

Φορμαλδεΐδη: Ένας από τους κυριότερους ρυπαντές εσωτερικών χώρων σε νεόδμητες κατοικίες

Γ. Μαντάνης¹, Γ. Αναστάσης¹ και Ι. Κακαράς¹

Περίληψη

Στη συνθετική αυτή εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα από πρόσφατες διεθνείς έρευνες που έχουν καταγράψει υψηλές συγκεντρώσεις ρυπαντών σε εσωτερικούς χώρους νεόδμητων κατοικιών, και ιδιαίτερα φορμαλδεΐδης, μιας καρκινογόνου ουσίας που εκλύεται από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου, συνθετικά υφάσματα, μονωτικά υλικά κ.α. Οι μελέτες αυτές τονίζουν τους κινδύνους που ελλοχεύουν για τη υγεία των κατοικούντων, αφού αποδεικνύουν την ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων φορμαλδεΐδης σε χώρους κατοικιών και γραφείων. Ακόμα, στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα ανώτερα επιτρεπτά όρια έκθεσης του ανθρώπου στη φορμαλδεΐδη και οι παράγοντες που επηρεάζουν την έκλυσή της κυρίως από προϊόντα ξύλου, ενώ προτείνονται και συγκεκριμένα μέτρα πρόληψης.

Λέξεις-κλειδιά: Φορμαλδεΐδη, πηγές έκλυσης, προϊόντα ξύλου, συγκέντρωση, επιπτώσεις στην υγεία, νεόδμητες κατοικίες.

Εισαγωγή

Τα περισσότερα από τα χρησιμοποιούμενα σήμερα σύνθετα προϊόντα ξύλου, όπως ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (MDF), αντικολλητά (κόντρα-πλακέ), μοριοπλάκες (νοβοπάν), μονωτικές ινοπλάκες περιέχουν στη μάζα τους φορμαλδεΐδη σε ελεύθερη μορφή, που προέρχεται από τις συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την παραγωγή τους. Από τις δεκαετίες του '70 και του '80 έχει αναγνωρισθεί ότι τα προϊόντα αυτά αποτελούν ίσως τις κυριότερες αρχικές πηγές έκλυσης φορμαλδεΐδης σε οικίες και εργασιακούς χώρους (Meyer 1979, Clary 1983, Φιλίππου 1984). Τα βασισμένα σε νερό χρώματα εκλύουν επίσης φορμαλδεΐδη (Brown κ.α. 1996). Άλλες κύριες πηγές έκλυσης φορμαλδεΐδης είναι τα συνθετικά υφάσματα, οι συνθετικοί τάπητες, οι κουρτίνες, τα μονωτικά υλικά.

Έτσι σήμερα η φορμαλδεΐδη θεωρείται ένας από τους κυριότερους ρυπαντές εσωτερικών χώρων σε οικίες και γραφεία και είναι αυτός που έχει μελετηθεί εκτενώς (Dally κ.α. 1981, Clary κ.α. 1983, Breyse 1985, Garrett κ.α. 1998, Hodgson κ.α. 2000, Wu κ.α. 2003). Άλλοι ρυπαντές εσωτερικών χώρων είναι η ακεταλδεΐδη, η πεντανάλη, το στυρένιο και άλλες αέριες ουσίες. Τα επίπεδα συγκέντρωσης αλδεϋδών έχουν μετρηθεί σε κατοικίες μετά από καταγγελίες των κατοικούντων για ρινικές ενοχλήσεις και άλλα κλινικά συμπτώματα (Dally κ.α. 1981, Sexton κ.α. 1986, Matsumura και Ando 1995, Sakuramachi κ.α. 1998, Barry και Corneau 1999, Kelley κ.α. 1999, Andreini κ.α. 2000, Ando 2002, Hodgson κ.α. 2002, Sakai κ.α. 2004).

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας που αφορά τις συγκεντρώσεις επιβλαβών ρυπαντών και κυρίως φορμαλδεΐδης σε εσωτερικούς χώρους νεόδμητων κατοικιών. Η ανασκόπηση αυτή αποτελεί το εισαγωγικό μέρος μιας έρευνας που επιχειρείται για πρώτη φορά στη χώρα μας από το Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου - Επίπλου του ΤΕΙ Λάρισας, που σκοπό έχει την καταγραφή και τη μέτρηση των ρυπαντών εσωτερικού χώρου σε νεόδμητες κατοικίες και διαμερίσματα.

Συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης σε εσωτερικούς χώρους κατοικιών

Συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης σε επίπεδο 0,1 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο) έχουν προσδιορισθεί σε εσωτερικούς χώρους κατοικιών που κατασκευάστηκαν πριν από 10 έτη ή και περισσότερο (NRC 1981, Sexton κ.α. 1986, Sexton κ.α. 1989). Επιδημιολογικές και κλινικές έρευνες έχουν αποδείξει ότι η έκθεση του ανθρώπου σε φορμαλδεΐδη μπορεί να προκαλέσει ερεθισμούς στο δέρμα, κνησμό στους οφθαλμούς, αλλεργικά και ασθματικά σύνδρομα και άλλα συμπτώματα (Sardinas 1979, Dally 1981, Breyse 1985, Kulle 1987, EPA 1994,

¹ Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου - Επίπλου, ΤΕΙ Λάρισας, www.teilar.gr

Wantke κ.α. 1996, Garrett κ.α. 1998, Garrett κ.α. 1999). Πρέπει να τονισθεί εδώ ότι σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη - που εκπονήθηκε υπό την αιγίδα του Παγκοσμίου Οργανισμού Υγείας - η φορμαλδεΐδη χαρακτηρίστηκε ως *καρκινογόνος ουσία* για τον άνθρωπο (IARC 2004). Σημειώνεται ότι είναι ήδη γνωστό ότι η φορμαλδεΐδη μπορεί να προκαλέσει καρκινογένεση αντιδρώντας με τις αμινομάδες πρωτεϊνών και τα νουκλεϊνικά οξέα στη ρινική κοιλότητα (Swenberg κ.α. 1983, Heck και Casanova 1999).

Πρόσφατη έρευνα στην Αυστραλία αποκάλυψε ότι σε νεόδητες κατοικίες τα επιτρεπτά όρια σε ρουπαντές είχαν ξεπεραστεί πάνω από 20 φορές, γεγονός που αποδεικνύει ότι οι κατοικούντες σ' αυτές αναπνέουν *'κοκτέιλ τοξικών ουσιών'* - όπως τονίζει χαρακτηριστικά η μελέτη - και κυρίως φορμαλδεΐδη, στουρένιο και φαινυλοκουκλοεξάνιο (Brown 2000). Τα αποτελέσματα της εν λόγω έρευνας είναι ιδιαίτερα ανησυχητικά.

Σύμφωνα με άλλη μελέτη που έγινε στην Ταιβάν, σε δείγμα διαφόρων κατοικιών (για διάρκεια 8 ωρών), η συγκέντρωση φορμαλδεΐδης βρέθηκε να κυμαίνεται από 0,10 μέχρι 0,89 ppm (Wu κ.α. 2003). Η μεγαλύτερη συγκέντρωση (0,89 ppm) βρέθηκε σε κτίριο ηλικίας 5 ετών που στέγαζε γραφεία με πολλούς εργαζομένους. Σε πολλά νεόκτιστα γραφεία, η συγκέντρωση φορμαλδεΐδης ήταν γύρω στα 0,60 ppm.

Πρέπει να επισημανθεί εδώ ότι σε μία νεόδημη οικία κατασκευασμένη από ξύλο υπάρχουν περίπου 500 kg μάζας συγκολλημένων προϊόντων ξύλου που καταλαμβάνουν επιφάνεια περίπου 40 m². Τα υλικά αυτά είναι γνωστό ότι αποτελούν ίσως τις μεγαλύτερες πηγές έκλυσης φορμαλδεΐδης (Hodgson κ.α. 2000). Η έκλυση αυτή είναι συνήθως σταθερή για περίοδο τουλάχιστον 9 μηνών από την τοποθέτησή τους (Hodgson κ.α. 2002). Παισιότερη μελέτη για τις συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης σε περισσότερες από 500 κατοικίες στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ έδειξε ότι αυτές κυμαίνονταν από 0,072 ppm το καλοκαίρι έως 0,078 ppm το χειμώνα (Sexton κ.α. 1986, 1989). Οι μέγιστες συγκεντρώσεις ωστόσο και τις δύο εποχές υπερέβαιναν το ανώτερο επιτρεπτό όριο των 0,30 ppm.

Επιπτώσεις από τη συχνή έκθεση του ανθρώπου σε φορμαλδεΐδη

Σύμφωνα με τον Αμερικανικό φορέα American Federation of State - Country and Municipal Employees (AFSCME 1993), η φορμαλδεΐδη μπορεί να προκαλέσει τόσο άμεσες, όσο και χρόνιες αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Οι άμεσες επιπτώσεις είναι οι ακόλουθες:

- Σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης (0,1-5,0 ppm): Κνησμός οφθαλμών, δακρυροΐα, ερεθισμός δέρματος.
- Σε μέτρια επίπεδα έκθεσης (10-20 ppm): Κάψιμο οφθαλμών, μύτης και φάρυγγα, έντονο βήχα, έντονη δύσπνοια, δακρυροΐα.
- Σε υψηλά επίπεδα έκθεσης (50-100 ppm): Θωρακικό άλγος, ταχυκαρδία, αρρυθμία, έντονος πονοκέφαλος, πνευμονικό οίδημα, ακόμη και θάνατος.

Οι χρόνιες επιπτώσεις είναι οι ακόλουθες:

- Ευαισθησία: Ορισμένοι άνθρωποι μπορούν να αποκτήσουν ευαισθησία στη φορμαλδεΐδη και να παρουσιάσουν αλλεργική αντίδραση ακόμη και στις χαμηλού επιπέδου εκθέσεις.
- Έκζεμα: Άτομα που εκτίθενται σε διαλύματα φορμαλδεΐδης μπορούν να παρουσιάσουν έκζεμα (ξεφλούδισμα και φαγούρα δέρματος), που μπορεί να περιβάλλει τα βλέφαρα, το λαιμό, τα χέρια, τα μπότσα και τις μασχάλες.
- Δερματίτιδα: Η επαφή με φορμαλδεΐδη μπορεί να προκαλέσει δερματίτιδα. Η δερματίτιδα μπορεί να είναι από απλή ερυθρότητα του δέρματος ως δημιουργία φυλκταίων ή και ραγαδώσεων. Τα νύχια μπορεί να γίνουν μαλακά και καστανόχρωμα.
- Βλάβες στους οφθαλμούς: Η άμεση επαφή με το μάτι προκαλεί έντονο κάψιμο και δακρυροΐα και μπορεί να βλάψει τον κερατοειδή χιτώνα.
- Καρκίνος: Η φορμαλδεΐδη είναι γνωστό ότι προκαλεί ρινικό καρκίνο και ενδεχομένως συνδέεται με άλλους καρκίνους ή με τον καρκίνο του εγκεφάλου. Ο Εθνικός Φορέας για την Επαγγελματική Ασφάλεια και την Υγεία των ΗΠΑ (NIOSH 1997) συστήνει ότι η φορμαλδεΐδη πρέπει να αντιμετωπίζεται ως πιθανή καρκινογόνος ουσία.

- **Βλάβες στο αναπαραγωγικό σύστημα:** Υπάρχουν στοιχεία ότι εργαζόμενες γυναίκες που ήταν χρόνια εκτεθειμένες σε φορμαλδεΐδη εμφάνισαν εμμηνορροϊκές αναταραχές. Έχει επίσης διαπιστωθεί ότι η φορμαλδεΐδη μπορεί να βλάψει τη γενετική σύνθεση ορισμένων κυττάρων που σημαίνει ότι ενδεχομένως μπορεί να προκαλέσει ανωμαλίες στην κύηση και την κυοφορία (NIOSH 1997).

Σύμφωνα με άλλη πηγή (Norback κ.α. 1995), η έκθεση ατόμων με άσθμα στη φορμαλδεΐδη συνδέεται με ανωμαλίες της αναπνευστικής λειτουργίας κατά τη διάρκεια του ύπνου (άπνοια).

Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση φορμαλδεΐδης σε εσωτερικούς χώρους

Έπιπλα κατασκευασμένα από μοριοπλάκες που παράγονται με ρητίνες ουρίας-φορμαλδεΐδης έχει αποδειχθεί ότι είναι οι σημαντικότερες πηγές συνεχούς έκλυσης αλδεϋδών σε κατοικίες (CEPA 1997, Wiglusz κ.α. 1990α, 1990β). Έχει αποδειχθεί ακόμα ότι οι συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης μειώνονται πολύ, όταν το προϊόν ξύλου (μοριοπλάκα, MDF) είναι επικαλυμμένο.

Οι συγκεντρώσεις αλδεϋδών σε εσωτερικούς χώρους εξαρτώνται από τις διαδικασίες καύσης, όπως θέρμανση, μαγείρεμα ή κάπνισμα (Dally κ.α. 1981). Σύμφωνα με άλλη πηγή, σε ένα δωμάτιο 30 m³, στο οποίο καπνίστηκαν πέντε τσιγάρα, υπάρχει συγκέντρωση φορμαλδεΐδης περίπου 276 mg/m³ (NRCCT 1980). Οι εκπομπές αλδεϋδών εξαρτώνται κυρίως από τη θερμοκρασία (Van Netten 1983) και τη σχετική υγρασία αέρα (Brown κ.α. 1996). Οι υψηλότερες εκλύσεις εμφανίζονται σε κλειστούς χώρους, χωρίς καλό εξαερισμό με υψηλή θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα (Matthews κ.α. 1986, Silberstein κ.α. 1988).

Η φορμαλδεΐδη είναι επίσης προϊόν της αντίδρασης του όζοντος και τερπενίων (π.χ. δ-λεμονιού) που εντοπίζονται σε νεόκτιστες κατοικίες (Weschler και Shields 2000). Είναι γνωστό ότι η παραγωγή φορμαλδεΐδης από αυτή την αντίδραση αυξάνεται καθώς ο βαθμός εξαερισμού μειώνεται. Ο εξαερισμός είναι μία καθοριστική παράμετρος της ποιότητας του εσωτερικού χώρου των κατοικιών. Ο εξαερισμός είναι ο αρχικός μηχανισμός για την απομάκρυνση των πτητικών μολυσματικών αερίων, που παράγονται στο εσωτερικό του σπιτιού. Κατά συνέπεια, υψηλότερες συγκεντρώσεις μολυσματικών παραγόντων στην ατμόσφαιρα των εσωτερικών χώρων αναμένονται, όταν υπάρχει χαμηλή συχνότητα και βαθμός εξαερισμού σε μία κατοικία.

Πρέπει ωστόσο να τονισθεί ότι ειδικά για τα προϊόντα ξύλου, τα τελευταία 10 έτη η βιομηχανία συγκολλημένων προϊόντων έχει καταβάλλει σημαντικές προσπάθειες που είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή δραστικά βελτιωμένων προϊόντων (με χρήση νέων τύπων ρητίνων ουρίας-φορμαλδεΐδης με χαμηλή μοριακή αναλογία σε φορμαλδεΐδη) με περιεκτικότητα σε ελεύθερη φορμαλδεΐδη κάτω από 6,5 mg/100g ξύλου (κλάση E₁) ή και προϊόντα με σχεδόν μηδενική έκλυση φορμαλδεΐδης (<2,0 mg/100g) (κλάση E₀).

Τα ανώτερα επιτρεπτά όρια έκθεσης στη φορμαλδεΐδη

Τα ανώτερα επιτρεπτά όρια έκθεσης του ανθρώπου στη φορμαλδεΐδη τόσο σε χώρους οικιών, όσο και σε εργασιακούς χώρους παρουσιάζονται στον Πίνακα (Μαντάνης και Μαρκεσίνη 1998). Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει ορίσει ως κατώτερο όριο συγκέντρωσης στο εσωτερικό των οικιών το όριο των 0,082 ppm (WHO 1987). Οι υπηρεσίες της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ συστήνουν συγκέντρωση 0,050 ppm σε εσωτερικό χώρο, ενώ το Εθνικό Ίδρυμα Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας των ΗΠΑ θέτει ως προτεινόμενο όριο έκθεσης το χαμηλό όριο των 0,016 ppm για τους εργασιακούς χώρους, επειδή θεωρεί τη φορμαλδεΐδη ως *πιθανή καρκινογόνο ουσία* (NIOSH 1997). Πρέπει να σημειωθεί ότι στις ΗΠΑ η συγκέντρωση 50 ppb (μέρη ανά δισεκατομμύριο) έχει καταχωρηθεί ως όριο για τη μείωση εμφάνισης καρκίνου (CARB 1991), ενώ το όριο των 300 ppb έχει οριστεί ως βραχυπρόθεσμο επίπεδο επαγγελματικής έκθεσης (ACGIH 2000). Ταυτόχρονα άλλοι φορείς στις ΗΠΑ κινούνται έτσι, ώστε τα όρια έκθεσης του ανθρώπου στη φορμαλδεΐδη να τείνουν συνεχώς μειούμενα (ΟΕΗΝΑ 1999, 2001).

Συζήτηση και συμπεράσματα

Όπως τονίστηκε προηγουμένως, η έκθεση σε φορμαλδεΐδη είναι επικίνδυνη για την υγεία του ανθρώπου, διότι η φορμαλδεΐδη κατατάσσεται πλέον και επίσημα ως καρκινογόνος ουσία. Επιβάλλεται λοιπόν η άμεση ενημέρωση των εργαζομένων και των καταναλωτών. Επιπρόσθετα, μετά από ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, διαπιστώνεται ότι έρευνες στο εξωτερικό έχουν καταγράψει υψηλές συγκεντρώσεις ρυπαρών σε εσωτερικούς χώρους κυρίως νεόδμητων κατοικιών και ιδιαίτερα φορμαλδεΐδης, που ως γνωστόν

Πίνακας: Ανώτερα επιτρεπτά όρια έκθεσης στη φορμαλδεΐδη σε διάφορες χώρες (Μαντάνης και Μαρκεσσίνη 1998)

Table: Maximum exposure limits to formaldehyde in several countries (Mantanis and Markessini 1998)

<i>Χώρα</i>	<i>Κατοικία Συγκέντρωση φορμαλδεΐδης (ppm)</i>	<i>Εργασία Συγκέντρωση φορμαλδεΐδης (ppm)</i>
ΗΠΑ	0,10	1,0
Δανία	0,12	0,3
Φινλανδία	0,12	0,5
Νορβηγία	0,10	0,5
Σουηδία	0,20	0,5
Αυστρία	0,10	0,5
Γερμανία	0,10	0,5
Ελβετία	0,10	0,5
Μ. Βρετανία	Καμία ρύθμιση	2,0
Βέλγιο	Καμία ρύθμιση	1,0
Ολλανδία	0,10	Καμία ρύθμιση
Γαλλία	Καμία ρύθμιση	2,0
Ιταλία	0,10	Καμία ρύθμιση
Αυστραλία	0,10	1,0
Καναδάς	0,10	1,0
Ελλάδα	Καμία ρύθμιση	Καμία ρύθμιση

εκλύεται κυρίως από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου, μονωτικά υλικά, συνθετικά υλικά κ.α. Οι αρνητικές επιπτώσεις της φορμαλδεΐδης στην υγεία του ανθρώπου είναι πολυποίκιλες και είναι δυνατόν να περιορισθούν με τα ακόλουθα μέτρα:

- Το κάπνισμα πρέπει να αποφεύγεται σε εσωτερικούς χώρους.
- Οι κατοικίες πρέπει να έχουν επαρκή εξαερισμό.
- Πρέπει να χρησιμοποιούνται κατασκευαστικά υλικά ελεγμένα και με χαμηλή περιεκτικότητα σε φορμαλδεΐδη (βλ. κλάσεις E₁ ή E₀).

Εν κατακλείδι λοιπόν, τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από την παρούσα εργασία μπορούν να συνοψισθούν ως ακολούθως:

- Η έκλυση φορμαλδεΐδης από διάφορα υλικά - και κυρίως από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου - προκαλεί αποδεδειγμένα προβλήματα υγείας στον άνθρωπο.
- Οι συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης σε εσωτερικούς χώρους έχουν βρεθεί να υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια και ιδιαίτερα σε νεόδμητες κατοικίες και διαμερίσματα. Αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα για τη χώρα μας λείπουν, συνεπώς, υπάρχει ανάγκη για καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης.
- Είναι επιτακτική η ανάγκη για καθιέρωση σε εθνικό επίπεδο επιτρεπτών ορίων της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης σε κατοικίες και εργασιακούς χώρους, κυρίως από άποψη προστασίας της δημόσιας υγείας.
- Τέλος, προκύπτει η ανάγκη έρευνας και προτάσεων προς τη βιομηχανία ξύλου για παραγωγή συγκολλημένων προϊόντων κλάσης E₁ και κυρίως E₀ με χρήση νέων ρητινικών συστημάτων.

Formaldehyde: One of the major indoor air pollutants in new manufactured houses**G. Mantanis¹, G. Anastasis¹. and J. Kakaras¹****Summary**

In this review article, results from recent international studies demonstrating the high concentration of indoor air pollutants in new manufactured houses are discussed, and especially of formaldehyde which is classified as carcinogenic to humans. These studies emphasise the hazards for the health of occupants, since they evidenced that dangerously high formaldehyde concentrations exist in the interior environment of houses and offices. In addition, the maximum allowable exposure limits of humans to formaldehyde as well as the parameters influencing formaldehyde emission in the indoor environment are presented, while specific precaution measures are suggested.

Keywords: Formaldehyde, emission sources, wood products, concentration, health hazards, new manufactured houses.

Βιβλιογραφία

- ACGIH, 2000. TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, USA.
- American Federation of State - Country and Municipal Employees (AFSCME), 1993. Fact sheet: Health and safety, AFSCME, USA.
- Ando, M., 2002. Indoor air and human health: Sick house syndrome and multiple chemical sensitivity. Bull. Natl. Inst. Health Sci. 120:6-38.
- Andreini, B., Baroni, R., Galimbreti, E., Sesana, G., 2000. Aldehydes in the atmospheric environment: Evaluation of human exposure in the north-west area of Milan. Microchem. J. 67:11-19.
- Barry, A., Corneau, D., 1999. The impact of wood composite panel products such as OSB, particleboard, MDF and plywood on indoor air quality. Proc. of the 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Aug. 8-13, Vol.5, pp. 129-134, Edinburgh, Scotland.
- Breyse, P., 1985. The Office Environment: How Dangerous? In Indoor Air. Vol.3. pp. 315-320, Sensory and Hyperreactivity Reactions to Sick Buildings, Swedish Council for Building Research, Stockholm.
- Brown, V., Crump, D., Gavin, M., 1996. Indoor air quality in homes: the Building Research Establishment Indoor Environment Study. Building Res. Establishment, BRE report BR 299:23.
- Brown, S., 2000. New home owners breathe toxic cocktail. Media release ref. 2000/257. Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Australia.
- California Air Resource Board (CARB), 1991. Indoor air quality guideline: No.1. Formaldehyde in the home. Research Division, California Air Resources Board, Sacramento, California.
- California Environmental Protection Agency (CEPA), 1997. Indoor emissions of formaldehyde and toluene di-isocyanate. Research note 97-9:1-5, California Environmental Protection Agency, Sacramento, California.
- Clary, J., 1983. A review of the health effects of formaldehyde. Proc. of the 17th Particleboard Symposium, WSU, Pullman, WA, pp. 219-226.
- Dally, K., Hanrahan, L., Woodbury, M., Kanarek, M., 1981. Formaldehyde exposure in nonoccupational environments. Arch. Environ. Health 36:277-284.
- EPA, 1994. Health Effects Notebook for Hazardous Air Pollutants-Draft, Air Risk Information Support Center, Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency, EPA-452/D-95-00.

¹ Department of Wood & Furniture Technology and Design, Annex of Karditsa – Technological Education Institute of Larissa

- Garrett, M., Rayment, P., Hooper, M., Abramson, M., Hooper, B., 1998. Indoor airborne fungal spores, house dampness and associations with environmental factors and respiratory health in children. *Clin. Exp. Allergy* 28:459-467.
- Garrett, M., Hooper, M., Hooper, B., Rayment, P., Abramson, M., 1999. Increase risk of allergy in children due to formaldehyde exposure in homes. *Allergy* 54:330-337.
- Heck, H., Casanova, M., 1999. Pharmacodynamics of formaldehyde: applications of a model for the arrest of DNA replication by DNA-protein cross links. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 160:86-100.
- Hodgson, A., Rudd, A., Beal, D., Chandra, S., 2000. Volatile organic compound concentrations and emission rates in new manufactured and site-built houses. *Indoor Air* 10:178-192.
- Hodgson, A., Beal, D., McIlvaine, J., 2002. Sources of formaldehyde, other aldehydes and terpenes in a new manufactured house. *Indoor Air* 12:235-242.
- International Agency for Research on Cancer (IARC), 2004. Formaldehyde as carcinogenic to humans. Press release no. 153, 15-6-2004, International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.
- Kelley, T., Smith, D., Satola, J., 1999. Emission rates of formaldehyde from materials and consumer products found in California homes. *Environ. Sci. and Tech.* 33:81-88.
- Kulle, T., 1987. Formaldehyde dose-response in healthy nonsmoker. *JAPCA* 37:919-924.
- Μαντάνης, Γ., Μαρκεσίνη, Ε. 1998. Έκλυση φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου: Παρούσα κατάσταση. Ξύλο & Έπιπλο. 169:63-69.
- Matsumura, T., Ando, M., 1995. Indoor air pollution and human exposure effects by harmful chemical substances. *J. of Resources and Environ.* 31(13):15-22.
- Matthews, T., Fung, K., Tromberg, B., Hawthorne, A., 1986. Impact of indoor environmental parameters on formaldehyde concentrations in unoccupied research houses. *JAPCA* 36:1244-1249.
- Meyer, B., 1979. Urea-formaldehyde resins. Eds. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts, USA.
- National Research Council (NRC), 1981. Formaldehyde and Other Aldehydes. Eds. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- National Research Council Committee on Toxicology, 1980. Formaldehyde: an assessment of its health effects. National Academy of Sciences, Washington, DC, USA.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1997. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health and Human Services, USA.
- Norback, D., Bjornsson, E., Janson, C., Widstrom, J., Boman, G., 1995. Asthmatic symptoms and volatile organic compounds, formaldehyde, and carbon dioxide in dwellings. *Occup. Environ. Med.* 52:388-395.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA), 1999. Air Toxics Hot Spots Program Risk Assessment Guidelines. Part I. Technical Support Document for the Determination of Acute Reference Exposure Levels for Airborne Toxicants, California Environmental Protection Agency, USA.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA), 2001. Air Toxics Hot Spots Program Risk Assessment Guidelines. Part III. The Determination of Chronic Reference Exposure Levels - 22 Chemicals, California Environmental Protection Agency, USA.
- Sakai, K., Norback, D., Mi, Y., Shibata, E., Kamijima, M., Yamada, T., Takeuchi, Y., 2004. A comparison of indoor air pollutants in Japan and Sweden: formaldehyde, nitrogen dioxide and chlorinated volatile organic compounds. *Environ. Res.* 94:75-85.
- Sakuramachi, T., Moriya, M., Kawachi, T., 1998. Site survey on formaldehyde concentration in apartment house. Proc. of the 16th Annual Technology Meeting on Air Cleaning and Contamination Control, C-13, Tokyo, Japan, pp. 177-180.
- Sardinas, A., 1979. Health effects associated with urea-formaldehyde foam insulation in Connecticut. *J. Environ. Health* 41:453-463.
- Sexton, K., Liu, K., Petreas, M., 1986. Formaldehyde concentrations inside private residences: a mail-out approach to indoor air monitoring. *J. Air Pollution Control Assoc.* 36:698-704.
- Sexton, K., Petreas, M., Liu, K., 1989. Formaldehyde exposures inside mobile homes. *Environ. Sci. Tech.*

23:985-988.

- Silberstein, S., Grot, R., Ishiguro, K., Mulligan, J., 1988. Validation of models for predicting formaldehyde concentrations in residences due to press-wood products. *JAPCA* 38:1403-1411.
- Swenberg, J., Gross, E., Martin, J., Popp, J., 1983. Formaldehyde Toxicity. Eds. Hemisphere Publishing Co., New York, USA.
- Van Netten, C., 1983. Analysis of sources contributing to elevated formaldehyde concentrations in the air in a new elementary school. *Can. J. Public Health* 74:55-59.
- Wantke, F., Demmer, C., Tappler, P., Gotz, M., Jarisch, R., 1996. Exposure to gaseous formaldehyde induces IgE-mediated sensitization to formaldehyde in school children. *Clin. Exp. Allergy* 26:276-80.
- Weschler, C., Shields, H., 2000. The influence of ventilation on reactions among indoor pollutants: Modeling and experimental observations. *Indoor Air* 10:92-100.
- World Health Organization (WHO), 1987. Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Publications, European Series No.23, Copenhagen, Denmark, World Health Organization, Regional Office for Europe.
- Wiglusz, R., Jarnuszkiewicz, I., Sitko, E., Wolska, L., 1990a. Hygienic aspects of the use of pressed-wood products in residential buildings. Part I. The effect of particleboards ageing on release of formaldehyde. *Bull. Inst. Marit. Trop. Med. Gdynia* 41:73-78.
- Wiglusz, R., Jarnuszkiewicz, I., Sitko, E., Wolska, L., 1990b. Hygienic aspects of the use of pressed-wood products in residential buildings. Part II. The effect of environmental conditions temperature and relative humidity on formaldehyde emission from particleboards. *Bull. Inst. Marit. Trop. Med. Gdynia* 41:79-87.
- Wu, P., Li, Y., Lee, C., Chiang, C., Su, J., 2003. Risk assessment of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan. *Indoor Air* 13:359-363.
- Φιλίππου, Ι., 1984. Το πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΐδης από μοριοσανίδες: Τρόποι αντιμετώπισής του. Πρακτικά 4ου Συνεδρίου Επίπλου - Διακοσμήσεως - Εξοπλισμού - Μηχανημάτων, Διεθνής Έκθεση FURNIDEC, Θεσσαλονίκη.