις που έχουν αρχικό σημείο βρασμού μικρότερο ή ίσο των

250°C, μετρημένο σε ατμοσφαιρική πίεση 101.3 kPa. Σύμφωνα με την EPA, στην κατηγορία των οργανικών πτητικών ενώσεων ταξινομούνται όλες οι ενώσεις άνθρακα που συμμετέχουν στις ατμοσφαιρικές φωτοχημικές αντιδράσεις, εκτός από το μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, το ανθρακικό οξύ.

Η συγκέντρωση των οργανικών πτητικών ενώσεων στο εσωτερικό των κτηρίων προέρχεται από δυο είδους πηγές (Wiglusz et al., 2002):

- Τις εκπομπές Υποβάθρου, όπως χημικές ενώσεις που προέρχονται κυρίως από τα δομικά υλικά και τον εξοπλισμό του κτηρίου, (έπιπλα κλπ). Η εκπομπή υποβάθρου είναι συνεχής και σε σχεδόν σταθερό ρυθμό εκπομπής.
- Περιοδικές εκπομπές που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως το κάπνισμα, το μαγείρεμα, το καθάρισμα κλπ.

Η τελική συγκέντρωση των οργανικών πτητικών ενώσεων στο εσωτερικό των κτηρίων εξαρτάται, εκτός από τον ρυθμό εκπομπής και από την συγκέντρωση στο εξωτερικό περιβάλλον καθώς και τα επίπεδα του αερισμού στο κτήριο.

Οι εκπομπές οργανικών πτητικών ενώσεων από τα υλικά στο εσωτερικό των κτηρίων είναι ένα εξαιρετικά περίπλοκο φαινόμενο. Οι εκπομπές αυτές ταξινομούνται σε δυο μεγάλες κατηγορίες (Wolkoff 1999, Zabiegala et al, 1999).

Οι κυριότερες πηγές εκπομπής οργανικών πτητικών ενώσεων είναι υλικά όπως βαφές, βερνίκια, κόλλες, καθαριστικά, μικροβιοκτόνα, αποσμητικά, υποκατάστατα ξύλου, συνθετικά υλικά δαπέδου, χαλιά και μοκέτες, μονωτικά υλικά, καθώς και οι εκπομπές από την κίνηση των αυτοκινήτων και το κάπνισμα. Σύμφωνα με μελέτες¹, οι συγκεντρώσεις των TVOC μπορούν να ταξινομηθούν σε 4 κατηγορίες, ανάλογα με τις συνέπειες που μπορούν να προκαλέσουν στην υγεία, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

¹ A. Molhave L., Human reactions to controlled exposures to VOC's and the "total VOC" concept. In: H, Knoppel and P. Wolkoff (eds.), Chemical, Microbiological, Health and Comfort Aspects of Indoor Air Quality - State of the art in SBS, Netherlands 1992, pp 247-261,

B. Molhave L., Volatile Organic Compounds, Indoor Air Quality and Health. In: Walkinshaw (ed.), Proceedings of Indoor Air 90, Toronto 1990, Vol.5, pp 15-33

C. Molhave L., Evaluations of VOC emissions from materials and products: solid flooring materials. In: Maroni M. (ed.), Proceedings of Healthy Buildings, '95, Milano 1995, Vol. 1, pp 145-162

Πίνακας 1: Κλίμακα έκθεσης σε συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC)

Ολική Συγκέντρωση	Δυσφορία και Εμφάνιση Ερεθισμών	Κλίμακα Έκθεσης
Έως 0.2 mg/m ³ (έως 0.05 ppm)	Κανένας ερεθισμός ή δυσφορία	Κλίμακα Άνεσης
Από 0.2 mg/m ³ έως 3.0 mg/m ³ (από 0.05 έως 0.80 ppm)	Πιθανός ερεθισμός ή δυσφορία ανάλογα με την αλληλεπίδραση με τους άλλους παράγοντες	Κλίμακα Έκθεσης σε πολλούς παράγοντες
Από 3.0 mg/m ³ έως 25 mg/m ³ (0.80 έως 6.64 ppm)	Εμφάνιση συμπτωμάτων - Πιθανή εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων	Κλίμακα Δυσφορίας
Πάνω από 25 mg/m ³ (πάνω από 6.64 ppm)	Επιπρόσθετες νευροτοξικές συνέπειες εκτός από τον πονοκέφαλο είναι δυνατό να εμφανιστούν	Κλίμακα Τοξικής Έκθεσης

Για τις πτητικές οργανικές ενώσεις (TVOC's) συνολικά στο διαμέρισμα, η μέση συγκέντρωση βρέθηκε ίση με 0.22 mg/m³ και θεωρείται απόλυτα αποδεκτή . Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κυριότερες πηγές εκπομπής οργανικών πτητικών ενώσεων είναι υλικά όπως βαφές, βερνίκια, κόλλες, καθαριστικά, μικροβιοκτόνα, αποσμητικά, υποκατάστατα ξύλου, συνθετικά υλικά δαπέδου, χαλιά και μοκέτες, μονωτικά υλικά, καθώς και οι εκπομπές από το κάπνισμα.

2.2. Μετρήσεις Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι προϊόν ατελούς καύσης. Το όριο συγκέντρωσης για το CO σύμφωνα με την ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) είναι 9 ppm (parts per million) για οκτάωρη έκθεση (8h), ενώ η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση είναι 55 mg/m³ (48.03 ppm) σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86.

Από τις μετρήσεις των συγκεντρώσεων CO (ppm), που πραγματοποιήθηκαν προκύπτει ότι η συγκέντρωση CO κυμαίνεται από 0.3 έως 0.65 ppm.

Οι συγκεντρώσεις του CO συνολικά στο διαμέρισμα κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα με μέση τιμή τα 0.48 ppm.

3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΕΡΟΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

Η μέτρηση της αεροστεγανότητας του διαμερίσματος πραγματοποιήθηκε με χρήση κατάλληλου οργάνου (Blower Door, σχήμα 1), σύμφωνα με τη μέθοδο Α που προβλέπει για τα κτήρια το EN ISO 13829. Η παραπάνω μέθοδος βασίζεται στην λήψη μετρήσεων παροχής αέρα απαγωγής και διαφοράς πίεσης μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου του εξεταζόμενου κτηρίου, με στόχο την ικανοποίηση των προδιαγραφών που προβλέπει το EN ISO 13790. Οι παραπάνω τιμές λαμβάνονται κατά την εφαρμογή στον υπό εξέταση χώρο διάφορα πίεσης από 30 έως 70 Pa. Οι αλλαγές του αέρα στο κτήριο υπολογίζονται διαιρώντας τη μέση παροχή του απαγόμενου αέρα, που παρατηρείται σε διαφορά πίεσης 50 Pa, προς τον εσωτερικό όγκο του κτηρίου.

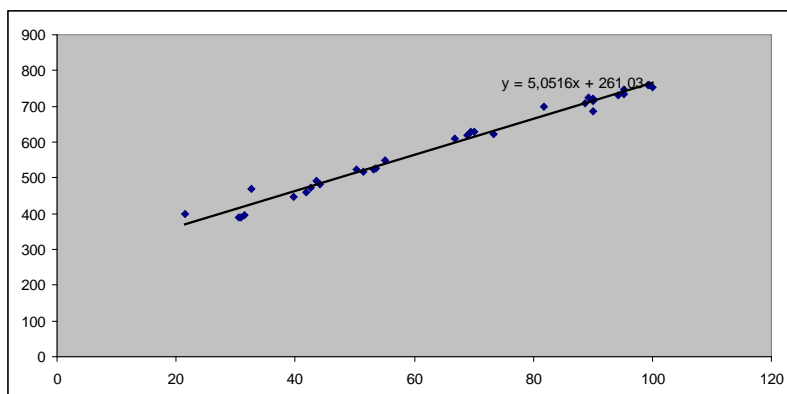
Η διαδικασία μέτρησης καλείται να είναι σύμφωνη με τα παρακάτω κριτήρια, όπως αυτά προβλέπονται από το EN ISO 13829:

1. Η ταχύτητα του αέρα να είναι χαμηλότερη από 6m/sec
2. Το γινόμενο μεταξύ του μέγιστου ύψους του κτηρίου και της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος να μην υπερβαίνει τα 500m°K
3. Ο όγκος του υπό εξέταση κτηρίου να μην υπερβαίνει τα 4000m³



Σχήμα 1. Φωτογραφία του οργάνου μέτρησης της αεροστεγανότητας

Το παρακάτω σχήμα (σχήμα 2) παρουσιάζει τις τιμές της παροχής αέρα που μετρήθηκαν για διάφορες τιμές διαφοράς πίεσης καθώς και τη γραμμική σχέση που συνδέει τα δυο μεγέθη.



Σχήμα 2. Γραφική παράσταση της παροχής του απαγόμενου αέρα για διάφορες τιμές της διαφοράς πίεσης

Όπως προέκυψε η παροχή του απαγόμενου αέρα που αντιστοιχεί σε διαφορά πίεσης 50 Pa είναι 513,58 m³/h. Διαιρώντας την τιμή αυτή με τον όγκο του υπό εξέταση διαμερίσματος υπολογίστηκε ότι οι αλλαγές του αέρα στο εσωτερικό του υπολογίζονται λιγότερες από 2. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που προβλέπει το EN ISO 1790 (πίνακας 1) το επίπεδο αεροστεγανότητας του υπό εξέταση διαμερίσματος χαρακτηρίζεται πολύ υψηλό.

Αριθμός Αλλαγών Αέρα στα 50 Pa	Επίπεδο Αεροστεγανότητας
10	Χαμηλό
4-10	Μέτριο
4	Υψηλό

Πίνακας 1

4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ

Ένα μέτρο της μετάδοσης θερμότητας λόγω θερμικής αγωγιμότητας του κατασκευαστικού υλικού και θερμοκρασιακής διαφοράς του εσωτερικού και του εξωτερικού χώρου είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας ή αλλιώς η τιμή u (u -value). Η u -value ορίζεται ως ο λόγος της ροής θερμότητας διαμέσου μιας επιφάνειας (τοίχος, τζάμι κλπ.) προς τη διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Έχει μονάδα μέτρησης το W/m^2K που αντιστοιχεί στο ποσό θερμότητας σε Joule που μεταδίδεται διαμέσου $1m^2$ δομικού στοιχείου σε χρόνο 1sec, όταν η θερμοκρασιακή διαφορά του αέρα στις δυο πλευρές του στοιχείου είναι 1 Kelvin.

Η u -value καθορίζει τη θερμική ποιότητα του υλικού και την ικανότητά του να επιτρέπει τη διέλευση της θερμότητας. Είναι συνάρτηση κυρίως των θερμικών ιδιοτήτων και του πάχους του κατασκευαστικού υλικού. Όσο μικρότερη είναι η u -value, τόσο πιο μονωτικό είναι το υλικό, δηλαδή τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίστασή του στη ροή θερμότητας.

Στο υπό εξέταση διαμερίσμα έγινε μέτρηση του συντελεστή θερμοπερατοτητας του εξωτερικού τοίχου με χρήση ειδικού οργάνου TRSYS01, το οποίο αποτελεί ένα εξειδικευμένο σύστημα μέτρησης και ανάλυσης τόσο της θερμικής αντίστασης όσο και της θερμικής διαπερατότητας των δομικών υλικών ενός κτηρίου. Ο υπολογισμός της θερμικής αντίστασης πραγματοποιείται μέσω της παρατεταμένης μέτρησης της θερμοκρασιακής διαφοράς και της θερμοροής στο δομικό στοιχείο. Οι μέτρησις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τα ISO 9869 (Thermal insulation-Building elements-In- situ measurements of thermal resistance and thermal transmittance), ASTM C 1155-95 (Standard Practice for Determining Thermal Resistance of Building Envelope Components from In-Situ Data), ASTM C 1046-95 (Standard Practice for In-Situ measurements of Heat Flux and Temperature on Building Envelope Components).

Εφαρμόζοντας την παραπάνω διαδικασία μέτρησης και ανάλυσης σε ένα εξωτερικό τοίχο του υπό εξέταση διαμερίσματος η ποιότητα του κελύφους βρέθηκε πολύ υψηλή. Οι θερμικές απώλειες που μετρήθηκαν βρεθήκαν σχεδόν μηδενικές, γεγονός που υποδεικνύει το υψηλό επίπεδο των μονωτικών ιδιοτήτων του εξωτερικού τοίχου-κελύφους. Η μέση τιμή του

συντελεστή θερμικής διαπερατότητας υπολογίστηκε στα $0,613\text{W/m}^2\text{K}$, η όποια κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική σύμφωνα με τα παραπάνω στάνταρντ.