



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**  
**Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**  
*Πολυτεχνική Σχολή*

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μελέτη εκπομπών οικοδομικών υλικών με τη χρήση  
θαλάμου (chamber test) και κελιού (FLEC) δοκιμών:  
σύγκριση και αξιολόγηση με βάση τα ευρωπαϊκά συστήματα  
πιστοποίησης»**

ΛΑΓΑΡΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΑΕΜ 1414

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:** Δρ. Τόλης Ευάγγελος

Κοζάνη

2021

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### ΕΛΛΗΝΙΚΑ

Η ποιότητα αέρα των εσωτερικών χώρων (Indoor Air Quality, IAQ) και οι εκπομπές από ένα μεγάλο εύρος οικοδομικών υλικών, αποτελεί τις τελευταίες δεκαετίες μια μεγάλη πρόκληση για τους επιστήμονες, τη βιομηχανία, την οικονομία και τους καταναλωτές. Το 90% του χρόνου μας περίπου βρισκόμαστε σε κλειστούς χώρους γεγονός στο οποίο έχουν συνεισφέρει πολλοί παράγοντες ένας από τους οποίους είναι η κλιματική αλλαγή, καθώς οδηγεί τους ανθρώπους σε εσωτερικούς χώρους, λόγω απρόβλεπτων κλιματικών διακυμάνσεων. Ο γενικός στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μέτρηση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) σε οικοδομικά υλικά εσωτερικών χώρων και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με βάση τα ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης οικοδομικών υλικών εσωτερικών χώρων. Εξετάστηκαν δύο επιτοίχιες βαφές εσωτερικού χώρου ως προς την συγκέντρωσή τους σε VOC και την εκπομπή αυτών στο χώρο. Χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι FLEC (Field Laboratory Emission Cell), και CLIMPAQ (Chamber for Laboratory Investigations of Materials, Pollution and Air Quality), για να γίνει δειγματοληψία αέρα και πιθανών εκπομπών παθογόνων ουσιών από τις βαφές. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε 1 ημέρα, 3, 10 και 28 ημέρες από την εφαρμογή τους. Τέλος τα αποτελέσματα των μετρήσεων ελέγχθηκαν με βάση 2 ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης (AgBB, AFFSET).

### ENGLISH

Indoor Air Quality (IAQ) and emissions from a wide range of building materials have been a major challenge for scientists, industry, the economy and consumers in recent decades. About 90% of our time is spent indoors, to which many factors have contributed. One of them is climate change, as it drives people inwards due to unpredictable climate fluctuations. The objective of this thesis is to measure the emissions of volatile organic compounds (VOCs) of indoor building materials and compare the results based on the European indoor building materials certification systems. Two wall paints for interior were examined for their concentration in VOCs and their emissions. The FLEC (Field Laboratory Emission Cell) and CLIMPAQ (Chamber for Laboratory Investigations of Materials, Pollution and Air Quality) methods were used to sample air and possible emissions of pathogens from the paints. Sampling was performed at 1 day, 3, 10 and 28 days after their application. Finally, the results of the measurements were tested based on 2 European certification systems (AgBB, AFFSET).

## Περιεχόμενα

<b>1. ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΟ</b> .....	<b>6</b>
<b>2. ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>7</b>
<b>3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>8</b>
<b>4. ΟΙ ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΣΗΜΕΡΑ</b> .....	<b>9</b>
4.1 ΚΥΡΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ VOC.....	10
4.1.1 Εξωτερικός χώρος .....	10
4.1.2. Εσωτερικός χώρος.....	11
4.2. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ VOC'S ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ .....	12
4.3. ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ ΑΡΡΩΣΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ(SBS).....	13
4.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ VOC .....	15
4.5. ΜΕΤΡΗΣΗ VOC ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ.....	16
4.6. ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ / ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΜΑΖΑΣ (GC / MS) .....	18
4.7. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ FLEC ΚΑΙ CHAMBER TEST .....	26
4.7.1 FLEC.....	26
4.7.2 CHAMBER TEST.....	28
4.7.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΕΛΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕ ΘΑΛΑΜΟΥΣ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ .....	32
4.8. ΠΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ VOC ΣΕ FLEC ΚΑΙ CHAMBER TEST.....	38
<b>5. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΤΟΥΣ ΣΕ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ</b> .....	<b>40</b>
5.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (LABELLING SYSTEMS).....	45
5.1.1. Αναφορά ECA No. 18(Ευρώπη) .....	46
5.1.2. Σύστημα AgBB (Γερμανία).....	47
5.1.3. Σύστημα AFSSET (Γαλλία) .....	50
5.1.4. Σύστημα CESAT .....	52
5.1.5. Σύστημα M1 (MaterialClass1, Φινλανδία).....	53
5.1.6. Σύστημα Indoor Climate Label (ICL, Δανία).....	55
5.1.7. Σύστημα LQAI (Πορτογαλία) .....	56
5.1.8. Σύστημα Natureplus (Γερμανία και Ευρώπη) .....	57
5.1.9. Σύστημα Blue Angel (Γερμανία).....	58
5.1.10. Σύστημα Austrian Ecolabel .....	60
5.1.11. Σύστημα GUT για τάπητες.....	60
5.1.12. Σύστημα EMICODE από τη GEV για κόλλες και συναφή υλικά (Γερμανία και Ευρώπη).....	61
5.1.13. The Scandinavian Trade Standards (Σουηδία).....	62
5.2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	67
<b>6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ</b> .....	<b>67</b>
6.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ CHAMBER TEST .....	68
6.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ FLEC .....	71
6.3. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ.....	73
6.4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ .....	74
6.5. ΕΝΑΡΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ .....	76
6.5.1. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ VOC ΧΡΩΜΑ 1.....	80
6.5.2. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ VOC ΧΡΩΜΑ 2.....	81
6.6. EMISSION FACTORS .....	83
6.6.1. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ EMISSION FACTOR CHAMBER TEST – FLEC .....	84
<b>7. ΑΠΟΝΟΜΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ</b> .....	<b>92</b>
7.1. ΑΠΟΝΟΜΗ ΣΗΜΑΤΟΣ AGBB .....	93
7.2. ΑΠΟΝΟΜΗ ΣΗΜΑΤΟΣ AFFSET .....	95

<b>8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>97</b>
<b>9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΟΜΟΙΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ .....</b>	<b>98</b>
<b>10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>107</b>
<b>11. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>110</b>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	110

## ***1. ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΟ***

**VOC:** Volatile Organic Compounds

**FLEC :** Field Laboratory Emission Cell

**SBS:** Sick Building Syndrome

**CLIMPAQ:** Chamber for Laboratory Investigations of Materials, Pollution and Air Quality

**IAQ:** Indoor Air Quality

**GC-MS:** Gas Chromatography/Mass Spectrometry

## **2. ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Στις μέρες μας η ποιότητα αέρα των εσωτερικών χώρων στους οποίους περνάμε το μεγαλύτερο μέρος της καθημερινότητάς μας είναι αμφιβόλου ποιότητας όσον αφορά τα μικροσωματίδια και τους αέριους ρύπους που αναπνέουμε σχεδόν σε μόνιμη βάση, αφού οι περισσότεροι άνθρωποι περνάνε το 80-90 % του χρόνου τους σε κλειστούς χώρους. Μολονότι η τεχνολογία έχει εξελιχθεί ραγδαία εξακολουθεί να υστερεί στον άκρως βασικό τομέα της εξυγίανσης του περιβάλλοντος και του, πρωταρχικής σημασίας για την υγεία μας, αέρα που αναπνέουμε σε αυτό.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των επιπέδων ρύπανσης σε εσωτερικούς χώρους από την χρήση οικοδομικών προϊόντων και η εκτίμηση των κινδύνων στους οποίους εκτίθεται ο άνθρωπος, που ζει σε αυτούς. Η δειγματοληψία και οι μετρήσεις έγιναν με βάση προβλεπόμενα πρότυπα (ΕΛΟΤ, ISO, ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης, κτλ) με τις μεθόδους FLEC, CLIMPAQ και χρωματογραφίας υγρής και αέριας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ευάγγελο Τόλη για την ανάθεση της εργασίας, το χρόνο, του τη βοήθεια του και την προσφορά του κατά τις εργαστηριακές αναλύσεις καθώς και για την πολύτιμη συμβολή του στη διεξαγωγή των μετρήσεων και στην εξαγωγή και ανάλυση των αποτελεσμάτων. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την ψυχολογική και οικονομική στήριξη που μου προσέφεραν κατά την διάρκεια της φοίτησής μου και για την δυνατότητα που μου έδωσαν να πραγματοποιήσω τα όνειρά μου.

### **3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο γενικός στόχος της εργασίας είναι η μέτρηση των πρωτογενών εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) σε προϊόντα χρωματισμού εσωτερικών χώρων και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με βάση τα ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης οικοδομικών υλικών εσωτερικών χώρων.

Πρόκειται κυρίως για αλειφατικούς και αρωματικούς υδρογονάνθρακες με τάση ατμών μεταξύ 1 και 760 mmHg σε θερμοκρασία 250C, γι' αυτό ονομάζονται πτητικοί. Αποτελούν ενεργά συστατικά σε πολλά προϊόντα ευρείας χρήσης, όπως προϊόντα οικιακής χρήσης, καλλυντικά, εντομοκτόνα, απορρυπαντικά, καύσιμα κα. Χαρακτηριστικές τέτοιες ενώσεις είναι η φορμαλδεΐδη, το τετραχλωροαιθυλένιο, το βενζοπυρένιο, οι διοξίνες, το χλωροφόρμιο, το υπερχλωροαιθυλένιο, το τριχλωροαιθάνιο, τα πολυχλωριούχα διφαινύλια (DCB), το χλωροαιθυλένιο, το βενζόλιο, το παραδιχλωροαιθάνιο, οι χλωροφθοράνθρακες, το τριχλωροαιθυλένιο, το στυρένιο, το παραδιχλωροβενζόλιο κ.ά. Οι δυσμενείς επιδράσεις των VOCs στην υγεία ποικίλουν ανάλογα με το ύψος των συγκεντρώσεών τους, την τοξικότητά τους, το χρόνο έκθεσης και την κατάσταση της υγείας των εκτιθέμενων ατόμων. Εκτός από συνήθη συμπτώματα, όπως πονοκεφάλους, δερματικούς ερεθισμούς και δύσπνοια ενοχοποιούνται και για πρόκληση καρκίνου, ηπατικών παθήσεων και πολυνευρίτιδας. Ως μέτρα περιορισμού της έκθεσης στις πτητικές οργανικές ενώσεις θεωρούνται η αποφυγή ή η λογική χρήση τους.

## 4. ΟΙ ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΣΗΜΕΡΑ

### ΟΡΙΣΜΟΣ

**Πτητικές οργανικές ενώσεις** (*Volatile organic compounds* ή *VOCs*) είναι κάθε οργανική ένωση της οποίας το αρχικό σημείο βρασμού, μετρούμενο σε σταθερή πίεση 101.3 kPa (1 atm), είναι μικρότερο ή ίσο των 250°C »σύμφωνα με την Οδηγία 2004/42/CE της Ε.Ε. Είναι ουσιαστικά οργανικές ενώσεις που έχουν υψηλή τάση ατμών--(Τάση ατμών ενός υγρού -(ή στερεού)-, σώματος σε μία ορισμένη θερμοκρασία, ονομάζεται η πίεση των ατμών τού σώματος όταν ατμοί και υγρό- (ή ατμοί και στερεό)- βρίσκονται σε ισορροπία στη θερμοκρασία αυτή)-- σε συνηθισμένη θερμοκρασία δωματίου. Η υψηλή τάση ατμών τους προκύπτει από το χαμηλό σημείο βρασμού, που προκαλεί την εξάτμιση μεγάλου αριθμού μορίων από την υγρή ή την εξάχνωση από τη στερεά ή την διάχυση από την αέρια μορφή της ένωσης και την είσοδο της στον περιβάλλοντα αέρα.

Οι VOCs είναι πολυάριθμες, ποικίλες, και πανταχού παρούσες. Περιλαμβάνουν χημικές ενώσεις που παρασκευάστηκαν από τον άνθρωπο ή εμφανίζονται στη φύση. Οι περισσότερες μυρωδιές προέρχονται από VOC. Παίζουν σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία μεταξύ φυτών, και στα μηνύματα από τα φυτά προς τα ζώα. Κάποιες είναι επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία ή βλάπτουν το φυσικό περιβάλλον. Οι ανθρωπογενείς πτητικές οργανικές ενώσεις ρυθμίζονται από νόμους, ιδιαίτερα σε κλειστό χώρο, όπου οι συγκεντρώσεις είναι και πιο υψηλές. Οι επιβλαβείς δεν είναι συνήθως πολύ τοξικές, αλλά έχουν σύνθετες μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία. Επειδή οι συγκεντρώσεις είναι συνήθως χαμηλές και τα συμπτώματα αργούν να αναπτυχθούν, η έρευνα πάνω σε αυτές και τις επιπτώσεις τους είναι δύσκολη.

Τα οργανικά χημικά χρησιμοποιούνται ευρέως ως συστατικά σε οικιακά προϊόντα. Όλα τα χρώματα, βερνίκια και κερί περιέχουν οργανικούς διαλύτες, όπως και πολλά προϊόντα καθαρισμού, απολύμανσης, καλλυντικών κ.α. Τα καύσιμα αποτελούνται από οργανικές χημικές ουσίες. Όλα αυτά τα προϊόντα μπορούν να απελευθερώσουν οργανικές ενώσεις κατά τη χρήση τους και, σε κάποιο βαθμό, όταν αποθηκεύονται.

Η Μελέτη του Γραφείου Έρευνας και Ανάπτυξης της EPA "TEAM" <sup>1</sup> διαπίστωσε ότι τα επίπεδα περίπου δώδεκα κοινών οργανικών ρύπων ήταν 2 έως 5 φορές υψηλότερα μέσα στα σπίτια από ό, τι έξω, ανεξάρτητα από το εάν τα σπίτια βρίσκονταν σε αγροτικές ή ιδιαίτερα

---

<sup>1</sup> Μεθοδολογία Αξιολόγησης Ολικής Έκθεσης (τόμοι I έως IV, που ολοκληρώθηκε το 1985)



βιομηχανικές περιοχές. Μελέτες της TEAM έδειξαν ότι ενώ οι άνθρωποι χρησιμοποιούν προϊόντα που περιέχουν οργανικές χημικές ουσίες, μπορούν να εκθέσουν τον εαυτό τους και τους άλλους σε πολύ υψηλά επίπεδα ρύπων και οι αυξημένες συγκεντρώσεις μπορούν να παραμείνουν στον αέρα πολύ μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας.[1]

Πιο συγκεκριμένα, τα χρώματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες: τα οργανικά διαλυτά με διαλύτη (πχ νέφτι) και τα υδατοδιαλυτά (νερό). Η πρώτη κατηγορία χρωμάτων περιέχει μυκητοκτόνα, φυτοφάρμακα, συντηρητικά, παράγοντες ελέγχου αφρού, ακρυλικές ρητίνες, ισοκυανίδια και φορμαλδεΐδη, η οποία εξατμίζεται με την πάροδο του χρόνου στον αέρα (Livios 1996). Συμβατικά χρώματα με βάση οργανικούς διαλύτες περιέχουν περίπου 50% διαλύτες με βάση το πετρέλαιο, ενώ τα συμβατικά χρώματα με βάση το νερό περιέχουν μόνο 7% (Dulux 1997). Τα χρώματα με διαλύτη το νερό αποτελούνται από μια ποικιλία χημικών ουσιών όπως γλυκόλες. Από το τη δεκαετία του 1970, αναπτύχθηκε μια νέα ομάδα χρωμάτων. Αυτά τα προϊόντα βαφής, που ονομάζονται φυσικά χρώματα, προέρχονται από φυτικά έλαια, φυσικές ρητίνες κεριού και ορυκτό χρώμα και όχι από πετρέλαιο και βιομηχανικά του υποπροϊόντα (Livios 1996). Αυτό σημαίνει ότι τα φυσικά προϊόντα βαφής ενδέχεται να παρουσιάζουν λιγότερα προβλήματα από εκπομπές VOC. Έχουν διεξαχθεί διάφορες έρευνες σε ευρωπαϊκές χώρες και τις Ηνωμένες Πολιτείες σχετικά με τις εκπομπές VOC από χρώματα (Gehrig et al. 1993, Andersen et al. 1996). Ασχολήθηκαν κυρίως με ένα περιορισμένο αριθμό χρωμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε σπίτια όπου υπήρξαν δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου.[34]

## **4.1 ΚΥΡΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ VOC**

### **4.1.1 Εξωτερικός χώρος**

Παρόλο που αυτές οι χημικές ουσίες τείνουν να συσσωρεύονται σε μεγαλύτερες ποσότητες μέσα στο σπίτι(έως και 10 φορές περισσότερο), κυρίως επειδή υπάρχει περισσότερος χώρος για να συγκεντρωθούν, είναι πολύ πιθανό να εντοπιστούν και σε διάφορα άλλα σημεία γύρω μας και μάλιστα σε εξωτερικούς χώρους. Και μπορούν συχνά να είναι εξίσου επικίνδυνα. Ορισμένα μέρη όπου μπορεί να βρεθούν επιβλαβείς χημικές ουσίες έξω από το σπίτι περιλαμβάνουν:

- Περιοχές με συγκέντρωση πολλών αυτοκινήτων, πλοίων ή και αεροπλάνων. Η καύση βενζίνης εκπέμπει μερικές επιβλαβείς χημικές ουσίες. Όταν βρισκόμαστε σε τέτοιες

περιοχές καλό είναι να χρησιμοποιούμε το σύστημα φιλτραρίσματος αέρα του αυτοκινήτου και κρατάμε τα παράθυρα κλειστά.

- Εργοστάσια και άλλα βιομηχανικά κτίρια(βιομηχανίες καταναλωτικών προϊόντων, χαλυβουργεία, διυλιστήρια, σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κ.α.). Η εγκατάσταση κοντά σε μια μονάδα που παράγει προϊόντα των οποίων η παραγωγή περιλαμβάνει επεξεργασία πλαστικών ή πετρελαίου, ή που αφορά οποιαδήποτε μορφή βιομηχανίας μεγάλης κλίμακας, είναι πιθανό να εκπέμπει μεγάλες ποσότητες VOC στον αέρα και ίσως ακόμη και στο νερό. Ανάλογα με την εγγύτητα στην περιοχή, μπορεί να είναι επιθυμητό να ελέγχεται η ποιότητα του αέρα και του νερού για να είναι βέβαιο ότι αυτή η εγκατάσταση δεν καθιστά τα σπίτια και άλλα κτίρια στην περιοχή ανασφαλής.
- Οποιοσδήποτε τύπος εγκαταστάσεων απορριμμάτων ή ανακύκλωσης. Η καύση ενισχύει την αστάθεια αυτών των χημικών, αυξάνοντας τα ποσοστά εκπομπών. Έτσι, οι συγκεντρώσεις τοξικών χημικών ουσιών είναι πιθανό να είναι υψηλότερες σε περιοχές όπου πραγματοποιείται η αποτέφρωση.
- εκτροφεία βοοειδών. Το μεθάνιο είναι ένα από τα πιο ισχυρά αέρια θερμοκηπίου, και μία από τις σημαντικότερες πηγές εκπομπών είναι οι φάρμες αγελάδων. η κοπριά είναι μια ιδιαίτερα πτητική πηγή αυτής της οργανικής ένωσης.
- Πολλά φυτά εκλύουν επιβλαβείς χημικές ουσίες αλλά και απορροφούν. Ο λόγος που ορισμένα φυτά εκπέμπουν ισχυρότερη μυρωδιά από άλλα είναι λόγω της παρουσίας VOC.
- Οτιδήποτε καίγεται. Είτε πρόκειται για πυρκαγιές στα δάση είτε για ηφαίστεια , όταν κάτι καίγεται, είναι μεγάλη η πιθανότητα ύπαρξης πτητικών οργανικών ενώσεων στον αέρα

#### 4.1.2. Εσωτερικός χώρος

Πολλά από τα είδη που χρησιμοποιούμε καθημερινά στο σπίτι περιέχουν επιβλαβείς χημικές ουσίες. Όταν χρησιμοποιούμε αυτά τα προϊόντα, είναι σημαντικό να αερίζουμε τον χώρο όσο καλύτερα γίνεται. Επιπλέον, είναι καλό να αναζητούμε εναλλακτικές λύσεις που δεν περιλαμβάνουν αυτές τις χημικές ουσίες ώστε να εξαιρεθεί πλήρως ο κίνδυνος. Μερικές πηγές πτητικών οργανικών ενώσεων είναι:

- *Εξάτμιση διαλυτών* που προέρχονται από οικιακή, εμπορική ή βιομηχανική χρήση (βαφές, ταπετσαρίες, βερνίκια, κόλλες, καθαριστικά, απολυμαντικά, αρωματικά σπρέι, εντομοκτόνα φυτοφάρμακα κ.α.)

- *Υλικά κατασκευής κτιρίων και επίπλων, εξοπλισμός γραφείου (εκτυπωτές, φωτοτυπικά μηχανήματα διορθωτικά υγρά και αυτογραφικό χαρτί κ.α.)*
- *Αποθηκευμένα καύσιμα και προϊόντα αυτοκινήτων*
- *Γραφικά και υλικά χειροτεχνίας, όπως κόλλες και κόλλες, μόνιμους δείκτες και φωτογραφικές λύσεις*
- *Άλλες δραστηριότητες (κάπνισμα, μαγείρεμα κ.ά.)*
- *Διείσδυση εξωτερικού αέρα που περιέχει VOC's [2],[3],[4]*

## 4.2. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ VOC'S ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση του εσωτερικού χώρου θεωρείται πλέον ένα σημαντικό ζήτημα δημόσιας υγείας. Ωστόσο, ο αιτιώδης ρόλος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην παραγωγή δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου είναι πιο περίπλοκος και λιγότερο κατανοητός από τον ρόλο της εξωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η τυπική έκθεση είναι σε σύνθετα μείγματα VOC, και η γνώση σχετικά με τις πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των ενώσεων και άλλων εσωτερικών ατμοσφαιρικών ρύπων είναι περιορισμένη. Οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση σε μια συγκεκριμένη ουσία θα προκύψουν από ένα ευρύ φάσμα αντιδράσεων και αλληλεπιδράσεων που συμβαίνουν στο σώμα μας. Οι βιολογικοί μηχανισμοί των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη χημική δομή και την αντιδραστικότητα της ουσίας. Η χημική ποικιλομορφία της ομάδας VOC αντικατοπτρίζεται στην ποικιλομορφία των επιπτώσεων στην υγεία που μπορούν να προκαλέσουν οι μεμονωμένες VOC, κυμαινόμενες από μη γνωστές επιδράσεις στην υγεία σχετικά αδρανών VOC έως εξαιρετικά τοξικές επιδράσεις των αντιδρώντων VOC. Το φάσμα των πιθανών επιπτώσεων στην υγεία είναι αρκετά ευρύ, με τις κυριότερες επιπτώσεις όπως οι αισθητηριακές, ερεθιστικές και αλλεργικές επιδράσεις, αναπνευστικές επιδράσεις και καρκινογόνες επιδράσεις:

- **Πονοκέφαλος**

Πρώιμες μελέτες σχετικά με τις πτητικές οργανικές ενώσεις τη δεκαετία του 1980 επικεντρώθηκαν σε πειράματα θαλάμου με ένα μείγμα 22 VOC's που ανέφεραν οξείες επιπτώσεις στην υγεία όπως πονοκέφαλο σε συγκέντρωση ψηλότερη των 5mg/m<sup>3</sup> που απαντώνται συνήθως σε δομικά υλικά.

- **Ερεθισμός των οφθαλμών, της μύτης και του λαιμού**

Ακολούθως της προηγούμενης έρευνας, 12 παρόμοια πειράματα έκθεσης ανέφεραν ότι τα κατώτατα όρια για ορισμένα συμπτώματα, συμπεριλαμβανομένης της αντιληπτής ποιότητας του αέρα, της οσμής και του ερεθισμού των ματιών, της μύτης ή του λαιμού, κυμαίνονταν από 1,7 έως 25 mg/m<sup>3</sup>. Τέτοιες συγκεντρώσεις είναι πολύ υψηλότερες από τα τυπικά επίπεδα VOC εσωτερικού χώρου.

- **Άσθμα, Νόσος του αναπνευστικού**

Τα τελευταία 30 έως 40 χρόνια, η συχνότητα εμφάνισης άσθματος και αλλεργιών έχει αυξηθεί σημαντικά στον ανεπτυγμένο κόσμο. Στις ανεπτυγμένες χώρες, η τάση να ξοδεύουμε περισσότερο χρόνο σε εσωτερικούς χώρους, πιο αεροστεγή κτίρια και μια σειρά νέων δομικών υλικών που εκπέμπουν VOC έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε αυτήν την αύξηση. Ορισμένες μελέτες έχουν αναφέρει μια συσχέτιση μεταξύ των VOC και μιας σειράς αναπνευστικών συμπτωμάτων. Μία από τις πρώτες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Αμερική στα τέλη της δεκαετίας του 80 από τον Ware ανέφερε συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων των VOC και των χρόνιων αναπνευστικών συμπτωμάτων παιδιών ηλικίας 7 έως 13 ετών που ζούσαν κοντά σε μία βιομηχανία με χημικά παράγωγα.

- **Καρκίνος**

Ορισμένα οργανικά μπορεί να προκαλέσουν καρκίνο στα ζώα, μερικά είναι ύποπτα ή είναι γνωστό ότι προκαλούν καρκίνο στον άνθρωπο. Σε μια πρόσφατη επιδημιολογική έρευνα για τη συχνότητα εμφάνισης διαφορετικών τύπων καρκίνου στην Ιντιάνα, Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, ο Boeglin ανέφερε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των περιβαλλοντικών εκπομπών VOC και της συχνότητας εμφάνισης καρκίνων του εγκεφάλου, του νευρικού συστήματος, του ενδοκρινικού συστήματος, και το δέρμα.

- Άλλα συμπτώματα έκθεσης σε μεγάλες συγκεντρώσεις VOC περιλαμβάνουν **κούραση, ζαλάδα, απώλεια συντονισμού ναυτία, καρδιακά νοσήματα και αλλεργικές δερματικές αντιδράσεις.** [5]

### **4.3. ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ ΑΡΡΩΣΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ(SBS)**

Το σύνδρομο άρρωστου κτιρίου (SBS) είναι μια κατάσταση στην οποία μερικοί ή όλοι οι άνθρωποι που καταλαμβάνουν ένα κτίριο (είτε εργάζονται είτε ζουν σε αυτό) αναπτύσσουν επιπτώσεις στην υγεία τους όπως πονοκέφαλος ζάλη; ναυτία; ερεθισμένα μάτια, μύτη ή λαιμό ξηρός βήχας; ή ερεθισμό του δέρματος. Ο όρος μερικές φορές εφαρμόζεται και στα ίδια τα συμπτώματα. Αυτά τα φαινόμενα ενδέχεται να εντοπιστούν σε ένα μέρος του κτιρίου ή ακόμα

και σε ολόκληρο και συνήθως προκαλούνται από κακή ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου (IAQ). Τα μέχρι σήμερα δεδομένα γύρω από τη μελέτη του SBS υποδεικνύουν ότι τα συμπτώματα αυτά εξαφανίζονται συνήθως αμέσως μετά την έξοδο από το κτίριο, αν και κάποια αποτελέσματα μπορεί να παραμείνουν, και ότι τα συμπτώματα δεν μπορούν να αποδοθούν σε συγκεκριμένη αιτία ή ασθένεια. Το SBS διαφέρει από τις ασθένειες που σχετίζονται με το κτίριο, οι οποίες είναι διαγνωστικές ασθένειες που αποδίδονται σε συγκεκριμένους μολυσματικούς ρύπους μέσα σε ένα κτίριο.

Το SBS εντοπίστηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1970. Μία έκθεση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας του 1984 έδειξε ότι έως και το 30% των νέων και ανακαινισμένων κτιρίων ενδέχεται να έχουν προβλήματα με την ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου, που να προκαλεί συμπτώματα υγείας. Ο ανεπαρκής αερισμός κτιρίων είναι η πιο κοινή αιτία. Η εμφάνιση του SBS στα μέσα της δεκαετίας του 1970 αποδόθηκε κατά κύριο λόγο σε ακατάλληλα πρότυπα εξαερισμού για εμπορικά κτίρια για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης, μετά το εμπάργκο του αραβικού πετρελαίου του 1973. Οι χημικές προσμείξεις είναι επίσης πιθανοί παράγοντες ύπαρξης SBS. Αυτές περιλαμβάνουν πτητικές οργανικές ενώσεις που εκπέμπονται από χαλιά, ταπετσαρίες, καθαριστικά, βαφές και προϊόντα καύσης συμπεριλαμβανομένων σωματιδιακών υλών και μονοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από συσκευές θέρμανσης όπως τζάκια και σόμπες. Βιολογικοί μολυσματικοί παράγοντες όπως καλούπια, γύρη, ιοί, βακτήρια και περιττώματα ζώων μπορούν επίσης να συμβάλλουν στο SBS. Η διερεύνηση του συγκεκριμένου προβλήματος απαιτεί σε κάθε περίπτωση καταγγελίας, να εξακριβωθεί αν αυτή οφείλεται στην κακή IAQ. Εάν ναι, η έρευνα θα συγκεντρώσει πληροφορίες σχετικά με το σύστημα εξαερισμού, θέρμανσης και κλιματισμού του κτιρίου, πιθανές πηγές εσωτερικών ρύπων και πιθανές οδούς εισόδου εξωτερικών ρύπων στο κτίριο. Η δειγματοληψία αέρα από μόνη της, σπάνια παρέχει επαρκείς πληροφορίες για την επίλυση του προβλήματος, διότι στα κτίρια με SBS τα επίπεδα συγκέντρωσης ρύπων σπάνια υπερβαίνουν τα υπάρχοντα πρότυπα. Οι πιο συνηθισμένες λύσεις περιλαμβάνουν την αφαίρεση μιας γνωστής πηγής ρύπανσης και την εξ' ολοκλήρου αναβάθμιση του συστήματος εξαερισμού.

Η καταγγελία ενός ατόμου ότι πάσχει από το σύνδρομο άρρωστου κτιρίου είναι δύσκολο να μελετηθεί επειδή τα συμπτώματά του είναι συνηθισμένα και θα μπορούσαν να έχουν πολλές αιτίες, όπως αλλεργίες ή άγχος και μπορεί να επηρεαστούν από ψυχολογικούς παράγοντες, όπως η αντιπαράθεση μιας εργασίας ή του χώρου εργασίας. Επιπλέον, επειδή πολλές διαφορετικές πτυχές του εσωτερικού περιβάλλοντος μπορούν να συμβάλουν στο SBS, είναι συχνά δύσκολο να προσδιοριστεί η αιτία ή οι αιτίες για μια συγκεκριμένη περίπτωση και οι εκτεταμένες ανακαινίσεις ενδέχεται να μην επιλύσουν το πρόβλημα. Υπάρχει επίσης προφανώς, αντίθεση μεταξύ των συμφερόντων των ιδιοκτητών κτιρίων και των εργαζομένων σε περίπτωση υπόνοιας SBS. Οι εργαζόμενοι μπορεί να πιστεύουν ότι το SBS προκαλεί τα

συμπτώματα της υγείας τους και ζητούν επιθεωρήσεις και τροποποιήσεις κτιρίων, ενώ ο ιδιοκτήτης μπορεί να μην πιστεύει ότι το κτίριο είναι η αιτία των συμπτωμάτων τους και μπορεί επομένως να είναι απρόθυμος να πληρώσει για τυχόν επιθεωρήσεις ή αλλαγές. Επιπλέον, ορισμένοι γιατροί πιστεύουν ότι το SBS δεν είναι ένας όρος που δείχνει την πραγματική φύση του προβλήματος και πρέπει να αλλαχθεί, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι οι έρευνες πρέπει να περιλαμβάνουν αξιολόγηση ψυχολογικών και κοινωνικών καθώς και φυσικών, περιβαλλοντικών και βιοϊατρικών παραγόντων.[6]

#### 4.4. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ VOC

Στον πίνακα 1 αναγράφονται οι κατηγορίες των πτητικών οργανικών ενώσεων (πολύ πτητικές, πτητικές και ημι-πτητικές), με βάση το σημείο βρασμού τους.

*Πίνακας 1: κατηγορίες πτητικών οργανικών ενώσεων*

Περιγραφή	Συντομο- γραφία	Σημεία βρασμού (°C)	Παραδείγματα ενώσεων
Πολύ πτητικές οργανικές ενώσεις(αέριες)	VVOC	<0 to 50-100	Προπάνιο βουτάνιο μεθυλοχλωρίδιο
πτητικές οργανικές ενώσεις	VOC	50-100 to 240- 260	φορμαλδεύδες, d- λιμονένιο, τολουόλιο, ακετόνες, αιθανόλη),2- προπανόλη (ισοπροπυλική αλκοόλη), εξανόλη
Ημιπτητικές οργανικές ενώσεις	SVOC	240-260 to 380-400	Εντομοκτόνα (DDT,achlordane, πλαστικοποιητές(phth alates), επιβραδυντές πυρκαγιάς (PCBs, PBB))

## 4.5. ΜΕΤΡΗΣΗ VOC ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Αέρας εσωτερικών χώρων: Προσδιορισμός πτητικών οργανικών ενώσεων στον εσωτερικό αέρα και αέρα από θάλαμο δοκιμών με ενεργή δειγματοληψία σε Tenax TA® προσροφητικού, θερμική εκρόφηση και αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιώντας MS/FID<sup>2</sup>. Το ISO 16000-6:2004 προσδιορίζει μια μέθοδο για τον προσδιορισμό των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) στον εσωτερικό αέρα και σε δείγμα αέρα για τον προσδιορισμό των εκπομπών των VOC από οικοδομικά υλικά χρησιμοποιώντας θαλάμους δοκιμών και κελιά. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη χρήση των Tenax TA® προσροφητικού με επακόλουθη θερμική εκρόφηση και ανάλυση αέριας χρωματογραφίας.

Οι μετρήσεις πτητικών οργανικών ενώσεων γίνονται κατά κύριο λόγο βάσει της οδηγίας EN ISO 16000. Υπάρχουν 2 πρότυπα που χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές δειγματοληψίας:

- Ενεργή δειγματοληψία (με χρήση αντλιών): «Εσωτερικός, ατμοσφαιρικός και αέρας στο χώρο εργασίας - Δειγματοληψία και ανάλυση πτητικών οργανικών ενώσεων με προσροφητικό σωλήνα / θερμική εκρόφηση / τριχοειδή αέρια χρωματογραφία – αντλούμενη δειγματοληψία (EN ISO 16017.01).

Η ενεργή δειγματοληψία μπορεί να γίνει είτε με συνεχείς (διαδικτυακές μετρήσεις, για παράδειγμα αυτόματος αναλυτής) ή ασυνεχείς (μετρήσεις εκτός σύνδεσης). Στην περίπτωση ασυνεχών μετρήσεων (παθητική και ενεργή δειγματοληψία), οι ρύποι συλλέγονται σε φίλτρο ή προσροφητικό σωλήνα για περαιτέρω ανάλυση σε εργαστήριο. Η εργαστηριακή ανάλυση συνήθως αποτελείται από εκχύλιση, καθαρισμό (όταν είναι απαραίτητο) και τη ίδια την ανάλυση χρησιμοποιώντας τον αντίστοιχο εξοπλισμό. Η εκχύλιση μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας θερμική εκρόφηση (TD) ή εκρόφηση διαλύτη (SD). Η ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διαφορετικών αναλυτικών συστημάτων ανάλογα με τον προς ανάλυση ρύπο, όπως αέρια χρωματογραφία (GC) και υγρή χρωματογραφία (LC) σε συνδυασμό με διαφορετικούς ανιχνευτές και ένα υπεριώδες ορατό (UV-Vis) φασματοφωτόμετρο).

Η ποσότητα αέρα που πρέπει να αντλήσει η αντλία, και η ταχύτητα εκρόφησης, εξαρτάται από τη συγκέντρωση του VOC στον αέρα. Όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση τόσο χαμηλότερος απαιτείται να είναι ο όγκος δειγματοληψίας. Επίσης, ο όγκος δειγματοληψίας εξαρτάται από την ποσότητα του ροφητή που γεμίζει το σωλήνα. Το ISO 16000-6: 2004 προτείνει κατά τη δειγματοληψία VOC από μη

---

<sup>2</sup> Mass Spectrometric/Flame Ionization Detector (Φασματομετρία Μάζας/Ανιχνευτής Ιόντων)

βιομηχανικό εσωτερικό αέρα ο όγκος δειγματοληψίας, να κυμαίνεται μεταξύ 1lt έως 5lt για σωλήνες δειγματοληψίας γεμισμένους με 200 mg προσροφητικού (πχ. Tenax TA®) με ρυθμό παροχής, από 50 ml / λεπτό έως 200 ml / λεπτό. Σύμφωνα με το ISO 16017-1: 2000 ο όγκος δείγματος αέρα για πτητικές οργανικές ενώσεις συνίσταται μεταξύ 1 λίτρου και 10 λίτρων, χωρίς παροχή ρυθμού ροής. Οι συνιστώμενες τιμές χρόνου δειγματοληψίας(με δεδομένο ρυθμό παροχής 50-100 ml/min) αναγράφονται στον πίνακα 2:

**Πίνακας 2:** Συνιστώμενες τιμές χρόνου δειγματοληψίας

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΧΡΟΝΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ
Υψηλή(όταν υπάρχει μυρωδιά)	5 λεπτά
Υποψία μεγάλης συγκέντρωσης	5-10 λεπτά
Δεν γνωρίζουμε	50 λεπτά
Μικρή συγκέντρωση	60-100 λεπτά
Καθαρός αέρας σε κανονικές συνθήκες	100 λεπτά

- Παθητική (ή διάχυτη) δειγματοληψία (χωρίς χρήση αντλίας): Εσωτερικοί χώροι, αέρας στο χώρο εργασίας - Δειγματοληψία και ανάλυση πτητικών οργανικών ενώσεων με προσροφητικό σωλήνα / θερμική εκρόφιση / τριχοειδή αέρια χρωματογραφία - Διάχυτη δειγματοληψία (EN ISO 16017.02)[7]

Η αρχή της παθητικής δειγματοληψίας βασίζεται στην έκθεση ενός δειγματοληπτικού στοιχείου στον περιβάλλοντα αέρα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (από αρκετές ώρες έως μία ή δύο εβδομάδες). Ο οργανικός ατμός μετακινείται κάτω από το σωλήνα με διάχυση και συλλέγεται στο απορροφητικό υλικό.

Δύο επιλογές για δειγματοληπτικό μέσο είναι οι εξής:

- ❖ Φυσίγγια που μπορούν να απορροφηθούν θερμικά (απευθείας ή να εισαχθούν σε κατάλληλο σωλήνα θερμικής εκρόφισης)
- ❖ Φυσίγγια που μπορούν να εκχυλιστούν με διαλύτη και το υγρό εκχύλισμα να εγχυθεί χειροκίνητα σε χρωματογράφο αερίου για ανάλυση.



## 4.6. ΑΕΡΙΟΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ / ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ ΜΑΖΑΣ (GC / MS)

Το GC / MS είναι μια τεχνική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το διαχωρισμό πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) και φυτοφαρμάκων. Οι φορητές μονάδες GC μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση ρύπων στον αέρα και χρησιμοποιούνται επί του παρόντος για έρευνες εισβολής ατμών. Ωστόσο, άλλες χρήσεις GC ή MS, σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές διαχωρισμού και ανάλυσης, έχουν αναπτυχθεί για ραδιονουκλίδια, εκρηκτικές ενώσεις όπως το Royal Demolition Explosive (RDX) και το Trinitrotoluene (TNT) και άλλα μέταλλα.

Η φασματομετρία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη συνεχή παρακολούθηση των εκπομπών αερίων, αντί για μια τυπική μέθοδο που συλλέγει δείγματα από ένα ρεύμα αερίου για εργαστηριακή ανάλυση. Αυτή η μέθοδος είναι σχετικά χρονοβόρα και δεν παρέχει πληροφορίες σε περίπτωση απελευθέρωσης απαγορευτικών ποσοτήτων βλαβερών χημικών ουσιών ή ότι υπάρχει αστοχία του συστήματος. Με συνεχή παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, παρακολουθούνται όλες οι κυκλοφορίες και εάν υπάρχει βλάβη του συστήματος, το σύστημα μπορεί να απενεργοποιηθεί ή να ειδοποιηθεί κάποιος υπεύθυνος.

Η πρώτη εφαρμογή της φασματομετρίας μοριακής μάζας πραγματοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1940 στη βιομηχανία πετρελαίου για ποσοτική ανάλυση μιγμάτων υδρογονανθράκων. Πρόσφατα, οι κατασκευαστές οργάνων GC / MS μείωσαν σημαντικά το συνολικό τους μέγεθος και αύξησαν την αντοχή τους. Αυτό επιτρέπει σε αυτό που κάποτε ήταν ένα εργαστήριο κορυφαίου οργάνου να εκτελεί ανάλυση πεδίου.[8]

Η χρωματογραφία (chromatography) είναι μία χημική, αναλυτική τεχνική διαχωρισμού ουσιών από το μίγμα τους. Η αρχή λειτουργίας της χρωματογραφίας βασίζεται στην κατανομή των ουσιών προς διαχωρισμό σε δύο φάσεις, η μία φάση είναι η στατική (ακίνητη) φάση, ενώ η δεύτερη αποτελείται από τη κινητή φάση (που βρίσκεται υπό συνεχή ροή). Το προς διαχωρισμό μίγμα εισάγεται στη στατική φάση με τη βοήθεια της κινητής φάσης. Οι δύο φάσεις επιλέγονται με τέτοιο τρόπο, ώστε τα συστατικά του μίγματος να κατανέμονται διαφορετικά. Τα συστατικά που κατακρατούνται λιγότερο από τη στατική φάση κινούνται γρηγορότερα ενώ αυτά που κατακρατούνται ισχυρότερα κινούνται πιο αργά. Σύμφωνα με τη παραπάνω αρχή τα συστατικά του μίγματος διαχωρίζονται μεταξύ τους.

Οι διάφορες χρωματογραφικές μέθοδοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη φύση της κινητής φάσης (υγρή ή αέρια), ως προς τη φύση της στατικής φάσης (στερεό ή υγρό πάνω σε στερεό υπόστρωμα), ως προς το μηχανισμό στον οποίο οφείλεται ο διαχωρισμός των ουσιών

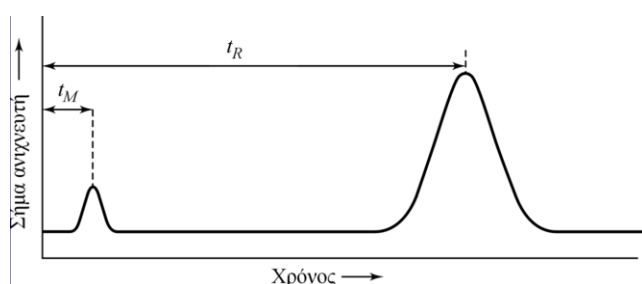
(προσρόφηση, ιοντοανταλλαγή, κατανομή, μέγεθος μορίων) και ως προς το μέσο στο οποίο βρίσκεται η στατική φάση (στήλη, λεπτή στοιβάδα πάνω σε γυάλινη πλάκα, χαρτί).

Στην αέρια χρωματογραφία (Gas Chromatography, GC) η κινητή φάση είναι ένα αδρανές αέριο, ενώ η στατική φάση μπορεί να είναι ένα στερεό ή ένα υγρό μέσο. Η αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιείται για ενώσεις που έχουν μεγάλη τάση ατμών και είναι σταθερές στις θερμοκρασίες που γίνεται η ανάλυση στην GC.

Αρκετοί κατασκευαστές οργάνων προσφέρουν αέριους χρωματογράφους, που λειτουργούν παράλληλα με φασματομέτρα μάζας ταχείας σάρωσης (Mass Spectrometer, MS). Η αρχή λειτουργίας της φασματομετρίας μάζας στηρίζεται στη δημιουργία φορτίων (κυρίως θετικών ιόντων) μιας ένωσης, η οποία στη συνέχεια προκαλεί το διαχωρισμό των ουσιών με βάση το λόγο της μάζας τους ως προς το φορτίο ( $m/e$ ) και την καταγραφή τους. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να προσδιοριστεί το μοριακό βάρος (MB) της ένωσης. Επομένως, ο ποσοτικός και ποιοτικός προσδιορισμός των πτητικών οργανικών ενώσεων γίνεται με φασματομετρία μάζας με ταυτόχρονη χρήση της μεθόδου της αέριας χρωματογραφίας (GC-MS).

### Παράμετροι χρωματογραφίας

- Νεκρός Χρόνος ( $t_M$ ): ο χρόνος που χρειάζεται μια μη κατακρατούμενη ουσία για να φτάσει στον ανιχνευτή.
- Χρόνος Ανάσχεσης ή Κατακράτησης ( $t_R$ ): ο χρόνος που χρειάζεται από την στιγμή εισαγωγής του δείγματος μέχρι την στιγμή που η κορυφή της ουσίας φθάνει στον ανιχνευτή.



*Εικόνα 1: Ενδεικτικό χρωματογράφημα [βάσει αναφοράς 9]*

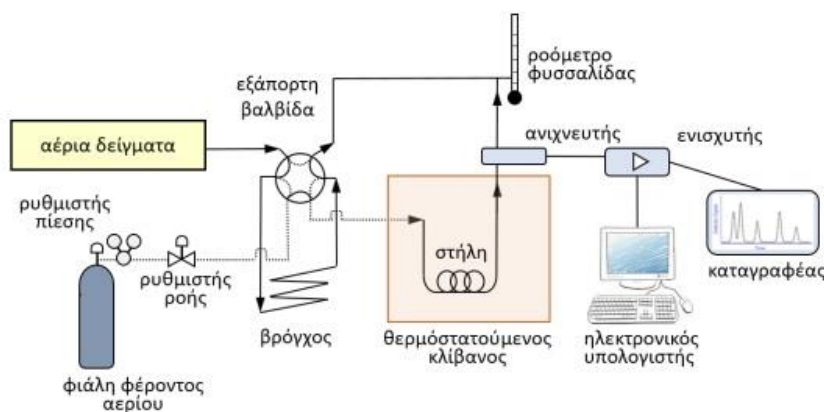
Η διαδικασία προσδιορισμού των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) στη παρούσα εργασία είναι ο συνδυασμός αέριας χρωματογραφίας και φασματομετρίας μαζών. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι μέθοδοι ξεχωριστά, καθώς και ο συνδυασμός τους.

### Ποσοτική ανάλυση- Αέρια Χρωματογραφία

Για την επίτευξη πλήρους και γρήγορου διαχωρισμού, το δείγμα πρέπει να διέλθει ταχέως μέσω της στατικής φάσης, που είναι η στήλη χρωματογραφίας, ώστε να αποφευχθεί κατά το δυνατόν η διάχυση. Η παρουσία του κάθε συστατικού, στο εξερχόμενο από τη χρωματογραφική στήλη φέρον αέριο, ανιχνεύεται με χημικά ή φυσικά μέσα και το σήμα του ανιχνευτή τροφοδοτείται σε καταγραφέα με χάρτινη ταινία. Γενικά χρησιμοποιούνται διάφοροι ανιχνευτές και τα δεδομένα παρουσιάζονται ως σειρές κορυφών (peaks) κατά μήκος του άξονα των χρόνων, οι οποίες αποτελούν το χρωματογράφημα. Κάθε κορυφή (peak) παριστάνει μια ξεχωριστή ένωση ή ένα μίγμα ενώσεων με εντελώς ίδιους συντελεστές κατανομής. Ο χρόνος που απαιτείται για κάθε συστατικό να εξέλθει από τη στήλη είναι χαρακτηριστικός και είναι γνωστός ως χρόνος κατακράτησης του συστατικού. Η επιφάνεια κάτω από μία κορυφή (peak) είναι ανάλογη προς τη συγκέντρωση της ένωσης στο δείγμα. Η αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιείται για την εύρεση της σύστασης ενός μίγματος ή την καθαρότητα μιας ένωσης (ποιοτική ανάλυση), για την επιβεβαίωση της παρουσίας ή της απουσίας μιας ένωσης σε ένα δείγμα με σύγκριση του δείγματος με καθαρή ένωση (ταυτοποίηση) και για τον προσδιορισμό της ποσοτικής σύστασης ενός μείγματος (ποσοτική ανάλυση).

Ένας αέριος χρωματογράφος αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα(Εικόνα 2):

- Πηγή παροχής του φέροντος αερίου (Carrier gas)
- Θάλαμο εισαγωγής του δείγματος (Sample injector)
- Στήλη αέριας χρωματογραφίας (Column)
- Θάλαμο θέρμανσης της στήλης (Oven)
- Σύστημα ανίχνευσης (Detector) των ουσιών που βγαίνουν από τη στήλη, το οποίο δια μέσου
- Ηλεκτρονικός ενισχυτής που συνδέεται με
- καταγραφέα (Recorder).
- Όργανα ελέγχου της πίεσης και της ταχύτητας ροής του φέροντος αερίου, της θερμοκρασίας του συστήματος προθέρμανσης του δείγματος, της θερμοκρασίας του θαλάμου θέρμανσης της στήλης, της θερμοκρασίας του ανιχνευτή κ.α.



**Εικόνα 2:** Τα μέρη ενός χρωματογράφου [βάσει αναφοράς 9]

Το φέρον αέριο χρησιμοποιείται σαν κινούμενη φάση στην αέρια χρωματογραφία η οποία μεταφέρει τις προς διαχωρισμό ουσίες, διαμέσου μιας στήλης. Πρέπει να είναι αδρανές και να μην αντιδρά με τη στατική φάση ή τις προς ανάλυση ουσίες. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το N<sub>2</sub>, He ή το Ar. Η επιλογή του αερίου γίνεται ανάλογα με τον τύπο του ανιχνευτή που χρησιμοποιεί το χρωματογραφικό σύστημα.

Θάλαμος εισαγωγής δείγματος (Sample injector) Το δείγμα σπάνια εισάγεται απευθείας στη στήλη. Συνήθως πριν από τη στήλη υπάρχει ο θάλαμος εισαγωγής που λειτουργεί και σαν σύστημα προθέρμανσης του δείγματος, χωρίς να διακοπεί η ροή του φέροντος αερίου. Ο θάλαμος εισαγωγής φέρει μικρό άνοιγμα που κλείνεται με ελαστικό κάλυμμα (septum), κατασκευασμένο από συνθετικό ελαστικό σιλικόνης. Η εισαγωγή του δείγματος γίνεται συνήθως με τη βοήθεια αεροστεγούς σύριγγας. Για τη διάλυση των δειγμάτων χρησιμοποιείται εξάνιο, αιθέρας, ακετόνη ή διθειάνθρακας. Τέλος, το σχήμα, η χωρητικότητα, το υλικό κατασκευής και οι συνθήκες λειτουργίας του θαλάμου επηρεάζουν σε υψηλό βαθμό την απόδοση της στήλης.

Η στήλη είναι το σημαντικότερο κομμάτι του αέριου χρωματογράφου, γιατί σε αυτή γίνεται ο διαχωρισμός των συστατικών ενός μίγματος. Διακρίνονται δύο τύποι στηλών, οι στήλες πληρώσεως (γεμισμένες) (packed columns) και οι τριχοειδείς στήλες (capillary columns). Οι στήλες κατασκευάζονται συνήθως από ανοξείδωτο χάλυβα, αλουμίνιο ή και γυαλί. Για την εξοικονόμηση χώρου, η στήλη τυλίγεται υπό μορφή πηνίου και συνδέεται στο άκρο της εισόδου της με το θάλαμο εξαερώσεως, στο δε άκρο της εξόδου της με τον ανιχνευτή. Οι τριχοειδείς στήλες είναι σωλήνες πολύ μικρής διαμέτρου (0,1-0,5 mm) και μεγάλου μήκους (10-60 m), συνήθως πολυμερούς υλικού, τα εσωτερικά τοιχώματα των οποίων επικαλύπτονται με τη στατική φάση. Δεν υπάρχει υλικό πληρώσεως.

Πλεονεκτήματα τριχοειδών στηλών:

- Μεγάλος αριθμός θεωρητικών πλακών (μέχρι 500.000 σε σχέση με τις στήλες πλήρωσης)
- Μικρότερη ποσότητα δείγματος (ng)
- Μικρότερος χρόνος έκλουσης και ανάλυσης γενικότερα
- Μικρότερες θερμοκρασίες διαχωρισμού
- Όρια ανίχνευσης περίπου ίδια, αλλά μικρότερη ποσότητα δείγματος
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σύζευξη με ανιχνευτές που επιτυγχάνουν ταυτοποίηση των ενώσεων (π.χ. φασματογράφος μάζας)
- Με 3-4 στήλες (που διαφέρουν ως προς την πολικότητα της στατικής φάσης) καλύπτεται όλο το φάσμα των ενώσεων που μπορούν να διαχωριστούν

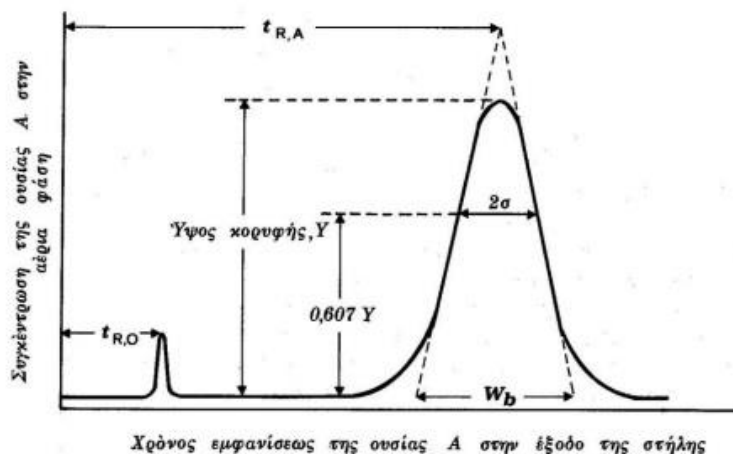
Οι θάλαμοι θέρμανσης της στήλης είναι δύο ειδών, με αέρα και με μέταλλο. Στους θαλάμους με αέρα, η στήλη διατηρείται σταθερά στην επιθυμητή θερμοκρασία με θερμαινόμενο αέρα. Οι θάλαμοι αυτού του είδους χαρακτηρίζονται από μεγάλη ταχύτητα αποκατάστασης ισορροπίας εξαιτίας της χαμηλής ειδικής θερμότητας του αέρα. Στους θαλάμους με μέταλλο η στήλη περιβάλλεται από σχετικά μεγάλη μάζα μετάλλου που θερμαίνεται με ηλεκτρικές αντιστάσεις.



*Εικόνα 3: Όργανο αέριας χρωματογραφίας-φασματοσκοπίας μάζας(GC/MS)  
[βάσει αναφοράς 9]*

Ο **θάλαμος θέρμανσης** της στήλης είναι ένα σημαντικό μέρος του αέριου χρωματογράφου γιατί από τη σωστή του λειτουργία εξαρτάται η ακριβής ρύθμιση της θερμοκρασίας στήλης. Η ιδανική θερμοκρασία επιτυγχάνεται εμπειρικά με διαδικασίες δοκιμής και απόρριψης. Ο **ανιχνευτής** είναι το όργανο που μετράει διαφορές στη σύσταση του υλικού το οποίο εξέρχεται από τη στήλη. Ο **καταγραφέας** είναι ένα όργανο που μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα που φθάνει από τον ανιχνευτή, σε μηχανική κίνηση. Κατάλληλα προσαρμοσμένη γραφίδα καταγράφει τις κορυφές που αντιστοιχούν στα εκλυόμενα από τη στήλη συστατικά του προς διαχωρισμό μίγματος. Δηλαδή με τον καταγραφέα επιτυγχάνεται, πάνω σε χαρτί που κινείται ισοταχώς, η γραφική απεικόνιση της μεταβολής της έντασης του ηλεκτρικού σήματος σε συνάρτηση με το χρόνο.

Η παρακάτω γραφική απεικόνιση ονομάζεται χρωματογράφημα.. Το ευθύγραμμο τμήμα ονομάζεται βασική γραμμή και η καμπύλη ονομάζεται κορυφή ή peak(εικόνα 4). Η προέκταση της βασικής γραμμής που ενώνει τα άκρα της κορυφής ονομάζεται βάση της κορυφής. Το ευθύγραμμο τμήμα από τη βάση κάθετα στη κορυφή ονομάζεται ύψος της κορυφής. Το τμήμα της βάσης της κορυφής που ορίζεται από τα σημεία τομής της βάσης με τις εφαπτόμενες στις πλευρές της κορυφής, ονομάζεται εύρος της κορυφής.



**Εικόνα 4:** ανάλυση κορυφής χρωματογραφήματος [βάσει αναφοράς 9]

### Ποιοτική ανάλυση- Φασματομετρία μαζών

Η φασματομετρία μαζών είναι μια σύγχρονη τεχνική ανάλυσης ουσιών που στηρίζεται στη μετατροπή του δείγματος σε θετικά φορτισμένα ιόντα και στον εν συνεχεία διαχωρισμό αυτών ανάλογα με το πηλίκo m/e (μάζα/φορτίο) τους. Τα ιόντα σχηματίζονται με το

βομβαρδισμό της ουσίας με δέσμη ηλεκτρονίων μεγάλης ενέργειας και αφού επιταχυνθούν πρώτα μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο και στη συνέχεια περάσουν από το μαγνητικό πεδίο κάθετο προς το ηλεκτρικό, διαχωρίζονται και καταγράφονται με βάση το λόγο  $m/e$ . Από τη θεωρία της φασματομετρίας μαζών εξάγουμε τη θεμελιώδη εξίσωσή της:

$$\frac{m}{e} = \frac{H^2 r^2}{2V}$$

Η εξίσωση X δηλώνει ότι κάθε ιόν με το χαρακτηριστικό πηλίκιο  $m/e$ , υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου σταθερής ισχύος και σταθερού ηλεκτρικού δυναμικού, θα διαγράψει κυκλική τροχιά ακτίνας  $r$ . Επειδή όμως το κάθε ιόν έχει διαφορετική μάζα (άρα και διαφορετικό λόγο  $m/e$ ) θα διαγράψει και διαφορετική τροχιά. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των διαφόρων ιόντων-θραυσμάτων που φτάνουν χωριστά στον ανιχνευτή.

Για το λόγο αυτό η φασματομετρία μαζών αποτελεί ανεκτίμητο εργαλείο στην ταυτοποίηση οργανικών ουσιών. Όσον αφορά την οργανολογία της φασματομετρίας, τα τυπικά στοιχεία που αποτελούν ένα φασματογράφο μάζας είναι:

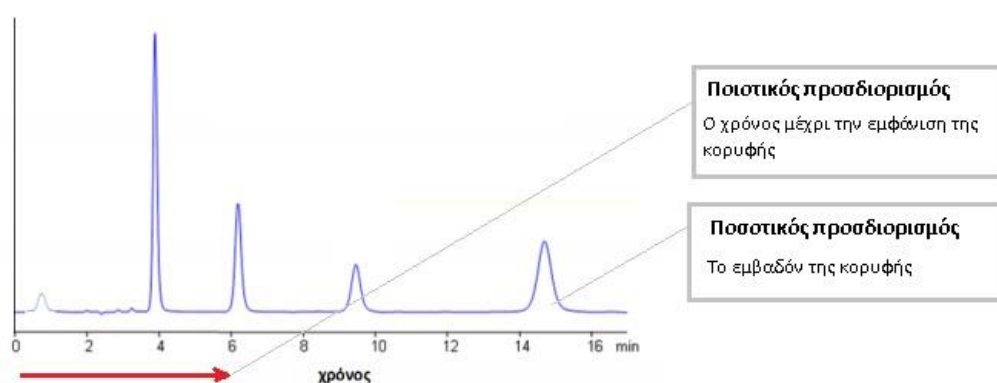
1. Σύστημα εισαγωγής δείγματος
2. Θάλαμος ιονισμού – επιταχυντής
3. Αναλυτής μαζών - μαγνήτης
4. Ανιχνευτής - συλλέκτης ιόντων
5. Καταγραφέας

Το δείγμα εισάγεται είτε σαν αέριο ή μετατρέπεται σε αέριο με θέρμανση και στη συνέχεια προωθείται στο θάλαμο ιονισμού όπου με τη βοήθεια πηγής ιονισμού μετατρέπεται σε ιόντα. Στον αναλυτή, τα ιόντα αυτά χωρίζονται σε δέσμες ανάλογα με την τιμή του πηλίκου  $m/e$ , ενώ στον ανιχνευτή γίνεται η ανίχνευση του κάθε ιόντος ηλεκτρονικά. Η μέθοδος φασματομετρίας, αν και καταστρεπτική για το δείγμα, απαιτεί πολύ μικρή ποσότητα του τελευταίου, της τάξης του 1 ml υγρού δείγματος (100-200 ng προκειμένου περί στερεού δείγματος).

Τα θετικά φορτισμένα ιόντα που ήδη έχουν επιταχυνθεί επαρκώς, εισέρχονται με μεγάλη ταχύτητα στον αναλυτή που αποτελείται από μεταλλικό σωλήνα κεκαμένο στους 180°C. Ο αναλυτής λειτουργεί υπό κενό  $10^{-7}$  –  $10^{-8}$  torr και βρίσκεται μέσα σε σταθερό μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ένας ηλεκτρομαγνήτης. Υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου, τα ιόντα ανάλογα με το πηλίκιο  $m/e$ , εστιάζονται διαφορετικά μέσα στον σωλήνα του αναλυτή. Έτσι, επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των σχηματισθέντων ιόντων με βάση τη μάζα τους.

Είναι ηλεκτρόδιο στο οποίο συλλέγονται τα ήδη διαχωρισμένα ιόντα. Έτσι δημιουργείται ένα ηλεκτρικό σήμα που μέσω του ενισχυτή φθάνει στον καταγραφέα. Ο καταγραφέας μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα σε μηχανική κίνηση γραφίδας η οποία αποτυπώνει το φάσμα μαζών της ουσίας. Η πιο έντονη κορυφή σε ένα φάσμα μαζών καλείται βασική κορυφή (basepeak) και βαθμολογείται αυθαίρετα με 100 στην κλίμακα της έντασης. Οι υπόλοιπες κορυφές του φάσματος βαθμολογούνται σε σχέση πάντα με τη βασική κορυφή. Ποσοτικός και ποιοτικός προσδιορισμός με φασματομετρία μάζας με ταυτόχρονη χρήση της μεθόδου της αέριας χρωματογραφίας (GC-MS)

Γενικά ένας φασματογράφος μάζας έχει ως στόχο την ταυτοποίηση της ουσίας – δείγματος που εισάγεται. Δηλαδή είναι ένας τρόπος ποιοτικής ανάλυσης συστατικών. Ωστόσο, στις συνήθεις εργαστηριακές συνθήκες έχουμε όχι μεμονωμένες ουσίες αλλά μίγματα ουσιών τα οποία βέβαια θα πρέπει να διαχωριστούν στα συστατικά τους. Το διαχωρισμό αυτό τον κάνει ο αέριος χρωματογράφος. Έτσι, αφού διαχωριστεί το μίγμα στα συστατικά του μέσω της χρωματογραφικής διαδικασίας, γίνεται χρήση φασματογράφου μάζας για τον ποιοτικό προσδιορισμό αυτών των συστατικών. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των συστατικών του μίγματος εξακολουθεί να γίνεται με τη μέτρηση του εμβαδού της αντίστοιχης για κάθε συστατικό κορυφής του χρωματογραφήματος. Ωστόσο η συνήθης αναλυτική διαδικασία που χρησιμοποιείται είναι ο συνδυασμός τους, δηλαδή η χρήση αέριου χρωματογράφου σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας (Gas Chromatographer – Mass Spectrometer, GCMS).[8][9][10]



**Εικόνα 5:** Ενδεικτικό χρωματογράφημα [βάσει αναφοράς 9]

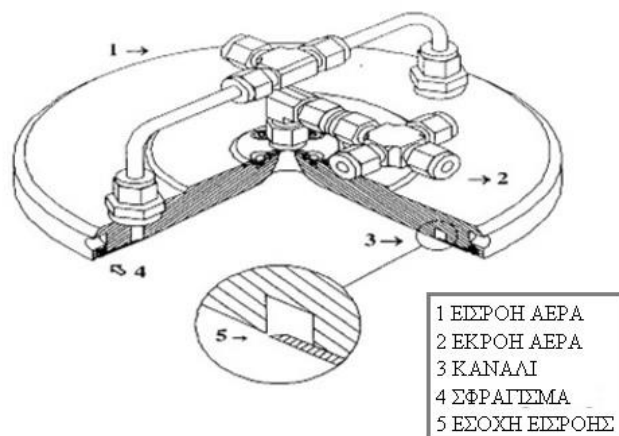


## 4.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ FLEC ΚΑΙ CHAMBER TEST

### 4.7.1 FLEC

Τα κελιά εκπομπών είναι φορητές συσκευές που προσδιορίζουν τις πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds, VOCs) και τις μερικώς πτητικές οργανικές ενώσεις (Semi Volatile Organic Compounds, SVOCs), που εκπέμπονται από υλικά και προϊόντα εσωτερικών χώρων. Κυμαίνονται σε μέγεθος και όσο έχουν μία πλευρά που τοποθετείται πάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια του υπό εξέταση υλικού, η επιφάνεια αυτή γίνεται μέρος του κελιού. Η είσοδος του αέρα στο κελί είναι σχεδιασμένη για να κατευθύνεται σε όλη την επιφάνεια του υπό εξέταση υλικού πριν βγει από το κελί από το σημείο εκτόνωσης.

Το κελί εκπομπών εφευρέθηκε το 1991 από μία σκανδιναβική ομάδα. Σκοπός τους ήταν να ανταποκριθούν στην ανάγκη για ένα μικρό, πολυχρηστικό και εύκολο στη χρήση εργαλείο για επί τόπου αλλά και εργαστηριακές μετρήσεις εκπομπών. Μια σχηματική αναπαράσταση του κελιού επιτόπιων και εργαστηριακών μετρήσεων εκπομπών (Field and Laboratory Emission Cell, FLEC) που κατασκεύασε η ομάδα απεικονίζεται παρακάτω στην Εικόνα 6. Είναι μία κυκλική κατασκευή από γυαλισμένο, ανθεκτικό στο οξύ, ανοξείδωτο ατσάλι. Ο αέρας εισέρχεται από μία εσοχή στη περίμετρο.



Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση FLEC

#### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ FLEC (εικόνα 6)

- 1) Στο σημείο αυτό συνδέεται σωληνάκι μέσω του οποίου τροφοδοτείται στον χώρο επιφάνειας του δείγματος καθαρός φιλτραρισμένος αέρας.
- 2) Στο σημείο 2 υπάρχουν 3 εξόδοι από τις οποίες αντλούμε από την επιφάνεια του δείγματος (πάλι με σωληνάκια), τον αέρα που τροφοδοτήσαμε στο σημείο 1. Μπορούμε να επιλέξουμε πως θα χρησιμοποιήσουμε την κάθε έξοδο και ποια

δεδομένα θα κρατήσουμε και ποια όχι. Σε κάθε περίπτωση ο αέρας που αντλούμε φιλτράρεται σε γυάλινα σωληνάκια δειγματοληψίας με προσροφητικό TENAX όπως θα δούμε και στο πειραματικό μέρος, ώστε να δεσμευτούν σε αυτό οι οποιεσδήποτε πτητικές οργανικές ενώσεις εκπέμπονται από το υπό μελέτη υλικό που βρίσκεται κάτω από το κελί μας.

- 3) Εδώ φαίνεται το κανάλι μέσα στο οποίο τρέχει ο αέρας που εισέρχεται από το σημείο 1. Ο αέρας από το κανάλι, εισέρχεται στο κέντρο του χώρου δειγματοληψίας στον οποίο διαχέεται ομοιόμορφα και, παρασέρνοντας μαζί του και τις εκπομπές του υπό μελέτη υλικού, φεύγει από τον κεντρικό αγωγό εξόδου.
- 4) Το σημείο 4 δείχνει το ελαστικό δαχτυλίδι πάνω στο οποίο πέφτει το βάρος της συσκευής με αποτέλεσμα, αυτό να σφραγίζει τον χώρο επιφάνειας του δείγματος.
- 5) Εδώ βλέπουμε την βαλβίδα εισαγωγής του αέρα από το κανάλι(σημείο 3) προς τον χώρο δειγματοληψίας.

Τα κελιά εκπομπών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υλικά/προϊόντα με επίπεδη επιφάνεια. Τυπικές εφαρμογές περιλαμβάνουν υλικά για δάπεδα(ξύλινα κομμάτια, χαλιά, πατώματα βυνιλιού κ.α.), ξύλινα πάνελ δαπέδου, υφάσματα, κόλλες, βαφές, στεγνωτικά, ταπετσαρίες τσιμεντοειδείς βάσεις κ.α. το κελί μπορεί να τοποθετηθεί κατευθείαν επάνω σε μια άκαμπτη επίπεδη επιφάνεια και μένει σταθερό υπό το ίδιο του το βάρος, πιέζοντας το δαχτυλίδι εφαρμογής(σημείο 4). Στις εργαστηριακές μετρήσεις, υλικά που μπορούν να συμπιεστούν, τοποθετούνται μέσα σε προστατευτικό για να μην παραμορφωθούν από το βάρος του FLEC.

Το υψηλό κόστος, η πολυπλοκότητα διαδικασίας, και το μέγεθος του εξοπλισμού του **CHAMBER TEST**(περιγράφεται παρακάτω), το καθιστά λιγότερο ευέλικτο και γενικότερα ακατάλληλο για καθημερινό ποιοτικό(ρουτίνας) έλεγχο εκπομπών σε βιομηχανικά εργαστήρια. Επιπλέον στην πλειονότητα των περιπτώσεων είναι αδύνατο για εξωτερικά ανεξάρτητα εργαστήρια να προσφέρουν εγκαίρως εναλλακτικά αποτελέσματα για το υλικό/ προϊόν υπό έλεγχο, πριν αυτό περάσει από το στάδιο της παραγωγής σε αυτό της πώλησης. Απαιτείται λοιπόν να υπάρχει ένα πιο απλουστευμένο σύστημα μετρήσεων-ελέγχου όπως το FLEC που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια βιομηχανία εύκολα, γρήγορα με έμπιστα αποτελέσματα και διασφάλιση ποιότητας. Το Emission cell μπορεί φυσικά να χρησιμοποιηθεί και για τον εντοπισμό διαφόρων ουσιών από προϊόντα, ακόμα και μετά την εγκατάστασή τους ή κατά τη χρήση τους. τα σχετικά αποτελέσματα των μετρήσεων μεταφέρονται στον κατασκευαστή ώστε να γίνουν όσο το δυνατόν πιο γρήγορα οι κατάλληλες προσαρμογές στο προϊόν, και να αποφευχθεί η ανάγκη επιστροφών και άλλων ακυρωτικών κινήσεων σχετικά με τη μαζική κυκλοφορία του στην αγορά. Η επί τόπου εφαρμογή των κελιών εκπομπών επιτρέπει να εντοπιστούν και να αναλυθούν ποιοτικά οι εκπομπές μετά την εγκατάσταση. Έτσι σχετικές

πληροφορίες μπορούν να μοιραστούν άμεσα με το κατασκευαστή, ελαχιστοποιώντας έτσι το κόστος και τις επιδιορθωτικές δράσεις. [11]

#### 4.7.2 CHAMBER TEST

Ο θάλαμος δοκιμών “CLIMPAQ” είναι ένας θάλαμος μικρού μεγέθους αεροστεγώς κλειστός μέσα στον οποίο, κάτω από προσαρμοσμένες και ελεγχόμενες συνθήκες εκτίθενται δείγματα οικοδομικών προϊόντων. Οι συνθήκες περιβάλλοντος στον θάλαμο, όπως ταχύτητα αέρα, θερμοκρασία και υγρασία κυμαίνονται σε επίπεδα που συνήθως απαντώνται σε εσωτερικούς χώρους. Τα δείγματα που συλλέγονται με το chamber test μπορούν να αναλυθούν με ένα φάσμα μεθόδων με στόχο να καταγραφεί η χημική σύσταση των εκπομπών πιθανών ρύπων από οικοδομικά υλικά. Η μέθοδος Nordtest που ακολουθήθηκε στο συγκεκριμένο πείραμα εστιάζει στον προαναφερθέντα θάλαμο δοκιμών “CLIMPAQ”.

Εργαστηριακές έρευνες εκπομπών από ρύπους οικοδομικών υλικών σε εσωτερικούς χώρους διενεργούνται για ποικίλους σκοπούς. Για παράδειγμα καθημερινοί έλεγχοι ρουτίνας από κατασκευαστές, που είτε παρακολουθούν την ποιότητα παραγωγής ή τεστάρουν νέα προϊόντα. Άλλο παράδειγμα θα μπορούσε να είναι διεκπεραίωση έρευνας για να διευρυνθεί η γνώση των επιστημόνων σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό μετάδοσης εκπομπών μεταξύ πηγών ρύπων και του αέρα εσωτερικών χώρων.

Ανεξαρτήτως του σκοπού της έρευνας, ο χώρος διενέργειας των μετρήσεων θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις και σταθερές πειραματικές συνθήκες. Είναι βασική η διατήρηση των τιμών ορισμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων εντός των επιθυμητών ορίων. Στο πλαίσιο της εκπομπής οργανικών ατμών από εσωτερικές επιφάνειες τα ακόλουθα θεωρούνται ζωτικής σημασίας:

- Θερμοκρασία αέρα
- Υγρασία
- Ταχύτητα αέρα
- Τάση ατμών των δειγμάτων που ελέγχονται.

Οι παραπάνω παράμετροι εξαρτώνται τόσο από τον σχεδιασμό όσο και από τη διαχείριση του πειραματικού χώρου, που περιλαμβάνει τον θάλαμο δοκιμών, την παροχή αέρα και την παρακολούθηση των συστημάτων ελέγχου της διαδικασίας.

Οι μικρού μεγέθους θάλαμοι δοκιμών θεωρούνται κατεξοχήν το κατάλληλο εργαλείο για την ποιοτικό και ποσοτικό χαρακτηρισμό των ρύπων που εκλύονται από διάφορα υλικά και προϊόντα.[2] Τα πλεονέκτημα μικρής κλίμακας θαλάμων έναντι των μεγάλης αφορά το γεγονός ότι είναι οικονομικότεροι και πιο εύκολοι στην συναρμολόγηση και στον χειρισμό. Ένα προφανές μειονέκτημα είναι ο περιορισμός μεγέθους στο εκάστοτε ελεγχόμενο δείγμα. Επιπλέον πιθανώς υπάρχει αβεβαιότητα στην αναγωγή των αποτελεσμάτων στην κλίμακα ενός πραγματικού εσωτερικού χώρου του οποιουδήποτε κτηρίου, για παράδειγμα λόγω διαφορετικών χαρακτηριστικών στην κίνηση του αέρα και την απορρόφηση χημικών ουσιών. Παρόλα αυτά, σε εργαστηριακή μελέτη στην οποία συγκρίθηκαν μετρήσεις από θαλάμους μικρής κλίμακας όγκων που κυμαίνονταν από 0,035lt έως 1475lt δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές συστηματικές διαφορές στα αποτελέσματα.

Η διαδικασία ελέγχου των εκπομπών περιλαμβάνει τη συλλογή πειραματικών δειγμάτων, μεταφορά υλικών, προετοιμασία του δείγματος που θα ελεγχθεί, προετοιμασία του θαλάμου δοκιμών (chamber test), περιγραφή των παραμέτρων και παραδοχών της μέτρησης, και τελικά τη διαδικασία της μέτρησης. Ο θάλαμος δοκιμών (CLIMPAQ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις με τη μέθοδο της χημικής ανάλυσης την οποία ακολουθήσαμε στην συγκεκριμένη διπλωματική, ή με αυτή της επιτόπου ανάλυσης στην έξοδο του chamber, της επίδρασής τους από μια σειρά κριτών όσον αφορά την όσφρηση, τον ερεθισμό στα μάτια ή σε άλλα σημεία του σώματος, ή και ταυτόχρονα (υπάρχουν δύο έξοδοι.

## ΟΡΙΣΜΟΙ

✚ **Ρυθμός εναλλαγής του αέρα (Air exchange rate), n:** λόγος της παροχής του αέρα εφοδιασμού προς τον ελεύθερο όγκο του αεριζόμενου χώρου [ $\text{h}^{-1}$ ].

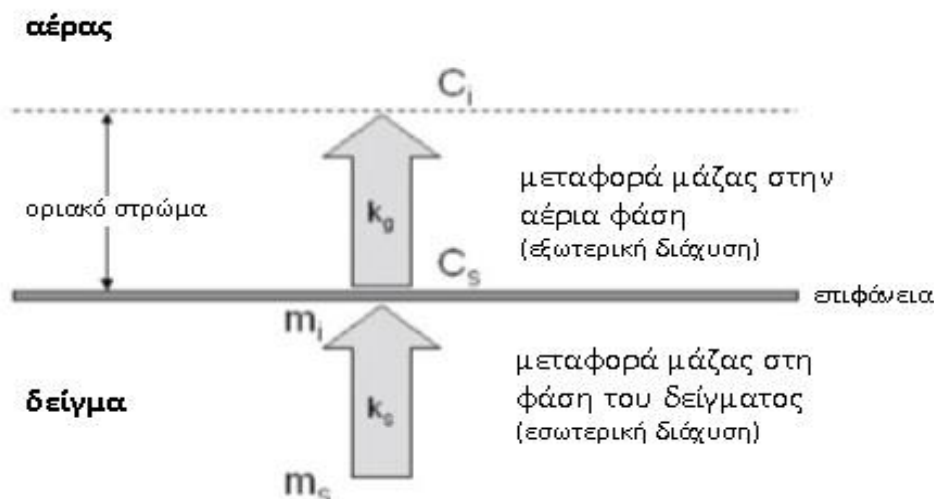
✚ **Ρυθμός παροχής αέρα συγκεκριμένης επιφάνειας (Area specific airflow rate), q:** λόγος της παροχής του αέρα εφοδιασμού προς την επιφάνεια του υλικού [ $\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{m}^{-2}$ ].

✚ **Ρυθμός εκπομπών (Area specific emission rate), E:** η έκλυση ρύπων από μια μονάδα επιφανείας του υλικού στον περιβάλλοντα αέρα [ $\text{mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ].

Οι δυναμική των μηχανισμών εκπομπών από επιφάνειες με κατασκευαστικά υλικά έχει μελετηθεί εκτενώς. Η εκπομπή μπορεί να χαρακτηριστεί από δύο στοιχειώδεις φυσικές διεργασίες, ( Εικόνα 7 ):

α) Η μεταφορά μάζας στην αέρια φάση (εξωτερική διάχυση),

β) Η μεταφορά μάζας στη φάση του δείγματος (εσωτερική διάχυση).



*Εικόνα 7 : Διάγραμμα κινητικών των διεργασιών που συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο μεταφορών μάζας των VOCs από τις επιφάνειες των υλικών*

Το μοντέλο της μεταφοράς μάζας στην αέρια φάση (α) βασίζεται στη μοριακή διάχυση κατά μήκος ενός γραμμικού οριακού στρώματος (εικόνα 7). Ο μηχανισμός (β) περιορίζεται από τη διάχυση στο εσωτερικό της στερεάς φάσης του δείγματος προς την επιφάνειά του. Τα κελιά είναι σχεδιασμένα για να ελαχιστοποιούν τα σημεία στάσιμου αέρα. Επιπλέον, η λεία εσωτερική επιφάνεια του FLEC μπορεί να ξεπλυθεί με ένα κατάλληλο διαλύτη.

**Συγκέντρωση στο θάλαμο (Chamber concentration),  $C_c$ :** η συγκέντρωση μιας συγκεκριμένης ένωσης ή μιας ομάδας ενώσεων που μετρήθηκαν στο θάλαμο δοκιμής. Υπό συγκεκριμένες συνθήκες δοκιμής η συγκέντρωση θαλάμου εξαρτάται από το ρυθμό των εκπομπών και το ρυθμό παροχής του αέρα στο θάλαμο. Εάν η συγκέντρωση της παροχής αέρα είναι αμελητέα, η σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης θαλάμου, του ρυθμού εκπομπών και του ρυθμού ροής του αέρα στο θάλαμο δοκιμών, σε σταθερές συνθήκες μπορεί να εκφραστεί ως:

$$C_c = E/q = E \cdot L/n$$

Όπου:

$C_c$ : συγκέντρωση στο θάλαμο δοκιμών [ $\text{mg m}^{-3}$ ]

$E$ : ρυθμός των εκπομπών [ $\text{mg m}^{-3}\text{h}^{-1}$ ]

$q$ : ρυθμός παροχής του αέρα [ $\text{m}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2}$ ]

$L$ : παράγοντας φορτίου (loading factor) [ $\text{m}^2\text{m}^{-3}$ ]

$n$ : ρυθμός εναλλαγής του αέρα [ $\text{h}^{-1}$ ]

Σε όλη την περιγραφή της μεθόδου, ο ρυθμός παροχής του αέρα ορίζεται συστηματικά με το σύμβολο  $q$ . Ωστόσο ο ρυθμός παροχής του αέρα  $q$  ισούται με την αναλογία  $n/L$ . Ούτε ο ρυθμός εναλλαγής του αέρα  $n$ , ούτε ο παράγοντας φορτίου  $L$  είναι κατάλληλοι από μόνοι τους ως παράμετροι όταν γίνεται σύγκριση μεταξύ των θαλάμων δοκιμής και των δωματίων μοντέλων διαφόρων μεγεθών. Για ένα συγκεκριμένο υλικό προς δοκιμή, κάτω από συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες, η συγκέντρωση των εκπεμπόμενων ρύπων εξαρτάται από το ρυθμό παροχής του αέρα,  $q = n/L$ . Έτσι, είναι κατάλληλο να κρατηθεί ο ρυθμός παροχής του αέρα στο θάλαμο δοκιμής ίσος προς το ρυθμό παροχής του αέρα στο δωμάτιο μοντέλο.

**Παράγοντας φορτίου (loading factor),  $L$ :** ο λόγος της επιφάνειας του υπό δοκιμή υλικού στο δωμάτιο μοντέλο με τον όγκο του δωματίου μοντέλου [ $m^2 \cdot m^{-3}$ ].

**Δείγμα υλικού (material sample):** ένα δείγμα που συλλέγεται για να αντιπροσωπεύσει ένα συγκεκριμένο υλικό.

**Δωμάτιο μοντέλο (model room):** ένα πραγματικού μεγέθους δωμάτιο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ρυθμού παροχής του αέρα στο θάλαμο δοκιμής. Στη μέθοδο 104 Nordtest, NT Build 358, ένα δωμάτιο μοντέλο ορίστηκε με τις διαστάσεις 3,2m x 2,2m x 2,4m (μήκος, πλάτος και ύψος αντίστοιχα). Δωμάτια μοντέλα με άλλες διαστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

**Ρυθμός παροχής αέρα (supply airflow rate),  $Q$ :** ο ρυθμός ροής του αέρα που εκφράζεται ως ο όγκος ροής του αέρα που εισάγεται σε ένα δωμάτιο ή ένα θάλαμο δοκιμών [ $m^3 \cdot h^{-1}$  ή  $s^{-1}$ ].

**Δείγμα δοκιμής (test specimen):** ένα κομμάτι του προς δοκιμή υλικού που προετοιμάζεται για χρήση στον θάλαμο).

Κάθε δείγμα υλικού θα πρέπει να επιλέγεται, να συλλέγεται, να μεταφέρεται και να αποθηκεύεται με τρόπο που θα εξασφαλίζει ότι οι χαρακτηριστικές του εκπομπές θα είναι αντιπροσωπευτικές. Κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ της συλλογής του δείγματος υλικού και της έναρξης της προετοιμασίας δοκιμών, μπορεί να συμβεί κάποια ανεπιθύμητη αλλαγή στα χαρακτηριστικά των εκπομπών του υλικού. Το υλικό μπορεί, για παράδειγμα, να επηρεαστεί σε σχέση με:

- μείωση των υπολειμμάτων των εκπεμπόμενων σωματιδίων
- μια αλλαγή στην κλίση συγκέντρωσης του υλικού
- μόλυνση της επιφάνειας του υλικού μέσω της προσρόφησης
- χημικές αντιδράσεις στην επιφάνεια του υλικού ή και εντός του υλικού

Το ιστορικό του υλικού και το δείγμα πρέπει να είναι καταγεγραμμένα στην έκθεση της δοκιμής μαζί με πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες υπό τις οποίες το δείγμα συλλέχθηκε. Εάν το υλικό εκπέμπει ρύπους, το συνολικό κατάλοιπο της εκπεμπόμενης ύλης θα μειωθεί και η κλίση συγκέντρωσης του υλικού μπορεί να αλλάξει. Το υλικό κοντά στην επιφάνεια του δείγματος θα έχει μικρότερη συγκέντρωση εκπεμπόμενων ενώσεων από ότι πιο μακριά από αυτήν. Έτσι, αν οι ενώσεις εκπέμπονται από το δείγμα υλικού κατά τη διάρκεια των μεταφορών υπάρχει ο κίνδυνος ότι δεν θα είναι δυνατό να αποκατασταθεί η κλίση συγκέντρωσης πριν από τη δοκιμή εκπομπών. Αν οι εκπομπές ελαχιστοποιούνται με τη μόνωση των επιφανειών του υλικού, το συνολικό κατάλοιπο των εκπομπών, μπορεί να είναι πρακτικά αμετάβλητο, και η κλίση συγκέντρωσης θα αντισταθμιστεί εντός του υλικού. Ωστόσο, από την προετοιμασία του υλικού πριν από την έναρξη της δοκιμής εκπομπών, είναι, τουλάχιστον θεωρητικά, δυνατόν να αποκατασταθεί μια κλίση συγκέντρωσης παρόμοια με την αρχική, αλλά σε ελαφρώς χαμηλότερο επίπεδο. Για τους λόγους αυτούς, κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ της συλλογής του δείγματος υλικού και της έναρξης της προετοιμασίας δοκιμών, οι εκπομπές από το υλικό θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν και οι επιφάνειες του δείγματος υλικού θα πρέπει να προστατευθούν από χημική μόλυνση με σφράγιση των επιφανειών του. Κάθε δείγμα του υλικού θα πρέπει να αποθηκεύεται και να μεταφέρεται χωριστά, χωρίς να έρχεται σε επαφή η επιφάνεια του δείγματος με τον αέρα του περιβάλλοντος. Για τα στερεά υλικά αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με συσκευασία κάθε δείγματος σε καθαρό αλουμινόχαρτο. Σε περίπτωση πρόσφατης βαφής του υλικού πρέπει να αφήνεται να στεγνώσει πριν τη συσκευασία του δείγματος σε αλουμινόχαρτο. Υγρά και κολλώδη προϊόντα πρέπει να τοποθετούνται σε κλειστά δοχεία. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και μεταφοράς η θερμοκρασία και η υγρασία πρέπει να διατηρούνται περίπου στο ίδιο επίπεδο με εκείνο κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Τα δείγματα υλικών θα πρέπει να φθάσουν στο εργαστήριο δοκιμών, το συντομότερο δυνατό μετά τη συλλογή και τη συσκευασία.[12]

#### **4.7.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΕΛΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕ ΘΑΛΑΜΟΥΣ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ**

Τα κελιά εκπομπών όπως τα FLEC δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ανάγλυφες επιφάνειες, σε καλούπια ή σε ολόκληρα αντικείμενα (π.χ. κινητά τηλέφωνα). Είναι περιορισμένα σε λεία υλικά ή σε προϊόντα που μπορούν να απλωθούν σε κάποια λεία επιφάνεια. Η ταχύτητα του αέρα πάνω από την επιφάνεια του δείγματος διαφέρει από σημείο σε σημείο, αλλά αυτό ισχύει και στη περίπτωση θαλάμων μικρής κλίμακας. Όμως, συγκεκριμένοι ρυθμοί εκπομπών που ελέγχονται από την εσωτερική διάχυση,

παρεμποδίζονται κυρίως από τη ταχύτητα στην επιφάνεια, όμως και τα κελιά και οι θάλαμοι μπορούν να βγάλουν συγκρίσιμα και αναπαραγώγιμα δεδομένα με νόημα, παρά την διαφορετική κατανομή αέρα σε αυτά. Η ποικιλία των ταχυτήτων του αέρα πάνω από τις επιφάνειες μπορεί να επηρεαστεί από την υφή της επιφάνειας· οι χρόνοι ισορροπίας για εξαιρετικά τραχιές επιφάνειες στα κελιά εκπομπών μπορεί να αυξηθεί από 15-20 λεπτά σε ~2 ώρες, αλλά αντίστοιχα θέματα επηρεάζουν και τους μικρούς θαλάμους. Η μόνη ανησυχία που αφορά την ανομοιόμορφη ταχύτητα του αέρα για την εσωτερική διάχυση ελέγχεται από ρυθμούς εκπομπών σε υλικά με ισχυρές σημειακές πηγές εκπομπών όπως οι κόμποι στα ξύλα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, πολλαπλά τεστ θα ήταν πιο αξιόπιστα είτε με κελιά είτε με θαλάμους. Αν και ανόμοιο, το μοτίβο της ταχύτητας του αέρα μέσα στο FLEC είναι αναπαραγώγιμο σε διαφορετικούς ρυθμούς ροής. Αυτό του επιτρέπει στα δεδομένα του να χρησιμοποιούνται σαν σύγκριση με εκπομπές από ελεγχόμενα συστήματα εξωτερικής διάχυσης αλλά επιβαρύνεται από τη σύγκριση δεδομένων των ίδιων υλικών παρμένα από μικρούς θαλάμους, βλ. αργότερα με δεδομένα απόδοσης. Το σχετικά μικρό μέγεθος των περισσότερων κελιών εκπομπών (όπως φαίνονται και στην Εικόνα 1, επιτρέπουν επιφάνεια μόλις 177 cm<sup>2</sup> δείγματος σε έκθεση του αέρα) πράγμα που σημαίνει ότι απαιτούνται πολλαπλά τεστ σε (αρκετά) ανομοιογενή ή σύνθετα υλικά. Ανάλογα με το μέγεθος, αυτό είναι λιγότερο πιθανό να αποτελέσει πρόβλημα με τους θαλάμους μικρής κλίμακας, ειδικά σε αυτούς που είναι >100l. Εντός των ορίων/περιορισμών που περιγράφονται παραπάνω, τα κελιά εκπομπών παρέχουν ένα απλό και αποτελεσματικό εργαλείο για έλεγχο εκπομπών για πολλά κοινά υλικά/προϊόντα. Για παράδειγμα· επειδή τα κελιά εκπομπών απλά τοποθετούνται κατευθείαν πάνω στα περισσότερα προϊόντα, απαλείφει ανασταλτικούς παράγοντες των μετρήσεων όπως ο προσανατολισμός του δείγματος ή το σφράγισμά του, και η προστασία του από εξωτερικούς ρυπαντές.

**Πίνακας 3:** Παράλληλη σύγκριση εκπομπών θαλάμων εκπομπών με FLEC

Μέγεθος του θαλάμου/τύπος-Διάρκεια/χρόνος τεστ	Κατασκευαστικό προϊόν	Συστατικά	Σχόλια
250 l ss σε 3 εβδομάδες	δάπεδα βινυλίου	κυκλοεξανόλη, φαινόλη, TXIB	Ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών FLEC και ενός θαλάμου- με κάποια ανομοιογενή υλικά
50 l ss σε 2 εβδομάδες	χρώμα, κερί	αιθυλενογλυκόλη, Texanol, TVOC	Ικανοποιητική συσχέτιση, ειδικά μετά από ~50 ώρες



1 m <sup>3</sup> ss ή γυαλί σε 1 εβδομάδα	ξύλο	τερπένια	Ικανοποιητική συσχέτιση με γυάλινους θαλάμους σε ένα τεστ, ανομοιογένεια σε ένα άλλο τεστ και/ή κυριαρχία εκπομπών εξωτερικής διάχυσης (ανάλογων της ταχύτητας)
34 m <sup>3</sup> ξύλινων τοιχών, δάπεδα PVC σε 20 ώρες	βερνίκι δαπέδου	2-(2- αιθοξυαιθοξυ)αιθανό λη	Μοντελοποιημένο (FLEC) και μέγιστες συγκεντρώσεις (34m <sup>3</sup> ) εμφανίστηκαν μετά από 30 και 100 λεπτά αντίστοιχα, με διαφορά συντελεστή 2
1 m <sup>3</sup> , 187 I ss σε μήνες και αέρας γραφείου σε μήνες	λινοτάπητας	εξανάλη	Ανικανοποιητική συσχέτιση, μεγαλύτερο SER σε θαλάμους, κυρίως λόγω edge effect  Ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ μετρήσεων εξανάλης SER σε γραφείο και FLEC
1 m <sup>3</sup> ss σε 13 μέρες	προϊόντα με βάση το ξύλο	φορμαλδεύδη	Ικανοποιητική συσχέτιση (συντελεστής συσχέτισης=0,98)
Ευρωπαϊκά round-robin (18 labs.) μέχρι 1 m <sup>3</sup> ss/γυαλί σε 48 ώρες	βαφή επικάλυψης από PVC	VOCs	Βασικοί λόγοι ασυμφωνίας ήταν 1) αναλυτικά σφάλματα, 2) καύση των τοίχων, 3) ανομοιογένεια στα κατασκευαστικά υλικά. Επίσης εύρος στο πάχος του φιλμ του χρώματος
20 m <sup>3</sup> , 1 m <sup>3</sup> και 20 I ss σε 20 μέρες	λούστρο με UV σταθεροποίηση	TVOC	FLEC προφίλ σύγκρισης χρόνου/συσχέτισης ήταν μεγαλύτερο τις πρώτες 10 μέρες, άρα αξιόπιστο στα 20 I σε 20 m <sup>3</sup> . Οι θάλαμοι 1 m <sup>3</sup>

			έδειξαν προφίλ με χαμηλότερη συσχέτιση
Γερμανικά round-robin (9 labs.) έως 1 m <sup>3</sup> ss σε 28 μέρες	ακρυλικό λούστρο με UV σταθεροποίηση	Σύνολο VOCs και SVOCs και μεμονωμένες VOCs	Παρατηρήθηκε διαφορά ≤15%
ADSEC (ανοξειδωτο ατσάλι)	με βάση το ξύλο	φορμαλδεΰδη	Ικανοποιητική συσχέτιση (>0.99)
1 m <sup>3</sup> ss, (51 l γυαλί) σε 24 ώρες	χρώμα σε ατσάλινη επιφάνεια	μεγάλες αλδεΰδες, δεκανόλη	Ικανοποιητική συσχέτιση (απόκλιση ≤15%)
round-robin (8 labs.) μέχρι και 200 μέρες	λούστρο σε MDF	VOCs	Καλύτερη ανάκτηση κατά 90% στο FLEC, ικανοποιητική ανάλυση αιχμηρών σωλήνων, προφανής ανομοιογένεια υλικών

Για όλους τους παραπάνω λόγους, τα κελιά εκπομπών αποτελούν αξιόπιστο έλεγχο ποιότητας στις τοποθεσίες που λαμβάνουν χώρα κατασκευαστικές δράσεις.

Οι εκπομπές VOC ελέγχονται από την εσωτερική διάχυση (στερεων προϊόντων/υλικών) και είναι αρκετά ανεξάρτητα από τη ταχύτητα του αέρα στην επιφάνεια των δειγμάτων, με τη προϋπόθεση ότι ο ρυθμός εισροής είναι αρκετά μεγάλος για να αποτραπεί η συσσώρευση επιμολύνσεων στην υπό εξέταση επιφάνεια. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από εργαστηριακές (τύπος round-robin) μελέτες εκπομπών για ένα εύρος υλικών. Η συσχέτιση μεταξύ αποτελεσμάτων από θαλάμους και κελιά είναι σχετικά ικανοποιητική (με διαφορές μεταξύ 25%), ειδικά για στέρεα προϊόντα όπου ο κυρίαρχος μηχανισμός εκπομπής είναι η εσωτερική διάχυση.

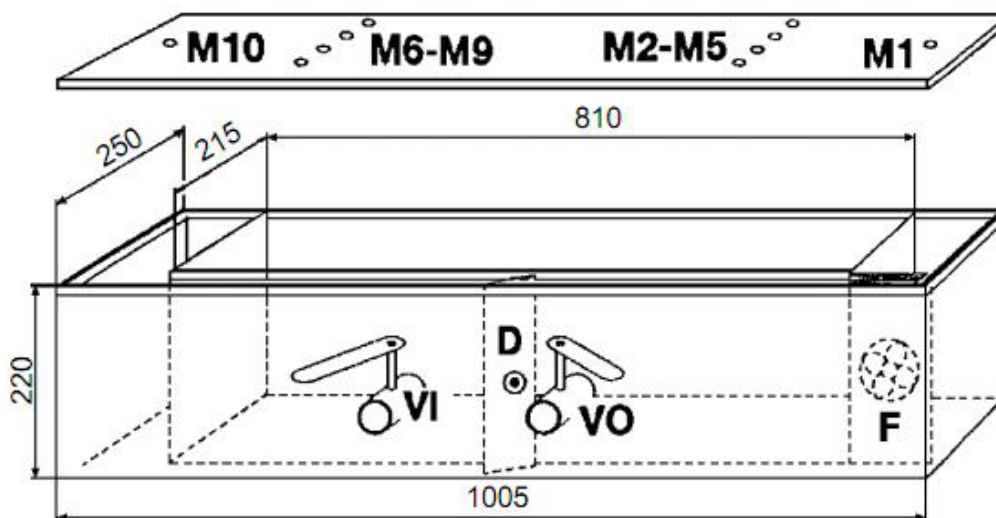
Προκύπτει λοιπόν, ότι η συχνή ερώτηση «...είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα του κελιού εκπομπών με αυτά από τους θαλάμους μικρής κλίμακας...» είναι παραπλανητική και θα μπορούσε να γίνει με τον ίδιο τρόπο και για δύο διαφορετικά μεγέθη/εγκαταστάσεις των κελιών εκπομπών και των θαλάμων εκπομπών. Το γεγονός είναι, ότι και τα δύο παρέχουν

αξιόπιστα αποτελέσματα εκπομπών κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες πειράματος. Η εκτεταμένη χρήση σε πραγματικό χρόνο εκπομπών του FLEC από όταν πρωτο-εμφανίστηκε, έδειξε τη σχετική ευκολία, που είναι η παράμετρος κλειδί που μπορεί να «ελεγχθεί/αναπαραχθεί», είναι ένας από τους βασικότερους λόγους, μαζί με τη ταχύτητα, που το καθιστούν ιδανικό για χρήση σαν ένα εργαλείο βιομηχανικού ποιοτικού ελέγχου ρουτίνας.

Η πείρα που αποκτήθηκε μέσα από αυτή τη πειραματική μελέτη, έδειξε πως το κελί εκπομπών FLEC είναι κατάλληλο για πολλές και διαφορετικές εφαρμογές καθώς και να αποτελέσει χρήσιμη αντικατάσταση του θαλάμου εκπομπών. Η αποδοχή των κελιών φαίνεται και στη συμπερίληψή τους από το CEN στο EN 13419-2 σαν ένα «οριζόντιο» πρότυπο (πολύ-προϊόν/εφαρμογή) για χρήση από βιομηχανίες και εργαστήρια σε συμφωνία με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Κατασκευαστικών Προϊόντων (European Construction Products Directive). Παρόμοια πρόχειρα πρότυπα επεξεργάζονται μέσα από τα τελευταία στάδια της ψηφοφορίας και στα ASTM standards και στο ISO (DIS 16000-10). Όμως, ένα καλώς σχεδιασμένο πείραμα ενός πλήθους θαλάμων μικρής κλίμακας και κελιών, υπό ελεγχόμενες συνθήκες και υπό στενή παρακολούθηση αναλυτικών μεθόδων, ανάκτησης VOC και με διευκρινισμένη ομοιογένεια του δείγματος θα αποτελέσουν σημαντική συνεισφορά στη κατανόηση των χαρακτηριστικών των θαλάμων/κελιών. Αυτή η δραστηριότητα θα πρέπει να στηριχθεί σθεναρά.

#### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι μετρούμενες εκπομπές προέρχονται από τα υλικά που δοκιμάζονται και όχι από τον ίδιο τον θάλαμο, ο τελευταίος πρέπει να καθαρίζεται και να ελέγχεται. Μία μέθοδος καθαρισμού είναι με σάρωση με αιθανόλη ακολουθούμενη από τρίψιμο των εσωτερικών επιφανειών με αλκαλικό απορρυπαντικό, ξέπλυμα με νερό βρύσης, τελικό ξέβγαλμα με απιονισμένο νερό και στη συνέχεια ξηραίνεται στον αέρα. Μερικές φορές μπορεί να είναι απαραίτητη η χρήση ισχυρότερου διαλύτη ή θερμότητας για τον καθαρισμό του θαλάμου. Οι όποιες εκπομπές των υλικών του εξοπλισμού(θάλαμος σωληνάκια μεταφοράς αέρα, TENAX..) μετρούνται σε προκαταρκτικό τεστ πριν τοποθετηθεί το δείγμα του υλικού που θα ελεγχθεί. Υπόκειται λοιπόν κενός ο θάλαμος σε συνθήκες λήψης δειγμάτων με την ίδια μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί στην μετέπειτα δοκιμή.



*Εικόνα 8: Γεωμετρική και λειτουργική ανάλυση του θαλάμου CLIMPAQ*

Ο CLIMPAQ είναι κατασκευασμένος από γυαλί και ανοξείδωτο ατσάλι και έχει εσωτερικό όγκο 50,9 liters. Ο CLIPMAQ μπορεί να τροφοδοτηθεί με αέρα με δύο διαφορετικούς τρόπους. Μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα δωμάτιο με επαρκή καθαρό και κλιματιζόμενο αέρα. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αυτόνομη μονάδα, αντλώντας παροχή αέρα αυτόνομα απευθείας από το δωμάτιο όπου τοποθετήθηκε. Εναλλακτικά, ο CLIMPAQ μπορεί να τροφοδοτείται με αέρα από σύστημα εξωτερικής παροχής αέρα από την οπή εισόδου αέρα. Η παροχή αέρα  $q$  [ $\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{m}^{-2}$ ] μπορεί να ρυθμιστεί, ελέγχοντας το ρυθμό παροχής αέρα και αλλάζοντας τον παράγοντα φορτίου στον CLIMPAQ. Επιπλέον, η ταχύτητα του αέρα στο θάλαμο δοκιμών μπορεί να ρυθμιστεί ανεξάρτητα από το ρυθμό παροχής αέρα ελέγχοντας την ανακυκλοφορία αέρα μέσα στο θάλαμο. Ο ανεμιστήρας (Fan) χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της παροχής αέρα και τη διευκόλυνση της ανακυκλοφορίας γύρω από το δείγμα. Το Damper δίνει τη δυνατότητα ελέγχου του ρυθμού επανακυκλοφορίας. Η ρύθμιση της ροής και της ταχύτητας του αέρα περιλαμβάνει μια επαναληπτική διαδικασία ρύθμισης και των 2 βαλβίδων, VI και VO, και του Damper. Οι δέκα οπές (διαμέτρου 10-12 mm) στο καπάκι του CLIMPAQ χρησιμοποιούνται για μετρήσεις. Οι οπές M2-M9 πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ταχύτητας αέρα. Οι οπές M1 και M10 χρησιμοποιούνται για μετρήσεις της στατικής πίεσης μέσα στο θάλαμο. Η οπή M10 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έκχυση αερίου ανίχνευσης και η M1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δειγματοληψία με προσροφητικούς σωλήνες. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων των εκπομπών οι οπές πρέπει να είναι καλυμμένες με ανοξείδωτο ατσάλι ή καπάκια αλουμινίου που να συγκρατούνται με ταινία χαμηλών εκπομπών. Ένας διαχύτης μπορεί να τοποθετηθεί

στην έξοδο του θαλάμου δοκιμών, VO, ώστε να γίνει έτσι η αισθητήρια αξιολόγηση για την ποιότητα του αέρα που βγαίνει από το θάλαμο. Ατμοσφαιρικοί ρύποι μπορούν εναλλακτικά να υποβληθούν σε δειγματοληψία από απορροφητικούς σωλήνες τοποθετημένους στην έξοδο του αέρα από το διαχύτη. Επιπλέον, ο CLIMPAQ μπορεί να έχει τοποθετημένα συστήματα αραίωσης που θα επιτρέπουν την αισθητήρια εκτίμηση του μολυσμένου αέρα σε διαφορετικές συγκεντρώσεις.

#### **4.8. ΠΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ VOC ΣΕ FLEC ΚΑΙ CHAMBER TEST**

Διάφορα υλικά και προϊόντα για χρήση σε εσωτερικούς χώρους πρέπει να αξιολογηθούν για πιθανή εκπομπή πτητικών χημικών, για διασφάλιση ενός υγιούς περιβάλλοντος. Η ζήτηση για τυποποιημένες μεθόδους, έχει σαν αποτέλεσμα αρκετές κατευθυντήριες γραμμές για έλεγχο εκπομπών ρύπων με χρήση κελιών εκπομπών (emission cells) και μικρής κλίμακας θάλαμοι δοκιμών (small chambers). Οι δύο μέθοδοι των Chamber test και FLEC(cells) μπορούν να δώσουν αξιόπιστα και χρήσιμα δεδομένα εκπομπών. Ένα πλήθος εργαστηριακών μελετών δείχνουν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα σύγκρισης μεταξύ των cells και των chambers(πίνακας 4), ιδιαίτερα όταν η διαδικασία εκπομπών κυριαρχείται από εσωτερική διάχυση, μέσα στο υπό μελέτη δοκίμιο. Η εύκολη χρήση και σχετικά χαμηλό κόστος λειτουργίας των κελιών εκπομπών διευκολύνουν τον έλεγχο ποιότητας στο εργοτάξιο, αλλά και μετράνε επί τόπου τις εκπομπές επιφανειών. Η εργαστηριακή απόδοση και η ομοιογένεια του δείγματος παραμένουν τα δύο μεγαλύτερα εμπόδια για την εναρμόνιση του ελέγχου εκπομπών.

Είναι γνωστό ότι κατασκευαστικά προϊόντα είναι πηγές εκπομπών VOCs και SVOCs. Αξίζει να ερωτηθούν τα εξής:

- ποιοι συγκεκριμένοι ρύποι που εκπέμπονται επηρεάζουν τους κατοίκους; (υγεία και ενόχληση, οσμή κτλ)
- πώς μεταβάλλεται το προφίλ εκπομπών με το χρόνο;
- είναι τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανεξάρτητα και άρα αξιόπιστα ή εξαρτώνται από τις συνθήκες της μέτρησης;

Όσον αφορά το τρίτο ερώτημα, ο βασικός στόχος των τεστ εκπομπών είτε με κελιά είτε με κλίνες, είναι η μέτρηση ενός συγκεκριμένου συντελεστή εκπομπών ( $\mu\text{g.m}^2\text{h}^{-1}$ ) σε ένα

συγκεκριμένο χρόνο για το υλικό. Όμως, η μέθοδος και ο εξοπλισμός μπορεί να αλληλεπιδράσουν με το υπό μελέτη δοκίμιο και να επηρεάσουν τα αποτελέσματα.

*,Πίνακας 4: παράμετροι μέτρησης εκπομπών σε FLEC-chamber*

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	FLEC	CHAMBER( $\leq 1\text{m}^3$ )	ΔΙΑΦΟΡΑ
Ρυθμός ανανέωσης αέρα σε h-1	~200-600	0,5-1,0	όχι σημαντική, ρεαλιστικές ταχύτητες αέρα
Παροχή αέρα σε l/min	0,2-0,1	0,5-20	>500lt chambers ακριβότερα από κελιά ή μικρότερα chambers
Ταχύτητα αέρα σε m/s	0.01-0.1	>0,1-0,3	διαφορετικές ταχύτητες προκαλούν άλλη ταχύτητα εξωτερικής διάχυσης
Κατανομή αέρα	Σταθερή, αλλά άνιση κατανομή	Άνισο, αλλάζει από το προσανατολισμό του δοκιμίου	Για κελιά και μικρότερα chambers: απαιτούνται πολλά τέστ
Επιφάνεια δείγματος	177 cm <sup>2</sup>	Ανάλογα τη τοποθέτηση	τα κελιά είναι πιθανότερο να απαιτούν τεστ σε ανομοιογενή υλικά
Παράγοντας φορτίου	510	0,5-1,0	όχι σημαντική
Όγκος	35 cm <sup>3</sup>	20 l – 1 (5) m <sup>3</sup>	Κανένα σημείο στάσιμου αέρα
Χρόνος ισορροπίας	Λεπτά-ώρες	Ώρες-μέρες	Τα κελιά επιτρέπουν μεγαλύτερη πειραματική παροχή

## **5. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΤΟΥΣ ΣΕ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ**

Η ποιότητα αέρα των εσωτερικών χώρων (IAQ) και οι εκπομπές από τα οικοδομικά υλικά έχουν γίνει τις τελευταίες δεκαετίες μια μεγάλη πρόκληση για τους επιστήμονες, τη βιομηχανία και τους καταναλωτές. Εξαιτίας της ανάγκης για βελτίωση της προστασίας των καταναλωτών, πολλές ευρωπαϊκές χώρες και βιομηχανικές οργανώσεις έχουν αναπτύξει διάφορα συστήματα πιστοποίησης για εκπομπές υλικών. Ο κύριος σκοπός είναι η προστασία των καταναλωτών από την έκθεση σε χημικούς ρύπους και τις συνακόλουθες αρνητικές επιπτώσεις για την υγεία (καρκινογένεση, τερατογένεση, ερεθισμούς) ή την ενόχληση από τις δυσάρεστες οσμές, οι οποίες θα μπορούσαν να προκληθούν από τις χημικές εκπομπές των υλικών. Η προστασία αυτή μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικά με τη στήριξη της ζήτησης της αγοράς για υλικά χαμηλής εκπομπής. Τα συστήματα πιστοποίησης που αναπτύσσονται είναι κατά κανόνα προαιρετικά για τους κατασκευαστές. Παρά την τάση προς εναρμόνιση σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τα περισσότερα από αυτά απευθύνονται κυρίως στις εθνικές αγορές και συχνά απαιτούν ειδικές δοκιμές. Παρά την κοινή αγορά, δεν υπάρχει εναρμονισμένο σύστημα πιστοποίησης για τις εκπομπές υλικών που να είναι διαθέσιμο στην Ευρώπη.

Η κατάσταση αυτή έχει γίνει θέμα για σεμινάρια, εργαστήρια και έρευνες τα τελευταία έτη(π.χ. Healthy Buildings Conference 2000, FLEC Symposium 2001)<sup>3</sup>. Ο στόχος ήταν να συζητηθεί το επιστημονικό υπόβαθρο, ο πρακτικός περιορισμός των εκπομπών των υλικών, τα συστήματα πιστοποίησης και να προσδιοριστούν οι αρχές για τις ελάχιστες απαιτήσεις(π.χ. δεδομένα μετρήσεων και κριτήρια) για ένα γενικά αποδεκτό και ολοκληρωμένο σύστημα. Η κύρια έκβαση των συζητήσεων αυτών είναι ότι τα συστήματα πιστοποίησης, παρόλο που πιστοποιούν τις ιδιότητες των οικοδομικών υλικών εσωτερικού χώρου, έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους, όπως τα κριτήρια και το είδος των υλικών στα οποία απευθύνονται. Ως εκ τούτου, προκύπτει έντονη ανάγκη για εναρμόνιση των υλικών με τα συστήματα πιστοποίησης. Κατά το δεύτερο εξάμηνο του 2001, το European Collaborative Action (Ευρωπαϊκή Συνεργασία Δράσης) «Αστικός αέρας, εσωτερικό περιβάλλον και ανθρώπινη έκθεση» (“Urban Air, Indoor Environment & Human Exposure”) που συντονίστηκε από το Κοινό Κέντρο Ερευνών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (EC Joint Research Centre), ανέλαβε την

---

<sup>3</sup>HBC Αύγουστος 2000-Esposo Φιλανδία, FLEC Symp. Σεπτέμβριος 2001-NIOH Δανία

πρωτοβουλία να δημιουργήσει μια ομάδα εργασίας για να προωθήσει την εναρμόνιση των συστημάτων πιστοποίησης για υλικά εσωτερικού χώρου σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Σε αυτήν την ομάδα εργασίας συμμετέχουν φορείς από ερευνητικά ιδρύματα και τη βιομηχανία, κυρίως από τις χώρες που έχουν τουλάχιστον ένα τέτοιο σύστημα, όπως Φινλανδία, Δανία, Γερμανία.[13],[14],[18]

Ένας λόγος για την πολυμορφία των συστημάτων πιστοποίησης είναι οι διαφορετικές προσεγγίσεις στο θέμα. Λόγω της έλλειψης των εναρμονισμένων προτύπων για τη δειγματοληψία, τη μέτρηση των εκπομπών και των αναλυτικών διαδικασιών κατά το παρελθόν, διάφορες ομάδες της βιομηχανίας, επιστήμονες, αρχές και εργαστήρια δημιούργησαν τα δικά τους συστήματα. Για τις περισσότερες βιομηχανικές οργανώσεις που αρχίζουν τη μέτρηση των εκπομπών στα τέλη της δεκαετίας του '80 ή στις αρχές του '90, η περιβαλλοντική πτυχή του προϊόντος ήταν ο πιο σημαντικός παράγοντας. Κατά τη διάσκεψη «Υγιή Κτίρια» στη Στοκχόλμη το 1988(Healthy Buildings Conference in Stockholm 1988) «Επιλογή υλικών για εσωτερικούς χώρους» (“The choice of material for indoor environments”) έγινε ένα από τα κύρια θέματα. Η συζήτηση οδήγησε σε έναν κατάλογο από έξι συστάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη (BFR1988, BFR 1989, Federal Institute for Risk Assessment):

- Κατάλογος «ασφαλών» υλικών
- Προδιαγραφές για τη δοκιμή και τις συνθήκες των υλικών
- Πρόγραμμα για την πιστοποίηση οικοδομικών προϊόντων
- Συνεχής τοξικολογική έρευνα
- Αυξανόμενη ανταλλαγή των πληροφοριών
- Καλύτερη επιλογή βασισμένη στις δοκιμές εκπομπής

Το γεγονός ότι τα προϊόντα έχουν παραχθεί με έναν φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο χωρίς οποιεσδήποτε επιβλαβείς ουσίες και έχουν ελεγχθεί για τη σημασία τους στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα, αποτελεί τη βάση για τις βιομηχανικές ετικέτες. Ένα παράδειγμα για αυτή την προσέγγιση ήταν το βιομηχανικό σήμα GUT (Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden, ένωση για τους φιλικούς προς το περιβάλλον τάπητες) το οποίο εμφανίστηκε στην αγορά το 1990 και εστίασε στους τάπητες. Τη δεκαετία του '90 μια ποικιλία άλλων συστημάτων πιστοποίησης εμφανίστηκε, τα οποία είναι περισσότερο ή λιγότερο βασισμένα είτε στις πρωτοβουλίες των βιομηχανικών οργανώσεων σε συνεργασία με τους επιστήμονες, είτε στις προτάσεις που προέρχονται απευθείας από τους επιστήμονες, όπως η αναφορά ECA No. 18 (ECA 1997a). Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων συστημάτων. Μετά από επιστημονικές συζητήσεις σε ευρωπαϊκά προγράμματα ορισμένα από τα συστήματα πιστοποίησης άλλαξαν τα κριτήριά τους για καλύτερη συγκρισιμότητα και εναρμόνιση. Αυτή η κίνηση προς την κατεύθυνση



εναρμόνισης επιταχύνθηκε σημαντικά μετά τη δημοσίευση των προτύπων EN 13419 μέρη 1, 2 και 3 και το ISO 16000 μέρη 3 και 6.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη γνώση για τη σημασία των προϊόντων στον αέρα εσωτερικού χώρου είναι οι πολλές διαφορές που εντοπίζονται ανάμεσα τις ευρωπαϊκές χώρες. Τα περισσότερα από τα σημερινά συστήματα έχουν αναπτυχθεί στη Σκανδιναβία, τη Γερμανία και την Αυστρία. Στη Σκανδιναβία, η εξέλιξη αυτή είναι μέρος μιας εθνικής και βιομηχανικής στρατηγικής, που ξεκίνησε κυρίως λόγω του χρόνου που δαπανάται στους εσωτερικούς χώρους εξαιτίας ακραίων καιρικών συνθηκών κατά τη χειμερινή περίοδο. Από την άλλη πλευρά, το οικολογικό κίνημα στη Γερμανία και στις γερμανόφωνες χώρες έχει εστιάσει στην ασφάλεια των καταναλωτών σχετικά με την επιρροή των προϊόντων στον αέρα εσωτερικού χώρου. Άλλες χώρες της ΕΕ, όπως μερικές από τις χώρες της Μεσογείου δεν έχουν συστήματα πιστοποίησης. Όλα αυτά τα συστήματα αξιολόγησης και πιστοποίησης είναι προαιρετικά. Παρά το γεγονός ότι οι διαδικασίες ελέγχου και η ταξινόμηση των προϊόντων διαφέρει μεταξύ των διαφόρων συστημάτων, τα προαιρετικά συστήματα προκάλεσαν μια σημαντική βελτίωση των προϊόντων όσον αφορά στις εκπομπές στον αέρα εσωτερικού χώρου. Μερικά συστήματα προώθησαν ακόμη και νέες κατηγορίες προϊόντων όπως το σύστημα EMICODE EC1 για τις κόλλες. Όμως, παρά την κοινή ευρωπαϊκή αγορά, πολλά από αυτά εξακολουθούν να έχουν μια εθνική κατεύθυνση λόγω του γεγονότος ότι είχαν σχεδιαστεί για μια εθνική αγορά. Παρά την κοινή αγορά, δεν υπάρχει εναρμονισμένο σύστημα για τις εκπομπές υλικών που να είναι διαθέσιμο στην Ευρώπη και συνεπώς τα μέτρα για την προστασία των καταναλωτών έχουν δημιουργήσει σε ορισμένες περιπτώσεις ένα νέο είδος εμπόδιου στο εμπόριο και την προώθηση της εθνικής βιομηχανίας. Όλα τα συστήματα πιστοποίησης είναι ανοικτά για τους υποψηφίους από άλλες χώρες, αλλά η δοκιμή και η υποβολή αιτήσεων για αρκετά διαφορετικά σήματα εκπομπών σε όλη την Ευρώπη αποτελεί σπατάλη χρόνου και χρήματος για τη βιομηχανία. Μπορεί να είναι δύσκολο να γίνουν αντιληπτά τα πλεονεκτήματα στην αγορά που προσφέρει η πιστοποίηση για χαμηλές εκπομπές αλλά σίγουρα διαφαίνεται η σημασία τους όταν αποπληρώνονται αυτά που δαπανήθηκαν για την πιστοποίηση. Το 1997, δημοσιεύθηκε μια έκθεση (αριθ. 18: « Η αξιολόγηση των εκπομπών VOC από οικοδομικά προϊόντα», “Evaluation of VOC emissions from building materials”) από το European Collaborative Action (ECA) με τίτλο «Ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου και οι επιπτώσεις της στον άνθρωπο» (“Indoor Air Quality and its Impact on Man”), μετά από τις συζητήσεις μέσα σε μια ομάδα εργασίας της ECA που δημιουργήθηκε το 1992. Στην έκθεση αυτή, αναπτύχθηκε ένα πλάνο για ένα σύστημα πιστοποίησης, με έμφαση στα υλικά δαπέδου. Η πρόθεση αυτής της ευρωπαϊκής επιχείρησης ήταν να παρέχει στις χώρες μια «αφετηρία», βασισμένη σε επιστημονικά δεδομένα με την οποία και θα έπρεπε να εναρμονιστούν εάν προβλεπόταν ένα σχέδιο αξιολόγησης σε εθνικό επίπεδο. Με βάση αυτή την έκθεση, μια γερμανική κυβερνητική ομάδα εργασίας (AgBB, Aussehung zur gesund leitlichen Bewertung

von Bauprodukten επιτροπή για την αξιολόγηση της υγείας των οικοδομικών προϊόντων κατασκευών), δημοσίευσε το σύστημα AgBB το 2001. Έπειτα σε συνεργασία με τους κατασκευαστές, μια τροποποιημένη έκδοση δημοσιεύθηκε το 2002. Με βάση την τροποποίηση αυτή, μια εισαγωγική περίοδος δοκιμών ξεκίνησε για τα δύο επόμενα χρόνια. Πραγματοποιήθηκε μια δεύτερη συνεδρίαση εμπειρογνομόνων το Νοέμβριο του 2004 για να παρουσιαστεί η εμπειρία που αποκτήθηκε μέχρι τότε με στόχο την περαιτέρω βελτίωση του προγράμματος, το οποίο ήταν ευρέως αποδεκτό από τους κατασκευαστές. Αυτή η δραστηριότητα είχε σκοπό να καλύψει τις απαιτήσεις No.3 της Οδηγίας για Κατασκευαστικά Προϊόντα (Construction Product Directive) 89/106/EEC (παράρτημα I). Στα τέλη του 2004 το Γερμανικό Ινστιτούτο Κτιριακής Τεχνολογίας (German Institute for Building Technology, DIBt) προχώρησε σε διαδικασία δοκιμής, όπως περιγράφηκε από την AgBB, υποχρεωτικής, για τα υλικά δαπέδου που χρειάζονταν την έγκριση όσον αφορά την αντιπυρική τους ιδιότητα (DIBt 2004). Μια προσέγγιση παρόμοια με αυτή που περιγράφηκε από το ECA No.18 και την AgBB προτάθηκε από το εργαστήριο ερευνών CSTB στη Γαλλία και από το LQAI στην Πορτογαλία. Μια άλλη σημαντική πτυχή της ταξινόμησης των συστημάτων πιστοποίησης είναι και η νομική της υπόσταση. Αν και σχεδόν στο σύνολο τους είναι εθελοντικά, μερικά από αυτά καλύπτουν υψηλά ποσοστά στην αγορά. Τα δημοφιλή συστήματα που καθιερώθηκαν στη Γερμανία αλλά πλέον εφαρμόζονται σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, ανταποκρίνονται στις εκπομπές των συγκολλητικών υλικών και άλλων προϊόντων για την εγκατάσταση επένδυσης δαπέδων (EMICODE της GEV) και ταπήτων (GUT). Αυτά τα συστήματα αναπτύχθηκαν από τη βιομηχανία για να προσδιορίσουν το state of the art για μια σεβαστή κατηγορία προϊόντων και χρησιμοποιούνται σαν βασική προϋπόθεση από πολλούς μηχανικούς και καταναλωτές.

Λόγω της ιδιωτικής τους φύσης, αυτά τα σήματα δεν έχουν κάποια νομική σχέση με τους όρους των βασικών προϋποθέσεων. Παρόλα αυτά το 80% των συγκολλητικών υλικών για δάπεδα που χρησιμοποιούνται στη Γερμανία είναι τώρα πιστοποιημένα από το EMICODE EEC1. Η χρήση της ταξινόμησης του EMICODE γίνεται όλο και περισσότερο δημοφιλής και σε άλλες χώρες όπως Ολλανδία, Σουηδία, Αυστρία, Ελβετία και Ηνωμένο Βασίλειο. Το πιο γνωστό γερμανικό οικολογικό σύστημα είναι το Blue Angel, το οποίο είναι το πρώτο και παλαιότερο που σχετίζεται με το περιβάλλον για τα προϊόντα στον κόσμο. Δημιουργήθηκε το 1977 με πρωτοβουλία του Ομοσπονδιακού Υπουργού Εσωτερικών και εγκρίθηκε από τους Υπουργούς Περιβάλλοντος της γερμανικής κυβέρνησης και των γερμανικών ομοσπονδιακών κρατιδίων. Είχε σχεδιαστεί ως μέσο περιβαλλοντικής πολιτικής που θα εναρμόνιζε την αγορά και θα προωθούσε θετικά την εθελοντική πιστοποίηση. Το Blue Angel προωθεί τις ανησυχίες και για περιβαλλοντική προστασία και για την προστασία των καταναλωτών. Επομένως, απονέμεται στα προϊόντα και τις υπηρεσίες που είναι ιδιαίτερα ευεργετικές για το περιβάλλον, σε μια γενική εκτίμηση, και που εκπληρώνουν επίσης τα υψηλά πρότυπα για την υγεία, την επαγγελματική ασφάλεια και την ικανότητα για τη χρήση. Το

περιβαλλοντικό σήμα Blue Angel είναι ιδιοκτησία του ομοσπονδιακού Υπουργείου περιβάλλοντος, Φυσικής Προστασίας και Πυρηνικής Ασφάλειας. Υποστηρίζεται από την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος (Umwelt Bundes Amt, UBA) και το ίδρυμα εξασφάλισης ποιότητας και πιστοποίησης προϊόντων, RAL (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung.V.).

Όλες οι τεχνικές απαιτήσεις για τα προϊόντα και τις υπηρεσίες για την απονομή της περιβαλλοντικής πιστοποίησης αποφασίζονται από μια ανεξάρτητη κριτική επιτροπή που έχει το γραφείο γραμματειών της στην UBA. Η UBA είναι αρμόδια μεταξύ άλλων και για την ανάπτυξη των κριτηρίων της απονομής του Blue Angel. Από το 1986, το σύστημα Blue Angel έχει θέσει τα πρότυπα προϊόντων με δοκιμή σε θάλαμο για τις διάφορες κατηγορίες τους. Τα πρώτα κριτήρια σχετικά με το εσωτερικό περιβάλλον ήταν εκείνα για τα ξύλινα προϊόντα (RAL-UZ 38), όπως έπιπλα, παρκέ, laminate, πάνελ τοίχων. Αρχικά, τα κριτήρια περιλάμβαναν μόνο τις απαιτήσεις για τον περιορισμό των εκπομπών φορμαλδεΐδης. Από το 1998, τα κριτήρια έχουν αναθεωρηθεί για να περιορίσουν επίσης τις εκπομπές των VOC. Το πρότυπο RAL-UZ 38 αναπτύχθηκε από το Γερμανικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Υλικών Ερευνών και Ελέγχων ως μέθοδος δοκιμής θαλάμου συναρτήσει με τις σχετικές εκπομπές από το ξύλο και υλικά με βάση το ξύλο. Εν τω μεταξύ, περαιτέρω πρότυπα για τα προϊόντα με δοκιμή σε θάλαμο υπάρχουν για επιστρώσεις δαπέδων όπως παρκέ, laminate, καουτσούκ, πλαστικά δάπεδα και δάπεδα πολυολεφινών. Επίσης κόλλες δαπέδων, κόλλες για έπιπλα, καθώς και ηλεκτρονικές συσκευές, όπως εκτυπωτές, πολυ-λειτουργικές συσκευές, φωτοαντιγραφικά, κλπ. Τα πιο πρόσφατα πρότυπα προϊόντων λαμβάνουν υπόψη τις απαιτήσεις του συστήματος AgBB.

Παρόμοιες προδιαγραφές καθορίστηκαν για την Αυστρία από την ένωση προστασίας καταναλωτών, υποστηριζόμενες από την αυστριακή κυβέρνηση, για τα προϊόντα από ξύλο, μοκέτες και για ανθεκτικές επιστρώσεις όπως το λινέλαιο, το καουτσούκ και η πολυολεφίνη. Άλλο ένα καθιερωμένο σύστημα πιστοποίησης δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά στη Φινλανδία το 1995 από τη Φινλανδική Κοινότητα για την Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα (Finnish Society for Indoor Air Quality, FiSIAQ)<sup>4</sup> υπό τον τίτλο «Κατάταξη του Εσωτερικού Κλίματος, Κατασκευές και Υλικά Φινιρίσματος» (“Classification of Indoor Climate, Construction and Finishing Materials”). Το έργο έγινε σε στενή συνεργασία με εμπειρογνώμονες από ερευνητικά ιδρύματα και τα τεχνολογικά ιδρύματα, δομικής μηχανικής και αρχιτεκτονικής και με την υποστήριξη του Υπουργείου Περιβάλλοντος. Η ταξινόμηση πρακτικά διεξάγεται από το Ίδρυμα Πληροφοριών για Κτίρια (Building Information Foundation), το οποίο έχει στενές επαφές με τον κλάδο των κατασκευών. Αυτό συνέβαλε ώστε η κατάταξη να γίνει αποδεκτή και

---

<sup>4</sup>Μη κερδοσκοπικός οργανισμός της Φινλανδίας με σκοπό τη διασφάλιση της εφαρμογής των ερευνητικών αποτελεσμάτων στη πράξη, συνεργάζεται με τον ISIAQ-International Society of Indoor Air Quality and Climate

να χρησιμοποιείται ευρέως και σε μερικά έτη να καλύπτει ένα σημαντικό ποσοστό της αγοράς. Επίσης το 1995, το Δανικό σύστημα Indoor Climate Labelling (DACL) παρουσιάστηκε στο ευρύ κοινό στο Healthy Building Conference στο Μιλάνο. Το σήμα ICL υπαγορεύθηκε έπειτα από αίτηση στα τέλη του 1992 από τον Υπουργό Στέγασης και Δόμησης στην Δανία και ήταν μαζί με την Φινλανδική «Κατάταξη Εκπομπών των Οικοδομικών Υλικών» (“Emission Classification of Building Materials”) μια από τις πρώτες ταξινομήσεις των εκπομπών όσον αφορά την ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου. Ο πρωταρχικός στόχος ήταν η ανάπτυξη ενός συστήματος για την πιστοποίηση προϊόντων κτιρίου ανάλογα με τις επιπτώσεις τους στην ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου, των πτητικών οργανικών ενώσεων που εκπέμπονται και αργότερα άλλων ρύπων, π.χ. απελευθέρωση των ορυκτών ιών. Ο απώτερος στόχος της ανάπτυξης του Δανικού προτύπου ICL ήταν η βελτίωση και η εξασφάλιση καλύτερου αέρα εσωτερικού χώρου στα κτίρια, με βάση το προηγούμενο Δανικό πρότυπο που είχε αναπτυχθεί για τις δοκιμές και την αξιολόγηση των εκπομπών (DS/ INF 90, 1994)(ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι). [13],[16],[17],[18]

## 5.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (LABELLING SYSTEMS)

Το 2005 παρουσιάστηκε η έκθεση της ευρωπαϊκής επιτροπής με τίτλο «Εναρμόνιση των συστημάτων πιστοποίησης για τις εκπομπές από τα υλικά εσωτερικού χώρου στην Ευρωπαϊκή Ένωση» και μεταξύ άλλων παραθέτει τις διαθέσιμες πληροφορίες για τα υπάρχοντα συστήματα πιστοποίησης και έννοιες όπως:

- Αναφορά ECA No. 18 (Μια ιδέα για ένα γενικό σύστημα για την αξιολόγηση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων από τα οικοδομικά υλικά, που ιδρύθηκε από μια ευρωπαϊκή ομάδα εργασίας)
  - Σύστημα AgBB (Γερμανία)
  - Πρωτόκολλο AFSSET (Γαλλία) για αξιολόγηση των εκπομπών υλικών εσωτερικού χώρου
  - Σύστημα CESAT - Αξιολόγηση του περιβάλλοντος και της υγείας με βάση τις ιδιότητες των οικοδομικών προϊόντων (Γαλλία)
  - Σύστημα MI - Ταξινόμηση εκπομπών των οικοδομικών υλικών (Φινλανδία)
  - Σύστημα Indoor Climate Label, ICL (Δανία)
  - Σύστημα LQAI (Πορτογαλία)
  - Σύστημα Natureplus (Γερμανία και Ευρώπη)
  - Σύστημα Blue Angel (Γερμανία)
  - Σύστημα Austrian Ecolabel

- Σύστημα CUT για τάπητες (Γερμανία και Ευρώπη)
- Σύστημα EMICODE από τη GEV για κόλλες και συναφή υλικά (Γερμανία και Ευρώπη)
- The Scandinavian Trade Standards

Η παραπάνω λίστα των συστημάτων δείχνει ότι κάποια είναι εναρμονισμένα σε συγκεκριμένες χώρες, ενώ άλλα αφορούν σε ορισμένα είδη προϊόντων και εφαρμόζονται σε περισσότερες από μία χώρες.

### 5.1.1. Αναφορά ECA No. 18(Ευρώπη)



Το 1997, στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής συνεργασίας δράσης «Ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων και οι επιπτώσεις του στον άνθρωπο» (European Collaborative Action “Indoor Air Quality & Its Impact on Man”, ECA IAQ) δημοσιεύτηκε μια έκθεση με τίτλο «Αξιολόγηση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων από οικοδομικά υλικά – στερεά υλικά δαπέδου» (“Evaluation of VOC Emissions from Building Products – Solid Flooring Materials”). Η έκθεση παρουσιάζει ένα βασικό σύστημα για την αξιολόγηση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων από οικοδομικά υλικά (ECA 1997a). Η διαδικασία αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα:

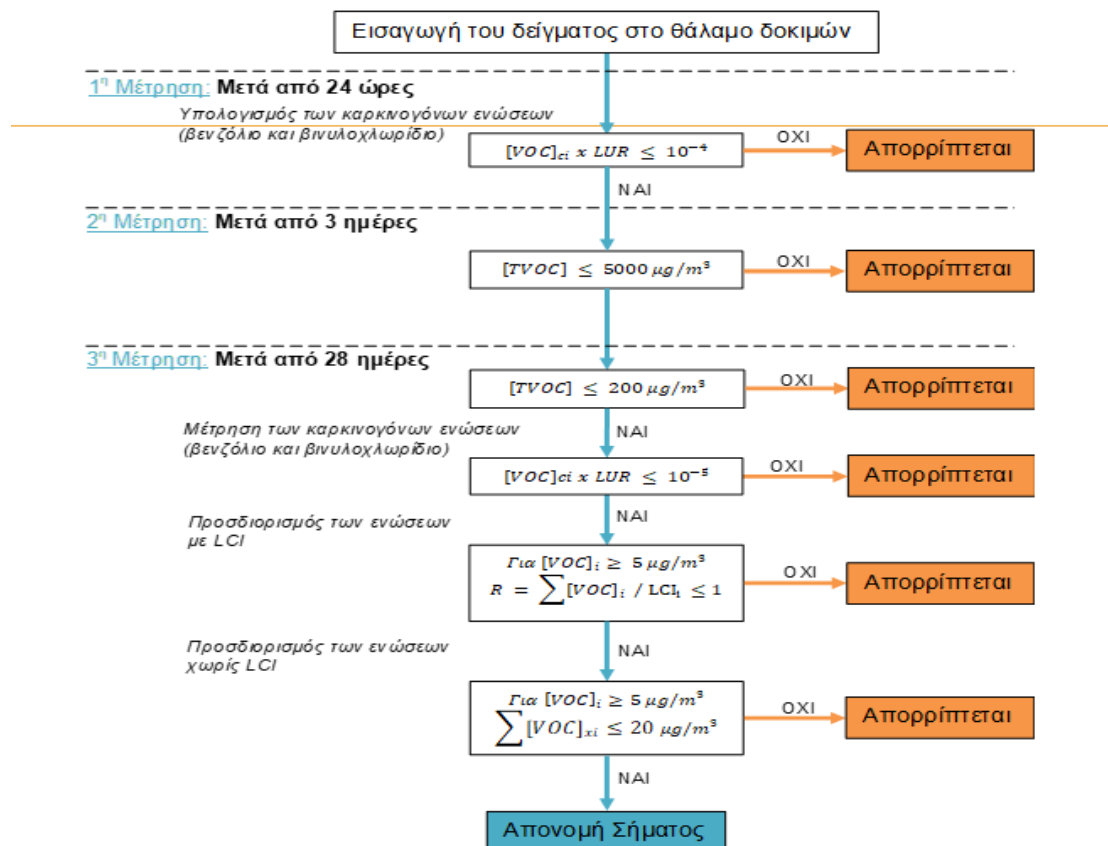
- Προσδιορισμός των εκπομπών των επιμέρους πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) και του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) χρησιμοποιώντας μετρήσεις σε πειραματικό θάλαμο δοκιμών.
- Μοντελοποίηση των σχετικών εσωτερικών συγκεντρώσεων των VOC και των TVOC με τη χρήση συντελεστών εκπομπών και με απλά σενάρια έκθεσης.
- Τοξικολογική αξιολόγηση των σημαντικότερων συγκεντρώσεων σε εσωτερικούς χώρους.

Οι διαθέσιμες οδηγίες για τον καθορισμό της ποιότητας του αέρα (Available Air Quality Guidelines, AQGs), τα επίπεδα επίδρασης που δεν έχουν παρατηρηθεί (No Observed Effect Levels, NOELs) και άλλες σχετικές πληροφορίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των ελάχιστων συγκεντρώσεων ενδιαφέροντος (Lowest Concentrations of Interest, LCI) με τις οποίες συγκρίνονται οι συγκεντρώσεις των VOC. Οι εκπομπές των VOC για τις οποίες καμία τιμή LCI δεν είναι διαθέσιμη είναι περιορισμένες. Με αυτές τις παραμέτρους προτάθηκε ένα σύστημα ελέγχου για υλικά δαπέδων, βασιζόμενο σε μια αλληλουχία τριών μετρήσεων εκπομπών. Η πρώτη αφορά σε καρκινογόνες ουσίες και τα αποτελέσματα λαμβάνονται από τον αισθητήρα-συσκευή μετά από μέτρηση σε 24 ώρες.

Η δεύτερη αφορά σε εκπομπές VOC και τα αποτελέσματα λαμβάνονται από τον αισθητήρα-συσκευή μετά από 72 ώρες (εικόνα 9). Οι τιμές των TVOC χρησιμοποιούνται ως

κριτήριο για το αν θα διεξάγουμε το επόμενο βήμα της διαδικασίας αξιολόγησης, το οποίο είναι η τρίτη μέτρηση. Η τρίτη, μετά από 28 ημέρες μετρήσεων λαμβάνει υπόψη τις τιμές των TVOC και τη συγκέντρωση των επιμέρους VOC.

Η προσέγγιση αυτή αποτέλεσε τη βάση για το Γερμανικό σύστημα AgBB και το Γαλλικό σύστημα CESAT τα οποία εφαρμόζονται και στην Πορτογαλία. Τα συστήματα BlueAngel και Natureplus χρησιμοποιούν τροποποιημένες εκδόσεις κατά προσέγγιση ως βάση για νέα κριτήρια. [13],[15],[17]



Εικόνα 9 : Σχεδιάγραμμα συστήματος Αναφορά ECA No. 18

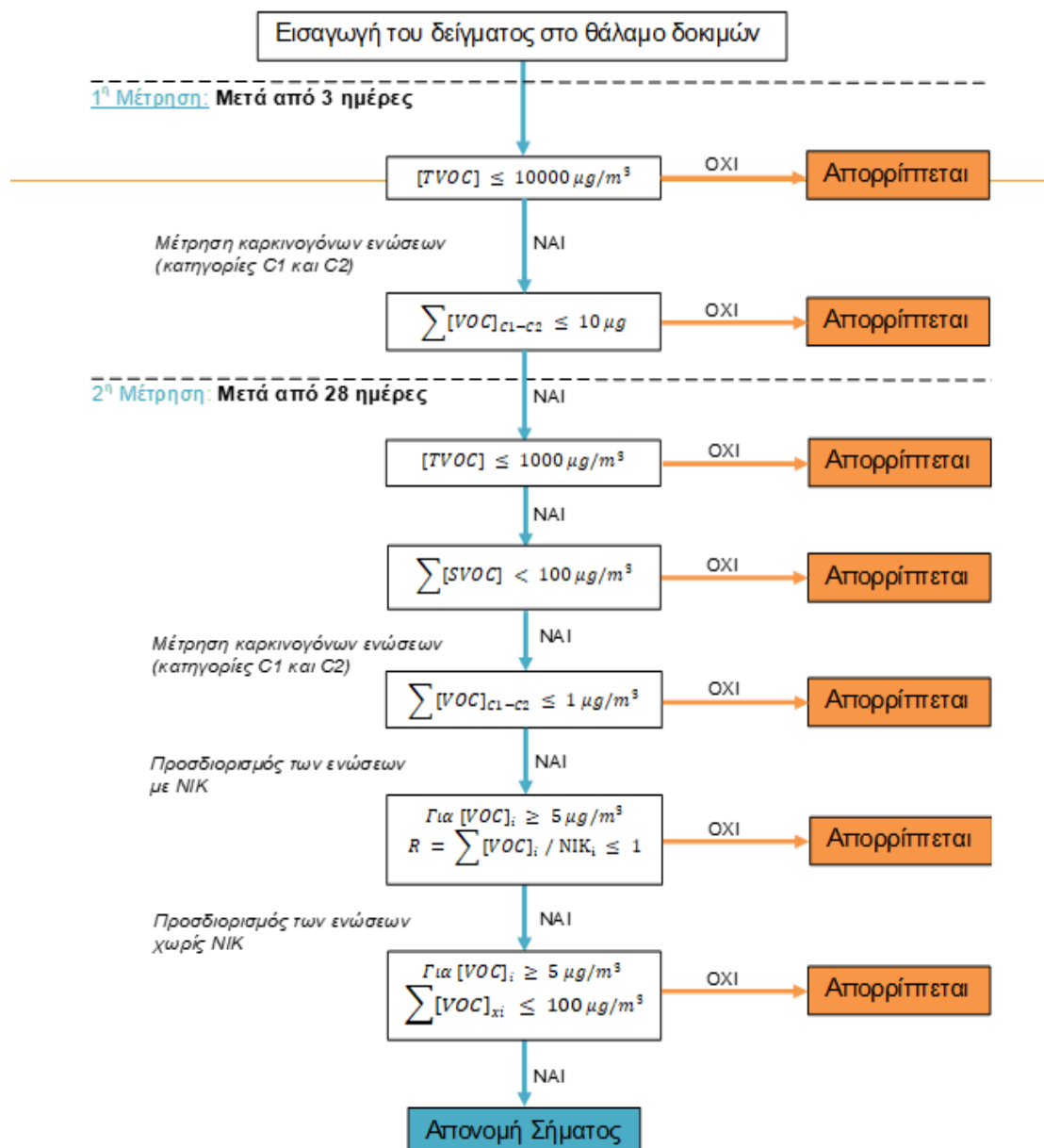
### 5.1.2. Σύστημα AgBB (Γερμανία)



Το 2001 οργανώθηκε μια ομάδα επιστημόνων από τα γερμανικά ομοσπονδιακά κρατίδια με μέλη επίσης από την γερμανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος και του Γερμανικού Ινστιτούτου Τεχνολογίας Κατασκευών (Deutsches Institut für Bautechnik, DIBt) με έργο τους τη δημοσίευση ενός συστήματος αξιολόγησης των εκπομπών από οικοδομικά υλικά. Το σύστημα που προέκυψε ονομάστηκε AgBB (Aussehuss zur gesund leitlichen Bewertung von

Bauprodukten, ) Επιτροπή για Αξιολόγηση Οικοδομικών Προϊόντων που σχετίζονται με την υγεία) και βασίζεται ουσιαστικά στην έκθεση ECA No. 18, με ορισμένες τροποποιήσεις. Οι τροποποιήσεις περιλαμβάνουν την αφαίρεση της βραχυπρόθεσμης δοκιμής έπειτα από μετρήσεις 24 ωρών και την εισαγωγή ενός βήματος για τον προσδιορισμό εκπομπών ημι-πτητικών οργανικών ενώσεων (Semi-Volatile Organic Compounds, SVOC). Παρόλο που η οργανοληπτική αξιολόγηση αναφέρεται στον έλεγχο των διαδικασιών, καμία παρόμοια αξιολόγηση δεν χρησιμοποιείται επί του παρόντος λόγω του ότι δεν έχει επιτευχθεί καμία συμφωνία ακόμα για το ποια μέθοδος δοκιμής θα χρησιμοποιηθεί. Στο παρόν σύστημα που προτάθηκε το 2001 είχε προβλεφθεί η κατάταξη των υλικών σύμφωνα με δύο επίπεδα ποιότητας. Μετά από την επεξεργασία του από τη βιομηχανία και τα εργαστήρια δοκιμών, την άνοιξη του 2002, αποφασίστηκε να εφαρμοστεί για δύο χρόνια υπό δοκιμαστική φάση και έπειτα να βγει η τελική απόφαση («αποδεκτό» / «μη αποδεκτό»). Οι εκπρόσωποι του κλάδου και άλλες ενδιαφερόμενες ομάδες κλήθηκαν να συμμετάσχουν σε διαφορετικές υποομάδες για τον καθορισμό κριτηρίων για την προετοιμασία ενός δείγματος που θα διευρύνει τον κατάλογο των σχετικών επιμέρους VOC. Για κάθε VOC στον κατάλογο αυτό ορίζεται η λεγόμενη τιμή NIK (Niedrigste Interessierendle Konzentration, German LCI) σε αναλογία με τις τιμές του LCI από την έκθεση ECA No. 18. Ο κατάλογος των τιμών NIK(παράρτημα II) ενημερώνεται και επεκτείνεται από μια ειδική ομάδα επιστημόνων που εκπροσωπείται από επιστήμονες από τις κρατικές αρχές και τη βιομηχανία. Ένας ενημερωμένος κατάλογος δημοσιεύεται κάθε χρόνο και διατίθεται στην ιστοσελίδα του συστήματος AgBB. Μετά από δύο χρόνια δοκιμαστικής φάσης η σκέψη αυτή ξανασυζητήθηκε από τα ενδιαφερόμενα μέλη, τη βιομηχανία και τα εργαστήρια δοκιμών. Σήμερα, το σύστημα έχει καταστεί υποχρεωτικό για όλες τις επιστρώσεις υλικών που πιστοποιούνται από το Γερμανικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Κατασκευών (DIBt). Σε πρώτη φάση, αφορά στα υλικά δαπέδων που χρειάζονται έγκριση όσον αφορά στην αντίσταση στη φωτιά, αλλά η επέκταση του πεδίου εφαρμογής του τελεί υπό προετοιμασία.

Το Γερμανικό σύστημα AgBB (εικόνα 10) αποτελεί επίσης τη βάση για την εισήγηση του προτύπου CEN TC 134 υλικών δαπέδων, για νέα κριτήρια στο GUT που αφορούν τάπητες, για συγκεκριμένα προϊόντα στο Blue Angel, (π.χ. RAL-UZ 117 για τα επικαλυμμένα έπιπλα, RAL-UZ 120 για ελαστικό δάπεδο κάλυψης, RAL-UZ 113 σχετικά με συγκολλητικά δάπεδα) και τέλος για τα κριτήρια του Natureplus. [13],[15],[19]



Εικόνα 10: Σχεδιάγραμμα συστήματος AgBB



### 5.1.3. Σύστημα AFSSET (Γαλλία)

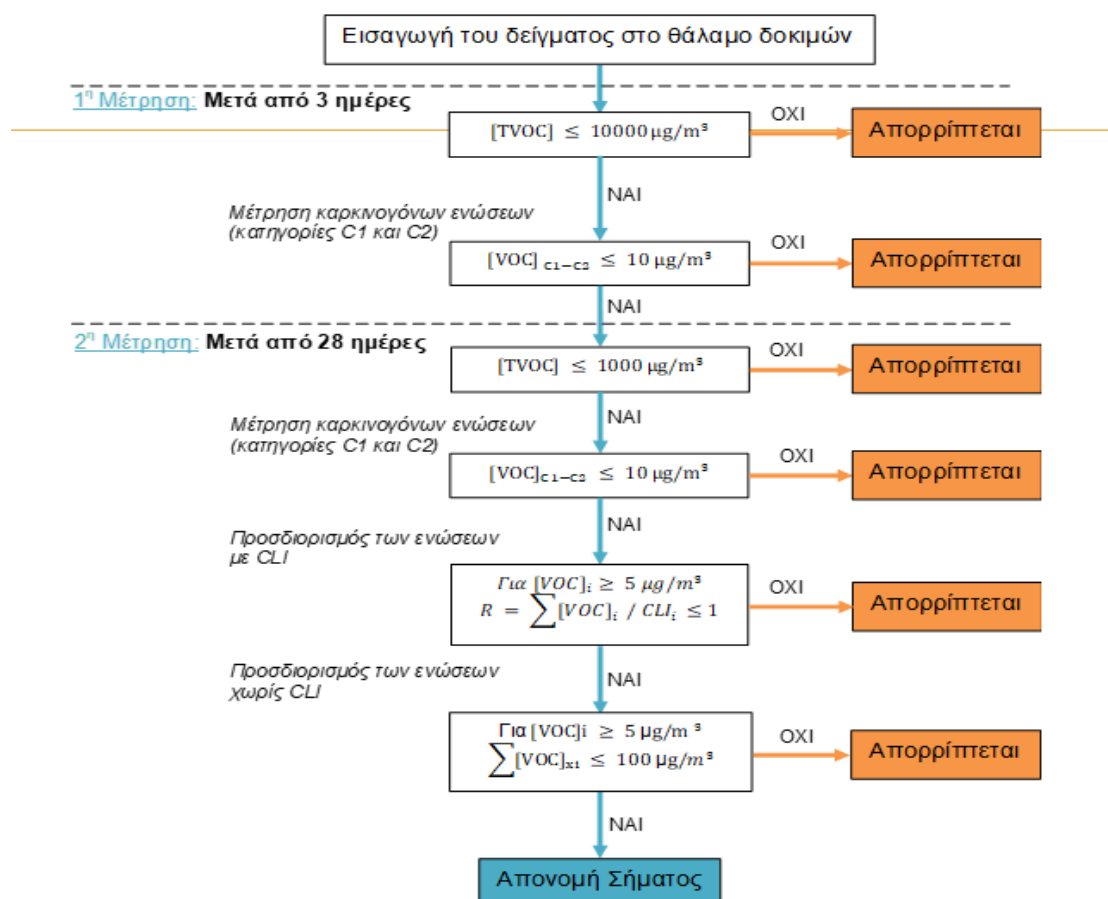
Το πρώτο Εθνικό Σχέδιο Δράσης Περιβάλλοντος και Υγείας 2004-2008 (National Environment and Health Action Plan) παρουσιάστηκε στη Γαλλία τον Ιούνιο του 2004. Αποτελούνταν από 45 δράσεις (συμπεριλαμβανομένων 12 υψηλής προτεραιότητας) που αποσκοπούσαν στην εξασφάλιση καλής ποιότητας αέρα και νερού, αποτρέποντας τις παθολογίες που βασίζονται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες (συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου), παρέχοντας καλύτερη ενημέρωση στο κοινό και προστατεύοντας τις ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού. Προκειμένου να βελτιώσει την ποιότητα εσωτερικού αέρα, η υψηλής προτεραιότητας δράση Νο.15 του Σχεδίου απαιτούσε την προώθηση υλικών με χαμηλές εκπομπές VOC και με περιορισμένη ικανότητα ανάπτυξης μικροοργανισμών. Γι' αυτό το σκοπό το Σχέδιο Δράσης 2004-2008, ζήτησε τη δημιουργία ενός πρωτοκόλλου σχετικά με την υγεία, για την αξιολόγηση των εκπομπών των VOC και της φορμαλδεΐδης από οικοδομικά υλικά. Καθόρισε επίσης και το φιλόδοξο στόχο, το 2010 το 50% των προϊόντων αυτών να κατέχει οικολογικό σήμα, με βάση αυτό το πρωτόκολλο, σε εθελοντική βάση. Σε αυτό το πλαίσιο εξουσιοδοτήθηκε η AFSSET (French Agency for Environmental and Occupational Health Safety, Γαλλική Υπηρεσία για την Περιβαλλοντική Υγεία και Επαγγελματική Ασφάλεια) να καθιερώσει ένα πρωτόκολλο, σχετικό με την υγεία, με σκοπό την αξιολόγηση των εκπομπών των VOC και της φορμαλδεΐδης από οικοδομικά υλικά. Μια ομάδα εργασίας που συστάθηκε από την AFSSET ξεκίνησε την αποστολή αυτή το 2004. Τον Οκτώβριο του 2006, προτάθηκε από την ομάδα αυτή το πρώτο πρωτόκολλο για την αξιολόγηση των εκπομπών των ενώσεων από στερεά οικοδομικά υλικά, βασιζόμενο σε παρόμοιες προσεγγίσεις (ECA 1997, AgBB 2005) το οποίο και εγκρίθηκε από την ομάδα εμπειρογνομόνων για την ποιότητα του αέρα της AFSSET, από την οποία και παρουσιάστηκε. Αυτό το πρωτόκολλο αναβαθμίστηκε και επεκτάθηκε σε υγρά προϊόντα και προϊόντα διακόσμησης το 2009. Βασίζεται στη σειρά των προτύπων ISO 16000 και στη δειγματοληψία των VOC και της φορμαλδεΐδης μετά την πάροδο 3 και 28 ημερών από ειδικούς θαλάμους ή κελιά (εικόνα 11). Το πρωτόκολλο που παρουσιάστηκε λεπτομερώς το 2009 θέτει ως κριτήρια για την αξιολόγηση, σχετικά με την υγεία, των προϊόντων αυτών τα εξής:

- TVOC
- Καρκινογόνες και μεταλλαξιογόνες κατηγορίας 1 και 2 όπως ταξινομήθηκαν σύμφωνα με την ΕΟ 67/548/EEC (παράρτημα I) – περιλαμβάνονται 2 ενώσεις, βενζόλιο και τριχλωροαιθυλένιο
- Προσδιορισμός της αναπνευστικής ευαισθησίας: πληροφορίες για τις απαιτήσεις του προϊόντος,

- R (risk index) δείκτης επικινδυνότητας που υπολογίζεται ως άθροισμα του λόγου των αναλογιών των επιμέρους συγκεντρώσεων των VOC πάνω από 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  στα αντίστοιχα Χαμηλότερα Όρια Ενδιαφέροντος (Lowest Concentrations of Interest - LCI) (LCI):  $R = \sum (C_i/LCI)$

- Άθροισμα των μη προσδιορισμένων ενώσεων με συγκεντρώσεις άνω των 5  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  (μη ταυτοποιημένων ενώσεων ή VOC χωρίς LCI):  $\sum C_{ni}$

Για τη μεμονωμένη αξιολόγηση των VOC μέσω του λόγου R, η AFSSET καθιέρωσε ένα κατάλογο από 164 LCI το 2009. Έως τώρα το πρωτόκολλο της AFSSET δεν έχει υιοθετηθεί από εθελοντικά οικολογικά σήματα στη Γαλλία και η προώθηση των προϊόντων χαμηλών εκπομπών όπως προτάθηκε, από τη δράση No.15 του NEHAP 2004-2008<sup>5</sup>, είναι πολύ περιορισμένη.[14],[15],[20]



Εικόνα 11: Σχεδιάγραμμα συστήματος AFSSET

<sup>5</sup>NEHAP Action 15: Δημιουργία συστήματος πιστοποίησης για την υγεία και το περιβάλλον, χαρακτηρισμός υλικών κατασκευής.

#### 5.1.4. Σύστημα CESAT

Το CESAT (Comité Environnement- Santé de l' AvisTechnique, Επιτροπή Περιβάλλοντος

Υγείας και Τεχνικών Διαδικασιών) αποτελεί ένα σύστημα που αφορά στην αξιολόγηση του περιβάλλοντος και της υγείας με βάση τις ιδιότητες των οικοδομικών υλικών και εισήχθη στη Γαλλία το 2003. Αυτό το σύστημα αξιολόγησης προτείνεται σε εθελοντική βάση σε συνεργασία με την Τεχνική Διαδικασία (Avis Technique) για την αξιολόγηση των κατάλληλων προς χρήση ιδιοτήτων των οικοδομικών υλικών. Το προτεινόμενο σύστημα αξιολόγησης βασίζεται σε μια Περιβαλλοντική Δήλωση Υλικών με βάση τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά τους, σύμφωνα με το πρότυπο NF P 01-010 και σε ειδικά κριτήρια υγείας για το προς χρήση υλικό κατά την:

1. Εκπομπή VOC και φορμαλδεΐδης
2. Ανίχνευση οσμών (προαιρετικά)
3. Ικανότητα για ανάπτυξη μυκήτων
4. Ικανότητα για ανάπτυξη βακτηρίων (προαιρετικά)
5. Εκπομπή φυσικών ραδιενεργών ουσιών (μόνο για συγκεκριμένα υλικά)

Για το χαρακτηρισμό των εκπομπών VOC και φορμαλδεΐδης από οικοδομικά υλικά, χρησιμοποιείται το πρότυπο EN 13419 για τη δειγματοληψία και την προετοιμασία των αντιπροσωπευτικών δοκιμών, καθώς και για τη σταθεροποίηση του δείγματος κατά τη δοκιμή. Η δειγματοληψία και η ανάλυση των VOC γίνεται με το πρότυπο ISO 16000-6 και οι εκπομπές φορμαλδεΐδης μετρούνται χρησιμοποιώντας το πρότυπο ISO 16000-3. Η διαδικασία που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των χημικών εκπομπών από τα οικοδομικά υλικά είναι προσαρμοσμένη με την αναφορά ECA Report 18.

Η επιτροπή του CESAT, είναι υπεύθυνη για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών θεμάτων και θεμάτων υγείας που σχετίζονται με τα οικοδομικά υλικά, στο πλαίσιο της τεχνικής οδηγίας. Επίσης αποτελείται από εκπροσώπους των Υπουργείων Περιβάλλοντος, Υγείας, Ανάπτυξης, Εργασίας των γαλλικών ερευνητικών κέντρων (CSTB, INRS) και των εκπροσώπων του κατασκευαστικού τομέα. Η διαδικασία είναι λειτουργική και οι πρώτες τεχνικές οδηγίες, οι οποίες περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά για το περιβάλλον και την υγεία παραδόθηκαν το 2003.[13],[15],[21]

### 5.1.5. Σύστημα M1 (MaterialClass1, Φινλανδία)



Η πρώτη έκδοση της ταξινόμησης εκπομπών από οικοδομικά υλικά αναπτύχθηκε από τη Φινλανδική Εταιρεία Ποιότητας Αέρα και Κλίματος Εσωτερικών Χώρων (FiSIAQ) το 1995, ως μια πρώτη ιδέα για την κατάταξη του κλίματος εσωτερικών χώρων, των κατασκευών των υλικών και των διαφόρων φινιρισμάτων. Οι πρώτες ταξινομήσεις των εκπομπών εισήχθησαν το 1996. Τον Μάιο του 2000 το σύστημα άλλαξε την επωνυμία του σε «Κατάταξη Εκπομπών Οικοδομικών Υλικών» το οποίο είναι ένα κομμάτι μιας διαδικασίας, που έχει ως στόχο την επίτευξη της καλής ποιότητας αέρα εσωτερικού χώρου όπως ορίζεται από τις τιμές S1 και S2 και οροθετήθηκε ως βάση για την ταξινόμηση «Εσωτερικό Κλίμα 2000» (Indoor climate 2000 classification)<sup>6</sup>.

Ο σκοπός της ταξινόμησης εκπομπών είναι να ενισχυθεί η ανάπτυξη και η χρήση των οικοδομικών υλικών χαμηλής εκπομπής, έτσι ώστε όταν χρησιμοποιηθούν να μην αυξάνουν την απαίτηση για εξαερισμό. Η ταξινόμηση αυτή παρουσιάζει απαιτήσεις για τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε συνήθεις δραστηριότητες σε διάφορους χώρους και κατοικίες και δεν παρακάμπτει κάποιον επίσημο Γ.Ο.Κ (Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός, Official Building Codes) ή κάποια ερμηνεία του.

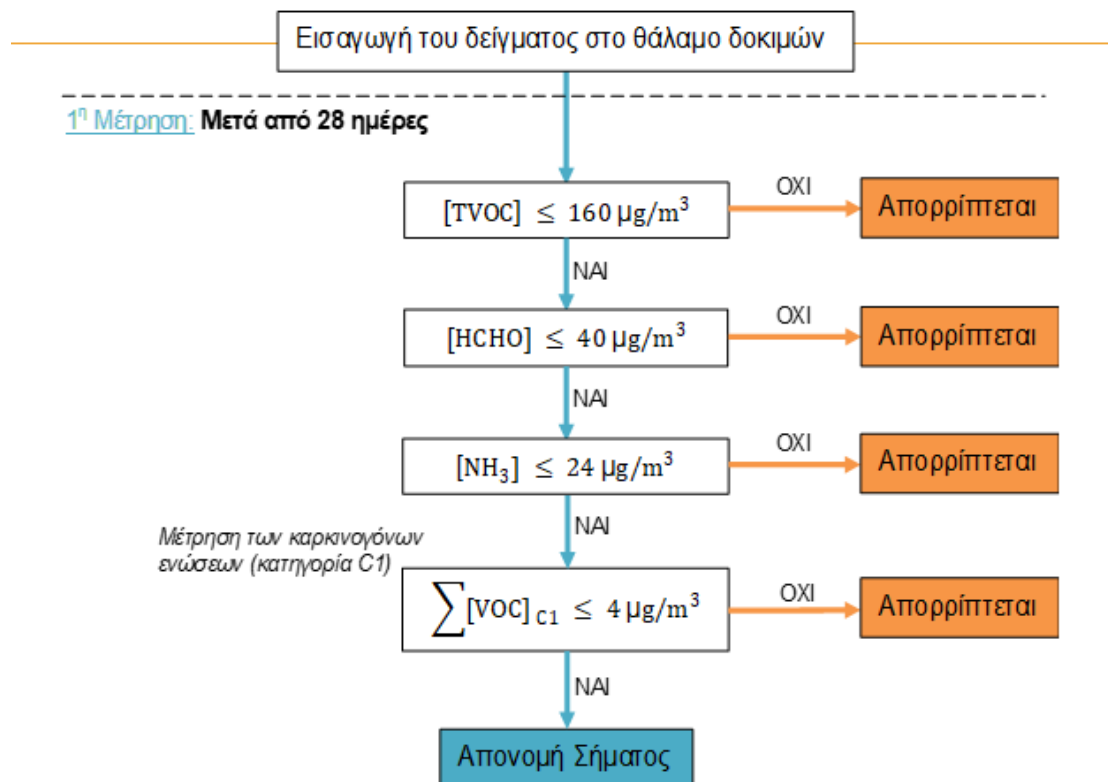
Η ταξινόμηση των εκπομπών των οικοδομικών υλικών έχει τρεις κατηγορίες τη M1, τη M2 και τη M3. Η εκπομπή κατηγορίας M1 αντιστοιχεί στην καλύτερη ποιότητα υλικών ενώ αντίθετα η κατηγορία M3 περιλαμβάνει υλικά με τις υψηλότερες εκπομπές. Τα ταξινομημένα υλικά πρέπει να ικανοποιούν τα κριτήρια (εικόνα 12) έπειτα από το πέρας 4 εβδομάδων για τις εξής εκπομπές:

- TVOC, φορμαλδεύδη, αμμωνία
- καρκινογόνες ουσίες
- οσμές

καθώς και τα προϊόντα που δεν περιέχουν καζεΐνη. Οι δοκιμές πρέπει να εκτελούνται από συγκεκριμένο εργαστήριο δοκιμών σύμφωνα με τις μεθόδους που απαιτούνται όπως για παράδειγμα η επιλογή του δείγματος, η ανάλυση των υλικών και η μέτρηση των εκπομπών πρέπει να πραγματοποιούνται σε πιστοποιημένο εργαστήριο από την επιστημονική ομάδα ταξινόμησης εκπομπών.[13],[15],[22]

---

<sup>6</sup>Κατάταξη της ποιότητας εσωτερικού αέρα σε νέες κατασκευές στη Φινλανδία σε ισχύ από το 1995, εθελοντικού χαρακτήρα.



Εικόνα 12: Σχεδιάγραμμα συστήματος MI

### Οικοδομικά υλικά ταξινομημένα ως προς τις εκπομπές

Σήμερα υπάρχουν πάνω από 800 ταξινομημένα προϊόντα τα οποία προέρχονται από περισσότερους από 110 παραγωγούς και εισαγωγείς. Τα ταξινομημένα υλικά διαχωρίζονται στις παρακάτω ομάδες:

- ασβεστοκονιάματα, επιχρίσματα, στόκοι, πεπιεσμένοι αφροί γεμίματος κλπ
- υλικά δαπέδων
- χρώματα και βερνίκια
- σανίδες, γυψοσανίδες
- μονωτικά υλικά

### 5.1.6. Σύστημα Indoor Climate Label (ICL, Δανία)



Το σύστημα Indoor Climate Label (ICL) παρουσιάστηκε το 1995 ως ένα από τα πρώτα συστήματα ταξινόμησης των εκπομπών σε σχέση με την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων. Οι εκπομπές των υλικών μετρούνται σε ειδικά διαμορφωμένους θαλάμους. Αυτές αξιολογούνται σε σχέση με την επίδραση τους στον ανθρώπινο οργανισμό, όπως είναι ο ερεθισμός των οφθαλμών και της αναπνευστικής οδού και αποτελούν τη συνηθέστερη αιτία παραπόνων.

Το Δανέζικο σύστημα ICL έχει οριοθετήσει ένα πρότυπο για τους εσωτερικούς χώρους, κυρίως για τις συγκεντρώσεις των VOC και περιλαμβάνει επίσης την ταξινόμηση των εκπομπών με βάση την επίδραση τους στις ανθρώπινες αισθήσεις. Η παράμετρος που χρησιμοποιείται ως κριτήριο αποδοχής είναι ο χρόνος που απαιτείται για τις εκπομπές των VOC να διασπαστούν σε σημείο όπου οι συγκεντρώσεις τους λαμβάνουν τιμές κατώτερες από αυτές που λαμβάνουν για τους εσωτερικούς χώρους. Το όριο των οσμών στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ο παράγοντας για τον καθορισμό μιας δεδομένης εκπομπής VOC, διότι οι ερεθισμοί των αισθήσεων του ανθρώπου εκτιμάται γενικά ότι είναι τουλάχιστον μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερη. Η χρήση του 50% του ορίου οσμής αποτελεί ένα ρεαλιστικό συντελεστή ασφαλείας που λαμβάνει υπόψη τη δυνατότητα συνεισφοράς σε VOC και από άλλες πηγές ρύπανσης. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων συμπληρώνονται από την αισθητήρια ταξινόμηση των εκπεμπόμενων οσμών. Η ταξινόμηση καλύπτει αποδοτικά και την ένταση των οσμών και εκτελείται από μια ομάδα τουλάχιστον 20 ανειδίκευτων ατόμων.

Εκτός από τις δοκιμές για τις χημικές εκπομπές, έχει εξεταστεί και έχει δοθεί ένα ανώτατο όριο εκπομπής για σωματίδια και ίνες. Η ταξινόμηση των εκπομπών για σωματίδια και ίνες χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: χαμηλής, μέσης και υψηλής εκπομπής. Για το σήμα ICL αποδεκτές είναι μόνο οι κατηγορίες χαμηλής και μέσης εκπομπής. Ο έλεγχος των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων και της εκπομπής ινών και σωματιδίων πρέπει να εκτελείται κάθε 5 χρόνια. Επιπλέον, το σήμα ICL απαιτεί ο κατασκευαστής να παρέχει εγχειρίδια για την τοποθέτηση, την αποθήκευση, τον καθαρισμό και τη συντήρηση των πιστοποιημένων υλικών ώστε να μην αλλοιωθούν οι ιδιότητες τους κατά τη χρήση τους. Το σήμα ICL επανεξετάστηκε και αναδημοσιεύθηκε το 1996 (Wolkoff και Nielsen 1996) και εμφανίζεται ως σύσταση στο Δανέζικο Γ.Ο.Κ. του 1995 και του 2005, και σε πολλές απαιτήσεις επιδόσεων της Δανικής δόμησης. Από το 1998, το σήμα εφαρμόζεται στη Νορβηγία με τον όρο «Τεχνικοί Κανονισμοί στα πλαίσια του Νορβηγικού Σχεδιασμού και Δόμησης» (“Technical Regulations under the Norwegian Planning and Building Act”). Η δομή του σήματος ICL είναι ανοικτή και επιτρέπει την εύκολη εφαρμογή σε νέες περιοχές προϊόντων. Τα 10 υπάρχοντα

πρότυπα για τα υλικά αφορούν σε ένα ευρύ φάσμα προϊόντων που καλύπτουν ένα μεγάλο ποσοστό του εσωτερικού περιβάλλοντος: π.χ. σύστημα οροφής και τοίχου, υφασμάτινα υλικά δαπέδου, ελαστικά και ξύλινα δάπεδα, χρώματα βαφίματος εσωτερικών χώρων και έπιπλα. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή είναι μοναδικά ορισμένη από μια περιοχή υλικού σε μια άλλη. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να καταστούν τα κριτήρια αποδοχής εξαρτώμενα από τις επιδόσεις των υλικών στην αγορά. Από τον Ιανουάριο του 2005, 50 ομάδες υλικών που καλύπτουν περίπου 400 επιμέρους υλικά έχουν πιστοποιηθεί με το σήμα ICL. [13][14][15][23]

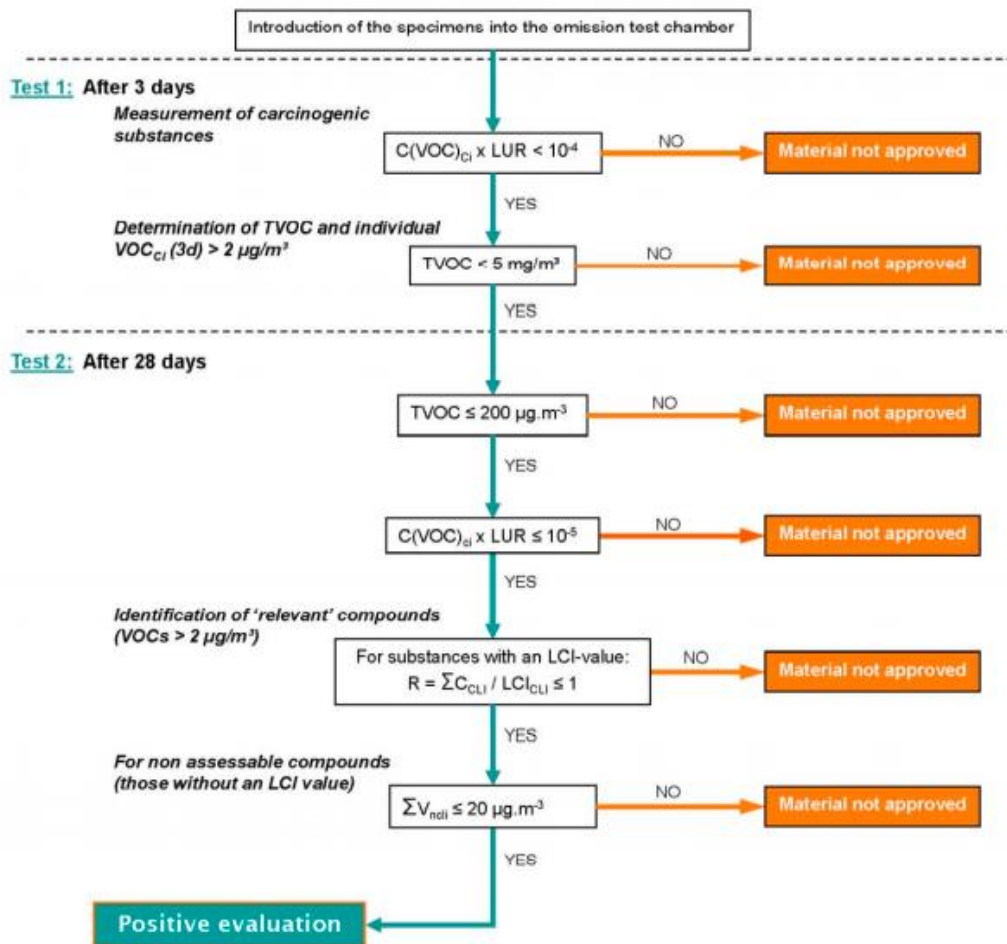
### 5.1.7. Σύστημα LQAI (Πορτογαλία)



Στην Πορτογαλία, εισήχθη το σύστημα LQAI (Laboratório da Qualidade do Ar Interior, Εργαστήριο Ποιότητας Εσωτερικού Αέρα) στην έκθεση ECA No.18 και τέθηκε σε εφαρμογή από το ομώνυμο Ινστιτούτο ποιότητας εσωτερικού αέρα LQAI, για την εκτίμηση εκπομπών από τα υλικά δαπέδων από το 2000, αλλά με κάποιες απλοποιήσεις που έχουν επιτευχθεί μετά από συζήτηση με τους κατασκευαστές οικοδομικών υλικών: η αξιολόγηση μέσω των αισθήσεων του ανθρώπου δεν χρησιμοποιείται, αλλά αντιθέτως πραγματοποιούνται μετρήσεις στις 72 ώρες και 28 ημέρες (εικόνα 13). Οι καρκινογόνες ενώσεις ποσοτικοποιούνται στις 72 ώρες μέτρησης. Κάθε υλικό δοκιμάζεται 3 φορές για να περιλαμβάνει τον ετερογενή παράγοντα στο τελικό αποτέλεσμα των μετρήσεων. Εάν το υλικό πληροί όλες τις προϋποθέσεις της τοξικολογικής αξιολόγησης σε μια από τις τρεις συγκεκριμένες παροχές αερισμού παράγεται μία δήλωση ποιότητας σε τρεις γλώσσες (πορτογαλικά, αγγλικά και γερμανικά). Κάθε δήλωση ποιότητας ενός συγκεκριμένου υλικού έχει ισχύ για 5 έτη αλλά σε ετήσια βάση μία μόνο δοκιμή πραγματοποιείται για να επιβεβαιώσει το πρώτο αποτέλεσμα. Η πειραματική διαδικασία για τη δειγματοληψία και την προετοιμασία ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο EN 13419. Τα VOC εξετάζονται και αναλύονται με το πρότυπο ISO 16000-6 ενώ οι εκπομπές φορμαλδεΐδης εξετάζονται χρησιμοποιώντας την τροποποιημένη μέθοδο της παραροσανιλίνης (Modified Pararosaniline Method)<sup>7</sup>. Οι τιμές των TVOC υπολογίζονται σύμφωνα με την έκθεση ECA No.19, χρησιμοποιώντας το συντελεστή του κάθε συστατικού με το μεγαλύτερο μέρος των ενώσεων. Διάφορες ενώσεις που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τον κλάδο της βιομηχανίας λαμβάνονται υπόψη ακόμη και αν ανήκουν στα VVOC ή SVOC και η τοξικολογική αξιολόγηση γίνεται με παρόμοιο τρόπο με

<sup>7</sup>Η φορμαλδεΐδη που περιέχεται στις εκπομπές είναι ιδιαίτερα διαλυτό στο νερό υψηλής καθαρότητας. Το νερό υψηλής καθαρότητας που περιέχει φορμαλδεΐδη στη συνέχεια αναλύεται χρησιμοποιώντας την τροποποιημένη μέθοδο παραροσανιλίνης. Η φορμαλδεΐδη στο δείγμα αντιδρά με όξινη παραροσανιλίνη (C<sub>19</sub>H<sub>18</sub>N<sub>3</sub>Cl), και θειώδες νάτριο, σχηματίζοντας ένα μοβ χρωμοφόρο. Η ένταση του πορφυρού χρώματος, μετράται φασματοφωτομετρικά και παρέχει ακριβείς και σαφείς μέτρο της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης στο δείγμα.

τα άλλα VOC, συμβάλλοντας έτσι στον υπολογισμό της τιμής R. Η φορμαλδεΐδη επίσης καθορίζεται και αξιολογείται χρησιμοποιώντας την ίδια προσέγγιση. Μέχρι σήμερα, περίπου 40 υλικά έχουν λάβει πιστοποιητικό ποιότητας. Το σύστημα αξιολόγησης LQAI προτείνεται σε εθελοντική βάση.[13],[15],[24]



Εικόνα 13: Σχεδιάγραμμα συστήματος LQAI

### 5.1.8. Σύστημα Natureplus (Γερμανία και Ευρώπη)



Το σύστημα Natureplus είναι άλλη μια διεθνής πιστοποίηση για οικοδομικά υλικά κατασκευής και είδη οικιακής επίπλωσης τα οποία είναι φιλικά προς το περιβάλλον και δεν θέτουν σε κίνδυνο την υγεία. Το σήμα ποιότητας του συστήματος Natureplus είναι διαθέσιμο από τον Ιούνιο του 2002, όταν οι οκτώ πρώτοι κατασκευαστές παρέλαβαν τα έγγραφα πιστοποίησης. Η πρωτοβουλία για το σύστημα Natureplus ξεκίνησε από τη Διεθνή Ένωση για την Αειφόρο



δόμηση και τις Συνθήκες Διαβίωσης (International Association for Sustainable Building and Living) και περιλαμβάνει τους κατασκευαστές, τους εμπόρους, τους καταναλωτές, τις περιβαλλοντικές οργανώσεις, τους σχεδιαστές, τους συμβούλους και τα εργαστήρια. Το σύστημα Natureplus έχει εθνικά γραφεία στις χώρες: Αυστρία, Βέλγιο, Γερμανία, Ουγγαρία, Ολλανδία και Ελβετία. Οι στόχοι του συστήματος Natureplus:

- μια ενιαία και ομοιόμορφη πιστοποίηση στην οποία είναι ενσωματωμένες διάφορες υφιστάμενες (οικολογικά σήματα)
- ένα σύστημα έγκρισης που είναι γνωστό και αποδεκτό σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες
- άμεση και αξιόπιστη επικοινωνία για όλα τα προϊόντα που δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον ή την υγεία
- ένα βήμα προς τη βελτιστοποίηση των οικολογικών προϊόντων

Μόνο τα προϊόντα που κατασκευάζονται από τουλάχιστον 85% ανακυκλωμένων ή ανόργανων υλικών πιστοποιούνται. Η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων με προϊόντα πιστοποιημένα με το σύστημα Natureplus είναι προστατευμένη με τα διαφορετικά καθορισμένα όρια των VOC ενώ τα όρια φορμαλδεΐδης εξαρτώνται από τον τύπο του προϊόντος. [13],[15],[25]

### 5.1.9. Σύστημα Blue Angel (Γερμανία)



Το σύστημα Blue Angel δημιουργήθηκε από τις κυβερνήσεις των ομόσπονδων κρατιδίων της Γερμανίας το 1977. Ο σκοπός της δημιουργίας του συστήματος ήταν και είναι ακόμα η προώθηση των προϊόντων που έχουν σημαντικά καλύτερα χαρακτηριστικά για το περιβάλλον και την υγεία σε σχέση με τα συμβατικά προϊόντα. Το σύστημα Blue Angel αυτή τη στιγμή χρησιμοποιείται σε σχεδόν 4.000 προϊόντα τα οποία ανήκουν σε περισσότερες από 100 κατηγορίες. Το σύστημα Blue Angel ως ένα εθελοντικό, βασισμένο σε πολλαπλά κριτήρια, πρόγραμμα πιστοποίησης προϊόντων αναφέρεται ως «Τύπος I» στα πλαίσια του συστήματος ISO (“Type I”). Από τη στιγμή που περιλαμβάνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των προϊόντων, προβλέπεται η χρήση του προτύπου EN ISO 14024 για μια διαφανή διαδικασία. Αυτό ισχύει για την επιλογή των κατηγοριών προϊόντων, περιβαλλοντικών κριτηρίων, μεθόδων δοκιμών κλπ. Τα ενδιαφερόμενα μέλη συμμετέχουν από την αρχή, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρήσεων, των μη κυβερνητικών οργανισμών και των επιστημονικών ιδρυμάτων. Το Γερμανικό Ινστιτούτο για τη διασφάλιση της ποιότητας και της σήμανσης (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, RAL) που εδρεύει στο St. Augustin απονέμει το σήμα Blue Angel εξ ονόματος της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (Federal Environmental Agency). Οι πιθανοί ενδιαφερόμενοι πρέπει πρώτα να αποταθούν στο ινστιτούτο RAL με σκοπό να γνωρίζουν αν ένα έγγραφο απονομής υπάρχει για το προς αναζήτηση προϊόν, ή αν τα κριτήρια θα πρέπει να θεσπιστούν. Εάν τα βασικά κριτήρια υπάρχουν ήδη, το επόμενο βήμα

απλώς περιλαμβάνει μια ανεπίσημη αίτηση η οποία εξετάζεται από το ινστιτούτο RAL και την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος. Εάν το προϊόν πληροί τις απαιτήσεις, συντάσσεται μια σύμβαση για να καλύψει τη χρήση του σήματος Blue Angel.

Από την αρχή, τα κριτήρια για την απονομή του σήματος Blue Angel περιλάμβαναν επίσης και υγειονομικές απαιτήσεις όπως είναι ο αποκλεισμός των επικίνδυνων τοξικών ουσιών. Το 1986 πραγματοποιήθηκαν για πρώτη φορά εργαστηριακές μετρήσεις οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για τον καθορισμό της εκπομπής φορμαλδεΐδης από τα έπιπλα. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990 άρχισαν να πραγματοποιούνται εκτεταμένες ερευνητικές εργασίες με στόχο την ολοκληρωμένη μέτρηση των εκπομπών πτητικών και μη πτητικών οργανικών ενώσεων και η κατάταξη απαιτήσεων περιορισμού των εκπομπών στα κριτήρια του συστήματος Blue Angel για τα έπιπλα. Σήμερα υπάρχουν 11 έγγραφα με τα κριτήρια για οικοδομικά προϊόντα, έπιπλα και ηλεκτρονικές συσκευές για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών και μη πτητικών οργανικών ενώσεων με βάση τις εργαστηριακές μετρήσεις (ISO EN 13419-1) όπως:

- για τα φωτοαντιγραφικά το κριτήριο RAL-UZ 62
- για τους εκτυπωτές το κριτήριο RAL-UZ 85
- για τα προϊόντα με βάση το ξύλο όπως μοριοσανίδες, MDF, σανίδες κόντρα πλακέ, ξύλινες σανίδες και σανίδες τύπου OSB (Oriental Strand Boards) το κριτήριο RAL-UZ
- για τα χρώματα τοίχου χαμηλών εκπομπών το κριτήριο RAL-UZ 102
- για τα συγκολλητικά υλικά δαπέδων και άλλα υλικά εγκατάστασης χαμηλών εκπομπών το κριτήριο RAL-UZ 113
- για τις πολυλειτουργικές συσκευές (για χρήση γραφείου με τη χρήση τεχνολογίας toner ή inkjet) το κριτήριο RAL-UZ 114
- για τις ταπετσαρίες επίπλων χαμηλών εκπομπών το κριτήριο RAL-UZ 117
- για τα στρώματα το κριτήριο RAL-UZ 119
- για τα συνθετικά υλικά δαπέδων όπως το καουτσούκ, linoleum και δάπεδα πολυολεφινών το κριτήριο RAL-UZ 120

Για τα έγγραφα κριτηρίων για τα οικοδομικά υλικά και τον εξοπλισμό γραφείων το σύστημα AgBB χρησιμοποιήθηκε ως βάση αξιολόγησης. Ενώ το σύστημα AgBB αξιολογεί τα οικοδομικά υλικά όσον αφορά στην καταλληλότητα τους προς χρήση, το σύστημα Blue Angel είναι σχεδιασμένο για να πιστοποιεί προϊόντα τα οποία έχουν ιδιαίτερα υψηλή ποιότητα και ιδιαίτερα χαμηλές εκπομπές. Ανάλογα με την κατηγορία προϊόντων και το υλικό ειδικά για τις δυνατότητες μείωσης, οι εκπομπές των πιστοποιημένων προϊόντων του συστήματος Blue Angel παραμένουν κάτω ή πολύ κάτω από τις απαιτήσεις του συστήματος AgBB.[13][15][26]

### **5.1.10. Σύστημα Austrian Ecolabel**

Είναι ένα εθελοντικό σήμα που απονέμεται από το Ομοσπονδιακό Υπουργείο Γεωργίας, Δασών, Περιβάλλοντος και Διαχείρισης Υδάτων και απευθύνεται κυρίως σε καταναλωτές. Η Αυστριακή Ένωση Καταναλωτών είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη των κριτηρίων. Αυτή τη στιγμή 47 κριτήρια έχουν δημοσιευτεί που αφορούν σε ομάδες προϊόντων και υπηρεσιών. Οι απαιτήσεις αερίων εκπομπών αποτελούν μέρος στα ακόλουθα κριτήρια :

- UZ 06 ξύλινα έπιπλα
- UZ 07 ξυλεία και προϊόντα που προέρχονται από ξυλεία
- UZ 35 υφαντά επικάλυψης δαπέδων
- UZ 42 ελαστικά καλύμματα δαπέδου

Στα περισσότερα από τα εμπλεκόμενα οι απαιτήσεις αφορούν σε TVOC και ένα μικρό αριθμό από VOC που σχετίζονται με παραμέτρους μετά από μετρήσεις με την πάροδο 28 ημερών στους θαλάμους δοκιμής. Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχουν πρόσθετες απαιτήσεις για ειδικές ουσίες, μετά από την πάροδο 24 ωρών. [13][15][27]

### **5.1.11. Σύστημα GUT για τάπητες**

Από τις αρχές του 1990 η ευρωπαϊκή βιομηχανία ταπήτων έχει αναλάβει ηγετικό ρόλο με τη δημιουργία του συστήματος GUT (Gemeinschaft Umwelt freundlicher Teppichboden, ένωση για τους φιλικούς προς το περιβάλλον τάπητες) και με τη συνεχή βελτίωση των περιβαλλοντικών προτύπων. Οι επιχειρήσεις που ανήκουν στον ευρωπαϊκό κλάδο ταπητουργίας και είναι εναρμονισμένες με το σύστημα GUT έχουν αναλάβει τη δέσμευση να ενεργούν με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον. Το σύστημα GUT έχει σήμερα 66 μέλη από όλη την Ευρώπη που καλύπτουν περισσότερο από το 80% του συνολικού όγκου παραγωγής της ευρωπαϊκής ένωσης και περίπου 30 συνδεδεμένα μέλη. Περισσότερα από 3.500 προϊόντα είναι καταγεγραμμένα από το σύστημα GUT. Σε συνεργασία με επίσημα αναγνωρισμένα εργαστήρια δοκιμών σε ολόκληρη την Ευρώπη, ο σύστημα GUT εξετάζει συνεχώς τα προϊόντα κατά τα υψηλότερα δυνατά πρότυπα. Επιπλέον, το σύστημα GUT προωθεί φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις για την τοποθέτηση ταπήτων καθώς και προγράμματα ανακύκλωσης. Η τήρηση των κριτηρίων του συστήματος GUT επιτυγχάνεται με τη δοκιμή των προϊόντων. Τα υφαντικά καλύμματα δαπέδων αναλύονται για τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων και άλλων ουσιών σε ένα θάλαμο δοκιμών.

Για την αξιολόγηση των εκπομπών VOC το σύστημα GUT υιοθέτησε το σύστημα AgBB το 2004. Οι εκπομπές μετρούνται μετά από 3 ημέρες. Σε σύγκριση με το σύστημα AgBB, στο

σύστημα GUT χρησιμοποιούνται κριτήρια με χαμηλότερες συγκεντρώσεις για TVOC και SVOC. [13][15][28]

### **5.1.12. Σύστημα EMICODE από τη GEV για κόλλες και συναφή υλικά (Γερμανία και Ευρώπη)**



Η GEV ιδρύθηκε το 1997 ως μια μη κερδοσκοπική οργάνωση από τους Γερμανούς κατασκευαστές συγκολλητικών υλικών. Η GEV από τον Ιανουάριο του 2004 ως και σήμερα απαρτίζεται από 34 εταιρείες-μέλη από 8 χώρες και αντιπροσωπεύει πάνω από το 90% της γερμανικής βιομηχανίας του αντιστοίχου κλάδου. Περισσότερα από 800 προϊόντα έχουν πιστοποιηθεί με το σύστημα EMICODE® EC 1 υποδεικνύοντας πως τα συγκεκριμένα προϊόντα είναι πολύ χαμηλών εκπομπών. Το σύστημα πιστοποίησης EMICODE® αναπτύχθηκε από την οργάνωση GEV με σκοπό την προστασία των καταναλωτών. Λόγω της απουσίας νομικού πλαισίου δημιουργήθηκαν αξιόπιστα πρότυπα για τη διασφάλιση των καταναλωτών πως τα πιστοποιημένα προϊόντα με το σύστημα EMICODE είναι χαμηλών εκπομπών καθώς και για την εξάλειψη σύγχυσης στην αγορά. Η GEV διαχειρίζεται το σύστημα ενώ οι εταιρείες-μέλη αιτούνται τη λήψη διπλώματος που αποδεικνύει πως τα προϊόντα τους πληρούν τα κριτήρια του συστήματος EMICODE. Μόνο προϊόντα χωρίς διαλύτη τα οποία δεν περιέχουν επικίνδυνες ουσίες (όπως η CMR) μπορούν να λαμβάνουν το σήμα σήμανσης του συστήματος EMICODE. Αν τα προϊόντα αντίδρασης από τα κολλητικά υλικά χρειάζονται μετρήσεις για τον καθορισμό της επαγγελματικής ασφάλειας κατά τη διάρκεια της χρήσης τους, τότε αυτά επισημαίνονται χωριστά με το επίθεμα “R” (regulated=ρυθμιζόμενη). Μια νέα δοκιμή είναι απαραίτητη όταν τα πτητικά συστατικά στη σύνθεση του υλικού έχουν αλλάξει. Τυχαίοι έλεγχοι στην αγορά διενεργούνται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο. Μέχρι στιγμής έχουν οργανωθεί δύο συνεχείς κυκλικοί έλεγχοι με τη συμμετοχή περίπου 20 εργαστηρίων από όλη την Ευρώπη. Ουσίες ύποπτες ή αποδεδειγμένες για τη δημιουργία καρκινογένεσης που μπορεί να βρεθούν σε ένα προϊόν με την ανίχνευση ακαθαρσιών της πρώτης ύλης, παρακολουθούνται μετά από 24 ώρες (μετά από 3 ημέρες για τα προϊόντα με βάση το τσιμέντο). Επιπλέον καθορίστηκαν ακόμη επτά παρόμοιες ουσίες για τις οποίες αυτές οι ξένες προσμίξεις δεν μπορούν να αποκλειστούν με επαρκή ασφάλεια. [13][15][29]

### 5.1.13. The Scandinavian Trade Standards (Σουηδία)



Οι συζητήσεις στη Σουηδία σχετικά με τη δήλωση των εκπομπών από τα οικοδομικά υλικά ξεκίνησαν το 1990, ειδικά προς τα υλικά επιφάνειας που αποτελούν τις μεγάλες περιοχές σε ένα εσωτερικό περιβάλλον. Σε συνεργασία με διάφορες εμπορικές ενώσεις και ιδίως τη Σουηδική Εθνική Εμπορική Ένωση Δαπέδων (Swedish National Flooring Trade Association) τα προαιρετικά πρότυπα εμπορίου αναπτύχθηκαν το 1992 για τις μετρήσεις και τη δήλωση των χημικών εκπομπών. Σε μια κοινή προσπάθεια μεταξύ της Σουηδίας και της Δανίας οι ερευνητές είχαν αναπτύξει το FLEC (Field and Laboratory Emission Cell). Η διαδικασία εκπομπής αργότερα δημοσιεύτηκε ως NORDTEST τυποποιημένη διαδικασία σε NT BUILD 438 (Nordtest 1995) «Οικοδομικά υλικά: Εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων - Field and Laboratory Emission Cell, FLEC». Συνολικά έξι διαφορετικά εμπορικά πρότυπα έχουν αναπτυχθεί καλύπτοντας τα ακόλουθα προϊόντα:

- Υλικά δαπέδων
- Προϊόντα λείανσης
- Χρώματα και βερνίκια
- Ταπετσαρία
- Πλήρεις κατασκευές πατωμάτων

Στο στάδιο της ανάπτυξης και των μελετών των υλικών στη Σκανδιναβική αγορά περισσότερα από 1100 οικοδομικά υλικά μελετήθηκαν σχετικά με τις χημικές εκπομπές. Οι πληροφορίες συλλέγονται σε μια βάση δεδομένων METS (Materials Emission by Trade Standards) που κατέχει το Σουηδικό Εθνικό Ινστιτούτο Ελέγχου και Έρευνας (Swedish National Testing and Research Institute) για ερευνητικούς σκοπούς. Η διαδικασία απαιτεί το υλικό να εξεταστεί δύο φορές. Είχε δοκιμαστεί την πρώτη φορά τέσσερις εβδομάδες μετά την κατασκευή (ο χρόνος που εκτιμάται να φθάσει στην αγορά) και τη δεύτερη φορά έξι μήνες μετά την κατασκευή. Οι συνθήκες είναι ρυθμισμένες στους 23 °C και 50% σχετική υγρασία (Relative Humidity, RH) για τουλάχιστον δύο εβδομάδες πριν από τη δοκιμή. Το υλικό πρέπει να προετοιμάζεται στο FLEC τουλάχιστον 24 ώρες πριν από τη μέτρηση των εκπομπών του. Τα αποτελέσματα των δοκιμών είχαν δηλωθεί ως TVOC για τη σύγκριση μεταξύ των διάφορων υλικών του ίδιου τύπου και αναφέρθηκαν επίσης ως μεμονωμένες εκπομπές στον κατασκευαστή. [14][15][30]

## ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΩΝ VOC ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Στις 13 Νοεμβρίου 1979 υπογράφηκε το Πρωτόκολλο της Γενεύης, το οποίο αφορούσε θέματα για τη διαμεθοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας σε μεγάλη απόσταση, στα πλαίσια της ευρωπαϊκής οικονομικής επιτροπής των ηνωμένων εθνών, με σκοπό να προωθήσει τις σχέσεις και τη συνεργασία των μελών της στον τομέα της προστασίας του περιβάλλοντος από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Με βάση την παραπάνω σύμβαση, ετοιμάστηκαν τα παρακάτω οκτώ πρωτόκολλα με χρονολογική σειρά :

- *Πρωτόκολλο της Γενεύης (1984)*, που αφορά τη μακροπρόθεσμη χρηματοδότηση του προγράμματος για τη συνεχή παρακολούθηση και εκτίμηση της μεταφοράς σε μεγάλη απόσταση των ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρώπη (Πρωτόκολλο EMEP, 1984).
- *Πρωτόκολλο του Ελσίνκι (1985)*, που αφορά τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου ή της διαμεθοριακής μεταφοράς του κατά τουλάχιστο 30% (Πρωτόκολλο Ελσίνκι, 1985).
- *Πρωτόκολλο της Σόφιας (1988)*, που αφορά τον έλεγχο των εκπομπών οξειδίων του αζώτου ή της διαμεθοριακής μεταφοράς τους (Πρωτόκολλο Σόφιας, 1988)
- *Πρωτόκολλο της Γενεύης (1991)* που αφορά τον έλεγχο των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων ή της διαμεθοριακής μεταφοράς τους (Πρωτόκολλο Γενεύης, 1991).
- *Πρωτόκολλο του Όσλο (1994)*, που αφορά την περαιτέρω μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του Θείου (Πρωτόκολλο Όσλο, 1994).
- *Πρωτόκολλο του Αάρχους (1998)*, που αφορά τα βαρέα μέταλλα (Πρωτόκολλο Αάρχους, 1998, HMs).
- *Πρωτόκολλο του Αάρχους (1998)*, που αφορά τους δύσκολα αποδομούμενους οργανικούς ρύπους (Πρωτόκολλο Αάρχους, 1998, POP's).
- *Πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ (1999)*, που αφορά τη καταπολέμηση της όξυνσης, του ευτροφισμού και του τροποσφαιρικού όζοντος ορίζει ανώτατα όρια εκπομπών για τέσσερις ρύπους - διοξείδιο του θείου, οξειδία του αζώτου, πτητικές οργανικές ενώσεις και αμμωνία - και απαιτεί να χρησιμοποιούνται βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές για να διατηρούνται οι εκπομπές σε χαμηλά επίπεδα. (Πρωτόκολλο Γκέτεμποργκ, 1999).

**Η οδηγία 2008/50/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Μαΐου 2008**, για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη

έχει θεσπίζει στόχους ποιότητας του αέρα για το όζον της τροπόσφαιρας και το βενζόλιο. Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι ο περιορισμός των εκπομπών ρύπων που προκαλούν οξίνιση και ευτροφισμό και της εκπομπής προδρομών του όζοντος προκειμένου να βελτιωθεί, στην Κοινότητα, η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας από κινδύνους δυσμενών επιδράσεων από την οξίνιση, τον ευτροφισμό του εδάφους και το όζον σε επίπεδο εδάφους, και να γίνει ένα βήμα προς το μακροπρόθεσμο στόχο της μη υπέρβασης των κρίσιμων επιπέδων και φορτίων και της αποτελεσματικής προστασίας του κοινού από τους αναγνωρισμένους κινδύνους που ενέχει για την υγεία η ρύπανση της ατμόσφαιρας μέσω της θέσπισης εθνικών ανώτατων ορίων εκπομπών, λαμβάνοντας ως έτη αναφοράς το 2010 και το 2020.

Με βάση τη παρούσα οδηγία θα έπρεπε μέχρι και το 2010 τα κράτη μέλη να περιορίσουν τις εκπομπές τους σε διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), πτητικές οργανικές ενώσεις (ΠΟΕ) και αμμωνία (NH<sub>3</sub>) σε ποσότητες που δεν υπερβαίνουν τα ανώτατα όρια εκπομπών( Πίνακας 5 ) .

*Πίνακας 5: Οδηγία Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου 2008 για όρια εκπομπών ρύπων*

Χώρα	SO <sub>2</sub>	Nox	ΠΟΕ	NH <sub>3</sub>
<b>Βέλγιο</b>	99	176	139	74
<b>Βουλγαρία</b>	836	247	175	108
<b>Τσέχικη Δημοκρατία</b>	265	286	220	80
<b>Δανία</b>	55	127	85	69
<b>Γερμανία</b>	520	1051	995	550
<b>Εσθονία</b>	100	60	49	29
<b>Ελλάδα</b>	523	344	261	73
<b>Ισπανία</b>	746	847	662	353
<b>Γαλλία</b>	375	810	1050	780
<b>Ιρλανδία</b>	42	65	55	116
<b>Ιταλία</b>	475	990	1159	419
<b>Κύπρος</b>	39	23	14	9
<b>Λετονία</b>	101	61	136	44
<b>Λιθουανία</b>	145	110	92	84
<b>Λουξεμβούργο</b>	4	11198	9	7
<b>Ουγγαρία</b>	500	8	137	90
<b>Μάλτα</b>	9	260	12	3
<b>Κάτω Χώρες</b>	50	103879	185	128
<b>Αυστρία</b>	39	250	159	66
<b>Πολωνία</b>	1397	437	800	468
<b>Πορτογαλία</b>	160	45	180	90
<b>Ρουμανία</b>	918	130	523	210

<b>Σλοβενία</b>	27	170	40	20
<b>Σλοβακία</b>	110	148	140	39
<b>Φινλανδία</b>	110	1167	130	31
<b>Σουηδία</b>	67	9003	241	57
<b>Ηνωμένο Βασίλειο</b>	585		1200	297
<b>EK 27</b>	8297		8848	4294

Έπειτα τα όρια αυτά επανεξετάζονται και τα κράτη μέλη καταρτίζουν απογραφές και προβλέψεις εκπομπών χρησιμοποιώντας μεθοδολογίες που συμφωνούνται από τη σύμβαση σχετικά με τη διασυνοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας σε μεγάλη απόσταση.

Η Ελληνική νομοθεσία σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση και την ποιότητα του αέρα είναι η ακόλουθη:

#### **Γενικά για την Ατμοσφαιρική Ρύπανση**

- **Νόμος 1327/1983** (ΦΕΚ 21Α/07-02-1983) «Κύρωση και τροποποίηση της από 18 Ιουνίου 1982 Πράξεως Νομοθετικού Περιεχομένου: "Αντιμετώπιση εκτάκτων επεισοδίων ρύπανσης του περιβάλλοντος και ρύθμιση συναφών θεμάτων"».

#### **Πρότυπα Ποιότητας του Αέρα**

**Βενζόλιο και Μονοξειδίο του Άνθρακα: Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) με Αριθ. Η.Π. 9238/332/2004** (ΦΕΚ 405Β/ 27-02-2004) «Οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε βενζόλιο και μονοξειδίο του άνθρακα»

#### **Πρότυπα Εκπομπών**

**Εκπομπές Πτητικών Οργανικών Ενώσεων: Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) με Αριθ. Η.Π. 11641/1942/2002** (ΦΕΚ 832Β/02-07-2002) «Μέτρα και όροι για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ) που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε ορισμένες δραστηριότητες και εγκαταστάσεις».

- **Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) με Αριθ. 437/2005/2006** (ΦΕΚ 1641Β/08-11-2006) «Εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την Οδηγία 2004/42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Απριλίου 2004 όσον αφορά στον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε χρώματα διακόσμησης και βερνίκια και σε προϊόντα επαναβαφής (επισκευαστικής βαφής) αυτοκινήτων και για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/13/ΕΚ».



**Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) με Αριθ. οικ. 10245/713/1997** (ΦΕΚ 311Β/16-04-1997) «Μέτρα και όροι για τον έλεγχο των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) που προέρχονται από την αποθήκευση βενζίνης και τη διάθεση της από τις τερματικές εγκαταστάσεις στους σταθμούς διανομής καυσίμων».

Αναφορικά με τα VOCs είναι αναγκαίο να δοθούν κάποιες διευκρινήσεις. Τα VOCs περιλαμβάνουν όλες τις οργανικές ενώσεις που έχουν μια υπολογίσιμη τάση ατμών. Μερικά VOCs (για παράδειγμα το προπυλένιο) αντιδρούν στην ατμόσφαιρα, ενώ άλλα (για παράδειγμα το μεθάνιο) είναι αδρανή. Κάποια VOCs είναι υδρογονάνθρακες(περιέχουν μόνο υδρογόνο και άνθρακα), άλλα ενδεχομένως να είναι αλδεΐδες, κετόνες, χλωριωμένοι διαλύτες, και άλλα οξυγονωμένες ενώσεις, όπως αλκοόλες (π.χ. φαινόλη, κρεσόλες) ,φουράνια (π.χ. βενζοφουράνιο), καρβοξυλικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), εστέρες (π.χ. μεθυλεστέρας του βενζοϊκού οξέος) ή αλογονωμένες ενώσεις, όπως ενώσεις που περιέχουν χλώριο (π.χ. χλωρομεθάνιο). Στις ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (SVOCs) συμπεριλαμβάνονται οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) με κύριο αντιπρόσωπο την ένωση benzo(a)pyrene. Όπως ήδη αναφέραμε οι Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC), είναι χημικές οργανικές ενώσεις οι οποίες έχουν αρκετά υψηλή πίεση ατμών υπό φυσιολογικές συνθήκες ώστε να εξατμίζονται σε μεγάλο ποσοστό και να περνούν στην ατμόσφαιρα. Οι ενώσεις αυτές δημιουργούν, στην ατμόσφαιρα χημικές αντιδράσεις οι οποίες έχουν ορισμένες έμμεσες επιπτώσεις ,ιδίως το σχηματισμό φωτοχημικών οξειδωτικών παραγόντων όπως το τροποσφαιρικό όζον. ΤαVOCs πολλές φορές ελευθερώνονται τυχαία στο περιβάλλον, όπου μπορούν να μολύνουν το υπέδαφος και υπόγειες πηγές ενώ ατμοί από VOC που ξεφεύγουν στην ατμόσφαιρα, επιβαρύνουν την μόλυνση του αέρα. Σε μετρήσεις της σύστασης , ένα ευρύ φάσμα πτητικών οργανικών ενώσεων εντοπίστηκαν και μετρήθηκαν. Ωστόσο, η χρήση των προϊόντων καθαρισμού σε εσωτερικούς χώρους μπορεί επίσης να οδηγήσει στην άμεση έκθεση των χρηστών του προϊόντος σε ατμοσφαιρικούς ρύπους Ιδιαίτερη ανησυχία προκαλεί, η πιθανή έκθεση σε χρώματα τοίχων που περιέχουν πτητικές οργανικές ενώσεις(Volatile Organic Compounds “VOC’s”), οι οποίες έχουν ταξινομηθεί ως τοξικές προσμείξεις αέρα (TAC). Τα VOC (Volatile Organic Compounds (VOC’s)αποτελούν μια σημαντική κατηγορία ατμοσφαιρικών ρύπων η οποία άρχισε να αποτελεί αντικείμενο μελέτης στα τέλη της δεκαετίας του 2000, σε αντίθεση με τους κλασικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους. Τα τελευταία χρόνια αναγνωρίστηκε ο σημαντικός ρόλος που παίζουν τα VOC σε σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα ενώ επιπλέον διαπιστώθηκαν οι δυσμενείς επιπτώσεις που προκαλούν στην υγεία του ανθρώπου. Τα VOC παράγονται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως καύσεις αυτοκινήτων, βιομηχανικές δραστηριότητες, χρήση διαλυτών, αλλά μπορεί να έχουν και βιογενή προέλευση (όπως δάση).

## 5.2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι ο προσδιορισμός των VOC από δύο χρώματα εσωτερικών χώρων. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η παρουσία των πτητικών οργανικών ενώσεων(VOC) σε 2 επιτοιχίες βαφές εσωτερικού χώρου λευκής απόχρωσης με τις μεθόδους θαλάμου CHAMBERTEST, και FLEC. Η έρευνα διεξήχθη στο κτίριο που στεγάζονται το εργαστήριο τεχνολογίας περιβάλλοντος και γραφεία του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου δυτικής Μακεδονίας, οδός Αργυροκάστρου 13.

Έγινε προσπάθεια να προσδιοριστούν:

- Οι εκπομπές των πτητικών οργανικών ενώσεων από δύο χρώματα εσωτερικών χώρων με την χρήση των τεχνικών θαλάμου δοκιμών (chamber test) και FLEC
- Σύγκριση των αποτελεσμάτων από αυτές τις δύο τεχνικές
- Έλεγχος των δύο χρωμάτων για πιθανή τους πιστοποίηση με ευρωπαϊκά πρότυπα (AFFSET, AgBB)
- Η επιβάρυνση της ποιότητας του αέρα στους εσωτερικούς χώρους.

## 6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Το πείραμα διεξήχθη υπό την επίβλεψη του Δρ. Ευάγγελου Τόλη. Υπεύθυνος υλοποίησης του πειράματος ήταν ο φοιτητής Λαγαρός Χρήστος. Ο σκοπός του πειράματος είναι η μέτρηση των εκπομπών VOC από οικοδομικά προϊόντα εσωτερικών χώρων και πιο συγκεκριμένα δύο επιτοιχίες βαφές. Επιλέχθηκαν ένα χρώμα για τοίχους και ένα για μεταλλικές και ξύλινες επιφάνειες. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο θαλάμου δοκιμών μικρού όγκου(CLIMPAQ) , και αυτή του κελιού δοκιμών(FLEC) μετρήθηκαν τα εκπεμπόμενα VOC, αναλύθηκαν τα δείγματα που λήφθηκαν και έγινε ο ποσοτικός προσδιορισμός των χημικών ουσιών με τεχνικές αέριας χρωματογραφίας – φασματοσκοπία μάζας (TD/GC-MS). Ο ποιοτικός έλεγχος και η εγγύηση ποιότητας αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη δειγματοληψία. Γι' αυτό το λόγο το πείραμα πραγματοποιήθηκε με βάση τα παρακάτω πρότυπα:

- ISO 13419-01 Προσδιορισμός εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων. Μέθοδος προσδιορισμού με θάλαμο δοκιμών.
- DIN EN 13419-2: Building products-determination of the emission of volatile organic compounds. Part 2: emission test cell method. Berlin: Beuth 2003
- ISO 16000-6:2004 Προσδιορισμός εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων σε εσωτερικούς χώρους με τη μέθοδο θαλάμου και ενεργή δειγματοληψία με προσροφητικό Tenax TA, και αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιώντας GC-MS.
- ASTM D5156-10 Οδηγός για μικρής κλίμακας θάλαμο για μετρήσεις εκπομπών VOC από υλικά/προϊόντα εσωτερικού χώρου.
- Nordtest Method Μετρήσεις Εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων χρησιμοποιώντας το θάλαμο της CLIMPAQ
- ISO 16017-1:2000 Ενεργή δειγματοληψία

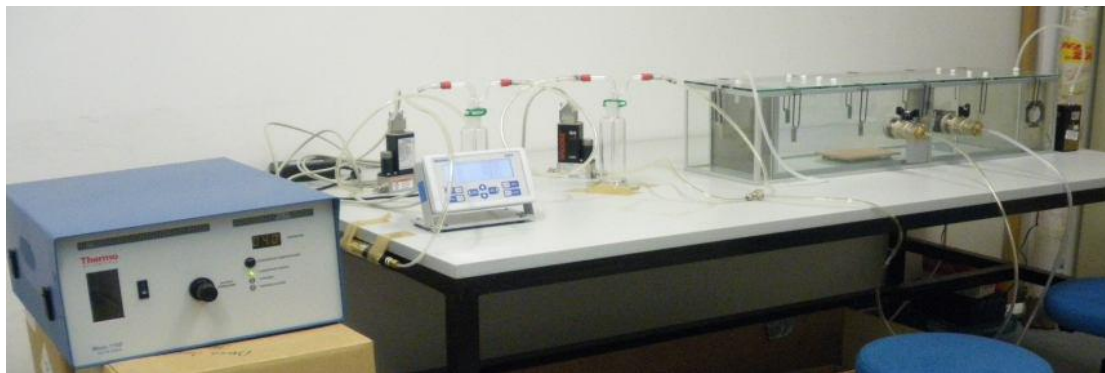
Οι χώροι δειγματοληψίας (Εικόνα ), είναι ο ειδικός θάλαμος CLIMPAQ (Nordtest 1998), και το κελί δοκιμών FLEC, στους οποίους, δείγματα από κατασκευαστικά προϊόντα εκτίθενται σε καλά ορισμένο και ελεγχόμενο περιβάλλον.

## 6.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ CHAMBER TEST

Ο θάλαμος (εικόνα 18) απολυμαίνεται πριν την έναρξη του κάθε πειράματος. Η απολύμανση γίνεται με τρίψιμο της εσωτερικής επιφάνειας με αλκαλικό απορρυπαντικό, ξεπλένοντας την αρχικά με ζεστό νερό και τέλος με υπερκίθαρο νερό. Ο εσωτερικός ανεμιστήρας αφαιρείται εύκολα για αυτές τις διαδικασίες καθαρισμού. Μετά τον καθαρισμό του, ο θάλαμος πρέπει να σφραγιστεί και να γεμίσει με καθαρό αέρα για 24 ώρες. Η τροφοδοσία αέρα έγινε από σύστημα καθαρισμού αέρα (Εικόνα 14). Αυτό φιλτράρει τον αέρα που αντλεί από το περιβάλλον του εργαστηριακού χώρου και περνώντας τον από μία διαδικασία καύσης στους 800°C, παράγει καθαρό αέρα χωρίς ρύπους. Στη συνέχεια ο καθαρός αέρας αφού περάσει από ροόμετρο (mass flow controller) (εικόνα 16) που ρυθμίζει την παροχή στα 425 ml/min χωρίζεται σε δύο ισοπαροχικές διαδρομές από τις οποίες στη μία περνά από καθαρό νερό για να πάρουμε αέρα με 100% υγρασία. Επομένως όταν επανενώνονται οι δύο διαδρομές δημιουργείται μείγμα καθαρού αέρα με 50% υγρασία που είναι και το επιθυμητό αποτέλεσμα (βάσει της μεθόδου του CLIMPAQ, NORDTEST) (εικόνα 15).



Εικόνα 14: Supply Model 1160 Zero Air (Zero air generator)



Εικόνα 15: Ο θάλαμος CLIMPAQ και τα μέρη του



Εικόνα 16: Mass flow controller (έλεγχος ροής του αέρα που διαβιβάζεται στο CLIMPAQ) DELTA BROOKS©(δεξιά), ρυθμιστής του mass flow controller (αριστερά).

Ο καθαρός αέρας με την επιθυμητή υγρασία αντλείται πλέον από φορητές αντλίες Model 222-3 SKC® ( Εικόνα 17) και τροφοδοτείται στον θάλαμο δοκιμών μέσω των οπών VI , VO.



*Εικόνα 17: φορητές αντλίες αέρα, Model 222-3 SKC®.*

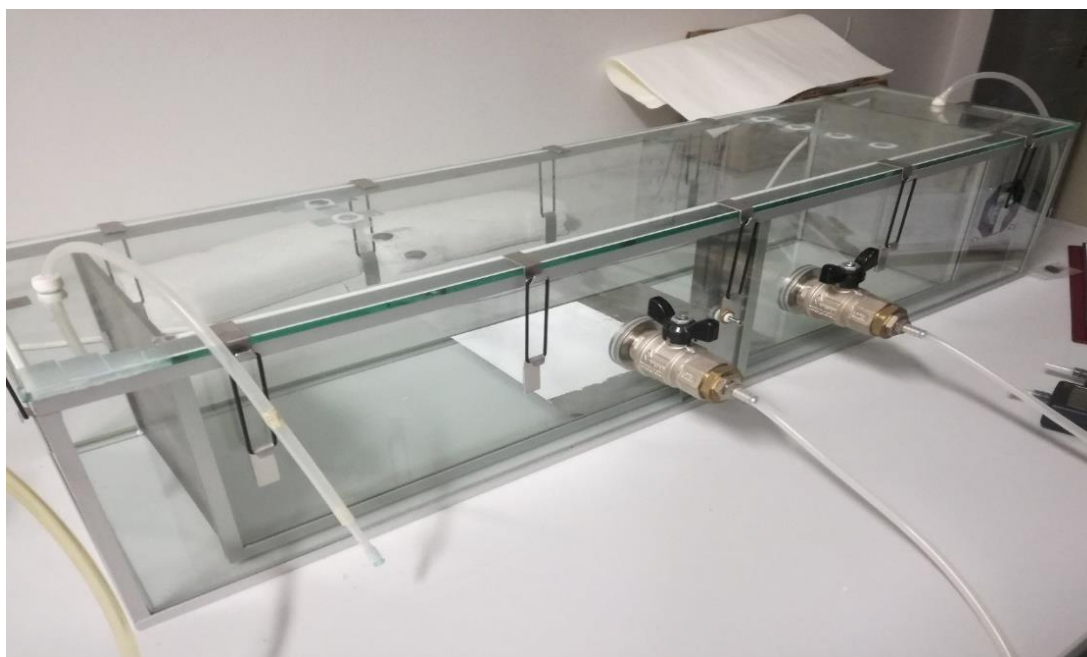
Για τις μετρήσεις μας χρησιμοποιήσαμε τις οπές M10 και M1. Κατά τη διάρκεια του πειράματος οι οπές καλύφθηκαν με βαμβακοειδή πώματα για το σφράγισμα τους.

*Πίνακας 6: Συνθήκες δειγματοληψίας στο CHAMBER*

Θερμοκρασία αέρα(Air Temperature)	23°C ± 1
Υγρασία (Humidity)	50% ± 5
Ταχύτητα αέρα (Air velocity)	0,2 m/s ± 0,1

Στο τελικό στάδιο της δειγματοληψίας ο αέρας που αντλείται από το chamber(που δυνητικά περιλαμβάνει και VOC), διοχετεύεται στα σωληνάκια με Tenax TA®(εικόνα 19) όπου, εάν υπάρχουν πτητικές οργανικές ενώσεις, δεσμεύονται.

Η συγκεκριμένη διαδικασία πραγματοποιήθηκε για κάθε χρώμα και σε 4 διαφορετικές περιπτώσεις: 24 ώρες μετά την τοποθέτηση του υποστρώματος στον θάλαμο και το σφράγισμά του, 3 ημέρες, 10 ημέρες και 28 ημέρες μετά. Με δεδομένη λοιπόν τη λήψη 2 δειγμάτων TENAX TA® (από τις 2 τρύπες δειγματοληψίας) σε κάθε μέτρηση, στο τέλος του πειράματός μας αποκομίσαμε 8 δείγματα εκπομπών από το chamber test για το κάθε χρώμα. Έπειτα ακολούθησε η ανάλυση των δειγμάτων στον GC-MS.



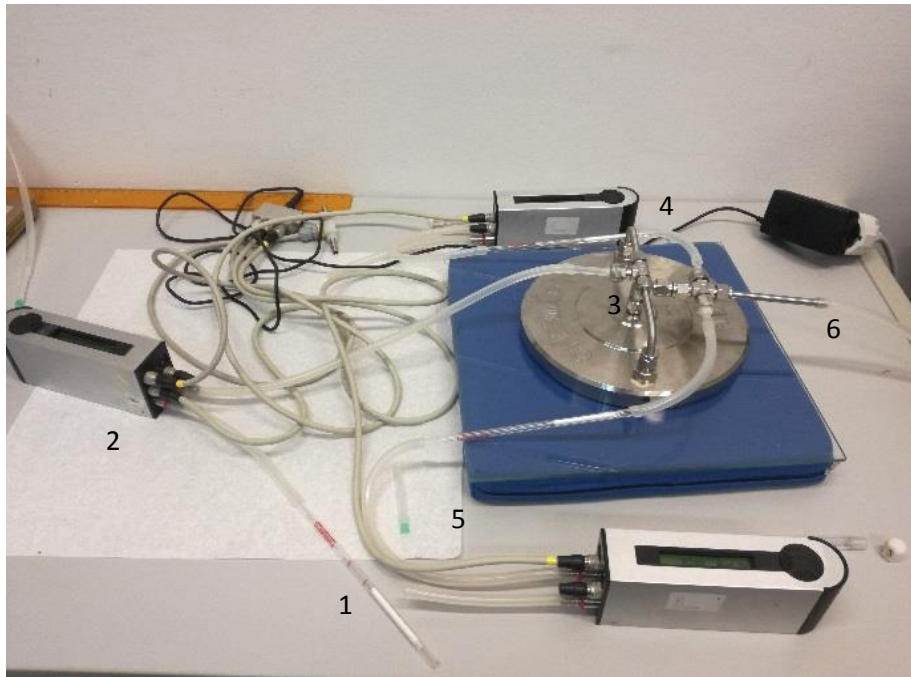
*Εικόνα 18: Θάλαμος CLIMPAQ κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας του χρώματος 1.*



*Εικόνα 19: Σωληνάκι δειγματοληψίας VOC με προσροφητικό υλικό Tenax TA®: Χρησιμοποιείται για την δέσμευση πτητικών και ημιπτητικών οργανικών ενώσεων.*

## **6.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ FLEC**

Ο καθαρισμός του FLEC σε όλες του τις επιφάνειες γίνεται με αλκαλικό απορρυπαντικό και ζεστό νερό βρύσης όπως και στο chamber με τη διαφορά ότι εδώ αντί για πολλά κομμάτια ο βασικός εξοπλισμός αποτελείται μόνο από ένα.



**Εικόνα 20:** *Laboratory Emission cell (κελί δοκιμών) και περιφερειακός εξοπλισμός*

- ❖ Σημείο 1: Στο σημείο αυτό εισέρχεται αέρας που καθαρίζεται περνώντας από το TENAX μέσα στο σωληνάκι.
- ❖ Σημείο 2: Απεικονίζεται η αντλία που αντλεί αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον και τον δίνει στο σημείο 3.
- ❖ Σημείο 3: Ο καθαρός αέρας χωρίζεται σε 2 οδούς και τροφοδοτείται στο κανάλι.
- ❖ Σημεία 4,5,6 : Ο αέρας που εξέρχεται από τον χώρο δειγματοληψίας χωρίζεται σε 3 αγωγούς. Από κάθε αγωγό ο αέρας που εξέρχεται παραλαμβάνεται από μία αντλία. Στα σημεία 4,5 κατά τη διάρκεια της διαδρομής μέχρι την αντλία παρεμβάλλεται ένα σωληνάκι με Tenax TA® (εικόνα 19) για τη δέσμευση ενώσεων που εκπέμφθηκαν από το υλικό μας, ενώ από το σημείο 6 διαφεύγει ο ελάχιστος αέρας που δεν αντλείται στα σημεία 4,5.

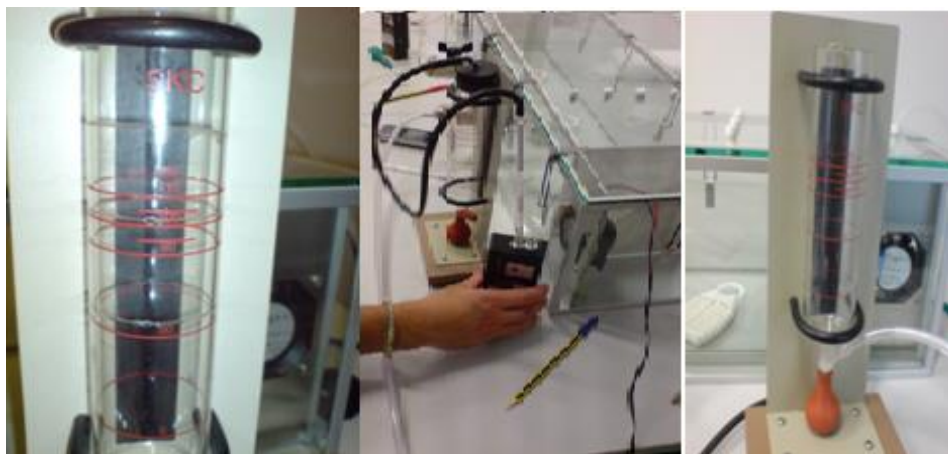
Η διαδικασία αυτή, όπως και στο chamber επαναλήφθηκε 24 ώρες μετά την τοποθέτηση του FLEC πάνω στο υπόστρωμα, 3 ημέρες, 10 ημέρες και 28 ημέρες μετά. Έτσι πήραμε τελικά 8 σωληνάκια με TENAX για κάθε χρώμα.

Συνολικά για τα δύο χρώματα και για τις δύο διαδικασίες μέτρησης(chamber, FLEC), προς ανάλυση στον χρωματογράφο-φασματογράφο μάζας.



### 6.3. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ

Στην αρχική φάση του πειράματος μετρήθηκε η παροχή κάθε αντλίας σε δοκιμαστική λειτουργία, με το ροόμετρο φυσαλίδας.



*Εικόνα 21: ροόμετρο φυσαλίδας(αριστερά, δεξιά), βαθμονόμηση αντλιών με βοήθεια ροόμετρου.*

Τοποθετείται το καπάκι στο ροόμετρο( Εικόνα 21) και το άκρο του καλωδίου του, συνδέεται στο προσροφητικό σωληνάκι(Tenax) το οποίο στο άλλο άκρο του είναι συνδεδεμένο με την αντλία που βαθμονομούμε. Έπειτα δημιουργώντας φυσαλίδα στο ροόμετρο μετράτε ο χρόνος τον οποίο κάνει η φυσαλίδα για να πάει από τα 0ml στα 100ml(πίνακας 7).

*Πίνακας 7: Βαθμονόμηση των αντλιών που χρησιμοποιήθηκαν.*

	ΑΝΤΛΙΑ	ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟΣ ΑΕΡΑΣ [ml/ min]	ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΣ ΑΕΡΑΣ [ml/ min]
<b>FLEC</b>	FLEC C		96.1
	FLEC B		82.0
	FLEC A	215,5	
<b>CHAMBER</b>	SKC A		73.0
	SKC B		77.5

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι μη χημικά, φιλικά προς το περιβάλλον και αδρανή όσον αφορά τις αλληλεπιδράσεις τους με τα VOC.



### **Επιλογή των περιβαλλοντικών παραμέτρων του πειράματος στο θάλαμο:**

Air exchange rate:  $n = 0,5$  [1/h]

Area specific airflow rate (λόγος της παροχής αέρα προς την επιφάνεια του δείγματος δοκιμής):  $q = n/L = 1,25$  [ $m^3/h \cdot m^2$ ]

Relative Humidity (Σχετική υγρασία):  $RH = 45\%$  ( $\pm 5\%$  ακρίβεια)

Temperature (Θερμοκρασία θαλάμου):  $T = 23$  [ $^{\circ}C$ ] ( $\pm 0,5$   $^{\circ}C$  ακρίβεια)

Air Velocity:  $v = 0,1-0,3$  [m/s]

Ταχύτητα αέρα

## **6.4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

*1<sup>ο</sup> δείγμα: Υδατόχρωμα για τοίχους. (ΧΡΩΜΑ 1)*

*2<sup>ο</sup> δείγμα: Χρώμα για ξύλα/μέταλλα. (ΧΡΩΜΑ 2)*

Τα δείγματα ήταν δύο 2 βαφές εσωτερικού χώρου από το εμπόριο, για τις οποίες ως επιφάνεια εφαρμογής επιλέχθηκαν, γυάλινα και μεταλλικά υποστρώματα, που ζυγίστηκαν πριν εφαρμοσθούν επάνω τους οι βαφές. Με πινέλο ελαιοχρωματισμού βάφθηκε ένα μέρος των υποστρωμάτων όπως αναφέρεται παρακάτω χωριστά για το κάθε ένα. Στη συνέχεια ξαναζυγίστηκαν και αφαιρέθηκε το βάρος του αρχικού υποστρώματος (χωρίς την επίστρωση βαφής) ώστε να καταγραφεί το βάρος της βαφής που ελέγχεται.

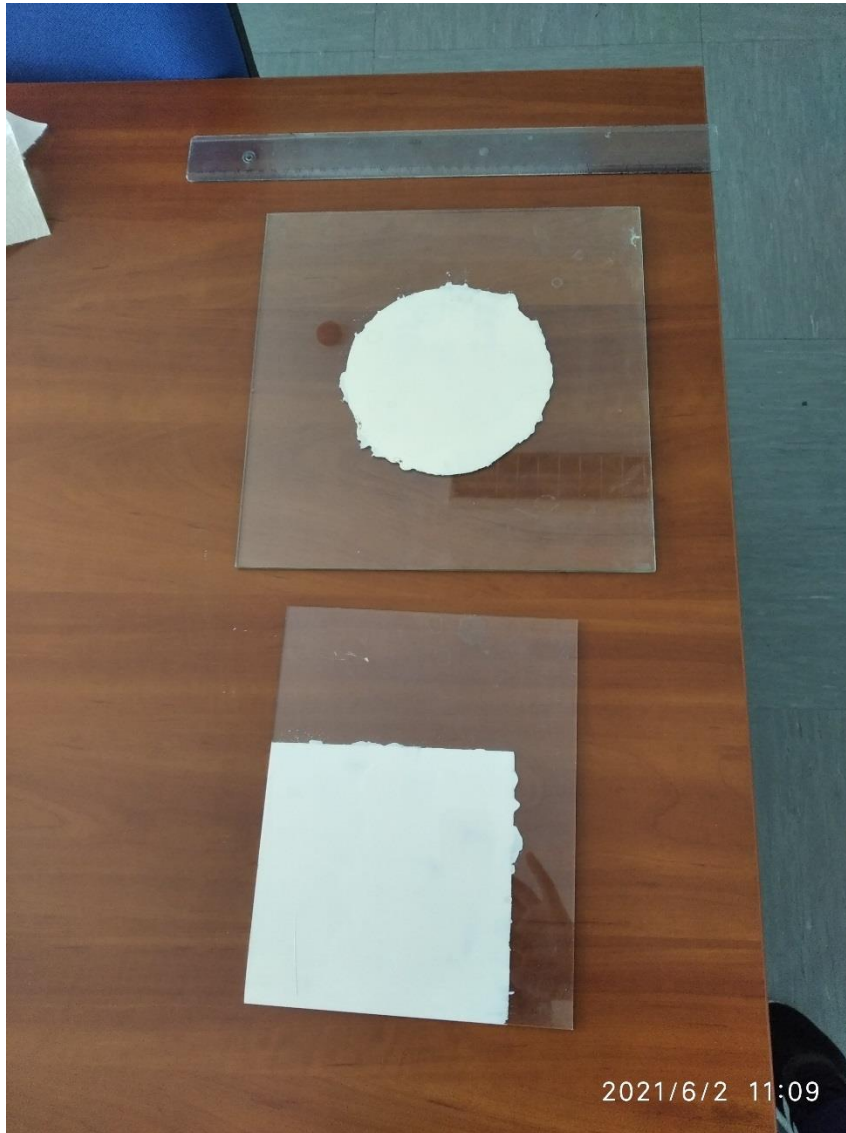
- Διαδικασία εφαρμογής δείγματος για Chamber test

Εφαρμόστηκε τετράγωνο στρώμα μπογιάς (εικόνα 24) διαστάσεων  $16\text{cm} \times 16\text{cm}$  σε μεταλλικό υπόστρωμα διαστάσεων  $25\text{cm} \times 25\text{cm}$  και βάρους  $267,9\text{gr}$ . Μετά από μία ώρα στεγνώματος το βάρος του υποστρώματος αυξήθηκε στα  $270,1\text{gr}$ . Επομένως το βάρος της μπογιάς ήταν  $2,2\text{gr}$ .

- Διαδικασία εφαρμογής δείγματος για FLEC

Εφαρμόσαμε κυκλικό στρώμα μπογιάς, ακτίνας  $7,5\text{cm}$  (εικόνα 24) ώστε να εφαρμόζει πλήρως στον χώρο δειγματοληψίας, σε γυάλινο τετραγωνικό υπόστρωμα διαστάσεων  $25\text{cm} \times 25\text{cm}$  και βάρους  $267,9\text{gr}$ . Μετά από μία ώρα στεγνώματος το βάρος του υποστρώματος ανέβηκε στα  $270,1\text{gr}$ . Επομένως το βάρος της μπογιάς ήταν  $2,2\text{gr}$ .

Ο αντίστοιχος υπολογισμός υλοποιήθηκε και στο δεύτερο χρώμα με τη διαφορά ότι χρησιμοποιήθηκε γυάλινο υπόστρωμα στο chamber αντί για μεταλλικό. Έτσι συμπληρώθηκε ο παρακάτω πίνακας με κάποια βασικά νούμερα του πειράματος που θα φανούν χρήσιμα:



*Εικόνα 24: επάλειψη βαφών στα υποστρώματα για τοποθέτηση στους δειγματοληπτικούς χώρους*

**Πίνακας 8:** Στοιχεία επάλειψης βαφών στα υποστρώματα

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ	Χρώμα τοίχου		Χρώμα για ξύλα-μέταλλα	
	μεταλλικό	γυάλινο	γυάλινο	γυάλινο
ΒΑΡΟΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ [gr]	267,9	817,1	227,3	817,1
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΒΑΦΗΣ [m <sup>2</sup> ]	0,0256	0,0176	0,0251	0,0176
ΒΑΡΟΣ ΜΕ ΒΑΦΗΣ [gr]	270,1	819,5	230,8	818,8
ΒΑΡΟΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΒΑΦΗΣ	2,2	2,4	3,5	1,7

Επίσης όπως προαναφέρθηκε, ο παράγοντας φορτίου (loading factor) για κάθε μία από τις δύο μεθόδους ορίζεται ως ο λόγος της επιφάνειας του δείγματος που μελετάται και του όγκου του δειγματοληπτικού χώρου (room). Στην συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει:

$$LF = A_{\text{paint}} / V_r \quad [\text{m}^2/\text{m}^3] \quad (1)$$

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα και την εξίσωση (1) έχουμε:

**Πίνακας 9:** Στοιχεία επάλειψης βαφών στα υποστρώματα

	Όγκος δειγματοληπτικού χώρου	Παράγοντας φορτίου (loading factor)
Chamber test	0.0509 m <sup>3</sup>	5,02947
FLEC	0.000035 m <sup>3</sup>	5.048,987
Chamber test	0.0509 m <sup>3</sup>	4,935167
FLEC	0.000035 m <sup>3</sup>	5.048,987

## 6.5. ΕΝΑΡΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

### Προετοιμασία δειγμάτων

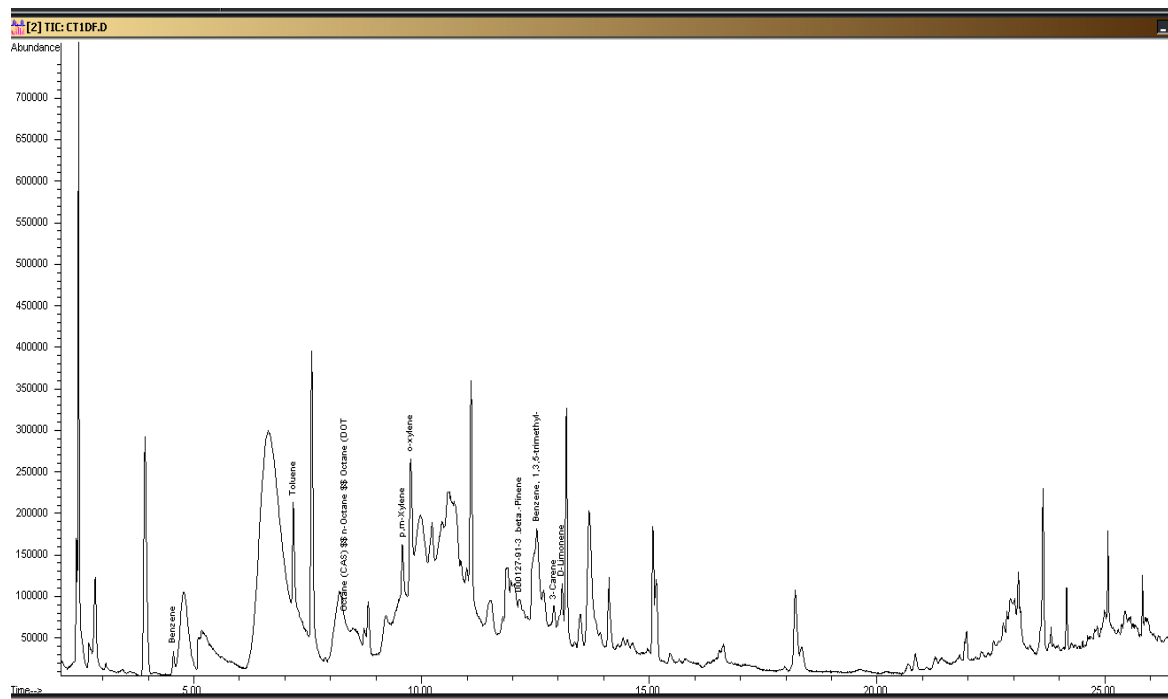
Αφού προετοιμάστηκαν τα δείγματα και απολυμάνθηκε ο εξοπλισμός, τοποθετήθηκαν στις σχετικές τους θέσεις για την έναρξη των μετρήσεων (αφενός στο chamber, το δείγμα μέσα στον θάλαμο, αφετέρου το FLEC πάνω στο δείγμα).

Αρχικά για τον σωστό έλεγχο των δυνητικών εκπομπών VOC στους δειγματοληπτικούς χώρους, όντας κενοί από δείγματα βαφών έλαβε χώρα ένας πρώτος κύκλος μετρήσεων χωρίς

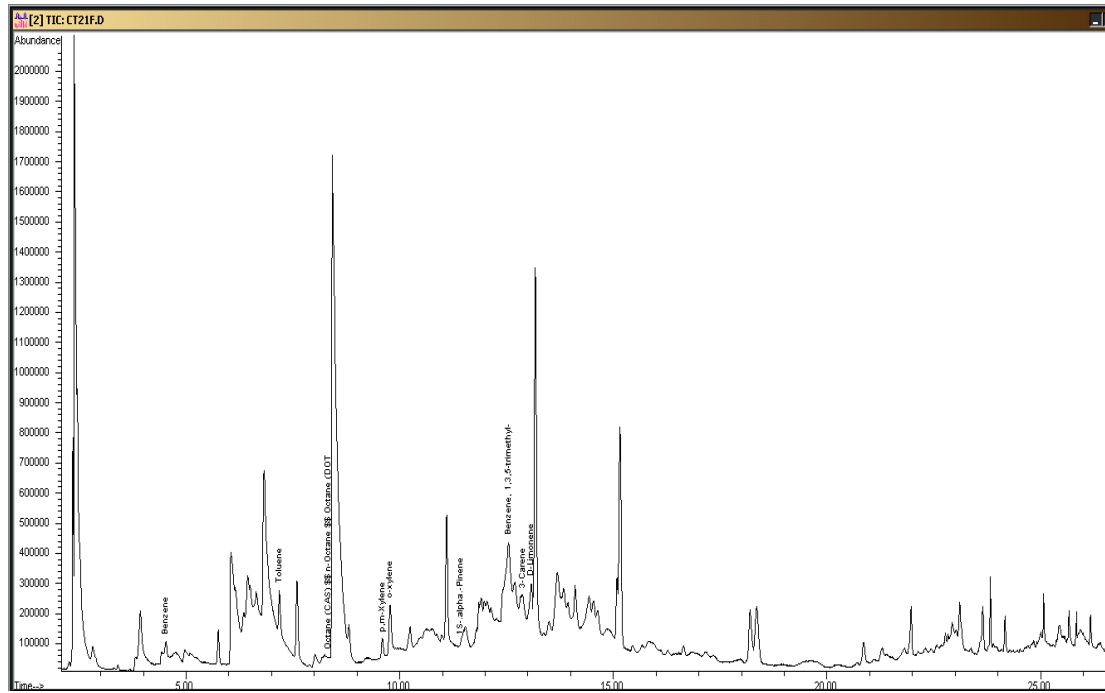
αυτά, και αντλήθηκαν δείγματα εκπομπών σε TENAX τα οποία ονομάστηκαν blank(κενά). Έτσι από τις μετρήσεις των βαφών στο επόμενο στάδιο αφαιρέθηκαν τα blank ώστε να καταλήξουμε με τα πραγματικά αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα συγκεντρώσεων πτητικών οργανικών ενώσεων από τις βαφές.

Αρχικά διενεργήθηκαν οι μετρήσεις για τη βαφή για τοίχους, έπειτα για την βαφή για ξύλα και μέταλλα. Τα δείγματα έμειναν στην πειραματική τους θέση, με τους θαλάμους δειγματοληψίας σφραγισμένους, για 28 ημέρες το καθένα. Κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις(με σωληνάκια TENAX) στις 24h, και στις 3, 10 και 28 ημέρες, οι οποίες στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στο GC-MS ΓΙΑ ανάλυση.

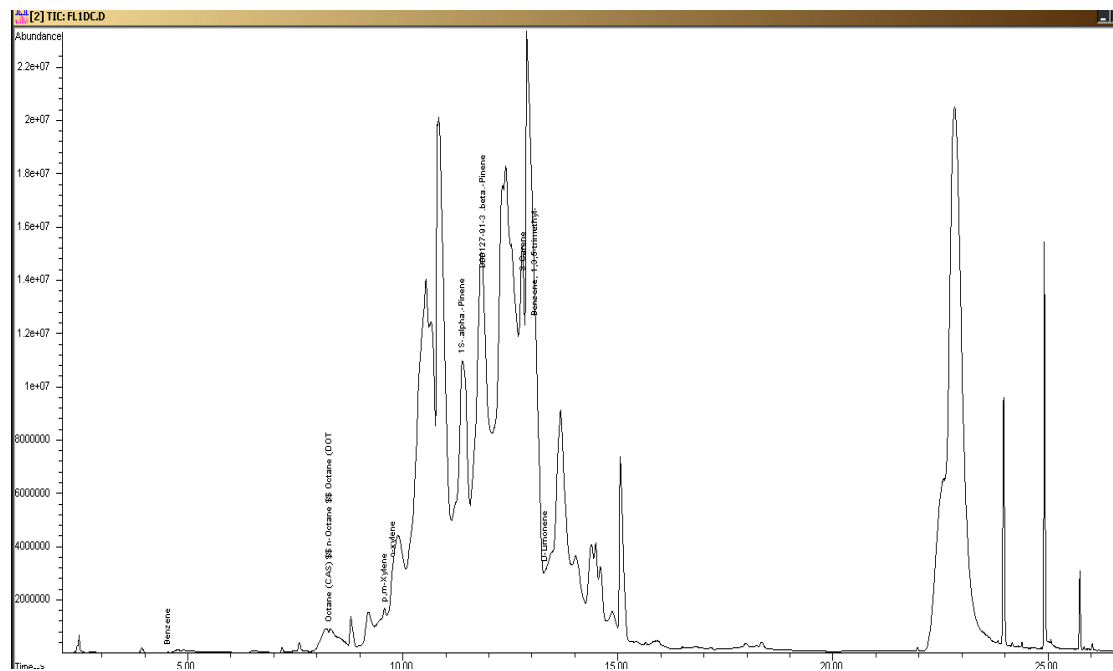
Από τα παρακάτω χρωματογραφήματα για την πρώτη ημέρα εντοπίστηκαν ενδεικτικά οι αναγραφόμενες κορυφές, των οποίων οι συγκεντρώσεις ποσοτικοποιήθηκαν στους πίνακες 10,11,12,13:



**Εικόνα 25:** ΧΡΩΜΑ 1 (υδατόχρωμα) , χρωματογράφημα CHAMBER TEST



Εικόνα 26: ΧΡΩΜΑ 2 (μεταλλικές επιφάνειες), χρωματογράφημα CHAMBER TEST



Εικόνα 27: ΧΡΩΜΑ 1 (υδατόχρωμα), χρωματογράφημα FLEC



## 6.5.1. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ VOC ΧΡΩΜΑ 1

Πίνακας 10: Συγκεντρώσεις VOC, chamber test, χρώμα για τοίχους

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ C <sub>c</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	CHAMBER TEST											
	M.O.			M.O.			M.O.			M.O.		
COMPOUND	CT1D	CT1DF	DAY 1	CT3D	CT3DF	DAY 3	CT10D	CT10DF	DAY 10	CT28D	CT28DF	DAY 28
n-Hexane	3,29	4,84	4,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,55	0,77	4,49	5,58	5,03
Benzene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trichloroethylene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tetrachloroethylene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octane	0,79	0,79	0,79	0,06	0,06	0,06	0,18	0,03	0,10	0,00	0,00	0,00
Ethylbenzene	0,46	0,47	0,47	0,36	0,35	0,35	0,43	0,45	0,44	0,44	0,49	0,47
p,m-xylene	0,29	0,26	0,27	0,00	0,00	0,00	0,22	0,24	0,23	0,17	0,33	0,25
o-xylene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,15	0,11
1,2,4-trimethylbenzen	0,38	0,39	0,39	0,76	0,79	0,77	0,46	0,48	0,47	0,65	0,74	0,69
Toluene	1,35	3,28	2,32	1,23	1,09	1,16	1,27	1,20	1,24	1,84	2,05	1,95
Styrene	0,05	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a-pinene												
b-pinene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3-carene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02
d-limonene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
naphthalene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2,3-trimethylbenzen	0,12	0,12	0,12	0,26	0,28	0,27	0,16	0,17	0,17	0,17	0,20	0,18

Στον πίνακα 10 παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις των ενώσεων benzene, trichloroethene, tetrachloroethylene, styrene, a-pinene, b-pinene, 3-carene, d-limonene, naphthalene, στο χρώμα 1, ήταν μηδενικές. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε την 1<sup>η</sup> και 28<sup>η</sup> ημέρα της δειγματοληψίας στο εξάνιο (4,06μg/m<sup>3</sup> και 5,03μg/m<sup>3</sup> αντίστοιχα) Αυτές είναι και οι υψηλότερες ανάμεσα σε όλα τα VOC για τις συγκεκριμένες ημέρες, ενώ ακολουθεί το τολουόλιο με σταθερά μεγαλύτερη της μονάδας συγκέντρωση και για τις 4 ημέρες. Όλα τα υπόλοιπα VOC κυμαίνονται σε επίπεδα κατώτερα της μονάδας.

Πίνακας 11: Συγκεντρώσεις VOC, chamber test, χρώμα για τοίχους

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ C <sub>c</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	FLEC											
	M.O.			M.O.			M.O.			M.O.		
	FL1DC	FL1DB	DAY 1	FL3DC	FL3DB	DAY 3	FL10DC	FL10DB	DAY 10	FL28DC	FL28DB	DAY 28
n-Hexane	0,00	1,74	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,82	9,75	7,29
Benzene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trichloroethylene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
Tetrachloroethylene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octane	29,16	24,07	26,61	2,34	2,46	2,40	0,35	0,05	0,20	0,00	0,00	0,00
Ethylbenzene	3,29	2,62	2,95	0,52	0,57	0,54	0,50	0,41	0,45	0,45	0,48	0,46
p,m-xylene	2,31	2,17	2,24	0,20	0,20	0,20	0,41	0,17	0,29	0,17	0,45	0,31
o-xylene	0,74	0,54	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,15
1,2,4-trimethylbenzene	1,01	0,77	0,89	0,88	0,95	0,91	0,59	0,46	0,53	0,68	0,85	0,77
Toluene	2,10	3,55	2,83	1,27	1,79	1,53	1,36	1,19	1,27	1,89	2,14	2,01
Styrene	2,14	1,47	1,80	0,04	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a-pinene												
b-pinene	0,15	0,27	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3-carene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d-limonene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
naphthalene	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
1,2,3-trimethylbenzene	0,29	0,23	0,26	0,30	0,32	0,31	0,21	0,18	0,19	0,19	0,23	0,21

Στον πίνακα 11 του FLEC, φαίνεται ότι το οκτάνιο έχει την υψηλότερη συγκέντρωση και μάλιστα την πρώτη μέρα της μέτρησης με 16,61 μg/m<sup>3</sup>, ενώ την τρίτη ημέρα έχει μειωθεί αρκετά, και στις ημέρες 10 και 28 έχει σχεδόν μηδενιστεί. Οι υπόλοιπες ενώσεις κυμαίνονται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα εκτός του εξανίου του οποίου η συγκέντρωση και πάλι αυξάνεται

την 28<sup>η</sup> ημέρα(7,29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), πιθανόν λόγω του μηχανισμού εκπομπών που ίσως να μην οφείλεται στην επιφάνεια αλλά προέρχεται από το βάθος του στρώματος της βαφής. Οι ενώσεις benzene, trichloroethene, tetrachloroethylene,  $\alpha$ -pinene, 3-carene, d-limonene, naphthalene δεν ανιχνεύθηκαν σε μετρήσιμη ποσότητα.

## 6.5.2. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ VOC ΧΡΩΜΑ 2

*Πίνακας 12: Συγκεντρώσεις VOC, chamber test, χρώμα για ζύλλα/μέταλλα*

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ C <sub>c</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	CHAMBER TEST												
	M.O.		DAY 1			DAY 3			DAY 10			DAY 28	
COMPOUND	CT21D	CT21DF	CT23D	CT23DF	CT210D	CT210DF	CT228D	CT228DF	CT210D	CT210DF	CT228D	CT228DF	
n-Hexane	10,24	10,24	10,24	4,18	6,72	5,45	3,72	5,95	4,84	1,59	0,78	1,18	
Benzene	3,29	0,25	1,77	0,25	0,30	0,27	0,80	0,92	0,86	1,29	0,65	0,97	
Trichloroethylene	0,05	0,01	0,03	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,17	0,02	0,09	
Tetrachloroethylene	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,03	0,26	0,23	0,24	0,12	0,06	0,09	
Octane	2,41	1,35	1,88	0,71	1,27	0,99	0,34	0,37	0,36	4,32	2,01	3,17	
Ethylbenzene	0,15	0,10	0,12	0,22	0,23	0,23	0,63	0,55	0,59	0,31	0,25	0,28	
p,m-xylene	0,55	0,31	0,43	0,74	0,78	0,76	2,26	1,98	2,12	1,23	1,00	1,12	
o-xylene	0,21	0,13	0,17	0,28	0,31	0,29	0,91	0,79	0,85	0,41	0,33	0,37	
1,2,4-trimethylbenzene	1,01	0,87	0,94	0,92	0,92	0,92	1,29	1,19	1,24	0,74	0,71	0,73	
Toluene	1,37	1,51	1,44	2,82	2,86	2,84	4,80	4,11	4,46	3,43	3,43	3,43	
Styrene	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	
a-pinene													
b-pinene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3-carene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
d-limonene	0,15	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
naphthalene	0,55	0,14	0,35	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	
1,2,3-trimethylbenzene	0,00	0,45	0,22	0,33	0,32	0,33	0,30	0,28	0,29	0,32	0,18	0,25	

Στον πίνακα 12 για την 1<sup>η</sup> ημέρα στο chamber, αρκετά ψηλότερα από τα υπόλοιπα στις συγκεντρώσεις, ανέβηκε το εξάνιο ( $10,24\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) και ακολούθησε το οκτάνιο ( $1,88\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), το βενζόλιο ( $1,77\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), και το τολουόλιο ( $1,44\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), με μέτρηση λίγο πάνω από τη μονάδα, όπως ακριβώς και στην τελευταία ημέρα. Το εξάνιο καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων κατέγραψε σταθερά υψηλότερη τάση από τα υπόλοιπα VOC, παρουσιάζοντας σταθερά καθοδική τάση και καταλήγοντας την 28<sup>η</sup> ημέρα στα  $1,18\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Όσο για τις υπόλοιπες ουσίες, παρατηρούμε επίπεδα συγκέντρωσης από 0 έως  $1,5\mu\text{g}/\text{m}^3$  στην πλειονότητα των περιπτώσεων, και μάλιστα για τις ενώσεις a-pinene, b-pinene, 3-carene, d-limonene, μηδενικά.

*Πίνακας 13: Συγκεντρώσεις VOC, FLEC, χρώμα για ζύλλα/μέταλλα*



ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ C <sub>c</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	FLEC											
	M.O.			M.O.			M.O.			M.O.		
	FL21DC	FL21DB	DAY 1	FL23C	FL23B	DAY 3	FL210C	FL210B	DAY 10	FL228C	FL228B	DAY 28
n-Hexane	9,82	6,71	8,27	50,90	44,66	47,78	37,79	50,61	44,20	16,31	17,42	16,87
Benzene	1,27	0,44	0,85	1,02	0,98	1,00	2,26	2,42	2,34	0,21	1,35	0,78
Trichloroethylene	0,12	0,12	0,12	1,49	0,08	0,79	0,18	0,23	0,20	0,05	0,05	0,05
Tetrachloroethylene	0,01	0,01	0,01	0,06	0,06	0,06	0,55	0,58	0,57	0,06	0,14	0,10
Octane	16,66	19,35	18,00	7,03	7,03	7,03	0,67	1,15	0,91	0,09	0,90	0,49
Ethylbenzene	0,24	0,24	0,24	4,81	0,35	2,58	0,81	0,63	0,72	0,23	0,40	0,31
p,m-xylene	0,63	0,63	0,63	0,91	0,91	0,91	2,65	2,01	2,33	0,94	1,53	1,23
o-xylene	0,27	0,26	0,26	1,90	0,37	1,14	1,00	0,81	0,91	0,32	0,50	0,41
1,2,4-trimethylbenzene	1,15	1,28	1,22	0,92	1,16	1,04	1,42	1,40	1,41	0,74	0,84	0,79
Toluene	4,52	2,32	3,42	1,17	3,70	2,44	7,02	5,95	6,48	2,73	4,20	3,46
Styrene	0,01	0,04	0,02	0,06	0,08	0,07	0,09	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00
a-pinene												
b-pinene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3-carene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d-limonene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
naphthalene	0,24	0,32	0,28	0,13	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,04	0,02	0,03
1,2,3-trimethylbenzene	0,74	0,77	0,75	0,44	0,51	0,48	0,34	0,34	0,34	0,20	0,21	0,21

Από το FLEC για το χρώμα 2, όπως φαίνεται στον πίνακα 13, πήραμε επίσης αρκετά υψηλή συγκέντρωση εξανίου, αυτή τη φορά με τις συγκεντρώσεις των ημερών 3, 10 να υπερδιπλασιάζονται (47,78 μg/m<sup>3</sup> και 44,2 μg/m<sup>3</sup>). Ακολουθεί το οκτάνιο το οποίο και στο chamber test του χρώματος 2 παρουσίασε μεγάλη συγκέντρωση την πρώτη ημέρα (18μg/m<sup>3</sup>) και στις επόμενες μειώθηκε. Επίσης και εδώ το τολουόλιο βρίσκεται στην πρώτη τριάδα με σταθερά όμως υψηλή τάση και τις επόμενες ημέρες. Τέλος όπως και στον θάλαμο CLIMPAQ, δεν ανιχνεύθηκαν οι ενώσεις a-pinene, b-pinene, 3-carene, d-limonene.

Επίσης μερικές ενώσεις που ανιχνεύθηκαν βάσει των φασμάτων μάζας αλλά δεν ποσοτικοποιήθηκαν λόγω έλλειψης προτύπων τους στο εργαστήριο είναι οι εξής:

ΧΡΩΜΑ 1	ΧΡΩΜΑ 2
1,2,3-trimethyl cyclohexane	n-hexanal
Nonane	Decane
Propyl-cyclohexane	Hexanoic acid-2-ethyl
4-methyl nonane	
Decane	
Butanoic acid, butyl ester	

## 6.6. EMISSION FACTORS

Το emission factor μιας ένωσης ουσιαστικά εκφράζει τον βαθμό και την ισχύ με την οποία εκπέμπεται από υλικό που το περιέχει, προς το ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Ορίζεται ως ο λόγος του γινομένου συγκέντρωση επί τη ροή της εκάστοτε αντλίας που αντλεί αέρα, προς τον παράγοντα φορτίου (loading factor που έχει οριστεί πιο πάνω):

$$EMISSION FACTOR = \left( \frac{C_c}{L} Q \right) \quad \left[ \frac{\mu g}{m^2 h} \right]$$

Διαιρώντας με το Loading factor απαλείφουμε τη βασική διαφορά μεταξύ chamber test και FLEC που δεν είναι άλλη από το μέγεθος του χώρου δειγματοληψίας, και φτάνουμε σε αποτελέσματα εκπομπών των πτητικών οργανικών ενώσεων που πλέον είναι συγκρίσιμα. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω και τους πίνακες των συγκεντρώσεων καταλήγουμε στα emission factor κάθε μετρημένης ένωσης για τα δύο χρώματα.

## 6.6.1. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ EMISSION FACTOR CHAMBER TEST – FLEC

ΧΡΩΜΑ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟΥΣ

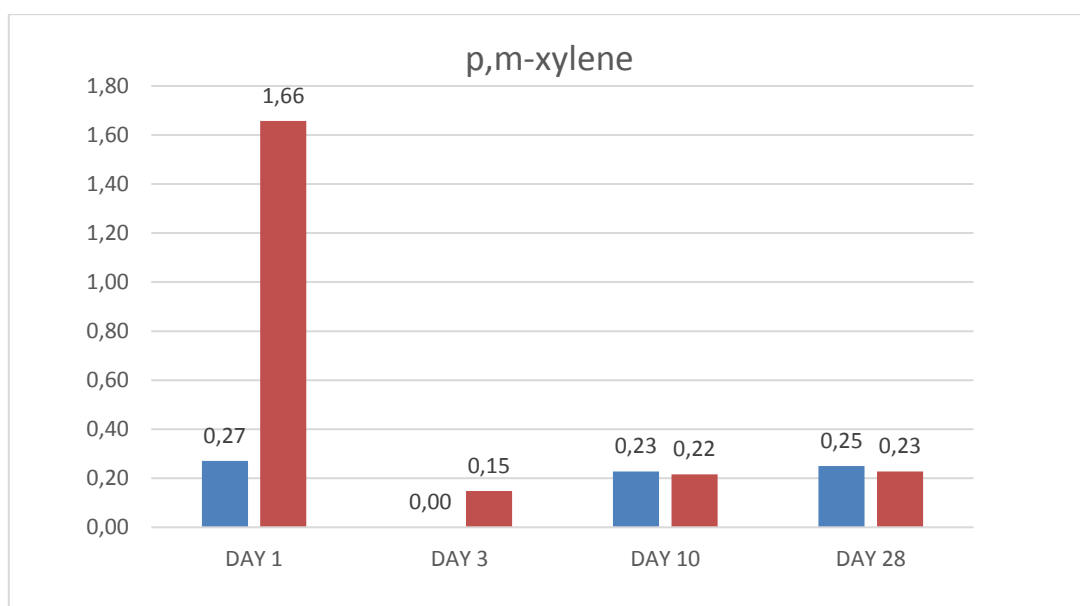
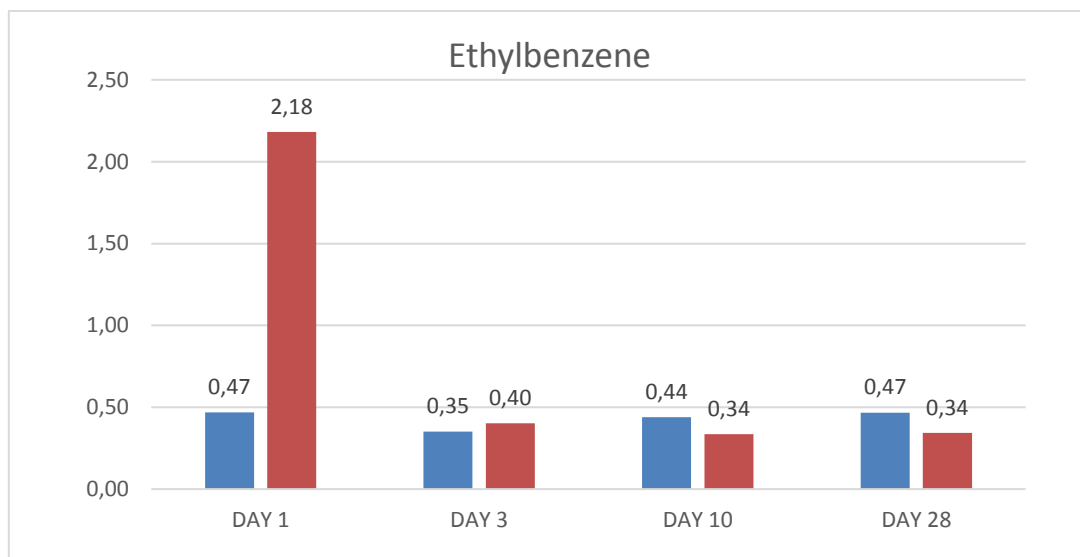
ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ: CHAMBER TEST

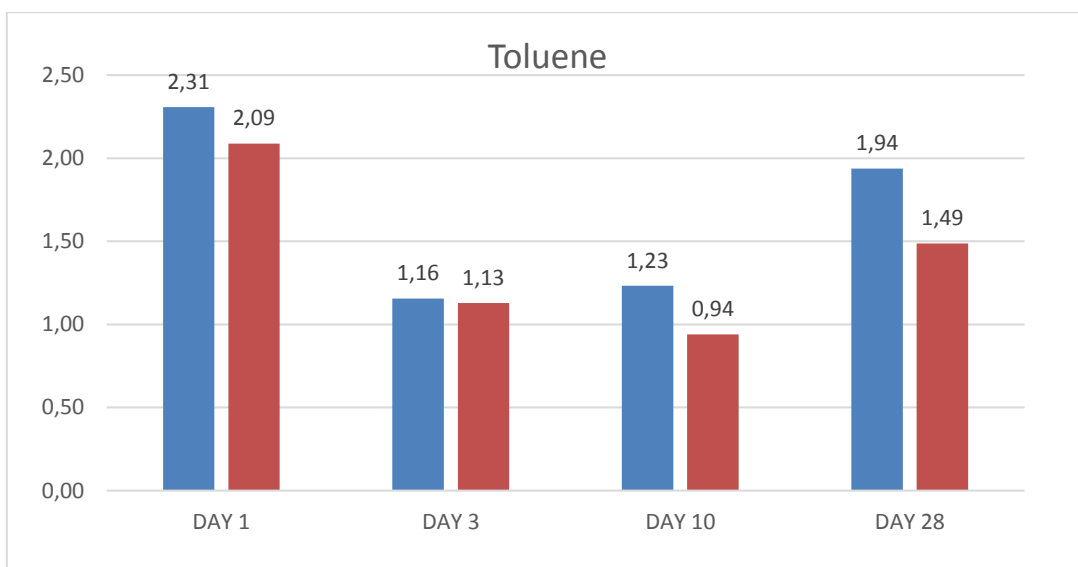
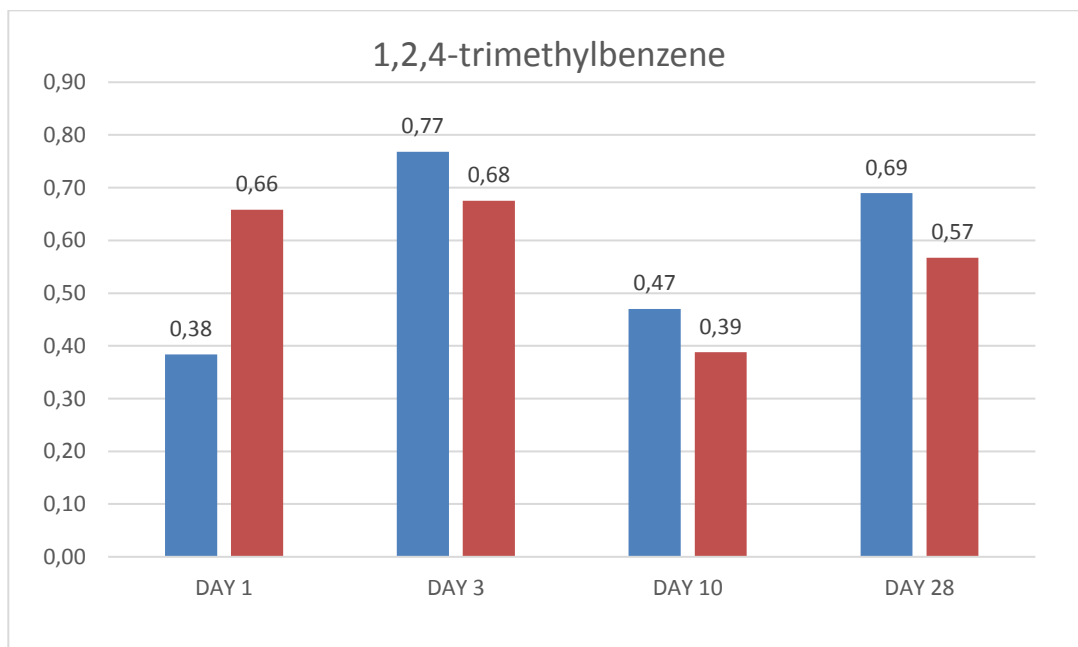
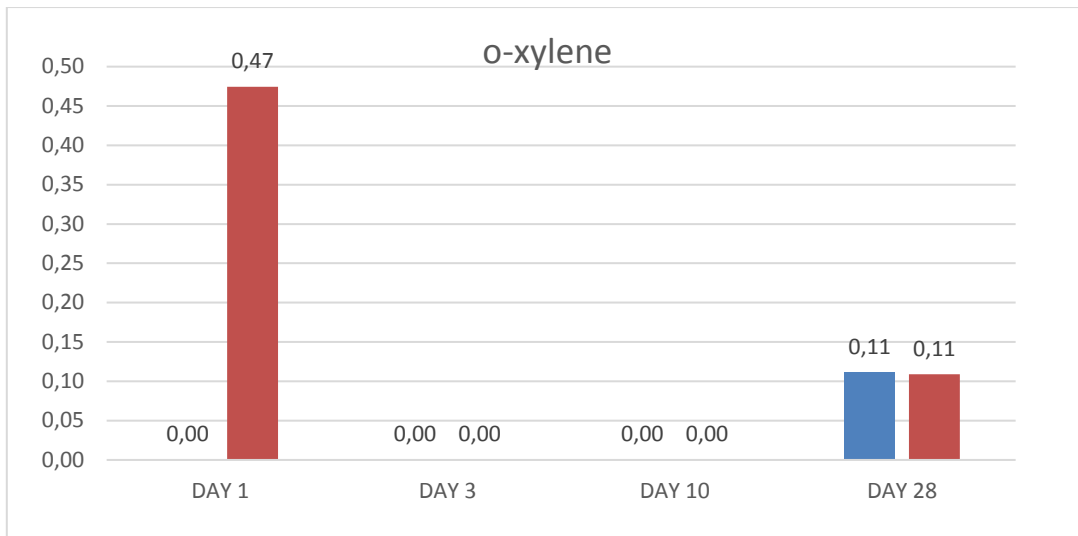


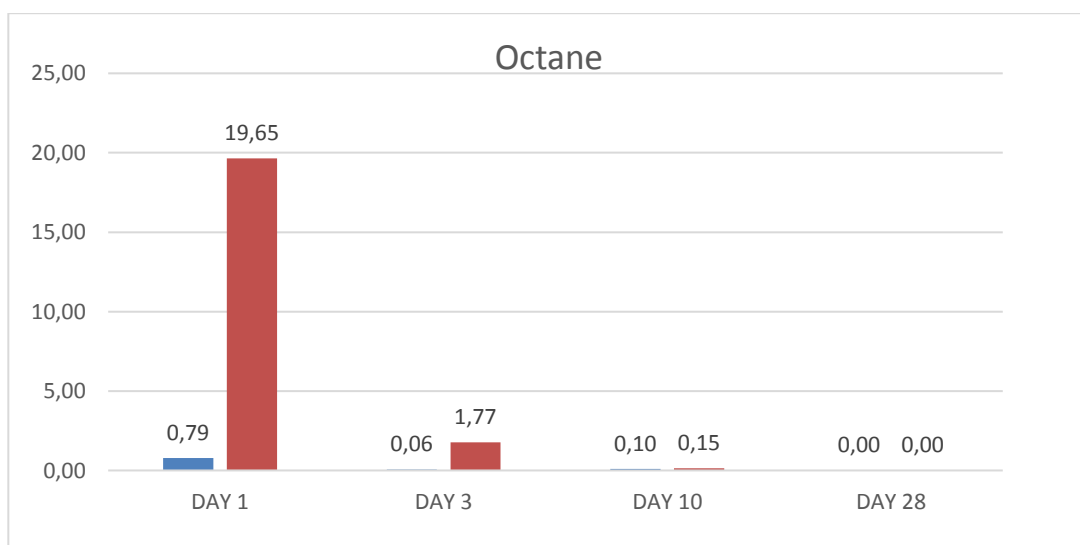
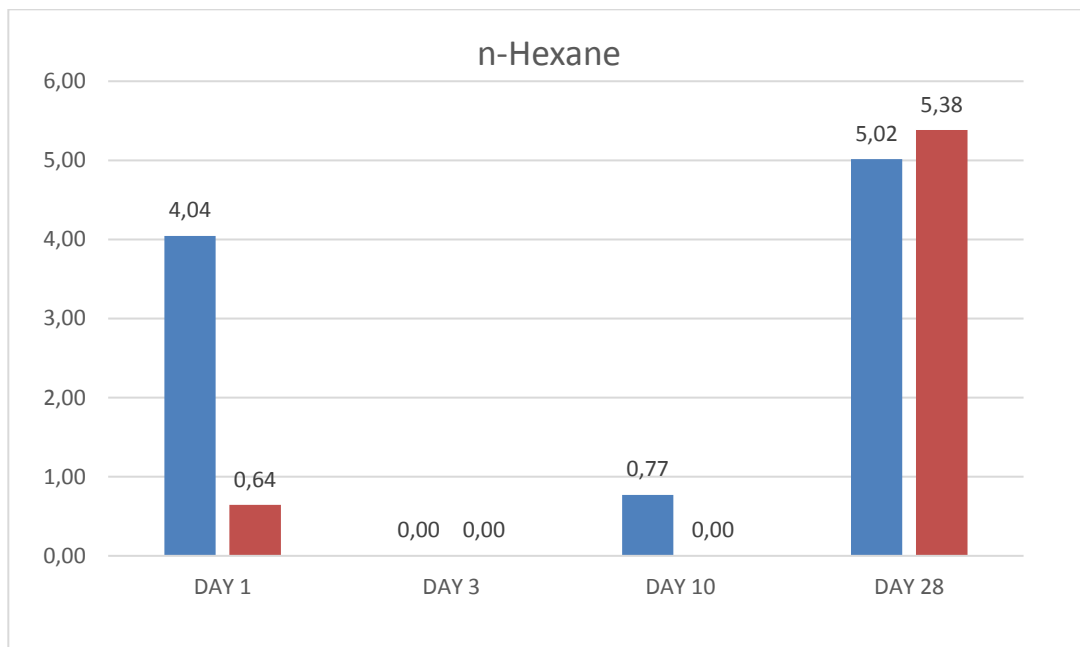
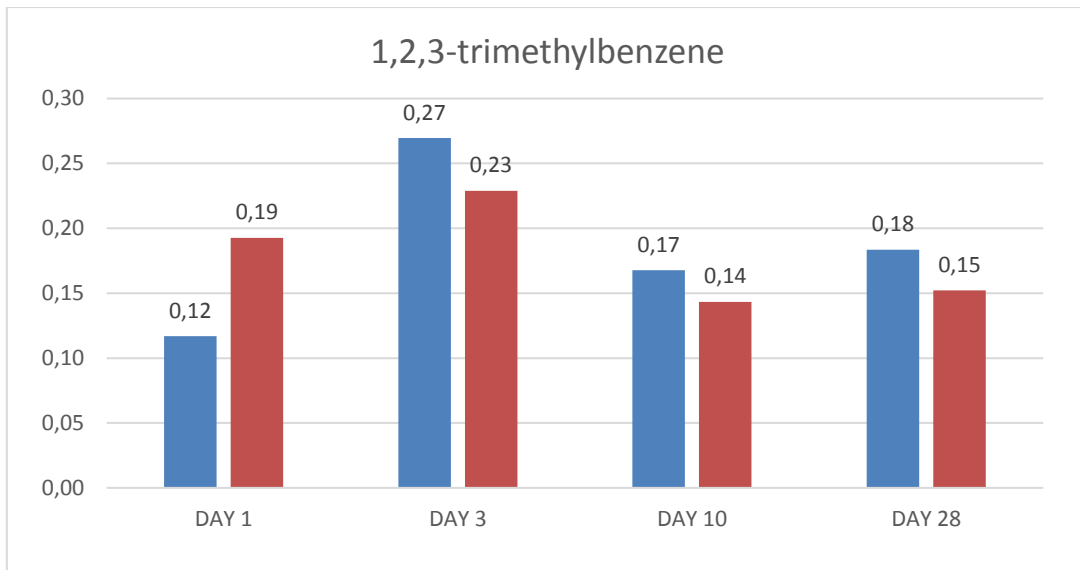
FLEC



EMISSION FACTOR ΕΚΦΡΑΣΜΕΝΟ ΣΕ  $[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}]$





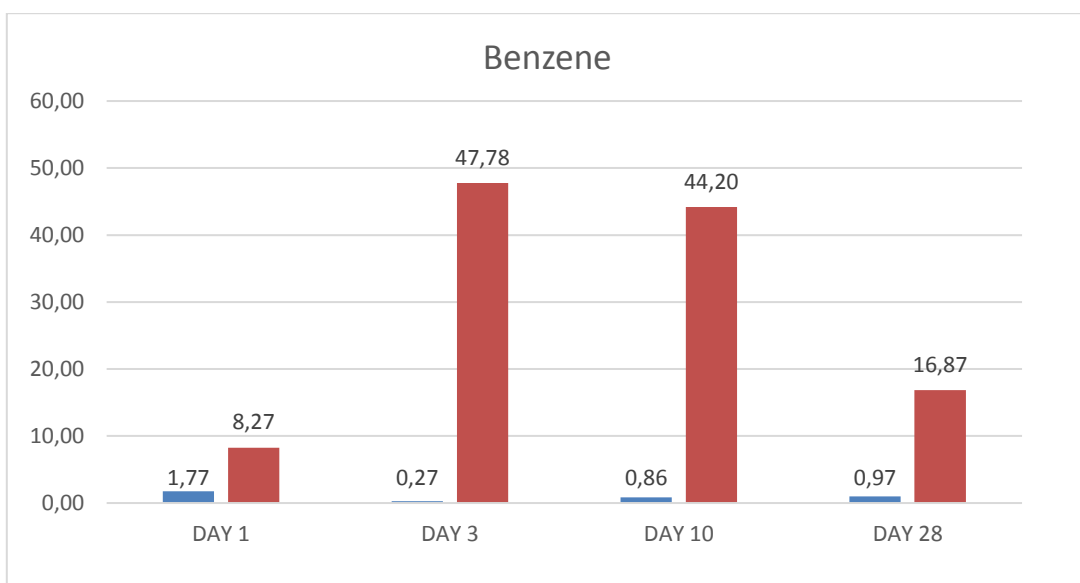
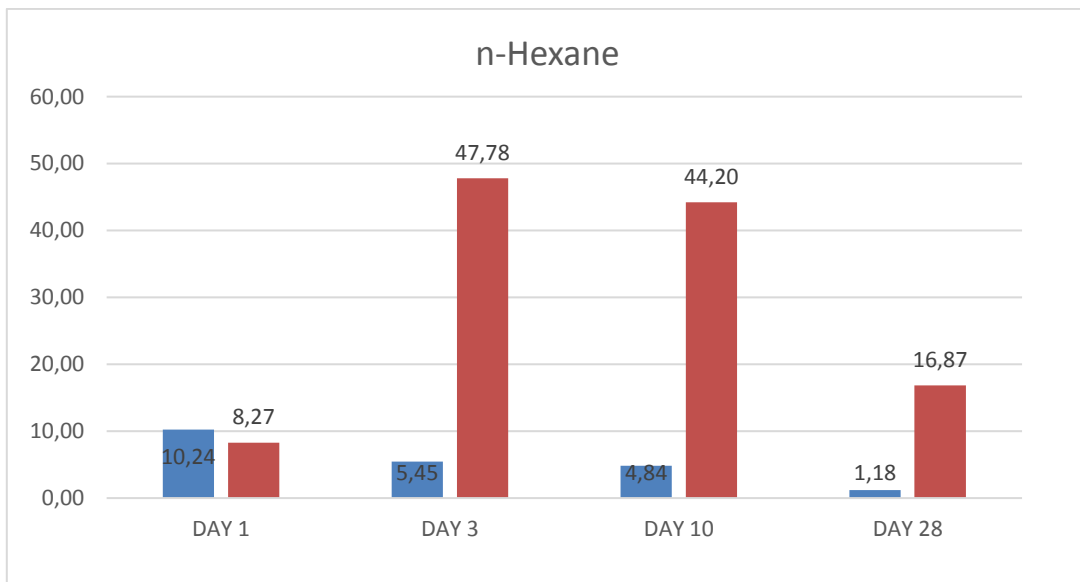


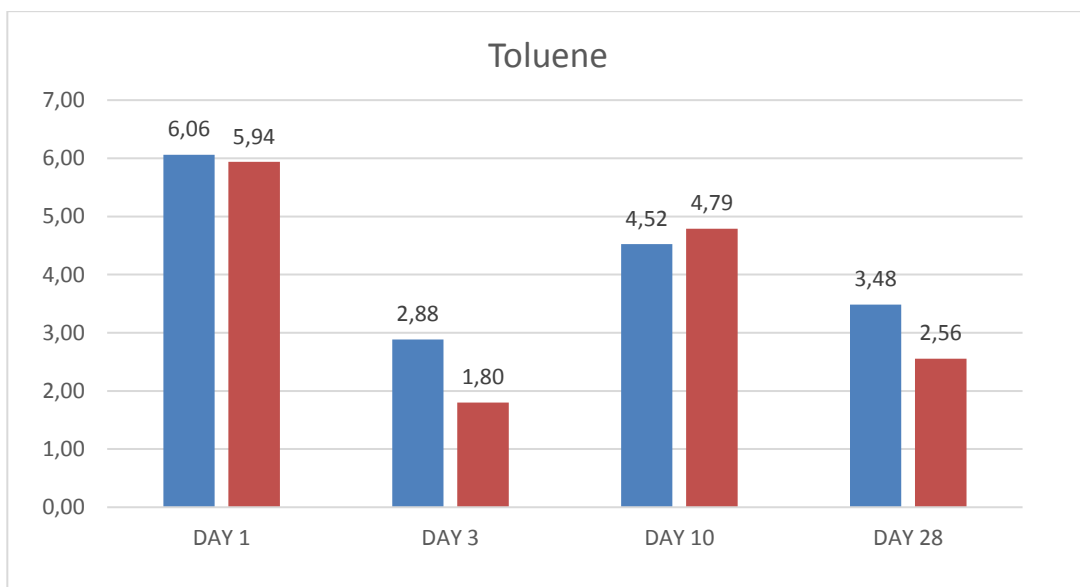
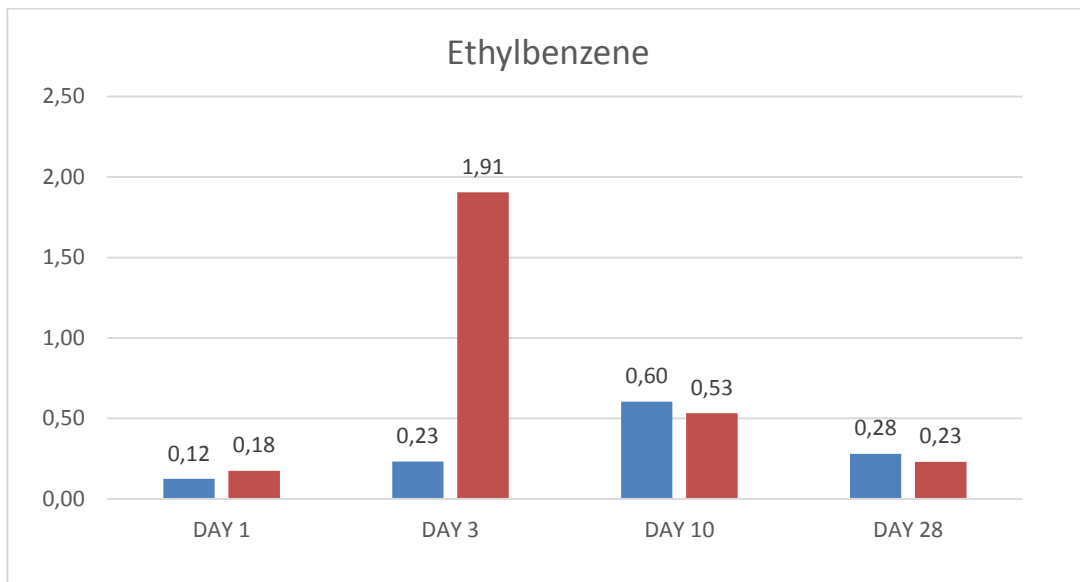
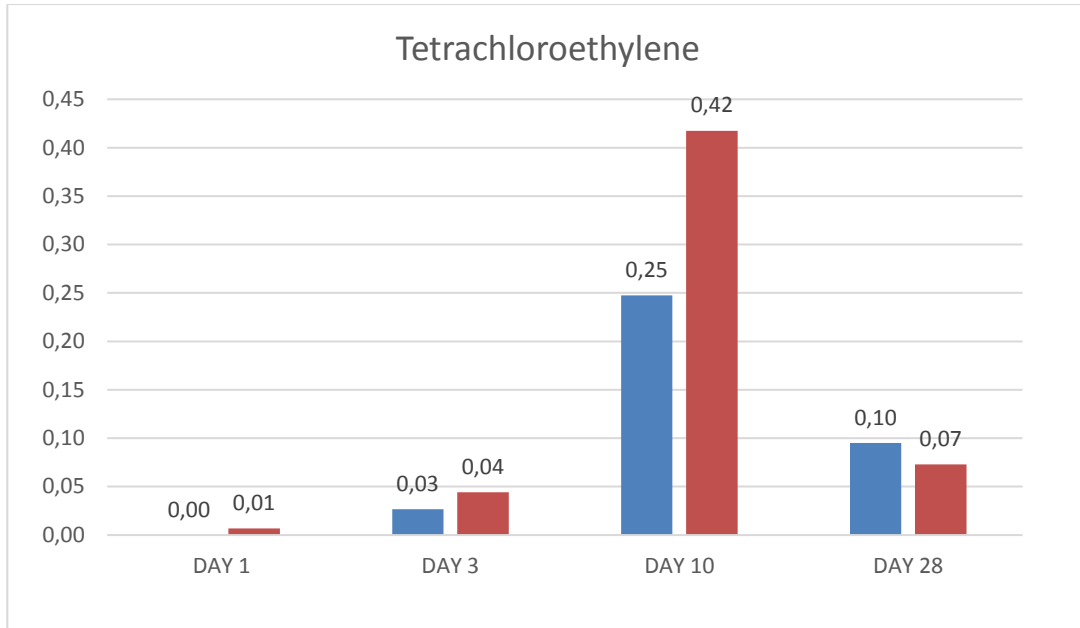
**ΧΡΩΜΑ ΓΙΑ ΞΥΛΛΑ/ΜΕΤΑΛΛΑ**

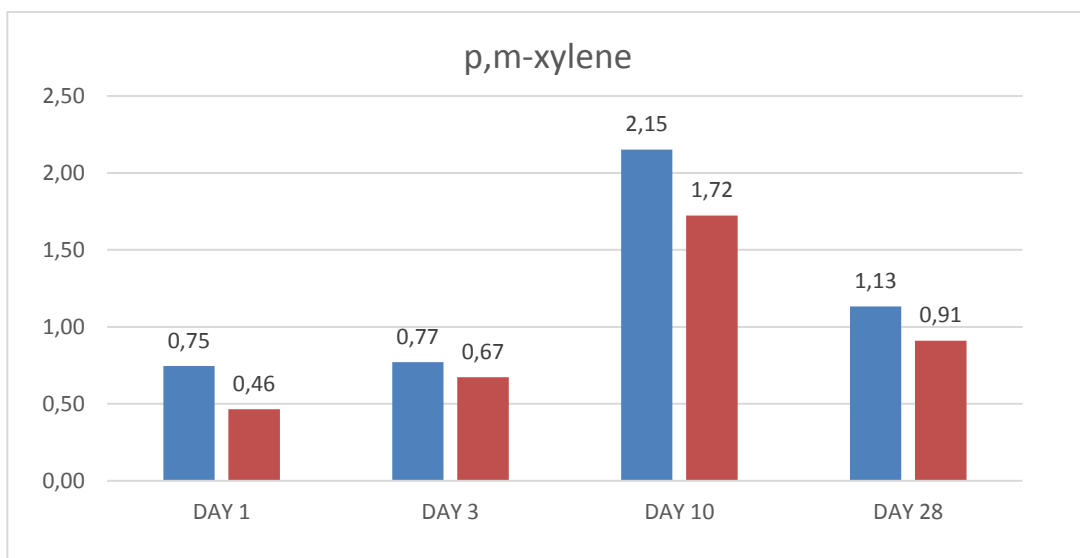
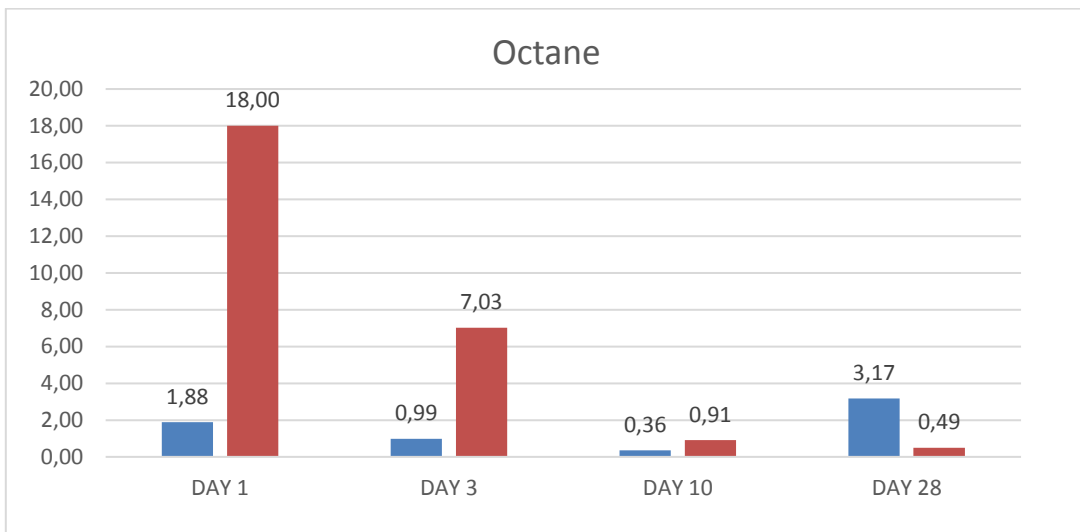
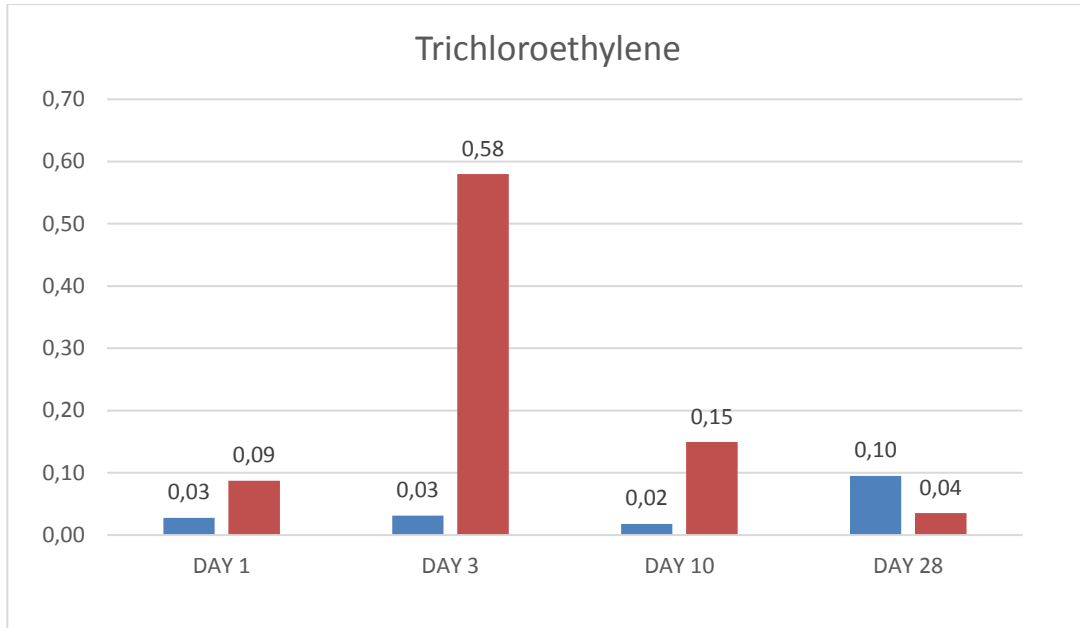
ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ: CHAMBER T. 

FLEC 

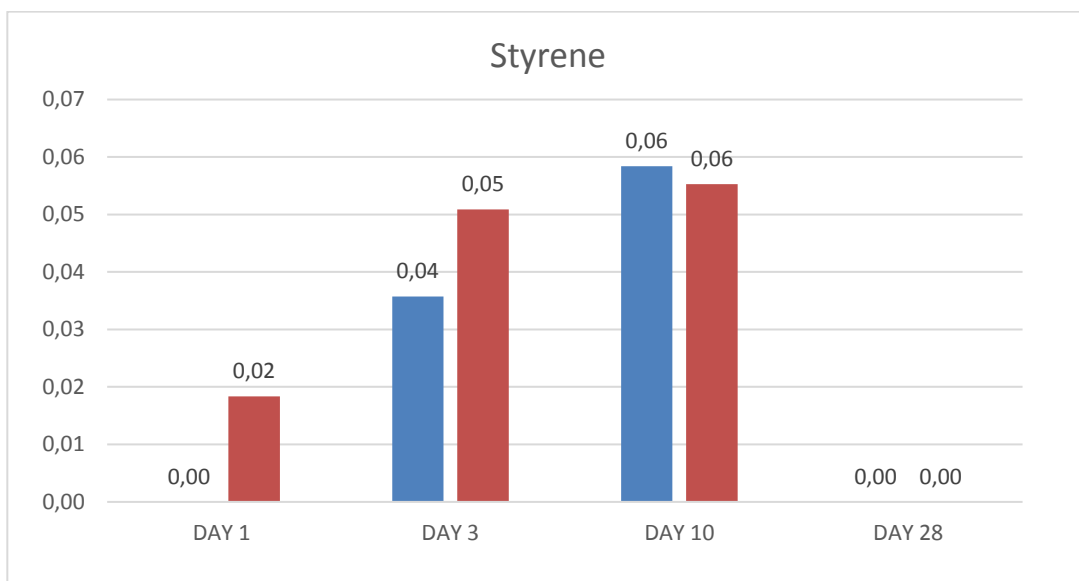
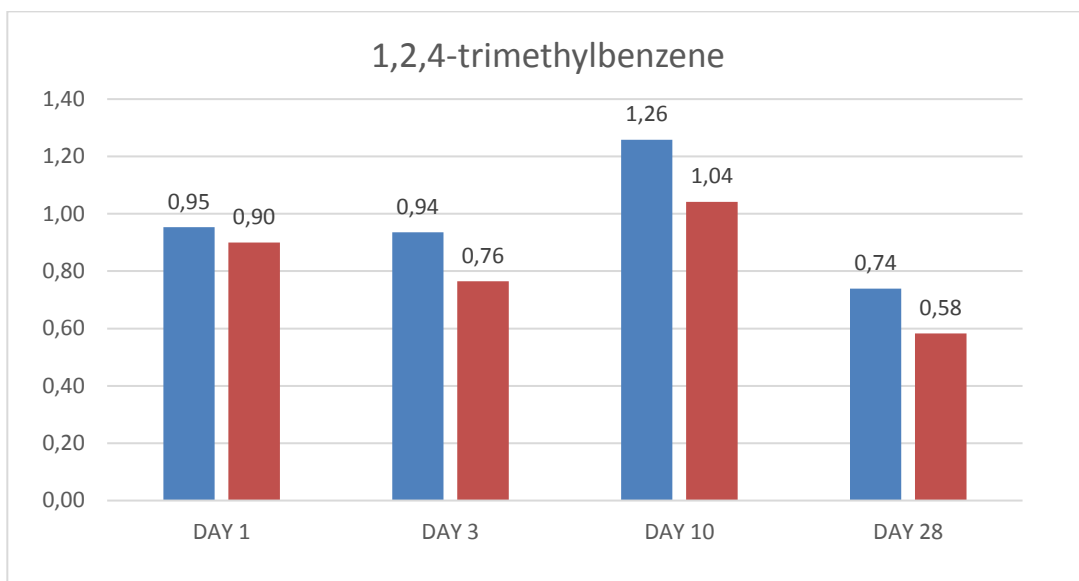
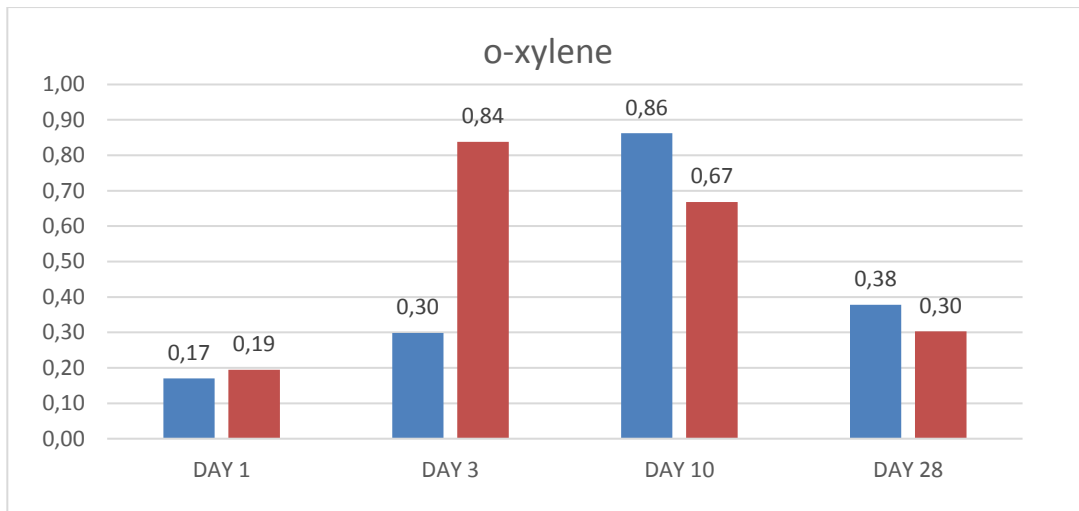
EMISSION FACTOR ΕΚΦΡΑΣΜΕΝΟ ΣΕ  $[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}]$

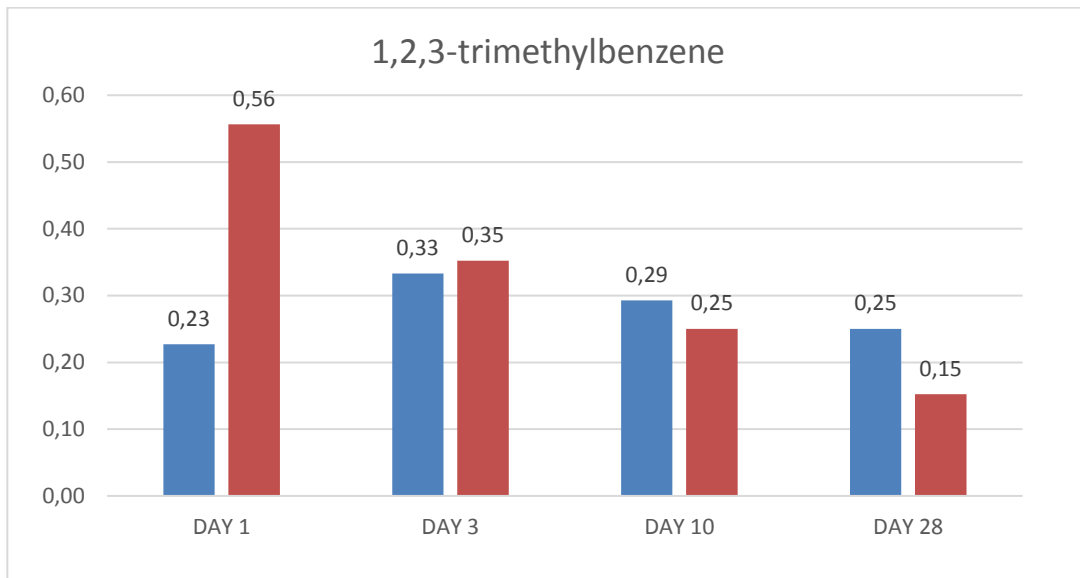
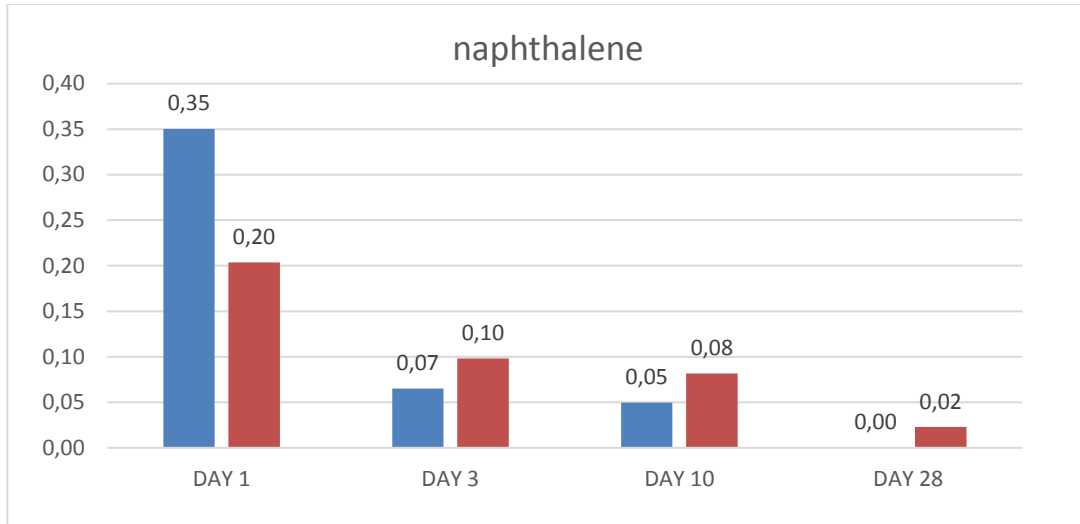












## 7. ΑΠΟΝΟΜΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Για να αποδοθεί σήμα πιστοποίησης σε ένα προϊόν απαιτεί την εκπλήρωση συγκεκριμένων όρων που έχει θεσπίσει ο οργανισμός που το χορηγεί. Στην περίπτωση των συστημάτων που επιλέξαμε (AgBB, AFFSET), ελέγχεται η συγκέντρωση των TVOCs (Total VOCs), από τα TVOCs που προέκυψαν από τη μέθοδο chamber test.

Η τιμή TVOC (πίνακας 14) προκύπτει από την ολοκλήρωση των αποκρίσεων του χρωματογραφήματος που εκλύονται μεταξύ των κορυφών C<sub>6</sub> και C<sub>16</sub> και η τιμή αυτή συγκρίνεται με την απόκριση του τολουολίου με βάση τους παρακάτω τύπους:

$$RF_{\text{toluene}} = \text{amount substance}[\text{ng}] / \text{Integrated Peak Area}_{\text{toluene}}$$

$$m(\text{TVOC}) = RF_{\text{toluene}} \times \text{Integrated Peak Area} \quad [\mu\text{g}/\text{m}^3]$$

Όπου:

RF<sub>toluene</sub>: Ρυθμός απόκρισης τολουολίου

Amount Substance: Ποσότητα τολουολίου

Integrated Peak Area: Εμβαδόν της κορυφής της ένωσης

m(TVOC): μάζα των συνολικών πτητικών οργανικών ενώσεων

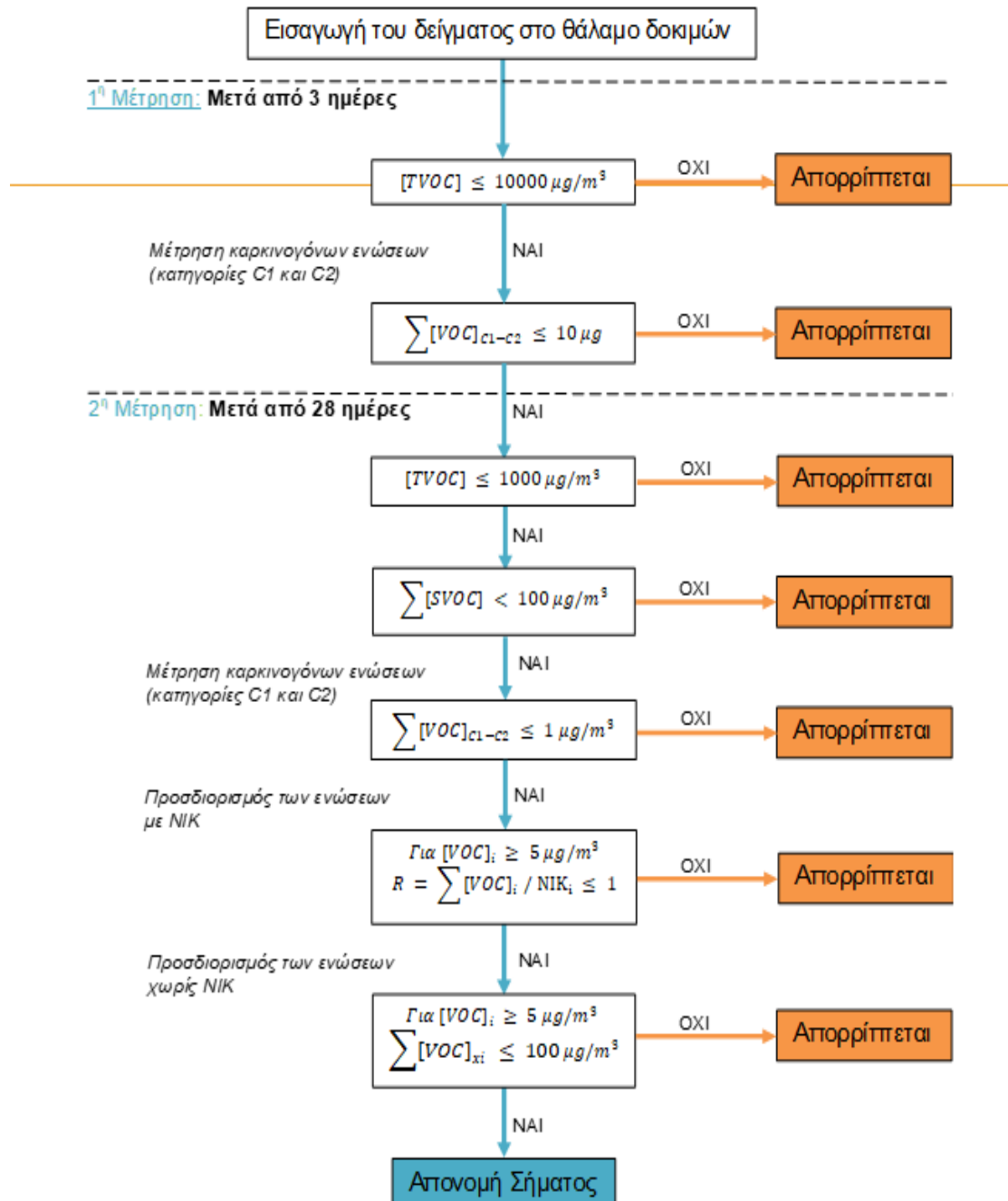
**Πίνακας 14:** Αποτελέσματα μετρήσεων TVOCs για τις 4 ημέρες μετρήσεων, Chamber test [μg/m<sup>3</sup>]

	<b>DAY 1</b>	<b>DAY 3</b>	<b>DAY 10</b>	<b>DAY 28</b>
<b>TVOC ΧΡΩΜΑ1</b>	<b>220,29</b>	<b>122,95</b>	<b>70,24</b>	<b>37,96</b>
<b>TVOC ΧΡΩΜΑ 2</b>	<b>1.540,23</b>	<b>168,80</b>	<b>194,92</b>	<b>153,05</b>

### ΔΙΕΥΚΡΙΝΗΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ:

- οι πίνακες 10-14 περιέχουν τα απαραίτητα στοιχεία που ζητούνται στους παρακάτω αλγορίθμους απονομής σημάτων πιστοποίησης (εικόνες 29,30)
- Από το παράρτημα II παίρνουμε τις τιμές LCI (low concentration of interest) για κάθε ένωση που ζητείται παρακάτω.
- Οι καρκινογόνες ενώσεις (κατηγορίες C1,C2)

## 7.1. ΑΠΟΝΟΜΗ ΣΗΜΑΤΟΣ AgBB



Εικόνα 29: Αλγόριθμος σήματος πιστοποίησης AgBB

Πίνακας 15: Έλεγχος απαιτήσεων συστήματος πιστοποίησης AgBB

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές ΧΡΩΜΑ 1	Πειραματικές Τιμές ΧΡΩΜΑ 2
3 ημέρες	[TVOC]	$\leq 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>122,95</b>	<b>168,80</b>
3 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{\text{C1-C2}}$	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>0,35</b>	<b>0,66</b>
28 ημέρες	[TVOC]	$\leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>37,96</b>	<b>153,05</b>
28 ημέρες	$\sum [\text{SVOC}]$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>0</b>	<b>0</b>
28 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{\text{C1-C2}}$	$\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>0,47</b>	<b>4,26</b>
28 ημέρες	$R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{NIK}_i$	$\leq 1$	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>
28 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{\text{xi}}$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-

**VOC, C1-C2 (καρκινογόνες ενώσεις)**

C1: Benzene, C2A: Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, C2B: Ethylbenzene, Styrene, Napthalene

Χρώμα 1

$$R = \sum \left\{ \frac{[n\_Hexane]}{\text{NIK}_{n-Hexane}} \right\}$$

$$R = \sum \left\{ \frac{5,03}{4300} \right\}$$

$$R = 0,001$$

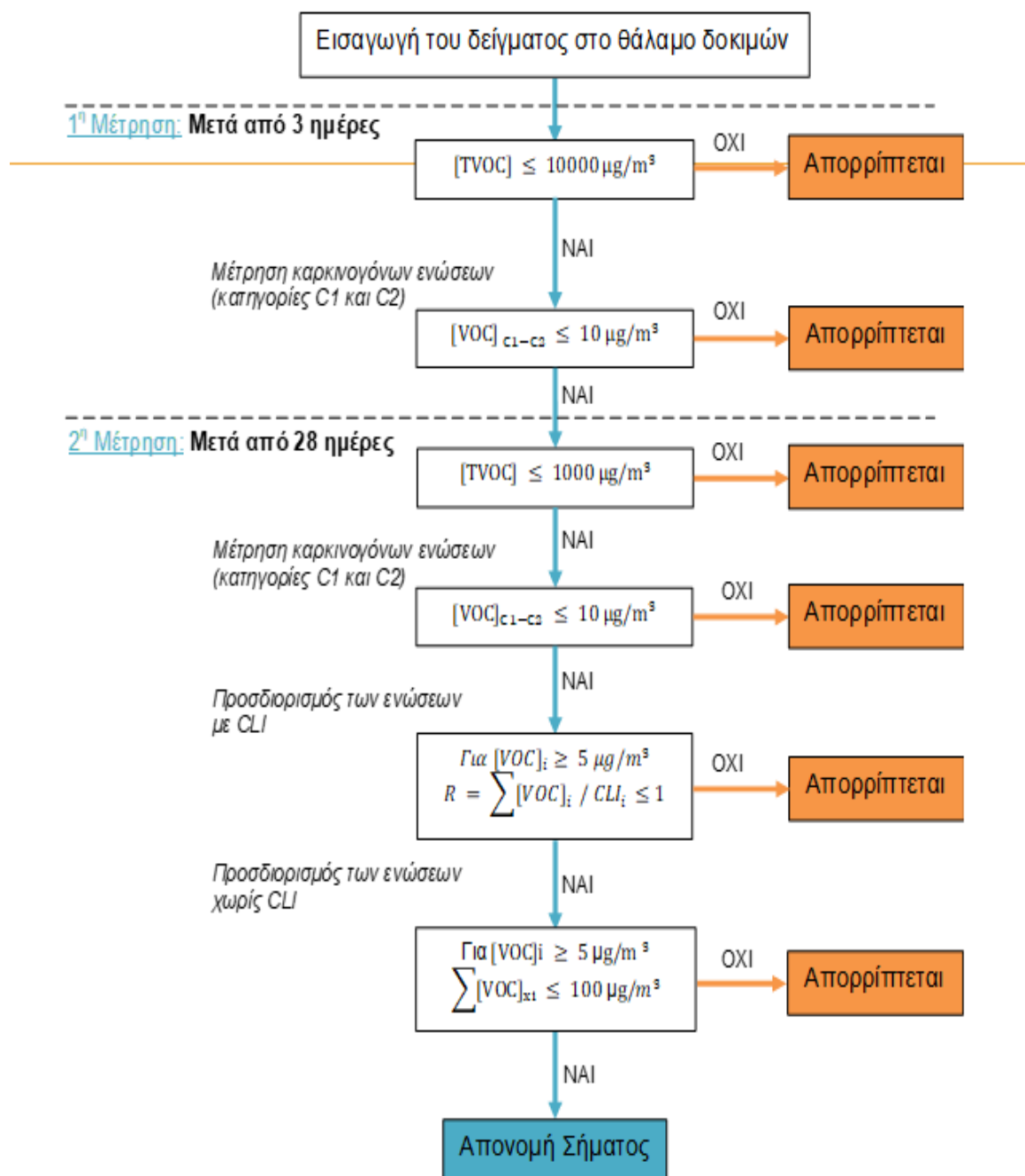
Χρώμα 2

$$R = \sum \left\{ \frac{[n\_Hexane]}{\text{NIK}_{n-Hexane}} \right\}$$

$$R = \sum \left\{ \frac{8,01}{4300} \right\}$$

$$R = 0,002$$

## 7.2. ΑΠΟΝΟΜΗ ΣΗΜΑΤΟΣ AFFSET



Εικόνα 30: Αλγόριθμος σήματος πιστοποίησης AFFSET

Πίνακας 16: Έλεγχος απαιτήσεων συστήματος πιστοποίησης AFFSET

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές ΧΡΩΜΑ 1	Πειραματικές Τιμές ΧΡΩΜΑ 2
3 ημέρες	[TVOC]	$\leq 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	122,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	168,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3 ημέρες	[VOC] <sub>C1-C2</sub>	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ethylbenzene)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,27 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Benzene)</li> <li>• 0,03 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Trichloroethylene)</li> <li>• 0,03 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Tetrachloroethylene)</li> <li>• 0,23 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Ethylbenzene)</li> <li>• 0,04 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Styrene)</li> <li>• 0,06 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Naphthalene)</li> </ul>
28 ημέρες	[TVOC]	$\leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	37,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	153,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	[VOC] <sub>C1-C2</sub>	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ethylbenzene)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3,80 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Benzene)</li> <li>• 0,09 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Trichloroethylene)</li> <li>• 0,09 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Tetrachloroethylene)</li> <li>• 0,28 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (Ethylbenzene)</li> </ul>
28 ημέρες	$R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{CLI}_i$	$\leq 1$	0,007	0,011
28 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{\text{xi}}$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	5,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 1) Βάσει των συγκεντρώσεων πτητικών οργανικών ενώσεων που αποτυπώνονται στους πίνακες 10-14(συγκεντρώσεις και TVOCs), το χρώμα 2 (για μέταλλα/ξύλα) συνεισφέρει σε μεγαλύτερο βαθμό από το χρώμα για τοίχους, στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας, αφού παρουσιάζει συγκεντρώσεις TVOC υπερδιπλάσιες εάν λάβουμε υπόψη τον μέσο όρο και των 4 ημερών δειγματοληψίας.
- 2) Από τα διαγράμματα για τα emission factor παρατηρούμε ότι από τις δύο μεθόδους τελικά παίρνουμε αποτελέσματα που είναι συγκρίσιμα και κατά ένα μεγάλο μέρος με μικρές διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων τους. Για παράδειγμα στο χρώμα 1 το 1,2,4-trimethylbenzene, 1,2,3-trimethylbenzene και το toluene παρουσιάζουν ελάχιστες αποκλίσεις συγκριτικά μεταξύ chamber-FLEC. Το ίδιο ισχύει και στο χρώμα 2 για τα p,m-xylene, toluene, 1,2,4-trimethylbenzene, o-xylene και 1,2,3-trimethylbenzene. Σε άλλες ουσίες όπως το εξάνιο ή το βενζόλιο φαίνεται να υπάρχουν κάποιες αποκλίσεις πιθανόν επειδή στο FLEC χρησιμοποιήθηκε για το φιλτράρισμα του αέρα απλό TENAX, σε αντίθεση με το chamber test όπου ο εισερχόμενος αέρας υπέστη διαδικασία πλήρους καθαρισμού υψηλών θερμοκρασιών.
- 3) Η πρώτη βαφή παρουσίασε χαμηλές συγκεντρώσεις σε TVOC όπως φαίνεται στον πίνακα 14
- 4) Το χρώμα 1 παρουσίασε διάφορες τόσο σε συγκεντρώσεις VOCs όσο και σε χημικές ενώσεις σε σχέση με το χρώμα 2, όπως έδειξε η σημαντική διαφορά στα χρωματογραφήματα της πρώτης ημέρας δειγματοληψίας των δύο χρωμάτων που πιθανά να οφείλεται στη διαφορετική σύσταση τους.
- 5) Στην πρώτη μέτρηση (24h) για το χρώμα 1 στο chamber, μεγαλύτερη συγκέντρωση είχε το εξάνιο και το τολουόλιο, όπως ακριβώς και την 4<sup>η</sup> ημέρα (28<sup>η</sup>). από το FLEC βρέθηκε υψηλή συγκέντρωση στο οκτάνιο την πρώτη μέρα μετρήσεων. Το βενζόλιο που θεωρείται καρκινογόνος ένωση, δεν ανιχνεύθηκε σε καμία από τις δύο μεθόδους.
- 6) Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα από το Chamber test για τις συγκεντρώσεις των ενώσεων που ποσοτικοποιήθηκαν από τον GC-MS, όπως και τα TVOCs, και



ελέγχοντάς τα με βάση τα κριτήρια των ευρωπαϊκών συστημάτων πιστοποίησης AgBB, AFFSET, παρατηρούμε ότι το χρώμα 2 στο AgBB δεν πληροί τα κριτήρια ενώ το χρώμα 1 παίρνει το σήμα. Το πρώτο χρώματα πληροί τις προϋποθέσεις για την απονομή και των 2 σημάτων (πίνακας 17).

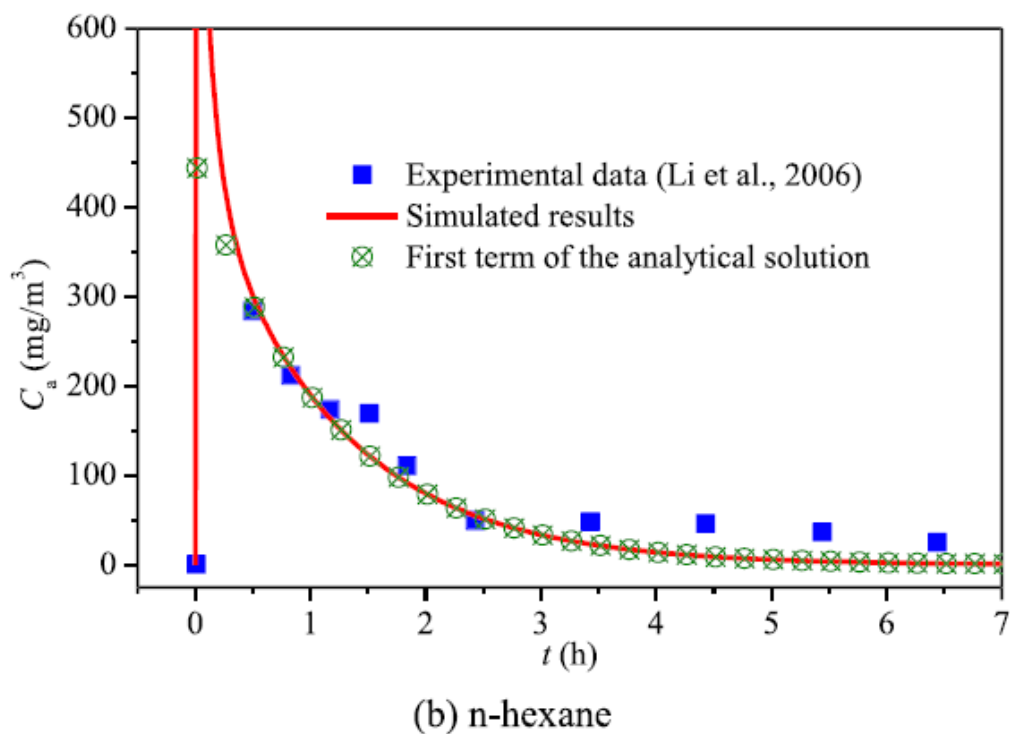
*Πίνακας 17: Απονομή σημάτων πιστοποίησης στις υπό μελέτη βαφές.*

Σύστημα Πιστοποίησης	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	
	ΧΡΩΜΑ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟΥΣ	ΧΡΩΜΑ ΓΙΑ ΞΥΛΑ/ΜΕΤΑΛΛΑ
AgBB	✓	✗
AFFSET	✓	✓

## 9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΟΜΟΙΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ

### ΜΕΛΕΤΗ 1

Σε μελέτη που δημοσιεύθηκε στο Building and Environment[31], αγοράστηκε ένα τυπικό βερνίκι νιτροκυτταρίνης (βαφή με διαλύτη) στην τοπική αγορά για να βρεθούν οι εκπομπές VOC από τη βαφή. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων εκπομπών, οι συγκεντρώσεις όλων των πτητικών οργανικών ενώσεων στο θάλαμο φτάνουν στην κορυφή πολύ απότομα, και στη συνέχεια μειώνονται γρήγορα κατά τις επόμενες ώρες. Για τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, το πειραματικός χρόνος εκτελείται εντός 12 ωρών. Μετά από αυτό το χρονικό διάστημα, η συγκέντρωση στον θάλαμο γίνεται μη ανιχνεύσιμη για τα περισσότερα VOC. Η σύνθεση και το περιεχόμενο του βερνικιού νιτροκυτταρίνης μετρήθηκε με εφαρμογή της μεθόδου εκχύλισης θερμότητας. Πειραματικά αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι αυτό το χρώμα περιέχει 19 είδη VOC, συμπεριλαμβανομένων των βενζολίου, τολουολίου, αιθυλοβενζολίου, ο-ξυλενίου, μεθυλοκυκλοπεντανίου, 2-μεθυλοπεντανίου, 3-μεθυλοπεντανίου, 2,4-διμεθυλοπεντανίου, κ.λπ. Για αυτή τη μελέτη, επιλέχθηκαν ως στοχευμένα VOC τα μεθυλοκυκλοεξάνιο και τολουόλιο επειδή είναι ο πιο άφθονοι κορεσμένοι και αρωματικοί υδρογονάνθρακες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

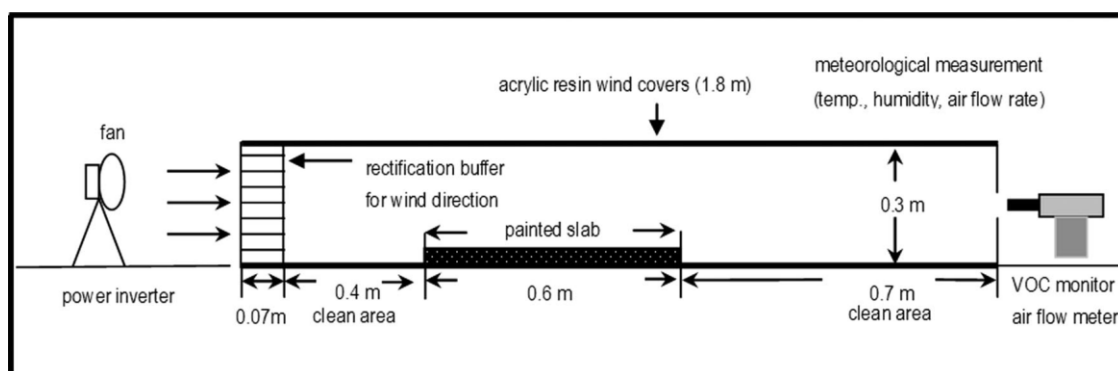


*Εικόνα 31: Σύγκριση των προσομοιωμένων αποτελεσμάτων με τα πειραματικά δεδομένα για το εξάνιο[βάσει αναφοράς 31]*

Η εικόνα 31 δείχνει καλή συμφωνία μεταξύ των προσομοιωμένων αποτελεσμάτων και πραγματικών πειραματικών δεδομένων, υποδηλώνοντας ότι η απλοποιημένη απλή εκθετική συνάρτηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πρόβλεψη εκπομπών μετά το πέρας της πρώτης μισής ώρας. Με βάση λεπτομερή ανάλυση των εκπομπών VOC από χρώματα και την διαδικασία που ακολουθείται σε αυτό το πείραμα, η συγκεκριμένη μελέτη, προτείνει μια νέα μέθοδο μέτρησης του συντελεστή διάχυσης και του συντελεστή κατανομής, ταυτόχρονα και με ακρίβεια. Με εφαρμογή αυτής της μεθόδου και εκτέλεση πειραμάτων αεριζόμενου θαλάμου, προσδιορίζονται οι χαρακτηριστικές παραμετρους εκπομπών του μεθυλοκυκλοεξανίου και του τολουολίου από ένα είδος ευρέως χρησιμοποιούμενων βαφών με βάση διαλύτη. Η επεξεργασία δεδομένων δείχνει ότι η προσαρμογή της γραμμικής καμπύλης παρουσιάζει σχετικά υψηλή ακρίβεια παλινδρόμησης. Η συμφωνία μεταξύ των προσομοιωμένων αποτελεσμάτων βάσει των παραμέτρων, και των πειραματικών δεδομένων, επικυρώνουν την αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Η ανάλυση ευαισθησίας δείχνει ότι η επίδραση της εσωτερικής διάχυσης έχει σημαντικό αντίκτυπο στις εκπομπές, επομένως δεν μπορεί να αγνοηθεί κατά την ανάλυση των εκπομπών VOCs από χρώματα.

## ΜΕΛΕΤΗ 2

Σε έρευνα που διεξήχθη το 2011 και δημοσιεύθηκε στο Journal of the Air & Waste Management Association[32], χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα σήραγγας πεδίου για τον εντοπισμό VOC, όπως φαίνεται στην εικόνα 32, το οποίο δείχνει μια σχηματική διάταξη του συστήματος που περιέχει τέσσερα μέρη: μια σήραγγα αέρα, μια βαμμένη πλάκα, μια οθόνη VOC, και μία παροχή αέρα με ελεγκτή ταχύτητας.



*Εικόνα 32: πειραματική διαδικασία μέτρησης VOC με αεροδυναμική σήραγγα. [βάσει αναφοράς 32]*

Η ανεμοσήραγγα ήταν κατασκευασμένη από ακρυλική ρητίνη με ημι-ελλειπτικό σχήμα. Στην είσοδο της σήραγγας, ένα διορθωτικό buffer εγκαταστάθηκε για να αποφευχθούν αστοχίες στο ροή εισόδου του αέρα., και ήταν αρκετά μεγάλο για να αναπτύξει ένα αποτελεσματικό ρεύμα αέρα. Μελετήθηκε η βασική υδροδυναμική της σήραγγας για να επιβεβαιωθεί ότι διαχειρίζεται τον διερχόμενο άνεμο με ελεγχόμενο τρόπο όπως σε άλλα πειράματα της ίδιας μεθόδου. Μία σειρά πειραμάτων πραγματοποιήθηκαν στην αεροδυναμική σήραγγα. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τυπικά οικιακά χρώματα με βάση το νερό. Τα κύρια VOC σε αυτά τα δύο χρώματα είναι η-βουτυλική αλκοόλη, αιθυλενογλυκόλη και εστέρας C7, όπου οι συγκεντρώσεις VOC στα χρώματα αυτά παρουσιάζονται μετά την ανάμειξη με νερό. Ως διαλύτης χρησιμοποιείται συνήθως μικρή ποσότητα νερού κατά τη βαφή.

Τα πειραματικά δεδομένα συλλέχθηκαν συστηματικά χρησιμοποιώντας τη μέθοδο και τη διαδικασία που περιεγράφηκε παραπάνω. Οι μετρηθείσες συγκεντρώσεις VOC κυμαίνονταν περίπου από μηδέν έως  $35 \text{ mg} / \text{m}^3$  για τη βουτυλική αλκοόλη, έως  $1,2 \text{ mg} / \text{m}^3$  για αιθυλένιο γλυκόλη, και έως  $4 \text{ mg} / \text{m}^3$  για εστέρα C7. Οι συγκεντρώσεις VOC μειώθηκαν εκθετικά με την πάροδο του χρόνου αφού η εξάντληση τους με εξάτμιση μείωσε τις συγκεντρώσεις VOC στον περιβάλλοντα αέρα. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για να εκπέμψουν όταν το πάχος στρώματος της βαφής αυξήθηκε. Ωστόσο, ο χρόνος που απαιτείται για πλήρη εκπομπή VOCs ήταν μόνο λίγα λεπτά. Οι συγκεντρώσεις VOC μειώθηκαν με την αύξηση του ρυθμού εναλλαγής αέρα στον ίδιο χρονικό διάστημα. Αυτό

συνέβη καθώς η αύξηση του ρυθμού εναλλαγής αέρα ή της ταχύτητας του αέρα, αραιώνει μεν τη συγκέντρωση VOC αλλά παρέχει περισσότερη ευχέρεια για αύξηση του ρυθμού μαζικής μεταφοράς. Σε κάθε περίπτωση, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα έχει σημαντική επιρροή στη συναγωγή μεταφοράς μάζας, αλλά και στην αραιώση της συγκέντρωσης VOC. Από τα πειραματικά αποτελέσματα, φάνηκε πως η επιρροή της ταχύτητας του αέρα ή του ρυθμού εναλλαγής αέρα, στον ρυθμό μαζικής μεταφοράς, για ενίσχυση της συγκέντρωσης VOC, είναι ασθενέστερη τακτική από την αραιώση της συγκέντρωσης VOC.

Διαπιστώθηκε επίσης ότι υπάρχουν κάποιες μικρές αποκλίσεις στην εκτίμηση εκπομπών VOC στο αρχικό στάδιο επάλειψης της βαφής, με τα αποτελέσματα στο στάδιο αυτό να αντιστοιχούν σε μεγαλύτερες τιμές συντελεστή εκπομπής (emission factor). Αυτές οι αποκλίσεις προέκυψαν από απόκλιση μεταφοράς μάζας επειδή η βαφή βρισκόταν ακόμη σε αρκετά υγρό στάδιο. Σε αυτό το στάδιο, η μεταφορά μάζας χαρακτηρίζεται περισσότερο από εξάτμιση στην επιφάνεια του υλικού βαφής, παρά από μοριακή διάχυση στο εσωτερικό του στρώματος βαφής. Ο πραγματικός μηχανισμός εκπομπών VOC από μια διαδικασία βαφής ενός εσωτερικού χώρου, πιθανόν να είναι πιο περίπλοκος από αυτόν που υιοθετήθηκε σε αυτή τη μελέτη, στον οποίο το μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται, βασίζεται σε μεταφορά μάζας με συναγωγή και έλεγχο της μεταφοράς μάζας και διάχυσης.

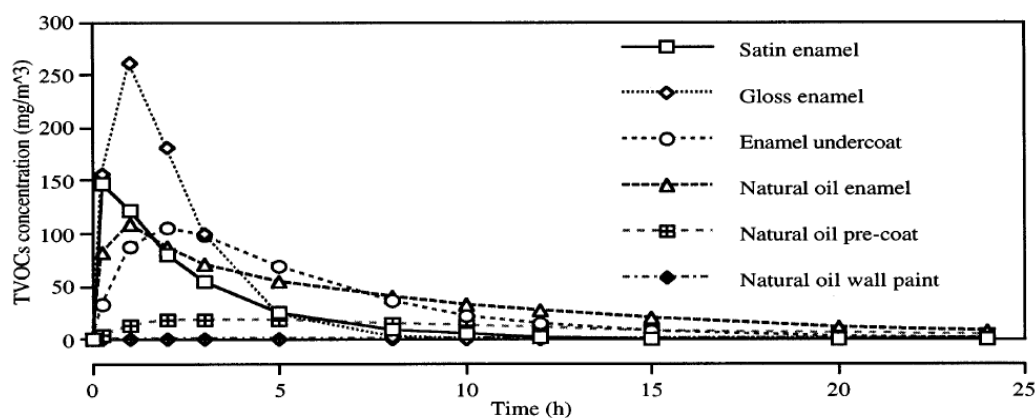
### ΜΕΛΕΤΗ 3

Στο πείραμα που διεξήχθη από τους Clausen, Wolkoff, Holst, και Nielsen, για τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από υδατοχρώματα σε μακροπρόθεσμη βάση [33], χρησιμοποιήθηκαν chamber tests για τη δέσμευση VOCs. Πέντε κοινά λευκά υδατοχρώματα τοίχου και οροφής επιλέχθηκαν σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια: ευρεία χρήση, υψηλή συγκέντρωση δωματίου και τύπος. Είναι παρόμοια με τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στη διερεύνηση του εργασιακού περιβάλλοντος ζωγράφων (Hansen et al., 1987). Από την συγκεκριμένη μελέτη προέκυψε ότι ένα μοντέλο που περιλαμβάνει εκθετικά φθίνοντα συντελεστή εκπομπών της μεμβράνης βαφής και του συντελεστή εναλλαγής αέρα είναι κατάλληλο για περιγραφή των εκπομπών VOC από υδατοχρώματα σε μικρούς θαλάμους δοκιμών. Η δειγματοληψία εντός τριών εβδομάδων ή λιγότερο είναι πιθανό να επαρκεί ώστε να γίνει σωστή πρόβλεψη των εκπομπών έως και για το επόμενο έτος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σύγκριση των εκπομπών από στρώματα χρωμάτων που σταδιακά μειώνονται σε πάχος, όπως τα υδατοδιαλυτά χρώματα, απαιτεί ομαλοποίηση του πάχους στρώματος, καθώς σε διαφορετική περίπτωση υπάρχει πιθανότητα λανθασμένων συμπερασμάτων. Εκτιμήσεις χρόνου για την επίτευξη μίας συγκεκριμένης τιμής συντελεστή εκπομπών θεωρούνται κατάλληλες για μία συγκριτική μελέτη εκπομπών VOC από υδατοχρώματα σε σχέση με τον

εσωτερικό αέρα. Η μείωση των μακροπρόθεσμων εκπομπών μπορεί να προσδιοριστεί πιο αποτελεσματικά αντικαθιστώντας κάποια πιο πτητικά VOC των οποίων η εκπομπή ελέγχεται με εξάτμιση, με άλλα λιγότερο πτητικά που χαρακτηρίζονται από εκπομπές ελεγχόμενες με τη διάχυση ή/και μειώνοντας το πάχος της μεμβράνης βαφής αντί να μειωθεί η αρχική συγκέντρωση VOC στο χρώμα. Αυτές οι προσεγγίσεις σύγκρισης μπορεί επίσης να εφαρμοστούν σε στρώματα άλλων βαφών όπως κόλλες, βερνίκια κ.λπ. Συνίσταται να ελεγχθεί ικανοποιητικός όγκος δεδομένων, ώστε να εκτιμηθούν τυχόν επιδράσεις πίεσης και βύθισης.

#### ΜΕΛΕΤΗ 4

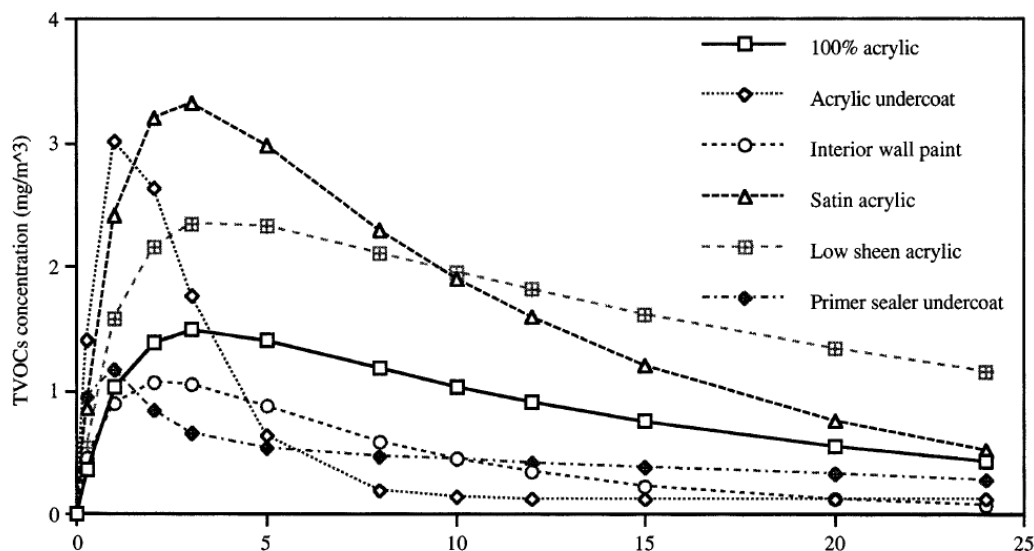
Σε μελέτη του Πανεπιστημίου Murdoch της δυτικής Αυστραλίας[34], επιλέχθηκαν δώδεκα ευρέως χρησιμοποιούμενα χρώματα οργανικών διαλυτών αλλά και υδατοδιαλυτά, από τοπικούς κατασκευαστές, για ανάλυση ως προς τον χαρακτηρισμό τους σε VOC. Οι στόχοι αυτής της μελέτης ήταν η αξιολόγηση και επιλογή προϊόντων βαφής που εκπέμπουν χαμηλά VOC κατά την κατασκευή LAHs (Low Allergen Houses) για την προστασία των ατόμων που είναι ευαίσθητα στην έκθεση τέτοιων βλαβερών ουσιών και η ανάπτυξη μοντέλων για την εκτίμηση των εκπομπών VOC που απελευθερώνονται από χρώματα, με προσομοίωση πραγματικών εσωτερικών συνθηκών.



**Εικόνα 33:** Αλλαγή των συγκεντρώσεων TVOCs με το χρόνο για οργανικά διαλυτά χρώματα μετά την εφαρμογή τους [βάσει αναφοράς 34]

Οι συγκεντρώσεις TVOC και η αλλαγή τους με το χρόνο για έξι οργανικά διαλυτά χρώματα και έξι υδατοδιαλυτά φαίνονται στις εικόνες 33, 34 αντίστοιχα. Για τα τρία πρώτα οργανικά διαλυτά χρώματα, οι συγκεντρώσεις TVOC αυξάνονται στο μέγιστο 2 ωρών και, στη συνέχεια, μειώνονται ραγδαία σε λιγότερο από 1% της μέγιστης τιμής εντός 24 ωρών. Η μέγιστες συγκεντρώσεις TVOC κυμαίνονται από 104 έως 262 mg/m<sup>3</sup>. Για τα τρία χρώματα με βάση το φυσικό λάδι, οι συγκεντρώσεις TVOCs αυξάνονται στη μέγιστη τιμή εντός 3 ωρών

και στη συνέχεια μειώνονται στο 7,4–22% του μέγιστου εντός 24 ωρών. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις TVOC κυμαίνονται από 0,17 έως 109 mg/m<sup>3</sup>. Μεταξύ αυτών των χρωμάτων, το στιλπνό σμάλτο έχει την υψηλότερη μέγιστη συγκέντρωση TVOC (262 mg / m<sup>3</sup>) ενώ η φυσική βαφή τοιχοποιίας έχει το χαμηλότερο (0,17 mg/m<sup>3</sup>).



**Εικόνα 34:** Αλλαγή των συγκεντρώσεων TVOCs με το χρόνο για υδατοδιαλυτά χρώματα μετά την εφαρμογή τους [βάσει αναφοράς 34]

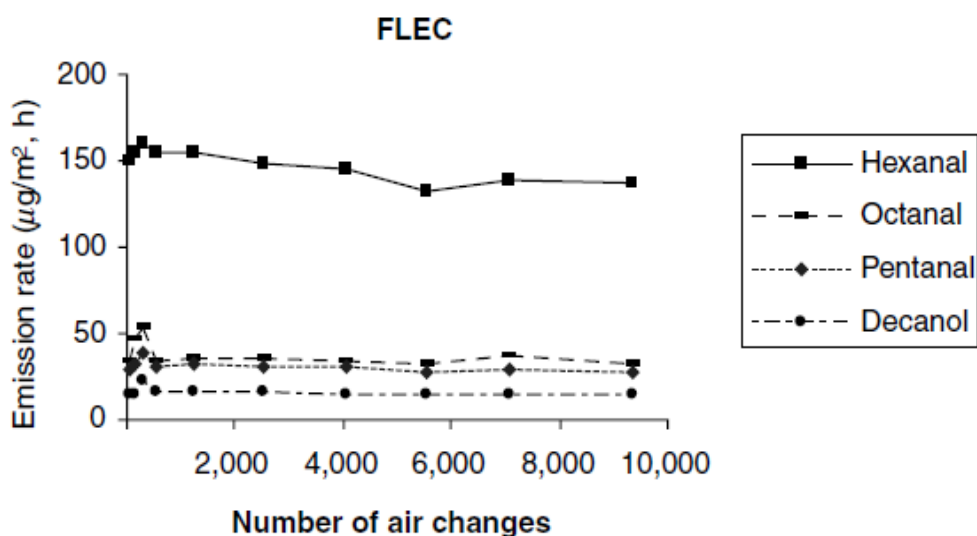
Στην εικόνα 34, οι συγκεντρώσεις TVOC για τα έξι υδατοδιαλυτά χρώματα αυξάνονται στη μέγιστη τιμή εντός 3 ωρών, και στη συνέχεια μειώνονται στο 3,6-49% του μέγιστου εντός 24 ωρών. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις TVOC κυμαίνονται από 1,06 έως 3,32 mg/m<sup>3</sup>. Το εσωτερικό χρώμα τοίχου έχει τη χαμηλότερη μέγιστη συγκέντρωση TVOC και το σατινικό ακρυλικό το υψηλότερο.

## ΜΕΛΕΤΗ 5

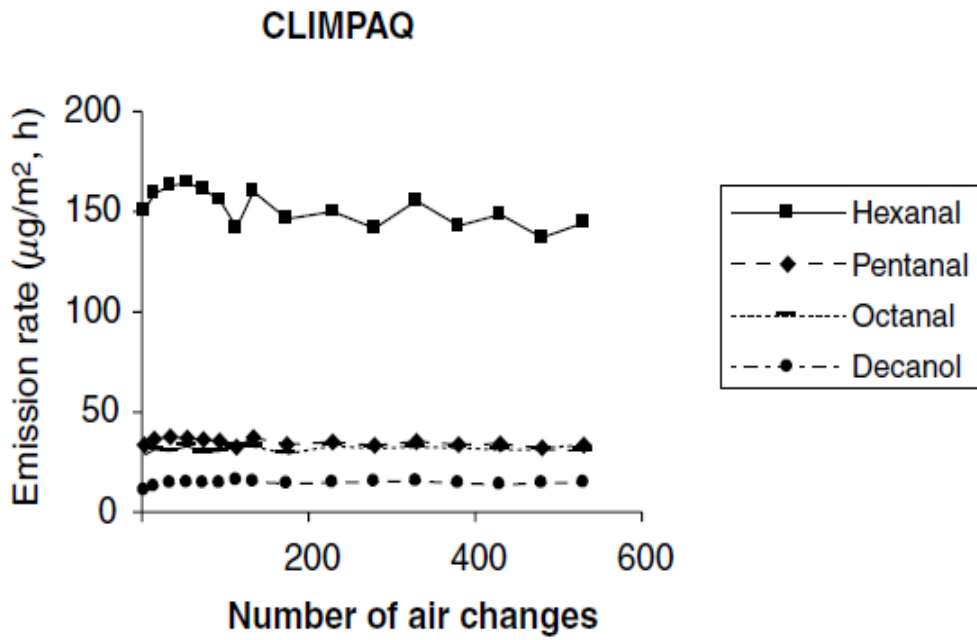
Ο στόχος της μελέτης των A. Afshari, B. Lundgren, L. E. Ekberg ήταν να υποδείξει τον βαθμό στον οποίο είναι υλοποιήσιμη μια συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων συντελεστών εκπομπής πτητικών οργανικών ενώσεων από τρεις διαφορετικές μεθόδους δειγματοληψίας. Η μελέτη παρουσιάζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων από έναν θάλαμο δοκιμών 1m<sup>3</sup>, ένα κελί εκπομπής (FLEC) και έναν θάλαμο δοκιμών CLIMPAQ. Η ροή του αέρα και η επιφάνεια επάλειψης βαφής επιλέχθηκαν έτσι ώστε τα ποσοστά αερισμού για τον εκάστοτε χώρο δειγματοληψίας να είναι τα ίδια και στους τρεις. Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία ήταν ίσες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Η βαφή υπό μελέτη ήταν μια αλκυδική βαφή με βάση διαλύτη, για εσωτερικούς χώρους, η οποία περιείχε χρήση μεταξύ 30 και 60% υψηλής

ποιότητας διαλυτικό αρωματικών υδρογονανθράκων σε υγρή κατάσταση. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πριν την τοποθέτηση των δειγμάτων στο θάλαμο. Η δειγματοληψία μετά την τοποθέτηση του υλικού στο θάλαμο, διήρκεσε 24h. Από τα VOC που επιλέχθηκαν προς έλεγχο στη συγκεκριμένη μελέτη, δεν ανιχνεύθηκε κανένα. Οι εκπομπές των μελετημένων ενώσεων εξαρτήθηκε από την τάση ατμών και τη συγκέντρωση κάθε ουσίας στο στρώμα βαφής. Είναι γνωστό ότι οι εκπομπές από ένα υλικό περιγράφονται από μία καμπύλη φθίνουσα, που μπορεί να διαρκέσει από μέρες μέχρι και χρόνια. Ο καθορισμός του ρυθμού εκπομπών πρέπει να είναι συσχετίζεται με την αντίστοιχη χρονική κλίμακα όσον αφορά την πρακτική χρήση του υλικού, από τη στιγμή δηλαδή που εισάγεται το υλικό στο εσωτερικό περιβάλλον. Αυτή η μελέτη δεν αναλύει την συγκεκριμένη λεπτομέρεια. Εστιάζει στο χρονικό διάστημα που πρέπει ο μελετητής να περιμένει μετά την είσοδο του υλικού στον θάλαμο δειγματοληψίας για να πάρει δείγματα από αυτόν, ώστε αυτά να αντικατοπτρίζουν ορθολογικά αποτελέσματα. Γενικότερα τα αποτελέσματά της περιγράφουν εκπομπές σε βραχυπρόθεσμη χρονική βάση (48h) και δεν προσφέρουν μακροπρόθεσμες προβλέψεις εκπομπής TVOCs.

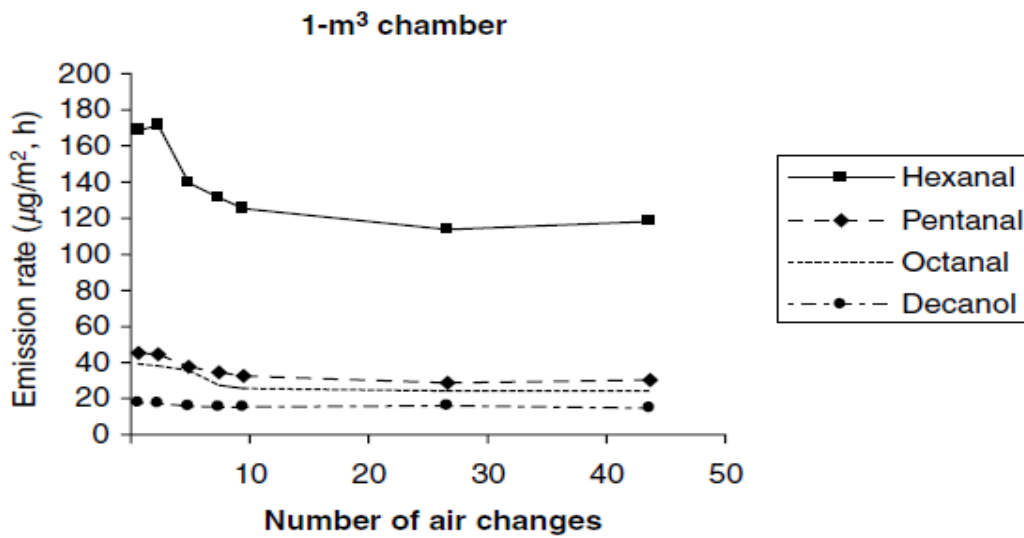
Στις εικόνες 35, 36, 37, φαίνονται οι συντελεστές εκπομπής για τις 4 ουσίες που εντοπίστηκαν στη βαφή ( πεντανόλη, εξανόλη, οκτανόλη, δεκανόλη). Δύο εβδομάδες μετά την εφαρμογή του χρώματος, τα περισσότερα VOC είχαν εξατμιστεί και μειώθηκαν σε επίπεδο τέτοιο ώστε εντός των επόμενων 48 ωρών πολύ μικρές αλλαγές σημειώθηκαν. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με τα εργαστηριακά πρότυπα των εν λόγω χημικών ουσιών.



Εικόνα 35: Διάγραμμα συντελεστή εκπομπών στο FLEC [βάσει αναφοράς 35]



Εικόνα 36: Διάγραμμα συντελεστή εκπομπών στον θάλαμο CLIMPAQ [βάσει αναφοράς 35]



Εικόνα 37: Διάγραμμα συντελεστή εκπομπών στον θάλαμο 1m³. [βάσει αναφοράς 35]

Αποδείχτηκε ότι:

- Το πάχος του στρώματος βαφής έχει έντονη επίδραση στις αρχικές εκπομπές χημικών ουσιών από αυτή και ως εκ τούτου πρέπει να εξετάζεται συγκριτικά.
- Η διαφορά μεταξύ των ποσοστών εκπομπών που λήφθηκαν με διαφορετικούς ρυθμούς εξαερισμού για μία συγκεκριμένη περιοχή ήταν ελάχιστη παρόλο που έχει



υποστηριχθεί ότι μία τέτοια διαφορά μπορεί να οδηγήσει σε αποκλίσεις μεταξύ των μετρήσεων των εκπομπών.

- Όλοι οι θάλαμοι δειγματοληψίας έφτασαν σε μια quasi-static equilibrium συγκέντρωση σε υψηλή ροή αέρα εντός 24 ωρών μετά την έναρξη της διαδικασίας.
- Η εξέλιξη της συγκέντρωσης στο θάλαμο απέδωσε παρόμοια συμπεριφορά και στους 3 θαλάμους (θάλαμος 1m<sup>3</sup>, FLEC, CLIMPAQ).
- Ο ρυθμός εκπομπής μπορεί να υπολογιστεί σε πραγματικό χρόνο με δεδομένο την συγκέντρωση, λαμβάνοντας υπόψη τον αερισμό του θαλάμου και την επιφάνεια του δείγματος δοκιμής.
- Ο ρυθμός εκπομπών υπό quasi-static equilibrium είναι ανεξάρτητος από τον ρυθμό ροής αέρα
- Φαίνεται επίσης από τα παραπάνω διαγράμματα(εικόνες 35, 36, 37) ότι τα επίπεδα των συντελεστών εκπομπών, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα των μετρήσεων, είναι μεταξύ τους πανομοιότυπα.
- Τέλος τα αποτελέσματα από τους τρεις δειγματοληπτικούς χώρους έδειξαν πως είναι δυνατό να εξαχθεί ένα πόρισμα για το χρονικό διάστημα που χρειάζεται να εκλείψει ώστε να συναχθούν σωστά αποτελέσματα εκπομπών VOC από τη βαφή.

## 10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%AC%CF%83%CE%B7\\_%CE%B1%CF%84%CE%BC%CF%8E%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%AC%CF%83%CE%B7_%CE%B1%CF%84%CE%BC%CF%8E%CE%BD)
- [2] <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq>
- [3] <https://foobot.io/guides/what-are-the-sources-of-volatile-organic-compounds.php>
- [4] <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>
- [5] [https://www.researchgate.net/publication/6323174\\_Volatile\\_Organic\\_Compounds\\_Do\\_the\\_y\\_present\\_a\\_risk\\_to\\_our\\_health](https://www.researchgate.net/publication/6323174_Volatile_Organic_Compounds_Do_the_y_present_a_risk_to_our_health)
- [6] <https://www.britannica.com/science/sick-building-syndrome>
- [7] “Methods for sampling and analysis of chemical pollutants in indoor air” (ISBN 9789289055239 © World Health Organization 2020)
- [8] <http://www.cpeo.org/techtree/ttdescript/msgc.htm>
- [9] Ενόργανη Ανάλυση Ι, Αέρια Χρωματογραφία Κοντογιάννης Χρίστος, Καθηγητής  
Τμήμα Φαρμακευτικής, Πανεπιστήμιο Πατρών
- [10] [https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/CHEM165/%CE%91%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%87%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1\\_2009.pdf](https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/CHEM165/%CE%91%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%87%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1_2009.pdf)
- [11] “Emission cells and comparison to small chambers for materials emissions testing”, P.Wolkoff, T. Salthammer, E.A.Woolfenden, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 65(2005) Nr.3 - März
- [12] “Nordtest Method NT BUILD 482 Approved 1998-06”
- [13] ECA (2005). European Collaborative Action “Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure” Harmonisation of Indoor material emissions labeling systems in the EU, Report No. 24, EUR 21891 EN, ISBN 92-79-01043-3, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [14] ECA (2005). European Collaborative Action “Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure” Harmonisation framework for indoor material labelling schemes in the EU, Report No. 27, EUR 25276 EN, ISBN LB-NA-25276-EN-N, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- [15] Horizontal evaluation method for the implementation of the Construction Product Directive: Emissions to indoor air by HEMICPD, State of the art WP1: orientation phase, Version 15 May 2010(latest update, original version July 2008), CN P2/00/05.
- [16] Horn W, Jann O, Kasche J, Bitter F, Muller D, Muller B (2007) Environmental and Health Provisions for Building Products-Identification and evaluation of VOC emissions and odour exposure. Environmental Research of the Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Dessau.
- [17] [www.aivc.org/](http://www.aivc.org/)
- [18] <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm>
- [19] <http://www.umweltbundesamt.de/building-products/agbb.htm>
- [20] <http://www.afsse.fr/>
- [21] [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)
- [22] [www.rts.fi](http://www.rts.fi)
- [23] [www.indeklima.org](http://www.indeklima.org)
- [24] <http://www.lqai.com/>
- [25] [www.natureplus.org](http://www.natureplus.org)
- [26] [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)
- [27] [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)
- [28] [www.gut-ev.de](http://www.gut-ev.de)
- [29] [www.emicode.com](http://www.emicode.com)
- [30] [www.golvbranschen.se](http://www.golvbranschen.se)
- [31] Measuring the characteristic parameters of VOC emission from paints, Jianyin Xiong, Lixin Wang, Yuhua Bai, Yinping Zhang (Building and Environment 66 (2013) 65-71)
- [32] A Study on Dynamic Volatile Organic Compound Emission Characterization of Water-Based Paints, Yu-Min Chang, Wei-Hsing Hu, Wen-Bing Fang, Shiao-Shing Chen , Chang-Tang Chang & Hsiao-Wei Ching, Journal of the Air & Waste Management Association, ISSN: 1096-2247 (Print) 2162-2906

[33] Long-term Emission of Volatile Organic Compounds from Waterborne Paints - Methods of Comparison Per A. Clausen, Peder Wolkoff, Erik Holst, and Peter A. Nielsen, National Institute of Occupational Health, Denmark, Indoor Air, 4,562-576 (1991) ©1991 Munksgaard, DK-Copenhagen

[34] Characterization of total volatile organic compound emissions from paints H. Guo, F. Murray, Clean Products and Processes 2 (2000) 28–36 Q Springer-Verlag 2000

[35] Comparison of three small chamber test methods for the measurement of VOC emission rates from paint, A. Afshari, B. Lundgren, L. E. Ekberg, Copyright Blackwell Munksgaard 2003 INDOOR AIR ISSN 0905-6947

## **11. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

### **Παράρτημα Ι**

#### **Ευρωπαϊκές και Ελληνικές νομικές πράξεις για την οικολογική σήμανση**

- **89/106/EEC**

Οδηγία Συμβουλίου Ευρωπαϊκής Ένωσης της 21ης Δεκεμβρίου 1988 για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών. Πεδίο εφαρμογής - Ορισμοί - Απαιτήσεις Τεχνικές προδιαγραφές - Ελεύθερη κυκλοφορία αγαθών, Εναρμονισμένα πρότυπα, Ευρωπαϊκή τεχνική έγκριση κ.α.(Σήμανση CE).

- **548/67/EEC**

Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης περί επικινδύνων ουσιών (όπως τροποποιήθηκε) αποτελεί ένα από τα κύρια νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με τη ασφάλεια για τα χημικά. Έγινε σύμφωνα με το άρθρο 100 της Συνθήκης της Ρώμης. Ταξινομεί καρκινογόνες και μεταλλαξιογόνες ενώσεις κατηγορίας 1 και 2.

### **Παράρτημα ΙΙ**

ΤΙΜΕΣ LCI(Low Concentration of Interest) για πτητικές οργανικές ενώσειςΛίστες των συστημάτων AFSSET(Οκτώβριος 2009), με τις τιμές CLI, και AgBB(Δεκέμβριος 2020) με τις τιμές των ΝΙΚ.

**Λίστα του συστήματος AFSSET με τις τιμές CLI για κάθε ένωση (Οκτώβριος 2009)**

Chemical compound	CAS No	Observations	Source value ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	CMR	FS	French CLI ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
<b>1. Monocyclic Aromatic Hydrocarbons</b>						
Toluene	108-88-3	VG INDEX 2005	300	R3	1	<b>300</b>
Ethylbenzene	100-41-4	RIVM HTV	770		1	<b>750</b>
xylene - mixture of o-, m- and p- xylene isomers	1330-20-7 106-42-3 108-38-3 95-47-6	VG INDEX 2005 - CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes	200		1	<b>200</b>
Isopropyl benzene (cumene)	98-82-8	US EPA IRIS HTV	400		1	<b>400</b>
n-Propyl benzene	103-65-1	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (AgBB analogous compound)	200		1	<b>200</b>
1-propenyl benzene ( $\beta$ -methyl styrene)	637-50-3	VME France for $\alpha$ -methylstyrene (98-83-9) (AgBB analogous compound)	123,000		100	<b>1,200</b>
1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	VME France	100,000		100	<b>1,000</b>
1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	VME France	100,000		100	<b>1,000</b>
1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	VME France	100,000		100	<b>1,000</b>
2-Ethyltoluene	611-14-3	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (AgBB analogous compound)	200		1	<b>200</b>
cymene - mixture of o-, m- and p-cymene isomers	25155-15-1 527-84-4 535-77-3 99-87-6	Belgian OEL for p-cymene	100,000		100	<b>1,000</b>
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	95-93-2	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (AgBB analogous compound)	200		1	<b>200</b>
n-Butylbenzene	104-51-8	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (AgBB analogous compound)	200		1	<b>200</b>
1,3-Diisopropylbenzene	99-62-7	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (AgBB analogous compound)	200		1	<b>200</b>
1,4-Diisopropylbenzene	100-18-5	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (AgBB analogous compound)	200		1	<b>200</b>
Phenyloctane and isomers	2189-60-8	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (AgBB analogous compound)	200		1	<b>200</b>

Chemical compound	CAS No	Observations	Source value ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	French CLI ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
1-Phenyldecane and isomers	104-72-3	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (AgBB analogous compound)	200		1	200
1-Phenylundecane and isomers	6742-54-7	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (AgBB analogous compound)	200		1	200
4-Phenylcyclohexene (4-PCH)	31017-40-0 4994-16-5	VG INDEX 2005 for styrene (AgBB analogous compound)	250		1	250
Styrene	100-42-5	VG INDEX 2005	250		1	250
Phenylacetylene	536-74-3	VG INDEX 2005 for styrene (AgBB analogous compound)	250		1	250
2-Phenylpropene (a-Methylstyrene)	98-83-9	VME France	123,000		100	1,200
Vinyl toluene - mixture of o-, m- and p-methylstyrene isomers	25013-15-4 611-15-4 100-80-1 622-97-9	VME France	240,000		100	2,400
Naphthalene	91-20-3	Afsset VG	10	C3	1	10
Indene	95-13-6	VME France	45,000		100	450
1-Methyl-2-propylbenzene	1074-17-5	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (ECA analogous compound)	200		1	200
1-Methyl-3-propylbenzene	1074-43-7	CLI identical to that of xylene (1330-20-7) CLI the lowest of the saturated alkylbenzenes (ECA analogous compound)	200		1	200
decahydronaphthalene	91-17-8	Polish OEL	100,000		100	1,000
<b>2. Aliphatic and Cyclic Hydrocarbons</b>						
n-Hexane	110-54-3	US EPA IRIS HTV	700	R3	1	700
Cyclohexane	110-82-7	US EPA IRIS HTV	6,000		1	6,000
Methylcyclohexane	108-87-2	MAK Germany	810,000		100	8,100
C6-C8 aliphatic hydrocarbons		VME France	1,000,000			10,000
hydrocarbons C9-C16		MAK Germany	600,000			6,000
<b>3. Terpenes</b>						
3-Carene	13466-78-9	Swedish OEL	150,000		100	1,500
$\alpha$ -Pinene	80-56-8	VG INDEX 2005	450		1	450
$\beta$ -Pinene	127-91-3	Danish OEL	140,000		100	1,400
Limonene	138-86-3	VG INDEX 2005	450		1	450
Other terpenes		Danish OEL	140,000		100	1,400
<b>4. Alcohols</b>						
2-Methyl-2-propanol ( <i>tert</i> -butanol)	75-65-0	MAK Germany	62 000		100	600
2-Methyl-1-propanol	78-83-1	VME France	150,000		100	1,500
1-Butanol	71-36-3	USA OEL (OSHA PEL)	300,000		100	3,000

Chemical compound	CAS No	Observations	Source value ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	CMR	FS	French CLI ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
pentanol (all isomers)	71-41-0 30899-19-5 94624-12-1 6032-29-7 548-02-1 137-32-6 123-51-3 598-75-4 75-85-4 75-84-3	MAK Germany	73,000		100	700
1-Hexanol	111-27-3	MAK-AGS Germany	210,000		100	2,100
Cyclohexanol	108-93-0	VME France	200,000		100	2,000
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	MAK Germany	110,000		100	1,100
1-Octanol	111-87-5	MAK-AGS Germany	106,000		100	1,100
4-Hydroxy-4-methylpentane-2-one	123-42-2	MAK Germany	96,000		100	950
<b>5. Aromatic Alcohols</b>						
Phenol	108-95-2	RIVM HTV	20	M3	1	20
2,6-Di- <i>tert</i> -butyl-4-methylphenol (BHT)	128-37-0	VME France	10,000		100	100
Benzyl alcohol	100-51-6	USA OEL (AIHA WEEL TWA)	44,000		100	450
<b>6. Glycols, Glycol Ethers and Glycol Esters</b>						
Propylene glycol	57-55-6	USA OEL (AIHA WEEL TWA)	10,000		100	100
Ethylene glycol	107-21-1	OEHHA HTV	400		1	400
Ethylene glycol monobutyl ether (2-butoxyethanol)	111-76-2	ATSDR HTV	982		1	1,000
Diethylene glycol	111-46-6	MAK Germany	44,000		100	450
Diethylene glycol monobutyl ether	112-34-5	European OEL	67,500		100	650
2-Phenoxyethanol	122-99-6	MAK Germany	110,000		100	1,100
Ethylene carbonate	96-49-1	OEHHA HTV for ethylene glycol (107-21-1) (AgBB analogous compound)	400		1	400
Propylene glycol monomethyl ether (1-methoxy-2-propanol)	107-98-2	US EPA IRIS HTV	2,000		1	2,000
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (Texanol)	25265-77-4	AgBB expert's decision	600		1	600
Butyl glycolate	7397-62-8	Danish OEL	135,000		100	1,300
Diethylene glycol monomethyl ether acetate (2-(2-butoxyethoxy) ethyl acetate)	124-17-4	MAK Germany	85,000		100	850
Dipropylene glycol monomethyl ether	34590-94-8	European OEL	308,000		100	3,100
Ethylene glycol monomethyl ether (2-methoxyethanol)	109-86-4	US EPA IRIS HTV	20	R2	1	20
Ethylene glycol monoethyl ether (2-ethoxyethanol)	110-80-5	OEHHA HTV	70	R2	1	70
Ethylene glycol monoisopropyl ether (2-propoxyethanol)	2807-30-9	MAK Germany	86,000		100	850
Ethylene glycol isopropyl ether (2-methylethoxyethanol)	109-59-1	MAK Germany	22,000		100	200



Chemical compound	CAS No	Observations	Source value ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	French CLI ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
Ethylene glycol n-hexyl ether (2-hexoxyethanol)	112-25-4	ATSDR HTV of ethylene glycol monobutyl ether (111-76-2) (AgBB analogous compound)	982		1	1,000
Dimethoxyethane	110-71-4	US EPA HTV for 2-methoxyethanol (109-86-4) (AgBB analogous compound)	20	R2	1	20
1,2-Diethoxyethane	73506-93-1	OEHHA HTV for 2-ethoxyethanol (110-80-5) (AgBB analogous compound)	70		1	70
2-Methoxyethylacetate	110-49-6	OEHHA HTV	90	R2	1	90
2-Ethoxyethylacetate	111-15-9	OEHHA HTV	300	R2	1	300
2-Butoxyethylacetate	112-07-2	VME France	13,300		100	150
Diethylene glycol n-hexyl ether (2-(2-hexoxyethoxy)-ethanol)	112-59-4	European OEL for diethylene glycol monobutyl ether (112-34-5) (AgBB analogous substance)	67,500		100	650
Diethylene glycol dimethyl ether (1-methoxy-2-(2-methoxyethoxy) ether)	111-96-6	MAK Germany	28,000	R2	1,000	30
1-Propylene glycol 2-methyl ether (2-methoxy-1-propanol)	1589-47-5	MAK Germany	19,000	R2	1,000	20
1-Propylene glycol 2-methyl ether acetate (2-methoxy-1-propylacetate)	70657-70-4	MAK Germany	28,000	R2	1,000	30
1,2-Propylene glycol diacetate	623-84-7	Danish OEL	655,000		100	6,500
Dipropylene glycol	110-98-5 25265-71-8	MAK Germany	67,000		100	650
Dipropylene glycol monomethyl ether acetate	88917-22-0	European OEL for dipropylene glycol monomethyl ether (34590-94-8) (AgBB analogous compound)	308,000		100	3,100
Dipropylene glycol mono-n-propyl ether	29911-27-1	European OEL for diethylene glycol monobutyl ether (112-34-5) (AgBB analogous compound)	67 500		100	650
Dipropylene glycol monobutyl ether (n- and t-isomers)	29911-28-2 132739-31-3 35884-42-5	European OEL for diethylene glycol monobutyl ether (112-34-5) (AgBB analogous compound)	67,500		100	650
1,4-Butylene glycol	110-63-4	MAK-AGS Germany	200,000		100	2,000
Tripropylene glycol monomethyl ether	20324-33-8 25498-49-1	AgBB expert's decision	1,000		1	1,000
Triethylene glycol dimethyl ether	112-49-2	US EPA HTV for ethylene glycol monomethyl ether (109-86-4) (AgBB analogous compound)	20	R2	1	20
1,2-Propylene glycol dimethyl ether	7777-85-0	VME for 2-methoxy-1-propanol (1589-47-5) (AgBB analogous substance)	20		1	20

Chemical compound	CAS No	Observations	Source value ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	CMR	FS	French CLI ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TXIB)	6846-50-0	AgBB expert's decision				450
Diethylene glycol monoethyl ether (2-(2-ethoxyethoxy)ethanol)	111-90-0	MAK-AGS Germany	35,000		100	350
Dipropylene glycol dimethyl ether	63019-84-1 89399-28-0 111109-77-4	AgBB expert's decision				1,300
<b>7. Aldehydes</b>						
Butyraldehyde (butanal)	123-72-8	MAK Germany NF 16000-3	64,000		100	650
Valeraldehyde (pentanal)	110-62-3	VME France	175,000		100	1,700
Hexaldehyde (hexanal)	66-25-1	MAK Germany Butanal (123-72-8) (AgBB analogous compound)	64,000		100	650
Heptaldehyde (heptanal)	111-71-7	MAK Germany Butanal (123-72-8) (AgBB analogous compound)	64,000		100	650
2-Ethyl-1-hexanal	123-05-7	MAK Germany Butanal (123-72-8) (AgBB analogous compound)	64,000		100	650
Octylaldehyde (octanal)	124-13-0	MAK Germany Butanal (123-72-8) (AgBB analogous compound)	64,000		100	650
Nonylaldehyde (nonanal)	124-19-6	MAK Germany Butanal (123-72-8) (AgBB analogous compound)	64,000		100	650
Decylaldehyde (decanal)	112-31-2	MAK Germany Butanal (123-72-8) (AgBB analogous compound)	64,000		100	650
Crotonaldehyde (2-butenal)	4170-30-3 123-73-9 15798-64-8	VME France measurement complies with Standard ISO 16000-3	6,000	M3	1,000	6
2-Pentenal	1576-87-0 764-39-6 31424-04-1	VME France for 2-butenal (123-73-9) (AgBB analogous compound)	6,000		1,000	6
2-Hexenal	6728-26-3 16635-54-4 505-57-7 1335-39-3	CLI for 2-pentenal (1576-87-0) (AgBB analogous compound)	6,000		1,000	6
2-Heptenal	2463-63-0 29381-66-6 18829-55-5	CLI for 2-pentenal (1576-87-0) (AgBB analogous compound)	6,000		1,000	6
2-Octenal	2363-89-5 25447-69-2 20664-46-4 2548-87-0	CLI for 2-pentenal (1576-87-0) (AgBB analogous compound)	6,000		1,000	6
2-Nonenal	2463-53-8 30551-15-6 18829-56-6 60784-31-8	CLI for 2-pentenal (1576-87-0) (AgBB analogous compound)	6,000		1,000	6

Chemical compound	CAS No	Observations	Source value ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	French CLI ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
2-Decenal	2497-25-8 3913-71-1 3913-81-3 2497-25-8	CLI for 2-pentenal (1576-87-0) (AgBB analogous compound)	6,000		1,000	6
2-Undecenal	2463-77-6 53448-07-0	CLI for 2-pentenal (1576-87-0) (AgBB analogous compound)	6,000		1,000	6
Furfuraldehyde (furfural)	98-01-1	ACGIH OEL	8,000	C3	1,000	8
Glutaraldehyde	111-30-8	OEHHA HTV respiratory sensitising compound measurement complies with Standard ISO 16000-3	0,08		1	0.08  no traces measured analytically
Benzaldehyde	100-52-7	USA OEL (AIHA WEEL TWA)	8,850		100	90
Formaldehyde (methanal)	50-00-0	Afsset VGAI TVOC measured complies with Standard NF 16000-3	10	C3	1	10
Acetaldehyde (ethanal)	75-07-0	VG INDEX 2005 TVOC measured complies with Standard NF 16000-3	200	C3	1	200
Propionaldehyde (propanal)	123-38-6	US EPA HTV TVOC measured complies with Standard NF 16000-3	8		1	8
<b>8. Ketones</b>						
2-Butanone (methyl ethyl ketone)	78-93-3	US EPA IRIS HTV	5,000		1	5,000
3-Methyl-2-butanone	563-80-4	VME France	705,000		100	7,000
4-Methyl-2-pentanone (methyl isobutyl ketone)	108-10-1	US EPA IRIS HTV	3,000		1	3,000
Cyclopentanone	120-92-3	Danish OEL	90,000		100	900
Cyclohexanone	108-94-1	VME France	40,800		100	410
2-Methylcyclopentanone	1120-72-5	Danish OEL for cyclopentanone (120-92-3) (AgBB analogous compound)	90,000		100	900
2-Methylcyclohexanone	583-60-8	VME France	230,000		100	2,300
Acetophenone	98-86-2	USA OEL (ACGIH TLV)	49,000		100	500
1-Hydroxyacetone (1-hydroxy-2-propanone)	116-09-6	OEHHA HTV for ethylene glycol (107-21-1) (AgBB analogous compound)	400		1	400
<b>9. Acids</b>						
Acetic acid	64-19-7	European OEL	25,000		100	250
Propanoic acid	79-09-4	VME France	31,000		100	300
Isobutyric acid	79-31-2	VME France for propanoic acid (79-09-4) (AgBB analogous compound)	31,000		100	300
Butyric acid	107-92-6	VME France for propanoic acid (79-09-4) (AgBB analogous compound)	31,000		100	300
2,2-dimethylpropanoic acid (pivalic acid)	75-98-9	VME France for propanoic acid (79-09-4) (AgBB analogous compound)	31,000		100	300
Pentanoic acid (n-valeric acid)	109-52-4	VME France for propanoic acid (79-09-4) (AgBB analogous compound)	31,000		100	300

Chemical compound	CAS No	Observations	Source value ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	CMR	FS	French CLI ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
Hexanoic acid	142-62-1	VME France for propanoic acid (79-09-4) (AgBB analogous compound)	31,000		100	300
Heptanoic acid	111-14-8	VME France for propanoic acid (79-09-4) (AgBB analogous compound)	31,000		100	300
Octanoic acid	124-07-2	VME France for propanoic acid (79-09-4) (AgBB analogous compound)	31,000		100	300
2-Ethylhexanoic acid	149-57-5	USA OEL (ACGIH TWA)	5,000	R3	1,000	5 no traces measured analytically
<b>10. Esters and Lactones</b>						
Isopropylacetate	108-21-4	MAK-AGS Germany	420,000		100	4,200
Propyl acetate	109-60-4	MAK Germany	420,000		100	4,200
2-Methoxy-1-methylethylacetate	108-65-6	MAK Germany	270,000		100	2,700
n-Butyl formate	592-84-7	MAK Germany for methyl formate (107-31-3) (AgBB analogous compound)	120,000		100	1,200
Methyl methacrylate	80-62-6	Health Canada HTV	52		1	50
Other methacrylates		Health Canada HTV for methyl methacrylate (80-62-6) (AgBB analogous compound)	52		1	50
Isobutyl acetate	110-19-0	MAK Germany	480,000		100	4,800
Butyl acetate	123-86-4	MAK Germany	480,000		100	4,800
2-Ethylhexyl acetate	103-09-3	MAK Germany for 2-ethyl-1-hexanol (104-76-7) (AgBB analogous compound)	110,000		100	1,100
Methyl acrylate	96-33-3	MAK Germany	18,000		100	200
Ethyl acrylate	140-88-5	VME France	20,000		100	200
n-Butyl acrylate	141-32-2	VME France	11,000		100	100
2-Ethylhexyl acrylate	103-11-7	MAK Germany	38,000		100	400
Other acrylates		VME France for n-butyl acrylate (141-32-2) (AgBB analogous compound)	11,000		100	100
Dimethyl adipate	627-93-0	AgBB expert's decision*	50		1	50
Dibutyl fumarate	105-75-9	AgBB expert's decision*			1	
Dimethyl succinate	106-65-0	AgBB expert's decision*	50		1	50
Dimethyl glutarate	1119-40-0	AgBB expert's decision*	50		1	50
Hexanediol diacrylate	13048-33-4	USA OEL (AIHA WEEL TWA)	1,000		100	10
Butyrolactone	96-48-0	Danish OEL	176,000		100	1,800
Methyl formate	107-31-3	MAK Germany	120,000		100	1,200
Linalyl acetate	115-95-7	MAK Germany vinyl acetate (108-05-4) (ECA analogous compound)	18,000		100	200
<b>11. Halogenated Hydrocarbons</b>						
Tetrachloroethylene	127-18-4	WHO AQG	250	C3	1	250
Tetrachloromethane (carbon tetrachloride)	56-23-5	Afsset HTV	36	C3	1	35
1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	ATSDR HTV	60	C3	1	60

## Agreed EU-LCI values

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Status of EU-LCI value	Year of adoption
<b>1</b>		<b><i>Aromatic hydrocarbons</i></b>			
1-1	108-88-3	Toluene	<a href="#">2900</a>	Derived EU-LCI	2013
1-2	100-41-4	Ethylbenzene	<a href="#">850</a>	Derived EU-LCI	2013
1-3	1330-20-7 106-42-3 108-38-3 95-47-6	Xylene (o-, m-, p-) and mix of o-, m- and p-xylene isomers	<a href="#">500</a>	Derived EU-LCI	2013
1-4	98-82-8	Isopropylbenzene (cumene)	<a href="#">1700</a>	Derived EU-LCI	2017
1-5	103-65-1	n-Propylbenzene	<a href="#">950</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
1-6	108-67-8 95-63-6 526-73-8	Trimethylbenzene (1,2,3-,1,2,4-,1,3,5-)	<a href="#">450</a>	Derived EU-LCI	2013
1-7	611-14-3	2-Ethyltoluene	<a href="#">550</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2014
1-8	527-84-4 535-77-3 99-87-6 25155-15-1	Cymene (o-, m-, p-) (1-isopropyl-2(3,4)-methylbenzene) and mix of o-, m-, and p-cymene	1000	Ascribed EU-LCI	2013
1-9	95-93-2	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	<a href="#">250</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2016
1-10	104-51-8	n-Butylbenzene	<a href="#">1100</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2014
1-11	99-62-7 100-18-5	Diisopropylbenzene (1,3-, 1,4-)	<a href="#">750</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
1-12	2189-60-8	Phenyl octane and isomers	<a href="#">1100</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
1-16	100-42-5	Styrene	<a href="#">250</a>	Derived EU-LCI	2013
1-17	98-83-9	2-Phenylpropene ( $\alpha$ -methylstyrene)	<a href="#">1200</a>	Derived EU-LCI	2018
1-18	637-50-3	1-Propenyl benzene ( $\beta$ -methyl styrene)	<a href="#">1200</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2019
1-20	611-15-4 100-80-1 622-97-9 25013-15-4	Vinyl toluene (o-, m-, p-) and mix of o-, m-, and p-vinyl toluene	<a href="#">1200</a>	Derived EU-LCI	2018
1-23	91-20-3	Naphthalene	<a href="#">10</a>	Derived EU-LCI	2015
1-24	91-17-8	Decahydronaphthalene	<a href="#">200</a>	Derived EU-LCI	2019
1-25	95-13-6	Indene	450	Ascribed EU-LCI	2013
<b>2</b>		<b><i>Saturated aliphatic hydrocarbons (n-, iso- and cyclo-)</i></b>			
2-1	110-54-3	n-Hexane	<a href="#">4300</a>	Derived EU-LCI	2016
2-2	110-82-7	Cyclohexane	6000	Ascribed EU-LCI	2013
2-3	108-87-2	Methyl cyclohexane	8100	Ascribed EU-LCI	2013
2-4	142-82-5	n-Heptane	<a href="#">15000</a>	Derived EU-LCI	2018

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI (µg/m <sup>3</sup> )	Status of EU-LCI value	Year of adoption
2-5		Other saturated aliphatic hydrocarbons C6-C8	<a href="#">14000</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
2-6		Other saturated aliphatic hydrocarbons C9-C16	6000	Ascribed EU-LCI	2013
<b>3</b>		<b>Terpenes</b>			
3-1	498-15-7	3-Carene	1500	Ascribed EU-LCI	2013
3-2	80-56-8	α-Pinene	<a href="#">2500</a>	Derived EU-LCI	2013
3-3	127-91-3	β-Pinene	1400	Ascribed EU-LCI	2013
3-4	138-86-3 5989-27-5 5989-54-8	Limonene	<a href="#">5000</a>	Derived EU-LCI	2014
3-5		Other terpene hydrocarbons	1400	Ascribed EU-LCI	2013
<b>4</b>		<b>Aliphatic alcohols</b>			
4-1	75-65-0	2-Methyl-2-propanol (tert-butanol)	620	Ascribed EU-LCI	2013
4-2	78-83-1	2-Methyl-1-propanol	<a href="#">11000</a>	Derived EU-LCI	2016
4-3	71-36-3	1-Butanol	3000	Ascribed EU-LCI	2013
4-4	71-41-0 30899-19-5 94624-12-1 6032-29-7 584-02-1 137-32-6 123-51-3 598-75-4 75-85-4 75-84-3	1-Pentanol (all isomers)	730	Ascribed EU-LCI	2013
4-5	111-27-3	1-Hexanol	2100	Ascribed EU-LCI	2013
4-6	108-93-0	Cyclohexanol	2000	Ascribed EU-LCI	2013
4-7	104-76-7	2-Ethyl-1-hexanol	<a href="#">300</a>	Derived EU-LCI	2014
4-8	111-87-5	1-Octanol	<a href="#">1700</a>	Derived EU-LCI	2016
4-9	123-42-2	4-Hydroxy-4-methyl-pentane-2-on (diacetone alcohol)	960	Ascribed EU-LCI	2013
<b>5</b>		<b>Aromatic alcohols</b>			
5-1	108-95-2	Phenol	<a href="#">70</a>	Derived EU-LCI	2017
5-2	128-37-0	BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol)	100	Ascribed EU-LCI	2013
5-3	100-51-6	Benzyl alcohol	440	Ascribed EU-LCI	2013
<b>6</b>		<b>Glycols, glycol ethers, glycol esters</b>			
6-1	107-21-1	Ethandiol (ethylenglykol)	<a href="#">3400</a>	Derived EU-LCI	2016
6-2*	96-49-1	Ethylene carbonate	<a href="#">4800</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2020
6-3	7397-62-8	Butyl glycolate	<a href="#">900</a>	Derived EU-LCI	2019
6-4	111-46-6	Diethylene glycol	<a href="#">5700</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2016

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Status of EU-LCI value	Year of adoption
6-5	57-55-6	Propylene glycol (1,2-dihydroxypropane)	<a href="#">2100</a>	Derived EU-LCI	2016
6-7	623-84-7	Propylene glycol diacetate	<a href="#">1600</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
6-8	110-98-5 25265-71-8	Dipropylene glycol	670	Ascribed EU-LCI	2013
6-9	110-63-4	1,4-Butanediol	2000	Ascribed EU-LCI	2013
6-10	107-41-5	Hexylene glycol (2-methyl-2,4-pentanediol)	<a href="#">3500</a>	Derived EU-LCI	2018
6-11	6846-50-0	2,2,4-Trimethylpentanediol diisobutyrate	<a href="#">1300</a>	Derived EU-LCI	2018
6-12	109-86-4	Ethylene glycol monomethyl ether (2-methoxyethanol)	<a href="#">100</a>	Derived EU-LCI	2018
6-13	110-49-6	2-Methoxyethyl acetate	<a href="#">150</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
6-14*	110-71-4	1,2-Dimethoxyethane	<a href="#">100</a>	Derived EU-LCI	2020
6-15	111-96-6	Diethylene glycol dimethyl ether (1-methoxy-2-(2-methoxy-ethoxy)-ethane)	28	Ascribed EU-LCI	2013
6-16	25265-77-4	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate	<a href="#">850</a>	Derived EU-LCI	2018
6-17	109-59-1	Ethylene glycol isopropylether (2-methylethoxyethanol)	220	Ascribed EU-LCI	2013
6-18	112-49-2	Triethylene glycol-dimethyl ether	<a href="#">150</a>	Derived EU-LCI	2019
6-19	110-80-5	Ethylene glycol monoethyl ether (2-ethoxyethanol)	<a href="#">600</a>	Derived EU-LCI	2016
6-20	111-15-9	2-Ethoxyethyl acetate	<a href="#">900</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2016
6-21*	629-14-1	1,2-Diethoxyethane	<a href="#">150</a>	Derived EU-LCI	2020
6-22	111-90-0	Diethylene glycol monoethyl ether (2-(2-ethoxyethoxy)ethanol)	350	Ascribed EU-LCI	2013
6-23	2807-30-9	Ethylene glycol monoisopropyl ether (2-propoxyethanol)	860	Ascribed EU-LCI	2013
6-24	111-76-2	Ethylene glycol monobutylether (2-butoxyethanol)	<a href="#">1600</a>	Derived EU-LCI	2016
6-25	112-07-2	2-Butoxyethyl acetate	<a href="#">2200</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2016
6-26	112-34-5	Diethylene glycol monobutylether	<a href="#">350</a>	Derived EU-LCI	2019
6-27	124-17-4	Diethylene glycol monomethyl ether acetate (butyldiglykolacetate, 2-(2-butoxyethoxy) ethyl acetate)	850	Ascribed EU-LCI	2013
6-28	122-99-6	2-Phenoxyethanol	<a href="#">60</a>	Derived EU-LCI	2016
6-29	112-25-4	Ethylene glycol n-hexyl ether (2-hexoxyethanol)	<a href="#">900</a>	Derived EU-LCI	2019
6-30	112-59-4	Diethylene glycol n-hexyl ether (2-(2-hexoxyethoxy)-ethanol)	<a href="#">400</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2019
6-31	107-98-2	Propylene glycol monomethyl ether (1-methoxy-2-propanol)	<a href="#">7900</a>	Derived EU-LCI	2018
6-32	1589-47-5	1-Propylene glycol 2-methyl ether (2-methoxy-1-propanol)	19	Ascribed EU-LCI	2013
6-33	70657-70-4	1-Propylene glycol 2-methyl ether acetate (2-methoxy-1-propyl acetate)	28	Ascribed EU-LCI	2013
6-34	7778-85-0	1,2-Propylene glycol dimethyl ether	<a href="#">500</a>	Derived EU-LCI	2019
6-35	34590-94-8	Dipropylene glycol monomethyl ether	3100	Ascribed EU-LCI	2013

## December 2020

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI (µg/m <sup>3</sup> )	Status of EU-LCI value	Year of adoption
6-36	88917-22-0	Dipropylene glycol monomethyl ether acetate	<u>950</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2019
6-37	29911-27-1	Dipropylene glycol mono-n-propylether	<u>200</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2019
6-38	29911-28-2 35884-42-5 132739-31-2	Dipropylene glycol mono-n(t)-butylether	<u>250</u>	Derived EU-LCI	2019
6-39	20324-33-8 25498-49-1	Tripropylene glycol mono-methylether	<u>1200</u>	Derived EU-LCI	2018
6-40	63019-84-1 89399-28-0 111109-77-4	Dipropylene glycol dimethyl ether	1300	Ascribed EU-LCI	2013
6-43	5131-66-8 29387-86-8 15821-83-7 63716-40-5	1,2-Propylene glycol n-butylether	<u>650</u>	Derived EU-LCI	2018
6-44	104-68-7	Diethylene glycol phenylether	<u>80</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2019
6-45*	126-30-7	Neopentyl glycol	<u>8700</u>	Derived EU-LCI	2020
<b>7</b>		<b>Aldehydes</b>			
7-1	50-00-0	Formaldehyde	<u>100</u>	Derived EU-LCI	2016
7-2*	75-07-0	Acetaldehyde	<u>300</u>	Derived EU-LCI	2020
7-3	123-38-6	Propanal	<u>650</u>	Derived EU-LCI	2018
7-4	123-72-8	Butanal	<u>650</u>	Derived EU-LCI	2013
7-5	110-62-3	Pentanal	<u>800</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
7-6	66-25-1	Hexanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
7-7	111-71-7	Heptanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
7-8	123-05-7	2-Ethyl-hexanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
7-9	124-13-0	Octanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
7-10	124-19-6	Nonanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
7-11	112-31-2	Decanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2013
7-12	4170-30-3 123-73-9 15798-64-8	2-Butenal (crotonaldehyd)	<u>5</u>	Derived EU-LCI	2015
7-13	1576-87-0 764-39-6 31424-04-1	2-Pentenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2015
7-14	6728-26-3 505-57-7 16635-54-4 1335-39-3 73543-95-0	Hexenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2015
7-15	2463-63-0 18829-55-5 57266-86-1 29381-66-6	2-Heptenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2015



No.	CAS no.	Compound	EU-LCI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Status of EU-LCI value	Year of adoption
7-16	2363-89-5 2548-87-0 25447-69-2 20664-46-4	2-Octenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2015
7-17	2463-53-8 18829-56-6 60784-31-8	2-Nonenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2015
7-18	3913-71-1 2497-25-8 3913-81-3	2-Decenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2015
7-19	2463-77-6 53448-07-0 1337-83-3	2-Undecenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2015
7-20	98-01-1	Furfural	<u>10</u>	Derived EU-LCI	2017
7-21	111-30-8	Glutaraldehyde	<u>1</u>	Derived EU-LCI	2018
<b>8</b>		<b>Ketones</b>			
8-1	78-93-3	2-Butanone (ethylmethylketone)	<u>20000</u>	Derived EU-LCI	2016
8-2	563-80-4	3-Methyl-2-butanone	7000	Ascribed EU-LCI	2013
8-3	108-10-1	4-Methyl-2-pentanone (methylisobutylketone)	<u>1000</u>	Derived EU-LCI	2016
8-4*	120-92-3	Cyclopentanone	<u>1200</u>	Derived EU-LCI	2020
8-5	108-94-1	Cyclohexanone	410	Ascribed EU-LCI	2013
8-6*	1120-72-5	2-Methylcyclopentanone	<u>1400</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2020
8-7	583-60-8	2-Methylcyclohexanone	2300	Ascribed EU-LCI	2013
8-8	98-86-2	Acetophenone	490	Ascribed EU-LCI	2013
8-9	116-09-6	1-Hydroxyacetone (1-hydroxy-2-propanone)	<u>2100</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2019
8-10	67-64-1	Acetone	<u>120000</u>	Derived EU-LCI	2018
<b>9</b>		<b>Acids</b>			
9-1	64-19-7	Acetic acid	<u>1200</u>	Derived EU-LCI	2016
9-2	79-09-4	Propionic acid	<u>1500</u>	Derived EU-LCI	2016
9-3	79-31-2	Isobutanoic acid (isobutyric acid)	<u>1800</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
9-4	107-92-6	Butanoic acid (butyric acid)	<u>1800</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
9-5	75-98-9	2,2-Dimethylpropanoic acid (pivalic acid)	<u>2100</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
9-6	109-52-4	n-Pentanoic acid (valeric acid)	<u>2100</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
9-7	142-62-1	n-Hexanoic acid (caproic acid)	<u>2100</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
9-8	111-14-8	n-Heptanoic acid	<u>2100</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
9-9	124-07-2	n-Octanoic acid	<u>2100</u>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
9-10	149-57-5	2-Ethylhexanoic acid	<u>150</u>	Derived EU-LCI	2014
<b>10</b>		<b>Ester</b>			

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Status of EU-LCI value	Year of adoption
10-1	108-21-4	Propyl acetate (n-, iso-)	4200	Ascribed EU-LCI	2013
10-2	108-65-6	2-Methoxy-1-methylethyl acetate	<a href="#">650</a>	Derived EU-LCI	2019
10-5	80-62-6	Methyl methacrylate	<a href="#">750</a>	Derived EU-LCI	2016
10-7	110-19-0	Isobutyl acetate	4800	Ascribed EU-LCI	2013
10-8	123-86-4	n-Butyl acetate	4800	Ascribed EU-LCI	2013
10-9	103-09-3	2-Ethylhexyl acetate	<a href="#">350</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2018
10-10	96-33-3	Methyl acrylate	180	Ascribed EU-LCI	2013
10-11	140-88-5	Ethyl acrylate	200	Ascribed EU-LCI	2013
10-12	141-32-2	n-Butyl acrylate	110	Ascribed EU-LCI	2013
10-13	103-11-7	2-Ethylhexyl acrylate	380	Ascribed EU-LCI	2013
10-14		Other acrylates (acrylic acid esters)	110	Ascribed EU-LCI	2013
10-15	627-93-0	Dimethyl adipate	50	Ascribed EU-LCI	2013
10-16*	106-65-0	Dimethyl succinate	20	Derived EU-LCI	2020
10-17*	1119-40-0	Dimethyl glutarate	25	Derived EU-LCI	2020
10-18*	71195-64-7	Diisobutyl glutarate	<a href="#">35</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2020
10-19*	925-06-4	Diisobutyl succinate	<a href="#">35</a>	Derived EU-LCI (read-across)	2020
10-20	105-75-9	Dibutyl fumarate	50	Ascribed EU-LCI	2013
10-21	105-76-0	Maleic acid dibutylester	50	Ascribed EU-LCI	2013
10-22	13048-33-4	Hexamethylene diacrylate	10	Ascribed EU-LCI	2013
10-23	96-48-0	Butyrolactone	<a href="#">2800</a>	Derived EU-LCI	2018
<b>11</b>		<b>Chlorinated hydrocarbons</b>			
11-1	127-18-4	Tetrachloroethene	<a href="#">80</a>	Derived EU-LCI	2018
11-3	106-46-7	1,4-Dichlorobenzene	<a href="#">150</a>	Derived EU-LCI	2013
<b>12</b>		<b>Others</b>			
12-1	123-91-1	1,4-Dioxane	<a href="#">400</a>	Derived EU-LCI	2015
12-2	105-60-2	Caprolactame	<a href="#">300</a>	Derived EU-LCI	2013
12-3	872-50-4	N-Methyl-2-pyrrolidone	<a href="#">1800</a>	Derived EU-LCI	2016
12-4	556-67-2	Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	1200	Ascribed EU-LCI	2013
12-7	100-97-0	Hexamethylenetetramine	30	Ascribed EU-LCI	2013
12-8	96-29-7	2-Butanonoxime	<a href="#">15</a>	Derived EU-LCI	2015
12-9	126-73-8	Tributyl phosphate	<a href="#">300</a>	Derived EU-LCI	2016
12-11	26172-55-4	5-Chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-one (CIT)	1	Ascribed EU-LCI	2013
12-12	2682-20-4	2-Methyl-4-isothiazolin-3-one (MIT)	100	Ascribed EU-LCI	2013
12-13	121-44-8	Triethylamine	<a href="#">60</a>	Derived EU-LCI	2017
12-14	109-99-9	Tetrahydrofuran	<a href="#">500</a>	Derived EU-LCI	2018
12-17	2687-91-4	N-Ethyl-2-pyrrolidone	<a href="#">400</a>	Derived EU-LCI	2016

\* new or altered