

ΑΡΧΕΙΟ 216  
16/10/00 ΠΟΛ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:  
ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ  
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Εισηγητής: Αθαν. Γ. Παλιατσός

Σπουδάστρια: Κρικέλη Πανταζέλα

ΑΘΗΝΑ 2000

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια βιβλιογραφική προσέγγιση του προβλήματος ρύπανσης των εσωτερικών χώρων, συμβάλλοντας στην καταγραφή των νεώτερων επιστημονικών απόψεων που σχετίζονται με τη μελέτη του ελέγχου της ποιότητας της ατμόσφαιρας των εσωτερικών χώρων. Ταυτόχρονα παρατίθενται οι πιο πρόσφατες απόψεις για πιθανές επιπτώσεις στην υγεία των ατόμων που απασχολούνται και κυρίως ζουν σε εσωτερικούς χώρους. Στην προσπάθεια αυτή το ενδιαφέρον μας εστιάζεται περισσότερο στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας.

Η ανάθεση και η επίβλεψη της εργασίας έγινε από τον Δρα Αθανάσιο Γ. Παλιατσό, καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Πειραιά, τον οποίο και ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη του για την περάτωσή της.

## 1. ΓΕΝΙΚΑ

Η ποιότητα του αέρα σε εσωτερικούς χώρους, μη βιομηχανικούς χώρους και οι συνεπαγόμενες επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού, απασχόλησε τη διεθνή επιστημονική κοινότητα από τα μέσα της δεκαετίας του '70. Το πρόβλημα αυτό προέκυψε κατά τη σύνταξη μελετών για εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια. Διαπιστώθηκε ότι ο κύριος λόγος ερεθισμών στα μάτια και τη μύτη των ατόμων που η καθημερινή τους δραστηριότητα περιοριζόταν σε εσωτερικούς χώρους, ήταν οι αυξημένες συγκεντρώσεις της φορμαλδεΐδης που προερχόταν από τα κατασκευαστικά υλικά που είχαν χρησιμοποιηθεί. Η συστηματική έρευνα που επακολούθησε έδειξε ότι η ποιότητα του αέρα μέσα στα σπίτια, γραφεία, μουσεία και άλλα κτίρια είναι δυνατόν να είναι χειρότερη από ότι είναι η ποιότητα του αέρα του εξωτερικού χώρου (Yamanaka, 1984; EPA, 1987; Lowry, 1989; Phillips et al., 1993; Weschler et al., 1989; 1994). Η υποβαθμισμένη ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους ενός κτιρίου επηρεάζει όχι μόνο οποιονδήποτε ζωντανό οργανισμό μέσα στο χώρο αλλά και ευαίσθητα αντικείμενα (EPA, 1987; Leslie et al., 1994).

Στη σύγχρονη εποχή, η Ευρωπαϊκή πολιτιστική κληρονομιά που επέζησε από πολέμους, κλοπές, πυρκαγιές, απειλείται από έναν καινούργιο κίνδυνο, τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η δράση των ρύπων αλλοιώνει, τις περισσότερες φορές μη αναστρέψιμα, μνημεία και κτίρια. Το χειρότερο όμως είναι ότι, όπως δείχνει η συστηματική έρευνα τα τελευταία χρόνια, η δράση των ρύπων απειλεί και τους πολιτιστικούς θησαυρούς που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους όπως μουσεία, πινακοθήκες, εκκλησίες, βιβλιοθήκες, αρχειοθήκες (Cass et al., 1989; Briblecembe, 1990; E.C. Research Workshop, 1987; Havermans, 1995; Larsen, 1995; Leissner et al., 1995).

Οι ρύποι που συνήθως προκαλούν την υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων όπως μουσεία κ.ά., προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον και είναι το όζον, τα οξειδία του αζώτου, το νιτρικό οξύ, το διοξειδίο του θείου, τα υπεροξυακετυλονιτρίλια (PAN) (Cass et al., 1989; Hisham et al., 1991). Άλλοι όμως ρύποι, όπως η φορμαλδεΐδη, το μυρμηγκικό οξύ, το οξικό οξύ και οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες δημιουργούνται από εσωτερικές πηγές που υπάρχουν μέσα στα κτίρια (Baer et al., 1985; Briblecembe, 1990; Hisham et al., 1991). Στα μουσεία ενδεχομένως η πιο συχνά απαντώμενες εσωτερικές πηγές ρύπων είναι οι επισκέπτες και διάφορα καταναλωτικά υλικά. Το πρόβλημα της

ρύπανσης του αέρα των εσωτερικών χώρων είναι πολύ παλιό και χρονολογείται από τους προϊστορικούς χρόνους, δηλαδή από τότε που ο άνθρωπος κατοικούσε σε σπηλιές και ανακάλυψε τη φωτιά. Λόγω όμως της σοβαρότητας του προβλήματος, τις τελευταίες δεκαετίες έγιναν σημαντικές επιστημονικές έρευνες και έχουν δαπανηθεί μεγάλα χρηματικά ποσά για τη μελέτη της ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων.

Επίσης, η ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων αποτελεί αντικείμενο έρευνας, κυρίως την τελευταία δεκαετία, αφού έχει γίνει πλέον συνείδηση το γεγονός ότι οι περισσότεροι άνθρωποι και ιδιαίτερα οι κάτοικοι των πόλεων περνούν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους (περισσότερο του 80%) σε εσωτερικούς χώρους, με αποτέλεσμα ο αέρας που αναπνέουν να είναι κυρίως εσωτερικός αέρας (National Academy of Sciences, 1981; Jenkins et al., 1992). Η έρευνα της ρύπανσης του αέρα των εσωτερικών χώρων και οι συνεπαγόμενες επιπτώσεις επί της υγείας των ατόμων, αποτελούν αντικείμενο εκτεταμένων ερευνητικών προγραμμάτων που εκτελούνται με την υποστήριξη κυβερνήσεων και διεθνών οργανισμών (Dockery and Spengler, 1981; Girman et al., 1986; Hartwell et al., 1984; Alter et al., 1987; Cohen, 1986; Field et al., 1990).

Τα αποτελέσματα πεδιακών και πειραματικών ερευνών καθώς και διάφορα άλλα γεγονότα έδωσαν την ευκαιρία και τη δυνατότητα σε διάφορους ερευνητές να εκτιμήσουν τόσο τη σοβαρότητα, όσο και το μέγεθος του προβλήματος. Είναι πλέον γνωστό ότι το εσωτερικό περιβάλλον παίζει έναν εξαιρετικά κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό των πραγματικών συγκεντρώσεων των αερίων και σωματιδιακών ρύπων στους οποίους είναι εκτεθειμένος ο σύγχρονος άνθρωπος. Συνεπώς, οι συγκεντρώσεις των αερίων ρύπων στους εσωτερικούς χώρους συμβάλλουν αποφασιστικά στην εκτίμηση της συνολικής έκθεσης και βεβαίως του βαθμού διακινδύνευσης των ατόμων, ακόμη και με την απουσία εσωτερικών πηγών (Duan, 1982; Fugas, 1976; Ott, 1980; Sexton et al., 1983, 1984, 1987).

Στην πτυχιακή αυτή εργασία, μετά από μια σύντομη αναφορά στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, θα γίνει προσπάθεια για τη μελέτη της ποιότητας της ατμόσφαιρας των εσωτερικών χώρων. Επίσης θα γίνει περιγραφή του «Συνδρόμου του Παθολόγου Κτιρίου», δηλαδή του κτιρίου με ανεπαρκή αερισμό και συσσώρευση ρύπων στο εσωτερικό του, θα αναφερθούν δε όλοι οι ρύποι που ρυπαίνουν τον αέρα των εσωτερικών χώρων, με ιδιαίτερη έμφαση στην κατοικία.



## 2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Ατμόσφαιρα είναι το αέριο περίβλημα της γης που έχει μέσο πάχος 100 km και συγκρατείται με τη δύναμη της βαρύτητας. Είναι η πηγή του οξυγόνου ( $O_2$ ) που είναι απαραίτητο για την αναπνοή των ανθρώπων και των ζώων, του διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ) που είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του μηχανισμού της φωτοσύνθεσης και του αζώτου ( $N_2$ ) το οποίο με την επίδραση βακτηριδίων ή με την τεχνολογία του ανθρώπου δίνει κατάλληλες ενώσεις του αζώτου που είναι απαραίτητες για τη ζωή. Η ατμόσφαιρα είναι ο αποδέκτης των τεραστίων ποσοτήτων χημικών ουσιών που εκλύονται από τη γη, τόσο από φυσικές πηγές, όσο και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η ατμόσφαιρα μπορεί να διαχωρισθεί με βάση τη μεταβολή ή όχι της σύστασής της με το ύψος, σε δύο μεγάλες περιοχές, την ομοιόσφαιρα και την ετερόσφαιρα και η διαχωριστική τους περιοχή βρίσκεται περίπου στο ύψος των 100 km. Η σύσταση της ομοιόσφαιρας είναι:

Αζωτο ( $N_2$ ): 78.08%, Οξυγόνο ( $O_2$ ): 20.95%, Αργό (Ar): 0.93%, Διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ): 0.03%, Νέο (Ne): 0.0018%, Ήλιο (He): 0.0015%, Κρυπτό (Kr): 0.0001%, Υδρογόνο ( $H_2$ ): 0.0005%, Όζον ( $O_3$ ): 0.00006%, Υδρατμοί ( $H_2O$ ): 0-0.04%.

Τα συστατικά της ομοιόσφαιρας κατατάσσονται σε τρία επίπεδα συγκέντρωσης:

- (α) κύρια συστατικά με συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του 1%
- (β) δευτερεύοντα συστατικά με συγκεντρώσεις μεταξύ 0.01% και 1% και
- (γ) ιχνοσυστατικά με συγκεντρώσεις μικρότερες του 0.01%.

Εάν η σύσταση του αέρα μεταβληθεί ποιοτικά και ποσοτικά, τότε ο αέρας χαρακτηρίζεται σαν ρυπασμένος. Έτσι, με τον όρο ατμοσφαιρική ρύπανση εννοούμε την παρουσία στην ατμόσφαιρα ουσιών ξένων προς τα φυσιολογικά συστατικά της ή και αλλοίωση της σύστασής της σε διάρκεια τόση και συγκέντρωση τέτοια, που μπορεί να βλάψει την ανθρώπινη υγεία, τους ζωντανούς οργανισμούς καθώς και τα υλικά και το πολιτισμικό περιβάλλον του ανθρώπου.

Έντονο πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης εμφανίζεται κατά κύριο λόγο στα μεγάλα αστικά και βιομηχανικά κέντρα. Τα αίτια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ποικίλα και σύνθετα. Καθώς δε οι ρύποι έχουν τη δυνατότητα να διαχέονται

στην ατμόσφαιρα, αυτούσιοι ή μετασχηματιζόμενοι στη διαδρομή, το πρόβλημα αφορά πλέον ολόκληρο τον πλανήτη (The Economist, 1994).

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Πρωτογενείς είναι οι ρύποι που εκλύονται απευθείας από τις πηγές στην ατμόσφαιρα, προέρχονται κυρίως από την καύση υγρών και στερεών καυσίμων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν ο καπνός, το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ), το μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ), ο αμίαντος, ο άνθρακας, ο μόλυβδος κλπ. Δευτερογενείς είναι οι ρύποι που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς, είτε με χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, είτε με την επίδραση των συστατικών της ατμόσφαιρας, όπως π.χ. η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία. Τέτοιοι είναι το όζον ( $\text{O}_3$ ), το διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) κ.ά.

Ο εσωτερικός αέρας ενός κτιρίου εναλλάσσεται συνεχώς με τον αέρα τον ευρισκόμενο εκτός του κτιρίου.

Οι υπάρχοντες στην ατμόσφαιρα ρύποι μέσω του συστήματος εξαερισμού του κτιρίου, οδηγούνται στο εσωτερικό του. Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τις τοπικές πηγές ρύπανσης, ο ρυθμός εναλλαγής του αέρα με τον εξωτερικό και οι καιρικές συνθήκες, καθορίζουν το πότε και σε τι ποσότητες οι εξωτερικοί ρύποι θα διεισδύσουν στον εσωτερικό χώρο. Σε κάποιες περιπτώσεις μεταφορά ρύπων από έξω γίνεται και από τους επισκέπτες. Συστατικά όπως ο υδράργυρος, ο μόλυβδος, ο αμίαντος, μπορούν να μεταφερθούν στο εσωτερικό του κτιρίου από τα παπούτσια των επισκεπτών και τα ρούχα τους.

## 2.1. ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Είναι ένας από τους κυριότερους ρύπους της ατμόσφαιρας. Στη φύση, το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται κυρίως από την αντίδραση της ρίζας του υδροξυλίου με το μεθάνιο που παράγεται κατά την αποσύνθεση οργανικών ουσιών, από τη βακτηριακή δράση στους ωκεανούς, κατά τις δασικές πυρκαγιές και δευτερευόντως από τα ηφαίστεια, τις ηλεκτρικές εκκενώσεις που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια των καταιγίδων και τη διαφυγή φυσικών αερίων από τη γη. Υπολογίζεται ότι από την αντίδραση του μεθανίου με τη ρίζα του υδροξυλίου παράγονται περίπου  $3 \cdot 10^{12}$  kg/έτος μονοξειδίου του άνθρακα, ενώ από την βακτηριακή δράση στους ωκεανούς παράγονται περίπου  $10^{11}$  kg/έτος.

Κύρια πηγή του, στις αστικές περιοχές, είναι τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, ενώ δευτερεύουσα πηγή είναι η καύση πετρελαίου για τη λειτουργία της κεντρικής

θέρμανσης. Σε παγκόσμια κλίμακα υπολογίζεται ότι από τις ανθρώπινες δραστηριότητες εκλύονται στην ατμόσφαιρα ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα της τάξης των  $7 \cdot 10^9$  kg/έτος. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ο πιο χημικά αδρανής ρύπος στην ατμόσφαιρα και η συγκέντρωσή του διαρκώς ελαττώνεται λόγω της οξειδωσής του σε  $\text{CO}_2$ , από την ηλιακή ενέργεια, με αποτέλεσμα ο χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα να είναι πολύ μικρός.

Στον άνθρωπο η επίδραση του μονοξειδίου του άνθρακα γίνεται εμφανής όταν οι συγκεντρώσεις του στην ατμόσφαιρα υπερβούν κάποια όρια. Είναι επικίνδυνο, δηλητηριώδες, ασφυκτικό και ύπουλο αέριο γιατί είναι άχρωμο και άοσμο και δεν γίνεται αντιληπτό.

Πίνακας 1. Συσχέτιση της συγκέντρωσης του CO στον αναπνεόμενο αέρα, σε χώρο παραμονής, με τα εμφανιζόμενα στα άτομα συμπτώματα (Παλιατσός, 1999).

| CO (ppm) | Εμφανιζόμενα συμπτώματα σε άτομα  |
|----------|---|
| <10      | Πρώτα συμπτώματα στη συμπεριφορά.   |
| 10-30    | Προσβολή του κεντρικού νευρικού συστήματος, διαταραχές στην όραση και τις κινήσεις. |
| 31-60    | Καρδιακές και πνευμονικές διαταραχές.   |
| 61-3000  | Πονοκέφαλος, κόπωση, κώμα, αδυναμία αναπνοής, θάνατος.                              |

Το μονοξείδιο του άνθρακα μέσω του αναπνευστικού συστήματος εισέρχεται εντός του οργανισμού και ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη του αίματος σχηματίζοντας τη χημική ένωση ανθρακυλαιμοσφαιρίνη, η οποία παρεμποδίζει την ικανότητα της αιμοσφαιρίνης για μεταφορά του οξυγόνου στους ιστούς του σώματος, με αποτέλεσμα να προκαλείται δηλητηρίαση του οργανισμού με διάφορα συμπτώματα, όπως αυτά εμφανίζονται στον Πίνακα 1.

## 2.2. ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ

Η φόρτιση της ατμόσφαιρας, σε αστικές κυρίως περιοχές, με συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου το καθιέρωσαν σαν δείκτη του συνολικού φόρτου της αέριας ρύπανσης μιας περιοχής και η μέτρησή του είναι επιβεβλημένη για τον έλεγχο της ποιότητας του αέρα των αστικών περιοχών. Σχηματίζεται βασικά, από ανθρώπινες δραστηριότητες που αφορούν κυρίως την καύση στερεών και υγρών καυσίμων που περιέχουν θείο, αλλά και από ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες που είναι της τάξης των  $200 \cdot 10^6$  τόννων/έτος. Υπολογίζεται ότι το έτος 2000 η παραγωγή αυτή θα ξεπεράσει τους

300•10<sup>6</sup> τόννους/έτος που είναι η ανά έτος εκλυόμενη ποσότητα SO<sub>2</sub> από τη φύση (ηφαίστεια και οξείδωση του υδροθείου).

Η αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του θείου είναι αποτέλεσμα του γρήγορου ρυθμού βιομηχανικής ανάπτυξης που παρατηρήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες σε παγκόσμια κλίμακα. Η κατανάλωση τεράστιων ποσοτήτων πετρελαίου με μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο και η καύση του άνθρακα σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση σοβαρών επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ο τύπος αυτός της ρύπανσης είναι γνωστός με το όνομα αιθαλομίχλη (smog).

Οι μακροχρόνιες επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από SO<sub>2</sub>, στον ανθρώπινο οργανισμό, προκαλούν σημαντικές επιπτώσεις. Το SO<sub>2</sub> προσβάλλει το αναπνευστικό σύστημα και ιδιαίτερα των ατόμων εκείνων που έχουν αναπνευστικά προβλήματα και υποφέρουν ιδιαίτερα όταν βρεθούν σε περιβάλλον με αυξημένες συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub>. Οι επιπτώσεις της επίδρασης των συγκεντρώσεων του SO<sub>2</sub> στον άνθρωπο εμφανίζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων από επιδράσεις του διοξειδίου του θείου (Βασιλικιώτης, 1981).

| SO <sub>2</sub> (ppm) | Εμφανιζόμενα συμπτώματα σε άτομα   |
|-----------------------|------------------------------------|
| 3-5                   | Αντιληπτή η οσμή του               |
| 8-12                  | Ερεθισμός του φάρυγγα              |
| 20                    | Ερεθισμός οφθαλμών, βήχας          |
| 50-100                | Μέγιστη διάρκεια παραμονής 30'     |
| 400-500               | Επικίνδυνη έστω και βραχεία έκθεση |

Η οξείδωση του SO<sub>2</sub> και των NO<sub>x</sub> έχει για συνέπεια την μετατροπή τους σε θειικό και νιτρικό οξύ αντίστοιχα, τα οποία πέφτουν στο έδαφος με τη βροχή (όξινη βροχή). Η όξινη βροχή είναι μία από τις πιο σημαντικές οικολογικές επιπτώσεις του SO<sub>2</sub> και είναι υπεύθυνη, στις αστικές περιοχές, για την καταστροφή των μαρμάρινων και λοιπών μνημείων καθώς και των κτιρίων. Το πρόβλημα αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας, που είναι μία χώρα με τόσο πλούσια κληρονομιά σε τέτοια μνημεία. Στις αγροτικές περιοχές, η όξινη βροχή προκαλεί τη μεταβολή της τιμής της ενεργού οξύτητας (pH) του νερού των λιμνών και ποταμών (δηλαδή το κάνει πιο όξινο) με επιπτώσεις, τη μείωση του πληθυσμού των ψαριών και των μικροοργανισμών που ζουν στις λίμνες και τα

ποτάμια. Η όξινη βροχή αλλοιώνει την ποιοτική σύσταση των εδαφών και προκαλεί καταστροφές στα δάση και τις αγροτικές καλλιέργειες, επιβραδύνει δε την ανάπτυξη των φυτών ελαττώνοντας το ρυθμό αποσύνθεσης και διανταλλαγής θρεπτικών συστατικών μεταξύ εδάφους και φυτών.

Τα φυτά είναι και αυτά θύματα της ρύπανσης από το  $\text{SO}_2$ , διότι το απορροφούν απ'ευθείας οι φυτικές επιφάνειες. Σε περιοχές στις οποίες η μέση συγκέντρωση του  $\text{SO}_2$  ξεπερνά τα  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , είναι δυνατόν να εμφανιστούν συμπτώματα υπανάπτυξης ή ακόμη και νέκρωσης σε ορισμένα φυτά (Παλιατσός, 1999).

Η επίδραση του  $\text{SO}_2$  σε διάφορα υλικά έχει δυσμενή αποτελέσματα, όπως την αύξηση του χρόνου ξήρανσης των ελαιοχρωμάτων κατά 50-100%, την αύξηση της διάβρωσης των μετάλλων (σίδηρος, χάλυβας, ψευδάργυρος), τη μείωση της ανθεκτικότητας και τον αποχρωματισμό υλικών όπως το μαλλί, το βαμβάκι, το χαρτί και το δέρμα και τέλος την αύξηση της διάβρωσης οικοδομικών υλικών.

### 2.3. ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Με τον όρο οξειδία του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) ορίζονται το μονοξείδιο ( $\text{NO}$ ) και το διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) που αλληλοσχηματίζονται στην ατμόσφαιρα. Το μονοξείδιο του αζώτου είναι άχρωμο και άοσμο αέριο, ενώ το διοξείδιο του αζώτου είναι αέριο ερυθροκαστανού χρώματος και έχει διαπεραστική οσμή.

Η παραγωγή των οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα γίνεται κατά κύριο λόγο στην τροπόσφαιρα τόσο από φυσικές, όσο και από ανθρωπογενείς πηγές. Στις φυσικές πηγές περιλαμβάνονται η μικροβιολογική δραστηριότητα του εδάφους, οι αστραπές καθώς και η φωτόλυση νιτρωδών αλάτων στην επιφάνεια των ωκεανών. Στις ανθρωπογενείς πηγές περιλαμβάνονται η καύση ορυκτών καυσίμων, οι βιομηχανικές κατεργασίες, η καύση της βιομάζας. Οι κυριότερες όμως ανθρωπογενείς πηγές των  $\text{NO}_x$  είναι τα αυτοκίνητα και τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας.

Η πιο σπουδαία πηγή εκπομπής ποσοτήτων  $\text{NO}$  είναι το αυτοκίνητο, επειδή στους κινητήρες εσωτερικής καύσης αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες κατά τη λειτουργία τους. Ας σημειωθεί ότι το 1/15 του ολικού  $\text{NO}$  που εκλύεται στην ατμόσφαιρα προέρχεται από ανθρώπινες δραστηριότητες.



Ένα από τα κύρια προβλήματα που δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα, από την παρουσία των οξειδίων του αζώτου, είναι ο σχηματισμός διαφόρων οξειδωτικών ουσιών που δημιουργούν τη φωτοχημική αιθαλομίχλη.

Από τα οξειδία του αζώτου, πειραματικά έχει αποδειχθεί ότι το  $\text{NO}_2$  είναι 4 φορές πιο τοξικό από το  $\text{NO}$ . Θάνατοι ανθρώπων από  $\text{NO}$  δεν έχουν αναφερθεί, αλλά υπάρχει πάντοτε ο κίνδυνος οξειδωσής του σε  $\text{NO}_2$ . Το  $\text{NO}_2$  που είναι τοξικό αέριο, προσβάλλει τους πνεύμονες και προκαλεί πνευμονικό οίδημα. Όταν η συγκέντρωσή του υπερβαίνει τα 100 ppm γίνεται θανατηφόρο για τα περισσότερα ζώα και το 90% των θανάτων τους προέρχεται από πνευμονικό οίδημα. Για τον άνθρωπο, η έκθεσή του σε συγκεντρώσεις  $\text{NO}_2$  της τάξης των 100 ppm για χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από λίγα λεπτά μέχρι μία ώρα, προκαλεί έντονο ερεθισμό στους πνεύμονες που διαρκεί 6-8 εβδομάδες. Η έκθεση όμως του ανθρώπου σε συγκεντρώσεις  $\text{NO}_2$  της τάξης των 150-200 ppm, προκαλεί συνήθως θάνατο.

Η επίδραση των οξειδίων του αζώτου είναι σημαντική και στα φυτά. Όταν αυτά εκτεθούν σε ατμόσφαιρα με υψηλές συγκεντρώσεις  $\text{NO}_2$ , εμφανίζουν κηλίδες στα φύλλα τους οι οποίες μπορεί να εξελιχθούν σε σημεία νέκρωσης. Αυτό συμβαίνει όταν, τόσο η συγκέντρωση, όσο και ο χρόνος έκθεσης των φυτών σε τέτοιες συγκεντρώσεις, υπερβούν κάποια όρια.

Η δυσμενής επίδραση των οξειδίων του αζώτου στα υλικά έχει επιβεβαιωθεί για αρκετές κατηγορίες υλικών όπως υφάσματα, βαφές υφασμάτων, πλαστικά, καουτσούκ. Τα οξειδία του αζώτου είναι επίσης παράγοντες που ευνοούν την καταστροφή του χαρτιού, την οξειδωση των μετάλλων, την καταστροφή πέτρας, την καταστροφή του φωτογραφικού φιλμ.

Το διοξείδιο του αζώτου μετασχηματίζεται, στην ατμόσφαιρα, σε  $\text{HNO}_3$  (νιτρικό οξύ) που είναι ισχυρό οξύ. Προκαλεί διάβρωση των μεταλλικών κατασκευών και νιτροποίηση των μαρμάρων των μνημείων, με αποτέλεσμα την αποσάθρωσή τους.

#### 2.4. OZON

Το στρώμα του όζοντος που υπάρχει στη στρατόσφαιρα (σε ύψος 25-30 km από την επιφάνεια της γης) αποτελεί μια πολύτιμη ασπίδα προστασίας του πλανήτη μας έναντι της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλίου.



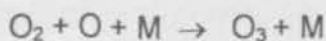
Αντίθετα το όζον στην τροπόσφαιρα, σε αυξημένες συγκεντρώσεις, αποτελεί έναν επικίνδυνο ρύπο που τα τελευταία χρόνια έχει κάνει αισθητή την παρουσία του σε μεγαλουπόλεις.

Το όζον είναι ένας από τους δευτερογενείς ρύπους της ατμόσφαιρας. Είναι αέριο άχρωμο, βαρύτερο του αέρα με δριμεία οσμή (όριο οσμής 0.02-0.05 mg/kg) και με ισχυρή οξειδωτική δράση.

Η χημική αντίδραση σχηματισμού του βασίζεται στην φωτόλυση του  $\text{NO}_2$  σε μήκη κύματος  $\lambda < 380 \text{ nm}$ , σύμφωνα με την αντίδραση



Το ατομικό οξυγόνο (O) αντιδρά πολύ γρήγορα με το ελεύθερο οξυγόνο ( $\text{O}_2$ ) του αέρα για να σχηματισθεί όζον ( $\text{O}_3$ ), σύμφωνα με την αντίδραση



όπου M ένα τρίτο άτομο. Στη συνέχεια το παραγόμενο όζον υπεισέρχεται σε ολόκληρη σειρά φωτοχημικών αντιδράσεων.

Το όζον σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Κατά τη διάρκεια του απογεύματος ο σχηματισμός οξειδωτικών αρχίζει να επιβραδύνεται και κατά τη διάρκεια της νύχτας όλες οι φωτοχημικές αντιδράσεις σταματούν. Είναι το κυριότερο συστατικό που ανιχνεύεται σε περιπτώσεις επεισοδίων φωτοχημικής ρύπανσης, γι'αυτό και χρησιμοποιείται ως δείκτης της. Ως ισχυρό οξειδωτικό καταστρέφει όλα τα οργανικά υλικά. Καταστρέφει το φυσικό καουτσούκ και τα συνθετικά υλικά από κυτταρίνη όπως το χαρτί, ξεθωριάζει τις χρωστικές ουσίες, ειδικά καταστρέφει πολλά από τα παραδοσιακά οργανικά χρώματα που χρησιμοποιούσαν οι παλιοί ζωγράφοι και τις βαφές των ρούχων.

Συγκεντρώσεις όζοντος στον αέρα, κατοικημένων περιοχών, μέχρι 0.3 ppm προκαλούν στα άτομα ενοχλήσεις στη μύτη και στο φάρυγγα. Άτομα που θα βρεθούν σε συγκεντρώσεις από 1 έως 30 ppm, για χρονικό διάστημα 2 ωρών, αισθάνονται έντονη κόπωση και έλλειψη συντονισμού των κινήσεών τους. Όταν δε η συγκέντρωση του όζοντος φτάσει τα 90 ppm, για ίδιο χρόνο παραμονής, προκαλείται πνευμονικό οίδημα και θάνατος.

Τα πειράματα έκθεσης υλικών σε όζον έδειξαν ότι το ξεθώριασμα των χρωστικών ουσιών πάνω σε χαρτί ή ύφασμα είναι ανάλογο της συγκέντρωσης του όζοντος επί τον χρόνο της έκθεσης σ'αυτό. Τα αποτελέσματα της επίδρασης του όζοντος στα υλικά είναι αθροιστικά. Η δράση του όζοντος στα υλικά επιτείνεται με την αύξηση της σχετικής υγρασίας. Για τους λόγους αυτούς το όζον θεωρείται ιδιαίτερα επικίνδυνος ρύπος όταν βρίσκεται σε χώρους που στεγάζουν

πολιτιστικές συλλογές. Τα επιτρεπτά όρια που προτείνονται για τις συγκεντρώσεις του μέσα σε μουσεία, αρχειοθήκες, βιβλιοθήκες, κυμαίνονται από 1-13 ppb.

## 2.5. ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

Οι υδρογονάνθρακες θεωρούνται ότι είναι σημαντικοί ρυπαντές της ατμόσφαιρας επειδή συνδυάζονται με τα φωτοχημικά οξειδωτικά. Με τον όρο υδρογονάνθρακες (HC) εκφράζονται χιλιάδες ενώσεων που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο και οι πιο επιβλαβείς από αυτούς είναι οι αέριοι υδρογονάνθρες και οι πτητικοί (δηλαδή οι υδρογονάνθρακες εκείνοι που εισερχόμενοι στην ατμόσφαιρα μπορούν να παραμείνουν σ' αυτήν για τόσο χρονικό διάστημα, όσο χρειάζεται για να πάρουν μέρος σε φωτοχημικές αντιδράσεις), επειδή στην αέρια κατάστασή τους μπορούν να φθάσουν στην ατμόσφαιρα.

Οι υδρογονάνθρακες στην ατμόσφαιρα προέρχονται τόσο από φυσικές διεργασίες, όσο και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Οι κυριότερες πηγές υδρογονανθράκων που προέρχονται από φυσικές διεργασίες, είναι:

- (α<sub>1</sub>) Η βιολογική αποσύνθεση φυσικών και ζωικών οργανισμών.
- (α<sub>2</sub>) Η φυσική έκλυση από φυσικές πηγές αερίων και υγρών υδρογονανθράκων.
- (α<sub>3</sub>) Τα φυτά που εκλύουν μεγάλες ποσότητες.
- (α<sub>4</sub>) Οι βιολογικές και γεωθερμικές διεργασίες όπως π.χ. τα ηφαίστεια που τροφοδοτούν την ατμόσφαιρα με μεθάνιο.

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, που αποδίδουν στην ατμόσφαιρα υδρογονάνθρακες, είναι:

- (β<sub>1</sub>) Οι διαρροές ή οι απώλειες που συμβαίνουν τόσο κατά τη μεταφορά πετρελαιοειδών με δεξαμενόπλοια ή με βυτία, όσο και κατά την αποθήκευσή τους σε υπαίθριες δεξαμενές και σε δεξαμενές πρατηρίων διακίνησης υγρών καυσίμων.
- (β<sub>2</sub>) Κύρια πηγή διαφυγής υδρογονανθράκων, στις πόλεις, είναι το αυτοκίνητο. Επίσης, διαφυγή υδρογονανθράκων παρατηρείται κατά την παρασκευή, διακίνηση και χρήση οργανικών διαλυτών.

Αποτέλεσμα όλων αυτών των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, είναι ο εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας των πόλεων με σημαντικές ποσότητες υδρογονανθράκων.

Η οξειδωση των υδρογονανθράκων παράγει μεγάλη ποικιλία ενώσεων που σχηματίζουν αεροζόλ και ενώσεις που ερεθίζουν τα μάτια. Ένα τυπικό παράδειγμα τέτοιου υδρογονάνθρακα που αποτελεί «συστατικό» της φωτοχημικής αιθαλομίχλης είναι το PAN (νιτρικό υπεροξυακετύλιο) που είναι φωτοχημικό οξειδωτικό και προκαλεί αφενός μεν ερεθισμό των ματιών και του αναπνευστικού συστήματος των ανθρώπων (σε συγκεντρώσεις 0.5 mg/kg), ακόμη δε μεταβολή του ρυθμού των καρδιακών παλμών (σε συγκεντρώσεις 0.3 mg/kg), αφετέρου δε καταστροφή των φύλλων νεαρών φυτών (σε συγκεντρώσεις 0.01 mg/kg).

Μεγάλη σημασία έχουν οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες όπως το βενζόλιο και το βενζοπυρένιο που θεωρούνται καρκινογόνοι.

## 2.6. ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Με τον όρο «αιωρούμενα σωματίδια» εννοούμε τα στερεά σωματίδια και σταγονίδια με διάμετρο  $2 \cdot 10^{-3} - 200 \mu\text{m}$  που βρίσκονται σε διασπορά στην αέρια φάση. Η σκόνη του εδάφους, τα σταγονίδια της θάλασσας, ο καπνός, η ομίχλη, η κάπνα, η ιπτάμενη τέφρα, κ.ά. είναι διάφορες κατηγορίες αιωρούμενων σωματιδίων. Τα σωματίδια κολλοειδών διαστάσεων ονομάζονται και αεροζόλ.

Η ατμόσφαιρα χαρακτηρίζεται από σημαντικές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στην αέρια και τη σωματιδιακή φάση. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές εξαρτώνται από τις φυσικές ιδιότητες και τη χημική δραστηριότητα των συστατικών κάθε φάσης.

Η παρουσία των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα οφείλεται σε φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής. Σε παγκόσμια κλίμακα υπερτερούν οι εκπομπές από φυσικές πηγές (ωκεανοί, έδαφος, ηφαίστεια, φυσικές πυρκαγιές), σε τοπική όμως κλίμακα υπερτερούν οι ανθρωπογενείς εκπομπές (βιομηχανία, θέρμανση, κυκλοφορία). Οι διεργασίες που προκαλούν την εκπομπή σωματιδίων είναι η καύση, η τριβή, η διάβρωση και ο κατακερματισμός των υλικών.

Εκτός από τα εκπεμπόμενα πρωτογενή σωματίδια, στην ατμόσφαιρα σχηματίζονται και δευτερογενή σωματίδια, σαν αποτέλεσμα διαφόρων αντιδράσεων. Οι μηχανισμοί που οδηγούν στο σχηματισμό δευτερογενών σωματιδίων στην ατμόσφαιρα είναι, κυρίως, η πυρήνωση και η συμπύκνωση υπέρκορων ατμών. Τα σωματίδια που σχηματίζονται κατ'αυτό τον τρόπο έχουν πολύ μικρό μέγεθος (η διάμετρος τους κυμαίνεται από 0.005 μέχρι 0.1  $\mu\text{m}$ ). Τα σωματίδια αυτά, που ονομάζονται και πυρήνες Aitken,

συσσωματώνονται στη συνέχεια προς μεγαλύτερα σωματίδια με διάμετρο 0.1 – 2.5  $\mu\text{m}$ .

Το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων καθορίζει την κατανομή τόσο του αριθμού, όσο και της επιφάνειας καθώς και της μάζας τους. Γενικά, ο μεγαλύτερος αριθμός σωματιδίων βρίσκεται σε μικρά μεγέθη ( $d < 0.1 \mu\text{m}$ ) και μειώνεται σημαντικά σε μεγαλύτερες διαμέτρους. Αντίθετα, το μεγαλύτερο μέρος της μάζας των σωματιδίων βρίσκεται στην περιοχή 0.1 – 1  $\mu\text{m}$ .

Διάφοροι άλλοι όροι χρησιμοποιούνται επίσης για την ταξινόμηση της αιωρούμενης ατμοσφαιρικής ύλης της ατμόσφαιρας όπως ολικά αιωρούμενα σωματίδια (TSP), εσπνεύσιμα και αναπνεύσιμα σωματίδια, μαύρος καπνός κ.ά.

Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων ποικίλλει σημαντικά και, γενικά, αντανακλά την πηγή από την οποία προέρχονται. Στην πραγματικότητα, όμως, η χημική σύσταση αλλοιώνεται από αλληλεπίδραση των σωματιδίων μεταξύ τους ή με τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας.

Η τύχη των εισπνεόμενων σωματιδίων δεν είναι πλήρως γνωστή. Τα υδατοδιαλυτά συστατικά των σωματιδίων διαλύονται στην υγρή φάση των βρόγχων και εισέρχονται στη λέμφο ή την κυκλοφορία σε κάποιο επίπεδο του αναπνευστικού συστήματος. Τα σωματίδια, που είναι αδιάλυτα σε υδατικές φάσεις, έχει αποδειχθεί ότι υφίστανται φαγοκυττάρωση μέσα σε λίγες ώρες από τα κυψελιδικά μακροφάγα. Δεν έχει όμως, υπολογιστεί σε ποια έκταση μεταφέρονται εντός αναπνευστικού με τα λεμφαγγεία. Η βιολογική ημίσεια ζωή τους κυμαίνεται από μέρες μέχρι χρόνια, ανάλογα με τη χημική τους σύσταση.

Μακροχρόνια εισπνοή σωματιδίων προκαλεί διάφορες μορφές πνευμονοκονιάσεων, άσθμα ή, και σε ορισμένες περιπτώσεις, καρκινογένεση. Συνηθισμένες είναι οι επαγγελματικές ασθένειες που οφείλονται στην εισπνοή κόνεων, π.χ. πυριτίωση, βαρίωση, κασσιτέρωση κ.ά. Οι οργανικές κόνεις προκαλούν πολλές φορές και αλλεργικές αντιδράσεις όπως για παράδειγμα η βισίνωση που προκαλείται από τη σκόνη βαμβακιού.

Ιδιαίτερα επικίνδυνη θεωρείται η σκόνη που περιέχει ίνες αμιάντου. Οι ίνες αυτές εισέρχονται απ'ευθείας στις κυψελίδες των πνευμόνων. Ο οργανισμός δεν μπορεί να τις αποβάλει και, προσπαθώντας να τις απομονώσει, τις περιβάλλει με λεπτό ιστό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να χάνουν οι πνεύμονες την ελαστικότητά τους και να προκαλείται αμιάντωση, μεσοθηλίωμα ή καρκίνος των πνευμόνων. Περισσότερο επικίνδυνες θεωρούνται οι ίνες με μήκος  $> 5 \mu\text{m}$ , πλάτος  $< 3 \mu\text{m}$  και λόγο μήκους/πλάτους μεγαλύτερο του 3. Για τις ίνες αυτές έχουν θεσμοθετηθεί



και ανώτατες επιτρεπτές συγκεντρώσεις τόσο στην ελεύθερη ατμόσφαιρα, όσο και στην ατμόσφαιρα εσωτερικών χώρων.

Ο έλεγχος της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα αιωρούμενα σωματίδια είναι από τις πρώτες ενέργειες που ξεκίνησε ο άνθρωπος για να προστατεύσει το περιβάλλον. Άλλωστε η εκπομπή σωματιδίων στην ατμόσφαιρα είναι ορατή και οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων είναι άμεσα αντιληπτές. Σήμερα υπάρχει η δυνατότητα να αντιμετωπισθούν όλα τα προβλήματα που προκύπτουν από την πολύ μεγάλη ποικιλία πηγών εκπομπής σωματιδίων.

Σε ότι αφορά στον περιορισμό των εκπομπών σωματιδίων με τα αερολύματα των βιομηχανιών, έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα αποκονίωσης. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται σε σειρά δύο διαφορετικά συστήματα αποκονίωσης π.χ. οι θάλαμοι βαρύτητας, συνήθως, χρησιμοποιούνται ως στάδιο προκαθαρισμού των αερολυμάτων πριν αυτά οδηγηθούν σε κάποιο άλλο σύστημα αποκονίωσης.

Ένα προληπτικό μέτρο κατά της εκπομπής σωματιδίων από τις διάφορες πηγές καύσης, είναι η χρησιμοποίηση καυσίμων χαμηλής εκπομπής. Έτσι, η καύση μαζούτ (κυρίως από βιομηχανίες και βιοτεχνίες) συνοδεύεται από πολύ υψηλότερες εκπομπές σωματιδίων από ότι η καύση πετρελαίου. Υψηλές σωματιδιακές εκπομπές έχει, επίσης, η καύση βιομάζας, ξύλου και κάρβουνου, ενώ το υγραέριο και η κηροζίνη χαρακτηρίζονται από σημαντικά χαμηλότερες εκπομπές σωματιδίων.

### **3. Η ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΕΣΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ**

Θα γίνει προσπάθεια να ταξινομηθούν και να αναλυθούν οι παράγοντες που ευθύνονται για τη διαμόρφωση της ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου.

Όπως προαναφέρθηκε, από σχετικές μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι ο μέσος άνθρωπος περνά, σε ημερήσια βάση, περίπου 20 ώρες σε εσωτερικούς χώρους (Jenkins et al., 1992). Επίσης είναι γνωστό ότι οι επιπτώσεις που προκαλούνται στην υγεία των έμβιων όντων, από τις συγκεντρώσεις διαφόρων ρύπων, εξαρτώνται από το χρόνο παραμονής τους κάτω από συγκεκριμένες συγκεντρώσεις. Με βάση τα παραπάνω, εύκολα κανείς διαπιστώνει ότι ίδια τάξη μεγέθους συγκέντρωσης ρύπων σε εσωτερικούς χώρους, με αυτή των εξωτερικών ρύπων, προκαλεί δυσμενέστερες επιπτώσεις στην υγεία των ατόμων

που ζουν στους εσωτερικούς χώρους εξαπίας του μεγάλου χρόνου παραμονής στους χώρους αυτούς.

Το «Σύνδρομο του Παθογόνου Κτιρίου», που πολλές φορές συναντάται σε άρθρα, αναφέρεται σε μια ποικιλία συμπτωμάτων που εμφανίζονται σε άτομα που η εργασιακή τους απασχόληση γίνεται στο εσωτερικό μεγάλων κτιριακών εγκαταστάσεων. Από σχετικές έρευνες που διεξήχθησαν σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις, τα επικρατέστερα προβλήματα υγείας που εμφανίζονται στα άτομα που απασχολούνται στο εσωτερικό αυτών των κτιρίων, κατά συχνότητα εμφάνισης είναι: ερεθισμός των ματιών, ξηρότητα λαιμού, πονοκέφαλος, κόπωση, ιγμορίτιδα, ερεθισμός δέρματος, δυσκολία αναπνοής, βήχας, ζαλάδα και ναυτία.

Η διαπίστωση ότι τέτοια προβλήματα υγείας σχετίζονται με το κτίριο, αποδίδονται σε θέματα κατασκευής του κτιρίου όπως π.χ. το σύστημα θέρμανσης, το σύστημα εξαερισμού, η επίπλωση, ο εξοπλισμός. Η ποιότητα του αέρα και τα προβλήματα υγείας που δημιουργούνται σχετίζονται με τον ενεργειακό σχεδιασμό του κτιρίου. Οι ερευνητές παρακολουθούν με όργανα ελέγχου την ποιότητα του αέρα και προσπαθούν να προσδιορίσουν τους υπεύθυνους ρυπαντές. Οι μετρήσεις είναι άκαρπες αφού οι συγκεντρώσεις των ρυπαντών που καταγράφονται συνήθως θεωρούνται πολύ χαμηλές για να προκαλέσουν προβλήματα στην υγεία. Ο ανεπαρκής εξαερισμός, άρα η κακή ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων, ήταν η αιτία των προβλημάτων υγείας στο 50% των κτιρίων που μελετήθηκαν (Wallingford et al., 1986; Melius et al., 1984).

Ως εξαερισμός ενός χώρου ορίζεται η κίνηση του αέρα μέσα στο χώρο με την οποία ο χρησιμοποιημένος αέρας συνεχώς αντικαθίσταται από φρέσκο ή εξωτερικό αέρα. Στον όρο εξωτερικός αέρας περιλαμβάνεται και ο ανακυκλούμενος αέρας που επανέρχεται στον χώρο από άλλο χώρο του κτιρίου. Ο εξαερισμός των κτιρίων μπορεί να είναι φυσικός ή να γίνεται μέσω μηχανικού συστήματος εξαερισμού ή και να υπάρχει συνδυασμός των δύο (Νέστορας Α. και Νέστορας Χ., 1991).

Ο φυσικός αερισμός ενός κτιρίου είναι αποτέλεσμα της μειονωμένης ή συνδυασμένης δράσης δυνάμεων, που είναι: οι θερμικές δυνάμεις που οφείλονται σε θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ χώρου-περιβάλλοντος και οι αεροκινητικές δυνάμεις που οφείλονται στην ταχύτητα και διεύθυνση του πνέοντος ανέμου. Ο σχεδιασμός του κτιρίου, η θέση του, ο προσανατολισμός του, ο αριθμός καθώς



και η διάταξη και το μέγεθος των ανοιγμάτων του, οι σχισμές στα δομικά στοιχεία είναι τα βασικά στοιχεία που προσδιορίζουν το αποτέλεσμα της δράσης των δυνάμεων αυτών στο κτίριο. Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται τελείως ανεξέλεγκτα ή μπορεί να ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό. Με μια σωστή μελέτη του σχεδιασμού του κτιρίου, των χαρακτηριστικών χρήσης και λειτουργίας του, είναι δυνατόν να επιτευχθεί ένας φυσικός αερισμός που να οδηγεί σε αρκετά χαμηλές εσωτερικές συγκεντρώσεις ρύπων καθώς και σε επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (Νέστορας Α. και Νέστορας Χ., 1991; EPA, 1987; Leslie et al., 1994).

Στην περίπτωση μηχανικού εξαερισμού η είσοδος και η κίνηση του αέρα στο χώρο είναι ελεγχόμενη. Ο μηχανικός εξαερισμός ξεκινάει από έναν απλό ανεμιστήρα τοποθετημένο σε ένα παράθυρο και φθάνει μέχρι ένα πλήρες μηχανικό σύστημα ελέγχου της εισαγωγής/απαγωγής αέρα στο κτίριο, με συστήματα φιλτραρίσματος του αέρα, με αισθητήρες ελέγχου ρύπων, με συστήματα ελέγχου θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο. Τα συστήματα μηχανικού εξαερισμού δίνουν τη μέγιστη δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων.

Το πρόβλημα του εξαερισμού ενός κτιρίου περιλαμβάνει:

- Ανεπαρκή τροφοδότηση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου με εξωτερικό αέρα.
- Σε χαμηλά επίπεδα βρίσκεται η κατανομή και η ανάμειξη του αέρα.
- Υψηλές τιμές ή διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας.
- Προβλήματα στο φιλτράρισμα του αέρα που προκαλούνται από ακατάλληλη ή ανεπαρκή συντήρηση των κλιματιστικών διατάξεων.

Το πρόβλημα του εξαερισμού πολλές φορές μπορεί και να επιδεινώνεται εάν δεν υπάρχουν σωστά μέτρα λειτουργίας όπως:

- Μειωμένη είσοδος εξωτερικού αέρα.
- Μειωμένος φιλτραρισμός αέρα.
- Κατάλληλη ρύθμιση των θερμοστατών τόσο για το χειμώνα όσο και για το καλοκαίρι.
- Αφαίρεση του συστήματος που δείχνει την υγρασία του χώρου.
- Κλείσιμο του συστήματος νωρίτερα και άνοιγμά του αργότερα απ'ότι πρέπει.

Η εγκατάσταση συστημάτων εξαερισμού σημαίνει συνεχή δαπάνη χρημάτων αλλά και αύξηση των δαπανών ενέργειας, που οδηγεί πάλι σε επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Επιπλέον για να ελέγχεται η ρύπανση των

εσωτερικών χώρων, χρειάζονται κατάλληλα φίλτρα, που να απομακρύνουν τους ρύπους από το φρέσκο και τον ανακυκλούμενο αέρα. Όλοι οι ρύποι όμως δεν καταστρέφονται από τα ίδια υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φίλτρων. Θα είναι ανάγκη λοιπόν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά φίλτρα που ανεβάζουν όμως το κόστος με τη τοποθέτηση και συντήρησή τους (EPA, 1987; Cass et al., 1989).

Η χημική ρύπανση που συνδέεται με τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα κτίρια και οι ρύποι που προέρχονται από τον εξωτερικό αέρα ευθύνονται σε ποσοστό 34% για τα προβλήματα της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων (Melius et al., 1984). Στους ρύπους που συνδέονται με τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα κτίρια, συμπεριλαμβάνονται η φορμαλδεΐδη που προέρχεται από προϊόντα πεπιεσμένου ξύλου, το ινώδες γυαλί που είναι οργανικό διάλυμα που προέρχεται από κόλλες και συγκολλητικές ουσίες και το ακετυκό οξύ που χρησιμοποιείται στις σιλικόνες.

Υπάρχουν όμως πηγές που βρίσκονται μέσα στο κτίριο και δημιουργούν προβλήματα στην ποιότητα του αέρα. Σ'αυτές συμπεριλαμβάνονται το όζον από τα φωτοτυπικά μηχανήματα, η μεθυλική αλκοόλη από το οινόπνευμα των πολυγράφων, τρινιπροφλουρενόνη από τους εκτυπωτές laser, η αμμωνία και το ακετυκό οξύ από τα φωτοαντιγραφικά μηχανήματα και η φορμαλδεΐδη από φωτοαντιγραφικό χαρτί χωρίς άνθρακα.

Στα προβλήματα που προκαλούνται από χημική ρύπανση περιλαμβάνονται τα ακατάλληλος χρησιμοποιούμενα εντομοκτόνα, τα διαλύματα των απορρυπαντικών για τον καθαρισμό των πατωμάτων, ο καπνός από το κάπνισμα των τσιγάρων και η χρήση υγραερίου.

Το 11% των ρύπων στους εσωτερικούς χώρους προέρχεται απ'έξω (Wallingford et al., 1986; Melius et al., 1984). Κυρίως προέρχονται από τις εκπομπές των τροχοφόρων και το ρυπασμένο αέρα που προηγουμένως έχει αποβληθεί από το σύστημα εξαερισμού του κτιρίου. Μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα υπάρχουν και στα υπόγεια γκαράζ. Άλλοι παράγοντες που έχουν αναφερθεί ως αιτίες του Συνδρόμου του Παθολόγου Κτιρίου είναι οι θόρυβοι, το βενζυλοχλωρίδιο από τα πλαστικά πατώματα βινυλίου (Rittfeldt et al., 1984), οι κολλητές μοκέτες (Lauderdale et al., 1984), η οργανική σκόνη από τα κακοκαθαρισμένα από τοίχο σε τοίχο χαλιά (Norback and Torgen, 1987), το βενζυλοφθαλικό βουτύλιο από τα πλαστικά πλαίσια των χωρισμάτων των γραφείων (Hijazi, 1983). Στο σύνδρομο αυτό δεν παραλείπουμε ν'αναφέρουμε

και τους ψυχοκοινωνικούς παράγοντες (Hanssen and Rodahl, 1984; Colligan, 1981) όπως οι σχέσεις προϊσταμένου και υπαλλήλων, η καταπίεση που προκαλείται καθώς και οι σχέσεις των εργαζομένων μεταξύ τους (Morris and Hawkins, 1987).

Εκτός από τον κακό εξαερισμό, άλλες παράμετροι που συντελούν στην κακή ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων είναι ο καπνός που προέρχεται από το κάπνισμα, η θερμοκρασία και η υγρασία. Οι τιμές των δύο τελευταίων παραμέτρων μέσα στο χώρο επηρεάζουν τις χημικές αντιδράσεις μεταξύ των ρύπων στην αέρια φάση, τις φυσιολογικές διαδικασίες μεταξύ ρύπων και εσωτερικών επιφανειών, καθώς και την ανάπτυξη βιολογικών ρύπων.

### **3.1. ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ**

Σε πολλές περιπτώσεις εσωτερικών χώρων η μεγαλύτερη απειλή ρύπανσης προέρχεται από εκπομπές ρύπων που συμβαίνουν μέσα στο χώρο ή ρύπων που ευνοείται η ανάπτυξή τους στους εσωτερικούς χώρους (βιολογικοί ρύποι), παρά από την ρύπανση που εισάγεται στο χώρο από το εξωτερικό περιβάλλον (Briblecombe, 1990). Κάπνισμα, διάφορες συσκευές καύσης που χρησιμοποιούνται για θέρμανση, υλικά για συντήρηση ή επισκευή του εσωτερικού χώρου, κατασκευαστικά υλικά, υγραντικές ή ψυκτικές συσκευές αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που επιβαρύνουν το περιβάλλον με ποικιλία αερίων χημικών ουσιών και αερομεταφερόμενων σωματιδίων ή με βιολογικούς ρύπους. Θα επιχειρηθεί μια σύντομη επισκόπηση των συνηθέστερων εσωτερικών πηγών ρύπανσης με μια σύντομη αναφορά στις επιδράσεις τους στα αντικείμενα που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους.

#### **3.1.1. ΑΝΟΡΓΑΝΟΙ ΡΥΠΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ**

##### **3.1.1.1. ΑΜΙΑΝΤΟΣ**

Το πρόβλημα του αμιάντου σαν ένα σοβαρό πρόβλημα ρύπανσης του αέρα εσωτερικών χώρων στην πραγματικότητα αναδείχθηκε το 1978 όταν οι υπηρεσίες υγείας των Η.Π.Α. αναγνώρισαν ότι ίνες αμιάντου αιωρούνται στον αέρα εσωτερικών χώρων. Η αιώρησή τους οφείλεται στο μικρό τους βάρος, λόγω του μικρού μεγέθους τους και του σχήματός τους. Αποτέλεσμα αυτής της

ιδιότητας τους είναι να μεταβάλει με ευκολία, μέσω της αναπνευστικής οδού, την είσοδό τους στους πνεύμονες όπου και παραμένουν.

Με τον όρο αμίαντο εννοούμε την ινώδη μορφή των πυριτικών κρυστάλλων, υλικό με πολύ καλές ιδιότητες όπως άκαυστος, απρόσβλητος από χημικές ουσίες, άφθαρτος, με μονωτικές ιδιότητες (για τη θερμότητα και το ηλεκτρικό δυναμικό), με υψηλές μηχανικές ιδιότητες με συνέπεια να έχει ευρύτατες εφαρμογές στην οικοδομική δραστηριότητα, την ηλεκτροτεχνία και τις θερμικές μονώσεις. Λόγω των ιδιοτήτων του αυτών ο αμίαντος χρησιμοποιείται για την κατασκευή άφλεκτων υφασμάτων (φόρμες πυροσβεστών, γάντια ηλεκτρολόγων), στη χημική βιομηχανία και στην οικοδομική για την κατασκευή μιγμάτων όπως τα προϊόντα του αμιαντοτσιμέντου, ως επιβραδυντικό στοιχείο στα συστήματα θέρμανσης και καύσης των δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων.

Η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος είχε ήδη προειδοποιήσει από το 1973 για την επικινδυνότητα της αλόγιστης χρήσης αμιάντου εξ αιτίας του γεγονότος ότι εύκολα θρυμματίζεται. Μίγμα τσιμέντου, αμιάντου και νερού σε ορισμένη πίεση και θερμοκρασία μας δίδουν προϊόντα όπως οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται ευρύτατα σαν αγωγοί ύδρευσης, μεταφοράς αερίων, αποχέτευσης των όμβριων υδάτων και σαν καπνοδόχοι. Οι σωλήνες αυτοί αντικαθιστούν, στις περισσότερες περιπτώσεις λόγω οικονομικών και λειτουργικών πλεονεκτημάτων, τους σωλήνες από χυτοσίδηρο, σίδηρο και πηλό. Σε μεγάλη έκταση χρησιμοποιούνται στην οικοδομική οι κυματοειδείς πλάκες αμιαντοτσιμέντου για στέγες γιατί έχουν μικρό βάρος, μεγάλη μονωτική ικανότητα και δεν προσβάλλονται από οξειδώσεις και ηλεκτρικές διαβρώσεις, επειδή ο αμίαντος είναι ηλεκτρικά ουδέτερος.

Για ταβάνια και επενδύσεις χρησιμοποιούνται επίπεδες πλάκες αμιαντοτσιμέντου που διαθέτουν όλα τα πλεονεκτήματα του ξύλου ενώ δεν έχουν τα μειονεκτήματά του, δηλαδή δε σαπίζουν, δεν καίγονται, δεν είναι υγροσκοπικές και δεν επηρεάζονται από τη θερμότητα. Λόγω της μεγάλης τους αντοχής και της ελαστικότητάς τους, που είναι 20-50 φορές μεγαλύτερη από άλλα παρόμοια υλικά, η χρήση τους αριθμεί περίπου 3.000 περιπτώσεις. Ο αμίαντος είναι ακίνδυνος εάν χρησιμοποιείται με τη μορφή και το σχήμα που έχει κατασκευασθεί. Γίνεται επικίνδυνος και αερομεταφερόμενος όταν κοπεί, θρυμματισθεί, σπάσει, αποξεστεί ή γδαρθεί κατά κάποιο τρόπο. (EPA, 1985b). Παλαιότερα, φύλλα αμιάντου τοποθετούνταν μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών τοίχων σε διάφορες κατασκευές, λόγω των μονωτικών τους ιδιοτήτων. Σήμερα η



χρήση του αυτή τείνει να περιορισθεί. Αιωρούμενες ίνες αμιάντου στους εσωτερικούς χώρους του σπιτιού είναι δυνατόν να προέλθουν από πατώματα κατασκευασμένα από βινύλιο ιδιαίτερα δε όταν αυτά είναι παλαιά, σκισμένα ή κατεστραμμένα.

Τέσσερις είναι οι ασθένειες που συνδέονται με την έκθεση του ατόμου σε αμιάντο κατά την απασχόληση. Ο καρκίνος των πνευμόνων, το μεσοθηλίωμα δηλ. ο καρκίνος της μεμβράνης που χωρίζει τους πνεύμονες από το θώρακα, η αμιάντωση και η ασθένεια των πλευρών.

Το μεσοθηλίωμα είναι ένας καρκίνος του στήθους, ή της κοιλιακής κοιλότητας και είναι 100% θανατηφόρος.

Η προοδευτική επικάθηση των ινών του αμιάντου, που εισέρχονται μέσω της αναπνευστικής οδού, στον πνεύμονα δημιουργεί αλλοιώσεις που σε πρώτη φάση είναι μια ειδικής μορφής πνευμονοκοκίαση που ονομάζεται αμιάντωση. Αυτή δημιουργεί μείωση της αναπνευστικής ικανότητας των πνευμόνων που αποδίδεται στον περιορισμό των ελαστικών κινήσεων του πνεύμονα, με αποτέλεσμα την πρόκληση σοβαρής αναπηρίας και τελικά το θάνατο (National Research Council, 1984).

Κλινικές και παθολογικές παρατηρήσεις της πνευμονοκονίασης μεταξύ των απασχολουμένων σε εργοστάσια παραγωγής αμιάντου παρατηρήθηκαν από τις αρχές του αιώνα μας (Doll, 1955). Επιδημιολογικές και εργαστηριακές μελέτες σε πειραματόζωα απέδειξαν ότι ο αμιάντος ευθύνεται για τον καρκίνο του πνεύμονα και το μεσοθηλίωμα (McDonald, 1980; Selikoff et al., 1979). Έχει διαπιστωθεί ότι, ο καπνιστής και εκτιθέμενος στον αμιάντο, διατρέχει 50 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο από τον μη εκτιθέμενο στον αμιάντο και το μη καπνιστή (Hammond et al., 1979).

### 3.1.1.2. ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΗΓΩΝ ΚΑΥΣΗΣ

Η ρύπανση των εσωτερικών χώρων προερχόμενη από διάφορες πηγές καύσεων έχει μια πολύ μακρά ιστορία που ξεκινά από την πρώτη ανθρώπινη κατοικία και τη χρήση της φωτιάς. Η πρόοδος της τεχνολογίας σήμερα, έχει οδηγήσει τις προηγμένες κοινωνίες σε δυνατότητα αερισμού των χώρων και ηλεκτρικής θέρμανσής τους, έχει δε δώσει την ευκαιρία επιλογής μεταξύ διαφόρων τρόπων θέρμανσης των σπιτιών και παρασκευής του φαγητού. Οι σόμπες με ξύλα, οι φούρνοι και τα τζάκια, οι εκπομπές των οποίων οδηγούνται

εκτός με τις καπνοδόχους, μολύνουν τους εσωτερικούς χώρους. Επίσης οι θερμάστρες χώρου με γκάζι και καθαρό πετρέλαιο, καθώς και κουζίνες και οικιακοί φούρνοι με υγραέριο, μολύνουν τους εσωτερικούς.

Ακατάλληλες συσκευές, κακή εγκατάσταση, έλλειψη συντήρησης μπορεί να γίνουν αιτίες μόλυνσης των εσωτερικών χώρων του σπιτιού.

Σημαντική μπορεί να είναι η ρύπανση των εσωτερικών χώρων από προϊόντα που εξυπηρετούν τις προσωπικές μας συνήθειες όπως το κάπνισμα.

Το κάπνισμα στους εσωτερικούς χώρους, όπου ο αερισμός δεν είναι αρκετός για να αραιώσει γρήγορα τον καπνό, επιβαρύνει το χώρο με μια ποικιλία ουσιών που φθάνουν τα 4000 διαφορετικά είδη (EPA, 1987; Leslie et al., 1994). Οι αρνητικές επιπτώσεις των ουσιών που παράγονται με το κάπνισμα στα απαντώμενα υλικά στους εσωτερικούς χώρους, είναι συνάρτηση του είδους των ουσιών αυτών. Το άμεσο αισθητικό αποτέλεσμα απόθεσης πίσσας και καπνιάς στις επιφάνειες των εσωτερικών χώρων είναι σε όλους γνωστό. Γι'αυτό σε οργανωμένους χώρους ο παθητικός καπνιστής είναι εκτεθειμένος στον καρκίνο των πνευμόνων διπλάσιες φορές από αυτόν που ζει σε περιβάλλον μη καπνιστών. Το παθητικό κάπνισμα αυξάνει επίσης τον κίνδυνο έκθεσης σε ραδόνιο.

Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) αποτελούν μία σημαντική κατηγορία ρύπων των εσωτερικών χώρων. Οι ενώσεις αυτές, γενικά, σχηματίζονται από ατελείς καύσεις ή πυρολυτικές διεργασίες υψηλών θερμοκρασιών που περιλαμβάνουν ορυκτά καύσιμα ή άλλα οργανικά υλικά. Τέτοιες διεργασίες στο περιβάλλον των εσωτερικών χώρων αποτελούν κυρίως το κάπνισμα, η καύση ξύλων, άνθρακα ή άλλων καυσίμων για θέρμανση, μαγείρεμα (ψήσιμο, τηγάνισμα ή κάπνισμα) των τροφών (Δερμεντζόγλου κ.ά., 1997).

Οι ΠΑΥ είναι ρύποι ευρέως διαδεδομένοι και στο εξωτερικό περιβάλλον (ατμόσφαιρα, νερά, ιζήματα, έδαφος, βλάστηση). Αν και υπάρχουν στο περιβάλλον φυσικές πηγές εκπομπής των ΠΑΥ (δασικές πυρκαγιές, ηφαιστειακή δραστηριότητα), η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα είναι κατά κύριο λόγο αποτέλεσμα ανθρωπογενών πηγών, όπως η κυκλοφορία οχημάτων, η καύση πετρελαίου, άνθρακα, ξύλου κλπ., η αποτέφρωση απορριμμάτων, διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες κ.ά. (Baek et al., 1991; Nikolaou et al., 1984). Ορισμένα είδη των ΠΑΥ χαρακτηρίζονται από μεταλλαξιογόνες και καρκινογόνες ιδιότητες (Lehr et al., 1982; Menzie et al., 1992).



Τα επίπεδα των ΠΑΥ στην ατμόσφαιρα των εσωτερικών χώρων κατοικιών και μη βιομηχανικών κτιρίων αντανakλούν τόσο τη δραστηριότητα εσωτερικών πηγών ρύπανσης όπως το κάπνισμα, η χρήση ειδών θέρμανσης, το μαγείρεμα, όσο και τη διείσδυση (ελεγχόμενη ή μη) εξωτερικού αέρα (Menzie et al., 1992; Chuang et al., 1991, 1992; Traynor et al., 1987; Raiyani et al., 1993; Ando et al., 1996; Koo et al., 1994; Hung et al., 1992). Ο εισερχόμενος στον εσωτερικό χώρο αέρας, ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των ΠΑΥ στο εξωτερικό περιβάλλον, μπορεί να οδηγήσει σε αραιώση των εσωτερικών συγκεντρώσεων ή ακόμη και να επιβαρύνει την κατάσταση, όταν η συνεισφορά των εξωτερικών πηγών ΠΑΥ είναι σημαντική.

Η χρήση του υγραερίου για οικιακή χρήση, η θέρμανση με σόμπα φωτιστικού πετρελαίου και η έλλειψη εξαερισμού των χώρων αυτών, ευθύνονται για τη δύσπνοια και το άσθμα ευαίσθητων ατόμων.

Ο καπνός από πυρκαγιές, από κάψιμο αγριόχορτων, δημιουργεί "ορατή" ατμοσφαιρική ρύπανση που συνοδεύεται από δυσσομία. Η σύνθεση των ρύπων που απελευθερώνονται προσδιορίζεται με βάση το υλικό που καίγεται, τη θερμοκρασία καύσης και την περιεκτικότητά του σε  $O_2$ . Το μέγεθος των προϊόντων της καύσης αυξάνεται όταν καίγονται τα συνθετικά υλικά. Ένας τόννος από σκουπίδια του κήπου παράγει 30 kg CO κατά την καύση του (Gamlin and Price, 1988).

Η ανάλυση του καπνού που προέρχεται από φωτιές για καύση φύλλων, σκουπιδιών κλπ. έδειξε ότι περιέχει καρκινογενές βενζοπυρένιο σε συγκεντρώσεις 300 φορές περισσότερο από αυτό που περιέχεται στον καπνό που προέρχεται από κάπνισμα (Gamlin and Price, 1988). Ο καπνός αυτός μεταφέρεται από τον αέρα και αν και τις περισσότερες φορές δεν είναι ορατός και δεν μυρίζει, εντούτοις μπορεί να προκαλέσει πρόσκαιρα προβλήματα υγείας όπως ερεθισμό στα μάτια. Όμως, μπορεί να προκαλέσει σοβαρότερες επιδράσεις στην υγεία όπως το άσθμα, η βρογχίτιδα και τα αναπνευστικά προβλήματα (Burge and Hoyer, 1990).

Νέας τεχνολογίας αποτεφρωτήρες χρησιμοποιούνται για την καύση απορριμμάτων υπό ελεγχόμενες συνθήκες και καπνοσυλλέκτες συγκρατούν τα εκπεμπόμενα αέρια. Τα περισσότερα απορρίμματα θάβονται και η μυρωδιά των μικροοργανισμών και του μεθανίου δημιουργούν τοπικά προβλήματα. Αέρια όπως το μεθάνιο μπορούν να «μεταφερθούν» υπογείως και να διοχετευθούν στο εσωτερικό των κτιρίων (O' Leary et al., 1988).

### 3.1.1.3. ΡΑΔΟΝΙΟ

Το ραδόνιο (Rn) είναι ένα ραδιενεργό στοιχείο και ανήκει στην ομάδα των ευγενών αερίων και προέρχεται από το ράδιο.

Βρίσκεται στα μεταλλεύματα ουρανίου, φωσφορικά πετρώματα και στα συνήθη ορυκτά πετρώματα γρανίτη και σχιστόλιθων. Τις τελευταίες δεκαετίες ανακαλύφθηκαν συγκεντρώσεις ραδίου-226 σε μονοκατοικίες που είχαν κατασκευασθεί, ή είχαν εντοιχισμένα φωσφορικά πετρώματα, αλλά και στο εσωτερικό κτιρίων που ήταν κτισμένα σε μεγάλη απόσταση από σημεία όπου υπήρχε ουράνιο. Είναι αερομεταφερόμενο και εισπνεόμενο, επικάθεται στους διακλαδωτές των αναπνευστικών αεραγωγών. Η ραδιενέργεια που εκλύεται από το ραδόνιο επιδρά στο επιθήλιο των βρόγχων προκαλώντας καρκίνο των πνευμόνων. Από σχετικές μελέτες προκύπτει ότι το 10% των κρουσμάτων καρκίνου του πνεύμονα στις Η.Π.Α. οφείλεται στην έκθεση σε ραδόνιο σε εσωτερικούς χώρους (Budnitz et al., 1978), ενώ στη Σουηδία η έκθεση σε ραδόνιο έχει συμβάλει κατά 30% στον καρκίνο του πνεύμονα σε μη καπνιστές και κατά 5% σε καπνιστές (Radford et al., 1984). Χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο του ραδίου για να μετρηθεί η ραδιενέργεια των μεταλλικών νερών, στα εργαστήρια ως πηγή νετρονίων και στην ιατρική, στη ραδιοθεραπεία και στη ραδιογραφία.

### 3.1.1.4. ΦΟΡΜΑΛΔΕΥΔΗ

Λόγω της εκτεταμένης χρήσης κατασκευαστικών υλικών και επίπλων που απελευθερώνουν φορμαλδεΰδη, είναι παντού παρούσα σε κάθε χώρο. Στις κατοικίες που υπήρχαν υψηλά επίπεδα φορμαλδεΰδης παρατηρήθηκε έντονη μυρωδιά και παράπονα υγείας στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Σ'αυτές περιλαμβάνονται τα τροχόσπιτα, τα προκατασκευασμένα σπίτια και τα μονωμένα με αφρό φορμαλδεΰδης (Ritchie and Lehnen, 1985; University of Texas School of Public Health, 1984; Dally et al., 1981; Hanrahan et al., 1985; Sexton et al., 1986; Broder et al., 1986; Syrotynski, 1985; Godish et al., 1984, 1986α; Ulsamer et al., 1982). Αν και πολλά προϊόντα απελευθερώνουν φορμαλδεΰδη, λίγα από αυτά δημιουργούν σημαντικό επίπεδο συγκεντρώσεων όπως τα κατασκευαστικά υλικά και τα έπιπλα. Τα προϊόντα πετρελαιμένου ξύλου όπως νοβοπάν, πλακάζ, κόντρα πλακέ απελευθερώνουν φορμαλδεΰδη σε

μεγάλο βαθμό (Grot et al., 1985; Pickrell et al., 1983; Mattheus et al., 1983). Η φορμαλδεΐδη παρασκευάζεται με οξείδωση της μεθυλικής αλκοόλης από τον αέρα σε θερμοκρασία 30 °C με παρουσία καταλύτη από χαλκό ή άργυρο. Μεγάλες ποσότητες παρασκευάζονται από τη βιομηχανία για να χρησιμοποιηθούν σαν πρώτη ύλη για την παρασκευή οργανικών ενώσεων (χρώματα, φάρμακα) και συνθετικών ρητινών. Η ρητίνη ουρίας με τη φορμαλδεΐδη μας δίδουν το υλικό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή φορμάικας.

Η μόνωση με αφρο-ουρο-φορμαλδεΐδη απελευθερώνει μεγάλη ποσότητα του αερίου αυτού. Οι τοίχοι των συμβατικών σπιτιών στις Η.Π.Α. και τον Καναδά έχουν μονωθεί με το υλικό αυτό. Τα προϊόντα ξύλου είναι ο κύριος παράγοντας υψηλών συγκεντρώσεων φορμαλδεΐδης (Grot et al., 1985; Pickrell et al., 1983; Mattheus et al., 1983).

Το νοβοπάν είναι βιομηχανικό προϊόν, παράγωγο του ξύλου. Μόρια ξύλου αναμιγνύονται με ρητίνες υπό κατάλληλες συνθήκες και μπαίνουν σε καλούπια για να πάρουν τις απαιτούμενες διαστάσεις. Λόγω του χαμηλού κόστους το νοβοπάν χρησιμοποιείται ευρύτατα σαν υλικό κατασκευής πατωμάτων στα συνήθη σπίτια, σαν πάτωμα στα τροχόσπιτα, σαν χαμηλής ποιότητας διακοσμητικό σε τοίχους, σαν υλικό κατασκευής ντουλαπιών και σαν υλικό κατασκευής καμπινών και επίπλων. Λόγω της ποικιλίας των χρήσεων του νοβοπάν, οι περισσότερες κατοικίες περιέχουν πολλά βιομηχανικά προϊόντα που είναι κατασκευασμένα από αυτό.

Το κόντρα πλακέ και ο καπλαμάς είναι προϊόντα σκληρού ξύλου επεξεργασμένα με ρητίνες. Οι ορθογώνιες πλάκες τους χρησιμοποιούνται ως διακοσμητικά τοίχων σε καμπίνες, έπιπλα και άλλες κατασκευές.

Η μετρίας πυκνότητας ινώδης πλάκα ή όπως είναι γνωστή απλά με το όνομα (MDF), κατασκευάζεται από μόρια ξύλου πολύ μικρότερα απ'αυτά του νοβοπάν. Έχει σκούρο χρώμα και έχει την υφή και τη μορφή δεμένου χαρτιού. Χρησιμοποιείται στην επιφάνεια των τραπεζιών και σαν κύριο υλικό στην κατασκευή κομοδίνων και επίπλων γιατί είναι ανθεκτικό και έχει όψη ξύλου. Το MDF είναι σημαντική πηγή φορμαλδεΐδης, 2-4 φορές περισσότερο από ότι το νοβοπάν (Mattheus et al., 1983). Άλλες πηγές εκπομπής ποσοτήτων φορμαλδεΐδης εμφανίζονται στον Πίνακα 3.

Περιβαλλοντικοί παράγοντες επιδρούν στα επίπεδα των εκπεμπόμενων συγκεντρώσεων της φορμαλδεΐδης στον εσωτερικό χώρο. Η αύξηση της

θερμοκρασίας ευνοεί την αύξηση των εκπεμπόμενων συγκεντρώσεων της φορμαλδεΐδης. Αύξηση της θερμοκρασίας κατά 5 – 6 °C διπλασιάζει την εκπεμπόμενη ποσότητα της φορμαλδεΐδης (Godish and Rouch, 1986b). Τα επίπεδα της φορμαλδεΐδης μεταβάλλονται με την απόλυτη και σχετική υγρασία. Αύξηση της σχετικής υγρασίας από 30 σε 70% προκαλεί την κατά 40% αύξηση της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης (Godish and Rouch, 1986b). Η συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή του έτους. Τα υψηλότερα επίπεδα παρατηρούνται το καλοκαίρι και τα χαμηλότερα το χειμώνα (Garry, 1980).

Πίνακας 3. Εκπομπές φορμαλδεΐδης από ποικιλία κατασκευαστικών υλικών, επίπλωση και από καταναλωτικά προϊόντα (Godish, 1989).

| Κατασκευαστικό υλικό                           | Διακύμανση εκπομπών φορμαλδεΐδης (μg/m <sup>3</sup> /ημέρα) |
|--|---|
| Μέτριας πυκνότητας ινόπλακες                   | 17.60 – 55.00   |
| Ορθογώνια τεμάχια σκληρής ξυλείας κόντρα πλακέ | 1.50 – 34.00  |
| Νοβοπάν  | 2.00 – 25.00  |
| Μονωτικός αφρός ουριο-φορμαλδεΐδης             | 1.20 – 19.20  |
| Μαλακή ξυλεία κόντρα πλακέ                     | 240 – 720   |
| Παράγωγα χαρτιού                               | 260 – 680   |
| Παράγωγα υαλοβάμβακα                           | 400 – 470   |
| Ρουχισμός                                      | 35 – 570  |
| Ελαστικό – Ανθεκτικό πάτωμα                    | <240  |
| Χαλιά  | Καθόλου – 65  |
| Ταπετσαρία από ύφασμα                          | Καθόλου - 7   |

Κάτω από ελεγχόμενες εσωτερικές συνθήκες τα επίπεδα της φορμαλδεΐδης δείχνουν ευθύγραμμο συσχετισμό με τη μέση εξωτερική θερμοκρασία (Dally et al., 1981).

Αλλαγές στην εξωτερική θερμοκρασία προκαλούν αλλαγή στη διαφορά πίεσης μεταξύ των εσωτερικών και των εξωτερικών τμημάτων της κατασκευής. Αυτές οι αλλαγές της πίεσης, είναι ο κυριότερος παράγοντας στη διείσδυση του αέρα στο εσωτερικό ο οποίος και διαλύει τις συγκεντρώσεις της φορμαλδεΐδης.

Τα προβλήματα υγείας που συνδέονται με την έκθεση του ανθρώπου στη φορμαλδεΐδη κατατάσσονται σε 3 βασικές κατηγορίες:

α) Επιδράσεις ερεθισμού.

β) Δυνατότητα να προκληθεί άσθμα

γ) Καρκινογένεση.

Ο ερεθισμός της μεμβράνης του βλεννογόνου είναι το πιο κοινό σύμπτωμα που αναφέρεται. Αυτός περιλαμβάνει ερεθισμό των ματιών, της μύτης και της ιγμόρειου κοιλότητας, πονόλαιμο και βήχα.

Επίσης έχουν αναφερθεί πνευμονολογικά συμπτώματα συμπεριλαμβάνονται η δυσκολία στην αναπνοή, ο πόνος στο -στήθος και το αγκομαχητό. Ακόμη και νευρολογικά προβλήματα σχετίζονται με την ύπαρξη της φορμαλδεϋδης όπως πονοκέφαλος, κούραση, ναυτία, δυσκολία στον ύπνο και γαστρεντερολογικές διαταραχές όπως έμετος και διάρροια. Ιδιαίτερα προβλήματα υγείας έχουν παρατηρηθεί στις γυναίκες που είτε μένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε τροχόσπιτα (Godish et al., 1986), είτε απασχολούνται σε εργοστάσια παραγωγής συνθετικών ξύλων (Shumilina, 1975), που προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στη γονιμότητα των γυναικών αυτών.

Μεγάλη πιθανότητα προσβολής από καρκίνο υπάρχει για τους ανθρώπους που διαμένουν πάνω από 10 χρόνια σε τροχόσπιτα. Καρκίνος του οισοφάγου παρατηρήθηκε σε ανθρώπους που ζουν σε τροχόσπιτα (Hefter et al., 1987).

### 3.2.1. ΠΗΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ (V.O.C.)

Υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός οργανικών ρύπων που ρυπαίνουν τον αέρα των εσωτερικών χώρων. Οι οργανικοί ρύποι είναι το κύριο συστατικό των εσωτερικών αερολυμάτων.

Λόγω του μεγάλου αριθμού των χημικών δειγμάτων που υπάρχουν στον αέρα των εσωτερικών χώρων, την εγγενή δυσκολία και το κόστος που συνδέεται με τον προσδιορισμό της ταυτότητας και της ποσότητας των οργανικών χημικών ενώσεων, η φύση των πτητικών ρύπων στον εσωτερικό χώρο δεν έχει χαρακτηριστεί λεπτομερώς μέχρι σήμερα. Οι μελέτες που έχουν γίνει δείχνουν ότι ο εσωτερικός αέρας έχει ρυπανθεί αρκετά από μια μεγάλη ποικιλία υδρογονανθράκων και παράγωγα υδρογονάνθρακων, όπως οι κετόνες, τα πολυκυκλικά αρωματικά και οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες. Πηγές αυτών είναι το μαγείρεμα, τα κατασκευαστικά υλικά, η επίπλωση, οι μπογιές, τα επιχρίσματα, τα βερνίκια, τα διαλυτικά, οι συγκολλητικές ουσίες, η βενζίνη, ο



εξοπλισμός του γραφείου, τα οικιακά και προσωπικά προϊόντα φροντίδας και τα απορρυπαντικά.

Πίνακας 4. Ολικές συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων και βαθμοί εκπομπής που σχετίζονται με ποικίλες επενδύσεις πατώματος, τοίχων και επικαλύψεις (Godish, 1989).

| Τύπος υλικού                         | Συγκεντρώσεις<br>( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) | Ρυθμός εκπομπής<br>( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{ώρα}$ ) |
|--------------------------------------|---|--|
| Ταπετσαρία:                          | 0.95  | 0.04   |
| Βινύλιο και χαρτί                    | 7.18  | 0.30   |
| Βινύλιο και υαλοβάμβακας             | 0.74  | 0.03   |
| Τυπωμένο χαρτί                       |   |  |
| Κάλυμμα τοίχου:                      |   |  |
| Λινάτσα                              | 0.09  | 0.005  |
| PVC                                  | 2.43  | 0.10   |
| Ύφασμα                               | 39.60                                       | 1.60   |
| Ύφασμα                               | 1.98  | 0.08   |
| Κάλυμμα πατώματος:                   |   |  |
| Μουσαμάς δαπέδου                     | 5.19  | 0.22   |
| Συνθετικές ίνες                      | 1.62  | 0.12   |
| Καουτσούκ                            | 28.40                                       | 1.40   |
| Μαλακό πλαστικό                      | 3.84  | 0.59   |
| Ομογενές PVC                         | 54.80                                       | 2.30   |
| Επικαλύψεις:                         |   |  |
| Ακρυλικό υλικό                       | 2.00  | 0.43   |
| Βερνίκι καθαρό εποξικό               | 5.45  | 1.30   |
| Βερνίκι πολυουρεθάνης – 2 συστατικών | 28.90                                       | 4.70   |
| Βερνίκι από σκληρό οξύ               | 3.50  | 0.83   |

Τα επίπεδα των πτητικών οργανικών χημικών ενώσεων, σ'ένα καινούργιο κτίριο, είναι συνηθισμένο να κυμαίνονται στα  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Αποτέλεσμα των επιδράσεων αυτών στον άνθρωπο είναι ο ερεθισμός των ματιών, της μύτης και των άνω αεραγωγών (Molhave et al., 1986). Οργανικές ενώσεις που βρέθηκαν στον εσωτερικό χώρο και είναι ύποπτες για καρκινογένεσις στον άνθρωπο εκτός από τη φορμαλδεΐδη είναι το χλωροφόρμιο, η τετραχλωροθιλένη, η τολουένη, το ξυλένιο και το σπιρένιο.



### 3.2.2. ENTOMOKTONA

Αν και τα εντομοκτόνα είναι οργανικές συνθέσεις, εντούτοις αντιπροσωπεύουν κάτι το ξεχωριστό στην ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων. Διαφέρουν από τις οργανικές χημικές ενώσεις που ερευνήθηκαν πιο πάνω γιατί τα περισσότερα εντομοκτόνα είναι ημιεξατμίσιμα. Επιπλέον, η εισαγωγή τους στο χώρο είναι σκόπιμη και όχι χωρίς τη συγκατάθεσή μας όπως οι οργανικές χημικές ενώσεις που μιλήσαμε πιο πάνω. Υπάρχει τουλάχιστον μια μικρή γνώση ότι εισάγουμε στο χώρο μας έναν τοξικό κίνδυνο.

Έχει υπολογισθεί ότι πάνω από το 91% των σπιτιών στις Η.Π.Α. χρησιμοποιούν εντομοκτόνα (EPA, 1979). Η χρήση τους γίνεται για τον έλεγχο των εντόμων, των τρωκτικών και την αντιμετώπιση των προβλημάτων από μούχλα και βακτηρίδια.

Τα ποντικοκτόνα γενικώς δεν προκαλούν ρύπανση στον αέρα των εσωτερικών χώρων, λόγω της περιορισμένης έκτασης της χρήσης τους σε συγκεκριμένο χρόνο. Τα περισσότερα από τα απολυμαντικά τα οποία χρησιμοποιούν στα σπίτια προκαλούν πολύ μικρή ρύπανση. Απολυμαντικά είναι το υποχλωριώδες νάτριο, το υδροχλωρικό οξύ, το φωσφορικό οξύ, η ισοπροπανόλη, η αιθανόλη, το υποχλωρικό ασβέστιο κλπ. Μία μεγάλη ποικιλία εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται ή κάποτε χρησιμοποιήθηκαν σε κλειστό χώρο προκαλούν ρύπανση στον αέρα του χώρου αυτού.

Μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε με πολλούς τρόπους, όπως σπρέϊ, ταινίες αντιπαρασιτικές, κολάρα αντιπαρασιτικά, δηλητηριώδη διαλύματα. Ακόμη τοποθετούνται σε επιφάνειες και στο έδαφος για την εξόντωση κατσαρίδων, μυρμηγκιών και σε στερεά μορφή όπως η ναφθαλίνη για την καταπολέμηση του σκόρου.

Όλα τα παραπάνω έχουν χαμηλή πυκνότητα και προκαλούν χαμηλή ρύπανση στον αέρα των εσωτερικών χώρων.

Το ξύλο που χρησιμοποιείται σε μία μεγάλη ποικιλία εφαρμογών στο εσωτερικό και εξωτερικό του σπιτιού διατρέχει κίνδυνο από το σαράκι (ένα είδος σκουληκιού) που το κατατρώνει και το σαπίζει. Για την πρόληψη αυτής της δράσης χρησιμοποιούνται διάφορα συντηρητικά. Για τα ξύλα που χρησιμοποιούνται για έπιπλα χρησιμοποιείται μια ανόργανη ουσία, όχι πτητική, όπως το χαλκό-χρώμιο και το αρσενικό. Το ξύλο των επίπλων είναι ακίνδυνο στον εσωτερικό χώρο του σπιτιού εκτός εάν το ξύλο αυτό καεί σε τζάκι ή

ξυλόσομπα, οπότε στην περίπτωση αυτή έχουμε απελευθέρωση πολύ τοξικών προϊόντων του αρσενικού. Η πενταχλωροφαινόλη και το λινδάνιο είναι τα πλέον ευρέως γνωστά χρησιμοποιούμενα συντηρητικά ξύλου για ξύλινες κατασκευές που είναι εκτεθειμένες στις καιρικές συνθήκες. Επίσης χρησιμοποιούνται στα βερνίκια και τα σίλερς (προϊόντα που εκτός των άλλων χρησιμοποιούνται και για την προστασία από τους μικροοργανισμούς) (Levin and Hahn, 1984). Έρευνα του 1980 στην Αμερική έδειξε ότι η συγκέντρωση πενταχλωροφαινόλης στο αίμα ήταν 7 φορές μεγαλύτερη σε ανθρώπους, που ζούσαν σε ξύλινα σπίτια από αυτούς που κατοικούσαν σε συμβατικά σπίτια (Centers for Disease Control, 1980a, 1980b).

Έρευνητές στη Γερμανία έχουν αναφερθεί στα επίπεδα της πενταχλωροφαινόλης και λινδανίου σε δείγματα ξύλου και σκόνης του σπιτιού και των ανθρώπων που κατοικούσαν σε σπίτια που είχε χρησιμοποιηθεί συντηρητικό ξύλου. Το περιεχόμενο σε πενταχλωροφαινόλη και λινδάνιο στη σκόνη του σπιτιού εμφάνιζε υψηλή συσχέτιση με τις συγκεντρώσεις του συντηρητικού στα ξύλα (Krause et al., 1987). Αυξημένα επίπεδα βρέθηκαν στο αίμα αυτών που διέμεναν στα σπίτια αυτά (Ruh et al., 1984).

Οι συγκεντρώσεις της πενταχλωροφαινόλης στη σκόνη των σπιτιών ήταν απολύτως συσχετισμένες με τις συγκεντρώσεις που υπήρχαν στα δείγματα ούρων των κατοίκων αυτών των σπιτιών. Η πτητικότητα της πενταχλωροφαινόλης παρατηρήθηκε ότι μολύνει τη σκόνη, τις κουρτίνες, τα έπιπλα, τα χαλιά, τα ρούχα και τα τρόφιμα (Krause et al., 1987). Επίσης μετρήσεις που έγιναν σε εκατοντάδες σπίτια στις Κάτω Χώρες, στα οποία τα κατασκευασμένα από ξύλο υπόγεια είχαν συντηρηθεί με τη χρήση διαλύματος βασισμένου σε πενταχλωροφαινόλη, έδειξαν ότι τα επίπεδα των πτητικών οργανικών ενώσεων ήταν της τάξης των  $10 \text{ mg/m}^3$  και τα επίπεδα της πενταχλωροφαινόλης ήταν της τάξης των  $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  (Van der Kolk, 1984).

Επιπτώσεις που προκαλούνται από τη χρήση των εντομοκτόνων είναι ο πονοκέφαλος, η ναυτία, η ζαλάδα, ο ερεθισμός των ματιών και της επιδερμίδας.

Τα πλέον γνωστά εντομοκτόνα όπως χλωρντέιν, επταχλώριο, λινδάνιο και πενταχλωροφαινόλη είναι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, μια κατηγορία χημικών ενώσεων που έχουν μεγάλη πιθανότητα να προκαλούν καρκίνο. Για το λόγο αυτό έχουν τεθεί περιορισμοί στη χρήση τους και ανώτατα επιτρεπτά όρια στον αέρα των εσωτερικών χώρων. Έτσι, για το χλωρντέιν το όριο είναι  $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , ενώ για το επταχλώριο είναι  $2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  (National Research Council, 1982).

### 3.2.3. ΒΙΟΓΕΝΝΕΤΙΚΑ ΜΟΡΙΑ

Τα βιογεννητικά σωματίδια είναι σωματίδια βιολογικής καταγωγής. Συμπεριλαμβάνουν βιώσιμες οντότητες όπως βακτήρια, μύκητες, ιούς, αμοιβάδες, κόκκους, γύρη λουλουδιών και όχι άλλα βιώσιμα είδη εκτός από τα παραπάνω. Επίσης περιλαμβάνουν μέρη φυτών, μέρη εντόμων και απόβλητα όπως σάλιο ζώων, ούρα και ποικιλία από οργανικές σκόνες.

Η έκθεση του ατόμου στα αιωρούμενα βιογεννητικά μόρια έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση ενός αριθμού ασθενειών ή συμπτωμάτων ασθενειών. Η σχέση μεταξύ της παθογεννητικής ασθένειας που προκαλείται από βακτήρια και ιούς και η διάδοσή της δια μέσου του αέρα είναι γνωστή για περισσότερο από μισό αιώνα.

Πολλές μεταδιδόμενες ασθένειες μεταδίδονται από το ένα άτομο στο άλλο με την αιώρηση των μολυσμένων μορίων στον αέρα και την εισπνοή τους από άτομα που προηγουμένως δεν είχαν προσβληθεί. Η γρίπη, η φυματίωση και τα κρυολογήματα είναι αξιοσημείωτα παραδείγματα μεταδιδόμενων ασθενειών. Η στενή επαφή των ατόμων στο ίδιο κτίριο αυξάνουν τον κίνδυνο από αιωρούμενη μεταφορά των μεταδιδόμενων μορίων που προκαλούν τις ασθένειες.

Τα αιωρούμενα βιογεννητικά μόρια είναι αξιοπρόσεκτα γιατί είναι γνωστό ότι προκαλούν αλλεργίες, άσθμα και υπερευαισθησία των πνευμόνων θεωρούνται δε ύποπτα από κάποιους ερευνητές (Holmberg, 1987) για την πρόκληση συμπτωμάτων που συνδέονται με το Σύνδρομο του Παθολόγου Κτιρίου. Τα βιογεννητικά μόρια είναι στην κύρια αρμοδιότητα έρευνας των αλλεργιολόγων και των πνευμονολόγων.

Οι αλλεργίες και το άσθμα είναι οι δύο πιο κοινές αρρώστιες που συνδέονται με τα αιωρούμενα μόρια βιολογικής προέλευσης. Η αλλεργική ρινίτιδα βασανίζει το 8% του πληθυσμού στις Η.Π.Α. ή περίπου 20 εκατομμύρια άτομων με χαρακτηριστικά συμπτώματα τον ερεθισμό του βλεννογόνου της μύτης, ερεθισμό των ματιών κλπ. (Anderson and Korsgaard, 1984).

Το άσθμα είναι ίσως η πιο σοβαρή ασθένεια του αναπνευστικού συστήματος, σε σχέση με τις αλλεργίες που περιορίζονται στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα. Το άσθμα είναι μιά ασθένεια του πνευμονικού ή του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος. Χαρακτηρίζεται από επεισοδιακό βρογχικό σφίξιμο που έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση σοβαρής δυσκολίας στην αναπνοή και αγκομαχητό. Η παρεμπόδιση του αέρα διαλύεται αυθόρμητα ή



ακολουθώντας θεραπευτική αγωγή. Το άσθμα επηρεάζει περίπου 10 εκατομμύρια άτομα στις Η.Π.Α. Οι παράγοντες που το προκαλούν είναι ερεθισμός από χημικά, η άσκηση, ο κρύος αέρας, οι αναπνευστικές μεταδοτικές ασθένειες, η ασπιρίνη και οι αλλεργίες (Reed and Toconley, 1983). Υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ άσθματος και αλλεργιών. Ένα μεγάλο ποσοστό ατόμων με άσθμα είναι ευάλωτοι σε αλλεργίες όπως αυτές που προκαλούνται από τη σκόνη του σπιτιού, τη μούχλα και τη γύρη των λουλουδιών (Reed and Toconley, 1983). Το άσθμα σε πολλές περιπτώσεις προκαλείται από αερομεταφερόμενα βιογεννητικά σωματίδια. Όταν ο οργανισμός του ανθρώπου έρθει σε επαφή με κάποιο αλλεργιογόνο, σχηματίζονται ειδικά αντισώματα που προετοιμάζουν τον οργανισμό για την αλλεργική αντίδραση.

Η μούχλα είναι μια σημαντική αιτία των συνήθων αλλεργιών και του άσθματος. Στη Δυτική Ευρώπη 5-10% των ασθενών με άσθμα εάν κάνουν έλεγχο (τεστ) μυκήτων με μικρό τρύπημα του δέρματος αντιδρούν θετικά. Οι σπόροι της μούχλας είναι πολύ μικρού μεγέθους συνήθως 10 μm, απελευθερώνονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις και παραμένουν αιωρούμενες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι σπόροι είναι η μεγαλύτερη αιτία αλλεργίας από μούχλα διότι είναι δυνατόν μέσω της εισπνοής να επικαθίσουν σε ευαίσθητα όργανα του αναπνευστικού συστήματος. Μελέτες της μούχλας στον αέρα των εσωτερικών χώρων δείχνουν ότι τα επίπεδά της ποικίλουν ανάλογα με την εποχή του έτους. Κατά τη διάρκεια του θέρους ή κατά τους μήνες που δεν υπάρχει θέρμανση, τα επίπεδα της μούχλας στους εσωτερικούς χώρους είναι ίδια με αυτά των εξωτερικών χώρων.

Η υγρασία είναι η κύρια αιτία συγκέντρωσης της μούχλας στο εσωτερικό των κατοικιών. Επίσης βλάβη του συστήματος ύδρευσης, στάσιμα νερά και άσχημες μυρωδιές, συντελούν στη συγκέντρωση της μούχλας. Άλλοι μηχανισμοί που μπορούν να προκαλέσουν συγκέντρωση μούχλας σε εσωτερικό χώρο είναι η απελευθέρωση πτητικών ερεθιστικών χημικών και μυκητοτοξινών.

#### **4.1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ**

##### **4.1.1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ**

Είναι επιθυμητό να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου των ρύπων στην πηγή τους, πριν ελευθερωθούν στον εσωτερικό χώρο. Ο έλεγχος στην πηγή είναι μέτρο απλούστερο και πιο αποτελεσματικό για την επίτευξη της μείωσης της ρύπανσης των εσωτερικών χώρων. Ο έλεγχος στην πηγή μπορεί να γίνει με



διάφορες μεθόδους ανάλογα με τη φύση των ρύπων καθώς και των προβλημάτων που δημιουργούν. Ελέγχοντας τους ρύπους στη πηγή είναι δυνατόν με τη τοποθέτηση κάποιου φυσικού ή χημικού «απαγορευτικού-αποτρεπτικού» μέσο μεταξύ της πηγής και του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτιρίου να επιτύχουμε τη φυσική «απομόνωση» της πηγής. Το ίδιο μπορεί να επιτευχθεί με την αντικατάσταση της πηγής των υλικών με πηγή χαμηλότερης όχλησης.

Στα μέτρα αυτά περιλαμβάνεται και ο έλεγχος του "κλίματος" του εσωτερικού χώρου, με αντικειμενικό σκοπό να μη δημιουργηθούν ευνοϊκές συνθήκες που θα οδηγήσουν στην παραγωγή των ρύπων.

Σχετικά με τον αμιάντο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, χρησιμοποιείται ευρέως στα συστήματα θέρμανσης και σαν επιβραδυντικό της φωτιάς σε σχολεία και κτίρια. Επίσης χρησιμοποιείται στην κατασκευή πρόχειρων σπιτιών και αποθηκών. Στις καινούργιες κατασκευές έχει απαγορευθεί η χρήση αυτού του υλικού ή έχει περιορισθεί κατά πολύ (EPA, 1985b). Για τη μείωση της απελευθέρωσης των ινών αμιάντου στον αέρα πρέπει να αποφεύγουμε για τέτοια υλικά:

- (1) να ανοίγουμε τρύπες πάνω σ'αυτά,
- (2) να κρεμάμε ή να συνδέουμε υλικά στον τοίχο και στο ταβάνι που τα περιέχουν,
- (3) να τους δημιουργούμε φυσικό γδάρσιμο κατά τη μετακίνηση κατασκευαστικών υλικών και επίπλων.

Οι ίνες του αμιάντου μπορεί να ξανααιωρηθούν από πλημμελείς δραστηριότητες, όπως στεγνό σκούπισμα και ξεσκόνισμα. Για να μετριάσουμε την αιώρησή τους πρέπει να ξεσκονίζουμε με βρεγμένο πανί και να σφουγγαρίζουμε το πάτωμα. Όταν απορρίμματα από αμιάντο πέσουν στο πάτωμα πρέπει να τα βρέξουμε και να τα μαζέψουμε και αφού τα τοποθετήσουμε σε διπλές πλαστικές σακούλες να τα πετάξουμε (EPA, 1985a). Τα μέσα αποκομιδής αυτών των απορριμμάτων πρέπει να πλένονται με άφθονη ποσότητα τρεχούμενου νερού. Οι δε απασχολούμενοι σε εργασίες συντήρησης υλικών από αμιάντο θα πρέπει να φορούν μάσκες και να καθαρίζονται καλά μετά το πέρας της εργασίας τους.

Μια άλλη λύση ελέγχου του αμιάντου είναι η χρήση ενός υλικού που προωθείται με σύστημα ψεκασμού (spray) το οποίο είναι σχεδιασμένο να ενθυλακώνει τις ίνες του αμιάντου στα καλούπια των υλικών που περιέχουν



αμίαντο και με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η προσκόλληση του υλικού στο υπόστρωμα του κτιρίου. Το πέρασμα με το υλικό αυτό (spray) εξυπηρετεί τη μείωση της έκθεσης σε αμίαντο, των ατόμων που βρίσκονται μέσα στο κτίριο. Η αξιοποίηση αυτής της δυνατότητας έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του αρχικού κόστους και δεν απαιτείται αντικατάσταση του μονωτικού υλικού. Η εφαρμογή των υλικών με ψεκασμό (spray) πρέπει να γίνεται σε υλικά αμιάντου που βρίσκονται όμως σε καλή κατάσταση συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στη διατήρηση της προορισμένης ακεραιότητάς τους, να διατηρούν τη σπυρωτή ή τσιμέντια φύση τους, με αποτέλεσμα να είναι απίθανο να καταστραφούν και έτσι καθίστανται απρόσιτα τα υλικά αυτά.

Τα υλικά από αμίαντο που έχουν περαστεί με υλικό ψεκασμού (spray) απαιτούν περιοδικό επανέλεγχο και πιθανή νέα εφαρμογή του, προκειμένου να διασφαλιστούν ασφαλείς συνθήκες στους ανθρώπους του κτιρίου.

Θεωρητικά, ο καλύτερος τρόπος να μειώσουμε την έκθεση σ'ένα επικίνδυνο ρύπο όπως ο αμίαντος είναι να εξαλείψουμε την πηγή του. Η αφαίρεση του αμιάντου είναι εφαρμόσιμη στις περισσότερες περιπτώσεις. Η αφαίρεση όμως με ακατάλληλο τρόπο αποτελεί κίνδυνο μεγαλύτερο για τους εργαζόμενους εντός του κτιρίου, παρά από το να υπήρχε ο αμίαντος στο κτίριο αυτό. Για να επιτευχθεί η απομάκρυνση του αμιάντου με μικρότερο κίνδυνο θα πρέπει να απομονωθεί ο χώρος αυτός με αεροστεγή πλαστικά φράγματα. Συνιστάται φιλτράρισμα του αέρα (EPA, 1985b) για να μειωθούν οι πιθανότητες να απελευθερωθούν οι ίνες σε άλλα σημεία του κτιρίου σε περίπτωση ατυχήματος από σκίσιμο του υλικού, το οποίο πρέπει να έχει βραχεί με διάλυμα νερού πριν την αφαίρεσή του. Αυστηρό πλύσιμο με νερό μετά την αφαίρεση είναι απολύτως αναγκαίο. Είναι καλό όλες οι επιφάνειες, οριζόντιες και επίπεδες, μετά την αφαίρεση του αμιάντου να καθαρίζονται με βρεγμένο πανί για 2 συνεχείς ημέρες για να είμαστε βέβαιοι ότι οι ίνες του αμιάντου έχουν πλέον αφαιρεθεί.

#### 4.1.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΥΣΗΣ

Όπως έχει αναφερθεί, ρύποι προερχόμενοι από τη λειτουργία κακοσυντηρημένων συσκευών καύσης στον εσωτερικό χώρο, είναι αποτέλεσμα έλλειψης συστημάτων εξαερισμού ή ανεπαρκούς λειτουργίας των συστημάτων εξαερισμού.

Μεγάλο μέρος της ρύπανσης εσωτερικών χώρων, που προέρχεται από καύσεις μπορεί να αποφευχθεί. Τέτοια μέτρα αποφυγής είναι η χρήση ηλεκτρικής κουζίνας και όχι κουζίνας υγραερίου, η αποφυγή χρήσης ξυλόσομπας, τζακιού και σόμπας υγραερίου, ή σόμπας καθαρού πετρελαίου για θέρμανση.

Επειδή η χρήση των παραπάνω συσκευών είναι πολύ διαδεδομένη και η κατάργησή τους είναι σχεδόν αδύνατη, θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στη χρήση και τη συντήρησή τους.

Τα επίπεδα των ρύπων που προέρχονται από καύσεις αυξάνονται με αύξηση της διάρκειας λειτουργίας κάθε τέτοιας συσκευής και με την ταυτόχρονη χρήση συσκευών που απελευθερώνουν τέτοιου είδους ρύπους.

#### 4.1.3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΑΔΟΝΙΟΥ

Τα επίπεδα του ραδονίου μέσα στις κατοικίες μπορεί να μειωθούν με την εφαρμογή μέτρων που ελέγχουν τις πηγές εκπομπής του. Τα υπάρχοντα επίπεδα του ραδονίου μπορεί να μειωθούν χάρη στη σωστή επιλογή του τόπου στον οποίο θα κατασκευαστεί η κατοικία. Πρέπει να αποφεύγονται τα εδάφη με μέτρια ή υψηλή διαπερατότητα (Tanner, 1986). Για περιοχές που είναι ύποπτες ύπαρξης κοιτασμάτων ουρανίου, υπάρχουν χάρτες που επισημαίνουν την ύπαρξη αυτού.

#### 4.1.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΠΝΟΥ

Ο εμπορικός καπνός που χρησιμοποιείται σε τσιγάρα, πούρα και πίπες δεν είναι ομοιόμορφος αλλά προέρχεται από διαφορετικές ποικιλίες καπνού που έχουν παραχθεί με διαφορετική διαδικασία και από διαφορετικές ποικιλίες φύλλων.

Για τα τσιγάρα γίνεται μεγάλη προεργασία του καπνού κατά την οποία, ζεστός και ξηρός αέρας διαπερνά τα φύλλα. Για τον καπνό των πούρων και της πίπας, τα φύλλα στεγνώνουν πιο αργά με τη διαδικασία του φυσικού εξαερισμού.

Χημική ανάλυση του καπνού που παράγεται κατά το κάπνισμα των τσιγάρων δείχνει ότι περνάει από τρεις φυσικές κατηγορίες χημικών διεργασιών:

- (1) Την αέρια φάση αποτελούμενη από N, NO, CO, CO<sub>2</sub> και μη χρησιμοποιούμενο O<sub>2</sub>.
- (2) Τη φάση των υδρατμών αποτελούμενη από μεγάλο αριθμό πτητικών οργανικών μορίων που παράγονται από την καύση και

(3) Ένα αεροζόλ αποτελούμενο από σωματίδια που περιέχουν μεγάλο ποσοστό πίσσας και η οποία χαρακτηρίζεται ως σωματιδιακή φάση.

Για το μεγαλύτερο αριθμό των ερευνητικών εργασιών οι δύο πρώτες φάσεις θεωρούνται ως μία και ονομάζεται Sidestream Smoke (SS), ενώ η σωματιδιακή φάση Mainstream Smoke (MS) είναι αυτή που δίνει την ορατή εικόνα στον καπνό των τσιγάρων. Ο συνδυασμός του (SS) και του (MS) αναφέρεται ως (ETS) Environmental Tobacco Smoke.

Ο SS διαλύεται στο χώρο του δωματίου έτσι ώστε ο μη καπνιστής να λαμβάνει μικρή ποσότητα καπνού σε σχέση με τον καπνιστή που είναι κοντά στο τσιγάρο του.

Η σύνθεση του ETS ποικίλει με το χρόνο σε σχέση με τη δημιουργία του από μια διαδικασία που ονομάζεται γήρανση.

Πολλά από τα αέρια και τους παραγόμενους υδρατμούς της καύσης του καπνού υφίστανται περαιτέρω χημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα η σύνθεση του ETS να μεταβάλλεται. Τα μόρια του MS οδηγούνται κατευθείαν στους πνεύμονες. Η έκθεση του ατόμου στον ETS μειώνει την πνευμονική λειτουργία, δημιουργεί χρόνια αναπνευστικά προβλήματα στους ενήλικες (βήχας, αγκομαχητό, παραγωγή φλέματος). Ο καρκίνος των πνευμόνων δεν σχετίζεται τόσο με το κάπνισμα πίπας ή πούρων αλλά με το κάπνισμα των τσιγάρων.

Στα παιδιά μολύνει το αναπνευστικό σύστημα και τα αυτιά, κατά καιρούς δε εμφανίζει έξαρση και τέτοιες καταστάσεις είναι εξαιρετικά οδυνηρές. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει ισχυρός συσχετισμός μεταξύ της μόλυνσης του αυτιού και του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος, στα οποία οι ιοί και τα βακτηρίδια είναι οι πιθανοί παθογενείς οργανισμοί. Η αφαίρεση των αμυγδαλών και των αδένων στα παιδιά δυνατόν να έχει σχέση με το πατρικό κάπνισμα (Said et al., 1978).

Το κάπνισμα τσιγάρων σχετίζεται με περιστατικά της στεφανιαίας νόσου. Κάπνισμα 40 τσιγάρων την ημέρα αυξάνει 2-3 φορές τον κίνδυνο εμφάνισης της στεφανιαίας νόσου. Οι πιθανότητες της στεφανιαίας νόσου μειώνονται κατά 50% με κόψιμο του τσιγάρου για 1 χρόνο. Τα στοιχεία του καπνού που σχετίζονται με την καρδιαγγειακή παθολογική κατάσταση είναι η νικοτίνη, το CO, τα NO<sub>x</sub>.

Αυτά τα συστατικά ασκούν φαρμακολογικές επιδράσεις στα αιμοφόρα αγγεία και την καρδιά. Οι ασθένειες του καρδιαγγειακού συστήματος παρουσιάζονται ως αιτία του πρόωρου θανάτου στο Δυτικό κόσμο. Κάθε διατάραξη στην κυκλοφορία του αίματος μπορεί να καταστρέψει πολλά όργανα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο θάνατος επέρχεται από καρδιακή προσβολή ή καταστροφή ζωτικών οργάνων.

Ένα από τα θέματα που απασχολεί το κοινό είναι εάν η έκθεση στο ETS κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης επηρεάζει την ανάπτυξη του εμβρύου. Τρεις αποδεδειγμένες επιδράσεις στο νεογέννητο (Froggatt, 1988), που προέρχονται από το κάπνισμα της μητέρας είναι οι παρακάτω:

- (1) Μειωμένο βάρος νεογνού.
- (2) Αύξηση της θνησιμότητας των νεογνών.
- (3) Φυσική και διανοητική καθυστέρηση στην ανάπτυξη του παιδιού.

Επίσης η έκθεση των εγκύων γυναικών στο ETS του καπνιστή συζύγου τους προκαλεί επιβλαβείς επιδράσεις στη μήτρα. Η συγκέντρωση των συστατικών του ETS στην οποία εκτίθεται ένα άτομο εξαρτάται από παράγοντες όπως ο τύπος και το πλήθος των τσιγάρων που καταναλώνονται, ο όγκος του κλειστού χώρου (δωματίου), ο βαθμός εξαερισμού και η απόσταση από την πηγή (καπνιστή). Το παθητικό κάπνισμα αυξάνει τον κίνδυνο έκθεσης σε ραδόνιο. Ο καπνός μεταφέρει το ραδόνιο στους πνεύμονες.

## 4.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Μετά τις προτάσεις για τον έλεγχο των ανόργανων ρύπων στους εσωτερικούς χώρους, το ενδιαφέρον στρέφεται στον έλεγχο των πηγών των οργανικών ρύπων. Εδώ η μείωση των ρύπων συντελείται με την αποφυγή ή τη μη χρησιμοποίηση προϊόντων που απελευθερώνουν σε μεγάλο βαθμό οργανικούς ρύπους.

### 4.2.1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΥΔΗΣ

Παράγωγα ξύλου επεξεργασμένα με ρητίνες είναι οι πολύ μεγάλες πηγές ρύπων φορμαλδεΐδης. Μπορούμε πολλές από αυτές να τις αντικαταστήσουμε. Για παράδειγμα τα χωρίσματα τοίχων αντί να κατασκευασθούν από κόντρα πλακέ μπορούν να κατασκευασθούν από γυψοσανίδα. Κομοδίνα από κόντρα πλακέ μπορεί να αντικατασταθούν με κομοδίνα από συμπαγές ξύλο, ή μεταλλικό υλικό. Έπιπλα και διακοσμητικά από κόντρα πλακέ, μπορούν να αντικατασταθούν με μεταλλικά, πλαστικά ή ξύλινα. Οι πόρτες από MDF μπορούν να αντικατασταθούν με άλλες κατασκευασμένες από μέταλλο ή συμπαγές ξύλο.



Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση του νοβοπάν ως διακοσμητικού υλικού σε ράφια, για κατασκευή κομοδίνων και χωρισμάτων. Ο αφρός φορμαλδεΐδης ως μονωτικό μπορεί να αντικατασταθεί από υαλοβάμβακα.

Μία ελκυστική προσέγγιση στη μείωση ή εξάλειψη εκπομπών φορμαλδεΐδης από τα παράγωγα ξύλου είναι η χρήση συγκολλητικών ρητινών με χαμηλές έως ανύπαρκτες εκπομπές. Οι παραγόμενες όμως μοριοσανίδες είναι παχύτερες με μεγαλύτερη πυκνότητα και υψηλότερο κόστος κατά 5-10%.

Η θεραπεία μιας πηγής φορμαλδεΐδης παρουσιάζει χαμηλότερο κόστος σε σχέση με την αφαίρεση της πηγής. Υπάρχουν δύο μέθοδοι προσέγγισης του προβλήματος:

1) Επιφανειακή παρέμβαση και εφαρμογή επικαλυπτικών υλικών για τη διακοπή με φυσικά εμπόδια της μεταξύ της πηγής και του γύρω περιβάλλοντος επικοινωνίας. Τέτοια φυσικά ή χημικά φράγματα εμποδίζουν την απελευθέρωση της φορμαλδεΐδης ή τη διείσδυσή της διαμέσου του φράγματος. Σε ορισμένες περιπτώσεις η επέμβαση με επικαλυπτικά υλικά εμποδίζει τη διείσδυση της υγρασίας στην πηγή του υλικού μειώνοντας έτσι την εκπομπή φορμαλδεΐδης λόγω της υδρόλυσης.

2) Η δεύτερη μέθοδος αφορά τη θεραπεία της πηγής με αέρια αμμωνίας και ονομάζεται απολύμανση με αμμωνία.

Η παρέμβαση στην πηγή με τη μέθοδο της επικάλυψης με ένα λεπτό στρώμα και μια ποικιλία από φυσικά εμπόδια είναι η πλέον κατάλληλη, όταν οι μεγαλύτερες πηγές φορμαλδεΐδης είναι προϊόντα όχι ολοκληρωμένα. Οι εφαρμογές γίνονται σε μοριοσανίδες, κόντρα-πλακέ, ορθογώνια τεμάχια, ράφια νοβοπάν, άκρες και ενώσεις ντουλαπιών (Haneto, 1986). Η δραστηριότητα της επιφανειακής παρέμβασης εκτιμήθηκε από δοκιμασίες που διεξήχθησαν στα εργαστηριακά δωμάτια, δωμάτια με ελεγχόμενες κλιματολογικές συνθήκες και κάτω από οικιακές συνθήκες. Ειδική μπογιά ρητίνης και χαρτί ταπετσαρίας από βινίλιο παρατηρήθηκε ότι μείωναν την συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης στο δωμάτιο περισσότερο από 85%. Οι μοκέτες με αφή βελόνας και οι μοκέτες με υπόστρωμα αφρού μείωναν τα επίπεδα της φορμαλδεΐδης σε επίπεδα μεγαλύτερα των 90-95%. Τα δύο πιο αποτελεσματικά επικαλυπτικά επίπλων ήταν ένα λεπτό φύλλο χαρτιού ή πλαστικού με μείωση 67% και ένα κοντό κυκλικό χαρτί όμοιο με μελαμίνη με μείωση της φορμαλδεΐδης κατά 51%.



Σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές φορμαλδεΐδης παρατηρήθηκαν στις μοκέτες από βινίλιο, χαρτιά ταπετσαρίας από βινίλιο, χρώμα απορροφητικό της φορμαλδεΐδης και φύλλο πολυαιθυλενίου.

Η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται μετά από διάστημα 8 ημερών. Η αποτελεσματικότητα με την κάλυψη επιφανειών με βερνίκι ήταν μεγαλύτερη όταν γίνονταν δύο καλύψεις και ανάλογα με το είδος του βερνικιού. Βερνίκι με βάση νιτροσελουόζη προκάλεσε μείωση κατά 70% της φορμαλδεΐδης, ενώ βερνίκι πολυουρεθάνης προκάλεσε μείωση κατά 43% της φορμαλδεΐδης.

Η δεύτερη μέθοδος, δηλαδή αυτή της απολύμανσης με αμμωνία, εφαρμόζεται στα τροχόσπιτα (Jewell, 1980, 1984). Το εσωτερικό ενός κλειστού τροχόσπιτου εκτίθεται σε αμμωνία για περισσότερο από 12 ώρες και εσωτερική θερμοκρασία 26 °C. Λόγω του μεγάλου όγκου των προϊόντων ξύλου που παράγουν φορμαλδεΐδη και χρησιμοποιούνται στα τροχόσπιτα, εφαρμόστηκε η μέθοδος αυτή με σημαντική μείωση των επιπέδων της φορμαλδεΐδης στην οποία εκτίθενται οι διαμένοντες σε τροχόσπιτα. Η μείωση φθάνει στο 70-75% (Jewell, 1980).

Μία νέα μέθοδος ελέγχου των επιπέδων της φορμαλδεΐδης είναι ο έλεγχος των κλιματικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία (Godish et al., 1986b). Μείωση της θερμοκρασίας από τους 30 °C στους 20 °C μειώνει τα επίπεδα της φορμαλδεΐδης στα επίπεδα του 70%.

Μείωση κατά 40% των επιπέδων της φορμαλδεΐδης παρατηρήθηκε όταν η σχετική υγρασία μειώθηκε από το 70% στο 30%.

Σημαντική μείωση εκπομπής της φορμαλδεΐδης πραγματοποιείται με το πέρασμα του χρόνου (Kazakevics, 1984). Η γρήγορη μείωση της φορμαλδεΐδης τον 1<sup>ο</sup> χρόνο οφείλεται στην απελευθέρωση υπολοίπων φορμαλδεΐδης που υπάρχει στην ρητίνη, ενώ η απελευθέρωση της φορμαλδεΐδης σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα οφείλεται στην υδρόλυση της ρητίνης.

Η ταχύτητα με την οποία τα επίπεδα της φορμαλδεΐδης εξασθενούν σε μία κατασκευή εξαρτάται από πολλούς και ασταθείς παράγοντες. Αυτοί περιλαμβάνουν τη δυνατότητα εκπομπής από το προϊόν (Matthews et al., 1985), την παρουσία πολλαπλών πηγών (Godish et al., 1987) και παράγοντες όπως το τοπικό κλίμα και η συμπεριφορά του ιδιοκτήτη. Ο βαθμός εξασθένησης της φορμαλδεΐδης ποικίλει από τη μία κατασκευή στην άλλη. Σε κατασκευές όπου η μέση τιμή της θερμοκρασίας, η σχετική υγρασία και ο βαθμός εξαερισμού είναι υψηλοί πρέπει να αναμένουμε γρήγορη εξασθένηση της φορμαλδεΐδης.

#### 4.2.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Ο καλύτερος τρόπος να ελέγχουμε την έκθεσή μας σε πτητικές χημικές οργανικές ενώσεις είναι να αποφεύγουμε προϊόντα ή δραστηριότητες που προκαλούν μεγάλες συγκεντρώσεις τους στον εσωτερικό χώρο.

Στην περίπτωση αυτή απαιτείται γνώση του ποια προϊόντα πρέπει να αποφεύγουμε και ποια είναι τα εναλλακτικά με χαμηλότερες εκπομπές και λιγότερους κινδύνους. Για παράδειγμα, το κάπνισμα που είναι η σημαντικότερη πηγή των πτητικών οργανικών χημικών ενώσεων στους εσωτερικούς χώρους, μπορεί να μετριασθεί. Εκπομπές από χρώματα, διαλυτικά, πετρέλαια, εφημερίδες, δυνατόν να μειωθούν εάν αποθηκεύονται σε εξωτερικούς χώρους ή σε χώρους καλά αεριζόμενους (Seifert and Abraham, 1982). Οι προσαρτημένοι με τις κατοικίες χώροι στάθμευσης συγκεντρώνουν μεγάλες ποσότητες των πτητικών χημικών οργανικών ενώσεων (Gammage et al., 1984). Για το λόγο αυτό, θα ήταν πιο υγιεινή λύση η απομόνωση του γκαράζ από την υπόλοιπη κατοικία. Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στο σπίτι ακόμη και για θέρμανση είναι μία πολύ καλύτερη λύση από ότι η χρήση προπανίου και πετρελαιοειδών για τον ίδιο σκοπό (Pleil et al., 1985).

Οι συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων σε κλειστούς χώρους και ο βαθμός εκπομπής τους μειώνεται με το χρόνο. Στα καινούργια κτίρια προβλήματα υγείας μπορεί να παρουσιαστούν τους πρώτους μήνες της κατοίκησης. Αυτά τα προβλήματα είναι δυνατόν να ελαττωθούν ή να εξαφανιστούν εντελώς σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα (6 μήνες ή λιγότερο) (Hartwell et al., 1985).

Η γνώση του φαινομένου μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό της κατοίκησης ενός κτιρίου. Όσο πιο γρήγορα κατοικηθεί το κτίριο μετά την ολοκλήρωσή του, τόσο περισσότερες πιθανότητες έχουν οι κάτοικοί του να έχουν κάποια προβλήματα υγείας. Για το λόγο αυτό η "γήρανση" του κτιρίου κάτω από φυσιολογικές συνθήκες εξαερισμού πριν την εγκατάσταση είναι επιθυμητή, για την αποφυγή πρόκλησης προβλημάτων υγείας.

Η εκπομπή πτητικών οργανικών ενώσεων από κατασκευαστικά υλικά του κτιρίου και έπιπλα αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Για το λόγο αυτό οι συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων όπως του τολουενίου είναι υψηλότερες κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών (Girman et al., 1984; Jungers and Sheldon, 1987). Υπάρχει όμως αρνητική σχέση μεταξύ των

συγκεντρώσεων των πτητικών οργανικών ενώσεων και της σχετικής υγρασίας, (Berglund et al., 1987) γεγονός που σημαίνει ότι οι εκπομπές από έπιπλα, βιβλία, κατασκευαστικά υλικά είναι υψηλότερες όταν η σχετική υγρασία είναι χαμηλή. Θεωρητικά, ο σωστός χειρισμός της θερμοκρασίας του κτιρίου ή της σχετικής υγρασίας ή και των δύο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μέτρο ελέγχου των πηγών των πτητικών οργανικών ενώσεων για τη μείωση των επιπέδων των εκπομπών τους ή για την επίτευξη της «γήρανσής» τους.

#### 4.2.3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ

Η χρήση εντομοκτόνων και η επακόλουθη μόλυνση του αέρα των εσωτερικών χώρων από αυτά είναι από εκείνες τις περιπτώσεις που ο έλεγχος είναι στα χέρια του ιδιοκτήτη του κτιρίου ή του διαχειριστή και είναι σκόπιμος. Αυτοί που χρησιμοποιούν τα εντομοκτόνα δέχονται το γεγονός της εσωτερικής ρύπανσης σαν ένα μέσο για το τέλος της ζωής των εντόμων και υποθέτουν ότι οι κίνδυνοι για την υγεία είναι μικροί.

Η χρήση εντομοκτόνου στρέφεται εναντίον των ενοχλητικών κατσαριδών, μυγών, ποντικών, τερμιτών και εντόμων που τρώγουν το ξύλο. Αυτά που κατατρώνουν το ξύλο προκαλούν μεγαλύτερη ζημιά και αντιπροσωπεύουν ένα σοβαρότατο πρόβλημα από αυτό των άλλων εντόμων.

Ο βαθμός της ρύπανσης από εντομοκτόνα και οι πιθανοί κίνδυνοι για την υγεία μπορεί να μειωθούν με την επιλογή του λιγότερο πτητικού εντομοκτόνου, την επιλογή της μεθόδου και του τρόπου εφαρμογής. Παρατηρήθηκε ότι οι συγκεντρώσεις πτητικών οργανικών ενώσεων ήταν 4 φορές υψηλότερες όταν τα εντομοκτόνα εφαρμόζονταν με αεροζόλ παρά όταν αυτά εφαρμόζονταν με πεπιεσμένο αέρα (Wright and Leidy, 1980). Η μείωση της ρύπανσης από εντομοκτόνο είναι δυνατή με την αλλαγή της μεθόδου (Jackson and Lewis, 1981). Αντί των σπρέι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κολλητικές ταινίες οι οποίες σκοτώνουν τα έρποντα έντομα με επαφή και διαρκούν για διάστημα μερικών μηνών. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την καταπολέμηση κατσαριδών και μυρμηγκιών.

Για την αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων στη συντήρηση του ξύλου των επίπλων και των ξύλινων κατασκευών εσωτερικού χώρου έχουν γίνει λίγες μελέτες. Το Ομοσπονδιακό Γραφείο Υγείας της Γερμανίας συνιστά απομάκρυνση του ξύλου που έχει προσβληθεί, καλό καθάρισμα του σπιτιού από τη σκόνη,

καθάρισμα των επιφανειών με αλκαλικά διαλύματα και πλύσιμο των μοκετών, κουρτινών, ρούχων (Krause et al., 1987). Το πέρασμα του ξύλου με πενταχλωροφαινόλη για την προστασία του και στη συνέχεια με βερνίκι πολυουρεθάνης που μειώνει τις εκπομπές της πενταχλωροφαινόλης κατά 80%. Εάν γίνει και δεύτερη επάλειψη με βερνίκι πολυουρεθάνης η μείωση φθάνει το 95%.

Οι Σουηδοί Levin και Hahn (1984) μετά την ανακάλυψή τους αυτή εφάρμοσαν βερνίκι πολυουρεθάνης σε μεγάλη αναλογία σε ξυλεία που είχε περαστεί με πενταχλωροφαινόλη σε μεγάλο κτίριο γραφείων. Η εφαρμογή αυτή είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των αιωρούμενων συγκεντρώσεων από  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  σε  $5.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , δηλαδή μια μείωση κατά 78%.

#### 4.2.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΜΟΡΙΩΝ

Για τον έλεγχο των ζώντων και μη ζώντων μορίων που έχουν βιολογική προέλευση και των προβλημάτων υγείας που προκαλούν, ακολουθείται προληπτική και κατασταλτική ποικιλία μεθοδολογιών. Οι αλλεργίες και το άσθμα συνδέονται με την έκθεση του ατόμου σε αεροαλλεργιογόνα που βρίσκονται στο εσωτερικό περιβάλλον της κατοικίας. Για παράδειγμα η περίπτωση υπερευαισθησίας στην πνευμονία συνδέεται με τη ρύπανση του αέρα των εσωτερικών χώρων μεγάλων κτιρίων που δεν χρησιμοποιούνται για κατοικίες.

Μια ποικιλία από αλλεργίες και αλλεργικού τύπου ασθματικές καταστάσεις μπορεί να ελεγχθούν στο σύνολό τους ή εν μέρει εάν αποφεύγει το άτομο να εκτίθεται σε αιωρούμενα μόρια που προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις. Το μέτρο αυτό αφορά ευαίσθητα άτομα ή αυτά που από το οικογενειακό τους ιστορικό έχουν μεγάλη πιθανότητα να γίνουν ευαίσθητα. Σε περίπτωση αλλεργιών ή άσθματος πρέπει να αποφεύγεται η έκθεση σε περιπτώματα και ούρα ζώων. Μάλιστα οι αλλεργιολόγοι συνιστούν την απομάκρυνση ζώου, εάν υπάρχει στο περιβάλλον της κατοικίας, για περιπτώσεις ατόμων που, σε συνηθισμένα τεστ αλλεργίας, αντιδρούν θετικά σε αλλεργιογόνα που συνδέονται με ζώα. Σε άτομα που είναι ευαίσθητα στα ακάρεα της σκόνης, οι γιατροί συνιστούν τον έλεγχο της σκόνης για να μειωθεί η συγκέντρωση αλλεργιογόνων που αναπαράγονται με τη βοήθεια της σκόνης, στο περιβάλλον που ζει ο ασθενής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται έλεγχος και της παραγωγής αλλεργιογόνων και της σκόνης που θα μεταφέρει.



#### 4.2.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΥΧΛΑΣ

Εκτεταμένη ρύπανση μούχλας στον εσωτερικό χώρο είναι αιτία αλλεργιών και άσθματος. Μπορεί να αποφευχθεί εάν καταπολεμηθούν οι παράγοντες που συντελούν στην ανάπτυξη και διασπορά της. Ο κυριότερος παράγοντας είναι το νερό. Το νερό και το υγρό περιβάλλον συντελούν στην ανάπτυξη της μούχλας. Πολλά είδη μούχλας απαιτούν σχετική υγρασία της τάξης 70% για να αναπτυχθούν (Morey et al., 1984).

Αποφυγή των αλλεργιών και των ασθματικών καταστάσεων που έχουν σαν αιτία τη μούχλα είναι δυνατό να αποφευχθούν εάν εξασφαλισθεί ένα σχετικά ξηρό περιβάλλον.

Η απολύμανση είναι η πλέον επιθυμητή προσέγγιση για τον έλεγχο του προβλήματος της μούχλας. Στο περιβάλλον του σπιτιού η μούχλα αναπτύσσεται στους τοίχους, τα χαλιά, τα ταβάνια, στις κουρτίνες του μπάνιου, τα πλακάκια, τα βιβλία, τα περιοδικά, τα παπούτσια, τα έπιπλα, τα ρούχα κλπ.



Ο καλός αερισμός είναι πολύ σημαντικός για την υγεία όχι μόνο γιατί περιορίζει τον αριθμό των μικροβίων που υπάρχουν στον αέρα που αναπνέετε, αλλά απομακρύνει καπνούς, τοξικές και βλαβερές ουσίες που παράγονται είτε από την ανθρώπινη παρουσία είτε από βιομηχανικές δραστηριότητες.

Η κατασκευή κατάλληλων συστημάτων αερισμού αποτελεί μία από τις κύριες φροντίδες κατά το σχεδιασμό των χώρων εργασίας.

Η ποσότητα του εισερχόμενου και εξερχόμενου αέρα είναι συνάρτηση ορισμένων παραγόντων. Ένας από τους παράγοντες αυτούς είναι οι διαστάσεις των ανοιγμάτων και ο άλλος οι μετεωρολογικές συνθήκες δηλ. η ταχύτητα και η διεύθυνση του πνέοντος ανέμου.

Ένα άλλο φυσικό φαινόμενο που αξιοποιείται για τον αερισμό είναι η μετάδοση της θερμότητας με μεταφορά κατά την οποία η διαφορά θερμοκρασίας δημιουργεί ρεύματα σε ρευστά όπως είναι ο αέρας. Ο σχεδιασμός του κτιρίου, η θέση του, ο προσανατολισμός του, ο αριθμός, η διάταξη και το μέγεθος των ανοιγμάτων του, οι σχισμές στα δομικά στοιχεία είναι τα βασικά στοιχεία που προσδιορίζουν το αποτέλεσμα των παραπάνω παραγόντων. Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται τελείως ανεξέλεγκτα ή μπορεί να ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό.

Με το μηχανικό εξαερισμό η είσοδος και η κίνηση του αέρα στο χώρο είναι ελεγχόμενη. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος αυτού είναι ίδια με αυτή του εξαεριστήρα, του προγόνου του σημερινού απορροφητήρα που τοποθετείται στις κουζίνες για την απαγωγή αέρα προς το εξωτερικό περιβάλλον. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια μηχανοκίνητη έλικα που αναρροφά αέρα από το δωμάτιο και το μεταφέρει στον εξωτερικό χώρο. Στα μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα χρειάζονται πολύπλοκα συστήματα προσαγωγής/απαγωγής αέρα για την ανανέωση του μολυσμένου αέρα. Τα συστήματα μηχανικού εξαερισμού διαθέτουν φίλτρα κατάλληλα για τη συγκράτηση των ρύπων, ανεπιθύμητων σωματιδίων σκόνης, γύρης κλπ. Όλοι οι ρύποι όμως δεν κατακρατούνται από τα ίδια υλικά που χρησιμοποιούνται για φίλτρα. Θα είναι ανάγκη να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά φίλτρα που με την τοποθέτηση και συντήρησή τους, ανεβάζουν το κόστος (EPA, 1987; Cass et al., 1989). Συχνά επίσης διαθέτουν και θερμαντήρες ή συνδέονται με μια εγκατάσταση κλιματισμού που ρυθμίζει την υγρασία και τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου. Με τις εγκαταστάσεις αυτές η εναλλαγή του αέρα είναι απεριόριστη. Στις περισσότερες περιπτώσεις αρκούν 5 εναλλαγές την ώρα. Μπορούμε όμως να φθάσουμε τις

60 εναλλαγές αέρα την ώρα όταν έχουμε υψηλές θερμοκρασίες, οσμές ή τοξικές ουσίες. Τα συστήματα μηχανικού εξαερισμού δίνουν τη μέγιστη δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων. Το πρόβλημα είναι ότι το κόστος της τοποθέτησης και συντήρησης μηχανικών συστημάτων εξαερισμού – θέρμανσης – κλιματισμού είναι μεγάλο.

Πέρα από την οικονομική πλευρά του θέματος εγκατάστασης και συντήρησης του μηχανικού συστήματος εξαερισμού, ένα σοβαρό-πρόβλημα είναι κατά πόσο είναι επαρκές στην πράξη ένα τέτοιο σύστημα για να ικανοποιήσει τις ανάγκες ενός κτιρίου.

Σήμερα υπάρχει μια τάση και καταβάλλεται προσπάθεια για την ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων αυτόματου ελέγχου για την καταγραφή των διαφόρων συνθηκών που επικρατούν σε ένα κτίριο όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, το επίπεδο εξαερισμού κλπ. Είναι γνωστό στη διεθνή βιβλιογραφία με τον όρο «έξυπνο κτίριο», εννοείται το κτίριο που σχεδιάζεται σήμερα με την προοπτική του αύριο. Οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές είναι απαραίτητο να γνωρίζουν, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και τις εντός και εκτός αυτού επικρατούσες κλιματολογικές και ρυπαντικές συνθήκες. Αυτό επιτυγχάνεται με μελέτη του ιστορικού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής στην οποία θα ανοικοδομηθεί το κτίριο, αλλά και με εκτίμηση των αναμενόμενων εσωτερικών συγκεντρώσεων των ρύπων.

Οι παραπάνω προβλέψεις μπορούν είτε να βασίζονται σε δεδομένα, για τις συγκεντρώσεις των εξωτερικών ρύπων, που προέρχονται από τους σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι οποίοι βρίσκονται κοντά στο προς ανέγερση κτίριο, είτε σε εκτιμήσεις αριθμητικών προτύπων (μοντέλων) για τις περιπτώσεις εκείνες που οι σταθμοί καταγραφής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης βρίσκονται μακριά ή δεν υπάρχουν στην περιοχή που πρόκειται να ανεγερθεί η οικοδομή. Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα χαρακτηριστικά του κτιρίου (ρυθμός εναλλαγής του εσωτερικού αέρα με τον εξωτερικό αέρα, είδος εσωτερικών επιφανειών, εσωτερικές πηγές ρύπων κ.ά.). Με τις προβλέψεις αυτές μπορεί να κριθεί εάν θα υπάρξει πρόβλημα στην ποιότητα της ατμόσφαιρας μέσα στο κτίριο, αλλά το σημαντικότερο είναι ότι οι προβλέψεις δίνουν τη δυνατότητα εντοπισμού της πηγής των προβλημάτων. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να προβλεφθούν οι αλλαγές που χρειάζονται να γίνουν στο κτίριο για την επίτευξη βελτίωσης της ποιότητας της εσωτερικής

ατμόσφαιρας του κτιρίου προτού να γίνουν οι αντίστοιχες δαπάνες (Shair and Heitner, 1974).

Είναι φανερό ότι μολονότι τεχνολογικά μπορεί με αισθητήρες να ληφθεί κάθε πρόνοια, οι οικονομικές επιβαρύνσεις για την επίτευξη μιας γενικής λύσης είναι υπέρογκες. Για το λόγο αυτό οι συστηματικές πληροφορίες για ένα υπάρχον κτίριο ή για ένα που πρόκειται να κατασκευαστεί, βοηθούν τους κατασκευαστές να βρουν τις καλύτερες δυνατές λύσεις.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alter, H.W. and R.A. Oswald, (1987). "Nationwide distribution of indoor radon measurement: A preliminary data base". *JAPCA*, 37, 227-231.
- Anderson, I. and J. Korsgaard, (1984). "Asthma and the indoor environment – Assessment of the health implications of high indoor air humidity". In: *Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Swedish Council for Building Research. Stockholm, Vol. 1, 79-86.
- Ando, M., K. Katagiri, K. Tamara, S. Yamamoto, M. Matsumoto, Y.F. Li, S.R. Cao, R.D. Ji, C.K. Liang, (1996). "Indoor and outdoor air pollution in Tokyo and Beijing supercities". *Atmos. Environ.*, 30, 695-702.
- Baek, S.O., R.A. Field, M.E. Goldstone, P.W. Kirk, J.N. Lester, R. Perry, (1991). "A review of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Sources, fate and behavior". *Water Air Soil Pollut.*, 60, 279-300.
- Baer, N.S. and P.N. Banks, (1985). "Indoor air pollution: Effects on cultural and historic material". *The International Journal of Museum Management and Courtship*, 4, 9-20.
- Βασιλικιώτης, Γ.Σ., (1989). "Χημεία Περιβάλλοντος". University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σ. 231.
- Berglund, B. et al., (1987). "Air Quality in a sick library over a period of sixteen weeks". In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Institute for Water, Soil and Air Hygiene. West Berlin, Vol. 2, 537-541.
- Briblecembe, P., (1990). "Review article: The composition of museum atmospheres". *Atmos. Environ.*, 24B, 1-8.

Broder, I. et al., (1986). "Health status of residents in homes insulated with urea-formaldehyde foam". In: D.S. Walkinshaw (Ed.) Transactions: Indoor Air Quality in Cold Climates. Air Pollution Control Association. Pittsburgh, 155-167.

Budnitz, R.J. et al., (1978). "Human Disease from Exposure: The Impact of Energy Conservation in Buildings". LBL - 7809. Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA.

Burge, H.A. and H.E. Hoyer, (1990). "Indoor air quality". Appl. Occup. Environ. Hyg., 5, 84-93.

Cass, G.R., J.R. Druzik, D. Grosjean, W.W. Nazaroff, P.M. Whitmore and C.L. Wittman (1989). "Protection of works of art from photochemical smog". Environmental Quality Laboratory, Report 28, California Institute of Technology, Pasadena.

Centers for Disease Control, (1980a). "Pentachlorophenol in log homes - Kentucky". Morbidity and Mortality Weekly Reports, 29, 431-432.

Centers for Disease Control, (1980b). "Pentachlorophenol in log homes - Kentucky". Morbidity and Mortality Weekly Reports, 29, 437.

Chuang, J.C., G.A. Mark, M.R. Kuhlman, N.K. Wilson, (1991). "Polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives in indoor and outdoor air in an eight-home study". Atmos. Environ., 25B, 369-380.

Chuang, J.C., S.R. Cao, Y.L. Xion, D.B. Harris, J.L. Mumford, (1992). "Chemical characterization of indoor air of homes from communes in Xuan Wei, China, with high lung cancer mortality rate". Atmos. Environ., 26A, 2193-2201.

Cohen, B.L., (1986). "A national survey of  $^{222}\text{Rn}$  in U.S. homes and correlating factors". Health Physics, 51, 175-183.



Colligan, M.J., (1981). "The Psychological Effects of Indoor Air Pollution". Bull. N.Y. Acad. Med., 57, 1014-1025.

Dally, K.A., L.P. Hanrahan, M.A. Woodbury and M.S. Kanarek, (1981). "Formaldehyde exposure in nonoccupational environments". Arch. Env. Health., 33, 277-284.

Δερμεντζόγλου, Μ., Ε. Μανώλη, Κ. Σαμαρά, (1997). "Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) στην ατμόσφαιρα εσωτερικών χώρων". Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Τόμος Α', 234-245.

Dockery, D.W. and J.D. Spengler, (1981). "Indoor-outdoor relationships of respirable sulfatery and particle". Atmos. Environ., 15, 335-343.

Doll, R., (1955). "Mortality from lung cancer in asbestos workers". Brit. J. Indust. Med., 12, 81-86.

Δράκου-Λούπα, Γλ., (1998). "Αέρια ρύπανση στους εσωτερικούς χώρους μνημείων και μουσείων". Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη, σ. 193.

Duan, N., (1982). "Models for human exposure to air pollution". Envir. Int., 8, 305-309.

EPA (Environmental Protection Agency) (1979). "National Household Pesticide Usage Study, 1976-1977". EPA-540/9-80-002.

EPA (Environmental Protection Agency) (1985a). "Asbestos in buildings - Guidance for service and maintenance personnel". EPA-560/15-85-018. Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, D.C.

EPA (Environmental Protection Agency) (1985b). "Guidance for controlling asbestos - containing materials in buildings". EPA - 560/5-85-024. Office of Pesticides and Toxic Substances, Washington, D.C.

- EPA (Environmental Protection Agency) (1987). "Indoor air quality complementation Plan. Appendix A". Preliminar Indoor Air Pollution Information Assessment (U.S.), Environmental Protection Agency Washington, D.C.
- European Commission Research Workshop, (1987). "Effects of the environment on indoor cultural property". Werzburg, Germany.
- Field, R.A., M.D. Jones, N. Birens, (1990). "Screening survey of indoor air  $^{222}\text{Rn}$  in South California". Health Physics, 59, 217-223.
- Froggatt, P., (1988). Fourth Report of the Independent Scientific Committee on Smoking and Health. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Fugas, M., (1976). "Assessment of total to air pollution". In: Proceedings of International Conference on Environmental Sensing and Assessment. Institute of Electrical and Electronic Engineering, New York, Vol.2, 38-45.
- Gamlin, L. and B. Price, (1988). "Bonfires and brimstone". New Scientist, 5, 48-51.
- Gammage, R.B. et al., (1984). "Residential measurements of high volatility organics and their sources". In: Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Swedish Council for Building Research. Stockholm, Vol. 4, 157-162.
- Garry, V.F., (1980). "Formaldehyde in the home. Environmental disease perspectives". Minn. Med., 63, 107-111.
- Girman, J.R. et al., (1984). "Volatile organic emissions from adhesives with indoor applications". In: Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Swedish Council fro Building Research. Stockholm, Vol. 4, 271-276.

- Girman, J.R., J.R. Allen and A.Y. Lee, (1986). "A passive sampler for water vapor". *Envir. Int.*, 12, 461-465.
- Godish, T., J. Fell and P. Lincoln, (1984). "Formaldehyde levels in New Hampshire urea - formaldehyde foam insulated houses. Relationship to outdoor temperatures". *JAPCA*, 34, 1051-1052.
- Godish, T. et al., (1986a). "Relationship between residential formaldehyde exposures and symptom severity in a self-referred population". In: *Proceedings of the 79th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association*. Minneapolis.
- Godish, T. and J. Rouch, (1986b). "Mitigation of residential formaldehyde contamination by climate control". *Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 47, 792-797.
- Godish, T. and J. Rouch, (1987). "Formaldehyde source interaction studies under whole - house conditions". *Environ. Pollut.*, 48, 1-12.
- Godish, T., (1989). "Indoor Air Pollution Control". Lewis Publishers, Michigan, 401 pp.
- Grot, R.A. et al., (1985). "Validity of models for predicting formaldehyde concentrations in residences due to pressed wood products. (Phase 1)". National Bureau of Standards. NBSIR 85-3255.
- Hammond, E.C. et al., (1979). "Asbestos exposure, cigarette smoking and death rates". *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 330, 473-490.
- Haneto, P., (1986). "Effect of diffusion barriers on formaldehyde emissions from particleboard". In: B. Meyer et al. (Eds). *Formaldehyde Release from Wood Products*. American Chemical Society Symposium Series, 316, 202-208.

- Hanrahan, L.P., H.A. Anderson, K.A. Dally, A.D. Eckmann and M.S. Kanarek, (1985). "Formaldehyde concentrations in Wisconsin mobile homes". JAPCA, 35, 1164-1167.
- Hanssen, S.O. and E. Rodahl, (1984). "An office environment – problems and improvements". In: Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Swedish Council for Building Research, Stockholm, Vol. 3, 303-308.
- Hartwell, T.D., C.A. Clayton, R.M. Ritchie, R.W. Whitmore, H.S. Felon, S.M. Jones and D.A. Whitehurst, (1984). "Study of carbon monoxide exposure of residents of Washington, D.C. and Denver, Colorado". EPA-600/4-84-031. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC 27711.
- Hartwell, T.D. et al., (1985). "Levels of volatile organics in indoor air". In: Proceedings of the 79th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Detroit.
- Havermans, J.B.G.A., (1995). "Influences of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> on the accelerated ageing of paper". Workshop on Effects of the Environment on Indoor Cultural Property. Wurzburg, Germany.
- Hefter, R. et al., (1987). "Assessment of health risks to garment workers and certain home residents from exposure to formaldehyde". U.S. EPA.
- Hijazi, N.R., (1983). "Indoor organic contaminants in energy – Efficient buildings". In: Proceedings: Measurements and Monitoring of Noncriteria (Toxic) Contaminants in Air Pollution Control Association. Pittsburgh, 471-477.
- Hisham Mohamed, W.H. and D. Grosjean, (1991). "Sulfur dioxide, hydrogen sulfide, total reduced sulfur, chlorinated hydrocarbons and photochemical

- oxidants in Southern California Museums". *Atmos. Environ.*, 25A, 1497-1505.
- Holmberg, K., (1987). "Indoor Mold Exposure and Health Effects". In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Institute for Water, Soil and Air Hygiene. West Berlin, Vol. 1, 637-642.
- Hung, I.F., H.F. Fang, T.S. Lee, (1992). "Aliphatic and aromatic hydrocarbons in indoor air". *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 48, 579-584.
- Jackson, M.D. and R.G. Lewis, (1981). "Insecticide concentrations in air after application of pest control strips". *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 27, 122-125.
- Jenkins, P.L., T.J. Phillips, J.M. Mulberg, S.P. Hui, (1992). "Activity patterns of Californians: Use of and proximity to indoor pollutant sources". *Atmos. Environ.*, 26A, 2141-2148.
- Jewell, R.A., (1980). "Reduction of formaldehyde levels in mobile homes". In: *Wood Adhesives-Research, Application and Needs*. Forest Products Research Society. Madison, WI, 102-108.
- Jewell, R.A., (1984). "Reducing formaldehyde levels in mobile homes using 29% aqueous ammonia treatment or heat exchangers". Weyerhaeuser Corp., Tacoma, WA.
- Jungers, R.H. and L.S. Sheldon, (1987). "Characterization of volatile organic chemicals in public access buildings". In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Institute for Water, Soil and Air Hygiene. West Berlin, Vol. 1, 144-148.



- Kazakevics, A.A.R., (1984). "Studies on the reduction of formaldehyde emission from particleboard by polymers". Ph. D. Dissertation. University of New Zealand, Auckland.
- Koo, L.C., H. Matsushita, J.H.C. Ho, M.C. Wong, H. Shimizu, T. Mori, H. Matsuki, S. Tominaga, (1994). "Carcinogens in the indoor air of Hong-Kong homes: Levels, sources and ventilation effects on seven polynuclear aromatic hydrocarbons". *Environ. Technol.*, 15, 401-418.
- Krause, C. et al., (1987). "Pentachlorophenol-containing wood preservatives-analysis and evaluation". In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Institute for Water, Soil and Air Hygiene. West Berlin. Vol. 1, 220-224
- Lauderdale, J. et al., (1984). "A comprehensive study of adverse health effects in tight buildings". *American Industrial Hygiene Association Conference Abstracts*, Dallas.
- Larsen, R., (1995). "Deterioration and conservation of vegetable tanned leather". *Workshop on Effects of the Environment on Indoor Cultural Property*. Wurzburg, Germany.
- Lehr, R.E., A.W. Wood, W. Levin, A.M. Conney, D.R. Thakker, H. Yagi, D.M. Jerina, (1982). "The bay region theory: History and current perspectives". In: *Proceedings of the Sixth International Symposium on Polynuclear Aromatic Hydrocarbons: Physical and Biological Chemistry*. Battelle Press, 21-27.
- Leissner, J., G. Martin, N. Blades, B. Redal, (1995). "Assessment and monitoring the environment of cultural property". *Workshop on Effects of the Environment on Indoor Cultural Property*, Wurzburg, Germany.
- Leslie G.B. and F.W. Lunau, (1994). "Indoor Air Pollution: Problems and Priorities". Cambridge University Press, Cambridge, 329 pp.

- Levin, H. and J. Hahn, (1984). "Pentachlorophenol in indoor air: The effectiveness of sealing exposed pressure - treated wood beams and improving ventilation in office buildings to address public health concerns and reduce occupant complaints". In: Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Swedish Council for Building Research. Stockholm, Vol. 5, 123-130.
- Lowry, S., (1989). "Indoor air quality". *British Medical Journal*, 299, 1388-1390.
- Matthews, T.G. et al., (1983). "Formaldehyde release from pressed wood products". In: Proceedings of the 17th International WSU Particleboard/Composite Materials Symposium. Washington State University. Pullman, WA.
- Matthews, T.G. et al., (1985). "Modeling and Testing of Formaldehyde Emission Characteristics of Pressed Wood Products". Technical Report XVIII. U.S. Consumer Product Safety Commission.
- Melius, J. et al., (1984). "Indoor air quality - the NIOSH experience". *Ann. Aggih.*, 10, 3-8.
- Menzie, C.A., B.B. Potocki, J. Santodonato, (1992). " Exposure to carcinogenic. PAHs in the environment". *Envir. Sci. Technol.*, 26, 1278-1284.
- McDonald, J.C., (1980). "Asbestos - Related Disease: An epidemiological review". In: J.C. Wagner (Ed.). *Biological Effects of Mineral Fibers*, Vol. 2, IARC Scientific Pub. 30, 587-601.
- Molhave, L. et al., (1986). "Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds". *Environ. Int.*, 12, 167-175.

- Morey, P.A. et al., (1984). "Environmental Studies in Moldy Office Buildings: Biological Agents, Source and Preventative Measures". *Ann. AGGIH*, 10, 21-36.
- Morriss, L. and R.L. Hawkins, (1987). "The role of stress in the sick building syndrome". In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Institute for Water, Soil and Air Hygiene, West Berlin, Vol. 2, 566-571.
- National Academy of Science, (1981). "National research council report on indoor pollutants". National Academy Press, Washington, D.C.
- National Research Council, (1982). "An assessment of the health risks of seven pesticides used for termite control". National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- National Research Council, (1984). "Asbestiform fibers – Nonoccupational Health Risks". National Academy Press. Washington, D.C.
- Νέστορας, Α. και Χ. Νέστορας, (1991). "Προβλήματα αερισμού σε σχολική αίθουσα". Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εργαστήριο Δοκιμής.
- Nikolaou, K., P. Masclet, G. Mouvier, (1984). "Sources and chemical reactivity of polynuclear aromatic hydrocarbons in the atmosphere – a critical review". *Sci. Total Environ.*, 32, 103-132.
- Norback, D. and M. Torgen, (1987). "A longitudinal study of symptoms associated with wall – to – wall carpets and electrostatic charge in Swedish School Buildings". In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Institute for Water, Soil and Air Hygiene. West Berlin, Vol. 2, 572-576.

- O' Leary, P.R., P.W. Walsh and R.K. Hom, (1988). "Managing solid waste". Scientific American, 259, 18-24.
- Ott, W.R., (1980). "Models of human exposure to air pollution SIMS-Technical Report". Department of Statistics, Stanford University, Palo Alto, C.A.
- Παλιατσός, Α.Γ., (1999). "Σημειώσεις του μαθήματος Περιβαντολογία". Αθήνα, σ. 104.
- Phillips, J.L., R. Field, M. Goldstone, G.L. Reynolds, J.N. Lester and R. Perry, (1993). "Relationships between indoor and outdoor air quality in four naturally ventilated offices in United Kingdom". Atmos. Environ., 19, 763-767.
- Pickrell, J.A. et al., (1983). "Formaldehyde release coefficients from selected consumer products: Influence of chamber loading, multiple products, relative humidity and temperature". Env. Sci. Technol., 17, 753-757.
- Pleil, J.D. et al., (1985). "Volatile organic compounds in indoor air: A survey of various structures". In: D.S. Walkinshaw (Ed.). Transactions: Indoor Air Quality in Cold Climates. Air Pollution Control Association, Pittsburgh, 237-249.
- Radford, E.P. and K.G.St. Clair Renard, (1984). "Application of Studies of Miners to Radon Problem in Homes". In: Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Swedish Council for Building Research. Stockholm, Vol. 2, 93-96.
- Raiyani, C.V., J.P. Jani, N.M. Desai, S.H. Shah, P.G. Shah, S.K. Kashyap, (1993). "Assessment of indoor exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons for urban poor using various types of cooking fuels". Bull. Environ. Contam. Toxicol., 50, 757-763.



- Reed, C.E. and R.G. Toconley, (1983). "Asthma - Classification and pathogenesis". In: E. Middleton et al. (Eds.). *Allergy: Principles and Practice*. 2<sup>nd</sup> Ed. C.V. Mosby, St. Louis, 811-831.
- Ritchie, I.M. and R.H. Lehnen, (1987). "Formaldehyde-related health complaints of residents living in mobile and conventional homes". *Amer. J. Pub. Health*, 77, 323-328.
- Rittfeld, L. et al., (1984). "Indoor air pollutants due to vinyl floor tiles". In: *Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Swedish Council for Building Research. Stockholm, Vol. 3, 297-303.
- Ruh, C. et al., (1984). "The indoor biocide pollution: Occurrence of pentachlorophenol and lindane in homes". In: *Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Swedish Council for Building Research. Stockholm., Vol. 4, 309-315.
- Said, G., J. Zalokar, J. Lellouch and E. Patois, (1978). "Parental smoking related to adenoidectomy and tonsillectomy in children". *Journal of Epidemiology and Community Health*, 32, 97-101.
- Seifert, B. and H.J. Abraham, (1982). "Indoor air concentrations of benzene and some other aromatic hydrocarbons". *Ecotox. Environ. Saftery*, 6, 190-192.
- Selikoff, I.J. et al., (1979). "Mortality experience of insulation workers in the United States and Canada, 1943 - 1976". *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 330, 91-116.
- Sexton, K., R. Letz, and J.D. Spengler, (1983). "Estimating human exposure to nitrogen dioxide: an indoor/outdoor modeling approach". *Envir. Res.*, 32, 151-156.

- Sexton, K., J.D. Spengler and R.D. Treitman, (1984). "Effects of residential wood combustion on indoor air quality: a case study in Waterbury, Vermont". *Atmos. Environ.*, 18, 1371-1383.
- Sexton, K. et al., (1986). "Formaldehyde concentrations inside private residences: A mailout approach to indoor air monitoring". *JAPCA*, 36, 698-704.
- Sexton, K. and P.B. Ryan, (1987). "Assessment of human exposure to air pollution: Methods, measurements and models". In: *Air Pollution, the Automobile and Public Health: Research Opportunities for Quantifying Risk* (edited by A. Watson, R.R. Bates and Kennedy). National Academy of Sciences Press, Washington, D.C.
- Shair, F.H. and K.L. Heitner, (1974). "Theoretical model for relating indoor pollutant concentrations to those outside". *Envir. Sci. Technol.*, 8, 444-451.
- Shumilina, A.V., (1975). "Menstrual and reproductive functions in workers with occupational exposure to formaldehyde". *Gig. Truda. Prof. Zabol.*, 12, 18-21.
- Syrotynski, S., (1985). "Prevalence of formaldehyde concentrations in residential settings". In: D.S. Walkinshaw (Ed.) *Transactions: Indoor Air Quality in Cold Climates*. Air Pollution Control Association. Pittsburgh, 127-136.
- Tanner, A.B., (1986). "Geological Factors that Influence Radon Availability". In: *Proceedings on Indoor Radon*. APCA Specialty Conference. Air Pollution Control Association. Pittsburgh, 1-12.
- The Economist, 17/09/1994.

- Traynor, G.W., M.G. Apte, A.R. Carruthers, J.F. Dillworth, D.T. Grimsrud, L.A. Gundel, (1987). "Indoor air pollution due to emissions from wood burning stoves". *Envir. Sci. Technol.*, 21, 691-697.
- Ulsamer, A.G. et al., (1982). "Formaldehyde in Indoor Air: Toxicity and Risk". In: *Proceedings of the 75th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association*. New Orleans.
- University of Texas School of Public Health, (1984). "Texas Indoor Air Quality Study: Environmental Monitoring"., Vol. 3.
- Van der Kolk, J., (1984). "Wood preservatives and indoor air, experiences in the Netherlands". In: *Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Swedish Council for Building Research. Stockholm, Vol. 1, 251-256.
- Wallingford, K.M. and J. Carpenter, (1986). "Field experience overview: investigating sources of indoor air quality problems in office buildings". In: *Proceedings of IAQ '86: Managing Indoor Air for Health and Energy Conservation*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 448-453.
- Weschler, C.J., H.C. Shields and D.V. Naik, (1989). "Indoor ozone exposures". *JAPCA*, 39, 1562-1568.
- Weschler, C.J., H.C. Shields and D.V. Naik, (1994). "Indoor chemistry involving O<sub>3</sub>, NO, and NO<sub>2</sub> as evidenced by 14 months measurements at site in Southern California". *Envir. Sci. Technol.*, 28, 2120-2132.
- Wright, C.G. and R.B. Leidy, (1980). "Chlorpyrifos residues in air after application to crevices in rooms". *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 19, 340-343.

Yamanaka, S., (1984). "Decay Rates of Nitrogen Dioxide in a typical Japanese living room". *Envir. Sci. Technol.*, 18, 566-570.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|          |   | σελ. |
|----------|---|------|
|          | ΠΡΟΛΟΓΟΣ                                    | 1    |
|          |   | 2    |
| 1.       | ΓΕΝΙΚΑ                                      | 4    |
| 2.       | ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ                        | 5    |
| 2.1.     | ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ                      | 6    |
| 2.2.     | ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ                         | 8    |
| 2.3.     | ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ                          | 9    |
| 2.4.     | ΟΖΟΝ  | 11   |
| 2.5.     | ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ                             | 12   |
| 2.6.     | ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ                        | 14   |
| 3.       | Η ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΕΣΑ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ             | 18   |
| 3.1.     | ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ                   | 18   |
| 3.1.1.   | ΑΝΟΡΓΑΝΟΙ ΡΥΠΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ            | 18   |
| 3.1.1.1. | ΑΜΙΑΝΤΟΣ                                    | 20   |
| 3.1.1.2. | ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΗΓΩΝ ΚΑΥΣΕΙΣ                      | 23   |
| 3.1.1.3. | ΡΑΔΟΝΙΟ                                     | 23   |
| 3.1.1.4. | ΦΟΡΜΑΛΔΕΥΔΗ                                 | 26   |
| 3.2.1.   | ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ (V.O.C.) | 28   |
| 3.2.2.   | ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ                                 | 30   |
| 3.2.3.   | ΒΙΟΓΕΝΕΤΙΚΑ ΜΟΡΙΑ                           | 31   |
| 4.1.     | ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ                  | 31   |
| 4.1.1.   | ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΜΙΑΝΤΟΥ                            | 33   |
| 4.1.2.   | ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΗΓΩΝ ΚΑΥΣΗΣ                        | 34   |
| 4.1.3.   | ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΑΔΟΝΙΟΥ                            | 34   |
| 4.1.4.   | ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΠΝΟΥ                              | 36   |
| 4.2.     | ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ                     | 36   |
| 4.2.1.   | ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΥΔΗΣ                        | 39   |
| 4.2.2.   | ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ  | 40   |
| 4.2.3.   | ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ                        | 41   |
| 4.2.4.   | ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΜΟΡΙΩΝ                 | 42   |
| 4.2.5.   | ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΟΥΧΛΑΣ                             | 43   |
| 5.       | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ                                | 47   |
|          | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ                                | 62   |
|          | ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ                        |      |