



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΝΣΗ**  
**ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**  
**ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ**

**ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ**  
**ΝΟΥΛΑ ΑΝΤΙΓΟΝΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**  
**ΚΑΘ. ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΜΠΑΡΤΖΗΣ**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΝΣΗ  
ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ  
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ**

**ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ**

**ΝΟΥΛΑ ΑΝΤΙΓΟΝΗ**

Η Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας και κατατέθηκε τον Ιούλιο του 2011.

Την επιτροπή αξιολόγησης αποτέλεσαν οι κύριοι:

- ❖ Ιωάννης Μπάρτζης  
Καθηγητής Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων  
Μηχανικών (επιβλέπων καθηγητής)
  
- ❖ Ευστάθιος Κικκινίδης  
Καθηγητής Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων  
Μηχανικών
  
- ❖ Γεώργιος Μαρνέλλος  
Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων  
Μηχανικών





## Περίληψη

Η ποιότητα αέρα των εσωτερικών χώρων (Indoor Air Quality, IAQ) και οι εκπομπές από τα οικοδομικά υλικά έχουν γίνει τις τελευταίες δεκαετίες μια μεγάλη πρόκληση για τους επιστήμονες, τη βιομηχανία και τους καταναλωτές.

Στην παρούσα μελέτη εξετάζονται δύο οικοδομικά υλικά εσωτερικού χώρου, MDF και Laminate, ως προς τις εκπομπές τους (VOC, TVOC, VVOC). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε ένα μικρής κλίμακας θάλαμο δοκιμών, CLIMPAQ (50,9 L) σύμφωνα με τη μέθοδο Nordtest NT Build 482, τα πρότυπα ISO 16000 και το ECA Report No. 18. Δείγματα αέρα λήφθηκαν στις 24 ώρες, 3 και 28 ημέρες από την εισαγωγή των δειγμάτων δοκιμής στο θάλαμο. Η ανάλυση των δειγμάτων αυτών έγινε με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (GC-MS) και υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC). Εν συνεχεία τα υλικά αυτά αξιολογήθηκαν με βάση πέντε ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης, ECA Report No. 18, AgBB, AFSSET, M1 και LQAI. Στο υλικό MDF ταυτοποιήθηκαν οι παρακάτω ενώσεις: βενζόλιο, τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο, p+m ξυλένιο, ο-ξυλένιο, α-πινένιο, d-λιμονένιο, ακρολεΐνη, κροτοναλδεΐδη, μεθακρολεΐνη, m-τολουαλδεΐδη, φορμαλδεΐδη, ακεταλδεΐδη, ακετόνη, προπιοναλδεΐδη και βουτυραλδεΐδη. Στο Laminate ταυτοποιήθηκαν οι παρακάτω ενώσεις: βενζόλιο, τολουόλιο, οκτάνιο, αιθυλοβενζόλιο, p+m ξυλένιο, ο-ξυλένιο, α-πινένιο, 1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο, 1,2,3-τριμεθυλοβενζόλιο, d-λιμονένιο, εξανάλη, φορμαλδεΐδη, ακεταλδεΐδη και ακετόνη. Ακολούθως και σύμφωνα με την αξιολόγηση των δύο υλικών με βάση τα πέντε ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης διαπιστώθηκε ότι το MDF ικανοποιεί επαρκώς τα κριτήρια που θέτουν τα ECA Report No. 18, AgBB, AFSSET και LQAI με εξαίρεση το M1 ενώ το Laminate ότι ικανοποιεί επαρκώς μόνο τα κριτήρια που θέτει η AFSSET.



## Ευχαριστίες

Με αφορμή την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κ. Ιωάννη Γ. Μπάρτζη για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και για την ευκαιρία που μας έδωσε να μελετήσουμε ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, καθώς και την υποψήφια Δρ. Δάφνη Α. Μήσσια για τη συμβολή της στη διαμόρφωση της εργασίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, το οποίο σχετίζεται με τη μελέτη και έρευνα περιβαλλοντικών προβλημάτων καθώς και την ανάπτυξη διεργασιών αντιρρυπαντικής τεχνολογίας με έμφαση σε ενεργειακά θέματα. Θα θέλαμε επίσης να εκφράσουμε τις θερμές ευχαριστίες μας στον Υπεύθυνο του Εργαστηρίου, Δρ. Τόλη Ευάγγελο, για τη συμβολή του στην υλοποίηση του πειραματικού μέρους της διπλωματικής εργασίας στο χώρο του Εργαστηρίου καθώς και για τη συνολική του υποστήριξη.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας και τους στενούς μας φίλους για την ενθάρρυνση και τη συμπαράστασή που μας έδειξαν όλο αυτόν τον καιρό.

Αγγελοπούλου Χριστίνα  
Νούλα Αντιγόνη  
Κοζάνη, 2011



# Περιεχόμενα

<b>1. Εισαγωγή</b> .....	19
Βιβλιογραφία, Αναφορές.....	20
<b>2. Ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου και οικοδομικά υλικά</b> .....	21
2.1. Ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου.....	21
2.2. Ρύποι εσωτερικού χώρου - Πτητικές Οργανικές Ενώσεις.....	23
2.2.1. Ορισμός των πτητικών οργανικών ενώσεων.....	23
2.2.1.1. Πηγές εκπομπής πτητικών οργανικών ενώσεων.....	26
2.2.1.2. Μεθοδολογία μετρήσεων αέριας ρύπανσης σε εσωτερικούς χώρους.....	29
2.3. Οικοδομικά υλικά.....	30
2.4. Επιπτώσεις των ρύπων εσωτερικού χώρου στην υγεία.....	36
2.4.1. Σύνδρομο Άρρωστου Κτιρίου (Sick Building Syndrome).....	36
2.4.2. Σύνδρομο πολλαπλής χημικής ευαισθησίας (Multiple Chemical Sensitivity).....	38
2.4.3. Αλλεργίες.....	38
2.4.4. Ασθένεια που προκαλούν τα κτίρια ( Building Related Illness).....	38
2.4.5. Επιπτώσεις των ρύπων εσωτερικού χώρου στο αναπνευστικό σύστημα.....	39
Βιβλιογραφία, Αναφορές.....	41
<b>3. Ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης οικοδομικών υλικών</b> .....	43
3.1. Εισαγωγή.....	43
3.2. Η εξέλιξη των συστημάτων πιστοποίησης.....	44
3.3. Συστήματα σήμανσης (Labelling systems).....	47
3.3.1. Αναφορά ECA No. 18.....	48
3.3.2. Σύστημα AgBB.....	49
3.3.3. Σύστημα AFSSET.....	50
3.3.4. Σύστημα CESAT.....	51
3.3.5. Σύστημα M1 (Material Class 1).....	52
3.3.6. Σύστημα Indoor Climate Label (ICL).....	53
3.3.7. Σύστημα LQAI.....	54
3.3.8. Σύστημα Natureplus.....	55
3.3.9. Σύστημα Blue Angel.....	55
3.3.10. Σύστημα Austrian Ecolabel.....	57
3.3.11. Σύστημα EMICODE από τη GEV για κόλλες και συναφή υλικά.....	57
3.3.12. Σύστημα GUT για τάπητες.....	58
3.3.13. The Scandinavian Trade Standards.....	59
Βιβλιογραφία, Αναφορές.....	63
<b>4. Οικολογική σήμανση (eco-labelling) και Ελλάδα</b> .....	65
4.1. Οικολογική σήμανση (eco-labelling).....	65
4.2. Περιβαλλοντικά εργαλεία και μέσα.....	68
4.2.1. Ευρωπαϊκό Οικολογικό Σήμα Ecolabel.....	68
4.2.2. Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου (Eco-Management and Audit Scheme, EMAS).....	69
4.3. Η Απονομή του Οικολογικού Σήματος στην Ελλάδα.....	72
4.3.1. Το Ανώτατο Συμβούλιο Απονομής Οικολογικού Σήματος (ΑΣΑΟΣ).....	72
4.3.2. Ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).....	75

Βιβλιογραφία, Αναφορές.....	76
<b>5. The INDEX and BUMA project.....</b>	<b>77</b>
5.1. The INDEX project.....	77
5.1.1. Εισαγωγή και καθορισμός στόχων.....	77
5.1.2. Μεθοδολογία.....	78
5.2. The BUMA project.....	89
5.2.1. Εισαγωγή.....	89
5.2.2. Στόχοι.....	89
5.2.3. Βάση δεδομένων εκπομπής του προγράμματος BUMA.....	90
5.2.4. Μετρήσεις.....	91
5.2.5. Θάλαμοι δοκιμών.....	92
5.2.6. Ειδικό σύστημα μοντελοποίησης της έκθεσης.....	94
5.2.7. Σύστημα καθορισμού προτεραιοτήτων.....	94
5.2.8. Καλύτερη πρακτική καθοδήγηση.....	96
5.2.9. Τελικές παρατηρήσεις και συστάσεις.....	96
Βιβλιογραφία, Αναφορές.....	98
<b>6. Πειραματικές μέθοδοι και ανάλυση δειγμάτων.....</b>	<b>99</b>
6.1. Πρότυπα ISO.....	99
6.1.1. ISO 16000-3:2001.....	99
6.1.2. ISO 16000-6:2004.....	99
6.1.3. ISO 16000-9:2006.....	100
6.1.4. ISO 16000-11:2006.....	100
6.2. Μέθοδος Nordtest: Έλεγχος εκπομπών με τη χρήση CLIMPAQ.....	102
6.2.1. Εισαγωγή.....	102
6.2.2. Σκοπός.....	103
6.2.3. Πεδίο εφαρμογής.....	103
6.2.4. Ορισμοί.....	104
6.2.5. Συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση των δειγμάτων.....	105
6.2.6. Μέθοδος του πειράματος.....	106
6.2.7. Προετοιμασία του θαλάμου δοκιμών για το πείραμα εκπομπών.....	107
6.2.8. Διαδικασία δοκιμής.....	108
6.2.9. Έλεγχος ποιότητας.....	108
6.2.10. Έκφραση των αποτελεσμάτων.....	110
6.3. Μετρήσεις αισθητηριακού ερεθισμού.....	111
6.4. Μέθοδοι ανάλυσης των δειγμάτων.....	113
6.4.1. Η μέθοδος της χρωματογραφίας.....	113
6.4.2. Συνδυασμός αέριας χρωματογραφίας και φασματομετρία μάζας.....	114
6.4.3. Χρωματογραφικοί παράμετροι.....	114
6.5. Αέρια Χρωματογραφία-Φασματομετρία Μάζας.....	115
6.5.1. Αέρια Χρωματογραφία (Gas Chromatography, GC).....	115
6.5.2. Φασματομετρία μαζών (Mass spectrometry).....	124
6.5.3. Προσδιορισμός.....	128
6.6. Υγρή χρωματογραφία.....	130
6.6.1. Γενικά.....	130
6.6.2. Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης.....	130
Βιβλιογραφία, Αναφορές.....	136
<b>7. Περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας.....</b>	<b>137</b>

7.1. Εισαγωγή.....	137
7.2. Επιλογή δειγμάτων υλικών.....	137
7.3. Περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας.....	139
7.3.1. Εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.....	139
7.3.2. Επιλογή περιβαλλοντικών παραμέτρων πειράματος.....	143
7.3.3. Συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση δειγμάτων.....	143
7.3.4. Προετοιμασία θαλάμου για τη μέτρηση των εκπομπών.....	144
7.3.5. Διαδικασία δειγματοληψίας.....	145
7.3.6. Συνολική διαδικασία ανάλυσης δειγμάτων.....	149
7.3.6.1. Ανάλυση δειγμάτων VOC.....	149
7.3.6.2. Ανάλυση δειγμάτων καρβονυλικών ενώσεων.....	155
<b>8. Αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας.....</b>	<b>161</b>
8.1. Αποτελέσματα του υλικού MDF.....	162
8.2. Αποτελέσματα του υλικού Laminate.....	168
8.3. Σύγκριση με άλλες μελέτες.....	173
<b>9. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των MDF και Laminate με βάση τα ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης.....</b>	<b>175</b>
9.1. Εισαγωγή.....	175
9.2. Αξιολόγηση των MDF και Laminate με βάση τα πέντε ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης.....	176
9.2.1. Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του ECA Report No. 18.....	176
9.2.1.1. Αξιολόγηση του MDF με βάση το ECA Report No. 18.....	178
9.2.1.2. Αξιολόγηση του Laminate με βάση το ECA Report No. 18.....	179
9.2.2. Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος AgBB.....	181
9.2.2.1. Αξιολόγηση του MDF με βάση το σύστημα AgBB.....	183
9.2.2.2. Αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα AgBB.....	184
9.2.3. Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος AFSSET.....	186
9.2.3.1. Αξιολόγηση του MDF με βάση το σύστημα AFSSET.....	188
9.2.3.2. Αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα AFSSET.....	189
9.2.4. Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος M1.....	191
9.2.4.1. Αξιολόγηση του MDF με βάση το σύστημα M1.....	192
9.2.4.2. Αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα M1.....	193
9.2.5. Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος LQAI.....	194
9.2.5.1. Αξιολόγηση του MDF με βάση το σύστημα LQAI.....	196
9.2.5.2. Αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα LQAI.....	197
Βιβλιογραφία, Αναφορές.....	200
<b>10. Συμπεράσματα.....</b>	<b>201</b>
<b>Παράρτημα I</b> Ευρωπαϊκά και άλλα Συστήματα Πιστοποίησης.....	<b>Π-2</b>
<b>Παράρτημα II</b> Ευρωπαϊκές και Ελληνικές νομικές πράξεις για την οικολογική σήμανση.....	<b>Π-7</b>
<b>Παράρτημα III</b> Κατηγοριοποίηση ενώσεων που σχετίζονται με την καρκινογένεση σύμφωνα με τον IARC (Οδηγία 67/548/EEC).....	<b>Π-9</b>
<b>Παράρτημα IV</b> Λίστα με τις τιμές NIK, CLI, LCI των συστημάτων AgBB, AFSSET και Eca Report No. 18 αντίστοιχα.....	<b>Π-26</b>





# ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ

**ΑΣΑΟΣ** Ανώτατο Συμβούλιο Απονομής Οικολογικού Σήματος

**Γ.Ο.Κ.** Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός

**ΕΕ** Ευρωπαϊκή Ένωση

**ΕΛΟΤ** Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης

**ΦΕΚ** Φύλλα Εφημερίδας της Κυβερνήσεως

**Π.Δ.** Προεδρικό διάταγμα

**AFSSET** Agence Française de Sécurité Sanitaire de l' Environnement et du Travail (French Agency for Environmental and Occupational Health Safety, Γαλλική Υπηρεσία για την Περιβαλλοντική και Επαγγελματική Υγεία και Ασφάλεια)

**AgBB** Aussechuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (Committee for Health-related Evaluation of Building Products, Επιτροπή για Αξιολόγηση Οικοδομικών Προϊόντων που σχετίζονται με την υγεία)

**BFR** Federal Institute for Risk Assessment

**BRI** Building Related Illness

**BTEX** Benzene- Toluene -Ethylbenzene -Xylenes

**BUMA** BUilding Materials

**CEC** Commission for Environmental Cooperation

**CEN** Comité Européen de Normalisation (European Standardization Organization)

**CESAT** Comité Environnement- Santé de l' Avis Technique (Environmental and Health Committee for Technical Assessments, Επιτροπή Περιβάλλοντος και Υγείας για Τεχνικές Διαδικασίες)

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

**CPD** Construct Product Directive

**DIBt** Deutsches Institut für Bautechnik (Γερμανικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Κατασκευών)

**DICL** Danish Indoor Climate Labelling

**ECA** European Collaborative Action

**EEC** European Economic Community

**EMAS** Eco-Management and Audit Scheme

**EPA** Environmental Protection Agency

**FiSIAQ** Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate

**FLEC** Field and Laboratory Emission Cell

**GC** Gas Chromatography

**GEN** Global Ecolabel Network

**GUT** Gemeinschaft Umweltfreundlicher Teppichboden (Ένωση για τους φιλικούς προς το περιβάλλον τάπητες)

**HPLC** High Performance Liquid Chromatography

**IAQ** Indoor Air Quality

**IARC** International Agency for Research on Cancer

**ICL** Indoor Climate Label

**ISO** International Organization for Standardization

**JRC** Joint Research Center

**LC** Liquid Chromatography

**LCI** Lowest Concentrations of Interest

**LQAI** Laboratório da Qualidade do Ar Interior (Εργαστήριο Ποιότητας Εσωτερικού Αέρα)

**MS** Mass Spectrometer

**NIK** Niedrigste Interessierende Konzentration, German LCI

**RAL** Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung (Γερμανικό Ινστιτούτο για τη διασφάλιση της ποιότητας και της σήμανσης)

**RH** Relative Humidity

**SBS** Sick Building Syndrome

**SVOC** Semi-Volatile Organic Compounds

**TVOC** Total Volatile Compounds

**USEPA** Environmental Protection Agency of U.S.A (Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ)

**VOC** Volatile Organic Compounds

**VVOC** Very Volatile Organic Compounds

**WHO** World Health Organization

## Κατάλογος πινάκων

**Πίνακας 2.1:** Σύστημα ταξινόμησης των οργανικών ρύπων εσωτερικών χώρων σύμφωνα με τον WHO

**Πίνακας 2.2:** Ιδιότητες των μετρούμενων καρβονυλικών ενώσεων

**Πίνακας 2.3:** Πιθανές πηγές ρύπων στο εσωτερικό των κτιρίων

**Πίνακας 2.4:** Παραδείγματα ρύπων και των πηγών τους σε εσωτερικού χώρους

**Πίνακας 2.5:** Ρύπανση αέρα εσωτερικών χώρων και πνεύμονες

**Πίνακας 2.6 :** Οριακές τιμές έκθεσης σε εργασιακούς εσωτερικούς χώρους για τον άνθρωπο, σύμφωνα με το Π.Δ. 90/1999

**Πίνακας 3.1:** Σύγκριση των ευρωπαϊκών συστημάτων πιστοποίησης

**Πίνακας 5.1:** Τα 4 βήματα στο χαρακτηρισμό του κινδύνου

**Πίνακας 5.2:** Σχηματικές σχέσεις μεταξύ έρευνας, ανάλυσης της επικινδυνότητας και της διαχείρισης του κινδύνου

**Πίνακας 5.3:** Οι ενώσεις που δημιουργούνται σε εσωτερικούς χώρους και οι οποίες αξιολογήθηκαν και θεωρήθηκαν ως οι πιο επικίνδυνες στις τρεις φάσεις της διαδικασίας προσδιορισμού του κινδύνου

**Πίνακας 6.1:** Τα πρότυπα ISO 16000

**Πίνακας 6.2:** Ειδικός ρυθμός αερισμού και η επιφάνεια του δείγματος

**Πίνακας 7.1:** Χρονοδιάγραμμα δειγματοληψίας για MDF

**Πίνακας 7.2:** Χρονοδιάγραμμα δειγματοληψίας για Laminate

**Πίνακας 7.3:** Ροή αντλιών

**Πίνακας 8.1:** Συνολικά αποτελέσματα συγκεντρώσεων περιβαλλοντικού θαλάμου για το MDF

**Πίνακας 8.2:** Συνολικά αποτελέσματα εκπομπών για το MDF

**Πίνακας 8.3:** Συνολικά αποτελέσματα συγκεντρώσεων περιβαλλοντικού θαλάμου για το Laminate

**Πίνακας 8.4:** Συνολικά αποτελέσματα εκπομπών για το Laminate

**Πίνακας 8.5:** Σύγκριση των αποτελεσμάτων του MDF με άλλες μελέτες

**Πίνακας 8.6:** Σύγκριση των αποτελεσμάτων του Laminate με άλλες μελέτες

**Πίνακας 9.1:** Ταξινόμηση των καρκινογόνων VOC κατηγορίας C1

**Πίνακας 9.2:** Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το ECA Report No. 18

**Πίνακας 9.3:** Αξιολόγηση MDF με το ECA Report No. 18

**Πίνακας 9.4:** Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το ECA Report No. 18

**Πίνακας 9.5:** Αξιολόγηση Laminate με το ECA Report No. 18

**Πίνακας 9.6:** Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το σύστημα AgBB

**Πίνακας 9.7:** Αξιολόγηση MDF με το σύστημα AgBB

**Πίνακας 9.8:** Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το σύστημα AgBB

**Πίνακας 9.9:** Αξιολόγηση Laminate με το σύστημα AgBB

**Πίνακας 9.10:** Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το σύστημα AFSSET

**Πίνακας 9.11:** Αξιολόγηση MDF με το σύστημα AFSSET

**Πίνακας 9.12:** Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το σύστημα AFSSET

**Πίνακας 9.13:** Αξιολόγηση Laminate με το σύστημα AFSSET

**Πίνακας 9.14:** Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το σύστημα M1

**Πίνακας 9.15:** Αξιολόγηση MDF με το σύστημα M1

**Πίνακας 9.16:** Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το σύστημα M1

**Πίνακας 9.17:** Αξιολόγηση Laminate με το σύστημα M1

**Πίνακας 9.18:** Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το σύστημα LQAI

**Πίνακας 9.19:** Αξιολόγηση MDF με το σύστημα LQAI

**Πίνακας 9.20:** Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το σύστημα LQAI

**Πίνακας 9.21:** Αξιολόγηση Laminate με το σύστημα LQAI

**Πίνακας 9.22:** Συνολικό αποτέλεσμα αξιολόγησης

# Κατάλογος σχημάτων

**Σχήμα 2.1:** Το άρρωστο κτίριο

**Σχήμα 6.1:** Σχηματική αναπαράσταση του CLIMPAQ και οι διαστάσεις του

**Σχήμα 6.2:** Ειδικές εγκαταστάσεις για τις αισθητήριες δοκιμές από ομάδες

**Σχήμα 6.3:** Σχηματική αναπαράσταση συστήματος αέριας χρωματογραφίας

**Σχήμα 6.4:** Παγίδες καθαρισμού αερίων της αέριας χρωματογραφίας

**Σχήμα 6.5:** Στήλη πληρώσεως (αριστερά) και τριχοειδής στήλη (δεξιά)

**Σχήμα 6.6:** Ερμηνεία χρωματογραφήματος

**Σχήμα 6.7:** Ενδεικτικό χρωματογράφημα αέριας χρωματογραφίας

**Σχήμα 6.8:** Σχηματική αναπαράσταση συστήματος υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης

**Σχήμα 6.9** Στήλες χρωματογραφίας της HPLC

**Σχήμα 6.10** Ενδεικτικό χρωματογράφημα υγρής χρωματογραφίας

**Σχήμα 6.11:** Σύστημα υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης

**Σχήμα 7.1:** Δείγμα υλικού MDF

**Σχήμα 7.2:** Δείγμα υλικού Laminate

**Σχήμα 7.3:** Ο θάλαμος CLIMPAQ και τα μέρη του

**Σχήμα 7.4:** Γεννήτρια παροχής μηδενικού αέρα (Zero Air Supply), Thermo SCIENTIFIC Model 1160 (αριστερά), παγίδα που συγκρατεί υδρογονάνθρακες (δεξιά)

**Σχήμα 7.5:** Mass flow controller (έλεγχος ροής του αέρα που διαβιβάζεται στο CLIMPAQ) DELTA BROOKS® (αριστερά), ρυθμιστής του mass flow controller (δεξιά)

**Σχήμα 7.6:** Ρύθμιση της σχετικής υγρασίας του αέρα στο 50%

**Σχήμα 7.7:** Ο θάλαμος CLIMPAQ

**Σχήμα 7.8:** Σωληνάκια δειγματοληψίας VOC με προσροφητικό υλικό Tenax TA®

**Σχήμα 7.9:** Φυσίγγια δειγματοληψίας καρβονυλικών ενώσεων 2,4 δινιτροφαινυλδραζίνη (DNPH)

**Σχήμα 7.10:** Φορητές αντλίες αέρα, Model 222-3 SKC®

**Σχήμα 7.11:** Ροόμετρο φυσαλίδας, Model 303 SKC®

**Σχήμα 7.12:** Ανεμόμετρο θερμού νήματος

**Σχήμα 7.13:** Δείγμα δοκιμής MDF (αριστερά) και δείγμα δοκιμής Laminate (δεξιά)

**Σχήμα 7.14:** Εισαγωγή δείγματος στο θάλαμο CLIMPAQ

**Σχήμα 7.15:** Δειγματοληψία VOC με Tenax TA<sup>®</sup> (αριστερά) και καρβονυλικών ενώσεων με DNPH (δεξιά)

**Σχήμα 7.16:** Βαθμονόμηση αντλιών με Tenax TA<sup>®</sup> (αριστερά) και με DNPH (δεξιά)

**Σχήμα 7.17:** Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας CLIMPAQ

**Σχήμα 7.18:** Σύστημα αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας

**Σχήμα 7.19:** Παροχή φέροντος αερίου, Ήλιο

**Σχήμα 7.20:** Παγίδες καθαρισμού αερίων

**Σχήμα 7.21:** Αυτόματος δειγματολήπτης (ThermoDesorption Autosampler), GERSTEL TDS2

**Σχήμα 7.22:** Σύστημα θερμικής εκρόφησης (ThermoDesorption System), GERSTEL TDS

**Σχήμα 7.23:** Ρυθμιστής θερμοκρασίας για το σύστημα TDS και κρουσπαγίδας

**Σχήμα 7.24:** Φιάλη υγρού αζώτου και το σύστημα (CIS)

**Σχήμα 7.25:** Αναπαράσταση του θαλάμου θέρμανσης της τριχοειδούς στήλης

**Σχήμα 7.26:** Θάλαμος θέρμανσης της τριχοειδούς στήλης (εξωτερικά-εσωτερικά), Agilent Technologies 6890N

**Σχήμα 7.27:** Φασματογράφος μάζας, Agilent Technologies 62579A

**Σχήμα 7.28:** Καταγραφέας

**Σχήμα 7.29:** Εκχύλιση στερεής φάσης (Solid Phase Extraction, SPE)

**Σχήμα 7.30:** Σύστημα υγρής χρωματογραφίας HPLC

**Σχήμα 7.31:** Διαλύτες του υγρού χρωματογράφου

**Σχήμα 7.32:** Αυτόματος δειγματολήπτης

**Σχήμα 7.33:** Αναλυτική στήλη υγρού χρωματογράφου

**Σχήμα 7.34:** Ανιχνευτής υγρού χρωματογράφου (Vis-UV, DAD)

**Σχήμα 7.35:** Καταγραφέας υγρού χρωματογράφου

**Σχήμα 8.1:** Συγκεντρώσεις των TVOC του MDF

**Σχήμα 8.2:** Συγκεντρώσεις των ενώσεων του MDF

**Σχήμα 8.3:** Οι τέσσερις ενώσεις με τις μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων του MDF

**Σχήμα 8.4:** Συγκεντρώσεις των TVOC του Laminate

**Σχήμα 8.5:** Συγκεντρώσεις των ενώσεων του Laminate

**Σχήμα 8.6:** Οι δύο ενώσεις με τις μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων του Laminate

**Σχήμα 9.1:** Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του ECA Report No. 18

**Σχήμα 9.2:** Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος AgBB

**Σχήμα 9.3:** Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος AFSSET

**Σχήμα 9.4:** Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος M1

**Σχήμα 9.5:** Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος LQAI





# 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κτίρια υπάρχουν βασικά για να παρέχουν ένα υγιές και άνετο περιβάλλον στο οποίο οι άνθρωποι μπορούν να ζήσουν και να δουλέψουν. Το εσωτερικό περιβάλλον πρέπει να διατηρείται σε μία άνετη και σταθερή θερμοκρασία, να έχει επαρκή παροχή φρέσκου αέρα και να είναι όσο πιο καθαρό από σωματίδια σκόνης και πηγές ρύπανσης.

Τα τελευταία χρόνια, έχει καταγραφεί ένας μεγάλος αριθμός γεγονότων με ανθρώπους που έχουν προβλήματα υγείας που σχετίζονται με τις οικίες τους ή με τα κτίρια γενικά όπου περνούν αρκετό χρόνο. Αυτού του είδους τα προβλήματα οφείλονται σε μία από αυτές τις καταστάσεις: Σύνδρομο Άρρωστου Κτιρίου (Sick Building Syndrome, SBS) ή ασθένεια που σχετίζεται με τα κτίρια (Building Related Illness, BRI). Έρευνες έχουν δείξει ότι τα οικοδομικά υλικά παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία τέτοιων προβλημάτων υγείας. [1] Στην περίπτωση του BRI, είναι πιθανόν τα αίτια αυτής της ασθένειας, ή προβληματικής κατάστασης, να είναι άμεσα συνδεδεμένα με το κτίριο, και σε πολλές περιπτώσεις, να είναι το ίδιο το υλικό που την προκαλεί. Στην περίπτωση του SBS, είναι πιο δύσκολο να σχετιστεί άμεσα με μια συγκεκριμένη μεμονωμένη αιτία. Παρόλα αυτά κάνοντας μια εξονυχιστική έρευνα είναι πιθανό να βρεθεί ότι η μόλυνση του αέρα προέρχεται και από οικοδομικά υλικά εσωτερικού χώρου και μάλιστα παρατηρείται ότι είναι μια από τις βασικές αιτίες του προβλήματος. Έτσι, η ρύπανση του αέρα εσωτερικού χώρου και οι πηγές της, όπως τα οικοδομικά υλικά, πρέπει να ληφθούν υπόψη για την πρόκληση των προαναφερθέντων ασθενειών.

Οι νόμοι που ρυθμίζουν τις ιδιότητες των οικοδομικών υλικών έχουν καθιερωθεί από την ευρωπαϊκή οδηγία 89/106/EE<sup>1</sup> στα οικοδομικά προϊόντα (EEC, 1989). Ένα διευκρινιστικό έγγραφο αυτής της οδηγίας (CEC, 1993) προσδιορίζει τις απαιτήσεις που αφορούν στα οικοδομικά υλικά και ποιες ιδιότητες είναι απαραίτητες για την προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος. Σαν αρχή για την εκπλήρωση των απαραίτητων προϋποθέσεων «υγεία και περιβάλλον», αποτελεί η συμμόρφωση με τους νόμους ή την απαγόρευση κάποιων υλικών. Μια εναλλακτική και πιθανότατα πιο αποδοτική προσέγγιση είναι η προώθηση εκείνων των οικοδομικών υλικών που δεν έχουν καθόλου επιρροές ή τουλάχιστον αμελητέες στην ανθρώπινη υγεία και άνεση. Για την επίτευξη αυτού του στόχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα εθελοντικής πιστοποίησης για την αναγνώριση των «υγιεινών» οικοδομικών υλικών.

Μέχρι και πριν τρεις δεκαετίες, δεν υποψιαζόταν κανείς ότι τα οικοδομικά προϊόντα ήταν πιθανές πηγές ρύπανσης του αέρα εσωτερικού χώρου. Σαν αποτέλεσμα, ήταν να ελέγχονται και να πιστοποιούνται για άλλου είδους θέματα αλλά όχι σχετικά με την επίδραση τους στην υγεία και την άνεση. Σε πιο πρόσφατες όμως ενδείξεις που παρατηρήθηκαν, φάνηκε ότι η ρύπανση του αέρα με πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) οφείλεται και στα οικοδομικά υλικά και πιθανότατα αυτά συμβάλλουν σε προβλήματα υγείας και άνεσης των ενοίκων των κτιρίων. Αυτή την στιγμή υπάρχουν ελάχιστες πληροφορίες για έναν καταναλωτή που επιθυμεί να διαλέξει υλικά με καθόλου ή ελάχιστες ρυπογόνους εκπομπές. Εκτός της

<sup>1</sup> Παράρτημα II

έλλειψης αυστηρών, ενιαίων και τυποποιημένων μεθόδων μετρήσεων, ένας επιπλέον λόγος για την μη εγκυρότητα τέτοιου είδους πληροφοριών ήταν η έλλειψη μιας τυποποιημένης διαδικασίας.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν καθιερωθεί τεχνικές για την μέτρηση των VOC από οικοδομικά υλικά [2][3][4][5]. Εκτός από την ερευνητική τους χρήση αυτές οι μέθοδοι απεδείχθησαν χρήσιμες για την ανάπτυξη των προϊόντων αλλά και την βελτίωση της παραγωγής τους. Παρόλα αυτά υπάρχει έλλειψη πληροφοριών για την επικύρωση των τεχνικών που χρησιμοποιούνται στις μετρήσεις αλλά και τα δεδομένα που χρειάζονται για την αξιολόγηση των επιπτώσεων στην υγεία.

Γεγονός όμως είναι ότι η αξιολόγηση των εκπομπών των VOC από οικοδομικά υλικά μπορεί να χρησιμεύσει και για άλλους σκοπούς. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εθελοντική οικολογική πιστοποίηση ικανοποιώντας έτσι τις απαιτήσεις για υγεία και άνεση στους εσωτερικούς χώρους ή απλώς για την κατάταξη των οικοδομικών υλικών ανάλογα με το πόσο ικανοποιούν κάποια συγκεκριμένα κριτήρια. Η πιστοποίηση πρέπει προοδευτικά να γίνει πιο αυστηρή για τις τεχνικές αυτές και τα όρια που χρησιμοποιούνται, όπως επίσης θα πρέπει να εξελίσσεται με τον καιρό και ο εθελοντικός χαρακτήρας της αξιολόγησης των οικοδομικών υλικών. [6][7]

## **Βιβλιογραφία, Αναφορές**

- [1] Gustafson, H., 1992. "Building materials identified as major emission sources for indoor air pollutants-a critical review of case studies", Swedish Council for Building Research
- [2] ECA IAQ Reports no. 8,9,10.
- [3] Gustafsson H., Jonsson B., 1991. "Review of small-scale devices for measuring chemical emission from materials", Swedish National Testing and Research Institute
- [4] Wolkoff P., Clausen P.A., Nielsen P.A. and Gunnarsen L., 1993a. Documentation of field and laboratory emission cell "FLEC – Identification of emission processes from carpet, linoleum, paint and sealant by modeling" Indoor Air 3
- [5] Gunrassen L., Nielsen P.A., Wolkoff P., 1994. "Design and characterization of the CLIMPAQ chamber for laboratory investigations of materials, pollution and air quality", Indoor Air 4
- [6] ECA (1996). European Collaborative Action "Indoor Air Quality and The Use of Energy in Buildings", Report No. 17, EUR 16367 EN, ISBN 92-827-6347-1, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [7] ECA (1997a). European Collaborative Action "Indoor Air Quality and Its Impact on Man" Evaluation of VOC Emissions from Building Products, Report No. 18, EUR 17334 EN, ISBN 92-828-0384-8, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

# 2

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

### 2.1 Ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου

Η ρύπανση του αέρα εσωτερικού χώρου αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τις αναπτυσσόμενες και ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες παγκοσμίως. Σύμφωνα με έρευνες στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες οι άνθρωποι περνούν κατά μέσο όρο το 80 με 90 τις εκατό του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους. Τα ποσοστά διαφοροποιούνται ελαφρώς ανάλογα με το είδος της πληθυσμιακής ομάδας. Για παράδειγμα οι νοικοκυρές, οι ηλικιωμένοι και τα παιδιά προσχολικής ηλικίας περνούν περισσότερες ώρες στο σπίτι ενώ οι εργαζόμενοι μοιράζουν τον χρόνο που περνούν σε εσωτερικούς χώρους ανάμεσα στο σπίτι, το χώρο εργασίας και τα μέσα μεταφοράς.

Ο όρος «Ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου (Indoor Air Quality, IAQ)» χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει το εσωτερικό περιβάλλον μη βιομηχανικών κτιρίων όπως κτίρια γραφείων, δημόσια κτίρια (σχολεία, νοσοκομεία, θέατρα, εστιατόρια κλπ) και ιδιωτικές κατοικίες. Οι ρυπογόνοι παράγοντες στον εσωτερικό αέρα αυτών των κτιρίων είναι συνήθως του ίδιου τύπου με εκείνους που εντοπίζονται στον υπαίθριο αέρα. Είναι πολλές οι περιπτώσεις που οι συγκεντρώσεις των ρύπων στο εσωτερικό αυτών των κτιρίων ξεπερνούν τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις. Πολλοί κάτοικοι ή εργαζόμενοι σε κτίρια εκφράζουν παράπονα για την ποιότητα του αέρα που αναπνέουν, δημιουργώντας την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της κατάστασης.

Η ανησυχία για την ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου, καθώς και η μελέτη των θεμάτων της είναι ένα αρκετά πρόσφατο φαινόμενο. Μερικές από τις πρώτες τεκμηριωμένες μελέτες έγιναν στη Σκανδιναβία στα μέσα του 1960 και επικεντρώθηκαν κυρίως σε ζητήματα θερμικής άνεσης. Για την πρώτη δεκαετία περίπου, οι μελέτες για την ποιότητα εσωτερικού αέρα αφορούσαν σχεδόν αποκλειστικά στη σύγκριση του εσωτερικού με τον εξωτερικό αέρα. Το επίπεδο της ρύπανσης στο εξωτερικό περιβάλλον ήταν η κύρια ανησυχία και ο στόχος ήταν να εξασφαλιστεί ότι ο εσωτερικός αέρας ήταν πολύ καλύτερης ποιότητας. Καθώς οι μελέτες αυξήθηκαν σε πολυπλοκότητα, άλλα μετρήσιμα στοιχεία ήρθαν στο προσκήνιο. Οικοδομικά υλικά κατασκευής αλλά και τεχνικές άλλαξαν ριζικά. Η μείωση του φυσικού αερισμού, ή «φρέσκου» αέρα, προς το συμφέρον της εξοικονόμησης ενέργειας έγινε μια ανησυχία, και τελικά, οι άνθρωποι συνειδητοποίησαν ότι οι ρύποι θα μπορούσαν πράγματι να προέρχονται και από το εσωτερικό ενός κτιρίου. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO) υπολογίζει ότι πάνω από το 30 τις εκατό όλων των εμπορικών κτιρίων έχουν σημαντικά προβλήματα στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα.[1]

Οι πρόσφατες εξελίξεις στο χώρο των οικοδομικών υλικών είχαν σαν αποτέλεσμα τη χρησιμοποίηση πιο συνθετικών υλών, που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του αέρα. Ριζικές αλλαγές στην τεχνολογία οδήγησαν σε καινοτομίες όπως επί παραδείγματι σε θέματα υπολογιστών και φωτοτυπικών μηχανημάτων που παρέχουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα και εξοικονόμηση χρόνου, αλλά ταυτόχρονα επηρεάζουν και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Αυτές οι δυνητικά αρνητικές επιπτώσεις περιπλέκονται περαιτέρω από το

γεγονός ότι οι άνθρωποι περνούν περισσότερο χρόνο από κάθε άλλη φορά σε κλειστούς χώρους. Έτσι είναι κατανοητό γιατί υπάρχει μια αυξανόμενη ανησυχία σχετικά με την ποιότητα του αέρα που αναπνέουμε.

Συμπερασματικά, η ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου μπορεί και έχει επιπτώσεις στην παραγωγικότητα των ενοίκων, στην προσωπική άνεση, στο κόστος δόμησης, στο κόστος συντήρησης, ακόμα και στην υγεία και την ασφάλεια, είτε θετικά είτε αρνητικά, ανάλογα με το πως κανείς τελικά τη διαχειρίζεται. [5][6][7]

## 2.2 Ρύποι εσωτερικού χώρου - Πτητικές Οργανικές Ενώσεις

Αποτελούν μια σημαντική ομάδα «ρύπων εσωτερικού περιβάλλοντος», τόσο γιατί απαντώνται σε μεγάλες ποσότητες όσο και για τις δυσμενείς επιπτώσεις τους στην υγεία των ανθρώπων. Η καταγραφή τους συμβάλλει στην ορθή αξιολόγηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και φυσικά στην θεσμοθέτηση συγκεκριμένων ορίων, που πρέπει αυτές να απαντώνται, για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος. Με βάση λοιπόν αυτά τα όρια είναι εφικτή και η πιστοποίηση ή μη υλικών που κατασκευάζονται και συναντάμε σε εσωτερικούς χώρους.

### 2.2.1 Ορισμός των πτητικών οργανικών ενώσεων

Ο όρος Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (Volatile Organic Compounds, VOC) αρχικά επινοήθηκε για να αναφερθούν, ως ξεχωριστή κατηγορία, οι χημικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα στη σύστασή τους και οι οποίες συμμετέχουν στις φωτοχημικές αντιδράσεις με τον περιβαλλοντικό αέρα. Οι VOC δημιουργούνται από μια ευρεία ποικιλία πηγών συμπεριλαμβανομένων των επιχειρήσεων χρωμάτων, των εγκαταστάσεων διύλισης πετρελαίου, των καθαριστικών, των διαδικασιών φόρτωσης και αποθήκευσης καυσίμων, των διαδικασιών εκτύπωσης και των μηχανοκίνητων οχημάτων.

Ένας ορισμός που φαίνεται πιο σαφής είναι αυτός που προέρχεται από τον Οργανισμό Περιβαλλοντικής Προστασίας των Η.Π.Α (Environmental Protection Agency, USEPA), ο οποίος χαρακτηρίζει ως VOC κάθε πτητική οργανική ένωση η οποία όταν εισέλθει στην ατμόσφαιρα μπορεί να παραμείνει σε αυτή τόσο χρονικό διάστημα όσο απαιτείται για να πάρει μέρος σε φωτοχημικές αντιδράσεις. Οι ενώσεις που ανήκουν στην κατηγορία των VOC πρέπει να είναι πτητικές στη συνήθη θερμοκρασία, να εμφανίζουν δηλαδή μια τάση ατμών εν γένει μεγαλύτερη από 0,1 mmHg στις κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες (20 °C και πίεση 760 mmHg).

Ο όρος VOC έχει έναν ευκρινώς διαφορετικό και πολύ λιγότερο αυστηρό καθορισμό στη βιβλιογραφία για τον εσωτερικό αέρα. Οι ερευνητές της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων (IAQ) συνήθως θεωρούν ως VOC όλες τις οργανικές ενώσεις φάσης ατμού που μετρούνται με τις δικές τους μεθόδους ανάλυσης και δειγματοληψίας. Το άθροισμα όλων των μετρημένων VOC αναφέρεται συχνά ως συνολικές πτητικές οργανικές ενώσεις (Total Volatile Compounds, TVOC). Μια συνέπεια των μεθοδολογικών διαφορών είναι ότι μερικές ενώσεις που δεν καλύπτονται από τον περιβαλλοντικό προσδιορισμό των VOC αναφέρονται συνήθως ως VOC στις μελέτες για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Τέτοιες ενώσεις είναι η ακετόνη, το 1,1,1-τριχλωροεθάνιο και το υπερχλωροεθυλένιο. Από την άλλη πλευρά, η φορμαλδεΐδη θεωρείται ως VOC στον περιβαλλοντικό αέρα, αλλά εξετάζεται χωριστά από τις VOC στις περισσότερες μελέτες εσωτερικού αέρα.

Διάφορες προσπάθειες έχουν καταβληθεί για την ταξινόμηση των οργανικών ενώσεων φάσης ατμού σε εσωτερικούς χώρους και ιδιαίτερα από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO). Ο πίνακας που ακολουθεί (Πίνακας 2.1) συνοψίζει το σύστημα ταξινόμησης των VOC σύμφωνα με τον WHO.

**Πίνακας 2.1:** Σύστημα ταξινόμησης των οργανικών ρύπων εσωτερικών χώρων σύμφωνα με τον WHO

Περιγραφή κατηγορίας	Ακρωνύμιο	Εύρος σημείου βρασμού [°C]	Τυπικές μέθοδοι δειγματοληψίας
Πολύ πτητικές (αέριες) οργανικές ενώσεις	VVOC	<0 έως 50-100	Δειγματοληψία μάζας και προσρόφηση σε ξυλάνθρακα
Πτητικές οργανικές ενώσεις	VOC	50-100 έως 240-260	Προσρόφηση σε Tenax, σε μοριακό μαύρο άνθρακα
Ημιπτητικές οργανικές ενώσεις	SVOC	240-260 έως 380-400	Προσρόφηση σε αφρό πολυουρεθάνης ή XAD-2
Οργανικές ενώσεις που σχετίζονται με ξεχωριστά μόρια ή ξεχωριστή οργανική μοριακή δομή	POM	>380	Συλλογή σε φίλτρα

Πηγή: WHO

Γενικά στη Χημεία αλλά και στη Βιοχημεία με το όνομα αλδεΐδη (aldehyde) φέρεται η οργανική ένωση που περιέχει τη βάση CHO, μια ομάδα καρβονυλίου (καρβονυλομάδα) C=O, προσκολλημένη σε ένα άτομο υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Οι αλδεΐδες, αν και περισσότερο δραστικές έχουν παραπλήσιες χημικές ιδιότητες με τις κετόνες με ενδιαφέρουσες και ποικίλες χρήσεις στη βιομηχανία.

Οι κετόνες (ketones) είναι κατηγορία οργανικών ενώσεων που περιέχουν τη χαρακτηριστική ομάδα καρβονυλίου (C=O) στην αλυσίδα τους. Η ίδια χαρακτηριστική ομάδα υπάρχει και στις αλδεΐδες, η διαφορά όμως είναι ότι στις κετόνες η ομάδα βρίσκεται μέσα στην αλυσίδα του μορίου, ενώ στις αλδεΐδες στο άκρο της. Οι κετόνες παρουσιάζουν πολύ διαφορετικές μορφές που κυμαίνονται από την απλή ακετόνη μέχρι τη φρουκτόζη, ένα σάκχαρο κετόζης. Με το όνομα κετόζη (ketose) χαρακτηρίζεται οποιοσδήποτε μονοσακχαρίτης που παρουσιάζει κετονική δομή.

Για παράδειγμα η ακεταλδεΐδη αποτελεί χημικό ενδιάμεσο που με διάφορες χημικές αντιδράσεις μετατρέπεται σε άλλες ενώσεις χρήσιμες στη παραγωγή διαφόρων προϊόντων όπως πλαστικών, απορρυπαντικών και φαρμακευτικών. Πολλές επίσης βιοχημικές ενώσεις περιέχουν αλδεΐδικές ομάδες (ομάδες αλδεϋδών) όπως τα σάκχαρα και κάποιες στεροειδείς ορμόνες.

Στη δομή τους οι αλδεΐδες διαφέρουν από τις κετόνες στο ότι οι πρώτες έχουν τουλάχιστον ένα άτομο υδρογόνου συνδεδεμένο απευθείας με τον άνθρακα του καρβονυλίου. Απλούστερη αλδεΐδη είναι η φορμαλδεΐδη όπου οι δύο ελεύθεροι δεσμοί (σθένη) του τετρασθενούς άνθρακα συνδέονται με δύο άτομα υδρογόνου ενώ τα άλλα δύο συνδέουν τον άνθρακα με το οξυγόνο του καρβονυλίου. Αμέσως πιο σύνθετη αλδεΐδη είναι η ακεταλδεΐδη όπου στη θέση του ενός μορίου υδρογόνου ο άνθρακας του καρβονυλίου συνδέεται με την ομάδα CH<sub>3</sub>. Η ομάδα αυτή ονομάζεται μεθύλιο ή μεθυλομάδα. Δύο μεθύλια συνδεόμενα με

τον άνθρακα του καρβονυλίου δημιουργούν την ακετόνη γνωστή και ως ασετόν, που όμως ανήκει στις κετόνες. Γενικά οι αλδεΐδες εξετάζονται μαζί με τις κετόνες, λόγω των πολλών ομοίων φυσικών και χημικών ιδιοτήτων αλλά και της παρασκευής τους, που οφείλεται βεβαίως στην κοινή καρβονυλομάδα ή καρβονύλιο. Εξαιτίας του λόγου και οι δύο αυτές ομάδες χαρακτηρίζονται καρβονυλικές ενώσεις. Οι αλδεΐδες όπως και οι κετόνες διακρίνονται σε τρεις επιμέρους κατηγορίες:

1. Αλειφατικές αλδεΐδες: Σε αυτές περιλαμβάνονται η φορμαλδεΐδη ή μεθυνάλη, η ακεταλδεΐδη ή αιθανάλη και η χλωράλη ή τριχλωροαιθανάλη.
2. Αρωματικές αλδεΐδες: Σε αυτές περιλαμβάνονται η βενζαλδεΐδη, η ανισαλδεΐδη και η βανιλίνη.
3. Ακόρεστες αλδεΐδες: Σε αυτές περιλαμβάνεται μόνο η κροτοναλδεΐδη.

Οι αλδεΐδες περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία από ενώσεις που διαφέρουν ως προς τη χημική τους δομή, το μέγεθος, τη διαλυτότητα, τη χημική αντίδραση, και άλλες φυσικές ιδιότητες. Ωστόσο, σχετικά λίγες έχουν σημαντικές βιομηχανικές και εμπορικές εφαρμογές και βιολογικές δραστηριότητες που δημιουργούν μεγάλες ανησυχίες για τη δημόσια υγεία.

Αν και έχουν γίνει αρκετές μελέτες που δείχνουν ότι πολλές αλδεΐδες έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν σημαντικούς ερεθισμούς, μόνο λίγες είναι αρκετά ισχυρές ώστε να χρήζουν προσοχής όσον αφορά στην έκθεση του ανθρώπου. Αυτές περιλαμβάνουν τη φορμαλδεΐδη, την ακρολεΐνη και την κροτοναλδεΐδη.

Μια ακόμη κατηγορία ενώσεων είναι και τα ΒΤΕΧ (βενζόλιο, τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο, ξυλένια). Αυτές οι ενώσεις βρίσκονται σε πολλά από τα οικιακά προϊόντα και σε οικοδομικά υλικά, εξατμίζονται εύκολα και επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα του αέρα.

Πίνακας 2.2: Ιδιότητες των μετρούμενων καρβονυλικών ενώσεων.

Ένωση	Χημικός (Μοριακός) Τύπος	Μοριακό Βάρος [g mol <sup>-1</sup> ]	Πυκνότητα	Σημείο Τήξης [°C]	Σημείο Βρασμού [°C]	No. CAS
φορμαλδεΐδη	HCHO	30,03	1 kg/m <sup>3</sup>	-117	-19,3	50-00-0
ακεταλαδεΐδη	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	44,05	0,788 g/cm <sup>3</sup>	-123,5	20,2	75-07-0
ακετόνη	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58,08	0,79 g/cm <sup>3</sup>	-94,9	56,53	67-64-1
προπιοναλδεΐδη	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58,08	0,81 g/cm <sup>3</sup>	-81	48	123-38-6
εξανόλη	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	100,15	0,814 g/cm <sup>3</sup>	<-20	121	66-25-1
ακρολεΐνη	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O	56,06	-	-88	53	107-02-8
κροτοναλδεΐδη	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	70,09	0,846 g/cm <sup>3</sup>	-76,5	104	123-73-9
μεθακρολεΐνη	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	70,09	0,8470 g/cm <sup>3</sup>	-81	69	78-85-3
2-βουτανόνη	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72,11	0,8050 g/cm <sup>3</sup>	-86	79,6	78-93-3
βουτυραλδεΐδη	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72,11	0,8 g/ml	-99	74,8	123-72-8
βενζαλδεΐδη	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	106,12	1,0415 g/ml	-26	178,1	100-52-7
βαλεραλδεΐδη	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	86,1323	0,8095	-60	102,5	110-62-3

### 2.2.1.1 Πηγές εκπομπής πτητικών οργανικών ενώσεων

Σχεδόν οποιοδήποτε υλικό σε ένα κτίριο έχει τη ιδιότητα να εκπέμπει οργανικές ενώσεις που μπορούν να εξατμιστούν από τις επιφάνειές του και να απελευθερωθούν στον αέρα. Ακόμη και μεταλλικά ή γυάλινα υλικά που όταν ήταν καινούρια ήταν εξολοκλήρου ανόργανα μπορεί να έχουν συσσωρευμένες οργανικές ενώσεις στις επιφάνειές τους μέσω της απόθεσης ατμών ή σωματιδίων από τον αέρα εξαιτίας του φαινομένου της κατακάθισης.

Οι τύποι των πηγών στις τυπικές κατοικίες καλύπτουν μια ευρεία ποικιλία από τα χρησιμοποιούμενα οικοδομικά υλικά. Έτσι, κυμαίνονται από τις πηγές με σχεδόν μηδενικές εκπομπές, οι οποίες μπορούν στην πραγματικότητα να ενεργήσουν ως απορροφητές ή καταβόθρες για τους ρύπους, ως τα υλικά που έχουν μεγάλη επιφάνεια και υψηλούς ρυθμούς εκπομπής που μπορούν να μολύνουν τον εσωτερικό αέρα και να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις στους ενοίκους για μεγάλες περιόδους.

Εκτός από το ρυθμό εκπομπής οι πηγές μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν από τη διάρκεια των εκπομπών τους και έτσι χρησιμοποιείται συχνά ένα μέτρο καλούμενο ως



δύναμη πηγής. Μερικές πηγές έχουν ένα ουσιαστικά σταθερό ρυθμό εκπομπής. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν τα κρύσταλλα σκώρων τα οποία στη θερμοκρασία δωματίου εκπέμπουν παραδιχλωροβενζόλιο σε ένα σχεδόν σταθερό ρυθμό μέχρι να εξατμιστούν οι κρύσταλλοι και ορισμένους τύπους παλαιωμένων νοβοπάν τα οποία έχουν ρυθμό εκπομπής χρόνου ημιζωής ενός έτους ή περισσότερο. Άλλες πηγές έχουν έναν αργό ρυθμό εξασθένησης της εκπομπής VOC. Αυτές έχουν ρυθμούς εκπομπής το μισό χρόνο εβδομάδων ή μηνών. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν ορισμένους τύπους πατωμάτων, επιτοίχειων καλυμμάτων και επίπλων.

Μια τρίτη κατηγορία είναι οι πηγές που έχουν ρυθμούς εκπομπής οι οποίοι φθίνουν γρήγορα και έχουν ρυθμό εκπομπής το μισό χρόνο λεπτών, ωρών ή ημερών. Πολλά υγρά υλικά όπως τα χρώματα και οι διάφορες επιστρώσεις εκπέμπουν έντονα για μια σχετική μικρή περίοδο αφότου έχουν χρησιμοποιηθεί.

Γενικά, οι πτητικές οργανικές ενώσεις εξατμίζονται και εκπέμπονται από καθαριστικά, διαλύτες, χρώματα, αραιωτικά χρωμάτων, αρώματα, σαπούνια και σπρέι μαλλιών, απελευθερώνονται από εξοπλισμό γραφείου, όπως είναι τα φωτοτυπικά μηχανήματα και από υλικά όπως γραφεία, καρέκλες, κουρτίνες και χαλιά. Ακόμη, τα VOC παράγονται ως αναπνοή παραπροϊόντων μούχλας ενώ μπορούν να παραχθούν και από τους ανθρώπους ως μέρος των λειτουργιών του φυσικού μεταβολισμού.

Οι παρακάτω πίνακες (Πίνακας 2.2) παρουσιάζουν τις γενικές κατηγορίες πηγών VOC σε εσωτερικούς χώρους και παραδείγματα συγκεκριμένων ρύπων (Πίνακας 2.3). Αν και οι εκπομπές από αυτές τις πηγές είναι πρωτίστως συνθετικές οργανικές χημικές ουσίες από κατασκευασμένα υλικά, μερικά είναι προϊόντα ατελούς καύσης, φυσικές ενώσεις από την αναπνοή φυτών και ζώων ή προϊόντα χημικών αντιδράσεων μέσα στον εσωτερικό αέρα. Οι επιφάνειες που προσροφούν VOC κατά τη διάρκεια των περιόδων υψηλών συγκεντρώσεων από τις πηγές που έχουν υψηλούς ρυθμούς εκπομπής, μπορούν στη συνέχεια να γίνουν σημαντικές πηγές εκπομπής VOC όταν γίνονται καταβόθρες και απελευθερώνουν ουσίες που δεν περιείχαν αρχικά στη σύστασή τους.

**Πίνακας 2.3:** Πιθανές πηγές ρύπων στο εσωτερικό των κτιρίων

Κατηγορία πηγής	Τύπος πηγής
Κόλλες	Συγκολλητικές ουσίες πατωμάτων, γενικά συγκολλητικά προϊόντα
Υλικά πατώματος	Πατώματα από φελλό, φύλλα και πλακίδια βινυλίου, ξύλινα προϊόντα
Επιπλοποιεία	Έπιπλα γραφείου και οικίας
Ξύλινα υλικά	Κόντρα πλακέ, νοβοπάν, καπλαμάς, μονωτικές σανίδες, στερεό φυσικό ξύλο

Πηγή: INDEX Project

**Πίνακας 2.3:** Παραδείγματα ρύπων και των πηγών τους σε εσωτερικού χώρους

Ένωση	Πηγές
Φορμαλδεΐδη	Κόντρα πλακέ, νοβοπάν, έπιπλα κατασκευασμένα από συγκόλληση φύλλων, κόλλες
Ακεταλδεΐδη	Ξύλινα προϊόντα
Βενζόλιο	Έπιπλα, βαφές, επιστρώσεις, ξύλινα προϊόντα
Στυρένιο	Πλαστικά, ρητίνες, προϊόντα συνθετικού ελαστικού
Εξάνιο	Βερνίκια, διαλύτες
Μεθανόλη	Βερνίκια, συγκολλητικές ουσίες
Τετραχλωράνθρακας	Προϊόντα από ελαστικό

Πηγή: INDEX Project

Ως κατηγορία, τα VOC είναι τα επικρατέστερα από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους εσωτερικών χώρων. Είναι επίσης και η κατηγορία ρύπων που έχει μελετηθεί περισσότερο από κάθε άλλη. Συχνά υπάρχουν ντουζίνες και μερικές φορές εκατοντάδες μεμονωμένες ενώσεις που απαντώνται σε συγκεντρώσεις του  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (περίπου 1-5 ppb) ή περισσότερο. Οι συγκεντρώσεις των TVOC κυμαίνονται χαρακτηριστικά από 50 έως  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  κατά τη διάρκεια μεγάλων περιόδων και μπορούν να φθάσουν τις εκατοντάδες  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  για χρονικές περιόδους από λεπτά έως ώρες.

Οι μακροπρόθεσμες συγκεντρώσεις προκύπτουν από την παρουσία μιας ευρείας ποικιλίας από συνθετικά και φυσικά προϊόντα και από τους ανθρώπους και τις δραστηριότητές τους. Οι υψηλές βραχυπρόθεσμες συγκεντρώσεις επιτυγχάνονται συνήθως όταν χρησιμοποιούνται επιστρώσεις που περιέχουν διαλυτικές ουσίες κατά τη διάρκεια της οικοδόμησης ή της ανακαίνισης κτιρίων και όταν χρησιμοποιούνται ορισμένα προϊόντα προσωπικής φροντίδας και προϊόντα καθαρισμού.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που θεωρούνται ότι επηρεάζουν την εκπομπή των οργανικών ενώσεων φάσης ατμού από την επιφάνεια υλικών είναι οι εξής:

1. Η συνολική ποσότητα και πτητικότητα των συστατικών στα υλικά.
2. Η διανομή αυτών των συστατικών μεταξύ της επιφάνειας και του εσωτερικού του υλικού.
3. Ο χρόνος, όπως για παράδειγμα η ηλικία του υλικού.
4. Η περιοχή επιφάνειας του υλικού ανά όγκο του διαστήματος που αυτή περικλείεται.
5. Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία, ο ρυθμός εναλλαγής του αέρα και η σχετική υγρασία.
6. Χημικές αντιδράσεις στην πηγή, όπως για παράδειγμα στα βερνίκια μετατροπής και σε μερικές συγκολλητικές ουσίες.

Για ένα δεδομένο υλικό, οι μελέτες που διερευνούν τους ρυθμούς εκπομπής του πρέπει να περιλαμβάνουν το χρόνο (ηλικία), τη θερμοκρασία και το ρυθμό εναλλαγής αέρα. Οι πρώτες ερευνητικές μελέτες των εκπομπών φορμαλδεΐδης από πεπιεσμένα ξύλινα προϊόντα έδειξαν ότι η σχετική υγρασία ήταν επίσης ένας σημαντικός παράγοντας εκπομπής. Εντούτοις, οι μελέτες άλλων ρύπων έχουν δείξει ότι οι ρυθμοί εκπομπής τους από διάφορα υλικά δεν είναι ιδιαίτερα εξαρτώμενοι από τη σχετική υγρασία, τουλάχιστον για το κανονικό εύρος που μετρήθηκε στους εσωτερικούς χώρους. Επομένως, μόνο τα υλικά που είναι γνωστά ότι

εκπέμπουν ιδιαίτερα πολικές ενώσεις πρέπει να εξετάζονται σε διαφορετικές σχετικές υγρασίες.

Άλλοι φυσικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν τους ρυθμούς εκπομπής και δείχνουν την επίδραση των εκπομπών στις εσωτερικές συγκεντρώσεις των ρύπων. Παραδείγματος χάριν, στα σύνθετα υλικά που περιλαμβάνουν ξύλινα συστατικά, κόλλες και πολλαπλές επιστρώσεις ή στις σύνθετες συναρμολογήσεις, όπως ένας τάπητας που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα δαπέδου, οι αρχικές εκπομπές μπορούν να δέχονται περισσότερη επίδραση από τα επιφανειακά υλικά και οι μακροπρόθεσμες εκπομπές από τα υλικά του πυρήνα. Ως ένα άλλο παράδειγμα, οι εκπομπές από υλικά που είναι μέρος μιας οικοδομής, όπως η μόνωση, θα συνεισφέρουν στις εσωτερικές συγκεντρώσεις με έναν τρόπο που εξαρτάται από τις διαφορές πίεσης μεταξύ των εσωτερικών και των εξωτερικών χώρων.

### **2.2.1.2 Μεθοδολογία μετρήσεων αέριας ρύπανσης σε εσωτερικούς χώρους**

Ο προσδιορισμός και η χρήση κατάλληλων μεθοδολογιών μέτρησης αέριων και αιωρούμενων σωματιδιακών ρύπων στο εσωτερικό κτιρίων είναι μία συνεχής επιστημονική προτεραιότητα τα τελευταία χρόνια. Αν και υπάρχει μεγάλος αριθμός οργάνων που χρησιμοποιούνται σε μετρήσεις πεδίου, εντούτοις μικρός αριθμός οργάνων υπάρχει για τους εσωτερικούς χώρους. Ένας από τους κύριους λόγους για την έλλειψη αυτή είναι η απουσία νομοθετικών ρυθμίσεων για την ποιότητα του αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Νομοθετικές ρυθμίσεις υπάρχουν κυρίως για την ποιότητα του αέρα σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις και χώρους εργασίας. [3][4][5][6]

## 2.3 Οικοδομικά υλικά

### Ορισμός

Ως δομικό υλικό σύμφωνα και με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 89/106 ορίζεται κάθε προϊόν το οποίο παράγεται για να ενσωματωθεί, κατά τρόπο διαρκή, σε οικοδομικά έργα.

Τα οικοδομικά υλικά αποτελούν τη βάση κάθε είδους κατασκευής, καθορίζουν την αντοχή, την αισθητική έκφραση, την ασφάλεια και την άνεση της. Λόγω της υψηλής απαιτούμενης ποσότητας τους ο κατασκευαστικός κλάδος πρωτοστατεί στην κατανάλωση πρώτων υλών. Υπολογίζεται ότι στην Ευρώπη η χρησιμοποιούμενη ποσότητα οικοδομικών υλικών ξεπερνά τους 2 δισ τόνους το χρόνο. Παράλληλα, οι ιδιότητες και οι συνδυασμοί των οικοδομικών υλικών καθορίζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων, γεγονός που ενισχύει την περιβαλλοντική τους σπουδαιότητα. Η βιομηχανία των οικοδομικών υλικών αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

### Σύγχρονες τάσεις

Οι σύγχρονες τάσεις στη βιομηχανία των οικοδομικών υλικών έχουν να κάνουν με την προστασία του περιβάλλοντος και με την εξοικονόμηση ενέργειας. Τα οικοδομικά υλικά πρέπει να είναι ασφαλή για την υγεία τόσο για τον τεχνίτη που θα τα εφαρμόσει, όσο και για τους ανθρώπους που θα ζουν στο κτίριο όπου αυτά χρησιμοποιήθηκαν. Προϊόντα με επικίνδυνες χημικές ουσίες σταδιακά καταργούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Εκτός όμως από την απαγόρευσή τους, ούτως ή άλλως η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση οικολογικών υλικών, φιλικών προς το περιβάλλον, οδηγεί τις εταιρείες στο να προσαρμοστούν σε αυτήν την τάση των καταναλωτών. Έτσι, ένα δομικό υλικό εκτός από το να είναι «οικολογικό» για λόγους συμμόρφωσης με τη νομοθεσία, αποκτά παράλληλα και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα καθώς η ίδια η αγορά σταδιακά δημιουργεί τη ζήτηση για τέτοια προϊόντα.

### Η κατάσταση στην Ελλάδα

Απαραίτητη προϋπόθεση για να εξαχθεί ένα δομικό υλικό στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι το «διαβατήριό» του, που δεν είναι άλλο από το πιστοποιητικό συμμόρφωσης με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα στα πλαίσια της οδηγίας 89/106 για τα οικοδομικά υλικά και της σχετικής σήμανσης. Οι υφιστάμενες υποδομές για αυτήν την πιστοποίηση στην Ελλάδα είναι πάρα πολύ μικρές. Δεν υπάρχουν διαπιστευμένα εργαστήρια δοκιμών και κοινοποιημένοι φορείς για πιστοποίηση, παρά μόνο για πολύ λίγα είδη οικοδομικών υλικών.

Αυτό έχει επιπτώσεις σε δύο επίπεδα: Το ένα αφορά στους παραγωγούς, όπου αναγκαστικά καταφεύγουν σε κοινοποιημένα και διαπιστευμένα εργαστήρια δοκιμών του εξωτερικού, με αποτέλεσμα να υφίστανται χρονική καθυστέρηση και μεγάλο κόστος για την πιστοποίηση των προϊόντων τους. Το δεύτερο αφορά στην εύρυθμη λειτουργία της αγοράς και στην προστασία του καταναλωτή, καθώς η ανυπαρξία εργαστηρίων δοκιμών «αφοπλίζει» το κράτος από τη δυνατότητα ελέγχου της εγκυρότητας της σήμανσης που φέρει ένα δομικό προϊόν είτε εγχώριο είτε εισαγόμενο. Έτσι καθίσταται δυνατόν να κυκλοφορούν στην αγορά οικοδομικά προϊόντα με σήμανση αμφιβόλου εγκυρότητας. Το γεγονός αυτό δημιουργεί συνθήκες μη υγιούς ανταγωνισμού μεταξύ ενός παραγωγού που προσφέρει ποιοτικά προϊόντα, ελεγχόμενα και πιστοποιημένα, και ενός παραγωγού ή εισαγωγέα που επισύναψε μια μη έγκυρη σήμανση στο ελλιπούς ποιότητας προϊόν του.

Παράλληλα ο τελικός χρήστης του μη πιστοποιημένου προϊόντος καταλήγει να ζει σε ένα κτίριο όπου τα οικοδομικά υλικά που το αποτελούν δεν πληρούν τις εξής 6 βασικές απαιτήσεις της Οδηγίας 89/106:

- Μηχανική αντοχή και ευστάθεια
- Πυρασφάλεια
- Υγιεινή
- Ασφάλεια χρήσης
- Προστασία κατά του θορύβου
- Εξοικονόμηση ενέργειας και συγκράτηση θερμότητας

### **Ανάπτυξη του κλάδου**

Ο κλάδος των οικοδομικών υλικών για να συνεχίσει να αναπτύσσεται πρέπει να δώσει μεγάλη έμφαση στην καινοτομία, στην παρακολούθηση της εξέλιξης της τεχνολογίας και σε θέματα ποιότητας και πιστοποίησης. Το περιβάλλον στο οποίο δραστηριοποιούνται οι εταιρείες του κλάδου είναι έντονα ανταγωνιστικό και παγκοσμιοποιημένο. Η εξωστρέφεια των παραγωγών αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την περαιτέρω ανάπτυξή τους. Για να γίνει αυτό, τα προϊόντα τους θα πρέπει να είναι εφάμιλλα ή και καλύτερα των ανταγωνιστών και να διαθέτουν πιστοποιήσεις για τις ιδιότητές τους. Η πολιτεία μπορεί να συνδράμει σε αυτήν την κατεύθυνση με δημιουργία διαπιστευμένων εργαστηρίων δοκιμών. Με αυτόν τον τρόπο δε θα διευκολύνει απλώς έναν παραγωγό που επιθυμεί να πιστοποιήσει ένα προϊόν αλλά θα έχει τη δυνατότητα να ελέγχει την αγορά και να αποτρέπει την κυκλοφορία προϊόντων που δεν συμμορφώνονται με τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές.

Τα οικοδομικά υλικά καθορίζουν την ασφάλεια, την ποιότητα και τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας ενός κτιρίου. Τα περιθώρια βελτίωσης των οικοδομικών προϊόντων είναι ακόμα μεγάλα προκειμένου τελικά οι κατασκευές να έχουν μεγάλη διάρκεια στο χρόνο, να είναι πιο ασφαλείς και λιγότερο ενεργοβόρες. Είναι ένας κλάδος στον οποίο εμπλέκονται πολλές βιομηχανίες και επαγγέλματα, που μαζί με τον κατασκευαστικό κλάδο αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της ελληνικής οικονομίας. Η όποια θετική ή αρνητική εξέλιξη της πορείας του κλάδου έχει σημαντικότατο αντίκτυπο στην απασχόληση και στην παραγωγή του Α.Ε.Π. (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν) της χώρας μας.

### **Σήμανση**

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 89/106/ΕΟΚ θεσπίστηκε από την ΕΕ για τα προϊόντα του τομέα των οικοδομικών κατασκευών και ενσωματώθηκε στην ελληνική νομοθεσία με το ΠΔ 334/94. Στο πλαίσιο της Οδηγίας έχουν εκδοθεί περισσότερα από 300 εναρμονισμένα πρότυπα για τη συμμόρφωση των προϊόντων με συνεπακόλουθη σήμανση CE στα προϊόντα. Ωστόσο, η Ελλάδα έχει καθυστερήσει στην εφαρμογή της Οδηγίας σε διάφορους τομείς, όπως η εναρμόνιση των τεχνικών προδιαγραφών, η μετάφραση των προτύπων, η κοινοποίηση φορέων πιστοποίησης και εργαστηρίων δοκιμών, ο έλεγχος σύμφωνα με τα νέα πρότυπα, ο έλεγχος της αγοράς.

## **Οικοδομικά υλικά φιλικά στο περιβάλλον**

Η αγορά οικοδομικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον έχει «αφυπνιστεί» ιδιαίτερα κατά τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της αύξησης της οικολογικής συνείδησης και της συνεχούς πίεσης των καταναλωτών για προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Έτσι, καθώς οι επιπτώσεις της κατασκευαστικής δραστηριότητας γίνονται ολοένα και πιο έντονες και εμφανείς, εισβάλλουν ταυτόχρονα στη ζωή μας οι έννοιες της αειφορίας και του οικολογικού σχεδιασμού.

Η εφαρμογή των φιλικών προς το περιβάλλον οικοδομικών υλικών αφορά σε μια πληθώρα κτιρίων καθημερινής (και όχι μόνο) δραστηριοποίησης, σε χώρους που ο άνθρωπος ζει, κινείται, εργάζεται.

Τα οικολογικά οικοδομικά υλικά, πέρα από τη μειωμένη τοξικότητα που παρουσιάζουν μετά την εφαρμογή τους στο κέλυφος του κτιρίου, εμφανίζουν και μια σειρά άλλων πλεονεκτημάτων, όπως το χαμηλό ενεργειακό τους περιεχόμενο, η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την παραγωγή (π.χ. μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα) και η μειωμένη χρήση νερού κατά την επεξεργασία.

### **Πως ορίζουμε τα οικολογικά υλικά**

Ο ορισμός των οικολογικών υλικών είναι αρκετά σύνθετος. Το πόσο περιβαλλοντικά φιλικό είναι ένα υλικό έχει να κάνει με μία σειρά από παραμέτρους και σε κάθε περίπτωση τα τοπικά δεδομένα (τόσο περιβαλλοντικά όσο και κοινωνικο-οικονομικά) είναι καθοριστικά. Υπάρχουν κάποια κριτήρια που αν τα λάβουμε υπόψη μπορούμε να ορίσουμε ποια υλικά είναι καταλληλότερα από περιβαλλοντική άποψη για τον κάθε τόπο.

Το πρώτο κριτήριο έχει να κάνει με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον που προκύπτουν από την εξόρυξη του υλικού ή της πρώτης ύλης για την παραγωγή του καθώς και από την επεξεργασία του υλικού. Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι πολλαπλές κάθε φορά. Σχετίζονται με τη ρύπανση και τη μόλυνση που προξενούν στην ατμόσφαιρα, το έδαφος το υπέδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα, τις ποσότητες σπάνιων ή αναντικατάστατων φυσικών πόρων που απορροφούν, τις ποσότητες των μη αφομοιώσιμων, μη ανακυκλώσιμων ή τοξικών οικοοικοδομικών απορριμμάτων που παράγουν και τέλος τις επιπτώσεις στο φυσικό τοπίο.

Το δεύτερο κριτήριο αφορά στην συνολική εμπειριεχόμενη (ή αλλιώς γκρίζα) ενέργεια του υλικού, δηλαδή την ενέργεια που απαιτείται για την αποκομιδή, μεταφορά και επεξεργασία του. Το αλουμίνιο για παράδειγμα που είναι ένα πλήρως ανακυκλώσιμο υλικό απαιτεί τεράστια ποσά ενέργειας κατά την κατεργασία και την επεξεργασία του. Η μεταφορά ενός εξαιρετικά οικολογικού υλικού από την άλλη άκρη του κόσμου έχει τελικά αρνητικό ενεργειακό (και οικονομικό) ισοζύγιο.

Ένα τρίτο κριτήριο έχει να κάνει με την έκλυση βλαβερών για την υγεία ρύπων (όπως η φορμαλδεΐδη) και τις τοξικές επιδράσεις που ασκούν, τόσο κατά την χρήση τους αλλά και κατά την καύση τους ή καταστροφή τους.

Τέλος, πολύ σημαντικά είναι ο αναμενόμενος χρόνος ζωής ενός υλικού και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης ή επιστροφής των πρώτων υλών στο φυσικό έδαφος με τις μικρότερες δυνατές απώλειες.

## Ξύλο και προϊόντα ξύλου

Το ξύλο είναι η πιο σημαντική ανανεώσιμη πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό. Απαιτεί μικρή σχετικά επεξεργασία πριν χρησιμοποιηθεί και για αυτό η παραγωγική διαδικασία είναι σχετικά καθαρή και απαιτεί λίγη ενέργεια. Η επιλογή όμως του ξύλου ως δομικού υλικού θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της και ορισμένες ακόμη παραμέτρους που είναι καθοριστικές προκειμένου να μπορεί να χαρακτηρίσει κανείς το ξύλο ως πραγματικά οικολογικό υλικό. Οι παράμετροι αυτοί είναι:

- Η προέλευση της ξυλείας και ο τρόπος διαχείρισης των δασών.
- Η επεξεργασία του ξύλου και ιδιαίτερα η χρήση ή μη συντηρητικών.
- Η ενέργεια που απαιτείται για τη μεταφορά.

Τα προϊόντα ξύλου είναι σύνθετα υλικά αποτελούμενα από ίνες ξύλου, καπλαμάδες κλπ και συγκολλητικές ουσίες (φυσικές ή συνθετικές ρητίνες, αλλά και ανόργανα υλικά όπως γύψος ή τσιμέντο). Τα πιο γνωστά προϊόντα ξύλου είναι το κόντρα πλακέ, οι μοριοσανίδες (νοβοπάν), οι ινοσανίδες (όπως το MDF) και οι μελαμίνες.

Από περιβαλλοντική άποψη, εκείνο που χρήζει προσοχής είναι οι συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του κάθε προϊόντος. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη ουσία είναι η ουρία-φορμαλδεΐδη (UF). Άλλες ουσίες που περιέχουν φορμαλδεΐδη είναι φαινολικές (PF) και μελαμινικές (MF) ρητίνες. Με την πάροδο του χρόνου, η φορμαλδεΐδη εκλύεται στο περιβάλλον και μπορεί να προκαλέσει το λεγόμενο «Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου», μία σειρά δηλαδή από δυσμενείς επιπτώσεις, όπως αναπνευστική δυσχέρεια, κινητική αταξία και δερματίτιδες, ενώ θα πρέπει να σημειώσουμε πως η φορμαλδεΐδη έχει ταξινομηθεί ως πιθανώς καρκινογόνος για τον άνθρωπο. Στην αγορά υπάρχουν γενικά δύο τύποι μοριοσανίδων και ινοσανίδων, ανάλογα με τις εκπομπές φορμαλδεΐδης:

- Μοριοσανίδες και ινοσανίδες κλάσης E1 (χαμηλής εκπομπής φορμαλδεΐδης).
- Μοριοσανίδες και ινοσανίδες κλάσης E2 με υψηλότερες εκπομπές φορμαλδεΐδης.

Είναι σαφές ότι θα πρέπει να προτιμάται η πρώτη κατηγορία. Βέβαια, στη διεθνή αγορά μπορεί να βρει κανείς προϊόντα ξύλου με σχεδόν μηδενικές εκπομπές φορμαλδεΐδης και οι καταναλωτές θα πρέπει να πιέζουν τις εταιρείες να στραφούν προς αυτή την κατεύθυνση.

Εναλλακτικά των προϊόντων φορμαλδεΐδης χρησιμοποιούνται συχνά ισοκυανουούχες ρητίνες. Οι ρητίνες αυτές έχουν το πλεονέκτημα ότι εξατμίζονται λιγότερο από τις αντίστοιχες της φορμαλδεΐδης, αλλά είναι κι αυτές επικίνδυνες, κυρίως όταν καούν οπότε παράγεται, μεταξύ άλλων, και τοξικό υδροκυάνιο.

Σε προϊόντα ξυλείας εσωτερικών χώρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη φυσικά συγκολλητικά από πρωτεΐνη σόγιας και λιγνίνη, καζεΐνη, ζωικά προϊόντα κλπ. Οι καλύτερες επιλογές για τη βαφή του ξύλου είναι το φυσικό κερί, οι υδατοδιαλυτές φυσικές βαφές και υδατοδιαλυτά βερνίκια στα οποία απονεμήθηκε κάποιο οικολογικό σήμα.

## Ο φελλός

Ο φελλός είναι ένα απόλυτο φιλικό και υγιεινό θερμομονωτικό και ηχοαπορροφητικό υλικό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπιεσμένος σε φύλλα χωρίς κόλλα ή σε μορφή κόκκων. Είναι ανακυκλώσιμο 100% και απαιτεί χαμηλή κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή του. Ο φελλός μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης και για την κατασκευή δαπέδων.

## Οικολογικά χρώματα

Οικολογικό χρώμα σημαίνει το χρώμα που φτιάχνεται κατά 100% με φυσικά συστατικά. Υπάρχουν παράλληλα και τα χρώματα ήπιας χημείας, χρώματα φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, για την παραγωγή των οποίων χρησιμοποιούνται ήπιας σύνθεσης χημικά πρόσθετα. Και τα μεν και τα δε οφείλουν να ανταποκρίνονται στα εξής:

- Μικρή κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή τους.
- Περιορισμένη εκπομπή ρύπων κατά την παραγωγή τους, αλλά και κατά την εφαρμογή τους και μάλιστα για χρόνια μετά.
- Ανακύκλωση και διάθεση των αποβλήτων κατά την παραγωγή τους.
- Πιστοποιήσεις ποιότητας.

## Οικολογικά δάπεδα

Η αυξανόμενη ζήτηση οικολογικών προϊόντων φέρνει στο προσκήνιο και τα δάπεδα που κατασκευάζονται από υλικά φιλικά προς το περιβάλλον. Ποια είναι αυτά:

- Τα ξύλινα δάπεδα, με κύρια χαρακτηριστικό τους α) Δεν έχει γίνει η επεξεργασία τους με χημικές ουσίες, τοξικά μυκητοκτόνα, λούστρο κλπ. β) Προέρχονται από δάση από όπου δεν έχουν ξυλευτεί άναρχα και τα οποία έχουν αποκατασταθεί μετά την ξύλευση.
- Τα κεραμικά δάπεδα τύπου cotto. Κατατάσσονται σε εσωτερικά ή εξωτερικά, τοίχου ή δαπέδου, επισμαλτωμένα ή όχι, επίπεδα ή μη. Το κεραμικό πλακίδιο τύπου cotto είναι ένα διαχρονικό υλικό η εφαρμογή του οποίου άνησε στην αρχαιότητα, στο Βυζάντιο, στην ισλαμική αρχιτεκτονική, αλλά και στην Ιταλική Αναγέννηση. Πρόκειται ουσιαστικά για «ψημένη γη», για «κεραμίδι δαπέδου» και βρίσκεται στην αγορά είτε σε φυσική μορφή, είτε επισμαλτωμένο.
- Τα δάπεδα linoleum. Είναι τα πιο διαδεδομένα συνθετικά οικολογικά δάπεδα. Αποτελούνται κατά 100% από φυσικές πρώτες ύλες, από ξυλάλευρα και οκόνη φελλού αναμειγμένα με λινέλαιο (λάδι από λινάρι) και ρετσίνι, αλλά και με ορυκτά χρώματα πάνω σε βάση από φυτικό νήμα. Τα δάπεδα αυτά διατίθενται σε ρολό, σε διάφορα πάχη. Είναι ξεκούραστο στο περπάτημα, εξαιτίας του φαινομένου της επαναφοράς, που οφείλεται στην παρουσία του φελλού, αλλά και αρκετά μονωτικό, όμως δεν είναι ανθεκτικό στα αλκαλικά, για αυτό και αντενδείκνυται για ορισμένες χρήσεις.

Η επιλογή των οικοδομικών υλικών σχετίζεται πολλαπλώς με την αειφορική ή μη διάσταση των κατασκευών, αφού η χρήση οικοδομικών υλικών που δεν πληρούν ορισμένα φιλοπεριβαλλοντικά κριτήρια μπορεί να επιφέρει:

- Κατασπατάληση φυσικών πόρων και ενέργειας.
- Διαταραχή του περιβάλλοντος από την εξόρυξη-ξύλευση των πρώτων υλών, την παραγωγή, μεταφορά και χρήση των οικοδομικών υλικών.
- Επιδείνωση του εσωτερικού περιβάλλοντος των κατασκευών και ενίσχυση του «Συνδρόμου του Άρρωστου Κτιρίου», συνδρόμου που μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς την υγεία των ανθρώπων που ζουν ή εργάζονται σε ένα κτίριο.
- Πτώση της παραγωγικότητας των ανθρώπων που ζουν ή εργάζονται σε ένα κτίριο.
- Επιδείνωση του μικροκλίματος γύρω από ένα κτίριο.



Για ορισμένα οικοδομικά υλικά παρέχεται σήμερα κάποιο είδος οικολογικής σήμανσης, η οποία δίνει στον καταναλωτή ορισμένα εχέγγυα για την περιβαλλοντική φερεγγυότητα του προϊόντος. Η σήμανση αυτή μπορεί να παρέχεται είτε από εθνικούς και διακρατικούς φορείς, είτε και από ανεξάρτητους μη κυβερνητικούς φορείς. [5]

## 2.4 Επιπτώσεις των ρύπων εσωτερικού χώρου στην υγεία

### 2.4.1 Σύνδρομο Άρρωστου Κτιρίου (Sick Building Syndrome)

Σωστή ποιότητα αέρα σε ένα εσωτερικό χώρο σημαίνει συνθήκες υγείας και άνεσης για τα άτομα που ζουν και εργάζονται στον χώρο αυτό. Όταν αυτές δεν διασφαλίζονται οδηγούμαστε στο λεγόμενο Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου, (Sick Building Syndrome, SBS). Ο ορισμός του SBS είναι ο ακόλουθος:

«Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου είναι μία ομάδα ιατρικών συμπτωμάτων που επιτείνονται όταν βρισκόμαστε στο κτίριο και περιστελλονται όταν απομακρυνθούμε από αυτό, χωρίς άλλη γνωστή αιτιολογία. Τα συμπτώματα αυτά περιλαμβάνουν ερεθισμό των ματιών, της μύτης και του λαιμού, πονοκεφάλους, ζαλάδες, κόπωση, ξηροδερμία και δερματικά εξανθήματα»



**Σχήμα 2.1:** Το άρρωστο κτίριο

Πηγή: Δρίβας Σ., Ειδικός Ιατρός Εργασίας, Το Σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου, Αθήνα, 2004.

Η επίδραση του SBS στην κατάσταση υγείας ενός ανθρώπου ή πληθυσμού είναι καθοριστική. Επιστήμονες κρίνουν πως το κριτήριο για την ποιότητα ζωής και την κατάσταση υγείας ενός πληθυσμού θα έπρεπε να είναι η μέση διάρκεια ζωής απαλλαγμένης από κάθε είδος ενοχλήσεις, ασθένειες, αλλεργίες, σωματικές και ψυχικές καταπονήσεις, ανωμαλίες και ονομάζουν αυτό το κριτήριο «περίοδο ζωής πλήρους ικανότητας» (disability free lifeperiod). Το ερώτημα είναι κατά πόσο η αύξηση του προσδόκιμου ζωής συνοδεύεται από αύξηση της περιόδου ζωής πλήρους ικανότητας. Επιδημιολογικές έρευνες έχουν αποδείξει πως η αύξηση της μιας παραμέτρου δεν συνεπάγεται και την αύξηση της δεύτερης. Αντίθετα μάλιστα, έχει αποδειχτεί ότι η μόνη παράμετρος που έχει πραγματικά αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες είναι το προσδόκιμο ζωής της γυναίκας. Μία έρευνα του Ολλανδού ιατρού –

κοινωνιολόγου Van den Bos (1989) έδειξε ότι η μέση περίοδος ζωής πλήρους ικανότητας για τον άντρα και την γυναίκα είναι 58 και 59,5 χρόνια αντίστοιχα. Υπάρχουν μάλιστα αποδείξεις ότι η αύξηση της διάρκειας ζωής συνοδεύεται συχνά από χρόνιες ασθένειες, σωματικούς περιορισμούς και ακινησία.

Στις καθημερινές ανθρώπινες δραστηριότητες επιδημιολογικές μελέτες κατέδειξαν ότι το SBS συμβάλλει καθοριστικά στα παρακάτω:

- Μείωση της παραγωγικότητας των εργαζομένων.
- Αύξηση της απώλειας εργατωρών λόγω ασθενείας των εργαζομένων.
- Αύξηση των απουσιών των μαθητών των σχολείων.
- Μείωση της περιόδου ζωής πλήρους ικανότητας.

Ο εντοπισμός, η μέτρηση και η καταγραφή των ρυπογόνων παραγόντων που συμβάλουν στην εμφάνιση του SBS οδηγούν στην λήψη των κατάλληλων μέτρων ώστε να ελαχιστοποιηθεί ή να εξαλειφθεί το σύνδρομο αυτό.

### **Ο ρόλος των οικοδομικών υλικών στο Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου**

Η εσωτερική ρύπανση λοιπόν προκαλείται, σε μεγάλο βαθμό, από υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και τη διακόσμηση του σπιτιού, τα οποία εκλύουν αέρια ή σωματίδια. Τέτοιου είδους οικοδομικά υλικά είναι τα διάφορα είδη πέτρας, τα τούβλα και τα συνδετικά υλικά, όπως ο ασβέστης και το τσιμέντο μαζί με τα κονιάματα που παράγονται από αυτά, καθώς και το ξύλο, το γυαλί και τα μέταλλα. Η αρχική άγνοια των επιπτώσεων στη σωματική και ψυχική υγεία, συνοδευόμενη από την τάση για εξοικονόμηση ενέργειας, χρημάτων και χρόνου κατασκευής οδήγησαν στη λανθασμένη εφαρμογή των κατασκευαστικών λύσεων και στην εσφαλμένη χρήση του κτιρίου με άμεσες επιπτώσεις στην υγεία των χρηστών.

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, το 30% των νέων ή επισκευαζόμενων κτιρίων παρουσιάζουν προβλήματα «εσωτερικής ρύπανσης». Τα συμπτώματα του ασθενούς συνδρόμου δόμησης σχετίζονται με ένα ιδιαίτερο κτίριο και εμφανίζονται μόνο κατά την παραμονή σε αυτό. Κατά την αποχώρηση από αυτό, τα συμπτώματα περιορίζονται μέχρι την εξάλειψή τους. Τα κυριότερα που αναφέρονται κατά την παραμονή είναι η δύσπνοια, ο ξηρός βήχας, το βράχνιασμα, ο πονόλαιμος, το φτάρνισμα, ο ερεθισμός του δέρματος (εξανθήματα), οι πονοκέφαλοι, οι ζαλάδες, η ναυτία, η πνευματική κόπωση και σύγχυση, καθώς και η σωματική κόπωση ή ο λήθαργος. Εκτός όμως από απλά συμπτώματα, παρατηρούνται και ασθένειες λόγω μακροχρόνιας παραμονής, όπως ιγμορίτιδες, παθήσεις του κεντρικού νευρικού συστήματος, παθήσεις του ήπατος και νεοπλασίες.

Οι ρύποι των εσωτερικών χώρων έχουν επιπτώσεις άμεσες ή έμμεσες στην υγεία. Οι βλαπτικοί παράγοντες που ευθύνονται για την εσωτερική ρύπανση ενός άρρωστου κτιρίου είναι χημικοί, φυσικοί και βιολογικοί. Αναλυτικά, στους χημικούς παράγοντες κατατάσσεται καταρχήν η φορμαλδεΐδη (HCHO) η οποία αποτελεί πτητική οργανική ένωση και ευρέως χρησιμοποιούμενη χημική ουσία που βρίσκεται σε πολλά βιομηχανικά προϊόντα. Η παρουσία της φορμαλδεΐδης στους εσωτερικούς χώρους οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στη μεγάλη χρήση ρητινών που την εμπεριέχουν και από τις οποίες απελευθερώνεται. Τέτοιες ρητίνες χρησιμοποιούνται στην κατασκευή μονωτικών υλικών, επίπλων από κόντρα πλακέ, νοβοπάν ή άλλα συνθετικά ξύλα, συνθετικών μοκετών, υφασμάτων επιπλώσεως και άλλα. Τέλος, γίνεται λόγος για άλλες πτητικές οργανικές ουσίες, όπως το τριχλωροαιθυλένιο, το

τριχλωροαιθάνιο, το τριχλωρομεθάνιο, ουσίες που εξαερώνονται με τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων από διάφορα προϊόντα, όπως χρώματα, πλαστικά και κόλλες, στα οποία υπάρχουν ως διαλύτες, καθώς επίσης στερεά σωματίδια.

Η εξάπλωση του παγκόσμιου Sick Building Syndrome και η διαπίστωση της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην παρουσία υλικών, πιθανώς βλαβερών για την υγεία του ανθρώπου, στους χώρους κατοικίας και στην εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων στους εργαζομένους, είναι το καμπανάκι του κινδύνου για μια κατασκευαστική τεχνολογία η οποία έσκυψε περισσότερο στα ζητήματα της παραγωγής, ξεχνώντας τον τελικό σκοπό των εργασιών της, την ανθρώπινη άνεση.

#### **2.4.2 Σύνδρομο πολλαπλής χημικής ευαισθησίας (Multiple Chemical Sensitivity)**

Προκαλείται από την αδυναμία του ανθρώπινου οργανισμού να αντιμετωπίσει τη χημική ρύπανση. Η χημική ρύπανση προκαλείται από ρύπους που εκπέμπουν τα νέα υλικά, που χρησιμοποιούνται για την μόνωση και των εξοπλισμό των κτιρίων. Ως παράδειγμα, αναφέρονται οι πτητικές οργανικές ενώσεις οι οποίες υπάρχουν σε πάρα πολλά νέα οικοδομικά υλικά και στα έπιπλα.

Ενδεικτικά παραδείγματα συμπτωμάτων αποτελούν ο ερεθισμός των ματιών και η επιδείνωση των αναπνευστικών προβλημάτων.

#### **2.4.3 Αλλεργίες**

Προκαλούνται από βιολογικούς παράγοντες όπως η σκόνη, η γύρη των λουλουδιών, οι μικροοργανισμοί. Χαρακτηριστικό παράδειγμα κατά το οποίο ο αριθμός των αλλεργιών έχει αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία 20 χρόνια, εξαιτίας του συνδρόμου των άρρωστων κτιρίων, αποτελεί η Σουηδία (το 20% περίπου των πολιτών της Σουηδίας παρουσιάζουν αλλεργικά συμπτώματα).

#### **2.4.4 Ασθένεια που προκαλούν τα κτίρια (Building Related Illness)**

Η ασθένεια αυτή διαπιστώνεται μετά από σειρά εξετάσεων σε ιατρικά εργαστήρια. Εμφανίζεται κυρίως με την μορφή βακτηριακών μολύνσεων όπως η ασθένεια των λεγεωνάριων. Ο αριθμός των ανθρώπων που προσβάλλονται από την ασθένεια αυτή ποικίλει και διαφοροποιείται από το αν το θύμα μένει ή όχι στο κτίριο.

Οι επιπτώσεις είναι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες. Οι άμεσες συνέπειες μπορεί να οφείλονται στην επαναλαμβανόμενη έκθεση σε κάποιους παράγοντες. Σε αυτή την περίπτωση εμφανίζονται συμπτώματα όπως ερεθισμός στα μάτια, τη μύτη και το φάρυγγα, πονοκέφαλοι, εύκολη κόπωση, καθώς και κάθε είδους αλλεργικές αντιδράσεις. Συνήθως, τα συμπτώματα υποχωρούν με την εξάλειψη του αιτιολογικού παράγοντα. Πολλές φορές μοιάζουν με αυτά ενός κοινού κρυολογήματος, γι' αυτό και δεν τους δίνεται ιδιαίτερη σημασία.

Αν όμως αυτά εμφανίζονται κάθε φορά που βρισκόμαστε στο κτίριο, αυτό πρέπει να μας βάλει σε υποψίες. Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις περιλαμβάνουν πλήθος παθήσεων, όπως καρδιοαναπνευστικά νοσήματα, ακόμα και καρκίνο.

## 2.4.5 Επιπτώσεις των ρύπων εσωτερικού χώρου στο αναπνευστικό σύστημα

Η χαμηλή ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων συνδέεται με πνευμονικές παθήσεις, όπως άσθμα και αλλεργίες, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) και καρκίνο των πνευμόνων. Τα άτομα που πάσχουν ήδη από πνευμονική νόσο είναι πιο ευάλωτα στη ρύπανση του αέρα εσωτερικών χώρων και όσοι πάσχουν σοβαρά είναι πιθανό να χρειάζεται να περνούν περισσότερο χρόνο μέσα στους χώρους αυτούς. Αρκεί μια σύντομη έκθεση σε ρύπανση αέρα εσωτερικών χώρων (ημέρες ή εβδομάδες) για να παρατηρηθούν ερεθισμοί, όπως ξηρός λαιμός και βήχας. Οι επιδράσεις της μακροχρόνιας έκθεσης ίσως εμφανιστούν μετά από πολλά χρόνια.

**Πίνακας 2.5:** Ρύπανση αέρα εσωτερικών χώρων και πνεύμονες

Πηγή	Ρύπος	Επίδραση στην υγεία των πνευμόνων
Οικιακές χημικές ουσίες: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Χρώματα</li> <li>• Διαλυτικά</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πτητικές και ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (VOC και SVOC)</li> <li>• Τοξικά προϊόντα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ερεθισμός σε μύτη και λαιμό</li> <li>• Δυσκολία στην αναπνοή (δύσπνοια)</li> <li>• Επιδείνωση συμπτωμάτων άσθματος</li> <li>• Δηλητηρίαση</li> </ul>
Οικοδομικά υλικά: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Υλικά οροφών και δαπέδων</li> <li>• Υλικά επίστρωσης</li> <li>• Πλαστικά</li> <li>• Κόλλα</li> <li>• Κόντρα-πλακέ</li> <li>• Υπόστρωμα χαλιού</li> <li>• Υφάσματα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πτητικές και ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (VOC και SVOC) που περιέχουν φορμαλδεΐδη</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ερεθισμός σε μύτη και λαιμό</li> <li>• Δυσκολία στην αναπνοή (δύσπνοια)</li> <li>• Επιδείνωση συμπτωμάτων άσθματος</li> <li>• Καρκίνος του πνεύμονα και του ρινοφάρυγγα</li> </ul>

Πηγή: ELF-European Lung Foundation<sup>1</sup>

Πάντως, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν έχουν προσδιοριστεί ακόμη κάποια ασφαλή όρια σχετικά με το χρόνο έκθεσης ή τις συγκεντρώσεις των ρύπων. Η ιδιοσυγκρασία κάθε ατόμου, ο τρόπος δηλαδή αντίδρασης σε κάθε επιβλαβή παράγοντα, καθώς και η ποικιλομορφία των εσωτερικών χώρων καθιστούν δύσκολη τη θέσπιση τέτοιων ορίων. Ωστόσο, στην Ελλάδα

<sup>1</sup> Το ELF-European Lung Foundation (Ευρωπαϊκό Πνευμονολογικό Ίδρυμα) είναι δημόσιος εκπρόσωπος της Ευρωπαϊκής Πνευμονολογικής Εταιρείας ((European Respiratory Society-ERS), μη κερδοσκοπικός ιατρικός οργανισμός με περισσότερα από 8.000 μέλη σε πάνω από 100 χώρες, Το ELF ασχολείται με την υγεία των πνευμόνων σε πανευρωπαϊκό επίπεδο και συγκεντρώνει τους κορυφαίους ιατρικούς ειδήμονες στην Ευρώπη για την ενημέρωση των ασθενών και την ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τις αναπνευστικές νόσους.

υπάρχει το Προεδρικό Διάταγμα αριθμ. 90/1999 που έχει ως αντικείμενο την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους για την υγεία και την ασφάλειά τους που προέρχονται ή μπορούν να προέλθουν από την έκθεσή τους σε χημικούς παράγοντες. [1][5][6][7][8]

**Πίνακας 2.6 :** Οριακές τιμές έκθεσης σε εργασιακούς εσωτερικούς χώρους για τον άνθρωπο, σύμφωνα με το Π.Δ. 90/1999

Χημικός Παράγοντας	Χημικός (Μοριακός) Τύπος	Οριακή Τιμή Έκθεσης [mg/m <sup>3</sup> ]	Ανώτατη Οριακή Τιμή Έκθεσης [mg/m <sup>3</sup> ]
τολουόλιο	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	375	560
οκτάνιο	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	2350	2350
αιθυλοβενζόλιο	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	435	545
ξυλένια	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	435	650
1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	125	-
1,2,3-τριμεθυλοβενζόλιο	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	125	-
φορμαλδεΐδη	HCHO	2,5	2,5
ακεταλδεΐδη	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	180	270
ακρολεΐνη	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O	0,25	0,8
ακετόνη	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	1780	3560
κροτοναλδεΐδη	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	6	-
βουτυραλδεΐδη	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	300	300
εξανόλη	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	200	-

Πηγή: Π.Δ. 90/1999

*Η Οικολογική Σήμανση (ecolabelling) λοιπόν αποτελεί το καταλληλότερο εργαλείο που διαχωρίζει εκείνα τα υλικά που εκπέμπουν σημαντικά μειωμένους ρύπους, στους εσωτερικούς χώρους, σε σύγκριση με ίδια υλικά πιο ρυπογόνα που είναι και πιο διαδεδομένα σήμερα. Έτσι ώστε με επιστημονικές και τεκμηριωμένες μεθόδους να γνωρίζουν όλοι πώς να προστατέψουν την υγεία τους αλλά και το περιβάλλον, το εσωτερικό αλλά και το εξωτερικό εξίσου καθώς η σήμανση αυτή προσδιορίζει και τα προϊόντα με τον μεγαλύτερο κύκλο ζωής, την ασφαλέστερη σύνθεση και την μεγαλύτερη δυνατότητα ανακύκλωσης.*

## Βιβλιογραφία, Αναφορές

- [1] WHO (2001) World Health Organization, Air quality guidelines for Europe, WHO Regional Office for Europe.
- [2] ECA (1997a). European Collaborative Action "Indoor Air Quality and Its Impact on Man" Evaluation of VOC Emissions from Building Products, Report No. 18, EUR 17334 EN, ISBN 92-828-0384-8, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [3] Brown, S. K., M. R. Sim, M. J. Abramson, and C. N. Gray. 1994. Concentrations of volatile organic compounds in indoor air – a review. *Indoor Air* 4(2): 123-134
- [4] Γεντεκάκης Ιωάννης Β., Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Επιπτώσεις, Έλεγχος και Εναλλακτικές τεχνολογίες, Εκδόσεις Τζιολα, Θεσσαλονίκη, 1999.
- [5] Ρύπανση και ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος στα κτίρια, Μ. Σανταμούρης-Παπαγλάστρα Μ. , Έτος Έκδοσης: 12-2007
- [6] <http://www.who.int>
- [7] <http://www.iaq.gr>
- [8] <http://www.gr.european-lung-foundation.org/>





# 3

## ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

### 3.1 Εισαγωγή

Η ποιότητα αέρα των εσωτερικών χώρων (Indoor Air Quality, 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>1</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 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. [1][2][6]

<sup>1</sup> HBC Αύγουστος 2000-Esboo Φινλανδία, FLEC Symp. Σεπτέμβριος 2001-NIOH Δανία

## 3.2 Η εξέλιξη των συστημάτων πιστοποίησης

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 (BFR 1988, 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 αυτήν 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 gesundheitlichen 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<sup>2</sup>.

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

---

<sup>2</sup> Παράρτημα II

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-EC1. 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 e.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 περιελάμβαναν 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 συναρτήσε 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

συσσκευές, 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 πολυουλεφίνη.

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>3</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 να χρησιμοποιείται ευρέως και σε μερικά έτη να καλύπτει ένα σημαντικό ποσοστό της αγοράς.

Επίσης το 1995, το Δανικό σύστημα Indoor Climate Labelling (DICL) 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 ινών. Ο απώτερος στόχος της ανάπτυξης του Δανικού προτύπου ICL ήταν η βελτίωση και η εξασφάλιση ενός 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)<sup>4</sup>. [1][4][5][6]

### 3.3 Συστήματα πιστοποίησης (Labelling systems)

Η έκθεση της ευρωπαϊκής επιτροπής με τίτλο «Εναρμόνιση των συστημάτων πιστοποίησης για τις εκπομπές από τα υλικά εσωτερικού χώρου στην Ευρωπαϊκή Ένωση» παρουσιάστηκε το 2005 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)

<sup>3</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

<sup>4</sup> Παράρτημα II

- 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 M1 - 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. [1]

### 3.3.1 Έκθεση ECA No. 18

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. 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 Blue Angel και Natureplus χρησιμοποιούν τροποποιημένες εκδόσεις κατά προσέγγιση ως βάση για νέα κριτήρια. [1][3][5]

### 3.3.2 Σύστημα AgBB

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 (Aussehung zur gesundheitlichen 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 Interessierende Konzentration, German LCI) σε αναλογία με τις τιμές του LCI από την έκθεση ECA No. 18. Ο κατάλογος των τιμών NIK 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 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. [1][3][7]

### 3.3.3 Σύστημα AFSSET

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. 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<sup>5</sup> – περιλαμβάνονται 2 ενώσεις, βενζόλιο και τριχλωροαιθυλένιο

---

<sup>5</sup> Παράρτημα II



- 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  $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$  (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>6</sup>, είναι πολύ περιορισμένη.[2][3][8]

### 3.3.4 Σύστημα CESAT

Το CESAT (Comité Environnement- Santé de l' Avis Technique, 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:

- Εκπομπή VOC και φορμαλδεΐδης
- Ανίχνευση οσμών (προαιρετικά)
- Ικανότητα για ανάπτυξη μυκήτων
- Ικανότητα για ανάπτυξη βακτηρίων (προαιρετικά)
- 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 μετρώνται 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.

<sup>6</sup> NEHAP Action 15: Δημιουργία συστήματος πιστοποίησης για την υγεία και το περιβάλλον, χαρακτηρισμός υλικών κατασκευής.

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.[1][3][9]

### 3.3.5 Σύστημα M1 (Material Class 1)

Η πρώτη έκδοση της ταξινόμησης εκπομπών από οικοδομικά υλικά αναπτύχθηκε από τη Φιλανδική 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 οριοθετήθηκε ως βάση για την ταξινόμηση «Εσωτερικό Κλίμα 2000» (Indoor climate 2000 classification)<sup>7</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 έπειτα από το πέρασμα 4 εβδομάδων για τις εξής εκπομπές:

- TVOC, φορμαλδεΐδη, 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.[1][3][10]

### Οικοδομικά υλικά ταξινομημένα ως προς τις εκπομπές

---

<sup>7</sup> Κατάταξη της ποιότητας εσωτερικού αέρα σε νέες κατασκευές στη Φιλανδία σε ισχύ από το 1995, εθελοντικού χαρακτήρα.

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, πετρελαιμένοι αφροί γεμίματος κλπ
- υλικά δαπέδων
- χρώματα και βερνίκια
- σανίδες, γυψοσανίδες
- μονωτικά υλικά

### 3.3.6 Σύστημα Indoor Climate Label (ICL)

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 μετρώνται 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 επαναδημοσιεύθηκε 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. [1][2][3][11]

### 3.3.7 Σύστημα LQAI

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 αντίθετως πραγματοποιούνται μετρήσεις στις 72 ώρες και 28 ημέρες. 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>8</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 τα άλλα VOC, συμβάλλοντας έτσι στον υπολογισμό της τιμής R.

---

<sup>8</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.

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.[1][3][12]

### 3.3.8 Σύστημα Natureplus

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. [1][3][13]

### 3.3.9 Σύστημα Blue Angel

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 Ι» 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 Gutesicherung 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 76
- 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.[1][3][14]

### 3.3.10 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. [1][3][15]

### 3.3.11 Σύστημα GUT για τάπητες

Από τις αρχές του 1990 η ευρωπαϊκή βιομηχανία ταπήτων έχει αναλάβει ηγετικό ρόλο με τη δημιουργία του συστήματος GUT (Gemeinschaft Umweltfreundlicher 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, το 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. [1][3][16]

### 3.3.12 Σύστημα EMICODE από τη GEV για κόλλες και συναφή υλικά

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 κυκλικό 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. [1][3][17]

### 3.3.13 The Scandinavian Trade Standards

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»<sup>9</sup>.

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. [2][3][18]

---

<sup>9</sup> Μονάδα ελέγχου εκπομπής (Field and Laboratory Emission Cell, FLEC) είναι ένας μικροθάλαμος, που σχεδιάστηκε για τον έλεγχο των εκπομπών των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC). Το FLEC αναπτύχθηκε για να ικανοποιήσει την ανάγκη για μια φορητή συσκευή ελέγχου στην έρευνα την ανάπτυξη προϊόντων με υλικά χαμηλών εκπομπών και τέλος την ανάγκη για προσδιορισμό των πηγών εκπομπής επιτόπου στα κτίρια.

**Πίνακας 3.1:** Σύγκριση των ευρωπαϊκών συστημάτων πιστοποίησης

	AgBB	CESAT	M1	ICL	LQAI scheme	Natureplus	Blue Angel	Austrian Ecolabel	GUT	EMICODE EC1	Scandinavian Trade Standards
<b>Χώρα</b>	Γερμανία	Γαλλία	Φιλανδία	Δανία	Πορτογαλία	Γερμανία	Γερμανία	Αυστρία	Γερμανία	Γερμανία	Σουηδία
<b>Σύστημα που βασίζεται</b>	ECA Report 18	ECA Report 18			ECA Report 18	AgBB	AgBB	ECA Report 18	AgBB		
<b>Τύποι προϊόντων</b>	όλα τα είδη δομικών υλικών εσωτερικού χώρου	αρκετά είδη δομικών υλικών	όλα τα είδη δομικών υλικών	όλα τα είδη δομικών υλικών εσωτερικού χώρου	αρκετά είδη δομικών υλικών εσωτερικού χώρου	αρκετά είδη δομικών υλικών	αρκετά είδη υλικών εσωτερικού χώρου	αρκετά είδη δομικών υλικών	τάπητες εσωτερικού χώρου	προϊόντα συγκόλλησης δαπέδων	αρκετά είδη δομικών υλικών
<b>Δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων</b>	ISO 16000-11	ISO 16000-11	ISO 16000-11	ISO 16000-11	ISO 16000-11	ISO 16000-11	ISO 16000-11	ISO 16000-11	ISO 16000-11	ISO 16000-11	ISO 16000-11
<b>Μέθοδος θαλάμου δοκιμών εκπομπών</b>	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9

**Πίνακας 3.1:** Σύγκριση των ευρωπαϊκών συστημάτων πιστοποίησης (συνέχεια)

	<b>AgBB</b>	<b>CESAT</b>	<b>M1</b>	<b>ICL</b>	<b>LQAI scheme</b>	<b>Natureplus</b>	<b>Blue Angel</b>	<b>Austrian Ecolabel</b>	<b>GUT</b>	<b>EMICODE EC1</b>	<b>Scandinavian Trade Standards</b>
<b>Τύπος θαλάμου δοκιμών</b>	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9	ISO 16000-9
<b>Ανάλυση VOC</b>	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6	ISO 16000-6
<b>Ανάλυση αλδεϋδών</b>	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3	ISO 16000-3
<b>1η μέτρηση</b>	3 ημέρες	24 ώρες (καρκινογόνες)	28 ημέρες	3 ημέρες	3 ημέρες	24 ώρες (καρκινογόνες)	3 ημέρες	24 ώρες	3 ημέρες	24 ώρες (καρκινογόνες)	28 ημέρες
<b>2η μέτρηση</b>	28 ημέρες	3 ημέρες		10 ημέρες	28 ημέρες	3 ή 28 ημέρες	28 ημέρες	28 ημέρες		10 ημέρες	26 εβδομάδες
<b>3η μέτρηση</b>		28 ημέρες		28 ημέρες		28 ημέρες (SVOC)					

**Πίνακας 3.1:** Σύγκριση των ευρωπαϊκών συστημάτων πιστοποίησης (συνέχεια)

	AgBB	CESAT	M1	ICL	LQAI scheme	Natureplus	Blue Angel	Austrian Ecolabel	GUT	EMICODE EC1	Scandinavian Trade Standards
TVOC	3 ημέρες, 28 ημέρες	3 ημέρες, 28 ημέρες	28 ημέρες		3 ημέρες, 28 ημέρες	28 ημέρες	3 ημέρες, 28 ημέρες	28 ημέρες	3 ημέρες	10 ημέρες	28 ημέρες, 26 εβδομάδες
SVOC	28 ημέρες	OXI	OXI	OXI	OXI	28 ημέρες	28 ημέρες	OXI	3 ημέρες	OXI	OXI
VVOC	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI	OXI
Λίστα με στοχευμένες ενώσεις	NIK	LCI	OXI	IT , OT	LCI		NIK		NIK	OXI	

Πηγή: Overview of existing labelling systems in the EU, Stylianos Kefthalopoulos, Joint Research Center [6]

## Βιβλιογραφία, Αναφορές

- [1] 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.
- [2] 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 xxxxx EN, ISBN xxx-xx-xx-xxxxx-x, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] [www.aivc.org/](http://www.aivc.org/)
- [6] <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm>
- [7] <http://www.umweltbundesamt.de/building-products/agbb.htm>
- [8] <http://www.afsse.fr/>
- [9] [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)
- [10] [www.rts.fi](http://www.rts.fi)
- [11] [www.indeklima.org](http://www.indeklima.org)
- [12] <http://www.lqai.com/>
- [13] [www.natureplus.org](http://www.natureplus.org)
- [14] [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)
- [15] [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)
- [16] [www.gut-ev.de](http://www.gut-ev.de)
- [17] [www.emicode.com](http://www.emicode.com)
- [18] [www.golvbranschen.se](http://www.golvbranschen.se)



# 4

## ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΗΜΑΝΣΗ (ECO-LABELLING) ΚΑΙ ΕΛΛΑΔΑ

### 4.1 Οικολογική Σήμανση

Με τον όρο οικολογική σήμανση (eco-labelling), εννοούμε τη διαδικασία που λειτουργεί σε εθελοντική βάση, σύμφωνα με την οποία ένας ιδιωτικός ή δημόσιος οργανισμός χορηγεί το δικαίωμα της χρήσης ενός ειδικού σήματος στα προϊόντα που ικανοποιούν ένα ελάχιστο σύνολο περιβαλλοντικών κριτηρίων, τα οποία έχουν τεθεί από τον οργανισμό για τη συγκεκριμένη ομάδα προϊόντων.

Στόχος της οικολογικής σήμανσης είναι να παρέχει κατάλληλη και αντικειμενική πληροφόρηση στους καταναλωτές, ώστε να προωθεί τα καταναλωτικά προϊόντα που είναι σχετικά φιλικότερα προς το περιβάλλον, από άλλα ανταγωνιστικά τους που δεν φέρουν το σήμα. Έτσι, παρατηρείται πως η αποδοχή της εικόνας του σήματος από τους καταναλωτές κατά τη διαδικασία αγοράς θα πιέσει τους παραγωγούς προς μία περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον χρήση πρώτων υλών και την παραγωγή τελικών προϊόντων με προτεραιότητα την ανθρώπινη υγεία.

Η άγνοια και το περιορισμένο της πληροφόρησης που λαμβάνει ο καταναλωτής σχετικά με τις αρνητικές επιπτώσεις των προϊόντων που αγοράζει στο περιβάλλον και στην υγεία, αποτελούν τροχοπέδη για την ανθρώπινη και περιβαλλοντική προστασία. Ένας απλός στη σύλληψη του θεσμός έρχεται να καλύψει αυτό το κενό, παρέχοντας απλή, κωδικοποιημένη, ευκόλως αναγνωρίσιμη πληροφόρηση για την ποιότητα του προϊόντος. Ένα σχετικά νέο εργαλείο στο πεδίο της σχέσης «επιχείρηση-περιβάλλον-υγεία» είναι η οικολογική σήμανση των προϊόντων (eco-labelling). Ο κανονισμός 880/92 του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 23<sup>ης</sup> Μαρτίου 1992, καθιερώνει το κοινοτικό σύστημα απονομής οικολογικού σήματος και απαιτεί από τα κράτη-μέλη να το αποδεχθούν και να το εφαρμόσουν στην επικράτεια τους.

Μέχρι τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '60, η σήμανση συνήθως είχε καθαρά πληροφοριακό χαρακτήρα για την εταιρεία, το προϊόν και τον τρόπο κατανάλωσης του. Στις επόμενες δύο δεκαετίες, η σύνδεση ορισμένων προϊόντων με καρκινογένεση και η τοξικότητα ορισμένων χημικών αποτέλεσαν αφορμή χρήσης της σήμανσης ως «πληροφοριακού οχήματος» για την ενημέρωση των καταναλωτών. Παρ' όλα αυτά, στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του '70, μία νέα διάσταση εμφανίζεται. Η Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας είναι η πρώτη κυβέρνηση που εισάγει τη νέα αυτή διάσταση, με ένα πιλοτικό πρόγραμμα οικολογικής σήμανσης για καταναλωτικά προϊόντα. Η λογική αυτής της προσπάθειας ήταν η μείωση της ρύπανσης, η καλύτερη πληροφόρηση του καταναλωτή και η δημιουργία των κινήτρων εκείνων που είναι απαραίτητα για την παραγωγή φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων.

Μία από τις πλέον πρόσφατες, και για την ελληνική αγορά, εξελίξεις στα θέματα οργάνωσης και λειτουργίας των επιχειρήσεων είναι η εφαρμογή προγραμμάτων Διασφάλισης Ποιότητας. Οι ελληνικές εταιρείες έχουν αρχίσει να ευαισθητοποιούνται ως προς τα θέματα της

ποιότητας για να μπορέσουν να επιβιώσουν στην ευρωπαϊκή αγορά. Όμως, η έννοια της ποιότητας είναι αλληλένδετη με το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Ποιότητα δεν σημαίνει μόνον ικανοποίηση του πελάτη, αλλά και ευρύτερα ικανοποίηση του κοινωνικού συνόλου. Αυτό περιλαμβάνει το βαθμό που η επιχείρηση προσφέρει, με τα προϊόντα ή τις υπηρεσίες της, ποιότητα ζωής, φροντίδα για το περιβάλλον και διαφύλαξη των ενεργειακών πηγών.

### **Ωφέλειες της οικολογικής σήμανσης**

- ✓ Ωφέλειες για την επιχείρηση

Από την πλευρά της εταιρείας η συμμετοχή σε ένα πρόγραμμα οικολογικής σήμανσης την ωφελεί καθώς:

- Αποκτάει πρόσβαση σε ένα νέο εργαλείο του μάρκετινγκ που υπόσχεται να προβάλει την επιχειρησιακή εικόνα της εταιρείας που «ενδιαφέρεται για το περιβάλλον».
- Η οικολογική σήμανση έχει ήδη καθιερωθεί ως η πιο σύγχρονη παράμετρος του προϊόντος που ο καταναλωτής αναγνωρίζει, πέρα από τις κλασσικές παραμέτρους και μπορεί έτσι να χρησιμοποιηθεί ως παράγοντας διαφοροποίησης, με την επέκταση σε νέες γραμμές «φιλικών προς το περιβάλλον» προϊόντων.
- Δίνεται η δυνατότητα στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις, που υποφέρουν από τον ανταγωνισμό των μεγαλύτερων εθνικών και πολυεθνικών εταιρειών, να εισέλθουν σε νέα τμήματα της αγοράς ή να εστιάσουν με επιτυχία στα υπάρχοντα.
- Δίνει τη δυνατότητα στην εταιρεία να εφαρμόσει ένα πρόγραμμα οικολογικής σήμανσης σε εθελοντική βάση και έτσι να προσαρμοσθεί σταδιακά στην επερχόμενη αυστηρή, περιοριστική νομοθεσία.
- Είναι φανερό ότι η συμμετοχή σε ένα πρόγραμμα οικολογικής σήμανσης είναι σχετικά λιγότερο ακριβή όταν συγκρίνεται με τα άλλα εργαλεία προώθησης του μάρκετινγκ, ενώ πολλές φορές είναι και περισσότερο αποτελεσματική.
- Λειτουργεί ως συγκριτικό πλεονέκτημα (competitive advantage) όταν το «υπό σήμανση» προϊόν εισέρχεται σε νέα αγορά.
- Η συμμετέχουσα εταιρεία ακολουθεί την πλέον σύγχρονη τάση του μάρκετινγκ, που είναι η πρόληψη των αναγκών του καταναλωτή. Είναι ξεκάθαρο πως η προσαρμογή και φιλικότητα των επιχειρησιακών δραστηριοτήτων προς το περιβάλλον είναι ό,τι ακριβώς αναμένουν οι καταναλωτές από τις εταιρείες.
- Η εταιρεία θα είναι ήδη έτοιμη όταν η Κεντρική Δημόσια Διοίκηση και οι Τοπικές Αρχές θα αρχίσουν να καθορίζουν περιβαλλοντικές προδιαγραφές στις προμήθειες προϊόντων και υπηρεσιών που θα προμηθεύονται.

Υπάρχει όμως και μία Στρατηγική και Ηθική διάσταση για το Marketing Management. Αυτή η διάσταση έχει να κάνει με τη συνειδητοποίηση, ξεκινώντας από ένα απλό πρόγραμμα οικολογικής σήμανσης, της αμφίδρομης σχέσης επιχείρησης-περιβάλλοντος. Με αυτόν τον τρόπο οι marketing managers των εταιρειών θα προετοιμασθούν για να αντιμετωπίσουν την πρόκληση της επόμενης δεκαετίας, που επιμένει στην ανάπτυξη, βοηθούμενη από την τεχνολογική δημιουργία, αλλά πάντα σύμφωνη με την περιβαλλοντική προστασία.



✓ Ωφέλειες για τον καταναλωτή

Ένα πρόγραμμα οικολογικής σήμανσης όμως προσφέρει και στους καταναλωτές, καθώς παρέχει:

- Μία συστηματική και αντικειμενική πληροφόρηση για τη φιλικότητα του προϊόντος προς το περιβάλλον, δίνοντας του έτσι τη δύναμη, μέσω της αγοραστικής ψήφου, να κινητοποιεί ουσιαστικά τις εταιρείες προς την κατεύθυνση της περιβαλλοντικής υπευθυνότητας.
- Ένα αίσθημα ασφάλειας ότι το προϊόν που αγοράζει δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στη υγεία του.
- Αύξηση της ποικιλίας των προϊόντων με την εισαγωγή νέων ομάδων που περιλαμβάνουν νέα, φιλικότερα προς το περιβάλλον προϊόντα.
- Δημιουργία ειδικών τμημάτων στα καταστήματα ή ακόμη και ειδικών καταστημάτων για άμεση ανεύρεση τέτοιων ομάδων προϊόντων.
- Την ουσιαστική ταύτιση της ψυχολογικής διάθεσης (attitude) απέναντι στο περιβάλλον με τη συμπεριφορά (behaviour).
- Άλλα πιο μακροπρόθεσμα οφέλη από τη χρήση φιλικότερων προς το περιβάλλον πρώτων υλών και υπηρεσιών, όπως μείωση του όγκου των αποβλήτων, μείωση της ρύπανσης, βελτίωση της δημόσιας υγείας κλπ.

✓ Ωφέλειες για τη Δημόσια Διοίκηση

Όμως και το κοινωνικό σύνολο και ο εκπρόσωπος του, η Δημόσια Διοίκηση, ωφελούνται καθώς:

- Η οικολογική σήμανση αποτελεί ένα βασικό εργαλείο περιβαλλοντικής πολιτικής που σε στενή συνεργασία με τα υπόλοιπα μέσα διαχείρισης του περιβάλλοντος μπορεί να οδηγήσει σε έλεγχο, αλλά κυρίως σε πρόληψη της χειροτέρευσης των περιβαλλοντικών συνθηκών.
- Αποτελεί όμως και ένα εργαλείο εκπαίδευσης και ενημέρωσης των πολιτών, που στόχο έχει τη συνειδητοποίηση της ευθύνης του καθενός για την προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την εξοικείωση που προσφέρει το πρόγραμμα οικολογικής σήμανσης στον πολίτη σχετικά με το τι είναι αρνητικό για το περιβάλλον.

Κάποιες αμφιβολίες για την επιτυχία ενός προγράμματος οικολογικής σήμανσης, έχουν διατυπωθεί σε σχέση με φόβους για άρνηση υποστήριξης από τη βιομηχανία, με μη ουσιαστική αποδοχή του από τους καταναλωτές καθώς και με δυσκολίες των μικρότερων εταιρειών να βρουν τους πόρους για την απονομή του σήματος.

Η οικολογική σήμανση όμως έχει σημαντικό περιβαλλοντικό, ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα και οικονομικά οφέλη καθώς οδηγεί σε περιορισμό της χρήσης πρώτων υλών και ενέργειας, σε προστασία της υγείας και σε ανάπτυξη νέων τμημάτων αγορών (οικολογικά προϊόντα και υπηρεσίες). [2]

## 4.2 Περιβαλλοντικά εργαλεία και μέσα

### 4.2.1 Ευρωπαϊκό Οικολογικό Σήμα Ecolabel

Το ευρωπαϊκό σήμα Ecolabel αποτελεί μια εθελοντική σήμανση που καθιερώθηκε το 1992 με σκοπό την παρότρυνση των επιχειρήσεων για φιλικότερα προς το περιβάλλον προϊόντα και υπηρεσίες.

Το λογότυπο με το λουλούδι χαρακτηρίζει τα προϊόντα και τις υπηρεσίες στα οποία έχει απονεμηθεί το Ecolabel και κάνει εύκολη την αναγνώριση τους από τους καταναλωτές. Σήμερα το ευρωπαϊκό Ecolabel καλύπτει μια μεγάλη γκάμα προϊόντων και υπηρεσιών, με την συνεχή προσθήκη όλο και περισσότερων ομάδων.

Οι ήδη πιστοποιημένες ομάδες περιλαμβάνουν:

- προϊόντα καθαρισμού (απλά καθαριστικά, καθαριστικά υγειονομικών χώρων, απορρυπαντικά πιάτων, πλυντηρίων πιάτων και πλυντηρίων ρούχων, σαπούνια, σαμπουάν, μαλακτικά μαλλιών)
- είδη ένδυσης (υφάσματα, υποδήματα)
- βαφές και βερνίκια
- ηλεκτρονικές συσκευές (τηλεοράσεις, προσωπικοί υπολογιστές, φορητοί υπολογιστές),
- επικαλύψεις δαπέδων (ξύλινες, υφασμάτινες, σκληρές)
- έπιπλα (ξύλινα έπιπλα)
- είδη κήπου (βελτιωτικά χώματος, λιπάσματα)
- οικιακές συσκευές (λάμπες, ψυγεία, καταψύκτες, κλιματιστικά)
- λιπαντικά
- στρώματα
- προϊόντα χαρτιού (φωτοτυπικό χαρτί, χαρτί σχεδίασης)
- υπηρεσίες (τουριστικών καταλυμάτων και κάμπινγκ)

Παρά την απλότητα του, μόνο τα προϊόντα που είναι άκρως φιλικά στο περιβάλλον μπορούν να φέρουν το λογότυπο του Ecolabel εξαιτίας των πολύ αυστηρών κριτηρίων. Το Ecolabel αποτελεί ένα σήμα άξιο εμπιστοσύνης από τους καταναλωτές. Τα κριτήρια βασίζονται σε επιστημονικά στοιχεία και καθορίζονται, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, μετά από εκτεταμένες διαβουλεύσεις μεταξύ ειδικών και εκπροσώπων από τη βιομηχανία, από οργανώσεις καταναλωτών και από περιβαλλοντικές οργανώσεις και οργανισμούς. Τα κριτήρια αφορούν σε περιβαλλοντικά ζητήματα όπως η κατανάλωση ενέργειας, η τοξικότητα ουσιών, η ανακύκλωση και η προστασία από τα λύματα. Ο καθορισμός των κριτηρίων του Ecolabel βασίζεται σε μελέτες της περιβαλλοντικής επίδρασης του προϊόντος ή της υπηρεσίας κατά τη διάρκεια όλου του κύκλου ζωής του, ξεκινώντας από την προέλευση των πρώτων υλών και συνεχίζοντας με την παραγωγή, τη διανομή (συμπεριλαμβανόμενης της συσκευασίας), τη χρήση από τους καταναλωτές και τη τελική απόρριψη του.

Το σήμα απονέμεται μόνο αφού επαληθευτεί από ανεξάρτητο φορέα ότι το προϊόν/υπηρεσία ανταποκρίνεται στις υψηλές περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Ο αρμόδιος φορέας συνάπτει σύμβαση με κάθε επιχείρηση, η οποία καλύπτει τους όρους χρήσης του οικολογικού σήματος της ΕΕ (συμπεριλαμβανομένων διατάξεων για την έγκριση και την αφαίρεση του οικολογικού σήματος της ΕΕ, ιδίως μετά την αναθεώρηση των κριτηρίων). Προς το σκοπό αυτό,

χρησιμοποιείται πρότυπη σύμβαση σύμφωνα με συγκεκριμένο υπόδειγμα (παράρτημα IV – Κανονισμός ΕΚ 66/2010). Ο Κανονισμός ΕΚ 66/2010 σχετικά με το Κοινοτικό Σύστημα Απονομής Οικολογικού Σήματος απαιτεί την δημιουργία ενός «Αρμόδιου Φορέα» ο οποίος θα υλοποιεί τις διαδικασίες που θεσπίστηκαν για την εφαρμογή του Κανονισμού αυτού. Αρμόδιος φορέας στην Ελλάδα από το 1993, σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση (Α.Π. 866644/2482/93, ΦΕΚ 763/Β/93), είναι το «Ανώτατο Συμβούλιο Απονομής Οικολογικού Σήματος» με το διακριτικό τίτλο «ΑΣΑΟΣ».

Τα πλεονεκτήματα του ευρωπαϊκού Ecolabel είναι εμφανή, σε όλους τους κατασκευαστές και παραγωγούς και ιδιαίτερα σε αυτούς που θέλουν να εξαπλωθούν στην ευρωπαϊκή αγορά. Η εθελοντική φύση της σήμανσης όχι μόνο δεν δημιουργεί εμπόδια στις εμπορικές συναλλαγές αλλά παρέχει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, σύμφωνα με πολλούς επιχειρηματίες.

Το λουλούδι-λογότυπο είναι αναγνωρισμένο στα 27 κράτη-μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης, όπως και στη Νορβηγία, στο Λιχτενστάιν και στην Ισλανδία. Το Ecolabel συμβάλλει τόσο στην αναγνώριση του υψηλού επιπέδου των προϊόντων για τους παραγωγούς-κατασκευαστές, τους εμπόρους και τους παρόχους υπηρεσιών όσο και στην αξιόπιστη επιλογή φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων από τους αγοραστές.

Το σχέδιο έχει αναθεωρηθεί πρόσφατα με σκοπό την απλοποίηση των διαδικασιών για τις ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις και την αύξηση των ομάδων προϊόντων που περιελάμβανε το αρχικό. Μερικές από τις πιο σημαντικές αλλαγές περιλαμβάνουν μειωμένα τέλη, λιγότερες διοικητικές ευθύνες για τις εταιρείες, αυξημένη συνέργεια με άλλα εθνικά σήματα και ταχύτερη ανάπτυξη κριτηρίων και αναθεώρηση διαδικασιών. Το ευρωπαϊκό Ecolabel είναι μέρος ενός γενικότερου σχεδίου δράσης για την Βιώσιμη Κατανάλωση και Παραγωγή/Βιώσιμη Βιομηχανική Πολιτική (Sustainable Consumption & Production / Sustainable Industrial Policy, SCP/SIP) που υιοθετήθηκε επίσημα από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στις 16 Ιουλίου 2008, και συνδέεται με άλλες ευρωπαϊκές πολιτικές όπως οι Πράσινες Προμήθειες Δημοσίου (Green Public Procurement, GPP).

Σχετική νομοθεσία με το οικολογικό σήμα της ΕΕ (EU Ecolabel) αποτελεί ο ευρωπαϊκός κανονισμός (ΕΚ) αριθμ.66/2010 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Νοεμβρίου 2009. [3]

#### **4.2.2 Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου (Eco-Management and Audit Scheme, EMAS)**

Το Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου (Eco-Management and Audit Scheme, EMAS) είναι ένας μηχανισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω του οποίου αναγνωρίζονται οι οργανισμοί εκείνοι που βελτιώνουν τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις σε διαρκή βάση. Η συμμετοχή στο EMAS είναι εθελοντική. Το Σύστημα βασίζεται στον Κανονισμό (ΕΚ) 1221/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ στις 11-01-2010, αντικαθιστώντας τον Κανονισμό (ΕΚ) 761/2001. Η συμμετοχή στο EMAS επιβεβαιώνεται με τη χρήση του λογότυπου του EMAS που αποτελεί σήμα κατατεθέν του παραπάνω κανονισμού.

### **Το λογότυπο του EMAS συμβολίζει:**

- εθελοντικές προληπτικές προσπάθειες εκ μέρους των καταχωρισμένων οργανισμών για συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής τους επίδοσης πέραν των κανονιστικών απαιτήσεων,
- ένα λειτουργικό σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης που εφαρμόζει τους στόχους που θέτει ο οργανισμός, και
- το γεγονός ότι οι πληροφορίες που παρέχονται, π.χ. στην περιβαλλοντική δήλωση, είναι αξιόπιστες και επικυρωμένες από διαπιστευμένο επαληθευτή περιβάλλοντος.

### **Στόχοι του EMAS**

Η προώθηση της συνεχούς βελτίωσης των περιβαλλοντικών επιδόσεων όλων των οργανισμών που εδρεύουν στην Ευρώπη, δημοσίων και ιδιωτικών, η αναγνώριση των οργανισμών εκείνων που έχουν υιοθετήσει συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης και έχουν φροντίσει και για την εξωτερική πιστοποίησή τους και η γνωστοποίηση της περιβαλλοντικής προόδου των οργανισμών αυτών στο ευρύτερο κοινό αποτελούν στόχο τόσο για επιβράβευση των ιδίων όσο και για την ενθάρρυνση και άλλων να ακολουθήσουν στον ίδιο δρόμο.

Διευκρινίζεται ότι η πιστοποίηση κατά EMAS δεν αφορά στις ιδιότητες κάποιου συγκεκριμένου προϊόντος ή υπηρεσίας. Αφορά όμως στον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ένας οργανισμός (ή ένας συγκεκριμένος χώρος δραστηριοτήτων ενός οργανισμού) κατά τη διαδικασία παραγωγής των προϊόντων ή υπηρεσιών. Αυτός είναι και ο λόγος που το λογότυπο του EMAS δεν τίθεται πάνω σε προϊόντα παρά μόνο σε έγγραφα, επιστολόχαρτα, εκδόσεις, διαφημίσεις ή επιγραφές ενός καταχωρισμένου οργανισμού, και υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

Ο πολίτης που βλέπει ότι ένας οργανισμός (ή κάποιος συγκεκριμένος χώρος δραστηριοτήτων ενός οργανισμού) έχει πιστοποιηθεί κατά EMAS μπορεί να γνωρίζει ότι ο συγκεκριμένος οργανισμός (ή χώρος δραστηριοτήτων) έχει ελεγχθεί για συμμόρφωση με την περιβαλλοντική νομοθεσία, έχει εντοπίσει τις σημαντικές επιδράσεις της λειτουργίας του στο περιβάλλον και έχει θέσει σε εφαρμογή ένα πρόγραμμα μείωσης των επιδράσεων αυτών. Η περιβαλλοντική δήλωση στην οποία περιγράφεται το πρόγραμμα αυτό έχει πιστοποιηθεί από ανεξάρτητο φορέα πιστοποίησης (επαληθευτή).

### **Τα οφέλη του EMAS**

Η εγκαθίδρυση ενός Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης και η εν συνεχεία πιστοποίησή του κατά EMAS μπορούν να έχουν σημαντικά οφέλη για την οργάνωση που θα το εφαρμόσει, τόσο ως προς την εσωτερική της λειτουργία όσο και ως προς τις σχέσεις με τρίτους. Τέτοια οφέλη μπορεί να είναι:

- Ενδυνάμωση των εργαζομένων μέσω της δημιουργίας κινήτρων για μεγαλύτερη συμμετοχή και υπευθυνότητα.
- Ενίσχυση της εικόνας της οργάνωσης τόσο προς τρίτους (πελάτες, κοινωνία, προμηθευτές) όσο και προς το ίδιο το προσωπικό της.
- Καλύτερη διαχείριση του ρίσκου που σχετίζεται με τα περιβαλλοντικά θέματα, μέσω της θεσμοθέτησης και ελέγχου κατάλληλων διαδικασιών.
- Εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτων υλών.

**Σχέση μεταξύ του λογότυπου του EMAS και των συστημάτων οικολογικής σήμανσης**  
(άρθρο 8(2) του κανονισμού (ΕΚ) αριθ.761/2001)

Διαφοροποιημένα από το λογότυπο του EMAS, τα συστήματα οικολογικής σήμανσης για προϊόντα και υπηρεσίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά:

- Είναι από τη φύση τους επιλεκτικά, και συνεπώς υποδηλώνουν συγκριτικό ισχυρισμό μεταξύ προϊόντων, δραστηριοτήτων και υπηρεσιών που φέρουν το οικολογικό σήμα σε σχέση με εκείνα που δεν το φέρουν.
- Δείχνουν ότι εκπληρώνονται οικολογικά κριτήρια που έχει θέσει τρίτο μέρος, με βάση τα οποία μόνον ορισμένα προϊόντα ανταποκρίνονται στην ποιότητα της αγοράς.
- Ο ορισμός των σχετικών κριτηρίων ακολουθεί μια (ως επί το πλείστον επίσημα) εγκεκριμένη συμβουλευτική διαδικασία.

Τα συστήματα οικολογικής σήμανσης μπορούν να παράσχουν σημαντικές πληροφορίες ως προς τις περιβαλλοντικές πτυχές που σχετίζονται με τα προϊόντα και τις υπηρεσίες. Το λογότυπο EMAS δεν υποδηλώνει κανένα από αυτά τα χαρακτηριστικά ούτε πρόκειται να χρησιμοποιηθεί με τρόπο που οδηγεί σε σύγχυση με αυτά. Αποτελεί ευθύνη των οργανισμών, των επαγγελματιών και των αρμόδιων φορέων να αποφευχθεί οποιαδήποτε σύγχυση με σήματα περιβαλλοντικών προϊόντων. [4][5]

## **4.3 Η Απονομή του Οικολογικού Σήματος στην Ελλάδα**

### **4.3.1 Το Ανώτατο Συμβούλιο Απονομής Οικολογικού Σήματος (ΑΣΑΟΣ)**

#### **Πρόλογος**

Η Χώρα μας, στην πρόκληση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την υλοποίηση μιας πολιτικής παραγωγής και κατανάλωσης οικολογικών προϊόντων μέσα από ένα σύστημα απονομής Οικολογικού Σήματος ανταποκρίθηκε θετικά, με μια σειρά από δράσεις. Στο πλαίσιο αυτό δημιουργήθηκε στο Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, ένας Φορέας επιφορτισμένος με την λήψη μέτρων, για την εφαρμογή του Κοινοτικού Συστήματος απονομής Οικολογικού Σήματος. Ο Φορέας αυτός, φέρει την επωνυμία «Ανώτατο Συμβούλιο Απονομής Οικολογικού Σήματος» και τον διακριτικό τίτλο «ΑΣΑΟΣ».

Το κλειδί της επιτυχίας του έργου και της πολιτικής του ΑΣΑΟΣ έγκειται κυρίως στην ευαισθητοποίηση και ανταπόκριση των επιχειρήσεων και καταναλωτών για την παραγωγή και κατανάλωση προϊόντων που θα φέρουν το Οικολογικό Σήμα. Η ευαισθητοποίηση των βιομηχάνων, εμπόρων, καταναλωτών, περιβαλλοντολόγων είναι απαραίτητη για την επιτυχία της πολιτικής αυτής που συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος.

#### **Ιστορικό**

Ο Κανονισμός 880/92/ΕΟΚ σχετικά με το Κοινοτικό Σύστημα Απονομής Οικολογικού Σήματος απαιτεί κατ' εφαρμογή του άρθρου 9 τη δημιουργία ενός «Αρμόδιου Φορέα» ο οποίος θα υλοποιεί τις διαδικασίες που θεσπίστηκαν για την εφαρμογή του Κανονισμού αυτού.

Η Χώρα μας και συγκεκριμένα το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, όφειλε για την εφαρμογή του Κανονισμού 880/92 να δημιουργήσει τον δικό του Φορέα. Για τον λόγο αυτό έγινε μια συγκριτική έρευνα και εξέταση στα Κράτη-Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και σε άλλες Ευρωπαϊκές Χώρες που διέθεταν Εθνικό Σύστημα Απονομής Οικολογικού Σήματος. Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι εκτός του Ηνωμένου Βασιλείου που λειτουργεί με Ιδιωτικό Φορέα όλα τα άλλα συστήματα λειτουργούν υπό μορφή μικτών οργανισμών στους οποίους συμμετέχουν Κρατικοί και μη Κρατικοί Φορείς.

Με βάση τα προαναφερόμενα αποφασίστηκε και στη Χώρα μας ο Αρμόδιος Φορέας του άρθρου 9 του Κανονισμού 880/92/ΕΟΚ να είναι ένα μικτό σχήμα στο οποίο θα συμμετέχουν Κρατικοί και μη Κρατικοί Φορείς και θα λειτουργεί με την μορφή ενός Ανώτατου Συμβουλίου. Για το λόγο αυτό, υπογράφηκε και δημοσιεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 1993 η Κοινή Υπουργική Απόφαση (Α.Π. 866644/2482/93, ΦΕΚ 763/Β/93) των συναρμόδιων Υπουργείων Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημ. Έργων, Εθνικής Οικονομίας, Οικονομικών, Βιομηχανίας Ενέργειας και Τεχνολογίας, Εμπορίου και Γεωργίας. Με την απόφαση αυτή συστήθηκε στο Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων ο Ελληνικός Φορέας Απονομής του Οικολογικού Σήματος με την επωνυμία «Ανώτατο Συμβούλιο Απονομής Οικολογικού Σήματος» και τον διακριτικό τίτλο «ΑΣΑΟΣ».

## **Αρμοδιότητες ΑΣΑΟΣ**

Το ΑΣΑΟΣ το οποίο συνεδριάζει κάθε 15 μέρες στο Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, είναι αρμόδιο για την εφαρμογή του Κοινοτικού Συστήματος Απονομής Οικολογικού Σήματος βάσει του Κανονισμού 880/92.

Ειδικότερα:

- Την ενημέρωση και παροχή περισσότερων πληροφοριακών στοιχείων στον καταναλωτή και επιχειρήσεις.
- Τη δημιουργία προγραμμάτων για τον καθορισμό των ειδικών οικολογικών κριτηρίων για διάφορες κατηγορίες προϊόντων βάσει της Κοινοτικής Νομοθεσίας.
- Την οργάνωση ή συμμετοχή σε σεμινάρια, προγράμματα, συνέδρια, διαλέξεις ή δημόσια συζήτηση για την ανάπτυξη και διάδοση της εφαρμογής του Κοινοτικού Συστήματος Απονομής Οικολογικού Σήματος.
- Τη λήψη κάθε νόμιμου μέτρου και γενικώς τη διενέργεια πράξεων απαραίτητων για την πραγματοποίηση των σκοπών του Κοινοτικού Συστήματος Απονομής Οικολογικού Σήματος.
- Την υλοποίηση της διαδικασίας απονομής του Οικολογικού Σήματος όπως αυτή ορίζεται στο Κανονισμό και έχει ως εξής:

### **Διαδικασία Απονομής Οικολογικού Σήματος**

- Αίτηση για την απονομή του Οικολογικού Σήματος

Κάθε παραγωγός ή εισαγωγέας στην Κοινότητα, ο οποίος ζητάει την απονομή του Οικολογικού Σήματος, πρέπει να απευθύνεται στον αρμόδιο φορέα που ορίζεται από το Κράτος Μέλος στο οποίο το προϊόν παράγεται ή διατίθεται για πρώτη φορά στην αγορά, ή εισάγεται από τρίτη χώρα.

- Αξιολόγηση των αιτήσεων

Ο αρμόδιος φορέας αξιολογεί τις αιτήσεις. Για το σκοπό αυτό υποβάλλονται μαζί με την αίτηση όλα τα απαιτούμενα πιστοποιητικά και έγγραφα.

Μετά την αξιολόγηση του προϊόντος, ο αρμόδιος φορέας αποφασίζει εάν θα απονεμίσει ή όχι το σήμα. Εάν αποφασίσει ότι μπορεί να απονεμηθεί σήμα, κοινοποιεί την απόφασή του στην Επιτροπή, μαζί με τα πλήρη αποτελέσματα της αξιολόγησης, καθώς και σχετική περίληψη.

Εντός προθεσμίας πέντε ημερών από τη κοινοποίηση, η Επιτροπή διαβιβάζει στους αρμόδιους φορείς των άλλων Κρατών Μελών αντίγραφο αυτής της απόφασης και της περίληψης αυτής.

Μετά από προθεσμία 30 ημερών από την αποστολή της κοινοποίησης στην Επιτροπή, ο αρμόδιος φορέας μπορεί να απονεμίσει το σήμα, εκτός εάν η Επιτροπή γνωρίσει, στο μεταξύ, στον αρμόδιο φορέα αιτιολογημένες αντιρρήσεις.

Το πρώτο οικολογικό σήμα απονεμήθηκε στις 9/4/1998, από τον ΑΣΑΟΣ σε εταιρεία παραγωγής βερνικιών.

Στις 4/5/98 στην καθιερωμένη συνεδρίαση του ΑΣΑΟΣ ψηφίστηκε η πρόταση απονομής οικολογικού σήματος σε Κυπριακή εταιρεία της οποίας το προϊόν εισάγεται στη χώρα μας.

Έχουν υποβληθεί και εξετάζονται κι άλλες αιτήσεις και από ελληνικές βιομηχανίες και από βιομηχανίες της Κύπρου (τρίτη χώρα κατά τον κανονισμό) οι οποίες όμως εξάγουν το προϊόν τους στη χώρα μας.

- Υπογραφή Σύμβασης

Ο αρμόδιος φορέας μαζί με τους ενδιαφερόμενους αιτούντες των οποίων η υποψηφιότητα έγινε δεκτή, συνυπογράφει μία τυποποιημένη σύμβαση για τους όρους χρήσης του Οικολογικού Σήματος, η οποία έχει θεσμοθετηθεί σε κοινοτικό επίπεδο, γι' αυτόν τον λόγο.

### **Απολογισμός του Έργου**

Το ΑΣΑΟΣ σε συνεργασία με το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής έχει επιτελέσει σημαντικό έργο, στον τομέα της ενημέρωσης των επιχειρήσεων και των καταναλωτών, στην εκπροσώπηση στο εξωτερικό, στη διοργάνωση διεθνών συναντήσεων στην Ελλάδα, καθώς και την ανάληψη μελετών δημιουργίας ομάδων προϊόντων και υψηλού επιπέδου περιβαλλοντικών κριτηρίων. Αναλυτικότερα:

Ενημέρωση - Ενεργοποίηση της Βιομηχανίας

- Ενημέρωση της Βιομηχανίας για τον σκοπό και τους στόχους του συστήματος απονομής του οικολογικού τμήματος, με συνέδρια, σεμινάρια, συναντήσεις, συσκέψεις, αποστολή πληροφοριακών στοιχείων και αλληλογραφία.
- Ενεργοποίηση και συμμετοχή της Βιομηχανίας στη διαμόρφωση θέσεων με την πραγματοποίηση συσκέψεων και συναντήσεων στο Εξωτερικό.

Συμμετοχή σε Διεθνείς Συναντήσεις

- Ενεργό συμμετοχή σε όλες σχεδόν τις συναντήσεις που πραγματοποιούνται στην Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και στις χώρες των Κρατών Μελών.
- Η συμμετοχή αυτή πραγματοποιείται κατά περίπτωση από εκπροσώπους του ΑΣΑΟΣ ή του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής καθώς και από εκπροσώπους των εκάστοτε ενδιαφερομένων κλάδων της Βιομηχανίας. Η συμμετοχή αυτή συνέβαλε και συμβάλλει θετικά στην διαμόρφωση και λήψη των σχετικών αποφάσεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Οργάνωση και Φιλοξενία στην Ελλάδα της Διεθνούς Συνάντησης του Παγκόσμιου Δικτύου για το Οικολογικό Σήμα.
- Διοργάνωσε και φιλοξένησε την 3η ετήσια γενική συνέλευση του Παγκόσμιου δικτύου για το Οικολογικό σήμα (Global Ecolabel Network, GEN). Η συνάντηση αυτή πραγματοποιήθηκε στη Σκύρο στις 6, 7 Ιουλίου 1995 με τη συμμετοχή εκπροσώπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, των Η.Π.Α., του Καναδά, της Ιαπωνίας, της Γερμανίας, Γαλλίας, Βρετανίας, Ισπανίας, Σουηδίας, Νορβηγίας, Ταϊλάνδης Κολομβίας κ.α.
- Μελέτες Δημιουργίας Υψηλού Επιπέδου Περιβαλλοντικών Κριτηρίων Ομάδων Προϊόντων. Το ΑΣΑΟΣ σε συνεργασία με το ΥΠΕΧΩΔΕ υπέβαλλε στην επιτροπή, κατά την διάρκεια της Ελληνικής Προεδρίας, τον Μάιο του 1994, πρόταση σχετικά με την ανάληψη από τη χώρα μας της δημιουργίας ομάδων προϊόντων υψηλού επιπέδου περιβαλλοντικών κριτηρίων .



- Ύστερα από διαβουλεύσεις μεταξύ των εκπροσώπων όλων των Κρατών Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Επιτροπής εγκρίθηκαν οι προτάσεις της χώρας μας. [6][7]

### 4.3.2 Ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ)

Ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης Ανώνυμη Εταιρεία (ΕΛΟΤ Α.Ε.) και στα Αγγλικά Hellenic Organization for Standardization S.A. είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου και ιδρύθηκε με το άρθρο 1 του Νόμου 372/1976. Από το 1997, ο ΕΛΟΤ λειτουργεί ως Ανώνυμη Εταιρεία βάσει του Νόμου 414/96 και του Προεδρικού Διατάγματος 155/1997. Ο ΕΛΟΤ χρηματοδοτείται από το κράτος, εποπτεύεται από το Υπουργείο Ανάπτυξης και διοικείται από Διοικητικό Συμβούλιο.

Σκοπός του ΕΛΟΤ είναι η προαγωγή και η εφαρμογή της Τυποποίησης στην Ελλάδα. Κύριες δραστηριότητες του ΕΛΟΤ είναι: η εκπόνηση και η διάδοση των προτύπων, η απονομή σημάτων συμμόρφωσης (ποιότητας), η χορήγηση πιστοποιητικών συμμόρφωσης (ποιότητας), η πιστοποίηση συστημάτων ποιότητας επιχειρήσεων και η διενέργεια εργαστηριακών δοκιμών.

Η εκπόνηση των προτύπων γίνεται από Τεχνικές Επιτροπές στις οποίες εκπροσωπούνται όλοι οι τομείς της οικονομίας. Την ευθύνη λειτουργίας και γραμματειακή και οικονομική υποστήριξη των επιτροπών αυτών την έχει ο ίδιος ο ΕΛΟΤ ή άλλοι συνεργαζόμενοι με αυτόν οργανισμοί.

Ο ΕΛΟΤ είναι το αποκλειστικό μέλος της Ελλάδας στις παγκόσμιες και ευρωπαϊκές Οργανώσεις Τυποποίησης:

- Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO)
- Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC)
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN)
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικής Τυποποίησης (CENELEC)

Όλες οι οργανώσεις και οργανισμοί τυποποίησης έχουν ως πρώτη μέριμνα για την τυποποίηση οποιουδήποτε τομέα την καθιέρωση κοινής ορολογίας. Βασική παγκόσμια επιτροπή για τις Αρχές και Μεθόδους της Ορολογίας είναι η ISO/TC 37, ενώ ειδικές, κατά τομέα, επιτροπές/ομάδες του ISO έχουν εκδώσει μεγάλο πλήθος Διεθνών Προτύπων Ορολογίας (Πρότυπα ISO, IEC και ISO/IEC). Σε εθνικό επίπεδο, οι οργανισμοί τυποποίησης, επομένως και ο ΕΛΟΤ, μεριμνούν για τη λειτουργία αντίστοιχων επιτροπών ή ομάδων και εκδίδουν αντίστοιχα εθνικά πρότυπα ορολογίας, στη γλώσσα της αντίστοιχης χώρας. Στην Ελλάδα, τα όργανα αυτά λειτουργούν ή υπό τον ΕΛΟΤ ή με την ευθύνη άλλων αρμόδιων φορέων.

Ο ΕΛΟΤ διαθέτει βιβλιοθήκη με ταξινομημένα πάνω από 200.000 Πρότυπα από πολλές χώρες του κόσμου και πολλούς Τεχνικούς Κανονισμούς. Ο ΕΛΟΤ διαθέτει επίσης για πώληση, κατά αποκλειστικότητα, τα Πρότυπα όλων των χωρών του κόσμου που δραστηριοποιούνται στην τυποποίηση. [8]

## **Βιβλιογραφία, Αναφορές**

- [1] 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
- [2] <http://www.oecd.org>
- [3] <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>
- [4] [http://ec.europa.eu/environment/emas/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm)
- [5] <http://www.minenv.gr/emas/>
- [6] <http://www.minenv.gr/>
- [7] <http://www.minenv.gr/1/11/113/11307/1130703/g113070300.html> (ΑΣΑΟΣ)
- [8] <http://www.elot.gr>

# 5

## THE INDEX AND BUMA PROJECT

### 5.1 The INDEX project

#### 5.1.1 Εισαγωγή και καθορισμός στόχων

Το πρόγραμμα με τίτλο «Κρίσιμη αξιολόγηση της ρύθμισης και εφαρμογής ορίων έκθεσης στους εσωτερικούς ρύπους στην Ευρωπαϊκή Ένωση» (INDEX project-Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the E.U.) ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 2002 με χρονικό ορίζοντα δύο ετών, μέχρι το Δεκέμβριο του 2004. Το έργο χρηματοδοτήθηκε από πόρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης ενώ ο συντονισμός και η υλοποίησή του πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με μια οργανωτική επιτροπή των σημαντικότερων ευρωπαϊκών εμπειρογνώμων στον τομέα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους χώρους.

Ο σκοπός του προγράμματος ήταν ο προσδιορισμός προτεραιοτήτων καθώς και η αξιολόγηση των αναγκών για μια κοινοτική στρατηγική και ένα ενιαίο πλαίσιο δράσης στον τομέα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους εσωτερικούς χώρους. [1][2][3]

Τα βασικά ζητήματα που διευθετήθηκαν μέσω του προγράμματος ήταν:

- Η σύσταση ενός καταλόγου με τις ενώσεις πρώτης προτεραιότητας που μετρούνται και ρυθμίζονται στους εσωτερικούς χώρους, βάσει του αντίκτυπου που έχουν στην ανθρώπινη υγεία.
- Η παροχή προτάσεων και υποδείξεων σχετικά με τα πιθανά όρια έκθεσης για αυτές τις ενώσεις.
- Η παροχή πληροφοριών για τους συνδέσμους (links) στο διαδίκτυο με την υπάρχουσα γνώση, τις τρέχουσες μελέτες, τη νομοθεσία κλπ. σε παγκόσμια κλίμακα.

Αυτό έχει επιτευχθεί με τα εξής:

- Αναθεώρηση των πληροφοριών έκθεσης και δόσης/απόκρισης, συν τις ενέργειες για τη ρύθμιση των επιλεγμένων εσωτερικών ρύπων σε όλο τον κόσμο.
- Καθορισμός προτεραιοτήτων των εσωτερικών ρύπων για λόγους κανονισμού.
- Σύνταξη των ορίων επικινδυνότητας αυτών των ρύπων.
- Πρόταση των οριακών τιμών έκθεσης ή άλλων κανονισμών ελεγχόμενης έκθεσης.
- Αξιολόγηση των ουσιαστικών ερευνητικών αναγκών για τους ρύπους με ενδεχόμενο υψηλού κινδύνου, με ανεπαρκείς όμως πληροφορίες για τον καθορισμό των ρυθμιστικών στόχων και επιλογών

Τα κύρια βήματα που ακολουθούνται στο πρόγραμμα και έχουν καθοριστεί από την οργανωτική επιτροπή (steering committee) είναι τα εξής:

- βιβλιογραφική ανασκόπηση (1<sup>ο</sup> βήμα)
- καθορισμός κριτηρίων για την επιλογή των ενώσεων (2<sup>ο</sup> βήμα)
- επισκόπηση των δεδομένων έκθεσης και δόσης-απόκρισης (3<sup>ο</sup> βήμα)
- χαρακτηρισμός κινδύνου των επιλεγμένων ενώσεων (4<sup>ο</sup> βήμα)
- προτεραιότητα των επιλεγμένων ενώσεων (5<sup>ο</sup> βήμα)
- υποδείξεις και επιλογές διαχείρισης κινδύνου στα πιθανά όρια έκθεσης (6<sup>ο</sup> βήμα)

## 5.1.2 Μεθοδολογία

### Χαρακτηρισμός κινδύνου

Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου είναι μια μεθοδολογία που αποσκοπεί στη συστηματική μελέτη των ενδείξεων σχετικά με τον κίνδυνο της υγείας των πολιτών και με το χαρακτηρισμό των υπεύθυνων για τον κίνδυνο αυτό διεργασιών. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται η παραπάνω μεθοδολογία για τον υπολογισμό του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα λόγω των εκπομπών των σωματιδίων από πετρελαιοκινητήρες αυτοκινήτων. Επίσης η μεθοδολογία αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ρύπανσης των εσωτερικών χώρων από τον καπνό του τσιγάρου, το ραδόνιο και τον αμιάντο.

Η μεθοδολογία του χαρακτηρισμού του κινδύνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων στην ανθρώπινη υγεία είτε από σημειακές πηγές μόλυνσης είτε πιο γενικά να μελετηθεί το αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη δημόσια υγεία. Η μελέτη αυτή χρησιμοποιείται επίσης στην εφαρμογή πιο περιοριστικών μέτρων στην εκπομπή συγκεκριμένων χημικών ρύπων στην ατμόσφαιρα και στην εφαρμογή ανώτατων επιπέδων για τη συγκέντρωση των ρύπων σε εξωτερικούς χώρους.

Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου επισημαίνει επίσης και την πιθανότητα που υπάρχει να εμφανιστεί μια ασθένεια μετά από κάποιο περιστατικό ρύπανσης. Αποτελεί ένα επιστημονικό εργαλείο που μεταφέρει τα αποτελέσματα των επιστημονικών ερευνών σε στρατηγικές βασισμένες στην επιστήμη για την προστασία του πολίτη.

Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου μελετά και εισάγει όλες τις καινούριες επιστημονικές ανακαλύψεις σχετικά με την υγεία των πολιτών χρησιμοποιώντας μια συστηματική μεθοδολογία που αποτελείται από 4 επιμέρους μελέτες (Πίνακας 5.1): την εύρεση της τοξικής χημικής ένωσης, το χαρακτηριστικό της δόσης και του αποτελέσματος, το χαρακτηρισμό της έκθεσης και τέλος το χαρακτηρισμό του ίδιου του κινδύνου.

**Πίνακας 5.1:** Τα 4 βήματα στο χαρακτηρισμό του κινδύνου

<b>Τα 4 βήματα στο χαρακτηρισμό του κινδύνου</b>	
Εύρεση της τοξικής χημική ένωσης	Μελέτη των σχετικών ενώσεων βιολογικής και χημικής προέλευσης για τον εάν κάποια χημική ένωση είναι τοξική, μπορεί να προκαλέσει καρκινογένεση και για το εάν τα τοξικά αποτελέσματα μπορούν να συμβούν σε διαφορετικές συνθήκες.
Δόση-απόκριση	Ποσοτικός προσδιορισμός της δόσης καθώς και της σχέσης με την απόκριση σε προβλήματα υγείας.
Χαρακτηρισμός της έκθεσης	Προσδιορισμός (ποσοτικός ή ποιοτικός) του μεγέθους, της διάρκειας καθώς και του τρόπου της έκθεσης.
Χαρακτηρισμός του ίδιου του κινδύνου	Ολοκληρωμένη μελέτη του προσδιορισμού της τοξικής χημικής ένωσης, της δόσης-απόκρισης καθώς και του χαρακτηρισμού της έκθεσης. Στη μελέτη αυτή παρουσιάζονται οι υποθέσεις και οι αβεβαιότητες. Σε αυτό το βήμα γίνεται ο ποσοτικός προσδιορισμός του κινδύνου στη δημόσια υγεία.

Στο συγκεκριμένο ευρωπαϊκό πρόγραμμα ο χαρακτηρισμός κινδύνου βασίστηκε στη συλλογή στοιχείων για την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων και των δεδομένων έκθεσης στους ρύπους τα οποία βρέθηκαν από την επιστημονική βιβλιογραφία, από βάσεις δεδομένων καθώς και κατευθείαν από τους ερευνητές. Ακόμη, συστάθηκαν 2 ομάδες εργασίας που απαρτίζονταν από εμπειρογνώμονες οι οποίοι προέρχονταν από διάφορες χώρες με σκοπό την αξιολόγηση αυτών των συλλεχθέντων στοιχείων. Τέλος, ο χαρακτηρισμός κινδύνου, οι συστάσεις για τη διαχείριση του κινδύνου και τα συμπεράσματα συντάχθηκαν από την επιστημονική οργανωτική επιτροπή η οποία βασίστηκε στην εργασία των ομάδων εργασίας για την αξιολόγηση της έκθεσης στους ρύπους και για την αξιολόγηση της δόσης-απόκρισης.

### **Ανάλυση επικινδυνότητας και επιλογή των αέριων ρύπων στους εσωτερικούς χώρους**

Η ανάλυση επικινδυνότητας είναι η μεθοδολογία, σύμφωνα με την οποία συστηματικά εκτιμάται ο κίνδυνος στον οποίο εκτίθεται ο πληθυσμός που μας ενδιαφέρει, με γνώμονα τις επιπτώσεις που εμφανίζει ο πληθυσμός στην υγεία του, τη συχνότητα αυτών των συμπτωμάτων καθώς και το ποσοστό του πληθυσμού που παρουσιάζει κάποιο επεισόδιο παθολογείας. Η ανάλυση επικινδυνότητας χρησιμοποιείται επίσης ως βάση για τον καθορισμό περιβαλλοντικών ορίων των ρυπαντών, ώστε να προστατευθεί η ανθρώπινη υγεία.

Για να έχει νόημα η όλη μεθοδολογία της επικινδυνότητας πρέπει να υπάρχει πρωτίστως η απόδειξη της τοξικής δράσης της υπό εξέταση χημικής ένωσης. Οι τοξικολογικές και οι επιδημιολογικές μελέτες αποτελούν κομμάτι της επικινδυνότητας. Δύο κεντρικές έννοιες για την κατανόηση και την εφαρμογή της ανάλυσης της επικινδυνότητας είναι η μεταβλητότητα και η αβεβαιότητα.

Η ανάλυση της επικινδυνότητας περιλαμβάνει την ανάπτυξη ενός μοντέλου με λογικές υποθέσεις που διαθέτει όλα τα τελευταία επιστημονικά στοιχεία. Η αβεβαιότητα αναφέρεται στην έλλειψη γνώσης. Παραδείγματα στοιχείων αβεβαιότητας αποτελούν η χρησιμοποίηση αποτελεσμάτων από πειράματα με ζώα σε ανθρώπους, η αξιοποίηση αποτελεσμάτων από προβλήματα υγείας λόγω έκθεσης σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις (δόση-έκθεση), καθώς και η χρησιμοποίηση μοντέλων για τη μελέτη της έκθεσης ατόμων του πληθυσμού και όχι η χρησιμοποίηση των πραγματικών μετρήσεων.

Η ανάλυση αβεβαιότητας γίνεται ποιοτικά ή ποσοτικά. Η ποιοτική ανάλυση περιλαμβάνει την κρίση ειδικών με τη συστηματική μελέτη των δεδομένων υγείας του πληθυσμού καθώς και των επιστημονικών στοιχείων για τους υπό εξέταση ρύπους. Η ποσοτική ανάλυση πραγματοποιείται με τη στατιστική ανάλυση που χαρακτηρίζει τη συνεισφορά όλων των επιμέρους παραγόντων στην ολική αβεβαιότητα καθώς και με τη χρήση μοντέλων στα οποία μεταβάλλουμε τις υποθέσεις και βρίσκουμε τις επιπτώσεις τους στα αποτελέσματα.

Από την άλλη πλευρά η μεταβλητότητα επηρεάζει την ανάλυση της επικινδυνότητας. Πηγές μεταβλητότητας είναι η μεταβλητότητα στην έκθεση καθώς και στις επιμέρους επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι παραπάνω δύο πηγές μεταβλητότητας οδηγούν σε μια κατανομή της επικινδυνότητας σε ένα δείγμα πληθυσμού. Επίσης πρέπει να τονίσουμε, ότι γενικευμένοι υπολογισμοί της επικινδυνότητας σε ένα πληθυσμό πρέπει να περιλαμβάνουν τη μεταβλητότητα της επικινδυνότητας σε όλα τα επιμέρους τμήματά του, επειδή είναι πιθανόν ένα τμήμα του πληθυσμού να έχει εκτεθεί σε μεγαλύτερη πιθανότητα κινδύνου απ' ό,τι το γενικό σύνολο.

**Πίνακας 5.2:** Σχηματικές σχέσεις μεταξύ έρευνας, ανάλυσης της επικινδυνότητας και της διαχείρισης του κινδύνου

Έρευνα	Ανάλυση επικινδυνότητας	Διαχείριση κινδύνου
Εργαστηριακές μετρήσεις και παρατηρήσεις των επιπτώσεων στην υγεία καθώς και της έκθεσης σε συγκεκριμένες παραμέτρους.	Καθορισμός κινδύνου	Ανάπτυξη νομοθετικών δράσεων
Ανάπτυξη μεθόδων αναγωγής από υψηλή σε χαμηλή δόση και από τα ζώα στον άνθρωπο.	Εκτίμηση έκθεσης-απόκρισης	Εκτίμηση των οικονομικών, κοινωνικών και πολιτικών συνεπειών των νομοθετικών δράσεων και των επιπτώσεων τους στη δημόσια υγεία.
Μετρήσεις πεδίου, εκτιμώμενη έκθεση, χαρακτηρισμός πληθυσμών.	Εκτίμηση έκθεσης	Λήψη αποφάσεων και δράσεων

Πηγή: Holgate et al., 1999

Εξετάζοντας το χρονικό όριο αυτού του προγράμματος και το γεγονός ότι κανένα νέο στοιχείο δεν θα μπορούσε να παραχθεί, η οργανωτική ομάδα καθόρισε τα ακόλουθα κριτήρια για να είναι σε θέση να επιλέξει τις χημικές ενώσεις στις αναλύσεις επικινδυνότητας:

- Μόνον οι απλές ενώσεις θα εξετασθούν.
- Οι ενώσεις πρέπει να έχουν τις ίδιες εσωτερικές πηγές, οι οποίες επικρατούν στις εκθέσεις τουλάχιστον ενός σημαντικού μέρους του πληθυσμού.
- Οι ενώσεις πρέπει αποδεδειγμένα να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Επίσης αποφασίστηκε ότι οι ενώσεις που έχουν ρυθμιστεί από συγκεκριμένες οδηγίες ή κανονισμούς θα αποκλειστούν από αυτήν την ανάλυση. Για παράδειγμα, το ραδόνιο και ο καπνός του τσιγάρου αποκλείστηκαν από τη διαδικασία χαρακτηρισμού του κινδύνου λόγω αυτών των κριτηρίων.

Έτσι, σε πρώτη φάση, πραγματοποιήθηκε μια βιβλιογραφική επισκόπηση με σκοπό τη συλλογή πληροφοριών για τους υποψήφιους προς αξιολόγηση ρύπους στα μεταγενέστερα στάδια του προγράμματος. Η επιστημονική βιβλιογραφία για τους ρύπους εσωτερικών χώρων αναθεωρήθηκε με τη χρησιμοποίηση διάφορων μηχανών αναζήτησης στο διαδίκτυο και με την έρευνα από ιστοσελίδες των σχετικών εντύπων. Εκτός από την ηλεκτρονική αναζήτηση, αναθεωρήθηκαν πολυάριθμες μελετητικές εκθέσεις με τους ρύπους σε εσωτερικούς χώρους.

Ο κύριος στόχος της αναθεώρησης ήταν οι πρόσφατες βασισμένες στον πληθυσμό μελέτες έτσι ώστε να αξιολογηθεί η έκθεση του πληθυσμού στους επιλεγμένους ρύπους στην

Ευρώπη. Μόνο οι ενώσεις με γνωστές εσωτερικές πηγές και γνωστές επιπτώσεις στην υγεία λήφθηκαν υπόψη.

Με βάση τη βιβλιογραφική επισκόπηση, δημιουργήθηκε ένας συνοπτικός πίνακας των συγκεντρώσεων αέριων ρύπων στο εσωτερικό των κατοικιών, στους κλειστούς χώρους εργασίας, στο εξωτερικό περιβάλλον των κατοικιών και στην ατομική έκθεση για τις ενώσεις που ικανοποιούν το πρώτο κριτήριο. Ταυτόχρονα, συνελέχθηκαν μερικά στοιχεία για τη δόση-απόκριση των επιλεγμένων ενώσεων. Επίσης αναθεωρήθηκαν οι υπάρχουσες διεθνείς και εθνικές οδηγίες για τις επιλεγμένες ενώσεις σε εσωτερικούς χώρους. Τέλος, τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης χρησιμοποιήθηκαν ως εισαγωγή για τα επόμενα βήματα του χαρακτηρισμού του κινδύνου.

Στη δεύτερη φάση της διαδικασίας επιλογής, οι ομάδες εργασίας αξιολόγησαν τα αναθεωρημένα στοιχεία και συνέλεξαν περισσότερο αναλυτικές πληροφορίες για τις ενώσεις που είχαν προηγουμένως επιλεγθεί. Ο στόχος της εργασίας ήταν να επιλεγθούν περίπου 20 ενώσεις για περαιτέρω αναλύσεις. Σε αυτήν την φάση η ομάδα καθοδήγησης απέκλεισε περισσότερες ενώσεις χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα κριτήρια:

- Δεν παρουσιάστηκε καμία εκφρασμένη ανησυχία για τα επίπεδα υγείας (για παράδειγμα: ακετόνη (acetone), δεκάνιο (decane), αιθυλοβενζόλιο (ethylbenzene), φαινόλη (phenol), προπυλοβενζόλιο (propylbenzene), τριμεθυλοβενζόλιο (trimethylbenzene)).
- Η ένωση ήδη ρυθμίζεται από περιορισμούς χρήσης για τα υλικά σε εσωτερικούς χώρους (για παράδειγμα, πενταχλωροφαινόλη- pentachlorodhenol).
- Ελλιπή στοιχεία ή κανένα δεδομένο για τη δόση-αντίδραση με βάση τα τωρινά δεδομένα (για παράδειγμα, μεθυλ-αιθυλ-κετόνη – methyl-ethyl-ketone, προπιοναλδεΐδη – propionaldehyde).
- Η κύρια διαδρομή και τα μέσα για την έκθεση στην ένωση είναι διαφορετικά από τον εσωτερικό αέρα (μόλυβδος – lead, υδράργυρος – mercury).

Μετά από λεπτομερή αναθεώρηση και συζήτηση για τις διαθέσιμες πληροφορίες, οι ομάδες εργασίας επέλεξαν τις 25 ενώσεις με σκοπό την περαιτέρω και πιο λεπτομερή ανάλυση τους (Πίνακας 5.3).

Στην τρίτη φάση, η ομάδα καθοδήγησης αποφάσισε να επιλέξει τις ενώσεις για έναν πιο λεπτομερή χαρακτηρισμό του κινδύνου. Έτσι, χώρισε τις 14 επιλεγμένες ενώσεις σε 2 ομάδες: 1) ενώσεις που εξετάζονται με υψηλή προτεραιότητα και 2) ενώσεις που θα μπορούσαν να περιληφθούν στον τελικό καθορισμό προτεραιοτήτων μετά από περαιτέρω εξέταση και νέα δημοσίευση των συμπερασμάτων της επικινδυνότητας τους καθώς και τα άλλα κριτήρια που τέθηκαν σε εφαρμογή μέσα στο πρόγραμμα. Μετά από μια πρώτη αξιολόγηση οι ενώσεις ήταν αρχικά ταξινομημένες ως εξής:

- **1<sup>η</sup> Ομάδα** (υψηλής προτεραιότητας): βενζόλιο (benzene), ακεταλδεΐδη (acetaldehyde), φορμαλδεΐδη (formaldehyde), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>).
- **2<sup>η</sup> Ομάδα** (απαιτούνται επιπλέον συμπληρωματικές πληροφορίες): μ και π- ξυλένια (m&p-xylenes), ο-ξυλένιο (o-xylene), ναφθαλένιο (naphthalene), στυρένιο (styrene), τολουόλη (toluene), α-πινένιο (α-pinene), δ-λιμονένιο (d-limonene), αμμωνία (NH<sub>3</sub>).



**Πίνακας 5.3:** Οι ενώσεις που δημιουργούνται σε εσωτερικούς χώρους και οι οποίες αξιολογήθηκαν και θεωρήθηκαν ως οι πιο επικίνδυνες στις τρεις φάσεις της διαδικασίας προσδιορισμού του κινδύνου

1η ΦΑΣΗ	2η ΦΑΣΗ	3η ΦΑΣΗ	ΥΨΗΛΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ
1-Butanol	1-Butanol	Acetaldehyde	Formaldehyde
2-Buthoxyethanol	2-Ethyl-1-hexanol	Ammonia	Carbon monoxide
2-Ethyl-1-hexanol	3-Carene	a-Pinene	Nitrogen dioxide
2-Methyl-1-propanol	Acetaldehyde	Benzene	Benzene
3-Carene	Ammonia	Carbon monoxide	Naphtalene
Acetaldehyde	a-Pinene	d-Limonene	
Acetone	Benzaldehyde	Formaldehyde	
Ammonia	Benzene	m&p-Xylene	
a-Pinene	Cadmiuim	Naphtalene	
Benzaldehyde	Carbon monoxide	Nitrogen dioxide	
Benzene	Dichloromethane	o-Xylene	
Benzo[a]pyrene	Diisocyanate	Styrene	
Cadmiuim	d-Limonene	Toluene	
Carbon monoxide	Formaldehyde		
Decane	Hexaldehyde		
Dichloromethane	m&p-Xylene		
Diisocyanate	Naphtalene		
d-Limonene	Nitrogen dioxide		
Ethylbenzene	o-Xylene		
Formaldehyde	Styrene		
Hexaldehyde	Tetrachloroethylene		
Lead	Toluene		
m&p-Xylene	Trichloroethylene		
Mercury	Tris-(2-chloroethyl) phosphate		
Methyl-ethyl-ketone			
Naphtalene			
Nitrogen dioxide			
Nonane			
o-Xylene			
Pentachlorophenol			
Phenol			
Propionaldehyde			
Propylbenzene			
Styrene			
Tetrachloroethylene			
Toluene			
Trichloroethylene			
Trimethylbenzenes			
Tris-(2-chloroethyl) phosphate			
Undecane			

## **Δόση-απόκριση**

Η εκπομπή, μεταφορά και μετατροπή ρυπαντών στην ατμόσφαιρα επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις των ρύπων αυτών στη δημόσια υγεία. Συγκεκριμένα, όταν από κάποια πηγή εκπέμπονται ατμοσφαιρικοί ρύποι και έπειτα λαμβάνει χώρα η μεταφορά, η μετατροπή και η συσσώρευση αυτών σε μικροπεριβάλλοντα (κλειστούς εσωτερικούς χώρους), ο τελικός αποδέκτης της επιβάρυνσης αυτής είναι τόσο ο άνθρωπος όσο και το φυσικό περιβάλλον γύρω του.

Η έκθεση του ανθρώπου σε αυτούς συνεπάγεται τη βιολογική τους μεταφορά σε ευαίσθητους ιστούς εντός του ανθρώπινου οργανισμού. Αυτή η αλυσίδα των διεργασιών μπορεί να ερμηνευθεί και να ποσοτικοποιηθεί μέσω της συσχέτισης της δόσης-απόκρισης που εκφράζουν αυτές ακριβώς τις αρνητικές επιπτώσεις. Η σχέση δόσης-απόκρισης είναι ευρέως χρησιμοποιημένη ως έκφραση στην επιστήμη της τοξικολογίας, της φαρμακευτικής και της επιδημιολογίας. Απλές εκφράσεις εξισώσεων δόσης-απόκρισης αφορούν ρυπαντές και χημικές ενώσεις.

Για την πλειοψηφία των ρυπαντών είναι διαθέσιμα τα δεδομένα των συγκεντρώσεων τους σε αστικούς χώρους, αλλά δεν είναι διαθέσιμα τα δεδομένα για τις επιπτώσεις τους στον άνθρωπο, στα φυτά και στα ζώα. Στην περίπτωση αυτή, για την εκτίμηση της επικινδυνότητας αυτών των ρυπαντών, χρησιμοποιούνται πειραματικά δεδομένα από την έκθεση διάφορων θηλαστικών ζώων στους ρύπους. Όταν όμως είναι διαθέσιμα επιδημιολογικά δεδομένα που αφορούν ανθρώπους τότε αυτά χρησιμοποιούνται με άμεση προτεραιότητα για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας, ενώ τα πειραματικά δεδομένα από την έκθεση των ζώων στους ρύπους χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά.

Αποσαφηνίζοντας τον όρο «δόση» αναφερόμαστε στην ποσότητα της χημικής ένωσης που εφαρμόζεται εξωτερικά (συγκέντρωση στο περιβάλλον), προσλαμβάνεται από το στόμα (μέσω του αέρα, της τροφής ή του νερού) ή απορροφάται εσωτερικά (δερματική επαφή). Ομοίως, με τον όρο «απόκριση» αναφερόμαστε στο μετρημένο ή παρατηρούμενο επεισόδιο στο ποσοστό του πληθυσμού που παρουσίασε οποιαδήποτε ενόχληση ή στην πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών σε έναν πληθυσμό.

## **Τελική κατάταξη των επιβλαβών χημικών ενώσεων**

Εν κατακλείδι, με βάση τα συμπεράσματα των αξιολογήσεων και την πληρότητα των μεμονωμένων βάσεων δεδομένων καθιερώθηκε μια λίστα προτεραιότητας των 14 χημικών ενώσεων, όπου η κάθε μια ταξινομείται σε μια από τις τρεις ακόλουθες ομάδες:

- 1<sup>η</sup> Ομάδα: ενώσεις υψηλής προτεραιότητας,
- 2<sup>η</sup> Ομάδα: ενώσεις χαμηλής προτεραιότητας,
- 3<sup>η</sup> Ομάδα: ενώσεις που απαιτούν περαιτέρω έρευνα όσον αφορά την ανθρώπινη έκθεση ή τη δόση-απόκριση.

## Ενώσεις υψηλής προτεραιότητας

Ο κατάλογος των ενώσεων υψηλής προτεραιότητας αποτελείται από 5 χημικές ουσίες φάσης αερίου/ατμού, οι οποίες μπορούν να εμφανιστούν στους εσωτερικούς χώρους σε υψηλές συγκεντρώσεις λόγω των εσωτερικών πηγών εκπομπής τους, έχουν αδιαμφισβήτητες επιδράσεις τόσο σε ατομικό επίπεδο όσο και στο επίπεδο της δημόσιας υγείας και για τις οποίες είναι γνωστές οι αποτελεσματικές επιλογές διαχείρισης του κινδύνου. Έτσι, οι ενώσεις που ανήκουν στην ομάδα υψηλής προτεραιότητας είναι η φορμαλδεΐδη (formaldehyde), το βενζόλιο (benzene), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) και το ναφθαλένιο (naphthalene).

## Διαχείριση της επικινδυνότητας

Η διαχείριση της επικινδυνότητας είναι η εφαρμογή των κατάλληλων νομοθετικών αποφάσεων και της πολιτικής στρατηγικής για τη μείωση της συγκέντρωσης των υπό εξέταση χημικών ενώσεων. Με τη μεθοδολογία αυτή μελετάται επίσης η επίδραση στη δημόσια υγεία διαφόρων στρατηγικών για τη μείωση της συγκέντρωσης των χημικών ενώσεων.

Η μεθοδολογία του χαρακτηριστικού του κινδύνου διαλευκαίνει έναν προσδιορισμένο σύνθετο κίνδυνο σε όλες του τις λεπτομέρειες και τις αναλύει αυτές μια προς μια αλλά και σε σχέση με την μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δηλητηρίαση από μια ακραία υψηλή συγκέντρωση CO στον αέρα των εσωτερικών χώρων. Αυτή η ακραία περίπτωση μπορεί να συμβεί με το σχηματισμό CO σε μια ελαττωματική συσκευή καύσης, την απελευθέρωση CO σε εσωτερικό χώρο αντί στο εξωτερικό περιβάλλον μέσω της καπνοδόχου, την έκθεση στο CO σε εσωτερικό χώρο, την απορρόφηση στην κυκλοφορία του αίματος στον πνεύμονα και την επακόλουθη μείωση της διανομής οξυγόνου στον ανθρώπινο οργανισμό.

Αντίθετα, η διαχείριση του κινδύνου πρέπει να εντάξει αυτές τις λεπτομέρειες σε μια αποδοτική και εκτελέσιμη πολιτική για τη μείωση του κινδύνου, όπως είναι για παράδειγμα οι κτιριακοί κώδικες που απαιτούν τη σύνδεση των συσκευών καύσης μέσω αεραγωγών με τις καπνοδόχους, τη συνηθισμένη συντήρηση και τις επιθεωρήσεις για τη σωστή και αποδοτική τους λειτουργία.

Ενώ ο χαρακτηρισμός του κινδύνου είναι μια μεθοδολογία βασισμένη στην επιστήμη, η διαχείριση του κινδύνου από αναγκαιότητα περιλαμβάνει επίσης τις τεχνικές, οικονομικές, κοινωνικές και νομικές συνιστώσες, καθώς επίσης και την ανάγκη για τις ενέργειες εξάλειψης παρωχημένων και λανθασμένων πληροφοριών. Οι αποφάσεις της διαχείρισης του κινδύνου σχετικά με έναν συγκεκριμένο κίνδυνο είναι βασισμένες, από τη μια πλευρά στο χαρακτηρισμό του κινδύνου που προέρχεται από την ανάλυση της επικινδυνότητας και αφετέρου στις πολιτικές και διοικητικές διαδικασίες που παράγουν, αξιολογούν, επιλέγουν και εφαρμόζουν πολιτικές στην κοινωνία (Οδηγία 93/67/EEC της ευρωπαϊκής επιτροπής)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Παράρτημα II

## Πλεονεκτήματα της διαχείρισης της επικινδυνότητας

Στη διαχείριση των κινδύνων από τους αέριους ρύπους στους εσωτερικούς χώρους, υπάρχει μια επιφύλαξη όσων αφορά στη δυνατότητα της προφύλαξης και των ενεργειών για τη μείωση τους. Πιο συγκεκριμένα:

- Οποιαδήποτε χημική ουσία μπορεί να είναι επικίνδυνη όταν έχει αυξημένη συγκέντρωση και έτσι η προσπάθεια για τη μείωση και μηδενισμό όλων των μετρήσιμων συγκεντρώσεων δεν είναι εφικτή.
- Η τυφλή εφαρμογή της προφύλαξης μπορεί να εκτρέψει τους πόρους σε άσχετες ενέργειες και να οδηγήσει έτσι στη λιγότερο κατάλληλη προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος. Μπορεί επίσης αδικαιολόγητα να αρνηθεί τα οφέλη των χρησιμοποιούμενων προϊόντων ή τεχνικών.
- Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι ο περιορισμός της χρήσης μιας χημικής ουσίας μπορεί να συνεπάγεται την εφαρμογή ενός υποκατάστατου που μπορεί να μην έχει χαμηλότερους, αλλά μόνο λιγότερο καλά χαρακτηρισμένους κινδύνους.

Ως εκ τούτου, η νομοθεσία στην Ευρώπη έχει κινηθεί προς τις προσεγγίσεις που βασίζονται στο συνολικό κίνδυνο και όχι μόνο στο χαρακτηρισμό του κινδύνου. Το άρθρο 10 του κανονισμού του συμβουλίου (793/93/EEC)<sup>2</sup> που αφορά στη ρύθμιση των υπαρχόντων ουσιών απαιτεί ότι: «Όπου τέτοια μέτρα ελέγχου περιλαμβάνουν συστάσεις για τους περιορισμούς σχετικά με το μάρκετινγκ και τη χρήση της ουσίας που διερευνάται» (εξ ονόματος του σώματος που πραγματοποιεί το χαρακτηρισμό του κινδύνου) «θα πρέπει να υποβάλλεται μια ανάλυση με τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και τη διαθεσιμότητα των ουσιών αναπλήρωσης».

## Εργαλεία διαχείρισης της επικινδυνότητας

Τα εργαλεία διαχείρισης της επικινδυνότητας περιλαμβάνουν τα εξής:

- **Πρότυπα και κατευθυντήριες οδηγίες για την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων:** Ο πολύ μεγάλος αριθμός αλλά και η απομόνωση των εσωτερικών χώρων - διαμερισμάτων καθιστούν αδύνατη την εκτέλεση των επιβεβλημένων προτύπων για την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων. Οι τιμές που ορίζονται από τις κατευθυντήριες οδηγίες για τους βασικούς ρύπους, εντούτοις είναι χρήσιμες κατά το ταίριασμα των πιθανών πηγών εκπομπής τους, για τις ανάγκες των ενοίκων και για το ποσοστό εξαερισμού στο σχεδιασμό νέων κτιρίων ή της ανακαίνισης μιας ήδη υπάρχουσας οικίας. Μερικές φορές μπορούν επίσης να εφαρμοστούν στην κρίση της αποδοχής της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων σε ένα κτίριο.
- **Κτιριακοί κώδικες και πρότυπα εξαερισμού:** εφαρμόζονται για κάθε νέο κτίριο και επομένως μπορούν να αποτελέσουν ισχυρά μέσα προστασίας ή να ελέγξουν τις εσωτερικές πηγές εκπομπής αέριων ρύπων εξασφαλίζοντας την ικανοποιητική διάλυση των μολυσματικών αυτών παραγόντων.

---

<sup>2</sup> Παράρτημα II

- **Πρότυπα και άδειες κτιριακού εξοπλισμού:** καλύπτουν τις νέες εγκαταστάσεις και μπορούν επομένως να εξασφαλίσουν ότι οι ακατάλληλες, επικίνδυνες ή αναπόφευκτες εκπομπές αποφεύγονται ή ελέγχονται κατάλληλα.
- **Υποχρεωτική συντήρηση και επιθεωρήσεις:** αναφέρονται στις συσκευές που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ή τις εστίες φωτιάς και τις καπνοδόχους. Βοηθούν στην αποφυγή της βαθμιαίας χειροτέρευσης του εξοπλισμού και της συσσώρευσης των ενδεχόμενων κινδύνων και εξασφαλίζουν ότι οι απαιτήσεις ασφαλούς λειτουργίας καλύπτονται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους.
- **Όρια, πιστοποίηση και έκθεση των περιεχομένων ή των εκπομπών ρύπων για τα οικοδομικά υλικά, τα υλικά επιπλοποιίας, τα καταναλωτικά και εξοπλιστικά προϊόντα:** μπορεί να μην είναι αρκετά ευέλικτα όταν όλα τα παραπάνω πλαισιώνονται από το νόμο, αλλά είναι ευέλικτα και αποτελεσματικά σε εθελοντική βάση, όπως συνήθως συμφωνείται (μεταξύ των καταναλωτών, των κατασκευαστών κτιρίων, της βιομηχανίας και των αρχών δημόσιας υγείας) και χρησιμοποιούνται ευρέως δημοσιευμένα και γενικά κατανοητά κριτήρια. Οι σαφείς σημάνσεις των προϊόντων βοηθούν στην ενημέρωση και στην επιλογή των πιστοποιημένων προϊόντων τόσο για τους κατασκευαστές κτιρίων όσο και για τους καταναλωτές.
- **Αύξηση της δημόσιας πληροφόρησης:** είναι το κλειδί για ένα ασφαλές εσωτερικό περιβάλλον, επειδή λόγω του μεγάλου της αριθμού, μια μεγάλη πλειοψηφία των πιθανών κινδύνων ρύπανσης των εσωτερικών χώρων πρέπει να προσδιοριστεί, να αξιολογηθεί και να διαχειριστεί από τους ίδιους τους ενοίκους. Μάλιστα, η προστασία ενισχύεται καλύτερα από τη διαδεδομένη και γενική συνειδητοποίηση που αυξάνει τη ζήτηση-λήψη πληροφοριών και από την εύκολη εύρεση των πηγών για πιο συγκεκριμένες τεχνικές πληροφορίες μέσω φυλλαδίων και ιστοσελίδων.

### Υποδείξεις και επιλογές διαχείρισης

Οι προτεινόμενες υποδείξεις και επιλογές διαχείρισης σύμφωνα με την υπάρχουσα γνώση θα προστάτευαν το γενικό πληθυσμό και τα περισσότερα άτομα τις περισσότερες φορές, αλλά δεν έχουν τη δυνατότητα πρόληψης του καρκίνου από την έκθεση στους ρύπους των εσωτερικών χώρων και την προστασία των ευαίσθητων κοινωνικών ομάδων σε όλες τις περιστάσεις, όπως οι ιδιαίτερα επιρρεπείς ασθματικοί, άτομα με άλλες αναπνευστικές ή καρδιαγγειακές παθήσεις, γενετική προδιάθεση στην αιμολυτική αναιμία, κλπ.. Λόγω του ότι η εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση διαλύεται από τον εξωτερικό αέρα, η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων.

Εκτός από τις συγκεκριμένες υποδείξεις που αναφέρονται παρακάτω για την κάθε ένωση ξεχωριστά, οι ακόλουθες γενικά συστάσεις και διαχειριστικές επιλογές ισχύουν για τους περισσότερους ή πολλούς μολυσματικούς παράγοντες του εσωτερικού αέρα στους υψηλούς και χαμηλούς καταλόγους προτεραιότητας:

- Απαγόρευση του καπνίσματος σε όλους τους εσωτερικούς χώρους δημόσιων αρμοδιοτήτων και στους χώρους εργασίας. Ακόμη, βελτίωση της δημόσιας πληροφόρησης για τους κινδύνους του καπνού του τσιγάρου και αποθάρρυνση του καπνίσματος στα σπίτια, ιδιαίτερα παρουσία παιδιών.

- Ανάπτυξη κτιριακών κωδικών για να περιοριστεί η οικοδόμηση χώρων στάθμευσης και για την απομόνωση τους από τους χώρους διαβίωσης και εργασίας (κλείνοντας τις πόρτες, σφραγίζοντας τις δομές και εξασφαλίζοντας κατάλληλη διαφορά πίεσης αέρα μεταξύ του χώρου στάθμευσης και των άλλων εσωτερικών χώρων).
- Ο σχεδιασμός των συστημάτων εξαερισμού πρέπει να εξασφαλίζει τη διάλυση όλων των γνωστών και προβλέψιμων εσωτερικών εκπομπών των ενώσεων που ανήκουν στην ομάδα υψηλής προτεραιότητας κάτω από τα συνιστώμενα επίπεδα των οδηγιών και μάλιστα με ένα περιθώριο ασφάλειας. Ο κατάλληλος σχεδιασμός πρέπει να συμπληρωθεί με τις οδηγίες χρήσης και συντήρησης για να εξασφαλιστεί ότι οι στόχοι του σχεδιασμού επιτυγχάνονται με την πάροδο του χρόνου.
- Βελτίωση της δημόσιας πληροφόρησης για τους διάφορους οξείς και μακροπρόθεσμους κινδύνους στην έκθεση σε εσωτερική αέρια ρύπανση από εσωτερικές πηγές μέσω εκστρατειών που στρέφονται στα συγκεκριμένα ζητήματα και στους σχετικούς στοχευμένους πληθυσμούς. [1][2][3]

## 5.2 The BUMA project

### 5.2.1 Εισαγωγή

Το πρόγραμμα BUMA (Prioritization of BUilding MAterials) συντονίστηκε και εκτελέστηκε στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών σε συνεργασία με το Γενικό Κρατικό Εργαστήριο (State General Laboratory, SGL) της Κύπρου και το Κέντρο Ερευνών (Joint Research Center, JRC) της Ιταλίας. Είχε διάρκεια τρία έτη, από τον Απρίλιο του 2006 έως τον Μάρτιο του 2009 και ήταν υπό την εποπτεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επιπλέον, μια πενταμελής ομάδα εξωτερικών εμπειρογνώμων παρείχε επιστημονικές κατευθυντήριες οδηγίες καθ' όλη τη διάρκεια της εφαρμογής του.

Σκοπός του προγράμματος ήταν η αξιολόγηση της έκθεσης των ανθρώπων στις επικίνδυνες χημικές ενώσεις που εκπέμπονται από τα οικοδομικά υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως στην Ευρώπη. Επίσης, μέσα από πολυάριθμες μετρήσεις σε εσωτερικούς χώρους σε διάφορες πόλεις της Ευρώπης επιτεύχθηκε ο χαρακτηρισμός και η ταξινόμηση των οικοδομικών υλικών ανάλογα με την επικινδυνότητα τους στην ανθρώπινη υγεία.

Τα αποτελέσματα του προγράμματος είναι ένα σημαντικό βήμα για την καλύτερη κατανόηση των πηγών των ουσιών που υπάρχουν στους εσωτερικούς χώρους και διαδραματίζουν ένα βασικό ρόλο στον προσδιορισμό της άνετης διαβίωσης των ενοίκων. Πιο συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε μια λεπτομερής βάση δεδομένων σχετικά με τις εκπομπές ενώσεων από οικοδομικά υλικά. Ακόμη πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αέριων ρύπων σε εσωτερικούς χώρους σε ολόκληρη την Ευρώπη. Επιπλέον σε περιβαλλοντικούς θαλάμους μετρήθηκαν ρυθμοί εκπομπής από συγκεκριμένα οικοδομικά υλικά που χρησιμοποιούνται κυρίως στην Ευρώπη. Επίσης αξιολογήθηκαν συγκεκριμένα σενάρια έκθεσης.

Τέλος, παρέχονται σχέδια καθορισμού προτεραιοτήτων και εργαλεία για την αξιολόγηση των διάφορων οικοδομικών υλικών ως εσωτερικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η εμπειρία που αποκτήθηκε έχει μεταφραστεί σε μια καλύτερη πρακτική καθοδήγησης για να χρησιμοποιείται από φορείς χάραξης πολιτικών, γιατρούς, κατασκευαστές οικοδομικών υλικών και γενικότερα χρήστες προϊόντων οικοδόμησης. [4][5][6][7]

### 5.2.2 Στόχοι

Οι σημαντικότεροι στόχοι του προγράμματος ήταν:

- Η αξιολόγηση της υπάρχουσας κατάστασης με τη συλλογή και την αναθεώρηση των διαθέσιμων στοιχείων εκπομπών από τα προϊόντα κατασκευής που αναφέρονται στην CPD (Construct Product Directive) καθώς επίσης και τις εκπομπές από άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στην Ευρώπη.
- Η ταξινόμηση των σημαντικότερων εκπομπών στους εσωτερικούς χώρους σύμφωνα με τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις που επιφέρουν στην υγεία.
- Η εκτέλεση στοιχειοθετημένων εργαστηριακών δοκιμών που απαιτούνται για τη μελέτη, το χαρακτηρισμό και τον καθορισμό προτεραιότητας στα μεμονωμένα οικοδομικά υλικά με βάση τις τοξικές εκπομπές τους στους εσωτερικούς χώρους.

- Η πραγματοποίηση μετρήσεων εσωτερικής ρύπανσης σε σπίτια και σε δημόσια κτίρια συμπεριλαμβανομένων των σχολείων.
- Η ανάπτυξη μιας περιεκτικής και επιστημονικά υγιούς βάσης δεδομένων που χαρακτηρίζει τις εκπομπές των οικοδομικών υλικών και τα επίπεδα τοξικότητας τους.
- Η αξιολόγηση του πιθανού κινδύνου για την υγεία των ενοίκων με τη μοντελοποίηση της έκθεσης που λαμβάνεται από τους ανθρώπους.
- Η παραγωγή κατάλληλης καθοδήγησης για τον κλάδο των οικοδομικών και τεχνικών έργων, τους ανώτερους υπαλλήλους υγείας, τους φορείς χάραξης πολιτικής και τους τελικούς χρήστες. [4][5][6][7]

### 5.2.3 Βάση δεδομένων εκπομπής του προγράμματος BUMA

Κατασκευάστηκε μια περιεκτική και φιλική προς το χρήστη βάση δεδομένων εκπομπής η οποία περιέχει τα ενημερωμένα δεδομένα εκπομπής για τα οικοδομικά προϊόντα. Οι δυνητικοί τελικοί χρήστες έχουν έρθει σε επαφή προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη κατανόηση σχετικά με τις ανάγκες και τις προτεραιότητες σχετικά με μια τέτοια βάση δεδομένων.

Οι δύο κύριες κατηγορίες οικοδομικών υλικών που περιελήφθησαν στη βάση δεδομένων είναι: i) τα κατασκευαστικά προϊόντα που αναφέρονται στη CPD και ii) τα υπόλοιπα κτιριακά προϊόντα όπως είναι οι τάπητες, οι κόλλες κλπ. Η βάση δεδομένων του προγράμματος BUMA περιέχει αναθεωρημένα δεδομένα εκπομπής που δημοσιεύονται στον επιστημονικό περιοδικό τύπο κυρίως από το 1995. Περισσότερα από 8000 δεδομένα εκπομπής για περισσότερα από 300 διαφορετικά υλικά και 300 εκπεμπόμενες ενώσεις συμπεριλαμβάνονται στη βάση δεδομένων. Δίδονται ακόμη πρόσθετες βασικές πληροφορίες όπως οι φυσικές ιδιότητες των εκπεμπόμενων ενώσεων και τα επιτρεπτά όρια των συγκεντρώσεων στο περιβάλλον που σχετίζονται με τις επιπτώσεις στην υγεία από τους διάφορους εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς, καθώς επίσης και πληροφορίες για τη χρήση των υλικών. Επιπλέον παρέχονται οι πλήρεις αναφορές και οι συνθήκες δοκιμής. Για τις ενώσεις προτεραιότητας του προγράμματος INDEX (Kotzias et al., 2005) (βενζόλιο, φορμαλδεΐδη, ακεταλδεΐδη, τολουόλη, ξυλένια, λιμονένιο και α-πινένιο), προστίθενται οι επιστημονικές αναθεωρήσεις. Αυτές οι εκθέσεις περιλαμβάνουν την υπάρχουσα γνώση για τα τοξικολογικά ή/και άλλα σχετικά με την υγεία δεδομένα, τα οποία αναπτύχθηκαν από διεθνείς, ευρωπαϊκούς και εθνικούς σχετικούς οργανισμούς (WHO, IARC, EPA κλπ.).

Τα πρόσθετα δεδομένα εκπομπής που λήφθηκαν κατά τη διάρκεια του παρόντος προγράμματος BUMA έχουν επίσης περιληφθεί στη βάση δεδομένων. Η βάση δεδομένων εκπομπής του προγράμματος BUMA έχει σχεδιαστεί για να χρησιμεύει επίσης και ως ένα εργαλείο καθορισμού προτεραιότητας για την ταξινόμηση των οικοδομικών υλικών ως εσωτερικές πηγές εκπομπής μέσα από:

- Τη δημιουργία λίστας ταξινόμησης ανά εκπεμπόμενη ένωση για τα υλικά που ανήκουν στην ίδια κατηγορία χρήσης.
- Την παροχή δεδομένων εκπομπής και άλλων δεδομένων στο ειδικό σύστημα μοντελοποίησης της έκθεσης (BEMES) για να χρησιμοποιείται στις αξιολογήσεις. [4][5][6][8]



## 5.2.4 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε πέντε ευρωπαϊκές πόλεις, στο Μιλάνο, στην Κοπεγχάγη, στο Δουβλίνο, στην Αθήνα και στη Λευκωσία. Αυτές οι μετρήσεις ήταν εβδομαδιαίες και πραγματοποιήθηκαν χειμώνα και καλοκαίρι σε δύο δημόσια κτίρια και δύο ιδιωτικές οικίες σε κάθε πόλη.

Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν:

- BTEX, τερπένια, καρβονυλικές ενώσεις και μετρήσεις όζοντος με τη μέθοδο της παθητικής δειγματοληψίας για μια εβδομαδιαία περίοδο, σε δύο σημεία μέσα στο κτίριο και σε έναν εξωτερικό χώρο.
- Πρόσθετες μετρήσεις VOC με τη μέθοδο της ενεργής δειγματοληψίας κάθε τέσσερις ώρες για μια εβδομάδα, στα δημόσια κτίρια (8:00, 12:00, 16:00 και 20:00).
- Επιλεγμένες μετρήσεις εκπομπών VOC με τη συσκευή FLEC.
- Μετρήσεις εξαερισμού χρησιμοποιώντας οπουδήποτε είναι δυνατόν την τεχνική ανίχνευσης αερίου.
- Επιλεγμένες μετρήσεις NO<sub>2</sub>.
- Καταγραφή θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού.

Με τις μετρήσεις αυτές συνελέχθηκαν πρόσθετες πληροφορίες όπως τα χαρακτηριστικά των κτιρίων, τα συστήματα εξαερισμού και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες που επιτελούνταν κατά τη διάρκεια της περιόδου δειγματοληψίας. Ακόμη, συμπληρώθηκε μια σειρά κατάλληλων ερωτηματολογίων από τους τεχνικούς και από τους ενοίκους κατά τη διάρκεια της περιόδου δειγματοληψίας.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα υλικά βρέθηκαν ότι ήταν οι βαφές με βάση το νερό, το ασβεστοκονίαμα και οι μορισανίδες. Επιπλέον, ανιχνεύθηκε η χρήση συγκεκριμένων υλικών σε συγκεκριμένους χώρους, όπως το δάπεδο λινελαίου στα δημόσια κτίρια συμπεριλαμβανομένων των σχολείων.
- Οι συγκεντρώσεις των VOC παρουσιάζουν ιδιαίτερη ποικιλομορφία λόγω των διαφορετικών εσωτερικών πηγών εκπομπής και των εξωτερικών συγκεντρώσεων. Οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται για την ακετόνη, τα ξυλένια, το δ-λιμονένιο και το τολουόλιο (μέχρι 308, 200, 159 και 163,5 μg/m<sup>3</sup> αντίστοιχα). Σχεδόν όλα τα μετρημένα VOC παρουσιάζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις σε σπίτια. Οι συγκεντρώσεις των VOC ήταν υψηλότερες τη χειμερινή περίοδο από ότι το καλοκαίρι, εκτός από τη φορμαλδεΐδη και την ακεταλδεΐδη.
- Οι ενώσεις προτεραιότητας του προγράμματος INDEX (η φορμαλδεΐδη, το βενζόλιο, η ακεταλδεΐδη, το τολουόλιο, τα ξυλόλια, το α-πινένιο, το δ-λιμονένιο) καταλαμβάνουν ένα μεγάλο ποσοστό των μετρημένων VOC στην πλειονότητα των κτιρίων που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Το ποσοστό κυμάνθηκε από 30% έως 60%. Η εσωτερική συγκέντρωση των καρβονυλικών ενώσεων είναι της τάξης του 40-80% του συνόλου των μετρήσεων VOC. Οι αρωματικές ενώσεις καταλαμβάνουν ποσοστό που κυμαίνεται από 5 έως 40% και στο τέλος έπονται τα τερπένια. Σε μερικές περιπτώσεις τα τερπένια παρουσίασαν ποσοστό 20-30% των μετρήσεων VOC.

- Οι υπολογισμένες αναλογίες των εσωτερικών (In) προς τις εξωτερικές (Out) συγκεντρώσεις (I/O) για τα VOC παρουσιάζουν τιμές μεγαλύτερες του 10 δείχνοντας με τον τρόπο αυτό την ύπαρξη ισχυρών εσωτερικών πηγών εκπομπής για διάφορες ενώσεις, όπως η φορμαλδεΐδη (μέχρι 16,4), η ακεταλδεΐδη (μέχρι 31) κλπ.. Οι εσωτερικές συγκεντρώσεις της φορμαλδεΐδης, της ακεταλδεΐδης, της ακετόνης και του δ-λιμονένιου δείχνουν τις σχετικά σημαντικές πηγές εκπομπής αυτών των ενώσεων σε όλα τα κτίρια. Οι χαμηλές τιμές (I/O) για τις συγκεντρώσεις του βενζολίου υποδεικνύουν κυρίως την επιρροή εξωτερικών πηγών εκπομπής της συγκεκριμένης ένωσης.
- Οι εξωτερικές συγκεντρώσεις του όζοντος είναι συνήθως ουσιαστικά μειωμένες στους εσωτερικούς χώρους δείχνοντας σχετικά ισχυρές εναποθέσεις όζοντος. Οι εσωτερικές συγκεντρώσεις το όζοντος λαμβάνονται υπόψη άσχετα με το αν υπάρχουν ή όχι σημαντικές πηγές εκπομπής όζοντος στο εσωτερικό. Σε πολλές περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις του όζοντος φθάνουν μέχρι την τιμή των 63,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Η συμβολή των οικοδομικών υλικών στις εκπομπές ήταν σε πολλές περιπτώσεις σημαντική. Η συμβολή των εκπομπών των υλικών στις συγκεντρώσεις όλων των ενώσεων, παραδείγματος χάριν, έφθασε σε πολλές περιπτώσεις το 40-50%.
- Η συνεισφορά των εκπομπών των οικοδομικών υλικών στις εσωτερικές συγκεντρώσεις του βενζολίου είναι ασήμαντη και αυτό φαίνεται επίσης από τα ευρήματα μέτρησης της εκπομπής.
- Οι εκπομπές της φορμαλδεΐδης δεν πρέπει να αγνοηθούν στα σπίτια και στους χώρους εργασίας, καθώς η κύρια πηγή της μπορεί να είναι όχι μόνο τα οικοδομικά υλικά αλλά και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως είναι το μαγείρεμα, ο καθαρισμός, το κάπνισμα κ.α. Επιπλέον, τα επίπεδα των εσωτερικών συγκεντρώσεων της φορμαλδεΐδης και των TVOC έφθασαν και υπερέβαιναν μερικές φορές τα όρια που έχουν τεθεί από διάφορους εθνικούς οργανισμούς. Κατά συνέπεια, ο καθορισμός προτεραιότητας των οικοδομικών υλικών πρέπει να βασιστεί τουλάχιστον στη φορμαλδεΐδη και στις εκπομπές των TVOC.
- Οι μετρήσεις εξαερισμού έδειξαν όπως είναι αναμενόμενο ότι οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι μεγαλύτερες από εκείνες που καταγράφονται το χειμώνα. Αυτές οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,13 έως 1,28  $\text{h}^{-1}$  λόγω των διαφορετικών συνθηκών που παρατηρήθηκαν, όπως η απουσία των ενοίκων, τα ανοικτά παράθυρα κ.α. [4][5][6][8]

### 5.2.5 Θάλαμοι δοκιμών

Οι δοκιμές στα υλικά πραγματοποιήθηκαν σε περιβαλλοντικούς θαλάμους προκειμένου να χαρακτηριστούν και να ταξινομηθούν σύμφωνα με τις εκπομπές τους.

Τα οικοδομικά υλικά που επιλέχθηκαν για να εξεταστούν στο εργαστήριο ήταν:

- πέντε (5) υλικά που αναφέρονται στην CPD και
- τρία (3) υλικά που δεν αναφέρονται στην CPD.

Τα υλικά επιλέχθηκαν σύμφωνα με τα αποτελέσματα στις μετρήσεις το προγράμματος BUMA και τα αρχεία σχετικά με τη χρήση τους. Κατά συνέπεια, τα υλικά που εξετάστηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Μια βαφή με βάση το νερό
- Μια γυψοσανίδα
- Ένα νοβοπάν επικαλυμμένο με μελαμίνη
- Μια σανίδα MDF
- Ένα κάλυμμα τοίχου
- Μια κόλλα πατωμάτων/ταπήτων
- Ένα κεραμίδι
- Ένα δάπεδο λινελαίου.

Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις του JRC INDOORTRON, σε περιβαλλοντικό θάλαμο 30 m<sup>3</sup>, που τοποθετήθηκε στις εγκαταστάσεις της φυσικής και χημικής μονάδας έκθεσης (Physical and Chemical Exposure Unit, PCE), στο ίδρυμα για την υγεία και την προστασία των καταναλωτών (Institute for Health and Consumer Protection, IHCP) και στο Κέντρο Ερευνών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες της θερμοκρασίας (23±0,5 °C), της υγρασίας (50±5%), του ρυθμού εναλλαγής αέρα (0,5 h<sup>-1</sup>) και ενός παράγοντα αποθήκευσης που έχει τιμή 0,4 m<sup>2</sup>m<sup>-3</sup>, όπως καθιερώθηκαν στο πρότυπο ISO 16000 και στη μέθοδο ECA No.18. Ο συνολικός χρόνος ελέγχου για κάθε υλικό ήταν 72 έως 168 ώρες με χρόνους δειγματοληψίας στις 0, 3, 24, 72, 120 – 168 ώρες. Η χημική ανάλυση για την αξιολόγηση των ενώσεων που εκπέμφθηκαν από κάθε οικοδομικό υλικό εστίασε στους ακόλουθους ρύπους: VOC (ειδικά αρωματικές ουσίες όπως το βενζόλιο και ομόλογά του) και τις καρβονυλικές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους (π.χ. φορμαλδεΰδη, ακεταλδεΰδη, ακετόνη, προπανάλη, εξανάλη). Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας το πρότυπο ISO 16000. Επιπλέον, όλα τα υλικά υποβλήθηκαν σε έλεγχο μακροπρόθεσμης εκπομπής για μια περίοδο 28 ημερών σε ένα θάλαμο 20 λίτρων στις ίδιες συνθήκες και με τον ίδιο παράγοντα αποθήκευσης.

Τα υλικά έχουν ταξινομηθεί με βάση τις εκπομπές τους και τις πιθανές επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία, όπως καθιερώθηκε στο πρόγραμμα INDEX. Κατά συνέπεια, τα MDF είναι τα υλικά με την υψηλότερη συμβολή στις εκπομπές φορμαλδεΰδης (150 μg/m<sup>3</sup>) και ακολουθεί το κεραμίδι (18 μg/m<sup>3</sup>) και η μοριοσανίδα (15 μg/m<sup>3</sup>). Το λινέλαιο είναι το υλικό με τον υψηλότερο αντίκτυπο στις εκπομπές ακεταλδεΰδης (35 μg/m<sup>3</sup>) και ακολουθεί η μοριοσανίδα, η βαφή και το MDF με παρόμοια συνεισφορά (5 μg/m<sup>3</sup>). Τα ξυλόλια προέρχονται από τη βαφή (10 μg/m<sup>3</sup>) ενώ η μοριοσανίδα είναι η πηγή για το α – πινένιο (20 μg/m<sup>3</sup>). Επιπλέον, οι πτητικές οργανικές ενώσεις της πολικής φύσης (π.χ. κοντές αλυσίδες οξέων και εστέρες) έχουν βρεθεί ως ένα σημαντικό μέρος των εκπομπών των διαφόρων προϊόντων. Αν και αυτές οι ενώσεις δεν συμπεριλαμβάνονται στη λίστα του προγράμματος INDEX πρέπει να ληφθούν υπόψη δεδομένου ότι ίσως μπορούν να ασκήσουν επίδραση στην υγεία σε εσωτερικά περιβάλλοντα.

Σύμφωνα με τις εκπομπές που μετρήθηκαν σε 7 ημέρες (3 ημέρες για τη γυψοσανίδα και τη βαφή), το υλικό που εκπέμπει λιγότερο TVOC ήταν ο πίντακας από γύψο (13 μg/m<sup>3</sup> σε 72 ώρες) ακολουθούμενο από τη μοριοσανίδα (30 μg/m<sup>3</sup>), τον τάπητα (64 μg/m<sup>3</sup>), το κεραμίδι (102 μg/m<sup>3</sup>), τη συγκολλητική ουσία (167 μg/m<sup>3</sup>), το λινέλαιο (374 μg/m<sup>3</sup>), τα MDF (481 μg/m<sup>3</sup>) και τη βαφή (2.016 μg/m<sup>3</sup> σε 72 ώρες). Λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των εκπεμπόμενων χαμηλών μοριακών καρβονυλικών ενώσεων, το υλικό με τις λιγότερες εκπομπές ήταν ο τάπητας (0,3 μg/m<sup>3</sup>) ακολουθούμενο από τη συγκολλητική ουσία (2 μg/m<sup>3</sup>),

τη γυψοσανίδα (3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), τη βαφή (5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), το κεραμίδι (18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), τη μοριοσανίδα (21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), το λινέλαιο (74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) και τα MDF (160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Γενικά και για όλες τις κατηγορίες των υπό δοκιμή προϊόντων, οι συγκεντρώσεις στον αέρα των εκπεμπόμενων ενώσεων όπως λαμβάνονται και στους δύο θαλάμους ήταν χαμηλότερες στις μακροχρόνιες περιόδους δειγματοληψίας (π.χ. 7 ημέρες σε σχέση με τις 3 ημέρες). Η διακύμανση στις εκπομπές στην τριήμερη δειγματοληψία ήταν από 8  $\mu\text{g}$  (γυψοσανίδα) έως 200  $\mu\text{g}$  (συγκολλητική ουσία και MDF) ενώ η διακύμανση στις εκπομπές στην επταήμερη δειγματοληψία ήταν από 6  $\mu\text{g}$  (τάπητας) έως 70  $\mu\text{g}$  (συγκολλητική ουσία και λινέλαιο). [4][5][6]

### 5.2.6 Ειδικό σύστημα μοντελοποίησης της έκθεσης

Το ειδικό σύστημα μοντελοποίησης της έκθεσης (BEMES) του προγράμματος BUMA σχεδιάστηκε για να δώσει στο χρήστη πλήρη ικανότητα στην εκτίμηση της ατομικής έκθεσης σε ένα δεδομένο μικροπεριβάλλον. Το μικροπεριβάλλον μπορεί να είναι ένα πραγματικό δωμάτιο (σχολική αίθουσα, γραφείο, κρεβατοκάμαρα κλπ.) ή ένας συνδυασμός δωματίων που καθορίζεται από το χρήστη. Επιπλέον ως μικροπεριβάλλον μπορεί να θεωρηθεί μία πρότυπη αίθουσα που δίνεται από τις ρυθμιστικές ή άλλες πολιτικές αρχές.

Το σύστημα BEMES περιλαμβάνει τρεις διαφορετικούς τύπους μοντέλων: ένα πολυζωνικό μοντέλο εξαερισμού, ένα μοντέλο ατμοσφαιρικής ποιότητας και ένα μοντέλο έκθεσης που συνδέονται με τη βάση δεδομένων εκπομπής του προγράμματος BUMA για να παρέχουν δεδομένα εκπομπής και άλλα στοιχεία εάν είναι απαραίτητο. Το μοντέλο εξαερισμού παρέχει τους ρυθμούς διήθησης και εξόδου του αέρα σε όλα τα εσωτερικά και εξωτερικά ανοίγματα του δεδομένου μικροπεριβάλλοντος. Το μοντέλο ατμοσφαιρικής ποιότητας παρέχει σταθερές συνθήκες ή/και τις χρονικά εξαρτώμενες εσωτερικές συγκεντρώσεις με την επιλογή να ληφθεί υπόψη η φωτοχημική ατομική έκθεση όπως καθορίζεται στο εγχειρίδιο έκθεσης της EPA.

Το σύστημα BEMES μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο καθορισμού προτεραιοτήτων κατά την ταξινόμηση των οικοδομικών υλικών ή και των κτιρίων ως αποτελέσματα της απόθεσης. Το μοντέλο έκθεσης παρέχει τον υλικό συνδυασμό που χρησιμοποιείται σε δεδομένο μικροπεριβάλλον όσον αφορά στον αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία. [4][5][6]

### 5.2.7 Σύστημα καθορισμού προτεραιοτήτων

Ο καθορισμός προτεραιοτήτων του προγράμματος BUMA εξετάζει το πρόβλημα της ταξινόμησης των κτιριακών υλικών ως εσωτερικές πηγές ρύπανσης και τον επακόλουθο αντίκτυπο στην υγεία και την άνεση, παρέχοντας συγχρόνως τα απαραίτητα εργαλεία για αυτό. Το σύστημα καθορισμού προτεραιοτήτων του προγράμματος BUMA στοχεύει στην εξέταση προβλημάτων όπως:

- Η ταξινόμηση του συνόλου των οικοδομικών υλικών σύμφωνα με την υπερβολική έκθεση που προκαλείται από την παρουσία τους σε ένα συγκεκριμένο μικροπεριβάλλον.
- Η αξιολόγηση ενός συγκεκριμένου υλικού όσον αφορά το ποσοστό συμμετοχής του στην έκθεση (πιθανώς προερχόμενο από μια κατάλληλη βάση δεδομένων όπως η βάση δεδομένων του BUMA).

Ολόκληρη η προσέγγιση έχει λάβει υπόψη:

- Την προηγούμενη γνώση (όπως αρχειοθετείται στη βάση δεδομένων του BUMA).
- Την εμπειρία που αποκτήθηκε από τις εργαστηριακές μετρήσεις.
- Την άποψη των εμπειρογνομόνων και των συμμετεχόντων.

Ολόκληρη η μεθοδολογία είναι βασισμένη στα ακόλουθα κριτήρια:

- Δώστε προτεραιότητα στην ανά μεμονωμένη εκπεμπόμενη ένωση πρόκληση ανησυχίας για την υγεία.
- Εξετάστε τουλάχιστον τις ενώσεις για τις οποίες
  - Τα όρια υγείας και άνεσης είναι καθορισμένα.
  - Τα επίπεδα συγκέντρωσης στους εσωτερικούς χώρους σε ολόκληρη την Ευρώπη είναι συγκρίσιμα με εκείνα τα όρια.
  - Το οικοδομικό υλικό έχει συμβολή στις εσωτερικές συγκεντρώσεις και στην έκθεση.
- Αξιολογείτε είτε τις πραγματικές εκπομπές είτε τους συγκεκριμένους ρυθμούς εκπομπής των δοκιμών για τον καθορισμό προτεραιοτήτων που μετρήθηκαν σε περισσότερο από 3 ημέρες.
- Δώστε προτεραιότητα βασισμένοι στην ατομική υπερβολική έκθεση.

Οι ανωτέρω εκτιμήσεις και τα κριτήρια έχουν οδηγήσει στην πρόταση ότι ο καθορισμός προτεραιοτήτων των οικοδομικών υλικών πρέπει τουλάχιστον να λάβει υπόψη τις εκπομπές της φορμαλδεΐδης και των TVOC. Τα βασικά εργαλεία του BUMA για να εκτελέσουν τον καθορισμό προτεραιοτήτων είναι η βάση δεδομένων εκπομπής του BUMA και το ειδικό σύστημα μοντελοποίησης της έκθεσης (BEMES). Το σύστημα BEMES παρέχει την εκτίμηση της έκθεσης σε οποιοδήποτε μικροπεριβάλλον. Η βάση δεδομένων του BUMA παρέχει τους μετρημένους ατομικούς ρυθμούς εκπομπής και τους διευκρινισμένους καταλόγους για τους χρήστες των υλικών.

Η παρούσα μεθοδολογία καθορισμού προτεραιοτήτων έχει λάβει υπόψη δύο γεγονότα:

- Δεν έχει αξιολογηθεί ο αντίκτυπος στην υγεία όλων των εκπεμπόμενων ενώσεων από οικοδομικά υλικά. Κατά συνέπεια δεν υπάρχει κανένα διεθνώς αποδεκτό όριο.
- Η πλειοψηφία των διαθέσεων στοιχείων τοξικολογίας αναφέρεται στις εκθέσεις σε απλές χημικές ενώσεις. Υπάρχουν καλά καθιερωμένες μέθοδοι για την εκτίμηση του συνδυασμένου αντίκτυπου των μη αντιδραστικών ενώσεων για τον ερεθισμό των αισθήσεων, δείχνοντας πόσο σημαντικό είναι να αναπτυχθούν μέθοδοι που αξιολογούν τις συνδυασμένες επιπτώσεις στην υγεία των μιγμάτων αντιδραστικών ενώσεων.

Το ιδανικό σύστημα καθορισμού προτεραιοτήτων αναμένεται να είναι πιο ποσοτικό από ότι ποιοτικό και να στηριχθεί στην ταξινόμηση των ενώσεων. Προϋπόθεση μιας τέτοιας προσέγγισης είναι η καθιέρωση διεθνών αποδεκτών ορίων συγκέντρωσης ή συγκεκριμένων ρυθμών εκπομπής για όλες τις ενώσεις πρόκλησης ανησυχίας και η ικανοποιητική γνώση των συνδυασμένων μιγμάτων πρόκλησης ανησυχίας. Σε αυτή τη περίπτωση προτείνεται ένα σύστημα κατάταξης για την ταξινόμηση των οικοδομικών υλικών. [4][5][6]

## 5.2.8 Καλύτερη πρακτική καθοδήγηση

Τέλος, συντάχθηκαν εκθέσεις σχετικά με την καλύτερη πρακτική καθοδήγησης χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από τα σενάρια μοντελοποίησης της έκθεσης και από τον καθορισμό προτεραιοτήτων των οικοδομικών υλικών. Αυτές οι εκθέσεις είναι συστάσεις σχετικά με την επιλογή των οικοδομικών υλικών για εσωτερική χρήση, λαμβάνοντας υπόψη τις εκπομπές της φορμαλδεΐδης και των TVOC και τη συμβολή τους στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Έχουν επίσης τη μορφή γενικής καθοδήγησης στις ομάδες-στόχους των τελικών χρηστών. Αυτή η καθοδήγηση μπορεί να απευθυνθεί στους διαφορετικούς τελικούς χρήστες μέσα στον κλάδο των οικοδομικών και τεχνικών έργων. Προορίζεται ακόμη προς χρήση από ένα ευρύ φάσμα ομάδων στον κλάδο των οικοδομικών και τεχνικών έργων. Αυτές οι ομάδες αντιπροσωπεύουν τους επαγγελματίες κτίστες όπως οι αρχιτέκτονες, οι μηχανικοί, οι εργολάβοι, οι διακοσμητές, τους ιδιοκτήτες και τους διαχειριστές και γενικά τους ανθρώπους που ενδιαφέρονται για τη μείωση των επιπέδων των VOC στις νέες ή ανακαινισμένες οικίες.

Τέλος, η καθοδήγηση μπορεί να βοηθήσει ομάδες όπως οι φορείς χάραξης πολιτικής, οι ανώτεροι υπάλληλοι περιβαλλοντικής υγείας, οι ιδιοκτήτες, οι διευθυντές εγκαταστάσεων, οι ένοικοι και ευαίσθητες ομάδες (ηλικιωμένοι, παιδιά, άτομα με ειδικές ανάγκες) στη μείωση του αντίκτυπου των εκπομπών πρόκλησης ανησυχίας από τα οικοδομικά υλικά. [4][5][6]

## 5.2.9 Τελικές παρατηρήσεις και συστάσεις

Με την περάτωση του προγράμματος BUMA, τα κύρια αποτελέσματα μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε πόλεις της Ευρώπης κατέδειξαν υψηλές εσωτερικές συγκεντρώσεις για τη φορμαλδεΐδη, την ακεταλδεΐδη, την ακετόνη και το δ-λιμονένιο δείχνοντας σχετικά σημαντικές πηγές εκπομπής. Ένα σημαντικό ποσοστό αυτών των εκπομπών προέρχεται συχνά από τα οικοδομικά υλικά.
- Σχεδόν όλα τα μετρημένα VOC παρουσίασαν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε οικίες απ' ό,τι σε δημόσια κτίρια και σχολεία.
- Οι ενώσεις προτεραιότητας του προγράμματος INDEX καταλαμβάνουν ένα μεγάλο ποσοστό των μετρούμενων VOC στην πλειοψηφία των κτιρίων όπου έλαβαν χώρα οι μετρήσεις.
- Η συνεισφορά των εκπομπών των οικοδομικών υλικών στις εσωτερικές συγκεντρώσεις του βενζολίου φαίνεται ότι είναι ασήμαντη.
- Τα επίπεδα των εσωτερικών συγκεντρώσεων για τη φορμαλδεΐδη και τα TVOC έχουν μετρηθεί σε τιμές οι οποίες ενδέχεται να προκαλέσουν κίνδυνο στην ανθρώπινη υγεία. Ένα σημαντικό ποσοστό από τις παραπάνω ενώσεις προέρχεται από εκπομπές των οικοδομικών υλικών.
- Η κατηγοριοποίηση των οικοδομικών υλικών ως εσωτερικές πηγές μόλυνσης του αέρα πρέπει τουλάχιστον να βασιστεί στις εκπομπές φορμαλδεΐδης και TVOC.
- Οι εκπομπές της φορμαλδεΐδης που μετρήθηκαν στο εργαστήριο σε είδη υλικών τα οποία υπάγονται σε κατηγορίες οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούνται συχνά σε κτίρια στην Ευρώπη, παρουσίασαν αρκετά υψηλές τιμές οι οποίες οδηγούν στην

αναγκαία χάραξη σχετικών πολιτικών ενεργειών για τον περιορισμό των εκπομπών φορμαλδεΐδης.

- Οι εξωτερικές συγκεντρώσεις του όζοντος είναι συνήθως ουσιαστικά μειωμένες ενώ οι εσωτερικές συγκεντρώσεις του υποδεικνύουν σημαντικές εσωτερικές χημικές διεργασίες οι οποίες απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση. Οι εσωτερικές συγκεντρώσεις όζοντος λαμβάνονται υπόψη άσχετα με το εάν υπάρχουν ή όχι σημαντικές εσωτερικές πηγές εκπομπής του.
- Υπάρχει επίσης η ανάγκη για τη διεύρυνση της βάσης δεδομένων του προγράμματος BUMA για να περιλαμβάνει τα καταναλωτικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους και τα οποία ίσως να έχουν σημαντική επίδραση στην ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων. [4][5][6][7][8]

## Βιβλιογραφία, Αναφορές

- [1] The INDEX project, Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU, Summary on recommendations and management options, December 2004, JOINT RESEARCH CENTRE, Institute for Health and Consumer Protection, Physical and Chemical Exposure Unit, EUROPEAN COMMISSION
- [2] The INDEX project, Final Report, Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU, Dimitrios Kotzias, Kimmo Koistinen, Stylianos Kephelopoulos, Christian Schlitt, Paolo Carrer, Marco Maroni, Matti Jantunen, Christian Cochet, Séverine Kirchner, Thomas Lindvall, James McLaughlin, Lars Mølhave, Eduardo de Oliveira Fernandes and Bernd Seifert, EUR 21590 EN, 2005, JOINT RESEARCH CENTRE, Institute for Health and Consumer Protection, Physical and Chemical Exposure Unit, EUROPEAN COMMISSION
- [3] <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm>
- [4] Kotzias D, Koistinen K, Kephelopoulos S, Schlitt C, Carrer C, Maroni M, Jantunen M, Cochet C, Kirchner S, Lindvall T, McLaughlin J, Molhave L, de Oliveira Fernandes E, Seifert B, 2005, The INDEX Project: Critical Appraisal of the Setting and the Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU , Joint Research Center, Institute for Health and Consumer Protection Physical and Chemical Exposure Unit, Ispra (VA), Italy European Commission Directive.
- [5] Bartzis JG, Michaelidou S, Kotzias D, Missia D, Michael C, Barrero-Moreno JM, Tolis E, Demetriou-Georgiou E, Dimitropoulou C, McLaughlin J, Carrer P, Kettrup A, Wolkoff P, Sfetsos A, Petaloti C, Andronopoulos S, Ganatsiou K. (2008) The BUMA (Prioritization of Building Materials as Indoor Pollution Sources) project: An overview. 2008. The BUMA field campaigns. In: Proceedings of 11<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Indoor Air 2008, Copenhagen.
- [6] BUMA Project Results Assessment” FINAL REPORT Steering Committee: Prof. John Bartzis, Dr. Dimitrios Kotzias, Dr. Stella Cana- Michaelidou, Prof. Peder Wolkoff, Dr. Chrysanthi Dimitroulopoulou, Prof. Paolo Carrer, Prof. James McLaughlin, Prof. Antonious Kettrup Dafni A. Missia, Christina G. Petaloti, Evangelos I. Tolis, Dikaia E. Saraga, Kristallia Kalimeri, Josefa Barrero, Paolo Leva, Otmar Geiss, Salvatore Tirendi, A. Bellintani, Eleni Georgiou- Demetriou, Nicos Michael
- [7] <http://etl.uowm.gr/bumaproject>
- [8] [www.mech.uowm.gr/bumaproject](http://www.mech.uowm.gr/bumaproject)



# 6

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

### 6.1 Πρότυπα ISO

Σύμφωνα με τα συστήματα πιστοποίησης οικοδομικών υλικών ο έλεγχος εκπομπών βασίζεται στα πρότυπα ISO 16000 (Πίνακας 6.1). Τα παρακάτω πρότυπα έχουν εκδοθεί από τον ΕΛΟΤ και αναφέρονται στον αέρα εσωτερικών χώρων.

#### 6.1.1 ISO 16000-3:2001

Αέρας εσωτερικών χώρων – Μέρος 3: Προσδιορισμός της φορμαλδεΐδης και άλλων καρβονυλικών ενώσεων – Μέθοδος ενεργής δειγματοληψίας

Το ISO 16000-3:2001 περιγράφει μια διαδικασία για τον προσδιορισμό της φορμαλδεΐδης (HCHO) και άλλων καρβονυλικών ενώσεων (αλδεΐδες και κετόνες) στον αέρα. Η μέθοδος είναι συγκεκριμένη για τη φορμαλδεΐδη αλλά, με τροποποίηση, άλλες 13 τουλάχιστον καρβονυλικές ενώσεις μπορούν να ανιχνευτούν και να ποσοτικοποιηθούν. Είναι κατάλληλη για τον προσδιορισμό της φορμαλδεΐδης και άλλων καρβονυλικών ενώσεων σε εύρος συγκεντρώσεων από περίπου  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  έως  $1\text{mg}/\text{m}^3$ . Η μέθοδος δειγματοληψίας δίνει ένα χρονικά σταθμισμένο μέσο δείγμα (Time Weighted Average, TWA). Μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί για μακροπρόθεσμες (1 έως 24 ώρες) ή βραχυπρόθεσμες (5 έως 60 λεπτά) δειγματοληψίες του αέρα για φορμαλδεΐδη.

Περιγράφεται επίσης μια διαδικασία δειγματοληψίας και ανάλυσης για φορμαλδεΐδη και άλλες καρβονυλικές ενώσεις που περιλαμβάνει τη συλλογή αέρα σε φυσίγγια καλυμμένα με 2,4 δινιτροφαινυλυδραζίνη (DNPH) και μεταγενέστερη ανάλυση με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) με ανίχνευση από υπεριώδη απορρόφηση. [1]

#### 6.1.2 ISO 16000-6:2004

Αέρας εσωτερικών χώρων - Μέρος 6: Προσδιορισμός πτητικών οργανικών ενώσεων στον εσωτερικό αέρα και αέρα από θάλαμο δοκιμών με ενεργή δειγματοληψία σε Tenax TA<sup>®</sup> προσροφητικού, θερμική εκρόφηση και αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιώντας MS/FID<sup>1</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<sup>®</sup> προσροφητικού με επακόλουθη θερμική εκρόφηση και ανάλυση αέριας χρωματογραφίας.

<sup>1</sup> Mass Spectrometric/Flame Ionization Detector (Φασματομετρία Μάζας/Ανιχνευτής Ιόντων)

Η μέθοδος εφαρμόζεται για τη μέτρηση μη-πολικών και ελαφρώς πολικών VOC με εύρος συγκεντρώσεων από υποδιαίρεσεις των  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  έως μερικά  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Χρησιμοποιώντας τις αρχές που περιγράφονται σε αυτή τη μέθοδο μερικές πολύ πτητικές ενώσεις (VOC) και ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (SVOC) μπορούν επίσης να ανιχνευθούν. [2]

### **6.1.3 ISO 16000-9:2006**

Αέρας εσωτερικών χώρων - Μέρος 9: Προσδιορισμός των εκπομπών των πτητικών οργανικών ενώσεων από οικοδομικά προϊόντα και έπιπλα - Μέθοδος θαλάμου δοκιμών εκπομπών

Το ISO 16000-9:2006 παρουσιάζει μια γενική δοκιμή εργαστηριακής μεθόδου για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου ποσοστού εκπομπής πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) από τα πρόσφατα οικοδομικά προϊόντα που έχουν παραχθεί υπό καθορισμένες κλιματικές συνθήκες. Η μέθοδος μπορεί επίσης, σε γενικές γραμμές, να εφαρμοστεί στα ήδη υπάρχοντα προϊόντα. Τα στοιχεία της εκπομπής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων σε ένα δωμάτιο μοντέλο.

Το ISO 16000-9:2006 ισχύει για διάφορους θαλάμους δοκιμών χρησιμοποιώντας τον προσδιορισμό των εκπομπών των πτητικών οργανικών ενώσεων από οικοδομικά προϊόντα ή προϊόντα γενικά. Ισχύει ακόμη και για τις ξύλινες επιφάνειες και για άλλα οικοδομικά προϊόντα, προκειμένου να καθοριστεί το ποσοστό εκπομπών φορμαλδεΐδης. [3]

### **6.1.4 ISO 16000-11:2006**

Αέρας εσωτερικών χώρων - Μέρος 11: Προσδιορισμός των εκπομπών των πτητικών οργανικών ενώσεων από οικοδομικά προϊόντα και έπιπλα - Δειγματοληψία, αποθήκευση και προετοιμασία των δειγμάτων

Οι μελέτες των εκπομπών των πτητικών οργανικών ενώσεων από τα χρησιμοποιήτα οικοδομικά προϊόντα και έπιπλα σε θαλάμους δοκιμών απαιτούν τον κατάλληλο χειρισμό του προϊόντος πριν από τη δοκιμή, και κατά τη διάρκεια της περιόδου των δοκιμών.

Το ISO 16000-11:2006 προσδιορίζει τρεις τύπου οικοδομικών προϊόντων ή επίπλων: στερεών, υγρών και συνδυασμό αυτών. Για κάθε τύπο, δίνονται προδιαγραφές για τις διαδικασίες δειγματοληψίας, τις συνθήκες μεταφοράς, αποθήκευσης και χρήσης που μπορεί να επηρεάζουν τις εκπομπές των πτητικών οργανικών ενώσεων. Για μεμονωμένα προϊόντα, ορίζεται η προετοιμασία ενός δείγματος δοκιμής για κάθε τύπο.[4]

**Πίνακας 6.1:** Τα πρότυπα ISO 16000

<b>Πρότυπα</b>	<b>Εφαρμογή</b>
ISO 16000-3:2001	Ανάλυση αλδεϋδών
ISO 16000-6:2004	Ανάλυση VOC
ISO 16000-9:2006	Μέθοδος θαλάμου δοκιμών εκπομπών
ISO 16000-11:2006	Δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων

## 6.2 Μέθοδος Nordtest: Έλεγχος εκπομπών με τη χρήση CLIMPAQ

### 6.2.1 Εισαγωγή

Ο θάλαμος για εργαστηριακές έρευνες των υλικών, της ρύπανσης και της ποιότητας αέρα CLIMPAQ (Chamber for Laboratory Investigations of Materials Pollution and Air Quality) είναι ένας μικρής κλίμακας θάλαμος δοκιμών στον οποίο τα δείγματα των οικοδομικών προϊόντων εκτίθενται σε καλά καθορισμένο και ελεγχόμενο περιβάλλον. Οι περιβαλλοντικοί παράμετροι όπως η ταχύτητα αέρα, η θερμοκρασία και η υγρασία μπορούν να μεταβάλλονται ανεξάρτητα, εντός των συνηθισμένων ορίων που συναντάμε σε εσωτερικούς χώρους. Ο αέρας από τον CLIMPAQ μπορεί να αναλυθεί χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μεθόδων για τον αισθητήριο και χημικό χαρακτηρισμό των εκπομπών των ρύπων από τα οικοδομικά προϊόντα. Η παρούσα μέθοδος Nordtest επικεντρώνεται στη λειτουργία του CLIMPAQ ενώ οι λεπτομέρειες των διαφόρων μεθόδων για το χαρακτηρισμό των εκπομπών δεν περιλαμβάνονται.

Οι εργαστηριακές έρευνες των εκπομπών των ρύπων από τα οικοδομικά προϊόντα εσωτερικού χώρου μπορεί να έχουν διάφορους σκοπούς. Μπορεί ο έλεγχος να είναι ρουτίνα για τους κατασκευαστές, όσων αφορά στην παρακολούθηση της παραγωγής τους ή την εκτέλεση ελέγχου εκπομπών από νέα πρωτότυπα. Μπορούν επίσης να διεξάγουν μια βασική έρευνα με στόχο την αύξηση της γνώσης των παραγόντων που επηρεάζουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των πηγών ρύπανσης και του αέρα στους εσωτερικούς χώρους.

Ανεξάρτητα από το σκοπό της μέτρησης, οι πειραματικές εγκαταστάσεις θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από χαμηλές συγκεντρώσεις και επαρκώς σταθερές συνθήκες δοκιμής. Είναι ένα σημαντικό ζήτημα η διατήρηση των τιμών μιας σειράς περιβαλλοντικών παραμέτρων εντός των επιθυμητών ορίων. Στο πλαίσιο της εκπομπής των οργανικών ουσιών από εσωτερικές επιφάνειες οι ακόλουθες περιβαλλοντικές παράμετροι εξετάζονται συχνά και έχουν μεγάλη σημασία:

- θερμοκρασία αέρα
- υγρασία
- ταχύτητα αέρα
- πίεση των ενώσεων που μελετώνται

Οι παράμετροι που αναφέρονται παραπάνω εξαρτώνται τόσο από το σχεδιασμό όσο και τη λειτουργία της πειραματικής εγκατάστασης, η οποία περιλαμβάνει το θάλαμο δοκιμής, το σύστημα παροχής αέρα και τα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου.

Οι μικροί, σε περιβάλλοντα χώρο, θάλαμοι δοκιμών θεωρούνται ως το προτιμώμενο εργαλείο για τον ποιοτικό και ποσοτικό χαρακτηρισμό των ρύπων που εκπέμπονται από διάφορα υλικά και προϊόντα. Το πλεονέκτημα των μικρής κλίμακας θαλάμων από τους μεγάλους θαλάμους είναι ότι είναι φθηνότεροι και ευκολότεροι να κατασκευαστούν και να λειτουργήσουν. Ένα προφανές μειονέκτημα είναι ο περιορισμός του μεγέθους του δείγματος δοκιμής. Επιπλέον, κάποια αβεβαιότητα μπορεί να αποδοθεί στα αποτελέσματα σε σχέση με την κατάσταση στα πραγματικά κτίρια, για παράδειγμα λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών όσον αφορά στην κίνηση του αέρα και την προσρόφηση των χημικών ουσιών. Ωστόσο, από μια σύγκριση μεταξύ των εργαστηριακών μετρήσεων σε μικρούς

θαλάμους με όγκο που κυμαίνονται από 0,035 έως 1475 λίτρα, εξήχθη το συμπέρασμα ότι ο όγκος του θαλάμου δεν εισήγαγε καμία συστηματική διαφορά στα αποτελέσματα των δοκιμών.

Ο έλεγχος των εκπομπών περιλαμβάνει τη συλλογή των υλικών προς δοκιμή, τη μεταφορά των υλικών, την προετοιμασία των προς εξέταση δειγμάτων, την προετοιμασία του θαλάμου δοκιμής, τις συνθήκες των δειγμάτων δοκιμής και τέλος τον έλεγχο με μετρήσεις. Οι μετρήσεις μπορούν να αποτελούνται από αισθητήριες αξιολογήσεις, από μία κριτική επιτροπή, του αέρα του θαλάμου δοκιμής ή/και από μετρήσεις του αέρα με χημική ανάλυση. Ο CLIMPAQ είναι ειδικά σχεδιασμένος για ταυτόχρονη χρήση των δύο αυτών τύπων μεθόδων ποσοτικοποίησης. Ο CLIMPAQ χρησιμοποιείται στο σύστημα σήμανσης της Δανίας (Danish Indoor Climate Labeling system).

### **6.2.2 Σκοπός**

Η μέθοδος Nordtest διευκρινίζει τη χρήση του CLIMPAQ για τον προσδιορισμό των συνθηκών και του ελέγχου εκπομπών των οικοδομικών προϊόντων. Μια σειρά περιβαλλοντικών συνθηκών για τις τυποποιημένες δοκιμές παρουσιάζονται μαζί με τις πιθανές αλλαγές για αυτές τις συνθήκες για πιο ολοκληρωμένες έρευνες.

### **6.2.3 Πεδίο εφαρμογής**

Ο CLIMPAQ είναι ένας μικρής κλίμακας θάλαμος δοκιμών για τις εκπομπές των οικοδομικών προϊόντων με συνθήκες παρόμοιες με εκείνες των κτιρίων που προβλέπεται για τη χρήση τους. Ο αέρας από το θάλαμο μπορεί να αναλυθεί για αισθητήριο και χημικό χαρακτηρισμό των εκπομπών των ρύπων από το δείγμα του δομικού υλικού από τον αέρα που περιβάλλει το υλικό. Οι περιβαλλοντικοί παράμετροι όπως η ταχύτητα αέρα, η θερμοκρασία, η υγρασία και η συγκέντρωση των ρύπων μπορούν να μεταβάλλονται ανεξάρτητα, πάντα εντός ορίων που συνήθως συναντάμε σε εσωτερικούς χώρους. Η παρούσα μέθοδος Nordtest παρέχει το πλαίσιο για μια μέθοδο που μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να ταιριάζει σε ποικίλες εφαρμογές. Παρέχει συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του CLIMPAQ και επισημαίνει τις δραστηριότητες που είναι κρίσιμης σημασίας για τη διαδικασία ελέγχου των εκπομπών. Λεπτομέρειες για διαφορετικές μεθόδους για αισθητήριο και χημικό χαρακτηρισμό των εκπομπών δεν συμπεριλαμβάνονται.

Οι στόχοι των ελέγχων που πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας το CLIMPAQ μπορούν να είναι:

- Διερεύνηση της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραμέτρων σχετικά με το ποσοστό εκπομπής.
- Κατάταξη διαφορετικών πηγών ρύπανσης σε σχέση με την επιρροή τους στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα.
- Απόκτηση των αισθητήριων και χημικών δεδομένων των εκπομπών για την ανάπτυξη και την επαλήθευση των θεωρητικών προτύπων για την πρόβλεψη των συγκεντρώσεων ρύπων εσωτερικών χώρων σε συνάρτηση με την ηλικία, τις

περιβαλλοντικές συνθήκες και τις άλλες παραμέτρους που μπορεί να διαφέρουν κατά την παραγωγή και διακίνηση προϊόντων.

## 6.2.4 Ορισμοί

**Ρυθμός εναλλαγής του αέρα (air exchange rate),  $n$ :** δηλαδή ο 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),  $q$ :** ο 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 [ $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ].

**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:

$$C_c = \frac{E}{q} = E \frac{L}{n} \quad (6.1)$$

Όπου:

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

$E$ : ρυθμός των εκπομπών [ $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ]

$q$ : 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, όπως φαίνεται και από την Εξίσωση (6.1), 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 [ $\text{m}^2 \text{m}^{-3}$ ].

**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

Nordtest, NT Build 358, ένα δωμάτιο μοντέλο ορίστηκε με τις διαστάσεις 3,2x2,2x2,4 m (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 [ $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$  ή  $\text{s}^{-1}$ ].

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

### 6.2.5 Συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση των δειγμάτων

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 αλουμινοχαρτό. 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.

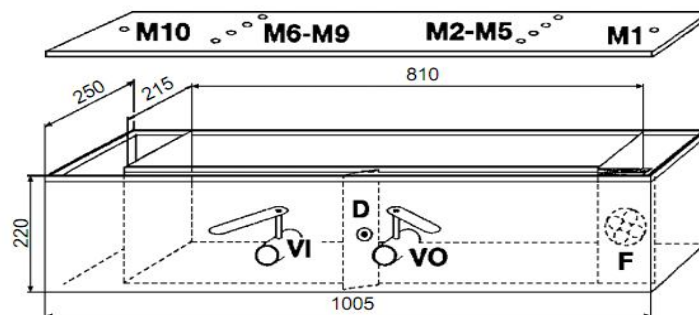
## 6.2.6 Μέθοδος του πειράματος

### Αρχές

Η αρχή της μεθόδου του πειράματος είναι να εκτιμηθούν οι εκπομπές των ρυπαντών από το δείγμα δοκιμής, προετοιμαζόμενο από ένα δείγμα δομικού υλικού, με αισθητήριες αξιολογήσεις και μετρήσεις των συγκεντρώσεων του αέρα του θαλάμου δοκιμών. Η επιφάνεια του δείγματος εκτίθεται στον αέρα του θαλάμου, ο οποίος και διατηρείται σε θερμοκρασία, υγρασία και ταχύτητα παρόμοιες με αυτές που αναμένονται στο εσωτερικό περιβάλλον όπου θα χρησιμοποιείται το υλικό. Επιπλέον, σε αυτές τις συνθήκες οι συγκεντρώσεις του θαλάμου εξαρτώνται από την παροχή αέρα που δίνεται στο θάλαμο και στο δείγμα. Το πείραμα πραγματοποιείται με συγκεκριμένη παροχή αέρα παρόμοια με αυτή που αναμένεται σε συνήθεις συνθήκες χρήσης του υλικού.

### Εξοπλισμός

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, τραβώντας παροχή αέρα από μόνος του 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.



Σχήμα 6.1: Σχηματική αναπαράσταση του CLIMPAQ και οι διαστάσεις του.



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 αέριου 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 ανοξειδωτο ασάλι 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.

### **6.2.7 Προετοιμασία του θαλάμου δοκιμών για το πείραμα εκπομπών**

- 1) Ο θάλαμος θα πρέπει να καθαριστεί πριν την έναρξη του κάθε πειράματος. Ο καθαρισμός γίνεται με το τρίψιμο της εσωτερικής επιφάνειας με αλκαλικό απορρυπαντικό και ζεστό νερό βρύσης, ξεπλένοντας με ζεστό νερό και τέλος τρίβοντας με απιονισμένο ή υπερκάθαρο 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.
- 2) Ο ρυθμός παροχής αέρα, η ταχύτητα αέρα, η θερμοκρασία αέρα και η υγρασία πρέπει να είναι προσαρμοσμένα σύμφωνα με τις επιθυμητές συνθήκες του πειράματος. Με σκοπό τη μείωση της ανάγκης για επικείμενη διόρθωση της ροής και ταχύτητας αέρα (βήμα 5) η προσαρμογή μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση υποκατάστατων ένθετων του δείγματος.
- 3) Η συγκέντρωση της προκαταρκτικής δοκιμής πρέπει να ποσοτικοποιείται και αν η συγκέντρωση των ενώσεων που μας ενδιαφέρουν υπερβαίνει τα όρια που έχουν οριστεί ως μέρος της από το Σχέδιο Διασφάλισης Ποιότητας της Διαδικασίας (Quality Assurance Project Plan) η διαδικασία καθαρισμού πρέπει να επαναληφθεί. Παρόλα αυτά, σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι αποδεκτό να αφαιρεθούν οι συγκεντρώσεις της προκαταρκτικής δοκιμής που μετρήθηκαν.
- 4) Το δείγμα πρέπει να τοποθετηθεί μέσα στο θάλαμο CLIMPAQ και έπειτα να σφραγιστεί με το καπάκι.
- 5) Έλεγχος και ρύθμιση της ροής και ταχύτητας του αέρα. Διασφάλιση ότι ο θάλαμος είναι ικανοποιητικά σφραγισμένος.

## 6.2.8 Διαδικασία δοκιμής

Η δοκιμή πραγματοποιείται με χημικές μετρήσεις της συγκέντρωσης της ουσίας (-ων) ή με αισθητήριες αξιολογήσεις από μια κριτική επιτροπή ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Ο αριθμός των μετρήσεων συγκέντρωσης και το χρονικό διάστημα μεταξύ των μετρήσεων εξαρτάται από το αντικείμενο της δοκιμής. Η δοκιμή ενός υλικού με μια άγνωστη καμπύλη εκπομπών μπορεί παραδείγματος χάριν να απαιτήσει έναν μεγαλύτερο αριθμό διαδοχικών μετρήσεων από τις δοκιμές ενός υλικού με γνωστή καμπύλη εκπομπών. Ένα σχέδιο για τις μετρήσεις της συγκέντρωσης θα πρέπει να συμφωνηθεί πριν από την έναρξη της δοκιμής. Τα αποτελέσματα από τις προηγούμενες μετρήσεις μπορούν, ωστόσο, να χρησιμοποιηθούν για την αναθεώρηση του επόμενου μέρους του σχεδίου μέτρησης. Η μέτρηση της συγκέντρωσης θα πρέπει να γίνει είτε στην οπή M1 στο καπάκι του CLIMPAQ είτε στον αέρα εξάτμισης του CLIMPAQ διαμέσου της βαλβίδας εξόδου, VO (Valve Outlet).

Η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία, ο ρυθμός παροχής του αέρα CLIMPAQ και η ταχύτητα του αέρα πάνω από τα δείγματα δοκιμής θα πρέπει όλα να διατηρούνται σταθερά κατά τη διάρκεια των δοκιμών εκπομπών. Αυτές οι παράμετροι θα πρέπει να μετρηθούν τουλάχιστον στην αρχή και στο τέλος της περιόδου δοκιμής. Αν δεν έχει ελεγχθεί πριν από την έναρξη της δοκιμής εκπομπών, ότι οι παράμετροι μπορούν αυτόματα να διατηρούνται σταθεροί εντός αποδεκτών ορίων, θα πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

## 6.2.9 Έλεγχος ποιότητας

Η δοκιμή των εκπομπών θα πρέπει να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας ένα πλάνο του προγράμματος για τη διασφάλιση της ποιότητας (Quality Assurance Project Plan), το οποίο πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

**Μια περιγραφή του προγράμματος** πρέπει να προσδιορίζει το αντικείμενο της δοκιμής, τον τρόπο που η δοκιμή θα διεξαχθεί, ποια υλικά θα ελεγχθούν και ποιος είναι υπεύθυνος για τα διάφορα μέρη του προγράμματος.

**Οι δραστηριότητες διασφάλισης ποιότητας**, όπως ο καθαρισμός του θαλάμου, ο κατάλληλος χειρισμός των υλικών, η βαθμονόμηση και η συντήρηση του εξοπλισμού θα πρέπει να καταγράφονται σε ημερολόγιο.

Η σταθερή κατάσταση της συγκέντρωσης ενός ρύπου του θαλάμου αέρα μπορεί να εξαρτηθεί από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως τη θερμοκρασία και την υγρασία. Επιπλέον, η συγκέντρωση εξαρτάται από το ρυθμό παροχής του αέρα στο θάλαμο. Είναι επομένως σημαντικό η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και ο ρυθμός παροχής του αέρα να καταγράφονται συνεχώς. Όλα τα όργανα πρέπει να βαθμονομούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Εκτός από τις προαναφερθείσες παραμέτρους, εκτενείς δραστηριότητες διασφάλισης της ποιότητας θα πρέπει να περιληφθούν στη διαδικασία της μέτρησης των εκπομπών, π.χ. δειγματοληψία οργανικών ενώσεων στα προσροφητικά, που αναλύονται στη συνέχεια με αέρια χρωματογραφία και μετρήσεις της ποιότητας του αέρα από τις αισθητήριες αξιολογήσεις.

Προκειμένου ο έλεγχος ποιότητας να πραγματοποιηθεί αποδοτικά, κρίνεται αναγκαίο να γίνουν ξεκάθαρες διευκρινήσεις για μια σειρά παραμέτρων και επιμέρους διαδικασιών πριν από την έναρξη του έργου. Αυτές είναι:

- Διαδικασία για τη συλλογή των δειγμάτων των υλικών
  - Επιλογή αντιπροσωπευτικών υλικών
  - Συσκευασία υλικών και μέθοδοι
  - Μέγιστος χρόνος μεταξύ συλλογής και εκκίνησης της προετοιμασίας του δείγματος
  
- Προετοιμασία του δείγματος δοκιμής
  - Μέθοδος για την κοπή του δείγματος
  - Μέθοδος για την εφαρμογή υγρών υλικών
  - Επιλογή των υλικών στήριξης (βοηθητικών)
  - Επιλογή υλικών και μεθόδων για την μόνωση των ακμών
  
- Καθορισμός των περιβαλλοντικών και των πειραματικών συνθηκών
  - Ρυθμός παροχής αέρα
    - Παροχή αέρα
    - Περιοχή δείγματος
  - Θερμοκρασία αέρα
  - Υγρασία
  - Ταχύτητα αέρα πάνω από το δείγμα
  
- Καθορισμός των επιτρεπόμενων αποκλίσεων από τις επιλεγμένες συνθήκες
- Κριτήρια για τη στεγανότητα του θαλάμου δοκιμής
- Απαιτούμενη ακρίβεια όλων των μετρούμενων παραμέτρων
- Μέθοδος χημικών μετρήσεων
  - Θέση μέτρησης
  - Αναλυτική διαδικασία
  - Οργανολογία
  - Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές για τις συγκεντρώσεις προκαταρκτικής δοκιμής
  - Αισθητήριες αξιολογήσεις
  - Αρχές της μεθόδου
  - Είδος των αισθητήριων πάνελ
  - Αριθμός των ατόμων της ομάδας αισθητήριων δοκιμών
  - Διαχείριση των αισθητήριων ομάδων δοκιμών
  - Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις προκαταρκτικής δοκιμής
  
- Χρονοδιάγραμμα για τις μετρήσεις συγκεντρώσεων
  - Ωρολόγιο πρόγραμμα
  
- Διαδικασίες βαθμονόμησης

## **6.2.10 Έκφραση των αποτελεσμάτων**

Εκτός από τα παραγόμενα στοιχεία για τις εκπομπές η έκθεση πρέπει να περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, δηλαδή θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα του αέρα καθώς και την παροχή του αέρα και τη συνολική επιφάνεια των δειγμάτων, μαζί με μια αξιολόγηση της συμμόρφωσης με δεδομένους στόχους.

### **Χημικές μετρήσεις**

Τα αποτελέσματα θα πρέπει να περιλαμβάνουν τη μέτρηση συγκεντρώσεων σε θάλαμο και οι συντελεστές εκπομπών υπολογίζονται χρησιμοποιώντας την Εξίσωση (6.1).

### **Αισθητήριες μετρήσεις**

Περιγράφονται διάφορες αισθητήριες μέθοδοι αλλά προς το παρόν δεν είναι δυνατόν να συστηθεί μια συγκεκριμένη μέθοδος. Ένας τρόπος για να χαρακτηριστούν οι εκπομπές από τα υλικά είναι από την αντίδραση στην έκθεση ανάμεσα στη συγκέντρωση των ρύπων και την ποσοτική εκτίμηση τους π.χ. ποσοστό αποδοχής ή της έντασης τους με βάση αισθητήριες εκτιμήσεις. Ο προσδιορισμός των αισθητήριων ορίων είναι ένας άλλος τρόπος που χαρακτηρίζονται οι εκπομπές των υλικών. Ένα σύστημα αραίωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της αντίδρασης στην έκθεση ανάλογα με τα όρια. Εάν στα αποτελέσματα που λαμβάνονται γίνεται χρήση ενός συστήματος αραίωσης μαζί με τον CLIMPAQ το ποσοστό της αραίωσης πρέπει να αναφέρεται. Η έκθεση θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει τη μέτρηση παραμέτρων της ποιότητας του αέρα.[5][6][7]

## 6.3 Μετρήσεις αισθητηριακού ερεθισμού

Σύμφωνα με το ECA Report No. 18

Η χρήση ανθρώπων-παρατηρητών είναι ένα απαραίτητο εργαλείο για την αξιολόγηση των αισθητήριων επιπτώσεων της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, διότι η χημική ανάλυση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλεφθεί πώς τα χημικά θα γίνουν αντιληπτά από τον άνθρωπο. Επιπλέον, οι χημικές μέθοδοι χαρακτηρισμού είναι συνήθως ακατάλληλες ή ανεπαρκείς για την ενσωμάτωση σε αυτές διαφόρων τύπων αισθητηρίων δοκιμών και των αποτελεσμάτων τους. Ωστόσο, επί του παρόντος, οι αισθητήριες μέθοδοι είναι τα μόνα διαθέσιμα εργαλεία για την αξιολόγηση της αντίληψης της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Ιδανικά, ο τελικός στόχος της αισθητήριας αξιολόγησης των εκπομπών των οικοδομικών υλικών θα ήταν να προβλεφθούν από την αξιολόγηση εργαστηρίου, οι συνέπειες της χρήσης του υλικού για την αντιληπτή ποιότητα του αέρα σε πραγματικά κτίρια. Συγκρίνοντας τέτοιες προβλέψεις με τα καθιερωμένα πρότυπα ή κατευθυντήριες γραμμές θα δημιουργείται το κριτήριο για την πιστοποίηση ή την ταξινόμηση του υλικού.

Αυτές πραγματοποιούνται από μια ομάδα ανθρώπων που χρησιμοποιούν τις αισθήσεις τους (κυρίως όσφρηση) για να αξιολογήσουν τις εκπομπές των υλικών με το κατά πόσο αυτές γίνονται ανεκτές από άποψη οσμωτικής δυσφορίας, ποιότητας του εσωτερικού αέρα και ερεθισμού του αναπνευστικού και των ματιών κυρίως.

Παρόλο που δεν συστήνεται μια συγκεκριμένη μέθοδος υπάρχουν κάποιες γενικές προϋποθέσεις για την πραγματοποίηση μιας αισθητήριας αξιολόγησης υλικού.

**Ελάχιστη ροή του αέρα και περιοχή του δείγματος του υλικού:** Για αισθητήριες δοκιμές (ερεθισμός, οσμή ή αντιληπτή ποιότητα αέρα), κάθε μέλος της ομάδας δοκιμής πρέπει να εκτίθεται σε ελάχιστη ροή της τάξης του 0,9 l/s ή 3,2 m<sup>3</sup>/h του αέρα του θαλάμου. Η απαίτηση αυτή συνεπάγεται μια ελάχιστη επιφάνεια εκπομπής A του δείγματος του υλικού το οποίο υπολογίζεται:

$$A = 3,2 \text{ m}^3\text{h}^{-1} / q \text{ m}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-2} \quad (6.2)$$

υποθέτοντας ότι το σύνολο της ροής του αέρα μέσα από το θάλαμο δοκιμής παρέχεται σε ένα μέλος της ομάδας δοκιμής.

Οι τιμές της ελάχιστης επιφάνειας των δειγμάτων υλικού που υπολογίζεται σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση αναφέρονται στον Πίνακα 6.2 για τις τρεις τιμές του ειδικού ρυθμού αερισμού q που έχουν επιλεγεί για την αξιολόγηση των εκπομπών υλικών.

**Πίνακας 6.2:** Ειδικός ρυθμός αερισμού και η επιφάνεια του δείγματος

Ειδικός ρυθμός αερισμού q (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	0,625	1,25	2,50
Ελάχιστη επιφάνεια δείγματος υλικού (m <sup>2</sup> )	5,1	2,6	1,3

**Καθαριότητα θαλάμου δοκιμών:** Είναι σημαντικό για τις χημικές μετρήσεις οι επιφάνειες του θαλάμου να μην απορροφούν και επανεκπέμπουν ρύπους και η απαίτηση αυτή είναι ακόμη πιο σημαντική στην περίπτωση των αισθητήριων μετρήσεων. Επίσης, ο θάλαμος πρέπει να καθαρίζεται επιμελώς και να ελέγχεται για την καθαρότητα πριν από κάθε δοκιμασία.

**Περιβάλλον:** Ένα καλά αεριζόμενο, χαμηλών οσμών δωμάτιο απαιτείται για την εκτέλεση των αισθητήριων δοκιμών. Οι ίδιες προϋποθέσεις θα πρέπει να ισχύουν και για την αίθουσα αναμονής, όπου η ομάδα δοκιμής θα περνά το χρόνο της μεταξύ των εκτιμήσεων.

**Εξοπλισμός:** Ο αέρας που εξέρχεται από το θάλαμο δοκιμών πρέπει να διοχετεύεται σε ένα άτομο με μια ροή έκθεσης μέσω κατάλληλου εξοπλισμού που θα διασφαλίζει ότι το άτομο αυτό εισπνέει μόνο μολυσμένο αέρα. Αέρας από το ευρύτερο περιβάλλον δεν θα πρέπει να έρχεται σε επαφή και να αναμιγνύεται με το μολυσμένο κατά τη διάρκεια της πιο βαθιά εισπνοής. Η ελάχιστη απαιτούμενη ροή αέρα που πρέπει να παρέχεται είναι 0,9 l/s (3,24 m<sup>3</sup>/h).

**Ομάδα δοκιμών:** Ο αριθμός των μελών της ομάδας συνιστάται να είναι 10-20 και όχι λιγότερο από 10. Τα μέλη πρέπει να είναι ηλικίας από 18 έως 50 ετών, και να έχουν μια φυσιολογική οσφρητική αίσθηση. Οι καπνιστικές συνήθειες του κάθε μέλους θα πρέπει να σημειώνονται. Πρέπει επίσης να υπάρχει κατά προτίμηση μια ισότιμη κατανομή των δύο φύλων και να μην υπερβαίνουν το ποσοστό του 40% οι καπνιστές. Τα μέλη της ομάδας τέλος δεν πρέπει να πάσχουν από κρύωμα τις ημέρες της αξιολόγησης. [8]



**Σχήμα 6.2:** Ειδικές εγκαταστάσεις για τις αισθητήριες δοκιμές από ομάδες.

## 6.4 Μέθοδοι ανάλυσης των δειγμάτων

### 6.4.1 Η μέθοδος της χρωματογραφίας

#### Γενικά

Η χρωματογραφία (chromatography) είναι χημική αναλυτική τεχνική διαχωρισμού ουσιών από μίγμα τους. Ονομάστηκε έτσι επειδή αρχικά χρησιμοποιήθηκε για διαχωρισμό εγχρωμών ουσιών.

#### Αρχή λειτουργίας

Η χρωματογραφία βασίζεται στην κατανομή των προς διαχωρισμό ουσιών εντός δύο φάσεων, όπου η μία φάση διατηρείται ακίνητη (στατική φάση), ενώ η δεύτερη βρίσκεται υπό συνεχή ροή (κινητή φάση).

Το προς διαχωρισμό μίγμα εισάγεται με τη βοήθεια της κινητής φάσης στη στατική φάση. Οι δύο φάσεις επιλέγονται έτσι, ώστε τα συστατικά του δείγματος να κατανέμονται μεταξύ της κινητής και της στατικής φάσης σε διαφορετικό βαθμό. Τα συστατικά τα οποία κατακρατούνται ισχυρότερα από τη στατική φάση κινούνται αργά κατά τη ροή της κινητής φάσης. Αντίθετα, τα συστατικά τα οποία κατακρατούνται ασθενέστερα από τη στατική φάση, κινούνται ταχύτερα. Ως αποτέλεσμα αυτών των διαφορών στην ευκινησία, τα συστατικά διαχωρίζονται. Οι διάφορες χρωματογραφικές μέθοδοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη φύση της κινητής φάσης (υγρή ή αέρια) ή της στατικής (στερεό ή υγρό πάνω σε στερεό υπόστρωμα), ως προς το μηχανισμό στον οποίο οφείλεται ο διαχωρισμός (προσρόφηση, ιοντοανταλλαγή, κατανομή, μέγεθος μορίων) και ως προς το μέσο στο οποίο έχει τοποθετηθεί η στατική φάση (στήλη, λεπτή στοιβάδα πάνω σε γυάλινη πλάκα, χαρτί).

#### Ταξινόμηση χρωματογραφικών τεχνικών

Με βάση τη φύση της κινητής και της στατικής φάσης διακρίνεται η αέρια χρωματογραφία και η υγρή χρωματογραφία.

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

Στην υγρή χρωματογραφία (Liquid Chromatography, LC) η κινητή φάση είναι κάποιος διαλύτης ή σύστημα διαλυτών, ενώ η στατική μπορεί να είναι είτε υγρή, είτε στερεή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ουσίες που είναι ευαίσθητες στις υψηλές θερμοκρασίες που εφαρμόζονται στην GC και για ουσίες που δεν είναι πτητικές ούτε μπορούν εύκολα να γίνουν με παραγωγή.

## 6.4.2 Συνδυασμός αέριας χρωματογραφίας και φασματομετρίας μάζας

Αρκετοί κατασκευαστές οργάνων προσφέρουν αέριους χρωματογράφους, που μπορούν να συζευχθούν άμεσα με φασματόμετρα μάζας (Mass Spectrometer, MS) ταχείας σάρωσης. Η αρχή λειτουργίας της φασματομετρίας μάζας στηρίζεται στη δημιουργία ιόντων (κυρίως θετικών) μιας ένωσης, το διαχωρισμό τους με βάση το λόγο της μάζας προς φορτίο ( $m/e$ ) και την καταγραφή τους. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να προσδιοριστεί το μοριακό βάρος (MB) της ένωσης και ο τρόπος σύνδεσης των διαφόρων ομάδων μεταξύ τους. Επομένως, ο ποσοτικός προσδιορισμός των πτητικών οργανικών ενώσεων γίνεται με φασματομετρία μάζας με ταυτόχρονη χρησιμοποίησή της με GC (μέθοδος GC-MS).

## 6.4.3 Χρωματογραφικοί παράμετροι

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.



## 6.5 Αέρια Χρωματογραφία-Φασματομετρία Μάζας

### Γενικά

Οι διαδικασίες προσδιορισμού των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) είναι η αέρια χρωματογραφία και η φασματομετρία μαζών. 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, GC-MS). Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι μέθοδοι, καθώς και ο συνδυασμός τους.

### 6.5.1 Αέρια Χρωματογραφία (Gas Chromatography, GC)

Οι Martin και Synge το 1941 παρατήρησαν ότι η χρήση της αέριας φάσης για τη μεταφορά των συστατικών του δείγματος στη στήλη διευκολύνει κατά πολύ το χρωματογραφικό διαχωρισμό. Η αέρια χρωματογραφία περιλαμβάνει όλες τις χρωματογραφικές μεθόδους, στις οποίες η κινούμενη φάση είναι κάποιο αέριο και ονομάζεται φέρον αέριο. Η χρωματογραφία στηρίζεται στη διαφορετική ικανότητα προσρόφησης και διαλυτότητας για να επιτύχει το διαχωρισμό των συστατικών διαφόρων δειγμάτων. Στην αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιείται και μια άλλη ιδιότητα η πτητικότητα, δηλαδή η ευκολία με την οποία ένα μίγμα στερεών ή υγρών ουσιών μπορεί να μεταβεί στην αέρια κατάσταση.

Οι αέριες χρωματογραφικές μέθοδοι εφαρμόζονται για διαχωρισμό ουσιών, οι οποίες μπορεί να εξαερωθούν χωρίς να διασπαστούν. Επίσης εφαρμόζονται για το διαχωρισμό ουσιών, οι οποίες διασπώνται κατά την εξαέρωση τους αλλά αυτή η διάσπαση οδηγεί στο σχηματισμό σταθερών πτητικών προϊόντων. Τέλος, οι μέθοδοι αυτοί εφαρμόζονται και για το διαχωρισμό ουσιών που δεν εξαερώνονται ούτε και διασπώνται.

Με τις παρατηρήσεις αυτές άρχισε να διαμορφώνεται η αέρια χρωματογραφία, η μέθοδος δηλαδή διαχωρισμού μίγματος στα συστατικά του, που λαμβάνει χώρα μεταξύ μιας υγρής ή στερεάς στατικής φάσης και μιας αέριας κινούμενης φάσης μέσα σε στήλη.

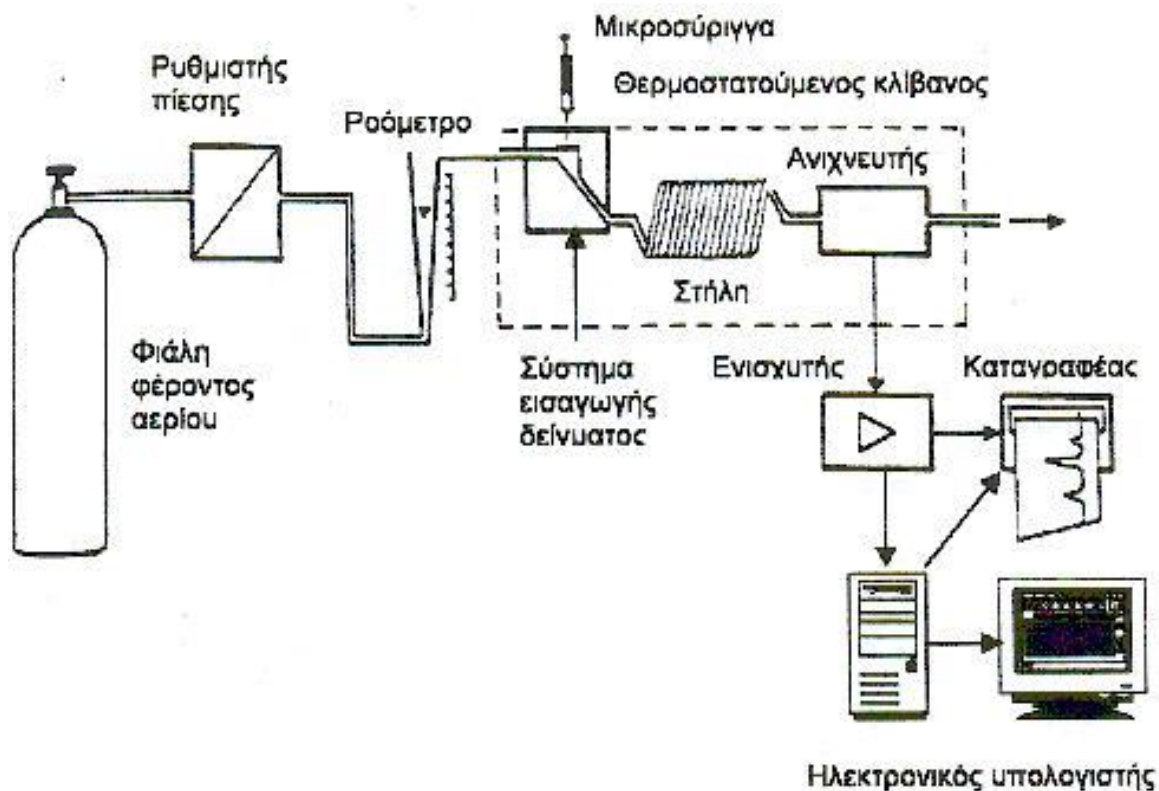
Για την επίτευξη πλήρους και γρήγορου διαχωρισμού, το δείγμα πρέπει να διέλθει ταχέως μέσω της στατικής φάσης, που είναι η στήλη χρωματογραφίας, ώστε να αποφευχθεί κατά το δυνατόν η διάχυση. Η παρουσία του κάθε συστατικού, στο εξερχόμενο από τη χρωματογραφική στήλη φέρον αέριο, ανιχνεύεται με χημικά 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). Η αέρια χρωματογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε παρασκευαστική

εργασία. Για παράδειγμα με στήλες διαμέτρου 1,2 ή 1,9 cm μπορούν να αποκτηθούν σε μία μέρα 10 gr καθαρού υλικού και με στήλη διαμέτρου 10 cm μπορούν να αποκτηθούν σε μία μέρα ποσότητες της τάξης του 1kg.

Σε αντίθεση με τις άλλες χρωματογραφικές μεθόδους, στην αέρια χρωματογραφία χρησιμοποιούνται σχετικά πολύπλοκες συσκευές, οι αέριοι χρωματογράφοι. Ένας αέριος χρωματογράφος αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα ή συστήματα:

- 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 ηλεκτρονικού ενισχυτή 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.



**Σχήμα 6.3:** Σχηματική αναπαράσταση συστήματος αέριας χρωματογραφίας.

### Φέρον αέριο (Carrier gas)

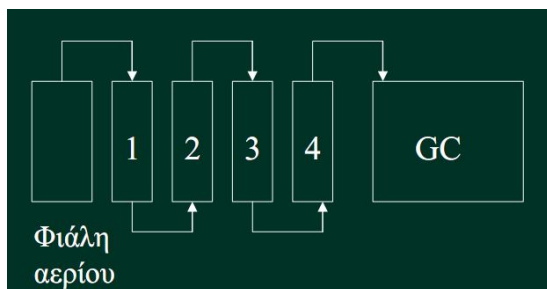
Το αέριο που χρησιμοποιείται σαν κινούμενη φάση στην αέρια χρωματογραφία φέρεται σε οβίδες υψηλής πίεσης, από τις οποίες με τη βοήθεια κατάλληλων μανομέτρων και σωληνώσεων οδηγείται στον αέριο χρωματογράφο. Το φέρον αέριο αποτελεί το μέσο το

οποίο μεταφέρει τις προς διαχωρισμό ουσίες, διαμέσου μιας στήλης. Το φέρον αέριο 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. Το άζωτο χρησιμοποιείται πιο συχνά γιατί είναι πιο προσιτό, φθηνό και καθαρίζεται εύκολα. Παρουσιάζει, όμως, συντελεστή αγωγιμότητας της ίδιας τάξης μεγέθους με τις περισσότερες οργανικές ενώσεις, πράγμα που αποτελεί μειονέκτημα στις περιπτώσεις χρησιμοποίησης ανιχνευτών θερμικής αγωγιμότητας. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται σαν κινούμενη φάση το ήλιο το οποίο όμως μειονεκτεί λόγω του υψηλού συντελεστή ιξώδους και του κόστους του. Το αργό εξαιτίας της μεθόδου παρασκευής του, δεν περιέχει οξυγόνο και αυτό το γεγονός σε συνδυασμό με την πλήρη χημική του αδράνεια καθιστά τη χρήση του αργού διαρκώς μεγαλύτερη. Η επιλογή του αερίου γίνεται ανάλογα με τον τύπο του ανιχνευτή που χρησιμοποιεί το χρωματογραφικό σύστημα. Επίσης για να χρησιμοποιηθεί ένα αέριο ως κινητή φάση πρέπει να διέρχεται από την στήλη και τον ανιχνευτή χωρίς καμία φυσική ή χημική μεταβολή και να είναι υψηλής καθαρότητας, δηλαδή να μην περιέχει προσμίξεις (κυρίως υγρασία και οξυγόνο).

### Παγίδες καθαρισμού αερίων

Οι παγίδες καθαρισμού των αερίων κατακρατούν την υγρασία ή τα έλαια τα οποία έχουν εισέλθει στις φιάλες των αερίων κατά τη διάρκεια της πλήρωσής τους. Οι προσμίξεις οι οποίες κατακρατούνται από τις παγίδες μπορεί να επιδράσουν στην στατική φάση δίνοντας επιπλέον κορυφές. Επίσης μπορεί να προκαλέσουν αυξημένο θόρυβο στον ανιχνευτή.

Οι παγίδες θα πρέπει να αναγεννιούνται (περίπου δύο φορές το χρόνο) με θέρμανση στους 300 °C για 4~8 hr με τη διαβίβαση ενός ρεύματος αερίου ή με την τοποθέτησή τους σε φούρνο κενού. Οι παγίδες καθαρισμού των αερίων είναι: 1) παγίδα υδρογονανθράκων, 2) παγίδα υγρασίας, 3) παγίδα οξυγόνου, 4) παγίδα ένδειξης οξυγόνου.



**Σχήμα 6.4:** Παγίδες καθαρισμού αερίων της αέριας χρωματογραφίας.

### 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. Επειδή το κάλυμμα αυτό καταστρέφεται από τις επανειλημμένες εγχύσεις δειγμάτων, πρέπει

να αντικαθίσταται τακτικά, διαφορετικά θα παρατηρούνται διαρροές που έχουν σαν αποτέλεσμα μία ασταθή βασική γραμμή στον αέριο χρωματογράφο.

Η εισαγωγή του δείγματος γίνεται συνήθως με τη βοήθεια αεροστεγούς σύριγγας. Άλλοι τρόποι εισαγωγής του δείγματος στη στήλη είναι: 1) ο αυτόματος δειγματολήπτης, 2) η βαλβίδα δειγματοληψίας, 3) το σύστημα απευθείας εισαγωγής κατόπιν πυρόλυσης κ.τ.λ..

Η θερμοκρασία του θαλάμου εισαγωγής δείγματος είναι συνήθως λίγο υψηλότερη από εκείνη της στήλης. Ωστόσο, μερικές ενώσεις υφίστανται αντιδράσεις μετάθεσης ακόμη και σε θερμοκρασία στήλης. Αυτή η πιθανότητα πρέπει να ερευνείται σε όλες τις χρωματογραφικές μεθόδους στις οποίες το προσροφητικό υλικό μπορεί να καταλύσει διαδικασίες μεταθέσεως. Η εξέταση του αριθμού και των μορφών των κορυφών σε θερμοκρασίες θαλάμου εισαγωγής θα αποκαλύψει αν συμβαίνει αποσύνθεση ή μετάθεση.

Κατά την εισαγωγή του δείγματος η σύριγγα πρέπει να κρατείται και με τα δύο χέρια. Το ένα χέρι με τα τέσσερα δάχτυλα κρατά το στέλεχος της σύριγγας και ο δείκτης ακουμπά ελαφρά το έμβολο της σύριγγας έτσι ώστε να παραμείνει μέσα στο στέλεχος, διότι η πίεση του αερίου μέσα στο θάλαμο εξαερώσεως μπορεί να εκτινάξει το έμβολο και το δείγμα έξω από τη σύριγγα. Το άλλο χέρι χρησιμοποιείται για το τρύπημα του septum με τη βελόνα, χωρίς όμως να λυγίσει η βελόνα. Όλο το μήκος της βελόνας πρέπει να εισχωρήσει δια μέσου του septum και η έγχυση του δείγματος θα πρέπει να είναι σύντομη αλλά όχι βίαιη για να αποφευχθεί κάμψη ή σπάσιμο του εμβόλου. Η έγχυση πρέπει να είναι σύντομη έτσι ώστε το δείγμα να φθάσει στη στήλη σαν μία μονάδα, διότι αν η έγχυση είναι αργή ο διαχωρισμός θα είναι ατελής.

Η ποσότητα του δείγματος που χρησιμοποιείται εξαρτάται από το είδος της εργασίας και από τη φύση της στήλης του ανιχνευτή. 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.

## **Στήλη αέριας χρωματογραφίας (Column)**

Η στήλη είναι το σημαντικότερο κομμάτι του αερίου χρωματογράφου, γιατί σε αυτή γίνεται ο διαχωρισμός των συστατικών ενός μίγματος. Διακρίνονται δύο τύποι στηλών, οι στήλες πληρώσεως (γεμισμένες) (packed columns) και οι τριχοειδής στήλες (capillary columns).

Οι στήλες κατασκευάζονται συνήθως από ανοξείδωτο χάλυβα, αλουμίνιο ή και γυαλί με διάμετρο 0,64 ή 0,32 cm και μήκος από 1 έως 3 m. 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.

Για την πλήρωση των γεμισμένων στηλών, η στατική φάση διαλύεται στον κατάλληλο διαλύτη, αναμιγνύεται με κάποιο αδρανές υλικό, απομακρύνεται ο διαλύτης, συνήθως με εξάτμιση κενού, και το υλικό προστίθεται στην στήλη. Για την πλήρωση των τριχοειδών στηλών προστίθεται διάλυμα 1-15% της στατικής φάσης στην είσοδο της στήλης και προωθείται στο εσωτερικό αυτής κατόπιν σύνδεσης της εισόδου της στήλης με φέρον αέριο παροχής 2-5 ml/min. Αφού καλυφθούν τα τοιχώματα της στήλης με στρώμα πάχους 0,3-2

μη του υλικού, συνεχίζεται η διαβίβαση του φέροντος αερίου με μεγαλύτερη ταχύτητα για να απομακρυνθεί ο διαλύτης.

Το αδρανές υλικό έχει σκοπό να συγκρατήσει τη στατική φάση μέσα στη στήλη. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα: Chromosorb P, Chromosorb W, Chromosorb G, σιλανοποιημένα υποστρώματα, γυάλινα σφαιρίδια Chromosorb T και Fluoropak 80. Για να χρησιμοποιηθεί ένα υλικό ως φορέας πρέπει να έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

- Να είναι φυσικά και χημικά αδρανές.
- Να μην εμφανίζει προσροφητικές ιδιότητες.
- Να έχει μηχανική αντοχή και χημική σταθερότητα.
- Να έχει μεγάλη ειδική επιφάνεια.
- Να έχει υψηλό πορώδες για να περιορίζεται στο ελάχιστο η πτώση πίεσης του φέροντος αερίου κατά μήκος της στήλης.

Οι στατιστικές φάσεις μπορούν να καταταγούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα της πολικότητας τους:

- Μη πολικές. Είναι οι περισσότερες υγρές, αποτελούμενες από υδρογονάνθρακες και έχουν ως βάση τη σιλικόνη. Δεν περιέχουν αρωματικές ενώσεις και ενδείκνυται για το διαχωρισμό μη πολικών ενώσεων.
- Σχετικά πολικές. Αποτελούνται από μακρές αλυσίδες μη πολικών ενώσεων που φέρουν πλευρικές πολικές ομάδες ή ομάδες που μπορεί να καταστούν πολικές.
- Πολικές. Είναι συνήθως υγρές φάσεις με μεγάλο ποσοστό πολικών ομάδων και ενδείκνυται για το διαχωρισμό πολικών ενώσεων.

Επίσης σαν στατιστικές φάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν προσροφητικά υλικά σε στερεή φάση, όπως αλουμίνα και silica για το διαχωρισμό κυρίως αέριων μιγμάτων και πολικών ενώσεων.

Οι στήλες πριν χρησιμοποιηθούν για ένα διαχωρισμό τίθενται σε λειτουργία κάτω από συνθήκες παραπλήσιες εκείνων της ανάλυσης. Ο χρόνος που διαρκεί αυτή η λειτουργία είναι 10-20 ώρες σε θερμοκρασία 10-20 °C πάνω από την αντίστοιχη θερμοκρασία ανάλυσης. Με αυτή τη διαδικασία απομακρύνονται από τη στήλη κατάλοιπα διαλυτών, πτητικά και λοιπά προϊόντα που πιθανόν να προκαλέσουν παρεμποδίσεις στο διαχωρισμό των συστατικών του δείγματος.

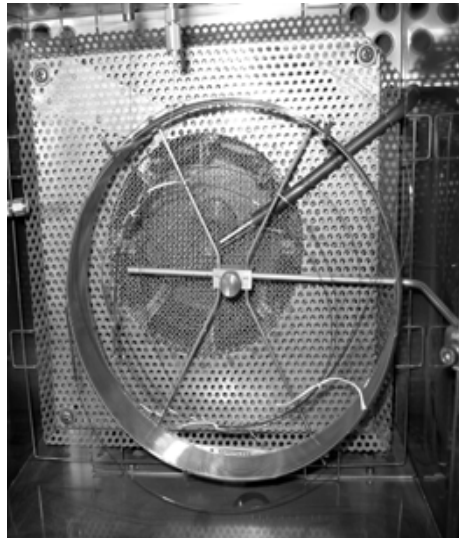
Μια γεμισμένη στήλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεγάλο αριθμό αέριο-χρωματογραφικών διαχωρισμών. Αποτελείται από ένα μεταλλικό ή γυάλινο σωλήνα (1-10 m, 2-9 mm) πληρωμένο με ένα κοκκώδες αδρανές υλικό (φορέας) το οποίο επικαλύπτεται με λεπτό υμένιο μη πτητικού υγρού (στατική φάση). Η διάρκεια χρησιμοποίησής της εξαρτάται από τα ακόλουθα:

- Τη φύση της υγρής στατικής φάσης
- Τη φύση των δειγμάτων που υποβάλλονται σε διαχωρισμό
- Τις συνθήκες λειτουργίας της στήλης και ιδιαίτερα από τη θερμοκρασία
- Τις συνθήκες διατήρησης της στήλης κατά τη διάρκεια της μη χρησιμοποίησής της

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



Σχήμα 6.5: Στήλη πληρώσεως (αριστερά) και τριχοειδής στήλη (δεξιά).

### Θάλαμος θέρμανσης της στήλης (Oven)

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.

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 θερμοκρασία επηρεάζει:

1. Την ταχύτητα διόδου των συστατικών ενός μίγματος από τη στήλη. Η αύξησή της προκαλεί ελάττωση του χρόνου παραμονής των συστατικών της στήλης. Επίσης η αύξησή της αυξάνει και την πτητικότητα της υγρής στατικής φάσης. Αν υπερβεί μία μέγιστη τιμή θα συμβεί «αιμορραγία» που θα προκαλέσει ψευδείς κορυφές και καταστροφή της στήλης του ανιχνευτή.
2. Την ικανότητα διαχωρισμού της στήλης.
3. Την εκλεκτικότητα διαχωρισμού της στήλης.

Η ιδανική θερμοκρασία επιτυγχάνεται εμπειρικά με δοκιμή και απόρριψη.

### **Σύστημα ανίχνευσης (Detector) και καταγραφής (Recorder)**

Ο ανιχνευτής είναι το όργανο που μετράει διαφορές στη σύσταση του υλικού το οποίο εξέρχεται από τη στήλη. Το σύστημα ανίχνευσης είναι μία μονάδα συνδεδεμένη με την έξοδο της στήλης. Στην ουσία είναι ένας «μεταφραστής» ο οποίος μετατρέπει τις διαφοροποιήσεις της χημικής σύστασης του μίγματος σε μεταβολές ηλεκτρικού ρεύματος. Υπάρχουν αρκετοί τύποι ανιχνευτών, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

1. Ο ανιχνευτής θερμικής αγωγιμότητας (Thermal Conduction Detector, TDC)
2. Ο ανιχνευτής ιονισμού φλόγας (Flame Ionization Detector, FID)
3. Ο ανιχνευτής σύλληψης ηλεκτρονίων (Electron Capture Detector, ECD)

Η επιλογή του κατάλληλου για κάθε διαχωρισμό ανιχνευτή γίνεται με βάση τη φύση του προς διαχωρισμό μίγματος και το επιθυμητό όριο ευαισθησίας.

Ένας καλός ανιχνευτής παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Παρουσιάζει σταθερότητα και επαναληψιμότητα, δηλαδή τα συστήματα που παράγει είναι πάντοτε ανάλογα της % μάζας των συστατικών του μίγματος.
- Έχει υψηλή ευαισθησία για να ανιχνεύει τις μικρές συγκεντρώσεις των ουσιών που εισέρχονται στην στήλη.
- Αντιδρά χωρίς καθυστέρηση σε κάθε μεταβολή της χημικής συστάσεως του μίγματος φέροντος αερίου – συστατικών του δείγματος.
- Δεν αντιδρά στις μεταβολές του φέροντος αερίου.

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. Αυτή η γραφική απεικόνιση ονομάζεται χρωματογράφημα. Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται διαφορετικός ανιχνευτής το αέριο χρωματογράφημα αποτελείται από ευθύγραμμο τμήματα και κωδωνοειδείς καμπύλες. Το ευθύγραμμο τμήμα ονομάζεται βασική γραμμή και η καμπύλη ονομάζεται κορυφή ή peak. 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.

Έστω ότι μία δεδομένη στιγμή,  $t=0$ , εισάγεται ένα μίγμα. Επειδή όλα τα μόρια του συστατικού δεν κινούνται με την ίδια ταχύτητα, η ένταση του ηλεκτρικού σήματος αυξάνεται συνεχώς μέχρι μιας μέγιστης στιγμής και στη συνέχεια ελαττώνεται μέχρι την τιμή μηδέν. Ο χρόνος που χρειάζεται για τη διέλευση ενός συστατικού από το ένα άκρο του χρωματογραφικού συστήματος στο άλλο ονομάζεται χρόνος κατακράτησης του συστατικού.

Ο ρυθμιστής πίεσης παίζει σημαντικό ρόλο στο αέριο χρωματογραφικό σύστημα. Συνήθως η πίεση στην είσοδο της στήλης είναι 2-3 atm, ενώ στην έξοδο ισούται με την ατμοσφαιρική. Η τιμή της διαφοράς πίεσης εισόδου-εξόδου ( $\Delta P$ ) παίζει καθοριστικό ρόλο στο διαχωρισμό, γιατί αν είναι πολύ χαμηλή, τα προς διαχωρισμό συστατικά λόγω διάχυσης θα συνενωθούν και η διαχωριστική ικανότητα της στήλης θα μειωθεί. Αν πάλι η  $\Delta P$  είναι πολύ μεγάλη, η αντίσταση στη μεταφορά μάζας των προς διαχωρισμό ουσιών αυξάνεται υπερβολικά και πάλι η διαχωριστική ικανότητα της στήλης μειώνεται σύμφωνα με την εξίσωση Van Deemter:

$$HETP = 2\lambda dp + \left(\frac{2\gamma Dg}{\mu}\right) + \left(\frac{8}{\pi^2}\right) * \left(\frac{\kappa\mu}{(\kappa+1)^2}\right) * \left(\frac{df^2}{DL}\right) \quad (6.3)$$

Όπου:

$\lambda$  = σταθερά σχετιζόμενη με τη γεωμετρία των κόκκων του υλικού πλήρωσης της στήλης

$dp$  = μέση διάμετρος κόκκων του υλικού πλήρωσης

$\gamma$  = παράγοντας αναφερόμενος στο είδος της διαδρομής των μορίων του αερίου διαμέσου της στήλης

$Dg$ ,  $DL$  = συντελεστές διάχυσης του συστατικού  $x$ , στην κινούμενη και στατική φάση αντίστοιχα

$\kappa$  = συντελεστής χωρητικότητας ίσος προς  $V_L/V_g$  για δοσμένο τμήμα στήλης

$df$  = πάχος της υγρής φάσης στον κόκκο της στατικής φάσης

$V_L$ ,  $V_g$  = όγκος της υγρής και αέριας φάσης αντίστοιχα

## Εφαρμογές της Αέριας Χρωματογραφίας

Η αέρια χρωματογραφία βρίσκει σειρά εφαρμογών αφ' ενός μεν στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση αερίων, πτητικών υγρών ή στερεών που με διάφορες μεθόδους είναι δυνατόν να μετατραπούν σε πτητικά προϊόντα, αφ' ετέρου δε για παρασκευαστικούς σκοπούς (χρήση ειδικών στηλών μεγάλης διαμέτρου).

## Ποιοτική ανάλυση

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως κάτω από δοσμένες χρωματογραφικές συνθήκες, κάθε ουσία έχει χαρακτηριστικό χρόνο και όγκο κατακράτησης. Αν γίνει δηλαδή σύγκριση του χρόνου της γνωστής ουσίας με αυτόν της υπό εξέταση ουσίας κάτω από τις ίδιες πάντα χρωματογραφικές συνθήκες, είναι δυνατόν να γίνει η ταυτοποίηση της τελευταίας. Η ποιοτική ανάλυση των συστατικών ενός μίγματος μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους τρόπους:



1. Με παραλαβή κάθε συστατικού που εξέρχεται από την στήλη και στη συνέχεια εφαρμογή των συνήθων αναλυτικών μεθόδων. Για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιούνται σχετικά πολύπλοκες συσκευές στις οποίες κάθε συστατικό που εξέρχεται από την στήλη υποβάλλεται σε απευθείας ανάλυση με φασματογράφο μάζας και έτσι επιτυγχάνεται ο ταυτόχρονος προσδιορισμός τόσο της ταυτότητας κάθε συστατικού όσο και της καθαρότητάς του.
2. Από το χρόνο κατακράτησης ή συγκράτησης κάθε συστατικού. Οι χρόνοι κατακράτησης των συστατικών ενός μίγματος με άγνωστη σύσταση συγκρίνονται με εκείνους γνωστών ενώσεων. Αν ο χρόνος κατακράτησης ενός άγνωστου συστατικού ταυτίζεται με εκείνον κάποιας γνωστής ένωσης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το άγνωστο συστατικό να μην είναι τίποτα άλλο από αυτήν την ένωση. Μια τέτοια σύγκριση όμως προϋποθέτει απόλυτη ταύτιση των χρωματογραφικών συνθηκών, γιατί ο χρόνος κατακρατήσεως εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως: η ταχύτητα ροής του φέροντος αερίου, η θερμοκρασία προθέρμανσης του δείγματος και η θερμοκρασία στήλης, το είδος και οι διαστάσεις στήλης κτλ. Εξαιτίας αυτών των παραγόντων η έννοια του χρόνου κατακρατήσεως τείνει να αντικατασταθεί από άλλους όρους όπως: ο σχετικός χρόνος κατακρατήσεως, ο οποίος ορίζεται από το λόγο του χρόνου κατακρατήσεως ενός συστατικού προς το χρόνο κατακρατήσεως μια πρότυπης (standard) ένωσης.
3. Μια γρήγορη μέθοδος ποσοτικής ανάλυσης είναι η μέτρηση του ύψους της κορυφής του συστατικού, του οποίου επιζητείται ο ποσοτικός προσδιορισμός, και η σύγκρισή του με τα ύψη των κορυφών που λαμβάνονται στο χρωματογράφημα γνωστών ποσοτήτων (standards) αυτού του συστατικού. Επίσης μεγάλη ακρίβεια παρέχει και η μέθοδος υπολογισμού του εμβαδού της κορυφής του προσδιοριζόμενου συστατικού και η σύγκριση του με τα εμβαδά των κορυφών γνωστών συγκεντρώσεων (standards) του ίδιου συστατικού. Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι γεωμετρικό, δηλαδή αν η κορυφή είναι κανονική τότε, αφού θεωρηθεί ως τρίγωνο, υπολογίζεται εύκολα το εμβαδό του. Αν όμως η κορυφή είναι παραμορφωμένη, τότε χρησιμοποιούνται άλλοι τρόποι υπολογισμού του εμβαδού.

Για τη βελτίωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων χρησιμοποιείται:

- Σύστημα διαφορετικών στηλών: συνήθως χρησιμοποιούνται συστήματα α) μη πολικής, β) μετρίως και γ) πολικής στήλης που αυξάνει σημαντικά την πιθανότητα ταυτοποίησης μιας ουσίας, μιας και είναι κάπως απίθανο να συμπίπτουν οι χρόνοι κατακράτησης των δύο ουσιών (άγνωστης, πρότυπης) και στα τρία χρωματογραφικά συστήματα χωρίς να ταυτίζονται οι δύο.
- Δείκτης Kovats: αντί της σύγκρισης των χρόνων κατακράτησης  $t_r$  της άγνωστης και της πρότυπης ουσίας, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί σύστημα δύο τουλάχιστον n-αλκανίων τα οποία συγχρωματογραφούνται με την άγνωστη ουσία και τουλάχιστον το ένα αλκάνιο πρέπει να έχει  $t_r < t_r$  άγνωστης ενώ ένα δεύτερο πρέπει να έχει  $t_r > t_r$  άγνωστης. Ο δείκτης Kovats δίνεται από τον τύπο:

$$I = 100N + 100 \frac{\log V'_{rX} - \log V'_{rA}}{\log V'_{rB} - \log V'_{rA}} \quad (6.4)$$

Όπου:

X = η υπό ταυτοποίηση ουσία

A = αλκάνιο με  $tr > trX$   
B = αλκάνιο με  $tr > trX$   
V' r = διορθωμένος όγκος κατακράτησης  
N = αριθμός ατόμων άνθρακα του αλκανίου A

Κατόπιν εφαρμογής του τύπου υπολογίζεται ο δείκτης Kovats για την άγνωστη ουσία και συγκρίνεται με τους αντίστοιχους δείκτες.

- Η άγνωστη ουσία συλλέγεται σε γυάλινη παγίδα τύπου U που τοποθετείται σε δευτερεύουσα έξοδο της στήλης. Οι παγίδες ψύχονται με υγρό άζωτο, μίγμα ξηρού πάγου/ακετόνης ή μίγμα πάγου/NaCl 1:2. Η ανάλυση στη συνέχεια γίνεται με κλασσικές χημικές μεθόδους.
- Η έξοδος του αέριου χρωματογράφου συνδέεται απ' ευθείας με την είσοδο φασματογράφου μαζών και η άγνωστη ουσία ταυτοποιείται από τα μοριακά θραύσματα τα οποία είναι αποκλειστικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ουσίας (δακτυλικό αποτύπωμα της ουσίας).

Άλλες εφαρμογές της αέριας χρωματογραφίας είναι:

- Προσδιορισμός λιπαρών οξέων των τριγλυκεριδίων κατόπιν μετατροπής τους σε μεθυλεστέρες.
- Προσδιορισμός πτητικών ουσιών υπεύθυνων για το άρωμα και τη γεύση των τροφίμων.
- Προσδιορισμός καταλοίπων φυτοφαρμάκων και οργανικών διαλυτών.
- Προσδιορισμός πρωτεϊνών και αμινοξέων.
- Προσδιορισμός υδατανθράκων. [11][12]

## 6.5.2 Φασματομετρία μαζών (Mass spectrometry)

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 πηλίκο  $m/e$  (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 εξαγάγουμε τη θεμελιώδη εξίσωση της:

$$\frac{m}{e} = \frac{H^2 r^2}{2V} \quad (6.5)$$

Η εξίσωση δηλώνει ότι κάθε ιόν με το χαρακτηριστικό πηλίκο  $m/e$ , 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 φθάνουν χωριστά στον ανιχνευτή.

Μια και το προφίλ θραύσης είναι χαρακτηριστικό για κάθε μόριο, το λαμβανόμενο φάσμα μαζών αποτελεί «δακτυλικό αποτύπωμα» της κάθε ουσίας. 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

### **Σύστημα εισαγωγής δείγματος και θάλαμος ιονισμού – επιταχυντής**

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 μl υγρού δείγματος (100-200 ng προκειμένου περί στερεού δείγματος).

### **Αναλυτής μαζών – μαγνήτης (Analyzer tube – magnet)**

Τα θετικά φορτισμένα ιόντα που ήδη έχουν επιταχυνθεί επαρκώς, εισέρχονται με μεγάλη ταχύτητα στον αναλυτή που αποτελείται από μεταλλικό σωλήνα κεκαυμένο στους 180 °C. Ο αναλυτής λειτουργεί υπό κενό  $10^{-7} - 10^{-8}$  torr<sup>2</sup> και βρίσκεται μέσα σε σταθερό μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ένας ηλεκτρομαγνήτης. Υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου, τα ιόντα ανάλογα με το πηλίκο  $m/e$ , εστιάζονται διαφορετικά μέσα στον σωλήνα του αναλυτή. Έτσι, επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των σχηματισθέντων ιόντων με βάση τη μάζα τους.

### **Συλλέκτης ιόντων (ion collector)**

Είναι ηλεκτρόδιο στο οποίο συλλέγονται τα ήδη διαχωρισμένα ιόντα. Έτσι δημιουργείται ένα ηλεκτρικό σήμα που μέσω του ενισχυτή φθάνει στον καταγραφέα.

---

<sup>2</sup>1 torr = 133,32 pascals

## Καταγραφέας

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. Το ιόν που παράγεται, αν από το μόριο της ουσίας αποσπαστεί ένα ηλεκτρόνιο, καλείται μοριακό ιόν και έχει ιδιαίτερη σημασία γιατί δίνει το μοριακό βάρος της ουσίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι δύο κορυφές (βασική και μοριακού ιόντος) μπορεί να ταυτίζονται. Στις οργανικές ουσίες (στην περίπτωση μας στα VOC) εξαιτίας της μικρής αλλά παρατηρήσιμης παρουσίας του  $^{13}\text{C}$  και  $^2\text{H}$ , υπάρχει συνήθως μια μικρή με μάζα κατά μία μονάδα μεγαλύτερη από την κορυφή μοριακού ιόντος. Τέλος, αν δύο βαριά ισότοπα τυχαίνει να βρίσκονται στο ίδιο μόριο υπάρχει μια ακόμη μικρότερη κορυφή με μάζα κατά δύο μονάδες μεγαλύτερη από την κορυφή μοριακού ιόντος.

## Φάσμα μαζών – ερμηνεία – ποιοτική ανάλυση

Κατά τη διάρκεια του βομβαρδισμού των μορίων μια ουσίας μέσα στο θάλαμο ιονισμού, το απλούστερο φαινόμενο που παρατηρείται είναι η απόσπαση ενός ηλεκτρονίου από το μόριο της ουσίας, στην αέρια φάση, προς σχηματισμό του μοριακού ιόντος. Συνήθως το μοριακό ιόν αποικοδομείται μέσα σε 10–13 sec, για να δώσει ένα θετικά φορτισμένο θραύσμα και μια ρίζα. Το φάσμα μαζών μιας ουσίας είναι συνεπώς το σύνολο μαζών – θραυσμάτων (θετικά φορτισμένων ιόντων) που προκύπτουν από τη θραύση των μορίων της ουσίας σε συνάρτηση με τη σχετική παρουσία (αφθονία) του καθενός.

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.

Ο συνδυασμός της αέριας χρωματογραφίας – φασματογράφου μαζών, τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται με ολοένα και αυξανόμενη συχνότητα. Αυτό γιατί πλέον η ποιοτική ανάλυση των συστατικών του δείγματος δεν προκύπτει από τη σύγκριση των χρόνων συγκράτησης των συστατικών με εκείνους γνωστών ενώσεων (διαδικασία η οποία δεν ήταν ασφαλής, λόγω της προϋπόθεσης ύπαρξης απόλυτης ταύτισης συνθηκών χρωματογράφησης γνωστών και άγνωστων ενώσεων), αλλά με τη σύγκριση του χαρακτηριστικού φάσματος θραύσης κάθε συστατικού.

Η σωστή ταυτοποίηση των ουσιών του μίγματος εξαρτάται από παράγοντες όπως ο τύπος και η πολυπλοκότητα του δείγματος καθώς και η μέθοδος προετοιμασίας του δείγματος.

Ο ανιχνευτής μάζας τοποθετείται στο τέλος της στήλης του χρωματογράφου, όπως και οι υπόλοιποι ανιχνευτές του GC. Όμως, ο ανιχνευτής μάζας είναι πιο πολύπλοκος εξαιτίας των

απαιτήσεων του στις διαδικασίες δημιουργίας, διαχωρισμού και ανίχνευσης της αέριας φάσης των ιόντων.

Η τριχοειδής στήλη χρησιμοποιείται συχνά στη χρωματογραφία γιατί η συνολική διαδικασία της φασματομετρικής διαδικασίας πρέπει να πραγματοποιείται σε πάρα πολύ μικρές πιέσεις (περίπου 10-5 torr). Για να αντιμετωπίσουμε αυτή την απαίτηση αντί για σταθερή άντληση χρησιμοποιούμε αντλία κενού. Είναι δύσκολο να συνδεθεί σε έναν ανιχνευτή μάζας μια γεμισμένη στήλη, γιατί έχει ροή φέροντος αερίου η οποία δεν μπορεί να αντληθεί επιτυχώς από τις αντλίες κενού. Όμως, η ροή φέροντος αερίου στις τριχοειδείς στήλες είναι 25 με 30 φορές μικρότερη και επομένως είναι ευκολότερο να αντληθεί. Αυτό σημαίνει ότι η σύνδεση GC – MS έχει εξελιχθεί για συστήματα γεμισμένων στηλών, επιτρέποντας τον καλύτερο διαχωρισμό των μορίων από το ρεύμα του φέροντος αερίου και ως εκ τούτου την επιλεκτική αναρρόφηση από το φασματογράφο μάζας.

Το υψηλό κόστος της αντλίας, της πηγής ιόντων, του διαχωριστή, του ανιχνευτή ιόντων, του υπολογιστή και του λογισμικού GC – MS έχει περιορίσει την ευρεία χρήση αυτού του συστήματος σε σύγκριση με άλλους λιγότερο ακριβούς ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται στην GC. Όμως, οι πληροφορίες που παίρνουμε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό της ταυτότητας των συστατικών όπως και την ποσότητα άγνωστων συστατικών που εξέρχονται από το χρωματογράφο με βεβαιότητα που δεν διαθέτουν άλλες τεχνικές.

Μετά την έκλυση της, από την στήλη του αερίου χρωματογράφου, η κάθε ουσία, μέσω του διαχωριστή, εισέρχεται στο θάλαμο ιονισμού του φασματογράφου μαζών, όπου γίνεται η πλήρης ταυτοποίηση της. Σημαντική προϋπόθεση για τη σωστή αλληλουχία των διαδικασιών είναι ο γρήγορος χρόνος σάρωσης στο φασματογράφο μάζας, ώστε να επιτυγχάνεται η λήψη του φάσματος μαζών της καθεμιάς από τις εκλυόμενες από τον χρωματογράφο ουσίες.

## Ποσοτική Ανάλυση

Η αέρια χρωματογραφία είναι μέτριο εργαλείο για την ποιοτική ανάλυση μίγματος ουσιών είναι όμως άριστο εργαλείο για την ποσοτική ανάλυση. Ο χρόνος κατακράτησης δίνει την ταυτότητα του κάθε συστατικού στο μίγμα ενώ το εμβαδόν κάτω από την αντίστοιχη κορυφή δίνει την ποσότητα του κάθε συστατικού. Για την περίπτωση πολύ οξειών κορυφών λαμβάνεται σαν μέτρο μόνο το ύψος της κορυφής και όχι ολόκληρο το εμβαδόν. Η μέτρηση του εμβαδού μπορεί να γίνει με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Με τη μέθοδο του τριγώνου
- Με πλανίμετρο
- Με κόψιμο και ζύγισμα
- Με ηλεκτρονικό ολοκληρωτή

Το εμβαδόν της συγκεκριμένης καμπύλης συγκρίνεται με το αντίστοιχο εμβαδόν πρότυπης ουσίας γνωστής συγκέντρωσης η οποία συγχρωματογραφείται με την άγνωστη. Ακόμη χρησιμοποιείται η μέθοδος του εσωτερικού προτύπου (internal standard method), στην οποία σε δείγματα που περιέχουν άγνωστη ποσότητα της προς ανάλυση ουσίας, προστίθενται γνωστές ποσότητες της ίδιας ουσίας.

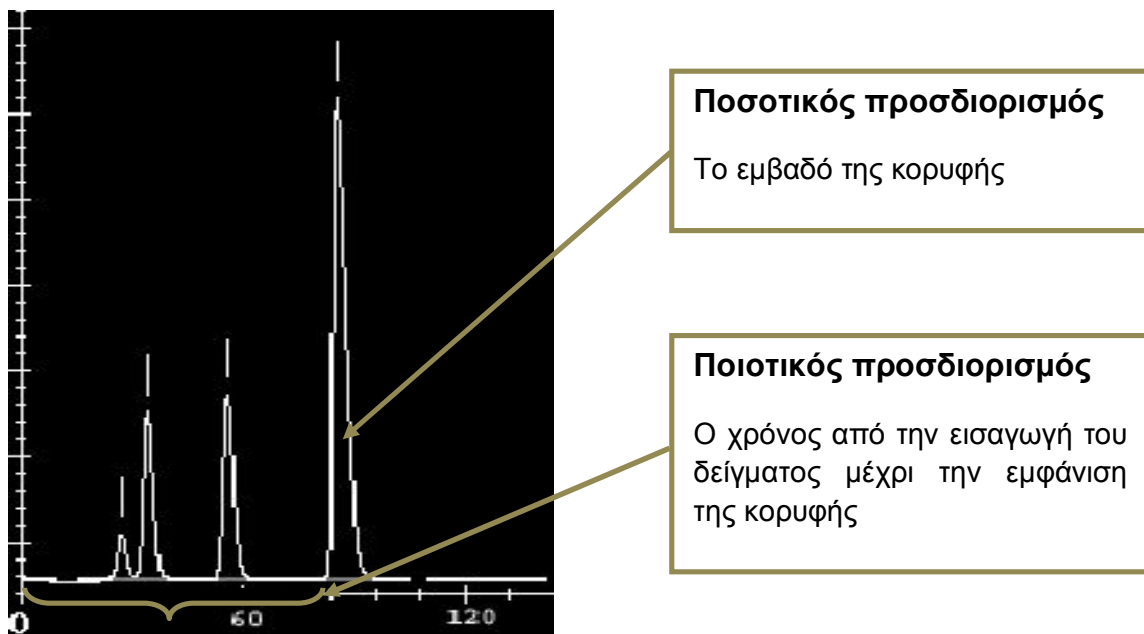
### 6.5.3 Προσδιορισμός

#### 1. Ποιοτικός προσδιορισμός

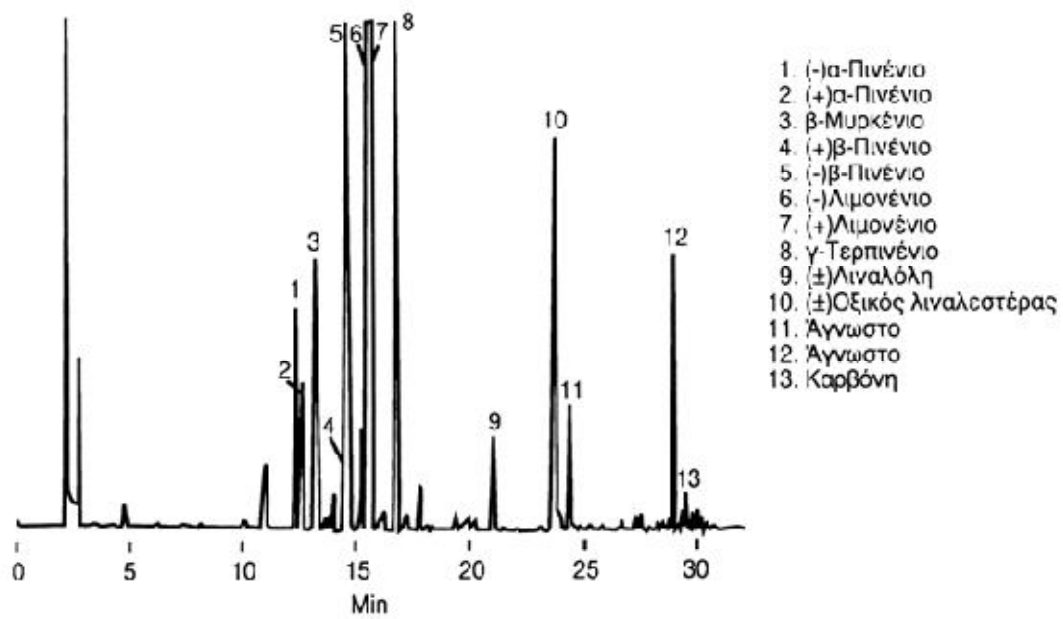
Επιτυγχάνεται με κριτήριο το χρόνο ανασχέσεως ή συγκρατήσεως ( $R_t$ ).

#### 2. Ποσοτικός προσδιορισμός

Επιτυγχάνεται με κριτήριο το ύψος ή το εμβαδόν των κορυφών που καταγράφονται στο χρωματογράφημα με τη βοήθεια καταγραφικού οργάνου.



Σχήμα 6.6 Ερμηνεία χρωματογραφήματος



Σχήμα 6.7: Ενδεικτικό χρωματογράφημα αέριας χρωματογραφίας.

## 6.6 Υγρή χρωματογραφία

### 6.6.1 Γενικά

Η υγρή χρωματογραφία είναι η πρώτη ιστορικά χρωματογραφία που έγινε και η κινητή φάση είναι υγρή. Με την υγρή χρωματογραφία είναι δυνατός ο διαχωρισμός και ο ποσοτικός προσδιορισμός πολικών, μη πτητικών ή θερμοευαίσθητων ενώσεων οι οποίες δεν μπορούν να αναλυθούν απευθείας με την αέρια χρωματογραφία.

Η υγρή χρωματογραφία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για δείγματα με μεγάλα μόρια ή ιονισμένα σωματίδια με χαμηλές τάσεις ατμών και για θερμικά ασταθείς ενώσεις που δε μπορούν να εξαερωθούν χωρίς να διασπαστούν.

Εξέλιξη της υγρής χρωματογραφίας είναι η χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (High Performance Liquid Chromatography, HPLC).

### 6.6.2 Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης

Η χρωματογραφία υψηλής απόδοσης ανήκει στις χρωματογραφικές τεχνικές, άρα ο διαχωρισμός είναι αποτέλεσμα της συνδυαστικής δράσης μιας στατικής και μιας κινητής φάσης. Στην HPLC, το δείγμα εισάγεται στην κορυφή της στήλης και με τη βοήθεια της κινητής φάσης, τα συστατικά του μετακινούνται με τη μορφή ζωνών και τελικά εκκλούνται το ένα μετά το άλλο. Οι αναλυόμενες ουσίες κατανέμονται μεταξύ της στατικής και της κινητής φάσης, με αποτέλεσμα να μετακινούνται με διαφορετικές ταχύτητες κατά το μήκος της στήλης.

Η έκλυση γίνεται είτε ισοκρατικά (isocratic) όπου η σύσταση της κινητής φάσης δεν μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ανάλυσης, είτε βαθμωτά (gradient) όπου η ισχύς της κινητής φάσης μεταβάλλεται επιτυγχάνοντας καλύτερο διαχωρισμό. Με την ισοκρατική έκλυση, όταν το δείγμα περιέχει πολλά συστατικά είναι δύσκολο να διαχωριστεί, ενώ παράλληλα τα συστατικά του δείγματος που συγκρατούνται ισχυρά από την στήλη, εκκλούνται πολύ αργά με αποτέλεσμα τη διεύρυνση των χρωματογραφικών κορυφών τους. Με τη βαθμωτή έκλυση γίνεται ανάμειξη ενός ασθενούς με έναν ισχυρό διαλύτη σε ποσοστά που μπορεί να μεταβάλλονται με το χρόνο, με την περιεκτικότητα του ισχυρού διαλύτη διαρκώς αυξανόμενη. Έτσι διαχωρίζονται στην αρχή οι ουσίες που έχουν μικρό χρόνο συγκράτησης στη στήλη και με την αύξηση της ισχύος εκκλούνται καλύτερα και όσες συγκρατούνται για περισσότερο χρόνο.

Με την τεχνική της HPLC επιτυγχάνουμε το διαχωρισμό των συστατικών ενός υγρού μίγματος, περνώντας το μέσα από μια χρωματογραφική στήλη, με τη βοήθεια αντλιών υψηλής πίεσης. Στην HPLC διακρίνουμε δυο φάσεις α) τη στατική φάση, που αποτελείται από στερεό πορώδες υλικό, ή υγρό καθηλωμένο σε στερεό υπόστρωμα πολύ μικρής διαμέτρου, που βρίσκεται μέσα στη στήλη, β) την κινητή φάση που είναι ένας διαλύτης, ή μίγμα διαλυτών. Η διαβίβαση της υγρής κινητής φάσης μέσα από τη στατική, πραγματοποιείται με τη βοήθεια αντλιών υψηλής πίεσης και έτσι επιτυγχάνονται δύσκολοι διαχωρισμοί μέσα σε λίγα λεπτά.

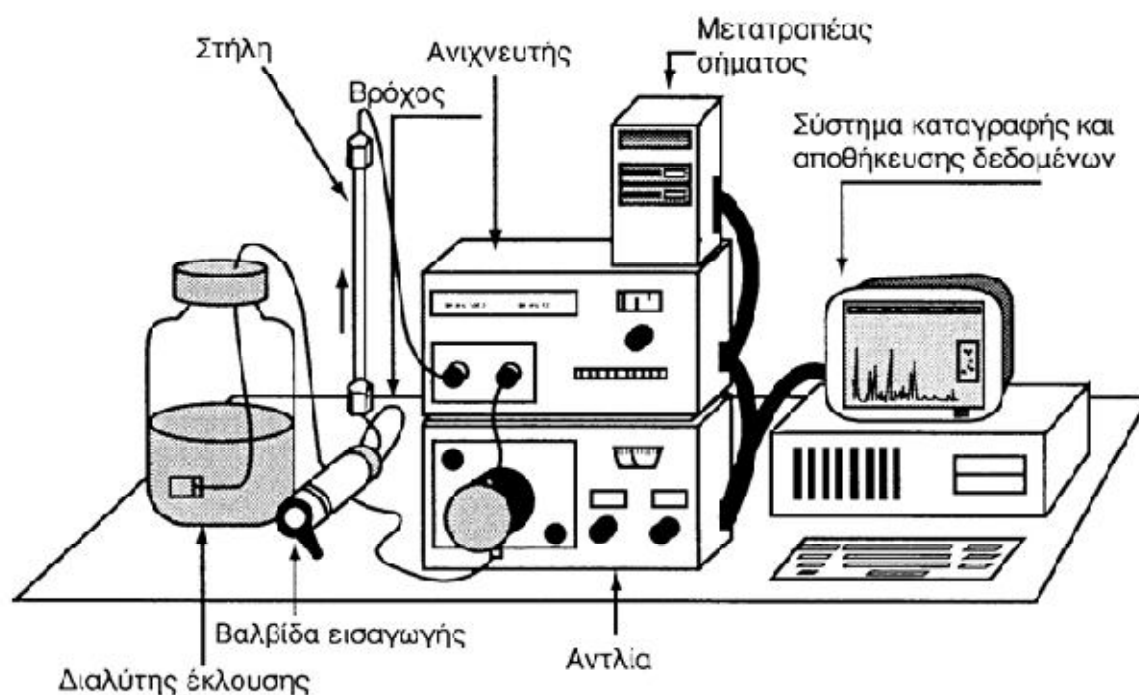


Η HPLC χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό πολύπλοκων ανόργανων και οργανικών μιγμάτων καθώς και στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για το διαχωρισμό και την ανάλυση μιγμάτων μοριακών, ή ιοντικών ενώσεων με χαμηλές τάσεις ατμών καθώς και θερμικά ασταθών ενώσεων, που δεν μπορούν να εξαερωθούν χωρίς να διασπαστούν. Σε αντίθεση με την αέρια χρωματογραφία, χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό μιγμάτων ουσιών μεγάλου μοριακού βάρους και πολικότητας. Στην ποσοτική ανάλυση χρησιμοποιούνται οι ίδιες τεχνικές με την αέρια χρωματογραφία.

Ο χρόνος ανάλυσης με την τεχνική της HPLC είναι συνήθως μικρός της τάξης των μερικών λεπτών, ενώ η ακρίβεια και η επαναληψιμότητά της είναι πολύ καλές. Η μεγαλύτερη απόδοση στην υγρή χρωματογραφία επιτυγχάνεται με χαμηλές ταχύτητες ροής, που συνεπάγονται μεγάλη διάρκεια διαχωρισμού, με την εφαρμογή υψηλής πίεσης και τη χρήση μικρότερων σωματιδίων ως υλικών πλήρωσης της στήλης. Γενικά, η HPLC είναι μια ευαίσθητη ποιοτική και ποσοτική αναλυτική τεχνική που υπερέχει σε σχέση με τις υπόλοιπες χρωματογραφικές τεχνικές.

Η συσκευή HPLC αποτελείται από διάφορα όργανα και εξαρτήματα, τα οποία συνδεδεμένα λειτουργούν ως ενιαίο συγκρότημα. Αυτά είναι:

- Φιάλες αποθήκευσης διαλυτών (Reservoirs)
- Απαερωτής (Degasser)
- Αντλία πίεσης (Pump)
- Σύστημα εισαγωγής δείγματος (Sample injector)
- Στήλη χρωματογραφίας (Column)
- Ανιχνευτής (Detector)
- Καταγραφικό σύστημα (Recorder)



Σχήμα 6.8: Σχηματική αναπαράσταση συστήματος υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης.

### Φιάλες αποθήκευσης διαλυτών (Reservoirs)

Οι φιάλες των υγρών διαλυτών της κινητής φάσης είναι κοινές γυάλινες φιάλες αντιδραστηρίων στις οποίες τοποθετούνται είτε καθαροί οργανικοί διαλύτες ή νερό υψηλής καθαρότητας (HPLC grade) ή ρυθμιστικά διαλύματα, ή μίγματα αυτών. Στην ισοκρατική έκλυση υπάρχει συνήθως μία γυάλινη φιάλη ενώ στη βαθμωτή έκλυση μέχρι τέσσερις φιάλες.

### Απαερωτής (Degasser)

Η απαέρωση είναι απαραίτητη προκειμένου να φύγουν όλα τα διαλυμένα αέρια και κυρίως το οξυγόνο, που δημιουργούν φυσαλίδες στην κυμελίδα και μη σταθερή πίεση στο κύκλωμα ροής. Η απαέρωση γίνεται, ή με διαβίβαση ηλίου στο χώρο των διαλυτών, ή περνώντας τους μέσα από συσκευή με ειδικές μεμβράνες που κατακρατούν όλα τα διαλυμένα αέρια ή και με υπερήχους.

### Αντλία πίεσης (Pump)

Η αντλία πίεσης για τη ροή των διαλυτών, με τη βαλβίδα ανάμιξης και προγραμματισμού ροής αυτών, είναι παλινδρομική αντλία με την οποία παραλαμβάνονται οι διαλύτες από τις φιάλες με πίεση, διέρχονται από τον εγχυτή και οδεύουν προς την στήλη. Ο αναμίκτης –

προγραμματιστής ροής είναι ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενος και ελέγχει την πίεση και τη ροή των διαλυτών καθώς και την αναλογία ανάμιξης και μεταβολής αυτής, κατά τη διαδικασία της ανάλυσης.

Με την αντλία πίεσης αφήνουμε να περάσει το σύστημα των διαλυτών μέσα από τη στήλη, που παρασύρει το δείγμα και διαχωρίζει τα διάφορα συστατικά του, ανάλογα με την πολικότητά τους και σε σχέση με το εκλουστικό σύστημα. Υπάρχουν πολλοί τύποι αντλιών, ιδανική είναι εκείνη που μπορεί να δώσει πίεση μέχρι 6000 psi (~ 400 atm) μέσα από μια στήλη. Ανάλογα με τη σταθερότητα της πίεσης που εξασφαλίζουν αυξάνει και η τιμή τους. Η σταθερή ροή επηρεάζεται από τον κινητήρα της αντλίας, τις φλάντζες στεγανοποίησης και τη βαλβίδα εισαγωγής του δείγματος. Αρχικά εκλούνται τα συστατικά που συγκρατούνται ασθενέστερα από ένα διαλύτη με μικρή ισχύ έκλουσης. Στη συνέχεια παρεμβάλλεται ένας δεύτερος διαλύτης με μεγαλύτερη ισχύ έκλουσης και αναμειγνύεται με τον πρώτο, είτε σε ξεχωριστά στάδια είτε συνεχώς, οπότε αυξάνεται η εκλουστική ικανότητα αυτού του μεικτού διαλύτη και επιτυγχάνεται έτσι σταδιακή έκλυση όλων των συστατικών. Οι δυο αυτές τεχνικές είναι ανάλογες με την ισόθερμη και την θερμοπρογραμματιζόμενη αέρια χρωματογραφία. Η μεγάλη πίεση απαιτείται προκειμένου το δείγμα να περάσει με μια λογική ταχύτητα ροής μέσα από τη στήλη που είναι γεμάτη με μικρά σωματίδια.

### **Σύστημα εισαγωγής δείγματος (Sample injector)**

Στο σύστημα αυτό εισάγεται το δείγμα υπό μορφή διαλύματος με ειδική σύριγγα. Το δείγμα παραμένει εκεί μέχρι να το παραλάβουν οι διαλύτες της κινητής φάσης και να το οδηγήσουν προς την στήλη. Η εισαγωγή του υγρού δείγματος γίνεται με μικροσύριγγα κατευθείαν στη στήλη, με αυτόματο δειγματολήπτη ή διαμέσου βαλβίδας εισαγωγής υψηλής πίεσης με βρόγχο. Η ποσότητα του δείγματος κυμαίνεται συνήθως από 5 - 25  $\mu$ l.

### **Κατεργασία δείγματος**

Στην HPLC με δεδομένο ότι ανιχνεύουμε και προσδιορίζουμε μικρές συγκεντρώσεις οφείλουμε να προκατεργαζόμαστε το δείγμα, έτσι ώστε να το απαλλάξουμε από τις πιθανές παρεμποδίσεις, όπως αιωρούμενα συστατικά και χημικές παρεμποδίσεις. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε μεγάλη ευαισθησία, εκλεκτικότητα, ακρίβεια και επαναληψιμότητα. Μια τέτοια τεχνική, που εφαρμόζεται ευρέως σήμερα είναι αυτή της εκχύλισης υγρού στερεάς φάσης σε στήλη. Κατ' αυτήν επιλέγουμε ένα προσροφητικό, με κατάλληλη ενεργή επιφάνεια και διαστάσεις κόκκων και το τοποθετούμε μέσα σε μια στήλη. Στη συνέχεια αφήνουμε να περάσει μέσα από τη στήλη ένας κατάλληλος διαλύτης και αμέσως μετά το δείγμα που ρέει μέσα από τη στήλη με τη βοήθεια της βαρύτητας, ή εφαρμόζοντας κενό ή πίεση. Το συστατικό που μας ενδιαφέρει συγκρατείται από την επιφάνεια του στερεού προσροφητικού και στη συνέχεια παραλαμβάνεται από αυτό με κάποιο πολικότερο διαλύτη, ή καταλληλότερο και στη συνέχεια με αυτή τη μορφή εισάγεται στο όργανο προς ανάλυση.

### **Στήλη χρωματογραφίας (Column)**

Είναι ένας ευθύγραμμος κυλινδρικός σωλήνας από ανοξειδωτο ατσάλι μικρού μήκους και διαμέτρου, ώστε να αντέχει στις μεγάλες πιέσεις που ασκούν επάνω του η αντλία, που στο

εσωτερικό του βρίσκεται ειδικά συσκευασμένο υπό πίεση (packed) το προσροφητικό υλικό επί του οποίου θα γίνει ο διαχωρισμός των συστατικών του δείγματος. Τα συστατικά αυτά, μεταφέρονται από τους διαλύτες της κινητής φάσης (με διαφορετική ταχύτητα έκλουσης το καθένα) από την στήλη προς τον ανιχνευτή. Οι στήλες ανάλογα με τις διαστάσεις τους κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες: 1) προστήλες, 2) αναλυτικές στήλες, 3) ημι-προπαρασκευαστικές, 4) παρασκευαστικές. Οι αναλυτικές στήλες που χρησιμοποιούνται σήμερα έχουν μήκος 3-30 cm και εσωτερική διάμετρο 0,4-0,8 mm. Τα διάφορα υλικά πλήρωσης (πορώδη, μη πορώδη, διάχυσης) των στηλών παρέχουν εξαιρετικής απόδοσης διαχωρισμούς, εξαιτίας των διαφορετικών φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους.



**Σχήμα 6.9** Στήλες χρωματογραφίας της HPLC.

## Ανιχνευτής (Detector)

Ο ανιχνευτής χρησιμεύει για την ανίχνευση των διαχωρισμένων συστατικών του δείγματος. Είναι ένα ανεξάρτητο όργανο υψηλής τεχνολογίας, το οποίο υποδέχεται το έκλουσμα των διαχωρισμένων συστατικών του δείγματος, ανιχνεύοντας τα ένα προς ένα, ποιοτικά αλλά και ποσοτικά. Το σήμα του ανιχνευτή μεταβιβάζεται στο σύστημα επεξεργασίας των δεδομένων.

Προϋποθέσεις για τους ανιχνευτές:

- Χαμηλό επίπεδο θορύβου (σταθερό σήμα)
- Υψηλή ευαισθησία και μεγάλο εύρος γραμμικής περιοχής
- Μικρός χρόνος απόκρισης
- Μικρός νεκρός όγκος
- Ανεξαρτησία στις μεταβολές της θερμοκρασίας και της ροής
- Ευελιξία σε μεταβολές της σύστασης της κινητής φάσης
- Μη καταστροφή του αναλυόμενου δείγματος
- Δυνατότητα ανίχνευσης διαφορετικών ενώσεων και παροχή στοιχείων για την ταυτοποίησή τους
- Αξιοπιστία
- Κόστος και εμπορική διαθεσιμότητα
- Ευκολία στη χρήση και συντήρησή του

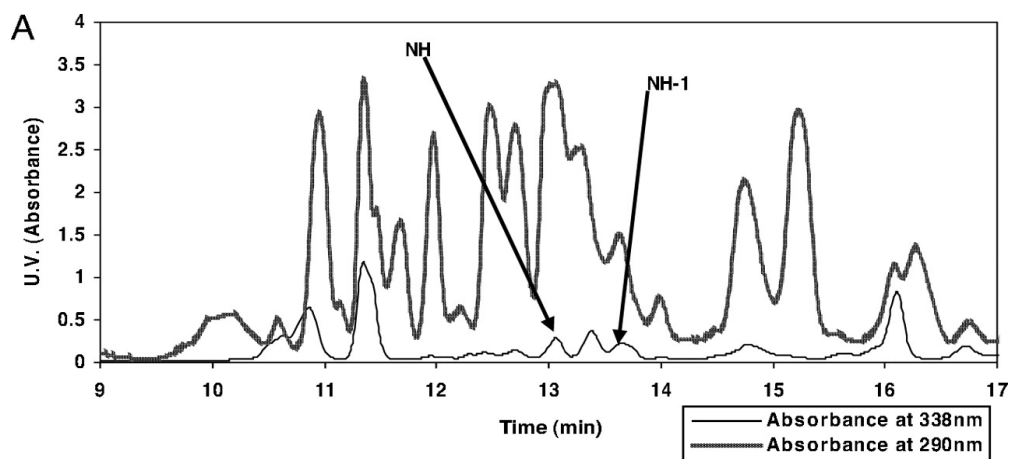
Ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται στην HPLC:

- Ανιχνευτές ορατού – υπεριώδους
- Παράταξης φωτοδιόδων

- Αγωγιμομετρικοί
- Δείκτη διάθλασης
- Φασματογράφοι μάζας
- Ηλεκτροχημικοί
- Φθορισμομετρικοί
- Ραδιενέργειας
- Σκεδασμού φωτός
- Φλόγας (ιονισμού φλόγας, εκπομπής, φωτομετρικοί ανιχνευτές)

### Καταγραφικό σύστημα (Recorder)

Το σύστημα επεξεργασίας των δεδομένων, αποτελείται από τον ολοκληρωτή (integrator) ή τον υπολογιστή (computer) για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων και από τον καταγραφέα (recorder) για την καταγραφή του χρωματογραφήματος. [13][14]



**Σχήμα 6.10** Ενδεικτικό χρωματογράφημα υγρής χρωματογραφίας.



**Σχήμα 6.11:** Σύστημα υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης.

## Βιβλιογραφία, Αναφορές

- [1] International Standard ISO 16000-3 First Edition 2001-09-01, "Indoor Air – Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds-Active sampling method"
- [2] International Standard ISO 16000-6 First Edition 2004-09-15, "Indoor Air – Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA<sup>®</sup> sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID"
- [3] International Standard ISO 16000-9 First Edition 2006, "Indoor air - Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing - Emission test chamber method"
- [4] International Standard ISO 16000-11 First Edition 2006, " Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing - Sampling, storage of samples and preparation of test specimens"
- [5] Nordest Method, NT BUILD 482, Approved 1998-06, "Building Materials: Emissions Testing using the CLIMPAQ", ISSN 0283-7153, Published by NORDEST, Espoo Finland
- [6] Nordtest Method, "Building Materials: Emission of Volatile Organic Compounds, Chamber Method", NTBuild 358, Esbo, 1990
- [7] ECA (1997a). European Collaborative Action "Indoor Air Quality and Its Impact on Man" Evaluation of VOC Emissions from Building Products, Report No. 18, EUR 17334 EN, ISBN 92-828-0384-8, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [8] Statens Byggeforsknings Institut, Danish Building Research Institute, The Air Quality Laboratory at the Danish Building Research Institute, A Laboratory for Investigation of the Air Quality in Simulated Indoor Environments, Paper by L.E. Ekberg and J.B. Nielsen submitted to the 16<sup>th</sup> AIVC Conference Palm Springs, USA, 1995
- [9] Indoor Air Quality Handbook/ John D. Spengler, Jonathan M. Samet, John F. McCarthy, editors. Includes Index, ISBN 0-07-445549-4, Copyright 2004, a Division of MacGraw-Hill Companies.
- [10] Springer Handbook of Materials Measurement, Horst Czichos, Tetsuya Saito, Leslie Smith (Eds.)
- [11] Gas chromatographie in Bildern – eine Einführung, Bruno Kolb; Wiley-VCH, 1999, ISBN 3-527-29880-0 or ISBN 3-7785-2589-1
- [12] Basic Gas Chromatography, Harold M. McNair, James M. Miller,; Wiley-VCH, 1997, ISBN 0-471-17261-8 or ISBN 0-471-17260-X.
- [13] Practical High-Performance Liquid Chromatography, Veronika R. Meyer; John Wiley & Sons, 3rd Edition, 1999, ISBN 0-471-98373-X.
- [14] HPLC. A Practical User Guide, Marvin C. McMaster; John Wiley & Sons, 1st Edition, 1994, ISBN 0-471-18586-8

# 7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

## 7.1 Εισαγωγή

Το πείραμα έλαβε χώρα στο εργαστήριο Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας στην οδό Αργυροκάστρου 4 υπό την επίβλεψη του κ. Τόλη Ευάγγελου και υπεύθυνες για τη διεξαγωγή του ήταν οι φοιτήτριες Αγγελοπούλου Χριστίνα και Νούλα Αντιγόνη.

Σκοπός του πειράματος ήταν η μέτρηση των εκπομπών των πτητικών οργανικών ενώσεων από δύο οικοδομικά υλικά εσωτερικού χώρου, MDF και Laminate. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε ένα μικρής κλίμακας θάλαμο δοκιμών, CLIMPAQ και η ανάλυση των ληφθέντων δειγμάτων έγινε με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας και υγρής χρωματογραφίας.

Στη συνέχεια τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των δύο υλικών με βάση τα ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης.

## 7.2 Επιλογή δειγμάτων υλικών

Τα δείγματα που επιλέχθηκαν ήταν δύο οικοδομικά υλικά εσωτερικού χώρου το MDF και το Laminate. Πρόκειται για συγκολλημένα προϊόντα ξύλου που παράγονται με συγκόλληση κυρίως κατόπιν προσθήκης συνθετικών ρητινών (συγκολλητικών ουσιών), και στα οποία μπορεί να έχει μεταβληθεί η φυσική δομή του ξύλου αλλά διατηρείται η χημική δομή του. Επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα υλικά γιατί βρίσκονται σε μεγάλο ποσοστό στους εσωτερικούς χώρους και επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, καθώς από τη δεκαετία του '80 έχει αναγνωρισθεί ότι τα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου αποτελούν μια από τις κύριες πηγές εκπομπών εσωτερικών ρύπων, κυρίως φορμαλδεΐδης, σε κατοικίες αλλά και εργασιακούς χώρους.

### 1° δείγμα: MDF

Το MDF, Μεσαίας Πυκνότητας Ινοσανίδα (Medium Density Fiberboard), αποτελείται από ίνες ξύλου που προέρχονται από κορμούς, υπολείμματα υλοτομίας, πριστηρίων κτλ.. Αποτελεί ιδανικό υποκατάστατο του ξύλου, διότι επιδέχεται σκάλισμα, δέχεται όλα τα είδη κόλλας, λάκας και βερνικιών και τέλος δεν απαιτεί ειδικές μεθόδους επεξεργασίας. Ύστερα από ειδική τεχνολογικά επεξεργασία ινών μαλακής ξυλείας (ανάμειξη τους με ρητίνη και κερί) διαμορφώνεται σε φύλλα, μέσα από μια διαδικασία υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών. Το MDF χρησιμοποιείται κυρίως σε κατασκευές εσωτερικών χώρων.

Βασικές χρήσεις:

Επιπλοποιία: σκελετοί επίπλων, πορτάκια κουζίνας και υπνοδωματίου.

Εσωτερικές κατασκευές: πόρτες, εσωτερικές διακοσμήσεις, ράφια.

Κορνιζοποιία: κορνίζες και σκαλίσματα για φωτογραφίες.

## 2° δείγμα: Laminate

Το Laminate, συνθετικές πολύστρωμες σανίδες, είναι υλικό το οποίο παράγεται από την ένωση δύο ή περισσότερων στρωμάτων μεταξύ τους. Το πάτωμα ή δάπεδο Laminate είναι συνήθως φτιαγμένο από ένα συνδυασμό συνθετικών και φυσικών υλικών το οποίο δίνει την αίσθηση του ξύλου. Παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από την σουηδική εταιρεία pergo το 1977 και σήμερα είναι πολύ διαδεδομένο ως υλικό στην ανακαίνιση – κατασκευή πατωμάτων. Η διάδοση του οφείλεται στο γεγονός ότι είναι πολύ ανθεκτικό υλικό, είναι εύκολο στην εγκατάσταση, κοστίζει λιγότερο και είναι περισσότερο ανθεκτικό στη φθορά, στο ξεθώριασμα και στους λεκέδες. Τα πατώματα – δάπεδα Laminate κυκλοφορούν σε πολλούς τύπους και είναι κατάλληλα για σπίτια αλλά και για επαγγελματικούς χώρους. Είναι απόλυτα συμβατά με συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης.



Σχήμα 7.1: Δείγμα υλικού MDF.



Σχήμα 7.2: Δείγμα υλικού Laminate.



## 7.3 Περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας

### 7.3.1 Εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε



**Σχήμα 7.3:** Ο θάλαμος CLIMPAQ και τα μέρη του.



**Σχήμα 7.4:** Γεννήτρια παροχής μηδενικού αέρα (Zero Air Supply), Thermo SCIENTIFIC Model 1160 (αριστερά), παγίδα που συγκρατεί υδρογονάνθρακες (δεξιά).



**Σχήμα 7.5:** Mass flow controller (έλεγχος ροής του αέρα που διαβιβάζεται στο CLIMPAQ) DELTA BROOKS® (αριστερά), ρυθμιστής του mass flow controller (δεξιά).



**Σχήμα 7.6:** Ρύθμιση της σχετικής υγρασίας του αέρα στο 50%.



Ανεμιστήρας θαλάμου (fan)

**Σχήμα 7.7:** Ο θάλαμος CLIMPAQ.



**Σχήμα 7.8:** Σωληνάκια δειγματοληψίας VOC με προσροφητικό υλικό Tenax TA®.



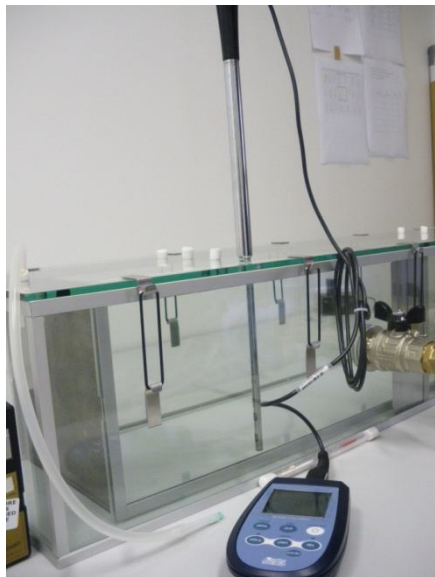
**Σχήμα 7.9:** Φυσίγγια δειγματοληψίας καρβονυλικών ενώσεων 2,4 δινιτροφαιλυδραζίνη (DNPH).



**Σχήμα 7.10:** Φορητές αντλίες αέρα, Model 222-3 SKC®.



**Σχήμα 7.11:** Ροόμετρο φισαλίδας, Model 303 SKC®.



**Σχήμα 7.12:** Ανεμόμετρο θερμού νήματος.

### 7.3.2 Επιλογή περιβαλλοντικών παραμέτρων πειράματος

Η επιλογή των περιβαλλοντικών παραμέτρων του πειράματος στο θάλαμο έγινε με βάση το ECA Report No. 18.

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

Οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα στον όγκο του αεριζόμενου χώρου.

Loading factor:  $L = 0,4 [m^2/m^3]$

Παράγοντας φορτίου, δηλ. ο λόγος της επιφάνειας του δείγματος δοκιμής προς τον όγκο του θαλάμου.

Area specific airflow rate:  $q = n/L = 1,25 [m^3/h^1m^2]$

Ο λόγος της παροχής αέρα προς την επιφάνεια του δείγματος δοκιμής.

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

Σχετική υγρασία

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

Θερμοκρασία θαλάμου

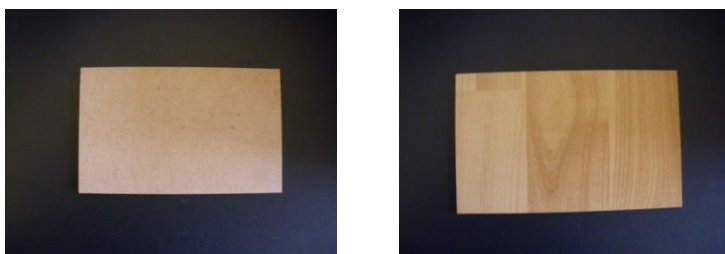
Air Velocity:  $v = 0,1-0,3 [m/s]$

Ταχύτητα αέρα

### 7.3.3 Συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση δειγμάτων

Τα δείγματα πρέπει να επιλεγθούν, συλλεχθούν, μεταφερθούν και αποθηκευτούν έτσι ώστε οι χαρακτηριστικές εκπομπές τους να είναι αντιπροσωπευτικές των εκπομπών των υλικών, σύμφωνα με το ISO 16000-11. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν και αγοράστηκαν τα πιο πρόσφατα δείγματα (20 ημερών) από κατάσταση μεγάλης αλυσίδας. Τα δείγματα αφού κόπηκαν στις επιθυμητές διαστάσεις, τυλίχθηκαν αεροστεγώς με ειδική μεμβράνη και μεταφέρθηκαν στο χώρο του εργαστηρίου όπου διατηρήθηκαν σε συνθήκες ίδιες με αυτές της διεξαγωγής του πειράματος μέχρι και που τοποθετήθηκαν στο θάλαμο.

Τα δείγματα κόπηκαν σε διαστάσεις  $0,20 \times 0,10 m^2$  σύμφωνα με τον τύπο  $L = V/A_{\text{δείγματος}}$ , όπου V ο όγκος του θαλάμου **50,9 liters**.



**Σχήμα 7.13:** Δείγμα δοκιμής MDF (αριστερά) και δείγμα δοκιμής Laminate (δεξιά).

### 7.3.4 Προετοιμασία θαλάμου για τη μέτρηση των εκπομπών

#### Παροχή καθαρού αέρα

Για να εξασφαλιστεί η παροχή καθαρού αέρα στο θάλαμο γίνεται αντικατάσταση των υλικών κατακράτησης των φίλτρων της γεννήτριας παροχής μηδενικού αέρα (Zero Air Supply). Τα φίλτρα περιέχουν ενεργό άνθρακα, ο οποίος κατακρατά τις πτητικές οργανικές ενώσεις και το όζον του εξωτερικού αέρα, και ruafil (μείγμα κόκκων ειδικού ενεργού άνθρακα και ενεργής αλουμίνιας εμπροτισμένης σε υπερμαγγανικό κάλιο), το οποίο κατακρατά τα οξείδια του αζώτου.

#### Καθαρισμός θαλάμου

Ο θάλαμος θα πρέπει να καθαριστεί πριν την έναρξη του κάθε πειράματος. Ο καθαρισμός γίνεται με τρίψιμο της εσωτερικής επιφάνειας με αλκαλικό απορρυπαντικό και ζεστό νερό βρύσης, ξεπλένοντας την αρχικά με ζεστό νερό και τέλος με υπερκάθαρο 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.

#### Μέτρηση ταχύτητας και θερμοκρασίας

Μετά το πέρας 24 ωρών πραγματοποιήθηκε μέτρηση της ταχύτητας και της θερμοκρασίας μέσα στο θάλαμο με τη χρήση του ανεμόμετρου θερμού νήματος. Προκειμένου να επιτευχθεί ομαλή ροή αέρα μέσα στο θάλαμο ρυθμίστηκε η θέση του Damper (βλ. Εικόνα 7.10).

#### Background test

Το background test είναι μια διαδικασία η οποία προηγείται της εισαγωγής του δείγματος δοκιμής στο θάλαμο. Γίνεται μέτρηση των ρύπων του θαλάμου, οι οποίοι δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τα  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### Εισαγωγή δείγματος δοκιμής

Τοποθέτηση δείγματος δοκιμής στο κέντρο του θαλάμου.



**Σχήμα 7.14:** Εισαγωγή δείγματος δοκιμής στο θάλαμο CLIMPAQ.

### 7.3.5 Διαδικασία δειγματοληψίας

Η αρχή αυτή της πειραματικής μεθόδου είναι να εκτιμήσει τις εκπομπές των ρύπων που προέρχονται από δύο δείγματα οικοδομικών υλικών μέσω μέτρησης των συγκεντρώσεων του αέρα στο θάλαμο. Η επιφάνεια του δείγματος εκτίθεται στον αέρα του θαλάμου ο οποίος διατηρείται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και ταχύτητας περίπου ίδιες με αυτές που περιμένει να συναντήσει κανείς στο εσωτερικό περιβάλλον όπου χρησιμοποιούνται τα υλικά. Σε σχέση με αυτές τις συνθήκες η συγκέντρωση στο θάλαμο εξαρτάται από την παροχή της αναλογίας της ροής του αέρα στο θάλαμο και το εμβαδόν του δείγματος. Το πείραμα πραγματοποιείται σε μια αναλογία αέρα περίπου ίση με αυτή που συναντάμε όταν το προϊόν βρίσκεται σε κανονικές συνθήκες.

#### Χρόνος και διάρκεια της δειγματοληψίας

Το κάθε δείγμα, σύμφωνα με τα πρότυπα των συστημάτων πιστοποίησης, παρέμεινε στο θάλαμο για 28 ημέρες. Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν συνολικά 3 δειγματοληψίες, 24 ώρες μετά την εισαγωγή του δείγματος, 3 ημέρες και τέλος 28 ημέρες.

Πίνακας 7.1: Χρονοδιάγραμμα δειγματοληψίας για MDF.

	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΧΡΟΝΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΥΛΙΚΟ
Background Test	Πέμπτη, 4/11/2010	12:00 πμ		
Εισαγωγή Δείγματος	Παρασκευή, 5/11/2010	12:00 πμ		MDF
1 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	Σάββατο, 6/11/2010	12:00 πμ	t <sub>1</sub> = 24 hours	MDF
2 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	Δευτέρα, 8/11/2010	12:00 πμ	t <sub>2</sub> = 3 days	MDF
3 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	Παρασκευή, 3/12/2010	12:00 πμ	t <sub>3</sub> = 28 days	MDF

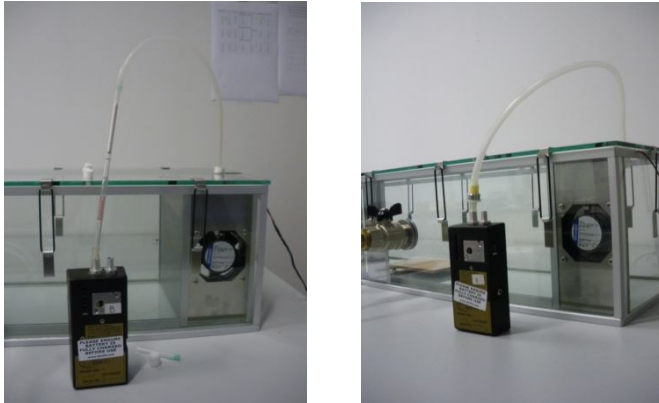
Πίνακας 7.2: Χρονοδιάγραμμα δειγματοληψίας για Laminate.

	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΧΡΟΝΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΥΛΙΚΟ
Background Test	Πέμπτη, 9/12/2010	12:10 μμ		
Εισαγωγή Δείγματος	Δευτέρα, 13/12/2010	12:10 μμ		Laminate
1 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	Τρίτη, 14/12/2010	12:10 μμ	t <sub>1</sub> = 24 hours	Laminate
2 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	Πέμπτη, 16/12/2010	12:10 μμ	t <sub>2</sub> = 3 days	Laminate
3 <sup>η</sup> Δειγματοληψία	Δευτέρα, 10/1/2011	12:10 μμ	t <sub>3</sub> = 28 days	Laminate



## Τεχνική δειγματοληψίας

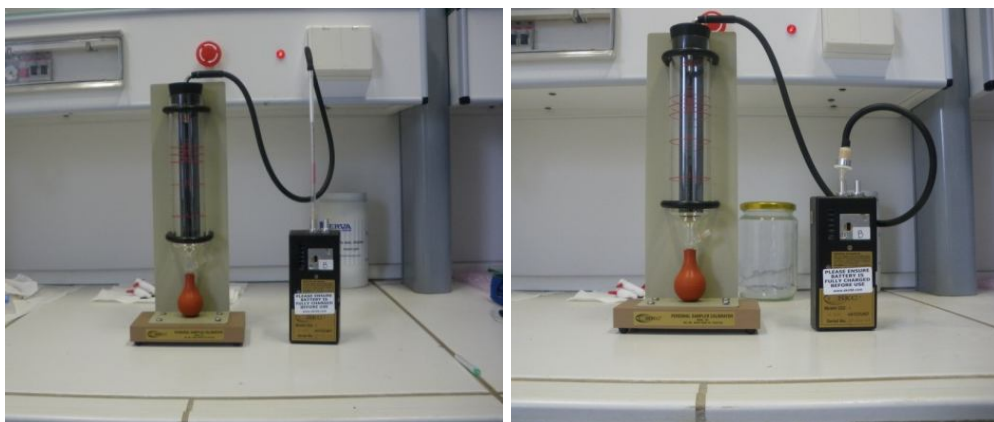
Σε κάθε δειγματοληψία για την προσρόφηση του αέρα από το θάλαμο χρησιμοποιήθηκαν δύο φορητές αντλίες (ενεργητική δειγματοληψία) στις οποίες προσαρμόστηκαν σωληνάκια δειγματοληψίας Tenax TA<sup>®</sup> για τη δέσμευση των VOC και DNPΗ για τη δέσμευση των καρβονυλικών ενώσεων. Αυτά στη συνέχεια συνδέθηκαν με την οπή M1 του θαλάμου CLIMPAQ και τέθηκαν σε λειτουργία οι αντλίες για 15 λεπτά για τη συλλογή των VOC και για 55 λεπτά για τη συλλογή των καρβονυλικών ενώσεων. Μετά το πέρας της δειγματοληψίας τα σωληνάκια Tenax TA<sup>®</sup> και DNPΗ τοποθετήθηκαν σε ειδικές προστατευτικές συσκευασίες. Όσα δείγματα δεν ήταν δυνατόν να αναλυθούν αμέσως συντηρήθηκαν σε θερμοκρασία 4 °C.



**Σχήμα 7.15:** Δειγματοληψία VOC με Tenax TA<sup>®</sup> (αριστερά) και καρβονυλικών ενώσεων με DNPΗ (δεξιά).

## Βαθμονόμηση αντλιών

Είναι μια διαδικασία η οποία πραγματοποιούνταν μετά το τέλος της δειγματοληψίας στις αντλίες με τη χρήση του ροόμετρου φουσαλίδας. Οι αντλίες με προσαρτημένα τα σωληνάκια Tenax TA<sup>®</sup> και DNPΗ συνδέθηκαν με το ροόμετρο φουσαλίδας και αφού τέθηκαν σε λειτουργία δημιουργώντας φουσαλίδες, μετρήθηκε ο χρόνος που χρειάστηκε η φουσαλίδα να διανύσει τα 100 ml.

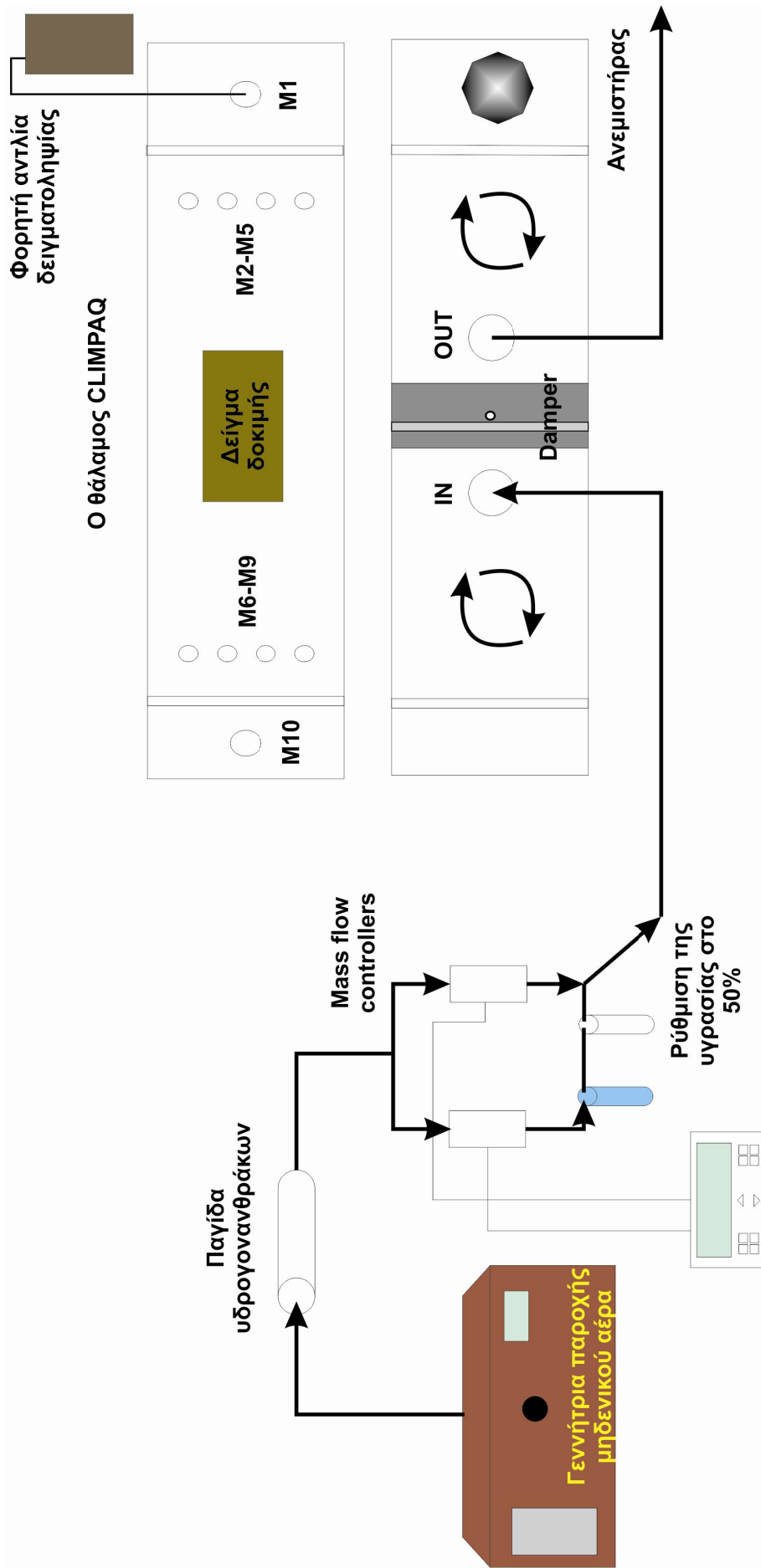


**Σχήμα 7.16:** Βαθμονόμηση αντλιών με Tenax TA<sup>®</sup> (αριστερά) και με DNPΗ (δεξιά).



**Πίνακας 7.3:** Ροή αντλιών

<b>Αντλία</b>	<b>ml/min</b>
A	112.15
B	111.25



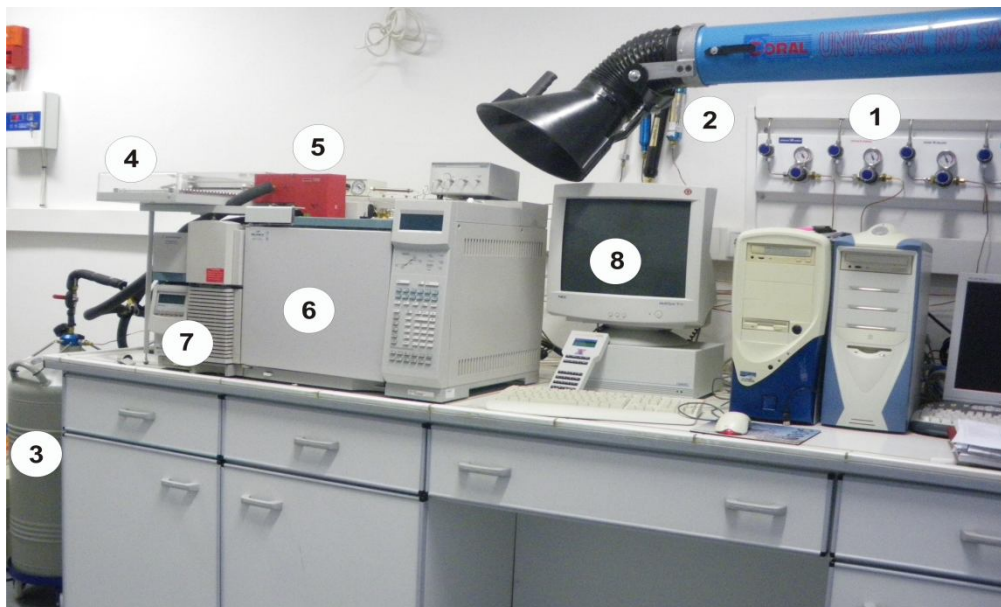
Σχήμα 7.17: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας CLIMPAQ.

### 7.3.6 Συνολική διαδικασία ανάλυσης δειγμάτων

Η ανάλυση των δειγμάτων για VOC έγινε με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας ενώ για τις καρβονυλικές ενώσεις με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας.

#### 7.3.6.1 Ανάλυση δειγμάτων VOC

Όπως αναφέρθηκε η ανάλυση των δειγμάτων έγινε με την τεχνική μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας. Η θερμική εκρόφηση πραγματοποιήθηκε με το σύστημα TDS (ThermoDesorption System) της εταιρείας GERSTEL που είναι συνδεδεμένο με αέριο χρωματογράφο της εταιρείας Agilent Technologies, μοντέλου 6890N Gas Chromatography με τριχοειδή στήλη HP-5MS διαστάσεων 30m×0,25mm×0,25μm και φασματογράφο μάζας μοντέλου 5973N Mass Spectrometry της ίδιας εταιρείας.



**Σχήμα 7.18:** Σύστημα αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας.

Τα μέρη του συστήματος της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας:

1. Πηγή παροχής του φέροντος αερίου (Carrier gas)
2. Παγίδες καθαρισμού αερίων (Traps)
3. Φιάλη παροχής υγρού αζώτου
4. Αυτόματος δειγματολήπτης (ThermoDesorption Autosampler)
5. Σύστημα θερμικής εκρόφησης (ThermoDesorption System)
6. Θάλαμος θέρμανσης της τριχοειδούς στήλης (Oven)
7. Φασματογράφος μάζας (Mass spectrometry)
8. Καταγραφέας (ηλεκτρονικός υπολογιστής) (recorder)

### Πηγή παροχής του φέροντος αερίου

Το φέρον αέριο του χρωματογράφου είναι το Ήλιο, αδρανές αέριο και υψηλής καθαρότητας (99,999 %). Η μέση ταχύτητα ροής Ηλίου είναι 35 cm/sec.



**Σχήμα 7.19:** Παροχή φέροντος αερίου, Ήλιο.

### Παγίδες καθαρισμού αερίων

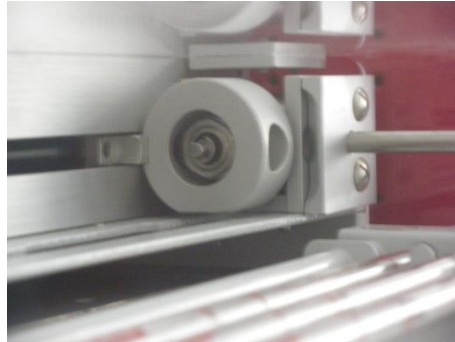
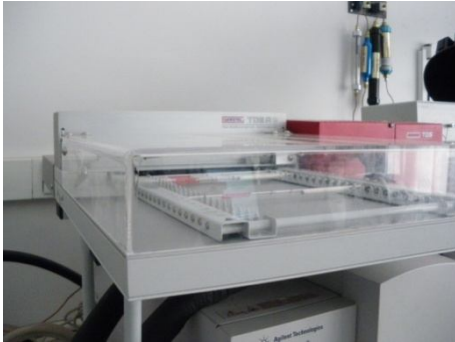
Οι παγίδες καθαρισμού των αερίων είναι: 1) παγίδα υδρογονανθράκων, 2) παγίδα υγρασίας, 3) παγίδα οξυγόνου, 4) παγίδα ένδειξης οξυγόνου.



**Σχήμα 7.20:** Παγίδες καθαρισμού αερίων.

## Αυτόματος δειγματολήπτης και σύστημα θερμικής εκρόφησης

Τοποθετούνται τα γυάλινα σωληνάκια δειγματοληψίας στον αυτόματο δειγματολήπτη. Έπειτα αυτός τα εισάγει στο σύστημα θερμικής εκρόφησης TDS. Η αρχική θερμοκρασία των δειγμάτων όταν φορτωθούν στον TDS είναι 40 °C. Εκεί θερμαίνονται για περίπου 7 λεπτά με ρυθμό αύξησης θερμοκρασίας 60 °C/min μέχρι να φθάσει στους 260 °C (τελική θερμοκρασία εκρόφησης) με ταυτόχρονη διαβίβαση Ηλίου. Η θερμοκρασία στην ίνα (Transfer line Capillary) μεταξύ του TDS και της κρουσπαγίδας βρίσκεται στους 280 °C.



**Σχήμα 7.21:** Αυτόματος δειγματολήπτης (ThermoDesorption Autosampler), GERSTEL TDS2.



Τριχοειδής ίνα

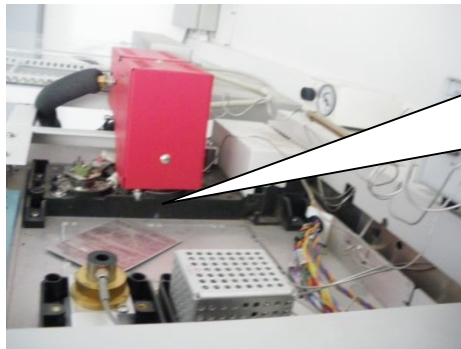
**Σχήμα 7.22:** Σύστημα θερμικής εκρόφησης (ThermoDesorption System), GERSTEL TDS.



Σχήμα 7.23: Ρυθμιστής θερμοκρασίας για το σύστημα TDS και κρυοπαγίδας.

### Κρυοπαγίδα/σύστημα ψύξης (Cool Injection System,CIS) με υγρό άζωτο

Οι εκροφημένες αέριες ενώσεις μεταφέρονται σε τριχοειδή κρυοπαγίδα, η οποία είναι απαραίτητη προκειμένου να επιτευχθεί συγκέντρωση του δείγματος πριν την εισαγωγή του στην χρωματογραφική στήλη. Οι εκροφημένες αέριες ενώσεις εισέρχονται στην κρυοπαγίδα με θερμοκρασία 260 °C και ψύχονται εκεί μέχρι τη θερμοκρασία των -120 °C με χρήση υγρού αζώτου. Στη συνέχεια η κρυοπαγίδα θερμαίνεται βαλλιστικά με ρυθμό 12 °C/sec μέχρι τους 0 °C και στη συνέχεια με ρυθμό 3 °C/sec μέχρι τους 320 °C όπου το δείγμα παραμένει για ένα λεπτό.

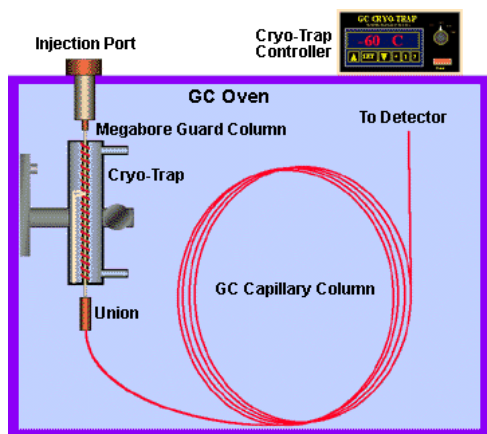


Σχήμα 7.24: Φιάλη υγρού αζώτου και το σύστημα (CIS).

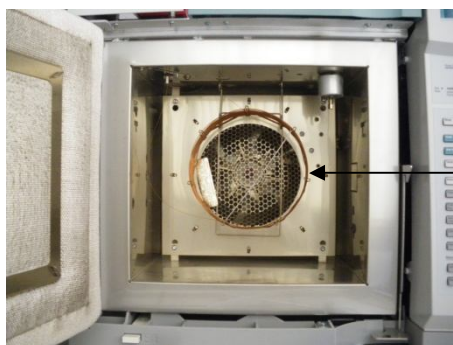
### Θάλαμος θέρμανσης της τριχοειδούς στήλης

Το δείγμα εισάγεται εξ ολοκλήρου με διαχωρισμό 1:10 στον αέριο χρωματογράφο. Το ποσό διαχωρισμού του δείγματος περιγράφεται με τον όρο split ratio, που είναι ο λόγος της ροής του φέροντος αερίου προς τη ροή του αερίου από την έξοδο split. Αρχικά το δείγμα μπαίνει στο θάλαμο στη θερμοκρασία των 35 °C και μένει εκεί για 4 min ενώ η θερμοκρασία του αυξάνεται με ρυθμό 8 °C/min έως ότου φθάσει στους 120 °C όπου παραμένει για 6 min και μετά αυξάνεται με ρυθμό 20 °C/min έως ότου φθάσει στους 220 °C όπου παραμένει για ένα λεπτό. Έπειτα η στήλη καθαρίζεται για 10 min.





**Σχήμα 7.25:** Αναπαράσταση του θαλάμου θέρμανσης της τριχοειδούς στήλης.



Τριχοειδής  
στήλη

**Σχήμα 7.26:** Θάλαμος θέρμανσης της τριχοειδούς στήλης (εξωτερικά-εσωτερικά), Agilent Technologies 6890N.

## Φασματογράφος μάζας

Ο φασματογράφος μάζας αποτελεί τον ανιχνευτή του αέριου χρωματογράφου και κάνει την ταυτοποίηση των ουσιών.



**Σχήμα 7.27:** Φασματογράφος μάζας, Agilent Technologies 62579A.

## Καταγραφέας (ηλεκτρονικός υπολογιστής)

Στον ηλεκτρονικό υπολογιστή γίνεται η επεξεργασία των αποτελεσμάτων και καταγραφή του χρωματογραφήματος.



**Σχήμα 7.28:** Καταγραφέας



### 7.3.6.2 Ανάλυση δειγμάτων καρβονυλικών ενώσεων

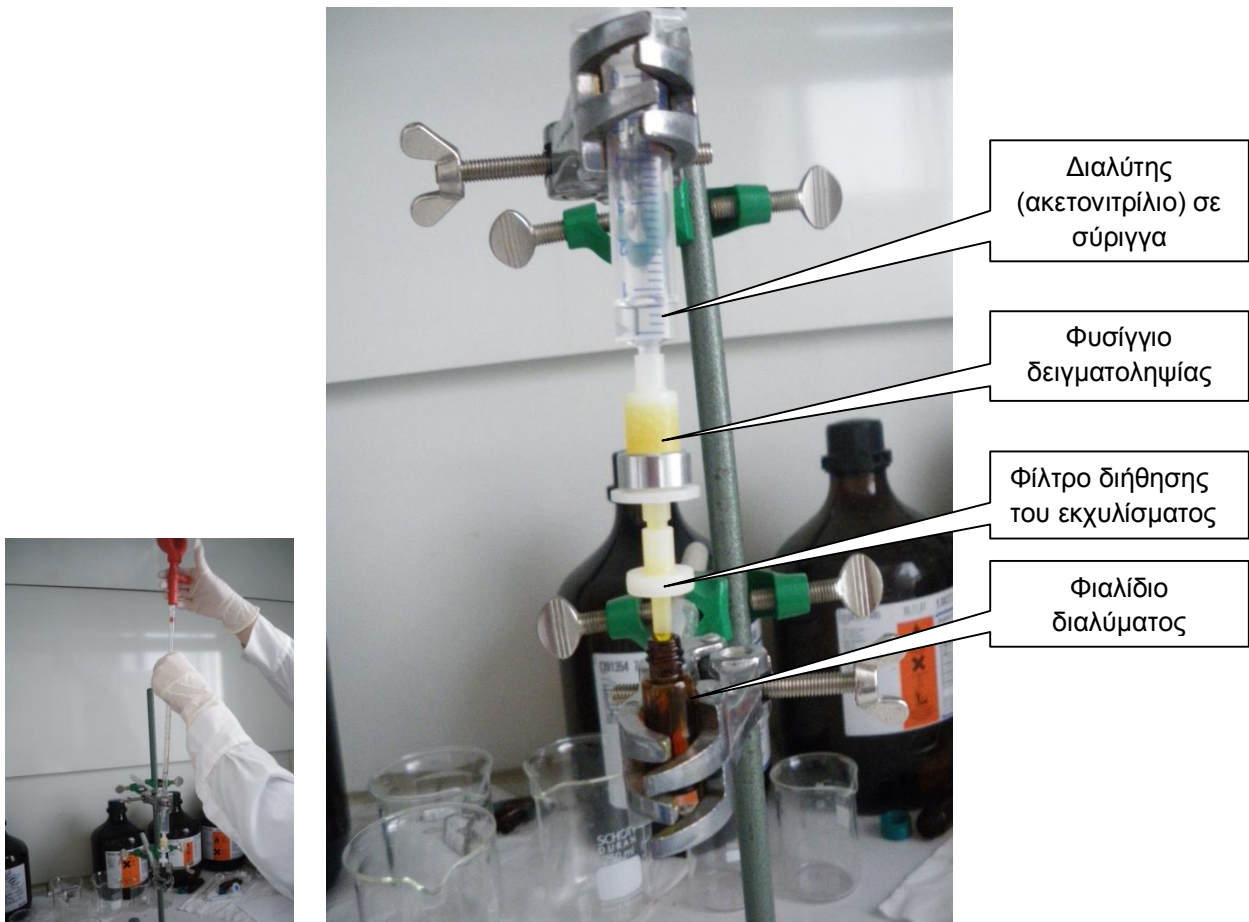
Για την ανάλυση των καρβονυλικών ενώσεων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης HPLC με υγρό χρωματογράφο της εταιρείας Agilent Technologies 1100 Series.

#### **Προετοιμασία δειγμάτων – μέθοδος εκχύλισης στερεής φάσης (Solid Phase Extraction, SPE)**

Για την ομάδα των καρβονυλικών ενώσεων τα δείγματα συλλέχθηκαν σε φουσίγγια που περιείχαν 2,4 δινιτροφαιλυδραζίνη (DNPH). Πριν όμως από την ανάλυση τους στον χρωματογράφο υπέστησαν ένα διαχωρισμό με τη μέθοδο της εκχύλισης στερεής φάσης (Solid Phase Extraction, SPE).

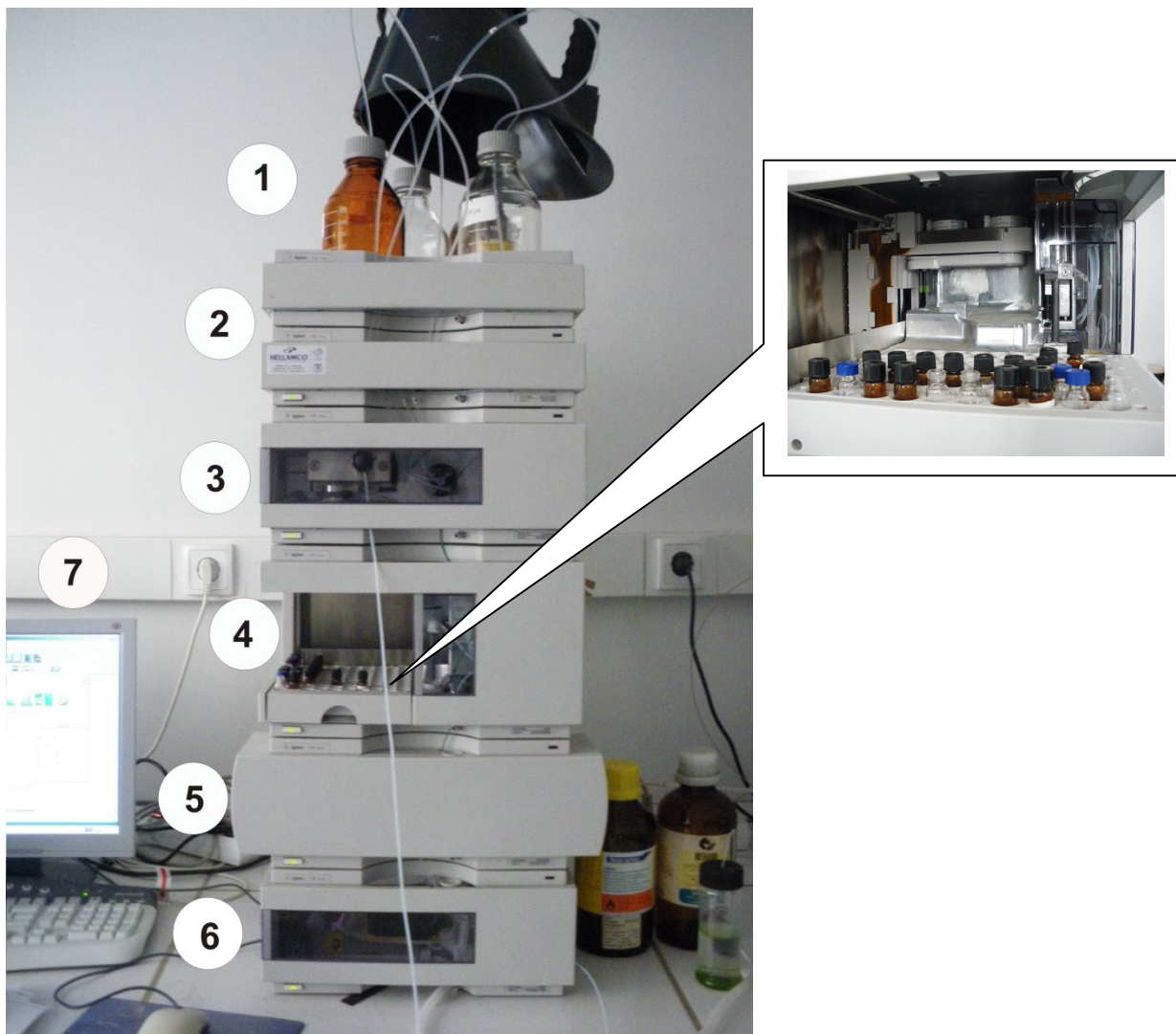
Το κάθε δείγμα, έως ότου αναλυθεί, είχε αποθηκευτεί σε ψυγείο σε ειδική προστατευτική συσκευασία. Αφού αφαιρέθηκαν τα προστατευτικά πώματα, ενώθηκε με μια σύριγγα στην επάνω πλευρά και ένα δίσκο (ειδικό φίλτρο) στην κάτω. Όλο αυτό τοποθετήθηκε σε ένα εργαλείο συγκράτησης (μέγγενη). Ακριβώς από κάτω τοποθετήθηκε σε μικρή απόσταση ένα σκουρόχρωμο φιαλίδιο (όγκου 2ml). Με τη βοήθεια του διαλύτη ακετονιτριλίου (2ml), ο οποίος εκχύθηκε στη σύριγγα μέσω σιφωνίου, και με πίεση του εμβόλου της σύριγγας δημιουργήθηκε υγρό διάλυμα με το διαλύτη και τις ουσίες που αποδεσμεύτηκαν από τη δινιτροφαιλυδραζίνη (Εικόνα 7.23).

Το φιαλίδιο με το υγρό πλέον διάλυμα στέλνεται στον υγρό χρωματογράφο για ανάλυση. Η προετοιμασία του δείγματος είναι βασικό τμήμα της ανάλυσης με HPLC, που αποσκοπεί στην παραλαβή ενός ομογενούς και αναπαραγωγίμου διαλύματος, το οποίο είναι κατάλληλο για έγχυση στη χρωματογραφική στήλη.



**Σχήμα 7.29:** Εκχύλιση στερεής φάσης (Solid Phase Extraction, SPE).

Σημαντικό είναι πριν μπει κάποιο δείγμα στον υγρό χρωματογράφο για ανάλυση να έχει πραγματοποιηθεί ένα blank τεστ, δηλαδή ένα τεστ με ένα άδειο φιαλίδιο το οποίο θα δείξει εάν τα εν λόγω φιαλίδια στα οποία αποθηκεύονται τα δείγματα εκπέμπουν ουσία που θα επηρέαζε την ανάλυση των δειγμάτων.



**Σχήμα 7.30:** Σύστημα υγρής χρωματογραφίας HPLC.

Τα μέρη του υγρού χρωματογράφου υψηλής απόδοσης:

1. Φιάλες αποθήκευσης διαλυτών (Reservoirs)
2. Απαεριοτής (Degasser)
3. Αντλία (Pump)
4. Αυτόματος δειγματολήπτης (ALS)
5. Στήλη χρωματογραφίας (Column)
6. Ανιχνευτής (Detector)
7. Καταγραφέας (Υπολογιστής, εκτυπωτής)

## Φιάλες αποθήκευσης διαλυτών

Οι διαλύτες αποτελούν την κινητή φάση του υγρού χρωματογράφου. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δυο φιάλες αποθήκευσης διαλυτών στις οποίες είχαν τοποθετηθεί ακετονιτρίλιο (ACN) και νερό υψηλής καθαρότητας (H<sub>2</sub>O).

Το εκλουστικό (μίγμα H<sub>2</sub>O και ACN) είχε ρυθμό παροχής 1ml/min. Η διάρκεια του χρωματογραφήματος ήταν 30 min και τα ποσοστά αναμιξιμότητας των διαλυτών σε αυτό το χρόνο ήταν τα παρακάτω:

Χρόνος μηδέν (t=0 min): 50% H<sub>2</sub>O και 50% ACN

Χρόνος τριάντα (t=30 min): 25% H<sub>2</sub>O και 75% ACN



Σχήμα 7.31: Διαλύτες του υγρού χρωματογράφου

## Απαεριωτής

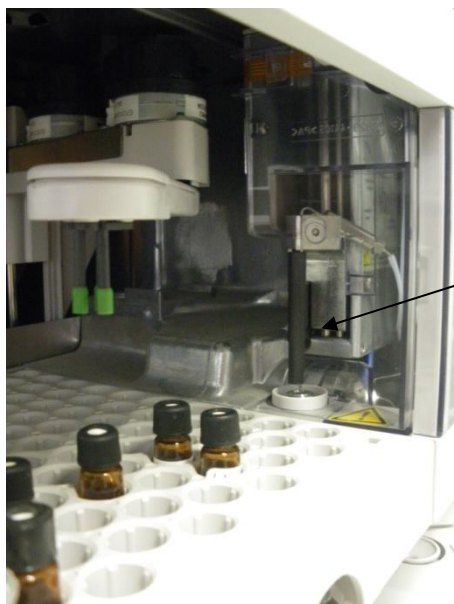
Ο απαεριωτής «διώχνει» όλα τα διαλυμένα αέρια από τους διαλύτες. Η απαέρωση γίνεται με ειδικές μεμβράνες που κατακρατούν όλα τα διαλυμένα αέρια και έχουμε ελάττωση της πίεσης.

## Αντλία

Η αντλία παραλαμβάνει το μείγμα των διαλυτών και το προωθεί στη στήλη ρυθμίζοντας την πίεση στο σύστημα. Η μέγιστη πίεση του συστήματος μπορεί να φθάσει τα 164 bar.

## Αυτόματος δειγματολήπτης

Ο αυτόματος δειγματολήπτης εισάγει τα φιαλίδια με το υγρό διάλυμα, όπου με βελόνα συλλέγονται 5 μl και οδηγούνται στην στήλη.



Βελόνα εισαγωγής δείγματος

Σχήμα 7.32: Αυτόματος δειγματολήπτης

### Στήλη χρωματογραφίας

Ο υγρός χρωματογράφος χρησιμοποιεί αναλυτική στήλη διαστάσεων 3,9x300 mm για το διαχωρισμό των συστατικών του δείγματος.



Αναλυτική στήλη

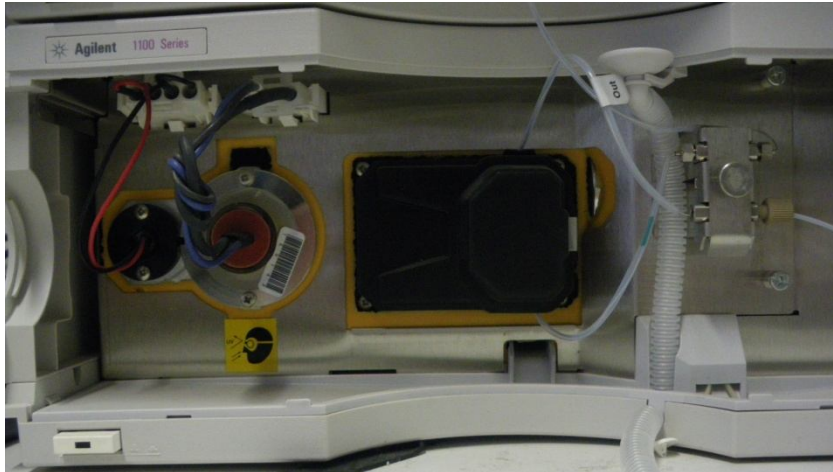
Σχήμα 7.33: Αναλυτική στήλη υγρού χρωματογράφου.

### Ανιχνευτής

Ο ανιχνευτής του υγρού χρωματογράφου είναι ορατού – υπεριώδους (Visible-Ultraviolet) και σειράς φωτοδιοδίων (Diode Array Detector, DAD). Ο ανιχνευτής ορατού – υπεριώδους<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ορατού Vis 400-800 nm και υπεριώδους UV 190-400 nm.

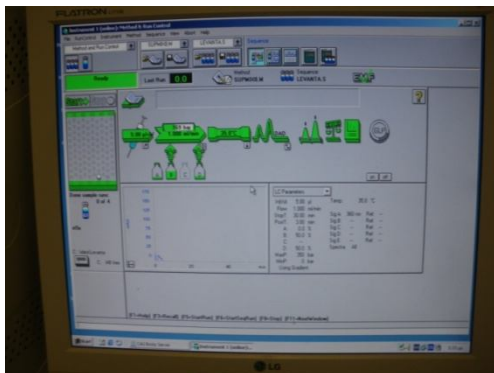
απορροφά την ακτινοβολία σε μήκος κύματος 360,16 nm. Με τον ανιχνευτή σειράς φωτοδιοδίων διέρχεται πολυχρωματική ακτινοβολία από την κυψελίδα του ανιχνευτή. Η προκύπτουσα ακτινοβολία διαθλάται και στη συνέχεια προσπίπτει σε σειρά φωτοδίοδων. Κάθε μία φωτοδίοδος δέχεται μία διαφορετική δέσμη με μικρό εύρος μήκους κύματος.



**Σχήμα 7.34:** Ανιχνευτής υγρού χρωματογράφου (Vis-UV, DAD).

## Καταγραφέας

Στον ηλεκτρονικό υπολογιστή γίνεται η επεξεργασία των αποτελεσμάτων και καταγραφή του χρωματογραφήματος.



**Σχήμα 7.35:** Καταγραφέας υγρού χρωματογράφου



# 8

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Τα δείγματα που λήφθηκαν από τα δύο οικοδομικά υλικά, MDF και Laminate, αναλύθηκαν με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρία μάζας και υγρής χρωματογραφίας.

Τα αποτελέσματα των VOC από την ανάλυση με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρία μάζας και τα αποτελέσματα των καρβονυλικών ενώσεων με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας δίνονται σε μg. Ο υπολογισμός της τελικής συγκέντρωσης της κάθε ουσίας γίνεται ως εξής:

$$M_{i\text{τελικό}} = M_{i\text{μέτρησης}} - M_{i\text{background}} \quad (8.1)$$

$$C_{i\text{τελικό}} = \frac{M_{i\text{τελικό}}}{V_{\text{air}\delta\text{ειγματοληψίας}}} \quad (8.2)$$

Όπου:

$M_i$ : μάζα ένωσης που ανιχνεύθηκε σε μg

$C_i$ : συγκέντρωση ένωσης που ανιχνεύθηκε σε μg/m<sup>3</sup>

$V_{\text{air}\delta\text{ειγματοληψίας}}$ : ο όγκος του αέρα που προσροφά η αντλία κατά τη διάρκεια μιας δειγματοληψίας σε m<sup>3</sup>

### Υπολογισμός TVOC

Η τιμή TVOC προκύπτει από την ολοκλήρωση των αποκρίσεων του χρωματογραφήματος που εκλούνται 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:

$$RF_{\text{toluene}} = \frac{\text{Amount Substance [ng]}}{\text{Integrated Peak Area}_{\text{toluene}}} \quad (8.3)$$

$$m(\text{TVOC}) = RF_{\text{toluene}} * \text{Integrated Peak Area} \quad (8.4)$$

Όπου:

$RF_{\text{toluene}}$ : Ρυθμός απόκρισης τολουολίου

Amount Substance: Ποσότητα τολουολίου

Integrated Peak Area: Εμβαδόν της κορυφής της ένωσης

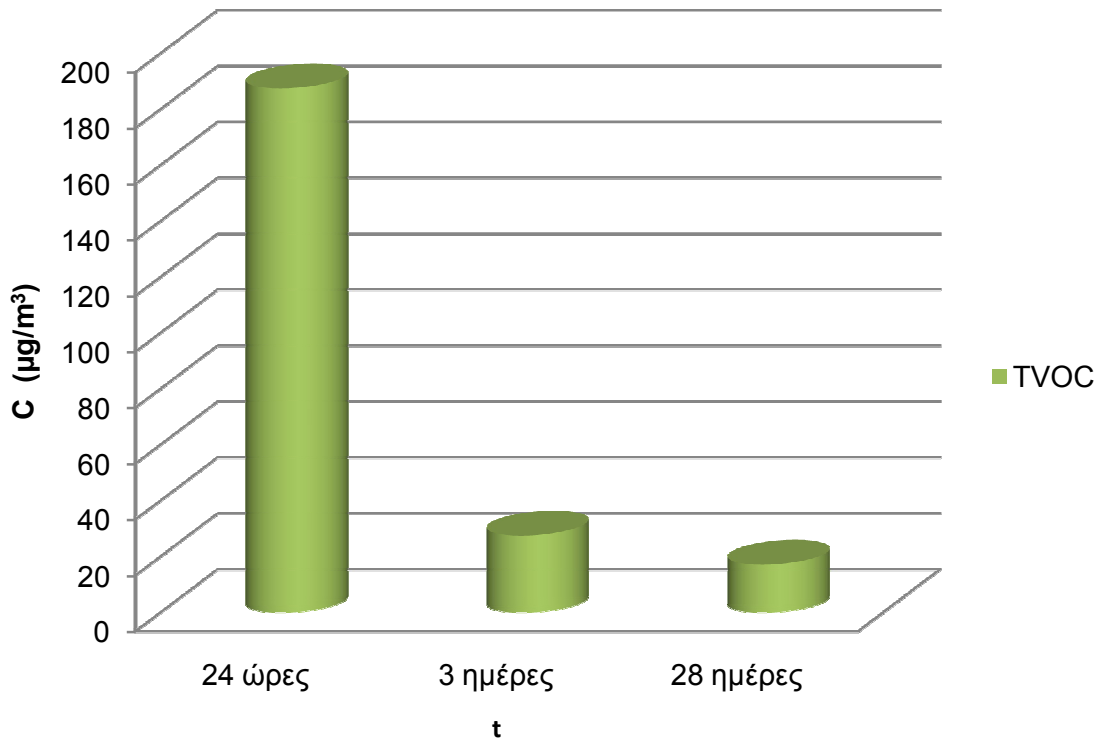
$m(\text{TVOC})$ : μάζα των συνολικών πτητικών οργανικών ενώσεων





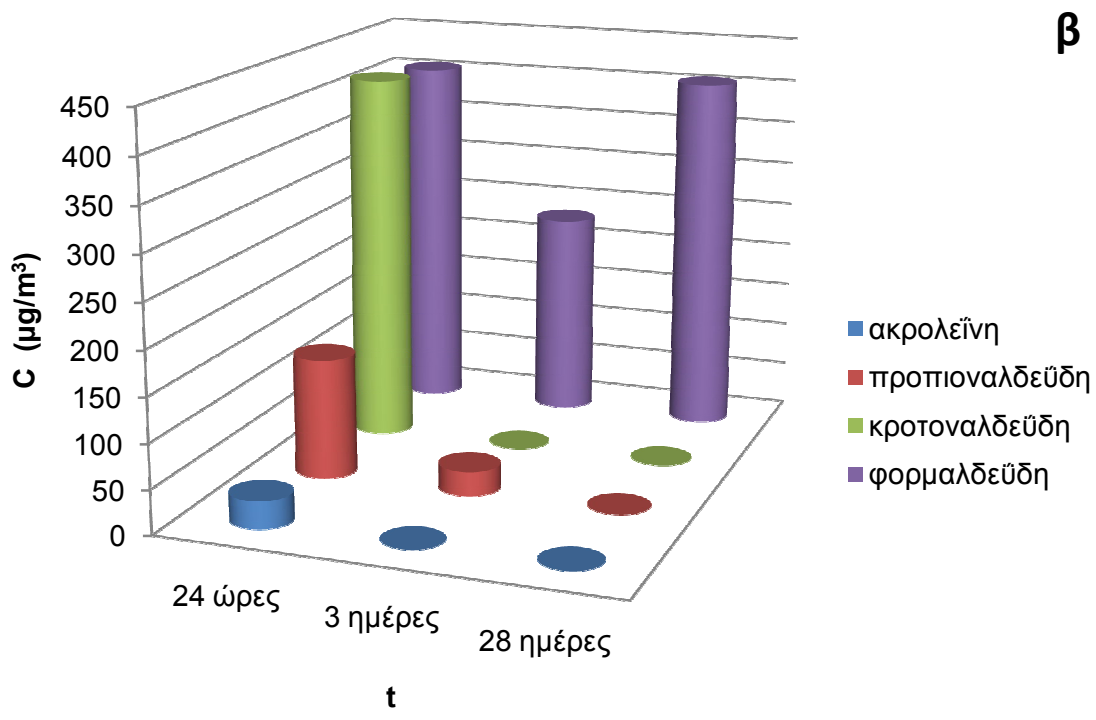
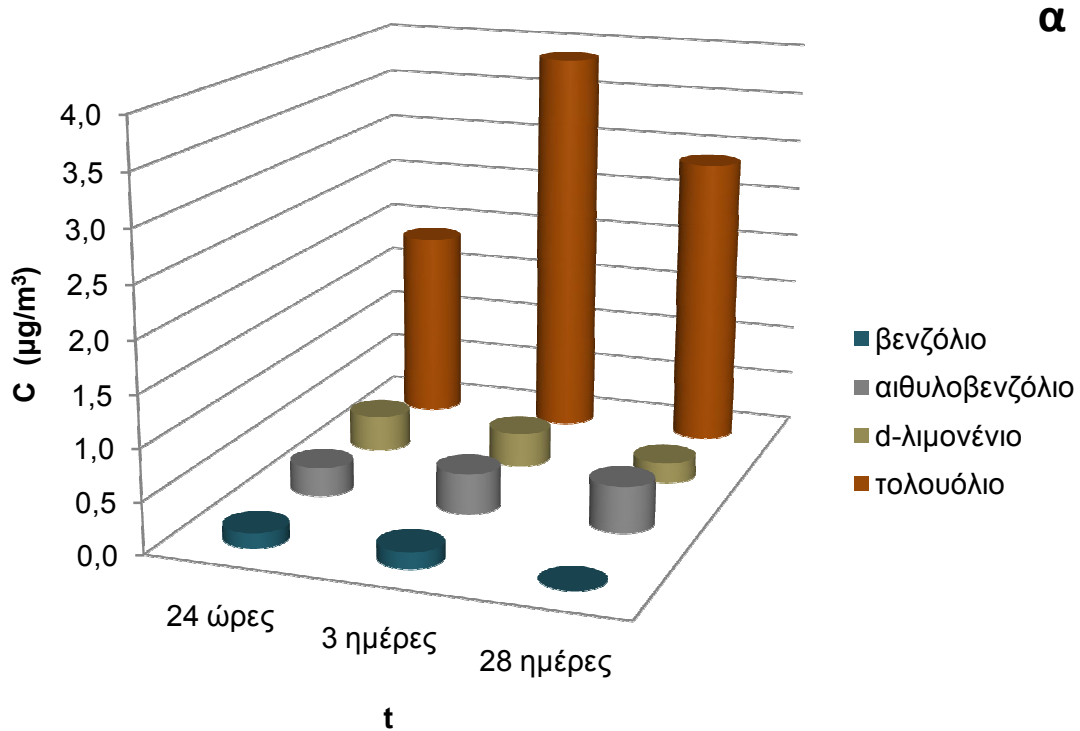
**Πίνακας 8.2:** Συνολικά αποτελέσματα εκπομπών για το MDF

	Ένωση	Κατηγορίες IARC	Ρυθμός Εκπομπών (μg/m <sup>2</sup> h) μετά από		
			24 ώρες	3 ημέρες	28 ημέρες
VOC	βενζόλιο	C1	0,18	0,20	0,00
	τολουόλιο	C3	2,35	4,84	3,60
	αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,35	0,50	0,56
	p+m ξυλένιο		0,29	0,95	0,88
	ο-ξυλένιο		0,15	0,55	0,61
	α-πινένιο		1,85	0,93	1,56
	d-λιμονένιο	C3	0,44	0,43	0,25
	ακρολεΐνη	C3	38,61	0,00	0,00
	κροτοναλδεΐδη	C3	523,85	0,00	0,00
	μεθακρολεΐνη		236,48	0,00	0,00
	m-τολουαλδεΐδη		28,65	0,00	0,00
	TVOC		234,39	34,44	21,43
VOC	φορμαλδεΐδη	C1	507,81	291,03	508,55
	ακεταλδεΐδη		26,49	7,90	7,53
	ακετόνη		96,70	0,00	53,21
	προπιοναλδεΐδη	C3	170,21	34,21	0,00
	βουτυραλδεΐδη		71,21	0,00	0,00



**Σχήμα 8.1:** Συγκεντρώσεις των TVOC του MDF.

Στο Σχήμα 8.1 παρατηρείται ότι η συγκέντρωση των TVOC του υλικού MDF έχει τη μεγαλύτερη τιμή την πρώτη ημέρα δειγματοληψίας. Τις υπόλοιπες ημέρες μειώνεται σημαντικά και καταλήγει την 28<sup>η</sup> ημέρα να υποδεκαπλασιάζεται σε σχέση με την αρχική συγκέντρωση.



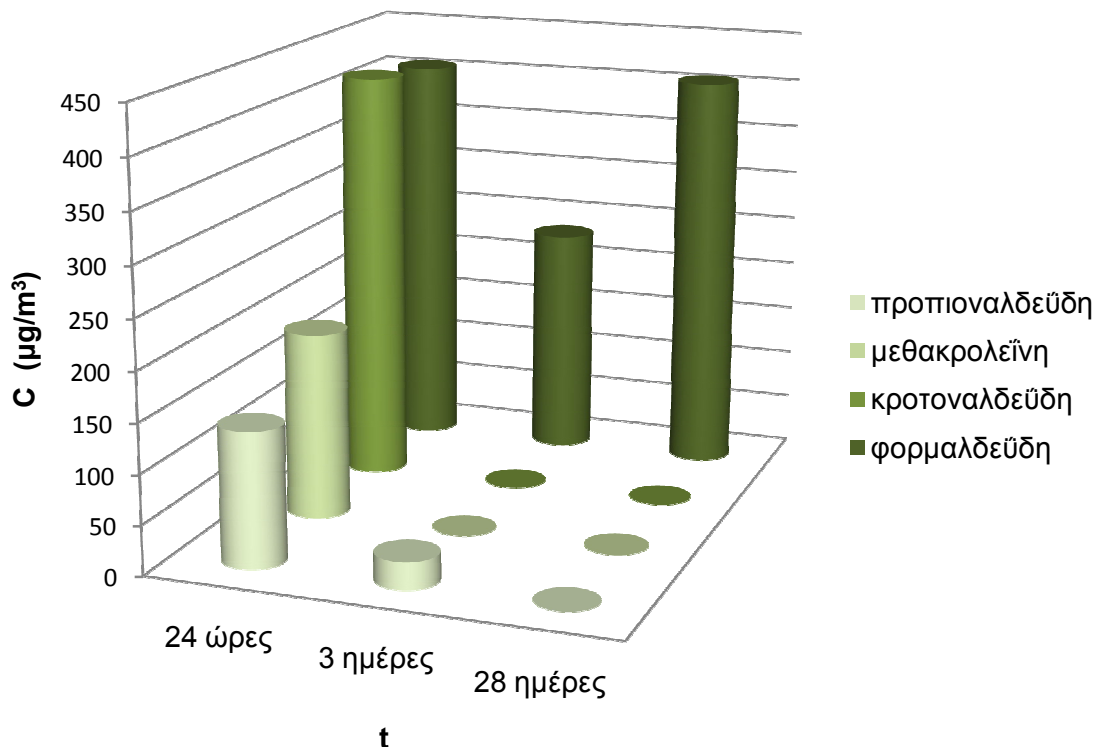
**Σχήμα 8.2:** Συγκεντρώσεις των ενώσεων του MDF.

Στο Σχήμα 8.2α και 8.2β παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των ενώσεων του MDF κατηγοριοποιημένες σύμφωνα με τον IARC<sup>2</sup> ως προς την καρκινογένεση ή την πιθανότητα

<sup>2</sup> Παράρτημα

καρκινογένεσης. Συγκεκριμένα στο Σχήμα 8.2α βρίσκονται οι ενώσεις με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Το τολουόλιο, κατηγορίας 3 (C3) μη ταξινομήσιμο σχετικά με καρκινογένεση για τον άνθρωπο, όπως παρατηρείται έχει την υψηλότερη συγκέντρωση την 3<sup>η</sup> ημέρα ενώ την χαμηλότερη την 1<sup>η</sup>. Η συγκέντρωση του d-λιμονένιου, κατηγορίας 3 (C3) μη ταξινομήσιμο σχετικά με καρκινογένεση για τον άνθρωπο, μειώνεται σταδιακά στη διάρκεια των ημερών σε αντίθεση με εκείνη του αιθυλοβενζολίου, κατηγορίας 2B (C2-B) πιθανώς καρκινογόνος, η οποία αυξάνεται σταδιακά. Η τιμή του βενζολίου, καρκινογόνος ένωση κατηγορίας 1(C1), παραμένει σχετικά σταθερή τις πρώτες 3 ημέρες ενώ στην 28<sup>η</sup> μηδενίζεται.

Στο Σχήμα 8.2β βρίσκονται οι ενώσεις με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις με τη φορμαλδεΐδη, καρκινογόνος ένωση κατηγορίας 1(C1), να έχει τη μεγαλύτερη τιμή σε όλες τις ημέρες. Η φορμαλδεΐδη την 3<sup>η</sup> ημέρα σχεδόν υποδιπλασιάζεται ενώ την 28<sup>η</sup> επανέρχεται στα αρχικά της επίπεδα. Η κροτοναλδεΐδη, κατηγορίας 3 (C3) μη ταξινομήσιμο σχετικά με καρκινογένεση για τον άνθρωπο, έχει πολύ υψηλή τιμή συγκέντρωσης την 1<sup>η</sup> ημέρα και στη συνέχεια μηδενίζεται έως και τις 28 ημέρες, την ίδια ακριβώς συμπεριφορά παρουσιάζει και η ακρολεΐνη, κατηγορίας 3 (C3) μη ταξινομήσιμο σχετικά με καρκινογένεση για τον άνθρωπο. Τέλος, η συγκέντρωση της προπιοναλδεΐδης, κατηγορίας 3 (C3) μη ταξινομήσιμο σχετικά με καρκινογένεση για τον άνθρωπο, έχει τη μεγαλύτερη τιμή την 1<sup>η</sup> ημέρα και στην συνέχεια μειώνεται ώσπου μηδενίζεται.



**Σχήμα 8.3:** Οι τέσσερις ενώσεις με τις μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων του MDF.

Το Σχήμα 8.3 αναπαριστά τις ενώσεις με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του MDF. Όλες οι ενώσεις έχουν την υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης την 1<sup>η</sup> ημέρα και την τελευταία ημέρα έχουν μηδενική τιμή εκτός της φορμαλδεΐδης η οποία έχει σχεδόν την ίδια συγκέντρωση με την 1<sup>η</sup> ημέρα. Παρατηρείται ότι την 1<sup>η</sup> ημέρα οι συγκεντρώσεις της φορμαλδεΐδης και της κροτοναλδεΐδης είναι στα ίδια περίπου επίπεδα.

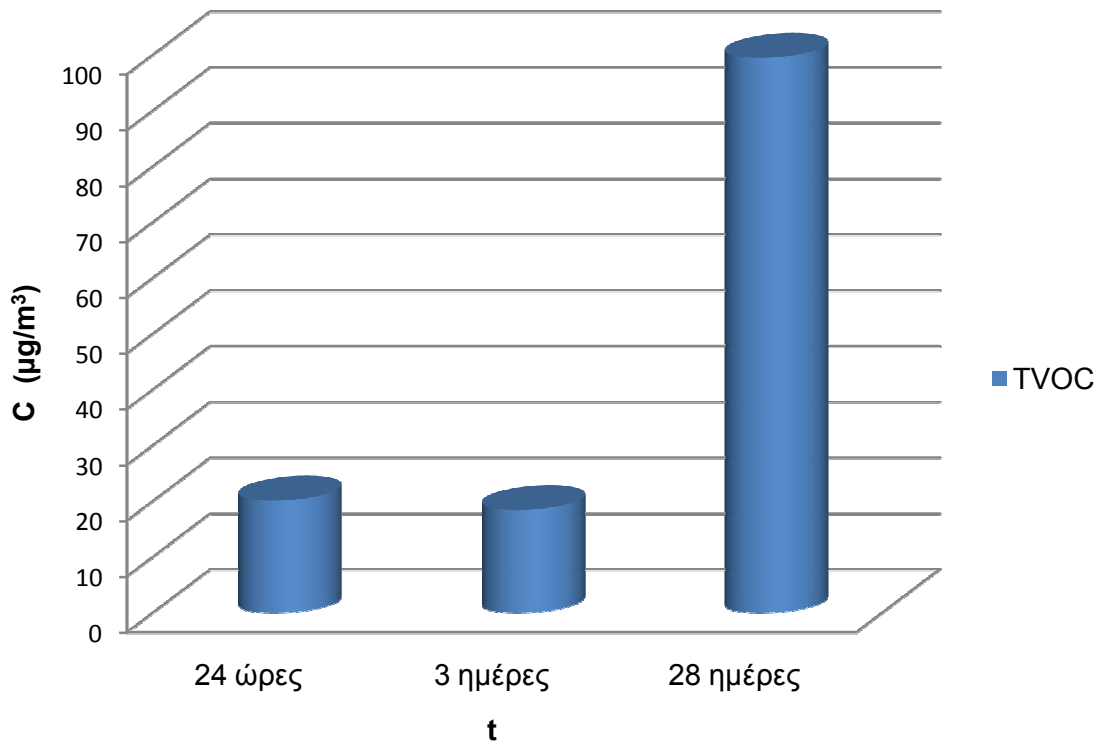
## 8.2 Αποτελέσματα του υλικού Laminate

Πινάκας 8.3: Συνολικά αποτελέσματα συγκεντρώσεων περιβαλλοντικού θαλάμου για το Laminate

Ένωση	Κατηγορίες IARC	Συγκέντρωση (μg/m <sup>3</sup> ) μετά από			
		24 ώρες	3 ημέρες	28 ημέρες	
VOC	βενζόλιο	C1	0,32	0,00	3,92
	τολουόλιο	C3	0,80	1,49	37,88
	οκτάνιο		0,30	0,00	3,16
	αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,22	0,45	8,19
	p+m ξυλένιο		1,24	0,15	28,67
	ο-ξυλένιο		0,14	0,29	7,29
	α-πινένιο		1,30	0,49	0,00
	1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο		0,01	0,27	2,38
	1,2,3-τριμεθυλοβενζόλιο		0,04	0,00	0,07
	d-λιμονένιο	C3	0,62	1,26	4,37
	εξανάλη		10,19	0,00	0,00
	TVOC		20,13	18,45	99,5
WOC	φορμαλδεΐδη	C1	776,41	292,85	332,27
	ακεταλδεΐδη		9,66	0,00	0,00
	ακετόνη		511,64	221,27	173,11

**Πίνακας 8.4:** Συνολικά αποτελέσματα εκπομπών για το Laminate

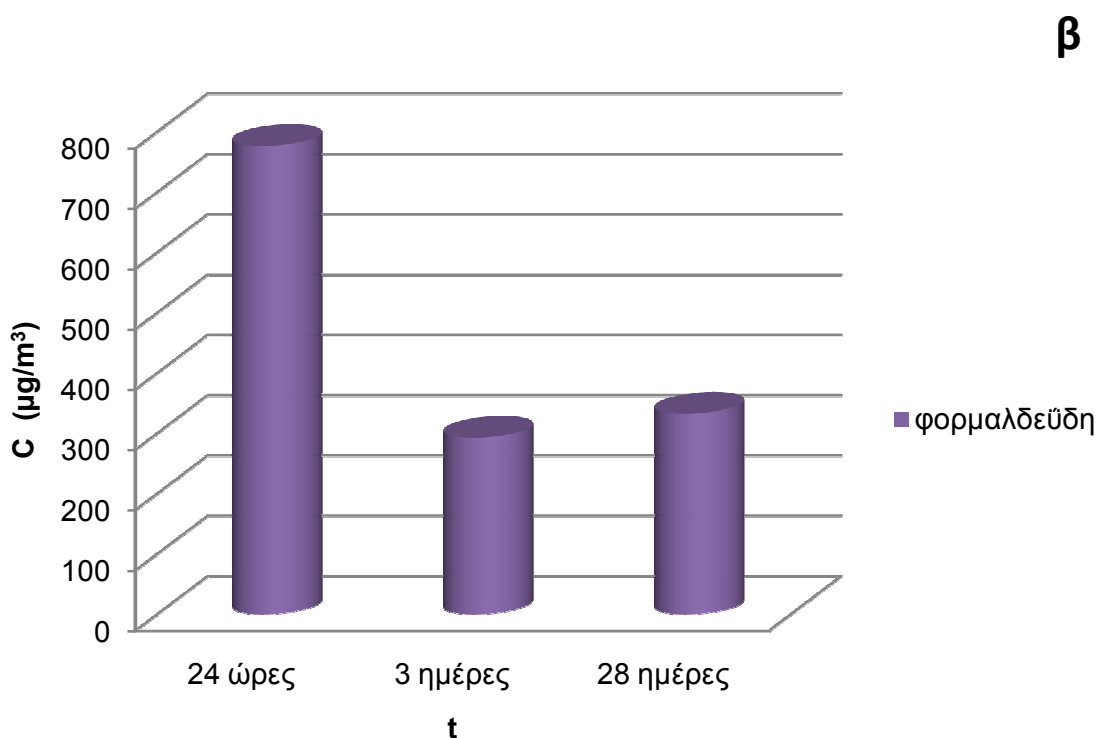
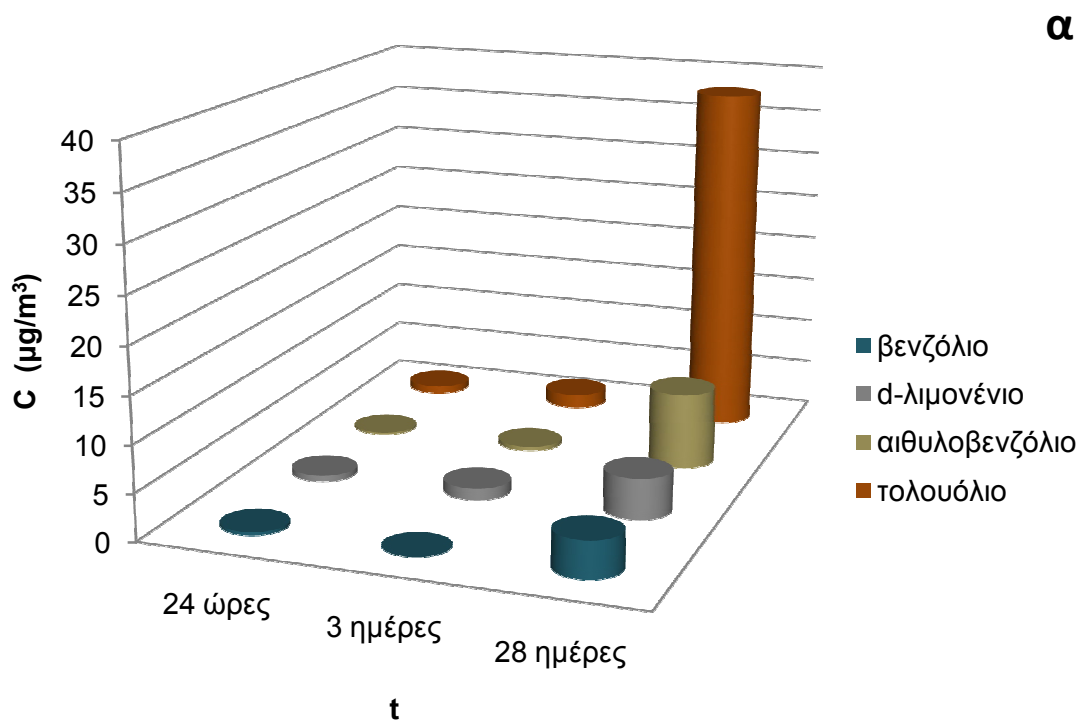
	Ένωση	Κατηγορίες IARC	Ρυθμός Εκπομπών (μg/m <sup>2</sup> h) μετά από		
			24 ώρες	3 ημέρες	28 ημέρες
VOC	βενζόλιο	C1	0,40	0,00	4,90
	τολουόλιο	C3	1,00	1,86	47,35
	οκτάνιο		0,38	0,00	3,95
	αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,28	0,56	10,24
	p+m ξυλένιο		1,55	0,19	35,84
	ο-ξυλένιο		0,18	0,36	9,11
	α-πινένιο		1,63	0,61	0,00
	1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο		0,01	0,34	2,98
	1,2,3-τριμεθυλοβενζόλιο		0,05	0,00	0,09
	d-λιμονένιο	C3	0,78	1,58	5,46
	εξανάλη		12,74	0,00	0,00
	TVOC		25,16	23,06	124,38
VOC	φορμαλδεΐδη	C1	970,51	366,06	415,34
	ακεταλαδεΐδη		12,08	0,00	0,00
	ακετόνη		639,55	276,59	216,39



**Σχήμα 8.4:** Συγκεντρώσεις των TVOC του Laminate.

Στο Σχήμα 8.4 παρατηρείται ότι η τιμή της συγκέντρωσης των TVOC του υλικού Laminate την 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> ημέρα παραμένει σταθερή και σε χαμηλά επίπεδα. Την 28<sup>η</sup> ημέρα αυξάνεται σημαντικά με τιμή σχεδόν πενταπλάσια σε σχέση με την 3<sup>η</sup> ημέρα.



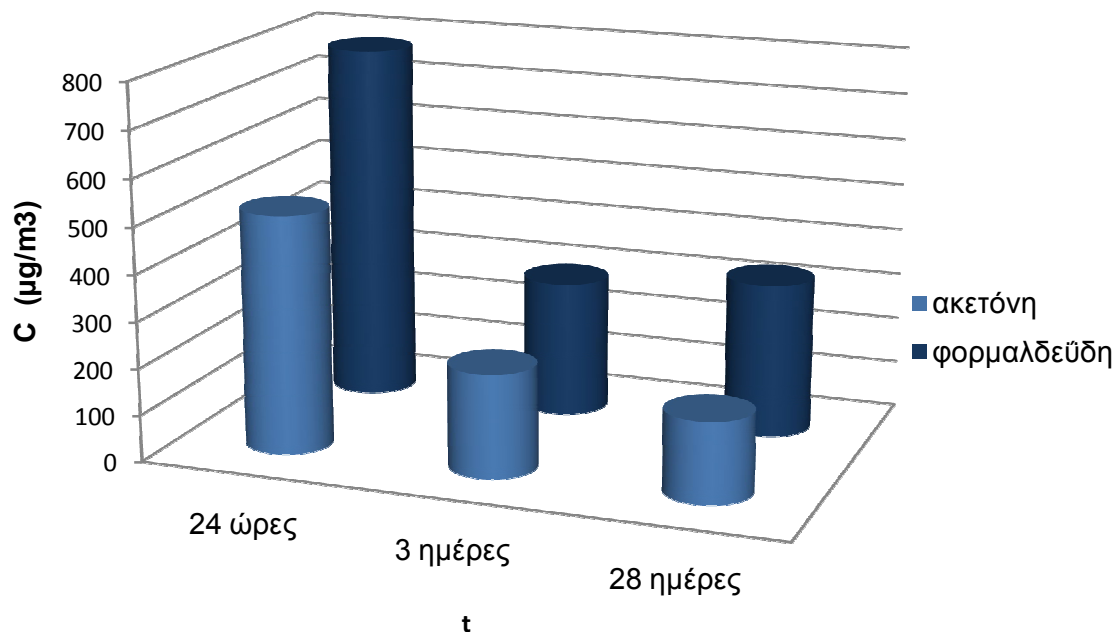


**Σχήμα 8.5:** Συγκεντρώσεις των ενώσεων του Laminate.

Στο Σχήμα 8.5α και 8.5β παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των ενώσεων του Laminate κατηγοριοποιημένες σύμφωνα με τον IARC ως προς την καρκινογένεση ή την πιθανότητα καρκινογένεσης. Συγκεκριμένα στο Σχήμα 8.5α βρίσκονται οι ενώσεις με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Παρατηρείται ότι και οι τέσσερις ενώσεις βενζόλιο (C1), d-λιμονένιο (C3), αιθυλοβενζολίο (C2-B), τολουόλιο (C3), έχουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση την 28<sup>η</sup> ημέρα

ενώ τις προηγούμενες ημέρες είναι πολύ χαμηλές σχεδόν μηδενικές. Το τολουόλιο έχει την υψηλότερη συγκέντρωση από τις υπόλοιπες ενώσεις.

Στο Σχήμα 8.5β απεικονίζεται η ένωση με την μεγαλύτερη συγκέντρωση του υλικού Laminate η οποία είναι η φορμαλδεΐδη (C1). Συγκεκριμένα έχει τη μεγαλύτερη τιμή την 1<sup>η</sup> ημέρα και στη συνέχεια μειώνεται και παραμένει σχετικά σταθερή έως και τις 28 ημέρες.



**Σχήμα 8.6:** Οι δύο ενώσεις με τις μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων του Laminate.

Στο Σχήμα 8.6 παρατηρούνται πολύ υψηλές τιμές συγκεντρώσεων της ακετόνης και της φορμαλδεΐδης την 1<sup>η</sup> ημέρα και στη συνέχεια μειώνονται. Η συγκέντρωση της ακετόνης είναι καθ' όλη τη διάρκεια των ημερών φθίνουσα, σε αντίθεση με της φορμαλδεΐδης η οποία αυξάνεται μερικώς από την 3<sup>η</sup> στην 28<sup>η</sup> ημέρα.

### 8.3 Σύγκριση των αποτελεσμάτων με άλλες μελέτες

Τα αποτελέσματα των υλικών MDF και Laminate συγκρίθηκαν με παρόμοιες μελέτες που έχουν διεξαχθεί. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών αντλήθηκαν από την ευρωπαϊκή βάση δεδομένων **BUMA** του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

**Πίνακας 8.5:** Σύγκριση των αποτελεσμάτων του MDF με άλλες μελέτες

Ένωση	Χρόνος δειγματοληψίας	Παρούσα εργασία	Άλλες μελέτες	
		Ρυθμός Εκπομπών MDF ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ )	Ρυθμός Εκπομπών MDF ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ )	Πηγή
TVOC	24 ώρες	234,39	483	<i>Barero-2009</i>
			1030	<i>Brown-1999</i>
			200	<i>Yu- 2004</i>
			450	<i>BMES- 2003</i>
TVOC	3 ημέρες	34,44	486	<i>Barero-2009</i>
TVOC	28 ημέρες	21,43	365	<i>Barero-2009</i>
CH <sub>2</sub> O	24 ώρες	507,81	380	<i>Brown-1999</i>
			550	<i>BMES- 2003</i>
			364	<i>Kelly - 1999</i>

Πηγή: uowm/mech/etl/bumadatabase

**Πίνακας 8.6:** Σύγκριση των αποτελεσμάτων του Laminate με άλλες μελέτες

Ένωση	Χρόνος δειγματοληψίας	Παρούσα εργασία	Άλλες μελέτες	
		Ρυθμός Εκπομπών Laminate ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ )	Ρυθμός Εκπομπών Laminate ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ )	Πηγή
TVOC	24 ώρες	25,16	92,5	<i>Horn-2007</i>
			491,54	<i>IA-QUEST-2005</i>
TVOC	3 ημέρες	23,06	70	<i>Horn-2007</i>
TVOC	28 ημέρες	124,38	11,25	<i>Horn-2007</i>
CH <sub>2</sub> O	24 ώρες	970,51	125	<i>Horn-2007</i>
CH <sub>2</sub> O	3 ημέρες	366,06	11,25	<i>Horn-2007</i>
CH <sub>2</sub> O	28 ημέρες	415,34	13,75	<i>Horn-2007</i>

Πηγή: uowm/mech/etl/bumadatabase



# 9

## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ MDF ΚΑΙ LAMINATE ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

### 9.1 Εισαγωγή

Τελικό στάδιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση των δύο οικοδομικών υλικών, MDF και Laminate, ως προς την εναρμόνιση τους με τα πιο σημαντικά ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης. Απαραίτητη προϋπόθεση για την απονομή των σημάτων στα υλικά είναι η πλήρης ικανοποίηση όλων των κριτηρίων που τίθενται.

Παρά την ενιαία αγορά δεν υπάρχει, μέχρι στιγμής, ένα ενιαίο και εναρμονισμένο σύστημα πιστοποίησης για τον έλεγχο των οικοδομικών υλικών που να είναι διαθέσιμο στην Ευρώπη. Οι ευρωπαϊκές χώρες που έχουν τουλάχιστον ένα σύστημα πιστοποίησης έχουν θέσει τα δικά τους όρια για τις ελάχιστες συγκεντρώσεις των ενώσεων που εκπέμπουν. Τα συστήματα αυτά έχουν ως κοινή βάση την έκθεση ECA No. 18 με τίτλο «Αξιολόγηση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων από οικοδομικά υλικά-υλικά δαπέδου» (“Evaluation of VOC Emissions from Building Products – Solid Flooring Materials”), που δημοσιεύτηκε το 1997.

Η αξιολόγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων των MDF και Laminate έγινε με βάση τα εξής:

- ECA Report No. 18
- AgBB
- AFSSET
- M1
- LQAI

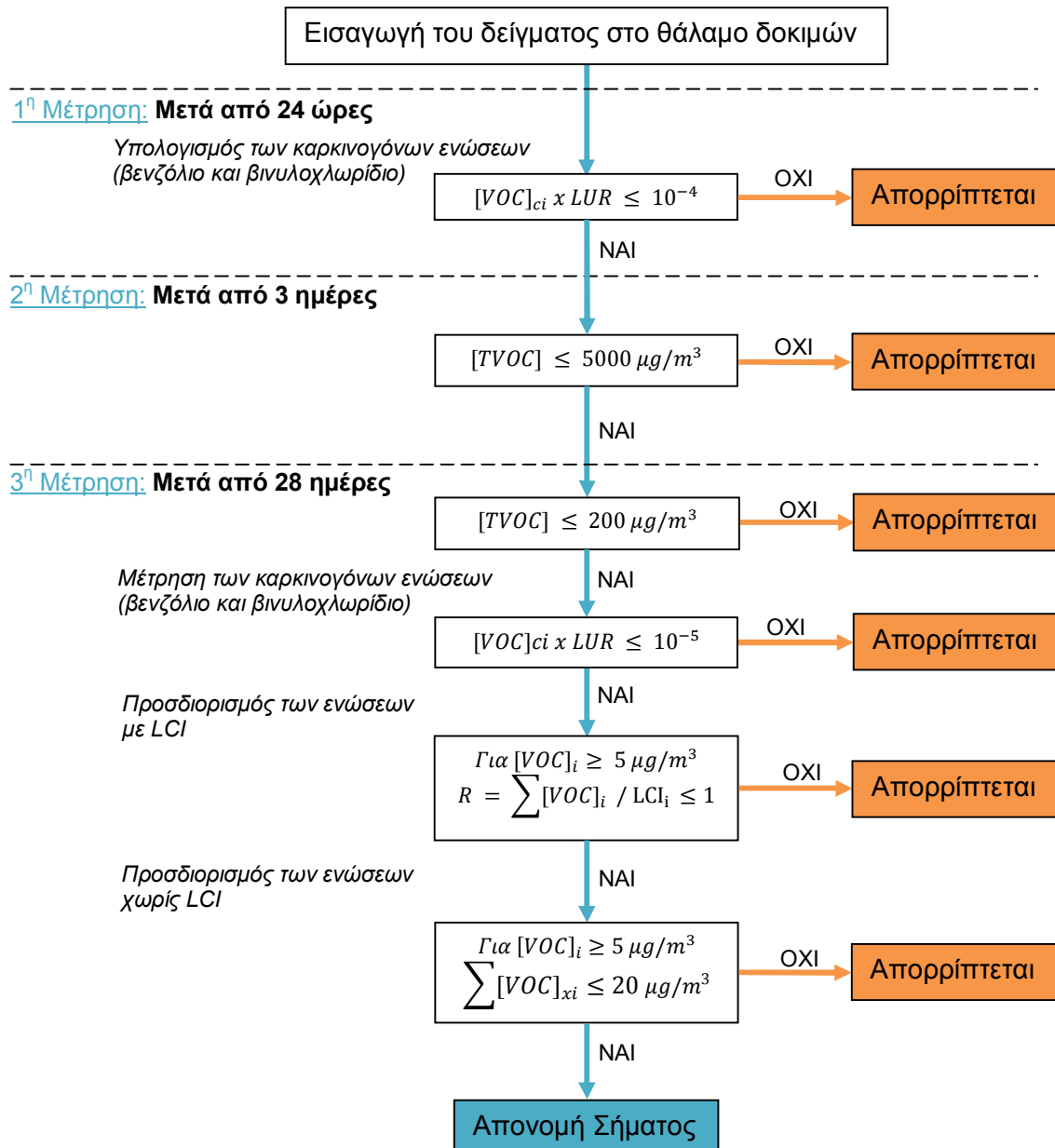
Καθένα από τα παραπάνω συστήματα έχει το δικό του διάγραμμα ροής αξιολόγησης οικοδομικών υλικών και συνεπώς τα δικά του όρια. Επιλέχθηκαν συστήματα από διάφορες ευρωπαϊκές χώρες (Γερμανία, Γαλλία, Φιλανδία, Πορτογαλία) ώστε να υπάρξει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την αξιολόγηση των υλικών. Η πειραματική διαδικασία για όλα τα παραπάνω βασίζεται στη σειρά προτύπων ISO 16000. Τα αυστηρότερα όρια θέτει το σύστημα M1 και τα λιγότερο αυστηρά θέτει το σύστημα AFSSET.

Για τεχνικούς λόγους η αξιολόγηση των υλικών με μετρήσεις αισθητηριακού ερεθισμού δεν πραγματοποιήθηκαν στο χώρο του εργαστηρίου.

## 9.2 Αξιολόγηση των MDF και Laminate με βάση τα πέντε ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης

### 9.2.1 Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του ECA Report No. 18

Το ECA Report No. 18 ορίζει να γίνονται 3 μετρήσεις την 1<sup>η</sup>, την 3<sup>η</sup> και την 28<sup>η</sup> ημέρα από την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν VOC, TVOC.



Σχήμα 9.1: Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του ECA Report No. 18.

### **1<sup>η</sup> Μέτρηση: 24 ώρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών**

Υπολογισμός των καρκινογόνων ενώσεων βενζολίου και βινυλοχλωριδίου.

[VOC]<sub>ci</sub> : η συγκέντρωση των καρκινογόνων ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**Πίνακας 9.1** Ταξινόμηση των καρκινογόνων VOC κατηγορίας C1

Ένωση	Κατηγορία καρκινογόνων <sup>1</sup>	LUR <sup>2</sup> [ $\text{m}^3/\mu\text{g}$ ]
βενζόλιο	C1	$4 \times 10^{-6}$
βινυλοχλωρίδιο	C1	$1 \times 10^{-6}$

Πηγή: ECA Report No. 18

### **2<sup>η</sup> Μέτρηση: 3 ημέρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών**

[TVOC] : η συγκέντρωση του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

### **3<sup>η</sup> Μέτρηση: 28 ημέρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών**

- i. [TVOC] : η συγκέντρωση του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- ii. [VOC]<sub>ci</sub> : υπολογισμός των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων ενώσεων (όπως στην 1<sup>η</sup> Μέτρηση) σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- iii.  $R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{LCI}_i$  το άθροισμα του λόγου των αναλογιών των επιμέρους συγκεντρώσεων των VOC πάνω από  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  στις αντίστοιχες τιμές LCI<sup>3</sup>
- iv.  $\sum [\text{VOC}]_{xi}$  : το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων άνω των  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  χωρίς LCI σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [1][2]

<sup>1</sup> Κατηγοριοποίηση των καρκινογόνων ενώσεων (Παράρτημα III)

<sup>2</sup> Lifetime inhalation Unit Risk ( $\text{m}^3/\mu\text{g}$ ). Πηγή: WHO 1987

<sup>3</sup> Lowest Concentration of Interest σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Παράρτημα IV)

### 9.2.1.1 Αξιολόγηση του MDF με βάση το ECA Report No. 18

Πίνακας 9.2: Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το ECA Report No. 18

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση (μg/m <sup>3</sup> ) μετά από			LCI (μg/m <sup>3</sup> )
		24 ώρες	3 ημέρες	28 ημέρες	
βενζόλιο	C1	0,14	0,16	0,00	-
τολουόλιο		1,88	3,87	2,88	1000
αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,28	0,40	0,45	1000
p+m ξυλένιο		0,23	0,76	0,70	1000
ο-ξυλένιο		0,12	0,44	0,49	1000
α-πινένιο		1,48	0,74	1,25	1000
d-λιμονένιο		0,35	0,34	0,20	1000
ακρολεΐνη		30,89	0,00	0,00	-
κροτοναλδεΐδη		419,08	0,00	0,00	60
μεθακρολεΐνη		189,18	0,00	0,00	-
m-τολουαλδεΐδη		22,92	0,00	0,00	-
TVOC		187,51	27,55	17,14	

Πίνακας 9.3: Αξιολόγηση MDF με το ECA Report No. 18

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές MDF
24 ώρες	$[VOC]_{Ci} \times LUR$	$\leq 10^{-4}$	$0,0056 \cdot 10^{-4}$
3 ημέρες	[TVOC]	$\leq 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$27,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	[TVOC]	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$17,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	$[VOC]_{Ci} \times LUR$	$\leq 10^{-5}$	0
28 ημέρες	$R = \sum [VOC]_i / LCI_i$	$\leq 1$	0
28 ημέρες	$\sum [VOC]_{xi}$	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ολοκληρώνοντας την αξιολόγηση του MDF με βάση το ECA Report No. 18 διαπιστώθηκε ότι το υλικό ικανοποιεί επαρκώς τα όρια που τίθενται. Συγκεκριμένα η τιμή της συγκέντρωσης



του βενζολίου, ως καρκινογόνος ένωση κατηγορίας 1, πολλαπλασιασμένη με την τιμή  $4 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\mu\text{g}$  (LUR) στις 24 ώρες είναι πολύ χαμηλότερη από το όριο που θέτει το σύστημα. Η συγκέντρωση των TVOC την 3<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 180 φορές μικρότερη από το όριο, όπως επίσης και στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας είναι περίπου 11 φορές χαμηλότερη από το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας το υλικό MDF παρουσιάζει μηδενική συγκέντρωση βενζολίου. Επίσης στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας καμία ένωση με LCI δεν βρέθηκε να ξεπερνά σε συγκέντρωση τα  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  οπότε ο δείκτης R είναι μηδενικός. Τέλος το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων χωρίς LCI την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι μηδέν διότι δεν εμφανίζονται ενώσεις που ξεπερνούν σε συγκέντρωση τα  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 9.2.1.2 Αξιολόγηση του Laminate με βάση το ECA Report No. 18

Πίνακας 9.4: Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το ECA Report No. 18

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) μετά από			LCI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		24 ώρες	3 ημέρες	28 ημέρες	
βενζόλιο	C1	0,32	0,00	3,92	-
τολουόλιο		0,80	1,49	37,88	1000
οκτάνιο		0,30	0,00	3,16	9000
αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,22	0,45	8,19	1000
p+m ξυλένιο		1,24	0,15	28,67	1000
ο-ξυλένιο		0,14	0,29	7,29	1000
α-πινένιο		1,30	0,49	0,00	1000
1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο		0,01	0,27	2,38	1000
1,2,3-τριμεθυλοβενζόλιο		0,04	0,00	0,07	1000
d-λιμονένιο		0,62	1,26	4,37	1000
εξανάλη		10,19	0,00	0,00	400
TVOC		20,13	18,45	99,5	

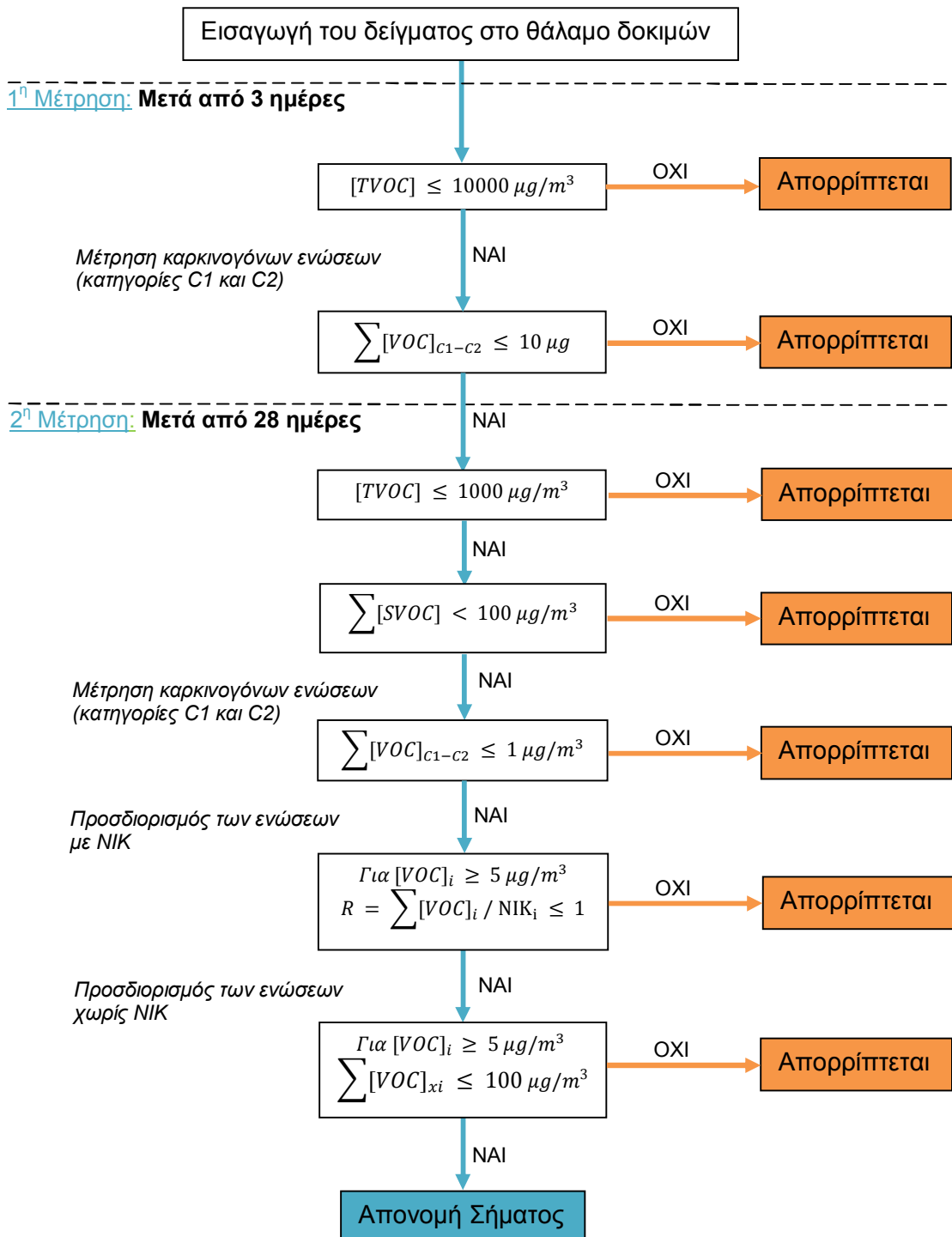
**Πίνακας 9.5:** Αξιολόγηση Laminate με το ECA Report No. 18

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές Laminate
24 ώρες	$[\text{VOC}]_{\text{Ci}} \times \text{LUR}$	$\leq 10^{-4}$	$0,0128 \cdot 10^{-4}$
3 ημέρες	[TVOC]	$\leq 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$18,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	[TVOC]	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$99,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	$[\text{VOC}]_{\text{Ci}} \times \text{LUR}$	$\leq 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
28 ημέρες	$R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{LCI}_i$	$\leq 1$	0,08
28 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{\text{xi}}$	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Έχοντας αξιολογήσει το υλικό Laminate με βάση το ECA Report No. 18 διαπιστώθηκε ότι το υλικό δεν πληροί επαρκώς όλα τα κριτήρια που τίθενται. Πιο συγκεκριμένα η τιμή της συγκέντρωσης του βενζολίου, ως καρκινογόνος ένωση κατηγορίας 1, πολλαπλασιασμένη με την τιμή  $4 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\mu\text{g}$  (LUR) στις 24 ώρες είναι χαμηλότερη από το όριο που θέτει το σύστημα. Η συγκέντρωση των TVOC την 3<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 270 φορές μικρότερη από το όριο, όπως επίσης και στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας είναι περίπου 2 φορές χαμηλότερη από το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας στο υλικό Laminate το βενζόλιο πολλαπλασιασμένο με το LUR υπερβαίνει για λίγο το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας το άθροισμα των λόγων των συγκεντρώσεων προς το LCI των ενώσεων άνω των  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο, p+m ξυλένιο, ο-ξυλένιο, είναι μικρότερο από το όριο. Τέλος το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων χωρίς LCI την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι μηδέν διότι δεν εμφανίζονται ενώσεις που ξεπερνούν σε συγκέντρωση τα  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 9.2.2 Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος AgBB

Το γερμανικό σύστημα AgBB ορίζει να γίνονται 2 μετρήσεις μια την 3<sup>η</sup> ημέρα και μια την 28<sup>η</sup> ημέρα από την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό VOC, TVOC, SVOC, ΣSVOC.



Σχήμα 9.2: Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος AgBB.

### **1<sup>η</sup> Μέτρηση: 3 ημέρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών**

- i. [TVOC] : η συγκέντρωση του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- ii.  $\sum[\text{VOC}]_{\text{C1-C2}}$  : το άθροισμα των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1 και πιθανώς καρκινογόνων κατηγορίας 2 σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Παράρτημα III)

### **2<sup>η</sup> Μέτρηση: 28 ημέρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών**

- i. [TVOC] : η συγκέντρωση του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- ii.  $\sum[\text{SVOC}]$  : το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ημιπτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- iii.  $\sum[\text{VOC}]_{\text{C1-C2}}$  : το άθροισμα των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1 και πιθανώς καρκινογόνων κατηγορίας 2 σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- iv.  $R = \sum[\text{VOC}]_i / \text{NIK}_i$  : το άθροισμα του λόγου των αναλογιών των επιμέρους συγκεντρώσεων των VOC πάνω από  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  στις αντίστοιχες τιμές ΝΙΚ<sup>4</sup>
- v.  $\sum[\text{VOC}]_{\text{xi}}$  : το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων άνω των  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  χωρίς ΝΙΚ σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [1][3]

---

<sup>4</sup> Γερμανικό LCI σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Παράρτημα III)

### 9.2.2.1 Αξιολόγηση του MDF με βάση το σύστημα AgBB

Πίνακας 9.6: Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το σύστημα AgBB

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση (μg/m <sup>3</sup> ) μετά από		ΝΙΚ (μg/m <sup>3</sup> )
		3 ημέρες	28 ημέρες	
βενζόλιο	C1	0,16	0,00	-
τολουόλιο		3,87	2,88	1900
αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,40	0,45	4400
p+m ξυλένιο		0,76	0,70	2200
ο-ξυλένιο		0,44	0,49	2200
α-πινένιο		0,74	1,25	1500
d-λιμονένιο		0,34	0,20	1500
TVOC		27,55	17,14	

Πίνακας 9.7: Αξιολόγηση MDF με το σύστημα AgBB

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές MDF
3 ημέρες	[TVOC]	≤10000 μg/m <sup>3</sup>	27,55 μg/m <sup>3</sup>
3 ημέρες	$\sum [VOC]_{C1-C2}$	≤ 10 μg/m <sup>3</sup>	0,56 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	[TVOC]	≤ 1000 μg/m <sup>3</sup>	17,14 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	$\sum [SVOC]$	≤ 100 μg/m <sup>3</sup>	*5
28 ημέρες	$\sum [VOC]_{C1-C2}$	≤ 1 μg/m <sup>3</sup>	0,45 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	$R = \sum [VOC]_i / NIK_i$	≤ 1	0
28 ημέρες	$\sum [VOC]_{xi}$	≤ 100 μg/m <sup>3</sup>	0 μg/m <sup>3</sup>

Το MDF με βάση την αξιολόγηση του συστήματος AgBB διαπιστώθηκε ότι ικανοποιεί επαρκώς τα όρια που τίθενται. Πιο αναλυτικά, η συγκέντρωση των TVOC την 3<sup>η</sup> ημέρα

<sup>5</sup> Δεν ήταν δυνατόν να υπολογισθούν οι ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (SVOC) διότι το εργαστήριο δεν διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό.

μέτρησης είναι περίπου 360 φορές μικρότερη από το όριο. Το άθροισμα των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1, βενζόλιο, και πιθανώς καρκινογόνων κατηγορίας 2, αιθυλοβενζόλιο, την 3<sup>η</sup> ημέρα είναι περίπου 18 φορές μικρότερο από τη τιμή του ορίου. Η συγκέντρωση των TVOC την 28<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 58 φορές μικρότερη από το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας το άθροισμα των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων ενώσεων και πιθανώς καρκινογόνων ενώσεων είναι περίπου 2 φορές χαμηλότερο από το όριο. Επίσης στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας καμία ένωση με ΝΙΚ δεν βρέθηκε να ξεπερνά σε συγκέντρωση τα 5 µg/m<sup>3</sup> όποτε ο δείκτης R είναι μηδενικός. Τέλος το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων χωρίς ΝΙΚ την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι μηδέν διότι δεν εμφανίζονται ενώσεις που ξεπερνούν σε συγκέντρωση τα 5 µg/m<sup>3</sup>.

### 9.2.2.2 Αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα AgBB

Πίνακας 9.8: Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το σύστημα AgBB

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση (µg/m <sup>3</sup> ) μετά από		ΝΙΚ (µg/m <sup>3</sup> )
		3 ημέρες	28 ημέρες	
βενζόλιο	C1	0,00	3,92	-
τολουόλιο		1,49	37,88	1900
οκτάνιο		0,00	3,16	15000
αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,45	8,19	4400
p+m ξυλένιο		0,15	28,67	2200
ο-ξυλένιο		0,29	7,29	2200
α-πινένιο		0,49	0,00	1500
1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο		0,27	2,38	1000
1,2,3-τριμεθυλοβενζόλιο		0,00	0,07	1000
d-λιμονένιο		1,26	4,37	1500
TVOC		18,45	99,5	

**Πίνακας 9.9:** Αξιολόγηση Laminate με το σύστημα AgBB

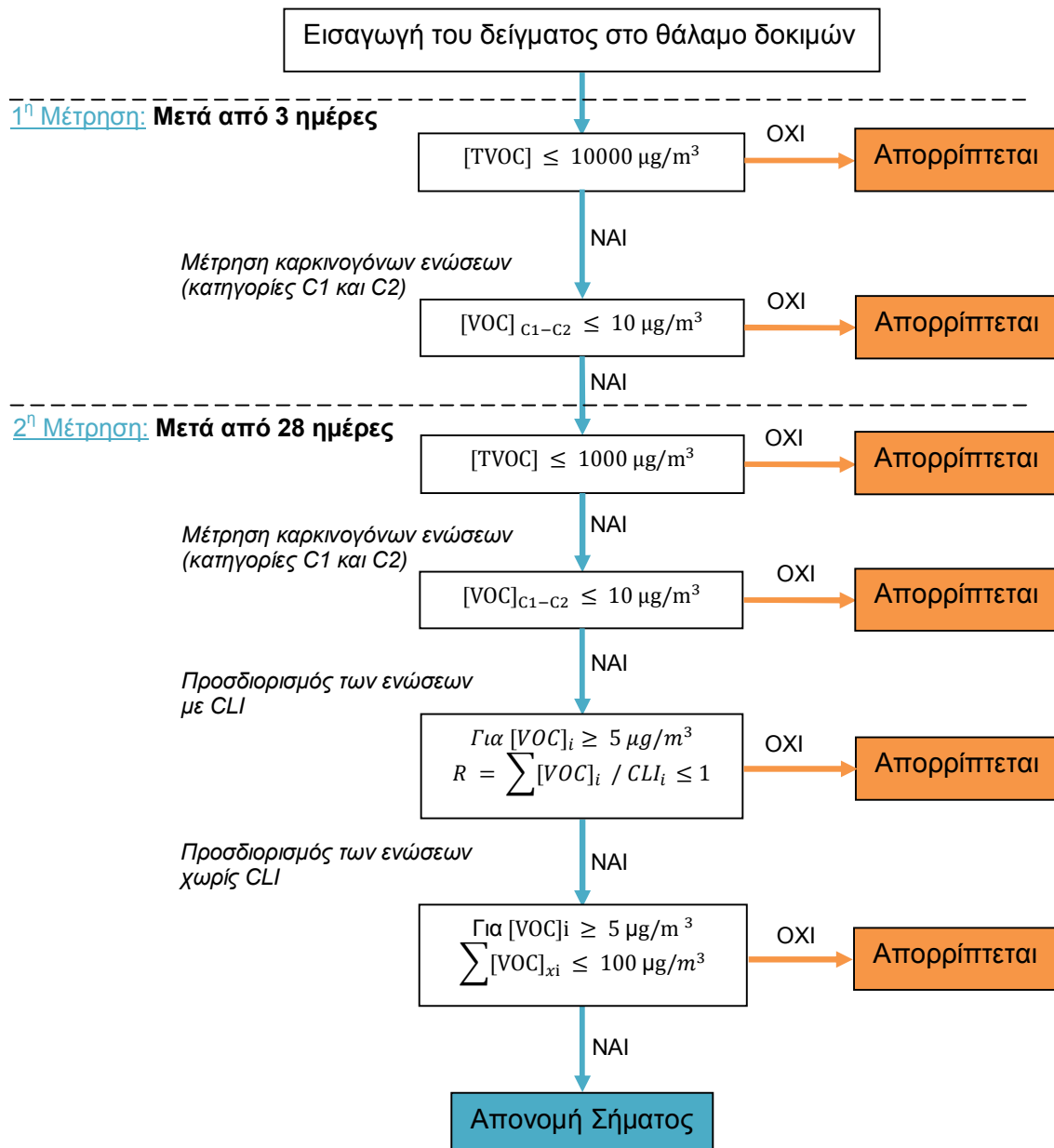
Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές Laminate
3 ημέρες	[TVOC]	$\leq 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	18,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{\text{C1-C2}}$	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	[TVOC]	$\leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	99,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	$\sum [\text{SVOC}]$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	*6
28 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{\text{C1-C2}}$	$\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	12,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	$R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{NIK}_i$	$\leq 1$	0,038
28 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{\text{xi}}$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ολοκληρώνοντας την αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα AgBB διαπιστώθηκε ότι το υλικό δεν ικανοποιεί επαρκώς όλα τα όρια που τίθενται. Αναλυτικότερα, η συγκέντρωση των TVOC την 3<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 540 φορές μικρότερη από το όριο. Το άθροισμα των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1, βενζόλιο, και πιθανώς καρκινογόνων κατηγορίας 2, αιθυλοβενζόλιο την 3<sup>η</sup> ημέρα είναι περίπου 22 φορές μικρότερο από τη τιμή του ορίου. Η συγκέντρωση των TVOC την 28<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 10 φορές μικρότερη από το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας το άθροισμα των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων και πιθανώς καρκινογόνων ενώσεων είναι περίπου 12 φορές μεγαλύτερο από το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας το άθροισμα των λόγων των συγκεντρώσεων προς το ΝΙΚ των ενώσεων άνω των 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο, p+m ξυλένιο, ο-ξυλένιο, είναι μικρότερο από το όριο. Τέλος το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων χωρίς ΝΙΚ την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι μηδέν διότι δεν εμφανίζονται ενώσεις που ξεπερνούν σε συγκέντρωση τα 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

<sup>6</sup> Δεν ήταν δυνατόν να υπολογισθούν οι ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (SVOC) διότι το εργαστήριο δεν διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό.

### 9.2.3 Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος AFSSET

Το γαλλικό σύστημα AFSSET ορίζει να γίνονται 2 μετρήσεις μια την 3<sup>η</sup> ημέρα και μια την 28<sup>η</sup> ημέρα από την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό VOC, TVOC.



Σχήμα 9.3: Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος AFSSET.



**1<sup>η</sup> Μέτρηση: 3 ημέρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών**

- i. [TVOC] : η συγκέντρωση του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- ii. [VOC]<sub>c1-c2</sub> : οι συγκεντρώσεις των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1 και πιθανώς καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 2 σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**2<sup>η</sup> Μέτρηση: 28 ημέρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών**

- i. [TVOC] : η συγκέντρωση του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- ii. [VOC]<sub>c1-c2</sub> : οι συγκεντρώσεις των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1 και πιθανώς καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 2 σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- iii.  $R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{CLI}_i$  : το άθροισμα του λόγου των αναλογιών των επιμέρους συγκεντρώσεων των VOC πάνω από  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  στις αντίστοιχες τιμές CLI <sup>7</sup>
- iv.  $\sum [\text{VOC}]_{xi}$  : το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων άνω των  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  χωρίς CLI σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [1][4]

---

<sup>7</sup> Γαλλικό LCI σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Παράρτημα IV)

### 9.2.3.1 Αξιολόγηση του MDF με βάση το σύστημα AFSSET

Πίνακας 9.10: Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το σύστημα AFSSET

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση (μg/m <sup>3</sup> ) μετά από		CLI (μg/m <sup>3</sup> )
		3 ημέρες	28 ημέρες	
βενζόλιο	C1	0,16	0,00	-
τολουόλιο		3,87	2,88	300
αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,40	0,45	750
p+m ξυλένιο		0,76	0,70	200
ο-ξυλένιο		0,44	0,49	200
α-πινένιο		0,74	1,25	450
d-λιμονένιο		0,34	0,20	450
TVOC		27,55	17,14	

Πίνακας 9.11: Αξιολόγηση MDF με το σύστημα AFSSET

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές MDF
3 ημέρες	[TVOC]	$\leq 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	27,55 μg/m <sup>3</sup>
3 ημέρες	[VOC] <sub>C1-C2</sub>	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,16 μg/m <sup>3</sup> 0,40 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	[TVOC]	$\leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	17,14 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	[VOC] <sub>C1-C2</sub>	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0 μg/m <sup>3</sup> 0,45 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	$R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{CLI}_i$	$\leq 1$	0
28 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{xi}$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0 μg/m <sup>3</sup>

Έχοντας αξιολογήσει το υλικό MDF με βάση το σύστημα AFSSET διαπιστώθηκε ότι ικανοποιεί επαρκώς τα όρια που τίθενται. Πιο συγκεκριμένα, η συγκέντρωση των TVOC την 3<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 360 φορές μικρότερη από το όριο. Η συγκέντρωση των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1, βενζόλιο (0,16 μg/m<sup>3</sup>), και η συγκέντρωση των πιθανώς καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 2, αιθυλοβενζόλιο (0,40 μg/m<sup>3</sup>), την 3<sup>η</sup> ημέρα είναι μικρότερες από τη τιμή του ορίου. Η συγκέντρωση των TVOC την 28<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 58 φορές μικρότερη από το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> η συγκέντρωση των

καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1, βενζόλιο, είναι μηδέν και η συγκέντρωση των πιθανώς καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 2, αιθυλοβενζόλιο ( $0,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), την 3<sup>η</sup> ημέρα είναι μικρότερη από τη τιμή του ορίου. Επίσης στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας καμία ένωση με CLI δεν βρέθηκε να ξεπερνά σε συγκέντρωση τα  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  όποτε ο δείκτης R είναι μηδενικός. Τέλος το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων χωρίς CLI την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι μηδέν διότι δεν εμφανίζονται ενώσεις που ξεπερνούν σε συγκέντρωση τα  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 9.2.3.2 Αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα AFSSET

Πίνακας 9.12: Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το σύστημα AFSSET

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) μετά από		CLI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		3 ημέρες	28 ημέρες	
βενζόλιο	C1	0,00	3,92	-
τολουόλιο		1,49	37,88	300
οκτάνιο		0,00	3,16	10000
αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,45	8,19	750
p+m ξυλένιο		0,15	28,67	200
ο-ξυλένιο		0,29	7,29	200
α-πινένιο		0,49	0,00	450
1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο		0,27	2,38	1000
1,2,3-τριμεθυλοβενζόλιο		0,00	0,07	1000
d-λιμονένιο		1,26	4,37	450
TVOC		18,45	99,5	

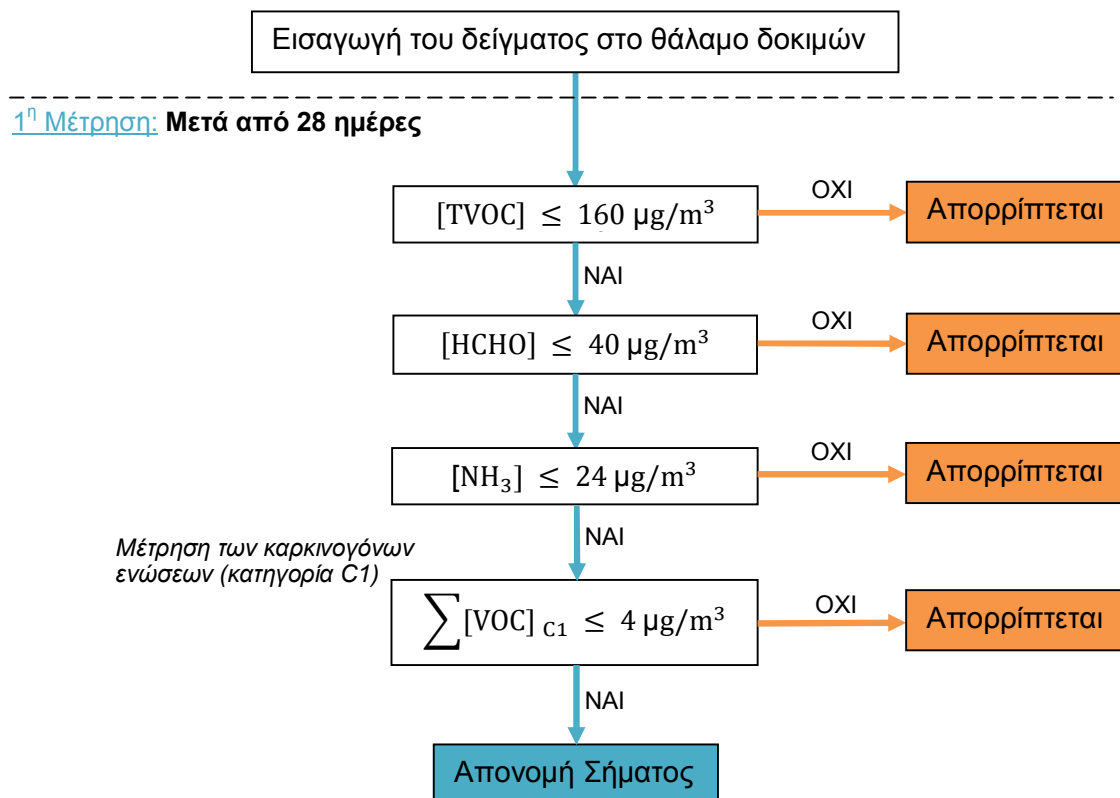
**Πίνακας 9.13:** Αξιολόγηση Laminate με το σύστημα AFSSET

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές Laminate
3 ημέρες	[TVOC]	$\leq 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	18,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3 ημέρες	[VOC] <sub>C1-C2</sub>	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 0,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	[TVOC]	$\leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	99,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	[VOC] <sub>C1-C2</sub>	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	$R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{CLI}_i$	$\leq 1$	0,32
28 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{xi}$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Το Laminate με βάση την αξιολόγηση του συστήματος AFSSET κρίνεται ότι ικανοποιεί επαρκώς όλα τα όρια που τίθενται. Αναλυτικότερα η συγκέντρωση των TVOC την 3<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 540 φορές μικρότερη από το όριο. Την 3<sup>η</sup> ημέρα η συγκέντρωση των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1, βενζόλιο, είναι μηδέν και η συγκέντρωση των πιθανώς καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 2, αιθυλοβενζόλιο (0,45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), είναι μικρότερη από την τιμή του ορίου. Η συγκέντρωση των TVOC την 28<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 10 φορές μικρότερη από το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> η συγκέντρωση των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1, βενζόλιο (3,92  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) και η συγκέντρωση των πιθανώς καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 2, αιθυλοβενζόλιο (8,19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), είναι μικρότερες από την τιμή του ορίου. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας το άθροισμα των λόγων των συγκεντρώσεων προς το CLI των ενώσεων άνω των 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο, p+m ξυλένιο, ο-ξυλένιο, είναι μικρότερο από το όριο. Τέλος το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων χωρίς CLI την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι μηδέν διότι δεν εμφανίζονται ενώσεις που ξεπερνούν σε συγκέντρωση τα 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 9.2.4 Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος M1

Το φιλανδικό σύστημα M1 ορίζει μια μέτρηση την 28<sup>η</sup> ημέρα από την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό TVOC, VOC, τη φορμαλδεΐδη και την αμμωνία.



Σχήμα 9.4: Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος M1.

### 1<sup>η</sup> Μέτρηση: 28 ημέρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών

- i. [TVOC] : η συγκέντρωση του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- ii. [HCHO] : η συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- iii. [NH<sub>3</sub>] : η συγκέντρωση της αμμωνίας σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- iv. Σ[VOC]<sub>C1</sub> : το άθροισμα των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1 σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [1][5]

### 9.2.4.1 Αξιολόγηση του MDF με βάση το σύστημα M1

Πίνακας 9.14: Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το σύστημα M1

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση (μg/m <sup>3</sup> ) μετά από
		28 ημέρες
βενζόλιο	C1	0,00
τολουόλιο		2,88
αιθυλοβενζόλιο		0,45
p+m ξυλένιο		0,70
ο-ξυλένιο		0,49
α-πινένιο		1,25
d-λιμονένιο		0,20
φορμαλδεΐδη (VOC)	C1	406,84
TVOC		17,14

Πίνακας 9.15: Αξιολόγηση MDF με το σύστημα M1

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές MDF
28 ημέρες	[TVOC]	≤ 160 μg/m <sup>3</sup>	17,14 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	[HCHO]	≤ 40 μg/m <sup>3</sup>	406,84 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	[NH <sub>3</sub> ]	≤ 24 μg/m <sup>3</sup>	*8
28 ημέρες	∑[VOC] <sub>C1</sub>	≤ 4 μg/m <sup>3</sup>	0 μg/m <sup>3</sup>

Έχοντας αξιολογήσει το υλικό MDF με βάση το σύστημα M1 διαπιστώθηκε ότι δεν πληροί επαρκώς όλα τα κριτήρια που τίθενται. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται ότι την 28<sup>η</sup> ημέρα η συγκέντρωση των TVOC είναι περίπου 9 φορές μικρότερη από το όριο, σε αντίθεση με τη συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης η οποία είναι 10 φορές μεγαλύτερη από το επιτρεπτό όριο. Τέλος δεν υπάρχουν καθόλου εκπομπές καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1.

<sup>8</sup> Δεν ήταν δυνατόν να υπολογισθεί η αμμωνία διότι το εργαστήριο δεν διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό.

### 9.2.4.2 Αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα M1

Πίνακας 9.16: Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το σύστημα M1

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση (μg/m <sup>3</sup> ) μετά από 28 ημέρες
βενζόλιο	C1	3,92
τολουόλιο		37,88
οκτάνιο		3,16
αιθυλοβενζόλιο		8,19
p+m ξυλένιο		28,67
ο-ξυλένιο		7,29
α-πινένιο		0,00
1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο		2,38
1,2,3-τριμεθυλοβενζόλιο		0,07
d-λιμονένιο		4,37
φορμαλδεΐδη (VOC)	C1	332,27
TVOC		99,5

Πίνακας 9.17: Αξιολόγηση Laminate με το σύστημα M1

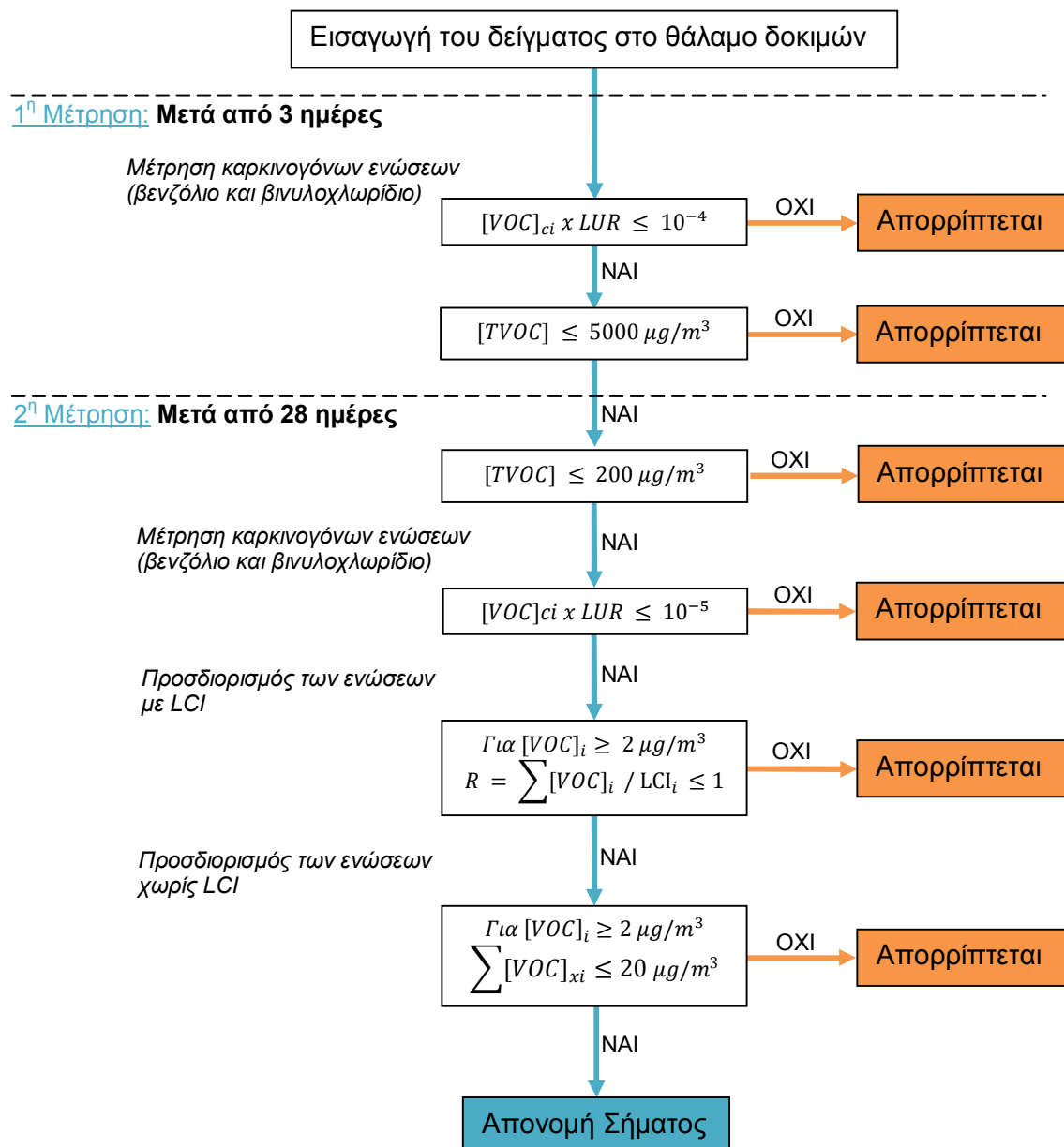
Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές Laminate
28 ημέρες	[TVOC]	≤ 160 μg/m <sup>3</sup>	99,5 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	[HCHO]	≤ 40 μg/m <sup>3</sup>	332,27 μg/m <sup>3</sup>
28 ημέρες	[NH <sub>3</sub> ]	≤ 24 μg/m <sup>3</sup>	*9
28 ημέρες	∑[VOC] <sub>C1</sub>	≤ 4 μg/m <sup>3</sup>	3,92 μg/m <sup>3</sup>

Ολοκληρώνοντας την αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα M1 διαπιστώθηκε ότι το υλικό δεν ικανοποιεί επαρκώς όλα τα όρια που τίθενται. Όπως παρατηρείται ότι την 28<sup>η</sup> ημέρα η συγκέντρωση των TVOC είναι περίπου 1,5 φορές μικρότερη από το όριο, σε αντίθεση με τη συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης η οποία είναι 8 φορές μεγαλύτερη από το επιτρεπτό όριο. Τέλος το άθροισμα των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1, βενζόλιο, οριακά ικανοποιεί το κριτήριο.

<sup>9</sup> Δεν ήταν δυνατόν να υπολογισθεί η αμμωνία διότι το εργαστήριο δεν διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό.

## 9.2.5 Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος LQAI

Το πορτογαλικό σύστημα LQAI ορίζει να γίνονται 2 μετρήσεις μια την 3<sup>η</sup> ημέρα και μια την 28<sup>η</sup> ημέρα από την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό VOC, TVOC.



Σχήμα 9.5: Διάγραμμα ροής αξιολόγησης του συστήματος LQAI.



### **1<sup>η</sup> Μέτρηση: 3 ημέρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών**

- i. Υπολογισμός των καρκινογόνων ενώσεων βενζολίου και βινυλοχλωριδίου,  $[\text{VOC}]_{\text{Ci}}$  : η συγκέντρωση των καρκινογόνων ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Πίνακας 9.1)
- ii.  $[\text{TVOC}]$  : η συγκέντρωση του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

### **2<sup>η</sup> Μέτρηση: 28 ημέρες μετά την εισαγωγή του δείγματος στο θάλαμο δοκιμών**

- i.  $[\text{TVOC}]$  : η συγκέντρωση του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- ii.  $[\text{VOC}]_{\text{Ci}}$  : υπολογισμός των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων ενώσεων (όπως στην 1<sup>η</sup> Μέτρηση) σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- iii.  $R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{LCI}_i$  : το άθροισμα του λόγου των αναλογιών των επιμέρους συγκεντρώσεων των VOC πάνω από  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  στις αντίστοιχες τιμές  $\text{LCI}^{10}$
- iv.  $\sum [\text{VOC}]_{\text{xi}}$  : το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων άνω των  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  χωρίς  $\text{LCI}$  σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [1]

---

<sup>10</sup> Lowest Concentration of Interest σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (παράρτημα IV)

### 9.2.5.1 Αξιολόγηση του MDF με βάση το σύστημα LQAI

Πίνακας 9.18: Δεδομένα του MDF για αξιολόγηση με το σύστημα LQAI

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση (μg/m <sup>3</sup> ) μετά από		LCI (μg/m <sup>3</sup> )
		3 ημέρες	28 ημέρες	
βενζόλιο	C1	0,16	0,00	-
τολουόλιο		3,87	2,88	1000
αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,40	0,45	1000
p+m ξυλένιο		0,76	0,70	1000
ο-ξυλένιο		0,44	0,49	1000
α-πινένιο		0,74	1,25	1000
d-λιμονένιο		0,34	0,20	1000
TVOC		27,55	17,14	

Πίνακας 9.19: Αξιολόγηση MDF με το σύστημα LQAI

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές MDF
3 ημέρες	$[VOC]_{Ci} \times LUR$	$\leq 10^{-4}$	$0,0064 \cdot 10^{-4}$
3 ημέρες	[TVOC]	$\leq 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$27,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	[TVOC]	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$17,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	$[VOC]_{Ci} \times LUR$	$\leq 10^{-5}$	0
28 ημέρες	$R = \sum [VOC]_i / LCI_i$	$\leq 1$	0,0029
28 ημέρες	$\sum [VOC]_{xi}$	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Το υλικό MDF αφού αξιολογήθηκε με βάση το σύστημα LQAI διαπιστώθηκε ότι ικανοποιεί επαρκώς τα όρια που τίθενται. Συγκεκριμένα η τιμή της συγκέντρωσης του βενζολίου, ως καρκινογόνος ένωση κατηγορίας 1, πολλαπλασιασμένη με την τιμή  $4 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\mu\text{g}$  (LUR) την 3<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι πολύ χαμηλότερη από το όριο που θέτει το σύστημα. Η συγκέντρωση των TVOC την 3<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 180 φορές μικρότερη από το όριο, όπως επίσης και στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας είναι περίπου 11 φορές χαμηλότερη από το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας το υλικό MDF παρουσιάζει μηδενική συγκέντρωση

βενζολίου. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας το άθροισμα των λόγων των συγκεντρώσεων προς το LCI των ενώσεων άνω των 2 µg/m<sup>3</sup>, τολουόλιο, είναι πολύ μικρότερο από το όριο. Τέλος το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων χωρίς LCI την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι μηδέν διότι δεν εμφανίζονται ενώσεις που ξεπερνούν σε συγκέντρωση τα 2 µg/m<sup>3</sup>.

### 9.2.5.2 Αξιολόγηση του Laminate με βάση το σύστημα LQAI

Πίνακας 9.20: Δεδομένα του Laminate για αξιολόγηση με το σύστημα LQAI

Ένωση	Κατηγορία IARC	Συγκέντρωση (µg/m <sup>3</sup> ) μετά από		LCI (µg/m <sup>3</sup> )
		3 ημέρες	28 ημέρες	
βενζόλιο	C1	0,00	3,92	-
τολουόλιο		1,49	37,88	1000
οκτάνιο		0,00	3,16	9000
αιθυλοβενζόλιο	C2-B	0,45	8,19	1000
p+m ξυλένιο		0,15	28,67	1000
ο-ξυλένιο		0,29	7,29	1000
α-πινένιο		0,49	0,00	1000
1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο		0,27	2,38	1000
1,2,3-τριμεθυλοβενζόλιο		0,00	0,07	1000
d-λιμονένιο		1,26	4,37	1000
TVOC		18,45	99,5	

**Πίνακας 9.21:** Αξιολόγηση Laminate με το σύστημα LQAI

Μέτρηση	Ενώσεις	Όρια	Πειραματικές Τιμές Laminate
3 ημέρες	$[\text{VOC}]_{\text{Ci}} \times \text{LUR}$	$\leq 10^{-4}$	0
3 ημέρες	[TVOC]	$\leq 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$18,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	[TVOC]	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$99,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
28 ημέρες	$[\text{VOC}]_{\text{Ci}} \times \text{LUR}$	$\leq 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
28 ημέρες	$R = \sum [\text{VOC}]_i / \text{LCI}_i$	$\leq 1$	0,09
28 ημέρες	$\sum [\text{VOC}]_{\text{xi}}$	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$3,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Έχοντας αξιολογήσει το υλικό Laminate με βάση το σύστημα LQAI διαπιστώθηκε ότι δεν πληροί επαρκώς όλα τα όρια που τίθενται. Αναλυτικότερα, στη μέτρηση της 3<sup>ης</sup> ημέρας το υλικό παρουσιάζει μηδενική συγκέντρωση βενζολίου. Η συγκέντρωση των TVOC την 3<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης είναι περίπου 270 φορές μικρότερη από το όριο, όπως επίσης και στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας είναι περίπου 2 φορές χαμηλότερη από το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας στο υλικό MDF το βενζόλιο πολλαπλασιασμένο με το LUR υπερβαίνει για λίγο το όριο. Στη μέτρηση της 28<sup>ης</sup> ημέρας το άθροισμα των λόγων των συγκεντρώσεων προς το LCI των ενώσεων άνω των  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , τολουόλιο, οκτάνιο, αιθυλοβενζόλιο, p+m ξυλένιο, ο-ξυλένιο, 1,2,4-τριμεθυλοβενζόλιο, d-λιμονένιο είναι μικρότερο από το όριο. Τέλος το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ενώσεων άνω των  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  χωρίς LCI, βενζόλιο, την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι πολύ χαμηλότερο του ορίου.

Με το πέρας της αξιολόγησης των δύο υλικών με τα πέντε ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης διαπιστώθηκε, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, ότι το MDF ικανοποιεί επαρκώς τα κριτήρια που θέτουν τα συστήματα ECA Report No. 18, AgBB, AFSSET και LQAI με εξαίρεση το M1 ενώ το Laminate ότι ικανοποιεί επαρκώς μόνο τα κριτήρια που θέτει το σύστημα AFSSET.

**Πίνακας 9.22:** Συνολικό αποτέλεσμα αξιολόγησης

Σύστημα Πιστοποίησης	Αποτέλεσμα αξιολόγησης	
	Υλικό MDF	Υλικό Laminate
ECA Report No. 18	✓	✗
AgBB	✓	✗
AFSSET	✓	✓
M1	✗	✗
LQAI	✓	✗

## **Βιβλιογραφία, Αναφορές**

- [1] 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
- [2] ECA (1997a). European Collaborative Action “Indoor Air Quality and Its Impact on Man“ Evaluation of VOC Emissions from Building Products, Report No. 18, EUR 17334 EN, ISBN 92-828-0384-8, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- [3] AgBB - Health-related Evaluation Procedure for Volatile Organic Compounds Emissions (VOC and SVOC) emissions from building products, May 2010, Committee for Health-related Evaluation of Building Products (Updated List of LCI values 2010)
- [4] AFSSET - Relating to the process for qualifying volatile organic compound emissions from construction materials and decorating products, 8 October 2009, French Agency for Environmental and Occupational Health Safety
- [5] M1 - Emission Classification of Building Materials: Protocol for Chemical and Sensory Testing of Building Materials Technical Research Centre VTT, Finland, Kristina Saarela, Tiina Tirkkonen, Helsinki University of Technology HUT, HVAC- laboratory, Finland, Marko Björkroth, Esko Kukkonen, Olli Seppänen, Marianna Tuomainen, The Building Information Foundation RTS, Finland, Finnish Society of Indoor Air and Climate, Finland

# 10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το MDF και το Laminate αποτελούν οικοδομικά υλικά εσωτερικού χώρου και ανήκουν στην κατηγορία των συγκολλητικών προϊόντων ξύλου. Για την παραγωγή τους χρησιμοποιούνται τεμάχια, λωρίδες, ίνες ή φύλλα ξύλου τα οποία συγκολλούνται μεταξύ τους με ρητίνες που βασίζονται στη φορμαλδεΐδη.

Το κάθε δείγμα, σύμφωνα με τα πρότυπα των ευρωπαϊκών συστημάτων πιστοποίησης, παρέμεινε στο θάλαμο CLIMPAQ για 28 ημέρες. Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν συνολικά 3 δειγματοληψίες, 24 ώρες μετά την εισαγωγή του δείγματος, 3 ημέρες και τέλος 28 ημέρες.

Οι συγκεντρώσεις των TVOC του υλικού MDF μειώνονται με την πάροδο των ημερών δειγματοληψίας ενώ του υλικού Laminate αυξάνονται. Για το MDF τα TVOC κυμάνθηκαν από 17,14 έως 187,51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με τη μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης την 1<sup>η</sup> ημέρα και τη μικρότερη την 28<sup>η</sup> ημέρα ενώ το για το Laminate κυμάνθηκαν από 18,45 έως 99,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με τη μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης την 28<sup>η</sup> ημέρα και τη μικρότερη την 3<sup>η</sup> ημέρα.

Στο MDF ταυτοποιήθηκαν οι καρκινογόνες ενώσεις κατηγορίας 1, βενζόλιο και φορμαλδεΐδη, κατηγορίας 2B πιθανώς καρκινογόνες, αιθυλοβενζόλιο και κατηγορίας 3 μη ταξινομήσιμο σχετικά με καρκινογένεση για τον άνθρωπο d-λιμονένιο, τολουόλιο, ακρολεΐνη, προπιοναλδεΐδη και κροτοναλδεΐδη. Στο Laminate ταυτοποιήθηκαν οι καρκινογόνες ενώσεις κατηγορίας 1, βενζόλιο και φορμαλδεΐδη, κατηγορίας 2B, αιθυλοβενζόλιο και κατηγορίας 3, d-λιμονένιο και τολουόλιο. Συγκεκριμένα:

- Το βενζόλιο στο MDF κυμάνθηκε από 0-0,16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με μέγιστη τιμή την 3<sup>η</sup> και μηδενική την 28<sup>η</sup> ημέρα ενώ στο Laminate κυμάνθηκε από 0-3,92  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με μέγιστη τιμή την 28<sup>η</sup> και μηδενική την 3<sup>η</sup> ημέρα.
- Το αιθυλοβενζόλιο στο MDF κυμάνθηκε από 0,28-0,45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με μέγιστη τιμή την 28<sup>η</sup> και ελάχιστη την 1<sup>η</sup> ημέρα ενώ στο Laminate κυμάνθηκε από 0,22-8,19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με μέγιστη τιμή την 28<sup>η</sup> και ελάχιστη την 1<sup>η</sup> ημέρα.
- Το d-λιμονένιο στο MDF κυμάνθηκε από 0,20-0,35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με μέγιστη τιμή την 1<sup>η</sup> και ελάχιστη την 28<sup>η</sup> ημέρα ενώ στο Laminate κυμάνθηκε από 0,62-4,37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με μέγιστη τιμή την 28<sup>η</sup> και ελάχιστη την 1<sup>η</sup> ημέρα.
- Το τολουόλιο στο MDF κυμάνθηκε από 1,88-3,87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με μέγιστη τιμή την 3<sup>η</sup> και ελάχιστη την 1<sup>η</sup> ημέρα ενώ στο Laminate κυμάνθηκε από 0,80-37,88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με μέγιστη τιμή την 28<sup>η</sup> και ελάχιστη την 1<sup>η</sup> ημέρα.
- Η ακρολεΐνη στο MDF ανιχνεύτηκε μόνο την 1<sup>η</sup> ημέρα με συγκέντρωση 30,89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ενώ στο Laminate δεν ανιχνεύτηκε καθόλου.
- Η προπιοναλδεΐδη στο MDF κυμάνθηκε από 0-136,17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  με μέγιστη τιμή την 1<sup>η</sup> και μηδενική την 28<sup>η</sup> ημέρα ενώ στο Laminate δεν ανιχνεύτηκε καθόλου.
- Η κροτοναλδεΐδη στο MDF ανιχνεύτηκε μόνο την 1<sup>η</sup> ημέρα με συγκέντρωση 419,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ενώ στο Laminate δεν ανιχνεύτηκε καθόλου.

- Η συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης στο Laminate είναι υψηλότερη την 1<sup>η</sup> ημέρα (776,61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) από ότι στο MDF (406,25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Η φορμαλδεΐδη στο Laminate μειώνεται αρχικά και στη συνέχεια αυξάνεται μερικώς από την 3<sup>η</sup> στην 28<sup>η</sup> ημέρα (332,27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ενώ στο MDF την 3<sup>η</sup> ημέρα σχεδόν υποδιπλασιάζεται ενώ την 28<sup>η</sup> επανέρχεται στα αρχικά της επίπεδα (406,84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Σύμφωνα με την αξιολόγηση των δύο υλικών με βάση τα πέντε ευρωπαϊκά συστήματα πιστοποίησης διαπιστώθηκε ότι το MDF ικανοποιεί επαρκώς τα κριτήρια που θέτουν τα συστήματα ECA Report No. 18, AgBB, AFSSET και LQAI με εξαίρεση το M1 ενώ το Laminate ότι ικανοποιεί επαρκώς μόνο τα κριτήρια που θέτει το σύστημα AFSSET. Συγκεκριμένα:

- Τόσο οι συγκεντρώσεις του MDF όσο και του Laminate δεν υπερβαίνουν τα όρια που θέτει το σύστημα της AFSSET.
- Η συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης και για τα δύο υλικά την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι πολύ μεγαλύτερη από το επιτρεπτό όριο που θέτει το σύστημα M1, με όριο 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  το MDF φθάνει να εκπέμπει 406,84  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  και το Laminate 332,27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Η συγκέντρωση του βενζολίου, ως καρκινογόνος ένωση κατηγορίας 1, στο Laminate υπερβαίνει για λίγο τα όρια που θέτουν για την 28<sup>η</sup> ημέρα τα συστήματα ECA Report No. 18 και LQAI.
- Το άθροισμα των συγκεντρώσεων των καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 1, βενζόλιο και πιθανώς καρκινογόνων ενώσεων κατηγορίας 2, αιθυλοβενζόλιο του Laminate την 28<sup>η</sup> ημέρα είναι 12 φορές μεγαλύτερο (12,11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) από εκείνο που ορίζει το σύστημα της AgBB (1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).















# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

<b>Παράρτημα I</b> Ευρωπαϊκά και άλλα Συστήματα Πιστοποίησης	<b>Π-2</b>
<b>Παράρτημα II</b> Ευρωπαϊκές και Ελληνικές νομικές πράξεις για την οικολογική σήμανση	<b>Π-7</b>
<b>Παράρτημα III</b> Κατηγοριοποίηση ενώσεων που σχετίζονται με την καρκινογένεση σύμφωνα με τον IARC (Οδηγία 67/548/EEC)	<b>Π-9</b>
<b>Παράρτημα IV</b> Λίστα με τις τιμές NIK, CLI, LCI των συστημάτων AgBB, AFSSET και Eca Report No. 18 αντίστοιχα	<b>Π-26</b>

## Παράρτημα Ι

### Ευρωπαϊκά και άλλα Συστήματα Πιστοποίησης

ΛΟΓΟΤΥΠΟ	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ
	ECA – IAQ Report No. 18 (Ευρώπη) European Collaborative Action “Indoor Air Quality and Its Impact on Man” Evaluation of VOC Emissions from Building Products, Report No. 18
	Σύστημα AgBB (Γερμανία) Committee for Health-related Evaluation of Building Products <a href="http://www.umweltbundesamt.de/building-products/agbb.htm">http://www.umweltbundesamt.de/building-products/agbb.htm</a>
	Πρωτόκολλο AFSSET (Γαλλία) French Agency for Environmental and Occupational Health Safety <a href="http://www.afsse.fr/">http://www.afsse.fr/</a>
	Σύστημα CESAT (Γαλλία) <a href="http://www.cstb.fr">www.cstb.fr</a>
	Σύστημα M1 (Φινλανδία) <a href="http://www.rts.fi">www.rts.fi</a>
	Indoor Climate Label, ICL (Δανία) <a href="http://www.indeklima.org">www.indeklima.org</a>
	Σύστημα LQAI (Πορτογαλία) <a href="http://www.lqai.com/">http://www.lqai.com/</a>

ΛΟΓΟΤΥΠΟ	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ
	<p>Σύστημα Natureplus (Γερμανία)  <a href="http://www.natureplus.org">www.natureplus.org</a></p>
	<p>Σύστημα Blue Angel (Γερμανία)  <a href="http://www.blauer-engel.de">www.blauer-engel.de</a></p>
	<p>Austrian Ecolabel (Αυστρία)  <a href="http://www.umweltzeichen.at">www.umweltzeichen.at</a></p>
	<p>Σύστημα GUT (Γερμανία)  <a href="http://www.gut-ev.de">www.gut-ev.de</a></p>
	<p>Σύστημα EMICODE από τη GEV (Γερμανία)  <a href="http://www.emicode.com">www.emicode.com</a></p>
	<p>The Scandinavian Trade Standards (Σουηδία)  <a href="http://www.golvbranschen.se">www.golvbranschen.se</a></p>

## Οικοσήμανση στην Ελλάδα

ΛΟΓΟΤΥΠΟ	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ
	Ευρωπαϊκό οικολογικό σήμα Ecolabel <a href="http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/">http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/</a>
	Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου (Eco-Management and Audit Scheme-EMAS) <a href="http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm">http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm</a>

## Άλλα Συστήματα Πιστοποίησης

ΛΟΓΟΤΥΠΟ	ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ
 	<p><b>Eurofins “Indoor Air Comfort” (Europe)</b>            Ανεξάρτητη ιδιωτική εταιρεία, πάροχος υπηρεσιών πιστοποίησης, με κορυφαία διεθνής ομάδα εργαστηρίων με εγκαταστάσεις σε όλη την Εύρωπη. Κατέχει παγκόσμια ηγετική θέση στην αγορά στις δοκιμές των VOCs από τα κατασκευαστικά προϊόντα και τα έπιπλα όλων των σχετικών Ευρωπαϊκών προδιαγραφών σε δύο επίπεδα:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Επίπεδο Standard “Indoor Air Comfort- certified product” παρουσιάζει συμμόρφωση των εκπομπών προϊόντων με όλες τις νομικές προδιαγραφές που εκδίδονται από τις αρχές στην Ευρωπαϊκή Ένωση.</li> <li>• Υψηλότερου επιπέδου “Indoor Air Comfort GOLD – Certified Products” παρουσιάζει συμμόρφωση των εκπομπών προϊόντων με τις εθελοντικές προδιαγραφές που εκδίδονται από όλες τις σχετικές οικολογικές ετικέτες και παρόμοιες προδιαγραφές στην ΕΕ.</li> </ul> <p>Οι μετρήσεις και οι πιστοποιήσεις τους είναι αποδεκτές από 18 διεθνή συστήματα.</p> <p>Περισσότερες πληροφορίες: <a href="http://product-testing.eurofins.com">http://product-testing.eurofins.com</a></p>
	<p><b>Green Seal (USA)</b>            Η Green Seal (Πράσινη Σφραγίδα) είναι ένας ανεξάρτητος μη κερδοσκοπικός οργανισμός με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και την προώθηση της κατασκευής, αγοράς και χρήσης προϊόντων και υπηρεσιών φιλικών προς το περιβάλλον. Απονέμει οικολογικές ετικέτες για 30 κατηγορίες προϊόντων και υπηρεσιών, βάσει διαφορετικών κριτηρίων για κάθε κατηγορία. Οι αξιολογήσεις προϊόντων και υπηρεσιών πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση «κύκλου ζωής» για να εξασφαλίσουν ότι εξετάζονται όλες οι σημαντικές περιβαλλοντικές επιδράσεις ενός προϊόντος, από την εξαγωγή πρώτων υλών και την κατασκευή μέχρι την χρήση και την τελική διάθεση.</p> <p>Περισσότερες πληροφορίες: <a href="http://www.greenseal.org">http://www.greenseal.org</a></p>
	<p><b>GreenCircle (USA)</b>            Το “GreenCircle™ Certified” παρέχει την ανεξάρτητη πιστοποίηση των πράσινων και βιώσιμων πτυχών των προϊόντων, των διαδικασιών κατασκευής και των αξιώσεων. Με την έκδοση αυτής της πιστοποίησης καταδεικνύεται ότι έχουν αξιολογηθεί και επαληθευτεί οι πληροφορίες που παρέχονται από τον κατασκευαστή και ότι ο κατασκευαστής είναι ικανός, και παράγει με συνέπεια, ένα προϊόν που ανταποκρίνεται σε περιβαλλοντικά φιλικές αξιώσεις.</p> <p>Το GreenCircle προσφέρει επικύρωση για ανακυκλωμένο υλικό, ταχύτατη ανανέωση πόρων, τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, και της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πιστοποιήσεις είναι επίσης διαθέσιμες για ένα προϊόν κλειστού βρόχου, Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) βελτιστοποιημένων προϊόντων, καθώς και βιώσιμες πρακτικές παραγωγής.</p> <p>Περισσότερες πληροφορίες: <a href="http://www.greencirclecertified.com">http://www.greencirclecertified.com</a></p>

	<p><b>Building Environmental Standards (Canada)</b>  είναι ένα εθνικό πρόγραμμα που ξεκίνησε το 2005 και το διαχειρίζεται η Ένωση Ιδιοκτητών και Διαχειριστών Κτιρίων (Building Owners and Managers Association- Boma) του Καναδά για την αντιμετώπιση της ανάγκης της βιομηχανίας για ρεαλιστικά πρότυπα για την ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση των υφιστάμενων κτιρίων. Βασίζεται σε ακριβείς, ανεξάρτητες και εξακριβωμένες πληροφορίες. Σήμερα έχει εξελιχθεί και δεν περιορίζεται απλά στο να προσδιορίζει τις καλύτερες πρακτικές αλλά παρέχει πρότυπα, εκπαιδευτικά on-line εργαλεία αξιολόγησης, και ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα πιστοποίησης τεσσάρων επιπέδων.</p> <p>Περισσότερες πληροφορίες: <a href="http://www.bomabest.com">http://www.bomabest.com</a></p>
	<p><b>FloorScore –Resilient Floor Covering Insitute (USA)</b>  Το FloorScore είναι ένα πρόγραμμα πιστοποίησης και σήμανσης για τα σκληρά προϊόντα δάπεδου (π.χ.laminate, βινυλίου, λινολάιμ, μη-σχετικά PVC δάπεδα). Τα πιστοποιημένα προϊόντα πληρούν τις απαιτήσεις που έχει θέσει η Καλιφόρνια για την ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων. Ο οργανισμός αναπτύχθηκε σε συνδυασμό, και τελεί υπό τη διαχείριση των Συστημάτων Επιστημονικής Πιστοποίησης (Scientific Certification Systems-SCS).</p> <p>Περισσότερες πληροφορίες: <a href="http://www.rfci.com">http://www.rfci.com</a></p>
	<p><b>GreenGuard (USA)</b>  Το Περιβαλλοντικό Ινστιτούτο GREENGUARD ιδρύθηκε το 2001 και είναι ένας φορέας που εποπτεύει τα Προγράμματα Πιστοποίησης GREENGUARD. Η αποστολή του Ινστιτούτου είναι η βελτίωση της ανθρώπινης υγείας και της ποιότητας ζωής μέσω προγραμμάτων που θα μειώνουν έκθεση των ανθρώπων σε χημικές ουσίες και σαν αποτέλεσμα να βελτιωθεί η ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Τα προϊόντα GREENGUARD Indoor Air Quality Certified® πρέπει να πληρούν αυστηρά πρότυπα για χαμηλές εκπομπές χημικών με βάση καθιερωμένα κριτήρια για την υγεία από βασικές υπηρεσίες δημόσιας υγείας. Είναι ευρέως αναγνωρισμένη και αποδεκτή πιστοποίηση από οργανώσεις, κυβερνητικούς φορείς, σε όλο τον κόσμο.</p> <p>Περισσότερες πληροφορίες: <a href="http://www.greenguard.org">www.greenguard.org</a></p>
	<p><b>SCS – Indoor Advantage (USA &amp; Mexico)</b>  Σύστημα που πιστοποιεί τη ποιότητα του εσωτερικού αέρα των κτιρίων, που πληροί τα κριτήρια των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων. Έχει τις εγκαταστάσεις του στην Σύνδεση Επιχειρήσεων και Ινστιτούτων Κατασκευαστών Επίπλων (BIFMA). Κατέχει το Πρότυπο χαμηλών εκπομπών (ANSI / BIFMA X7.1) και τα Ενεργειακά και Περιβαλλοντικά κριτήρια σχεδιασμού EQ4.5 (έπιπλα και καθίσματα).</p> <p>Περισσότερες πληροφορίες: <a href="http://www.scscertified.com">http://www.scscertified.com</a></p>

## Παράρτημα II

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

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

- **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).

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- **86/106/EEC**

Οδηγία Συμβουλίου Ευρωπαϊκής Ένωσης της 21<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 1988 για Κατασκευαστικά Προϊόντα. Η Ευρωπαϊκή πιστοποίηση προϊόντων έχει ως σκοπό να εξασφαλίσει την ελεύθερη κυκλοφορία όλων των προϊόντων δομικών κατασκευών εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με την εναρμόνιση των εθνικών νομοθεσιών σε σχέση με τις βασικές απαιτήσεις που ισχύουν για τα προϊόντα αυτά από την άποψη της υγείας και της ασφάλειας.

- **DS/INF 90/1994**

Οδηγία της κυβέρνησης της Δανίας για τα πρότυπα δομικών υλικών για τον καθορισμό και αξιολόγηση των εκπομπών από αυτά.

- **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.

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

- **67/63/EEC**

Οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 20<sup>ης</sup> Ιουλίου 1993 για τον καθορισμό των αρχών εκτίμησης των κινδύνων για τον άνθρωπο και το περιβάλλον από ουσίες που γνωστοποιούνται στην οδηγία του Συμβουλίου 67/548/EEC

- **793/93/EEC**

Κανονισμός του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της 23ης Μαρτίου 1993 για την αξιολόγηση και τον έλεγχο των κινδύνων από τις υπάρχουσες ουσίες, τη συλλογή και τη διάδοση των πληροφοριών σχετικά με τις υπάρχουσες ουσίες καθώς και τη δυνατότητα πρόσβασης στις πληροφορίες αυτές. Επίσης εφαρμόζεται για την αξιολόγηση των κινδύνων για τον άνθρωπο, συμπεριλαμβανομένων των εργαζομένων και των καταναλωτών, και για το περιβάλλον από τις υπάρχουσες ουσίες με σκοπό την καλύτερη διαχείριση των κινδύνων αυτών στα πλαίσια των κοινοτικών διατάξεων.

- **99/13/EEC**  
Οδηγία του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της 11<sup>ης</sup> Μαρτίου 1999 για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε ορισμένες δραστηριότητες και εγκαταστάσεις.
- **04/42/EEC**  
Οδηγία του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της 21<sup>ης</sup> Απριλίου 2004 για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε χρώματα διακόσμησης και βερνίκια και σε προϊόντα φανοποιίας αυτοκινήτων και για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/13/E.
- **10/66/EEC**  
Οδηγία του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της 25<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 2009 σχετικά με το οικολογικό σήμα της ΕΕ (EU Ecolabel).
- ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 9ης Φεβρουαρίου 2006 για τη θέσπιση του προγράμματος εργασίας σχετικά με το οικολογικό σήμα της Κοινότητας (2006/402/ΕΚ).
- ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 10ης Νοεμβρίου 2000 για τη θέσπιση του συμβουλίου οικολογικής σήμανσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του εσωτερικού κανονισμού του (2000/730/ΕΚ).
- ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 10ης Νοεμβρίου 2000 για τη θέσπιση του εσωτερικού κανονισμού του φόρουμ διαβούλευσης για το αναθεωρημένο κοινοτικό σύστημα οικολογικής σήμανσης (2000/731/ΕΚ).
- Υ.Α. 437/2005/2006 (ΦΕΚ 1641/Β`/8.11.2006) 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.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

### Κατηγοριοποίηση ενώσεων που σχετίζονται με την καρκινογένεση σύμφωνα με τον IARC (Οδηγία 67/548/EEC)

Ο Διεθνής Οργανισμός Ερευνών για τον Καρκίνο ή Διεθνής Οργανισμός για την Έρευνα του Καρκίνου (International Agency for Research on Cancer ή IARC, ή CIRC στα γαλλικά) είναι ένας διακρατικός Οργανισμός, τμήμα της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (World Health Organization-WHO) των Ηνωμένων Εθνών. Τα κεντρικά του γραφεία βρίσκονται στη Λυόν της Γαλλίας και ο ρόλος του είναι να κάνει και να συντονίζει την έρευνα για τις αιτίες του καρκίνου, καθώς επίσης και να κάνει επιδημιολογικές μελέτες για τον καρκίνο σε όλο τον κόσμο, μελετά τις αιτίες που προκαλούν καρκίνο και τους μηχανισμούς της καρκινογένεσης και αναπτύσσει στατηγικές για τον έλεγχο του καρκίνου. Εκδίδει και συντηρεί μια σειρά από μονογραφίες για τους κινδύνους καρκινογένεσης στους ανθρώπους από μια ποικιλία υλικών, μιγμάτων και περιβαλλόντων, στα οποία μπορεί να εκτίθενται άνθρωποι, για την αξιολόγηση και ταξινόμησή τους σχετικά με την επίδρασή τους στην πρόκληση ή όχι καρκίνου στον άνθρωπο.

#### Κατηγορίες IARC

Το IARC ταξινομεί τα υλικά, τα μίγματα υλικών και τα περιβάλλοντα σε πέντε κατηγορίες:

**Κατηγορία 1:** Καρκινογόνες για τον άνθρωπο.

**Κατηγορία 2A:** Πιθανότατα (probable) καρκινογόνες για τον άνθρωπο.

**Κατηγορία 2B:** Πιθανώς (possibly) καρκινογόνες για τον άνθρωπο.

**Κατηγορία 3:** Μη ταξινομήσιμο σχετικά με καρκινογένεση για τον άνθρωπο.

**Κατηγορία 4:** Πιθανότατα μη καρκινογόνες για τον άνθρωπο\*.

\* Σημειώνεται ότι στην κατηγορία 4 το ινστιτούτο έχει κατατάξει μέχρι τις αρχές του 2009 ένα μόνο υλικό, την καπρολακτάμη.

#### Λίστα IARC Κατηγορία C1

4-Aminobiphenyl
Aristolochic acid
Arsenic and arsenic compounds <sup>1</sup>
Asbestos
Azathioprine
Benzene
Benzidine
Benzo[a]pyrene
Beryllium and beryllium compounds <sup>2</sup>
Chlornapazine (N,N-Bis(2-chloroethyl)-2-naphthylamine)
Bis(chloromethyl)ether
Chloromethyl methyl ether
1,3-Butadiene
1,4-Butanediol dimethanesulfonate (Busulphan, Myleran)
Cadmium and cadmium compounds <sup>2</sup>

Chlorambucil
Methyl-CCNU (1-(2-Chloroethyl)-3-(4-methylcyclohexyl)-1-nitrosourea; Semustine)
Chromium(VI) compounds <sup>2</sup>
Ciclosporin
Cyclophosphamide
Diethylstilboestrol
Dyes metabolized to benzidine
Epstein-Barr virus
Ethanol in alcoholic beverages
Erionite
Ethylene oxide
Etoposide alone and in combination with cisplatin and bleomycin
Formaldehyde
Gallium arsenide
Helicobacter pylori (infection with)
Hepatitis B virus (chronic infection with)
Hepatitis C virus (chronic infection with)
Herbal remedies containing plant species of the genus Aristolochia
Human immunodeficiency virus type 1 (infection with)
Human papillomavirus type 16, 18, 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59 and 66
Human T-cell lymphotropic virus type I
Melphalan
Methoxsalen (8-Methoxypsoralen) plus ultraviolet A radiation
4,4'-methylene-bis(2-chloroaniline) (MOCA)
MOPP and other combined chemotherapy including alkylating agents
Mustard gas (Sulfur mustard)
2-Naphthylamine
Neutron radiation
Nickel compounds <sup>2</sup>
4-(N-Nitrosomethylamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK)
N-Nitrosornicotine (NNN)
Oestrogen therapy, postmenopausal
Oestrogens, nonsteroidal <sup>1</sup>
Oestrogens, steroidal <sup>1</sup>
Opisthorchis viverrini (infection with)
Combined forms of hormonal contraception (those containing both estrogen and a progestogen) <sup>3</sup>
Sequential forms of hormonal contraception (a period of estrogen-only followed by a period of both estrogen and a progestogen)
Phosphorus-32, as phosphate
Plutonium-239 and its decay products (may contain plutonium-240 and other isotopes), as aerosols
Radioiodines, short-lived isotopes, including iodine-131, from atomic reactor accidents and nuclear weapons detonation (exposure during childhood)
Radionuclides, $\alpha$ -particle-emitting, internally deposited <sup>4</sup>
Radionuclides, $\beta$ -particle-emitting, internally deposited <sup>4</sup>
Radium-224 and its decay products
Radium-226 and its decay products
Radium-228 and its decay products
Radon-222 and its decay products
Schistosoma haematobium (infection with)
Silica, crystalline (inhaled in the form of quartz or cristobalite from occupational sources)
Solar radiation
Talc containing asbestiform fibres
Tamoxifen <sup>5</sup>
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-para-dioxin
Thiotepa (1,1',1''-Phosphinothiolyldynetriziridine)
Thorium-232 and its decay products, administered intravenously as a colloidal dispersion of

thorium-232 dioxide
Treosulfan
ortho-Toluidine
Vinyl chloride
X-Radiation and Gamma radiation

## Λίστα IARC Κατηγορία C2A

Acrylamide
Adriamycin
Androgenic (anabolic) steroids
Azacitidine
Benzo[a]anthracene
BCNU (Bischloroethyl nitrosourea)
Captafol
Chloramphenicol
α-Chlorinated toluenes (benzal chloride, benzotrichloride, benzyl chloride) and benzoyl chloride (combined exposures)
CCNU (1-(2-Chloroethyl)-3-cyclohexyl-1-nitrosourea)
4-Chloro-ortho-toluidine
Chlorozotocin
Cisplatin
Cyclopenta[cd]pyrene
Clonorchis sinensis (infection with)
Dibenz[a,h]anthracene
Dibenzo[a,l]pyrene
Diethyl sulfate
Dimethylcarbamoyl chloride
1,2-Dimethylhydrazine
Dimethyl sulfate
Epichlorohydrin
Ethylene dibromide
Ethyl carbamate (urethane)
N-Ethyl-N-nitrosourea
Etoposide
Glycidol
Indium phosphide
2-Amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline (IQ)
Lead compounds, inorganic
Kaposi's sarcoma herpesvirus/human herpesvirus 8
5-Methoxypsoralen
Methyl methanesulfonate
MNNG (N-Methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine)
N-Methyl-N-nitrosourea
Nitrate or nitrite (ingested) under conditions that result in endogenous nitrosation
Nitrogen mustard
N-Nitrosodiethylamine (DEN)
N-Nitrosodimethylamine (NDMA)
Phenacetin
Procarbazine hydrochloride
Styrene-7,8-oxide
Teniposide
Tetrachloroethylene
Trichloroethylene

1,2,3-Trichloropropane
Tris(2,3-dibromopropyl) phosphate
Ultraviolet radiation A
Ultraviolet radiation B
Ultraviolet radiation C
Vinyl bromide
Vinyl fluoride

### Λίστα IARC Κατηγορία C2B

A-a-C (2-Amino-9H-pyrido[2,3-b]indole)
Acetaldehyde
Acetamide
Acifluorfen
Acrylonitrile
Adapalene
AF-2 (2-(2-Furyl)-3-(5-nitro-2-furyl)acrylamide)
Aflatoxin M1
para-Aminoazobenzene
ortho-Aminoazotoluene
2-Amino-5-(5-nitro-2-furyl)-1,3,4-thiadiazole
Amsacrine
ortho-Anisidine
Antimony trioxide
Aramite
Auramine (technical-grade)
Azaserine
Aziridine
Benz[j]aceanthrylene
Benz[a]anthracene
Benzofluoranthene
Benzofluoranthene
Benzofluoranthene
Benzofluoranthene
Benzofluoranthene
Benzofuran
Benzyl violet 4B
2,2-Bis(bromomethyl)propane-1,3-diol
Bleomycin
Bracken fern
Bromodichloromethane
Butylated hydroxyanisole
b-Butyrolactone
Caffeic acid
Carbon black
Carbon tetrachloride
Catechol
Chlordane
Chlordecone (Kepone)
Chlorendic acid
para-Chloroaniline
3-Chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone
Chloroform
1-Chloro-2-methylpropene
Chlorophenoxy herbicides

4-Chloro-ortho-phenylenediamine
Chloroprene
Chlorothalonil
Chrysene
CI Acid Red 114
CI Basic Red 9
CI Direct Blue 15
Citrus Red No. 2
Cobalt and cobalt compounds 1
Cobalt sulfate and other soluble cobalt(II) salts
para-Cresidine
Cycasin
Dacarbazine
Dantron (Chrysazin, 1,8-Dihydroxyanthraquinone)
Daunomycin
DDT (p,p'-DDT)
N,N'-Diacetylbenzidine
2,4-Diaminoanisole
4,4'-Diaminodiphenyl ether
2,4-Diaminotoluene
Dibenz[a,h]acridine
Dibenz[a,j]acridine
7H-Dibenzo[c,g]carbazole
Dibenzo[a,e]pyrene
Dibenzo[a,h]pyrene
Dibenzo[a,i]pyrene
1,2-Dibromo-3-chloropropane
2,3-Dibromopropan-1-ol
Dichloroacetic acid
para-Dichlorobenzene
3,3'-Dichlorobenzidine
3,3'-Dichloro-4,4'-diaminodiphenyl ether
1,2-Dichloroethane
Dichloromethane (methylene chloride)
1,3-Dichloropropene (technical grade)
Dichlorvos
1,2-Diethylhydrazine
Diglycidyl resorcinol ether
Dihydrosafrole
Diisopropyl sulfate
3,3'-Dimethoxybenzidine (o-Dianisidine)
para-Dimethylaminoazobenzene
trans-2-[(Dimethylamino)methylimino]-5-[2-(5-nitro-2-furyl)-vinyl]-1,3,4-oxadiazole
2,6-Xylidine (2,6-Dimethylaniline)
3,3'-Dimethylbenzidine (o-Tolidine)
1,1-Dimethylhydrazine
3,7-Dinitrofluoranthene
3,9-Dinitrofluoranthene
1,6-Dinitropyrene
1,8-Dinitropyrene
2,4-Dinitrotoluene
2,6-Dinitrotoluene
1,4-Dioxane
Disperse Blue 1
1,2-Epoxybutane
Ethyl acrylate
Ethylbenzene
Ethylene dichloride

Ethyl methanesulfonate
Foreign bodies, implanted in tissues
Polymeric, prepared as thin smooth films (with the exception of poly(glycolic acid))
Metallic, prepared as thin smooth films
Metallic cobalt, metallic nickel and an alloy powder containing 66-67% nickel, 13-16% chromium and 7% iron
2-(2-Formylhydrazino)-4-(5-nitro-2-furyl)thiazole
Fumonisin B1
Furan
Glu-P-1 (2-Amino-6-methyldipyrido[1,2-a:3',2'-d]imidazole)
Glu-P-2 (2-Aminodipyrido[1,2-a:3',2'-d]imidazole)
Glycidaldehyde
Griseofulvin
HC Blue No. 1
Heptachlor
Hexachlorobenzene
Hexachloroethane
Hexachlorocyclohexanes
Hexamethylphosphoramide (HMPA)
Human immunodeficiency virus type 2 (infection with)
Human papillomaviruses: some types other than 16, 18, 31 and 33
Hydrazine
1-Hydroxyanthraquinone
Indeno[1,2,3-cd]pyrene
Iron-dextran complex
Isoprene
Lasiocarpine
Lead
Magnetic fields (extremely low frequency)
MeA-a-C (2-Amino-3-methyl-9H-pyrido[2,3-b]indole)
Medroxyprogesterone acetate
MeIQ (2-Amino-3,4-dimethylimidazo[4,5-f]quinoline)
MeIQx (2-Amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline)
Merphalan
2-Methylaziridine (Propyleneimine)
Methylazoxymethanol acetate
5-Methylchrysene
4,4'-Methylene bis(2-methylaniline)
4,4'-Methylenedianiline
Methylmercury compounds 1
2-Methyl-1-nitroanthraquinone (uncertain purity)
N-Methyl-N-nitrosourethane
Methylthiouracil
Metronidazole
Michler's base (4,4'-methylene-bis(N,N-dimethyl)benzenamine)
Michler's ketone (4,4'-bis(dimethylamino)benzophenone)
Microcystin-LR
Mirex
Mitomycin C
Mitoxantrone
Monocrotaline
5-(Morpholinomethyl)-3-[(5-nitrofurfurylidene)amino]-2-oxazolidinone
Nafenopin
Naphthalene
Nickel, metallic and alloys
Niridazole
Nitilotriacetic acid and its salts 1
5-Nitroacenaphthene

2-Nitroanisole
Nitrobenzene
6-Nitrochrysene
Nitrofen (technical-grade)
2-Nitrofluorene
1-[(5-Nitrofurfurylidene)amino]-2-imidazolidinone
N-[4-(5-Nitro-2-furyl)-2-thiazolyl]acetamide
Nitrogen mustard N-oxide
Nitromethane
2-Nitropropane
1-Nitropyrene
4-Nitropyrene
N-Nitrosodi-n-butylamine
N-Nitrosodiethanolamine
N-Nitrosodi-n-propylamine
3-(N-Nitrosomethylamino)propionitrile
N-Nitrosomethylethylamine
N-Nitrosomethylvinylamine
N-Nitrosomorpholine
N-Nitrosopiperidine
N-Nitrosopyrrolidine
N-Nitrososarcosine
Ochratoxin A
Oestrogen-progestogen therapy, postmenopausal
Oil Orange SS
Oxazepam
Palygorskite (attapulgite) (long fibres, >5 µm)
Panfuran S (containing dihydroxymethylfuratrizine)
Phenazopyridine hydrochloride
Phenobarbital
Phenolphthalein
Phenoxybenzamine hydrochloride
Phenyl glycidyl ether
Phenytoin
PhIP (2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine)
Polychlorophenols and their sodium salts (mixed exposures)
Ponceau MX
Ponceau 3R
Potassium bromate
Progestins
Progestogen-only contraceptives
1,3-Propane sultone
b-Propiolactone
Propylene oxide
Propylthiouracil
Refractory ceramic fibres
Riddelliine
Safrole
Schistosoma japonicum (infection with)
Sodium ortho-phenylphenate
Special-purpose fibres such as E-glass and '475' glass fibres
Sterigmatocystin
Streptozotocin
Styrene
Sulfallate
Tetrafluoroethylene
Tetranitromethane
Thioacetamide

4,4'-Thiodianiline
Thiouracil
Titanium dioxide
Toluene diisocyanates
Trichlormethine (Trimustine hydrochloride)
Trp-P-1 (3-Amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b]indole)
Trp-P-2 (3-Amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b]indole)
Trypan blue
Uracil mustard
Vanadium pentoxide
Vinyl acetate
4-Vinylcyclohexene
4-Vinylcyclohexene diepoxide
Zalcitabine
Zidovudine (AZT)

### Λίστα IARC Κατηγορία C3

Acenaphthene
Acepyrene
Aciclovir
Acridine orange
Acriflavium chloride
Acrolein
Acrylic acid
Acrylic fibres
Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymers
Actinomycin D
Agaritine
Aldicarb
Aldrin
Allyl chloride
Allyl isothiocyanate
Allyl isovalerate
Amaranth (dye)
5-Aminoacenaphthene
2-Aminoanthraquinone
para-Aminobenzoic acid
1-Amino-2-methylantraquinone
2-Amino-4-nitrophenol
2-Amino-5-nitrophenol
4-Amino-2-nitrophenol
2-Amino-5-nitrothiazole
11-Aminoundecanoic acid
Amitrole
Ampicillin
Anaesthetics, volatile
Angelicin plus ultraviolet A radiation
Aniline
para-Anisidine
Anthanthrene
Anthracene
Anthranilic acid
Antimony trisulfide



Apholate
para-Aramid fibrils
Atrazine
Aurothioglucose (Auranofin)
2-(1-Aziridinyl)ethanol
Aziridyl benzoquinone
Azobenzene
11H-Benz[bc]aceanthrylene
Benz[l]aceanthrylene
Benz[a]acridine
Benz[c]acridine
Benzo[g]chrysene
Benzo[a]fluoranthene
Benzo[ghi]fluoranthene
Benzo[a]fluorene
Benzo[b]fluorene
Benzo[c]fluorene
Benzo[ghi]perylene
Benzo[c]phenanthrene
Benzo[e]pyrene
p-Benzoquinone dioxime
Benzoyl peroxide
Benzyl acetate
Bis(1-aziridinyl)morpholinophosphine sulfide
Bis(2-chloroethyl)ether
1,2-Bis(chloromethoxy)ethane
1,4-Bis(chloromethoxymethyl)benzene
Bis(2-chloro-1-methylethyl)ether
Bis(2,3-epoxycyclopentyl)ether
Bisphenol A diglycidyl ether (Aralditeâ)
Bisulfites
Blue VRS
Brilliant Blue FCF, disodium salt
Bromochloroacetonitrile
Bromoethane
Bromoform
2-Butoxyethanol
1-tert-Butoxy-2-propanol
n-Butyl acrylate
Butylated hydroxytoluene (BHT)
Butyl benzyl phthalate
gamma-Butyrolactone
Caffeine
Cantharidin
Captan
Carbaryl
Carbazole
3-Carbethoxypsoralen
Carmoisine
Carrageenan
Chloral
Chloral hydrate
Chloramine
Chlordimeform
Chlorinated drinking water
Chloroacetonitrile
Chlorobenzilate
Chlorodibromomethane

Chlorodifluoromethane
Chloroethane
Chlorofluoromethane
3-Chloro-2-methylpropene
4-Chloro-meta-phenylenediamine
Chloronitrobenzenes
Chloroprotham
Chloroquine
5-Chloro-ortho-toluidine
2-Chloro-1,1,1-trifluoroethane
Cholesterol
Chromium(III) compounds
Chromium, metallic
Chrysene
Chrysoidine
CI Acid Orange 3
Cimetidine
Cinnamyl anthranilate
CI Pigment Red 3
Citrinin
Clofibrate
Clomiphene citrate
Coal dust
Continuous glass filament
Copper 8-hydroxyquinoline
Coronene
Coumarin
m-Cresidine
Crotonaldehyde
Cyclamates
Cyclochlorotine
Cyclohexanone
4H-Cyclopenta[def]chrysene
5,6-Cyclopenteno-1,2-benzanthracene
D & C Red No. 9
Dapsone
Decabromodiphenyl oxide
Deltamethrin
Diacetylaminoazotoluene
Diallate
1,2-Diamino-4-nitrobenzene
1,4-Diamino-2-nitrobenzene
2,5-Diaminotoluene
Diazepam
Diazomethane
Dibenz[a,c]anthracene
Dibenz[a,j]anthracene
Dibenzo-p-dioxin
Dibenzo[a,e]fluoranthene
13H-Dibenzo[a,g]fluorene
Dibenzo[h,rst]pentaphene
Dibenzo[a,e]pyrene
Dibenzo[e,l]pyrene
Dibromoacetonitrile
Dichloroacetonitrile
Dichloroacetylene
m-Dichlorobenzene
o-Dichlorobenzene

trans-1,4-Dichlorobutene
2,6-Dichloro-p-phenylenediamine
1,2-Dichloropropane
Dicofol
Didanosine
Dieldrin
Diethanolamine
Di(2-ethylhexyl) adipate
Di(2-ethylhexyl) phthalate
N,N'-Diethylthiourea
Dihydroaceanthrylene
Dihydroxymethylfuratrizine
Dimethoxane
3,3'-Dimethoxybenzidine-4,4'-diisocyanate
p-Dimethylaminoazobenzene diazo sodium sulfonate
4,4'-Dimethylangelicin plus ultraviolet A radiation
4,5'-Dimethylangelicin plus ultraviolet A radiation
N,N-Dimethylaniline
Dimethylformamide
Dimethyl hydrogen phosphite
1,4-Dimethylphenanthrene
1,3-Dinitropyrene
3,5-Dinitrotoluene
Dinitrosopentamethylenetetramine
2,4'-Dipenyldiamine
Disperse Yellow 3
Disulfiram
Dithranol
Doxefazepam
Doxylamine succinate
Droloxifene
Dulcin
Electric fields (extremely low-frequency)
Electric fields (static)
Endrin
Eosin
3,4-Epoxy-6-methylcyclohexylmethyl-3,4-epoxy-6-methylcyclo-hexanecarboxylate
cis-9,10-Epoxystearic acid
Estazolam
Ethionamide
Ethylene
Ethylene sulfide
Ethylenethiourea
2-Ethylhexyl acrylate
Ethyl selenac
Ethyl tellurac
Eugenol
Evans blue
Fast Green FCF
Fenvalerate
Ferbam
Ferric oxide
Fluometuron
Fluoranthene
Fluorene
Fluorescent lighting
Fluorides (inorganic, used in drinking-water)
5-Fluorouracil

Foreign bodies, implanted in tissues
Metallic chromium or titanium, cobalt-based, chromium-based and titanium-based alloys, stainless steel and depleted uranium
Furazolidone
Furfural
Furosemide (Frusemide)
Gemfibrozil
Glycidyl oleate
Glycidyl stearate
Guinea Green B
Gyromitrin
Haematite
HC Blue No. 2
HC Red No. 3
HC Yellow No. 4
Hepatitis D virus
Hexachlorobutadiene
Hexachlorophene
Human T-cell lymphotropic virus type II
Hycanthone mesylate
Hydralazine
Hydrochloric acid
Hydrochlorothiazide
Hydrogen peroxide
Hydroquinone
4-Hydroxyazobenzene
8-Hydroxyquinoline
Hydroxysenkirkine
Hydroxyurea
Hypochlorite salts
Insulation glass wool
Iron-dextrin complex
Iron sorbitol-citric acid complex
Isatidine
Isonicotinic acid hydrazide (Isoniazid)
Isophosphamide
Isopropanol
Isopropyl oils
Isosafrole
Jacobine
Kaempferol
Kojic acid
Lauroyl peroxide
Lead compounds, organic
Light Green SF
D-Limonene
Luteoskyrin
Madder root (Rubia tinctorum)
Magnetic fields (static)
Malathion
Maleic hydrazide
Malonaldehyde
Maneb
Mannomustine dihydrochloride
Medphalan
Melamine
6-Mercaptopurine
Mercury and inorganic mercury compounds

Metabisulfites
Methimazole
Methotrexate
Methoxychlor
Methyl acrylate
5-Methylangelicin
Methyl bromide
Methyl tert-butyl ether
Methyl carbamate
Methyl chloride
1-Methylchrysene
2-Methylchrysene
3-Methylchrysene
4-Methylchrysene
6-Methylchrysene
N-Methyl-N,4-dinitrosoaniline
4,4'-Methylene bis(N,N-dimethyl)benzenamine
4,4'-Methylenediphenyl diisocyanate
2-Methylfluoranthene
3-Methylfluoranthene
Methylglyoxal
Methyl iodide
Methyl methacrylate
N-Methylolacrylamide
Methyl parathion
1-Methylphenanthrene
7-Methylpyrido[3,4-c]psoralen
Methyl red
Methyl selenac
Microcystis extracts
Modacrylic fibres
Monuron
Morpholine
Musk ambrette
Musk xylene
1,5-Naphthalenediamine
1,5-Naphthalene diisocyanate
Naphtho[1,2-b]fluoranthene
Naphtho[2,1-a]fluoranthene
Naphtho[2,3-e]pyrene
1-Naphthylamine
1-Naphthylthiourea (ANTU)
Nithiazide
5-Nitro-ortho-anisidine
9-Nitroanthracene
7-Nitrobenz[a]anthracene
6-Nitrobenzo[a]pyrene
4-Nitrobiphenyl
3-Nitrofluoranthene
Nitrofural (Nitrofurazone)
Nitrofurantoin
1-Nitronaphthalene
2-Nitronaphthalene
3-Nitroperylene
2-Nitropyrene
N'-Nitrosoanabasine
N'-Nitrosoanatabine
N-Nitrosodiphenylamine

para-Nitrosodiphenylamine
N-Nitrosofolic acid
N-Nitrosoguvacine
N-Nitrosoguvacoline
N-Nitrosohydroxyproline
3-(N-Nitrosomethylamino)propionaldehyde
4-(N-Nitrosomethylamino)-4-(3-pyridyl)-1-butanal (NNA)
N-Nitrosoproline
Nitrotoluenes
5-Nitro-ortho-toluidine
Nitrovin
Nodularins
Nylon 6
Oestradiol mustard
Opisthorchis felineus (infection with)
Orange I
Orange G
Oxyphenbutazone
Palygorskite (attapulgite) (short fibres, < 5 micrometers)
Paracetamol (Acetaminophen)
Parasorbic acid
Parathion
Patulin
Penicillic acid
Pentachloroethane
Permethrin
Perylene
Petasitenine
Phenanthrene
Phenelzine sulfate
Phenicarbazide
Phenol
Phenylbutazone
meta-Phenylenediamine
para-Phenylenediamine
N-Phenyl-2-naphthylamine
ortho-Phenylphenol
Picene
Picloram
Piperonyl butoxide
Polyacrylic acid
Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (other than 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin)
Polychlorinated dibenzofurans
Polychloroprene
Polyethylene
Polymethylene polyphenyl isocyanate
Polymethyl methacrylate
Polypropylene
Polystyrene
Polytetrafluoroethylene (Teflon)
Polyurethane foams
Polyvinyl acetate
Polyvinyl alcohol
Polyvinyl chloride
Polyvinyl pyrrolidone
Ponceau SX
Potassium bis(2-hydroxyethyl)dithiocarbamate
Prazepam

Prednimustine
Prednisone
Proflavine salts
Pronetalol hydrochloride
Propham
n-Propyl carbamate
Propylene
Ptaquiloside
Pyrene
Pyridine
Pyrido[3,4-c]psoralen
Pyrimethamine
Quercetin
para-Quinone
Quintozene (Pentachloronitrobenzene)
Reserpine
Resorcinol
Retrorsine
Rhodamine B
Rhodamine 6G
Rifampicin
Ripazepam
Rock (stone) wool
Rugulosin
Saccharated iron oxide
Saccharin and its salts
Scarlet Red
Schistosoma mansoni (infection with)
Selenium and selenium compounds
Semicarbazide hydrochloride
Seneciophylline
Senkirkine
Sepiolite
Shikimic acid
Silica, amorphous
Simazine
Slag wool
Sodium chlorite
Sodium diethyldithiocarbamate
Spironolactone
Styrene-acrylonitrile copolymers
Styrene-butadiene copolymers
Succinic anhydride
Sudan I
Sudan II
Sudan III
Sudan Brown RR
Sudan Red 7B
Sulfafurazole (Sulfisoxazole)
Sulfamethazine
Sulfamethoxazole
Sulfites
Sulfur dioxide
Sunset Yellow FCF
Surgical implants
Orthopaedic implants and devices, of complex composition
Cardiac pacemakers
Dental materials

Ceramic materials
Surgical implants, female breast reconstruction, silicone
Symphytine
Talc, not containing asbestiform fibres
Tannic acid and tannins
Temazepam
2,2',5,5'-Tetrachlorobenzidine
1,1,1,2-Tetrachloroethane
1,1,2,2-Tetrachloroethane
Tetrachlorvinphos
Tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium salts
Theobromine
Theophylline
Thiourea
Thiram
Titanium dioxide
Toluene
Toremifene
Toxins derived from <i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> and <i>F. crookwellense</i>
Toxins derived from <i>Fusarium sporotrichioides</i>
Trichlorfon
Trichloroacetic acid
Trichloroacetonitrile
1,1,1-Trichloroethane
1,1,2-Trichloroethane
Triethanolamine
Triethylene glycol diglycidyl ether
Trifluralin
4,4',6-Trimethylangelicin plus ultraviolet A radiation
2,4,5-Trimethylaniline
2,4,6-Trimethylaniline
4,5',8-Trimethylpsoralen
2,4,6-Trinitrotoluene
Triphenylene
Tris(aziridinyl)-para-benzoquinone (Triaziquone)
Tris(1-aziridinyl)phosphine oxide
2,4,6-Tris(1-aziridinyl)-s-triazine
Tris(2-chloroethyl) phosphate
1,2,3-Tris(chloromethoxy)propane
Tris(2-methyl-1-aziridinyl)phosphine oxide
Vat Yellow 4
Vinblastine sulfate
Vincristine sulfate
Vinyl chloride-vinyl acetate copolymers
Vinylidene chloride
Vinylidene chloride-vinyl chloride copolymers
Vinylidene fluoride
N-Vinyl-2-pyrrolidone
Vinyl toluene
Vitamin K substances
Wollastonite
Xylenes
2,4-Xylidine
2,5-Xylidine
Yellow AB
Yellow OB
Zectran
Zeolites other than erionite (clinoptilolite, phillipsite, mordenite, non-fibrous Japanese zeolite,



synthetic zeolites)
Zineb
Ziram

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

### Λίστα του συστήματος AgBB με τις τιμές των ΝΙΚ για κάθε ένωση (Μάιος 2010)

	Substance	CAS No.	LCI [μg/m <sup>3</sup> ]	EU OEL [μg/m <sup>3</sup> ]	TRGS 900 [μg/m <sup>3</sup> ]	Remarks
<b>1. Aromatic hydrocarbons</b>						
1-1	Toluene	108-88-3	<b>1 900</b>	192 000	190 000	EU: Repr. Cat. 3
1-2	Ethyl benzene	100-41-4	<b>4 400</b>	442 000	440 000	
1-3	Xylene, mix of o-, m- and p-xylene isomers	1330-20-7	<b>2 200</b>	221 000	440 000	
1-4	p-Xylene	106-42-3	<b>2 200</b>	221 000	440 000	
1-5	m-Xylene	108-38-3	<b>2 200</b>	221 000	440 000	
1-6	o-Xylene	95-47-6	<b>2 200</b>	221 000	440 000	
1-7	Isopropylbenzene (Cumene)	98-82-8	<b>1 000</b>	100 000	100 000	
1-8	n-Propyl benzene	103-65-1	<b>1 000</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes, e.g. No 1-10
1-9	1-Propenyl benzene (i -methyl styrene)	637-50-3	<b>2 400</b>			EU-OEL for α-methyl styrene: 246 000 μg/m <sup>3</sup>
1-10	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	<b>1 000</b>	100 000	100 000	
1-11	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	<b>1 000</b>	100 000	100 000	
1-12	1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	<b>1 000</b>	100 000	100 000	
1-13	2-Ethyltoluene	611-14-3	<b>1 000</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes
1-14	1-Isopropyl-2-methylbenzene (o-cymene)	527-84-4	<b>1 100</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-15	1-Isopropyl-3-methylbenzene (m-cymene)	535-77-3	<b>1 100</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-16	1-Isopropyl-4-methylbenzene (p-cymene)	99-87-6	<b>1 100</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-17	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	95-93-2	<b>1 100</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-18	n-Butylbenzene	104-51-8	<b>1 100</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-19	1,3-Diisopropylbenzene	99-62-7	<b>1 400</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-20	1,4-Diisopropylbenzene	100-18-5	<b>1 400</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-21	Phenyldecane and isomers	2189-60-8	<b>1 600</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-22	1-Phenyldecane and isomers	104-72-3	<b>1 800</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-23	1-Phenylundecane and isomers	6742-54-7	<b>1 900</b>			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes; conversion via molecular weight
1-24	4-Phenyl cyclohexene (4-PCH)	4994-16-5	<b>1 300</b>			cf. styrene; conversion via molecular weight
1-25	Styrene	100-42-5	<b>860</b>		86 000	
1-26	Phenyl acetylene	536-74-3	<b>840</b>			cf. styrene; conversion via molecular weight
1-27	2-Phenylpropene (α-Methylstyrene)	98-83-9	<b>2 500</b>	246 000	250 000	
1-28	Vinyl toluene (all isomers: o-, m-, p-methyl styrenes)	25013-15-4	<b>4 900</b>		490 000	

	Substance	CAS No.	LCI [µg/m <sup>3</sup> ]	EU OEL [µg/m <sup>3</sup> ]	TRGS 900 [µg/m <sup>3</sup> ]	Remarks
1-29	Other alkylbenzenes, unless individual isomers have to be evaluated otherwise		1 000			cf. lowest LCI of saturated alkylbenzenes
1-30*	Naphthalene	91-20-3	10	50 000		EU: Carc. Cat. 3 (1991) Individ. substance evaluation (SCOEL 2008)
1-31	Indene	95-13-6	450			OELs Denmark, France: 45 000 µg/m <sup>3</sup>
<b>2. Aliphatic hydrocarbons (n-, iso- and cyclo-)</b>						
2-1	3-Methylpentane	96-14-0				VVOC
2-2	n-Hexane	110-54-3	72	72 000	180 000	EU: Repr. Cat. 3
2-3	Cyclohexane	110-82-7	7 000	700 000	700 000	
2-4	Methyl cyclohexane	108-87-2	8 100		810 000	
2-5	--					2)
2-6	-					2)
2-7	--					2)
2-8	n-Heptane	142-82-5	21 000	2 085 000		
2-9	Other saturated aliphatic hydrocarbons, up to C8		15 000		1 500 000	
2-10	Other saturated hydrocarbons, C9 or higher		6 000		600 000	
<b>3. Terpenes</b>						
3-1	3-Carene	498-15-7	1 500			cf. 3-2 to 3-5
3-2	α-Pinene	80-56-8	1 500			OEL Sweden: 150 000 µg/m <sup>3</sup>
3-3	í -Pinene	127-91-3	1 500			OEL Sweden: 150 000 µg/m <sup>3</sup>
3-4	Limonene	138-86-3	1 500			OEL Sweden: 150 000 µg/m <sup>3</sup>
3-5	Other terpene hydrocarbons		1 500			OEL Sweden: 150 000 µg/m <sup>3</sup> (This group includes all mono-terpenes, sesquiterpenes and their oxygen containing derivatives)
<b>4. Aliphatic alcohols (n-, iso- and cyclo-)</b>						
4-1	Ethanol	64-17-5				VVOC
4-2	1-Propanol	71-23-8				VVOC
4-3	2-Propanol	67-63-0				VVOC
4-4	Tert-butanol, 2-Methylpropanol-2	75-65-0	620		62 000	
4-5	2-Methyl-1-propanol	78-83-1	3 100		310 000	
4-6	1-Butanol	71-36-3	3 100		310 000	
4-7	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	730			MAK-DFG: 73 000 µg/m <sup>3</sup>
4-8	1-Hexanol	111-27-3	2 100		210 000	
4-9*	Cyclohexanol	108-93-0	2 100			TLV (ACGIH): 206 000 µg/m <sup>3</sup>
4-10	2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	1 100		110 000	
4-11	1-Octanol	111-87-5	1 100		106 000	
4-12	4-Hydroxy-4-methyl-pentane-2-one (diacetone alcohol)	123-42-2	960		96 000	
4-13*	Other saturated n- and iso-alcohols, C4-C10		1 100			cf. 1-octanol and 2-ethyl-1-hexanol; saturated cyclic alcohols are excluded

	Substance	CAS No.	LCI [µg/m³]	EU OEL [µg/m³]	TRGS 900 [µg/m³]	Remarks
4-14*	Other saturated n- and iso-alcohols, C11-C13		1 100			cf. 1-octanol and 2-ethyl-1-hexanol; saturated cyclic alcohols are excluded
<b>5. Aromatic alcohols</b>						
5-1*	Phenol	108-95-2	10	8 000	7 800	EU: Mut. Cat. 3 Individ. substance evaluation
5-2	BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol)	128-37-0	100			OELs Denmark, Finland, France, Great Britain: 10 000 µg/m³
5-3	Benzyl alcohol	100-51-6	440			WEEL (AIHA): 44 000 µg/m³
<b>6. Glycols, Glycol ethers, Glycol esters</b>						
6-1*	Propylene glycol (1,2-Dihydroxypropane)	57-55-6	2 500			Individ. substance evaluation
6-2	Ethandiol	107-21-1	260	52 000	26 000	
6-3	Ethylene glycol-monobutylether	111-76-2	980	98 000	98 000	
6-4	Diethylene glycol	111-46-6	440		44 000	
6-5	Diethylene glycol-monobutylether	112-34-5	670	67 500		MAK-DFG: 67 000 µg/m³
6-6	2-Phenoxyethanol	122-99-6	1 100		110 000	
6-7	Ethylene carbonate	96-49-1	370			cf. ethandiol; conversion via molecular weight
6-8	1-Methoxy-2-propanol	107-98-2	3 700	375 000	370 000	
6-9	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentane diol monoisobutyrate (Texanol®)	25265-77-4	600			Individ. substance evaluation
6-10	Butyl glycolate	7397-62-8	550			cf. glycolic acid, metabolite of ethandiol; conversion via molecular weight
6-11	Diethylene glycol monomethyl ether acetate	124-17-4	850			MAK-DFG: 85 000 µg/m³
6-12	Dipropylene glycol monomethyl ether	34590-94-8	3 100	308 000	310 000	
6-13*	2-Methoxyethanol	109-86-4	3 <sup>#</sup>	3 110	16 000	EU: Repr. Cat. 2
6-14*	2-Ethoxyethanol	110-80-5	8	8 000	19 000	EU: Repr. Cat. 2
6-15	2-Propoxyethanol	2807-30-9	860			
6-16	2-Methylethoxyethanol	109-59-1	220		22 000	
6-17	2-Hexoxyethanol	112-25-4	1 200			cf. ethylene glycol monobutyl ether; conversion via molecular weight
6-18*	1,2-Dimethoxyethane	110-71-4	4 <sup>#</sup>			EU: Repr. Cat. 2; cf. 2-methoxy-ethanol (metabolite methoxyacetic acid); conversion via molecular weight
6-19*	1,2-Diethoxyethane	73506-93-1	10			cf. 2-ethoxyethanol (metabolite ethoxyacetic acid); conversion via molecular weight
6-20*	2-Methoxyethyl acetate	110-49-6	5	4 900	25 000	EU: Repr. Cat. 2
6-21*	2-Ethoxyethyl acetate	111-15-9	11	11 000	27 000	EU: Repr. Cat. 2
6-22	2-Butoxyethyl acetate	112-07-2	1300	133 000	130 000	
6-23	2-(2-Hexoxyethoxy)-ethanol	112-59-4	740			cf. diethylene glycol-monobutyl ether; conversion via molecular weight
6-24	1-Methoxy-2-(2-methoxy-ethoxy) ethane	111-96-6	28		28 000	EU: Repr. Cat. 2
6-25	2-Methoxy-1-propanol	1589-47-5	19		19 000	EU: Repr. Cat. 2
6-26	2-Methoxy-1-propyl acetate	70657-70-4	28		28 000	EU: Repr. Cat. 2
6-27*	Propylene glycol diacetate	623-84-7	5 300			cf. propylene glycol; conversion via molecular weight

<sup>#</sup> An evaluation within the framework of the LCI-concept will take place only from a measured concentration of 5 µg/m³.

	Substance	CAS No.	LCI [µg/m³]	EU OEL [µg/m³]	TRGS 900 [µg/m³]	Remarks
6-28*	Dipropylene glycol	110-98-5 25265-71-8	670		67 000 (CAS No. 25265-71-8)	
6-29	Dipropylene glycol monomethyl ether acetate	88917-22-0	3 900			cf. dipropylene glycol-monomethyl ether; conversion via molecular weight
6-30	Dipropylene glycol mono-n-propylether	29911-27-1	740			cf. diethylene glycol-monobutyl ether; conversion via molecular weight
6-31	Dipropylene glycol mono-n-butylether	29911-28-2 35884-42-5	810			cf. diethylene glycol-monobutyl ether; conversion via molecular weight
6-32	Dipropylene glycol mono-t-butylether	132739-31-2 (Mixture)	810			cf. diethylene glycol-monobutyl ether; conversion via molecular weight
6-33	1,4-Butanediol	110-63-4	2 000		200 000	
6-34	Tripropylene glycol monomethyl ether	20324-33-8 25498-49-1	1 000			Individ. substance evaluation
6-35*	Triethylene glycol dimethyl ether	112-49-2	7			EU: Repr. Cat. 2; cf. 2-methoxy-ethanol (metabolite methoxyacetic acid); conversion via molecular weight
6-36*	1,2-Propylene glycol dimethyl ether	7778-85-0	25			cf. 2-methoxy-1-propanol (metabolite methoxypropionic acid); conversion via molecular weight
6-37	TXIB	6846-50-0	450			Individ. substance evaluation
6-38	Ethylidiglycol	111-90-0	350		35 000	
6-39	Dipropylene glycol dimethyl ether	63019-84-1 89399-28-0 111109-77-4	1 300			
6-40*	Propylene carbonate	108-32-7	250			Individ. substance evaluation
6-41*	Hexylene glycol (2-Methyl-2,4-pentanediol)	107-41-5	490			MAK-DFG: 49 000 µg/m³
<b>7. Aldehydes</b>						
7-1	Butanal	123-72-8				VVOC TRGS 900: 64 000 µg/m³
7-2	Pentanal	110-62-3	1 700			OEL Denmark, France, TLV (ACGIH): 175 000 µg/m³
7-3	Hexanal	66-25-1	890			cf. butanal; conversion via molecular weight
7-4	Heptanal	111-71-7	1 000			cf. butanal; conversion via molecular weight
7-5	2-Ethyl-hexanal	123-05-7	1 100			cf. butanal; conversion via molecular weight
7-6	Octanal	124-13-0	1 100			cf. butanal; conversion via molecular weight
7-7	Nonanal	124-19-6	1 300			cf. butanal; conversion via molecular weight
7-8	Decanal	112-31-2	1 400			cf. butanal; conversion via molecular weight
7-9	2-Butenal (crotonaldehyde, cis-trans-mix)	4170-30-3 123-73-9 15798-64-8	1 <sup>#</sup>			EU: Mut.Cat.3 <sup>1)</sup>
7-10	2-Pentenal	1576-87-0 764-39-6 31424-04-1	12			cf. 2-butenal, but no EU classification as mutagen; conversion via molecular weight
7-11	2-Hexenal	16635-54-4 6728-26-3 505-57-7 1335-39-3	14			cf. 2-pentenal; conversion via molecular weight
7-12	2-Heptenal	2463-63-0 18829-55-5 29381-66-6	16			cf. 2-pentenal; conversion via molecular weight
7-13	2-Octenal	2363-89-5 25447-69-2 20664-46-4 2548-87-0	18			cf. 2-pentenal; conversion via molecular weight
7-14	2-Nonenal	2463-53-8	20			cf. 2-pentenal;

	Substance	CAS No.	LCI [µg/m <sup>3</sup> ]	EU OEL [µg/m <sup>3</sup> ]	TRGS 900 [µg/m <sup>3</sup> ]	Remarks
		30551-15-6 18829-56-6 60784-31-8				conversion via molecular weight
7-15	2-Decenal	3913-71-1 2497-25-8 3913-81-3	22			cf. 2-pentenal; conversion via molecular weight
7-16	2-Undecenal	2463-77-6 53448-07-0	24			cf. 2-pentenal; conversion via molecular weight
7-17	Furfural	98-01-1	20			EU: Carc. Cat. 3 Individ. substance evaluation
7-18*	Glutardialdehyde	111-30-8	2 <sup>#</sup>		200	
7-19	Benzaldehyde	100-52-7	90			WEEL (AIHA): 8 800 µg/m <sup>3</sup>
7-20	Acetaldehyde	75-07-0				VVOC
7-21	Propanal	123-38-6				VVOC
<b>8. Ketones</b>						
8-1	Ethylmethylketone	78-93-3	6 000	600 000	600 000	
8-2	3-Methylbutanone-2	563-80-4	7 000			OELs Denmark, France: 705 000 µg/m <sup>3</sup>
8-3	Methylisobutylketone	108-10-1	830	83 000	83 000	
8-4	Cyclopentanone	120-92-3	900			OEL Denmark: 90 000 µg/m <sup>3</sup>
8-5	Cyclohexanone	108-94-1	410	40 800	80 000	
8-6	2-Methylcyclopentanone	1120-72-5	1 000			cf. cyclopentanone; conversion via molecular weight
8-7	2-Methylcyclohexanone	583-60-8	2 300			OELs Denmark, France, Finland: 230 000 µg/m <sup>3</sup>
8-8	Acetophenone	98-86-2	490			TLV (ACGIH): 49 000 µg/m <sup>3</sup>
8-9*	1-Hydroxyacetone (1-Hydroxy-2-propanone)	116-09-6	2 400			oxidation product of propylene glycol; conversion via molecular weight
8-10	Acetone	67-64-1				VVOC
<b>9. Acids</b>						
9-1	Acetic acid	64-19-7	500	25 000	25 000	Individ. substance evaluation
9-2	Propionic acid	79-09-4	310	31 000	31 000	
9-3	Isobutyric acid	79-31-2	370			cf. propionic acid; conversion via molecular weight
9-4	Butyric acid	107-92-6	370			cf. propionic acid; conversion via molecular weight
9-5	Pivalic acid	75-98-9	420			cf. propionic acid; conversion via molecular weight
9-6	n-Valeric acid	109-52-4	420			cf. propionic acid; conversion via molecular weight
9-7	n-Caproic acid	142-62-1	490			cf. propionic acid; conversion via molecular weight
9-8	n-Heptanoic acid	111-14-8	550			cf. propionic acid; conversion via molecular weight
9-9	n-Octanoic acid	124-07-2	600			cf. propionic acid; conversion via molecular weight
9-10	2-Ethylhexane acid	149-57-5	50			EU: Repr. Cat. 3; TLV (ACGIH): 5 000 µg/m <sup>3</sup>
<b>10. Esters and Lactones</b>						
10-1	Methyl acetate	79-20-9				VVOC
10-2	Ethyl acetate	141-78-6				VVOC
10-3	Vinyl acetate	108-05-4				VVOC; EU: Carc. Cat. 3
10-4	Isopropyl acetate	108-21-4	4 200			OEL Finland, MAK-DFG: 420 000 µg/m <sup>3</sup>
10-5	Propyl acetate	109-60-4	4 200			OEL Finland, MAK-DFG: 420 000 µg/m <sup>3</sup>
10-6	2-Methoxy-1-methylethyl acetate	108-65-6	2 700	275 000	270 000	
10-7	n-Butyl formiate	592-84-7	2 000			TRGS 900: 120 000 µg/m <sup>3</sup> for methylformiate; conversion via molecular weight

	Substance	CAS No.	LCI [µg/m³]	EU OEL [µg/m³]	TRGS 900 [µg/m³]	Remarks
10-8*	Methyl methacrylate	80-62-6	2 100	205 000	210 000	
10-9	Other methacrylates		2 100			cf. methylmethacrylate
10-10	Isobutyl acetate	110-19-0	4 800			MAK-DFG: 480 000 µg/m³
10-11	1-Butyl acetate	123-86-4	4 800			MAK-DFG: 480 000 µg/m³
10-12	2-Ethylhexyl acetate	103-09-3	1 400			cf. 2-ethyl-1-hexanol; conversion via molecular weight
10-13*	Methyl acrylate	96-33-3	180	18 000	18 000	
10-14*	Ethyl acrylate	140-88-5	210	21 000	21 000	
10-15	n-Butyl acrylate	141-32-2	110	11 000	11 000	
10-16*	2-Ethylhexyl acrylate	103-11-7	380		38 000	
10-17	Other acrylates (acrylic acid ester)		110			cf. n-butyl acrylate
10-18*	Dimethyl adipate	627-93-0	50			Dicarboxylic acid (C4-C6)- dimethylester, mixture MAK-DFG: 5 000 µg/m³ Individ. substance evaluation
10-19*	Dibutyl fumarate	105-75-9	50			Individ. substance evaluation
10-20*	Dimethyl succinate	106-65-0	50			Dicarboxylic acid (C4-C6)- dimethylester, mixture MAK-DFG: 5 000 µg/m³ Individ. substance evaluation
10-21*	Dimethyl glutarate	1119-40-0	50			Dicarboxylic acid (C4-C6)- dimethylester, mixture MAK-DFG: 5 000 µg/m³ Individ. substance evaluation
10-22	Hexamethylene diacrylate	13048-33-4	10			WEEL (AIHA): 1 000 µg/m³
10-23*	Maleic acid dibutylester	105-76-0	50			Individ. substance evaluation
10-24	Butyrolactone	96-48-0	2 700			Individ. substance evaluation
10-25*	Diisobutyl glutarate	71195-64-7	100			Individ. substance evaluation
10-26*	Diisobutyl succinate	925-06-4	100			Individ. substance evaluation
<b>11. Chlorinated hydrocarbons</b>						
11-1	Tetrachloroethene	127-18-4	70			EU: Carc. Cat. 3 OELs Denmark, Finland, Sweden : 70 000 µg/m³
<b>12. Others</b>						
12-1	1,4-Dioxane	123-91-1	73	73 000	73 000	EU: Carc. Cat. 3
12-2	Caprolactam	105-60-2	240	10 000	5 000	Individ. substance evaluation
12-3*	N-methyl-2-pyrrolidone	872-50-4	400	40 000	82 000	EU: Repr. Cat. 2 Individ. substance evaluation
12-4	Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	556-67-2	1 200			EU: Repr. Cat. 3 Individ. substance evaluation
12-5	Hexamethylenetetramine	100-97-00	30			OELs Norway, Sweden: 3 000 µg/m³,
12-6	2-Butanonoxime	96-29-7	20			EU: Carc. Cat. 3 Individ. substance evaluation
12-7*	Tributyl phosphate	126-73-8				SVOC, EU: Carc. Cat. 3
12-8*	Triethyl phosphate	78-40-0	17			cf. tributyl phosphate - OELs Denmark, France: 2 500 µg/m³; TLV (ACGIH): 2 200 µg/m³; conversion via molecular weight
12-9	5-Chloro-2-methyl-2H- isothiazol-3-one (CIT)	26172-554	1#			Individ. substance evaluation
12-10	2-Methyl-4-isothiazoline-3-on (MIT)	2682-20-4	100			Individ. substance evaluation
12-11*	Triethylamine	121-44-8	42	8 400	4 200	
12-12*	Decamethylcyclopentasiloxane (D5)	541-02-6	1 500			cf. Octamethylcyclotetra- siloxane; conversion via molecular weight
12-13*	Dodecamethylcyclohexa- siloxane (D6)	540-97-6	1 200			cf. Octamethylcyclotetra- siloxane;



**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	Afset 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 ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	French CLI ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
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 WHEEL TWA)	44,000		100	450
<b>6. Glycols, Glycol Ethers and Glycol Esters</b>						
Propylene glycol	57-55-6	USA OEL (AIHA WHEEL 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

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>12. Other Chemical Families</b>						
1,4-Dioxane	123-91-1	OEHHA HTV	3,000	C3	1	<b>3,000</b>
Caprolactam	105-60-2	Danish OEL	10,000		100	<b>100</b>
n-Methyl-2-pyrrolidone	872-50-4	MAK Germany	82,000		100	<b>800</b>
Octamethylcyclotetrasiloxane	556-67-2	AgBB expert's decision		R3	1	<b>1,200</b>
Hexamethylenetetramine	100-97-0	Swedish OEL respiratory sensitising compound  analytical issues with NF ISO 16000-6	3,000		100	<b>30</b>
2-Butanone oxime	96-29-7	Danish OEL	89,000	C3	1,000	<b>90</b>
Tributyl phosphate	126-73-8	VME France measurement complies with Standard ISO 16000-6	2,500	C3	1,000	<b>2</b> no traces measured analytically
Triethyl phosphate	78-40-0	VME France for tributyl phosphate (126-73-8) (AgBB analogous compound)	2500		1000	<b>2</b> no traces measured analytically
5-Chloro-2-methyl-2H- isothiazol-3-one (CIT)	26172-55-4	AgBB expert's decision				<b>1</b> no traces measured analytically
2-Methyl-2H-isothiazol-3-one (MIT)	2682-20-4	AgBB expert's decision				100
N,N-diethylethanamine	121-44-8	US EPA HTV	7		1	7

### Λίστα του ECA REPORT No. 18 με τις τιμές LCI για κάθε ένωση (1997)

Chemical Compounds	CAS No.	LCI [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Reference to table 4.3	AQG or OEL/SF [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Origin
<b>AROMATIC HYDROCARBONS</b>					
Toluene	108-88-3	<b>1 000</b> <sup>1)</sup>		1 000 <sup>1)</sup>	WHO
Ethylbenzene	100-41-4	<b>1 000</b>		1 000	DK
Xylenes	1330-20-7	<b>1 000</b>		1 500	DK
p.-Xylene	106-42-3	<b>1 000</b>		1 500	DK
m.-Xylene	108-38-3	<b>1 000</b>		1 500	DK
o-Xylene	95-47-6	<b>1 000</b>		1 500	DK
Isopropylbenzene (cumene)	98-82-8	<b>1 000</b>		1 200	DK, UK
n-Propylbenzene	103-65-1	<b>1 000</b>	a		
1-Propenylbenzene	637-50-3	<b>1 000</b>	b		
Trimethylbenzene		<b>1 000</b>	a		



Chemical Compounds	CAS No.	LCI [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Reference to table 4.3	AQG or OEL/SF [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Origin
<b>AROMATIC HYDROCARBONS (cont'd)</b>					
1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	1 000		1 200	DK, UK
1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	1 000		1 200	DK, UK
1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	1 000		1 200	DK,UK
2-Ethyl toluene	611-14-3	2 000		2 170	DK
1-Methyl-2-propylbenzene	1074-17-5	1 000	a		
1-Methyl-3-propylbenzene	1074-43-7	1 000	a		
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	95-93-2	1 000	a		
n-Butylbenzene	104-51-8	1 000	a		
1,3-Diisopropyl benzene	99-62-7	1 000	a		
1,4-Diisopropyl benzene	100-18-5	1 000	a		
2-Phenyl octane	777-22-0	1 000	a		
5-Phenyl decane	4537-11-5	1 000	a		
5-Phenyl undecane	4537-15-9	1 000	a		
4-Phenyl cyclohexene (4-PCH)	31017-40-0	800	c		
Styrene	100-42-5	70 <sup>1)</sup>		70 <sup>1)</sup>	WHO
Ethynylbenzene	536-74-3	800	c		
a-Methylstyrene	98-83-9	1 000		1 200	DK
o-Methylstyrene	611-15-4	1 000		1 200	DK
m.p.-Methylstyrene m: p:	100-80-1 622-97-9	1 000		1 200	DK
Naphtalene	91-20-3	500		500	DK, UK
<b>SATURATED ALIPHATIC HYDROCARBONS</b>					
2-Methylbutane	78-78-4	10 000		15 000	DK
n-Pentane	109-66-0	10 000		15 000	DK
3-Methylpentane	96-14-0	7 000		7 000	D, DK
n-Hexane	110-54-3	700		700	UK
2-Methylhexane	591-76-4	8 000		8 200	DK
3-Methylhexane	589-34-4	8 000		8 200	DK
n-Heptane	142-82-5	8 000		8 200	DK
n-Octane	111-65-9	9 000		9 350	DK
C 9 Hydrocarbons		10 000	d	12 000	UK
2-Methyloctane	3221-61-2	10 000	d	12 000	UK
3-Methyloctane	2216-33-3	10 000	d	12 000	UK
n-Nonane	111-84-2	10 000		10 500	DK
C 10 Hydrocarbons		3 000 <sup>2)</sup>		3 500 <sup>2)</sup>	DK
3,5-Dimethyloctane	15869-93-9	3 000		3 500	DK

1) guideline values based on sensory effects or annoyance reactions given by WHO (1987), p. 26

2) with the exception of n-decane



Chemical Compounds	CAS No.	LCI [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Reference to table 4.3	AQG or OEL/SF [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Origin
<b>SATURATED ALIPHATIC HYDROCARBONS (cont'd)</b>					
2-Methylnonane	871-83-0	3 000		3 500	DK
n-Decane	124-18-5	2 000		2 500	DK
C 11 Hydrocarbons		10 000	d	12 000	UK
2,4,6-Trimethyloctane	62016-37-9	10 000	d	12 000	UK
4-Methyldecane	2847-72-5	10 000	d	12 000	UK
n-Undecane	1120-21-4	10 000	d	12 000	UK
C 12 Hydrocarbons		10 000	d	12 000	UK
Isododecane	112-40-3	10 000	d	12 000	UK
2,2,4,6,6-Pentamethylheptane	30586-18-6	10 000	d	12 000	UK
n-Dodecane	112-40-3	10 000	d	12 000	UK
C 13 Hydrocarbons		10 000	d	12 000	UK
4,5-Diethylnonane		10 000	d	12 000	UK
n-Tridecane	629-50-5	10 000	d	12 000	UK
n-Tetradecane	64036-86-3	10 000	d	12 000	UK
n-Pentadecane	629-62-9	10 000	d	12 000	UK
C 16 Hydrocarbons		10 000	d	12 000	UK
n-Hexadecane	544-76-3	10 000	d	12 000	UK
C 17 Hydrocarbons		10 000	d	12 000	UK
n-Heptadecane	629-78-7	10 000	d	12 000	UK
C 18 Hydrocarbons		10 000	d	12 000	UK
n-Octadecane	593-45-3	10 000	d	12 000	UK
n-Eicosane C20	112-95-8	10 000	d	12 000	UK
2,6,10,14-tetramethylhexadecane (phytane)	638-36-8	10 000	d	12 000	UK
Pristane	1921-70-6	10 000	d	12 000	UK
<b>UNSATURATED/CYCLIC ALIPHATIC HYDROCARBONS</b>					
Cyclohexane	100-82-7	3 000		3 400	UK
Methyl cyclohexane	108-87-2	8 000		8 050	DK
Cyclohexane, 1,4-dimethyl	70688-47-0	8 000		8 000	UK
1-Methyl 4- methylethylcyclohexane cis: trans:	6069-98-3 1678-82-6	8 000		8 000	UK
<b>TERPENES</b>					
3-Carene	13466-78-9	1 000	e		
Camphene	79-92-5	1 000	e		
alpha-Pinene	80-56-8	1 000	e		
beta-Pinene	18172-67-3	1 000	e		

Chemical Compounds	CAS No.	LCI [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Reference to table 4.3	AQG or OEL/SF [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Origin
<b>TERPENES (cont'd)</b>					
Limonene	138-86-3	1 000	e		
Longifolene	475-20-7	1 000	e		
Caryophyllene- <i>trans</i>	13877-93-5	1 000	e		
a-cedrene	469-61-4	1 000	e		
Turpentine	9005-50-7	1 000		1 400	DK
<b>ALIPHATIC ALCOHOLS</b>					
1-Propanol	71-23-8	5 000		5 000	DK, UK
2-Propanol	67-63-0	4 000		4 900	DK
tert-Butanol, 2-methyl-2-propanol	75-65-0	1 000		1 500	DK, UK
2-Methyl-1-propanol	78-83-1	1 000		1 500	DK, UK
1-Butanol	71-36-3	1 000		1 500	DK, UK
1-Pentanol	71-41-0	3 000		3 600	DK
1-Hexanol	111-27-3	1 000	f		
Cyclohexanol	108-93-0	2 000		2 000	D, DK, UK
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	1 000	f		
1-Octanol	111-87-5	1 000	f		
2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol, monoiso-butyrate (Texanol®)	25265-77-4	1 000	g		
<b>AROMATIC ALCOHOLS</b>					
Phenol	108-95-2	400		400	DK
BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methyl phenol)	128-37-0	400	h		
<b>GLYCOLS AND GLYCOLETHERS</b>					
Propylene glycol	57-55-6	4 000		4 700	UK
2-Methoxyethanol	109-86-4	10		15 <sup>3)</sup>	D
Dimethoxymethane	109-87-5	30 000		31 000	D, DK, UK
Dimethoxyethane	110-71-4	1 000	i		
2-Ethoxyethanol (ethylglycol)	110-80-5	10		18 <sup>3)</sup>	USA
2-Butoxyethanol (butylglycol)	111-76-2	1 000		1 000	D
Diethylenglycol-n-monobutyl-ether; 2-(2-butoxyethoxy)-ethanol	112-34-5	1 000		1 000	D
<b>ALDEHYDES</b>					
Formaldehyde	50-00-0	10 <sup>4)</sup>		10 <sup>4)</sup>	WHO
Acetaldehyde	75-07-0	40		45 <sup>5)</sup>	DK

3) A safety factor SF=1000 has been applied to the OEL because of the suspected reprotoxic property of the compound.

4) Value under consideration by WHO as new air quality guideline for sensitive groups, also taking the risk of upper respiratory tract cancer into account.

5) A safety factor SF=1000 has been applied to the OEL because the substance is classified as category 3 carcinogen.

Chemical Compounds	CAS No.	LCI [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Reference to table 4.3	AQG or OEL/SF [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Origin
<b>ALDEHYDES (cont'd)</b>					
Propanal	123-38-6	400	j		
Butanal	123-72-8	400	j		
Pentanal	110-62-3	400	j		
Hexanal	66-25-1	400	j		
Heptanal	111-71-7	400	j		
2-Ethyl-hexanal	123-05-7	400	j		
Octanal	124-13-0	400	j		
Nonanal	124-19-6	400	j		
Decanal	112-31-2	400	j		
2-Butenal, (crotonaldehyde)	123-73-9	60		60	DK
2-Pentenal	1576-87-0	60	k		
2-Heptenal cis: trans:	57266-861 18829-55-5	60	k		
2-Nonenal (trans)	188-29-56	60	k		
2-Decenal (cis)	2497-25-8	60	k		
2-Undecenal	1337-83-3	60	k		
2-Furancarboxaldehyde, furfural	98-01-1	79		79	DK
<b>KETONES</b>					
Acetone	67-64-1	6 000		6 000	DK
2-Butanone (methyl ethylketone)	78-93-3	1 000		1 450	DK
3-Methyl-2-butanone	563-80-4	1 000	l		
4-Methyl-2-pentanone	108-10-1	1 000	l		
Cyclopentanone	120-92-3	900		900	DK
Cyclohexanone	108-94-1	1 000		1 000	D, DK, UK
2-Methylcyclopentanone	1120-72-5	900	m		
2-Methylcyclohexanone	583-60-8	2 000		2 300	D, DK, UK
<b>ACIDS</b>					
Acetic acid	64-19-7	250		250	D, DK, UK
Propanoic acid	79-09-4	300		300	D, DK, UK
Isobutyric acid	79-31-2	300	n		
Butyric acid	107-92-6	300	n		
2,2-Dimethylpropanoic acid	75-98-9	300	n		
Pentanoic acid	109-52-4	300	n		
Hexanoic acid	142-62-1	300	n		
Heptanoic acid	111-14-8	300	n		
Octanoic acid	124-07-2	300	n		
Hexadecanoic acid	57-10-3	300	n		

Chemical Compounds	CAS No.	LCI [µg m <sup>-3</sup> ]	Reference to table 4.3	AQG or OEL/SF [µg m <sup>-3</sup> ]	Origin
<b>CHLORINATED HYDROCARBONS</b>					
Dichloromethane	75-09-2	400		430 <sup>6)</sup>	WHO
Carbon tetrachloride	56-23-5	10		13 <sup>5)</sup>	DK, UK
1,2-Dichloroethane	107-06-2	700		700	WHO
Trichloroethene	79-01-6	50		55 <sup>5)</sup>	DK
Tetrachloroethene	127-18-4	70		70 <sup>5)</sup>	DK
1,4 dichlorobenzene	106-46-7	600		600	ACGIH
<b>ESTERS</b>					
Methylformate	107-31-3	2 000		2 500	D, DK, UK
Ethylacetate	141-78-6	5 000		5 100	DK
Vinylacetate	108-05-4	300		300	DK, UK
Isopropylacetate	108-21-4	6 000		6 250	DK
Propylacetate	109-60-4	6 000		6 250	DK
Butyl formate	592-84-7	2 000	o		
Methacrylic acid methyl ester	80-62-6	2 000		2 050	DK
Isobutylacetate	110-19-0	7 000		7 000	UK
Butylacetate	123-86-4	7 000		7 100	DK, UK
2-Methoxyethylacetate	110-49-6	20		24 <sup>3)</sup>	UK
2-Ethoxyethylacetate	111-15-9	20		24 <sup>3)</sup>	DK
2-Ethylhexyl acetate	103-09-3	200		270	DK
1,6-Octadien-3-ol,-3,7-dimethyl acetate (linalool acetate)	115-95-7	300	p		
<b>PHTHALATES</b>					
Dimethyl phthalate	131-11-3	30		30	DK
Dibutyl phthalate	84-74-2	30		30	DK
Alkyl-phthalates (saturated)		30	q		
<b>OTHERS</b>					
1,4-Dioxane	123-91-1	30		36 <sup>5)</sup>	DK
N-Methyl-2-pyrrolidone	872-50-4	800		800	D
Caprolactam	105-60-2	50		50	D
Indene	95-13-6	450		450	DK, UK

3) A safety factor SF=1000 has been applied to the OEL because of the reprotoxic property of the compound.

4) A safety factor SF=1000 has been applied to the OEL because the substance is classified as category 3 carcinogen

5) Value under consideration by WHO as new air quality guideline for weekly average concentrations

Πίνακας: Σύγκριση των πέντε ευρωπαϊκών συστημάτων πιστοποίησης

Μέτρηση		Συστήματα					
Ενώσεις	Ημέρες	ECA Report No. 18	AgBB	AFSSET	M1	LQAI	
$\sum [VOC]_c$ <sup>1</sup>	1	$\times LUR \leq 10^4$				$\times LUR \leq 10^4$	
	3		$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>2</sup>			
	28	$\times LUR \leq 10^5$	$\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>2</sup>	$\leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$	$\times LUR \leq 10^5$	
[TVOC]	1						
	3	$\leq 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$		$\leq 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
	28	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
[CH <sub>2</sub> O]	1						
	3						
	28				$\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$		
$R \leq 1$	1						
	3						
	28	with LCI	with NIK	with CLI		with LCI	
$\sum [VOC]$ without	1						
	3						
	28	$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$		$\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

<sup>1</sup> Καρκινογόνες ενώσεις σύμφωνα με τον IARC

<sup>2</sup> Για κάθε ένωση ξεχωριστά