

Κεφάλαιο 1: Το πρόβλημα της ποιότητας αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων

Τριανταφυλλιά Νικολάου M.Sc., Πολυτεχνείο Κρήτης

1. Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου

Η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα (Indoor Air Quality-IAQ) αποτελεί σημαντική παράμετρο στα κτίρια, καθώς είναι στενά συνδεδεμένη τόσο με την υγεία όσο και με την άνεση των ανθρώπων που ζούν ή εργάζονται μέσα σε αυτό.

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά παρουσιάζεται το πρόβλημα της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, όπως αυτό περιγράφεται από τα παράπονα των χρηστών και από τις σχετικές επιστημονικές μελέτες των τελευταίων ετών. Στη συνέχεια περιγράφονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, τόσο οι προερχόμενοι από το εξωτερικό περιβάλλον, όσο και αυτοί που προέρχονται από το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, ενώ παράλληλα επισημαίνονται οι σημαντικότεροι εσωτερικοί ρύποι και οι πηγές τους.

Στο τέλος του κεφαλαίου περιγράφεται το «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου», που τα τελευταία χρόνια βιώνουν τα άτομα που περνούν πολλές ώρες μέσα σε στεγανά κτίρια με κακή ποιότητα εσωτερικού αέρα. Παρουσιάζεται η συμπτωματολογία καθώς και οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την εμφάνιση του συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου.

2. Στόχοι εκμάθησης

Όταν θα ολοκληρώσετε τη μελέτη αυτού του κεφαλαίου, θα μπορείτε να:

- Καταλάβετε τις διάφορες πτυχές σχετικές με την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα και το πρόβλημα της ποιότητας του εσωτερικού αέρα στα κτίρια.
- Εξοικειωθείτε με τις διάφορες εσωτερικές και υπαίθριες πηγές και τους σχετικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους.
- Κατανοήσετε το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου, τη συμπτωματολογία και τους παράγοντες που καθορίζουν την εμφάνισή του.

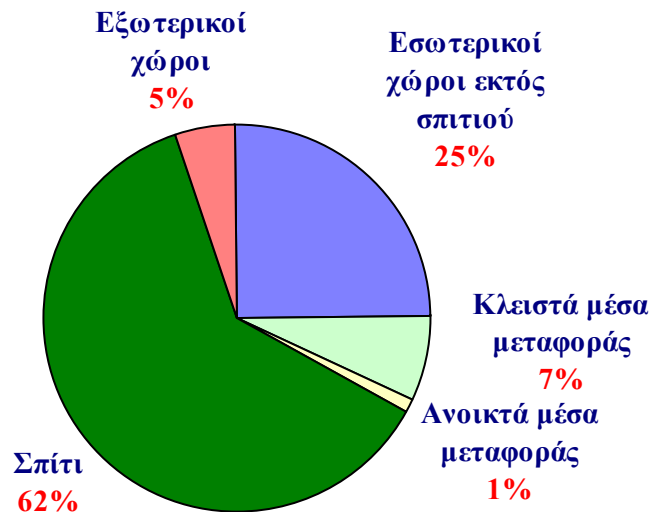
3. Λέξεις Κλειδιά

- Εσωτερικός αέρας (indoor air)
- Εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα (Indoor Air Quality -IAQ)
- Ατμοσφαιρικός ρύπος
- Εξαερισμός
- Σύνδρομο άρρωστων κτιρίων (Sick Building Syndrome - SBS)
- Ασθένειες σχετικές με το κτίριο (Building Related Illness – BRI)

4. Εισαγωγή – Ανάπτυξη του προβλήματος

4.1 Το πρόβλημα της ποιότητας αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας των εσωτερικών χώρων αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τις αναπτυσσόμενες και τις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες, με διαφορετική βέβαια φύση και αιτιολογία σε κάθε περίπτωση. Σύμφωνα με έρευνες, στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες οι άνθρωποι ξοδεύουν κατά μέσο όρο το 80 με 90 τοις εκατό του χρόνου τους στο εσωτερικό περιβάλλον (Σχήμα 1). Τα ποσοστά διαφοροποιούνται ελαφρώς ανάλογα με το είδος της πληθυσμιακής ομάδας. Για παράδειγμα οι νοικοκυρές, οι ηλικιωμένοι και τα παιδιά προσχολικής ηλικίας περνούν περισσότερες ώρες στο σπίτι, ενώ οι εργαζόμενοι μοιράζουν το χρόνο που περνούν σε εσωτερικούς χώρους ανάμεσα στο σπίτι, το χώρο εργασίας και τα μέσα μεταφοράς.



Σχήμα 1: Κατανομή χρόνου σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους (California, USA 1988, Δείγμα πληθυσμού 61% ηλικίας >11 ετών)

Εφόσον οι άνθρωποι στις σύγχρονες κοινωνίες ξοδεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους, είναι πολύ σημαντικό να ελέγχεται η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως η θερμική και οπτική άνεση, χωρίς να αγνοήσουμε τους παράγοντες που αφορούν την ποιότητα του αέρα. Η χρήση διάφορων τεχνικών και των στρατηγικών εξαερισμού για τους εσωτερικούς χώρους, προκειμένου να αυξηθεί η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα με την αντικατάσταση τον εσωτερικού με τον εξωτερικό αέρα, υπάρχει από τότε που οι άνθρωποι εφεύραν τη φωτιά στις σπηλιές τους και συχνά χρησιμοποιούσαν ένα άνοιγμα στην κορυφή των σπηλιών για να μειώσουν τους επιβλαβείς μολυσματικούς παράγοντες.

Ο όρος «εσωτερικός αέρας-indoor air» χρησιμοποιείται συνήθως στο εσωτερικό περιβάλλον μη βιομηχανικών κτιρίων, όπως κτίρια γραφείων, δημόσια κτίρια (σχολεία, νοσοκομεία, θέατρα, εστιατόρια, κ.λπ...) και ιδιωτικές κατοικίες. Οι συγκεντρώσεις των μολυσματικών παραγόντων στον εσωτερικό αέρα αυτών των κτιρίων είναι συνήθως του ίδιου τύπου με εκείνους που εντοπίζονται στον υπαίθριο αέρα, ενώ είναι πολύ χαμηλότερες από εκείνους που εντοπίζονται στον αέρα στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Πολλοί κάτοικοι ή εργαζόμενοι σε κτίρια εκφράζουν παράπονα για την ποιότητα του αέρα που αναπνέουν, δημιουργώντας την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της κατάστασης. Η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα άρχισε να αναφέρεται ως πρόβλημα στο τέλος της δεκαετίας του '60, αν και οι πρώτες μελέτες εμφανίστηκαν περίπου δέκα έτη αργότερα. Από το 1984 η Επιτροπή Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (World Health Organization-WHO) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι μέχρι το 30 τοις εκατό των νέων και αναδιαμορφωμένων κτιρίων παγκοσμίως μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο υπερβολικών καταγγελιών σχετικών με την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα.

Αν και θα φαινόταν λογικό να θεωρηθεί ότι η υψηλή ατμοσφαιρική ποιότητα βασίζεται στην παρουσία των απαραίτητων συστατικών στις κατάλληλες αναλογίες στον αέρα, στην πραγματικότητα ο χρήστης, μέσω της αναπνοής, είναι ο καλύτερος κριτής της ατμοσφαιρικής ποιότητάς. Αυτό συμβαίνει διότι ο εισπνεόμενος αέρας γίνεται άμεσα αντιληπτός μέσω των αισθήσεων, δεδομένου ότι ο άνθρωπος είναι ευαίσθητος στα οσφρητικά και ερεθιστικά αποτελέσματα των μισών περίπου χημικών ενώσεων. Συνεπώς, εάν οι χρήστες ενός κτιρίου είναι στο σύνολό τους ικανοποιημένοι με τον αέρα, θεωρείται ότι είναι της υψηλής ποιότητας, ενώ εάν είναι ανικανοποίητοι, κακής ποιότητας. Σωστή ποιότητα αέρα σε ένα εσωτερικό χώρο σημαίνει συνθήκες υγείας και άνεσης για τα άτομα που ζουν και εργάζονται στο χώρο αυτό. Αυτός ο μέσος όρος είναι δυνατό να προβλεφθεί βάσει της σύνθεσής του αέρα, αλλά μόνο εν μέρει. Αυτή η μέθοδος λειτουργεί καλά στο περιβάλλον βιομηχανικών κτιρίων, όπου οι συγκεκριμένες χημικές ενώσεις σχετικές με την παραγωγή είναι γνωστές, και οι συγκεντρώσεις τους στον αέρα μετριοούνται και συγκρίνονται με τις οριακές τιμές κατώτατων ορίων. Στα μη βιομηχανικά κτίρια, όμως, όπου μπορούν να υπάρχει πολύ μεγάλος αριθμός χημικών ουσιών και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις στον αέρα, η κατάσταση είναι διαφορετική.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων αυτών οι πληροφορίες για τη χημική σύνθεση του εσωτερικού αέρα δεν επιτρέπουν σε μας την πρόβλεψη του τρόπου με τον οποίο ο αέρας θα γίνει αντιληπτός, από τη συνδυασμένη επίδραση των μολυσματικών παραγόντων, μαζί με τη θερμοκρασία και η υγρασία. Η κατάσταση είναι συγκρίσιμη με αυτό που συμβαίνει με τη λεπτομερή σύνθεση ενός στοιχείου των τροφίμων και της προτίμησής του: η χημική ανάλυση είναι ανεπαρκής να προβλέψει εάν τα τρόφιμα καλά ή όχι. Για αυτόν τον λόγο, όταν προγραμματίζονται ένα σύστημα εξαερισμού και η

κανονική συντήρησή του, μια λεπτομερής χημική ανάλυση του εσωτερικού αέρα απαιτείται σπάνια.

Μια άλλη άποψη είναι ότι οι άνθρωποι θεωρούνται οι μόνες πηγές μόλυνσης στον εσωτερικό αέρα. Αυτό θα ίσχυε βεβαίως εάν εξετάζαμε τα οικοδομικά υλικά, τα συστήματα επίπλων και εξαερισμού όπως χρησιμοποιήθηκαν 50 έτη πριν, όταν υπερίσχυαν τα τούβλα, το ξύλο και ο χάλυβας. Αλλά με τα σύγχρονα υλικά η κατάσταση έχει αλλάξει. Όλα τα υλικά μολύνουν, μερικά λίγο και άλλα πολύ, και μαζί συμβάλλουν σε επιδείνωση στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

Το εξωτερικό περιβάλλον στις μεγάλες πόλεις είναι επίσης μολυσμένο, αλλά είναι γεγονός ότι συχνά ο αέρας μέσα στα κτίρια μπορεί να είναι πιο μολυσμένος από τον υπαίθριο αέρα (μερικές φορές ακόμη και στις μεγαλύτερες και πιο βιομηχανοποιημένες πόλεις) και επομένως ο κίνδυνος για την υγεία μπορεί να είναι μεγαλύτερος όταν οι άνθρωποι εκτίθενται στην εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση απ' ό,τι στην υπαίθρια.

Το πρόβλημα αυξάνεται με την οικοδόμηση των κτιρίων που σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να είναι πιο αεροστεγή και να ανακυκλώνουν τον αέρα με ένα μικρότερο ποσοστό του νέου από το εξωτερικό περιβάλλον, προκειμένου να είναι ενεργειακά αποδοτικότερα. Η χρήση αυξημένων ποσοστών εξαερισμού βρίσκεται, στις περισσότερες περιπτώσεις, σε αντίθεση με την ενεργειακή απόδοση καθώς το ενεργειακό φορτίο φρέσκου αέρα μπορεί να αποτελεί σημαντικό μέρος της κατανάλωσης ενέργειας ολόκληρου του κτιρίου. Επομένως είναι σημαντικό να ελέγχονται τα ποσοστά εξαερισμού σε ένα κτίριο επιτυγχάνοντας την ίδια στιγμή τα αποδεκτά επίπεδα της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Συχνά, τα προβλήματα σχετικά με την ποιότητα εσωτερικού αέρα εμφανίζονται όταν ένα κτίριο χρησιμοποιείται ή διατηρείται με έναν τρόπο, ο οποίος δεν είναι σύμφωνος με τον αρχικό σχεδιασμό του ή τις κατάλληλες λειτουργικές διαδικασίες. Φυσικά τα προβλήματα της ποιότητας αέρα μπορούν να είναι επίσης αποτέλεσμα φτωχού σχεδιασμού ή δραστηριοτήτων των κατοίκων.

4.2 Ο ρόλος του αερισμού για την ποιότητα αέρα

Η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα (IAQ) είναι μια σημαντική παράμετρος που χαρακτηρίζει το εσωτερικό περιβάλλον και σχετίζεται έντονα με την υγεία των κατοίκων των κτιρίων. Επιπρόσθετα, η λειτουργία του συστήματος εξαερισμού ενός κτιρίου είναι επίσης σημαντική, δεδομένου ότι ο πρωταρχικός ρόλος του εξαερισμού είναι να βελτιωθεί το εσωτερικό κλίμα του κτιρίου. Επομένως, η απόδοση του συστήματος εξαερισμού καθορίζει άμεσα το την ποιότητα αέρα ενός εσωτερικού χώρου. Επίσης η ροή του αέρα και η πορεία του μέσα στο κτίριο έχουν σημαντική επιρροή στη θερμική άνεση των κατόχων, ειδικά κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.

Ο εξαερισμός είναι απαραίτητος για να αραιώσει και να εξαντλήσει τους εσωτερικούς ρύπους όπως το διοξείδιο του άνθρακα και τις πτητικές οργανικές ενώσεις. Υπάρχουν δύο διαφορετικές μορφές εξαερισμού, ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός.

Ο φυσικός εξαερισμός στηρίζεται είτε στον αέρα που εισάγεται μέσω των αρμών των ανοιγμάτων στο φάκελο οικοδόμησης (διήθηση - infiltration) είτε τον άμεσο και εκτεταμένο εξαερισμό (ventilation) λόγω των ανοικτών παραθύρων και άλλων σχεδιασμένων σημείων εισόδων και εξόδων (παθητικός εξαερισμός) για να εισαγάγουν το φρέσκο αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου.

Ο μηχανικός εξαερισμός απαιτεί τη χρήση των ανεμιστήρων για να εισαγάγει το φρέσκο αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό και να αποβάλει τον πολυδιατηρημένο αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου στο εξωτερικό περιβάλλον.

Παραδοσιακά, οι κατοικίες είναι εγγενώς σχεδιασμένες για να χρησιμοποιήσει το φυσικό εξαερισμό, ενώ τα περισσότερα κτίρια γραφείων χρησιμοποιούν το μηχανικό εξαερισμό.

Το κοινό πρόβλημα που συνδέεται με αυτές τις μεθόδους εξαερισμού περιλαμβάνει είτε την υπερβολική είτε ανεπαρκή σχετική υγρασία (ανάλογα με τη θέση και την εποχή), η οποία οδηγεί σε προβλήματα υγείας των χρηστών του κτιρίου. Ο φυσικός και μηχανικός εξαερισμός είναι οι συμβατικές μέθοδοι για τη μείωση της συγκέντρωσης μολυσματικών παραγόντων στην ατμόσφαιρα του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Η ρύπανση των εσωτερικών χώρων είναι ένα φαινόμενο, που συμβαίνει ιδιαίτερα σε κτίρια που δεν αερίζονται σωστά, είτε γιατί έχει περιορισθεί ο φυσικός εξαερισμός, με στόχο τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, είτε γιατί χρησιμοποιούνται συστήματα που ανακυκλώνουν τον αέρα ή μέσα θέρμανσης που δεν εξαερίζονται. Όσο πιο στεγανά και «θερμικά» κλειστά είναι τα κτίρια, τόσο αυξάνεται η συγκέντρωση ρύπων στον εσωτερικό αέρα.

Οι έρευνες δείχνουν ότι ο εξαερισμός (με την έννοια εισαγωγής του εξωτερικού αέρα στο εσωτερικό) ως μέτρο για να διατηρηθούν τα ικανοποιητικά επίπεδα της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας αντιπροσωπεύει μόνο μια πτυχή ενός πολύσύνθετου προβλήματος. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες, που θα δούμε αναλυτικά παρακάτω, οι οποίοι συμβάλουν στην εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα, όπως η ανεπαρκής θερμοκρασία, η υγρασία, ή ο φωτισμός. Εντούτοις, φαίνεται ότι ο εξαερισμός έχει έναν σημαντικότερο ρόλο στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα, αφού έχει άμεση σχέση με τις συγκεντρώσεις των εσωτερικών ρύπων σε ένα κτίριο και κατά συνέπεια με τις δυσμενείς συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία σε περίπτωση που οι συγκεντρώσεις αυτές ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια.

5. Παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου και εσωτερικοί ρύποι

5.1 Εισαγωγή

Το εσωτερικό περιβάλλον σε οποιοδήποτε κτίριο είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ της περιοχής, του κλίματος, του συστήματος κτιρίου (αρχικό σχέδιο και πιά πρόσφατες τροποποιήσεις στη δομή και τα μηχανικά συστήματα), των τεχνικών οικοδόμησης, των μολυσματικών πηγών (οικοδομικά υλικά και επιπλώσεις, υγρασία, διαδικασίες και δραστηριότητες μέσα στο κτίριο, υπαίθριες πηγές), καθώς και των χρηστών του κτιρίου.

Η ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους, λοιπόν, καθορίζεται από ένα πλήθος παραμέτρων όπως:

- Οι εσωτερικές συγκεντρώσεις ραδιενεργών στοιχείων.
- Οι τιμές της εσωτερικής θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας.
- Ο ρυθμός εναλλαγής του αέρα του εσωτερικού χώρου με το περιβάλλον.
- Ο θόρυβος, οι οσμές ή η ύπαρξη εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να ταξινομηθούν σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Ταξινόμηση των παραγόντων που επηρεάζουν την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ	
ΦΥΣΙΚΟΙ	Θερμοκρασία (20-26° C)
	Σχετική υγρασία (20-70%)
	Αερισμός (περίπου 8l/s κατά άτομο, απουσία καπνιστών)
	Φωτισμός
	Θόρυβος (<70-80 dB) και δονήσεις
	Σκόνη
ΧΗΜΙΚΟΙ	Αιωρούμενα σωματίδια (προϊόντα καύσης, ίνες αμιάντου, υαλονήματα)
	Βαρέα μέταλλα, τοξικά στοιχεία (Pb, Cd, As, Hg, κ.α.)
	Ιόντα
	Πτητικές οργανικές ενώσεις
	Ανόργανες αέριες ενώσεις (SO ₂ , NO _x , O ₃ , Rn, κ.α.)
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ	Μικροοργανισμοί (ιοί, βακτήρια, μύκητες, κ.α)
	Αλλεργιογόνα (γύρη, έντομα, ζώα, κ.α)

Εσωτερικοί ρύποι προκύπτουν τόσο από εξωτερικές πηγές (και οι εκπεμπόμενοι ρύποι διεισδύουν στον εσωτερικό χώρο) όσο και από εσωτερικές πηγές. Την ίδια στιγμή, οι εσωτερικοί ρύποι μπορούν να έχουν φυσική προέλευση ή μπορούν να προκύψουν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Επιπλέον, οι πηγές ατμοσφαιρικού

ρύπου μπορούν να διαφέρουν από το ένα κτίριο στο άλλο, ανάλογα με τον σχεδιασμό του κτιρίου και τον προορισμό του. Όταν στον εσωτερικό χώρο των κτιρίων παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, πάνω από τα ανεκτά - για την υγεία των ανθρώπων - όρια, τότε παρουσιάζονται και ιδιαίτερα προβλήματα υγείας.

5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος προερχόμενοι από το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου

Οι υπαίθριες πηγές είναι ιδιαίτερα σημαντικές στις αστικές περιοχές και οδηγούν σε κακή ποιότητα του αέρα που εισέρχεται στο κτίριο, σε καθαρισμό του αέρα που είναι μη επαρκής ή μη αποτελεσματικός στα κτίρια που αερίζονται φυσικά ή που αερίζονται από τα μηχανικά συστήματα. Σημαντικές υπαίθριες πηγές είναι οι ακόλουθες:

Βιομηχανικές εκπομπές

Βιομηχανικές εκπομπές (τοπικές ή απόμακρες) που μπορούν να είναι αρμόδιες για τις υψηλές συγκεντρώσεις στα οξείδια του αζώτου και του θείου, του όζοντος, του μολύβδου, των πτητικών οργανικών ενώσεων, του καπνού, των μορίων και των ινών. Αυτά τα ρυπογόνα αποτελέσματα εξαρτώνται από συγκεκριμένους όρους κλίματος ειδικά στις αστικές περιοχές όπου η επιρροή των αποτελεσμάτων όπως η επίδραση νήσων θερμότητας ή /και η διανομή ροών αέρος γύρω από τα κτίρια, είναι πολύ σημαντική.

Ρύπανση κυκλοφορίας

Η ρύπανση λόγω της κυκλοφορίας είναι άλλη μια σημαντική πηγή στις αστικές περιοχές και αφορά μεγαλύτερο μέρος της υπαίθριας ρύπανσης κοντά στις οδούς, τις σήραγγες και τις περιοχές χώρων στάθμευσης. Μερικοί από τους σημαντικότερους ρύπους λόγω της κυκλοφορίας είναι μονοξείδιο άνθρακα και διοξείδιο, σκόνη άνθρακα, μόλυβδος και οξείδια του αζώτου.

Κοντινές πηγές

Οι εκπομπές καύσης από τους κοντινούς σωρούς και οι μολυσματικοί παράγοντες από τις εκπομπές των πύργων ψύξης μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα όταν βρίσκονται κοντά στους προμηθευτές αέρα.

Ρύποι από το χώμα

Καλυμμένες με χώμα πηγές ρύπων στην κοντινή περιοχή του κτιρίου μπορεί να περιλαμβάνουν το ραδόνιο (που εμφανίζεται στη φύση ως ραδιενεργό αέριο), το μεθάνιο (προϊόν οργανικής αποσύνθεσης) και την υγρασία.

5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος προερχόμενοι από το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου

Κάθε κτίριο έχει διάφορες πιθανές πηγές μολυσματικών παραγόντων εσωτερικού αέρα. Μερικοί από αυτούς εκπέμπουν συνεχώς, όπως τα οικοδομικά υλικά και η επίπλωση, ενώ άλλα, όπως το μαγείρεμα, το κάπνισμα και η χρήση διαλυτών, χρωμάτων και προϊόντων καθαρισμού, μολυσματικοί, απελευθερώνουν περιοδικά μολυσματικούς παράγοντες. Ομαδοποιημένες κατά προέλευση, οι σημαντικότερες πηγές ρύπων είναι:

Οι εσωτερικές μολυσματικές πηγές μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις χαρακτηριστικές κατηγορίες:

- Ανθρώπινος και ζωικός μεταβολισμός
- Δραστηριότητες κατοίκων
- Οικοδομικά υλικά και συσκευές κτιρίου
- Σύστημα ψύξης, θέρμανσης και αερισμού

Πιο αναλυτικά:

Ανθρώπινος και ζωικός μεταβολισμός

Υπάρχει σχέση μεταξύ της κατανάλωσης οξυγόνου και της απελευθέρωσης διοξειδίου του άνθρακα που εμφανίζεται λόγω του ανθρώπινου και ζωικού μεταβολισμού. Εκτός από το CO₂, μερικές πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)

παράγονται επίσης με αυτήν την διαδικασία. Γενικά, μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα ατμοσφαιρικής ποιότητας και οσμής, αλλά οι κίνδυνοι υγείας εμφανίζονται μόνο στις υψηλές συγκεντρώσεις. Σε αυτήν την περίπτωση οι απαιτήσεις εξαερισμού είναι συνήθως χαμηλές.

Δραστηριότητες κατοίκων

Η ατμοσφαιρική ποιότητα ενός εσωτερικού χώρου σχετίζεται έντονα με τη χρήση του χώρου και φυσικά με τις δραστηριότητες των κατοίκων. Για παράδειγμα δραστηριότητες όπως το κάπνισμα, το μαγείρεμα, ο καθαρισμός, κ.λπ. έχουν επιπτώσεις άμεσα σε IAQ και μπορούν να συμβάλουν στην αύξηση της συγκέντρωσης των διάφορων ρύπων.

Οικοδομικά υλικά και εξοπλισμός

Τα οικοδομικά υλικά και ο εξοπλισμός είναι επίσης σημαντικές πηγές ρύπων. Εδώ και πολλά χρόνια έχουν διαπιστωθεί οι ρυπαντικές, τοξικές και οικοτοξικές επιδράσεις σειράς οικοδομικών υλικών και των τεχνολογιών παραγωγής τους, καθώς και περιβαλλοντικές μεταβολές που οφείλονται στη χημική ρύπανση. Έτσι δημιουργήθηκαν σοβαρές ανακατατάξεις στη βιομηχανία παραγωγής κτιρίων, λόγω και των αυστηρών μέτρων που λαμβάνονται πλέον προς την κατεύθυνση της χρήσης φιλικών προς το περιβάλλον οικοδομικών υλικών.

Ταυτόχρονα και ο εξοπλισμός ενός κτιρίου όπως οι τάπητες, τα έπιπλα, τα χρώματα, τα βερνίκια, κ.λπ. εκπέμπουν ρύπους και ανάλογα με τη χημική σύνθεσή τους μπορεί να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στα επίπεδα IAQ. Η χρήση υλικών χαμηλής εκπομπής μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της ανάγκης εξαερισμού και επομένως της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου.

Σύστημα Ψύξης,Θέρμανσης και Αερισμού (HVAC)

Ο όρος HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning) αναφέρεται στο εξοπλισμό που παρέχει τη θέρμανση, την ψύξη, το αερισμό και το έλεγχο υγρασίας, ούτως ώστε να δημιουργούνται και να διατηρούνται οι συνθήκες άνεσης σε ένα κτίριο. Επιπρόσθετα ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα HVAC, μέσω του ελέγχου πίεσης και της διήθησης,

απομονώνει και αφαιρεί τους μολυσματικούς παράγοντες και τις οσμές στο εσωτερικό περιβάλλον διασφαλίζονται την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Ωστόσο υπάρχουν και συστήματα HVAC που δεν είναι σχεδιασμένα ώστε να πραγματοποιούν τις παραπάνω λειτουργίες με επιτυχία. Έτσι αρκετές φορές το σύστημα HVAC είναι υπεύθυνο για την αύξηση της συγκέντρωσης των εσωτερικών ρύπων και συνεπώς για την κακή ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου, και τα προβλήματα υγείας των χρηστών.

5.4 Εσωτερικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι

Όταν στον εσωτερικό χώρο των κτιρίων παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, πάνω από τα ανεκτά, για την υγεία των ανθρώπωνόρια, τότε παρουσιάζονται ιδιαίτερα προβλήματα υγείας στους χρήστες.

Οι σημαντικότεροι εσωτερικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι οι ακόλουθοι:

1. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το CO₂ είναι προϊόν μεταβολισμού και είναι επίσης αποτέλεσμα υλικών που περιέχουν άνθρακα. Μπορεί να έχει επιπτώσεις στην αναπνοή και να προκαλέσει ναυτία σε υψηλές συγκεντρώσεις. Στον πίνακα 2 υποδεικνύονται για τις διαφορετικές δραστηριότητες το μεταβολικό ποσοστό και το ποσοστό παραγωγής του CO₂.

Δραστηριότητα	Μεταβολικό ποσοστό [W]	Ποσοστό παραγωγής του CO ₂ [l/s]
Στατική εργασία	100	0.004
Ελαφριά εργασία	150-300	0.006-0.012
Μέτρια εργασία	300-500	0.012-0.020
Βαριά εργασία	500-650	0.020-0.026
Πολύ βαριά εργασία	650-800	0.026-0.032

Πίνακας 2: Ποσοστό παραγωγής του CO₂ για τις διάφορες δραστηριότητες [AIVC]

2. Το μονοξείδιο άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα ιδιαίτερα τοξικό μη ανιχνεύσιμο -άοσμο, άχρωμο και άγευστο - αέριο που είναι αποτέλεσμα ελλιπούς καύσης. Στις πηγές μονοξειδίου του άνθρακα περιλαμβάνονται οι συσκευές θέρμανσης, οι εκπομπές μηχανοκίνητων οχημάτων και ο καπνός του τσιγάρου.

3. Ο περιβαλλοντικός καπνός τσιγάρου (Environmental Tobacco Smoke- ETS)

Το ETS είναι το μίγμα καπνών που προέρχεται από το κάπνισμα ενός τσιγάρου, μιας πίπας ή ενός πούρου και του καπνού που εκπνέει ο καπνιστής. Είναι ένα σύνθετο μίγμα μερικών χιλιάδων ενώσεων, που περισσότερες από τις 40 είναι γνωστό ότι προκαλούν καρκίνο και πολλές από τις οποίες προκαλούν ισχυρούς ερεθισμούς.

4. Η Φορμαλδεΐδη

Αυτό το άχρωμο πικάντικο σε οσμή αέριο μπορεί να προκαλέσει την αισθήση καψίματος στα μάτια και το λαιμό, τη ναυτία και τη δυσκολία στην αναπνοή. Σημαντικές πηγές είναι οικοδομικά υλικά, το κάπνισμα, τα οικιακά προϊόντα και η χρήση συσκευών που καίνε καύσιμα.

5. Η Υγρασία

Η υγρασία παράγεται κυρίως από τις δραστηριότητες των κατοίκων (μαγείρεμα, πλύσιμο στέγνωμα στον κατοικημένο τομέα). Η συμπύκνωση του ατμού μπορεί να προκαλέσει ιδιαίτερη ζημία στο κτίριο μέσω της αύξησης φορμών και την αποσύνθεση υφάσματος.

6. Η μυρωδιά

Παραγόμενες από το μεταβολισμό ή εκπεμπόμενες από τις επιπλώσεις ή τα υφάσματα μυρωδιές προκαλούν ταλαιπωρία και δικαιώνουν συχνά τον εξαερισμό.

7. Το όζον

Το όζον παράγεται από τις συσκευές γραφείων (φωτοτυπικά μηχανήματα, εκτυπωτές λέιζερ...) και μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές δυσκολίες. Το όζον μπορεί

επίσης να παραχθεί στον υπαίθριο αέρα από βιομηχανικές δραστηριότητες όπως οι εγκαταστάσεις παραγωγής θερμικής ενέργειας

8. Τα μόρια

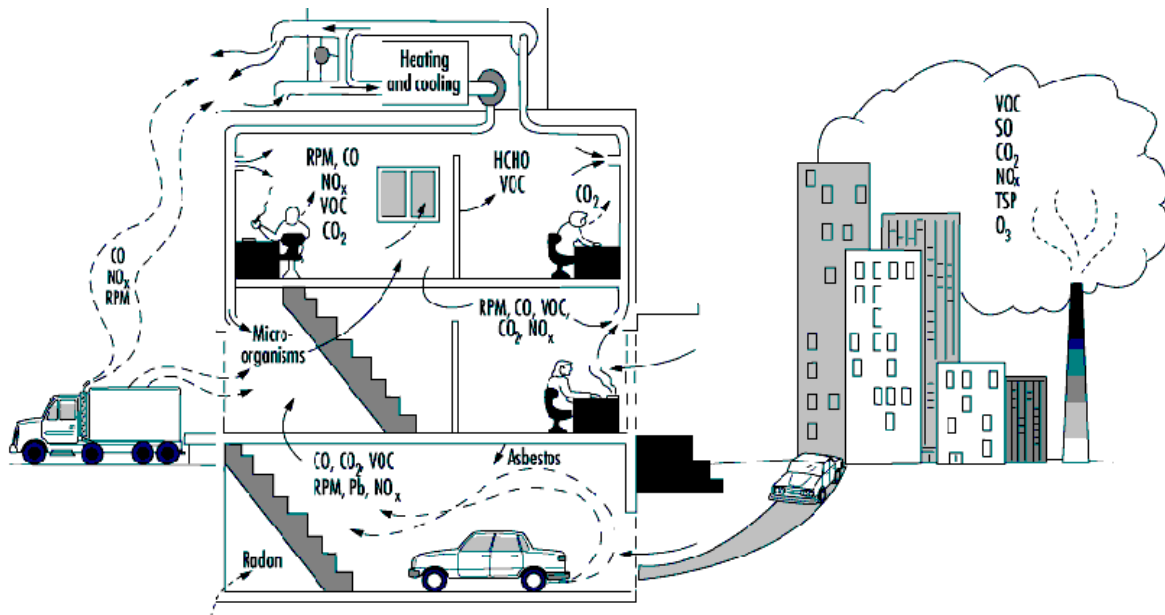
Η σκόνη, τα οργανικά σωματίδια, οι ίνες και τα μόρια καπνού μπορούν να έχουν ποικίλα επίπεδα τοξικότητας ανάλογα με τον τύπο και μεγέθους. Οι μακροπρόθεσμες εκθέσεις μπορούν να προκαλέσουν τη βρογχίτιδα, το εμφύσημα και τον καρκίνο πνευμόνων.

9. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds -VOCs).

Ο όρος πτητικές οργανικές ενώσεις αναφέρεται σε χημικές ουσίες που συγκρατούν διοξείδιο που συμμετέχουν σε φωτοχημικές αντιδράσεις στον περιβαλλοντικό αέρα. Είναι οργανικές ενώσεις που μπορούν να βρεθούν στη φάση ατμού στις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες. Τα VOCs έχουν διάφορες πηγές που σχετίζονται με οικοδομικά υλικά όπως η διαδικασία βαψίματος, η χρήση διαλυτών, η αποθήκευση καυσίμων, η κάλυψη με τάπητα, οι κόλλες, τα μηχανοκίνητα οχήματα, ο καπνός του τσιγάρου, τα λουτρά και τα καλλυντικά, οι προμήθειες καθαρισμού. Γενικά, παράγονται όταν ορισμένα προϊόντα καταναλώνονται. Ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι η εσωτερική συγκέντρωση των περισσότερων VOCs είναι δύο έως δέκα φορές υψηλότερη από των υπαίθριων. Μετριοούνται με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου δειγματοληψίας και ανάλυσης και το ποσό όλων των μετρήσεων αναφέρεται ως TVOCs (συνολικές πτητικές οργανικές ενώσεις). Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα είδη ρύπων του εσωτερικού αέρα καθώς και οι πηγές αυτών. Στο Σχήμα 2 που ακολουθεί φαίνονται οι οι υπαίθριες και εξωτερικές πηγές των ρύπων του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Πίνακας 3: Πηγές και είδη ρύπων του εσωτερικού αέρα

ΠΗΓΕΣ	ΡΥΠΟΙ
Ε ξ ω τ ε ρ ι κ έ ς	
Σταθερές	SO ₂ , O ₃ , σωματίδια, CO, HC
Κινητές	CO, Pb, NO _x
Έδαφος	Rn, μικροοργανισμοί, Ca, Cd, Pb
Ε σ ω τ ε ρ ι κ έ ς	
Δομικά υλικά	
Τσιμέντο, πέτρα	Rn
Προϊόντα ξύλου (μοριοσανίδες, καπλαμάς)	HCHO
Μονωτικά	HCHO, ίνες υάλου
Υλικά πυροπροστασίας	Ίνες αμιάντου
Χρώματα	Pb, Cd, VOC _s
Εξοπλισμός κτιρίων	
Συσκευές θέρμανσης-μαγειρέματος	CO, NO _x , HCHO, σωματίδια
Φωτοτυπικά μηχανήματα	O ₃
Υδραυλικές εγκαταστάσεις	Rn
Ανθρώπινη παρουσία	
Μεταβολική δραστηριότητα	CO ₂ , H ₂ O, οσμές
Βιολογική δραστηριότητα	Μικροοργανισμοί
Ανθρώπινες δραστηριότητες	
Κάπνισμα	CO, HCHO, PAHs, σωματίδια, οσμές, Pb, Cd, As, Hg, VOCs
Οικιακή & προσωπική φροντίδα	VOCs, As, οσμές



CO = carbon monoxide; CO₂ = carbon dioxide; HCHO = formaldehyde; NO_x = nitrogen oxides; Pb = lead; RPM = respirable particulate matter; VOC = volatile organic compound.

Σχήμα 2: Οι υπαίθριες και εσωτερικές πηγές ρύπων του εσωτερικού περιβάλλοντος.

6. Σύνδρομο άρρωστου κτιρίου

6.1 Ορισμός «άρρωστο κτίριο»

Ο όρος «Σύνδρομο Άρρωστων Κτιρίων- Sick Building Syndrome (SBS)» γενικά αναφέρεται στις καταστάσεις στις οποίες οι κάτοικοι των κτιρίων βιώνουν οξεία προβλήματα υγείας ή /και ταλαιπωρία που συνδέονται προφανώς με το χρόνο που ξοδεύουν σε ένα κτίριο, ενώ την ίδια στιγμή καμία συγκεκριμένη ασθένεια ή αιτία αυτών των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να προσδιοριστεί. Οι καταγγελίες μπορούν να εντοπιστούν σε ένα ιδιαίτερη δωμάτιο ή μια ζώνη, ή μπορούν να είναι διεσπαρμένες σε όλο το κτίριο.

Ο όρος «Ασθένεια Σχετική με το Κτίριο - Building Related Illness» (BRI) χρησιμοποιείται όταν προσδιορίζονται τα συμπτώματα ασθένειας που μπορεί να διαγνωσθεί και μπορούν να αποδοθούν άμεσα στους αερομεταφερόμενους μολυσματικούς παράγοντες του κτιρίου.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) τα άτομα που περνούν πολλές ώρες μέσα σε στεγανά κτίρια και βιώνουν το σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων «κοστίζουν στην κοινωνία περισσότερο από ό,τι αυτή κερδίζει από τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας».

6.2 Συμπτωματολογία για το «άρρωστο κτίριο»

Σε παγκόσμιο επίπεδο δεν υπάρχει κάποιος κλινικός καθορισμός του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου και καμία επαρκής θεωρία για τα ιατρικά περιστατικά που σχετίζονται με αυτό. Τα χαρακτηριστικά του είναι μη συγκεκριμένα συμπτώματα, που εμφανίζονται στους χρήστες ενός κτιρίου και δεν προκαλούνται από μια συγκεκριμένη ασθένεια. Τα πιο κοινά συμπτώματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4, ωστόσο μπορεί να ποικίλλουν από κτίριο σε κτίριο, ανάλογα με τους διαφορετικούς αιτιώδεις παράγοντες που τα προκαλούν σε κάθε περίπτωση.

Τα συμπτώματα της ενόχλησης των ματιών, του αναπνευστικού, του πονοκεφάλου και της υπνηλίας είναι συνήθως παρόντα σε όλες της περιπτώσεις του συνδρόμου. Οι τύποι και η δρυμνήτητα όμως αυτών των συμπτωμάτων ποικίλλουν πολύ μεταξύ των ατόμων, ακόμα και αυτών που βρίσκονται μέσα στο ίδιο κτίριο, ενδεχομένως λόγω διαφορετικών συνθηκών στους διάφορους χώρους του κτιρίου, ή της διαφορετικής ευαισθησίας των ατόμων. Μερικά άτομα μπορεί να μην εμφανίζουν συμπτώματα, ή να εμφανίζουν διαφορετικά συμπτώματα από κάποιους άλλους χρήστες του ίδιου κτιρίου.

Η κατάσταση SBS αντιστοιχεί συγκεκριμένα στα ακόλουθα σημάδια:

- Οι χρήστες των κτιρίων παραπονιούνται για συμπτώματα όπως ο λήθαργος, οι πονοκέφαλοι η έλλειψη συγκέντρωσης, η καταρροή, ο ξηρός λαιμός και ο ερεθισμός του ματιού και του δέρματος.
- Οι αιτίες αυτών των συμπτωμάτων δεν προσδιορίζονται σαφώς.
- Τα συμπτώματα συχνά εξαφανίζονται σύντομα όταν οι χρήστες αφήνουν το κτίριο.

Τα κοινά συμπτώματα του συνδρόμου αρρώστου κτιρίου, που εμφανίζονται στους χρήστες είναι:

Πίνακας 4: Τα κοινά συμπτώματα του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου

ΚΟΙΝΑ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΟΥ ΤΟΥ ΑΡΡΩΣΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
Δερματικά συμπτώματα
<ul style="list-style-type: none">• Αναφυλαξία προσώπου
<ul style="list-style-type: none">• Αναφυλαξία χεριών
<ul style="list-style-type: none">• Εγκζέματα
Συμπτώματα στα μάτια
<ul style="list-style-type: none">• Ερεθισμός ματιών
<ul style="list-style-type: none">• Πρήξιμο βλεφάρων
Ρινικά συμπτώματα
<ul style="list-style-type: none">• Ρινική καταρροή
<ul style="list-style-type: none">• Ρινική συμφόρηση
Συμπτώματα φάρυγγα
<ul style="list-style-type: none">• Ξηρός λαιμός
<ul style="list-style-type: none">• Πόνος στο λαιμό
<ul style="list-style-type: none">• Βήχας
Γενικά συμπτώματα
<ul style="list-style-type: none">• Πονοκέφαλος
<ul style="list-style-type: none">• Κόπωση
<ul style="list-style-type: none">• Υπνηλία

Η κατάσταση BRI αναφέρεται στις ακόλουθες πτυχές:

- Οι χρήστες του κτιρίου παραπονιούνται για συμπτώματα όπως βήχας, θωρακική συμπίεση, πυρετός, ρίγη και πόνοι μυών.

- Τα συμπτώματα μπορούν να καθοριστούν κλινικά και να έχουν σαφώς ευπροσδιόριστες αιτίες.
- Οι καταγγέλλοντες μπορεί να χρειαστούν παρατεταμένο χρονικό διάστημα ανάρρωσης αφού εγκαταλείψουν το κτίριο.

6.3 Ιστορική αναδρομή και αναφορά σε σχετικές μελέτες

Ήδη από τις αρχές του 20ού αιώνα αναγνωρίζεται η σημασία της υγιεινής του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων. Μόλις το 1974 όμως η ποιότητα της ατμόσφαιρας των εσωτερικών χώρων αναγνωρίζεται ως ιδιαίτερο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Στην αναγνώριση του προβλήματος συνέβαλε η δραματική αλλαγή στην ποιότητα του αέρα αυτών των χώρων μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο.

Οι αιτίες που μετέβαλαν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο είναι:

- Το στεγαστικό πρόβλημα και αύξηση του κόστους εργασίας που συνέβαλαν στην αντικατάσταση παραδοσιακών υλικών (π.χ. φυσικό ξύλο) από φθηνά υλικά μαζικής παραγωγής (μοριοσανίδα, καπλαμάς κ.ά.).
- Η χρήση του PVC στους εσωτερικούς χώρους (επίπλωση, οικιακός εξοπλισμός, εξοπλισμός γραφείων και αυτοκινήτων).
- Η χρήση πλήθους συνθετικών προϊόντων οικιακής και προσωπικής φροντίδας (καθαριστικά, απολυμαντικά, εντομοκτόνα, αποσμητικά, χρώματα, βερνίκια κ.ά.).
- Μετά την παγκόσμια ενεργειακή κρίση του 1974 καθιερώνεται η κατασκευή «κλειστών», μηχανικώς αεριζόμενων κτιρίων για εξοικονόμηση ενέργειας (χρήση μονωτικών)

Τα μονωτικά που άρχισαν να παρεμβάλλονται ανάμεσα στην εσωτερική και εξωτερική ατμόσφαιρα είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των ρύπων που εκπέμπονται από εσωτερικές πηγές. Επιπλέον, τα μονωτικά διατηρούν την υγρασία μέσα στο κτίριο με αποτέλεσμα να αυξάνει η ανάπτυξη μικροοργανισμών και η διάδοση ασθενειών με τους μικροοργανισμούς.

Οι πρώτες αναφορές σχετικά με τις επιδράσεις στην υγεία χρονολογούνται από το 1975 περίπου, με μία ασθένεια που παρατηρήθηκε στα μέλη της λεγεώνας των βετεράνων του αμερικανικού στρατού στη Φιλαδέλφεια προκαλούμενη από το μικροοργανισμό *Legionella* που αναπτύσσεται στους πύργους ψύξης των συστημάτων κλιματισμού.

6.4 Παράμετροι που καθορίζουν την εμφάνιση συνδρόμου άρρωστου κτιρίου

Συχνά, τα προβλήματα προκύπτουν όταν ένα κτίριο λειτουργεί, διοικείται ή διατηρείται με έναν τρόπο που δεν βρίσκεται σε συμφωνία με τον αρχικό σχεδιασμό του ή τις προκαθορισμένες λειτουργικές διαδικασίες. Μερικές φορές, τα προβλήματα εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας είναι αποτέλεσμα φτωχού σχεδιασμού ή δραστηριοτήτων των κατοίκων του κτιρίου.

Πολλοί παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν ή /και να συμβάλουν στο σύνδρομο άρρωστων κτιρίων, εστιάζοντας στις ακόλουθες σημαντικές κατηγορίες:

Σύστημα εξαερισμού

Τα ποσοστά ροής αέρα του συστήματος εξαερισμού σχετίζονται έντονα με την ποιότητα αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων. Όταν χρησιμοποιούνται μειωμένα ποσοστά εξαερισμού τα επίπεδα της ποιότητας εσωτερικού αέρα μπορεί να είναι ανεπαρκή για να διατηρήσουν την υγεία και την άνεση των κατοίκων του κτιρίου. Η αποτελεσματική ή ατελέσφορη διανομή του αέρα μέσα στο κτίριο από το σύστημα HVAC είναι άλλος ένας παράγοντας που συμβάλει στην εμφάνιση του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου. Οι

«απομονωμένοι» χώροι σε ένα κτίριο, όπου ο αέρας του συστήματος εξαερισμού δεν μπορεί να φθάσει, μπορεί να έχουν σοβαρά προβλήματα από πλευράς ποιότητας αέρα.

Εσωτερικοί μολυσματικοί παράγοντες

Γενικά, η πλειοψηφία των εσωτερικών ατμοσφαιρικών ρύπων προέρχεται από πηγές που βρίσκονται μέσα στο κτίριο. Παραδείγματος χάριν, οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), συμπεριλαμβανομένης της φορμαλδεΐδης, μπορούν να εκπέμπονται από κόλλες, την κάλυψη με τάπητα, την ταπετσαρία, τα κατασκευασμένα ξύλινα προϊόντα, τα φωτοτυπικά μηχανήματα και διάφορα άλλα μέσα. Επίσης, ο καπνός τσιγάρου αυξάνει τα επίπεδα του VOCs, άλλων τοξικών ενώσεων, και αναπνεύσιμου μοριακού θέματος. Η επίδραση της υψηλής συγκέντρωσης VOCs μπορεί να είναι χρόνιες και οξείες επιπτώσεις στην υγεία, και μερικές είναι γνωστές καρκινογόνες ουσίες. Όταν τα επίπεδα συγκέντρωσης του VOCs είναι χαμηλά προς στο μέσο αυτό μπορεί επίσης να παραγάγει οξείες αντιδράσεις. Επιπλέον, η κηροζίνη και οι θερμάστρες χώρου, οι εστίες και οι σόμπες αερίου μπορούν να εκπέμψουν μονοξειδίο του άνθρακα, διοξείδιο του αζώτου και αναπνεύσιμα μόρια, τα οποία είναι προϊόντα καύσης. Γενικά, η οικοδόμηση του κτιρίου καθώς επίσης και η χρήση και οι δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό περιβάλλον μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα επίπεδα ποιότητας αέρα και να αποτελούν αιτίες της εμφάνισης του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου.

Υπαίθριοι μολυσματικοί παράγοντες

Ο ρόλος του συστήματος εξαερισμού είναι να εισαχθεί ο υπαίθριος αέρας στο κτίριο προκειμένου να αντικατασταθεί ένα μέρος (στις περισσότερες περιπτώσεις) του εσωτερικού αέρα και να αυξηθούν τα επίπεδα της ποιότητας αέρα. Σε αυτήν την περίπτωση ο υπαίθριος αέρας που εισάγεται σε ένα κτίριο μπορεί να αποτελεί πηγή εσωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς μεταφέρει εξωτερικούς μολυσματικούς παράγοντες. Παραδείγματος χάριν εάν στο σύστημα εξαερισμού έχουν εισαχθεί εξαεριστήρες κακώς τοποθετημένοι, παράθυρα ή άλλα ανοίγματα, ρύποι από τις εξατμίσεις μηχανοκίνητων οχημάτων, εξαεριστήρες υδραυλικών εγκαταστάσεων και εξατμίσεις οικοδόμησης (π.χ., λουτρά και κουζίνες) μπορούν να εισαχθούν στο κτίριο.

Βιολογικοί μολυσματικοί παράγοντες

Αυτό το είδος μολυσματικών παραγόντων περιλαμβάνει τα βακτηρίδια, τις φόρμες, τη γύρη και τους ιούς. Αυτοί οι μολυσματικοί παράγοντες μπορούν να αναπαραχθούν στο στάσιμο νερό που έχει συσσωρευθεί στους αγωγούς, τους υγραντές και τα τηγάνια αγωγών, ή όπου το νερό έχει συγκεντρωθεί στα υψηλότερα σημεία, στην κάλυψη με τάπητα, ή στη μόνωση. Είναι επίσης πιθανό έντομα ή εκκρίσεις πουλιών να είναι πηγή βιολογικών μολυσματικών παραγόντων.

7. Περίληψη

Η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα αποτελεί σημαντική παράμετρο στα κτίρια, καθώς είναι στενά συνδεδεμένη τόσο με την υγεία όσο και με την άνεση των ανθρώπων που ζούν ή εργάζονται μέσα σε αυτό. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι ένα σημαντικό ζήτημα στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες, όπου οι άνθρωποι ξοδεύουν κατά μέσο όρο το 80 με 90 τοις εκατό του χρόνου τους στο εσωτερικό περιβάλλον

Το εξωτερικό περιβάλλον στις μεγάλες πόλεις είναι επίσης μολυσμένο, αλλά είναι γεγονός ότι συχνά ο αέρας μέσα στα κτίρια μπορεί να είναι πιο μολυσμένος από τον υπαίθριο αέρα, μερικές φορές ακόμη και στις μεγαλύτερες και πιο βιομηχανοποιημένες πόλεις.

Το πρόβλημα αυξάνεται με την οικοδόμηση των κτιρίων που σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να είναι πιο αεροστεγή και να ανακυκλώνουν τον αέρα με ένα μικρότερο ποσοστό του νέου από το εξωτερικό περιβάλλον, προκειμένου να είναι ενεργειακά αποδοτικότερα.

Ο ρόλος του αερισμού είναι πολύ σημαντικός για την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, αφού είναι απαραίτητος για να αραιώσει και να εξαντλήσει τους εσωτερικούς ρύπους όπως το διοξείδιο του άνθρακα και τις πτητικές οργανικές ενώσεις. Υπάρχουν δύο διαφορετικές μορφές εξαερισμού, ο φυσικός και ο μηχανικός αερισμός.

Εσωτερικοί ρύποι προκύπτουν τόσο από εξωτερικές πηγές, όπως βιομηχανικές εκπομπές, ρύπανση κυκλοφορίας, ρύποι από χώμα κ.α., όσο και από εσωτερικές πηγές, όπως ο ανθρώπινος και ζωικός μεταβολισμός, οι δραστηριότητες των χρηστών, τα υλικά και οι συσκευές του κτιρίου, το σύστημα θέρμανσης-ψύξης-αερισμού, κ.α. Οι πηγές ατμοσφαιρικού ρύπου μπορούν να διαφέρουν από το ένα κτίριο στο άλλο, ανάλογα με τον σχεδιασμό του κτιρίου και τον προορισμό του.

Οι σημαντικότεροι εσωτερικοί ρύποι είναι το διοξείδιο και το μονοξείδιο του άνθρακα, ο καπνός του τσιγάρου, η φορμαλδεΐδη, η υγρασία, οι μυρωδιές, το όζον, τα μόρια και οι πτητικές οργανικές ενώσεις.

Το «Σύνδρομο Άρρωστων Κτιρίων- Sick Building Syndrome (SBS)» γενικά αναφέρεται στις καταστάσεις στις οποίες οι κάτοικοι των κτιρίων βιώνουν οξεία προβλήματα υγείας ή /και ταλαιπωρία που συνδέονται προφανώς με το χρόνο που ξοδεύουν σε ένα κτίριο, ενώ την ίδια στιγμή καμία συγκεκριμένη ασθένεια ή αιτία αυτών των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να προσδιοριστεί.

Ο όρος «Ασθένεια Σχετική με το Κτίριο - Building Related Illness» (BRI) χρησιμοποιείται όταν προσδιορίζονται τα συμπτώματα ασθένειας που μπορεί να διαγνωσθεί και μπορούν να αποδοθούν άμεσα στους αερομεταφερόμενους μολυσματικούς παράγοντες του κτιρίου.

Τα κοινά συμπτώματα του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου είναι δερματικά συμπτώματα, ενοχλήσεις στα μάτια στο λαιμό και τη μύτη, πονοκέφαλος, κόπωση και υπνηλία. Οι αιτίες του συνδρόμου είναι το μη αποτελεσματικό σύστημα εξαερισμού, οι υπαίθριοι και εσωτερικοί μολυσματικοί παράγοντες και οι βιολογικοί μολυσματικοί παράγοντες.

8. Αναφορές και Βιβλιογραφία

1. M. Santamouris, “Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach”, εκδόσεις James&James (ISBN 1-902916-42-5).
2. U.S. Environmental Protection Agency, “*Building Air Quality- A guide for Building Owners and facility Managers*”, December 1991, Craftsman Book Co, Carlsbad-USA.
3. A. Synnefa, E. Polichronaki, E. Papagiannopoulou, M. Santamouris, G. Mihalakakou, P. Doukas, P.A. Siskos, E. Bakeas, A. Dremetsika, A. Geranios, A. Delakou, “*An Experimental Investigation of the Indoor Air Quality in Fifteen School Buildings in Athens, Greece*”, International Journal of Ventilation Volume: 2, Issue: 3, page 185, December 2003.
4. “*Indoor Air Facts No. 4 (revised): Sick Building Syndrome (SBS)*”
<http://www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html>
5. J. Spengler, J. Samet and J. McCarthy. “*Indoor Air Quality Handbook*”, McGraw-Hill. 2000
6. L. Alevantis and M. Xenaki-Petreas. “*Indoor Air Quality in Practice*”, University of Athens. Series: Energy Conservation in Buildings. 1996
7. M. Liddament. “*A guide to energy efficient ventilation*”. AIVC. 1996
8. P. du Pont & J. Morrill. “*Residential indoor air quality and energy efficiency*”. ACEEE. 1989
9. J. Lester & al. (ed.). “*Quality of the indoor environment*”. IAI. 1992
10. Xavier Guardino Solá, “*Indoor Air Quality*”, Ch. 44 Indoor Air Quality. International Labour Office, 1998, Encyclopedia of Occupational Health and Safety 4th Edition.

11. Ritchie C. Shoemaker, Dennis E. House, “*A time-series study of sick building syndrome: chronic, biotoxin-associated illness from exposure to water-damaged buildings*”, ELSEVIER, Neurotoxicology and Teratology 27 (2005) 29–46.
12. J. Rotton and S. M. White, “*Air Pollution, the Sick Building Syndrome, and Social Behavior*”, Environment International, Vol. 22, No. 1, pp. 53-60, 1996, Copyright ©1996 Elsevier Science Ltd.
13. Alexander C. Chester and Paul H. Levine “*The Natural History of Concurrent Sick Building Syndrome and Chronic Fatigue Syndrome*”, J.psychiat. Res., Vol. 31, No. 1, pp. 51-57, 1997, Copyright 1997 Elsevier Science Ltd.
14. E. Björnsson, C. Janson, D. Norbäck, G. Boman, “*Symptoms related to the Sick Building Syndrome in a general population sample: associations with atopy, bronchial hyper-responsiveness and anxiety*”, NT J TUBERC LUNG DIS 2(12):1023–1028, © 1998 IUATLD.
15. Μ. Καραβασίλη, “*Περιορισμός εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων*”, ΑΦΙΕΡΩΜΑΤΑ ΤΕΕ, Τεύχος 2125 - Δευτέρα 06 Νοεμβρίου 2000
16. Κ. Σαμαρά-Κωνσταντίνου, “*Ρύπανση της Ατμόσφαιρας Εσωτερικών Χώρων*”

9. Προτεινόμενη βιβλιογραφία

1. John D. Spengler, Jonathan M. Samet, John F. McCarthy, “*Indoor air quality handbook*”, editor. New York: McGraw-Hill, c2001. Περιλαμβάνει την ιστορία και το μέλλον του αερισμού των κτιρίων, το σύνδρομο του αρρώστου κτιρίου, τις επιπτώσεις

στην ανθρώπινη υγεία, καθώς και τις απαιτήσεις αερισμού για ειδικές κατηγορίες κτιρίων.

2. U.S Environmental Protection Agency. “Building Air Quality: A Guide for Building Owners and Facility Managers”. Craftsman Book Co, Carlsbad-USA.

Το βιβλίο αυτό αναφέρεται στην ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος και στο σύνδρομο του αρρώστου κτιρίου. Στόχος του βιβλίου αυτού είναι η επίλυση των βασικών προβλημάτων της ποιότητας αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων και η αποφυγή σχετικών μελλοντικών προβλημάτων. Επιπλέον περιλαμβάνει θέματα που αφορούν σε μετρήσεις της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και στα συστήματα θέρμανσης-ψύξης-αερισμού. Επίσης περιέχονται φόρμες υπολογισμού των υφισταμένων συνθηκών ποιότητας του εσωτερικού αέρα σε ένα κτίριο και φόρμες για τον καθορισμό της πηγής που δημιουργεί τα προβλήματα. Το βιβλίο διαιρείται σε τέσσερα τμήματα. Το πρώτο αναφέρεται γενικά στην ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, το δεύτερο περιγράφει τις μεθόδους με τις οποίες μπορούμε να αποφύγουμε τα προβλήματα που σχετίζονται με την ποιότητα αέρα, στο τρίτο κεφάλαιο προτείνονται λύσεις για την αντιμετώπιση των σχετικών προβλημάτων, ενώ στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται φόρμες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελέτες σχετικά με την ποιότητα του αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος.

3. L. Morawska, M. Maroni and N. D. Bofinger (Editors), 1995, “Indoor Air: An Integrated Approach”, Pergamon Press.

Γενικά, η πιο κοινή προσέγγιση στον έλεγχο, την αξιολόγηση του κινδύνου υγείας και τη διαχείριση της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας είναι η μεμονωμένη εξέταση κάθε ατμοσφαιρικού ρύπου. Η εσωτερική άνεση και ο κίνδυνος της υγείας των χρηστών ενός κτιρίου εξαρτώνται όχι μόνο από τις συγκεντρώσεις των μεμονωμένων ρύπων, αλλά και από την πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ όλων των συστατικών στον αέρα. Επιπλέον, οποιαδήποτε διαδικασία μετριάσμου που στοχεύει σε έναν ιδιαίτερο ρύπο, μπορεί να έχει επιπτώσεις σε άλλους ρύπους. Οι ενσωματωμένες στρατηγικές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη αυτές τις διαδικασίες και να στοχεύουν σε μια γενική βελτίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος. Αυτό το βιβλίο περιλαμβάνει μια

επιλογή των εγγράφων που παρουσιάζεται στον εσωτερικό αέρα διεθνών εργαστηρίων: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που καλύπτει σε περιεχόμενο το θέμα του εσωτερικού αέρα, των στρατηγικών για την ενσωματωμένη αξιολόγηση του κινδύνου υγείας και των στρατηγικών για και το εσωτερικό περιβάλλον.

4. M. Maroni, B. Seifert and T. Lindvall (Editors). 1995. "Indoor Air Quality". Elsevier Science.

Αυτό το βιβλίο επικεντρώνεται στην τοξικολογία, δεδομένου ότι περιγράφει τους φυσικούς και χημικούς κινδύνους, και πολλές ιατρικές και ψυχολογικές συνέπειες, της κακής ποιότητας του εσωτερικού αέρα και τους συνδέει στενά στις προσεγγίσεις στο καλύτερες σχεδιασμό τη διαχείριση των κτιρίων. Συγκεντρώνει τις συνεισφορές από τους ειδικούς, η έρευνα των οποίων επικεντρώνεται στην εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα, όπως ιατροί, αρχιτέκτονες, μηχανικοί, φαρμακοποιοί, βιολόγοι, φυσικοί, και τοξικολόγοι. Παρέχει την περιεκτική κάλυψη όλων των πτυχών, συμπεριλαμβανομένης του σχεδίου οικοδόμησης, των επιπτώσεων στην υγεία, της ιατρικής διάγνωσης, της τοξικολογίας των εσωτερικών ατμοσφαιρικών ρύπων, και της δειγματοληψίας και της ανάλυσης του εσωτερικού αέρα. Μερικά κεφάλαια περιέχουν διαμορφωτικά και εκπαιδευτικά μηνύματα για τους αρχιτέκτονες, τους μηχανικούς, και τους επαγγελματίες δημόσιας υγείας. Οι εκτενείς αναφορές για κάθε τμήμα το καθιστούν ως αναφορά για όλους τους τομείς που σχετίζονται με την ποιότητα του αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος.

10. Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Ποιό είναι σήμερα το πρόβλημα της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων και που οφείλεται η σπουδαιότητά του;
2. Τι ονομάζουμε «εσωτερικό αέρα»;
3. Πώς συνδέεται το πρόβλημα της ποιότητας αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος με την ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια;
4. Ποιός ο ρόλος του αερισμού στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε ένα κτίριο; Ποιές μεθόδους αερισμού κτιρίων γνωρίζετε;

5. Πώς ταξινομούνται οι παράγοντες που επηρεάζουν την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα;
6. Ποιοί παράγοντες προερχόμενοι από το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα;
7. Ποιοί παράγοντες προερχόμενοι από το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα;
8. Ποιοί είναι οι σημαντικότεροι εσωτερικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι;
9. Τι ονομάζουμε «Σύνδρομο Αρρώστων Κτιρίων» και τι «Ασθένεια Σχετική με το Κτίριο»; Ποιά η διαφορά τους;
10. Ποιά είναι τα συμπτώματα του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου;
11. Ποιοί παράγοντες καθορίζουν την εμφάνιση του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου;

Φυσικές παράμετροι οι οποίες καθορίζουν την ποιότητα αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	2
2. Θερμική άνεση.....	2
2.1. Η φυσιολογία της θερμικής άνεσης.....	3
2.2. Μοντέλα υπολογισμού της θερμικής άνεσης.....	4
2.3. Το δυναμικό μοντέλο θερμικής άνεσης.....	7
3. Θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα	9
4. Σχετική υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα.....	14
5. Αερισμός.....	17
5.1. Αποτελεσματικότητα αερισμού	21
5.2. Στρατηγικές αερισμού.....	21
6. Θόρυβος.....	23
7. Επίλογος.....	24
8. Αναφορές	24

1. Εισαγωγή

Αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου αποτελεί η μελέτη των φυσικών παραμέτρων οι οποίες καθορίζουν την ποιότητα αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον. Σε αυτές τις παραμέτρους εντάσσονται η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα, ο αερισμός και ο θόρυβος. Το θερμικό περιβάλλον όπως αυτό διαμορφώνεται σύμφωνα με τη θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα (καθώς επίσης και από την ταχύτητα του αέρα και τη ακτινοβολούμενη θερμοκρασία) διαμορφώνει ποικιλότητες και σημαντικά την ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Το παραπάνω συμβαίνει διότι είτε πολλά παράπονα που σχετίζονται με τη φτώχη ποιότητα εσωτερικού αέρα (ΠΕΑ) μπορούν να επιλυθούν με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα, είτε οι ένοικοι των κτιρίων που δεν αισθάνονται θερμικά άνετα διαθέτουν μικρότερη ανοχή σε άλλες οχλήσεις και είτε πάλι ο ρυθμός εκπομπής ρύπων από τα δομικά υλικά, την επίπλωση και τον εξοπλισμό του κτιρίου είναι συχνά υψηλότερος σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Η υγρασία, αυτή καθαυτή, είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη μικροβιολογικής ρύπανσης όπως μυκήτων και ακαριών. Υπό αυτή την έννοια, στο κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζεται η θεωρία της θερμικής άνεσης, το στατικό μοντέλο υπολογισμού της θερμικής άνεσης, οι δείκτες θερμικής άνεσης και το μοντέλο προσαρμογής. Στη συνέχεια καταδεικνύονται τα συμπτώματα υγείας που παρουσιάζονται όταν οι τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας δεν βρίσκονται σε αποδεκτά επίπεδα.

Ο αερισμός διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη ικανοποιητικής ΠΕΑ είτε παρέχοντας το απαιτούμενο οξυγόνο για το μεταβολισμό είτε απομακρύνοντας και διαλύοντας τους ρύπους των εσωτερικών χώρων. Στόχο του κεφαλαίου αποτελεί η επισήμανση και κατανόηση του ρόλου του αερισμού στην ΠΕΑ και της σχέσης του με τη διασφάλιση υγιεινού περιβάλλοντος στα κτίρια. Η φιλοσοφία των σημερινών πρακτικών αερισμού (φυσικού και μηχανικού), οι νέες τάσεις και ο υπολογισμός του απαιτούμενου ρυθμού αερισμού και της αποτελεσματικότητας του και θα αποτελέσουν κύρια θέματα του κεφαλαίου.

Τέλος, το κεφάλαιο καταλήγει καταδεικνύοντας τον κρίσιμο ρόλο που παίζει μία ακόμη φυσική παράμετρος που καθορίζει την ποιότητα αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον, αυτή του θορύβου. Ο θόρυβος επηρεάζει με διττό τρόπο την ΠΕΑ είτε άμεσα ως αυτή καθαυτή όχληση των ενοίκων του κτιρίου είτε έμμεσα ως σύνδεσή του με τον αερισμό (μηχανικό και φυσικό). Παρατίθενται οι επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία και άνεση των χρηστών των κτιρίων και καταγράφονται οι πηγές θορύβου με έμφαση το εξωτερικό περιβάλλον, που καθορίζει τον τρόπο φυσικού αερισμού των ενοίκων, και το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού.

Λέξεις κλειδιά: *θερμική άνεση, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, αερισμός, θόρυβος*

2. Θερμική άνεση

Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός ενός κτιρίου θα πρέπει να έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο εσωτερικό του. Οι παράμετροι που θα μας απασχολήσουν σε αυτή την ενότητα οριοθετούν τη θερμική άνεση στο εσωτερικό του κτιρίου. Ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες. [1] Από τον ορισμό της θερμικής άνεσης είναι εμφανές ότι η κατάσταση στην οποία ένα άτομο αισθάνεται θερμικά άνετα έχει υποκειμενικό χαρακτήρα. Έτσι στον ίδιο χώρο είναι δυνατόν κάποιο άτομο να εκφράζει την ικανοποίησή του για τις

θερμικές συνθήκες, ενώ κάποιο άλλο άτομο τη δυσαρέσκειά του. Η λέξη άνεση εμπεριέχει ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων που την ορίζουν κάθε φορά για κάθε άτομο. Πέρα από τους παράγοντες που συνδέονται με την κοινωνική και ψυχολογική κατάσταση του ατόμου, προκειμένου να αξιολογηθεί η θερμική άνεση και επομένως να αποκτήσει και αντικειμενικό χαρακτήρα, ορίστηκαν οι φυσικές παράμετροι οι οποίες την επηρεάζουν (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμική άνεση.

1. Φυσικές παράμετροι
<ul style="list-style-type: none">○ Θερμοκρασία του αέρα [$^{\circ}\text{C}$]○ Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών [$^{\circ}\text{C}$]○ Η υγρασία και η σχετική υγρασία του αέρα [Pa]○ Η ταχύτητα του εσωτερικού αέρα [m/s]○ Χωροταξική κατανομή των παραπάνω μεγεθών
2. Βιολογικές παράμετροι
<ul style="list-style-type: none">○ Το φύλλο των χρηστών του χώρου○ Η ηλικία των χρηστών του χώρου○ Οι συνήθειες των χρηστών του χώρου
3. Εξωτερικές παράμετροι.
<ul style="list-style-type: none">○ Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου [met] (1 met = 58,15 W/m²)○ Ο τύπος του ρουχισμού των χρηστών του χώρου [clo] (1 clo = 0,155 m² °C/W)

Όλες οι παραπάνω παράμετροι, και κυρίως οι φυσικές, επηρεάζουν τη ροή ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας από τον άνθρωπο προς το περιβάλλον και αντίστροφα. Ο άνθρωπος διαθέτει μηχανισμούς, οι οποίοι έχουν ως στόχο τη διατήρηση της θερμική κατάσταση του σώματος σταθερή και την προσαρμογή της στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Εξισορροπώντας τα θερμικά κέρδη και τις απώλειες θερμότητας (μεταβολισμός, εφίδρωση), το σώμα μας καθορίζει την αναφερθείσα ροή θερμότητας.

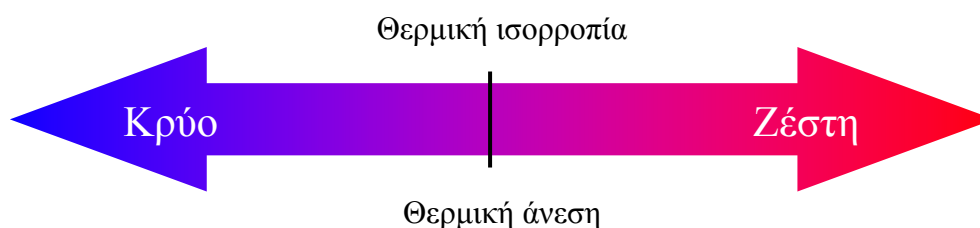
2.1. Η φυσιολογία της θερμικής άνεσης

Το ανθρώπινο σώμα διαθέτει ένα αποτελεσματικό σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας, η οποία διατηρείται περίπου στους 37 °C. Όταν η θερμοκρασία του σώματος αρχίσει να αυξάνεται, είτε λόγω κλιματολογικών συνθηκών είτε λόγω έντονης δραστηριότητας, δύο μηχανισμοί ενεργοποιούνται για την ελάττωσή της. Πρώτον, τα αιμοφόρα αγγεία διαστέλλονται αυξάνοντας τη ροή του αίματος στο δέρμα, ώστε να αυξηθούν οι απώλειες μέσω αγωγής και ακτινοβολίας και δεύτερον αρχίζει η λειτουργία της εφίδρωσης. Η εφίδρωση και το αποτέλεσμά της, η ψύξη μέσω εξάτμισης, είναι ο βασικός μηχανισμός ψύξης του δέρματος. Η αύξηση ενός βαθμού στη θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος, μπορεί να ενεργοποιήσει το μηχανισμό της εφίδρωσης που τετραπλασιάζει τη μετάδοση θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα προς το περιβάλλον.

Όταν η θερμοκρασία του ανθρωπίνου σώματος αρχίσει να μειώνεται, τα αιμοφόρα αγγεία συστέλλονται, μειώνοντας τη ροή του αίματος στο δέρμα, ώστε να μειωθεί η απώλεια θερμότητας μέσω αγωγής και ακτινοβολίας. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος αυξάνεται με την αύξηση των εσωτερικών καύσεων, την ενεργοποίηση των μυών και την εμφάνιση ρίγους. Η κίνηση αυτή των μυών αυξάνει τις καύσεις, άρα και την παραγόμενη από το σώμα θερμότητα.

Το σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματος λαμβάνει υπόψη εκτός από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος και τα αισθητήρια όργανα του υποθαλάμου. Τα αισθητήρια όργανα του υποθαλάμου είναι υπεύθυνα για την ενεργοποίηση των μηχανισμών ψύξης του σώματος, όταν η θερμοκρασία του ξεπεράσει τους 37 °C. Τα αισθητήρια όργανα του δέρματος ενεργοποιούν τους αμυντικούς μηχανισμούς του σώματος, όταν η θερμοκρασία του μειωθεί κάτω από τους 34 °C. Τα αποτελέσματα λοιπόν της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων γίνονται αισθητά από τις μεταβολές της θερμοκρασίας του δέρματος και το είδος των σημάτων που λαμβάνει ο εγκέφαλος από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος.

Ο άνθρωπος θεωρεί το περιβάλλον του θερμικά άνετο όταν δεν υπάρχει κάποιο σήμα από τα αισθητήρια όργανα για πτώση ή άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος. Αυτή η κατάσταση μπορεί να περιγραφεί ως θερμική ισορροπία (Σχήμα 1). Έτσι, σε μια τέτοια κατάσταση ένα άτομο δεν αισθάνεται ούτε κρύο ούτε ζέστη.



Σχήμα 1. Κατάσταση θερμικής ισορροπίας.

Σύμφωνα με τη φυσιολογία, η θερμοκρασία του δέρματος είναι ο κατάλληλος δείκτης για τη θερμική αίσθηση του περιβάλλοντος. Η θερμική άνεση όμως είναι μια ολοκληρωτική μονάδα και απεικονίζει τη συνολική θερμική κατάσταση του σώματος. Συμπληρωματικά, έχει προταθεί η εισαγωγή και άλλων φυσικών παραμέτρων για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης όπως:

- Η μέση θερμοκρασία δέρματος.
- Ο ρυθμός εφίδρωσης.
- Η ξηρότητα του δέρματος.

2.2. Μοντέλα υπολογισμού της θερμικής άνεσης

Η θερμική ισορροπία του σώματος είναι μια δυναμική κατάσταση μεταξύ της παραγόμενης θερμότητας (ως αποτέλεσμα του ανθρώπινου μεταβολισμού) και της θερμότητας που μεταδίδεται με μεταφορά, αγωγή, ακτινοβολία και εξάτμιση από ή προς το περιβάλλον. Το θερμικό ισοζύγιο ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον ρυθμίζεται από τη Σχέση 1. [2]

$$M - W = H + E_C + C_{res} + E_{res} \quad (1)$$

όπου:

M: ρυθμός μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο, μέσω αερόβιων και αναερόβιων διεργασιών μέσα στο σώμα [W/m^2].

W: το ωφέλιμο μηχανικό έργο [W/m^2].

H: οι απώλειες ενέργειας υπό την μορφή θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος μέσω αγωγής, συναγωγής και ακτινοβολίας [W/m^2].

E_C : το ποσό της θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας [W/m^2].

C_{res} : το πόσο της θερμότητας που απάγεται με αγωγή κατά την αναπνοή [W/m^2].

E_{res} : το ποσό της θερμότητας που απάγεται λόγω εξάτμισης κατά την αναπνοή [W/m^2].

Η Σχέση 1 είναι ένα εργαλείο υπολογισμού της θερμικής άνεσης που μπορεί να επιτευχθεί σε ένα χώρο, μετρώντας ή γνωρίζοντας τις φυσικές παραμέτρους του Πίνακα 1. Ο υπολογισμός της θερμικής άνεσης με βάση αυτή την εξίσωση ανήκει στον P.O. Fanger (1970) και θεωρείται ο πρόδρομος και άλλων εξισώσεων ή μοντέλων υπολογισμού της θερμικής άνεσης.

Η ικανοποίηση της εξίσωσης της θερμικής άνεσης είναι μία συνθήκη για την επίτευξη θερμικής ευεξίας. Ωστόσο, η εξίσωση παρέχει πληροφορίες μόνο για το πώς οι παράμετροι πρέπει να συνδυαστούν ώστε να δημιουργηθούν συνθήκες θερμικής ευεξίας στο εσωκλίμα. Ως εκ τούτου, δεν είναι κατάλληλη άμεσα για την εξακρίβωση της αίσθησης ενός τυχαίου θερμικού περιβάλλοντος από τους χρήστες των κτιρίων όπου οι παράμετροι δεν ικανοποιούν την εξίσωση θερμικής άνεσης. Για τον παραπάνω λόγο, ο P.O. Fanger ακολούθησε μια πειραματική διαδικασία με στόχο τη δημιουργία ενός απλού δείκτη για τον χαρακτηρισμό των θερμικών συνθηκών ενός χώρου. Συγκεκριμένα, ανέπτυξε το δείκτη της μέσης προβλεπόμενης τιμής ψηφοφορίας PMV (Predicted Mean Vote) και το δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων ή αλλιώς δείκτη PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people). Οι δύο αυτοί δείκτες, ως συνέχεια της θεωρίας του P.O. Fanger, καθιστούν εύκολη την εξαγωγή συμπερασμάτων για την αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος που επικρατεί σε ένα χώρο. Οι δύο αυτοί δείκτες είναι σύνθετες μαθηματικές σχέσεις που λαμβάνουν υπόψη ένα πλήθος παραμέτρων.

Ο δείκτης PMV είναι μια κλίμακα 7 σημείων και αποτελεί τη μέση τιμή εκτίμησης της θερμικής άνεσης από τα άτομα που βρίσκονται μέσα σε ένα χώρο με δεδομένες συνθήκες. Η μηδενική τιμή είναι η τιμή στην οποία το άτομο αισθάνεται άνετα με τις θερμικές συνθήκες.

Η Σχέση 2 δίνει τον υπολογισμό του δείκτη PMV σύμφωνα με τα μεγέθη που εισήχθησαν στην εξίσωση θερμικής άνεσης.

$$PMV = (0,303 * e^{-0,036M} + 0,028) * [(M - W) - H - E_C - C_{res} - E_{res}] \quad (2)$$

Ο δείκτης PMV χρησιμοποιείται ταυτόχρονα με το δείκτη PPD, δηλαδή του ποσοστού των ατόμων που βρίσκονται σε ένα χώρο και δηλώνουν ότι δεν αισθάνονται θερμικά άνετα σε σχέση με το συνολικό αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στον χώρο αυτό.

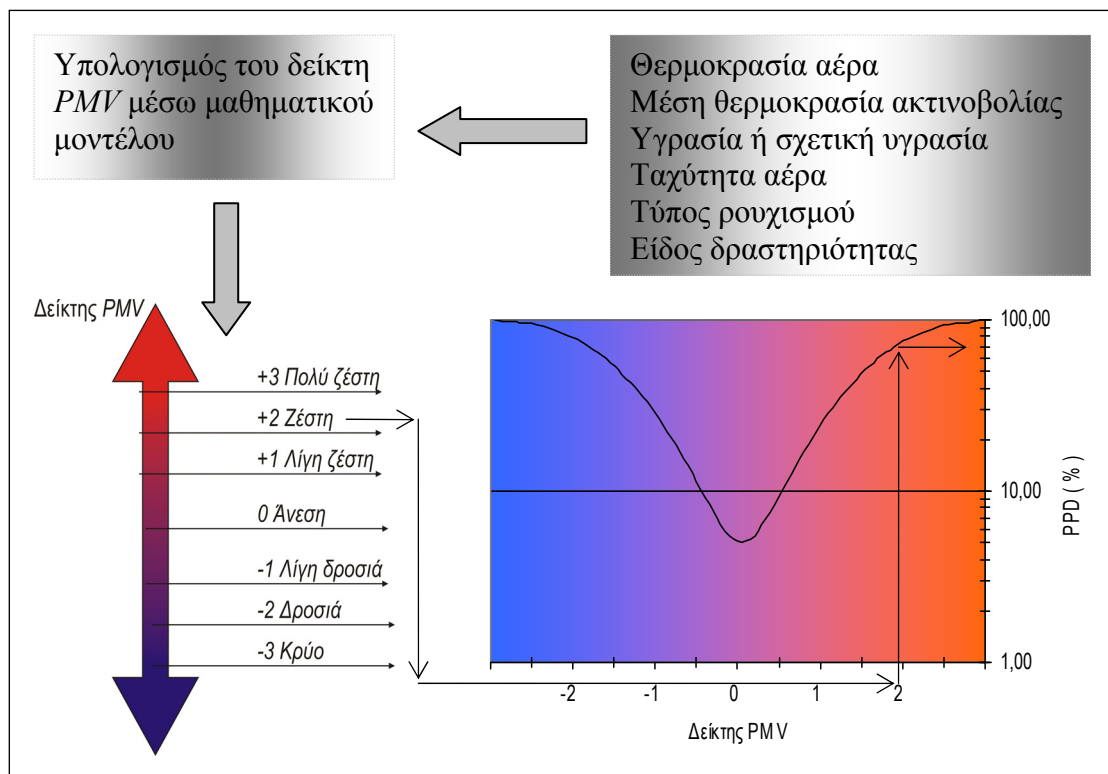
Υπολογίζοντας το δείκτη PMV σύμφωνα με τη Σχέση 2, είναι δυνατόν μέσω του διαγράμματος PPD και με βάση τον τρόπο υπολογισμού που φαίνεται στο Σχήμα 2,

να υπολογιστεί το ποσοστό των δυσαρεστημένων, με τις θερμικές συνθήκες, ατόμων σε ένα χώρο. Σύμφωνα με το διάγραμμα PPD φαίνεται ότι ακόμη και αν ο δείκτης $PMV = 0$, δηλαδή βρισκόμαστε σε κατάσταση θερμικής άνεσης, θα υπάρχει πάντα ένα ποσοστό $PPD = 5\%$ των ατόμων που θα είναι δυσαρεστημένοι με τις θερμικές συνθήκες του εξεταζόμενου χώρου. Επίσης, στις ακραίες τιμές, που είναι $PMV = +3$ ή -3 , ο δείκτης $PPD = 99,12\%$, γεγονός που σημαίνει ότι ακόμη και σε συνθήκες πολύ ζέστης ή κρύου θα υπάρχει πάντα ένα ποσοστό ατόμων, περίπου 1% , που θα είναι ικανοποιημένοι με τις θερμικές συνθήκες. Σε πολλές χώρες όπου έχει γίνει αποδεκτή η θεωρία του Fanger, θεωρείται ότι η κατάσταση που θα επικρατεί σε έναν χώρο θα είναι ικανοποιητική, όταν το ποσοστό των δυσαρεστημένων (PPD) δε θα ξεπερνά το 10% . Η μαθηματική σχέση που συνδέει τους δύο δείκτες είναι:

$$PPM = 100 - 95 * e^{-(0,03353 * PMV^4 + 0,2179 * PMV^2)} \quad (3)$$

Η θεωρία του Fanger και εξισώσεις των PMV και PPD έχουν περιληφθεί σε πολλά πρότυπα που προσδιορίζουν τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη θερμική άνεση. Έτσι, παρουσιάζεται στα παρακάτω πρότυπα:

- Αμερικανική Επιστημονική Εταιρία Θέρμανσης Ψύξης και Κλιματισμού, (ASHRAE, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning).
- Γαλλικό Πρότυπο AFNOR.
- Ελβετικό Πρότυπο SIA 180.
- Διεθνές Πρότυπο ISO 7730.



Σχήμα 2. Ολοκληρωμένο σχήμα υπολογισμού του ποσοστού των δυσαρεστημένων PPD.

Η θεωρία του Fanger για τον υπολογισμό ή καλύτερα τη μοντελοποίηση της θερμικής αίσθησης των ατόμων δεν είναι η μόνη. Οι εξελίξεις τα τελευταία χρόνια έχουν αναδείξει και άλλα μοντέλα υπολογισμού της θερμικής άνεσης ως συνέπεια της κριτικής που έχει δεχθεί η θεωρία του Fanger.

2.3. Το δυναμικό μοντέλο θερμικής άνεσης

Τα υπάρχοντα πρότυπα θερμικής άνεσης διακρίνονται από δύο βασικά χαρακτηριστικά:

- Τη στατική τους μορφή
- Την καθολική τους ισχύ

Θεωρώντας το κτίριο ως ένα σύστημα, το οποίο αλληλεπιδρά με εξωτερικά και εσωτερικά στοιχεία, τα υπάρχοντα πρότυπα θερμικής άνεσης προδιαγράφουν τις 'ιδανικές' συνθήκες θερμικής άνεσης, βασισμένες σε ένα μοντέλο ανταλλαγής θερμότητας του σώματος με το περιβάλλον και δεν εισάγουν καμία ανάδραση στο σύστημα, γεγονός που τα καθιστά στατικά. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή απέχει πολύ από τη δυναμική κατάσταση ενός πραγματικού κτιρίου. Είναι σαφές ότι η εφαρμογή ενός προτύπου που αναπτύχθηκε σε ερευνητικό περιβάλλον, και άρα ελεγχόμενο, δε μπορεί να ανταποκριθεί αξιόπιστα στις πραγματικές συνθήκες ενός δυναμικού εσωτερικού περιβάλλοντος, όπως αυτό των κτιρίων.

Τα σημερινά πρότυπα θερμικής άνεσης ISO 7730 και ASHRAE 55 βασίζονται στο στατικό μοντέλο θερμικής άνεσης, σύμφωνα με το οποίο ο άνθρωπος θεωρείται ως παθητικός αποδέκτης θερμικών ερεθισμάτων και η αλληλεπίδρασή του με το θερμικό περιβάλλον διαμορφώνεται αποκλειστικά με τους νόμους της φυσικής που περιγράφουν το φαινόμενο της μετάδοσης θερμότητας. Η διεθνής εφαρμογή των προτύπων του ASHRAE 55 – 92 και του ISO 7730, ανεξαρτήτως του κλίματος, του γεωγραφικού πληθυσμού και του τύπου του κτιρίου, έχει αναγνωριστεί ως προβληματική ή αυστηρότερα ως λανθασμένη. Έτσι, σήμερα εκφράζονται μεγάλες διαφωνίες από μια μεγάλη μερίδα ερευνητών για την καθολική ισχύ των υπαρχόντων προτύπων θερμικής άνεσης. Ενώ τα πρότυπα λοιπόν, είχαν αναπτυχθεί για κτίρια με κεντρικά συστήματα κλιματισμού, η χρήση τους έχει λάβει γενικό χαρακτήρα και εφαρμόζονται σε όλους τους τύπους κτιρίων, υπό οποιοδήποτε κλίμα και για οποιοδήποτε πληθυσμό.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε η δυναμική θεωρία της θερμικής άνεσης που συμπληρώνει την κλασική αναγνωρίζοντας την ικανότητα του ανθρώπου να προσαρμόζεται στις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες και μάλιστα με μηχανισμούς που ξεπερνούν τη φυσική ή τη φυσιολογία και επεκτείνονται και στην ανθρώπινη ψυχολογία (μοντέλο προσαρμογής).

Η διαφορετική προσέγγιση από τη μέχρι τώρα συμβατική θεωρία της θερμικής άνεσης εισάγει καινούργιους παράγοντες, πέρα από τη φυσική και τη φυσιολογία, που επηρεάζουν τη θερμική αίσθηση και συνεπώς τα αποτελέσματα του προτύπου. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

1. Δημογραφικοί παράγοντες (το φύλλο, η ηλικία, η οικονομική κατάσταση, το μορφωτικό επίπεδο).

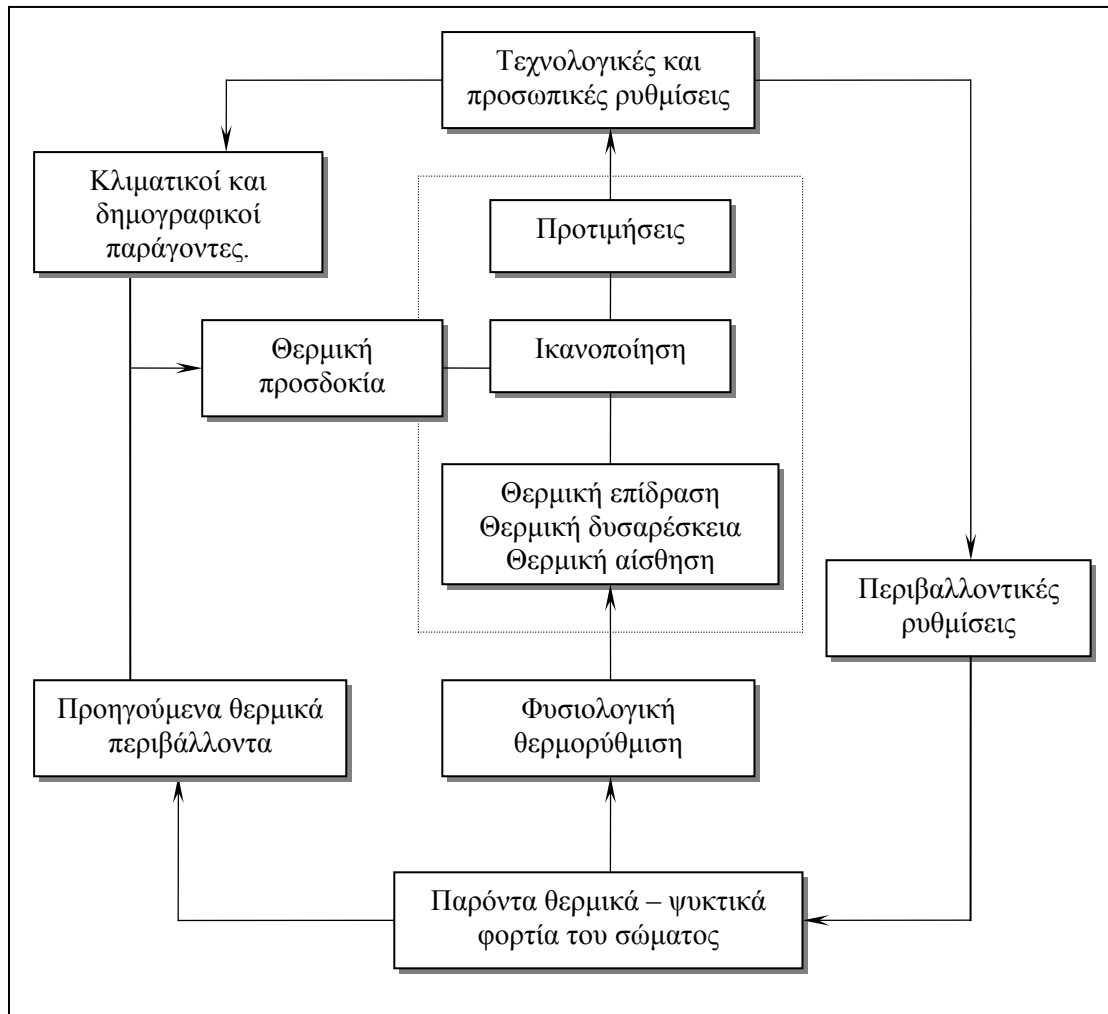
2. Παράγοντες συναφείς με το εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον (το εξωτερικό κλίμα, το τρίπτυχο σχεδιασμός–κατασκευή–λειτουργία του κτιρίου, η εποχή του χρόνου, η θέση του κτιρίου).

3. Παράγοντες συναφείς με τους χρήστες (ο τρόπος αλληλεπίδρασης των χρηστών με το περιβάλλον, ο τρόπος με τον οποίο οι χρήστες μεταβάλλουν τη συμπεριφορά τους όπως ο ρουχισμός ή η δραστηριότητά τους, η σταδιακή προσαρμογή των θερμικών τους προσδοκιών, ώστε να εναρμονίζονται με τα δεδομένα του θερμικού τους περιβάλλοντος).

Ο γενικός όρος της προσαρμογής στις θερμικές συνθήκες μεταφράζεται ως η σταδιακή υποβάθμιση των αποκρίσεων του οργανισμού στα συνεχή θερμικά ερεθίσματα του περιβάλλοντος και περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες στις οποίες καταφεύγει ο χρήστης ενός χώρου (με τις οποίες το εσωτερικό κλίμα προσαρμόζεται στις προσωπικές προτιμήσεις του χρήστη ή στις συλλογικές προτιμήσεις μιας ομάδας χρηστών) ή ως οι αντιδράσεις ή ενέργειες των χρηστών ενός κτιρίου που εξυπηρετούν την επαναφορά της άνεσης μετά από την αλλαγή οποιασδήποτε παραμέτρου προς τέτοια κατεύθυνση, που να προκαλεί δυσφορία ή δυσαρέσκεια. Στην διεθνή βιβλιογραφία παρουσιάζονται τρεις κατηγορίες προσαρμογής:

1. Ρυθμίσεις συμπεριφοράς
2. Φυσιολογικές ρυθμίσεις
3. Ψυχολογικές ρυθμίσεις

Η βασική υπόθεση της θεωρίας προσαρμογής είναι η εξής: η θερμοκρασία και η άνεση που προσδοκούν οι χρήστες του κτιρίου θα μετακινηθούν προς τέτοια κατεύθυνση, που ορίζεται από τις μέσες συνθήκες που βιώνουν οι χρήστες στην καθημερινή τους ζωή μέσα και έξω από το κτίριο (Διάγραμμα 1). [3]



Διάγραμμα 1. Το γενικό θερμικό μοντέλο προσαρμογής ως δυναμικό σύστημα.

3. Θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα

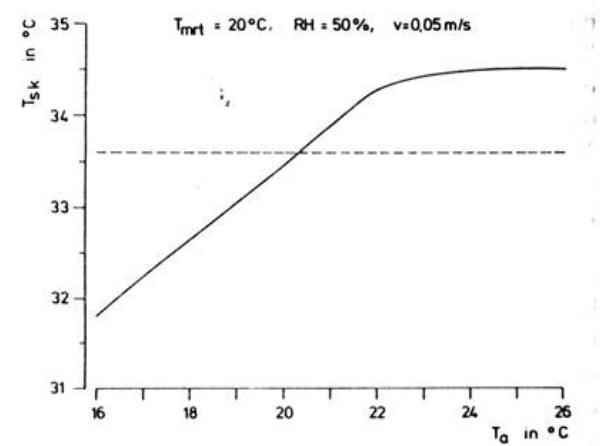
Η θερμοκρασία του αέρα είναι αναμφισβήτητα καθοριστική παράμετρος όταν αναφερόμαστε στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Επηρεάζει την άνεση με πολλούς τρόπους και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες αποτελεί το κλειδί για το ενεργειακό ισοζύγιο μας, την αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος, την άνεση, τη δυσφορία και την αίσθηση της ποιότητας εσωτερικού αέρα. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτιρίων (Πίνακας 2) μπορούν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες: το εξωτερικό περιβάλλον, το σχεδιασμό του κτιρίου και το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού.

Το πρόβλημα που εντοπίζεται στη μελέτη της θερμοκρασίας ως παραμέτρου της θερμικής άνεσης έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει μια τιμή της θερμοκρασίας που να αποτελεί τη βέλτιστη λύση, αλλά ένα πεδίο τιμών της ως συνάρτηση και άλλων παραγόντων. Το σώμα μας αντιλαμβάνεται τη θερμοκρασία του αέρα (και των άλλων παραμέτρων του θερμικού περιβάλλοντος) από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος και του υποθαλάμου ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία του.

Πίνακας 2. Παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου

-
-
- Το εξωτερικό περιβάλλον
 - Ο προσανατολισμός του κτιρίου
 - Τα υλικά κατασκευής και τα υλικά θερμομόνωσης του κτιρίου
 - Ο τρόπος αερισμού του κτιρίου (μηχανικός ή φυσικός)
 - Ο τρόπος σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης ενός μηχανικά αεριζόμενου κτιρίου
 - Ο τρόπος σχεδιασμού ενός φυσικά αεριζόμενου κτιρίου
 - Ο τρόπος σχεδιασμού, κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος θέρμανσης και του συστήματος ψύξης του κτιρίου
 - Ο τύπος και ο αριθμός των ηλεκτρικών συσκευών, μηχανημάτων ή εξοπλισμού γραφείων που υπάρχουν στο κτίριο και παράγουν θερμότητα (π.χ. οθόνες H/Y)
 - Ο τρόπος λειτουργίας του κτιρίου και των συστημάτων αερισμού, θέρμανσης και ψύξης από τους χρήστες του κτιρίου
-
-

Πιο αναλυτικά, η θερμοκρασία επηρεάζει το ανθρώπινο σώμα και τις λειτουργίες ανταλλαγής ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας με το περιβάλλον. Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα τείνει να μειώσει τις απώλειες θερμότητας με αγωγή και ακτινοβολία, ενώ αυξάνονται οι απώλειες θερμότητας λόγω εφίδρωσης. Η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζει και τη μέση θερμοκρασία του δέρματος. Το φυσικό αυτό μέγεθος έχει εισαχθεί για την πληρέστερη αξιολόγηση της θερμικής άνεσης. Έρευνες του P. Hoppe, που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του μαθηματικού μοντέλου M.E.M.I., κατέληξαν στη συσχέτιση της θερμοκρασίας του αέρα και της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος. [4] Όπως παρατηρούμε από το Διάγραμμα 2, η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα t_a οδηγεί σε συνεχή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος έως και τους 21 °C. Η περαιτέρω αύξηση της t_a ενεργοποιεί το μηχανισμό της εφίδρωσης με άμεση συνέπεια τη ψύξη του δέρματος και γι' αυτό το λόγο η κλίση της ευθείας του Διαγράμματος 2 μειώνεται σημαντικά μετά τους 21 °C. Η μέση θερμοκρασία δέρματος που θεωρείται ως φυσιολογική, σε αντιστοιχία με τη θερμοκρασία ισορροπίας του σώματός μας στους 37,6 °C, είναι κοντά στους 33,5 °C, όπως φαίνεται και από την οριζόντια γραμμή του Διαγράμματος 2. Για τη διατήρηση αυτής της μέσης θερμοκρασίας δέρματος η θερμοκρασία του αέρα θα πρέπει να είναι κοντά στους 20 °C.



Συνθήκες μετρήσεων: άνδρας 35 ετών, τύπος ρουχισμού = 1 clo, καθιστική εργασία, μεταβολικός ρυθμός = 60W, μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας $t_{m} = 20^{\circ}\text{C}$, σχετική υγρασία $\text{RH} = 50\%$, ταχύτητα αέρα $v = 0,05 \text{ m/s}$.

Διάγραμμα 2. Μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα t_a και της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος t_{sk}

Δύο μεγέθη που επηρεάζουν επίσης ισχυρά τη θερμοκρασία άνεσης είναι ο τύπος του ρουχισμού και η μεταβολική δραστηριότητα. Στον Πίνακα 3 φαίνεται η μεταβολή της θερμοκρασία άνεσης καθώς μεταβάλλονται τα παραπάνω μεγέθη. [5] Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς είναι το MEMI.

Πίνακας 3. Θερμοκρασία αέρα άνεσης σε σχέση με τη μεταβολική δραστηριότητα και τον τύπο του ρουχισμού

Εργασία	Μεταβολική δραστηριότητα [W]	Ρουχισμός [clo]	Θερμοκρασία άνεσης $T_a(\text{comf})$ [$^{\circ}\text{C}$]
Ηρεμία	0	0,5	31
	0	1,0	29
Καθιστική εργασία	43	0,5	27
	43	1,0	23
Ελαφριά εργασία	100	0,5	22
	100	1,0	16
Έντονη εργασία	20	0,5	12

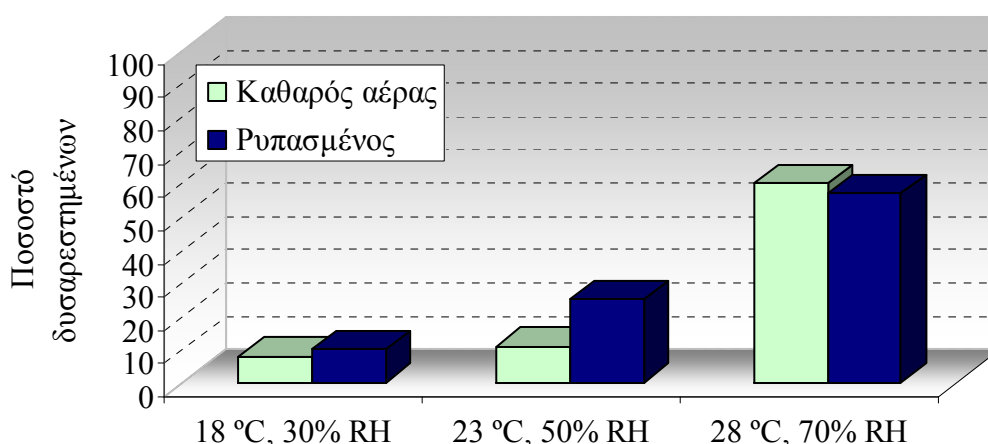
Συνθήκες μετρήσεων: θερμοκρασία αέρα = μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, πίεση ατμών = 10 hPa, ταχύτητα αέρα = 0,1 m/s.

Η προδιαγραφή της θερμοκρασίας άνεσης, γενικότερα, είναι δύσκολη εξαιτίας κυρίως του μεγάλου αριθμού παραγόντων που επηρεάζουν τη διατήρηση μιας θερμοκρασίας σ' ένα χώρο και των παραγόντων που επηρεάζουν την 'καταγραφή' αυτής της θερμοκρασίας ως άνετης ή μη από το σώμα μας.

Η θερμοκρασία του αέρα πέρα από τη θερμική όχληση που προκαλεί στον άνθρωπο έχει αποδειχθεί ότι επιτείνει πολλά από τα συμπτώματα του Συνδρόμου του Άρρωστου Κτιρίου (ΣΑΚ). Το αίσθημα ξηρασίας και ο ερεθισμός των ματιών αποτελούν δύο από τα παραπάνω συμπτώματα. Για παράδειγμα, αυξημένη θερμοκρασία αέρα σε συνδυασμό με αυξημένη ταχύτητα αέρα και χαμηλή υγρασία

προκαλεί αύξηση της εξάτμισης από την επιφάνεια των ματιών, η οποία με τη σειρά της καθιστά τα μάτια πιο ευαίσθητα στα αιωρούμενα σωματίδια και σε άλλους ρύπους. Επιπρόσθετα, έχουν έρθει στο φως μελέτες που συσχετίζουν την αίσθηση της ποιότητας εσωτερικού αέρα με τη θερμοκρασία (και τη σχετική υγρασία). Η αλληλεξάρτηση μεταξύ της ΠΕΑ και του θερμικού περιβάλλοντος αποτελεί την πιο σημαντική αλληλεπίδραση από οποιοσδήποτε άλλες. Σημαντικές μελέτες αποδεικνύουν πως μεταβολές σε οποιονδήποτε παράγοντα μπορεί να προκαλέσουν μεταβολές στην αίσθηση των άλλων. Ως εκ τούτου, μεταβολές είτε της ΠΕΑ είτε του θερμικού περιβάλλοντος επιδρούν στην απόκριση των ανθρώπων. Μεταβολές στη θερμοκρασία (και υγρασία) έχει αποδειχθεί πως επηρεάζουν τις αντιδράσεις των ανθρώπων και την αίσθησή τους σε σχέση με το χημικό περιεχόμενο του αέρα. Αντίστοιχα βέβαια, μεταβολές της ΠΕΑ μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στην αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος από τους ανθρώπους. Οι μελέτες του Fang είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστικές και καταδεικνύουν τη συσχέτιση της θερμοκρασίας (και της υγρασίας) όχι μόνο σε ότι αφορά τη θερμική άνεση αλλά και την αντίληψη της ΠΕΑ. [6,7] Οι εργαστηριακές μετρήσεις αφορούσαν τόσο στην έκθεση μόνο του προσώπου όσο και ολόκληρου του σώματος. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τη σημαντική μείωση της αποδοχής του αέρα όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία. Επίσης, η αποδοχή του αέρα και η ενθαλπία του παρουσιάζουν γραμμική σχέση.

Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται το ποσοστό των δυσαρεστημένων ανθρώπων σε σχέση με την αίσθηση τόσο του καθαρού όσο και του ρυπασμένου αέρα για τρεις κλάσεις ζεύγους τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας: 18 °C – 30%, 23 °C – 50% και τέλος 28 °C και 70%. Στο διάγραμμα φαίνεται καθαρά ότι το ποσοστό των δυσαρεστημένων μειώνεται, όταν ελαττώνεται η θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που ο αέρας είναι ρυπασμένος το ποσοστό των δυσαρεστημένων ανέρχεται σε 25% για θερμοκρασία 23 °C και σχετική υγρασία 50%, τη στιγμή που το ποσοστό αυτό μειώνεται σε 10% αν η θερμοκρασία και σχετική υγρασία πάρουν τιμές 18 °C και 30% αντίστοιχα. Στην περίπτωση της θερμοκρασίας των 28 °C και 70% σχετικής υγρασίας, η μείωση τους θα αποτελούσε ακόμα πιο αποτελεσματικό τρόπο βελτίωσης της ΠΕΑ.



Διάγραμμα 3. Σύγκριση του ποσοστού δυσαρεστημένων σχετικά με την αίσθηση του καθαρού και του ρυπασμένου αέρα για τρεις κλάσεις ζεύγους τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας: 18 °C – 30%, 23 °C – 50% και τέλος 28 °C και 70%.

Τέλος, τα επίπεδα της θερμοκρασίας (και υγρασίας) μπορούν να επιδράσουν αρνητικά και ως προς τον ρυθμό εκπομπής ρύπων από τις πηγές τους. Για παράδειγμα, αυξημένη θερμοκρασία οδηγεί σε αυξημένους ρυθμούς εκπομπής φορμαλδεΐδης από τα υλικά. Αντίστροφα, ο ρυθμός εκπομπής φορμαλδεΐδης είναι μικρότερος όταν τα επίπεδα θερμοκρασίας είναι και αυτά χαμηλότερα. [8] Η σημασία των εσωκλιματικών συνθηκών στα επίπεδα της φορμαλδεΐδης σε ένα τροχόσπιτο υπό ελεγχόμενες συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος παρουσιάζεται στον Πίνακα 4. [9] Η μείωση της θερμοκρασίας από τους 30 °C στους 20 °C με σταθερή σχετική υγρασία στα επίπεδα του 70% οδηγεί σε μείωση της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης κατά 67%. Αντίστοιχα, η ελάττωση της σχετικής υγρασίας από 70% σε 30% με σταθερή θερμοκρασία 30 °C έχει ως επακόλουθο τη μείωση της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης κατά 36%.

Πίνακας 4. Επίδραση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στη συγκέντρωση φορμαλδεΐδης σε ένα τροχόσπιτο υπό ελεγχόμενες εσωκλιματικές συνθήκες

Θερμοκρασία °C ±1	Σχετική υγρασία % ±5%	Συγκέντρωση φορμαλδεΐδης (ppm)	Ποσοστό επί της μέγιστης τιμής (%)
30	70	0,36	100
25	70	0,29	81
30	50	0,28	78
30	30	0,23	64
25	50	0,17	47
25	30	0,14	39
20	70	0,12	33
20	50	0,09	25
20	30	0,07	19

Γενικότερα, η εκπομπή ρύπων από τα υλικά είναι αποτέλεσμα διάφορων διεργασιών μεταφοράς μάζας που δημιουργούν ένα σύνθετο φαινόμενο. Ωστόσο, η εκπομπή ρύπων μπορεί να θεωρηθεί ότι πηγάζει από δύο κύριες διεργασίες, τη διάχυση μέσα στο υλικό και τις εκπομπές στην επιφάνειά του. Η διάχυση μέσα στο υλικό είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης, της πίεσης, της θερμοκρασίας ή της βαθμωτής μεταβολής της πυκνότητας. Οι εκπομπές μεταξύ επιφάνειας και του υπερκείμενου αέρα εξαρτώνται από διάφορους μηχανισμούς όπως η εξάτμιση και η συναγωγή. Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής έρευνας υποδηλώνουν ότι τόσο η θερμοκρασία όσο και η σχετική υγρασία έχουν σημαντική επίδραση στις εκπομπές από τα χρώματα και το βερνίκι. [10] Ανάλογα, στο εύρος 30-70% σχετικής υγρασίας, η αύξηση της τελευταίας αυξάνει σημαντικά τις χημικές εκπομπές από δύο υλικά με βάση το νερό, το ακρυλικό βερνίκι πατωμάτων και τα χρώματα τοίχου. [11] Ωστόσο, στην ίδια έρευνα η μεταβολή της θερμοκρασίας στο εύρος 18-28 °C έχει μόνο μικρή επίδραση στις εκπομπές από 5 κοινά υλικά των κτιρίων. Η επίδραση τόσο της θερμοκρασίας όσο και της σχετικής υγρασίας στις εκπομπές είναι μεγαλύτερη τις πρώτες ώρες, ενώ μειώνεται σημαντικά με το πέρασ κάποιων ωρών. [11]

4. Σχετική υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα

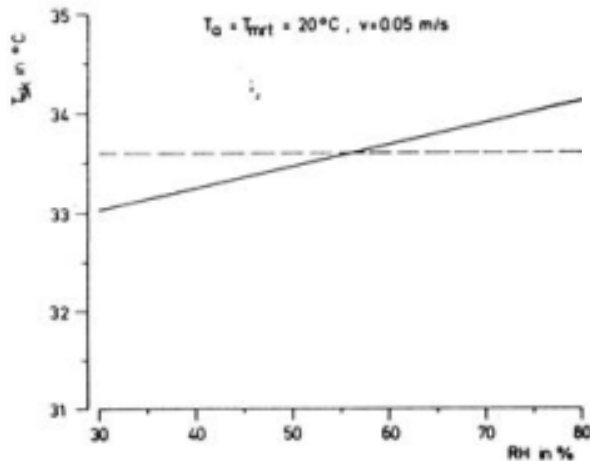
Η υγρασία (μαζί με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας) αποτελεί ένα από τα δυσκολότερα μεγέθη κατά την αξιολόγηση του εσωκλίματος και εκφράζεται με σχετικούς και απόλυτους όρους. Ως ορισμός, η υγρασία είναι το ποσό των υδρατμών που υπάρχει στον αέρα. Η σχετική υγρασία, που χρησιμοποιείται συχνότατα στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης, εκφράζεται ως ποσοστό του κορεσμένου αέρα σε υδρατμούς. Η σχετική υγρασία επενεργεί στην εξάτμιση του νερού από την επιδερμίδα μεταβάλλοντας τη θερμοκρασία του δέρματος και επηρεάζοντας το θερμικό ισοζύγιο του σώματος. Συνοπτικά, η υγρασία του αέρα επηρεάζει τους εξής τρεις μηχανισμούς του σώματός μας:

- το μηχανισμό διάχυσης των υγρών υπό τη μορφή αερίων του σώματός μας μέσω του δέρματος,
- το μηχανισμό εξάτμισης του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος και
- το μηχανισμό ύγρανσης του εισπνεόμενου αέρα.

Οι μηχανισμοί της διάχυσης και της εξάτμισης εξαρτώνται άμεσα από τη σχετική υγρασία του αέρα. Αν το περιεχόμενο του αέρα είναι υψηλό σε υδρατμούς (σχετική υγρασία μεγαλύτερη από 60–70%) και η θερμοκρασία του αέρα υψηλή, το σώμα μας ενεργοποιεί το μηχανισμό της εφίδρωσης. Ωστόσο, η εξάτμιση του ιδρώτα είναι αδύνατη σε αέρα με υψηλό περιεχόμενο υδρατμών και έτσι ο ιδρώτας παραμένει στο δέρμα διαβρέχοντάς το. Η κατάσταση αυτή οδηγεί το σώμα μας στο να αισθάνεται τον αέρα πιο ζεστό απ' όσο πραγματικά είναι και η ατμόσφαιρα να μοιάζει να είναι κολλώδης. Αντίθετα, το μικρό περιεχόμενο υδρατμών του αέρα (σχετική υγρασία μικρότερη από 30%) καθιστά εφικτή την εξάτμιση μεγάλων ποσοτήτων υγρών, άρα και του ιδρώτα του δέρματος.

Πέρα από τις παραπάνω επιδράσεις της υγρασίας, περαιτέρω έρευνες έχουν γίνει για την εξακρίβωση της σχέσης των τιμών της σχετικής υγρασίας με το δέρμα και την αναπνευστική οδό. Το Διάγραμμα 4 παρουσιάζει τη μέση θερμοκρασία του δέρματος σε σχέση με τη μεταβολή της σχετικής υγρασίας. Στο διάγραμμα φαίνεται καθαρά η μικρή επίδραση της σχετικής υγρασίας στη μέση θερμοκρασία του δέρματος (50% μεταβολή σχετικής υγρασίας, επιφέρει μεταβολή 1,2–1,3 °C της μέσης θερμοκρασίας δέρματος). [4]

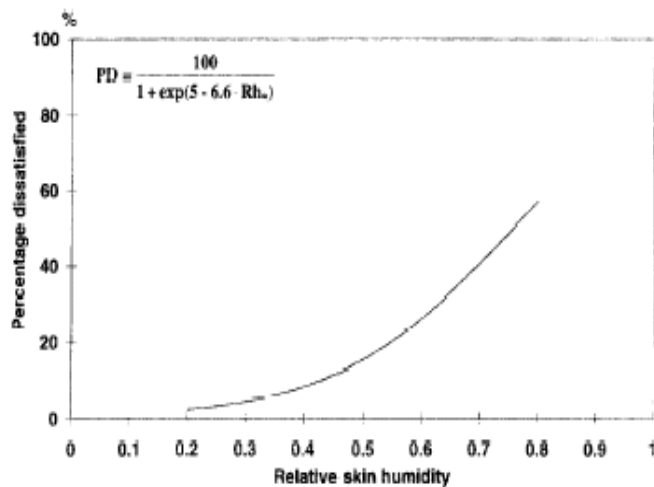
Σε γενικές γραμμές, η ανοσοποιητική ικανότητα του δέρματος μειώνεται όταν το δέρμα δεν υγραίνεται επαρκώς. Απ' την άλλη μεριά, το αίσθημα της δυσαρέσκειας εμφανίζεται όταν το δέρμα είναι έντονα βρεγμένο υπό την παρουσία υψηλών θερμοκρασιών, υψηλής σχετικής υγρασίας και δραστηριότητας εντονότερης της καθιστικής. Η έννοια της διαβροχής του δέρματος μελετάται από το 1937, χρονιά κατά την οποία ο Gagge έδωσε τον παρακάτω ορισμό: 'η διαβροχή του δέρματος είναι η διαφορά μεταξύ της πραγματικής απώλειας θερμότητας λόγω εξάτμισης του ιδρώτα προς τη μέγιστη που μπορεί να επιτευχθεί υπό τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες'. [12] Εναλλακτικά, η διαβροχή του δέρματος μπορεί να οριστεί λαμβάνοντας υπόψη την επιφάνεια του σώματος που είναι καλυμμένο με ιδρώτα λόγω εφίδρωσης. Η διαβροχή του δέρματος δηλώνει την ένταση που επιβάλλεται στο θερμορυθμιστικό σύστημα του σώματος και αποτελεί πολύ καλό δείκτη δυσαρέσκειας.



Συνθήκες μετρήσεων: άνδρας 35 ετών, τύπος ρουχισμού=1 clo, καθιστική εργασία, μεταβολικός ρυθμός=60W, μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας $t_{tr}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ = θερμοκρασία αέρα t_a , ταχύτητα αέρα $v=0,05\text{m/s}$.

Διάγραμμα 4. Μεταβολή της σχετικής υγρασίας του αέρα και της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος t_{sk}

Οι παραπάνω μηχανισμοί και μεγέθη μελετήθηκαν από τον John Toftum με στόχο τον προσδιορισμό του ορίου διαβροχής του δέρματος και των άνω ορίων σχετικής υγρασίας, ώστε να αποφευχθεί το αίσθημα της δυσαρέσκειας. Τα αποτελέσματα της παραπάνω μελέτης απέδειξαν ότι η κατάσταση του δέρματος είναι λιγότερη αποδεκτή καθώς αυξάνεται η σχετική υγρασία του δέρματος. [13] Το Διάγραμμα 5 αναπαριστά ακριβώς αυτό το συμπέρασμα.

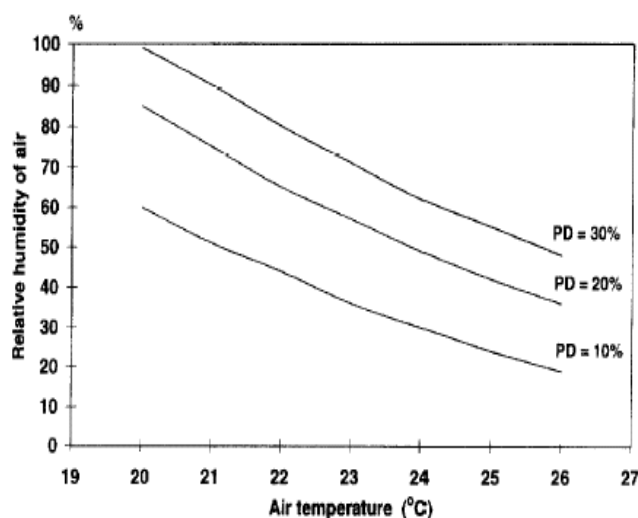


Διάγραμμα 5. Ποσοστό δυσαρεστημένων χρηστών, σε σχέση με τη σχετική υγρασία του δέρματος

Η επίδραση της υγρασίας του αέρα στην αναπνευστική οδό λαμβάνει χώρα για δύο λόγους. Πρώτον, οι βλεννώδεις μεμβράνες της αναπνευστικής οδού ψύχονται κατά την εισπνοή του αέρα. Η ψύξη αυτή παίζει κυρίαρχο ρόλο στην αντίληψη του θερμικού περιβάλλοντος. Δεύτερον, η αναπνευστική οδός δρα ως ένα σύστημα κλιματισμού που ρυθμίζει την υγρασία και τη θερμοκρασία του εισπνεόμενου αέρα, πριν αυτός φτάσει στους πνεύμονες. Το σημείο της αναπνευστικής οδού στο οποίο γίνεται ο κλιματισμός του αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το περιεχόμενο σε υδρατμούς του εισπνεόμενου αέρα. Σε χαμηλούς ρυθμούς αναπνοής και τυπικές τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας, ο κλιματισμός του αέρα γίνεται στο άνω μέρος της αναπνευστικής οδού. Να σημειωθεί ότι ο μηχανισμός της ψύξης μέσω του εισπνεόμενου αέρα είναι ένας πολύπλοκος μηχανισμός στον οποίο λαμβάνει χώρα

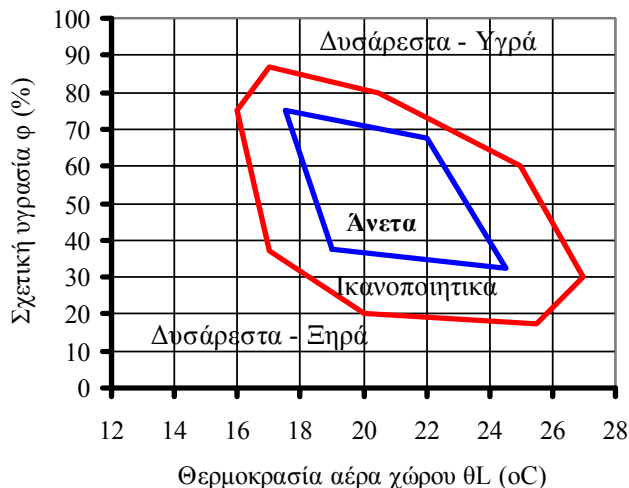
ανταλλαγή ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας μέσω εξάτμισης και μεταφοράς. Σε υψηλή θερμοκρασία και υγρασία η ικανότητα της αναπνευστικής οδού για ψύξη του εισπνεόμενου αέρα μειώνεται και ο αέρας μοιάζει να είναι αποπνικτικός και θερμότερος απ' όσο πραγματικά είναι. Στην περίπτωση κατά την οποία η υγρασία του αέρα είναι πολύ χαμηλή, ο κίνδυνος να ξηραθούν οι βλεννώδεις μεμβράνες είναι μεγάλος. Η ξηρότητα των μεμβρανών μειώνει την προστατευτική τους ισχύ και ο καθαρισμός του αέρα, μαζί με τον κλιματισμό του πριν αυτός φτάσει στους πνεύμονες, που γίνεται στην αναπνευστική οδό δεν είναι δυνατός.

Στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ της υγρασίας και της θερμοκρασίας του αέρα ανάλογα με το ποσοστό των δυσανεσθημένων χρηστών. [14] Η δυσανεσθεια αφορά σ' αυτή την περίπτωση μόνο την αίσθηση που προκαλεί ο αέρας στην αναπνευστική οδό. Το Διάγραμμα 6 επιβεβαιώνει πλήρως τη σχέση ανάμεσα στην υγρασία, στη θερμοκρασία και στη θερμική αίσθηση του αέρα κατά την αναπνοή.



Διάγραμμα 6. Σχέση που συνδέει τη θερμοκρασία του αέρα, τη σχετική του υγρασία και το ποσοστό των δυσανεσθημένων χρηστών που συνδέεται με την αίσθηση του αέρα στην αναπνευστική οδό

Τα αποδεκτά όρια σχετικής υγρασίας του αέρα είναι λιγότερο σαφή από αυτά της θερμοκρασίας με το ανώτερο επιτρεπτό επίπεδό της να εξακολουθεί ακόμη να βρίσκεται υπό μελέτη. Όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας του αέρα, τα αποδεκτά όρια της σχετικής υγρασίας για την επίτευξη θερμικής άνεσης εξαρτώνται από συνδυασμό παραμέτρων. Το ζήτημα της θερμικής άνεσης είναι λοιπόν πολυπαραγοντικό με τη θερμοκρασία του αέρα, ιδιαίτερα, να παίζει κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό της αποδεκτής σχετικής υγρασίας. Ως αποτέλεσμα του παραπάνω γεγονότος, τα διαγράμματα θερμικής άνεσης όπως αυτά της σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση της θερμοκρασίας (Διάγραμμα 7) οριοθετούν το πεδίο θερμικής ευεξίας και προσδιορίζουν το κατάλληλο ζεύγος τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.



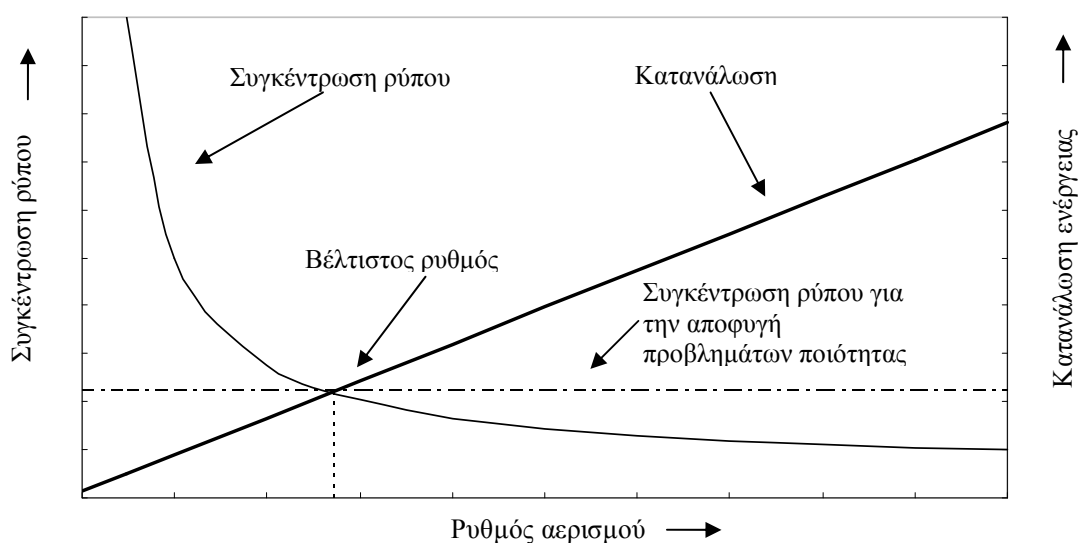
Διάγραμμα 7. Διάγραμμα θερμικής άνεσης θερμοκρασίας και σχετικής

Σε σχέση με την ΠΕΑ, η σχετική υγρασία συνδέεται άμεσα διότι το δέρμα και η αναπνευστική οδός σχετίζονται με τον αέρα και το ποσό των υδρατμών που περιέχει. Αυτό οφείλεται αφενός στο γεγονός ότι η ανοσοποιητική ικανότητα του δέρματος μειώνεται όταν το δέρμα δεν υγραίνεται επαρκώς, αφετέρου διότι η ψύξη των βλεννωδών μεμβρανών της αναπνευστικής οδού διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στην αντίληψη του θερμικού περιβάλλοντος και της ποιότητας του αέρα. Η αίσθηση του 'μπαγιάτικου' αέρα, η εντονότερη αίσθηση διάφορων οσμών, η ξηρότητα του δέρματος που προκαλεί φαγούρα, εξανθήματα και αλλεργικές αντιδράσεις, η δυσφορία από την αύξηση των δυνάμεων συνάφειας μεταξύ του δέρματος και των ινών των υφασμάτων των ρούχων είναι μερικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τη σχετική υγρασία. Η σχετική υγρασία είναι επίσης ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος για την ΠΕΑ για το λόγο ότι πιθανή συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα οδηγεί στην εμφάνιση μούχλας και αποτελεί ευνοϊκό περιβάλλον για το σχηματισμό και την ανάπτυξη μικροοργανισμών που απειλούν την υγεία των ανθρώπων.

5. Αερισμός

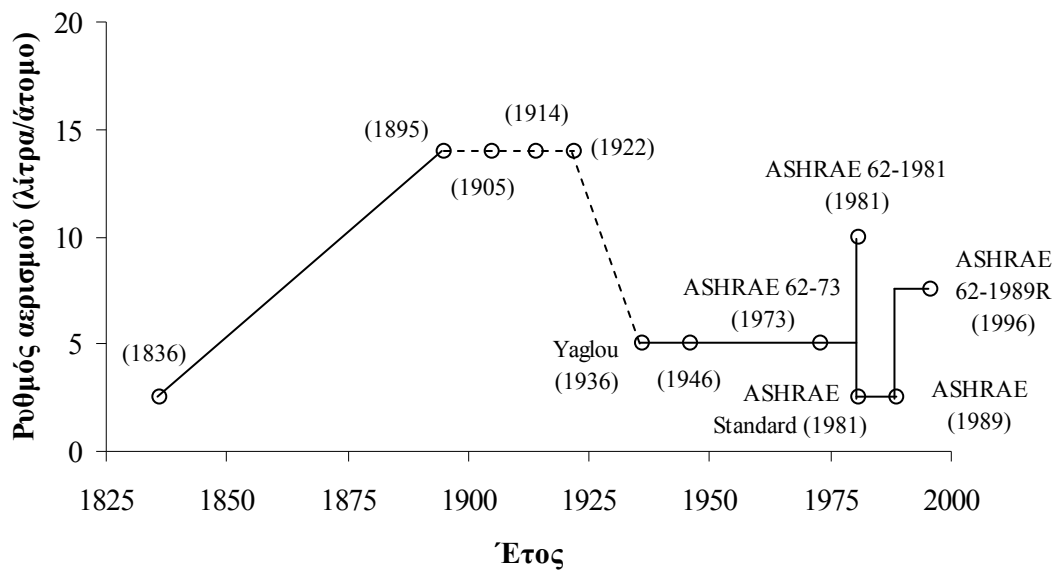
Ο αερισμός είναι ο μηχανισμός κατά τον οποίο παρέχεται καθαρός αέρας σε έναν εσωτερικό χώρο. Ο αερισμός των χώρων ενός κτιρίου έχει ως στόχο να ικανοποιήσει τις ανάγκες των χρηστών του χώρου σε οξυγόνο, να απομακρύνει και διαλύσει τις δυσάρεστες οσμές και ρύπους ελέγχοντας με αυτόν τον τρόπο τη ρύπανση του εσωτερικού χώρου και τέλος να παρέχει θερμική άνεση με βάση το ανθρώπινο ισοζύγιο θερμότητας. Από τους παραπάνω στόχους του αερισμού είναι σαφές πως ο τελευταίος αποτελεί κρίσιμη παράμετρο του σχεδιασμού των κτιρίων για την επίτευξη και διασφάλιση ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα και θερμικής άνεσης. Ως εκ τούτου, ο ανεπαρκής αερισμός συνδέεται με την εμφάνιση συμπτωμάτων υγείας στα κτίρια. Για παράδειγμα, μειωμένος ρυθμός αερισμού σχετίζεται με αυξημένη βακτηριολογική συγκέντρωση. Αν και τα συμπτώματα του Συνδρόμου των Άρρωστων Κτιρίων λαμβάνουν χώρα για οποιοδήποτε ρυθμό αερισμού, η συσχέτιση ρυθμού αερισμού και εμφάνισης συμπτωμάτων υγείας εξασθενίζει όταν ο ρυθμός αερισμού είναι μεγαλύτερος από 10 l/s και άτομο.

Ο απαιτούμενος ρυθμός αερισμού για την επίτευξη ικανοποιητικής ΠΕΑ εξαρτάται από το ποσότητα και τη φύση του ρύπου που βρίσκεται στον χώρο. Ωστόσο, ένας χώρος περιέχει περισσότερους από έναν ρύπους και ένας ρύπος παράγεται συνήθως από περισσότερες από μία πηγές. Συνεπώς, ο ρυθμός αερισμού εξαρτάται από την απαιτούμενη ποσότητα αερισμού για τον έλεγχο του επικρατέστερου ρύπου. Αντίστοιχα η συγκέντρωση του ρύπου είναι συνάρτηση του ρυθμού εκπομπής ρύπων και του ρυθμού με τον οποίο αερίζεται ο χώρος. Η σχέση του ρυθμού αερισμού και της συγκέντρωσης του ρύπου παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 8 στο οποίο φαίνεται πως η αύξηση του ρυθμού αερισμού συνεπάγεται μείωση της συγκέντρωσης του ρύπου. Βέβαια η αύξηση της ποσότητας αέρα οδηγεί αναπόφευκτα σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για τη διαχείρισή του. [15]



Διάγραμμα 8. Ο έλεγχος του επικρατέστερου ρύπου και η σχέση συγκέντρωσης ρύπου, ρυθμού αερισμού και κατανάλωσης ενέργειας

Η σημασία του αερισμού στην επίτευξη ικανοποιητικών επιπέδων ΠΕΑ αντικατοπτρίζεται στην ανάπτυξη οδηγιών και κανονισμών ΠΕΑ για τον προσδιορισμό του ενδεικνυόμενου ρυθμού αερισμού ανά χρήση κτιρίου. Στο Διάγραμμα 9 παρουσιάζεται η μεταβολή του ρυθμού αερισμού στις ΗΠΑ σε σχέση με το χρόνο. [16] Καθώς στο πέρασμα του χρόνου οι δυνατότητες έρευνας των ζητημάτων ΠΕΑ κατέστησαν πιο αποτελεσματικές, νέα και πιο έγκυρα στοιχεία συλλέχθηκαν και οδήγησαν στην αύξηση του ρυθμού αερισμού. Ωστόσο, σύμφωνα και με το Διάγραμμα 9 αυξημένοι ρυθμοί αερισμού συνεπάγονται υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς λόγω των κατά καιρών πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας, ιδιαίτερα τις δύο περιόδους της πετρελαϊκής κρίσης, ακολουθήθηκε η στρατηγική μείωσης του αερισμού για λόγους μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Η ελάττωση του ρυθμού αερισμού συνοδεύτηκε τότε από αύξηση των συμπτωμάτων του ΣΑΚ.



Διάγραμμα 9. Μεταβολή του ρυθμού αερισμού στις ΗΠΑ σε σχέση με το χρόνο

Αν και ο ρυθμός αερισμού δεν επιδρά άμεσα στην υγεία των ανθρώπων, εν τούτοις επηρεάζει τις εσωκλιματικές συνθήκες συμπεριλαμβανομένου και τις συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων που βρίσκονται στο εσωτερικό των κτιρίων οι οποίες είναι ικανές να επιδράσουν στην υγεία και αίσθηση της ΠΕΑ. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται συνοπτικά τα σημαντικότερα ευρήματα σε ότι αφορά τα αποτελέσματα στον άνθρωπο (μεταδοτική ασθένεια του αναπνευστικού ή βραχυχρόνια απουσία, συμπτώματα ΣΑΚ και αίσθηση λιγότερο ικανοποιητικής ΠΕΑ) του ρυθμού αερισμού για ένα σημαντικό αριθμό μελετών. [17] Όσον αφορά τα συμπτώματα του ΣΑΚ, σε 20 από τις 27 ανασκοπημένες μελέτες παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση ενός ή περισσότερων συμπτωμάτων του ΣΑΚ με μείωση του ρυθμού αερισμού. Μάλιστα ο κίνδυνος εμφάνισης συμπτωμάτων του ΣΑΚ μειώνεται ακόμα και αν ο ρυθμός αερισμού υπερβεί τα 9 λ/δευτ. ανά άτομο, που αποτελούν το ελάχιστο όριο που συστήνει το πρότυπο ANSI/ASHRAE Standard 62-1999. Ωστόσο, το όφελος από την αύξηση του ρυθμού αερισμού πέρα από τα 9 λ/δευτ. ανά άτομο είναι λιγότερο σημαντικό σε σύγκριση με αυτό της αύξησης του ρυθμού αερισμού ως 9 λ/δευτ. ανά άτομο. Στο ίδιο μήκος κύματος κινούνται και τα αποτελέσματα που αφορούν στην αίσθηση της ΠΕΑ. Εφτά στις οκτώ μελέτες δείχνουν πως η μείωση του ρυθμού αερισμού χειροτερεύει την αίσθηση της ΠΕΑ σημαντικά ή διαφορετικά η αύξηση του ρυθμού αερισμού επιδρά θετικά στην αίσθηση της ΠΕΑ.

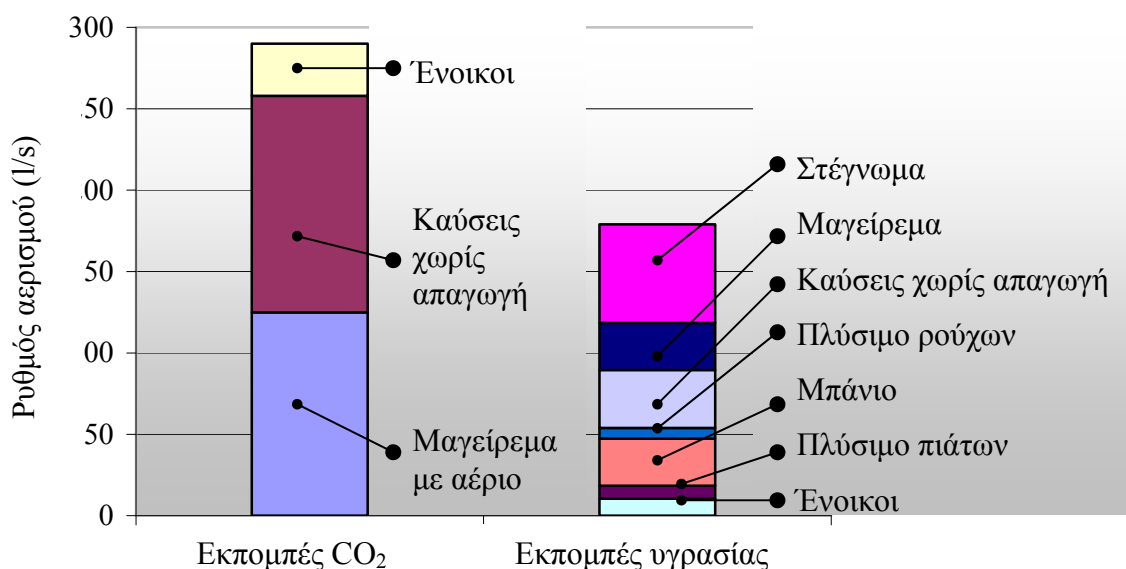
Στην ίδια μελέτη διερευνήθηκε η σχέση της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα και των συμπτωμάτων του ΣΑΚ. Σε περισσότερες από τις 21 μελέτες που ανασκοπήθηκαν, διαπιστώθηκε πως αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί δείκτη της αποτελεσματικότητας του αερισμού, όπου υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα υποδηλώνει ανεπαρκή αερισμό) συσχετίζεται σημαντικά με την αύξηση των συμπτωμάτων υγείας. Ο ρυθμός αερισμού που απαιτείται για τη μείωση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα και της σχετικής υγρασίας στα επιτρεπτά από τους κανονισμούς και τις οδηγίες ΠΕΑ επίπεδα υπολογίστηκε για διάφορες οικιακές δραστηριότητες και παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 10. [18]

Πίνακας 5. Σύνοψη των σημαντικότερων ευρημάτων σε ότι αφορά τα αποτελέσματα στον άνθρωπο του ρυθμού αερισμού

Αποτέλεσμα	Αριθμός μελετών ή αποτιμήσεων	Αριθμός μελετών χειροτέρευσης (βελτίωσης) αποτελέσματος σε χαμηλότερους ρυθμούς αερισμού	Αύξηση αποτελέσματος σε χαμηλότερους (υψηλότερους) ρυθμούς αερισμού
Μεταδοτική ασθένεια του αναπνευστικού ή βραχυχρόνια απουσία	4	4 (0)	51%, 53%, 94%, 120% ως 370% (μη διαθέσιμο)
Συμπτώματα ΣΑΚ	27	20 (3)	Συνήθως 10% ως 100%, >80% σε 9 μελέτες (54% ως 420%)
Αίσθηση λιγότερο ικανοποιητικής ΠΕΑ	8	7 (1)	60% ως 180% (53%)

CO₂: 1000ppm

Σχετική υγρασία: 60%



Διάγραμμα 10. Τυπικοί ρυθμοί αερισμού για τη διαχείριση ποικίλων οικιακών δραστηριοτήτων

5.1. Αποτελεσματικότητα αερισμού

Ωστόσο ο ρυθμός αερισμού, αυτός καθαυτός, δεν αποτελεί το μοναδικό παράγοντα καθορισμού της ικανότητας του αερισμού για την επίτευξη ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα, αλλά η εκπλήρωση των στόχων του επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό και από το προφίλ της ροής του αέρα. [19] Η επάρκεια του αερισμού λοιπόν εξαρτάται τόσο από τον ρυθμό αερισμού όσο και από το προφίλ της ροής του αέρα που είναι αποτέλεσμα των χαρακτηριστικών του χώρου και του συστήματος αερισμού. Για τον λόγο αυτό εισήχθη η έννοια της αποτελεσματικότητας του αερισμού η οποία αφορά ουσιαστικά σε μία σειρά παραμέτρων και δεικτών που χαρακτηρίζουν την ανάμιξη του αέρα και τη διανομή των ρύπων μέσα στο χώρο, δηλαδή το κατά πόσο το σύστημα αερισμού εκπληρώνει τις σχετικές απαιτήσεις. Στην πραγματικότητα αυτό που ενδιαφέρει πρωτίστως είναι η ποιότητα του αέρα στη ζώνη αναπνοής. Ένας τρόπος ποσοτικοποίησης της αποτελεσματικότητας του αερισμού είναι η ικανότητά του να απομακρύνει τους ρύπους που παράγονται στο εσωτερικό ενός χώρου μετρώντας τη συγκέντρωση στην απαγωγή και συγκρίνοντάς την με τη μέση συγκέντρωση στο χώρο. Ωστόσο, επειδή ένα σύστημα αερισμού σπανίως δημιουργεί στο χώρο μια κατάσταση πλήρους ανάμιξης του αέρα και οι πηγές ρύπων δεν είναι γνωστές ή σταθερές, ο τρόπος αυτός δεν είναι πάντα ο καταλληλότερος. Μια άλλη μέθοδος ποσοτικοποίησης της αποτελεσματικότητας του αερισμού είναι η ικανότητα εναλλαγής του αέρα στο χώρο. Γενικότερα λοιπόν η αποτελεσματικότητα του αερισμού βασίζεται στην εκτίμηση της 'ηλικίας' του αέρα και στην κατανομή της συγκέντρωσης του ρύπου στον αέρα. Οι δείκτες αφορούν είτε σε μέσες τιμές στο χώρο είτε σε τιμές σε συγκεκριμένο σημείο ή περιοχή του χώρου. Οι τελευταίοι είναι πολύ σημαντικοί διότι επισημαίνουν περιοχές όπου τοπικά ο αερισμός χαρακτηρίζεται ανεπαρκής. Συνοπτικά, οι σχέσεις των δύο κατηγοριών δεικτών είναι:

Αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης ρύπου (Contaminant Removal Effectiveness, CRE):

$$\circ \text{ Αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης ρύπου} = \frac{\text{Συγκέντρωση στην απαγωγή}}{\text{Μέση συγκέντρωση στο χώρο}}$$

Απόδοση εναλλαγής αέρα (Air Change Efficiency):

$$\circ \text{ Απόδοση εναλλαγής αέρα} = \frac{\text{Ο ελάχιστος δυνατός χρόνος εναλλαγής αέρα}}{\text{Πραγματικός χρόνος εναλλαγής αέρα}}$$

Η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του αερισμού πραγματοποιείται με πειραματικές μεθόδους, ωστόσο η μοναδικότητα κάθε χώρου συχνά περιορίζει την εφαρμογή των αποτελεσμάτων τους ευρέως. Την παραπάνω αδυναμία έρχεται να καλύψει τα τελευταία χρόνια υπολογιστική ρευστομηχανική (Computational Fluid Dynamics) με την οποία μπορούν να προβλεφθούν η ροή αέρα και η μεταφορά ρύπων σε κάθε σημείο ενός χώρου.

5.2. Στρατηγικές αερισμού

Ο αερισμός των χώρων στα κτίρια γίνεται κυρίως με δύο τρόπους: α) τον φυσικό αερισμό με τον οποίο δε γίνεται χρήση μηχανικών μέσων για την ψύξη, τον κλιματισμό, ή την κυκλοφορία του αέρα στους χώρους του κτιρίου αλλά επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του ανέμου και τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ

εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος και β) τον μηχανικό αερισμό με τον οποίο γίνεται χρήση τοπικών ή κεντρικών μηχανικών μέσων για την ψύξη ή τον κλιματισμό ή την κυκλοφορία του αέρα στους χώρους του κτιρίου. Ο φυσικός αερισμός, διαμπερής ή μη, επιτυγχάνεται είτε κατά τη διάρκεια της ημέρας και λειτουργίας του κτιρίου αποσκοπώντας στην απομάκρυνση των ρύπων και των θερμικών κερδών είτε τη νύχτα στοχεύοντας στην ψύξη της θερμικής μάζας του κτιρίου από τον ψυχρό αέρα του περιβάλλοντος και στην αποβολή των ρύπων. Ο φυσικός αερισμός είναι κατάλληλος για τα περισσότερα κτίρια σε περιοχές με ήπιο κλίμα και μακριά από τα αστικά κέντρα. Ωστόσο, η μεγάλη πλειοψηφία των κτιρίων, τουλάχιστον στη Ελλάδα, δε διαθέτει κεντρικό σύστημα αερισμού και ως εκ τούτου ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη μοναδική επιλογή για την επίτευξη θερμικής άνεσης και ικανοποιητικής ΠΕΑ. Ο φυσικός αερισμός ως μοναδική επιλογή επιτείνεται και από το γεγονός ότι στα υφιστάμενα κτίρια η εγκατάσταση κεντρικών μηχανικών συστημάτων καθίσταται δύσκολη πολλές φορές ή και αδύνατη είτε λόγω υψηλού κόστους είτε λόγω προβλημάτων χώρου και σχεδιασμού. Ο φυσικός αερισμός μπορεί να είναι είτε διαμπερής είτε μη διαμπερής. Έχει αποδειχθεί ότι ο διαμπερής αερισμός είναι πιο αποτελεσματικός από το μη διαμπερή. [20] Ωστόσο, οι συνθήκες που επικρατούν στο αστικό δομημένο περιβάλλον συχνά καθιστούν το διαμπερή αερισμό αδύνατο. Το παραπάνω οφείλεται στο γεγονός ότι κατά κανόνα τα κτίρια που βρίσκονται στο κέντρο των πόλεων σπάνια διαθέτουν περισσότερες από μία όψεις εκτεθειμένες στο περιβάλλον.

Παρότι οι σύγχρονες απαιτήσεις αερισμού αξιολογούν υψηλή αξιοπιστία και έλεγχο, ο προσεκτικός σχεδιασμός ενός φυσικά αεριζόμενου κτιρίου είναι ικανός να παρέχει ικανοποιητικές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος. Ο μηχανικός αερισμός επιτυγχάνεται από ένα μεγάλο εύρος συστημάτων και τεχνικών (προσαγωγή αέρα, εξαερισμός, αερισμός εκτόπισης, αερισμός ανάμιξης, έλεγχος απαιτούμενου αερισμού) η επιλογή των οποίων εξαρτάται από οικονομικά, ενεργειακά, κλιματικά και κατασκευαστικά κριτήρια. Ωστόσο αν και θα ήταν λογικό τα κτίρια με κεντρικό μηχανικό σύστημα να παρέχουν καλύτερες συνθήκες ΠΕΑ σε σχέση με τα φυσικά αεριζόμενα κτίρια, αυτό δεν αποτελεί τον κανόνα. Αντιθέτως στατιστικά σημαντικά αυξημένα παρουσιάζονται τα συμπτώματα υγείας στα κλιματιζόμενα κτίρια (με ή χωρίς αφύγρανση) σε σχέση με τα κτίρια στα οποία ο αερισμός επιτυγχάνεται με φυσικό τρόπο. [21] Ομοίως, το ίδιο λαμβάνει χώρα και στη σύγκριση των κλιματιζόμενων κτιρίων σε σχέση με αυτά που διαθέτουν απλό μηχανικό σύστημα αερισμού, δηλαδή στα πρώτα εμφανίζονται πιο συχνά συμπτώματα υγείας από ότι στα δεύτερα. Η αιτία θα πρέπει να αναζητηθεί στο γεγονός ότι τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού μπορούν να ρυπάνουν τους χώρους είτε γιατί μπορεί τα ίδια να είναι ρυπασμένα και να μολύνουν τη ροή αέρα που τα διαπερνά ή να αποτελέσουν την οδό μεταφέροντας ρύπους από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό του κτιρίου ή τέλος να μεταφέρουν από χώρους υψηλής συγκέντρωσης ρύπων, ρύπους σε άλλους χώρους σε περίπτωση που διαθέτουν διάταξη ανακύκλωσης του εσωτερικού αέρα. Επομένως, πρέπει να επισημανθεί πως τα κεντρικά συστήματα δεν επηρεάζουν άμεσα τα συμπτώματα υγείας αλλά μπορεί υπό συνθήκες να αποτελέσουν την οδό για την έκθεση σε ρύπους που επιδρούν στην ανθρώπινη υγεία.

Για πολλά έτη ο μηχανικός και φυσικός αερισμός αναπτύχθηκαν ξεχωριστά, ωστόσο πρόσφατα υπό τον όρο υβριδικά συστήματα αερισμού οι δύο παραπάνω μέθοδοι αερισμού συνδυάζονται εναλλασσόμενες για διαφορετικές ώρες κατά τη διάρκεια μιας ημέρας ή εποχή του έτους. Τα υβριδικά συστήματα αερισμού είναι συστήματα που οι μηχανικές και φυσικές δυνάμεις συνδυάζονται μαζί. Η διαφορά τους από τα

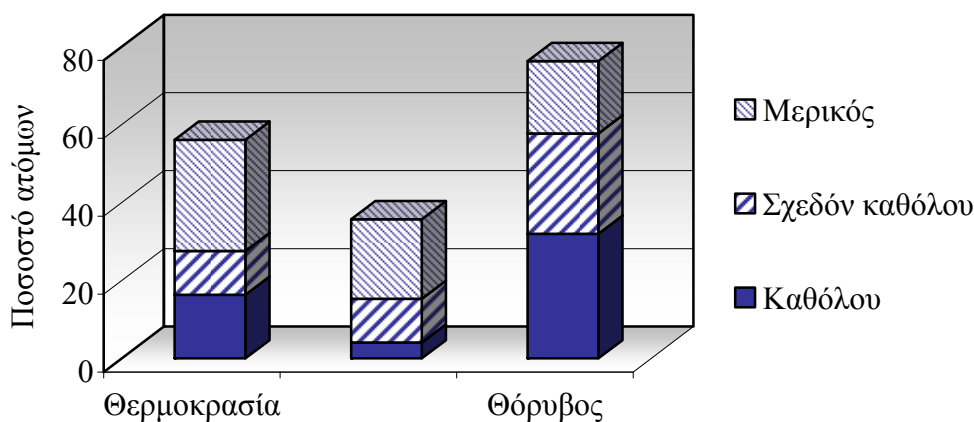
συμβατικά συστήματα είναι ότι είναι «έξυπνα» συστήματα με διατάξεις ελέγχου ώστε με αυτοματοποιημένο τρόπο να εναλλάσσουν τη λειτουργία τους μεταξύ του φυσικού και μηχανικού τρόπου με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και την επίτευξη ικανοποιητικών εσωκλιματικών συνθηκών.

6. Θόρυβος

Ο θόρυβος ορίζεται ως ο ανεπιθύμητος ήχος και συνθέτει παράγοντα όχλησης, επιδρά στην κατανόηση του λόγου και στην παραγωγικότητα και μπορεί να αποτελέσει παράγοντα του ΣΑΚ. Ο θόρυβος προέρχεται είτε από εσωτερικές πηγές όπως το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, την ομιλία και τον εξοπλισμό των κτιρίων είτε από το εξωτερικό περιβάλλον όπως τα αεροπλάνα, τα αυτοκίνητα και άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Ο θόρυβος είναι ασυνεχής ή συνεχής και το εύρος συχνοτήτων ποικίλει καθώς τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού παράγουν ήχους χαμηλής συχνότητας που εκτείνονται στην υποηχητική περιοχή ενώ άλλες πηγές γεννούν ήχους υψηλότερων συχνοτήτων. Η περιγραφή των συμπτωμάτων του ήχου στην υποηχητική περιοχή συχνοτήτων και αυτών του ΣΑΚ παρουσιάζουν ομοιότητες. Σε μελέτες έχουν αναφερθεί συμπτώματα κόπωσης, ίλιγγου, όχλησης, ναυτίας και πρόκλησης αλλεργιών και νευρικής κατάπτωσης από την έκθεση σε συχνοτήτες της υποηχητικής περιοχής. Ο θόρυβος υψηλότερων συχνοτήτων προκαλεί όχληση το μέγεθος της οποίας είναι υποκειμενικό και αυξάνεται με τον χρόνο καθώς δε λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της προσαρμογής. Η όχληση είναι τριών κατηγοριών: υποκειμενική (όχληση συναισθημάτων και διατάραξη ησυχίας), παρεμβολή ή διακοπή δραστηριότητας και έντονη όχληση (η οποία οδηγεί σε συμπτώματα άγχους όπως πονοκέφαλο, κούραση, ερεθιστικότητα και χαμηλό ηθικό). Ο θόρυβος μπορεί ακόμη να δημιουργήσει προβλήματα στην επικοινωνία, ενώ αντίθετα η επίδρασή του στην παραγωγικότητα και απόδοση του ατόμου είναι είτε θετική είτε αρνητική καθώς εξαρτάται από το είδος του θορύβου και της εργασίας.

Ο θόρυβος έχει επηρεάζει και με έμμεσο τρόπο την ΠΕΑ διότι συνδέεται με τη συμπεριφορά των χρηστών του κτιρίου σε σχέση με τον αερισμό (φυσικό και μηχανικό). Σε ότι αφορά το φυσικό αερισμό τα επίπεδα θορύβου του εξωτερικού περιβάλλοντος επηρεάζουν τη συχνότητα και διάρκεια με την οποία αερίζουν το χώρο οι χρήστες του ανοίγοντας τα παράθυρα. Έχει αποδειχθεί πως συχνά οι χρήστες ενός φυσικά αεριζόμενου κτιρίου αποφεύγουν το άνοιγμα των παραθύρων για να μην ενοχλούνται από τους εξωτερικούς θορύβους μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τον ρυθμό αερισμού του χώρου με αρνητικές επιπτώσεις στην ΠΕΑ. Σύμφωνα με σχετική έρευνα που αφορούσε στη δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας, του αερισμού και του θορύβου από τους χρήστες σε ένα φυσικά αεριζόμενο κτίριο που διενεργήθηκε σε ένα κτίριο γραφείων στην πανεπιστημιούπολη της Θεσσαλονίκης με τη χρήση ερωτηματολογίου, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 11 το 76,29% των χρηστών απάντησαν πως δεν έχουν καθόλου, σχεδόν καθόλου ή έχουν μερικό έλεγχο του θορύβου στο εσωτερικό των γραφείων. [22] Την ίδια στιγμή, το 35,71% των ατόμων που ρωτήθηκαν, δήλωσε πως δεν έχει καθόλου, σχεδόν καθόλου ή έχει μερικό έλεγχο του αερισμού. Η αιτία για σημαντικό μέρος του παραπάνω ποσοστού ελλιπούς ελέγχου του αερισμού θα πρέπει να αναζητηθεί στο μη άνοιγμα των παραθύρων για την αποφυγή της ηχητικής όχλησης από το εξωτερικό περιβάλλον. Ο θόρυβος όμως σχετίζεται και με το μηχανικό αερισμό καθώς παράγεται από την εξαναγκασμένη ροή του αέρα στους αεραγωγούς και τους ανεμιστήρες ιδιαίτερα στην περίπτωση των συστημάτων ανακυκλοφορίας του αέρα επιστροφής που συνήθως απαιτείται

υψηλότερη ταχύτητα του αέρα. Η μείωση του θορύβου από τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού δε θα πρέπει να στηριχθεί από στη μεταβολή της ροής του αέρα για να μη δημιουργηθεί κίνδυνος μείωσης της απαιτούμενης ποσότητας αερισμού και κατ' επέκταση υποβάθμιση της ΠΕΑ.



Διάγραμμα 11. Δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας, του αερισμού και του θορύβου από τους χρήστες σε ένα φυσικά αεριζόμενο κτίριο

7. Επίλογος

Η ποιότητα αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος καθορίζεται κυρίως από τέσσερις φυσικές παραμέτρους: τη θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία του αέρα, τον αερισμό και το θόρυβο. Η θερμοκρασία και υγρασία του αέρα σχετίζεται άμεσα με τη θερμική άνεση η οποία επηρεάζει την αίσθηση της ΠΕΑ. Επιπρόσθετα η υγρασία συνδέεται με τη δημιουργία συμπυκνώματος στο κτίριο και τα υποσυστήματά του ενέχοντας τον κίνδυνο σχηματισμού εστιών ανάπτυξης μικροβιολογικής ρύπανσης. Η σημασία του αερισμού είναι έκδηλη στη δημιουργία ικανοποιητικής ποιότητας αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου αποτελώντας χρήσιμο εργαλείο τόσο στην επίτευξη ικανοποιητικής ΠΕΑ όσο και θερμικής άνεσης. Η φιλοσοφία στον σχεδιασμό του αερισμού έγκειται στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας δίχως να θυσιάζεται η επίτευξη ικανοποιητικής ΠΕΑ και θερμικής άνεσης. Ο θόρυβος αποτελεί την τέταρτη φυσική παράμετρο που καθορίζει την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος συντελώντας στην εμφάνιση ή μη συμπτωμάτων υγείας και επηρεάζοντας τον τρόπο αερισμού των κτιρίων.

Εν κατακλείδι, υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός παραγόντων που επιδρά στην ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων. Οι παράγοντες αυτοί συχνά δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους αλλά ο αλληλεπιδρούν στη δημιουργία της ΠΕΑ στα κτίρια. Ως εκ τούτου ο ορθός σχεδιασμός των κτιρίων οφείλει να λαμβάνει υπόψη του όλες τις παραμέτρους που διαμορφώνουν το εσωτερικό περιβάλλον και την διασύνδεσή τους ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι της ικανοποιητικής ΠΕΑ και θερμικής άνεσης.

8. Αναφορές

1. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, Thermal environmental conditions for human occupancy, Atlanta, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.

2. Fanger P. O. (1982), Thermal comfort : analysis and applications in environmental engineering, Krieger Pub. Co
3. de Dear R., Brager G. and Cooper D. (1997), Developing an adaptive model of thermal comfort and preference, ASHRAE Technical Data Bulletin, 14, 27-49
4. Peter Höpfe (1988), Comfort Requirements in Indoor Climate, Energy and Buildings, 11, 1-3, 249-257
5. Peter Höpfe and Ivo Martinac (1998), Indoor Climate and Air Quality, International Journal of Biometeorology
6. Fang, L., Clausen, G. and Fanger, P.O. (1998), Impact of temperature and humidity on the perception of indoor air quality, Indoor Air, 8, 80–90
7. Fang, L., Clausen, G. and Fanger, P.O. (1998), Impact of Temperature and Humidity on Perception of Indoor Air Quality During Immediate and Longer Whole-Body Exposures, Indoor Air, 8, 276–284
8. An Update on formaldehyde (1997), Revision, U.S. Consumer Safety Commission, Washington DC 20207
9. Godish T. (1989), Indoor air pollution control
10. Haghghat F. and De Bellis L. (1998), Material emission rates: literature review, and the impact of indoor air temperature and relative humidity, Building and Environment, 33, 5, 261-277
11. Fang, L., Clausen, G. and Fanger P.O. (1999), Impact of temperature and humidity on chemical and sensory emissions from building materials, Indoor Air, 9, 193-201
12. Δελλής Ν. και Τραγουδάρας Δ. (2002), Ενεργειακοί έλεγχοι, ποιότητα εσωτερικού αέρα και θερμική άνεση σε κτίρια γραφείων, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ, Οκτώβριος
13. Fanger P.O., Toftum J. and Jorgensen A.S. (1998), Upper limits of indoor air humidity to avoid uncomfortably humid skin, Energy and Buildings, 28, 1, 1-13
14. Fanger P.O., Toftum J. and Jorgensen A.S. (1998), Upper limits of indoor air humidity for preventing warm respiratory discomfort, Energy and Buildings, 28, 1, 15-23
15. Liddament M.W. (1996) A guide to energy efficient ventilation, AIVC, Great Britain
16. Awbi B. H.: (1998), Chapter 7 – Ventilation, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2, 157-188
17. Seppanen O., Fisk J.W. and Mendell J. M. (2002), Ventilation rates and health, ASHRAE Journal, 56-58
18. Liddament M.W. (2001), AIVC Technical Note 53, Occupant Impact on Ventilation, Belgium
19. Mundt E., Mathisen H. M., Nielsen P. V. and Moser A. (2004), Ventilation Effectiveness REHVA Guidebook, Federation for European Heating and Air Conditioning Associations

20. Souris G. and Santamouris (1999), 'The problematics of ventilation in buildings: IAQ and Energy', Proceeding of the Workshop on 'Efficient ventilation systems in buildings', CIENE , 10 December 1999, Athens, Greece
21. Seppanen O. and Fisk W. J. (2002), Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers, *Indoor Air*, 12, 98–112
22. Papadopoulos A. and Avgelis A. (2003), Indoor Environmental Quality in Naturally Ventilated Office Buildings and its Impact on their Energy Performance, *The international journal of ventilation*, Vol. 2, Issue 3, December 2003, 203-212

Περαιτέρω βιβλιογραφία

1. Awbi H. (2003), *Ventilation of Buildings*, Spon Press, Great Britain, London
2. Brager G. and de Dear R. (1998), Thermal adaptation in the built environment, 83-96, a literature review. *Energy and Buildings*, 27, 83-96
3. Brager G. and de Dear R. (2002), Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revision to ASHRAE Standard 55-92, *Energy and Buildings*, 34, 6, 549-561
4. de Dear R. and Brager G. (2001), The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment, *International Journal of Biometeorology* 45, 2, 100-108
5. Fanger P.O., Melikov A.K., Hanzawa H. and Ring J. (1988), Air turbulence and sensation of draught, *Energy and Building*, 12, 1, 21-12
6. Fanger P.O and Toftum J. (2002) Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates, *Energy and Buildings*, 34, 533-536
7. Godish T. and JOHN D. Spengler D. J. (1996), Relationships between Ventilation and Indoor Air Quality: A Review, *Indoor Air*, 6, 135-145
8. Nicol J.F., Humphreys M.A. (2002), Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for Buildings, *Energy and Buildings*, 34, 6, 563-572
9. Olesen B.W. and Parsons K.C. (2002), Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730, *Energy and Buildings*, 34, 6, 537-548
10. Spengler D. J., Samet M. J. and McCarthy F. J. (200????), *Indoor air quality handbook*, McGraw-Hill, USA, NY
11. Wargocki P., Sundell J., Bischof W., Brundrett G., Fanger P. O., Gyntelberg F., Hanssen S. O., Harrison P., Pickering A., Seppanen O., and Wouters P. (2002), Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN) *Indoor Air*, 12, 113–128

Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

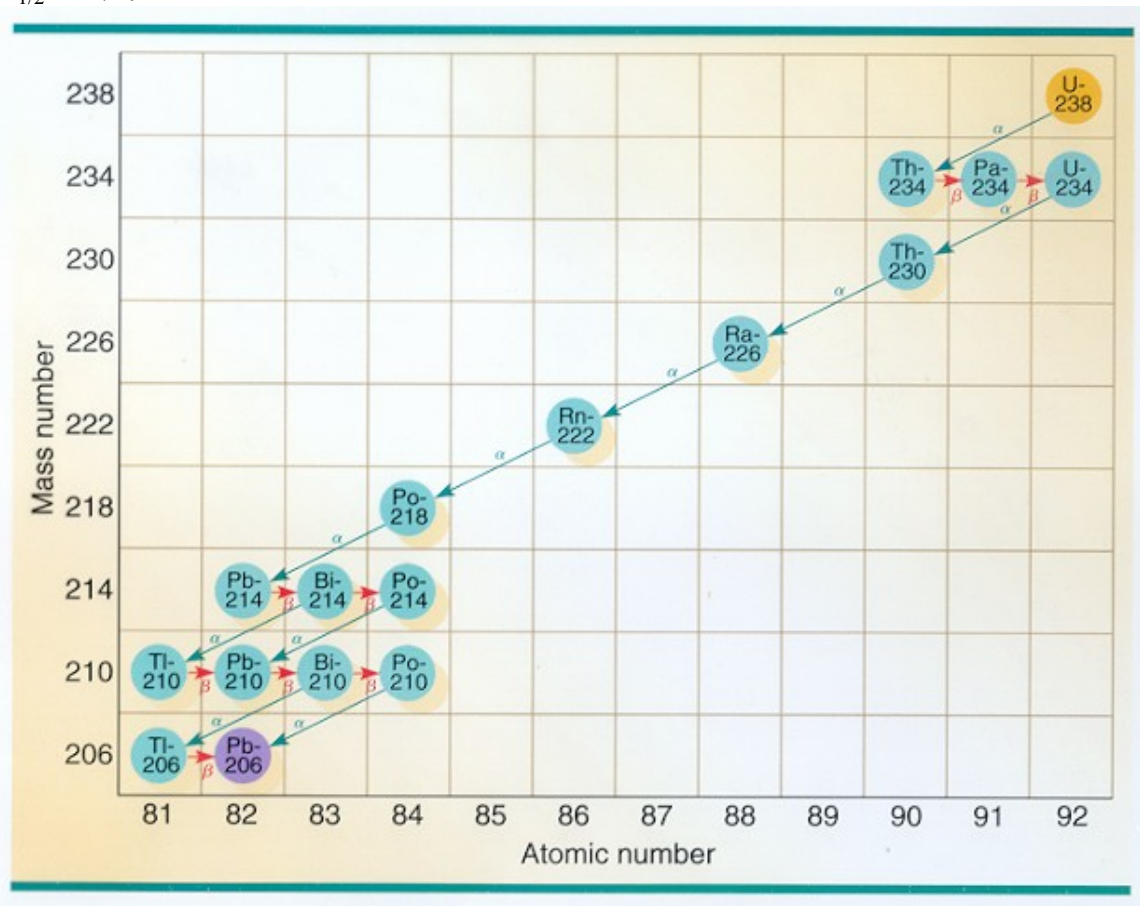
1. Τι ορίζεται ως θερμική άνεση;
2. Ποιοι παράμετροι επηρεάζουν τη θερμική άνεση;
3. Ποιες φυσικές παράμετροι χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης;
4. Περιγράψτε το θερμικό ισοζύγιο ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον.
5. Δώστε τον ορισμό του δείκτη της μέσης προβλεπόμενης τιμής ψηφοφορίας PMV και του δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων PPD.
6. Αν ο δείκτης $PMV = 0$ ή $PMV = +3$ ή -3 σε ποιο συμπέρασμα οδηγούμαστε σε σχέση με το ποσοστό δυσαρεστημένων ατόμων με τις θερμικές συνθήκες;
7. Ποιες ενστάσεις διατυπώνονται σήμερα για τα υπάρχοντα πρότυπα θερμικής άνεσης;
8. Σε τι διαφοροποιείται η δυναμική θεωρία της θερμικής άνεσης από τη στατική;
9. Ποια είναι η βασική συνθήκη που διέπει τη θεωρία της προσαρμογής;
10. Ποιες παράμετροι επηρεάζουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των κτιρίων;
11. Με ποιο τρόπο επηρεάζει η θερμοκρασία του αέρα τη θερμική άνεση;
12. Πως μεταβάλλεται (αυξάνεται ή μειώνεται) η θερμοκρασία άνεσης σε σχέση με τη μεταβολική δραστηριότητα και τον τύπο του ρουχισμού;
13. Με ποιους τρόπους επιδρά η θερμοκρασία στην ΠΕΑ;
14. Αναφέρεται τους μηχανισμούς του σώματος που επηρεάζει η υγρασία του αέρα;
15. Περιγράψτε ένα διάγραμμα θερμικής άνεσης και ποια η ανάγκη προσφυγής σε αυτά;
16. Πως ορίζεται ο αερισμός και ποιος είναι ο ρόλος του;
17. Περιγράψτε τη σχέση συγκέντρωσης ρύπου, ρυθμού αερισμού και κατανάλωσης ενέργειας.
18. Πως μεταβλήθηκε ο ρυθμός αερισμού σε σχέση με το χρόνο και γιατί;
19. Τι περιγράφει η έννοια της αποτελεσματικότητας του αερισμού;
20. Ποιοι είναι οι δείκτες ποσοτικοποίησης της αποτελεσματικότητας του αερισμού και πως ορίζονται;
21. Τι ορίζεται ως φυσικός και μηχανικός αερισμός;
22. Ο διαμεπής ή μη φυσικός αερισμός είναι πιο αποτελεσματικός;
23. Τα κλιματιζόμενα κτίρια με μηχανικά συστήματα παρουσιάζουν πάντοτε λιγότερα συμπτώματα υγείας και γιατί;
24. Τι ορίζεται ως υβριδικό σύστημα αερισμού και ποιο στόχο ικανοποιεί;
25. Τι ορίζεται ως θόρυβος και ποιες είναι οι πηγές του;
26. Ποια είναι η επίδραση στον άνθρωπο του θορύβου υποηχητικών συχνοτήτων και ποια σε υψηλότερες συχνότητες;

27. Πως επιδρά έμμεσα ο θόρυβος στην ΠΕΑ;

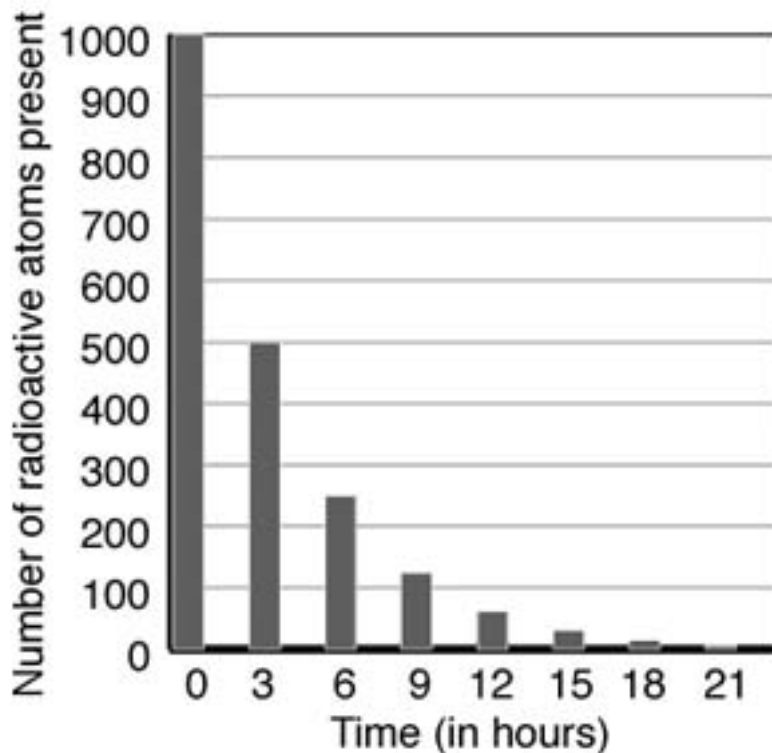
ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΡΑΔΟΝΙΟ-ΠΟΛΩΝΙΟ

[α]ΦΥΣΙΚΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στη φύση υπάρχουν πολλά ραδιενεργά στοιχεία, που μετά από μια σειρά διαδοχικών διασπάσεων καταλήγουν σε σταθερό πυρήνα. Υπάρχουν τέσσερις σειρές ραδιενεργών στοιχείων που τις ονομάζουμε και ραδιενεργές οικογένειες. Στο σχήμα 1 βλέπουμε τη ραδιενεργό σειρά του U238. Ο ραδιενεργός πυρήνας που συναντάμε συχνότερα είναι ο πυρήνας του U238, ο οποίος μετά από μια σειρά 14 διαδοχικών διασπάσεων καταλήγει στο σταθερό ισότοπο Pb210. Ο ρυθμός με τον οποίο διασπώνται οι ραδιενεργοί πυρήνες καθορίζεται από τη σχέση $dN/dt = -\lambda N$ όπου N ο αριθμός των αρχικών ραδιενεργών πυρήνων, dN ο αριθμός των πυρήνων που διασπώνται σε χρόνο dt και λ η σταθερά διάσπασης που είναι χαρακτηριστική του πυρήνα. Αν τη χρονική στιγμή $t=0$ υπάρχουν N_0 ραδιενεργοί πυρήνες με σταθερά διάσπασης λ, μετά από χρονικό διάστημα t θα υπάρχουν $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ραδιενεργοί πυρήνες. Ο χρόνος που χρειάζεται ώστε να απομείνουν οι μισοί πυρήνες, ονομάζεται χρόνος υποδιπλασιασμού. (Σχήμα 2) και είναι ίσος με $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$.



Σχήμα 1 Η αλυσίδα διαδοχικών διασπάσεων του ουρανίου-238



Σχήμα 2 Μείωση της ραδιενέργειας βραχύβιου ισότοπου συναρτήσει του χρόνου

Μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή της ραδιενέργειας είναι η χρονολόγηση αρχαιολογικών και γεωλογικών δειγμάτων με βάση την συγκέντρωση ραδιενεργών ισότοπων, όπως συμβαίνει με το ραδιενεργό ισότοπο του C^{14} που μεταστοιχειώνεται σε N^{14} . Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η περίπτωση του Rn^{222} που βρίσκεται στη ραδιενεργό οικογένεια του U^{238} . Το Rn^{222} είναι αέριο αδρανές, άχρωμο και άοσμο και αποτελεί θυγατρικό του Ra^{226} . Όταν τα πετρώματα μιας περιοχής περιέχουν Ra^{226} το παραγόμενο από τη διάσπαση του Rn^{222} διοχετεύεται στο εσωτερικό των κατοικιών και είναι δυνατόν, μέσω της αναπνευστικής οδού, να περάσει στους πνεύμονες, όπου διασπώμενο δίνει ένα επιβλαβές σωματίδιο α και ένα ραδιενεργό πυρήνα Po^{218} .

[b]ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑ

[b1]ΕΚΘΕΣΗ

Καθορίζεται ως το συνολικό φορτίο ιόντων (ενός προσήμου) που συσσωρεύεται στη μονάδα μάζας ξηρού αέρα σε κανονικές συνθήκες και εκφράζεται ως:

$$X = \Delta Q / \Delta X$$

όπου, ΔQ είναι το ολικό φορτίο, που συσσωρεύτηκε σ' ένα στοιχειώδη όγκο και Δm η μάζα αυτού του όγκου.

Η μονάδα μέτρησης της έκθεσης είναι το Roentgen (R), που ισοδυναμεί με την παραγωγή φορτίου 2.58×10^{-4} Cb/kgf για κάθε σημείο, θετικό ή αρνητικό. Αυτή η τιμή προέρχεται από τον αρχικό ορισμό του Roentgen που καθορίζει τον αριθμό των ηλεκτροστατικών μονάδων φορτίου που συσσωρεύονται σε 1 cm^3 αέρα σε κανονικές συνθήκες.

[b2]ΔΟΣΗ

Το βιολογικό αποτέλεσμα είναι αυτό που συνήθως ενδιαφέρει στην περίπτωση της ιονίζουσας ακτινοβολίας και το οποίο οφείλεται στην ικανότητα της ακτινοβολίας να ιονίσει το “υλικό” των κυττάρων από τα οποία αποτελείται κάποιος ιστός. Η δόση αποτελεί μέτρο του ποσού της ενέργειας της ακτινοβολίας που αποτίθεται σε κάποια μάζα υλικού ή ιστού. Η δόση εξαρτάται από το είδος της ακτινοβολίας, την ενέργειά της, αλλά και από τις φυσικές ιδιότητες του υλικού/ιστού.

[b3]ΑΠΟΡΡΟΦΗΜΕΝΗ ΔΟΣΗ

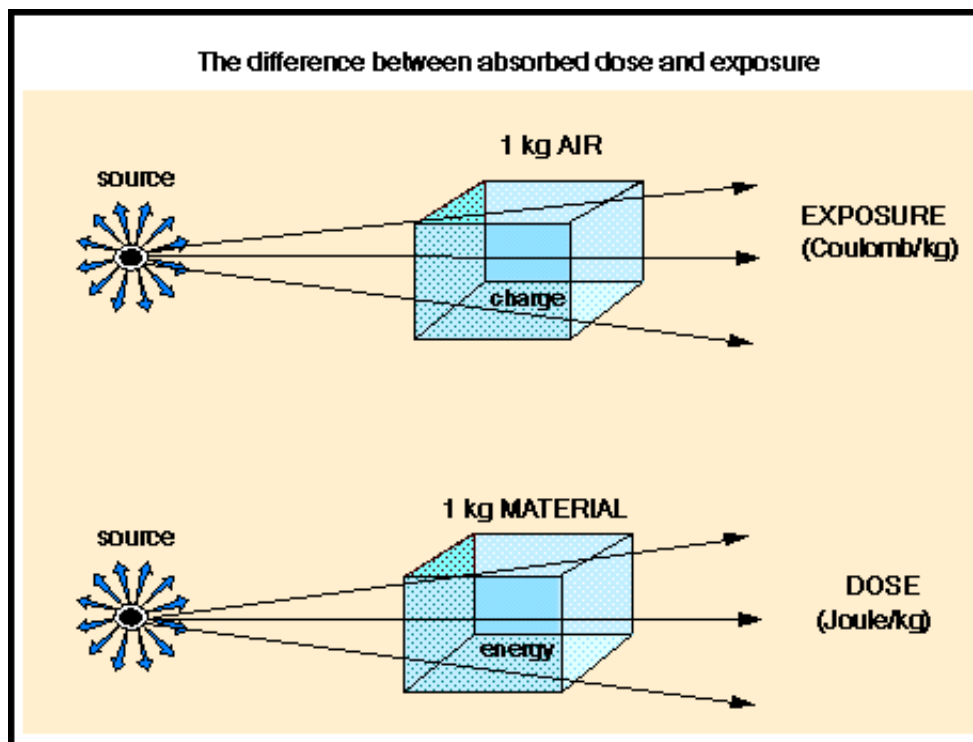
Καθορίζει την ενέργεια, που απορροφήθηκε από το υλικό ή τον ιστό ανά μονάδα μάζας, και εκφράζεται ως:

$$D = \Delta E / \Delta m$$

όπου, ΔE είναι η ενέργεια που συσσωρεύεται σ' ένα στοιχειώδη όγκο και Δm η μάζα αυτού του όγκου.

Ως μονάδα μέτρησης της απορροφημένης δόσης, χρησιμοποιείται στο παρελθόν το rad, το οποίο ορίζεται ως συσσώρευση ενέργειας 10^{-2} Joule/kg. Σήμερα, μονάδα μέτρησης της D αποτελεί το gray (Gy), όπου 1 Gy είναι η συσσώρευση ενέργειας 1 Joule/kg. Και οι δύο μονάδες είναι ανεξάρτητες από τον τύπο της ακτινοβολίας και από το δείγμα που ακτινοβολείται.

Συχνά, είναι απαραίτητο να γνωρίζει κανείς πόσο γρήγορα (με τι ρυθμό) απορροφάται κάποια δόση, για τον λόγο αυτό ορίζεται ως ρυθμός απορροφημένης δόσης η δόση στην μονάδα του χρόνου, με μονάδες το Gy/h.



Σχήμα 3 Η διαφορά μεταξύ απορροφημένης δόσης και έκθεσης

[b4]ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΟΣΗ

Το ερώτημα το οποίο παραμένει, σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι πόση από την απορροφημένη δόση επιφέρει βιολογικό αποτέλεσμα. Η ποσότητα η οποία λαμβάνει υπόψη την εξάρτηση της επίπτωσης από διάφορους παράγοντες, πλην της απορροφημένης δόσης, είναι η ισοδύναμη δόση. Ορίζεται ως το γινόμενο της απορροφημένης δόσης μ' ένα συντελεστή ποιότητας, QF που χαρακτηρίζει την ικανότητα της ακτινοβολίας να προξενεί βιολογικές βλάβες. Έτσι, η ισοδύναμη δόση δίνεται από τη σχέση:

$$DE=D \times QF$$

Για ακτινοβολίες-x, -γ και βήτα, ο συντελεστής αυτός είναι ίσος με τη μονάδα. Για θερμικά νετρόνια είναι περίπου 3, ενώ για σωματίδια α και γρήγορα νετρόνια είναι της τάξης του 10.

Η μονάδα μέτρησης της ισοδύναμης δόσης είναι το rem, και είναι το αποτέλεσμα της δόσης ενός rad, που συσσωρεύεται από ακτινοβολία-x,-γ ή βήτα. Το ίδιο ποσό ενέργειας που συσσωρεύεται από θερμικά νετρόνια, για παράδειγμα, προκαλεί τριπλάσια βλάβη στο βιολογικό δείγμα και η αντίστοιχη DE είναι 3 rem. Όπως και στην απορροφημένη ενέργεια, έτσι και εδώ υπάρχει μια καινούργια μονάδα μέτρησης στο διεθνές σύστημα, γνωστή ως Sievert (Sv). Αυτή, αντιστοιχεί σε αποτέλεσμα απορροφημένης δόσης ενός Gy, με συντελεστή ποιότητας ίσο με την μονάδα. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι μονάδες της ραδιενέργειας, της απορροφημένης και ισοδύναμης δόσης στο διεθνές σύστημα SI.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι Ισοδυναμίες μεταξύ ραδιενεργών μεγεθών

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΣΥΣΤ. (SI)	ΕΜΠΕΙΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΣΧΕΣΗ
Ενεργότητα	Bequerel: 1 διασπ/δευτ.	Curie: 3.7×10^{10} διασπ/δευτ.	$1 \text{ bq} = 0.27 \times 10^{-10} \text{ Ci}$
Απορροφημένη δόση	Gray (Gy): 1 J/kg	Rad: 10^{-2} J/kg	$\text{Gy} = 100 \text{ rad}$
Ισοδύναμη δόση	Sievert (Sv): $1 \text{ Gy} \times \text{QF}$	Rem: $1 \text{ rad} \times \text{QF}$	$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$
Έκθεση	Coulomb/kg: 1 C/kg	Roentgen (R): 2.58×10^{-4} C/kg^1	$1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$

Ο συντελεστής ποιότητας σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο με τον οποίο κατανέμεται η ενέργεια κατά την διαδρομή/τροχιά του σωματιδίου στον ιστό. Αυτό το οποίο διαφοροποιείται κυρίως είναι ο ρυθμός απόθεσης της ακτινοβολίας κατά μήκος της διαδρομής. ενέργειας ενός σωματιδίου, λόγω της δημιουργίας ιόντων, καθώς διαπερνά την ύλη.

[a1]ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗ

Ένα ραδιενεργό στοιχείο μπορεί να εισέλθει στον ανθρώπινο οργανισμό από τη μύτη με εισπνοή, από το στόμα με την πέψη ή με ένεση, και στη συνέχεια να καταλήξει σε κάποιο όργανο. Από τη φυσιολογία, είναι γνωστό ότι ορισμένα στοιχεία τείνουν να συσ-

¹ Το 1 R δημιουργεί 2.58×10^{-4} Cb σε 1 kg αέρα, και το φορτίο ενός ηλεκτρονίου είναι 1.6×10^{-19} C, άρα σχηματίζει 1.61×10^{15} ζευγάρια ιόντων ανά kg αέρα. Η μέση ενέργεια, \overline{E} , που απαιτείται για να σχηματιστεί στον αέρα ένα ζευγάρι ιόντων είναι 33.7 eV. Άρα, 1 R ισοδυναμεί με 5.43×10^{10} MeV/kg ή 0.0087 Joule/kg ή 0.87 rad.

σωρεύονται σε ορισμένα όργανα. Το ιώδιο, για παράδειγμα, συσσωρεύεται στο θυρεοειδή αδένα, ενώ το ασβέστιο στα κόκαλα. Αντίστοιχα και τα ραδιοϊσότοπα του ιωδίου συγκεντρώνονται στο θυρεοειδή και αυτά του ραδίου και του πλουτωνίου, τείνουν να συσσωρευτούν στα κόκαλα.

Το ποσοστό ορισμένης ουσίας που μπαίνει στον οργανισμό και συσσωρεύεται σε ορισμένο όργανο, παριστάνεται με την παράμετρο q , που ονομάζεται συνάρτηση συγκράτησης. Η αριθμητική τιμή της q , εξαρτάται βασικά από την οδό έκθεσης, δηλαδή από το αν η ουσία απορροφήθηκε από τον οργανισμό μέσω της εισπνοής ή της γαστρεντερικής οδού. Για το πλουτώνιο, π.χ., το q είναι ίσο με 0.2 στην πρώτη και με 2.4×10^{-5} στη δεύτερη περίπτωση. Η διαφοροποίηση αυτή στις τιμές, συνεπάγεται ότι η εισπνοή του πλουτωνίου είναι πολύ πιο επικίνδυνη, ενώ η εισαγωγή του στον οργανισμό με την πέψη είναι ακίνδυνη.

Καμία ουσία, ραδιενεργή ή μη, δε παραμένει για πάντα σ' ένα όργανο του ανθρώπινου σώματος. Η συνηθισμένη βιολογική λειτουργία, τείνει να την απομακρύνει. Σε πολλές περιπτώσεις βρέθηκε, ότι αυτή η απομάκρυνση ακολουθεί εκθετική μείωση με το χρόνο,

$e^{-\lambda_b t}$, όπου λ_b είναι η σταθερά βιολογικής διάσπασης. Η ποσότητα $(T_{1/2})_b = 0.693 / \lambda_b$ είναι ο βιολογικός χρόνος μισής ζωής (Πίνακας 2).

Αν τη χρονική στιγμή $t = 0$ εισαχθεί στον οργανισμό ποσότητα C_0 μη ραδιενεργού ουσίας, μετά από χρόνο t στο όργανο στο οποίο έχει συσσωρευτεί, θα έχει απομείνει ποσότητα R ίση με $R(t) = C_0 q e^{-\lambda_b t}$. Αν η ουσία που μπήκε στον οργανισμό είναι ταυτοχρόνως και ραδιενεργή, τότε μετά από χρόνο t , η ενεργότητά της στο όργανο που συσσωρεύτηκε θα είναι ίση με $\alpha(t) = \alpha_0 q e^{-(\lambda + \lambda_b)t}$.

ΠΙΝΑΚΑΣ II Παραδείγματα ραδιενεργών ιδιοτήτων ραδιονουκλιδίων

ΡΑΔΙΟ- ΝΟΥ- ΚΛΙΔΙΑ	ΡΑΔΙΕΝ. ΧΡΟ- ΝΟΣ ΗΜΙΖΩΗΣ ΗΜΕΡΕΣ	ΒΙΟΛΟΓ. ΧΡΟ- ΝΟΣ ΗΜΙΖΩΗΣ ΗΜΕΡΕΣ	ΟΡΓΑΝΟ	ΠΕΨΗ	ΕΙΣΠΝΟΗ
³ H (στο νε- ρό)	4.5×10^3	11.9	Ολόκληρο σώμα	1.0	1.0
¹⁴ C	2.1×10^6	10	Ολόκληρο σώμα	1.0	0.75
		40	Κόκαλα	0.025	0.02
²⁴ Na	0.63	11	Ολόκληρο σώμα	1.0	0.75
⁴¹ Ar	0.076		Νερό		
⁶⁰ Co	1.9×10^3	9.5	Ολόκληρο σώμα	0.3	0.4
¹³¹ I+ ¹³¹ Xe	8.04	138	Ολόκληρο σώμα	1.0	0.75
		138	Θυρεοειδή	0.3	0.23
¹³⁷ Cs+ ¹³⁷ Ba	1.1×10^4	70	Ολόκληρο σώμα	1.0	0.75
		140	Κόκαλα	0.04	0.03
²²⁶ Ra+ θυγατρι- κοί	5.9×10^5	1.64×10^4	Κόκαλα	0.04	0.03
²³⁵ U	2.6×10^{11}	300	Κόκαλα	1.1x 10-5	0.028
²³⁹ Pu	8.9×10^6	7.3×10^4	Κόκαλα	2.4×10^{-5}	0.2
²¹⁰ Pb	8.3×10^3	3.65×10^3	Κόκαλα		
²¹⁰ Po	140	30	Σώμα		
²¹⁰ Po	140	60	Σπλήνα		

[a2]ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ-ΟΡΙΑ

[a2.1]ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

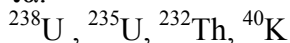
[a2.1.1]ΚΟΣΜΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Πρόκειται για ακτινοβολία μεγάλων ενεργειών (10^8 - 10^{20} eV), που φτάνει στην γη από γαλαξιακές και εξωγαλαξιακές πηγές και αποτελείται από πρωτόνια κατά κύριο λόγο, σωματΙΑ-α, βαρείς πυρήνες, ηλεκτρόνια και ακτίνες-γ υψηλών ενεργειών. Η ακτινοβολία αυτή αλληλεπιδρά, μέσω πυρηνικών αντιδράσεων, με τα μόρια της γήινης ατμόσφαιρας δημιουργώντας πλήθος φορτισμένων και ουδέτερων σωματιδίων όπως π.χ. μεσόνια, νετρόνια, διάφορους πυρήνες, ηλεκτρόνια και φωτόνια. Τα πολυπληθέστερα σωματίδια έχουν ονομαστεί μεσόνια, γιατί έχουν μάζα ενδιάμεση των ηλεκτρονίων και πρωτονίων. Η ετήσια δόση που απορροφάται από κάθε άτομο, κατά μέσο όρο, εξαιτίας της κοσμικής ακτινοβολίας φτάνει τα 0.27 mSv, το ποσοστό της οποίας αυξάνεται με το ύψος.

[a2.1.2]ΓΗΙΝΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η γήινη ακτινοβολία, κυρίως υπό την μορφή φωτονίων, προέρχεται από ραδιενεργά ορυκτά του εδάφους. Σήμερα έχουν βρεθεί γύρω στα 340 νουκλΙδια, 70 από τα οποία είναι ραδιενεργά. Τα φυσικά ραδιονουκλΙδια μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες:

α) στα πρωτογενή, τα οποία υπάρχουν από την περίοδο σχηματισμού της γης, προφανώς χαρακτηρίζονται από μεγάλους χρόνους ημιζωής με χαρακτηριστικά παραδείγματα τα:



β) στα κοσμογενή, τα οποία δημιουργούνται από τη συνεχή παρουσία της κοσμικής ακτινοβολίας, όπως ο ^{14}C , ο οποίος παράγεται κατά την αλληλεπίδραση των νετρονίων της δευτερογενούς κοσμικής ακτινοβολίας με το άζωτο της ατμόσφαιρας, $^{14}\text{N} (n,p)^{14}\text{C}$.

Τα ραδιονουκλΙδια μπορούν αρχικά, να αποτελέσουν εξωτερική πηγή έκθεσης για τον άνθρωπο, κυρίως λόγω της γ-ακτινοβολίας που εκπέμπουν. Επιπλέον, υπάρχει και η εσωτερική έκθεση, από ραδιονουκλΙδια που υπάρχουν στον ανθρώπινο οργανισμό, και τα οποία ακτινοβολούν ομοίμορφα ολόκληρο το σώμα. Χαρακτηριστικό τέτοιο ραδιονουκλΙδιο είναι το ^{40}K , με ενεργότητα 0,11 μCi.

Η γήινη ακτινοβολία συνεισφέρει ετησίως με 0.28 mSv, ενώ η ακτινοβολία που οφείλεται σε εσωτερική έκθεση είναι περίπου ίση με 0.39mSv ετησίως.

Τα διάφορα πρωτογενή ραδιονουκλΙδια μπορούν να εισέλθουν στον οργανισμό τόσο μέσω της κατάποσης αποσυντεθειμένης τροφής όσο και μέσω της εισπνοής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορεί να αποτελέσει η αλυσίδα του ουρανίου, όπου η διάσπαση του ^{226}Ra οδηγεί στο ραδόνιο, ευγενές αέριο το οποίο διαχέεται στην ατμόσφαιρα από την επιφάνεια της γης, διανύοντας μεγάλες αποστάσεις. Όσον αφορά τα κοσμογενή νουκλΙδια, ενδιαφέρον παρουσιάζει ο άνθρακας που αποτελεί και το 18% του βάρους του ανθρώπου και το ισότοπο του οποίου οδηγεί σε ισοδύναμη δόση ίση με 0,7 mrems το χρόνο.

[α2.1.3] ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ (ΓΡΑΝΙΤΗΣ, ΤΣΙΜΕΝΤΟ, Κ.Λ.Π.)

Υπάρχει πιθανότητα κάποια από τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την κατασκευή των σπιτιών και γενικά των χώρων διαμονής και παραμονής, να είναι ραδιενεργά και να ακτινοβολούν τους ενοίκους των αντίστοιχων δωματίων.

[Α2.1.4] ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΑ ΤΑΞΙΔΙΑ

Η κοσμική ακτινοβολία είναι εντονότερη στις περιπτώσεις πτήσεων σε μεγάλα ύψη. Σε ύψη 1200 μέτρων, για παράδειγμα, και για μέσα γεωγραφικά πλάτη, η δόση που λαμβάνει κανείς μπορεί να είναι και 30 φορές μεγαλύτερη απ' αυτή στο έδαφος. Συγκεκριμένα, 10ωρη πτήση πάνω από τις Ηνωμένες Πολιτείες μπορεί να προκαλέσει συνολική ισοδύναμη δόση 5 mrem.

[Α2.1.5] ΚΑΠΝΙΣΜΑ

Η εισπνοή ραδιενεργού πολωνίου, το οποίο περιέχεται στον καπνό του τσιγάρου οδηγεί σε ακτινοβόληση του βρογχικού ιστού και η τοπική δόση μπορεί να φτάσει για έναν μέσο καπνιστή τα 8000 mrem ετησίως.

[α3.1] ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Από τη στιγμή που η ακτινοβολία άρχισε να εισβάλλει σε πολλές από τις δραστηριότητες του ανθρώπου είναι αναμενόμενο να ιδρυθούν οι σχετικές διεθνείς επιτροπές που σαν στόχο έχουν να καθορίσουν τα επιτρεπόμενα όρια για τον κάθε ιστό και ραδιονουκλίδιο, καθώς και να υιοθετήσουν ένα σύνολο από μεθόδους ικανές να χρησιμοποιηθούν για την μείωση των δυσμενών επιπτώσεων της ιονίζουσας ακτινοβολίας στον άνθρωπο και τους άλλους ζωντανούς οργανισμούς. Τα όρια αυτά αναθεωρούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, κυρίως λόγω των νέων γνώσεων που καθημερινά ανακλύπτουν όσον αφορά τα βιολογικά συμπτώματα της ακτινοβολίας, εμφανίζοντας δε μια όλο και αυστηρότερη τάση.

Με βάση τα παραπάνω, το κατώτατο όριο ενός μη ασχολούμενου με τη ραδιενέργεια είναι σήμερα μόλις 200 mrem, ενώ για έναν ενασχολούμενο επαγγελματικά με τη ραδιενέργεια για ολόσωμη δόση είναι 2 rems το χρόνο, και με βάση το όριο αυτό, η συνολική δόση που μπορεί να απορροφήσει σε ηλικία N ετών δίνεται από την σχέση:

$$H_{\max} = 2(N-18) \text{ rems.}$$

Το γεγονός ότι η επιτρεπόμενη δόση για τον επαγγελματία είναι δεκαπλάσια από ότι για τον μη, δεν σημαίνει ότι η ραδιενέργεια εθίζεται γι' αυτόν που τη δέχεται συνεχώς, αλλά απλά αν η δόση ήταν αυστηρότερη, η προστασία του προσωπικού θα στοίχιζε πολύ και ίσως και να μην συνέφερε καν να λειτουργεί η δραστηριότητα αυτή (π.χ. πυρηνικοί σταθμοί ισχύος).

Για συγκεκριμένο σημείο του σώματος ισχύει η σχέση:

$$\sum w_T H_T \leq 2 \text{ rems}$$

όπου με T, συμβολίζεται ο ιστός, H_T η ετήσια δόση που αντιστοιχεί στον συγκεκριμένο ιστό, w_T είναι η συνάρτηση βάρους, η οποία καθορίζει την ευαισθησία στην ακτινοβολία του ιστού ή του οργάνου. Προτεινόμενες τιμές αυτής της συνάρτησης φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ Τιμές της συνάρτησης βάρους

ΟΡΓΑΝΟ	ICRP*	EPA**
Γονάδες	0.25	-
ΣΤΗΘΟΣ	0.15	0.20
ΜΥΕΛΟΣ ΤΩΝ ΟΣΤΩΝ	0.12	0.16
ΠΝΕΥΜΟΝΑΣ	0.12	0.16
ΘΥΡΕΟΕΙΔΗΣ	0.03	0.04
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΟΣΤΟΥ	0.03	0.03
ΔΕΡΜΑ	-	0.01
ΆΛΛΑ ΟΡΓΑΝΑ	0.06	0.08

*International Committee for Radioactive Protection

**Environmental Protection Agency

Η παραπάνω σχέση, που αφορά περιπτώσεις διάγνωσης και θεραπείας, υποδηλώνει ότι ένας συγκεκριμένος ιστός μπορεί να δεχτεί αρκετά υψηλότερες δόσεις, τοπικά, αρκεί να μην ξεπερνά ετησίως το ποσό των 20 rems (για ενήλικα) και 2 rem (για νέο μικρότερο των 18 ετών) για οποιοδήποτε όργανο εκτός του φακού των ματιών όπου το αντίστοιχο όριο περιορίζεται στα 15 rems και 1.5rems αντίστοιχα.

Αξίζει να σημειώσει κανείς ότι τα όρια είναι πολύ πιο ανεκτά και διαφοροποιούνται για το εργατικό δυναμικό που σχετίζεται καθημερινά με την ακτινοβολία. Στους εργασιακούς χώρους, σε όσους γίνεται χρήση ραδιενεργών υλικών, επικρατεί η λογική του ακρωνυμίου ALARA (As Low As Reasonably Achievable), σύμφωνα με την οποία η δόση ή η ρύπανση πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερη ώστε όμως να εξασφαλίζεται οικονομικά η λειτουργία των συγκεκριμένων εγκαταστάσεων. Η πιο πάνω συνθήκη είναι και αυτή που καθορίζει κατά ένα σημαντικό παράγοντα και τα όρια ώστε η κάθε πυρηνική δραστηριότητα να επιφέρει κέρδη. Έτσι, όταν για παράδειγμα η Ευρώπη είχε μολυνθεί από τα ραδιενεργά στοιχεία του κατεστραμμένου πυρηνικού αντιδραστήρα του Chernobyl (26.4.1986), οι χώρες της Ε.Ε. παζάρευαν τα όρια στα ραδιενεργά προϊόντα εισαγωγών και εξαγωγών ώστε να λειτουργούν προς το οικονομικό συμφέρον της κάθε χώρας.

[α3.2]ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

[α3.2.1]ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μολονότι οι ιονίζουσες ακτινοβολίες δεν θεωρούνται απαραίτητες για την εν γένει διατήρηση της ζωής, όπως συμβαίνει για τις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες (φωτοσύνθεση, βιοφωτισμός, κ.τ.λ.), σίγουρα έχουν επηρεάσει την εξέλιξή της, με αποτέλεσμα να έχουν τύχει ιδιαίτερης προσοχής και μελέτης για τους εξής έξι κυρίως λόγους:

1. η ανακάλυψη της πρώτης ιονίζουσας ακτινοβολίας άνοιξε νέους ορίζοντες στις θετικές επιστήμες,
2. αμέσως μετά την ανακάλυψη τους έγιναν φανερές οι βλαβερές επιπτώσεις τους και οι χρήσιμες εφαρμογές τους,
3. η χρήση της πυρηνικής ενέργειας για στρατιωτικούς αλλά και για ειρηνικούς σκοπούς επηρεάζουν μακροπρόθεσμα τη ζωή στον πλανήτη μας,
4. τόσο η κοσμική ακτινοβολία όσο και η φυσική ακτινοβολία των κατοίκων της γης από ραδιενεργά ορυκτά φτάνουν αρκετές φορές σε υψηλά επίπεδα,
5. η χρήση των ιονιζουσών ακτινοβολιών σαν μέσο διάγνωσης αλλά και θεραπείας προϋποθέτει γνώση της επίδρασής τους στα κύτταρα του οργανισμού,
6. η επίδραση τυχούσας ιονίζουσας ακτινοβολίας πάνω σ' ένα βιολογικό σύστημα επιφέρει ανιχνεύσιμες αλλοιώσεις, η διερεύνηση των οποίων μας δίνει έμμεσα πληροφορίες της λειτουργίας των κυτταρικών συστατικών.

Όλοι οι παραπάνω λόγοι υποδεικνύουν την ανάγκη να σκεφτούμε πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης αλλά και μέτρα προστασίας για το εργατικό δυναμικό που σχετίζεται άμεσα με την ακτινοβολία, αλλά και για τον άνθρωπο γενικότερα, γεγονός όμως που πρώτα από όλα προϋποθέτει την αναλυτική μελέτη των πιθανών αποτελεσμάτων και επιπτώσεων της ακτινοβολίας στον άνθρωπο.

[α3.2.2] ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ύπαρξη ακτινοβολιών είναι τόσο παλιά όσο και το ίδιο το σύμπαν, αφού δεν είναι δυνατόν να φανταστεί κανείς μετατροπές ενέργειας χωρίς την ταυτόχρονη απελευθέρωση κάποιου είδους ακτινοβολίας του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Έτσι δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι οι οργανισμοί δημιουργήθηκαν και αναπτύχθηκαν μέσα σε καταιγισμό ακτινοβολιών. Μπορεί, δηλαδή, κανείς να βεβαιώσει ότι το ανθρώπινο είδος ήταν και θα είναι εκτεθειμένο στη φυσική ακτινοβολία.

Με την ανακάλυψη των ακτίνων-x και της ραδιενέργειας, γεγονότα που κατέστησαν ικανή την διάθεση πηγών ακτινοβολίας μεγάλης έντασης, βρίσκουμε και τις πρώτες αναφορές που σχετίζονται με περιπτώσεις πρόκλησης καρκίνου από ακτινοβολία. Έτσι είναι γνωστό πως οι πρώτοι ακτινολόγοι, όσοι από τους φυσικούς δηλαδή ασχολήθηκαν με θέματα ακτινοβολίας, επειδή δεν γνώριζαν τις βλαβερές αλληλεπιδράσεις των ακτίνων-x, έπαιρναν πολύ λίγες ή και καθόλου προφυλάξεις, με αποτέλεσμα οι πιο πολλοί να πεθάνουν από λευχαιμία, από καρκίνο του δέρματος και από καρκίνο των οστών. Η Marie Curie, για παράδειγμα, πέθανε από λευχαιμία εξαιτίας της συνεχούς χρήσης ραδιενεργών υλικών.

Ακόμη εργαζόμενες σε εργοστάσιο κατασκευής ρολογιών, έβαφαν με μπογιά που περιείχε ραδιενεργό ράδιο, τους δείκτες και τους αριθμούς με την βοήθεια πινέλου το οποίο και έκαναν μυτερό με τα χείλη τους. Το ραδιενεργό υλικό, φυσικά μετά την είσοδό του στο πεπτικό σύστημα, απορροφούνταν από ζωτικά όργανα, με αποτέλεσμα 50 από τις 2000 εργάτριες περίπου, να πεθάνουν είτε από λευχαιμία είτε από καρκίνο των οστών.

Ένα άλλο τραγικό περιστατικό συνέβη όταν εργάτες σε ορυχεία ουρανίου, στο Κολοράντο, ανέπνεαν ραδιενεργή σκόνη, με συνέπεια να εμφανίσουν σε μεγάλο ποσοστό, καρκίνο του πνεύμονα εξ αιτίας της εισπνοής αερίου ραδονίου.

Υπάρχουν ακόμα περιπτώσεις που η εμφάνιση καρκίνου μιας μορφής ήταν αποτέλεσμα της καταπολέμησης άλλης ασθένειας με ακτίνες-x. Στην Αγγλία, για παράδειγμα, στα 1930-1940, περίπου 14000 άνθρωποι υποβλήθηκαν σε ακτινοθεραπεία της σπονδυλικής στήλης. Οι ακτίνες ήταν πράγματι πολύ αποτελεσματικές για τη συγκεκριμένη θεραπεία, αλλά τους προκάλεσε λευχαιμία, αρκετά χρόνια αργότερα.

Η μεγαλύτερη όμως τραγωδία μαζικής έκθεσης σε ακτινοβολίες ήταν η έκρηξη της πρώτης πυρηνικής βόμβας στην Ιαπωνία (Χιροσίμα 6.8.1945). Πολλοί πέθαναν αμέσως, λόγω του ωστικού και του θερμικού κύματος και αρκετοί μέσα στους επόμενους 4 μήνες, λόγω ραδιενέργειας. Το ίδιο σκηνικό επαναλήφθηκε τρεις μέρες μετά στο Ναγκασάκι. Από τους ανθρώπους που επέζησαν, πολλοί από αυτούς πέθαναν αργότερα από λευχαιμία. Οι περιπτώσεις αυτές εμφανίστηκαν 5-7 χρόνια μετά την έκρηξη ανάλογα με τη δόση που πήρε ο καθένας.

Το ερώτημα που τίθεται λοιπόν, είναι το κατά πόσο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις πληροφορίες αυτές, για να προβλέψουμε την εκδήλωση των καρκίνων σε περιπτώσεις χρόνιας ακτινοβόλησης με μικρές δόσεις. Αν και είναι αρκετοί αυτοί που υποστηρίζουν πως υπάρχει μια σχέση σύνδεσης, όλοι συμφωνούν πως δεν υπάρχει ακίνδυνη δόση κάτω από την οποία δεν παρατηρούνται αλλοιώσεις στα βιολογικά συστήματα.

[α4]ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

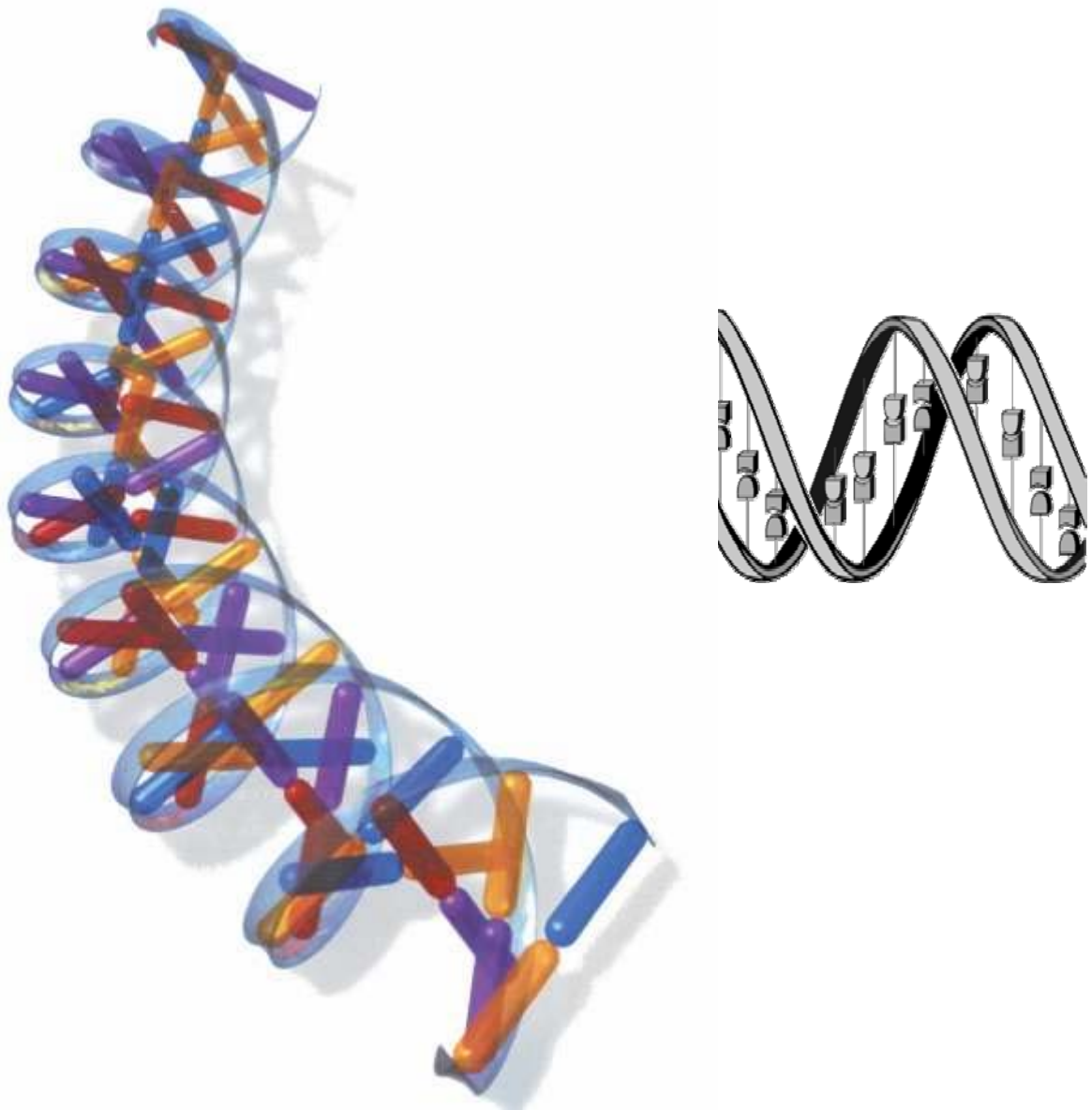
Στην παράγραφο αυτή θα δοθεί μια εξαιρετικά απλουστευμένη και συνοπτική περιγραφή των βασικών στοιχείων της βιολογίας σε μια προσπάθεια να δοθούν μόνον οι αναγκαίες γνώσεις που είναι απαραίτητες για την κατανόηση των συνεπειών της έκθεσης των ζώντων οργανισμών σε ραδιενέργεια.

Το σώμα του ανθρώπου αποτελείται από τα κύτταρα που είναι η βασική δομική και λειτουργική μονάδα όλων των ζώντων οργανισμών. Κάθε κύτταρο προέρχεται από άλλο κύτταρο. Τα κύτταρα, αν και πολύ μικρά, είναι εξαιρετικά σύνθετα στην κατασκευή τους, εμφανίζουν δε μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, στο σχήμα, αλλά και στη λειτουργία τους.

Κάθε κύτταρο αποτελείται από δύο ουσιώδη μέρη: τον πυρήνα του οποίου το σπουδαιότερο συστατικό είναι οι νουκλεοπρωτεΐνες και το κυτταρόπλασμα του οποίου το κυριότερο συστατικό είναι ένα σύστημα λεπτών μεμβρανών που σχηματίζει διάφορα μικροσκοπικά οργάνια του κυττάρου.

Οι νουκλεοπρωτεΐνες αποτελούνται από πρωτεΐνες και από δεσοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ (DNA) που είναι ο φορέας των κληρονομικών ιδιοτήτων κάθε οργανισμού. Το DNA είναι ένα αρκετά περίπλοκο μόριο που συντίθεται από άλλα μικρότερα (δεσοξυριβοζονουκλεοτίδια). Αποτελείται από ένα μόριο σακχάρου, ένα μόριο φωσφορικού ο-

ξέος και ένα μόριο ενός είδους οργανικών ενώσεων, τις ονομαζόμενες αζωτούχες βάσεις. Ακολουθεί σχηματική παράσταση του μορίου του DNA (Σχήμα. 4), το οποίο περιέχει δύο γραμμικές ακολουθίες (κλώνους), όπου ξεχωρίζουν τα τέσσερα είδη αζωτούχων βάσεων (αδενίνη, γουανίνη, θυμίνη και κυτοσίνη).



Σχήμα 4 DNA

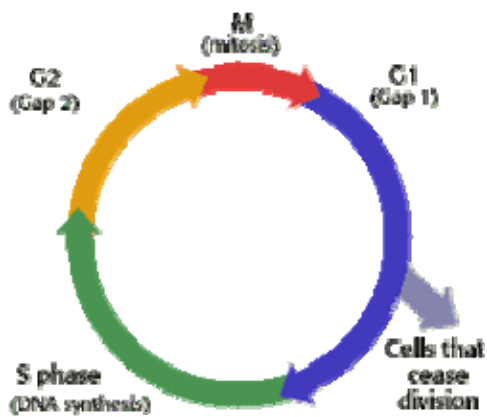
Το μόριο του DNA περιελισσόμενο γύρω από τις πρωτεΐνες δίνει τα ορατά με οπτικό μικροσκόπιο χρωμοσώματα (Σχήμα 5), το πλήθος των οποίων φτάνει τα 46 για τα σωματικά κύτταρα και τα 23 για τα γενετικά, στον άνθρωπο. Η ακτινοβολία προκαλεί αλλοιώσεις στη δομή του DNA, το οποίο και θεωρείται το πιο ευαίσθητο μόριο, αφού δεν φαίνεται να υπάρχουν μηχανισμοί για την πλήρη αποκατάσταση των αλλοιώσεων αυτών. Οι αλλοιώσεις, οι οποίες εμφανίζονται με την δημιουργία ρηγμάτων στους κλώνους ή και με τομή του μορίου του DNA, είναι δυνατό να οδηγήσουν στην εμφάνιση καρκινοπαθειών, ή ακόμα και στην εμφάνιση γενετικών ανωμαλιών στους απογόνους.



Σχήμα 5 Θραύση των χρωμοσωμάτων μετά την ακτινοβόληση με ακτίνες-γ δόσης 100 rad (Εξέταση καρυότυπου).

Στο παραπάνω σχήμα μπορεί κανείς να διακρίνει αλλοιώσεις στα χρωμοσώματα του δείγματος. Είναι φανερό ότι η επίδραση της ιονίζουσας ακτινοβολίας στα χρωμοσώματα μπορεί να επιφέρει πολλές και καταστρεπτικές επιπτώσεις στα κύτταρα και κατά προέκταση στον οργανισμό. Αυτό, δικαιολογεί και την μεγαλύτερη ευαισθησία των πυρήνων των κυττάρων απέναντι στην ακτινοβολία, σε σύγκριση με το κυτταρόπλασμα. Έχει βρεθεί, π.χ. πως ένα σωματίδιο-α είναι ικανό να προκαλέσει θανάτωση του κυττάρου όταν το σωματίδιο αυτό οδηγηθεί στον πυρήνα, ενώ για τον ίδιο σκοπό με ακτινοβόληση μόνο του κυτταροπλάσματος απαιτούνται τριάντα δύο χιλιάδες σωματίδια-α.

Τέλος, μια σημαντική φάση στην ζωή του σωματικού κυττάρου είναι η διαίρεσή του. Η διαδικασία αυτή του διπλασιασμού του κυττάρου καλείται μίτωση. Η διάρκεια της μίτωσης ποικίλει ανάλογα με τον οργανισμό, τον ιστό, την θερμοκρασία, αλλά ωστόσο φαίνεται να συμβαίνει ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Είναι λοιπόν προφανές ότι το κύτταρο στην διάρκεια της ζωής του περνάει από κάποιες φάσεις που ορίζουν τον μιτωτικό κύκλο. Στο (Σχήμα 6) που ακολουθεί διαγράφεται ο κύκλος αυτός, το πρώτο χρονικό διάστημα, του οποίου αφορά την μίτωση, ακολουθεί ένα χρονικό διάστημα όπου ο πυρήνας και το κυτταρόπλασμα αναπτύσσονται (φάση G_1), και την φάση αυτή διαδέχεται η φάση S, στην οποία και γίνεται η σύνθεση του DNA. Κατόπιν ακολουθεί η φάση G_2 , η οποία είναι υπεύθυνη για την προετοιμασία της μίτωσης.



Σχήμα 6: Ο μιτωτικός κύκλος

Αν και τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν ένα ελάχιστο κομμάτι της βιολογίας, η αναφορά τους κρίνεται απαραίτητη, καθώς το τελικό αποτέλεσμα της ιονίζουσας ακτινοβολίας είναι η ενέργεια που απορροφάται από τα κύτταρα με αποτέλεσμα την διέγερση και τον ιονισμό των διαφόρων μορίων που περιλαμβάνονται σ' αυτό.

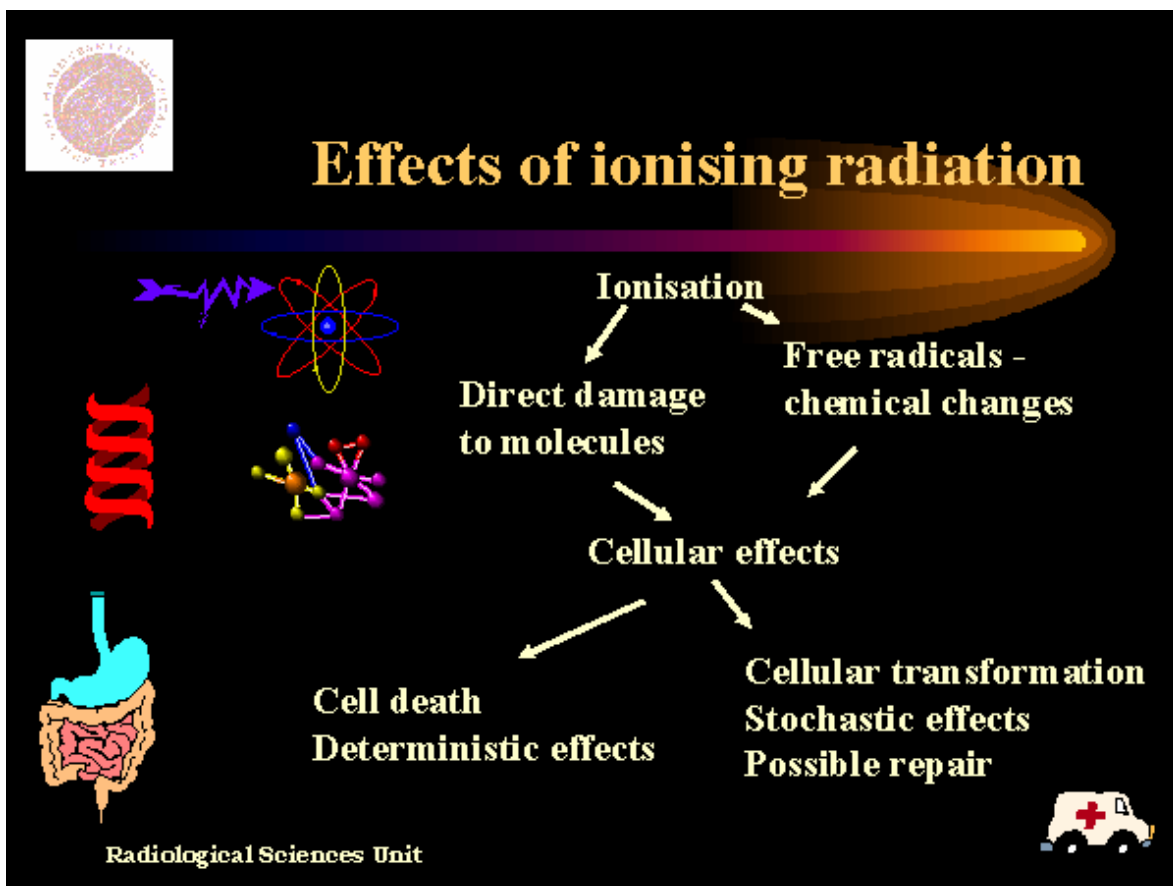
[α5]ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες προκαλούν χημικές μεταβολές στα βιολογικά συστήματα με άμεση ή έμμεση δράση. Ως άμεση χαρακτηρίζεται η δράση μιας ακτινοβολίας όταν το ίδιο το μόριο που δέχτηκε την ακτινοβολία υφίσταται την χημική μεταβολή. Σαν έμμεση χαρακτηρίζουμε την δράση μιας ακτινοβολίας όταν το μόριο που υφίσταται την χημική μεταβολή δεν δέχτηκε απευθείας την ακτινοβολία αλλά έμμεσα, με δευτερογενείς αντιδράσεις.

Στην περίπτωση του κυττάρου τα μόρια του ύδατος αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία των μορίων που το απαρτίζουν. Γι' αυτό κι όταν μια ακτινοβολία διέρχεται μέσα από ένα κύτταρο, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η ενέργειά της ή τμήμα της ν' απορροφηθεί από κάποιο μόριο ύδατος. Η ενέργεια των ιονίζουσών ακτινοβολιών που απορροφάται από ένα μόριο ύδατος οδηγεί σ' ένα φαινόμενο «θραύσης» γνωστό ως ραδιόλυση του ύδατος. Η ραδιόλυση του ύδατος είναι ένα σχετικά περίπλοκο χημικό φαινόμενο από το οποίο προκύπτουν ελεύθερες ρίζες υδροξυλίου και υδρογόνου. Οι ελεύθερες ρίζες είναι εξαιρετικά δραστικές κι αντιδρούν εύκολα με παρακείμενα μόρια τα οποία μετατρέπονται με την σειρά τους σε ελεύθερες ρίζες. Με τον παραπάνω τρόπο η ιονίζουσα ακτινοβολία προκαλεί θραύσεις στο DNA, το οποίο είναι υπεύθυνο για την ροή πληροφοριών στο ίδιο το κύτταρο και επομένως η έκθεση στην ακτινοβολία είναι δυνατό να δημιουργήσει προβλήματα υγείας που αφορούν τόσο τα άτομα που εκτέθηκαν σ' αυτήν όσο και τους απογόνους τους.

Ο τρόπος με τον οποίο δρα η ακτινοβολία στο γενετικό υλικό και κατ' επέκταση στο κύτταρο και τον ανθρώπινο οργανισμό φαίνεται απλουστευμένα στο Σχήμα 7, όπου μετά την έμμεση ή άμεση δράση, προκαλείται καταστροφή στο κύτταρο.

ρο, το οποίο είτε πεθαίνει και αποβάλλεται από τον οργανισμό, είτε υφίσταται μόνιμες ή παροδικές αλλαγές. Οι μόνιμες αλλαγές εντοπίζονται στα σωματικά κύτταρα που συνήθως εμφανίζονται με την μορφή καρκίνων και στα γενετικά, όπου εμφανίζονται με την μορφή γενετικών ανωμαλιών και δυσμορφιών στις επόμενες γενιές. Συγκεκριμένα, ο μετασχηματισμός φυσιολογικών κυττάρων, δηλαδή η



Σχήμα 7 Επιπτώσεις της ιονίζουσας ακτινοβολίας σε βιολογικό επίπεδο

μετάπτωσης τους σε καρκινικά, όπου παρατηρείται ο διαρκής πολλαπλασιασμός τους, ξεκινά από πολλές αιτίες μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνεται και η επίδραση της ιονίζουσας ακτινοβολίας. Με αυτή πραγματοποιείται κατ' αρχή αλλοίωση στο γονιδιακό υλικό που έχει σαν τελικό αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη διαίρεση του κυττάρου. Όπως αναφέρεται παραπάνω, όταν ένα σωματικό κύτταρο υποστεί τις επιδράσεις της ακτινοβολίας, τότε εμφανίζεται κάποια μορφή καρκίνου. Αν όμως τα προσβεβλημένα από την ακτινοβολία κύτταρα τυχαίνει να είναι γενετικά, τότε το αποτέλεσμα θα βαρύνει κυρίως την επόμενη ή και τις μετέπειτα γενιές. Τέτοιες γενετικές μεταλλάξεις είναι πολύ συνηθισμένες και υπεύθυνες για πολλές ασθένειες και φυσικές ανωμαλίες ατόμων. Υπάρχουν βέβαια και περιπτώσεις όπου η γενετική ανωμαλία επιφέρει το θάνατο του εμβρύου πριν την γέννηση. Ένα στα 20 παιδιά που γεννιούνται έχει κάποια μορφή γενετικής ανωμαλίας, γεγονός που εμποδίζει την οποιαδήποτε συσχέτιση ανάμεσα σε δόση ακτινοβολίας και πρόκληση συγκεκριμένης γενετικής ανωμαλίας. Άλλωστε, οι ακτινοβολίες δεν προκαλούν ειδικές μορφές γενετικών μεταβολών, αλλά «απλώς» αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισής τους.

Όσον αφορά την παροδικότητα των καταστροφών στο κύτταρο, αυτή οφείλεται στην δυνατότητα που έχει, ανάλογα με τις συνθήκες, να επιδιορθώσει τυχόν σφάλματα με τους μηχανισμούς επιδιόρθωσης που διαθέτει. Τα φαινόμενα επιδιόρθωσης εξαρτώνται από το ποσό της ενέργειας που απορροφήθηκε. Έτσι, μετά από ακτινοβόληση με πολύ

μικρή δόση, οι περισσότεροι ιστοί επανέρχονται και συμπεριφέρονται φυσιολογικά. Για παράδειγμα, αν ακτινοβοληθούν διαιρούμενα κύτταρα, τότε παρατηρείται αναστολή των μιτώσεων για λίγες ώρες, ενώ αργότερα επαναλαμβάνεται φυσιολογικά ο μιτωτικός κύκλος.

Η ποικιλία στις βλάβες που προκαλεί η ακτινοβολία δεν οφείλονται μόνο σε διαφορές της ολικής δόσης και του ρυθμού παροχής αυτής, αλλά επίσης και στην κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο ιστός κατά την στιγμή της ακτινοβολήσης, όπως και στο είδος του ιστού. Έτσι, σχετικά χαμηλές δόσεις είναι δυνατό να οδηγήσουν υπό ορισμένες συνθήκες στο θάνατο των κυττάρων, ενώ υπό διαφορετικές συνθήκες η ίδια δόση να μην είναι ικανή να προκαλέσει κάποια μόνιμη βλάβη. Τα κύτταρα είναι περισσότερο τρωτά στην ακτινοβολία κατά τις περιόδους της μιτωτικής διαίρεσης. Η ραδιοευαισθησία τους ελαττώνεται καθώς αυξάνει η ηλικία. Είναι πλέον γνωστό ότι τα κύτταρα τα οποία αναπαράγονται πολύ συχνά φαίνεται να είναι και τα πιο ευαίσθητα στην ακτινοβολία.

Σε πειράματα που έγιναν σε μεγάλο αριθμό μυών, οι επιστήμονες κατέληξαν στα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. η επίδραση μιας δεδομένης δόσης είναι μεγαλύτερη όταν εκτεθεί το αρσενικό φύλλο στη δόση αυτή,
2. τα αποτελέσματα ελαττώνονται όσο μεγαλώνει ο χρόνος ανάμεσα στην ακτινοβολία και στη σύλληψη,
3. αν μια δόση δοθεί με αργό ρυθμό, τότε η βλαβερή επίδραση μειώνεται σημαντικά.

[α6]ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΧΡΟΝΙΑ Η ΟΞΕΙΑ ΕΚΘΕΣΗ

[A6.1]ΟΞΕΙΑ ΕΚΘΕΣΗ

Η οξεία έκθεση χαρακτηρίζεται είτε από υψηλή σε τιμή, μοναδική έκθεση, είτε από πολλές σε μικρό χρονικό διάστημα. Είναι συνήθως αποτέλεσμα ατυχήματος, και μπορεί να προκαλέσει άμεσα ή και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα.

Έκθεση σε πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας, συχνά οδηγεί στο θάνατο. Τέτοιες δόσεις έχουν πραγματοποιηθεί είτε πειραματικά με συσκευές ακτινοβολήσης είτε με την έκρηξη κάποιας πυρηνικής βόμβας. Η εκτίμηση της θανατηφόρας δόσης για κάθε οργανισμό γίνεται με τα ακόλουθα κριτήρια:

1. στο τέλος της έκθεσης όλα τα κύτταρα ή οι οργανισμοί είναι κατεστραμμένοι (άμεσος θάνατος),
2. όλα τα κύτταρα ή οι οργανισμοί καταστρέφονται λίγες μέρες μετά το τέλος της έκθεσης (αργός θάνατος),
3. ποσοστό 50% των κυττάρων ή των οργανισμών καταστρέφονται συνολικά ενώ το υπόλοιπο 50% συνέρχεται και επιζεί. Η δόση αυτή εκφράζει την θανατηφόρα δόση LD 50 (Lethal dose 50%), και το χρονικό διάστημα μέχρι του οποίου γίνονται παρατηρήσεις για την θνησιμότητα είναι 60 ημέρες.

Σύμφωνα με τον τελευταίο ορισμό, ολόσωμη δόση ίση με 400-500 rems έχει ως αποτέλεσμα το 50% των ατόμων να πεθάνουν μέσα σε 60 ημέρες. Το υπόλοιπο 50% επιζεί, αλλά παρουσιάζει απώλεια όρεξης, ναυτία και διάρροια την 1^η εβδομάδα. Τα συμπτώματα αυτά υποχωρούν στη συνέχεια, αλλά παρουσιάζεται, λίγο αργότερα, βλάβη στο γαστρεντερικό σύστημα και ελάττωση του αριθμού των λευκών αιμοσφαιρίων, μειώνοντας έτσι την αντίσταση του οργανισμού σε αρρώστιες.

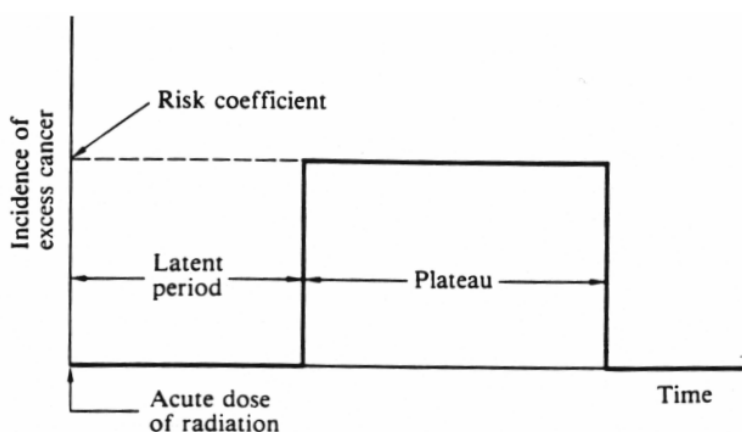
Τα παραπάνω επισημαίνουν μια διαφορά ραδιοευαισθησίας ανάμεσα στους διάφορους πληθυσμούς, γεγονός που έχει προεκτάσεις στην επιβίωσή τους όταν εκτεθούν σε ιονίζουσες ακτινοβολίες μετά από κάποιο πυρηνικό ατύχημα.

Αξίζει να τονιστεί ότι για ένα δεδομένο ιστό υπάρχει μια κατά προσέγγιση ελάχιστη δόση, που όταν ξεπεραστεί κατά πολύ προκαλεί ορατές βιολογικές βλάβες. Όταν μια περιορισμένη έκταση ενός οργανισμού ακτινοβοληθεί, τότε γίνεται ανεκτή πολύ μεγαλύτερη δόση παρά όταν ακτινοβοληθεί εκτεταμένη περιοχή του οργανισμού. Όσον αφορά την ολόσωμη δόση, το θανατηφόρο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με δόση υποπολλαπλάσια αυτής που είναι ανεκτή από μεμονωμένα όργανα ή ιστούς.

[A6.2] ΜΕΓΑΛΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η χρόνια έκθεση χαρακτηρίζεται από συνεχή έκθεση σε μικρές δόσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα, αποτέλεσμα της οποίας είναι η εμφάνιση επιπτώσεων μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

Ο καρκίνος: εμφανίζει μια ιδιαιτερότητα, που εκδηλώνεται με το διάγραμμα που ακολουθεί.



Σχήμα 8 Λανθάνουσα περίοδος και οροπέδιο, στην εμφάνιση του καρκίνου

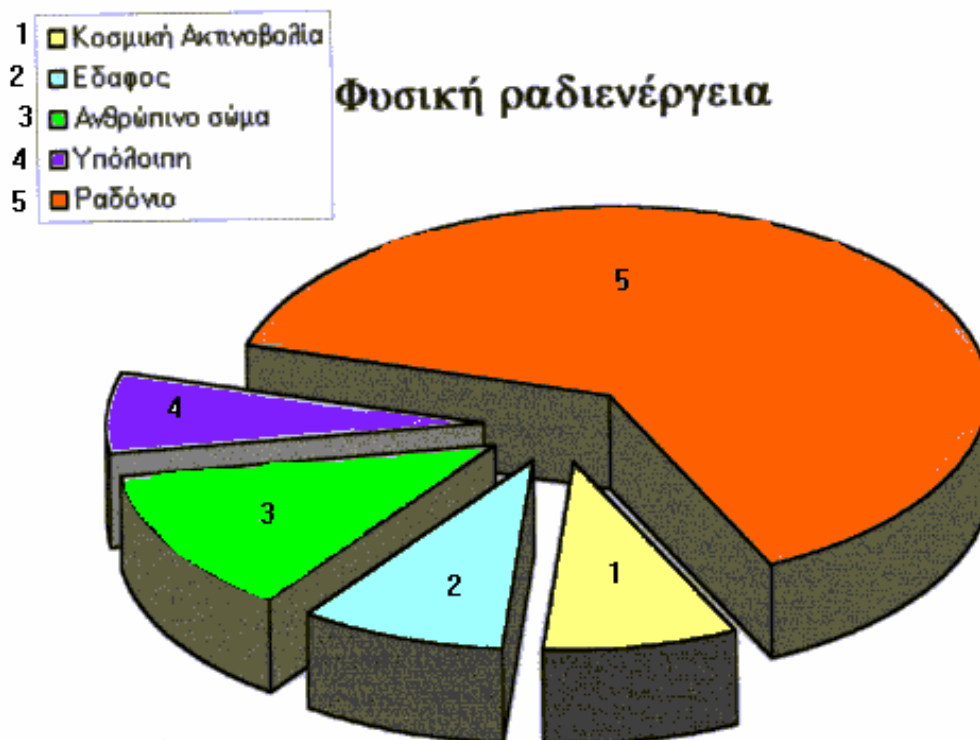
Το παραπάνω σχήμα φανερώνει την ύπαρξη μιας λανθάνουσας περιόδου, δηλ. ενός χρονικού διαστήματος, κατά το οποίο η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου είναι μηδενική. Το χρονικό διάστημα αυτής της περιόδου μπορεί να διαρκέσει από 5 μέχρι 30 χρόνια, διάστημα το οποίο εξαρτάται από την ηλικία του οργανισμού που ακτινοβολείται, αλλά και από το είδος του ιστού που την δέχεται. Ακολουθεί η δεύτερη περίοδος που είναι γνωστή σαν οροπέδιο. Σ' αυτήν την περίοδο η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου είναι σταθερή. Μόλις ολοκληρωθεί και η περίοδος αυτή, η αντίστοιχη πιθανότητα ξαναμηδενίζεται, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο συγκεκριμένος οργανισμός δεν θα εμφανίσει καρκίνο στα επόμενα χρόνια μετά το οροπέδιο.

[A6.3] ΜΙΚΡΕΣ ΧΡΟΝΙΕΣ ΔΟΣΕΙΣ

Τέτοιο είδος δόσεων έχει διαπιστωθεί σε άτομα που χειρίζονται ραδιενεργές ουσίες, σε μεταλλωρύχους ραδιενεργών ορυκτών, σε άτομα που χειρίζονται συσκευές ακτίνων-x, επιταχυντές ή αντιδραστήρες και τέλος σε αρρώστους που υποβάλλονται σε διαγνωστική και σε θεραπευτική ακτινοβολήση.

[A7] ΤΟ ΡΑΔΟΝΙΟ

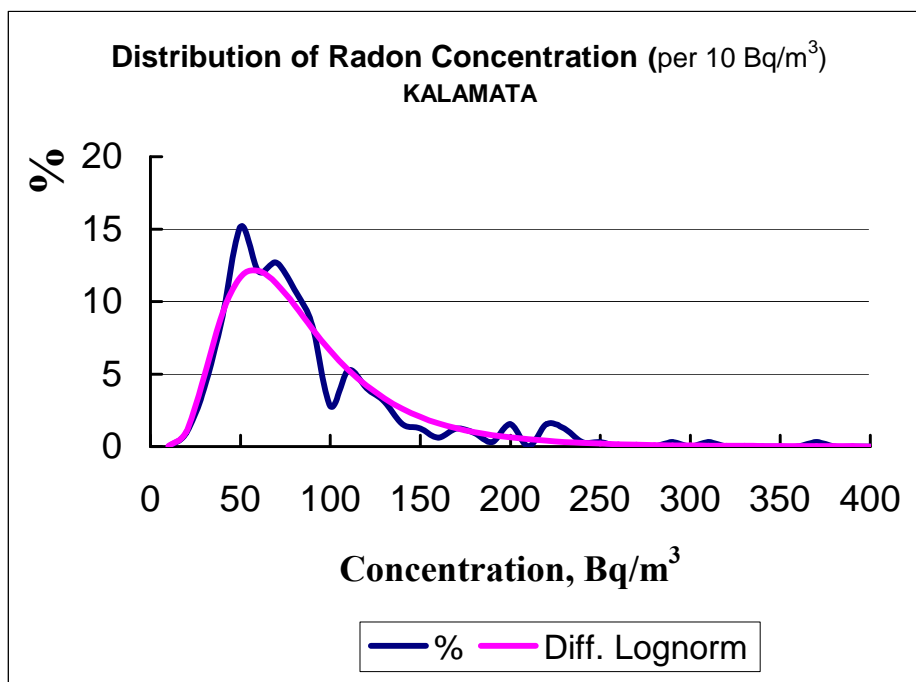
Το ραδόνιο είναι ένα ραδιενεργό στοιχείο που προέρχεται από το ουράνιο-238 και υπάρχει στην ατμόσφαιρα, στο έδαφος, στα δομικά υλικά, στα υπόγεια νερά, κ.λ.π. και αποτελεί το 50% της ραδιενέργειας που δέχεται ο άνθρωπος σε όλη τη διάρκεια της ζωής του από το φυσικό του περιβάλλον (Σχήμα 9).



Σχήμα 9 Φυσική ραδιενέργεια

Η δόση ακτινοβολίας από τα θυγατρικά της διάσπασης του ραδονίου που εισπνέονται αποτελούν τον πλέον καθοριστικό παράγοντα της φυσικής ραδιενέργειας για όλον τον πληθυσμό. Γενικά, η μέση τιμή της συγκέντρωσης του ραδονίου κυμαίνεται στα 50 Bq/m³ και η αντίστοιχη πιθανότητα καρκίνου του πνεύμονα από τα θυγατρικά του είναι περίπου ίση με 3‰ για ολόκληρη τη διάρκεια ζωής. Επειδή ο πληθυσμός των ΗΠΑ είναι 235.000.000 περίπου, προκύπτει ότι κάθε χρόνο 10.000 περίπου πεθαίνουν από τη συγκεκριμένη ακτινοβολία ($235.000.000 \times 3‰ / 70$).

Για τις ΗΠΑ, όπως και για άλλες χώρες, έχουν γίνει μετρήσεις ραδονίου, το αποτέλεσμα των οποίων φαίνεται στην κατανομή του σχήματος 9. Η πάνω πλευρά δείχνει τη ραδιενέργεια από άλλες αιτίες σε σχέση με το ραδόνιο. Η κάτω πλευρά δείχνει την κατανομή των οικημάτων που έχουν μετρηθεί τιμές συγκέντρωσης ραδονίου από μηδέν έως και μεγαλύτερες από 300 Bq/m³.



Σχήμα 10 Το ποσοστό των σπιτιών που έχουν συγκεκριμένες συγκεντρώσεις ραδονίου (Μελέτη σε 552 σπίτια της Καλαμάτας).

Υπάρχουν περιοχές, όπου στο εσωτερικό των σπιτιών έχουν μετρηθεί δεκαπλάσιες ή και μεγαλύτερες τιμές συγκέντρωσης ραδονίου από τη μέση τιμή. Οι κάτοικοι που ζουν σε αυτά τα σπίτια, με συγκέντρωση π.χ. 200 Bq/m³, κινδυνεύουν περισσότερο (1%). Σε περιοχές όπου οι συγκεντρώσεις ραδονίου είναι υψηλότερες των 2.000 Bq/m³ παρουσιάζουν μεγαλύτερο κίνδυνο ακόμα και από τον κίνδυνο που οφείλεται στον καπνό του τσιγάρου.

Ιστορικά, αφορμή για τον κίνδυνο του ραδονίου έδωσαν οι ανθρακωρύχοι στις αρχές του 16 αιώνα, στους οποίους παρατηρήθηκε μεγάλη θνησιμότητα που πολύ αργότερα προσδιορίστηκε σαν καρκίνος από το ραδόνιο. Μόλις το 1950 αναγνωρίστηκε σε εργάτες ορυχείων στις ΗΠΑ και σε άλλες χώρες η σχέση του επιπλέον κινδύνου από καρκίνο με τη συγκέντρωση του ραδονίου. Οι εργάτες ορυχείων αποτέλεσαν το πρώτο δείγμα για να κατανοηθεί η παρουσία, η συμπεριφορά και ο έλεγχος του ραδονίου και των θυγατρικών του στο υπόλοιπο δείγμα του γενικού πληθυσμού και στο περιβάλλον.

Τα διάφορα ισότοπα του ραδονίου, από τα οποία το Rn-222 είναι και το σημαντικότερο, είναι παρόντα παντού, άλλοτε σε μικρές και άλλοτε σε μεγάλες συγκεντρώσεις, στα διάφορα περιβαλλοντικά τμήματα όπως στον αέρα, στο νερό και στο χώμα, προκύπτει δε από τη διάσπαση του μητρικού του στοιχείου του Ράδιου-226, το οποίο με τη σειρά του προέρχεται από το Ουράνιο-238 πρωταρχικά στοιχεία της γήινης φλοιού. Σε πολλές περιοχές, σε εδάφη πλούσια σε ουράνιο και όπου γίνονται εξορύξεις και συχνές εργασίες, οι τιμές του ραδονίου μέσα στις κατοικίες ήταν ιδιαίτερα υψηλές (Colorado, Florida, Καναδάς). Οι τιμές αυτές προέρχονται από το έδαφος, αλλά και από το εσωτερικό των κατοικιών, αν στα δομικά υλικά είχε χρησιμοποιηθεί υλικό - παραπροϊόν της επεξεργασίας του ουρανίου.

Στη Σουηδία, πολλά σπίτια παρουσιάζουν μεγάλες τιμές ραδονίου, γιατί είναι κτισμένα με υλικό τσιμέντου πλούσιο σε ράδιο. Ο φτωχός εξαερισμός τους, λόγω καιρικών συνθηκών, εγκλωβίζει το ραδόνιο του οποίου η συγκέντρωση συνεχώς αυξάνεται.

Λόγω των κινδύνων που προκαλούν τα θυγατρικά του ραδονίου, μελετήθηκε η παρουσία του στο εσωτερικό των κατοικιών με προγράμματα παρακολούθησής του, με μελέτη του τρόπου εισόδου του και αναπτύχθηκαν τεχνικές για τον έλεγχο της συγκέντρωσής του. Επιπλέον, ραδιοβιολόγοι και επιδημιολόγοι άρχισαν να μελετούν δεδομένα δοσιμετρίας και σχέσεις μεταξύ δόσης - αποτελέσματος για τον καλύτερο προσδιορισμό των κινδύνων από την εισπνοή του ραδονίου.

Το πρόβλημα τώρα του ποια συγκέντρωση είναι επικίνδυνη και ποια όχι, ανάγεται στο πρόβλημα για το ποιο είναι το όριο της ραδιενεργού δόσης, το οποίο δεν καθορίζεται μόνον από κριτήρια υγείας αλλά και οικονομικά.

[A7.1]ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ Rn-222 ΚΑΙ ΤΩΝ ΘΥΓΑΤΡΙΚΩΝ ΤΟΥ

Το κυριότερο χαρακτηριστικό του ραδονίου σε σχέση με τα άλλα στοιχεία στα οποία διασπάται το ουράνιο και το θόριο, είναι το ότι πρόκειται για ένα ευγενές αέριο. Μόλις σχηματιστεί από το ράδιο, κινείται ελεύθερα, διαχεόμενο στο χώρο ή μεταφερόμενο από το έδαφος, εφόσον υπάρχει η αναγκαία πίεση. Έτσι, ανακατεύεται με τον αέρα και με το νερό μέσω των οποίων καταλήγει στον άνθρωπο. Θεωρείται ότι αυτή η μεταφορά γίνεται τόσο γρήγορα ώστε να μην έχει προλάβει να διασπαστεί τελείως (χρόνος ημιζωής 3.8 ημέρες).

Από την αλυσίδα διάσπασης του U-238 (Σχήμα 3) και από τη διάσπαση του Ra-226, το Rn-222 είναι το πιο σημαντικό ισότοπο λόγω του σχετικά μεγάλου χρόνου ημιζωής του. Αυτός είναι τόσο μεγάλος ώστε το περισσότερο Rn-222 που εκπέμπεται είτε από τους τοίχους είτε από το έδαφος, σε βάθος ένα περίπου μέτρου, να προλαβαίνει να εισέρχεται σε κατοικήσιμους χώρους. Επιπλέον, το ραδόνιο που προκύπτει από το έδαφος, βγαίνει στην ατμόσφαιρα κάνοντας εφικτή την παρουσία του και έξω από τους κλειστούς χώρους. Βέβαια, λόγω της έντονης διάχυσής του οι τιμές συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα είναι πολύ μικρότερες από αυτή στους εσωτερικούς χώρους. Όταν το έδαφος είναι πορώδες, το αέριο ραδόνιο μπορεί να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις και πολλές φορές παρουσιάζει απότομες αυξήσεις σε σεισμικά ρήγματα, όταν πιέζεται από κάποια τεκτονική δόνηση (σεισμός). Αυτή η ιδιότητα του ραδονίου χρησιμοποιείται και για την πρόγνωση σεισμών.

Το ραδόνιο-220 που προέρχεται από την αλυσίδα του Θορίου-232, πάλι από διάσπαση του ραδίου-224, πολύ δύσκολα φθάνει στον αέρα για να εισπνευστεί από τον άνθρωπο, γιατί δεν του το επιτρέπει ο μικρός χρόνος ημιζωής του (56 δευτερόλεπτα).

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του ραδονίου είναι ότι διασπάται σε στοιχεία τα οποία σε αντίθεση μ' αυτό είναι χημικά δραστικά και ζουν σχετικά λίγο. Τα τέσσερα στοιχεία που ακολουθούν το ραδόνιο έχουν χρόνους ημιζωής μικρότερους από 30 λεπτά, ώστε αν συσσωρευτούν στους πνεύμονες προλαβαίνουν να διασπαστούν πριν απομακρυνθούν με την εκπνοή. Η ακτινοβολία που απελευθερώνεται από τη διάσπαση των τεσσάρων αυτών στοιχείων απορροφώμενη από τους πνεύμονες δημιουργεί τα προβλήματα υγείας. Η ακτινοβολία-α από τα ισότοπα του πολωνίου δημιουργεί τα μεγαλύτερα προβλήματα γιατί ολόκληρη απορροφάται σε ένα πολύ μικρό πάχος ιστού. Και επειδή τα σωματίδια-α έχουν ένα συντελεστή ποιότητας δεκαπλάσιο από την ακτινοβολία-γ, η ισοδύναμη δόση είναι δεκαπλάσια από την αντίστοιχη της γ.

Για τη μελέτη των διασπάσεων του ραδονίου στα θυγατρικά και τον προσδιορισμό της ενέργειας των σωματιδίων-α, ορίζουμε σαν σύνολο της ενέργειας των -α που προκύπτουν από το ραδόνιο και τα θυγατρικά του έως τον Μόλυβδο-210 (Σχήμα 5) τη δυναμική συγκέντρωση ενέργειας σωματιδίων-α που μετρίεται σε MeV/lit. Το αντίστοιχο μέγεθος που αναφέρεται σε διασπάσεις ανά όγκο (Bq/m^3) λέγεται ισοδύναμη ισορροπία συγκέντρωσης των θυγατρικών. Το πηλίκο με αριθμητή αυτή τη συγκέντρωση των θυ-

γατρικών προς τη συγκέντρωση του ραδονίου λέγεται συντελεστής ισορροπίας και είναι ίσος με 100% αν το ραδόνιο και τα θυγατρικά του βρίσκονται σε ραδιενεργό ισορροπία (δηλαδή έχουν την ίδια συγκέντρωση ραδιενέργειας). Στην πράξη, επειδή τα θυγατρικά του ραδονίου μπορούν να διαφύγουν από το χώρο ή να προσκολληθούν στα τοιχώματα, ο λόγος αυτός είναι μικρότερος με μέση τιμή το 50%.

[A7.2] ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Η συγκέντρωση του ραδονίου και των θυγατρικών του, αλλά και όλων των εναέριων ρύπων, εξαρτάται από τρεις παράγοντες:

1. Από την είσοδο στο χώρο και την ταχύτητα παραγωγής από διάφορες πηγές.
2. Από την ταχύτητα αερισμού και
3. Από τις ταχύτητες χημικών ή φυσικών μεταβολών ή απομακρύνσεων.

Λόγω της σχετικά μεγάλης διάρκειας ημιζωής και της έλλειψης χημικής δράσης, το ίδιο το ραδόνιο συμπεριφέρεται σαν ένας σταθερός ρύπος, του οποίου η συγκέντρωση καθορίζεται από την ταχύτητα εισόδου και αερισμού.

Αντίθετα, η συμπεριφορά των θυγατρικών του είναι πιο πολύπλοκη, δηλαδή, εξαρτάται από την παρουσία του ραδονίου, την ταχύτητα αερισμού, την ραδιενεργό ισορροπία, την χημική δραστηριότητα, την συγκέντρωση ξένων σωματιδίων στο χώρο και τη φύση και το οριακό στρώμα μεταξύ του εσωτερικού χώρου και της επιφάνειας εισόδου του.

[A7.3] ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ

Στην Ευρώπη έχουν γίνει οι πληρέστερες μετρήσεις της συγκέντρωσης ραδονίου στο εσωτερικό των σπιτιών και ιδιαίτερα σε χώρες που το υπέδαφός τους ήταν πλούσιο σε κοιτάσματα ουρανίου. Για παράδειγμα, στην πρώην Τσεχοσλοβακία έχουν γίνει πάνω από 400.000 μετρήσεις με βάση τις οποίες σχηματίστηκαν οι καλύτεροι χάρτες ραδονίου.

Στη Σουηδία, πρόσφατα ολοκληρώθηκε μια σειρά μετρήσεων διάρκειας δύο εβδομάδων σε 500 σπίτια και τα αποτελέσματα έδειξαν μία μέση τιμή ίση με 122 Bq/m^3 στα ισόγεια και 85 Bq/m^3 σε διαμερίσματα ορόφων. Στο 2% όμως των ισόγειων μετρήθηκαν τιμές πάνω από 800 Bq/m^3 , μεγαλύτερες δηλαδή από την τιμή των 400 Bq/m^3 που θεωρείται στη Σουηδία ως όριο λήψης μέτρων.

Στη Φιλανδία, μετρήσεις σε 2000 σπίτια, έδειξαν τιμές στα 110 Bq/m^3 και όπως και στη Σουηδία 2% πάνω από 800 Bq/m^3 .

Στη Γερμανία, σε 6000 σπίτια μετρήθηκε η συγκέντρωση του ραδονίου και έδειξε σχετικά μικρές τιμές 60 Bq/m^3 και μόνον 0.2% ποσοστό σπιτιών ξεπερνούσαν τα 500 Bq/m^3 .

Ακόμη μικρότερες τιμές μετρήθηκαν στην Β. Βρετανία (30 Bq/m^3) και μόνον στη νοτιοδυτική πλευρά οι τιμές ήταν αυξημένες.

Στην Ελλάδα, δεν έχουν γίνει μετρήσεις σε πανεθνική κλίμακα και όσες έγιναν αφορούσαν τοπικές περισσότερο μετρήσεις. Από αυτές τις λίγες μετρήσεις, φαίνεται πως η Μακεδονία και η Θράκη έχουν αυξημένες τιμές, λόγω της παρουσίας του ουρανίου στο υπέδαφος, αλλά και κάποιες άλλες περιοχές, όπως στα νησιά μετρήθηκαν αυξημένες τιμές, λόγω της παρουσίας ραδίου. Χαρακτηριστικό είναι, ότι στις ιαματικές πηγές, λόγω της έντονης παρουσίας του ραδίου, το ραδόνιο μπορεί να ξεπερνά κατά 100 ή και χίλιες φορές τις μέσες τιμές.

Λίγες μετρήσεις έχουν γίνει παγκοσμίως σε χώρους σχολείων ή νοσοκομείων. Εκεί, οι τιμές βρέθηκαν αρκετά μικρότερες, αλλά μεγαλύτερες των εξωτερικών που κυμαίνονται στα 10 Bq/m^3 . Πάντως, στις τιμές αυτές, μεγάλο ρόλο έπαιξαν οι συνθήκες εξαερισμού, κυρίως στα μοντέρνα κτίρια, τα οποία αερίζονται μόνον με τεχνητό εξαερισμό.

Μετρήσεις ραδονίου που έχουν γίνει ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. κάθε ώρα), έδειξαν πολύ μεγάλες χρονικές μεταβολές. Υπάρχει, για παράδειγμα μια εποχιακή μεταβολή, στην οποία οι χειμερινές τιμές είναι διπλάσιες από τις καλοκαιρινές, λόγω του μικρού αερισμού στην περίοδο του χειμώνα. Ημερήσιες μεταβολές, δείχνουν υψηλότερες τις βραδινές τιμές. Επίσης, η συγκέντρωση του ραδονίου επηρεάζεται έντονα από την πίεση, τη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση, δηλαδή από παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα εισόδου και εξόδου του από έναν χώρο. Γενικά, από μετρήσεις σε σπίτια άλλων χωρών, η επιβάρυνση του ραδονίου προέρχεται από την είσοδό του στα ισόγεια, ενώ διαμερίσματα πολυκατοικιών παρουσιάζουν τιμές περίπου ίδιες με αυτές του εξωτερικού αέρα. Επιπλέον, η χρήση του νερού και του φυσικού αερίου που προέρχεται από τοπικές πηγές προσθέτουν ένα μικρό μόνον ποσοστό στη συνολική επιβάρυνση.

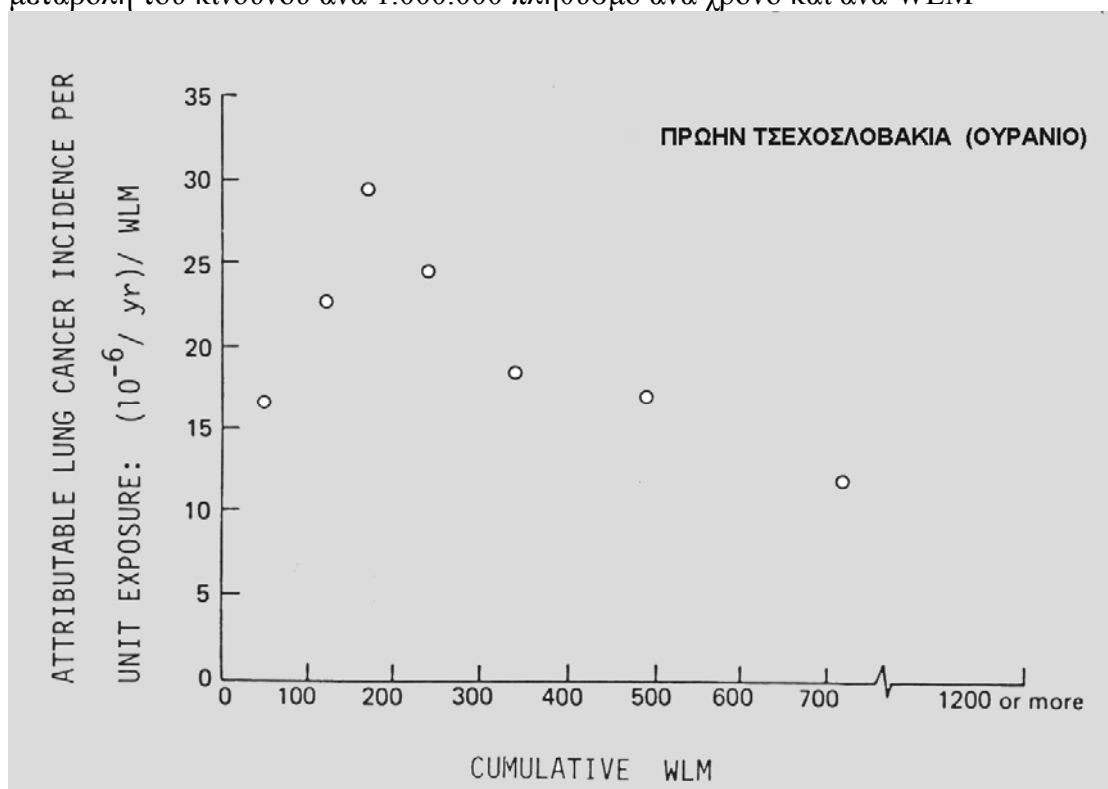
[A7.4]ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΘΥΓΑΤΡΙΚΩΝ ΡΑΔΙΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΡΑΔΟΝΙΟΥ

Ακόμη και για μια δεδομένη τιμή συγκέντρωσης ραδονίου, η αντίστοιχη συγκέντρωση των θυγατρικών του μπορεί να διαφέρει ριζικά. Και αυτό, γιατί τα θυγατρικά, όπως αναφέραμε είναι χημικά δραστικά. Δηλαδή, μπορούν να προσκολλώνται σε σωματίδια που αιωρούνται στο χώρο, σε επιφάνειες και ακόμη στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, όπου εναποθέτουν την ενέργειά τους είτε άμεσα είτε έμμεσα με τη μεταφορά τους μέσω σωματιδίων. Επιπλέον, η λεπτομερής συμπεριφορά τους και η σημασία των θυγατρικών για την υγεία επηρεάζονται από τους χρόνους ημιζωής τους και τον τρόπο που διασπώνται (Σχήμα 3).

Σημαντική για την επίδραση στην υγεία είναι η εκπομπή σωματίων-α από κάποια από αυτά, δηλαδή του πολωνίου-218 και 214 για τη σειρά του ραδονίου-222 και για τη σειρά του ραδονίου-220 (οικογένεια θορίου) το βισμούθιο-212 και το πολώνιο-212. Η Δυναμική Συγκέντρωση Ενέργειας σωματιδίων-α και η Ισοδύναμη - Ισορροπίας Συγκέντρωση των θυγατρικών, δηλαδή η συνολική συγκέντρωση των θυγατρικών εξαρτάται από τη συγκέντρωση των τριών πρώτων (Po-218, Pb-214 και Bi-214) για το ραδόνιο-222 και των δύο αντίστοιχων (Pb-212, Bi-212), για το ραδόνιο-220, καθώς και από την ενέργεια των σωματίων-α που εκπέμπουν. Η γνώση της συμπεριφοράς των θυγατρικών στοιχείων είναι αναγκαία όχι μόνον για τον υπολογισμό της συνολικής ενέργειας που εναποτίθεται στον οργανισμό, αλλά και για τον υπολογισμό του συντελεστή ισορροπίας.

[A7.5] ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Οι μελέτες των αποτελεσμάτων της ακτινοβολίας χωρίζονται γενικά σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αποτελείται από επιδημιολογικές μελέτες ανθρώπινων οργανισμών εκτεθειμένων στη ραδιενέργεια λόγω της εργασίας τους, λόγω ιατρικών διαγνωστικών και θεραπευτικών εξετάσεων και αγωγών, ή από το περιβάλλον από φυσική ή τεχνητή ραδιενέργεια, όπως για παράδειγμα τα θύματα των πυρηνικών δοκιμών στη Hiroshima και το Nagasaki. Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από μια ποικιλία εργαστηριακών μελετών, συμπεριλαμβανομένων δοκιμών σε πειραματόζωα σε μελέτες φυσιολογίας του ανθρώπινου οργανισμού. Οι κυριότερες μελέτες έγιναν σε ανθρακωρύχους και πειραματόζωα με μεγάλες δόσεις ραδονίου. Στο Σχήμα 11 φαίνεται το αποτέλεσμα αυτών των μελετών σε τσεχοσλοβάκους εργάτες ουρανίου, ως αυξημένος κίνδυνος καρκίνου του πνεύμονα ανά μονάδα έκθεσης σε σχέση με την αθροιστική έκθεση. Συγκεκριμένα, παριστάνει τη μεταβολή του κινδύνου ανά 1.000.000 πληθυσμό ανά χρόνο και ανά WLM



Σχήμα 11 Πιθανότητα καρκίνου από αθροιστική δόση

(Working Level Month) σε σχέση με την αθροιστική δόση που έχει πάρει ο εργάτης σε WLM (1 WLM = 1 WL x 1 μήνα, 1WL = ενέργεια 1.3×10^5 MeV/λίτρο).

Αν πάρουμε αθροιστικές δόσεις από 100 - 700 WLM, βλέπουμε ότι ο κίνδυνος μεταβάλλεται από 5-30 καρκίνους του πνεύμονα ανά χρόνο ανά WLM ανά 1.000.000 ανθρώπους. Αν πάρουμε μια μέση τιμή ίση με 12, σημαίνει ότι για κάθε WLM αθροιστικής δόσης, ένας εργάτης έχει πιθανότητα προσβολής 12×10^{-6} ανά χρόνο, μετά από μια λανθάνουσα περίοδο (~10 χρόνια). Αν θεωρήσουμε 30 χρόνια διάρκεια, τότε αυτή η πιθανότητα πολλαπλασιάζεται επί 30, δηλ. $30 \times 12 \times 10^{-6} = 3.6 \times 10^{-4}$ ανά WLM. Αυτά τα αποτελέσματα έχουν ένα μεγάλο σχετικό σφάλμα, γιατί δεν λαμβάνουν υπόψη τον κίνδυνο π.χ. από το κάπνισμα.

Η μελέτη του αποτελέσματος της εισπνοής ραδονίου και των θυγατρικών στοιχείων από ανθρακωρύχους, σε σχέση με τη μελέτη των κινδύνων του γενικού πληθυσμού από το ραδόνιο, παρουσιάζει σημαντικές διαφορές.

Για παράδειγμα, λόγω της φύσης της εργασίας αυτών των εργατών, η ταχύτητα εισπνοής και άρα η ποσότητα του εισπνεόμενου ραδονίου είναι μεγαλύτερη από αυτή ενός μέσου ατόμου. Επίσης, το περιβάλλον εργασίας των εργατών περιέχει διαφορετικές ουσίες απ' ό,τι το περιβάλλον ενός μέσου ατόμου. Αν βασιστούμε στον υπολογισμό αυτό και θεωρήσουμε ότι η συγκέντρωση ραδονίου στην κατοικία είναι 50 Bq/m^3 με έναν συντελεστή ισορροπίας 40%, προκύπτει συγκέντρωση θυγατρικών ίση με 20 Bq/m^3 . Αν τα $2/3$ μιας διάρκειας ζωής 70 ετών το άτομο ζει μέσα σ' αυτή την κατοικία, η συνολική έκθεση είναι $2/3 \times 70 \times 20 = 933 \text{ Bq/m}^3 \text{ χρόνο}$ ή 12.6 WLM ($1 \text{ WLM} = 73.9 \text{ Bq/m}^3 \{370 \times 170 \times 3600 : 356 \times 24 \times 3600 = 73.9\}$). Εάν το υπόλοιπο $1/3$ της ζωής του το άτομο ζει σε 5 Bq/m^3 , δηλαδή το $1/4$ της τιμής στο εσωτερικό της κατοικίας, τότε η συνολική έκθεση θα είναι $933 \text{ Bq/m}^3 \text{ χρόνο} + 5 \times 1/3 \times 70 \text{ Bq/m}^3 \text{ χρόνο} = (933 + 117) \text{ Bq/m}^3 \text{ χρόνο} = 1050 \text{ Bq/m}^3 \text{ χρόνο}$ ή $12.6 + 1.8 \text{ WLM} = 14.4 \text{ WLM}$.

Αν χρησιμοποιήσουμε την τιμή $3.6 \times 10^{-4} / \text{WLM}$ που χρησιμοποιήσαμε στην καμπύλη του σχήματος 8, τότε παίρνουμε μια επικινδυνότητα 5% . Αν αυτήν την τιμή την πολλαπλασιάσουμε με τον πληθυσμό των Η.Π.Α. (230.000.000) προκύπτει πως 1.000.000 κάτοικοι θα πεθάνουν από καρκίνο του πνεύμονα στα 70 χρόνια ή 15.000 κάθε χρόνο. Οι τιμές αυτές είναι αρκετά μεταβλητές, λόγω της αβεβαιότητας των μελετών των ανθρακωρύχων και της εφαρμογής τους στο γενικό πληθυσμό.

[A7.6] ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΡΑΔΟΝΙΟΥ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

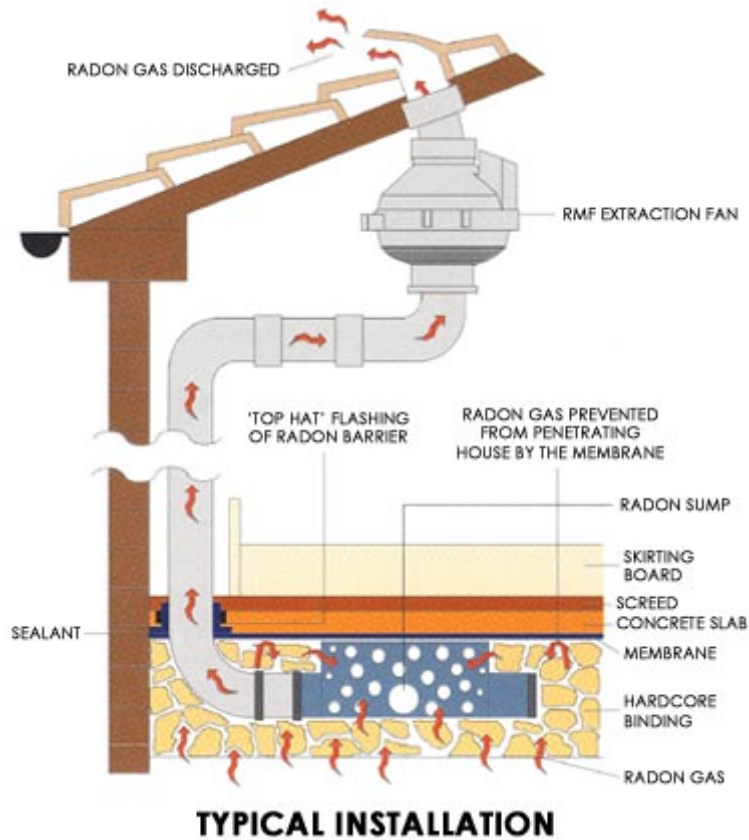
Με αυτές τις σημαντικές συγκεντρώσεις του ραδονίου και των θυγατρικών του στους κλειστούς χώρους, προκύπτει το ερώτημα, πώς θα βεβαιωθούμε ότι οι δόσεις που παίρνει ένας πληθυσμός είναι αποδεκτές ή όχι; Η απάντηση βρίσκεται στην μέτρηση και στις τεχνικές του ελέγχου καθώς και στη δημιουργία μιας στρατηγικής ελέγχου.

Μετρήσεις του ραδονίου και των θυγατρικών μπορούν να γίνουν με διάφορους τρόπους από τις διασπάσεις αυτών των στοιχείων. Δηλαδή την ανίχνευση των σωματιδίων- α, β ακόμη και από την εκπεμπόμενη ακτινοβολία $-\gamma$ όταν ο θυγατρικός πυρήνας, στον οποίο διασπάται ο μητρικός, βρίσκεται σε διεγερμένη κατάσταση. Καθ' ένα από αυτά τα σωματίδια ή ακτινοβολία, μπορούν να δημιουργήσουν ιόντα σε ένα υλικό από το οποίο διέρχονται και να μετρήσουμε το βαθμό του ιονισμού.

Οι τεχνικές των μετρήσεων ποικίλουν από στιγμιαίες, συνεχόμενες ανά τακτά χρονικά διαστήματα ή μετρήσεις που διαρκούν μήνες ή και χρόνο. Οι στιγμιαίες, βασίζονται στους σπινθηρισμούς που προκαλούνται σε διάφανο υλικό με τη δίοδο σ' αυτό των σωματιδίων- α , καταμετρώντας τις ακτίνες X που προκάλεσε το σωματίδιο- α στα άτομα του υλικού. Επίσης, μετρήσεις διάρκειας μιας ημέρας μέχρι μιας εβδομάδας γίνονται με τη συλλογή ατόμων ραδονίου από μια επιφάνεια διαμέτρου 10 cm, η οποία στο τέλος της μέτρησης σφραγίζεται. Η μέτρηση συνίσταται στην καταμέτρηση των ακτίνων- γ που εκπέμπουν τα θυγατρικά κατά τη διάσπασή τους. Οι ανιχνευτές ίχνους, διαμέτρου 3-4 cm μόνον, τοποθετούνται σε κάποιο σταθερό σημείο της κατοικίας και με χημική επεξεργασία στο τέλος της μέτρησης (μέχρι και ένα χρόνο) προσδιορίζονται τα ίχνη των σωματιδίων- α που εξέπεμψαν το ραδόνιο και τα θυγατρικά του. Αυτή η τεχνική, έχει το πλεονέκτημα να προσδιορίζει τη συνολική συγκέντρωση που δεν εξαρτάται από την ημερήσια ή την εποχιακή μεταβολή, αλλά έχει το μειονέκτημα του μεγάλου χρόνου αναμονής.

Τέλος, υπάρχουν αυτόματες συσκευές με μικροεπεξεργαστή, οι οποίες προγραμματίζονται να μετρούν το ραδόνιο ή ένα θυγατρικό του από την αντίστοιχη εκπομπή σωματιδίου- α κάθε μισή για παράδειγμα ώρα επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Το πλεονέκτημα είναι η πλήρης γνώση της μεταβολής της συγκέντρωσης του ραδονίου ανά χρονικά διαστήματα και η συσχέτισή του με μετεωρολογικούς ή εξωτερικούς παράγοντες που την επηρεάζουν.

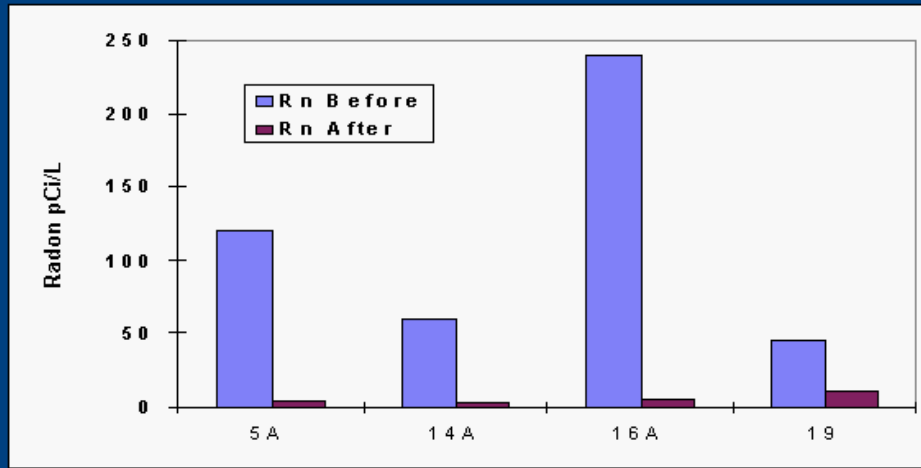
Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους αντιμετωπίζεται η αυξημένη συγκέντρωση του ραδονίου στους εσωτερικούς χώρους. Ο απλούστερος είναι ο φυσικός αερισμός, ιδίως όταν η συγκέντρωση είναι αυξημένη. Ένας άλλος τρόπος είναι η μόνωση του δαπέδου από τυχόν ρωγμές. Άλλος τρόπος είναι η εγκατάσταση αεραγωγών στο υπόγειο της κατοικίας, οι οποίοι οδηγούν το ραδόνιο του υπογείου στο εξωτερικό της.



Σχήμα 12 Εγκατάσταση απομάκρυνσης του ραδονίου από τους εσωτερικούς χώρους κατοικίας

Results Of Basement Pressurization

www.radon.com



Σχήμα 12 Διαφορά συγκεντρώσεων ραδονίου πριν και μετά τον τεχνητό εξαερισμό

[A8.1]ΤΟ ΠΟΛΩΝΙΟ

Η ραδιενέργεια του καπνού στο τσιγάρο οφείλεται στο ραδιενεργό μέταλλο πολώνιο-210, το οποίο προέρχεται από μια σειρά διαδοχικών διασπάσεων της οικογένειας του ουρανίου-238 (Σχ. 1). Δηλαδή, το ουράνιο-238 διασπώμενο δίνει μεταξύ άλλων ραδόνιο-222 και αυτό με τη σειρά του μόλυβδο-210, ο οποίος καταλήγει στο πολώνιο-210. Εισέρχεται δε στον καπνό με την ακόλουθη διαδικασία:

Το ραδόνιο-222 διαχέεται από την επιφάνεια της γης στην ατμόσφαιρα, όπου διασπάται σε μόλυβδο-210, ο οποίος στη συνέχεια πέφτει στη γη προσκολλώμενος στους ρύπους της ατμόσφαιρας μαζί με το θυγατρικό του πολώνιο-210. Επιπλέον, το ραδιενεργό πολώνιο μπορεί να εισέρχεται στο φυτό των καπνών και από το έδαφος. Όταν αυτοί οι ρύποι πέσουν, επικολώνονται ιδιαίτερα στις φυλλώδεις καλλιέργειες, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται και τα καπνά. Όταν τα προϊόντα τους καταλήξουν στην κατανάλωση, μαζί τους εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό και το ραδιενεργό πολώνιο μέσω της αναπνευστικής οδού.

Το γεγονός πρώτον, ότι η συσσώρευση του πολωνίου στον οργανισμό όταν εισπνέεται, είναι πέντε περίπου φορές μεγαλύτερη απ' ότι όταν εισέρχεται με τη διαδικασία της πέψης και δεύτερον, ότι το πολώνιο στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο τσιγάρο κατά το κάπνισμα (600-800 βαθμούς Κελσίου) είναι πτητικό και εισέρχεται μαζί με τον καπνό στον οργανισμό, καθιστούν το κάπνισμα επικίνδυνο.

Ιδιαίτερα, στην περίπτωση του τσιγάρου, το ραδιενεργό πολώνιο έχει ενσωματωθεί στα βιομηχανοποιημένα είδη του καπνού. Με το κάπνισμα, δηλαδή με την εισπνοή, τα ραδιενεργά στοιχεία αποθηκεύονται στον οργανισμό στο τραχειοβρογχικό δέντρο, όπου το επικίνδυνο πολώνιο βομβαρδίζει συνεχώς τα ευαίσθητα στη ραδιενέργεια κύτταρα της βρογχικής επιφάνειας με σωματίδια-α. Αυτή ακριβώς η διαδικασία που γίνεται στους πνεύμονες, θεωρείται και η αιτία του καρκίνου στους καπνιστές.

Θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα η επικινδυνότητα της ακτινοβολίας σωματιδίων-α, που χαρακτηρίζονται από δεκαπλάσιες τιμές ισοδύναμων δόσεων από αυτές των ακτίνων-γ. Για παράδειγμα, ο μέσος αμερικανός καπνιστής του ενάμισι πακέτου την ημέρα, παίρνει μια ετήσια ραδιενεργό δόση τοπικά σ' αυτό το ανθρώπινο όργανο ίση προς 8000 mrem! Ενώ αντίθετα, ένας μη καπνιστής παίρνει μόνο 25-90 mrem.

Πειράματα που έγιναν το 1975 στο Πανεπιστήμιο του Harvard της Αμερικής σε ποντίκια, εισάγοντας με ένεση το ραδιενεργό πολώνιο-210, σε δόσεις των 15 έως 300 rad, προκάλεσαν σε ποσοστό 10 έως και 50% καρκίνο στους πνεύμονες. Οι καπνιστές, υπολογίζεται ότι παίρνουν μέχρι και 20000 mrad κατ' έτος στην περιοχή του βρογχικού επιθηλίου από το ραδιενεργό πολώνιο που συσσωρεύεται κατά το κάπνισμα.

Μετρήσεις του ραδιενεργού πολωνίου-210 που έγιναν πρόσφατα στις ΗΠΑ σε σπέρμα καπνιστών και μη, έδειξαν μεγαλύτερες ποσότητες στους καπνιστές. Ακόμα, μετρήσεις του πολωνίου στα ούρα, έδειξαν εξαπλάσιες συγκεντρώσεις στους καπνιστές και στο αίμα διπλάσιες.

Αν ένας καπνιστής σταματήσει το κάπνισμα για 1-2 χρόνια, τότε η παρουσία του πολωνίου θα είναι το ίδιο ασήμαντη με αυτήν των μη καπνιστών, γιατί στο διάστημα αυτό, το συσσωρευμένο πολώνιο θα έχει αποβληθεί από τον οργανισμό μέσω της βιολογικής και ραδιενεργής διάσπασης. Δυστυχώς, λόγω του γεγονότος πως το πολώνιο-210 είναι ευγενές αέριο, πολύ δύσκολα κατακρατείται από τα φίλτρα του καπνού του τσιγάρου. Αλλά, ακόμη και αν βρεθεί τρόπος κατακράτησης του πολωνίου, πάλι και ο παθητικός και ο ενεργητικός καπνιστής θα εισπνέουν απ' ευθείας το ραδιενεργό αυτό αέριο.

I Dyer, C (1996) 'Evidence rules plea rejected', *The Guardian*, London, 10 July, p4

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anagnostakis, M., Hinis, E., Simopoulos, S. and Angelopoulos, M. (1996) Natural Radioactivity Mapping of Greek Surface Soils, NRE Suppl. 22 p53.

Bretthauer, E. and Black, S. (1965) *Science*, 156, 1375,.

Brill, A. Radon Update, (1994) *The Journal of Nuclear Med.*, 35 p368.

Christofides S., Christodoulidis, G. (1993) Airborne Rn-222 Concentration in Cypriot Houses, *Health Phys.*, 64 p39.

Cothorn, C. and Smith, J. (1987) *Environmental Radon*, Plenum, New York,.

Geranios, A, Kakoulidou, M., Mavroidi, Ph., Fische,r S., Burian, I. and Holecek, J. (1999) Preliminary radon survey in Greece, *Rad. Prot. Dosim.*, 81 p301. (<http://www.cc.uoa.gr/radon/>)

Geranios, A., Kakoulidou, M., Mavroidi, Ph., Moschou, M., Fischer, S., Burian , I. and Holecek, J. (2000) Radon Survey in Kalamata (Greece), *Rad. Prot. Dosim.*, 93 p75.

Geranios, A., Nikolopoulos, D., Luizi, A. and Karatzi, A. (2004) Multiple Radon Survey in Spa of Loutra Edipsou (Greece), *Rad. Prot. Dosimetry*, p1.

- Hunt, V., (1990) Polonium-210 Measurements in human Semen, Health Physics, Vol. 58, p511.
- ICRP, (1992) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 65, Pergamon Press UK.
- Jacobi, W. (1964) The dose to the Human Respiratory tract by Inhalation of Shortlived Rn-222 and Rn-220 Decay Products, Health Phys 10, p1163.
- Lamarshe, J., (1982) Introduction to Nuclear Engineering, Addison Wesley, N. York.
- Little, J., Kennedy, A. and McGrandy, R., (1975) Lung Cancer Induced in Hamsters by Low Doses of Alpha Radiation from Polonium-210, Science Vol. 188, p737.
- Louizi, A. (1997) Exposure of Greek Population from Indoor Radon Measurements. Presented at the 1st Southeastern-European Regional Radon Workshop, Athens 3-5 April 1997.
- Papastefanou, K, Stoulos, S, Manolopoulou, M, Ioannidou, A, Charalambus, S. (1997) Indoor Radon Concentrations in Greek Apartment Dwellings. 1st Southeastern-European Regional Radon Workshop 3-5 April 1997, Athens, Greece.
- Rajewski, B. and Stahlhofen, W. (1966) Polonium-210 Activity in the Lungs of Cigarette Smokers, Nature, 209, p1312.
- Synnefa, A., Polichronaki, E., Papagiannopoulou, E., Santamouris, M., Mihalakakou, G., Doukas, P., Siskos, P.A., Bakeas, E., Dremetsika, A., Geranios, A. and Delakou, A. (2003) An experimental investigation of the indoor air quality in fifteen school buildings in Athens, Greece. Int. J. of Ventilation, Vol.2, p185.
- U.S.E.P.A. (1993) Radon Measurements in Schools. Office of Air Radiation. Document. # E.P.A. 402-R-92-014.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	σελ. 2
2. Εισαγωγή στους εσωτερικούς ρυπαντές	σελ. 3
3. Αμίαντος	σελ. 5
<i>3.1 Εισαγωγικά για τον αμίαντο</i>	σελ. 5
<i>3.2 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε αμίαντο</i>	σελ. 6
<i>3.3 Τρόπος αντιμετώπισης των επιπτώσεων από τη χρήση υλικών με αμίαντο</i>	σελ. 8
4. Βιολογικοί ρυπαντές: Σκόνη	σελ. 9
<i>4.1 Εισαγωγικά για τη σκόνη</i>	σελ. 9
<i>4.2 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε σκόνη</i>	σελ. 10
<i>4.3 Τρόπος αντιμετώπισης των επιπτώσεων από την έκθεση σε σκόνη</i>	σελ. 14
5. Σωματίδια προερχόμενα από καύσεις	σελ. 14
<i>5.1 Γενικά για αιωρούμενα σωματίδια</i>	σελ. 14
<i>5.2 Εισαγωγικά για σωματίδια καύσης</i>	σελ. 16
<i>5.3 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από σωματίδια καύσης</i>	σελ. 22
<i>5.4 Τρόπος αντιμετώπισης επιπτώσεων από σωματίδια καύσης</i>	σελ. 22
6. Συνθετικές ίνες	σελ. 23
<i>6.1 Εισαγωγικά για τις συνθετικές ίνες</i>	σελ. 23
<i>6.2 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε συνθετικές ίνες</i>	σελ. 24
<i>6.3 Τρόπος αντιμετώπισης των επιπτώσεων από την έκθεση σε συνθετικές ίνες</i>	σελ. 24
7. Περίληψη - Συμπεράσματα	σελ. 26
8. ΑΝΑΦΟΡΕΣ	σελ. 28
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ. 28
10. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	σελ. 28
11. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	σελ. 29
12. ΔΕΣΜΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5	σελ. 32

1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στους εσωτερικούς ρυπαντές και στην επίδραση αυτών στην εσωτερική ποιότητα αέρα. Στις επόμενες παραγράφους λοιπόν και ανά εσωτερικό ρυπαντή θα αναλυθούν οι αιτίες που προκαλούν την εκπομπή των εσωτερικών ρύπων, οι επιπτώσεις που προκαλεί ο συγκεκριμένος ρύπος στην ανθρώπινη υγεία καθώς και οι τρόποι αντιμετώπισης αυτών.

Οι εσωτερικές πηγές ρύπανσης που απελευθερώνουν αέρια ή μόρια στον αέρα είναι η αρχική αιτία των εσωτερικών προβλημάτων ατμοσφαιρικής ποιότητας. Υπάρχουν συγκεκριμένοι παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον. Αναλυτικότερα, ο ανεπαρκής εξαερισμός μπορεί να αυξήσει τα εσωτερικά μολυσματικά επίπεδα ενώ και η υψηλή θερμοκρασία και τα επίπεδα υγρασίας μπορούν να αυξήσουν τις συγκεντρώσεις μερικών ρύπων ή να προκαλέσουν την εμφάνισή τους. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό θέμα καθώς ευθύνεται για αρκετές ενοχλήσεις και ασθένειες οι οποίες εκδηλώνονται είτε άμεσα είτε επιβαρύνουν αθροιστικά τον ανθρώπινο οργανισμό. Συνήθη φαινόμενα είναι οι ενοχλήσεις των ματιών, της μύτης, του λαιμού, οι πονοκέφαλοι και η αίσθηση της κούρασης και της υπνηλίας. Οι επιπτώσεις αυτές είναι βραχυπρόθεσμες, παροδικές και εύκολα θεραπεύσιμες. Υπάρχουν βέβαια και επιπτώσεις στην υγεία που παρουσιάζονται είτε έτη αφότου έχει εμφανιστεί η έκθεση ή μόνο μετά από τις μεγάλες ή επαναλαμβανόμενες περιόδους έκθεσης. Τέτοιου είδους επιπτώσεις είναι οι αναπνευστικές ασθένειες, οι καρδιακές παθήσεις ακόμα και ο καρκίνος. Το βέβαιο είναι πως οι εσωτερικοί ρυπαντές ευθύνονται για αρκετές και σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία παρόλα αυτά υπάρχει ιδιαίτερη αβεβαιότητα για το ποιες συγκεντρώσεις ή ποια περίοδος έκθεσης είναι απαραίτητη για να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα. Επίσης, οι άνθρωποι αντιδρούν πολύ διαφορετικά στην έκθεση στους εσωτερικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους ανάλογα με την ηλικία, το φύλλο και το ιστορικό τους σε διάφορες παθήσεις.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφούν λεπτομερώς οι ακόλουθοι εσωτερικοί ρυπαντές:

- ο αμίαντος,
- η σκόνη,
- τα αιωρούμενα σωματίδια με έμφαση στα σωματίδια που προέρχονται από καύσεις και
- οι συνθετικές μεταλλικές ίνες.

Στις παραγράφους που ακολουθούν αναλύονται οι εσωτερικοί ρυπαντές και για κάθε μία περίπτωση παρουσιάζονται αναλυτικά οι επιπτώσεις που προκαλούνται στην υγεία και ο τρόπος αντιμετώπισής τους.

Λέξεις – κλειδιά: αμίαντος, σκόνη, αιωρούμενα σωματίδια, σωματίδια καύσης, συνθετικές ίνες, εσωτερική ποιότητα αέρα

2. Εισαγωγή στους εσωτερικούς ρυπαντές

Γιατί να μας ενδιαφέρει η ποιότητα εσωτερικού αέρα;

Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων αποτελεί αντικείμενο μελέτης για τους επιστήμονες τα τελευταία χρόνια. Το κτίριο πλέον εξετάζεται ως ξεχωριστό υποσύστημα το οποίο όμως αλληλεπιδρά και εξαρτάται με το εξωτερικό περιβάλλον. Ο όρος Indoor Air Quality (IAQ) έχει επικρατήσει στη βιβλιογραφία και αναφέρεται στην ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, όπως αυτή ορίζεται από τη συγκέντρωση ρύπων και θερμικών συνθηκών (θερμοκρασία, σχετική υγρασία), παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία, την άνεση και την απόδοση των κατοίκων του κτιρίου.

Η κακή ποιότητα εσωτερικού αέρα έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των χρηστών του κτιρίου αλλά και οικονομικό κόστος, όπως άλλωστε θα δούμε και στη συνέχεια. Ουσιαστικά οι βασικοί λόγοι για τους οποίους η έκθεσή μας σε εσωτερικό αέρα κακής ποιότητας είναι επικίνδυνη είναι δύο. Καταρχήν η συγκέντρωση ορισμένων ρύπων πολλές φορές βρίσκονται σε πολλαπλάσιες συγκεντρώσεις στο εσωτερικό περιβάλλον σε σχέση με το εξωτερικό και ο μέσος χρόνος παραμονής ενός ανθρώπου σε εσωτερικούς χώρους είναι μεγάλος. Από μελέτες έχει αποδειχθεί πως οι άνθρωποι στις βιομηχανικές χώρες παραμένουν σε εσωτερικούς χώρους για ένα ποσοστό που ξεπερνά το 85% και περιλαμβάνει τις ώρες που ένας άνθρωπος εργάζεται ή βρίσκεται στο σπίτι του, ενώ το ποσοστό αυτό φθάνει το 100% στη φάση του ύπνου. Είναι λοιπόν πολύ λογικό να μας ενδιαφέρει όχι μόνο η ποιότητα του εξωτερικού αέρα αλλά και του εσωτερικού.

Οι επιπτώσεις που μπορεί να έχει η κακή ποιότητα εσωτερικού αέρα στον άνθρωπο είναι στην πραγματικότητα ένα πολυκριτηριακό θέμα το οποίο είναι αποτέλεσμα διαφόρων παραμέτρων. Πιο συγκεκριμένα, οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα έκθεσης ενός ανθρώπου σε εσωτερικούς αέριους ρύπους είναι οι ακόλουθοι:

- Η συγκέντρωση του αέριου ρύπου.
- Η φύση του ρύπου (φυσικός, χημικός ή βιολογικός).
- Η διάρκεια έκθεσης του ανθρώπου στον αέριο ρύπο.
- Η φύση της έκθεσης. Έχει παρατηρηθεί και πειραματικά πως η συνεργαστική δράση δύο ή και περισσότερων ρυπογόνων ουσιών αυξάνουν τα δυσμενή αποτελέσματα της έκθεσης σε σχέση με την έκθεση σε έναν και μόνο ρύπο.
- Η ομάδα του πληθυσμού στην οποία ανήκει ο άνθρωπος που εκτίθεται σε ρυπογόνες ουσίες.

Είναι λογικό πως οι ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού είναι αυτές που είναι και περισσότερο εκτεθειμένες στις επιδράσεις από τον εσωτερικό αέρα καθώς βρίσκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό εντός των κτιρίων παρά εκτός. Ουσιαστικά οι ευαίσθητες ομάδες είναι οι ηλικιωμένοι και τα βρέφη που περνούν το 100% του χρόνου τους εισπνέοντας αέρα εσωτερικών χώρων. Στα παιδιά ο υψηλότερος κίνδυνος είναι αποτέλεσμα του υψηλότερου μεταβολικού τους ρυθμού, της εισπνοής μεγαλύτερων ποσοτήτων αέρα και της χαμηλής ικανότητας του οργανισμού τους να προσαρμόζεται στις εισπνεόμενες ουσίες (Gilbert and Black 2000). Παρόμοια προβλήματα αντιμετωπίζουν και εκείνες οι ομάδες του πληθυσμού που εμφανίζουν άσθμα και περιβαλλοντικές αλλεργίες. Υπολογίζεται ότι το 20% του πληθυσμού κάθε χώρας

αντιμετωπίζει προβλήματα με αλλεργίες και 10% με άσθμα (Committee on Health Effects of Indoor Allergens, 1993).

Το πρόβλημα της ποιότητας του εσωτερικού αέρα είναι άμεσα εξαρτώμενο και από το χώρο στον οποίο εξετάζεται και λέγοντας χώρο εννοούμε όχι μόνο το είδος του εσωτερικού χώρου που εξετάζεται αλλά και το γεωγραφικό χώρο και τις υπάρχουσες συνθήκες που επικρατούν, για παράδειγμα:

- Στις αναπτυσσόμενες χώρες οι διεργασίες καύσης που εξυπηρετούν τη θέρμανση και το μαγείρεμα με στερεά καύσιμα είναι υπεύθυνες για αρκετούς θανάτους και υψηλό αριθμό ασθενειών. Ουσιαστικά τα καυσαέρια των διεργασιών καύσης, οι κακές εστίες καύσης και η παρουσία φτωχού εξαερισμού, ενεργοποιούν ένα επικίνδυνο μίγμα ρύπων που προσβάλλει τον εσωτερικό χώρο κυρίως των κατοικιών.
- Στις ανεπτυγμένες χώρες το πρόβλημα είναι τελείως διαφορετικής φύσης. Ο φυσικός εξαερισμός αντικαταστήθηκε από μηχανικά μέσα που απαιτούν όμως πολύ προσεκτικό σχεδιασμό, κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των συστημάτων τους γιατί αλλιώς δημιουργούνται τέτοιες συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη εσωτερικών ρύπων.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται συχνά αναφορά στον όρο «Σύνδρομο Άρρωστων Κτιρίων». Καθώς η ανάλυση του όρου αυτού δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης αυτού του κεφαλαίου γίνεται μία σύντομη αναφορά της έννοιας στο τέλος του κεφαλαίου (δεσμός 1).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι βασικές κατηγορίες αιτιών που προκαλούν κακή ποιότητα αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων.

Βασικές κατηγορίες αιτιών που προκαλούν κακή ποιότητα αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων

Τα βασικά αίτια κακής ποιότητας αέρα διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Εξωγενή αίτια που προκαλούν κακή ποιότητα αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων
- Ενδογενή αίτια που προκαλούν κακή ποιότητα αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων

Ουσιαστικά τα εξωγενή αίτια αφορούν στην αυξημένη ρύπανση της ατμόσφαιρας και δεν αφορούν στην ανάλυση αυτού του κεφαλαίου.

Τα ενδογενή αίτια που προκαλούν κακή ποιότητα αέρα είναι λιγότερο συγκεκριμένα από τα εξωγενή. Το πλήθος των πηγών εσωτερικά είναι μεγάλο αν σκεφτεί κανείς το πλήθος των υλικών που συναντούμε στο εσωτερικό των κτιρίων. Σε γενικές γραμμές η δημιουργία εσωτερικών ρύπων συνδέεται με τα εξής:

- Διεργασίες καύσης: οι διεργασίες αυτές συνδέονται με τη θέρμανση των χώρων ή την ύπαρξη εστιών καύσης για μαγειρικούς σκοπούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων συσκευών αποτελούν οι εστίες καύσης κηροζίνης που χρησιμοποιούνται ως πρόσθετη πηγή θέρμανσης όταν οι συνθήκες θερμικής άνεσης από το κεντρικό σύστημα θέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου δεν είναι ικανοποιητικές.
- Υλικά συσκευών του κτιρίου και υλικά που αποτελούν τον εξοπλισμό του χώρου. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται όλα εκείνα τα υλικά που

χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του κτιρίου, τη μόνωσή του, την κατασκευή και διαμόρφωση των χώρων, τη διακόσμησή τους, αλλά και όλες τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές που στελεχώνουν το χώρο.

- Την παρουσία ανθρώπων στο χώρο και τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι άνθρωποι είναι υπεύθυνοι για την εκπομπή μεγάλου αριθμού ρύπων. Ο πιο χαρακτηριστικός ρύπος που εκπέμπεται από ανθρώπινη δραστηριότητα είναι η εκπομπή του CO₂ που εκπέμπεται από τη διαδικασία της αναπνοής.

Κόστος από την επίπτωση της εσωτερικής ποιότητας αέρα στην υγεία των χρηστών

Πέρα από το κόστος στην ανθρώπινη υγεία η ποιότητα εσωτερικού αέρα προκαλεί και οικονομικό κόστος. Πιο συγκεκριμένα, τα κόστη που συνδέονται με την κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι τα ακόλουθα:

- Κόστος ελέγχου και επιθεώρησης του κτιρίου για την εξακρίβωση του αιτίου που προκάλεσε την κακή ποιότητα αέρα..
- Κόστος που προκύπτει από τη διακοπή λειτουργίας της επιχείρησης ή του οργανισμού για προληπτικούς λόγους κατά τη διάρκεια ελέγχου του κτιρίου.
- Κόστος διορθωτικών παρεμβάσεων και αλλαγών τόσο στη δομή του κτιρίου όσο και στον εξοπλισμό του.
- Κόστη νοσηλείας για όσους από τους χρήστες του κτιρίου εμφανίσουν συμπτώματα κακής υγείας.
- Κόστος που συνδέεται με τη χαμηλή απόδοση των εργαζομένων λόγω χαμηλής παραγωγικότητας ή λόγω απουσίας των υπαλλήλων από προβλήματα στην υγεία τους.
- Κόστος από αποζημιώσεις και δικαστικές διαμάχες.

Βέβαια, όπως άλλωστε έχει αποδειχθεί και από πολλές σχετικές μελέτες που έχουν γίνει κυρίως στην Αμερική το κόστος που δημιουργεί η κακή ποιότητα αέρα των εσωτερικών χώρων και η εμφάνιση του συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου είναι κατά πολύ μικρότερο από το κόστος των αλλαγών και των διορθωτικών παρεμβάσεων στο κτίριο για την επίλυση του προβλήματος και την επίτευξη ικανοποιητικής ποιότητας αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου.

Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση ανά είδος εσωτερικού ρυπαντή.

3. Αμίαντος

3.1 Εισαγωγικά για τον αμίαντο

Ο αμίαντος είναι το σύνολο ινωδών ορυκτών πυριτικού άλατος και εμφανίζει χημική και θερμική σταθερότητα καθώς και υψηλή αντοχή στον εφελκυσμό, ιδιότητες σημαντικές για πολλές εφαρμογές. Ο αμίαντος αποτελείται από μικροσκοπικές δέσμες ινών που μπορεί να μεταφέρονται με τον αέρα κατά τη διανομή. Αυτές οι ίνες περνούν στον αέρα και μπορεί να εισαχθούν στους πνεύμονες προκαλώντας, ενδεχομένως, σημαντικά προβλήματα υγείας. Οι ερευνητές δεν έχουν καθορίσει ακόμα ένα επίπεδο ασφαλούς έκθεσης αλλά είναι γνωστό ότι όσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο συγκέντρωσης και η χρονική διάρκεια της έκθεσης τόσο αυξάνει και ο κίνδυνος εμφάνισης μιας ασθένειας που σχετίζεται με τον αμίαντο. Ο αμίαντος χρησιμοποιείται συνήθως στην ηχομόνωση, θερμομόνωση και πυροπροστασία και στις δομικές κατασκευές. Οι ίνες του είναι εξαιρετικά ανθεκτικές στη θέρμανση.

Η χρήση του αμιάντου για την κατασκευή ενός μεγάλου αριθμού υλικών ήταν ιδιαίτερη διαδεδομένη μέχρι πριν από λίγα χρόνια και αυτό γιατί ως υλικό έχει εξαιρετικές ηλεκτρικές και μονωτικές ιδιότητες. Ως υλικό με τέτοιες χαρακτηριστικές ιδιότητες χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα κατά το παρελθόν στους χώρους κατασκευής κτιρίων για μόνωση των χώρων, για την κατασκευή ταπετσαριών, μπογιών, κεραμιδιών κ.λ.π. Τα σημαντικά προβλήματα που προκαλεί στην υγεία η χρήση του αμιάντου για την παραγωγή πλήθους υλικών των εσωτερικών χώρων, έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον των κρατών που προέβησαν στην απαγόρευση της χρήσης του. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τις χώρες στις οποίες ισχύει καθολική απαγόρευση στην εξόρυξη, την παραγωγή, την πώληση, τη χρήση, την εισαγωγή και την εξαγωγή του αμιάντου.

Στην παράγραφο που ακολουθεί αναφέρονται οι επιπτώσεις που προκαλούνται στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση των χρηστών σε αμίαντο.

3.2 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε αμίαντο

Ο αμίαντος δεν είναι πάντα επικίνδυνος. Στην πραγματικότητα, αν διατηρείται σε καλή κατάσταση και ελέγχεται περιοδικά ώστε να εκτιμάται η συνοχή του τότε δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας. Επικίνδυνος είναι μόνο όταν διαταράσσεται ή όταν τα συστατικά του υποστούν φθορά. Στην περίπτωση που τα συστατικά του καταστραφούν, οι ίνες διαχωρίζονται και μπορούν να μεταφερθούν με τον αέρα. Στη συνέχεια αναφέρονται οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε αμίαντο. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, ο αμίαντος μπορεί να προκαλέσει:

- Ερεθισμό του δέρματος.
- Ερεθισμό των αισθητηρίων οργάνων (μύτη, μάτια, λαιμός).
- Αναπνευστικά προβλήματα.
- Βρογχίτιδα και κρίσεις άσθματος.
- Πνευμονοκκοκίαση αμιάντου.
- Όγκο μεσοθηλιακού ιστού.
- Καρκίνο των πνευμόνων.
- Σημαντικά προβλήματα αναπνοής σε παιδιά.
- Προβλήματα στη κύηση εγκύων γυναικών.

Παρά τις συνήθεις λαθεμένες αντιλήψεις ο αμίαντος δεν προκαλεί πονοκεφάλους, μυϊκούς πόνους ή άλλα άμεσα συμπτώματα. Ο αμίαντος όπως ήδη έχει αναφερθεί μπορεί να προκαλέσει καρκίνο. Στη συνέχεια, δίνονται κάποιες επιπρόσθετες πληροφορίες για ορισμένα είδη καρκίνου που μπορεί να προκληθούν από τον αμίαντο. Ο λόγος που γίνεται περισσότερη ανάλυση στην περίπτωση του καρκίνου είναι γιατί η επίπτωση αυτή στην ανθρώπινη υγεία απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και κυρίως στο στάδιο της πρόληψης.

Πίνακας 1. Χώρες στις οποίες έχει οριστεί αποκλεισμός του αμιάντου από την εξόρυξη έως και την εξαγωγή του [1].

Χώρα	Ημερομηνία αποκλεισμού
Γαλλία	1995
Γερμανία	1994
Δανία	1988
Ελβετία	1986
Ιταλία	1992
Νορβηγία	1987
Ολλανδία	1993
Σουηδία	1985

Πηγή: London Hazards Center, Asbestos, 1998.

Πιο συγκεκριμένα λοιπόν ακολουθεί αναφορά στην ασθένεια «Asbestosis», στο «Μεσοθελίωμα» και στον καρκίνο των πνευμόνων:

1) «Asbestosis» είναι ασθένεια των πνευμόνων που συχνά παρουσιάζεται σε εργαζόμενους ναυπηγείων. Καθώς εισπνέονται ίνες αμιάντου, μπορεί να παγιδευτούν στον ιστό των πνευμόνων. Το σώμα προσπαθεί να διαλύσει τις ίνες παράγοντας ένα οξύ το οποίο, εξαιτίας της μεγάλης ανθεκτικότητας του αμιάντου, προκαλεί μικρή ζημιά στην ίνα αμιάντου, μπορεί όμως να βλάψει σημαντικά τον περιβάλλοντα πνευμονικό ιστό. Τελικά μπορεί η πληγή που θα προκληθεί στον ιστό να είναι τόσο μεγάλη ώστε οι πνεύμονες να μη μπορούν να λειτουργήσουν. Η περίοδος εμφάνισης της ασθένειας αυτής είναι 25-40 χρόνια. Συμπτώματά της είναι α) ο βήχας, β) οι δυσκολίες στην αναπνοή και γ) ο πόνος στο στήθος.

2) «Μεσοθελίωμα» είναι ο καρκίνος των πλευρών (η εξωτερική πτέρυγα της θωρακικής πνευμονικής κοιλότητας) και/ή του περιτόναιου (η γράμμωση του κοιλιακού τοιχώματος). Η περίοδος εμφάνισης για το «μεσοθελίωμα» είναι 15-30 χρόνια.

3) Καρκίνος των πνευμόνων, ασθένεια που ενισχύεται σημαντικά από το κάπνισμα. Αξίζει να σημειωθεί πως η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα από την έκθεση σε αμιάντο στην περίπτωση ενός καπνιστή αυξάνεται σε ποσοστό 50%. Από τον αμιάντο μπορεί επίσης να προκληθεί καρκίνος της γαστρεντερικής περιοχής, του εντέρου, των φωνητικών χορδών και του νεφρού. Η περίοδος εμφάνισης για τον καρκίνο είναι 15-30 χρόνια.

Σχετικά με τον κίνδυνο που διατρέχει ο άνθρωπος από την έκθεσή του σε αμιάντο, όπως άλλωστε έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη παράγραφο, είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό πως δε διατρέχει άμεσο κίνδυνο ο χρήστης του χώρου στον οποίο υπάρχει αμιάντος στην περίπτωση που ο αμιάντος επιθεωρείται τακτικά και είναι σε

«καλή κατάσταση». Πιο συγκεκριμένα, ο αμίαντος είναι σε «καλή κατάσταση» εάν δεν έχει υποστεί ρωγμές, φθορά ή θρυμματισμό των ινών του, εάν δηλαδή διατηρεί συνοχή στη δομή του. Συμπερασματικά λοιπόν προτείνεται να μη γίνονται παρεμβάσεις και διαταράξεις που μπορούν να επηρεάσουν τη συνοχή του υλικού αλλά να πραγματοποιούνται συχνοί έλεγχοι ώστε να εκτιμάται η κατάστασή του.

Όταν τα συστατικά του αμιάντου καταστρέφονται, οι ίνες διαχωρίζονται και μπορούν να μεταφερθούν με τον αέρα. Στη βιομηχανία αμιάντου, ο όρος «friable» χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει αμίαντο που μπορεί να θρυμματιστεί με την πίεση του χεριού. «Non-friable» αντίστοιχα είναι εκείνος που δε μπορεί να γίνει σκόνη με το χέρι. «Non-friable» ουσίες ή προϊόντα είναι για παράδειγμα τα πλακάκια πατωμάτων (floor tiles). Γενικά τα προϊόντα που έχουν αποδειχθεί μετά από εξειδικευμένους ελέγχους ότι δεν είναι «friable» δεν χρειάζεται να επιθεωρούνται με την ίδια συχνότητα σε σχέση με εκείνα που ανήκουν στην κατηγορία των «friable». Τα υλικά που περιέχουν αμίαντο μπορούν να μετατραπούν από non-friable σε friable σε μηχανές κονιοποίησης, σύνθλιψης και ξηρού-γυαλίσματος (machine grinding, sanding and dry-buffing).

3.3 Τρόπος αντιμετώπισης των επιπτώσεων από τη χρήση υλικών με αμίαντο

Η προφανής λύση είναι να μη χρησιμοποιούμε υλικά που περιέχουν αμίαντο στην περίπτωση όμως που δεν μπορούμε να το αποφύγουμε προτείνεται:

- Τακτική επιθεώρηση του χώρου. Στην περίπτωση που διαπιστωθεί οποιαδήποτε αλλοίωση υλικών κρίνεται σκόπιμο να απευθυνθούμε σε κάποιον ειδικά εκπαιδευμένο, διαπιστευμένο επιθεωρητή ο οποίος θα συλλέξει δείγματα για εργαστηριακή ανάλυση και θα συντάξει σχετική έκθεση με οδηγίες και μέτρα αντιμετώπισης της υπάρχουσας κατάστασης.
- Προσεκτική απόρριψη κατεστραμμένων ή φθαρμένων γαντιών αμιάντου, ματιών κουζίνας (stovetop pads) και καλυμμάτων πινάκων σιδερώματος (ironing board covers).
- Προσεκτική απομάκρυνση συνδέσμων σε πόρτες ξύλινων φούρνων (wood stove door gaskets) που ενδέχεται να περιέχουν αμίαντο.
- Η χρήση ειδικών μέτρων ασφαλείας (αναπνευστικές μάσκες, γάντια και άλλου είδους προστατευτικού ρουχισμού) για τη συλλογή θρυμματισμένων και φθαρμένων υλικών που περιέχουν αμίαντο. Δεν επιτρέπεται ο καθαρισμός τέτοιων υλικών με ηλεκτρική σκούπα ενώ απαγορεύεται και ο περαιτέρω θρυμματισμός τους.

Ο βασικός τρόπος αντιμετώπισης των επιπτώσεων από τη χρήση αμιάντου είναι η πρόληψη. Είναι προτιμότερο να προλαμβάνουμε τα επεισόδια έκθεσης σε αμίαντο παρά να αναγκαστούμε να πάρουμε μέτρα καταστολής και αυτό γιατί η αντιμετώπιση π.χ. φθαρμένου ή θρυμματισμένου αμιάντου δεν μπορεί να γίνει από άτομα χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή.

Στην πραγματικότητα, αν ο αμίαντος διατηρείται σε καλή κατάσταση και επιθεωρείται τακτικά από ειδικούς μπορούν να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει στην ανθρώπινη υγεία. Σοβαρός κίνδυνος σημειώνεται μόνο όταν διαταραχθεί ή υποστεί φθορά και θρυμματισμό. Στην περίπτωση αυτή κρίνεται απαραίτητη η παρέμβαση εξειδικευμένου προσωπικού για την ασφαλή διαχείρισή του και τον καθαρισμό του χώρου από τα υπολείμματα αμιάντου.

4. Βιολογικοί ρυπαντές: Σκόνη

4.1 Εισαγωγικά για τη σκόνη

Η σκόνη ανήκει στην κατηγορία των βιολογικών ρυπαντών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα μικρόβια, οι ρυπαντές που προέρχονται κυρίως από την υγρασία (π.χ. μούχλα) και αυτοί που είναι ζωικής προέλευσης (π.χ. ζούφια). Αυτού του είδους οι ρυπαντές βρίσκονται ως ένα βαθμό σε κάθε σπίτι, σχολείο ή εργασιακό χώρο. Πηγές τέτοιων ρυπαντών είναι ο εξωτερικός αέρας αλλά και ο ανθρώπινος οργανισμός που αποβάλλει ιούς και βακτήρια. Επιπλέον, η σκόνη και τα κατάλοιπα αυτής μπορεί να αποτίθενται στους αγωγούς ή στα δοχεία ανάμειξης του συστήματος των αεραγωγών. Οι βιολογικοί ρυπαντές ενισχύονται και από κλιματολογικές συνθήκες όπως για παράδειγμα η υγρασία.

Ειδικά για την ύπαρξη σκόνης στο εσωτερικό περιβάλλον τα συμπτώματα που μας οδηγούν στο συμπέρασμα αυτό είναι συνήθως: βήχας, αλλεργία (φτάρνισμα), δύσπνοια, και ενόχληση στα μάτια.

Βιολογικοί ρυπαντές αέρος βρίσκονται σε κάποιο βαθμό σε κάθε σπίτι, σχολείο ή εργασιακό χώρο. Πηγές τέτοιων είναι ο εξωτερικός αέρας και ο ανθρώπινος οργανισμός που αποβάλλει ιούς και βακτήρια, τα ζώα που αποβάλλουν αλλεργιογόνα, επιφάνειες στο εσωτερικό και δεξαμενές νερού όπου μπορούν να αναπτυχθούν μύκητες και βακτήρια, όπως οι υγραντήρες. Ένας ορισμένος αριθμός παραγόντων οδηγεί στην απελευθέρωση και ανάπτυξη βιολογικών παραγόντων στον αέρα. Από τους κυριότερους είναι η υψηλή σχετική υγρασία, που ενθαρρύνει την αύξηση πληθυσμών ζωφίων σκόνης στο σπίτι και επιτρέπει την ανάπτυξη μυκήτων σε υγρές επιφάνειες. Μόλυνση από ζούφια και μύκητες μπορεί να προκληθεί από πλημμύρες, διαρκώς βρεγμένα χαλιά (που μπορεί να εμφανίζονται όταν τοποθετούνται σε ανεπαρκώς αεριζόμενα τσιμεντένια πατώματα), ανεπαρκή εξαερισμό σε μπάνια, ή υγρασία που παράγεται στην κουζίνα. Συσκευές όπως οι υγραντήρες, οι αποξηραντήρες, τα κλιματιστικά συμβάλλουν στην ανάπτυξη βακτηρίων και μυκήτων.

Τμήματα συστημάτων μηχανικής θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) μπορεί επίσης να δράσουν ως αποθήκες ή χώροι πολλαπλασιασμού μικροβίων. Επιπλέον μικρόβια μπορούν να αναπτυχθούν και από διάφορες πηγές μόλυνσης που δημιουργούνται σε τμήματα των μηχανικών συσκευών όπως για παράδειγμα λιμνάζοντα νερά, οργανικά κατάλοιπα ή περιττώματα πτηνών, εσωτερικά τμήματα του ίδιου του μηχανισμού όπως διάφορα υδροποιητικά συστήματα. Σκόνη και κατάλοιπα μπορεί να αποτίθενται στους αγωγούς ή στα δοχεία του συστήματος ανάμειξης των αεραγωγών.

Οι βιολογικοί παράγοντες στον αέρα εσωτερικού χώρου είναι γνωστό ότι προκαλούν τριών ειδών ασθένειες : μολύνσεις, όπου τα παθογόνα μικρόβια προσβάλλουν τους ανθρώπινους ιστούς, ασθένειες υπερευαισθησίας, όπου η ασθένεια προκαλείται από συγκεκριμένη ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος και δηλητηρίαση, όπου βιολογικά κατασκευασμένα χημικά τοξικά προκαλούν άμεσες τοξικές συνέπειες. Επιπρόσθετα, συνθήκες που ευνοούν την εμφάνιση βιολογικών μολύνσεων (όπως για παράδειγμα υγρασία, καταστροφές που σχετίζονται με το νερό) συνδέονται με γενικότερα συμπτώματα του άνω και κάτω αναπνευστικού. Υπάρχουν διαθέσιμες αποδείξεις ότι μερικά επεισόδια της ομάδας των γενικότερων συμπτωμάτων με τίτλο «σύνδρομο άρρωστου κτιρίου» (Sick Building Syndrome) συνδέονται με την παρουσία στο κτίριο βιολογικών μολύνσεων.

4.2 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση στη σκόνη

Όπως ήδη αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, οι βιολογικοί παράγοντες στον αέρα εσωτερικού χώρου προκαλούν κατά βάση τριών ειδών ασθένειες:

- μολύνσεις, στην περίπτωση αυτή οι παθογόνοι μικροοργανισμοί προσβάλλουν τους ανθρώπινους ιστούς,
- ασθένειες υπερευαισθησίας, κατά τις οποίες προκαλείται ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος η οποία μπορεί να οδηγήσει και στη δηλητηρίαση και οφείλεται σε χημικά ή τοξικά συστατικά που βρίσκονται στον αέρα και εγκλωβίζονται στους βιολογικούς ρυπαντές και
- συμπτώματα που συνδέονται με το άνω και κάτω αναπνευστικό σύστημα και ενισχύονται από κλιματικά φαινόμενα όπως η υγρασία.

Ένας πρακτικός τρόπος διερεύνησης ύπαρξης ασθενειών από βιολογικούς παράγοντες είναι η διαγνωστική μέθοδος η οποία ουσιαστικά βασίζεται στην απάντηση ορισμένων βασικών ερωτήσεων. Αναλυτικότερα παρουσιάζονται τα ερωτήματα αυτά ανά τύπο ασθένειας.

Μολυσματική ασθένεια

- Ο υπό μελέτη χώρος συνδέεται με παράγοντες που να ευνοούν την ύπαρξη σκόνης; Αν ναι συντρέχουν λόγοι έκθεσης των χρηστών του χώρου σε έκθεση;
- Σχετίζεται ο υπό μελέτη χώρος με άλλες περιοχές στους οποίους σημειώνονται παράγοντες που μπορούν να ευνοήσουν την ύπαρξη σκόνης;

Ασθένειες υπερευαισθησίας

- Είναι η σχετική υγρασία στο σπίτι ή στο χώρο εργασίας σταθερά πάνω από 50%;
- Χρησιμοποιούνται υγραντήρες ή άλλες συσκευές ψεκαρίσματος νερού; Κάθε πότε καθαρίζονται και με ποιο τρόπο; Είναι ο τρόπος καθαρισμού των υγραντήρων ενδεδειγμένος;
- Έχουν καταγραφεί στον υπό μελέτη χώρο πλημμύρες ή διαρροές;
- Υπάρχουν σημάδια ανάπτυξης μούχλας (οπτικά εμφανούς ή μέσω οσμής);
- Χρησιμοποιούνται οργανικά συστατικά στον υπό μελέτη χώρο;
- Υπάρχει χαλί σε χώρους όπου δεν υπάρχει εξαερισμός (φυσικός ή τεχνητός);
- Υπάρχουν κατοικίδια στον υπό μελέτη χώρο;
- Υπάρχουν προβλήματα με κατσαρίδες ή τρωκτικά;

Δηλητηρίαση ή / και ερεθισμός

- Διοχετεύεται αρκετός αέρας από τον εξωτερικό χώρο; Υπάρχει φυσικό ή τεχνητό σύστημα εξαερισμού;
- Είναι η σχετική υγρασία στο σπίτι ή στον εργασιακό χώρο μεγαλύτερη του 50% ή μικρότερη του 30%;
- Χρησιμοποιούνται υγραντήρες ή άλλες συσκευές διασποράς νερού;
- Υπάρχουν σημάδια ανάπτυξης μούχλας (οπτικά εμφανούς ή μέσω οσμής);

- Υπάρχουν βακτηριακές μυρωδιές (π.χ. οσμή αποδυτηρίων);

Γενικά τα περισσότερα συμπτώματα στην υγεία από τους βιολογικούς ρυπαντές, συμπεριλαμβανομένης και της σκόνης, ανήκουν σε μία ομάδα γενικότερων συμπτωμάτων με τίτλο «σύνδρομο άρρωστου κτιρίου» (sick building syndrome).

Αναφέρονται ενδεικτικά ορισμένες ασθένειες που μπορούν να προκληθούν από βιολογικούς ρυπαντές: φυματίωση, ασθένεια των Λεγεωνάριων, αλλεργικές αντιδράσεις, υπερευαισθησία στην πνευμονία.

Φυματίωση: Η μετάδοση μέσω του αέρα μεταδιδόμενων ασθενειών είναι αυξημένη όπου η ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι χαμηλή. Η αύξηση περιπτώσεων φυματίωσης είναι, τουλάχιστον εν μέρει, ένα πρόβλημα που σχετίζεται με την πολυκοσμία και τον ανεπαρκή εξαερισμό. Υπάρχουν αποδείξεις ότι ακατάλληλα ή λάθος σχεδιασμένα συστήματα εξαερισμού σε νοσοκομεία ή άλλα μέρη με πολύ κόσμο, που θεωρητικά ανήκουν στις ομάδες υψηλού κινδύνου, μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο έκθεσης.

Η ασθένεια της φυματίωσης άρχισε να παίρνει διαστάσεις στα μέσα της δεκαετίας του 80 μετά από μια σταθερά πτωτική πορεία. Το 1989 σημειώθηκε αύξηση 4.7%. Πιο συγκεκριμένα, καταγράφηκαν 23.495 περιπτώσεις εμφάνισης φυματίωσης στις Ηνωμένες Πολιτείες. Τα κρούσματα αυτά ήταν τα περισσότερα που καταγράφηκαν τα τελευταία χρόνια. Αντίστοιχες περιπτώσεις είχαν σημειωθεί από το 1953. Το ανησυχητικό είναι ότι ο αριθμός των κρουσμάτων συνεχίζει να αυξάνεται κάθε χρόνο. Η ανανέωση του αέρα μέσα από σύστημα εξαερισμού είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στον έλεγχο της μόλυνσης. Διαδικασίες όπως για παράδειγμα, η συλλογή σιέλου, η βρογχοσκόπηση και θεραπείες «pentamidine» με ψεκάσμο που αφορούν άτομα που ενδέχεται να έχουν ή είναι πιο πιθανό να έχουν φυματίωση (π.χ. ασθενείς AIDS) πρέπει να γίνονται σε θαλάμους αρνητικής πίεσης, με εξαερισμό κατευθείαν στον εξωτερικό χώρο και μακριά από άλλες πηγές εισαγωγής αέρα. Δυστυχώς, πολλές εγκαταστάσεις ιατρικής περίθαλψης δεν έχουν τέτοια υποδομή. Σωστά εγκατεστημένες και συντηρημένες πηγές υπερϊώδους ακτινοβολίας, ιδιαίτερα για τα υψηλότερα στρώματα του αέρα σε ένα κλειστό χώρο μπορεί να συνιστούν ένα καλό μέσο απολύμανσης.

Ασθένεια των Λεγεωνάριων: Η ασθένεια αυτή σχετίζεται με τη μόλυνση του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Η «Ασθένεια των Λεγεωνάριων» είναι στην ουσία μία μορφή πνευμονία που πλήττει ανθρώπους άνω των 50 και ιδιαίτερα παρουσιάζεται σε άτομα με χαμηλό ανοσοποιητικό σύστημα, σε καπνιστές ή σε άτομα που κάνουν καταχρήσεις στο αλκοόλ. Έκθεση σε έντονα μολυσματικά επίπεδα μπορεί να προκαλέσει τη μόλυνση κι άλλων ευπαθών ομάδων. Η πιθανότητα θνησιμότητας του ασθενούς είναι μεγάλη και κυμαίνεται σε ποσοστό από 5 σε 25 %, ανάλογα και με το ιστορικό του ασθενούς.

Μία παρόμοια ασθένεια που δεν εξελίσσεται στο τέλος σε πνευμονία και μοιάζει με γρίπη οφείλεται σε ένα σωματίδιο, το *Legionella pneumophilla*, που βρέθηκε να σχετίζεται με συστήματα κλιματισμού, με μπάνια, υγραντήρες χώρου, αντλίες νερού, κ.λ.π. Αυτό το βακτήριο ή ένα συγγενικό με αυτό το είδος βακτηρίων μπορεί να προκαλέσει μία ελεγχόμενη από τον ανθρώπινο οργανισμό (διάρκεια 2-5 μέρες) ασθένεια σα γρίπη, χωρίς την εμφάνιση πνευμονίας, που μερικές φορές ονομάζεται *Pontiac Πυρετός* από την ομώνυμη πόλη της πολιτείας του Michigan.

Αλλεργικές αντιδράσεις: Μεγάλη σημασία σε σχέση με τους βιολογικούς ρυπαντές δίνεται στις αλλεργικές αντιδράσεις που αυτοί προκαλούν και ποικίλλουν από ρινίτιδα, ρινική συμφόρηση, επιπεφυκίτιδα και διάφορες αλλεργικές νόσοι μέχρι και άσθμα. Γνωστές αιτίες για τις ασθένειες αυτές είναι αλλεργιογόνοι μικροοργανισμοί που προέρχονται από σπιτικά ζώφια σκόνης που βρίσκονται σε κατοικίες, άλλα έντομα, όπως κατσαρίδες, κατοικίδια (γάτες, σκύλους, πουλιά), τρωκτικά. Επιβαρυντικός παράγοντας για την εμφάνιση αλλεργικών αντιδράσεων είναι η ύπαρξη μούχλας σε συνδυασμο με την υγρασία, έπιπλα που περιέχουν πρωτεΐνες, όπως φύλλα, κ.α.

Σε εργασιακούς χώρους πιο ασυνήθιστα αλλεργιογόνα (όπως βακτηριακά ένζυμα, φυτά) έχουν προκαλέσει μέχρι και επιδημίες άσθματος. Πιθανότατα οι περισσότερες πρωτεΐνες που δεν προέρχονται από τον άνθρωπο μπορούν να προκαλέσουν άσθμα σε ένα υποσύνολο πληθυσμού εάν υπάρξουν και οι κατάλληλες συνθήκες.

Ο ρόλος των ζωυφίων ως πηγές αλλεργιογόνων από τη σκόνη του σπιτιού είναι γνωστός τα τελευταία 20 χρόνια. Είναι δυνατό σήμερα να μετρηθούν τα αλλεργιογόνα ζώφια στο περιβάλλον και τα επίπεδα αντισωμάτων στους ασθενείς με τη χρήση έτοιμων τεχνικών και τυποποιημένων πρωτοκόλλων. Οι ειδικοί έχουν προτείνει πρότυπα πρόληψης για τα επίπεδα των αλλεργιογόνων ζωυφίων στη σκόνη που οδηγούν σε αλλεργικές επιδράσεις και την εμφάνιση συμπτωμάτων.

Το επίπεδο κινδύνου για τη χρόνια έκθεση που μπορεί να προκαλέσει αλλεργική αντίδραση είναι 2μg Der pI (Dermatophagoides pteronysinus allergen I) ανά γραμμάριο σκόνης (ή 100 ζώφια/γραμμάριο ή 0.6 mg γουανίνης/γραμμάριο σκόνης). Αντίστοιχα, το επίπεδο κινδύνου για οξύ άσθμα σε άτομα αλλεργικά στα ζώφια είναι 10 μg (Der pI) του αλλεργιογόνου ανά γραμμάριο σκόνης (ή 500 ζώφια/γραμμάριο σκόνης).

Ο έλεγχος του παρασιτισμού ζωυφίων οικιακής σκόνης περιλαμβάνει τα καλύμματα στρωμάτων, πλύσιμο των σκεπασμάτων με ζεστό νερό, και την αφαίρεση χαλιών από τα υπνοδωμάτια. Για άτομα αλλεργικά στα ζώφια προτείνεται ότι οι σχετικές υγρασίες στα σπίτια είναι μικρότερες από 45%. Τα ζώφια εξουδετερώνονται σε ξηρό αέρα. Ο καθαρισμός με ηλεκτρική σκούπα και η χρήση συγκεκριμένων καθαριστικών ουσιών για τη φροντίδα επίπλων και χαλιών μπορεί να είναι αποτελεσματικά μέτρα για βραχεία και άμεση αντιμετώπιση του προβλήματος. Μία ουσία που χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση της σκόνης και την φροντίδα επίπλων και χαλιών, είναι το Acarosan το οποίο είναι καταγεγραμμένο από την EPA.

Υπερευαισθησία στην πνευμονία: Μία άλλη περίπτωση ασθένειας υπερευαισθησίας είναι η υπερευαισθησία στην πνευμονία που μπορεί να περιλαμβάνει και τον λεγόμενο «πυρετό υγραντήρων» (humidifier fever). Ουσιαστικά η εμφάνιση της ασθένειας αυτής Η υπερευαισθησία πνευμονίτιδας, που επίσης λέγεται αλλεργική ασθένεια προκαλεί την εμφάνιση μάζας κόκκων πληγών στο διάκενο των πνευμόνων που προκαλείται από έκθεση σε αερομεταφερόμενα αντιγόνα. Μπορεί να επηρεάσει από 1 έως 5 % ή περισσότερο ενός ειδικού πληθυσμού που εκτίθεται στα κατάλληλα αντιγόνα (γεωργοί και ασθένεια «γεωργικών πνευμονιών», εκτροφείς περιστεριών και ασθένεια «εκτροφών περιστεριών»). Συνεχιζόμενη έκθεση σε αντιγόνα μπορεί να οδηγήσει στο τελικό στάδιο της ασθένειας που είναι η πνευμονική ινωμάτωση. Η υπερευαισθησία πνευμονίτιδας συχνά γίνεται αντικείμενο λανθασμένης διάγνωσης ως πνευμονία μεταδοτικής αιτιολογίας.

Η εμφάνιση της ασθένειας σε συγκροτήματα γραφείων οφείλονται στην ύπαρξη μολυσμένων με βακτήρια και μούχλα συστημάτων κλιματισμού και τεχνητής υγρασίας. Στις κατοικίες, η εμφάνιση της αλλεργικής αυτής αντίδρασης προκαλείται από μολυσμένες συσκευές τεχνητής υγρασίας, την ύπαρξη περιστεριών και οικιακών πτηνών. Η περίοδος ευαισθητοποίησης πριν ξεκινήσει η αντίδραση μπορεί να είναι μήνες ή και χρόνια. Οξεία συμπτώματα, που παρουσιάζονται 4 με έξι ώρες μετά την έκθεση και επανεμφανίζονται υπό την επίδραση του προσβάλλοντα παράγοντα, είναι ο βήχας, δύσπνοια, ανατριχίλες, μυϊκοί πόνοι, κόπωση και υψηλός πυρετός. Μικρά εξογκώματα σε ακανόνιστα σχήματα μπορεί να εμφανιστούν σε ακτινογραφίες θώρακα. Τα επίπεδα των λευκών αιμοσφαιρίων είναι ανεβασμένα. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι συνέπειες από την προσβολή ανθρώπων από την ασθένεια κρίνεται σκόπιμο να εξλειφθούν οι παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνισή τους καθώς και η απομάκρυνση ατόμων που ανήκουν σε ευπαθείς κατηγορίες.

Πυρετός τεχνητής υγρασίας (Humidifier fever): Πρόκειται για μια ασθένεια αβέβαιης προέλευσης. Έχει κοινά συμπτώματα με την υπερευαισθησία πνευμονίτιδας αλλά παρουσιάζει βραχυχρόνιες συνέπειες που υποδεικνύουν την παρουσία τοξινών (π.χ. βακτηριακές ενδοτοξίνες). Η εμφάνιση της ασθένειας αυτής συμβαίνει λίγες ώρες μετά την έκθεση. Είναι μία ασθένεια που μοιάζει σημαντικά με τη γρίπη και χαρακτηρίζεται από πυρετό, πονοκεφάλους, ρίγη, πόνο στους μύες και γενικότερη αδιαθεσία χωρίς όμως εμφανή πνευμονικά συμπτώματα.

Συνήθως η ασθένεια υποχωρεί μέσα στις πρώτες 24 ώρες χωρίς παραμένουσες συνέπειες και πολύ σπάνια ο ασθενής καταφεύγει σε γιατρό. Ο «Humidifier fever» έχει συσχετιστεί με την έκθεση σε αμοιβάδες, βακτήρια, και μύκητες που βρίσκονται σε δεξαμενές συσκευών τεχνητής υγρασίας, κλιματιστικά και ενυδρεία. Ο ρυθμός ανάπτυξης της ασθένειας μέσα σε ένα εργασιακό χώρο μπορεί να είναι υψηλός, κάποιες φορές να υπερβαίνει το 25%.

Βακτηριακοί και μυκητιακοί οργανισμοί μπορεί να αποβάλλονται από υγραντήρες με πτερύγια (impeller) αλλά και από υπερηχητικούς υγραντήρες. Διάφορα είδη μυκητών όπως, οι μεσόφιλοι μύκητες (mesophilic), θερμοφιλα βακτήρια (thermophilic) και θερμοφιλοι ακτινομύκητες (thermophilic actinomycetes), οι οποίοι σχετίζονται όλοι με την ανάπτυξη αλλεργικών αντιδράσεων και έχουν εμφανιστεί σε συστήματα θέρμανσης, υγραντήρων αλλά και σε μεμονωμένες μονάδες μηχανικών συστημάτων. Αερομεταφερόμενες συγκεντρώσεις μικροοργανισμών σημειώνονται κατά τη διάρκεια λειτουργιών και μπορεί να είναι αρκετά μεγάλες για περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται υπερηχητικές μονάδες ή μονάδες τεχνητής ομίχλης (ultrasonic or cool mist units). Η αποξήρανση και η χημική απολύμανση με λευκαντικά ή με 3% διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου είναι αποτελεσματικά επανορθωτικά μέτρα για μία μικρή χρονική περίοδο αλλά δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστη συντήρηση σε μόνιμη βάση. Μόνο με αυστηρό, συστημάτικό, και επαναλαμβανόμενο καθαρισμό, σε συνδυασμό με απολύμανση, μπορεί να υπάρξει ουσιαστικό αποτέλεσμα. Χειρονακτικός καθαρισμός μολυσμένων δεξαμενών μπορεί να προκαλέσει έκθεση σε αλλεργιογόνα και παθογόνα δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα ιδιαίτερα αν δε ληφθούν συγκεκριμένα μέτρα αντιμετώπισης και πρόληψης.

Μυκητοξίνες: Άλλος παράγοντας που μπορεί να προκαλέσει ασθένεια που σχετίζεται με την έκθεση σε αερομεταφερόμενα σωματίδια είναι οι μυκητοξίνες. Αυτοί είναι μυκητιακοί μεταβολιτές που έχουν τοξικά αποτελέσματα στον ανθρώπινο οργανισμό και διακυμαίνονται οι επιπτώσεις που προκαλούν από βραχείας διάρκειας ερεθισμό σε εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος και καρκίνο. Σχεδόν όλες οι

πληροφορίες που σχετίζονται με τις ασθένειες που προκαλούνται από τις μυκητοξίνες αφορούν στην κατανάλωση μολυσμένου φαγητού. Παρόλα αυτά οι μυκητοξίνες περιέχονται σε ορισμένα είδη σπόρων μυκήτων (fungus spores) και μπορούν να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό και μέσω της αναπνευστικής οδού. Έχει αναφερθεί τουλάχιστον μία περίπτωση νευροτοξικών συμπτωμάτων πιθανώς σχετιζόμενη με την έκθεση σε εναέριες μυκητοξίνες σε πολύ μολυσμένο περιβάλλον. Το δέρμα είναι μία άλλη πιθανή διαδρομή για έκθεση σε μυκητοξίνες. Τοξίνες από διάφορους μύκητες έχουν προκαλέσει περιπτώσεις βαριάς δερματοπάθειας. Με βάση τη σοβαρότητα των τοξικών συνεπειών που έχουν αναφερθεί από τις μυκητοξίνες, η έκθεση σε τέτοιους παράγοντες πρέπει να ελαχιστοποιείται.

4.3 Τρόποι αντιμετώπισης των επιπτώσεων από την έκθεση σε σκόνη

Οι τρόποι αντιμετώπισης των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία από την ύπαρξη των βιολογικών ρυπαντών είναι συγκεκριμένοι και μπορούν να εφαρμοστούν από τον καθένα χωρίς κάποια ειδική εκπαίδευση, αναλυτικότερα προτείνεται:

- Φυσικός ή τεχνητός εξαερισμός.
- Τακτικός καθαρισμός των χαλιών και επίπλων με ηλεκτρική σκούπα. Σημειώνεται πως μολονότι είναι σημαντικό να διατηρείται μία περιοχή καθαρή από σκόνη, μέσω των καθαριστικών δραστηριοτήτων συχνά επαναδιοχετεύονται στον αέρα λεπτά σωματίδια είτε κατά τη διάρκεια καθαρισμού είτε λίγο μετά τη διαδικασία καθαρισμού. Κρίνεται σκόπιμο άτομα με ευαισθησία να αποφεύγουν την έκθεση ή να χρησιμοποιούν ηλεκτρική σκούπα με φίλτρο ώστε να μην εκτίθενται στη σκόνη.
- Καθαρισμός των κατοικίδιων ζώων.
- Διατήρηση της σχετικής υγρασίας κάτω από 50% με χρήση ειδικών συσκευών εξαερισμού (exhaust fans) στο μπάνιο και καθοδήγηση του αέρα από τους στεγνωτήρες ρούχων στον εξωτερικό χώρο.
- Τακτική συντήρηση των μονάδων κλιματισμού.
- Λειτουργία των υγραντήρων και των ξηραντήρων σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Πλύσιμο των σκεπασμάτων και των μαλακών παιχνιδιών σε νερό θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 130° F προκειμένου να σκοτώνονται τα ζώφια της σκόνης.

5. Σωματίδια προερχόμενα από καύσεις

5.1 Γενικά για τα αιωρούμενα σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούνται από μία ανόργανη (στερεό ανόργανο υλικό, υδατοδιαλυτά ανόργανα άλατα, κ.α.) και μία οργανική φάση. Το ερώτημα βέβαια είναι σε ποιο ποσοστό είναι η οργανική και σε ποιο η ανόργανη φάση, αυτό το ζήτημα εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό συνεισφοράς του οργανικού και του ανόργανου υλικού στη συνολική μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων εξαρτάται κυρίως από την πηγή προέλευσής τους, την κατάσταση της ατμόσφαιρας σε ρύπους και το μέγεθός τους. Συμπερασματικά λοιπόν η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη είναι ένα μίγμα διάφορων φυσικών και χημικών

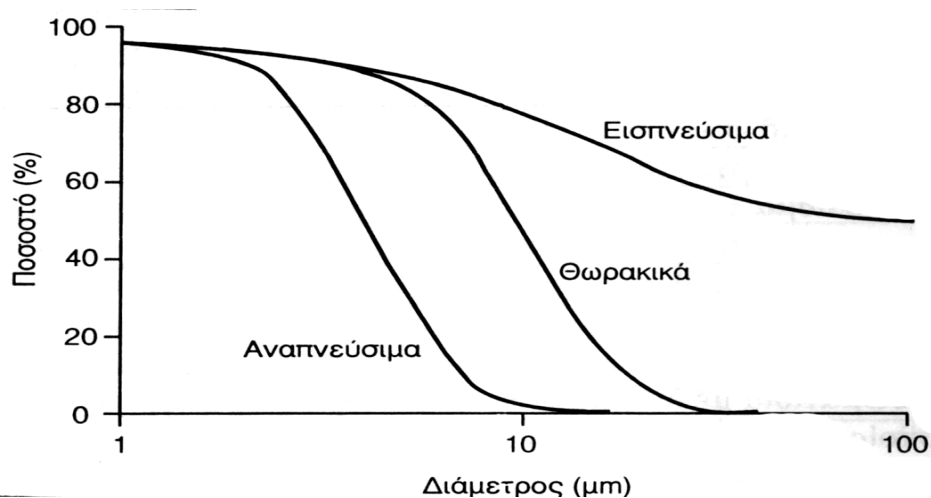
ουσιών, που εμφανίζονται στην ατμόσφαιρα σε στερεή ή υγρή κατάσταση και σε μεγέθη που κυμαίνονται μεταξύ 0,005-100 μm .

Οι άμεσες ή έμμεσες πηγές των σωματιδίων στους εσωτερικούς χώρους είναι:

- Το εξωτερικό περιβάλλον.
- Οι εστίες καύσης και θερμαντικά σώματα καύσης.
- Τα προϊόντα καπνού.
- Οι συσκευές γραφείου, εκτυπωτές, φωτοτυπικά μηχανήματα.
- Τα προϊόντα καθαρισμού.
- Οι βιολογικές πηγές.
- Τα φυτά.
- Οι άνθρωποι μέσω φυσιολογικών λειτουργιών.
- Ο μηχανικός ή φυσικός αερισμός του χώρου.
- Η πυκνότητα των χρηστών του χώρου και η κίνησή τους.

Το μέγεθος των σωματιδίων είναι σημαντικό καθώς αποτελεί το κριτήριο για το που εναποτίθενται τα σωματίδια κατά την εισπνοή, για την αποτελεσματικότητα των φίλτρων που χρησιμοποιούνται με σκοπό την απομάκρυνση των σωματιδίων από τον εσωτερικό χώρο και για την απομάκρυνσή λόγω της απόθεσής τους στις επιφάνειες του χώρου.

Τα αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία συνδέονται με την απόθεση των σωματιδίων στην περιοχή της αναπνευστικής οδού, στη θωρακική περιοχή και στους πνεύμονες. Τα μικρά σωματίδια μπορούν να φτάσουν μέχρι τους πνεύμονες. Για σωματίδια διαμέτρου 10 μm το 80% της μάζας τους είναι εσπνεύσιμο, το 50% θωρακικό ενώ το ελάχιστο ποσό είναι αναπνεύσιμο. Αντίθετα, το 90% της μάζας των μικρών σωματιδίων ($d < 2,5 \mu\text{m}$) είναι αναπνεύσιμο. Το διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζει τη σχέση αυτή.



Διάγραμμα 1. Κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων σε εισπνεύσιμα, θωρακικά και αναπνεύσιμα ανάλογα με το μέγεθός τους [2]

Η παράγραφος που ακολουθεί αναφέρεται λεπτομερώς στους εσωτερικούς ρυπαντές που προέρχονται από τη διαδικασία της καύσης.

5.2 Σωματίδια καύσης

Στην κατηγορία αυτοί ανήκουν ρυπαντές που προέρχονται από συσκευές καύσης όπως σόμπες, κουζίνες, κλίβανοι, τζάκια, κ.λ.π. Διάφορα σωματίδια, ενοχλητικά και σε ορισμένες περιπτώσεις καρκινογεννητικά, απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της καύσης. Πιθανοί λόγοι εμφάνισης τέτοιων ρυπαντών είναι: η δυσλειτουργία των φούρνων, η λειτουργία τζακιών με λάθος κατασκευασμένες καπνοδόχους, η χρήση σόμπας ξύλου ή κάρβουνου, κ.α. Οι κύριοι αέριοι ρυπαντές από τις πηγές καύσης περιλαμβάνουν ορισμένους αξιοπρόσεκτους ατμοσφαιρικούς μολυντές όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το διοξείδιο του θείου (SO₂). Τα συνήθη συμπτώματα που υποδηλώνουν την ύπαρξη τους στο εσωτερικό περιβάλλον είναι ζάλη ή πονοκέφαλοι, κόπωση, ναυτία, ταχυκαρδία, Ερεθισμός ματιών και άνω αναπνευστικής περιοχής, βήχας.

Μονοξείδιο του άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι τοξικό, άοσμο, άχρωμο και άγευστο αέριο. Οι κύριες πηγές εκπομπής μονοξειδίου στους εσωτερικούς χώρους είναι:

- Το εξωτερικό περιβάλλον
- Ο ανθρώπινος μεταβολισμός
- Εστίες καύσης και θερμαντικά σώματα καύσης
- Ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως π.χ. το κάπνισμα
- Πυκνότητα χρηστών στο χώρο

Το CO είναι αρκετά επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία καθώς μπορεί να προκαλέσει:

- Πονοκέφαλο.
- Δυσκολία στην αναπνοή.
- Πόνους στους μύες και στο στήθος.
- Θολή όραση.
- Ναυτία, αδυναμία, σύγχυση.
- Ταχυκαρδία σε υψηλές συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα.
- Εξανθήματα στο δέρμα.
- Λιποθυμίες, απώλεια συνείδησης.
- Θάνατο σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα (>130 ppm).

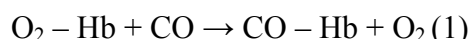
Το μονοξείδιο του άνθρακα προκαλεί ασφυξία. Η συσσώρευση του άοσμου και άχρωμου αυτού αερίου μπορεί να οδηγήσει σε μία ποικιλία συμπτωμάτων και σε

συνδυασμό με την αιμοσφαιρίνη να σχηματίζει την καρβοξυεμογλοβίνη (COHb) η οποία παρεμποδίζει τη μεταφορά οξυγόνου στον οργανισμό. Οι ηλικιωμένοι, τα έμβρυα και τα άτομα με καρδιαγγειακά και πνευμονικά νοσήματα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε αυξημένα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα. Ορισμένες ουσίες όπως το χλωριούχο μεθυλένιο, που βρίσκεται σε ορισμένα πολύ κοινά προϊόντα του νοικοκυριού, μπορεί να μετασχηματιστεί χημικά και να δημιουργήσει CO.

Οι ιστοί με τις μεγαλύτερες ανάγκες σε οξυγόνο – το μυοκάρδιο, ο εγκέφαλος και οι γυμναζόμενοι μύες- είναι από τους πρώτους που επηρεάζονται. Τα συμπτώματα μπορεί να μοιάζουν με αυτά της γρίπης και να περιλαμβάνουν κόπωση, πονοκεφάλους, ζαλάδες, ναυτία και εμετούς, γνωστικές αδυναμίες και ταχυκαρδία. Η «αμφιβληστροειδική αιμορραγία» όπως αποκαλείται και οφείλεται στην έκθεση του ανθρώπου σε CO είναι επίσης ένα σημαντικό διαγνωστικό σημάδι που υποδηλώνει την εισροή CO στον ανθρώπινο οργανισμό. Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι η έκθεση σε CO μειώνει την αντοχή ειδικά σε άτομα που εμφανίζουν χρόνια αναπνευστικά προβλήματα. Συστήνεται πάντως να υπάρξει έγκαιρη παρακολούθηση του ατόμου που έχει εκτεθεί σε CO ακόμα και αν βρίσκεται στη φάση που η «δηλητηρίαση» του από το CO βρίσκεται στο στάδιο της απλής γρίπης.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις του μονοξειδίου στο εσωτερικό των κτιρίων μπορεί να αποδοθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις στο εξωτερικό τους, ιδιαίτερα για κτίρια σε αστικές περιοχές ή για κτίρια όπου δεν αερίζονται αποτελεσματικά είτε χρησιμοποιούν φυσικά, είτε μηχανικά μέσα, ή κυρίως για κτίρια γραφείων όπου ο χώρος στάθμευσης στο υπόγειο επικοινωνεί με τους αγωγούς του αερισμού του κτιρίου. Κύρια πηγή του μονοξειδίου στο εσωτερικό των κτιρίων είναι κάθε είδος θερμαντικού σώματος που χρησιμοποιεί κάποιο είδος αερίου ή στερεού καυσίμου. Επίσης, κύρια πηγή αποτελεί κάθε εστία καύσης, και ειδικά σε χώρους γραφείων εστίες καύσης αερίου που εντοπίζονται σε χώρους κουζινών. Επιπροσθέτως, ο καπνός του τσιγάρου επιφέρει σημαντικές ποσότητες μονοξειδίου στον αέρα των εσωτερικών χώρων. Σημαντική πηγή του μονοξειδίου είναι το χλωριούχο μεθυλένιο, ουσία που χρησιμοποιείται στα προϊόντα βαφής των εσωτερικών χώρων, ενώ σημαντικές εκπομπές παρατηρούνται και από υλικά κτιρίου πλούσια σε άνθρακα. Τέλος, σημαντική συνεισφορά στην αύξηση της συγκέντρωσης του μονοξειδίου του άνθρακα έχει και ο ανθρώπινος μεταβολισμός, σε χώρους όπου παρατηρείται υψηλή πυκνότητα των ατόμων και μη αποτελεσματικός αερισμός.

Σε υψηλές συγκεντρώσεις (>100 ppm) το μονοξείδιο είναι θανατηφόρο. Η τοξική του δράση οφείλεται στη μεγάλη χημική του συγγένεια με την αιμογλοβίνη του αίματος, που υπολογίζεται να είναι 200 ή και 300 φορές μεγαλύτερη από τη χημική συγγένεια του οξυγόνου με την αιμογλοβίνη. Η αιμογλοβίνη δρα ως μεταφορέας οξυγόνου από τους πνεύμονες στα κύτταρα του σώματος και του διοξειδίου του άνθρακα από τα κύτταρα στους πνεύμονες. Έτσι, η παρουσία του μονοξειδίου στον αέρα που εισπνέουμε περιορίζει την οξυγόνωση των κυττάρων επειδή αντικαθιστά το οξυγόνο στην οξυαιμογλοβίνη (O₂ – Hb) και σχηματίζει τη καρβοξυαιμογλοβίνη (CO – Hb), σύμφωνα με την αντίδραση:



Η ανοξαιμία η οποία προκαλείται εκδηλώνεται αρχικά στον εγκέφαλο με κεφαλαλγίες και ναυτίες. Με συνεχή έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις μονοξειδίου παρατηρείται ξαφνική απώλεια της συνείδησης χωρίς αναπνευστικές διαταραχές, η οποία συνεχιζόμενη προκαλεί το θάνατο. Ο καπνός του τσιγάρου περιέχει μεγάλες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα. Η μέση συγκέντρωση της

καρβοξυαιμογλοβίνης σε καπνιστή των 10 τσιγάρων φτάνει το 3,8% και σε καπνιστή των 40 τσιγάρων το 7%. Η συγκέντρωση της καρβοξυαιμογλοβίνης που κυμαίνεται μεταξύ 2,5 – 10% έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί σοβαρά προβλήματα στην υγεία.

Οι επιδράσεις του μονοξειδίου στην ανθρώπινη υγεία είναι σχετικές με τη συγκέντρωση της καρβοξυαιμογλοβίνης στο αίμα. Σε άτομα που δεν καπνίζουν και που δεν έχουν εκτεθεί στο μονοξείδιο του περιβάλλοντος, η ποσότητα καρβοξυαιμογλοβίνης στο αίμα κυμαίνεται γύρω στο 0,5%. Η δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα έχει άμεση επίδραση στα όργανα του σώματος που απαιτούν υψηλές ποσότητες οξυγόνου, δηλαδή στον εγκέφαλο και στην καρδιά. Η πιο συχνή αιτία δηλητηριάσεων από το μονοξείδιο οφείλεται σε κακή ρύθμιση ή λειτουργία διαφόρων εστιών καύσης. Η συγκέντρωση της καρβοξυαιμογλοβίνης που ξεπερνά το 50 ή 60%, έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία αδυναμίας και αναταραχών στον οργανισμό, ενώ υψηλότερες συγκεντρώσεις οδηγούν και στο θάνατο.

Διοξείδιο του άνθρακα [1]

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι άχρωμο και άοσμο αέριο. Η παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα στους εσωτερικούς χώρους είναι αναπόφευκτη, αφού είναι το κύριο προϊόν των καύσεων του σώματος και μεταφέρεται από το ανθρώπινο σώμα στο χώρο κατά την εκπνοή. Μάλιστα, σε χώρους όπου δεν υπάρχουν εστίες καύσης, η πυκνότητα των ατόμων ανά m² χώρου αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι το διοξείδιο του άνθρακα στους εσωτερικούς χώρους παράγεται κυρίως από την ανθρώπινη αναπνοή και η δραστηκή του μείωση μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τον αποτελεσματικό αερισμό των χώρων. Σημαντικές είναι οι ποσότητες που παράγονται από εστίες καύσης αερίων ή στερεών καυσίμων και θερμαντικά σώματα που χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη το αέριο, τη κηροζίνη ή το ξύλο. Ουσιαστικά δε θα ήταν λάθος να ισχυριστούμε πως το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται από τις ίδιες πηγές οι οποίες είναι υπεύθυνες για τις εκπομπές μονοξειδίου στους εσωτερικούς χώρους, με εξαίρεση τις μπογιές για τη βαφή εσωτερικών χώρων.

Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να προκαλέσει ασφυξία αλλά δεν είναι τοξικό από μόνο του. Η υψηλή του συγκέντρωση σε κλειστούς χώρους που δεν αερίζονται καλά, μειώνει την ποσότητα του παρεχόμενου για την αναπνοή οξυγόνου. Αν και η εσωτερική συγκέντρωση του διοξειδίου μπορεί να υπερβαίνει από 1 έως και 3 φορές την εξωτερική συγκέντρωση, απαιτούνται σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις του ρύπου (30.000 ppm) για να παρατηρηθούν σοβαρά προβλήματα υγείας. Σε μέτριες συγκεντρώσεις (15.000 ppm) προκαλούνται ενοχλήσεις στα μάτια, τη μύτη και το δέρμα ή γενικότερα φαινόμενα δυσφορίας, με αποτέλεσμα δυσλειτουργίες στην αναπνοή. Τα προβλήματα υγείας που παρουσιάζονται κυρίως σε κτίρια γραφείων και σχετίζονται με πονοκεφάλους, κόπωση ή ναυτία, αποδίδονται και στις υψηλές συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα.

Επιπλέον υπάρχουν πολλές μελέτες που συνδέουν τη συγκέντρωση το διοξείδιο του άνθρακα με το ρυθμό αερισμού. Βέβαια για το συγκεκριμένο ζήτημα έχουν διατυπωθεί και αρκετές ενστάσεις και μελέτες σχετικές στις οποίες το διοξείδιο του άνθρακα δεν αποτελεί δείκτη για το ρυθμό αερισμού.

Η αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου στον εσωτερικό αέρα αυξάνει τους παλμούς της καρδιάς. Μετά από συνεχή έκθεση σε μέτριες συγκεντρώσεις του ρύπου, η ρύθμιση της αυξημένες συγκέντρωσης του διοξειδίου στο αίμα ρυθμίζεται μέσω του

νεφρού και του μεταβολισμού του ασβεστίου των οστών. Αυτή η ρύθμιση αν εμφανίζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα οδηγεί σε σοβαρή καταπόνηση των νεφρών και αφαλάτωση των οστών. Η έκθεση σε συγκεντρώσεις που ξεπερνούν τα 15.000 ppm για αρκετές ημέρες, προκαλεί μη αντιστρεπτές βλάβες στην αναπνευστική μεμβράνη πειραματόζωων. Στους ανθρώπους, η παρατεταμένη έκθεση σε συγκεντρώσεις κοντά στα 50.000 ppm προκαλεί δυσλειτουργίες στο κεντρικό νευρικό σύστημα και κυκλοφοριακό. Η χαμηλότερη συγκέντρωση όπου έχουν παρατηρηθεί προβλήματα υγείας τους ανθρώπους είναι περίπου στα 7.000 ppm και μετά από συνεχή έκθεση. Το όριο που θέτουν αρκετοί οργανισμοί υγείας στα 3.500 ppm έχει ως στόχο να μην ξεκινήσουν διαδικασίες στο ανθρώπινο σώμα που τείνουν να διαταράξουν την ισορροπία οργανικών στοιχείων στο σώμα. Αυτό το όριο, ίσως και χαμηλότερο κατά άλλους, είναι το ενδεδειγμένο για τους ευαίσθητους πληθυσμούς.

Πίνακας 2. Προβλήματα υγείας που έχουν καταγραφεί και συνδέονται με τη παρουσία του διοξειδίου του άνθρακα στον εσωτερικό αέρα, καθώς και οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις και χρόνοι έκθεσης [1]

Σύμπτωμα-Προβλήματα υγείας	% Συγκέντρωση του ρύπου	Χρονική διάρκεια έκθεσης σε min
Ανάγκη για μεγαλύτερες ποσότητες οξυγόνου	3,3-5,4	15
Δύσπνοια, αυξημένοι παλμοί, εφίδρωση, απώλεια προσανατολισμού, αυξημένη αρτηριακή πίεση, θολή όραση, μειωμένη πνευματική ικανότητα	7,5	10
Προβλήματα στην ακοή και το στομάχι	10	20
Απώλεια συνείδησης	15	10
Κώμα, Σπασμοί	30	15
Θάνατος από ασφυξία	> 30	5-10

Πηγή: *Canadian Center for Occupational Health and Safety.*

www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/carbon_dioxide/health_cd.html

Διοξείδιο του αζώτου

Το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) κυρίως ερεθίζει τις βλεννώδεις μεμβράνες των ματιών, της μύτης, του λάρυγγα και το αναπνευστικό σύστημα. Έκθεση σε μεγάλα επίπεδα NO₂ (όπως για παράδειγμα σε μία πυρκαγιά) μπορεί να προκαλέσει πνευμονικό οίδημα και τραύμα στην ικανότητα διάχυσης των πνευμόνων. Συνεχιζόμενη έκθεση σε υψηλά επίπεδα NO₂ μπορεί να συντελέσει στην ανάπτυξη οξείας ή και χρόνιας βρογχίτιδας. Η σχετικά χαμηλή διαλυτότητα του NO₂ έχει σαν αποτέλεσμα τον μικρό ερεθισμό της μεμβράνης του άνω αναπνευστικού συστήματος

ενώ η κεντρική εστία της δηλητηρίασης σημειώνεται στο κάτω μέρος του αναπνευστικού συστήματος.

Πρόσφατες μελέτες καταδεικνύουν ότι έκθεση σε χαμηλά επίπεδα NO₂ μπορεί να προκαλέσει αυξημένη βρογχική αντίδραση σε ορισμένους ασθματικούς, μειωμένη πνευμονική λειτουργία σε ασθενείς με χρόνια παρεμποδιστική πνευμονική ασθένεια και αυξημένο κίνδυνο αναπνευστικών μολύνσεων, κυρίως σε μικρά παιδιά.

Το διοξείδιο του αζώτου είναι ένα κοκκινοκαφέ υδατοδιαλυτό αέριο, με χαρακτηριστική έντονη οσμή και είναι το μόνο από τα οξείδια του αζώτου που είναι επιβλαβές σε συγκεντρώσεις που εμφανίζονται στο εσωτερικό των κτιρίων. Σχηματίζεται από την ένωση του αζώτου και του οξυγόνου σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και γι' αυτό η παραγωγή του είναι στενά συνδεδεμένη με τις διάφορες εστίες καύσης που χρησιμοποιούν στερεό, υγρό ή και αέριο καύσιμο, ενώ είναι μια από τις χιλιάδες ουσίες που περιέχονται στον καπνό του τσιγάρου. Μεγάλη συνεισφορά στην αύξηση της εσωτερικής συγκέντρωσης του ρύπου έχει και εξωτερική του συγκέντρωση, που είναι αναμενόμενα μεγαλύτερη στις αστικές περιοχές, εκεί όπου κυρίως εντοπίζονται τα κτίρια γραφείων, ως αποτέλεσμα τεχνολογικών πηγών, δηλαδή της κίνησης των οχημάτων και της λειτουργίας των βιομηχανικών μονάδων.

Οι πηγές παραγωγής μονοξειδίου του αζώτου είναι:

- η εξωτερική ατμόσφαιρα,
- οι εστίες καύσης και θερμαντικά σώματα καύσης και
- τα προϊόντα καπνού.

Η έκθεση του ανθρώπου στο αέριο γίνεται μέσω της εισπνοής. Το διοξείδιο του αζώτου είναι οξειδωτικό τοξικό αέριο που ερεθίζει τις βλεννώδεις μεμβράνες των πνευμόνων. Είναι εξαιρετικά διαλυτό στο νερό και μεγάλο μέρος της εισπνεόμενης ποσότητας εναποτίθεται στην αναπνευστική οδό. Η ένωσή του με το νερό δημιουργεί νιτρικό οξύ (HNO₃) που προκαλεί βλάβες σε λιπίδια και πρωτεΐνες. Επίσης, το διοξείδιο του αζώτου μετατρέπεται στην αέρια φάση του νιτρώδους οξέος μέσα στην αναπνευστική οδό, μέσω ετερογενούς χημικής αντίδρασης με το περιεχόμενο των υδρατμών του εισπνεόμενου αέρα. Έτσι, επιδρά στη δημιουργία ελευθέρων ριζών οξυγόνου μειώνοντας ουσιαστικά την ποσότητα του εκμεταλλεύσιμου από τους πνεύμονες οξυγόνου. Επίσης, το διοξείδιο του αζώτου φαίνεται να έχει συμμετοχή στην πρόκληση άσθματος ή στην επιδείνωση της υγείας των ατόμων με άσθμα. Κατά πάσα πιθανότητα το μονοξείδιο δρα ως σκανδάλη για την έναρξη κρίση άσθματος από άλλους αλλεργιογόνους παράγοντες ή δρα απευθείας με τους πνεύμονες προκαλώντας τοξικές βλάβες. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζει μερικά από τα προβλήματα υγείας που έχουν καταγραφεί και συνδέονται με τη συγκέντρωση του ρύπου σε χώρους γραφείων και οικιών.

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά προβλήματα υγείας που συνδέονται με την έκθεση σε διοξείδιο του αζώτου. [1]

Συμπτώματα- Προβλήματα υγείας	Συγκέντρωση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Συγκέντρωση σε ppm	Σχόλια
Ερεθισμός των αισθητηρίων οργάνων.	100-150	0,05-0,08	Αποτελέσματα σε παιδιά.
Λοιμώξεις του αναπνευστικού.	200	0,1	Αισθητό στην όσφρηση.
Μη αντιστρεπτά αποτελέσματα στο αναπνευστικό.	960	0,38	Μικρής διάρκειας έκθεση.
Μείωση της χωρητικότητας των πνευμόνων κατά 10%.	564-1504	0,3-0,8	
Μη αντιστρεπτό αποτέλεσμα. Πνευμονικό οίδημα, θάνατος.	>200.000	>150	

Διοξείδιο του θείου

Η υψηλή διαλυτότητα καθιστά το SO_2 εξαιρετικά ερεθιστικό για τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 6 μερών ανά εκατομμύριο προξενούν ερεθισμό μεμβρανών (mucous membrane irritation). Επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι χρόνια έκθεση σε SO_2 σχετίζεται με αυξημένα πνευμονικά συμπτώματα και πτώση της αναπνευστικής λειτουργίας. Κλινικές έρευνες έδειξαν ότι ορισμένοι ασθματικοί αντιδρούν με βρογχικό σφίξιμο (bronchoconstriction) για να εξισώσουν σύντομη έκθεση σε SO_2 επιπέδων ίσων με 0.4 τμήματα ανά εκατομμύριο.

Το διοξείδιο του θείου είναι άχρωμο αέριο με χαρακτηριστική έντονη δυσάρεστη οσμή που δυσκολεύει την αναπνοή. Παράγεται από την οξείδωση των υπολειμμάτων του θείου στην ατμόσφαιρα, που προέρχονται κυρίως από την καύση διαφόρων καυσίμων. Διαλύεται αμέσως στο νερό και μπορεί να οξειδωθεί μέσα σε αιωρούμενες σταγόνες νερού. Η κύρια πηγή του ρύπου στο εσωτερικό των κτιρίων είναι η εξωτερική του συγκέντρωση. Η εξωτερική συγκέντρωση του ρύπου είναι μεγαλύτερη στις αστικές περιοχές, που είναι η περιοχή ενδιαφέροντος για τα κτίρια γραφείων, με σημαντικές πηγές τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων και την κίνηση των οχημάτων. Η εσωτερική συγκέντρωση του ρύπου είναι 0,1-0,6 φορές μικρότερη από την εξωτερική συγκέντρωση, όταν στο εσωτερικό των κτιρίων δεν εντοπίζονται σημαντικές ποσότητες από εστίες καύσης. Επίσης, η συγκέντρωση του ρύπου είναι μικρή στο εσωτερικό των κτιρίων γιατί απορροφάται αμέσως από τα υλικά των εσωτερικών χώρων, όπως είναι τα έπιπλα και τα υφάσματα.

Για τα αποτελέσματα του αέριου ρύπου στην ανθρώπινη υγεία δύο είναι οι σημαντικές ουσίες το διοξείδιο του θείου και τα τοξικά αεροζόλ που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα και σε κάθε περίπτωση μπορούν να διεισδύσουν στον εσωτερικό χώρο μέσω του αερισμού του. Οι ουσίες αυτές σε υψηλές συγκεντρώσεις (> 20 ppm) επιδρούν στο αναπνευστικό σύστημα και είναι δυνατόν να προκαλέσουν τη

δημιουργία πνευμονικού οιδήματος. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (0,1-0,7 ppm) αλλά σε μακροχρόνια βάση, παρατηρείται αύξηση των αναπνευστικών νοσημάτων. Επίσης, το διοξείδιο του θείου απορροφάται από τις βλεννώδεις μεμβράνες της μύτης και της αναπνευστικής οδού, λόγω της υψηλής διαλυτότητάς του στο νερό. Η απόθεση των τοξικών αεροζόλ του θείου μέσα στην αναπνευστική οδό εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων του νερού μέσα στα οποία έγινε η οξειδωση του θείου και από το ποσό της υγρασίας στο εσωτερικό των εξεταζόμενων χώρων. Μέχρι στιγμής η έκθεση το διοξείδιο του θείου συνδέεται με μακροχρόνια αποτελέσματα στην υγεία, ως αποτέλεσμα μακροχρόνιας έκθεσης σε σημαντικές ποσότητες, που σχετίζονται με αναπνευστικά προβλήματα και δυσλειτουργία των πνευμόνων. Τα βραχυχρόνια προβλήματα υγείας από σύντομη έκθεση στο ρύπο δεν είναι ακόμη πλήρως γνωστά, για τυπικές συγκεντρώσεις στους εσωτερικούς χώρους.

5.3 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από σωματίδια καύσης

Ήδη έχουν αναφερθεί οι σημαντικότερες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία που προκαλούνται από κάθε αέριο καύσης χωριστά. Γενικά βέβαια υπάρχουν κάποιες επιπτώσεις που παρατηρούνται κατά την έκθεση του ανθρώπου σε τέτοιου είδους αέρια. Τα συμπτώματα αυτά είναι:

- Ζάλη ή πονοκέφαλοι
- Σύγχυση
- Ναυτία / εμετός
- Κόπωση
- Ταχυκαρδία
- Ερεθισμός ματιών και άνω αναπνευστικής περιοχής
- Θορυβώδης αναπνοή / βρογχική συστολή
- Επίμονος βήχας
- Ανεβασμένα επίπεδα καρβοξυ-αιμογλοβίνης (carboxyhemoglobin)

5.4 Τρόπος αντιμετώπισης επιπτώσεων από σωματίδια καύσης

Προτείνεται περιοδική επιθεώρηση από ειδικούς και έλεγχος των εγκατεστημένων συσκευών ώστε τα αέρια προϊόντα τους να διοχετεύονται στον εξωτερικό χώρο. Τζάκια και καπνοδόχοι σομπών που λειτουργούν με ξύλα ή κάρβουνα θα πρέπει να καθαρίζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να επιθεωρούνται πριν την έναρξη της περιόδου χρήσης τους. Εξαεριστήρες κουζινών θα πρέπει να οδηγούν τα απορροφώμενα αέρια στον εξωτερικό χώρο. Άτομα που πιθανόν εκτίθενται σε συσκευές καύσης θα πρέπει να σκεφτούν το ενδεχόμενο εγκατάστασης ανιχνευτών μονοξειδίου του άνθρακα που να είναι σύμφωνοι με τα πρότυπα του Underwriters Laboratory (UL) 2034.

6. Συνθετικές ίνες

6.1 Εισαγωγικά για τις συνθετικές ίνες

Οι συνθετικές διαφανείς ίνες, SVF (Synthetic Vitreous Fibers) καλύπτουν μία μεγάλη ομάδα ινών και εφαρμογών, όπως για παράδειγμα η βιομηχανική και εμπορική μόνωση. Αναταραχές που προκαλούνται κατά τη συντήρηση και την επισκευή των κτιρίων μπορούν πιθανών να αυξήσουν τα επίπεδα SVF πάνω από το φυσιολογικό όριο. Το εσωτερικό περιβάλλον μπορεί επίσης να μολυνθεί κατά την εγκατάσταση μονώσεων SVF στην σοφίτα ή τους τοίχους σε υπάρχοντα κτίρια. Οι ίνες μπορούν να επικαθίσουν σε επιφάνειες όπως τα πατώματα, τραπέζια, ράφια και έπιπλα. Στην περίπτωση που δεν αφαιρεθούν με εντατικό καθαρισμό, τέτοιες συγκεντρώσεις σκόνης μπορούν να λειτουργήσουν σαν πηγές (δευτερεύουσες) SVF αν διαταραχθούν.

Δεν υπάρχουν κανονιστικές διατάξεις για τις συγκεντρώσεις SVF σε κλειστούς χώρους από εθνικούς ή διεθνείς οργανισμούς. Παρόλα αυτά επειδή συνιστάται να γίνονται μετρήσεις υπολογισμού των συγκεντρώσεων σε SVF στο χώρο, έστω και αν οι υπολογιστικές μέθοδοι διαφοροποιούνται κάθε φορά, τα αποτελέσματα των μετρήσεων επεξεργάζονται και με τον τρόπο αυτό προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα απαραίτητα για την ασφαλή διαχείριση των SVF στο χώρο. Αναλυτικότερα λοιπόν:

- αν το συνολικό επίπεδο των αερομεταφερόμενων συγκεντρώσεων είναι κάτω από 100 WHO SVF/m³ και οι επιφανειακές συγκεντρώσεις πάνω σε τακτικά καθοριζόμενες επιφάνειες κάτω από 0.2 SVF/cm² και αντίστοιχα 3 SVF/cm² πάνω σε σπάνια καθοριζόμενες επιφάνειες δε συντρέχει κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία από την ύπαρξη SVF στο χώρο.
- αν το συνολικό επίπεδο των αερομεταφερόμενων συγκεντρώσεων ξεπερνά τα 200 WHO SVF/m³ είναι πιθανό ότι πηγές SVF διαταράχθηκαν κατά την περίοδο των μετρήσεων. Προκειμένου λοιπόν τα αποτελέσματα των μετρήσεων να είναι αξιόπιστα απαιτείται επανεξέταση των πηγών μέτρησης.
- αν οι συγκεντρώσεις SVF σε περιστασιακά καθοριζόμενες επιφάνειες ξεπερνά τα 10 SVF/cm² κρίνεται σκόπιμος ο συχνότερος καθαρισμός των επιφανειών.
- αν η συνολική συγκέντρωση του SVF με D>3 μm είναι μεγαλύτερη από 100 SVF/m³ τότε η ύπαρξη SVF στο χώρο είναι πιθανή αιτία για την εμφάνιση προβλημάτων στο αναπνευστικό σύστημα ή στο δέρμα (ερεθισμοί) ή στα μάτια. Στην περίπτωση αυτή, όπως βέβαια και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων που αφορούν την αντιμετώπιση ρύπανσης εσωτερικού αέρα, προτείνεται αερισμός και σχολαστικότερος καθαρισμός των επιφανειών.

Η ακρίβεια αυτών των συστάσεων θα πρέπει να διασταυρώνεται και με άλλες σχετικές έρευνες που αφορούν μετρήσεις SVF στο χώρο. Σε κάθε εκτίμηση των συγκεντρώσεων SVF στον εσωτερικό χώρο, κρίνεται σκόπιμο να υπολογίζεται και η συγκέντρωση άλλων ανόργανων και οργανικών ινών ώστε να γίνονται οι απαραίτητες συγκρίσεις των συγκεντρώσεων και να προκύπτουν περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα προκειμένου να εντοπίζεται κάθε φορά η αιτία των τυχόν προβλημάτων που εμφανίζονται στην ανθρώπινη υγεία από την ύπαρξη σωματιδιακών ρύπων στο χώρο.

6.2 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από τις συνθετικές ίνες

Οι βασικές επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό είναι οι ακόλουθες:

- Ερεθισμός του άνω αναπνευστικού, του δέρματος και των ματιών

Η έκθεση σε SVF κατά τη διαχείρισή του μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό της αναπνευστικής οδού, του δέρματος και των ματιών. Ο ερεθισμός του δέρματος προκαλείται από ίνες με διάμετρο μεγαλύτερη των 5 μm.

- Χρόνιες επιπτώσεις στο αναπνευστικό

Έρευνες που έχουν διεξαχθεί δεν μπορούν να συσχετίσουν με ακρίβεια και βεβαιότητα την έκθεση σε SVF με την εμφάνιση ασθενειών στο αναπνευστικό που προκαλούν θάνατο. Ειδικά για τους Ευρωπαίους εργαζόμενους στην παραγωγή SVF δε βρέθηκε αύξηση στη θνησιμότητα από βρογχίτιδα, εμφύσημα ή άσθμα.

- Καρκίνος των πνευμόνων και του μεσοθηλιακού ιστού

Η Διεθνής Οργάνωση για την Έρευνα για τον Καρκίνο έχει επαρκείς (γυαλί) περιορισμένες (πέτρα) αποδείξεις καρκινογεννητικότητας σε ζώα και περιορισμένες (πέτρα/σκουριά) ανεπαρκείς (γυαλί) αποδείξεις καρκινογεννητικότητας στον άνθρωπο.

6.3 Τρόπος αντιμετώπισης επιπτώσεων από τις συνθετικές ίνες

Τα περισσότερα μέτρα αφορούν στην πρόληψη και εστιάζουν:

- στον τεχνητό και φυσικό αερισμό του χώρου,
- στο σχολαστικό καθαρισμό του χώρου μετά τη χρήση υλικών που περιέχουν SVF κατά την κατασκευή,
- στον έλεγχο των υλικών μέσω μετρήσεων και εφαρμογής συστημάτων ποιότητας,
- στη συντήρηση των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Αναλυτικότερα στη συνέχεια παρουσιάζονται προληπτικά μέτρα που μπορεί να εφαρμοστούν προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την ύπαρξη συνθετικών ινών.

- Εγκατάσταση υλικών που περιέχουν SVF

Έχει παρατηρηθεί πως κατασκευαστικά έργα μπορεί να αφήσουν μετά το πέρας των εργασιών κατάλοιπα SVF. Οι συγκεντρώσεις αυτές πολλές φορές είναι πάνω από τα φυσιολογικά όρια και ενδέχεται να προκαλέσουν προβλήματα και ενοχλήσεις στην ανθρώπινη υγεία. Προτείνεται λοιπόν, πριν την εγκατάσταση των ενοίκων ο χώρος να καθαρίζεται διεξοδικά. Επιπλέον, συστήνεται και κατά την κατασκευή να περιορίζεται η μόλυνση με ενδιάμεσους καθαρισμούς μετά το πέρας επιμέρους εργασιών ώστε στο τέλος των εργασιών να μην αυξάνεται σημαντικά η συγκέντρωση SVF στο χώρο. Τέλος, υλικά που περιέχουν SVF και κοιτούν προς τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου πρέπει να προστατεύονται από επικαλύψεις άλλων υλικών ή χρωμάτων ώστε να μην απελευθερώνονται SVF.

- Έλεγχος των προϊόντων

Στο πλαίσιο της πρόληψης εντάσσεται και η θέσπιση κριτηρίων με βάση τα οποία οι κατασκευαστές θα έχουν τη δυνατότητα να δώσουν στα προϊόντα τους ένα label που

να πιστοποιεί τη συμβατότητα του προϊόντος με τα συγκεκριμένα κριτήρια. Ένα από τα κριτήρια λοιπόν θα μπορούσε να αφορά τη συμπεριφορά του προϊόντος σε θέματα εσωτερικής ποιότητα αέρα, να προτείνει μεθόδους υπολογισμού των συγκεντρώσεων του αερίου ρυπαντή που εκπέμπεται από το εν λόγω προϊόν και να υιοθετεί στρατηγικές μείωσης και ασφαλούς διαχείρισης αυτού.

Στο πλαίσιο αυτό έχει ήδη κινηθεί και εταιρεία με έδρα τη Δανία που μελέτησε μέσω πειραμάτων τις συγκεντρώσεις των σωματιδίων που απελευθερώνονται από ταβάνια και τοίχους κτιρίων.

- Λειτουργίες και συντήρηση των κτιριακών εγκαταστάσεων

Έχουν εντοπιστεί πολλές έρευνες σε κτιριακές εγκαταστάσεις που έδειξαν βιολογική μόλυνση οφειλόμενη σε αγωγούς που έχουν SVF και εφαρμόζονται σε συστήματα HVAC. Βέβαια τέτοιου είδους αγωγοί δεν κρίνονται ακατάλληλοι είναι όμως σκόπιμο να διευκρινιστεί σε ποιες περιπτώσεις μπορεί να γίνεται χρήση αγωγών που φέρουν υλικά με SVF. Ερευνητές διεξήγαγαν εκτεταμένες έρευνες για τον καθορισμό της επίδρασης της υγρασίας, των αποβλήτων και της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη *Penicillium Chrysogenum* στο SVF. Εξετάστηκαν συνολικά 4 νέα υλικά και ένα που ήδη χρησιμοποιείται (<5 χρόνια).

Παρατηρήθηκε λοιπόν ότι:

- Η υψηλή σχετική υγρασία (97%) υποστηρίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών και αν το φαινόμενο αυτό συνδυαστεί και με βρέξιμο του αγωγού από κάποιο τυχαίο συμβάν τότε οι μικροοργανισμοί εμφανίζονται πιο γρήγορα.
- Οι χαμηλές θερμοκρασίες (12ο C σε αντίθεση με 23ο C) καθυστέρησαν αλλά δεν απέτρεψαν εντελώς την ανάπτυξη.
- Προσθήκη σκόνης δηλαδή αποβλήτου σε σύστημα HVAC προκαλεί ανάπτυξη μικροοργανισμών ειδικά εάν συνδυαστεί και με υψηλή σχετική υγρασία.

Το συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι για να αποτραπεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών σε υλικά με SVF πρέπει αυτά να διατηρούνται καθαρά και στεγνά. Το ίδιο ισχύει όχι μόνο κατά την εγκατάσταση των υλικών στο σύστημα αλλά και κατά την αποθήκευση των υλικών πριν την εφαρμογή τους. Ο αποθηκευτικός δηλαδή χώρος θα πρέπει να πληρεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις ώστε τα υλικά να διατηρούνται καθαρά και στεγνά.

Είναι υπό διερεύνηση το κατά πόσο ο καθαρισμός των αεραγωγών προκαλεί τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Ο καθαρισμός αγωγών συστήματος εξαερισμού με SVF μπορεί να προξενήσει μία προσωρινή αύξηση των συγκεντρώσεων SVF στον αέρα του δωματίου. Κάτι τέτοιο έχει αποδειχτεί ότι μπορεί να αποτραπεί με την προϋπόθεση ότι επιλέγονται οι κατάλληλες μέθοδοι καθαρισμού.

Επιπλέον, άλλη μία πηγή «αποθήκευσης» σωματιδίων είναι το ταβάνι των κτιρίων. Τα ταβάνια των κτιρίων με τον καιρό σκονίζονται εξαιτίας της απόθεσης ιζήματος που προέρχεται από τη διάχυση των σωματιδίων.

Συμπερασματικά καταλήγουμε πως από τη στιγμή που εντοπίζεται το SVF στον περιβάλλοντα χώρο μόνο δύο τρόποι υπάρχουν για την απομάκρυνσή του: ο εξαερισμός του χώρου και ο συστηματικός καθαρισμός των επιφανειών.

Ερευνητές πειραματίστηκαν και υπολόγισαν τη μείωση στη συγκέντρωση των αερομεταφερόμενων SVF ($D > 3 \mu\text{m}$) κατά 10 φορές μετά από καθαρισμό ενός «μολυσμένου» από SVF γραφείου.

Σε άλλη, αντίστοιχη έρευνα, επιλέχθηκε να εξαιρίζεται ο χώρος είτε με φυσικό είτε με μηχανικό τρόπο αλλά ο καθαρισμός του χώρου δεν είναι συστηματικός, αντιθέτως κρίνεται μέτριος. Στην περίπτωση αυτή, τα αποτελέσματα μείωσης της συγκέντρωσης SVF στο χώρο δεν ήταν ικανοποιητικά. Αυτό δηλαδή που τελικά μπορεί να επιδράσει αποτελεσματικά στη μείωση των συγκεντρώσεων SVF είναι ένας συνδυασμός ικανοποιητικού εξαερισμού, είτε με φυσικό είτε με μηχανικό τρόπο, και συστηματικού καθαρισμού. Επιπλέον το ποσοστό μείωσης της συγκέντρωσης SVF εξαρτάται και από το μέγεθος της διαμέτρου των ινών.

7. Περίληψη - Συμπεράσματα

Οι εσωτερικές πηγές ρύπανσης που απελευθερώνουν αέρια ή μόρια στον αέρα είναι η αρχική αιτία των εσωτερικών προβλημάτων ατμοσφαιρικής ποιότητας.

Οι βασικές αιτίες που προκαλούν την απελευθέρωση μολυσματικών αερίων ή μορίων στο αέρα προκαλώντας επιβάρυνση στην ανθρώπινη υγεία είναι κυρίως:

- ο ανεπαρκής εξαερισμός του χώρου,
- η υψηλή θερμοκρασία και
- τα υψηλά επίπεδα υγρασίας.

Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό θέμα το οποίο απαιτεί σοβαρότητα στο χειρισμό του και εξειδικευμένες γνώσεις τουλάχιστον στον αρχικό εντοπισμό του προβλήματος και στον υπολογισμό των συγκεντρώσεων των μολυσματικών ρύπων.

Οι συνηθέστερες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία που αποτελούν παράλληλα και ένδειξη ύπαρξης εσωτερικών ρυπαντών είναι:

- ενοχλήσεις και ερεθισμοί στα μάτια,
- ενοχλήσεις στο ρινικό σύστημα,
- εμφάνιση συχνών πονοκεφάλων,
- αίσθηση κούρασης και
- υπνηλία.

Οι επιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι παροδικές και εύκολα θεραπεύσιμες υπάρχουν όμως και άλλες, οι οποίες ήδη αναλύθηκαν ανά ρυπαντή χωριστά και λειτουργούν αθροιστικά στον ανθρώπινο οργανισμό. Παρουσιάζονται μετά από συνεχή έκθεση ή μετά από μεγάλες περιόδους έκθεσης. Τέτοιου είδους επιπτώσεις είναι κυρίως οι αναπνευστικές ασθένειες, οι καρδιακές παθήσεις και ο καρκίνος.

Το πρόβλημα που καλείται να λύσει ο υπεύθυνος μηχανικός είναι πράγματι πολυσύνθετο. Στη δημιουργία του προβλήματος συμβάλλουν πολλών ειδών ρύποι, για αρκετούς από τους οποίους δεν έχει αναγνωριστεί μια συγκεκριμένη πηγή. Επίσης, το πρόβλημα περιπλέκουν και άλλοι παράγοντες όπως είναι η κατασκευή του κτιρίου, ο τρόπος λειτουργίας του, ο τρόπος χρήσης των χώρων από τους χρήστες κ.α.. Είναι προφανές ότι η λύση του προβλήματος εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Επίσης, είναι σίγουρο ότι ο υπεύθυνος μηχανικός που έχει επιφορτιστεί με αυτό το έργο θα πρέπει να κάνει όχι μόνο υπολογισμούς και σχεδιασμό των διαφόρων συστημάτων, αλλά και τοπικό έλεγχο των χώρων του

κτιρίου για να διαπιστώσει πολλούς παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα, με άλλα λόγια να διαπιστώσει τη βασική ταυτότητα του προβλήματος.

Η λύση του προβλήματος εξαρτάται και από τη σκοπιά εξέτασής του. Δηλαδή, ο μηχανικός προσπαθεί να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα σε ένα υπάρχον κτίριο ή πρέπει να σχεδιάσει εκ του μηδενός ένα κτίριο που να επιτυγχάνει αποδεκτή ποιότητα αέρα, με συνέπεια σε όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους που διέπουν τη λειτουργία ή την κατασκευή ενός νέου κτιρίου. Η εκ των υστέρων αντιμετώπιση του προβλήματος είναι πιο δαπανηρή, χρονοβόρα και λιγότερο αποτελεσματική από την εκ των προτέρων αντιμετώπιση του προβλήματος. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μεγάλοι μεγέθους παρεμβατικών λύσεων σε ένα υπάρχον κτίριο συνδέονται με υψηλά κόστη, ενώ οι μικρού μεγέθους παρεμβατικές λύσεις πιθανότητα δε θα συμβάλλουν στη δραστική αντιμετώπιση ενός τόσο πολυσύνθετου προβλήματος.

Σε καθεμία από τις δύο περιπτώσεις, η βασική παράμετρος του προβλήματος παραμένει η ίδια και είναι η αποτελεσματικότητα του αερισμού του κτιρίου. Είναι κοινά παραδεκτό ότι το 50-60% των περιπτώσεων κτιρίων που παρουσιάζουν κακή ποιότητα αέρα, οφείλονται στον αναποτελεσματικό αερισμό, είτε αυτός είναι φυσικός, είτε αυτός είναι μηχανικός. Όλοι οι εσωτερικοί ρύποι έχουν μια κοινή πηγή που είναι το εξωτερικό περιβάλλον. Ο αερισμός αναπόφευκτα παίζει το ρόλο του μεταφορέα των ρύπων του εξωτερικού περιβάλλοντος στο εσωτερικό. Ο αναποτελεσματικός αερισμός βοηθά στη συσσώρευση των εξωτερικών ρύπων στον εσωτερικό χώρο, όπως επίσης και στη συσσώρευση των ρύπων που προέρχονται από εσωτερική πηγή. Επιπλέον, δεν 'εξωθεί' ή δεν αναμιγνύει τον εσωτερικό αέρα με το νωπό ώστε να μειώνει τη συγκέντρωση των εσωτερικών ρύπων. Οποιαδήποτε παρέμβαση στο κτίριο ή στον τρόπο λειτουργίας του δε θα αποφέρει κανένα αποτέλεσμα αν ο αερισμός είναι κακός ή ελλιπής, ειδικά στην περίπτωση κτιρίων που εντοπίζονται σε αστικές περιοχές που η κοινή πηγή ρύπανσης για όλους τους ρύπους του εσωτερικού περιβάλλοντος, το εξωτερικό περιβάλλον, συνεισφέρει σημαντικά στη διαμόρφωση κακής ποιότητας αέρα.

Η έρευνα και πρακτική σε πολλές χώρες έχουν προσεγγίσει ικανοποιητικά το πρόβλημα του αερισμού και από τα αποτελέσματα μελετών και μετρήσεων έχουν προκύψει οδηγίες και πρότυπα για τον έλεγχο της ποιότητας του αέρα στα κτίρια, τον εντοπισμό των πιθανών πηγών εκπομπής εσωτερικών ρυπαντών, για μέτρα μείωσης των συγκεντρώσεων των ρύπων στους εσωτερικούς χώρους. Ενδεικτικά, ο έλεγχος εστιάζεται κυρίως στον αερισμό του κτιρίου, κατά πόσο δηλαδή οι αγωγοί εισαγωγής του αέρα αερισμού στο χώρο είναι ελεύθεροι ή μπλοκαρισμένοι από κάποιο έπιπλο ή αντίστοιχα για ένα φυσικά αεριζόμενο κτίριο, αν τα ανοίγματα του κτιρίου είναι χειριζόμενα από τους χρήστες ή δε λειτουργούν.

Η ουσία είναι πως το ζήτημα της ποιότητας εσωτερικού αέρα είναι ένα θέμα πολυκριτηριακό που εξαρτάται από πολλές παραμέτρους και απαιτεί σοβαρή προσέγγιση καθώς σχετίζεται άμεσα με την ανθρώπινη υγεία.

8. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Δελλής Ν., Τραγουδάρας Δ., διπλωματική εργασία «Ενεργειακοί έλεγχοι, ποιότητα του εσωτερικού αέρα και θερμική άνεση σε κτίρια γραφείων», Θεσσαλονίκη, 2002
2. Φυτιάνου Κ., Κουιμτζή Θ., Σαμαρά – Κωνσταντίνου Κ., «Χημεία και Βιολογία Περιβάλλοντος», University Press, Θεσ/νικη, 1998

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Spengler J.D, Samet J.M, McCarthy J.F, “Indoor Air Quality”, Handbook Environmental Protection Agency, “Indoor Air Pollution: An Introduction for Health Professionals”, U.S. Government Printing Office Publication, 1994
2. Kroeling P., Energy and Building: “Comparative investigations of the Building Illness Syndrome”, p. 277-282, 1998
3. Brager G. and Dear R., “Thermal adaptation in the built environment”, California University, Berkeley, 1998
4. Δελλής Ν., Τραγουδάρας Δ., διπλωματική εργασία «Ενεργειακοί έλεγχοι, ποιότητα του εσωτερικού αέρα και θερμική άνεση σε κτίρια γραφείων», Θεσσαλονίκη, 2002
5. Φυτιάνου Κ., Κουιμτζή Θ., Σαμαρά – Κωνσταντίνου Κ., «Χημεία και Βιολογία Περιβάλλοντος», University Press, Θεσ/νικη, 1998

10. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. <http://www.epa.gov/>
2. <http://www.ashrae.org/>
3. <http://www.who.gov/>
4. <http://www.ea.gov.au/>
5. <http://www.setac.gov/>

11. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Ποιοι είναι οι κύριοι εσωτερικοί ρυπαντές;

Οι κύριοι εσωτερικοί ρυπαντές είναι:

- ο αμίαντος,
- η σκόνη,
- τα αιωρούμενα σωματίδια με έμφαση στα σωματίδια που προέρχονται από καύσεις και
- οι συνθετικές μεταλλικές ίνες.

2. Ποιες είναι οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε αμίαντο;

Ο αμίαντος μπορεί να προκαλέσει:

- Ερεθισμό του δέρματος.
- Ερεθισμό των αισθητηρίων οργάνων (μύτη, μάτια, λαιμός).
- Αναπνευστικά προβλήματα.
- Βρογχίτιδα και κρίσεις άσθματος.
- Πνευμονοκκοκίαση αμιάντου.
- Όγκο μεσοθηλιακού ιστού.
- Καρκίνο των πνευμόνων.
- Σημαντικά προβλήματα αναπνοής σε παιδιά.
- Προβλήματα στη κύηση εγκύων γυναικών.

3. Προτείνετε τρόπους αντιμετώπισης και πρόληψης των επιπτώσεων από την έκθεση σε αμίαντο

Οι βασικοί τρόποι αντιμετώπισης και πρόληψης από την έκθεση σε αμίαντο είναι η:

1. τακτική επιθεώρηση του χώρου. Στην περίπτωση που διαπιστωθεί οποιαδήποτε αλλοίωση υλικών κρίνεται σκόπιμο να απευθυνθούμε σε κάποιον ειδικά εκπαιδευμένο, διαπιστευμένο επιθεωρητή ο οποίος θα συλλέξει δείγματα για εργαστηριακή ανάλυση και θα συντάξει σχετική έκθεση με οδηγίες και μέτρα αντιμετώπισης της υπάρχουσας κατάστασης.
2. προσεκτική απόρριψη κατεστραμμένων ή φθαρμένων γαντιών αμιάντου, ματιών κουζίνας (stovetop pads) και καλυμμάτων πινάκων σιδερώματος (ironing board covers).
3. προσεκτική απομάκρυνση συνδέσμων σε πόρτες ξύλινων φούρνων (wood stove door gaskets) που ενδέχεται να περιέχουν αμίαντο.
4. χρήση ειδικών μέτρων ασφαλείας (αναπνευστικές μάσκες, γάντια και άλλου είδους προστατευτικού ρουχισμού) για τη συλλογή θρυμματισμένων και φθαρμένων υλικών που περιέχουν αμίαντο. Δεν επιτρέπεται ο καθαρισμός τέτοιων υλικών με ηλεκτρική σκούπα ενώ απαγορεύεται και ο περαιτέρω θρυμματισμός τους.

5. Ποιες είναι οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε σκόνη;

Οι βασικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε σκόνη είναι:

- μολύνσεις, στην περίπτωση αυτή οι παθογόνοι μικροοργανισμοί προσβάλλουν τους ανθρώπινους ιστούς,
- ασθένειες υπερευαισθησίας, κατά τις οποίες προκαλείται ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος η οποία μπορεί να οδηγήσει και στη δηλητηρίαση και οφείλεται σε χημικά ή τοξικά συστατικά που βρίσκονται στον αέρα και εγκλωβίζονται στους βιολογικούς ρυπαντές και
- συμπτώματα που συνδέονται με το άνω και κάτω αναπνευστικό σύστημα και ενισχύονται από κλιματικά φαινόμενα όπως η υγρασία.

6. Προτείνετε τρόπους αντιμετώπισης και πρόληψης των επιπτώσεων από την έκθεση σε σκόνη.

Οι βασικοί τρόποι αντιμετώπισης των επιπτώσεων από την έκθεση σε σκόνη είναι:

- ο φυσικός ή τεχνητός εξαερισμός.
- ο τακτικός καθαρισμός των χαλιών και επίπλων με ηλεκτρική σκούπα
- ο καθαρισμός των κατοικίδιων ζώων.
- η διατήρηση της σχετικής υγρασίας κάτω από 50% με χρήση ειδικών συσκευών εξαερισμού (exhaust fans) στο μπάνιο και καθοδήγηση του αέρα από τους στεγνωτήρες ρούχων στον εξωτερικό χώρο.
- η τακτική συντήρηση των μονάδων κλιματισμού.
- η λειτουργία των υγραντήρων και των ξηραντήρων σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- το πλύσιμο των σκεπασμάτων και των μαλακών παιχνιδιών σε νερό θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 130° F προκειμένου να σκοτώνονται τα ζώδια της σκόνης.

7. Ποια είναι τα σωματίδια καύσης και ποιες οι βασικές επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία;

Τα σωματίδια καύσης είναι: το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του αζώτου και το διοξείδιο του θείου.

Οι κυριότερες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση στα σωματίδια καύσης είναι:

- Ζάλη ή πονοκέφαλοι
- Σύγχυση
- Ναυτία / εμετός
- Κόπωση
- Ταχυκαρδία

- Ερεθισμός ματιών και άνω αναπνευστικής περιοχής
- Θορυβώδης αναπνοή / βρογχική συστολή
- Επίμονος βήχας
- Ανεβασμένα επίπεδα καρβοξυ-αιμογλοβίνης (carboxyhemoglobin)

8. Προτείνετε τρόπους αντιμετώπισης και πρόληψης των επιπτώσεων από την έκθεση σε σωματίδια καύσης.

Προτείνεται περιοδική επιθεώρηση από ειδικούς και έλεγχος των εγκατεστημένων συσκευών ώστε τα αέρια προϊόντα τους να διοχετεύονται στον εξωτερικό χώρο. Τζάκια και καπνοδόχοι σομπών που λειτουργούν με ξύλα ή κάρβουνα θα πρέπει να καθαρίζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να επιθεωρούνται πριν την έναρξη της περιόδου χρήσης τους. Εξαεριστήρες κουζινών θα πρέπει να οδηγούν τα απορροφώμενα αέρια στον εξωτερικό χώρο. Άτομα που πιθανόν εκτίθενται σε συσκευές καύσης θα πρέπει να σκεφτούν το ενδεχόμενο εγκατάστασης ανιχνευτών μονοξειδίου του άνθρακα που να είναι σύμφωνοι με τα πρότυπα του Underwriters Laboratory (UL) 2034.

9. Ποιες είναι οι βασικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε συνθετικές ίνες;

Οι βασικές επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό από την έκθεση σε συνθετικές ίνες είναι οι ακόλουθες:

- Ερεθισμός του άνω αναπνευστικού, του δέρματος και των ματιών
- Χρόνιες επιπτώσεις στο αναπνευστικό
- Καρκίνος των πνευμόνων και του μεσοθηλιακού ιστού

10. Αναφέρατε τρόπους αντιμετώπισης των επιπτώσεων από την έκθεση σε συνθετικές ίνες

Τα περισσότερα μέτρα αφορούν στην πρόληψη και εστιάζουν:

- στον τεχνητό και φυσικό αερισμό του χώρου,
- στο σχολαστικό καθαρισμό του χώρου μετά τη χρήση υλικών που περιέχουν SVF κατά την κατασκευή,
- στον έλεγχο των υλικών μέσω μετρήσεων και εφαρμογής συστημάτων ποιότητας,
- στη συντήρηση των κτιριακών εγκαταστάσεων.

12. ΔΕΣΜΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5

Δεσμός 1: *Το σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων*

Σημειώνεται πως γίνεται εκτενέστερη αναφορά στον όρο αυτό σε σχετικό κεφάλαιο (βλ. κεφάλαιο 1).

Η κακή ποιότητα του αέρα στο εσωτερικού του κτιρίου συνδέεται με την εμφάνιση συνδρόμων που έχουν άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Το σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων «Sick Building Syndrome» (SBS), είναι ένα από αυτά. Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου σχετίζεται με συγκεκριμένα συμπτώματα που συνδέονται με την ανθρώπινη υγεία και όταν εντοπίζονται σε μεγάλο ποσοστό χρηστών ενός κτιρίου τότε μπορούμε με μεγαλύτερη ασφάλεια να αποφανθούμε ότι το κτίριο είναι «άρρωστο».

Στη συνέχεια ακολουθούν τα βασικά χαρακτηριστικά του συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου. Τα συμπτώματα αυτά σχετίζονται με συμπτώματα κακής υγείας για τους χρήστες των κτιρίων. Τα βασικά συμπτώματα που επηρεάζουν αρνητικά το χρήστη μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίζονται αρνητικές επιπτώσεις, οι περισσότερες από τις οποίες έχουν παροδικό χαρακτήρα και έχει παρατηρηθεί ότι εξασθενίζουν όταν ο χρήστης απομακρύνεται από το κτίριο. Αναλυτικότερα, το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου επηρεάζει: α) το κεντρικό νευρικό σύστημα, β) το αναπνευστικό σύστημα, γ) το ανοσοποιητικό σύστημα και δ) προκαλεί διάφορες αλλεργίες και διαταραχές. Ειδικότερα και ανά κατηγορία επιπτώσεων παρατηρούνται:

α) Στο κεντρικό νευρικό σύστημα:

- Κόπωση
- Πονοκέφαλοι
- Ζαλάδες – ναυτία
- Απώλεια μνήμης
- Διαταραχές στον ύπνο
- Δυσκολία αυτοσυγκέντρωσης
- Άγχος
- Νευρικότητα
- Λήθαργος

β) Στο αναπνευστικό σύστημα

- Άσθμα
- Βρογχίτιδα
- Ρινίτιδα
- Σφίξιμο στο στήθος
- Δύσπνοια

γ) Στο ανοσοποιητικό σύστημα

- Ευπάθεια σε ασθένειες
- Αλλεργικά προβλήματα

- Συμπτώματα παρόμοια με αυτά της γρίπης
- Διαταραχές στο πεπτικό σύστημα
- Διαρροές
- Κράμπες
- Πρηξίματα στο στομάχι
- Δυσκοιλιότητα

δ) Λοιπά

- Προβλήματα στα μάτια (ξηρότητα / ερεθισμοί / ευαισθησία)
- Ερεθισμοί στο δέρμα (ξηρότητα / ερεθισμοί / εξανθήματα)
- Προβλήματα στο λαιμό (ξηρότητα)
- Πυρετός
- Πόνοι στους μύες και στις κλειδώσεις

Ο προσδιορισμός των αιτιών που προκαλούν το σύνδρομο δεν είναι απολύτως καθορισμένος παρά τις πολλές μελέτες που έχουν γίνει τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Η πρώτη καταγεγραμμένη εμφάνιση του συνδρόμου, που αποδείχθηκε ότι τελικά οφειλόταν σε βιολογικούς παράγοντες ήταν τον Ιούλιο του 1976 σε ξενοδοχείο της Φιλαδέλφειας των ΗΠΑ. Κατά τη διάρκεια ενός συνεδρίου απόστρατων λεγεωνάριων παρουσιάστηκαν 182 κρούσματα πνευμονίας, από τα οποία τα 29 ήταν θανατηφόρα. Αργότερα εξακριβώθηκε ότι η πνευμονία προκλήθηκε από το βακτήριο (το βακτήριο ονομάστηκε *Legionella pneumophila*) το οποίο αναπτύχθηκε στους αεραγωγούς και στα φίλτρα του κεντρικού κλιματιστικού συστήματος του ξενοδοχείου. Λόγω της εμφάνισης συγκεκριμένου αιτίου στην περίπτωση αυτή, το σύνδρομο ονομάστηκε «Νόσος των Λεγεωνάριων» και διαχωρίστηκε από το γενικό και σχετικά ασαφές «Σύνδρομο των Άρρωστων Κτιρίων».

Το «Σύνδρομο των Άρρωστων Κτιρίων» δε μπορεί να θεωρηθεί ως αυτοτελής αρρώστια αλλά μάλλον σαν το αποτέλεσμα μίας ή περισσότερων επιπτώσεων στην υγεία που μπορούν να προκληθούν από ένα πλήθος παραγόντων. Στην προσπάθεια κατηγοριοποίησης των ασθενειών και των συνδρόμων που εμφανίζονται στα κτίρια διακρίνουμε δύο βασικές κατηγορίες: η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στο σύνδρομο «Building Related Illness (BRI)» ενώ η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται σε περιβαλλοντικές ασθένειες ή σύνδρομα εντός κτιρίων. Αναλυτικότερα στη συνέχεια και ανά κατηγορία παρουσιάζονται οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

A. Building Related Illness (BRI)

- Χημική υπερευαισθησία
- Χημική πνευμονία
- Χημική ευαισθησία
- Οικολογική ασθένεια
- Εγκεφαλική αλλεργία

B. Περιβαλλοντικές ασθένειες ή σύνδρομα

- Σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων (Sick Building Syndrome, SBS)
- Σύνδρομο πολλαπλής χημικής ευαισθησίας

- Ασθένεια του 20ου αιώνα
- Αλλεργικό σύνδρομο
- Σύνδρομο τοξικών πονοκεφάλων

Σημειώνεται πως σε αντίθεση με το σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων το σύνδρομο των ασθενειών που σχετίζονται με το κτίριο είναι ασθένειες που μπορούν να αναγνωριστούν και να αποδοθούν σε ήδη διαγνωσμένες ασθένειες, έχουν δηλαδή συγκεκριμένο και διαγνωσμένο κλινικό αίτιο και προκαλούνται από αέριους ρύπους που βρίσκονται μέσα στο κτίριο. Η εμφάνιση των επιπτώσεων στην υγεία προερχόμενες από το συγκεκριμένο σύνδρομο αργούν να εμφανιστούν και να υστερεί χρονικά σε σχέση με την έκθεση του ατόμου στο αίτιο χωρίς όμως αυτό να ισχύει πάντα. Επιπλέον τα συμπτώματα στην ανθρώπινη υγεία δεν εξασθενούν με την απομάκρυνση του χρήστη από το κτίριο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα του συνδρόμου BRI είναι ο καρκίνος του πνεύμονα λόγω μακροχρόνια έκθεσης του χρήστη κτιρίου

Δημήτριος Μαθθόπουλος
Αναπληρωτής καθηγητής Βιολογίας / Κυτταρικής Βιολογίας
Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Σεφέρη 2, Αγρίνιο 30100
Τηλ.: 2641039515, 6977686373
Fax: 2641039576
E-mail: dmatthop@cc.uoi.gr

Ρύπανση βιολογικής προέλευσης

Εισαγωγή

Μια προσεχτική ματιά γύρω μας είναι αρκετή ώστε να αντιληφθεί καθένας ότι αποτελεί αναπόσπαστο μέρος ενός γενικότερου συνόλου, του **περιβάλλοντος**, μέσα στο οποίο δραστηριοποιείται, ατομικά αλλά και συλλογικά. Ο χώρος αυτής της δραστηριότητάς μας αποτελείται από δύο συνιστώσες. Την βιοτική και την αβιοτική. Οι δύο αυτές συνιστώσες βρίσκονται συνεχώς κάτω από συνεχή αλληλεξάρτηση. Η ισορροπία που αναπτύσσεται, από αυτήν την σχέση μεταξύ των δύο περιβαλλοντικών συνιστωσών, παρέχει τα εχέγγυα της φυσιολογικής εξέλιξης και ανάπτυξης της βιοτικής συνιστώσας.

Μέρος αυτής της βιοτικής συνιστώσας αποτελεί και ο άνθρωπος. Κάτω από τις σημερινές συνθήκες εξέλιξης, ανάπτυξης και δραστηριοποίησης του ανθρώπου, το ιδιόμορφο περιβάλλον του, όπως αυτό διαμορφώνεται στην καθημερινότητά του, έχει φτάσει στο σημείο να θεωρείται ότι αποτελεί αρνητικό παράγοντα ως προς την ύπαρξή του. Από την απαρχή της εμφάνισής του ο άνθρωπος επενέβαινε στον εκάστοτε περιβάλλοντα χώρο του. Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις κατά το παρελθόν υπήρξαν ήπιες. Από την εποχή όμως της βιομηχανικής επανάστασης οι παρεμβάσεις αυτές ολοένα και γίνονται πιο έντονες με σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις και προς τις δύο κατευθύνσεις, περιβάλλον και άνθρωπο. Σήμερα πλέον, βρισκόμαστε στο κομβικό εκείνο σημείο από το οποίο απαιτείται να αναζητήσουμε τρόπους για μιας νέας μορφής ανθρώπινης παρέμβασης η οποία οφείλει να στοχεύει όχι στο πως θα επιδιορθώσει τις αρνητικές επιπτώσεις, αλλά στο πως θα τις απαλύνει.

Η αβιοτική συνιστώσα του γήινου περιβάλλοντος αποτελείται από τρία στοιχεία. Αυτά είναι ο αέρας, το έδαφος και το νερό. Στις έννοιες αυτές θα πρέπει να διαχωρίσουμε τα αβιοτικά συστατικά μέρη τους από τους ζωντανούς οργανισμούς που ενυπάρχουν σε αυτά. Οι σχέσεις των τριών αυτών στοιχείων μεταξύ τους διέπονται από φυσικούς νόμους οι οποίοι είναι ανεξάρτητοι από τη φύση των ορίων του περιβάλλοντος. Είναι κατανοητό ότι τα όρια του περιβάλλοντος έχουν ποικίλες διαστάσεις οι οποίες εξαρτώνται από το τι κάθε φορά προσδιορίζουμε ως περιβάλλοντα χώρο. Κάθε χώρος της ανθρώπινης δραστηριότητας, ανεξάρτητα αν αυτός είναι εξωτερικός ή εσωτερικός, αποτελεί μέρος του περιβάλλοντος. Συνεπώς, όπως και στο γήινο περιβάλλον έτσι και σε κάθε χώρο εργασίας είτε αυτός είναι εξωτερικός είτε εσωτερικός θα διακρίνονται οι ίδιες συνθήκες αέρα, εδάφους και υδάτων. Κάτω από αυτό το σύστημα συνθηκών οφείλουμε να είμαστε σε θέση να διακρίνουμε αυτά τα τρία στοιχεία. Σε έναν εξωτερικό χώρο εργασίας είναι προφανείς οι συνθήκες αυτές, ενώ σε έναν εσωτερικό χώρο οι δεδομένες συνθήκες δύνανται να διαφοροποιούνται μερικώς. Με άλλα λόγια, ο αέρας παραμένει σχετικά ανεξίτηλος όπως και αυτός του εξωτερικού περιβάλλοντος, αλλά οι άλλες δύο συνθήκες, δηλαδή το έδαφος και το νερό, διαφοροποιούνται κάθε φορά ανάλογα με την περιοχή και τις συνθήκες εργασίας. Είναι αυτονόητο ότι σε έναν εσωτερικό εργασιακό χώρο το έδαφος σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις θα είναι την ίδιας υφής όπως αυτό ενός εξωτερικού χώρου. Αυτό καθεαυτό το έδαφος έχει υποστεί επεξεργασία και μπορεί να διαπιστωθεί ότι αποτελείται πλέον είτε από συμπαγή υλικά είτε από πλέον σαθρά υλικά είτε ακόμη και από τον συνδυασμό αυτών των δύο. Τέτοιου είδους υλικά μπορεί να θεωρηθούν από τα σχετικώς εύπλαστα ξύλινα πατώματα έως και τα πλέον σκληρά από μωσαϊκό ή πλακάκια, οι επιχρισμένες τοιχοποιίες, ή και οι κάθε είδους εσωτερικές επιπλώσεις και εγκαταστάσεις από διάφορα υλικά. Από μια άλλη όμως σκοπιά, η έννοια του ύδατος εν πολλοίς παρουσιάζει μια διαφορετική απεικόνιση παρόλο ότι δεν έχει διαφορετική υφή και σύσταση. Αντιμετωπίζεται είτε σαν ποσότητες ύδατος που αξιοποιούνται κατά την ώρα εργασίας είτε σαν ατμοσφαιρική υγρασία προερχόμενη από πολυποίκιλες πηγές, ανθρωπογενείς ή και φυσικές.

Με δεδομένο το γεγονός ότι στο υφιστάμενο γήινο περιβάλλον έχει με επιτυχία εγκατασταθεί και διαβιεί μια μεγάλη ποικιλία **οργανισμών**, είναι αδιαμφισβήτητο ότι οι οργανισμοί αυτοί προσπαθούν να εκμεταλλευτούν και τον πλέον απειροελάχιστο διαθέσιμο χώρο υπό την προϋπόθεση ότι αυτός πληροί τις αναγκαίες συνθήκες για την ανάπτυξή τους. Οι οργανισμοί που έχουν προσαρμοστεί στη γήινη διαβίωση, εφόσον οι συνθήκες τους το επιτρέπουν, δεν κάμουν διάκριση μεταξύ εξωτερικών ή εσωτερικών χώρων. Η διάκριση αυτή είναι καθαρά ανθρώπινη, ώστε να καθορίζει κάποιες ιδιαίτερες συνθήκες που κάθε φορά θα πρέπει να πληρούνται για την πλέον άνετη διαβίωσή του. Οι οργανισμοί έχουν προσαρμοστεί μέσα από την πάροδο εκατομμυρίων ετών και διαβιούν κάτω από καθορισμένες συνθήκες. Με βάση αυτές τις συνθήκες διακρίνονται σε **αερόβιους, εδαφόβιους και υδρόβιους, σε αυτόνομους, συμβιωτικούς** αλλά και **παρασιτικούς**. Το σύνολο των οργανισμών έχουν αναπτύξει σχέσεις εξάρτησης μεταξύ τους δημιουργώντας μια εύθραυστη ισορροπία που σε σχέση με την αβιοτική συνιστώσα έχει αναπτυχθεί αυτό που ονομάζεται οικοσύστημα. Στα οικοσυστήματα οι οργανισμοί μπορούν επιπλέον να διακριθούν σε **παθογόνους, δυνητικά παθογόνους** αλλά και **μη παθογόνους**. Βασική προϋπόθεση για να επιβιώσει ένας οργανισμός σε κάποιο περιβάλλον είναι η ύπαρξη νερού και κάποιας ποσότητας θρεπτικών συστατικών για να μπορέσει να υποστηρίξει την ύπαρξή του. Το νερό οι οργανισμοί το λαμβάνουν είτε απευθείας από την υγρασία του αέρα και του εδάφους είτε εκμεταλλευόμενοι το υδάτινο δυναμικό άλλων οργανισμών. Όσον αφορά όμως το θρεπτικά συστατικά αυτά μπορεί να προέρχονται είτε από απλά συστατικά της αβιοτικής συνιστώσας του περιβάλλοντος, είτε από άλλες πηγές προερχόμενες από τη βιοτική συνιστώσα.

Μια ομάδα οργανισμών από αυτούς που φυσιολογικά απαντώνται στο περιβάλλον έχουν την ικανότητα να αναπτύσσουν μια ιδιάζουσα σχέση παρέμβασης σε άλλους οργανισμούς. Οι οργανισμοί αυτοί ονομάζονται **αλλεργιογόνοι**. Είναι σε θέση να επιδρούν με άλλους οργανισμούς και αφού αντιδράσουν με το αμυντικό τους σύστημα να εγείρουν την καλούμενη αλλεργική αντίδραση σε ορισμένα ευπαθή άτομα.

Το σύνολο των οργανισμών που κάποια στιγμή αναπτύσσονται σε ένα ανθρωπογενές περιβάλλον και οι οποίοι κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να αποτελέσουν επικίνδυνες καταστάσεις για την υγεία τόσο των ανθρώπων όσο και των φυτών καθώς και των ζώων αποτελεί τους καλούμενους βιολογικούς ρύπους.

Στο παρόν κεφάλαιο πρόκειται να ασχοληθούμε με τους ρύπους αυτούς που αποτελούν εκείνη την ομάδα των γήινων οργανισμών που αναπτύσσονται αυτόνομα, συμβιών με ή και παρασιτούν σε οργανισμούς που εντοπίζονται σε εσωτερικούς χώρους, ανεξάρτητα αν αυτοί είναι χώροι σταθερής διαβίωσης, δηλαδή σπίτια, ή χώροι ευκαιριακής διαβίωσης, δηλαδή εργασιακοί χώροι. Στην ομάδα των αυτόνομα αναπτυσσόμενων οργανισμών ανήκουν κυρίως μικροσκοπικού μεγέθους έντομα καθώς και φυτικοί οργανισμοί. Οι συμβιωτικοί ή και παρασιτικοί οργανισμοί έχουν υπο-μικροσκοπικό ή και μικροσκοπικό μέγεθος και ανήκουν στις ομάδες των **ιών**, των **μικροβίων** και των **ασπόνδυλων**. Και οι τρεις αυτές κατηγορίες των οργανισμών μπορεί να είναι ταυτόχρονα παθογόνοι και δυνητικά παθογόνοι. Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες είναι κατά βάση δυνητικά παθογόνοι. Αυτό σημαίνει πως αν κάποιος από αυτούς τους οργανισμούς έλθει αντιμέτωπος με ένα άτομο που δεν είναι εύρωστο τότε έχει πάρα πολύ μεγάλη πιθανότητα, αφού το προσβάλει, να καταβάλει το άτομο αυτό, ενώ ταυτόχρονα ένα δεύτερο εύρωστο άτομο να μη είναι σε θέση να το καταβάλει. Από την άλλη όμως πλευρά ακόμη και ένα εύρωστο άτομο εφόσον έλθει αντιμέτωπο με μια μεγάλη συγκέντρωση ακόμη και δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών είναι πολύ λογικό ότι θα προσβληθεί από αυτούς, με τις ανάλογες συνέπειες. Τις περισσότερες φορές μετά από μια προσβολή ενός ατόμου από κάποιο μικροοργανισμό εκείνο το οποίο συμβαίνει είναι μια πρόσκαιρη αδιαθεσία που συνεπάγεται σε απώλεια εργατωρών για κάποιο χρονικό διάστημα. Μερικές όμως φορές οι συνέπειες μπορεί να είναι πολύ πιο σοβαρές σε σημείο που μπορεί να επέλθει και θάνατος. Ορισμένες φορές η προσβολή είναι ηπιότερης μορφής και απλώς το άτομο αισθάνεται κάποια αδιαθεσία που συνεπάγεται μειωμένη εργασιακή απόδοση για κάποιο χρονικό διάστημα. Είναι λογικό ότι και για τις δύο πλευρές της εργασίας, δηλαδή τόσο του εργοδότη όσο

και του εργαζόμενου, οι καταστάσεις που απορρέουν από κακή ποιότητα του αέρα στον εργασιακό χώρο αποτελούν δυσάρεστα γεγονότα.

Λέξεις κλειδιά

Περιβάλλον, Φυσικό, Ανθρωπογενές, **Οργανισμοί**, Αυτόνομοι οργανισμοί, Συμβιωτικοί οργανισμοί, Παρασιτικοί οργανισμοί, **Μικροοργανισμοί**, Παθογόνοι οργανισμοί, Δυνητικά παθογόνοι οργανισμοί, Μη παθογόνοι οργανισμοί, Ιοί, Μικρόβια, Ασπόνδυλα, Άλγη, Πρωτόζωα, **Αλλεργιογόνοι οργανισμοί**, Μύκητες, Γύρη, Έντομα, Τρίχες

I. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

Όπως ήδη αναφέραμε οι οργανισμοί που βρίσκονται στο περιβάλλον και μπορεί να αποτελέσουν κάτω από δεδομένες συνθήκες επικίνδυνες καταστάσεις για την υγεία των ανθρώπων, αποτελούν τους βιολογικούς ρύπους.

Άλλους από τους βιολογικούς ρύπους είναι εύκολο να τους δούμε σε έναν εσωτερικό χώρο, ενώ άλλους είναι πολύ δύσκολο έως και αδύνατο. Η δυνατότητα να τους διακρίνουμε δεν εξαρτάται μόνο από το μέγεθός τους αλλά και από τους χώρους πάνω ή μέσα στους οποίους είναι εγκατεστημένοι. Άλλοι αιωρούνται στον αέρα, άλλοι επικάθονται επιφανειών, ενώ άλλοι συνήθως είναι εγκλωβισμένοι σε χαραμάδες χώρων ή και τα υφάσματα των επιπλώσεων. Γενικά όμως, αν σ' ένα εσωτερικό χώρο ρίξουμε μια ματιά σε κάποιο σημείο από όπου εισέρχεται ηλιακό φως μέσα από μια μικρή χαραμάδα τότε θα αντιληφθούμε την ύπαρξη μικροσκοπικού μεγέθους αιωρουμένων σωματιδίων. Το μέγεθος των σωματιδίων αυτών είναι κυρίως μεγαλύτερο από 10 μικρά, δηλαδή τα δέκα εκατομμυριοστά του εκατοστόμετρου, ένα μέρος είναι μικροσκοπικού μεγέθους σκόνη, ενώ ένα άλλο μέρος είναι μικροοργανισμοί που είναι πιθανόν να αποτελούν βιολογικούς ρύπους.

Αν λάβουμε υπόψη μας ότι σε ένα κυβικό εκατοστό αέρα μπορεί να υπάρχουν μέχρι και είκοσι εκατομμύρια σωματίδια τα οποία αλληλοσυγκρούονται διαρκώς, είναι εύκολο να αντιληφθούμε ότι ο αέρας που αναπνέουμε αποτελεί ένα μείγμα διαφόρων συστατικών, άλλα από τα οποία είναι αδρανή υλικά, άλλα επικίνδυνα αβιοτικά σωματίδια και άλλα μικροοργανισμοί. Από αυτή τη συγκέντρωση των σωματιδίων του αέρα μόνο ένα μικρό μέρος, της τάξεως του 1%, είναι μεγέθους μεγαλύτερου των 10 μικρών. Η πλειονότητα των μικροσκοπικού μεγέθους σωματιδίων, δηλαδή περίπου το 98%, αποτελείται από σωματίδια μικρότερα του ενός μικρού. Σε αυτό το ποσοστό και μέγεθος σωματιδίων μεταξύ των άλλων συγκαταλέγονται μικρόβια, σπόρια μυκήτων και ιοί.

Εκτός από τους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στον αέρα σε έναν εσωτερικό χώρο, μικροοργανισμούς θα συναντήσουμε αφενός μεν σε όλα τα σημεία όπου μπορεί να συγκρατείται υγρασία, αφετέρου δε στις μόνιμες εσωτερικές εγκαταστάσεις και στις επιπλώσεις. Μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών αλλά και μικροσκοπικών εντόμων εγκαθίστανται στα υφάσματα των επιπλώσεων, τα χαλιά και τις μοκέτες με τις οποίες είναι στρωμένα τα δάπεδα. Οι συγκεντρώσεις μικροοργανισμών, εκτός από αυτούς των οποίων κάτω από φυσιολογικές συνθήκες αυτό τούτο το περιβάλλον αποτελεί το **ενδιαίτημά** τους, αποτελούν τους καλούμενους βιολογικούς ρύπους. Οι βιολογικοί ρύποι έχουν την ικανότητα τόσο να ρυπαίνουν όσο και να μολύνουν ένα δεδομένο περιβάλλον αλλά και τους άλλους οργανισμούς που τυχαίνει να δραστηριοποιούνται μέσα σε αυτό.

Οι πηγές από τις οποίες μπορεί να προέρχονται οι βιολογικοί ρύποι είναι πολυποίκιλες. Τόσο οι διάφοροι είδους αγροτικές εγκαταστάσεις όσο και οι διάφορες βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις μπορεί να αποτελέσουν πηγές ρύπανσης. Επιπλέον, αναμφισβήτητα και το έδαφος μπορεί να αποτελεί πηγή ρύπανσης, καθώς και κάθε ανθρωπογενής δραστηριότητα που ηθελημένα ή και άθελα προκαλεί τοπική ή και γενικότερη **ρύπανση** και **μόλυνση** του περιβάλλοντος.

Θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι σε ένα εσωτερικό χώρο δύο είναι οι μόνες πηγές από τις οποίες μπορεί να εισέλθει και να εγκατασταθεί κάποιος οργανισμός. Η μια πηγή είναι ο αέρας που διαρκώς και χωρίς τη βούλησή μας διακινείται μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου. Η άλλη πηγή

είμαστε εμείς οι ίδιοι που διαβιούμε και εργαζόμαστε στους εσωτερικούς χώρους. Η διαρκής μετακίνησή μας σε διαφορετικούς χώρους έχει σαν αποτέλεσμα αφενός μεν να γινόμαστε παθητικοί μεταφορείς, αφετέρου δε ενεργητικοί μεταφορείς κάθε είδους μικρο- και μακρο-οργανισμών. Η παθητική μεταφορά συντελείται είτε με την αναπνοή μας είτε με τον ρουχισμό μας και τα αντικείμενα που μεταφέρουμε. Η ενεργητική μεταφορά συντελείται είτε με τη μεταφορά τροφίμων που καταναλώνουμε στους εσωτερικούς χώρους είτε με την μεταφορά τόσο διακοσμητικών φυτών όσο και κατοικίδιων ζώων. Ξεχασμένα τρόφιμα εκτός ψυγείου, αλλά και τρόφιμα που έχουν μείνει σε ψυγείο για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να έχουν ληφθεί οι κατάλληλες συνθήκες συντήρησης αποτελούν σημαντικές εστίες μόλυνσης στους εργασιακούς χώρους. Τα διακοσμητικά φυτά αποτελούν επίσης σημαντικές πηγές μόλυνσης του αέρα των εσωτερικών χώρων τόσο από το εδαφικό υπόστρωμα στο οποίο αναπτύσσονται όσο και από τους άρρενες γαμέτες τους κατά την περίοδο της ανθοφορίας τους. Επίσης τα διάφορα κατοικίδια ζώα που φέρουμε μαζί μας στους διάφορους εσωτερικούς χώρους με τους μικροοργανισμούς που παθητικά μεταφέρουν και με συστατικά του τριχώματός τους αποτελούν πηγές μόλυνσης. Μια άλλη σημαντική πηγή μόλυνσης εσωτερικών χώρων προέρχεται από τα κατοικίδια ζώα με τα οποία συγκατοικούμε και απλώς από τη συναναστροφή τους με αυτά άθελά μας γινόμαστε παθητικοί μεταφορείς των μικροοργανισμών που παρασιτούν σε αυτά.

Σημαντικής σημασίας αποτελεί ο τρόπος με τον οποίο οι διάφοροι βιολογικοί ρύποι μεταφέρονται στους εσωτερικούς χώρους. Το σημαντικότερο μέσο είναι αυτός τούτος ο αέρας με την ελεύθερη διακίνησή του. Οι ρύποι μπορεί να είναι ελεύθερα αιωρούμενοι στον αέρα ή να βρίσκονται εγκλωβισμένοι στα μικροσταγονίδια της υγρασίας που αποτελεί συστατικό του αέρα. Επίσης μπορεί να είναι προσκολλημένοι σε διάφορα αδρανή στοιχεία της σκόνης, που αιωρείται στον αέρα, ή και να μεταφέρονται στους εσωτερικούς χώρους παθητικά ή και ενεργητικά τόσο από τον άνθρωπο όσο και από τα κατοικίδια ζώα αλλά και τα καλλωπιστικά φυτά. Η παθητική μεταφορά συντελείται κυρίως με τον ρουχισμό του, το δέρμα του και τα διάφορα είδη που διακινεί τόσο για την εξυπηρέτησή του όσο και για την εργασία του. Η ενεργητική μεταφορά συντελείται κατά τις

περιπτώσεις εκείνες που ο ίδιος ασθενεί ή είναι φορέας κάποιας ασθένειας. Φορέας μπορεί να είναι είτε όταν έχει ήδη μολυνθεί από κάποια ασθένεια αλλά ακόμη δεν έχει εκδηλώσει τα συμπτώματά της, ή για λίγες ημέρες μετά από την αποθεραπεία του από κάποια ασθένεια. Κατά το χρονικό διάστημα που είτε πάσχει από κάποιο μικροοργανισμό είτε είναι στο στάδιο πριν από την εκδήλωση της ασθένειας είτε στο στάδιο της αποθεραπείας είναι σε θέση να μεταδώσει τον μικροοργανισμό σε άλλους υγιείς οργανισμούς που τυχόν είναι εξασθενημένοι για διάφορους λόγους.

1. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από τον αέρα

Ο αέρας που αναπνέουμε και που χωρίς αυτόν δεν θα υπήρχε ζωή πάνω στον πλανήτη γη, υπό την μορφή που σήμερα γνωρίζουμε, αποτελεί συγχρόνως και μια από τις πλέον επικίνδυνες πηγές βιολογικής ρύπανσης. Αν και αποτελεί το ένα από τα τρία αβιοτικά συστατικά του περιβάλλοντος, εντούτοις αποτελεί σημαντικό χώρο διαβίωσης μεγάλου αριθμού μικροοργανισμών.

Τρεις κύριες ομάδες μικροοργανισμών συναντάμε στον αέρα που κυκλοφορεί ανενόχλητος τόσο στο εξωτερικό όσο και σε κάθε είδους εσωτερικό περιβάλλον. Οι ομάδες αυτές είναι τα **μικρόβια**, οι **μύκητες** και οι **ιοί**. Πολλές φορές, εκτός από αυτούς τους οργανισμούς συναντάμε αλλά σε μικρότερο ποσοστό, και ανώτερους οργανισμούς όπως **πρωτόζωα**, **άλγη (μικροσκοπικά φύκη)** και πολύ μικρού μεγέθους **έντομα**. Τα έντομα, πρωτόζωα, άλγη, μικρόβια και οι μύκητες αποτελούν αυτοτελείς μορφές ζωής. Οι ιοί, όμως, αποτελούν κάτω από ορισμένες συνθήκες βιολογικά λειτουργικές δομές που θα μπορούσαν να καταταγούν μεταξύ βιοτικών και μη βιοτικών μορφών.

Οργανισμοί όλων αυτών των ομάδων δύνανται να διαβιούν είτε ελεύθεροι στον αέρα είτε πάνω σε κάποιο υπόστρωμα που εντοπίζεται τυχαία στο περιβάλλον. Οι συνθήκες που απαιτούν για την ανάπτυξή τους είναι πολύ ελάχιστες γι' αυτό και μπορούν να εγκατασταθούν οπουδήποτε. Βασική προϋπόθεση γι' αυτούς είναι η ύπαρξη ελαχίστης ποσότητας υγρασίας. Έχουν απειροελάχιστο μέγεθος και με την παραμικρή κίνηση του αέρα μπορεί να μετακινηθούν από τον χώρο της αρχικής τους εγκατάστασης

προς ένα νέο χώρο. Στο νέο πλέον χώρο, εφόσον βρουν τις κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξή τους, χωρίς καμία δυσκολία δημιουργούν μια νέα θέση ανάπτυξης. Εάν στο χώρο που εγκαθίστανται υπάρχουν πάρα πολύ καλές συνθήκες ανάπτυξης, υγρασία, θερμοκρασία και κατάλληλη τροφή, τότε πλέον αναπτύσσονται ταχύτατα και μπορούν να αποτελέσουν απειλή για άλλους οργανισμούς που βρίσκονται στον ίδιο χώρο.

Οι μικροοργανισμοί για τον πολλαπλασιασμό τους έχουν αναπτύξει συστήματα διαφορετικά από αυτά των ανωτέρων οργανισμών. Επειδή δε το μέγεθός τους είναι πολύ μικρό και δεν είναι εύκολο να μετακινούνται, γι' αυτό και έχουν αναπτύξει μηχανισμούς με τους οποίους εκμεταλλεύονται κυρίως την κίνηση του αέρα ή άλλων μεγαλύτερων οργανισμών. Συγχρόνως δε, για να μπορούν να ξεπεράσουν δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος, έχουν αναπτύξει μικροκύστες από τις οποίες έχει αφαιρεθεί πλήρως η περιεκτικότητα του ύδατος την οποία διαθέτουν οι οργανισμοί αυτοί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, οι οργανισμοί αυτοί να είναι σε θέση, όταν οι συνθήκες τους το επιτρέψουν και αφού προσλάβουν υγρασία από το περιβάλλον να επανακτήσουν και πάλι τις ζωτικές τους λειτουργίες. Οι μικροκύστες αυτές έχουν απειροελάχιστο μέγεθος και βάρος ώστε να μεταφέρονται από την κίνηση του αέρα σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι τέτοιες δομές μικροοργανισμών δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση από κάποια περιοχή, αλλά αρκεί τα ρεύματα του αέρα να έχουν την κατάλληλη κατεύθυνση ώστε να μετατοπίσουν τη δεδομένη στιγμή τους όποιους μικροοργανισμούς προς κάποιον εργασιακό ή και οικιακό χώρο και εκεί εφόσον υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες να αρχίσουν έναν νέο κύκλο ανάπτυξης.

Θα πρέπει να επισημανθεί το γεγονός ότι υπάρχουν μικροοργανισμοί που αποτελούν ιδιαίτερη απειλή στους εσωτερικούς χώρους ορισμένες εποχές του έτους. Σε ξηρές εποχές ιδιαίτερο κίνδυνο αποτελούν οι ανθεκτικές μορφές των μικροοργανισμών, δηλαδή οι μικροκύστες. Αυτές μπορεί να επιβιώσουν για σημαντικό χρονικό διάστημα χωρίς την παρουσία υγρασίας. Έχουν το ιδίωμα να είναι εύκολο να μετατοπιστούν από τα ρεύματα του αέρα και εφόσον βρεθούν σε κατάλληλο περιβάλλον είναι σε θέση να αναπτυχθούν ταχύτατα. Σε εποχές όμως υγρασίας και χαμηλών θερμοκρασιών, ιδιαίτερη απειλή μπορεί να αποτελέσουν ορισμένες ομάδες

ιών που λόγω του συγχρωτισμού πολλών ανθρώπων σε μικρό χώρο, π.χ. μέσα μαζικής μεταφοράς ή και αίθουσες ψυχαγωγίας, μπορεί με μεγάλη ευκολία να μεταδοθούν από το ένα άτομο στο άλλο με απρόβλεπτες συνέπειες.

Αν ρίξουμε μια προσεχτική ματιά γύρω μας, θα διαπιστώσουμε ότι χώροι στους οποίους είναι πολύ εύκολο να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί υπάρχουν παντού. Από το έδαφος αυτό καθαυτό, μέχρι και μικρές συγκεντρώσεις νερών. Ορισμένοι όμως χώροι μπορεί να αποτελέσουν το κατάλληλο υπόστρωμα πάνω ή μέσα στο οποίο μπορεί να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί. Έτσι καλλιεργημένα εδάφη ή και μέρη όπου συχνάζουν ζωικοί οργανισμοί όπου και αφήνουν τα απορρίμματά τους αποτελούν τους ιδανικούς χώρους στους οποίους αναρίθμητοι διαφορετικοί μικροοργανισμοί μπορεί να αναπτυχθούν. Λιμνάζοντα νερά ή και σημεία στα οποία καταλήγουν οικιακά, βιομηχανικά ή και βιοτεχνικά υγρά ή και στερεά απόβλητα επίσης αποτελούν αξιοσημείωτες εστίες ανάπτυξης μικροοργανισμών. Επίσης, μια άλλη πηγή προέλευσης βιολογικών ρύπων αποτελούν και ορισμένοι εργασιακοί χώροι λόγω της φύσεως των προϊόντων και των υπηρεσιών που προετοιμάζουν και προσφέρουν προς το κοινωνικό σύνολο. Έτσι για παράδειγμα θα μπορούσε να αναφερθεί μια ζυθοποιεία ή μια αλευροβιομηχανία ή ακόμη και ένα νοσοκομειακό συγκρότημα. Σε πολλές περιπτώσεις οι αρμόδιες αρχές προσπαθούν να λαμβάνουν όλα τα ενδεδειγμένα μέτρα αποφυγής της διασποράς βιομηχανικών μικροοργανισμών που μπορεί να αποτελέσουν απειλή για την υγεία των ανθρώπων. Μερικές όμως φορές, από τυχαία γεγονότα, μπορεί να υπάρξει διαφυγή μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την εκδήλωση μικρής ή και μεγαλύτερης έκτασης βιολογικής ρύπανσης.

Παρ' όλα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, θα πρέπει να κατανοήσουμε και το γεγονός ότι ο άνθρωπος ή και τα διάφορα ζώα που είτε αξιοποιεί για την διατροφή του είτε για παρέα, δεν είναι οι μόνοι οργανισμοί που έχουν εχθρούς. Κάθε ζωντανός οργανισμός έχει και κάποιον δικό του εχθρό. Δεν έχει σημασία πόσο μεγάλος ή πόσο μικρός είναι ένας οργανισμός. Μικροσκοπικοί και υπομικροσκοπικοί εχθροί του ανθρώπου και των οικόσπιτων ζώων είναι τα διάφορα μικρόβια και άλλοι μικροοργανισμοί. Κατά τον ίδιο τρόπο, και οι διάφοροι μικροοργανισμοί έχουν τους δικούς τους

εχθρικούς μικροοργανισμούς. Όπως εμείς έχουμε αναπτύξει το δικό μας αμυντικό σύστημα έτσι και αυτοί έχουν το δικό τους. Εμείς έχουμε το ανοσοποιητικό μας σύστημα που είτε με τη χημική, βλέπε αντισώματα, είτε με την κυτταρική άμυνα, βλέπε μακροφάγα και κυτταροτοξικά λεμφοκύτταρα, αντιπαλεύουμε τους εχθρικούς προς εμάς μικροοργανισμούς. Οι διάφοροι μικροοργανισμοί έχουν κυρίως χημική άμυνα. Παράγουν και εκκρίνουν διάφορες ουσίες, τις καλούμενες τοξίνες, με τις οποίες αντιπαλεύουν τους δικούς τους εχθρούς. Πολλές από αυτές τις τοξίνες είναι τόσο ισχυρές που μερικές φορές αποτελούν επικίνδυνους παράγοντες και για τον ίδιο τον άνθρωπο. Δεν είναι λοιπόν επικίνδυνοι για την υγεία των ανθρώπων μόνο οι μικροοργανισμοί αυτοί καθαυτοί αλλά, πολλές φορές, και οι διάφορες τοξίνες που εκκρίνουν.

Μια εξίσου σημαντική αλλά και πιο επικίνδυνη κατηγορία βιολογικών ρύπων αποτελούν οι ιοί. Οι βιοτικές αυτές μορφές, εντοπίζονται μεταξύ της μη βιοτικής συνιστώσας του περιβάλλοντος και των ζωντανών οργανισμών, και ενώ δεν είναι σε θέση από μόνοι τους να αναπτυχθούν στο περιβάλλον, εντούτοις εκμεταλλεύονται τους ζωντανούς οργανισμούς για να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν. Από τη στιγμή κατά την οποία θα εισέλθουν σε ένα οργανισμό, έχουν τους δικούς τους μηχανισμούς προσβολής και εισόδου, είναι αναπόφευκτο το να εκδηλωθούν τα συμπτώματα της μόλυνσης. Τις πιο πολλές φορές ο οργανισμός θα αποτελέσει το υπόστρωμα μέσα στο οποίο οι ιοί θα πολλαπλασιαστούν για να δώσουν νέους απογόνους και ο οργανισμός που άθελά του τους φιλοξενεί θα καταστραφεί. Θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι δεν υπάρχει ζωντανός οργανισμός που να ζει στο γήινο περιβάλλον και να μην έχει κάποιον ιό ο οποίος να τον χρησιμοποιεί για τον πολλαπλασιασμό του. Ακόμη και οι μικροοργανισμοί που συγκαταλέγονται στους ανθρώπινους εχθρούς έχουν τους δικούς τους ιούς από τους οποίους προσβάλλονται και καταστρέφονται. Όμως, όπως εμείς έχουμε το δικό μας αμυντικό σύστημα εναντίον των ιών, βλέπε κυρίως αντισώματα και ιντερφερόνη, έτσι και οι μικροοργανισμοί έχουν το δικό τους αμυντικό σύστημα που αποτελείται από ένζυμα που καταστρέφουν το γενετικό υλικό των ιών. Όσο μεγάλη σημασία για την υγεία μας έχουν οι μικροοργανισμοί άλλο τόσο μεγάλη σημασία έχουν και οι ιοί. Όποιες προφυλάξεις πρέπει να παίρνουμε για την

αποφυγή των μικροοργανισμών παρόμοιες και ίσως καλύτερες πρέπει να λαμβάνουμε για τους ιούς.

Όλους αυτούς τους μικροοργανισμούς χωρίς να το επιδιώκουμε τους προσλαμβάνουμε είτε με την αναπνοή μας είτε από το δέρμα μας. Καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μας εκτιθέμεθα σε μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών για τους οποίους από πολύ μικρή ηλικία έχει διαμορφωθεί το ανοσοποιητικό μας σύστημα ώστε να είναι σε θέση να τους καταπολεμεί. Εντούτοις, πολλές φορές, κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες, άμα εκτεθούμε σε ορισμένους από αυτούς μπορεί να νοσήσουμε με απρόβλεπτες για την υγεία μας συνέπειες. Όπως όλοι οι ανώτεροι ζωικοί οργανισμοί αναπτύσσουν αμυντικούς μηχανισμούς εναντίων διαφόρων μικροοργανισμών, έτσι και οι μικροοργανισμοί με τους δικούς τους μηχανισμούς προσπαθούν και αντιπαρέρχονται τα αμυντικά συστήματα των ανωτέρων ζωικών οργανισμών. Αποτέλεσμα αυτού είναι το γεγονός που καθημερινά διαπιστώνουμε. Ενώ πολλές φορές έχουμε νοσήσει από διάφορες ασθένειες που σημαίνει ότι ο αμυντικός μας μηχανισμός έχει ενεργοποιηθεί ως προς τις γενεσιουργές αιτίες, εντούτοις και πάλι νοσούμε από τις ίδιες αιτίες.

Οι μηχανισμοί με τους οποίους οι διάφοροι μικροοργανισμοί προσβάλουν τον ανθρώπινο οργανισμό διαφέρουν κατά πολύ. Αυτό συνεπάγεται ότι και ο οργανισμός θα εκδηλώσει με διαφορετικό τρόπο την κάθε προσβολή και φυσικά με διαφορετικό τρόπο θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε τον κάθε οργανισμό τόσο στο επίπεδο της άμυνας του οργανισμού όσο και στο επίπεδο του περιβάλλοντος.

2. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από αυξημένα επίπεδα υγρασίας

Όπως και προηγούμενα αναφέραμε, σημεία όπου συγκεντρώνονται νερά ή και υγρά απόβλητα αποτελούν ιδανικούς χώρους ανάπτυξης μικροοργανισμών. Κάθε είδους υδάτινες συγκεντρώσεις είναι σε θέση να φιλοξενήσουν αναρίθμητα είδη μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί αυτοί εφόσον δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες είναι σε θέση να μετατοπιστούν από μια περιοχή σε μία άλλη. Δεν υπάρχει δηλαδή ανάγκη

κάποιος να εισέλθει σε κάποιες από αυτές τις υδάτινες συγκεντρώσεις ώστε να έλθει αντιμέτωπος με αυτούς του μικροοργανισμούς. Οι ίδιοι οι μικροοργανισμοί ή και οι ανθεκτικές τους μορφές όπως είναι τα σπόρια τους ή και οι μικροκύστες τους μπορούν να μετατοπιστούν από μια περιοχή σε μια άλλη με την κίνηση αυτού καθαυτού του αέρα ή και με την υγρασία που υπάρχει σε αυτόν. Ορισμένους από αυτούς τους μικροοργανισμούς μπορούμε να τους εντοπίσουμε σε κάθε είδους εργασιακούς ή και οικιακούς χώρους εφόσον σε αυτούς υπάρχουν συγκεντρωμένα νερά. Εκτός από τους κοινούς μικροοργανισμούς, στις υδάτινες συγκεντρώσεις μπορεί να συναντήσουμε και ιούς από τους οποίους ορισμένες φορές μπορεί να προέλθουν σοβαρές παθήσεις.

Μία σημαντική κατηγορία μικροοργανισμών που εντοπίζεται κυρίως σε σημεία όπου υπάρχει αυξημένη υγρασία και όχι μεγάλη συγκέντρωση νερών, είναι οι μύκητες. Οι μύκητες είναι μικροσκοπικοί ευκαρυωτικοί οργανισμοί. Για ανάπτυξή τους αρκούνται στην ύπαρξη υγρασίας και λίγων θρεπτικών συστατικών. Αναπτύσσονται τόσο σε στερεά υποστρώματα όσο και σε υγρά μέσα. Μεταβιβάζονται από σημείο σε σημείο με μικροσκοπικού μεγέθους σπόρια τα οποία αιωρούνται στην ατμόσφαιρα και εφόσον βρουν τις κατάλληλες συνθήκες αναπτύσσονται ταχύτατα. Αν κάποιος τα παρατηρήσει κάτω από το μικροσκόπιο θα διαπιστώσει ότι δημιουργούν διακλαδιζόμενες δομές που μοιάζουν με την ανάπτυξη των θάμνων. Οι δομές αυτές καλούνται μικκύλια ή υφές. Διαπιστώνουμε την ύπαρξη των μυκήτων σε προχωρημένο στάδιο της ανάπτυξής τους και μόνο όταν αρχίσουν να δημιουργούν τα σπόριά τους. Αυτά συνήθως έχουν μαυριδερό χρώμα χωρίς να αποκλείονται και άλλου είδους χρωματισμοί των σπορίων.

Σημεία στα οποία κυρίως εντοπίζονται οι μύκητες είναι γωνίες και σημεία όπου συκρατείται υγρασία, καθώς και σε αλλοιωμένα ή παραπεταμένα τρόφιμα. Το κυριότερο στοιχείο για την παρουσία τους είναι η αντιαισθητική εικόνα που παρουσιάζει μια περιοχή στην οποία αναπτύσσονται μύκητες. Πολλές φορές σε τοιχοποιίες όπου παρουσιάζεται υγρασία, είτε από φθαρμένες σωληνώσεις είτε από την συμπύκνωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας ή υγρασία προερχόμενη από νερά βροχής που δεν απομακρύνονται κανονικά, παρουσιάζονται διογκώσεις των επιχρισμάτων που προέρχονται από την ανάπτυξη μυκήτων. Τέτοια σημεία, καθόσον

αποτελούν πρωτογενείς εστίες μόλυνσης, είναι απαραίτητο να επιδιορθώνονται, διαφορετικά είναι σε θέση να διασπείρουν την μόλυνση σε μεγαλύτερες επιφάνειες.

3. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από καλλωπιστικά φυτά

Μια άλλη πηγή βιολογικής ρύπανσης είναι και τα κάθε είδους καλλωπιστικά φυτά που διακοσμούν τόσο τους εργασιακούς μας χώρους όσο και τις κατοικίες μας. Τα προβλήματα ρύπανσης από αυτά δεν προέρχονται από αυτά τούτα τα φυτά αλλά κυρίως από μικροοργανισμούς που τα παρασιτούν ή και ακόμη εντοπίζονται στο χώμα που αποτελεί το μέσον διατροφής των φυτών. Το συχνό και υπερβολικό πότισμα των φυτών προσδίδει σημαντικά επίπεδα υγρασίας στο χώμα τους, η οποία πολλές φορές μεταβιβάζεται στον αέρα των εσωτερικών χώρων οπότε και καθίσταται ένα σημαντικό στοιχείο που υποβοηθά την ανάπτυξη πολλών ειδών μικροοργανισμών. Μία εξίσου σοβαρή απειλή προέρχεται και από τους γυρεοκόκκους των φυτών κατά την περίοδο της ανθοφορίας τους αλλά και από διάφορα είδη ακάρεων που τα παρασιτούν. Για αυτά τα είδη της βιολογικής ρύπανσης, όμως, θα ασχοληθούμε σε ανεξάρτητες ενότητες του παρόντος κεφαλαίου.

Παρ' ότι τα καλλωπιστικά φυτά αποτελούν μέσο συμβολής στη ρύπανση εσωτερικών χώρων από ρύπους βιολογικής προέλευσης, εντούτοις πολλά από αυτά έχει βρεθεί ότι συμβάλουν και στη διαδικασία της απορρύπανσης του αέρα των εσωτερικών χώρων από χημικούς ρύπους. Όπως έχει ήδη αναφερθεί και στην ενότητα που αφορά τη χημική ρύπανση του εσωτερικού περιβάλλοντος, μεγάλος αριθμός από οργανικές και ανόργανες χημικές ενώσεις είτε εκλύονται από τις διάφορες εργασιακές μας δραστηριότητες είτε αποδεσμεύονται από τα κάθε είδους μέσα επίπλωσης αλλά και χρωματισμού των διαφόρων επιφανειών. Οι ενώσεις αυτές πολλές φορές αποτελούν παράγοντες υποβάθμισης του αέρα των εσωτερικών χώρων με απρόβλεπτες συνέπειες στην υγεία μας. Πειραματικά έχει διαπιστωθεί ότι ορισμένα είδη καλλωπιστικών φυτών, εκτός του ότι μας χαρίζουν μια ιδιαίτερα οπτικά ευχάριστη ατμόσφαιρα, έχουν την ικανότητα

να απορροφούν σε σημαντικό βαθμό πολλές από αυτές τις πτητικές χημικές ενώσεις.

4. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από τον άνθρωπο

Μία άλλη σοβαρή πηγή βιολογικής ρύπανσης των εσωτερικών χώρων αποτελεί και αυτός τούτος ο άνθρωπος που εργάζεται και διαμένει σε αυτούς. Πολλοί είναι τρόποι με τους οποίους ο άνθρωπος συμβάλλει στη ρύπανση των εσωτερικών χώρων. Στο σημείο αυτό θα πρέπει υποχρεωτικά να κάνουμε μια αντιδιαστολή. Ρύπανση εσωτερικών εργασιακών χώρων και ρύπανση της κατοικίας. Ο εργασιακός χώρος κινδυνεύει από ρύπανση προερχόμενη από μικροοργανισμούς που κυρίως εντοπίζονται στους χώρους κατοικίας, αλλά και ο χώρος κατοικίας παράλληλα κινδυνεύει από μικροοργανισμούς που κυρίως εντοπίζονται στους εργασιακούς μας χώρους. Είναι γεγονός ότι οι περισσότεροι από μας σήμερα εργαζόμαστε αλλά και συγχρωτιζόμαστε σε κλειστούς εσωτερικούς χώρους. Στους χώρους αυτούς μεταφέρουμε άθελά μας μεγάλο αριθμό από μικροοργανισμούς. Ιδιαίτερα δε κατά τους χειμερινούς μήνες οπότε και επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, οι χώροι αυτοί, λόγω κακού εξαερισμού καθίστανται θερμοκήπια ανάπτυξης παντός είδους μικροοργανισμών. Και μόνο ότι ακουμπάμε σε διάφορες επιφάνειες με το δέρμα μας ή με τα ρούχα μας αρκεί για να μεταδώσουμε αλλά και να μας μεταδοθούν πολυάριθμοι μικροοργανισμοί. Δεν χρειάζεται ιδιαίτερης επισήμανσης το γεγονός ότι και με την αναπνοή μας μεταδίδουμε αλλά και λαμβάνουμε μεγάλο αριθμό από μικροοργανισμούς κάθε είδους και μεγέθους. Παρ' όλο που ο βλεννογόνο του αναπνευστικού συστήματός μας, με τα εκκρίματά του και το κροσσωτό επιθήλιο που διαθέτει, εγκλωβίζει και σταδιακά αποβάλλει από τον οργανισμό μας σημαντικό αριθμό από τους μικροοργανισμούς που ανά πάσα στιγμή λαμβάνουμε με την αναπνοή μας, εντούτοις ένα μεγάλο μέρος από αυτούς επιτυγχάνει να διαπεράσει το φυσικό αυτό φίλτρο που διαθέτουμε για την άμυνά μας και να μολύνει τον οργανισμό μας.

Η κατά καιρούς έκθεση πολλών από εμάς σε διάφορους μικροοργανισμούς μας έχει δώσει τη δυνατότητα να αναπτύξουμε τον αμυντικό μας μηχανισμό εναντίον τους. Αυτό όμως, δεν σημαίνει ότι δεν είμαστε και

παθητικοί φορείς αυτών των μικροοργανισμών. Εμείς μεν μπορεί να έχουμε εξασφαλιστεί εναντίον τους με βάση τα αντισώματα που μπορεί να έχουμε αναπτύξει, αλλά δεν μπορεί ποτέ να είμαστε βέβαιοι ότι ο περίγυρός μας έχει και αυτός αναπτύξει την ίδια αμυντική ασπίδα. Για το λόγο αυτό θα πρέπει πάντοτε να λαμβάνουμε τα μέτρα μας και να συμπεριφερόμαστε ως αν να μην είχαμε εκτεθεί ποτέ στους μικροοργανισμούς αυτούς.

Μικροοργανισμοί που είναι δυνατόν να μεταδοθούν από ένα άτομο σε ένα άλλο είναι μικρόβια, μύκητες, οι ανθεκτικές μορφές ορισμένων από αυτά και ιοί. Εκτός από τους μικροοργανισμούς μπορεί να μεταδώσουμε ο ένας στον άλλο και μικρά έντομα που μπορεί να παρασιτούν είτε στο ρουχισμό μας είτε και στο τριχωτό της κεφαλής μας. Για αυτά όμως θα αναφερθούμε σε άλλη ενότητα.

5. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από κατοικίδια ζώα

Λίγες μόνο δεκαετίες παλαιότερα αν διερευνούσαμε την κοινωνική κατάσταση της μέσης ελληνικής οικογένειας θα διαπιστώναμε ότι αυτή συνίστατο από τους γονείς και τα παιδιά τους. Όσοι κατοικούσαν σε περιοχές εκτός πόλεων διέθεταν επιπλέον και ορισμένα κατοικίδια ζώα από τα οποία η οικογένεια προμηθευόταν ένα μέρος της διατροφής της. Από τη στιγμή κατά την οποία το βιοτικό επίπεδο της μέσης οικογένειας ανήλθε σε υψηλότερο επίπεδο παρουσιάστηκαν ανακατατάξεις στις κοινωνικές δομές της. Μεταξύ αυτών των ανακατατάξεων υπήρξε και η προσθήκη κάποιων νέων μελών. Τα μέλη αυτά αντί να προσφέρουν βοηθητικές υπηρεσίες εξυπηρέτησης στην οικογενειακή δομή ανέλαβαν να καλύψουν μια άλλη ανάγκη. Μια ανάγκη που υπήρξε το αποτέλεσμα της απομόνωσης ορισμένων μελών της οικογένειας στο χώρο του σπιτιού, καθόσον τα εργασιακώς ενεργά μέλη απουσιάζουν για μεγάλο χρονικό διάστημα από το σπίτι. Η ανάγκη αυτή είναι ουσιαστικά η συντροφικότητα. Ορισμένα μέλη της οικογένειας μένουν για πολύ μεγάλο διάστημα σπίτι μόνα τους και χωρίς την παρουσία κάποιου πλήττουν από τη μοναξιά. Το κενό αυτής της έλλειψης ήλθαν να το καλύψουν αρχικά μεν τα σκυλάκια και τα γατάκια, αλλά σήμερα μια μεγάλη γκάμα από διάφορα είδη ζώων που πλέον έχουν λάβει τη γενική ονομασία κατοικίδια ζώα. Το πόσο κατοικίδια μπορεί να είναι ορισμένα από αυτά είναι θέμα που θα πρέπει να αναλυθεί από άλλους.

Η συγκατοίκηση και η φροντίδα αυτών των ζώων έχει φέρει στο προσκήνιο μια νέα μεγάλη ομάδα από βιολογικούς ρύπους. Κατά το παρελθόν, σε ορισμένους από τους ρύπους αυτούς οι κάτοικοι των πόλεων δεν είχαν εκτεθεί. Ορισμένοι δε ρύποι αποτελούν νέα στοιχεία με τα οποία έρχεται σε επαφή η πλειονότητα των εργαζομένων. Ένα ιδιαίτερο γεγονός που λαμβάνει χώρα σε πολλές περιπτώσεις προέρχεται από το υπερβολικό ενδιαφέρον που μερικές φορές ορισμένοι από εμάς εμφανίζουμε ως προς ορισμένα από αυτά τα ζώα. Ευτυχώς, το ποσοστό αυτών που εμφανίζουν αυτό το ενδιαφέρον, τουλάχιστον επί του παρόντος, είναι πολύ μικρό. Μερικοί έχουν την τάση να παίρνουν ορισμένα από τα κατοικίδια ζώα μαζί τους στους χώρους εργασίας. Το γεγονός αυτό και μόνο φέρει τους υπόλοιπους εργαζομένους σε άμεση επαφή με τα ζώα αυτά.

Θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι αυτό συμβάλει προς την εξοικείωσή μας με αυτά τα ζώα. Και φυσικά αυτό είναι γεγονός. Και φυσικά μας δίδεται η ευκαιρία να πάψουμε πλέον να φοβόμαστε ορισμένα ζώα για τα οποία υπάρχουν σοβαρές προκαταλήψεις. Από την άλλη πλευρά όμως, όπως και ο ίδιος ο άνθρωπος είναι φορέας ενός μεγάλου αριθμού μικροοργανισμών που είναι επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία, έτσι και τα διάφορα κατοικίδια ζώα από τη δική τους πλευρά είναι παθητικοί και ενεργητικοί φορείς πολλών άλλων επικίνδυνων μικροοργανισμών. Η συναναστροφή και η περιποίηση των κατοικίδιων στα σπίτια μας φέρνει εμάς σε άμεση επαφή με τους μικροοργανισμούς αυτούς με τις όποιες συνέπειες, αλλά, από την άλλη πλευρά, αποτελεί έμμεσο μηχανισμό μεταφοράς των μικροβίων αυτών και σε όσους άλλους έρχονται σε επαφή με εμάς. Η έμμεση αυτή μεταφορά ενέχει σχετικά μικρότερους κινδύνους από όσους δυνατόν να υπάρξουν εφόσον φέρουμε τα κατοικίδιά μας στους χώρους εργασίας οπότε και οι κίνδυνοι καθίστανται πιο εμφανείς από την άμεση επαφή των υπολοίπων με τα ζώα αυτά.

Είναι λογικό κάποιος να ισχυριστεί ότι οι κίνδυνοι από την άμεση ή και την έμμεση επαφή με τέτοια ζώα είναι απειροελάχιστοι. Αυτό είναι λογικό όταν έχουμε να κάνουμε με ενήλικα άτομα τα οποία έχουν κατά καιρούς εκτεθεί σε μια μεγάλη γκάμα από μικροοργανισμούς. Τι όμως θα μπορούσε να συμβεί στην περίπτωση κατά την οποία τυχαία έμμεση μεταφορά κάποιων από αυτούς τους μικροοργανισμούς σε μικρής ηλικίας άτομα που δεν έχουν ακόμη οργανώσει το ανοσοποιητικό τους σύστημα στο επίπεδο που έχουν

τα μεγαλύτερης ηλικίας άτομα; Κανείς δεν θα ήθελε να φανταστεί τέτοια σενάρια. Και όμως καθημερινά γινόμαστε μάρτυρες παραπλήσιων γεγονότων. Μόνο αν αναλογιστούμε τον σημαντικό αριθμό από επιδημίες που έχουν, κατά καιρούς, ξεσπάσει σε διάφορα σημεία του πλανήτη μας και τις οποίες με πολύ μεγάλη δυσκολία καταφέρνει να αντιμετωπίσει η ιατρική επιστήμη, θα μπορούσαμε να αντιληφθούμε το μέγεθος του κινδύνου που ελλοχεύει σε τέτοιες καταστάσεις.

Μικροοργανισμοί που κυρίως παρασιτούν τα διάφορα κατοικίδια ζώα ανήκουν στις ομάδες των ιών και των μικροβίων. Επιπλέον, πολλά μικρού μεγέθους έντομα συγκαταλέγονται μεταξύ των βιολογικών ρύπων από τους οποίους υπάρχει αυξημένος κίνδυνος για τον άνθρωπο. Είναι περιττό να ασχοληθούμε και πάλι με τους διάφορους αυτούς μικροοργανισμούς καθώς έχουμε ήδη αναφέρει αρκετά σε προηγούμενες ενότητες.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθούμε και σε μια άλλη κατηγορία ρύπων που πηγάζουν από τα κατοικίδια ζώα μας. Αυτοί προέρχονται κυρίως από το τρίχωμα των ζώων αυτών. Οι ρύποι αυτοί, αν και δεν προκαλούν κάποια ιδιαίτερη μόλυνση στα άτομα με τα οποία έρχονται σε επαφή, προκαλούν υπερβολική ευαισθητοποίηση του ανοσοποιητικού τους συστήματος με αποτέλεσμα τα άτομα αυτά να εκδηλώνουν τα καλούμενα συμπτώματα αλλεργίας.

6. Μικροοργανισμοί προερχόμενοι από συστήματα κλιματισμού

Με την τεχνολογική πρόοδο και τη βιομηχανική ανάπτυξη δημιουργήθηκε μια νέα ανάγκη στους εργασιακούς χώρους. Ο συνωστισμός μεγάλου αριθμού ατόμων στον ίδιο χώρο σε συνδυασμό με την θερμική απόδοση των μηχανημάτων που λειτουργούν έφεραν στο προσκήνιο την ανάγκη της μείωσης του θερμικού φορτίου του χώρου. Σε παλαιότερες εποχές η μείωση αυτή επιτυγχανόταν με φυσικό αερισμό του χώρου. Κατά τις τελευταίες όμως δεκαετίες για τη μείωση του θερμικού φορτίου στους κλειστούς εργασιακούς χώρους χρησιμοποιούνται οι συσκευές κλιματισμού. Μέσω αυτών επιτυγχάνεται ψύξη και κυκλοφορία του εσωτερικού αέρα, γεγονός που επιφέρει ομοιόμορφη μειωμένη κατανομή θερμικού φορτίου με σύγχρονη ρύθμιση της υγρασίας. Η κυκλοφορία του αέρα διαμέσου των

φίλτρων σκοπό έχει την απομάκρυνση από αυτόν όσο το δυνατόν μεγαλύτερου αριθμού από αιωρούμενα σωματίδια. Η ρύθμιση του επιπέδου της υγρασίας επιτυγχάνεται διαμέσου συμπύκνωσης και της συνακόλουθης παροχέτευσης αυτής προς το εξωτερικό περιβάλλον. Όμως, και στις δύο αυτές διαδικασίες εκείνο που λαμβάνει χώρα είναι η συγκέντρωση σε ορισμένα σημεία, φίλτρα αέρος και συλλέκτες της συμπυκνωμένης υγρασίας, σε μεγάλη ποσότητα ανεπιθύμητων και πολλές φορές επιβλαβών ρύπων.

Από μελέτες σε διάφορους εργασιακούς χώρους μετά από παράπονα για αδικαιολόγητες αδιαθεσίες εργαζομένων διαπιστώθηκε ότι τα συστήματα κλιματισμού αποτελούσαν ιδανικές πηγές για την ανάπτυξη επικίνδυνων μικροοργανισμών για την υγεία των εργαζομένων. Η συνήθης πρακτική στους εργασιακούς χώρους είναι η εγκατάσταση κλιματιστικών συστημάτων αλλά η πλημμελής ή παντελής απουσία συντήρησής τους. Αυτό όμως συνεπάγεται τη συγκέντρωση στις συσκευές αυτές πολύ υψηλών συγκεντρώσεων από ρύπους που τελικά οδηγούν σε διάφορου είδους ασθένειες στους εργαζόμενους.

Από τις πλέον ελαφριές μορφές αποτελούν οι διάφορες δερματικές αλλεργίες ή ακόμη και δερματικές μυκητιάσεις. Οι πλέον βαριές που έχουν εντοπιστεί υπήρξαν η νόσος των λεγεωνάριων και ο πυρετός Pontiac. Και οι δύο αυτές ασθένειες αφορούν από τις πλέον σοβαρές περιπτώσεις πνευμονίας. Η μεν πρώτη εντοπίστηκε σε άτομα που μετείχαν σε μια συνάθροιση Αμερικανών Λεγεωνάριων, ενώ η δεύτερη υπήρξε μια επιδημική μορφή πνευμονίας στην πόλη Pontiac των ΗΠΑ το 1968. Το ιδιαίτερο γεγονός και με τις δύο αυτές ασθένειες είναι ότι είναι αποτέλεσμα μόλυνσης με αρνητικά κατά Gram βακτήρια που κυρίως εντοπίζονται στα συστήματα κλιματισμού. Τα βακτήρια που προκαλούν και τις δύο αυτές ασθένειες είναι του γένους *Legionella*. Η πρώτη περίπτωση είναι αποτέλεσμα μόλυνσης από το είδος *Legionella pneumophila* του οροτύπου 1. Ο ορότυπος αυτός είναι ο πλέον επικίνδυνος και για τη θεραπεία του απαιτούνται πολύ εξειδικευμένα αντιβιοτικά. Η εκδήλωση της νόσου στα άτομα που έχουν προσβληθεί από το βακτήριο αυτό δεν είναι πάντοτε εμφανής. Μόλις το 5% των προσβεβλημένων εκδηλώνει τη νόσο, αλλά από αυτό το 5% ένα 10-15% των περιπτώσεων είναι μη αντιμετωπίσιμες καταστάσεις που καταλήγουν σε θάνατο των ασθενών. Η δεύτερη

περίπτωση, όμως, είναι το αποτέλεσμα της μόλυνσης ατόμων από μια μεγάλη ομάδα από διαφορετικά είδη του γένους *Legionella* τα οποία όμως ποτέ δεν καταλήγουν σε θανατηφόρες περιπτώσεις.

Βακτήρια του γένους *Legionella* αποτελούν σύνηθες μικροβιακό φορτίο σε υδάτινες συγκεντρώσεις τα οποία όμως δεν είναι εύκολο να καταστραφούν από διάφορους τρόπους απολύμανσης. Ο βασικότερος μηχανισμός αδρανοποίησης των βακτηρίων αυτών είναι η θέρμανση των νερών πάνω από τους 60 °C.

Στα συστήματα κλιματισμού εκτός από τα βακτήρια του γένους *Legionella* συναντάμε και πολλά άλλα βακτήρια τα οποία όμως δεν προκαλούν τόσο σοβαρές καταστάσεις όπως η *Legionella*. Συγχρόνως όμως, αποτελούν εστίες συγκέντρωσης εκτός από μικροοργανισμούς και πολλών άλλων βιολογικών ρύπων όπως από αυτούς που θα αναφέρουμε σε επόμενη ενότητα.

7. Άλλα είδη βιολογικών ρύπων

Όπως ήδη αναφέραμε, στην κατηγορία των βιολογικών ρύπων εκτός από τους μικροοργανισμούς συγκαταλέγονται και άλλες ομάδες οργανισμών. Στις ομάδες αυτές περιλαμβάνονται τα ακάρεα που είναι πολύ μικρού μεγέθους έντομα. Επιπλέον των καθεαυτού οργανισμών περιλαμβάνονται και τμήματα ανώτερων οργανισμών όπως η γύρη, τα άρρενα αναπαραγωγικά κύτταρα των ανώτερων φυτικών οργανισμών, οι τρίχες διαφόρων ζωικών οργανισμών καθώς και απολεπίσεις του δέρματος ζωικών οργανισμών αλλά και του ίδιου του ανθρώπου.

Δύο είναι οι πηγές ρύπανσης από ακάρεα. Κατ' αρχήν δύνανται να προέρχονται από τα καλλωπιστικά φυτά που διατηρούμε τόσο στα σπίτια μας όσο και στους εργασιακούς χώρους, αλλά και από τα φυτά που υπάρχουν στον περιβάλλοντα χώρο. Η μεταφορά τους από τον ένα χώρο στον άλλο γίνεται πολύ εύκολα τόσο από τον αέρα όσο και από τα ρούχα μας όπου μπορεί να εγκλωβιστούν όταν ακουμπάμε στα φυτά. Δεύτερη πηγή ρύπανσης είναι τα διάφορα υφάσματα των επίπλων που βρίσκονται στους εσωτερικούς χώρους, καθώς και τα αφρώδη υλικά που χρησιμοποιούνται για τα καθίσματα και τα στρώματα των κρεβατιών, αλλά και οι μοκέτες και τα χαλιά με τα οποία καλύπτουμε τα δάπεδα των χώρων

εργασίας, αλλά και των σπιτιών μας. Διάφορα είδη σκόνης καθώς και μικροοργανισμοί είναι η κύρια πηγή τροφής τους και λόγω της σταθερής θερμοκρασίας που επικρατεί στα σημεία αυτά αναπαράγονται ταχύτατα και επιβιώνουν χωρίς μεγάλο κόπο. Το μέγεθός τους είναι πάρα πολύ μικρό με αποτέλεσμα να διεισδύουν σε διάφορες σχισμές του δέρματος και να προκαλούν κνησμό και δερματοπάθειες, αλλά και αλλεργικές καταστάσεις. Η προέλευση της γύρης είναι γνωστή σε όλους. Όπου υπάρχουν φυτά εκεί και θα συναντηθεί γύρη, κατά την περίοδο της ανθοφορίας. Είναι όμως γνωστό σε όλους ότι τα φυτά των εσωτερικών χώρων κατά βάση δεν ανθοφορούν. Συνεπώς η προέλευση της γύρης είναι σχεδόν αποκλειστικά από τα φυτά που βρίσκονται στην ύπαιθρο αλλά και στα περιαστικά και αστικά πάρκα. Η μεταφορά της γίνεται με τα ρεύματα του αέρα και λόγω του μικρού της μεγέθους μπορεί και μετακινείται σε μεγάλες αποστάσεις αλλά και εισχωρεί και από τα πλέον μικρά ανοίγματα. Αποτελεί έναν από τους πλέον σημαντικούς αλλεργιογόνους παράγοντες. Σήμερα, όλο και μεγαλύτερο ποσοστό του γενικότερου πληθυσμού είναι αλλεργικά ευαίσθητοποιημένο προς τους διάφορους τύπους γύρης. Αυτό συμβαίνει καθόσον το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού κατοικεί σε πόλεις όπου επικρατούν κυρίως οι κατασκευές από τσιμέντο και όλο και μικρότερο μέρος αφήνεται ελεύθερο για την ανάπτυξη κάθε είδους φυτών. Κατά συνέπεια ο γενικότερος πληθυσμός κατά την περίοδο οπότε και αναπτύσσεται το ανοσοποιητικό σύστημα δεν βρίσκεται σε μέρος με σταδιακή έκθεση σε αλλεργιογόνους παράγοντες. Η σταδιακή έκθεση σε αυτού του είδους τους παράγοντες κατά τα πρώτα έτη της παιδικής μας ηλικίας επιφέρει τη διαμόρφωση του ανοσοποιητικού συστήματος κατά τρόπο ώστε να μην ευαίσθητοποιείται αλλεργικά. Η σημερινή δομή και λειτουργία της κοινωνίας αποτελεί το βασικότερο παράγοντα για την αλλεργική ευαίσθητοποίηση του πληθυσμού. Ο μόνος τρόπος αποφυγής από αυτή την καθ' όλα επώδυνη κατάσταση είναι να αλλάξει η γενικότερη φιλοσοφία της κοινωνίας.

Μια άλλη πηγή αλλεργιογόνων παραγόντων και συνάμα πηγή βιολογικής ρύπανσης είναι οι τρίχες και οι απολεπίσεις του δέρματος διαφόρων ζωικών οργανισμών. Εάν εξαιρέσουμε την απολέπιση που γίνεται στο δέρμα μας όλες οι άλλες περιπτώσεις αφορούν ζωικούς οργανισμούς με τους οποίους ερχόμαστε σε επαφή. Στα μικρά τμήματα του δέρματος που είτε

φυσιολογικά, τυχαία ή και παθολογικά απομακρύνονται από το δέρμα μας ή και από το δέρμα διαφόρων ζωικών οργανισμών με τα οποία ερχόμαστε σε άμεση επαφή μπορεί και αναπτύσσεται μεγάλος αριθμός από παθογόνα ή και μη παθογόνα μικρόβια που είναι εύκολο να μεταδοθούν από το ένα άτομο στο άλλο με διάφορους τρόπους.

Όσον αφορά τις τρίχες που προέρχονται από διάφορους ζωικούς οργανισμούς, αυτές μπορεί να είναι είτε άμεσα αλλεργιογόνες είτε φορείς σημαντικού αριθμού επικίνδυνων μικροοργανισμών.

8. Εξειδικευμένες περιπτώσεις

Ειδικές ομάδες περιβαλλοντικών ρύπων βιολογικής προέλευσης συναντάμε σε εξειδικευμένους εργασιακούς χώρους. Τέτοιοι χώροι είναι οι διάφορες νοσοκομειακές εγκαταστάσεις αλλά και ορισμένοι βιομηχανικοί χώροι όπως αλευροβιομηχανίες, ζυθοποιίες, οινοποιίες, ξυλοβιομηχανίες, ελαιουργία, αποθηκευτικοί χώροι ενσείρωσης δημητριακών, βιομηχανίες διαφόρων τύπων τροφίμων, χώροι συστηματικής εκτροφής ζώων και άλλες ειδικές βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις.

Σε όλους αυτούς τους χώρους συναντάμε πολλές φορές τόσο εξειδικευμένους μικροοργανισμούς όσο και πολύ εξειδικευμένα ακάρεα. Αν και τις περισσότερες φορές σε τέτοιες περιπτώσεις δεν παρατηρείται νόσηση εργαζομένων, εντούτοις μερικές φορές από τυχαία ανεξέλεγκτα γεγονότα ξεσπούν επιδημικές ασθένειες στους εργαζόμενους, αλλά και στους επισκέπτες των χώρων αυτών, με πολύ σοβαρές επιπτώσεις στην εργασιακή απασχόληση όσο και την υγεία των ατόμων.

II. Κατανομή ρύπων

Η κατανομή των διαφόρων τύπων βιολογικών ρύπων διαφέρει τόσο από περιοχή σε περιοχή όσο και από εσωτερικό χώρο σε εσωτερικό χώρο. Κύριο στοιχείο για την κατανομή τους αποτελεί τόσο η εποχικότητα όσο και η χρήση του εσωτερικού χώρου. Όμως σε μερικές περιπτώσεις η κατανομή των βιολογικών ρύπων εξαρτάται από τον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο και όχι από τις ειδικές συνθήκες του εσωτερικού χώρου.

Αποτέλεσμα αυτού είναι το γεγονός ότι κοντά σε αγροτικές περιοχές οι κύριοι βιολογικοί ρύποι προέρχονται από τις αγροτικές ενασχολήσεις των κατοίκων της περιοχής παρουσιάζοντας όμως μια εποχικότητα ως προς το είδος των ρύπων. Έτσι κατά την περίοδο της επεξεργασίας του εδάφους για την σπορά παρατηρούνται κυρίως ρύποι προερχόμενοι από μικροοργανισμούς του εδάφους, ενώ κατά την περίοδο της ανθοφορίας των καλλιεργειών οι κύριοι βιολογικοί ρύποι είναι τα διάφορα είδη της γύρης. Από την άλλη μεριά όμως κατά την περίοδο της συγκομιδής η πλειονότητα των βιολογικών ρύπων της περιοχής οφείλεται στους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στα διάφορα είδη των καρπών αλλά και των υπολειμμάτων από τη συγκέντρωση της σοδιάς.

Παρομοίως σε περιοχές με βιομηχανική ή και βιοτεχνική ανάπτυξη οι βασικοί βιολογικοί ρύποι προέρχονται από τα διάφορα είδη που επεξεργάζονται στις διάφορες αυτές εγκαταστάσεις.

Γεγονός που σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται είναι η μεγαλύτερη συγκέντρωση των βιολογικών ρύπων στους κλειστούς χώρους από ότι στο ελεύθερο περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει καθόσον στο ελεύθερο περιβάλλον λόγω της κίνησης των αερίων μαζών παρατηρείται μια καλή διασπορά των ρύπων και σε πολύ εξειδικευμένες καταστάσεις η συγκέντρωση των ρύπων αυτών είναι πολύ μεγάλη. Έτσι σε περιοχές όπου υπάρχουν αστικά ή και περιαστικά πάρκα στα οποία φύονται πολλά πευκώδη φυτά, κατά την περίοδο της άνοιξης παρατηρούνται νέφη από γύρη τα οποία όμως διαρκούν για πολύ λίγο χρονικό διάστημα. Παράλληλα σε περιοχές όπου υπάρχουν βιομηχανικές εγκαταστάσεις που επεξεργάζονται διάφορα είδη τροφίμων σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους επικρατούν υψηλές συγκεντρώσεις από ζυμομύκητες.

Όλα αυτά τα είδη των βιολογικών ρύπων μεταφερόμενα κυρίως από τον αέρα στους εσωτερικούς χώρους δημιουργούν μια ιδιαίτερη μικροατμόσφαιρα. Στην ατμόσφαιρα αυτή επικρατούν υψηλές συγκεντρώσεις από τους ρύπους αυτούς επειδή οι χώροι αυτοί συνήθως αερίζονται πλημμελώς. Χώροι, δε, όπου συνήθως δεν επιτρέπεται ο εξαερισμός αποτελούν ιδιαίτερα επικίνδυνες περιοχές τόσο για τους εργαζόμενους όσο και για τους επισκέπτες.

Θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι ορισμένες εποχές του έτους τα επίπεδα εξειδικευμένων ρύπων στους εσωτερικούς χώρους αυξάνονται σε μεγάλο βαθμό και καθίστανται επικίνδυνα για τους ευρισκόμενους στους χώρους αυτούς. Κλασικό παράδειγμα αποτελεί η χειμερινή περίοδος οπότε οι συνθήκες ευνοούν την εμφάνιση και μετάδοση ορισμένων ιογενών λοιμώξεων για δύο κυρίως λόγους. Ο ένας έχει να κάνει με την ατομική κατάσταση της υγείας του καθενός, την χειμερινή κυρίως περίοδο ευκολότερα μειώνεται η άμυνα των οργανισμών λόγω των καιρικών συνθηκών. Ο δεύτερος έχει να κάνει με τον μη καλό αερισμό των εσωτερικών χώρων λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν. Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι οι χώροι των οποίων το δάπεδο είναι σε μεγάλη έκταση καλυμμένο με υφασμάτινες επιστρώσεις, μοκέτες ή και χαλιά, παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις ακάρεων από χώρους στους οποίους επικρατεί μικρότερης έκτασης κάλυψη των δαπέδων με τέτοιου είδους επιστρώσεις.

Για την αντιμετώπιση, ιδιαίτερα, των υψηλών επιπέδων των βιολογικών ρύπων επιβάλλεται η λήψη ειδικών μέτρων για τα οποία θα αναφερθούμε σε επόμενη ενότητα.

III. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

Οι εσωτερικοί χώροι, ανεξάρτητα αν είναι εργασιακοί ή οικιακοί, αποτελούν μέρη όπου δαπανάμε το μεγαλύτερο μέρος της ζωής μας. Είναι χώροι όπου συγχρωτίζεται μεγάλος αριθμός ατόμων. Όμως, υπάρχουν σημαντικές αποκλείσεις ως προς τις συνθήκες που επικρατούν μεταξύ τους. Οι συνθήκες όμως αυτές αποτελούν το βασικότερο παράγοντα που καθορίζει την επικινδυνότητα του κάθε χώρου ως προς την υγεία των ευρισκόμενων σε αυτούς.

Οι οικιακοί χώροι επειδή αποτελούν χώρους αποκλειστικά ιδιωτικούς τυχάνουν καλύτερης περιποίησης από τους εργασιακούς. Καθένας φροντίζει το σπίτι του ώστε να είναι κατά το δυνατόν περιποιημένο και καθαρό. Παρ' ότι όλοι μας ανεξαιρέτως δείχνουμε μια ιδιαίτερη φροντίδα για το σπίτι μας όπου περνάμε περίπου κάτι παραπάνω από το μισό μέρος της ζωής μας, εντούτοις δεν φροντίζουμε με τον ίδιο ζήλο τους

εσωτερικούς χώρους εργασίας μας όπου περνάμε τουλάχιστον το ένα τρίτο της ζωής μας.

Η ιδιαίτερη φροντίδα που δείχνουμε, για την κατάσταση του εσωτερικού περιβάλλοντος κάθε χώρου, καθορίζει και το επίπεδο επικινδυνότητας με βάση τους βιολογικούς ρύπους που συγκεντρώνονται στους χώρους αυτούς. Είναι γενικώς γνωστό ότι κάθε διαφορετικός τύπος βιολογικού ρύπου έχει και διαφορετική ανταπόκριση στην υγεία των ατόμων που έρχονται αντιμέτωποι με αυτό. Η ανταπόκριση αυτή έχει να κάνει τόσο με την συμπτωματολογία, όσο και με τον χρόνο επώασης. Θα πρέπει να τονιστεί με ιδιαίτερη έμφαση ότι κάθε ξεχωριστό άτομο αποτελεί και μια ξεχωριστή οντότητα. Αυτό το γεγονός από μόνο του καθορίζει ότι η ανταπόκριση του καθενός ως προς την έκθεσή του στους διάφορους τύπους ρύπων είναι τελείως διαφορετική. Συγχρόνως, η συμπτωματολογία, ο χρόνος επώασης αλλά τόσο η θεραπευτική αγωγή όσο και ο απαιτούμενος χρόνος αποθεραπείας διαφέρει από άτομο σε άτομο. Ένα άλλο στοιχείο που σχετίζεται με την ανταπόκριση του καθενός στην έκθεση σε κάποιον επικίνδυνο βιολογικό ρύπο είναι και κατάσταση υγεία του καθενός τη δεδομένη στιγμή. Επιπλέον θα πρέπει να συνυπολογιστεί ότι μεταξύ των ατόμων μιας κοινωνίας υπάρχουν άτομα τα οποία χαρακτηρίζονται από μια ιδιαίτερα μειωμένη ατομική υγεία. Τα άτομα αυτά λέμε ότι αποτελούν τις ομάδες υψηλού κινδύνου που καλό θα είναι να λαμβάνουν ιδιαίτερα μέτρα αυτοπροστασίας. Αυτά θα πρέπει να είναι είτε προς την κατεύθυνση της αποφυγής σε έκθεση σε προκαθορισμένους τύπους ρύπων, είτε προς την κατεύθυνση της κατοχής βασικών σκευασμάτων με τα οποία να είναι σε θέση να προλάβουν μια σοβαρή παρενέργεια σε περίπτωση έκθεσης.

Βασική αρχή της ιατρικής υπήρξε κατά το παρελθόν, αλλά ακόμη και σήμερα ισχύει, η λεγόμενη προληπτική ιατρική. Βασίζεται τόσο στη γνώση ορισμένων βασικών κανόνων ατομικής και δημόσιας υγιεινής όσο και στην αποφυγή της ανάπτυξης καταστάσεων που είναι εν δυνάμει επικίνδυνες. Η ποιότητα του αέρα τόσο στους εργασιακούς χώρους όσο και στους χώρους όπου συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός ατόμων αποτελεί βασικό παράγοντα για την εμφάνιση ή μη επικίνδυνων για την υγεία καταστάσεων.

Στο σημείο αυτό καλό θα ήταν να αναφέρουμε βασικά στοιχεία ως προς την ανταπόκριση του γενικότερου πληθυσμού στους διαφόρους τύπους βιολογικών ρύπων.

α. Ιοί

Η προσβολή ανθρώπων από ιούς δεν είναι μια απλή διαδικασία. Είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο καθόσον όλοι οι ιοί που προσβάλουν τον άνθρωπο και δεν είναι ίδιοι μεταξύ τους και δεν μεταβιβάζονται από άτομο σε άτομο με την ίδια μεθοδολογία. Υπάρχουν ιοί που είναι σε θέση να μολύνουν μεγάλο αριθμό ατόμων μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα επειδή μεταβιβάζονται μέσα από την αναπνευστική οδό, ενώ άλλοι που μεταβιβάζονται δυσκολότερα πρέπει να επικρατούν εξειδικευμένες καταστάσεις για να έχουν το ίδιο αποτέλεσμα. Συγχρόνως, όμως, υπάρχουν ιοί που μεταβιβάζονται από άτομο σε άτομο είτε μέσα από διάφορα υγρά του σώματος είτε με άλλες διαδικασίες όπως αυτές της άμεσης επαφής δύο ατόμων με τη χειραψία ή ακόμη και διαμέσου των χώρων υγιεινής. Ανεξάρτητα με τη μέθοδο μεταβίβασης και εισόδου των ιών στα διάφορα άτομα, τα συμπτώματα που δυνατόν να προκαλέσουν είναι πολύπλοκα. Από απλές ιώσεις που χρειάζεται τρεις με πέντε ημέρες για να συνέλθει ο οργανισμός, παράδειγμα τέτοιων ιώσεων είναι τα κρουολογήματα και οι γρίπες των χειμερινών κυρίως περιόδων, μέχρι και χρόνιες καταστάσεις με απρόβλεπτες τελικές συνέπειες όπως ηπατίτιδες, το AIDS ή σύνδρομο επίκτητης ανοσολογικής ανεπάρκειας ή και άλλες ιογενούς προέλευσης παθολογικές καταστάσεις, όπως καρδιοπάθειες. Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένοι ιοί μεταβιβάζονται στον άνθρωπο διαμέσου ενός άλλου φορέα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου τρόπου μεταβίβασης ιού είναι ο ιός που προκαλεί ορισμένους τύπους της γρίπης των πουλερικών που μεταβιβάζεται στον άνθρωπο μόνο διαμέσου της επαφής του με τα πουλερικά στους χώρους εκτροφής ή και διάθεσής των.

β. Μικροοργανισμοί

Υπάρχουν δύο βασικές ομάδες μικροοργανισμών που προκαλούν σοβαρές παθολογικές καταστάσεις στον άνθρωπο. Η μία είναι τα μικρόβια που ανήκουν στην ομάδα των προκαρυωτικών και η άλλη στην ομάδα των ευκαρυωτικών οργανισμών.

Μέλη και των δύο αυτών ομάδων είναι σημαντικοί φορείς σοβαρών παθολογικών καταστάσεων. Όπως και οι ιώσεις προκαλούν σοβαρές απώλειες του εργατικού δυναμικού σε ώρες εργασίας καθόσον άτομα που ασθενούν δεν είναι σε θέση να είναι αποδοτικά στην εργασία. Μικροβιακές λοιμώξεις μπορεί κάτω από ορισμένες συνθήκες να μεταδοθούν από άτομο σε άτομο. Η μετάδοση μπορεί να γίνει μέσα από την αναπνευστική οδό, την επαφή ατόμων, με μολυσμένα τρόφιμα αλλά και από κακές συνθήκες υγιεινής του εργασιακού χώρου. Ένας άλλος σημαντικός τρόπος μετάδοσης μικροοργανισμών είναι και μέσα από κακώς συντηρημένα συστήματα κλιματισμού.

Ορισμένες μικροβιακές λοιμώξεις μπορεί να προκαλέσουν εκτεταμένες παθολογικές καταστάσεις οι οποίες να μην είναι δυνατόν να ελεγχθούν και να προκαλέσουν σοβαρές απώλειες ανθρώπινου δυναμικού.

Οι κυριότερες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την επαφή με μύκητες εστιάζονται στην ανάπτυξη στομαχικών διαταραχών, δερματοπαθειών ή και αλλεργικών συμπτωμάτων. Οι δερματοπάθειες είναι αποτέλεσμα της άμεσης επαφής με εστίες όπου αναπτύσσονται μύκητες και ορισμένες φορές είναι δυνατόν να προκαλέσουν έντονες παθήσεις που να παρουσιάζουν δυσκολία στην αντιμετώπισή τους. Οι στομαχικές διαταραχές κυρίως προέρχονται από την κατανάλωση αλλοιωμένων τροφίμων. Αντιμετωπίζονται ευκολότερα από ότι οι δερματοπάθειες χωρίς όμως μερικές φορές να αποφεύγονται και δυσάρεστες καταστάσεις.

γ. Ακάρεα

Δύο είναι οι βασικοί κίνδυνοι που προέρχονται από τα ακάρεα. Ο πρώτος έχει να κάνει με την ίδια τη φύση αυτών των μικροσκοπικών εντόμων, ενώ ο δεύτερος προέρχεται από την μεταφορά διαμέσου αυτών σημαντικού αριθμού παθογόνων μικροοργανισμών. Οι κίνδυνοι για την υγεία από τη δεύτερη περίπτωση έχουν αναφερθεί σε γενικές γραμμές στις δύο προηγούμενες ενότητες. Τα ακάρεα αυτά καθαυτά μπορούν να αποτελούν αλλεργιογόνους παράγοντες με όλες τις συνέπειες στον άνθρωπο, αλλά επιπλέον μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές δερματοπάθειες.

δ. Γύρη

Μια είναι η καθεαυτού επίπτωση στην υγεία από την κυκλοφορία υψηλών συγκεντρώσεων γύρης στους εσωτερικούς χώρους. Τα κύτταρα αυτά αποτελούν τον πλέον κοινό αλλεργιογόνο παράγοντα για τα περισσότερα άτομα. Αν μιν η συμπτωματολογία από την έκθεση στη γύρη παραμείνει μόνο σε μια απλή αλλεργική αντίδραση τότε το κακό είναι μικρό. Πολλές όμως φορές, ευαίσθητα άτομα εκδηλώνουν τις αλλεργικές αντιδράσεις πολύ πιο έντομα με την εμφάνιση άσθματος. Οι περιπτώσεις αυτές είναι πολύ επώδυνες και χρίζουν ιδιαίτερης θεραπευτικής αγωγής.

ε. Τρίχες και απολεπίσεις του δέρματος

Οι τρίχες και οι δερματικές απολεπίσεις όπως και τα ακάρεα αφενός μιν μπορεί να προκαλέσουν αλλεργικές καταστάσεις ποικίλης έκτασης, αφετέρου δε μπορεί να είναι φορείς μικροοργανισμών που μπορεί να προκαλέσουν δευτερογενώς σημαντικές μικροβιακές μολύνσεις.

IV. Τρόποι αντιμετώπισης

Η γενικότερη μόλυνση του περιβάλλοντος έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία μας. Συνεπώς δύο είναι τρόποι με τους οποίους μπορεί να αντιμετωπίσουμε αυτές τις επιπτώσεις. Ο πρώτος είναι αποκλειστικά προληπτικός, ενώ ο δεύτερος είναι επεμβατικός. Επειδή η πρόληψη αποτελεί και τη βασικότερη μεθοδολογία για την αντιμετώπιση κάθε επικίνδυνης κατάστασης, γι' αυτό και στους προληπτικούς τρόπους θα πρέπει να εστιάζεται η προσοχή του καθενός. Με την έννοια της πρόληψης δεν αναφερόμαστε στο να φροντίζουμε ατομικά ή και ομαδικά να μιν εκτιθέμεθα σε αρνητικές καταστάσεις. Σε αυτές, πολλές φορές, ηθελημένα ή και άθελά μας, θα εκτεθούμε κάποια στιγμή. Στο σημείο αυτό η πρόληψη έχει την έννοια της γνώσης των κινδύνων και την από μέρους μας προετοιμασία της έγκαιρης αντιμετώπισής της σε περίπτωση που θα συμβεί. Φυσικά στο θέμα της γνώσης των ενδεχόμενων κινδύνων συνεπάγεται ότι περιλαμβάνεται και η γνώση των μεθόδων με τις οποίες είμαστε σε θέση να μειώνουμε τις πιθανότητες να λάβει χώρα ένα τέτοιο γεγονός.

Για τους ενδεχόμενους κινδύνους έχουμε ήδη αναφερθεί στις προηγούμενες ενότητες. Στο παρόν σημείο θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε τα μέτρα που οφείλουμε να λαμβάνουμε ώστε να αποφύγουμε την ευρείας

κλίμακας ρύπανση εσωτερικών χώρων με βιολογικούς ρυπαντές. Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνουμε για την πρόληψη τέτοιων συμβάντων είναι διττά. Η μία ομάδα μέτρων αναφέρεται στην προσωπική κατάλληλη προετοιμασία, ενώ η δεύτερη τόσο στην ομαδική όσο και στην χωρική προετοιμασία.

Στα μέτρα της προσωπικής προετοιμασίας αντιμετώπισης μιας περισσότερο ή λιγότερο τυχαίας έκθεσης συνίστανται το να γνωρίζουμε την κατάσταση της προσωπικής μας υγείας. Οφείλουμε να φροντίζουμε για την καλύτερη δυνατή προσωπική καθαριότητα και ευεξία μας. Το σχολαστικό πλύσιμο τόσο του δέρματός μας όσο και των ρούχων που φοράμε αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα για να μειώσουμε τις πιθανότητες ένας βιολογικός ρυπαντής να βρει πρόσφορο έδαφος για να αναπτυχθεί. Η καλή γνώση της υγιεινής μας κατάστασης σε συνδυασμό με τη γνώση ενδεχόμενων ευαισθησιών ή και κληρονομικών ασθενειών που τυχόν έχουμε βοηθά ώστε να μπορούμε με μεγαλύτερη άνεση προσωπικά να αντιμετωπίσουμε κάποιο γεγονός. Σε περίπτωση προσωπικών ευαισθησιών ή και κληρονομικών ασθενειών η συστηματική παρουσία στα προσωπικά μας είδη ορισμένων βασικών θεραπευτικών σκευασμάτων αποτελεί το ελάχιστο με το οποίο μπορούμε, άμεσα, προληπτικά να επέμβουμε.

Δύο ομάδες προληπτικών μέτρων έχουν σχέση με την ομαδική και χωρική προετοιμασία. Η μια ομάδα έχει να κάνει με το να γνωρίζουμε τη φυσική κατάσταση της περιοχής στην οποία βρίσκεται ο εργασιακός ή μη χώρος και η δεύτερη με την κατάλληλη φροντίδα του δεδομένου χώρου.

Το να γνωρίζουμε τη φυσική κατάσταση της περιοχής όπου γίνεται μια εγκατάσταση μας βοηθά να λαμβάνουμε εκ προοιμίου κάποια προληπτικά μέτρα. Οι ιδιαίτερες καιρικές συνθήκες μιας περιοχής καθ' όλη τη διάρκεια του έτους μας προσδιορίζουν και τα μέτρα που εκ των προτέρων πρέπει να λαμβάνουμε, ώστε ο εσωτερικός χώρος να έχει τις ελάχιστες συνθήκες που απαιτούνται να υπάρχουν ώστε να αισθανόμαστε άνετα ευρισκόμενοι σε αυτόν είτε για εργασία είτε για άλλους λόγους. Επίσης, η γνώση των όποιων άλλων εγκαταστάσεων υπάρχουν σε κάποια περιοχή μας προειδοποιεί για το πως πρόσθετες προφυλάξεις πρέπει να ληφθούν κατά την περίοδο οπότε και οργανώνεται ο δεδομένος χώρος.

Όσον αφορά τη φροντίδα του δεδομένου χώρου θα πρέπει να αναφερθεί ότι και εδώ τα μέτρα θα πρέπει να είναι διττά. Τα μεν αρχικά μέτρα έχουν

να κάμουν με την προσοχή που πρέπει να δώσουμε κατά την κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή με το να φροντίσουμε ώστε να κατασκευαστεί με τους καλύτερους δυνατούς όρους, υλικά και αναγκαίες εγκαταστάσεις. Αυτό θα συμβάλει ώστε να παρέχει σε όσους πρόκειται να παραβρεθούν στους χώρους του συνθήκες που να τους δημιουργούν τις λιγότερες δυνατές παρενοχλήσεις. Στη συνέχεια μια σειρά από καθημερινές παρεμβάσεις είναι αυτές που καθιστούν έναν χώρο άνετο και ευχάριστο για παραμονή.

Τέτοιες παρεμβάσεις είναι η καθημερινή σχολαστική καθαριότητα του χώρου. Η καθαριότητα θα πρέπει να περιλαμβάνει κάθε εσωτερικό χώρο, είτε αυτός είναι διάδρομος ή αίθουσα, είτε είναι ελεύθερος από υφασμάτινες επιστρώσεις ή στρωμένος με κάποια υφασμάτινη επίστρωση. Ιδιαίτερα δε εφόσον ο χώρος είναι στρωμένος με μοκέτα ή χαλιά θα πρέπει να γίνεται σχολαστικός καθημερινός καθαρισμός καθόσον τα χαλιά και οι μοκέτες αποτελούν μέρη που εύκολα εγκαθίστανται κάθε είδους ακάρεα.

Ο τακτικός και καλός αερισμός του. Αερισμός των εσωτερικών χώρων θα πρέπει να γίνεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Η ανανέωση του αέρα ιδιαίτερα όταν βρίσκονται πολλά άτομα μέσα σε αυτόν βοηθά ώστε να μειώνεται η συσσώρευση ιδιαίτερα επικίνδυνων βιολογικών ρύπων κατά τη διάρκεια του χειμώνα οπότε η ατμόσφαιρα επιβαρύνεται ιδιαίτερα.

Η εξασφάλιση πολύ καλών συνθηκών προσωπικής υγιεινής σε προκαθορισμένους χώρους, όπως είναι τα κυλικεία, οι διάδρομοι και οι τουαλέτες. Οι χώροι αυτοί αποτελούν σημεία από τα οποία μπορεί να προκληθούν πολύ σοβαρές ιογενείς και μικροβιακές μολύνσεις.

Η εξασφάλιση του κτιρίου από πλευράς διαρροών των κάθε είδους σωληνώσεων παροχής και αποχέτευσης ύδατος και λυμάτων. Η εξασφάλιση αυτή συμβάλλει ώστε να μην δημιουργούνται εστίες ανάπτυξης μυκήτων που είναι πρόξενοι πολλών αλλεργικών καταστάσεων.

Η εξασφάλιση ώστε ο εισερχόμενος αέρας στο κτίριο να υφίσταται έστω μια υποτυπώδη επεξεργασία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και μια καλή κατά την περίοδο της έντονης ανθοφορίας εφόσον σε κοντινή περιοχή υπάρχει έντονη βλάστηση. Επίσης θα πρέπει να γίνεται τακτικά σχολαστικός καθαρισμός των ηθμών που παρεμβάλλονται τόσο στα συστήματα κλιματισμού όσο και στα συστήματα διήθησης του εισερχόμενου αέρα.

Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να γίνεται σωστή ρύθμιση τόσο της υγρασίας όσο και της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα. Αυτό θα

συμβάλει ώστε και οι συνθήκες παραμονής όσων θα βρίσκονται σε αυτόν τον εσωτερικό χώρο να είναι ευχάριστες αλλά και να αποφεύγονται συνθήκες που να ευνοούν την ανάπτυξη ανεπιθύμητων και εν πολλοίς επικίνδυνων μικροοργανισμών.

Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε όσοι θα πρέπει να βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους να είναι καλά στην υγεία τους ώστε να μην αποτελούν άμεση απειλή για τους υπολοίπους.

Όλες οι προαναφερθείσες συνθήκες συμβάλλουν ώστε από πλευράς των εργαζομένων να μην χάνονται ώρες εργασίας, από πλευράς της εργοδοσίας να μην υφίσταται μείωση της αποδοτικότητας της επιχείρησης και συγχρόνως να μην απαιτούνται επιπλέον δαπάνες για κτιριακή παρέμβαση μετά από ένα ατυχές γεγονός.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Καθημερινά καταβάλουμε προσπάθεια να κάνουμε τους εσωτερικούς χώρους, εργασιακούς και μη, πιο άνετους ως προς τις υφιστάμενες κλιματολογικές συνθήκες. Στην προσπάθειά μας αυτή έχουμε επιτύχει αφενός μεν να περιορίσουμε τις θερμοκρασιακές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον, αφετέρου δε να επιβαρύνουμε τους χώρους με πολυποίκιλα συνθετικά υλικά τα οποία αποδεσμεύουν προς τον αέρα πολλούς πτητικούς ρύπους.

Όσο οι δυτικού τύπου κοινωνίες απομακρύνονται από το φυσικό περιβάλλον και ασχολούνται κυρίως με την παροχή υπηρεσιών και τη βιομηχανική παραγωγή τόσο ελαττώνεται η άμυνα των μελών τους στις διάφορες ασθένειες. Επιπλέον η επεμβατική ιατρική, φαρμακευτική και χειρουργική, που αποτελεί το σημερινό μοντέλο παρέμβασης στις διάφορες ασθένειες έχει συμβάλλει στη μείωση της αμυντικής ικανότητάς μας και στην ενίσχυση των αλλεργικού τύπου αντιδράσεων. Επακόλουθο αυτού είναι όλο και μεγαλύτερος αριθμός από διάφορους φυσικούς παράγοντες να συντελούν ώστε ο άνθρωπος να παρουσιάζει μειωμένη εργασιακή απόδοση.

Η αντιμετώπιση αυτών των φαινομένων προϋποθέτει τη λήψη μέτρων βελτίωσης της ποιότητας του αέρα τόσο στους εργασιακούς χώρους όσο

και σε όλους τους άλλους χώρους όπου μεγάλος αριθμός ατόμων συγκεντρώνεται και περνά σημαντικό χρονικό διάστημα της ημέρας.

Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται αφορούν τόσο στην ανανέωση του αέρα κατά βάση με τακτικό και συστηματικό εξαερισμό του εσωτερικού χώρου, το φιλτράρισμα του εισερχόμενου αέρα ώστε να απομακρύνονται διάφοροι μικρού μεγέθους βιολογικοί και μη ρύποι, σχολαστική και συστηματική καθαριότητα για την απομάκρυνση τόσο αλλεργιογόνων όσο και μολυσματικών μικροοργανισμών και την σχολαστική φροντίδα ώστε να απομακρύνεται κατά το δυνατόν όλη η ενυπάρχουσα στον εσωτερικό χώρο υγρασία.

Μια άλλη σειρά μέτρων, για τα οποία θα πρέπει με σχολαστικότητα να φροντίζουμε ώστε να τηρούνται, αφορά την προσωπική μας καθαριότητα και υγιεινή. Όσο μεγαλύτερη προσοχή θα δείχνουμε για την ατομική μας υγεία τόσο λιγότερο θα κινδυνεύουμε από τους διάφορους επικίνδυνους βιολογικούς ρύπους. Όσο ορθολογικότερη φαρμακευτική αγωγή ακολουθούμε στις διάφορες παθολογικές καταστάσεις τόσο ευκολότερη θα είναι η αντιμετώπιση ενδεχόμενου απρόβλεπτου γεγονότος σε περιβάλλον εσωτερικού χώρου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Maromi, M., Seifert, B. and Lindvall, T. Indoor Air Quality. A Comprehensive Reference Book. Elsevier, Amsterdam. 1995.
2. Moffat, W.D. Handbook of Indoor Air Quality Management. Prentice Hall, N.J. 1997
3. Morawska, L., Bofinger, N.D. and Maroni, M. Indoor Air. An Integrated Approach. Elsevier Science Limited, Oxford. 1995.
4. Rao, M.N. and Rao, H.V.N. Air Pollution. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 1989.
5. Stern, A.C. Air Pollution. vol. I. Academic Press, New York. 1968.

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΑΝΑΓΝΩΣΗΣ

A. Ιστοσελίδες διαδικτύου

1. http://www.epa.gov/iaq/pubs/images/indoor_air_pollution.pdf

2. http://www.epa.gov/iaq/pubs/bio_1.html#What%20Are%20Biological%20Pollutants
3. http://www.health.gov.je/health_protection/pollution_monitoring/indoor_air_poll.asp
4. <http://www.canadian-health-network.ca/servlet/ContentServer?cid=1107102893858&pagename=CHN-RCS/CHNResource/CHNResourcePageTemplate&c=CHNResource>
5. http://cahe.nmsu.edu/pubs/_q/G-108.pdf (Healthy Indoor Air for New Mexico Homes)
6. <http://www.indoorairtest.com/iaqpollbackground.html>
7. www.epa.gov/appcdwww/iemb/biocontam.htm
8. http://www.germology.com/indoor_mold.htm
9. <http://edis.ifas.ufl.edu/HE356>
10. <http://www.zone10.com/tech/NASA/Fyh.htm>
11. <http://www.ourlittleplace.com/article11.html>
12. <http://www.wolvertonenvironmental.com/airFAQ.htm>
13. <http://www.montgomerycountymd.gov/mc/services/dep/greenman/greenair.htm>
14. <http://www.cpsc.gov/cpscpub/pubs/450.html>
15. http://mn.centerpointenergy.com/for_your_business/energy_information/indoor_air_quality.asp#factors
16. <http://www.nyserda.org/publications/iaq.pdf>
17. <http://www.hdw-inc.com/allergies.htm>
18. <http://www.zpm.fer.hr//courses/eronomija/2003/sabn/Binaries/IAQ.pdf>
19. http://www.entlink.net/education/resources/airpollution.cfm#CP_JUMP_3623
20. <http://www.air.ky.gov/FAQ/Indoor+Air+Quality.htm>
21. <http://www.vdh.state.va.us/HHContol/bioaeros.PDF>
22. <http://www.nap.edu/books/0309064961/html>
23. <http://www.who.int/docstore/bulletin/pdf/2000/issue9/bul0711.pdf>

B. Δημοσιεύσεις

1. Jan-Paul Zock, Nuria Cavalle, Hans Kromhout, Susan M. Kennedy, Jordi Sunyer, Angeles Jaen, Nerea Muniozguren, Felix Payo, Enrique Almar, Jose L. Sanchez, Josep M. Anto And Manolis Kogevinas (2004), Evaluation of specific occupational asthma risks in a community-based study with special reference to single and multiple exposures, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 14: 397-403
2. Rafal L.Gorny, Jacek Dutkiewicz, Ewa Krysinska-Traczyk (1999), Size Distribution Of Bacterial And Fungal Bioaerosols In Indoor Air, *Ann. Agric. Environ. Med.* 6: 105-113
3. Abdel Hameed A. Awad and S.A. Farag (1999), An indoor bio-contaminants air quality. *Int. J. Environ. Health Research* 9:313-319
4. CW Bayer, RJ Hendry, SA Crow, and JC Fischer (2002) The Relationship Between Humidity And Indoor Air Quality In Schools, *Proceedings: Indoor Air 2002*

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΔΕΣΜΟΙ

A. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ορισμός

Το περιβάλλον αποτελεί τον χώρο ο οποίος ορίζεται γύρω από κάποιο σημείο αναφοράς. Για να γίνει δυνατός ο προσδιορισμός του χώρου που αποτελεί το περιβάλλον θα πρέπει σε πρώτη φάση να προσδιοριστεί το σημείο αναφοράς. Κάτω από αυτή τη θεώρηση, εφόσον προσδιορίσουμε σαν σημείο αναφοράς τον συγκεκριμένο χώρο μέσα στον οποίο αυτή τη στιγμή βρισκόμαστε και συζητάμε, τότε, περιβάλλον για μας αποτελούν τα όρια του δεδομένου χώρου. Από την άλλη σκοπιά όμως, αν θεωρήσουμε σαν σημείο αναφοράς την ευρύτερη περιοχή στην οποία βρίσκεται η επαγγελματική μας κοινότητα, τότε τα όρια του περιβάλλοντος διευρύνονται στα όρια της περιοχής που βρισκόμαστε. Κατ' αναλογία διευρύνοντας κάθε φορά τον χώρο του σημείου αναφοράς μπορούμε να μεγεθύνουμε ανάλογα και τα όρια του περιβάλλοντος.

Πιο όμως μπορεί να είναι το μέγιστο όριο του περιβάλλοντος; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι συγχρόνως προφανής αλλά και αμφισβητήσιμη. Προφανής, διότι σαν μέγιστο όριο μπορεί να θεωρηθεί το σύμπαν. Αμφισβητήσιμη, διότι υπάρχουν θεωρίες σχετικές με την ύπαρξη και τη δημιουργία του σύμπαντος που πρεσβεύουν ότι δεν υπάρχει ένα μόνο σύμπαν αλλά πολύ περισσότερα του ενός διατεταγμένα κατά παράλληλους ή ομόκεντρους σχηματισμούς. Για να απλουστεύσουμε την όλη θεώρηση ας δεχθούμε στο σημείο αυτό την ύπαρξη του ενός μόνο σύμπαντος. Κάτω από αυτή την απλούστευση, το μέγιστο όριο του περιβάλλοντός μας είναι αυτό τούτο το σύμπαν.

Έχοντας δεχθεί αυτήν την αυθαιρεσία σχετικά με το μέγιστο όριο του περιβάλλοντος ας προσδιορίσουμε τουλάχιστον κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο το ελάχιστο όριο του περιβάλλοντος. Το ελάχιστο αυτό όριο δεν μπορεί να αφορά εμάς τους ίδιους σαν ανθρώπινες οντότητες, αλλά θα αφορά οντότητες άλλων διαστάσεων, από τις οποίες όμως είμαστε άμεσα και έμμεσα εξαρτημένοι σαν οργανισμοί που δραστηριοποιούμαστε μέσα στα όρια του σύμπαντος. Αν για παράδειγμα μπορέσουμε να δούμε το εσωτερικό μέρος του οργανισμού μας τότε θα αντιληφθούμε ότι κάθε ενέργειά μας είναι η έκφραση μιας σειράς γεγονότων που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό μας. Το σημαντικότερο τμήμα του εσωτερικού μας δεν βρίσκεται στα όρια μακροσκοπικών παρατηρήσεων αλλά στα όρια μικροσκοπικών και υπομικροσκοπικών παρατηρήσεων. Συνεπώς, γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι ο οργανισμός μας αποτελεί το περιβάλλον μέσα στο οποίο δραστηριοποιούνται μικρο- και υπομικροσκοπικές μονάδες από τις οποίες είμαστε άμεσα εξαρτημένοι. Οι μικροσκοπικές αυτές μονάδες αποτελούν τους βασικούς δομικούς λίθους του οργανισμού μας, δηλαδή τα κύτταρα από τα οποία

αποτελείται ο οργανισμός μας. Αναλογικά, αν περιορίσουμε ακόμα πιο πολύ τα όρια του σημείου αναφοράς, τελικά, θα καταλήξουμε στα υποατομικά σωματίδια της ύλης από τα οποία αποτελούνται τα άτομα της υφιστάμενης ύλης στο σύμπαν.

Γίνεται λοιπόν σαφές ότι τα όρια του περιβάλλοντος έχουν μεγάλο εύρος. Για να είμαστε όμως σε θέση να κατανοούμε τα γεγονότα κάθε στιγμής και να λαμβάνουμε τις ανάλογες αποφάσεις θα πρέπει πάντα να προσδιορίζουμε το σχετικό εύρος κάθε περιστασης.

Συνιστώσες περιβάλλοντος

Το πίες είναι οι εκάστοτε συνιστώσες του περιβάλλοντος εξαρτάται από το τι κάθε φορά θεωρούμε σαν περιβάλλον. Είναι φρόνιμο να προσδιορίσουμε ότι από το σημείο αυτό και στη συνέχεια της ενότητας αυτής σαν περιβάλλον θα θεωρούμε κάθε τι που βρίσκεται γύρω μας όσο μεγάλο και είναι. Κάτω από αυτή τη θεώρηση, από μια προσεκτική παρατήρηση του περιβάλλοντός μας αντιλαμβανόμαστε ότι αυτό αποτελείται από δύο βασικές συνιστώσες. Τη ζώσα ύλη ή βιοτική συνιστώσα και τη μη ζώσα ύλη ή αβιοτική συνιστώσα. Οι δύο αυτές συνιστώσες είναι αλληλένδετες μεταξύ τους αν και φαινομενικά είναι ανεξάρτητες.

Η αβιοτική συνιστώσα αποτελείται από τα συστατικά στοιχεία του περιβάλλοντος που δεν φέρουν μέσα τους ζωή. Αυτά είναι το έδαφος, ο αέρας και το υδάτινο στοιχείο. Όταν αναφερόμαστε στο έδαφος, τον αέρα και το υδάτινο στοιχείο εννοούμε το σύνολο των χημικών ενώσεων και στοιχείων από τα οποία συνίστανται και όχι τους οργανισμούς που ζουν σε αυτά. Συγχρόνως όμως στην αβιοτική συνιστώσα του περιβάλλοντος είμαστε υποχρεωμένοι να συνυπολογίσουμε και το σύνολο των πλανητών και απλανών αστέρων καθώς και την μεσοαστρική ύλη που ενυπάρχουν στο σύμπαν.

Η βιοτική συνιστώσα αποτελείται από το σύνολο των ζωντανών οργανισμών που υπάρχουν πάνω στη γη, μέσα στον αέρα αλλά και μέσα στο υδάτινο στοιχείο. Στους ζωντανούς οργανισμούς περιλαμβάνονται οι μικροοργανισμοί, οι φυτικοί και οι ζωικοί οργανισμοί. Στην κατηγορία των ζωντανών οργανισμών για λόγους ευκολίας θα πρέπει να συμπεριλάβουμε και άλλες ομάδες, μη κυτταρικές βιοτικές δομές, όπως οι ιοί, τα ιοειδή και τα πρίονς, που ενώ αποτελούνται από συστατικά που απαντώνται στους ζωντανούς οργανισμούς, εντούτοις από μόνες τους δεν είναι σε θέση να εκδηλώσουν εκείνες τις λειτουργίες που προσδιορίζουν τους ζωντανούς οργανισμούς.

B. ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Ορισμός

Οργανωμένο σύνολο βασικών βιοτικών λειτουργικών μονάδων, των κυττάρων. Κάθε μια μονάδα ανάλογα με την εξελικτική της βαθμίδα μπορεί να αποτελεί ανεξάρτητο ή μη οργανισμό. Οι οργανισμοί ανάλογα με το ποιου είδους πηγή ενέργειας αξιοποιούν για την ανάπτυξή τους διακρίνονται στους αυτότροφους ή φυτικούς οργανισμούς και στους ετερότροφους ή ζωικούς οργανισμούς.

Αυτότροφοι είναι οι οργανισμοί που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για να συνθέσουν το σύνολο των οργανικών μορίων που χρειάζονται για την ανάπτυξή τους. Έχουν αναπτύξει κατάλληλους μηχανισμούς για να επιτύχουν την εκμετάλλευση αυτή. Οι βασικότεροι εκπρόσωποι των οργανισμών αυτών είναι τα φυτά.

Ετερότροφοι είναι οι οργανισμοί που εκμεταλλεύονται την ενέργεια που πρωτογενώς έχουν συσσωρεύσει άλλοι οργανισμοί. Οι βασικότεροι εκπρόσωποι των οργανισμών αυτών είναι τα ζώα. Αυτά διακρίνονται σε τρεις κύριες ομάδες. Την ομάδα των φυτοφάγων, την ομάδα των σαρκοφάγων και την ομάδα των παμφάγων.

Οι μονοκύτταροι οργανισμοί επειδή έχουν πολύ μικρό μέγεθος, το μέγεθός τους μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ λίγων μικρών και μερικών δεκάδων μικρών, ονομάζονται και μικροοργανισμοί.

Οι αυτότροφοι αλλά και οι ετερότροφοι οργανισμοί μπορεί να είναι είτε μονοκύτταροι είτε πολυκύτταροι. Οι πολυκύτταροι οργανισμοί αποτελούνται από οργανωμένα κυτταρικά σύνολα στα οποία παρατηρείται μεγάλου βαθμού κυτταρική εξειδίκευση. Ανεξαρτήτως του αν είναι αυτότροφοι ή ετερότροφοι, μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι διακρίνονται σε αερόβιους, υδρόβιους και εδαφόβιους, ανάλογα με τον κύριο χώρο μέσα ή πάνω στον οποίο δραστηριοποιούνται, καθώς και σε αυτόνομους, συμβιωτικούς και παρασιτικούς, ανάλογα με τη σχέση που έχουν ως προς άλλους οργανισμούς.

Αερόβιοι οργανισμοί

Οι αερόβιοι οργανισμοί αξιοποιούν τον αέρα που περιβάλλει τη γη σαν χώρο διαβίωσής τους. Διακρίνονται στους καθεαυτού αερόβιους και σε εκείνους οι οποίοι ενώ ζουν στο έδαφος αξιοποιούν τον αέρα για τη μετακίνησή τους ή την εύρεση της τροφής τους. Οι καθεαυτού αερόβιοι οργανισμοί είναι κατά κανόνα μικροοργανισμοί, εν αντιθέσει που αυτοί που αξιοποιούν τον αέρα για τη

μετακίνησή τους μπορεί να είναι και μεγάλου μεγέθους όπως για παράδειγμα τα πουλιά.

Εδαφόβιοι οργανισμοί

Οι εδαφόβιοι οργανισμοί έχουν ποικίλο μέγεθος και μπορεί να είναι αυτότροφοι ή ετερότροφοι, καθώς και μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι. Οι αυτότροφοι αξιοποιούν την υγρασία του εδάφους καθώς και διάφορα άλατα που υπάρχουν σε αυτό και με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα για να δημιουργήσουν τις διάφορες οργανικές ενώσεις που χρειάζονται για να αναπτυχθούν. Κατά κανόνα οι οργανισμοί αυτοί βρίσκονται μόνιμα εγκατεστημένοι στο έδαφος και μόνο ορισμένοι μικρού μεγέθους είναι ικανοί να κινούνται πάνω σε αυτό με κάποια σχετική ελευθερία. Οι ετερότροφοι κατά κανόνα μετακινούνται διαρκώς πάνω στο έδαφος. Μερικοί, όμως από αυτούς, είτε μετακινούνται ελάχιστα είτε χρησιμοποιούν το έδαφος για κατοικία και μετακινούνται στον αέρα.

Υδρόβιοι οργανισμοί

Και στους οργανισμούς αυτούς παρατηρείται ποικιλία τόσο μεγέθους όσο και πολυπλοκότητας. Αξιοποιούν το υδάτινο στοιχείο του περιβάλλοντος για τη διαβίωσή τους και μπορεί να είναι είτε αυτότροφοι είτε ετερότροφοι. Ένας ορισμένος αριθμός από εδαφόβιους οργανισμούς έχουν αναπτύξει την ικανότητα να διαβιούν εν μέρει και στο υδάτινο στοιχείο γι' αυτό και ονομάζονται αμφίβιοι οργανισμοί. Επίσης υπάρχουν οργανισμοί που αξιοποιούν τον αέρα και το νερό οι οποίοι απαντώνται στα λιμναία και τα παραποτάμια οικοσυστήματα.

Αυτόνομοι οργανισμοί

Αυτόνομοι είναι οι οργανισμοί που είναι σε θέση από μόνοι τους να χρησιμοποιήσουν τα διάφορα βασικά συστατικά του περιβάλλοντος για την ανάπτυξή τους. Οι οργανισμοί αυτοί είναι είτε αυτότροφοι είτε ετερότροφοι, μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι, φυτοφάγοι ή σαρκοφάγοι.

Συμβιωτικοί οργανισμοί

Στους συμβιωτικούς οργανισμούς κατά κανόνα ανήκουν μικροοργανισμοί. Μπορεί να είναι προκαρυωτικοί ή εκαρυωτικοί. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των οργανισμών αυτών είναι το ότι διαβιούν επί ή εντός άλλων οργανισμών κάτω από μια σχέση αμοιβαίας εξάρτησης και διακρίνονται στον ξενιστή και στον συμβιωτικό οργανισμό. Ο ξενιστής είναι κατά κανόνα ανώτερος οργανισμός ενώ αυτός που συμβιώνει μαζί του είναι κυρίως μικροοργανισμός. Οι μικροοργανισμοί που συμβιώνουν σε ανώτερους οργανισμούς έχουν την ικανότητα πρωτογενώς να δεσμεύουν από

το περιβάλλον και να επεξεργάζονται διάφορα συστατικά που οι ανώτεροι οργανισμοί αδυνατούν να τα παραλάβουν και να τα επεξεργαστούν. Μετά την επεξεργασία τους τα προσφέρουν προς αυτούς και σε αντάλλαγμα λαμβάνουν από τους ανώτερους οργανισμούς άλλα επεξεργασμένα θρεπτικά συστατικά για τη δική τους ανάπτυξη.

Παρασιτικοί οργανισμοί

Οι παρασιτικοί οργανισμοί ζουν επί ή εντός άλλων οργανισμών σε βάρος του ξενιστή. Ο παρασιτικός οργανισμός εκμεταλλεύεται τα βασικά θρεπτικά στοιχεία του ξενιστή για δικό του όφελος. Τις περισσότερες φορές ο ξενιστής υφίσταται μια ανηλεή απώλεια ζωτικών συστατικών που μπορεί να καταλήξει στο θάνατό του.

Μη παθογόνοι οργανισμοί

Στην κατηγορία των συμβιωτικών υπάγονται μέρος των οργανισμών που χαρακτηρίζονται ως μη παθογόνοι για κάποιον οργανισμό. Όμως μεταξύ των μικροοργανισμών υπάρχουν και ομάδες οργανισμών που ενώ δεν συμβιούν με άλλους ορισμένες φορές μπορεί να τους προσβάλουν χωρίς ο ξενιστής να ασθενήσει. Οι οργανισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως προς τον ξενιστή ως μη παθογόνοι οργανισμοί.

Δυνητικά παθογόνοι οργανισμοί

Στην ομάδα των δυνητικά παθογόνων οργανισμών θα πρέπει να συμπεριλάβουμε τόσο τους μη παθογόνους μικροοργανισμούς όσο και άλλους μικροοργανισμούς που είναι δυνατόν κάτω από ορισμένες συνθήκες να μετατραπούν σε παθογόνους. Όταν ένας ξενιστής βρεθεί σε κατάσταση ελαττωμένης ανταπόκρισης προς διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες τότε είναι πολύ εύκολο να καταβληθεί από διάφορους μικροοργανισμούς που κάτω από φυσιολογικές συνθήκες δεν θα καταβαλλότανε.

Καταστάσεις που είναι δυνατόν να μειώσουν την ανταπόκριση ενός οργανισμού προς περιβαλλοντικούς παράγοντες είναι τόσο η κακή διατροφή όσο και διάφορες καιρικές συνθήκες. Στις περιπτώσεις αυτές η άμυνα του οργανισμού μειώνεται και εύκολα μπορεί να προσβληθεί από παθογόνους οργανισμούς. Κάτω από αυτές τις συνθήκες μη παθογόνοι μικροοργανισμοί αλλά και άλλοι μικροοργανισμοί μπορούν να πολλαπλασιαστούν πάνω από τα όρια εκείνα που ο οργανισμός είναι ανθεκτικός με αποτέλεσμα να τον καταβάλουν.

Παθογόνοι οργανισμοί

Ένας σημαντικός αριθμός από μικροοργανισμούς που απαντώνται στο περιβάλλον, ανεξαρτήτως αν αυτό είναι η αέριος, η στερεά ή η υδάτινη περιοχή του, αποτελούν

επικίνδυνους οργανισμούς για τους ανώτερους οργανισμούς είτε αυτοί είναι αυτότροφοι είτε ετερότροφοι. Οι οργανισμοί αυτοί έχουν την ικανότητα να δρουν με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι διαμέσου του αθρόου πολλαπλασιασμού τους και της απομύζησης από τον ξενιστή θρεπτικών συστατικών με αποτέλεσμα την αποδυνάμωση του ξενιστή. Ο δεύτερος είναι με την παραγωγή τοξικών ουσιών από τους μικροοργανισμούς που έχουν ως αποτέλεσμα την δηλητηρίαση του ξενιστή. Και στις δύο περιπτώσεις η άμυνα του ξενιστή μειώνεται, πολλές φορές μάλιστα σε σημαντικό βαθμό, και αφενός μεν να βρεθεί ο ξενιστής σε δεινή κατάσταση αφετέρου δε ορισμένες φορές να φθάσει μέχρι και τα όρια του θανάτου.

Αλλεργιογόνοι οργανισμοί

Κάθε οργανισμός έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει άλλους οργανισμούς είτε ως φίλια διακείμενους είτε ως εχθρικούς. Εφόσον η αναγνώριση είναι ως εχθρικούς διακείμενους τότε εγείρει μηχανισμούς άμυνας. Οι μηχανισμοί αυτοί ανταποκρίνονται τόσο στο κυτταρικό επίπεδο όσο και στο επίπεδο του οργανισμού. Μία ανταπόκριση στο επίπεδο του οργανισμού σημαίνει ότι είτε ο πρώτος οργανισμός θα προσπαθήσει να καταπολεμήσει τον εισβολέα με το να τον εξουδετερώσει είτε ο πρώτος οργανισμός θα ενεργοποιήσει το ανοσολογικό του σύστημα. Στην περίπτωση κατά την οποία έχουμε ενεργοποίηση του ανοσολογικού συστήματος διακρίνουμε δύο υποομάδες. Η πρώτη αφορά την ήπια ενεργοποίηση που καταλήγει στην ανάπτυξη του αμυντικού συστήματος του οργανισμού ώστε σε κάθε μελλοντική αντιμετώπιση μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα να αντιπαρέρχεται την έκθεση με την μικρότερη δυνατή ενόχληση. Η δεύτερη αφορά την έντονη ενεργοποίηση που και τις περισσότερες φορές μπορεί να είναι ψευδής οπότε και η αντίδραση του οργανισμού είναι πολύ απότομη.

Σε αυτή την απότομη αντίδραση του οργανισμού εκκρίνονται διάφορες ουσίες από τον οργανισμό που τελικά δρουν κατά κάποιο τρόπο αρνητικά ως προς τον οργανισμό που τις εκκρίνει. Σε αυτές τις περιπτώσεις μιλάμε για αλλεργικές αντιδράσεις του οργανισμού. Πολλοί μικροοργανισμοί, μέρη από ανώτερους οργανισμούς ή ακόμη και αδρανή σωματίδια μπορεί να εγείρουν αλλεργικές ανταποκρίσεις. Από τη στιγμή κατά την οποία ένας οργανισμός ευαισθητοποιηθεί αλλεργικά ως προς κάποιον άλλον θα τον αντιμετωπίζει για πάντα ως αλλεργιογόνο. Για κάθε ξεχωριστό άτομο είναι δυνατόν να υπάρξουν περισσότερα του ενός αλλεργιογόνα. Επίσης ένα αλλεργιογόνο δεν σημαίνει ότι αντιμετωπίζεται ως τέτοιο από όλους τους άλλους οργανισμούς του ίδιου είδους. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι κάτι που εγείρει αλλεργική αντίδραση σε ένα άτομο μπορεί να αποτελεί τελείως αθώο δεδομένο για κάποιο άλλο άτομο. Υπάρχει μια γενικότερη

σήμερα αντίληψη ότι υπάρχουν άτομα δεκτικά και μη δεκτικά σε αλλεργικές ενεργοποιήσεις. Το γεγονός αυτό υποβόσκει γενετική προδιάθεση. Αν αυτό είναι αληθές ή όχι μέλει να προσδιοριστεί μετά από έρευνες που βρίσκονται σε εξέλιξη εδώ και λίγα χρόνια.

Σπονδυλωτά

Κατά τη σταδιακή εξέλιξη των οργανισμών μια ομάδα από ετερότροφους οργανισμούς σε ένα πρώτο στάδιο απέκτησε την ικανότητα να οργανώσει το νευρικό τους σύστημα κατά καλύτερο τρόπο. Σταδιακά οι οργανισμοί αυτοί άρχισαν να δημιουργούν συστήματα προφύλαξης του νευρικού τους συστήματος. Με βάση αυτά τα δεδομένα, σε κάποιο στάδιο της εξέλιξης, αναπτύχθηκε μια πλέον σταθερή δομή που ανέλαβε να προφυλάσσει μέρος του νευρικού συστήματος. Η δομή αυτή αποτελεί τη σπονδυλική στήλη που σκοπό έχει αφενός μεν να προστατεύει ένα μέρος του νευρικού συστήματος αφετέρου δε να στηρίζει τον όλο οργανισμό. Οι οργανισμοί αυτοί που σήμερα φέρουν από τις πλέον ατελείς μορφές μέχρι και τις πλέον οργανωμένες μορφές σπονδυλικής στήλης αποτελούν τα καλούμενα σπονδυλωτά. Στην ομάδα των σπονδυλωτών σήμερα βρίσκονται εν ζωή περίπου 40.000 ζωικοί οργανισμοί

Ασπόνδυλα

Το σύνολο των υπόλοιπων ετερότροφων οργανισμών συγκαταλέγονται στην ομάδα των ασπόνδυλων, δηλαδή των οργανισμών που δεν φέρουν σύστημα σπονδυλικής στήλης. Στην ομάδα αυτή των οργανισμών περιλαμβάνεται το μεγαλύτερο μέρος από τους ζωικούς οργανισμούς. Τα ασπόνδυλα διακρίνονται σε πάρα πολλές ομάδες ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε μιας. Στην ομάδα των ασπόνδυλων σήμερα βρίσκονται εν ζωή περίπου 1.000.000 ζωικοί οργανισμοί από τους οποίους η πλειονότητα ανήκει στα έντομα.

Έντομα

Μία από τις πλέον σημαντικές ομάδες των ασπόνδυλων είναι έντομα. Έλαβαν το όνομά τους από το γεγονός ότι το σώμα τους φέρει εντομές. Στην ομάδα των εντόμων υπάγεται μια ποικιλία οργανισμών τόσο σε μέγεθος όσο και σε είδος ενδιαίτηματος. Υπάρχουν έντομα που ζουν ένα μέρος της ζωής τους μέσα στο υδάτινο στοιχείο και άλλα που ζουν παρασιτικά σε διάφορους φυτικούς ή και ζωικούς οργανισμούς. Δίνουν πάρα πολλούς απογόνους και πολλές φορές από τον μεγάλο αριθμό τους καθίστανται πολύ επικίνδυνα για τους άλλους οργανισμούς.

Γ. ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Μια μεγάλη ομάδα οργανισμών, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι αποτελεί την πολυπληθέστερη στο περιβάλλον, αποτελούν οι μικροοργανισμοί. Φέρουν το γενικό όνομα μικροοργανισμοί καθόσον είναι μικροσκοπικού μεγέθους. Είναι οργανισμοί που για να τους δούμε είτε χρειαζόμαστε μεγάλες μεγεθύνσεις στα κοινά μικροσκόπια, ή γίνονται ορατοί μετά από ειδική επεξεργασία και για ορισμένους από αυτούς χρειαζόμαστε τα καλούμενα ηλεκτρονικά μικροσκόπια που οι μεγεθύνσεις είναι πολύ μεγάλες.

Διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Τους προκαρυωτικούς και τους ευκαρυωτικούς μικροοργανισμούς. Η διάκρισή τους στηρίζεται στην οργάνωση του γενετικού τους υλικού. Οι προκαρυωτικοί έχουν το γενετικό τους υλικό διάχυτο μέσα στο κυτταρικό σώμα, ενώ οι ευκαρυωτικοί το έχουν οργανωμένο στον καλούμενο πυρήνα. Ανεξαρτήτως του αν είναι προκαρυωτικοί ή ευκαρυωτικοί οι μικροοργανισμοί αποτελούν βασική συνιστώσα του περιβάλλοντος και πολλές διεργασίες που διαλαμβάνουν χώρα σε αυτό, με θετικές ή και αρνητικές συνέπειες για τον άνθρωπο, είναι το αποτέλεσμα της δράσης τους.

Σημαντικό μέρος από τους μικροοργανισμούς αποτελούν παθογόνους ή ακόμη και δυνητικά παθογόνους τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τους οργανισμούς από τους οποίους εξαρτάται η διατροφή του. Πολλοί από αυτούς αν και δεν είναι παθογόνοι έχουν την ικανότητα να είναι αλλεργιογόνοι.

Δ. ΠΡΩΤΟΖΩΑ

Μια μεγάλη ομάδα από τους ετερότροφους ευκαρυωτικούς μικροοργανισμούς αποτελούν τα πρωτόζωα. Πολλοί από αυτούς διαβιούν ελεύθερα στο περιβάλλον ενώ άλλοι είναι παρασιτικοί. Είναι υπεύθυνοι για την εμφάνιση σημαντικών ασθενειών στον άνθρωπο και τα οικόσιτα ζώα. Απαντώνται τόσο σε χερσαία οικοσυστήματα όσο και σε υδάτινα.

Ε. ΑΛΓΗ - ΦΥΚΗ

Είναι μικροσκοπικοί φυτικοί οργανισμοί που διαβιούν κυρίως σε υδάτινα οικοσυστήματα. Μεγάλος αριθμός από άλγη, μικροσκοπικά φύκη, ανευρίσκονται σε σημεία όπου συγκεντρώνονται νερά. Ουσιαστικά αποτελούν τη βάση της διατροφής όλων των υπολοίπων μικροοργανισμών αλλά και πολλών μεγαλύτερων σε μέγεθος οργανισμών. Είναι οι οργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τον

εμπλουτισμό των υδάτων με σημαντικές ποσότητες οξυγόνου αλλά συγχρόνως είναι υπεύθυνοι για σημαντικές ασθένειες.

Z. ΒΑΚΤΗΡΙΑ

Είναι προκαρυωτικοί μικροοργανισμοί και κατά πλειονότητα είναι παθογόνοι για τον άνθρωπο. Εκτός από τα επικίνδυνα για τον άνθρωπο βακτήρια σημαντικός αριθμός από αυτά αποτελούν περιβαλλοντικούς παράγοντες από τους οποίους άμεσα εξαρτάται ο άνθρωπος είτε γιατί συμβιούν με αυτόν, βλέπε μικροβιακή χλωρίδα του εντέρου, είτε γιατί από αυτά εξαρτάται η δέσμευση σημαντικών στοιχείων από τα φυτά, βλέπε αζωτοβακτήρια χωρίς τα οποία ίσως να μην ήταν δυνατή η εξέλιξη άλλων φυτικών και ζωικών οργανισμών.

Πολλαπλασιάζονται πάρα πολύ γρήγορα και κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα μπορούν να γίνουν απειλητικά για τον άνθρωπο μόνο και μόνο από τον υπερβολικό τους αριθμό. Για την καταπολέμησή τους ο άνθρωπος έχει συνθέσει σημαντικό αριθμό από αντιβιοτικά. Ο ταχύς χρόνος πολλαπλασιασμού τους τα έχει καταστήσει ικανά να αντεπεξέρχονται στα διάφορα συνθετικά αντιβιοτικά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο άνθρωπος να αναγκάζεται κατά διαστήματα να αναπτύσσει όλο και ισχυρότερα αντιβιοτικά.

H. ΜΥΚΗΤΕΣ

Είναι ευκαρυωτικοί οργανισμοί. Βασικά διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Σε αυτούς που έχουν μικροσκοπικό μέγεθος και σε αυτούς που έχουν ένα μεγαλύτερο μέγεθος. Στην πρώτη ομάδα υπάγονται οργανισμοί που τους συναντάμε σε πολλά υγρά μέρη, σε υγρά και ξεχασμένα τρόφιμα αλλά και οι μικροοργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τόσο για διάφορες χρήσιμες ζυμώσεις. Τέτοιες ζυμώσεις χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του ψωμιού, του τυριού, του γιαουρτιού, της μπύρας, του κρασιού και πολλών άλλων προϊόντων. Στην δεύτερη ομάδα υπάγονται τα γνωστά σε όλους μανιτάρια.

Οι μύκητες που αναπτύσσονται σε νοτερά και σε υγρά μέρη είναι πολύ μικρού μεγέθους και σχηματίζουν πολύπλοκες υφές που κάτω από το μικροσκόπιο δίνουν την εικόνα μιας μάζας από μπαμπάκι. Όταν ωριμάσουν σχηματίζουν μικροσπόρια που εντοπίζονται πάνω σε μικροσκοπικού μεγέθους νημάτια. Τα μικροσπόρια αυτά συνήθως έχουν διάφορους χρωματισμούς και αυτά είναι που εμείς βλέπουμε στα μουχλιασμένα τρόφιμα. Όταν δηλαδή βλέπουμε την καλούμενη μούχλα των

τροφίμων οι μύκητες έχουν βασικά εξαπλωθεί σε όλη τη μάζα των τροφίμων και έχουν ήδη αρχίσει να σχηματίζουν τα μικροσπόρια με τα οποία μπορεί να διαδοθούν σε άλλα τρόφιμα ή νοτερά μέρη με τη βοήθεια των ρευμάτων του αέρα.

Θ. ΙΟΙ

Είναι ακυτταρικές βιοτικές μορφές. Αποτελούνται από ένα μόριο γενετικού υλικού και από ένα περίβλημα που μπορεί να αποτελείται μόνο από πρωτεϊνικά μόρια ή και να είναι πιο πολύπλοκο προερχόμενο από την κυτταροπλασματική μεμβράνη των οργανισμών που ξενίζει. Δεν είναι ζωντανοί οργανισμοί, αλλά βασίζονται στα λειτουργικά συστήματα των ζωντανών οργανισμών για τη δική τους επιβίωση. Κάθε ιός ξενίζει σχεδόν αποκλειστικά ένα οργανισμό. Υπάρχουν ιοί για κάθε είδους γνωστό οργανισμό, δηλαδή ιοί για βακτήρια, μικροοργανισμούς, φυτά και ζώα. Ορισμένες φορές και κάτω από ειδικές συνθήκες μερικοί ιοί είναι δυνατόν να περάσουν σε διαφορετικούς οργανισμούς από αυτούς που συνήθως ξενίζουν. Κάτω από αυτές τις συνθήκες οι ιοί αυτοί καθίστανται άκρως επικίνδυνοι για τους νέους οργανισμούς.

Υπάρχουν ποικίλοι μηχανισμοί με τους οποίους μπορούν να διαδοθούν οι ιοί από τον ένα οργανισμό του είδους σε ένα άλλο άτομο του ίδιου είδους οργανισμών. Ο πλέον κοινός τρόπος μετάδοσης είναι διαμέσου των ρευμάτων αέρα ή ακόμη και των τροφών.

Κατά κανόνα δεν υπάρχουν φαρμακευτικές αγωγές ικανές να αντιμετωπίσουν τους διάφορους ιούς. Τα αντιβιοτικά που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση των διάφορων μικροβιακών λοιμώξεων δεν έχουν καμία επίδραση σε αυτούς. Τους ιούς τους αντιμετωπίζει κάθε οργανισμός από μόνος του με βάση τους δικούς του μηχανισμούς άμυνας.

Η προσβολή ενός οργανισμού από ένα ιό ακολουθείται από μια χρονική περίοδο, περίοδος επώασης, κατά την οποία ο ιός αξιοποιεί τους κυτταρικούς μηχανισμούς του οργανισμού για τον πολλαπλασιασμό του. Κατά τη διαδικασία αυτή ο οργανισμός βρίσκεται σε κατάσταση μειωμένης απόδοσης και είναι εύκολο να προσβληθεί από διάφορους άλλους μικροοργανισμούς.

I. ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑ

Είναι ο χώρος στον οποίο διαβιεί ένας οργανισμός. Στον χώρο αυτό ο κάθε οργανισμός βρίσκει τα αποθέματα της τροφής του αλλά και τις κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξή του.

ΙΑ. ΡΥΠΑΝΣΗ

Η διασπορά στο περιβάλλον ανθρωπογενών χημικών ουσιών που αλλοιώνουν την σύστασή του και υποβαθμίζουν την ποιότητά του αποτελεί τη μόλυνση. Οι χημικές αυτές ουσίες μπορεί να είναι αερίου, στερεής ή και υγρής φάσης. Όλες είναι δυνατόν να υποβαθμίζουν είτε τον αέρα είτε το έδαφος είτε τις επιφανειακές συγκεντρώσεις του ύδατος αλλά και τον υδροφόρο ορίζοντα καθιστώντας το νερό ακατάλληλο για χρήση τόσο από τον άνθρωπο όσο και από τους υπόλοιπους οργανισμούς.

ΙΒ. ΜΟΛΥΝΣΗ

Η διασπορά στο περιβάλλον τόσο διαφόρων φυτικών ή ζωικών οργανισμών όσο και διαφόρων μικροοργανισμών αποτελεί τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Πολλές φορές μπορεί να έχουμε μόλυνση του περιβάλλοντος χωρίς να έχουμε και ταυτόχρονη μόλυνση άλλων οργανισμών αλλά να έχουμε υποβάθμισή του. Μπορεί, όμως, να έχουμε μόλυνση ενός οργανισμού από κάποιον άλλο οργανισμό με αποτέλεσμα ο οργανισμός που έχει μολυνθεί να βρίσκεται σε μια επικίνδυνη τόσο για την υγεία του όσο και για την ίδια τη ζωή του κατάσταση. Τις περισσότερες φορές η μόλυνση του περιβάλλοντος ή κάποιων οργανισμών επέρχεται από μικροσκοπικού μεγέθους οργανισμούς που δεν είναι ορατοί με γυμνό οφθαλμό.

Μια άλλου είδους μόλυνση έχει παρατηρηθεί κατά τα τελευταία εκατό χρόνια. Η μόλυνση αυτή προέρχεται από οργανισμούς που μεταφέρει ο άνθρωπος εσκεμμένα ή άθελά του κατά τις μετακινήσεις του από τη μια περιοχή του πλανήτη στην άλλη. Η μετακίνηση αυτή των οργανισμών έχει σαν αποτέλεσμα την αλλοίωση του περιβάλλοντος μιας περιοχής, αλλά συγχρόνως προκαλεί και μια εξελικτική πίεση και προς τον οργανισμό που μεταφέρθηκε για να προσαρμοστεί στο νέο περιβάλλον του αλλά και στους οργανισμούς της περιοχής εισόδου καθόσον έρχονται αντιμέτωποι με κάθε είδους οργανισμούς που πρωτίτερα δεν είχαν αντιμετωπίσει. Η πίεση αυτή από τη μια μεριά αποτελεί παράγοντα εξέλιξης των οργανισμών ενώ από την άλλη μεριά αποβαίνει πολλές φορές επιζήμια προς

αμφότερους τους οργανισμούς καθόσον έρχονται αντιμέτωποι με νέους παθογόνους μικροοργανισμούς που προηγούμενα δεν τους είχαν αντιμετωπίσει ώστε να αναπτύξουν τους κατάλληλους αμυντικούς μηχανισμούς τους.

Formatted: Greek

Επιβάρυνση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος από τη χρησιμοποίηση των συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού και αερισμού

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	2
2. Η λειτουργία των μηχανικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού	3
3. Η σχέση ποιότητας αέρα και μηχανικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού	4
4. Σύγκριση των συστημάτων σταθερής και μεταβλητής παροχής αέρα	5
5. Επιβάρυνση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος από τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού	8
5.1. Κύκλωμα αέρα	8
5.2. Κύκλωμα ψυχρού νερού	19
5.3. Κύκλωμα θερμού νερού	20
5.4. Κύκλωμα ψυκτικού μέσου	20
6. Η επίδραση της εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού στην ΠΕΑ	21
6.4. Ανάκτηση ενέργειας	24
7. Επίλογος	26
8. Αναφορές	26

1. Εισαγωγή

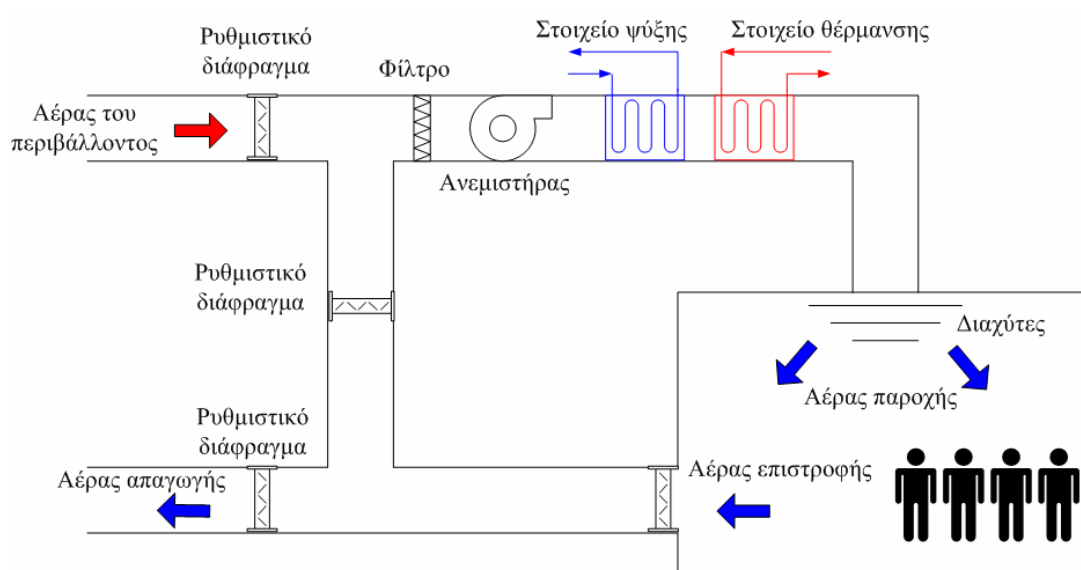
Αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου αποτελεί η επίδραση των σύγχρονων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού στην ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος. Η ανάγκη εισαγωγής μηχανικών συστημάτων στα κτίρια πηγάζει από το γεγονός πως συχνά ο σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους δε μπορεί να εκπληρώσει τις αυξημένες σύγχρονες ανάγκες των χρηστών των κτιρίων ως προς την παροχή και εξασφάλιση ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ανεξάρτητα από τις αλλαγές του κλίματος και τις καιρικές συνθήκες. Ως εκ τούτου, τα κτίρια εξοπλίζονται με σύγχρονα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού τα οποία αποσκοπούν τόσο στην παροχή θέρμανσης, ψύξης, καθαρού αέρα του περιβάλλοντος και όσο και στον έλεγχο της υγρασίας προκειμένου να εξασφαλιστούν ικανοποιητικές συνθήκες θερμικής άνεσης και ποιότητας εσωτερικού αέρα (ΠΕΑ). Ωστόσο, ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να εκπληρώνουν τον στόχο τους, διότι συχνά παρουσιάζονται σημαντικά προβλήματα που οδηγούν τελικά στην υποβάθμιση του εσωτερικού περιβάλλοντος. Ιδιαίτερα σήμερα αν και η τεχνολογία προσφέρει σύγχρονες λύσεις συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, η αυξημένη σε σχέση με το παρελθόν πολυπλοκότητα τους δημιουργεί προβλήματα όσον αφορά την σωστή συνεργασία των επιμέρους στοιχείων τους καθώς και σε αυτά καθ' αυτά τα επιμέρους υποσυστήματα, επηρεάζοντας αρνητικά τόσο τη θερμική άνεση όσο και την ΠΕΑ. Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η λειτουργία δύο ευρέως διαδεδομένων μηχανικών συστημάτων, των συστημάτων μεταβλητής παροχής αέρα και των συστημάτων σταθερής παροχής αέρα και εν συνεχεία ακολουθεί η μελέτη της επίδρασης στην ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος και των προβλημάτων που παρουσιάζονται σε κάθε επιμέρους στοιχείο των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού ξεχωριστά.

Ο τομέας των κτιρίων αποτελεί σημαντικό καταναλωτή ενέργειας, αντικατοπτρίζοντας το 40% της συνολικής τελικής ενέργειας που καταναλώνεται στην Ε.Ε. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων συνδέεται άμεσα με το εξωτερικό μικροκλίμα και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον και επομένως θα πρέπει να μελετάται σε συνάρτηση με τους δύο παραπάνω παράγοντες. Ιδιαίτερα η ποιότητα εσωτερικού αέρα αλληλεπιδρά στην κατανάλωση ενέργειας, καθώς είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης των ρύπων του εσωτερικού περιβάλλοντος, η οποία με τη σειρά της συνδέεται με τον ρυθμό αερισμού. Ο αυξημένος όμως ρυθμός αερισμού συνεπάγεται ότι το μηχανικό σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού θα πρέπει να διαχειρισθεί (ψύξει, θερμάνει, υγράνει και αφυγράνει) μεγαλύτερη ποσότητα εισερχόμενου αέρα στο κτίριο για να επιτευχθούν τα επιθυμητά επίπεδα θερμικής άνεσης. Δεδομένου ότι η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια αποτελεί βασικό άξονα της ενεργειακής πολιτικής στην Ε.Ε., στο εν λόγω κεφάλαιο παρατίθενται οι σύγχρονες τεχνικές και τεχνολογίες που εφαρμόζονται στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, οι οποίες στοχεύουν στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια. Λόγω όμως του γεγονότος ότι η εφαρμογή τέτοιων τεχνικών δύναται να επηρεάσει θετικά ή αρνητικά την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος, οι τεχνικές αυτές μελετώνται σε σύνδεση με την επίδρασή τους στο εσωκλίμα και την ποιότητα εσωτερικού αέρα.

Λέξεις κλειδιά: *συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, συστήματα σταθερής και μεταβλητής παροχής αέρα, επιμέρους στοιχεία του μηχανικού συστήματος, εξοικονόμηση ενέργειας, ανάκτηση ενέργειας*

2. Η λειτουργία των μηχανικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού

Τα μηχανικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού σχεδιάζονται ώστε να παρέχουν θέρμανση, ψύξη και αέρα στους κατοικήσιμους χώρους των κτιρίων. Ένα τυπικό μηχανικό σύστημα αποτελείται από τα όργανα ελέγχου, έναν τουλάχιστον ανεμιστήρα για την κίνηση του αέρα, τη διάταξη για την εισαγωγή στο χώρο του αέρα του περιβάλλοντος, το φίλτρο για τον καθαρισμό του αέρα, τα στοιχεία για τη θέρμανση και ψύξη του αέρα, τα διαφράγματα για τη ρύθμιση της ροής του αέρα και το σύστημα διανομής, το οποίο συνήθως συνίσταται από τους αγωγούς που συνδέονται με το ρυθμιστή παροχής αέρα και μια διαδρομή για τον αέρα επιστροφής από το χώρο στη τερματική μονάδα (Σχήμα 1). Είναι φυσικό επακόλουθο πως όσο μεγαλύτερη είναι η περιοχή που πρέπει να καλύψει το μηχανικό σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, τόσο πιο πολύπλοκο γίνεται περιλαμβάνοντας περισσότερα επιμέρους στοιχεία και πιο περίπλοκα συστήματα ελέγχου.



Σχήμα 1. Στοιχεία τυπικού (μονοζωνικού) μηχανικού συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού

Για την επίτευξη των στόχων ενός συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού (θερμικής άνεσης και ικανοποιητικής ΠΕΑ) η επιλογή του συστήματος κλιματισμού πρέπει να πραγματοποιείται με μεγάλη προσοχή. Σήμερα, διατίθενται πληθώρα συστημάτων που είναι εμπορικά ώριμα με διαφορετική φιλοσοφία λειτουργίας και δυνατότητες (συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα, συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού, συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό, συστήματα απευθείας εκτόνωσης). Για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος θα πρέπει να συνεκτιμώνται οι ακόλουθοι παράγοντες ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής:

- Οικονομικοί παράγοντες: αρχικό κόστος εγκατάστασης, κόστος λειτουργίας, συντήρησης και επιδιόρθωσης του συστήματος, απόδοση της επένδυσης.
- Αρχιτεκτονικοί παράγοντες: νέο ή παλιό κτίριο, τοποθεσία και προσανατολισμός του κτιρίου, χρήση, διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση του συστήματος κλιματισμού.

- Παράγοντες σχεδιασμού του συστήματος κλιματισμού: εθνικά και διεθνή πρότυπα θερμικής άνεσης και ΠΕΑ, θερμικά και ψυκτικά φορτία, αξιοπιστία, κατανάλωση ενέργειας.

Σύμφωνα με τους παραπάνω παράγοντες επιλογής συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, οι βασικοί κανόνες που θα πρέπει να διέπουν το σχεδιασμό των συστημάτων είναι οι παρακάτω:

- ο Οι επιθυμητές εσωκλιματικές συνθήκες θα πρέπει να επιτυγχάνονται κάτω από οποιοσδήποτε εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.
- ο Το σύστημα θα πρέπει να ανταποκρίνεται σε εύλογο χρόνο στις αλλαγές του καιρού, ιδίως τις μεταβατικές εποχές.
- ο Το ελάχιστο απαιτούμενο ποσοστό εναλλαγής αέρα πρέπει να επιτυγχάνεται για να διατηρηθεί η καλή ποιότητα του αέρα.
- ο Η καθαρότητα του ανακυκλούμενου αέρα θα πρέπει να διατηρείται με τη χρήση των κατάλληλων φίλτρων.
- ο Ο θόρυβος των συστημάτων πρέπει να διατηρηθεί σε χαμηλό επίπεδο, ειδικά στα συστήματα αέρα.
- ο Οι ενεργειακές δαπάνες πρέπει να ελαχιστοποιηθούν .
- ο Το αρχικό κόστος κατασκευής και τα λειτουργικά έξοδα πρέπει να διατηρηθούν στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο.
- ο Η ορθολογική διαστασιολόγηση των συστημάτων, η οποία οδηγεί σε ικανοποιητική λειτουργία των συστημάτων (επίτευξη θερμικής άνεσης και καλής ΠΕΑ) και εξοικονόμηση ενέργειας. Τα υποδιαστασιολογημένα συστήματα δεν είναι ικανά να ανταπεξέλθουν στην απαίτηση του θερμικού και ψυκτικού φορτίου αδυνατώντας με αυτόν τον τρόπο να διατηρήσουν την επιθυμητή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια ενός ζεστού απογεύματος το καλοκαίρι ή τα κρύα πρωινά του χειμώνα. Ανάλογα, η εγκατάσταση ενός υπερβολικά μεγάλου συστήματος πέρα από το μεγαλύτερο αρχικό κόστος και κόστος λειτουργίας δε μπορεί να εξασφαλίσει την απαιτούμενη θερμική άνεση. Οδηγεί σε υπερβολικά μεγάλες παροχές αέρα, φαινόμενα τοπικής υπερψύξης ή υπερθέρμανσης, υπερβολική αφύγρανση ή υγρανση και ταχύτητες διάχυσης αέρα που δημιουργούν συνθήκες δυσαρέσκειας στους χρήστες. Με τα σημερινά δεδομένα σχεδιασμού ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων και τα διαθέσιμα εργαλεία υπολογισμού θερμικών και ψυκτικών φορτίων είναι δυνατή η ορθολογική διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού.

3. Η σχέση ποιότητας αέρα και μηχανικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού

Τα μηχανικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού αποτελούν ένα από τα τέσσερα βασικά στοιχεία (εκτός από το κέλυφος του κτιρίου, τους κατοίκους του και τις δραστηριότητες αυτών και το εξωτερικό περιβάλλον) που αλληλεπιδρούν σε ένα κτίριο και καθορίζουν τις συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος. Ο ρόλος των μηχανικών συστημάτων αφορά στον κλιματισμό του εσωτερικού αέρα (θερμαίνοντας ή ψύχοντάς τον) και στη φροντίδα διασφάλισης της εναλλαγής εσωτερικού και εξωτερικού αέρα. Ωστόσο, τα μηχανικά συστήματα δε συμβάλλουν πάντοτε στην επίτευξη ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα διαμέσου των μηχανισμών απομάκρυνσης (απομάκρυνση του 'μπαγιάτικου' αέρα και εισαγωγή φρέσκου από το

εξωτερικό περιβάλλον) και διάλυσης των ρύπων (η απόδοση της οποίας εξαρτάται από την ποσότητα του εισαγόμενου αέρα στο χώρο ελέγχου και τον τρόπο που αυτή διανέμεται σε αυτόν). Συχνά υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες που επιδρούν αρνητικά στη διαμόρφωση του εσωκλίματος. Τοιουτοτρόπως, τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού διαθέτουν ένα δυναμικό παραγωγής αέριων ρύπων ως αποτέλεσμα ατελειών στο σχεδιασμό, εγκατάσταση, λειτουργία ή συντήρησή τους. Πιο συγκεκριμένα τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού μπορεί να αποτελέσουν πηγή ρύπων γιατί:

- Το σύστημα διανομής αέρα ενός συστήματος αποτελεί το ‘μονοπάτι’ του αέρα σε ολόκληρο το κτίριο. Η εισαγωγή στο κτίριο του αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος, όταν αυτός είναι ρυπασμένος με υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, οδηγεί σε υποβάθμιση της ΠΕΑ. Επιπρόσθετα, το σύστημα διανομής αέρα λόγω της ανακυκλοφορίας μέρους του αέρα ‘διευκολύνει’ τη μεταφορά ρύπων από ένα χώρο υψηλής συγκέντρωσης ρύπων σε άλλους χαμηλότερης. Με αυτόν τον τρόπο σε κτίρια μικτής χρήσης, ρύποι μπορούν να μεταφερθούν από μία περιοχή του κτιρίου που χρησιμοποιείται για κάποιον ειδικό σκοπό, όπως για παράδειγμα εργαστήρια, σε άλλες όπως γραφεία.
- Τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού όπως οι υγραντές, αφυγραντές, πύργοι ψύξης και αεραγωγοί είναι πιθανό να αποτελέσουν πηγή βιολογικής ρύπανσης, η οποία διαχέεται στο κτίριο μέσω του συστήματος αερισμού. Η επιλογή χαμηλής απόδοσης φίλτρων καθαρισμού, η οποία δεν παρέχει αξιόπιστο έλεγχο των ρύπων και προστασία των επιμέρους συστημάτων, επιτείνει το πρόβλημα συσσώρευσης βιολογικής ρύπανσης στα υποσυστήματα.
- Η λογική της ελαχιστοποίησης του κόστους συντήρησης των συστημάτων που διέπεται από τη φιλοσοφία ‘εάν δε χαλάσει, μην το φτιάξεις’ καθιστά ακόμα και τα πιο εξαιρετικά σχεδιασμένα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού σε μη ικανοποιητική λειτουργία.

4. Σύγκριση των συστημάτων σταθερής και μεταβλητής παροχής αέρα

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων μεταβλητής παροχής αέρα (ΜΠΑ), προκειμένου να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης, έγκειται στη μεταβολή του όγκου του αέρα παροχής σε κάθε ζώνη του κτιρίου τη στιγμή που η θερμοκρασία του αέρα παραμένει σταθερή. Κατά τη λειτουργία του συστήματος ΜΠΑ, ο εξωτερικός αέρας αναμιγνύεται με τον αέρα ανακυκλοφορίας, κατευθύνεται προς τα στοιχεία ψύξης ή θέρμανσης αποκτώντας την επιθυμητή θερμοκρασία και μέσω αεραγωγών προσαγωγής καταλήγει σε κάθε ζώνη. Ο θερμοστάτης χώρου ανοίγοντας ή κλείνοντας την πεταλούδα του ρυθμιστή όγκου ΜΠΑ καθορίζει τον όγκο αέρα που απαιτείται για να εισαχθεί στον κλιματιζόμενο χώρο, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία. Σε ένα κοινό σύστημα ΜΠΑ, λοιπόν, ο συνολικός ρυθμός ροής αέρα προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη.

Ο σχεδιασμός και διαστασιολόγηση (ικανότητα ροής αέρα και μεταφοράς θερμότητας των στοιχείων θέρμανσης και ψύξης) των συστημάτων ΜΠΑ πραγματοποιείται για να παρέχεται θέρμανση και ύγρανση ή ψύξη και αφύγρανση στις πιο ακραίες συνθήκες είτε του χειμώνα είτε του καλοκαιριού αντίστοιχα. Τον υπόλοιπο χρόνο υπό συνθήκες μερικού φορτίου, όπου τα θερμικά ή ψυκτικά φορτία

μειώνονται, οι κανονικές λειτουργίες του συστήματος ΜΠΑ καταλήγουν σε μείωση του συνολικού ρυθμού ροής αέρα.

Αντίθετα στα συστήματα σταθερής παροχής αέρα (ΣΠΑ), η διανομή του αέρα παροχής στις διαφορετικές ζώνες του κτιρίου πραγματοποιείται υπό σταθερό όγκο και για την επίτευξη θερμικής άνεσης μεταβάλλεται η θερμοκρασία του. Σε ένα σωστά ελεγχόμενο σύστημα, το στοιχείο θέρμανσης μόνο θερμαίνει τον αέρα έτσι ώστε να παρέχει συνθήκες θερμικής άνεσης στην πιο κρύα ζώνη του κτιρίου. Αντίστοιχα, το στοιχείο ψύξης μόνο ψύχει τον αέρα μέχρι μία θερμοκρασία ικανή για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης στην πιο ζεστή ζώνη του κτιρίου. Οι ζώνες του κτιρίου με ενδιάμεσες ανάγκες σε ψύξη και θέρμανση δέχονται ένα συνδυασμό των δύο ρευμάτων αέρα, τα οποία καταμερίζονται σε ένα θάλαμο μίξης ή μια θερματική μονάδα, που διαφοροποιεί την αναλογία των ποσοτήτων θερμού και ψυχρού αέρα που διανέμεται στο χώρο σε συνεργασία με το θερμοστάτη που εξυπηρετεί τη συγκεκριμένη ζώνη.

Η διαφοροποίηση του τρόπου λειτουργίας των δύο συστημάτων είναι αυτή ακριβώς που γεννά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεταξύ τους. Η διάδοση των συστημάτων ΜΠΑ στηρίζεται κατά κύριο λόγο στην καλύτερη ενεργειακή τους απόδοση. Η τελευταία οφείλεται κατά βάση στην ικανότητα τους να εξοικονομούν ενέργεια από τη λειτουργία του ανεμιστήρα καθώς κινούν λιγότερο αέρα διαφοροποιώντας την ποσότητα παροχής αέρα ανάλογα με τις θερμικές απαιτήσεις. Σύμφωνα με την κατανομή της χρήσης ενέργειας ενός συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού στα επιμέρους τμήματά του, το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας (88%) συνδέεται με τους ανεμιστήρες, είτε προσαγωγής και επιστροφής αέρα στις ΜΔΑ είτε απαγωγής στον εξαερισμό. [1] Την ίδια στιγμή ένα από τα χαρακτηριστικά του συστήματος ΣΠΑ είναι ότι εάν η περιοχή που εξυπηρετείται δεν απαιτεί ούτε θέρμανση ούτε ψύξη, τότε η θερμοκρασία του αέρα που διανέμεται γίνεται ίδια με τη θερμοκρασία του χώρου αλλά ο συνολικός όγκος του αέρα παραμένει ο ίδιος σαν να ήταν απαραίτητη η ψύξη ή θέρμανση. Το παράδειγμα αυτό αποτελεί απόδειξη ότι τα συστήματα παροχής σταθερού όγκου αέρα είναι λιγότερο αποδοτικά ενεργειακά από τα συστήματα μεταβλητού όγκου. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα συστήματα ΜΠΑ πέρα από την καλύτερη ενεργειακή τους απόδοση, πλεονεκτούν έναντι των συστημάτων ΣΠΑ και όσον αφορά στον θερμοκρασιακό έλεγχο της κάθε θερμικής ζώνης, ο οποίος ως ανεξάρτητος είναι ιδιαίτερα ακριβής. Ωστόσο, τα συστήματα ΜΠΑ λόγω της πολυπλοκότητάς τους συχνά δεν έχουν ιδιαίτερα αποδοτική λειτουργία, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται προβλήματα σε κτίρια που διαθέτουν τέτοια συστήματα. Το σημαντικότερο ζήτημα σχετικά με την ΠΕΑ αφορά στον ανεπαρκή αερισμό όταν λειτουργούν υπό μερικό φορτίο και συνεπώς στη μειωμένη ικανότητα διάλυσης των ρύπων. Σε αυτή την περίπτωση, εάν το σύστημα ΜΠΑ έχει σχεδιαστεί ώστε η παροχή εξωτερικού αέρα να αποτελεί σταθερό ποσοστό της συνολικής παροχής αέρα, τότε ο μειωμένος ολικός όγκος παροχής αέρα θα οδηγήσει στην ελάττωση του ρυθμού ροής εξωτερικού αέρα σε επίπεδα κάτω από τις ελάχιστες συνιστώμενες τιμές των προτύπων ΠΕΑ. Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις για να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα της απόκρισης των συστημάτων ΜΠΑ μόνο στις μεταβολές του φορτίου και όχι στην αποτελεσματικότητα του αερισμού, κυρίως με χρήση συστημάτων ελέγχου, με μερικό ή πλήρη έλεγχο του αερισμού ή με τοποθέτηση ανεμιστήρα παροχής ελάχιστου εξωτερικού αέρα.

Κρίσιμο ζήτημα αποτελούν οι αλλαγές στο σχεδιασμό και λειτουργία του συστήματος ΜΠΑ, ώστε να υπάρξει κέρδος στην απόδοση και μείωση στην κατανάλωση ενέργειας. Αυτές οι αλλαγές είναι δυνατόν να επηρεάσουν τη σωστή

λειτουργία των συστημάτων ΜΠΑ και να επιδράσουν αρνητικά στο αίσθημα θερμικής άνεσης και στην ΠΕΑ. Τέτοιες πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας είναι: [2]

- Η μείωση της παροχής εξωτερικού αέρα η οποία ωστόσο δεν πρέπει να μειωθεί περισσότερο από όσο επιτρέπουν τα πρότυπα ΠΕΑ.
- Ο κύκλος λειτουργίας (Duty cycling) κατά τον οποίο ολόκληρη η μονάδα διαχείρισης του αέρα είναι κλειστή για μια σύντομη περίοδο. Την περίοδο αυτή που η μονάδα είναι κλειστή καθώς και κατά τη διάρκεια της περιόδου επαναφοράς, μπορεί να μην ικανοποιούνται οι συνθήκες θερμικής άνεσης και καλής ΠΕΑ.
- Η αυτόματη έναρξη-παύση των σημείων λειτουργίας των θερμοκρασιών των τερματικών που βασίζονται στην ώρα της μέρας ή η διακοπή της λειτουργίας του συστήματος το σαββατοκύριακο. Με την παραπάνω τεχνική, ζώνες με περιορισμένη ικανότητα διατήρησης της θερμοκρασίας μπορεί να μην επανέλθουν σωστά.
- Οι αλλαγές στον έλεγχο των ΜΠΑ συστημάτων (οι οποίες παρότι είναι συνήθως χαμηλού κόστους μπορούν ωστόσο να οδηγήσουν σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας) είναι δυνατόν να προξενήσουν δυσμενή αποτελέσματα στο εσωκλίμα. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι:
 - Η παύση συστήματος κατά τη διάρκεια μη απασχολούμενων περιόδων, η οποία δύναται να προκαλέσει ελλιπή αερισμό και υψηλή συγκέντρωση ρύπων, εκτός κι αν οι κύκλοι καθαρισμού συμπεριληφθούν σωστά.
 - Οι προσαρμογές στις θερμοκρασίες των μονάδων διαχείρισης αέρα και στις θερμοκρασίες του ψυχρού νερού με συνέπειες την απώλεια ελέγχου της υγρασίας και την φτώχη ΠΕΑ.
 - Οι προσαρμογές του ελέγχου στατικής πίεσης στη μονάδα διαχείρισης αέρα (ΜΔΑ), για να μειωθεί η ενέργεια του ανεμιστήρα, η οποία πιθανόν να προκαλέσει σημαντική έλλειψη ροής αέρα σε κρίσιμες ζώνες για το τερματικό του ΜΠΑ και συνεπακόλουθα φτώχη ΠΕΑ και έλλειψη του αισθήματος άνεσης.
 - Οι αλλαγές στα τερματικά ελάχιστης παροχής ροής αέρα με στόχο τη μείωση της ανάγκης αναθέρμανσης αλλά και πιθανόν την ελάττωση των εναλλαγών αέρα.

Από την άλλη πλευρά τα συστήματα ΣΠΑ αν και δεν παρέχουν σε σχέση με τα συστήματα ΜΠΑ εξίσου καλή ενεργειακή απόδοση, αυξημένη δυνατότητα ευελιξίας, χαμηλά επίπεδα θορύβου όταν το σύστημα λειτουργεί υπό μερικό φορτίο και ανεξάρτητο θερμοκρασιακό έλεγχο σε κάθε ζώνη, παρουσιάζουν καλή απόδοση σε ότι αφορά στην επίτευξη ικανοποιητικής ΠΕΑ. Οι λόγοι είναι κυρίως δύο: α) η σταθερή παροχή αέρα (καθώς οι θερμικές ή ψυκτικές απαιτήσεις καλύπτονται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα κι όχι του όγκου παροχής) εξασφαλίζει σε κάθε χώρο τη συνεχή ροή αέρα, γεγονός συμβάλλει στην ύπαρξη επαρκούς εναλλαγής αέρα σε όλο το κτίριο έτσι ώστε η συγκέντρωση των εσωτερικών αέριων ρύπων να μην ξεπερνά τα επιτρεπτά επίπεδα και β) η διαχείριση των συστημάτων ΣΠΑ είναι απλή χωρίς την απαίτηση πολλών διατάξεων ελέγχου, γεγονός που καθιστά ευκολότερο τον έλεγχο της διανομής του εξωτερικού αέρα και γενικότερα πιο αποδοτική τη λειτουργία τους.

Εν κατακλείδι, οποιοδήποτε τεχνολογία και τεχνική θέρμανσης, ψύξης και αερισμού επιλεγεί, ιδιαίτερη προσοχή οφείλεται να δοθεί τόσο στον αρχικό σχεδιασμό των συστημάτων όσο και στις τεχνικές και ρυθμίσεις τους με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Σήμερα, η πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού παρέχει πολλές μεθόδους, οι οποίες πρέπει να ιεραρχηθούν σύμφωνα και με το αντίκτυπό τους στην ΠΕΑ.

5. Επιβάρυνση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος από τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού

Ο κύριος σκοπός ενός συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού είναι η παροχή ενός άνετου και υγιούς περιβάλλοντος στους χρήστες των κτιρίων. Για το σκοπό αυτό, το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού παρέχει μια σειρά υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων της θέρμανσης, της ψύξης, της παροχής εξωτερικού αέρα, του φιλτραρίσματος, της διανομής και της διάχυσης του αέρα.

Ένα τυπικό σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού αποτελείται από το κύκλωμα αέρα (εισαγωγή εξωτερικού αέρα, ρυθμιστικά διαφράγματα εξωτερικού αέρα, χώρος ανάμιξης, φίλτρα αέρα, στοιχείο ψύξης και θέρμανσης, ανεμιστήρας παροχής αέρα, εξοπλισμός ύγρανσης και/ή αφύγρανσης, σύστημα διανομής, τερματική μονάδα, έλεγχοι, ανεμιστήρας επιστροφής αέρα, απαγωγή αέρα), το κύκλωμα ψυχρού νερού (πύργος ψύξης και δοχείο συλλογής συμπυκνώματος), το κύκλωμα θερμού νερού (λέβητας και λεβητοστάσιο) και το κύκλωμα ψυκτικού μέσου (ψύκτης νερού).

Κάθε στοιχείο του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού έχει ιδιαίτερη σημασία για την ΠΕΑ και η συνολική απόδοση του συστήματος εξαρτάται από τη σωστή λειτουργία αυτών καθ'αυτών των επιμέρους στοιχείων του. Αρκεί να σημειωθεί πως το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού αποτελεί την αιτία ή συμβάλλει κατά 50-60% στα προβλήματα που δημιουργούνται σε ένα κτίριο λόγω φτωχής ποιότητας αέρα τη στιγμή που μπορεί ταυτόχρονα να αποτελέσει και την επίλυση τους. [3] Ως αποτέλεσμα των προβλημάτων που παρουσιάζονται στα επιμέρους στοιχεία του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, συχνά η αύξηση της παροχής αέρα δε βελτιώνει την ΠΕΑ, αλλά αντίθετα αυξάνει την ένταση της πηγής ρύπανσης. [4]

5.1. Κύκλωμα αέρα

Το κύκλωμα αέρα περιλαμβάνει ως επιμέρους στοιχεία τα εξής: την εισαγωγή εξωτερικού αέρα, τα ρυθμιστικά διαφράγματα εξωτερικού αέρα, το χώρο ανάμιξης, τα φίλτρα αέρα, τα στοιχεία ψύξης και θέρμανσης, τον ανεμιστήρα παροχής αέρα, τον εξοπλισμό ύγρανσης και/ή αφύγρανσης, το σύστημα διανομής, την τερματική μονάδα, τις διατάξεις ελέγχου, τον ανεμιστήρα επιστροφής αέρα και την απαγωγή αέρα.

- ο Εισαγωγή εξωτερικού αέρα. Οι κανονισμοί κτιρίων απαιτούν την εισαγωγή εξωτερικού αέρα για αερισμό στα κτίρια με στόχο τη διασφάλιση ικανοποιητικής ΠΕΑ. Το κρίσιμότερο ζήτημα που ανάκύπτει σχετικά με την εισαγωγή εξωτερικού αέρα και την ΠΕΑ έγκειται στην τοποθέτηση των προσαγωγών εξωτερικού αέρα. Σύμφωνα με το γενικό κανόνα, προτείνεται η τοποθέτηση των προσαγωγών αέρα μακριά από σημεία ή περιοχές υψηλής συγκέντρωσης ρύπων. Ωστόσο, συχνά δεν ακολουθείται ο παραπάνω κανόνας και οι προσαγωγοί αέρα βρίσκονται πλησίον των πηγών ρύπανσης, με συνέπεια ο εισερχόμενος εξωτερικός αέρας να είναι επιβαρημένος με ρύπους. Συνήθως, ο προσαγωγός

- Ρυθμιστικά διαφράγματα εξωτερικού αέρα. Ο ρόλος των ρυθμιστικών διαφραγμάτων εξωτερικού αέρα έγκειται στη ρύθμιση της ποσότητας του αέρα εισαγωγής και ως εκ τούτου στη διασφάλιση επαρκούς αερισμού. Για το σκοπό αυτό λοιπόν τα ρυθμιστικά διαφράγματα είναι ανοικτά όταν το κτίριο κατοικείται. Στην περίπτωση ωστόσο του κύκλου προθέρμανσης, τα ρυθμιστικά διαφράγματα παραμένουν κλειστά για ένα διάστημα στην αρχή της ημέρας. Παρόλα αυτά, υπό προϋπόθεση πως το κτίριο έχει αεριστεί επαρκώς κατά τη διάρκεια της νύχτας, διασφαλίζεται ικανοποιητική ΠΕΑ λόγω του διαθέσιμου όγκου του αρχικά καθαρού αέρα. Δεν είναι όμως λίγες οι φορές, σε αντίθεση με τις οδηγίες του προτύπου ASHRAE, που τα ρυθμιστικά διαφράγματα εξωτερικού αέρα είναι κλειστά όταν το κτίριο λειτουργεί. Ενδεικτικά, η λάθος ρύθμιση του ρολογιού, η δυσλειτουργία του συνδέσμου των ρυθμιστικών διαφραγμάτων λόγω βλάβης, η προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας και η λανθασμένη αντίληψη ότι εισέρχεται εξωτερικός αέρας ακόμα και αν τα ρυθμιστικά διαφράγματα είναι κλειστά, αποτελούν λόγους για τους οποίους τα ρυθμιστικά διαφράγματα δε λειτουργούν κατάλληλα, παραμένοντας κλειστά παρά την παρουσία ανθρώπων στα κτίρια. Όταν συμβαίνει το παραπάνω εμφανίζονται δύο προβλήματα: α) η χαμηλή ποσότητα αέρα εισαγωγής ενδέχεται να οδηγήσει σε σημαντικές μεταβολές στη θερμοκρασία του αέρα παροχής και επίπτωση στη θερμική άνεση και β) ο όγκος παροχής εξωτερικού αέρα πιθανόν να είναι τόσο περιορισμένος, ώστε να μην αερίζεται επαρκώς το κτίριο με αποτέλεσμα μη ικανοποιητική ΠΕΑ.
- Χώρος ανάμιξης. Ο χώρος ανάμιξης ή ψευδοαεραγωγός είναι μία τεχνική κατά την οποία οι αεραγωγοί πρσαγωγής και απαγωγής αέρα αντικαθίσταται από έναν αεροσταγανό χώρο στην οροφή. Τα δύο ρεύματα εξωτερικού και επιστρεφόμενου αέρα, η αναλογία των οποίων εξαρτάται από τις θέσεις των ρυθμιστικών διαφραγμάτων του εξωτερικού και του αέρα επιστροφής και της ποσότητας του αέρα απαγωγής ή του αέρα αναπλήρωσης αναμιγνύονται στον χώρο αυτό. Προβλήματα ποιότητας αέρα εμφανίζονται όταν τα ρυθμιστικά διαφράγματα (μηχανισμοί κίνησης, σύνδεσμοι και μηχανισμοί ελέγχου) δε λειτουργούν σωστά. Μία τέτοια περίπτωση παρουσιάζεται όταν τα ρυθμιστικά διαφράγματα του αέρα επιστροφής δε σφραγίζουν επαρκώς οπότε θα υπάρξει επανακυκλοφορία στο κτίριο κάποιας ποσότητας αέρα. Κίνδυνος εμφανίζεται και όταν κλείνει το ρυθμιστικό διάφραγμα εξωτερικού αέρα είτε για την προστασία των εναλλακτών όταν η θερμοκρασία του ρεύματος αέρα πέσει κάτω από το σημείο λειτουργίας του θερμοστάτη (freezestat) είτε όταν το σημείο λειτουργίας του θερμοστάτη έχει ρυθμιστεί σε υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία είτε πάλι λόγω της

- Φίλτρα αέρα. Τα φίλτρα αέρα αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού καθώς έχουν διττό ρόλο για την επίτευξη ικανοποιητικής ΠΕΑ. Από τη μία πλευρά κατακρατούν τους ρύπους από τον αέρα και μειώνουν τους μικροοργανισμούς που προσκολλούνται σε αυτούς, διασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο την εισαγωγή καθαρού αέρα στο κτίριο. Από την άλλη εμποδίζοντας την παρουσία ρύπων στον αέρα προστατεύουν τα διάφορα επιμέρους στοιχεία των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, όπως τους αγωγούς και τους εναλλάκτες, από τη συσσώρευση διαφόρων ακαθαρσιών, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση της καλής κατάστασης ολόκληρου του συστήματος. Για παράδειγμα, η συσσώρευση ακαθαρσιών στους αεραγωγούς ως αποτέλεσμα της ύπαρξης ενός ακατάλληλου ή κατεστραμμένου φίλτρου αέρα που δεν είναι ικανό να κατακρατήσει τους ρύπους, και ταυτόχρονα η αύξηση της υγρασίας στο επίπεδο του σημείου δρόσου (δηλαδή η ύπαρξη συνθηκών δημιουργίας συμπύκνωσης) αποτελούν ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης μικροβιολογικών οργανισμών.

Τα φίλτρα αέρα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα φίλτρα σωματιδίων και τα φίλτρα αέριων ρύπων. Τα πρώτα είναι είτε μηχανικά (τα σωματίδια συγκρατούνται λόγω της πρόσκρουσής τους ή της άσκησης πίεσης σε αυτά.) είτε ηλεκτρονικά (η αρχή λειτουργίας βασίζεται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία). Τα μηχανικά φίλτρα πρόσκρουσης είναι περισσότερο αποτελεσματικά για τα σωματίδια μεγάλων διαστάσεων και χρησιμοποιούνται και ως πρωτοβάθμια φίλτρα μικρής αποτελεσματικότητας, ενώ τα φίλτρα άσκησης πίεσης είναι περισσότερο αποδοτικά για σωματίδια μικρότερων διαστάσεων. Τα ηλεκτρονικά φίλτρα έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικότερα από τα μηχανικά στην απομάκρυνση σωματιδίων, βακτηρίων και VOCs και συνάμα καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για τη λειτουργία των ανεμιστήρων της ΜΔΑ. [6] Η ενίσχυσή τους με ενεργό άνθρακα τα καθιστά ακόμα πιο αποδοτικά. Γενικότερα, η αποτελεσματικότητα των φίλτρων επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος των σωματιδίων, το είδος και το υλικό του φίλτρου και το βαθμό φόρτισής του. Ο τελευταίος παράγοντας ουσιαστικά επιβάλλει την τακτική συντήρηση ή αντικατάσταση των φίλτρων.

Τα φίλτρα αέριων ρύπων είναι ικανά να απομακρύνουν αέρια και πτητικούς οργανικούς ρύπους από τον αέρα. Κατηγοριοποιούνται με βάση τη χημική μέθοδο που χρησιμοποιείται σε φίλτρα προσρόφησης (οι δυνάμεις Van der Waals συγκρατούν τους ρύπους στη στερεή επιφάνεια του φίλτρου), απορρόφησης (τα υδρόφιλα υλικά του φίλτρου απορροφούν τόσο το νερό όσο και τους ρύπους), ιονισμού (οι ρύποι αντιδρούν μεταξύ τους ως αποτέλεσμα της επίδρασης ηλεκτρομαγνητικών πεδίων) και τέλος όζοντος (το ενεργό χημικό όζον αντιδρά με τους ρύπους καθώς έρχεται σε επαφή με αυτούς). Η απόδοση των φίλτρων αέριων ρύπων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του φίλτρου (υλικό, χημική σύσταση, ευφλεκτότητα, σχήμα, μέγεθος), τα χαρακτηριστικά των ρύπων (συγκέντρωση, μοριακό βάρος, σθένος, οξύτητα, χημική δραστηριότητα, σημείο ζέσης) και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ατμοσφαιρική πίεση). Υπάρχουν και άλλες τεχνικές λύσεις για την απομάκρυνση των αέριων ρύπων όπως χρήση υπερμαγνητικών οξειδωτικών και ενεργού άνθρακα και φίλτρα άνθρακα με μερική παράκαμψη.

Η σημασία των φίλτρων αέρα είναι κρίσιμη για την ΠΕΑ όπως προαναφέρθηκε, ωστόσο συχνά παρουσιάζονται προβλήματα στη λειτουργία τους με αρνητικές συνέπειες στη διασφάλιση ενός υγιούς εσωτερικού περιβάλλοντος. Σε ότι αφορά στα μηχανικά φίλτρα, μπορεί η απόδοσή τους να αυξάνει με την αύξηση του φορτίου τους συγκρατώντας μικρότερα σωματίδια, ωστόσο υπάρχει ο κίνδυνος η συσσώρευση των σωματιδίων να φράζει τη δίοδο του αέρα και να μειώσει συνεπώς τη ροή του. Αν συμβεί αυτό, η μειωμένη ποσότητα αέρα θα επιδράσει αρνητικά την ΠΕΑ καθώς δε θα παρέχεται στο κτίριο ο απαιτούμενος αερισμός. Ταυτόχρονα, αυξάνεται η πτώση πίεσης στο σύστημα γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Η χρήση φίλτρων εκτεταμένης επιφάνειας με πυχές και φίλτρων εκτεταμένης επιφάνειας υψηλής απόδοσης χωρίς βοηθητικό φίλτρο αποτελεί συνιστώμενη επιλογή τόσο για τη βελτίωση της ΠΕΑ όσο και για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας. Η λειτουργία των ηλεκτρονικών φίλτρων παρουσιάζει προβλήματα όταν αυξάνει το φορτίο τους και ο χώρος συγκράτησης των σωματιδίων καλύπτεται από τους ρύπους, με αποτέλεσμα τη χαμηλή αποτελεσματικότητα και απόδοσή τους.

- ο Στοιχεία ψύξης και θέρμανσης. Τα στοιχεία ψύξης και θέρμανσης τοποθετούνται στη ροή του αέρα για να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία του αέρα που διανέμεται στο χώρο, ώστε να καλυφθούν τα ψυκτικά και θερμικά φορτία αντίστοιχα. Το κρίσιμο μέγεθος σε σχέση με την ΠΕΑ είναι η χωρητικότητα του ψυκτικού ή θερμικού στοιχείου, της ικανότητας δηλαδή των στοιχείων να ψύχουν ή να θερμαίνουν τον αέρα εισαγωγής στο επιθυμητό επίπεδο για να επιτευχθούν ικανοποιητικές συνθήκες θερμικής άνεσης στο κτίριο. Η υποδιαστασιολόγηση των δύο στοιχείων για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας ή οι μεταβολές κυρίως των εσωτερικών φορτίων που δεν έχουν προβλεφθεί στον αρχικό σχεδιασμό του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού μπορούν να οδηγήσουν σε υπερθέρμανση ή υπερψύξη του κτιρίου και να αποτελέσουν παράγοντα υποβάθμισης της ΠΕΑ. Σε σχέση με τη ψύξη, ιδιαίτερα σημαντικός παράμετρος είναι η ικανότητα του συστήματος να απομακρύνει το συμπυκνωμένο νερό από το ρεύμα αέρα. Το ψυχρό νερό διαθέτει περιορισμένη ικανότητα διατήρησης της υγρασίας στην φάση του ατμού. Εάν ο εισερχόμενος αέρας έχει ψυχθεί κάτω από το σημείο δρόσου, η σχετική υγρασία θα φτάσει το 100% στους εναλλάκτες και ένα μέρος της υγρασίας θα συμπυκνωθεί σε υγρές σταγόνες. Σε μία τέτοια περίπτωση ο κίνδυνος ανάπτυξης μούχλας, μυκήτων και βακτηρίων είναι σημαντικά αυξημένος. Συνθήκες δημιουργίας μικροοργανισμών μπορούν να προκύψουν και αν οι σταγόνες συμπυκνωμένου νερού παρασυρθούν στο ρεύμα αέρα. Το κρίσιμο μέγεθος σε αυτή την περίπτωση είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη μετωπική ταχύτητα του στοιχείου ψύξης, που ορίζεται ως ο ογκομετρικός ρυθμός ροής αέρα διαιρεμένος με την μετωπική επιφάνεια του στοιχείου. Αν προκύψει ανάγκη ισχυρότερης ψύξης του κτιρίου, τότε συχνά αυξάνεται η παροχή αέρα πέρα από τις αρχικές συνθήκες σχεδιασμού μέσω της επιτάχυνσης των ανεμιστήρων. Αντιθέτως, το σχετικό όριο μειώνεται εάν άλλων προδιαγραφών στοιχείο ψύξης αντικαταστήσει το αρχικό είτε για λόγους κόστους είτε λόγω σφάλματος. Τέλος, η παρουσία ακαθαρσιών στα στοιχεία ψύξης είναι ικανή να επηρεάσει αρνητικά το εσωκλίμα και την ΠΕΑ μειώνοντας: α) την ικανότητα ψύξης του διερχόμενου αέρα οπότε δεν καλύπτεται το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου και β) τη συνολική διατομή της εισαγωγής αέρα οδηγώντας σε μειωμένο όγκο παροχής αέρα (σε ακραίες περιπτώσεις υπερβολικής ακαθαρσίας).

Όσον αφορά στο στοιχείο θέρμανσης ζήτημα μπορεί να ανακύψει από τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του θερμού νερού σε χαμηλά επίπεδα για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας. Τότε, ο αέρας εισαγωγής είτε δε θα θερμαίνεται επαρκώς για την επίτευξη θερμικής άνεσης είτε για να θερμαίνεται επιτυχώς θα παρέχεται σε μικρότερο όγκο με κίνδυνο να είναι ανεπαρκής η ποσότητα αέρα για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις αερισμού. Αυτάκια και υγρά πτερύγια και των δύο στοιχείων (ψύξης και θέρμανσης) αποτελούν δυνητικά πηγές μικροβιολογικής ρύπανσης.

- Ανεμιστήρες παροχής αέρα. Οι ανεμιστήρες παροχής αέρα προσδίδουν την κινητήρια δύναμη για να μετακινηθεί ο αέρας στο σύστημα διανομής. Ως εκ τούτου, ο ορθός συνδυασμός ανεμιστήρα και σχεδιασμού αεραγωγών είναι απαραίτητος για την αποτελεσματική διανομή αέρα και κατά συνέπεια για την επίτευξη ικανοποιητικής ΠΕΑ και θερμικής άνεσης. Το μέγεθος που ενδιαφέρει στην περίπτωση του ανεμιστήρα παροχής αέρα είναι η απόδοσή του, δηλαδή η ικανότητα του να μετακινεί συγκεκριμένη ποσότητα αέρα σε συγκεκριμένη αντίσταση ή στατική πίεση. Ωστόσο, η σωστή επιλογή ανεμιστήρα και αεραγωγών δεν αποκλείει προβλήματα στο σύστημα διανομής. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις μεταβολές που υφίστανται από το αρχικό στάδιο σχεδιασμού ως το τελικό στάδιο της εγκατάστασης. Συνήθως ο χώρος εγκατάστασης των αεραγωγών είναι περιορισμένος λόγω των 'αόρατων' στοιχείων του κτιρίου που δεν αποτυπώνονται στα αρχικά σχέδια όπως οι υδραυλικές σωληνώσεις. Αποκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό, μεγάλες διαδρομές ελαστικών σωλήνων στο σύστημα με απότομες κλίσεις και κακή προσαρμογή των αεραγωγών επηρεάζουν την απόδοση του ανεμιστήρα και γενικότερα του συστήματος διανομής.
- Υγραντές. Ο ρόλος των υγραντών έγκειται στην παροχή υγρασίας στον αέρα εισαγωγής και η ισχύς τους συνδέεται άμεσα με την ποσότητα του εξωτερικού αέρα που εισάγεται στο κτίριο, τη σχετική υγρασία του και το βαθμό θέρμανσής του. Σε ψυχρά και ξηρά κλίματα είναι απαραίτητη η τοποθέτηση υγραντών, διότι διαφορετικά η απουσία ή η δυσλειτουργία ή η μειωμένη απόδοσή τους θα επηρεάσει αρνητικά την άνεση. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, η μειωμένη υγρασία του εσωτερικού αέρα έχει επίπτωση και στην ΠΕΑ καθώς οι ρύποι του εσωτερικού αέρα σε συνθήκες ξηρότητας καθίστανται πιο ερεθιστικοί και επιβλαβείς για τον άνθρωπο. Παρόλα αυτά, οι υγραντές δεν αποτελούν πανάκεια για την επίτευξη θερμικής άνεσης και ικανοποιητικής ΠΕΑ. Η παρουσία τους μπορεί τελικά να επηρεάσει δυσμενώς την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος καθώς αποτελούν εν δυνάμει πηγές ρύπανσης. Για το λόγο αυτό το νερό που χρησιμοποιείται στην ύγρανση θα πρέπει να είναι πόσιμης ποιότητας απαλλαγμένο από ρύπους. Αν εφαρμόζονται υγραντές ατμού θα πρέπει να χρησιμοποιούν καθαρό ατμό παρά επεξεργασμένο νερό σε λέβητα, έτσι ώστε οι χρήστες να μην εκτίθενται σε χημικά, όπως την κυκλοεξαλαμίνη και τη διεθυλαμινοαιθανόλη, που είναι επικίνδυνα για την υγεία. Συστήματα που χρησιμοποιούν άλλα μέσα πρέπει να συντηρούνται αυστηρά και σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή για να μειωθεί η πιθανότητα μικροβιολογικής ανάπτυξης. Οι υγραντές είναι δυνατόν να ρυπανθούν και από την αφαλάτωση συσκευών και συνδέσμων, από πρόσθετα απολύμανσης, από μη φρέσκο νερό σε δεξαμενές και/ή τις ακάθαρτες δεξαμενές, από μικροβιολογικούς οργανισμούς που αναπτύσσονται σε λιμνάζοντα ύδατα και σε σημεία με συγκέντρωση υγρασίας και τέλος από την εσφαλμένη χρήση όταν ο υγραντής είναι εκτός

- ο Αεραγωγοί. Οι αεραγωγοί αποτελούν βασικό μέρος του συστήματος διανομής αέρα των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού με κύριο μέλημα τη μεταφορά του κλιματιζόμενου αέρα σε όλους τους χώρους του κτιρίου. Είναι επομένως εύλογο οι αεραγωγοί να αποτελούν σημαντικό διαμορφωτή της θερμικής άνεσης και της ΠΕΑ. Τα σημεία που επηρεάζουν την ΠΕΑ αφορούν τόσο στη φυσική ακεραιότητα των αεραγωγών και των συνδέσμων τους όσο και στην κατάσταση των εσωτερικών επιφανειών αυτών των στοιχείων. Η φυσική ακεραιότητα των αεραγωγών περιλαμβάνει την απουσία διαρροών, την ικανοποιητική στεγανοποίησή τους και την μη διάβρωση των υλικών τους. Πιθανές διαρροές και φθορά της στεγανοποίησης προκαλούν προβλήματα θερμικής άνεσης και ΠΕΑ καθώς η συνεπαγόμενη πτώση πίεσης οδηγεί σε μη επαρκή αερισμό και κλιματισμό των πιο απομακρυσμένων ζωνών του κτιρίου. Όσον αφορά στη διάβρωση των αεραγωγών, το υλικό που έχει διαβρωθεί μπορεί να εισαχθεί στο ρεύμα παροχής αέρα και να διανεμηθεί στις κατειλημμένες περιοχές του κτιρίου. Υπάρχει πιθανότητα κομμάτια υαλοβάμβακα επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία να αποκοπούν από την επιφάνεια των αεραγωγών και να μεταφερθούν σε ζώνες του κτιρίου. Κομμάτια από το διαβρωμένο υλικό μπορούν επίσης να φράξουν τους εναλλάκτες των θερματικών αναθέρμανσης και θραύσματα να εμποδίσουν τη ροή αέρα και επομένως να μειωθεί ο όγκος του παρεχόμενου αέρα δημιουργώντας μη ικανοποιητικές συνθήκες θερμικής άνεσης και ΠΕΑ.

Σχετικά με την κατάσταση των επιφανειών, η παρουσία σκόνης στους αεραγωγούς δεν υπαγορεύουν απαραίτητα πρόβλημα καθώς ούτως ή άλλως ένα μικρό ποσοστό σκόνης είναι αναμενόμενο. Ωστόσο, οι αεραγωγοί με επίστρωση υαλοβάμβακα έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια από τους μεταλλικούς, λόγω της πορώδους επιφάνειας. Η πορώδης επιφάνεια μπορεί να παγιδέψει σκόνη και κατά συνέπεια να συλλέξει νερό με κίνδυνο ανάπτυξης μικροβιολογικών οργανισμών. Γενικότερα, η αυξημένη υγρασία δημιουργεί συνθήκες ανάπτυξης μικροβιολογικής ρύπανσης στους αεραγωγούς. Τα δύο σημεία που εστιάζεται η προσοχή όσον αφορά στην επιφάνεια των αεραγωγών είναι οι περιοχές κοντά στον ανεμιστήρα παροχής αέρα και στην ηχομόνωση, η οποία έχει την τάση να διαβρώνεται εύκολα. Αντίθετα, η συγκέντρωση σκόνης και θραυσμάτων (κυρίως ανόργανες ουσίες) στους αεραγωγούς κατά την κατασκευή είναι μάλλον ασήμαντη. Στον αντίποδα, η οργανική σκόνη που συγκεντρώνεται κατά την περίοδο λειτουργίας μπορεί να προκαλέσει σοβαρές εκπομπές οσμών, οι οποίες εντείνονται όταν η σχετική υγρασία του αέρα είναι υψηλή. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την συγκέντρωση σκόνης και μικροοργανισμών στην επιφάνεια των αγωγών αερισμού. [7]

Τέλος, το μήκος των αγωγών επηρεάζει την ποιότητα του αέρα που διανέμεται στις ζώνες του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα έχει αποδειχθεί ότι όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του αεραγωγού τόσο χειρότερη είναι η ποιότητα του αέρα στο τέλος του. Μάλιστα το μήκος επιδρά δυσμενέστερα όταν οι αγωγοί είναι ακάθαρτοι από ότι αν είναι καθαροί. [8]

Είναι επομένως απαραίτητο να δοθεί προσοχή στο σωστό σχεδιασμό, στην εγκατάσταση, στην υγρασία και στη συντήρηση των αεραγωγών με πορώδη

υλικά. Όσον αφορά στην ακεραιότητα του συστήματος, επιβάλλεται τακτική επιθεώρηση αντιπροσωπευτικών τμημάτων των αεραγωγών και των δοχείων διανομής.

Πίνακας 1. Παράγοντες που επηρεάζουν την συγκέντρωση σκόνης και μικροοργανισμών στην επιφάνεια των αγωγών αερισμού

Παράγοντες (αύξηση)	Επίδραση στη συγκέντρωση	
	Σκόνη	Μικροοργανισμοί
Συγκέντρωση σωματιδίων και μικροοργανισμών εξ. αέρα	▲	▲
Ποιότητα φίλτρου	▼	▼
Χρόνος λειτουργίας/ηλικία αεραγωγού	▲	—
Σχετική υγρασία, συμπύκνωση νερού	—	▲
Ταχύτητα αέρα	—	▼
Θρεπτικά συστατικά	—	▲

Αύξηση: ▲

Μείωση: ▼

Σταθερό: —

- ο Μονάδα τερματικού. Η μονάδα τερματικού αποτελεί το τελευταίο τμήμα του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού πριν από την εισαγωγή του αέρα στη θερμική ζώνη και αποτελείται, στην απλούστερη μορφή του, από μία πεταλούδα, το μηχανισμό κίνησης της και τους σχετικούς ελέγχους. Οι πιο περίπλοκες μονάδες περιλαμβάνουν τερματικά δύο αγωγών, δύο αγωγών με ανάμιξη, μονού αγωγού με θερμαντικό στοιχείο και με ανεμιστήρα. Ο ρόλος της στη διανομή αέρα στο κτίριο είναι τριπλός: α) κατευθύνει τη δέσμη αέρα στην απαιτούμενη περιοχή μέσω πτερυγίων, β) ελέγχει τον όγκο παροχής αέρα και γ) μεταβάλλει τη δέσμη αέρα ελέγχοντας την περιοχή διάχυσης της. Ως εκ τούτου, η κατάλληλη επιλογή του τύπου, του αριθμού και της θέσης της μονάδας τερματικού αποκτά ιδιαίτερη σημασία για την επίτευξη θερμικής άνεσης και ικανοποιητικής ΠΕΑ. Τα μειονεκτήματά τους συνοψίζονται στην δημιουργία υψηλότερης πτώσης πίεσης από ότι μια ελεύθερη απαγωγή και στην αύξηση του αεροδυναμικού θορύβου. Ο μη ορθός σχεδιασμός τους ενέχει τον κίνδυνο ένα σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού επαρκούς ισχύος να δυσλειτουργεί εμφανίζοντας προβλήματα όπως η δημιουργία ρευμάτων αέρα, περιοχών στάσιμου αέρα ή περιορισμένης κυκλοφορίας αέρα. Γενικότερα, το προφίλ της ροής αέρα αποτελεί ένα πολύπλοκο και δύσκολα προβλέψιμο φαινόμενο αλλά εξαιρετικά σημαντικό σε ότι αφορά τη θερμική άνεση και την ΠΕΑ. Έτσι, η δημιουργία ρευμάτων αέρα υψηλής ταχύτητας έχει άμεσα αρνητική επίδραση στα θέματα θερμικής άνεσης και η ύπαρξη περιοχών στάσιμου αέρα προκαλεί τοπικά συνθήκες μη ικανοποιητικής ΠΕΑ. Η υπερδιαστασιολόγηση του τερματικού προκαλεί μειωμένη ταχύτητα εξόδου του αέρα προσαγωγής με αποτέλεσμα να μην είναι

- ο Έλεγχος συστήματος. Τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού διαθέτουν διατάξεις ελέγχου οι οποίες αναλόγως του τύπου και του μεγέθους του συστήματος είναι χειροκίνητες ή αυτόματες ή συνδυασμός των δύο προηγούμενων. Όσο πιο μεγάλο είναι το σύστημα τόσο πιο περίπλοκο καθίσταται και επομένως οι έλεγχοι οφείλουν να είναι αυτόματοι. Οι έλεγχοι αποβλέπουν στη ρύθμιση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της πίεσης, της ροής αέρα και του αερισμού και αφορούν στοιχεία του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, όπως τους ανεμιστήρες και τα ρυθμιστικά διαφράγματα. Όπως γίνεται κατανοητό, οι διατάξεις ελέγχου επικουρούν στην ορθή λειτουργία του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού και συνεπακόλουθα στη διασφάλιση ικανοποιητικής ΠΕΑ και θερμικής άνεσης. Από την άλλη μεριά, η πολυπλοκότητα των συστημάτων και η αλληλεπίδρασή των παραγόντων που διαμορφώνουν το εσωκλίμα καθιστούν αναγκαία την πολύ προσεκτική ρύθμιση των διατάξεων ελέγχου. Οποιαδήποτε δυσλειτουργία ή μη ακριβής ρύθμιση των ελέγχων δύναται να επιφέρει ακριβώς τα αντίθετα από τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ως γενική αρχή, η τακτική συντήρηση και βαθμονόμηση των διατάξεων ελέγχου είναι κρίσιμης σημασίας ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους.

Αν και ένα τυπικό σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού διαθέτει, όπως προαναφέρθηκε, πολλές διατάξεις ελέγχου, ο έλεγχος του αερισμού είναι αυτός που έχει δεσπόζουσα σημασία σε ότι αφορά την ΠΕΑ. Η παραδοσιακή μέθοδος ελέγχου του αερισμού βασίζεται στη ρύθμιση των διαφραγμάτων του εξωτερικού αέρα σε μία σταθερή θέση η οποία προσδιορίζεται με βάση τον εκτιμώμενο αριθμό ατόμων σε ένα χώρο και τις απαιτούμενες εναλλαγές αέρα ανά άτομο. Μία τέτοια μέθοδος όμως δεν παρέχει ακριβή έλεγχο του αερισμού με αποτέλεσμα, αν τελικά ο αερισμός αποδειχτεί ελλιπής, να υπάρχει κίνδυνος υποβάθμισης της ΠΕΑ και να δημιουργείται αρνητική πίεση στο κτίριο. Ανάλογα, αν ο ρυθμός αερισμού είναι αυξημένος σε σχέση με τον απαιτούμενο αυξάνονται οι απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης, απαιτείται αυξημένη αφύγρανση σε θερμά κλίματα, ο αέρας γίνεται ξηρός σε ψυχρά κλίματα και γενικότερα απαιτείται υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας για την επίτευξη ικανοποιητικής ΠΕΑ. Σε αντιδιαστολή με την παραδοσιακή μέθοδο ρύθμισης της παροχής εξωτερικού αέρα, υπάρχουν σήμερα τεχνικές βελτίωσης της απόδοσης του αερισμού όσον αφορά στον έλεγχο των ρύπων, όπως ο έλεγχος απαιτούμενου αερισμού (Demand Control Ventilation) σύμφωνα με τον οποίο σημειώνεται αύξηση ή μείωση του ογκομετρικού ρυθμού ροής αέρα ανάλογα με τη συγκέντρωση των ρύπων στο χώρο. Διάφοροι δείκτες απαίτησης αερισμού χρησιμοποιούνται ανάλογα με την εφαρμογή. Έτσι, σε κτίρια που υπάρχουν ισχυρές πηγές ρύπων ως δείκτης εφαρμόζεται η συγκέντρωση των ρύπων, ενώ σε κτίρια όπου συγκεντρώνονται πολλοί άνθρωποι, χρησιμοποιείται ως δείκτης ο αριθμός των ατόμων. Ο πιο

συνηθισμένος δείκτης είναι αυτός της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) καθώς χρησιμοποιείται ως δείκτης κατάληψης του χώρου λόγω του ότι οι χρήστες παράγουν συνεχώς CO₂. Η συγκέντρωση CO₂ μετράται άμεσα σε έναν χώρο και μέσω του διαφράγματος εξωτερικού αέρα ή της ταχύτητας του ανεμιστήρα παροχής αέρα μεταβάλλεται η παροχή, ελέγχοντας με αυτόν τον τρόπο τα επίπεδα του ρύπου. Ωστόσο, η μέθοδος του ελέγχου απαιτούμενου αερισμού με βάση τη συγκέντρωση CO₂ δεν ικανοποιεί με απόλυτο τρόπο το πρότυπο ASHRAE 62-2001. Σύμφωνα με το πρότυπο όλοι οι γνωστοί ρύποι πρέπει να ελέγχονται και όχι μόνο το CO₂, ο έλεγχος του οποίου από μόνος του είναι ανεπαρκής. Εκτός από αυτό είναι απαραίτητο να ενσωματωθεί στο σύστημα κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής κατάληψης μια διάταξη ελάχιστης παροχής εξωτερικού αέρα για τη διάλυση των ρύπων που προέρχονται από άλλες πηγές. Ο έλεγχος απαιτούμενου αερισμού συνήθως εφαρμόζεται έτσι ώστε ο ρυθμός αερισμού να αυξάνεται αναλογικά με τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (αναλογικός έλεγχος απαιτούμενου αερισμού). Το ζήτημα που ανακύπτει σε αυτή την περίπτωση οφείλεται στη χρονική υστέρηση που συνδέεται με τη διαδικασία συσσώρευσης CO₂, η οποία αποτελεί την αιτία για το χαμηλό ρυθμό αερισμού, όταν ο αριθμός των χρηστών αυξάνεται, και για τον υψηλό αερισμό, όταν ο αριθμός μειώνεται. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος επιτυγχάνεται με την τεχνική του άμεσου ελέγχου απαιτούμενου αερισμού (On-Demand Ventilation Control), η οποία στηρίζεται στη μέτρηση της συγκέντρωσης και του ρυθμού ροής αέρα σε συνδυασμό με ένα μαθηματικό μοντέλο της δυναμικής συγκέντρωσης του CO₂ ώστε να εκτιμηθεί η συνεχής ένταση της πηγής του ρύπου. Ο αερισμός προσδίδεται τότε αναλογικά στην ένταση της πηγής που έχει εκτιμηθεί.

Παρόλα αυτά στην πλειοψηφία των κτιρίων που διαθέτουν σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, ο αερισμός δεν ελέγχεται άμεσα αλλά έμμεσα μέσω του ελέγχου της θερμοκρασίας. Ούτως ή άλλως ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι μία από τις βασικές λειτουργίες ενός συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού. Η θερμοκρασία του χώρου ρυθμίζεται συχνά με ελέγχους αέρα που χρησιμοποιούν ανεξάρτητους θερμοστάτες. Οι θερμοστάτες με τη βοήθεια μιας βαλβίδας που ρυθμίζει τη ροή αέρα και ενός συμπιεστή που την παρέχει, επιτρέπουν την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας στους κατειλημμένους χώρους ενός κτιρίου. Ο έλεγχος αυτός γίνεται αναλογικά που σημαίνει ότι όσο το φορτίο αυξάνει, αυξάνει και η απόκλιση από το σημείο ρύθμισης. Καλύτερος έλεγχος μπορεί να επιτευχθεί αν εφαρμοστεί η λύση του άμεσου ψηφιακού ελέγχου κατά τον οποίο οι θερμοστάτες αντικαθίστανται από μικροεπεξεργαστές, που παρακολουθούν και ελέγχουν συνεχώς τη θερμοκρασία, την υγρασία και την πίεση τη στιγμή που η κίνηση της βαλβίδας ρυθμίζεται από ηλεκτρικούς μηχανισμούς. Ο άμεσος ψηφιακός έλεγχος παρέχει καλύτερο έλεγχο της θερμοκρασίας, αυξημένη ευελιξία στους αλγόριθμους, εξ' αποστάσεως παρακολούθηση, μεγαλύτερη ακρίβεια, μειωμένη χρήση ενέργειας και μικρό κόστος συντήρησης. Ωστόσο, η σύγχρονη τάση αφορά στην εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων ελέγχου όπως τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems) ή τα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (Energy Management Systems). Στα πρώτα, το σύστημα επεκτείνει τις λειτουργίες του αυτοματισμού και σε λειτουργίες μη ενεργειακές με στόχο την παρακολούθηση και τον έλεγχο όλων των υποσυστημάτων με στόχο τη συνεργασία τους και τη βελτιστοποίηση της λειτουργία τους. Τα δεύτερα,

χρησιμοποιούν ηλεκτρονική τεχνολογία για την προσθήκη ‘νοημοσύνης’ στον αυτόματο έλεγχο.

Τα περισσότερα κεντρικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού διαθέτουν οικονομικό κύκλο ψύξης με τον οποίο παρέχεται ψύξη με την είσοδο εξωτερικού κρύο αέρα στο κτίριο. Όταν ο εξωτερικός αέρας γίνει αρκετά θερμός, τα ρυθμιστικά διαφράγματα του εξωτερικού αέρα γυρίζουν στην ελάχιστη θέση ή ελέγχεται ο ρυθμός της ροής εξωτερικού αέρα, ώστε να έχουμε ελάχιστο ρυθμό ροής. Ο σχεδιασμός του ελάχιστου ρυθμού ροής πρέπει να παρέχει τον ελάχιστο απαιτούμενο αερισμό ώστε να διασφαλίζεται ικανοποιητικός αερισμός και ΠΕΑ.

Ο έλεγχος της υγρασίας αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την επίτευξη ικανοποιητικής ΠΕΑ και επιτυγχάνεται με την ύγρανση (με ψεκασθήρες ατμού ή νερού) και την αφύγρανση (με ξηραντικά υλικά τα οποία επαναφορτίζονται με θέρμανση ή περνώντας πρώτα αέρα διαμέσου του στοιχείου ψύξης και έπειτα αναθερμαίνοντάς τον). Ο έλεγχος της υγρασίας αποτελεί σημαντικό πρόβλημα σε κτίρια με υπερβολικά μεγάλο αριθμό ατόμων, όπως σχολικά συγκροτήματα και αίθουσες δημοσίων συναθροίσεων. Σύμφωνα με μελέτη της EPA, η σχετική υγρασία σε αυτά τα κτίρια συχνά υπερβαίνει το 60% και περιστασιακά το 70% ανεξαρτήτως κλίματος παρόλο που τα στοιχεία ψύξης ήταν επαρκώς σχεδιασμένα για τα φορτία αιχμής και η θερμοκρασία καλά ελεγχόμενη. [9]

Ο έλεγχος πίεσης αποσκοπεί στον έλεγχο της στατικής πίεσης στους αγωγούς των συστημάτων ΜΠΑ, έτσι ώστε η ισχύς του ανεμιστήρα να διατηρείται όταν η απαίτηση για αέρα είναι χαμηλή. Η αλλαγή της ένδειξης του σημείου ρύθμισης μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ισχύος του ανεμιστήρα. Με τον τρόπο αυτό προσαρμόζεται διαρκώς ή περιοδικά το σημείο ρύθμισης της πίεσης έτσι ώστε τα ρυθμιστικά διαφράγματα του αέρα να παραμένουν όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο ανοιχτά. Έχει αποδειχθεί ότι η αλλαγή του σημείου ρύθμισης μειώνει την ενέργεια του ανεμιστήρα κατά 19-42 %. [10] Ο έλεγχος της πίεσης επιτυγχάνεται με δύο τρόπους, τον άμεσο έλεγχο (η διαφορά της πίεσης μεταξύ δύο γειτονικών χώρων μετρείται με διαφορικό αισθητήρα πίεσης υψηλής ανάλυσης) και τον έλεγχο της ροής αέρα που παρέχεται και εξέρχεται από το χώρο με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο. Αν ο χώρος είναι σε αρνητική πίεση, τότε η παροχή πρέπει να είναι μικρότερη από την απαγωγή και το αντίθετο.

Τέλος ο έλεγχος της ροής έχει στόχο οι όποιες αλλαγές στη ρύθμιση του ρυθμιστικού διαφράγματος σε μία ζώνη να μην αλλάξουν τους ρυθμούς ροής σε άλλες ζώνες. Ο βρόγχος ελέγχου ροής είναι ενσωματωμένος στο βρόγχο του ελέγχου θερμοκρασίας σε διαδοχική διάταξη γεγονός που σημαίνει πως ο έλεγχος της θερμοκρασίας καθορίζει τον έλεγχο της ροής.

- ο Χώρος αέρα επιστροφής. Όπως προαναφέρθηκε, για λόγους οικονομίας συχνά ο χώρος πάνω από την οροφή χρησιμοποιείται ως διάδρομος για την επιστροφή του αέρα. Όταν συμβαίνει αυτό πρέπει να ακολουθούνται αυστηρά όλα τα μέτρα των κανονισμών που αφορούν στα υλικά και στις συσκευές που τοποθετούνται σε αυτό το χώρο. Η ακεραιότητα της οροφής είναι μείζονος σημασίας, ώστε να αποφεύγεται η ακούσια διείσδυση του αέρα μεταξύ των κατειλημμένων χώρων και του χώρου αέρα επιστροφής. Διαφοροποιήσεις της πίεσης μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο διανομής του αέρα στους εσωτερικούς χώρους στερώντας από αυτούς τις απαραίτητες ποσότητες παροχής αέρα. Εάν ο χώρος του αέρα επιστροφής είναι σε αρνητική πίεση σε σχέση με τον εξωτερικό χώρο, διεισδύσεις αέρα μεταξύ τους θα λειτουργήσουν ως μη ακούσιες εισαγωγές εξωτερικού αέρα.

- Ανεμιστήρας αέρα επιστροφής. Ο ρόλος του ανεμιστήρα αέρα επιστροφής έγκειται στη μεταφορά του αέρα απαγωγής από το εσωτερικό του κτιρίου στο περιβάλλον και μέρους αυτού ξανά πίσω στη μονάδα διαχείρισης αέρα. Ο ανεμιστήρας επιστροφής αέρα συνδυάζεται με τον ανεμιστήρα παροχής αέρα με στόχο την ίση παροχή αέρα με την ροή απαγωγής. Η λειτουργία των δύο ανεμιστήρων σχεδιάζεται έτσι ώστε να μη βρεθεί σε υπερπίεση ή υποπίεση ο κατειλημμένος χώρος ή σε υπερπίεση ο χώρος ανάμιξης στη μονάδα διαχείρισης του αέρα. Επομένως, η λειτουργία του ανεμιστήρα αέρα επιστροφής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ισορροπία του συστήματος και κατά συνέπεια τις διαφορές πίεσης. Στις τελευταίες θα πρέπει να αναζητηθεί η αιτία για προβλήματα που σχετίζονται με τη μεταφορά ρύπων μέσω ρευμάτων αέρα, τα οποία ενώ θα έπρεπε κανονικά να απομακρύνουν τους ρύπους στο περιβάλλον, τους εισάγουν στο εσωτερικό των χώρων. Η ορθή λειτουργία του ανεμιστήρα αέρα επιστροφής συνεπώς βοηθά στη διασφάλιση ικανοποιητικής ΠΕΑ.
- Απαγωγή αέρα. Η απαγωγή αέρα αποτελεί το τελευταίο στοιχείο του κυκλώματος αέρα ενός συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού και επηρεάζει σημαντικά την ΠΕΑ. Ο κυριότερος λόγος οφείλεται στο γεγονός ότι η ποσότητα του αέρα που εισέρχεται στο κτίριο είναι ίση με την ποσότητα αέρα που εξέρχεται από αυτό. Για την ακρίβεια η ποσότητα του αέρα προσαγωγής είναι ίση με το άθροισμα των ποσοτήτων αέρα που απάγονται και διαπερνούν το κέλυφος του κτιρίου. Ως εκ τούτου, η ικανότητα απαγωγής αέρα καθορίζει την ποσότητα αέρα που μπορεί να εισαχθεί στο κτίριο. Κτίρια που έχουν περιορισμένη ικανότητα απαγωγής αέρα, διαθέτουν μειωμένη δυνατότητα εισαγωγής εξωτερικού αέρα και συνεπακόλουθα ο αερισμός μπορεί να είναι ανεπαρκής.

Από την άλλη μεριά σε κτίρια με μεγάλες ποσότητες αέρα προς απαγωγή, πρόβλημα ΠΕΑ μπορεί να ανακύψει από την ανεπαρκή ποσότητα του αέρα αναπλήρωσης. Σε μία τέτοια περίπτωση οι χώροι του κτιρίου θα βρίσκονται σε συνθήκες αρνητικής πίεσης σε σχέση με τον εξωτερικό χώρο. Στην προσπάθεια εξισορρόπησης της πίεσης, ο χώρος θα πληρωθεί από την είσοδο αφιλτράριστου και μη κλιματισμένου αέρα από περιμετρικές περιοχές μέσω της διαρροής. Υπάρχει επίσης ο αυξημένος κίνδυνος ένα μέρος του αέρα απαγωγής να εισέλθει εκ νέου στο κτίριο.

Τέλος, προβλήματα ΠΕΑ δύναται να προκύψουν εάν ο αέρας απαγωγής αναμιχθεί με τον αέρα επιστροφής. Σε μία τέτοια περίπτωση οι ρύποι του ρεύματος του αέρα απαγωγής θα μεταφερθούν στον αέρα επιστροφής και από εκεί στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Για την αποφυγή του παραπάνω κινδύνου συστήνεται η πλήρης απομόνωση της απαγωγής από το σύστημα του αέρα επιστροφής.

5.2. Κύκλωμα ψυχρού νερού

- Πύργος ψύξης. Αν και οι πύργοι ψύξης είναι απομονωμένοι σε σχέση με το κύκλωμα αέρα, εντούτοις αποτελούν σημαντική πηγή ανάπτυξης μικροβιολογικών οργανισμών, όπως βακτήρια στα οποία οφείλεται η ασθένεια των Λεγεωνάριων. Ο βαθμός επίδρασης των πύργων ψύξης στην ΠΕΑ εξαρτάται από το μέγεθος της συγκέντρωσης μικροβιολογικής ρύπανσης, την κατεύθυνση του ανέμου και τη θέση των αεραγωγών εισαγωγής αέρα. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες επιδρούν στη μεταφορά από τον πύργο ψύξης στο κτίριο υγρασίας που κομίζει βακτήρια. Για την αποφυγή συγκέντρωσης στον πύργο ψύξης νερού και ακαθαρσιών, δηλαδή κατάλληλων συνθηκών ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών, κρίνεται απαραίτητη η τακτική συντήρηση του. Ως εκ τούτου, η υιοθέτηση και εφαρμογή ενός προγράμματος χημικής επεξεργασίας του νερού θα μειώσει την πιθανότητα ο πύργος ψύξης να καταστεί εκκολαπτήριο μικροβιολογικών οργανισμών. Η διαρκής παρακολούθηση της ποιότητας του νερού, η χρήση στην κατασκευή του πύργου ψύξης υλικών με υψηλή αντίσταση στη βιολογική φθορά, ο καθαρισμός του για την αποφυγή συσσώρευσης ιζήματος ακαθαρσιών και η εγκατάσταση μηχανισμού εμπόδισης του ιζήματος από το να παρασυρθεί αποτελούν σημαντικά μέτρα για τη διαφύλαξη της καλής λειτουργίας του πύργου.
- Δοχείο συλλογής συμπυκνώματος. Το δοχείο συλλογής συμπυκνώματος χρησιμοποιείται για την συγκέντρωση του συμπυκνώματος που παράγεται κατά τη διεργασία αφύγρανσης του αέρα εισαγωγής στο στοιχείο ψύξης. Το συμπύκνωμα συλλέγεται στο δοχείο κάτω από το στοιχείο ψύξης και εξάγεται μέσω μιας παγίδας στεγανοποίησης. Όσον αφορά στην ΠΕΑ, ο κίνδυνος δημιουργίας προβλημάτων σχετίζεται με την πιθανότητα συσσώρευσης λιμναζόντων νερών στο δοχείο συλλογής όταν αυτό δεν έχει σχεδιασθεί έτσι ώστε να αποξηραίνει το συμπύκνωμα κάτω από όλες τις συνθήκες λειτουργίας αποτελεσματικά. Εάν σχηματιστούν λιμνάζοντα νερά τότε δημιουργείται ένα κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη βιολογικών μικροοργανισμών. Λόγω της κατεύθυνσης της ροής του αέρα, η μικροβιολογική ρύπανση μεταφέρεται στο σύστημα διανομής αέρα και οι αιωρούμενοι σπόροι στους χώρους του κτιρίου. Η τοποθέτηση συστήματος αναρρόφησης στο δοχείο συλλογής για την απομάκρυνση από αυτό του συμπυκνωμένου νερού κρίνεται απαραίτητη.

Προκειμένου να αποφθεχθεί η συσσώρευση υδάτων, διάφορα τμήματα του εξοπλισμού πρέπει να σχεδιασθούν, να εγκατασταθούν και να συντηρηθούν σωστά. Ειδικότερα, η παγίδα νερού στη γραμμή αποξήρανσης μεταξύ της μονάδας διαχείρισης αέρα και του λεβητοστασίου πρέπει να σχεδιαστεί ώστε να μπορεί το συμπυκνωμένο νερό να αναρροφηθεί. Σχετικά με την εγκατάσταση δύο σημεία απαιτούν προσοχή, η κλίση του δοχείου και ο σύνδεσμος του σωλήνα αποξήρανσης με το δοχείο συλλογής συμπυκνώματος. Εάν η κλίση του δοχείου δεν είναι σωστή ή ο αγωγός αποξήρανσης δεν είναι συνδεδεμένος στο χαμηλότερο σημείο του δοχείου τότε θα συσσωρευτεί νερό. Τέλος, αναφορικά με τη συντήρηση του συστήματος το δοχείο συλλογής συμπυκνώματος και η παγίδα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από ακαθαρσίες για την αποφυγή ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών στο σύστημα.

5.3. Κύκλωμα θερμού νερού

- Λέβητες. Οι λέβητες παράγουν θερμό νερό για θέρμανση χώρων και επομένως η ορθή διαστασιολόγησή τους αποτελεί κρίσιμη παράμετρο διότι αφενός μεν μικρότερη ισχύς από την απαιτούμενη οδηγεί σε μη ικανοποίηση των θερμικών φορτίων και συνεπώς πιο ψυχρό εσωκλίμα, αφετέρου δε μεγαλύτερη ισχύς επιφέρει υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Για την επίτευξη θερμικής άνεσης η λειτουργία του λέβητα και οι κύκλοι διανομής οφείλουν να ρυθμίζονται σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία όταν πρόκειται να εξυπηρετείται ένα κτίριο που βρίσκεται σε ψυχρό κλίμα. Σε ότι αφορά στην ΠΕΑ, τα ζητήματα που ανακύπτουν σχετίζονται με την καύση των καυσίμων. Ακόμα και η τέλεια καύση παράγει καυσαέρια, τα οποία αν βρουν διαφυγή προς το εσωτερικό των κτιρίων, μπορούν να αποτελέσουν σημαντικούς αέριους ρύπους. Επομένως, για να μην υπάρξει το παραπάνω ενδεχόμενο η στεγανοποίηση του συστήματος πρέπει να λειτουργεί σωστά ώστε να αποφευχθεί η διαρροή του μονοξειδίου του άνθρακα στο κτίριο, οι σωλήνες καυσίμου πρέπει να συντηρούνται για την αποφυγή διαρροών που θα μπορούσαν να εκπέμπουν οσμές μέσα στο κτίριο και ο σχεδιασμός για την απομάκρυνση των προϊόντων καύσης του λέβητα πρέπει να πραγματοποιείται με προσοχή προκειμένου να αποφευχθεί η επανεισόδος καυσαερίων στο κτίριο.
- Λεβητοστάσιο. Ο χώρος του λεβητοστασίου επιδρά σημαντικά στην ΠΕΑ στα κτίρια. Για το λόγο αυτό πρέπει να εστιάζει η προσοχή κυρίως στην τοποθεσία του, στις άλλες χρήσεις του και στην πίεση του σε σχέση με άλλες περιοχές. Συχνά, ο αέρας προσαγωγής εισέρχεται κατευθείαν από το περιβάλλον του λεβητοστασίου στους εσωτερικούς χώρους. Σε περίπτωση που στο χώρο του λεβητοστασίου υπάρχουν ρύποι σε υψηλές συγκεντρώσεις τότε αυτοί μεταφέρονται σε όλο το κτίριο με συνέπεια την υποβάθμιση της ΠΕΑ. Εάν φιλοξενούνται άλλες δραστηριότητες ή εγκαθίσταται επιπρόσθετος εξοπλισμός στο λεβητοστάσιο, τότε ο κίνδυνος ο χώρος να περιέχει αέριους ρύπους αυξάνεται. Τέλος, αν εσωτερικοί χώροι γειτνιάζοντες του λεβητοστασίου βρίσκονται σε υποπίεση είναι πιθανό ρύποι από το λεβητοστάσιο να διεισδύσουν σε αυτούς.

5.4. Κύκλωμα ψυκτικού μέσου

- Ψύκτες νερού. Οι ψύκτες νερού συναντώνται σε συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού μεγάλων κτιρίων λόγω της υψηλής απόδοσης τους. Σκοπός τους είναι η απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο. Οι ψύκτες επηρεάζουν επομένως άμεσα την παρεχόμενη θερμική άνεση καθώς, αν δεν διαθέτουν επαρκή ισχύ, τότε δεν είναι δυνατή η αποτελεσματική ψύξη του αέρα προσαγωγής και συνεπώς η ικανοποίηση των ψυκτικών φορτίων του κτιρίου. Πέρα από τη διαμόρφωση όμως ικανοποιητικών εσωκλιματικών θερμικών συνθηκών, οι ψύκτες επιδρούν και στη διασφάλιση καλής ΠΕΑ. Η λανθασμένη λειτουργία τους μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποσότητα του εξωτερικού αέρα που εισέρχεται στο κτίριο με αποτέλεσμα τελικά τη μη εκπλήρωση των απαιτήσεων αερισμού των χώρων. Το άλλο κρίσιμο σημείο αφορά στη δημιουργία συμπυκνώματος καθώς για την επίτευξη αφύγρανσης κατά τη περίοδο θέρμανσης οι θερμοκρασίες του παρεχόμενου ψυχρού νερού είναι γύρω στους 7°C ή και χαμηλότερες. Ιδιαίτερη προσοχή, λοιπόν, απαιτεί η μόνωση των σωληνώσεων για την αποφυγή συμπύκνωσης. Τέλος, προβλήματα ΠΕΑ μπορούν να παρουσιαστούν σε

6. Η επίδραση της εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού στην ΠΕΑ

Τα κτίρια αποτελούν ένα σημαντικό ενεργειακό καταναλωτή και ως εκ τούτου οι προσπάθειες για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε αυτά είναι, ιδιαίτερα σήμερα, έντονες. Η ΕΕ έχει θέσει ως στόχο την ελάττωση της ενεργειακής κατανάλωσης ως μέρος της στρατηγικής ανεξάρτησής της από τους εισαγόμενους πόρους και της στρατηγικής της προστασίας του περιβάλλοντος. Καθώς η ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων αποτελεί σημαντικό μερίδιο της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια, οι προσπάθειες επικεντρώνονται, πέρα από την θερμομονωτική θωράκιση των κτιρίων και τον βιοκλιματικό σχεδιασμό τους, στην αποδοτικότερη λειτουργία των μηχανικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού. Στο πλαίσιο αυτής της λογικής, αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν μέχρι σήμερα πολλές τακτικές εξοικονόμησης ενέργειας. Ωστόσο πρόσφατα και λόγω της σημασίας της ΠΕΑ στα κτίρια, οι τακτικές εξοικονόμησης ενέργειας αναθεωρούνται. Το παραπάνω οφείλεται στο γεγονός ότι η εφαρμογή των τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού μπορεί να επηρεάσει είτε θετικά είτε αρνητικά την ΠΕΑ. Επομένως η ΠΕΑ αποτελεί πλέον μια νέα παράμετρο κατά την επιλογή και υιοθέτηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Γενικότερα, οι τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας μπορούν να χωριστούν σε αυτές που αφορούν στο σχεδιασμό του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, στη χρήση διατάξεων ελέγχου και στις μεθόδους ανάκτησης ενέργειας. Άλλες από αυτές προστατεύουν ή βελτιώνουν την ΠΕΑ και άλλες πάλι την υποβαθμίζουν.

6.1. Στρατηγικές συμβατές με την ΠΕΑ

- Μείωση εσωτερικών φορτίων. Στα εσωτερικά φορτία ενός κτιρίου περιλαμβάνονται τα φώτα, ο εξοπλισμός γραφείου και ο οικιακός εξοπλισμός. Η μείωση των εσωτερικών φορτίων οδηγεί σε μείωση του θερμικού φορτίου και επομένως των απαιτήσεων που πρέπει να καλύψει το μηχανικό σύστημα σε αέρα. Αυτό όμως σημαίνει και μείωση του ρυθμού αερισμού. Για το λόγο αυτό απαιτείται προσοχή, ώστε να επιτυγχάνονται τα ελάχιστα επίπεδα αερισμού όπως ορίζονται από τα πρότυπα ΠΕΑ. Η μείωση των εσωτερικών φορτίων οδηγεί σε ελάττωση του ψυκτικού φορτίου αλλά αύξηση του θερμικού. Ωστόσο το ενεργειακό όφελος από τη μείωση του ψυκτικού φορτίου είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με την κατανάλωση ενέργειας λόγω της αύξησης του θερμικού φορτίου [11].
- Οικονομικός κύκλος ψύξης με αέρα. Ο οικονομικός κύκλος ψύξης με αέρα βασίζεται στη χρήση του εξωτερικού αέρα για ψύξη χωρίς την απαίτηση κατανάλωσης ενέργειας. Γενικά, συμβάλλει στη βελτίωση της ΠΕΑ αφού λειτουργεί παρέχοντας ποσότητες αέρα, αυξάνοντας έτσι το μέσο όρο του αερισμού, ενώ παράλληλα μειώνει τα ετήσια ενεργειακά έξοδα ενός συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, κυρίως σε κρύα ή ήπια κλίματα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη βαθμονόμηση των σημείων λειτουργίας του

- Νυχτερινός αερισμός. Νυχτερινός αερισμός ονομάζεται εκείνη η τεχνική κατά την οποία κατά τη διάρκεια της νύχτας ο ψυχρός αέρας του περιβάλλοντος εισάγεται στο κτίριο για τη μείωση του ψυκτικού φορτίου και επομένως της κατανάλωσης ενέργειας. Σύμφωνα με μελέτες της EPA σε εμπορικά κτίρια, ο νυχτερινός αερισμός μπορεί να αποφέρει 5%-18% εξοικονόμηση ενέργειας [12]. Η τεχνική αυτή βελτιώνει την ΠΕΑ, διότι κατά τον αερισμό τη νύχτα μειώνεται η συγκέντρωση των ρύπων των εσωτερικών χώρων. Ωστόσο αν το σημείο δρόσου του εξωτερικού αέρα είναι αρκετά υψηλό και υπάρχει ο κίνδυνος να προκληθεί συμπύκνωση και να δημιουργηθεί περιβάλλον ευνοϊκό για την ανάπτυξη μικροβιολογικών οργανισμών.
- Προληπτική συντήρηση του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού. Η προληπτική συντήρηση διασφαλίζει την κατάλληλη βαθμονόμηση και την αποτελεσματική λειτουργία των μηχανικών τμημάτων του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού παρέχοντας με αυτό τον τρόπο όχι μόνο εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και βελτίωση της ΠΕΑ. Τα μέτρα της προληπτικής συντήρησης αφορούν στη βαθμονόμηση των αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας, στην περιοδική αντικατάσταση των φίλτρων αέρα, στη συντήρηση των συστημάτων ελέγχου πίεσης και ροής αέρα, στην εξισορρόπηση της ροής αέρα για να εξασφαλίζεται η κατάλληλη διανομή του και στον καθαρισμό των στοιχείων ψύξης ή/και θέρμανσης καθώς και άλλων υποσυστημάτων ώστε να μειωθούν η αντίσταση που προβάλλεται στη ροή και οι πηγές ρύπων στο σύστημα.
- Αλλαγή θερμοκρασίας του αέρα παροχής. Αν η θερμοκρασία παροχής αέρα μειωθεί, τότε εξοικονομείται ενέργεια στον ψύκτη. Στον αντίποδα, για να ικανοποιηθεί το ψυκτικό φορτίο σε μία τέτοια περίπτωση θα πρέπει να αυξηθεί η ποσότητα του αέρα και συνεπώς η κατανάλωση ενέργειας στον ανεμιστήρα παροχής αέρα. Η υψηλότερη παροχή αέρα που συχνά αφορά και στην ποσότητα του αέρα του περιβάλλοντος έχει ως αποτέλεσμα τον καλύτερο αερισμό του κτιρίου και επομένως τη μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου. Ο κίνδυνος που εμφανίζεται από την αύξηση της θερμοκρασίας του ψύκτη, αφορά στην μειωμένη ικανότητα αφύγρανσης που μπορεί να επιβαρύνει την ΠΕΑ.
- Μείωση της ισχύος του κεντρικού εξοπλισμού. Σύμφωνα με μελέτες της EPA, η μείωση της ισχύος των ψυκτών μηχανικών συστημάτων σε γραφεία (κατά 73%-77%) και σχολικά κτίρια (κατά 86%-90%) οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 13% και 17% αντίστοιχα [13]. Η προσπάθεια μείωσης της ισχύος του εξοπλισμού επικεντρώνεται κυρίως στους λέβητες (λέβητες από χυτοσίδηρο που αυξάνουν τη μεταφορά θερμότητας, βελτιωμένοι καυστήρες και μείωση των θαλάμων καύσης) και στη χρήση συστημάτων ανάκτησης ενέργειας. Η μείωση αυτή όμως θα πρέπει να είναι τόση ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες θερμικής άνεσης σε περιόδους αιχμής και ο έλεγχος υγρασίας για την αποφυγή μικροβιολογικής ρύπανσης.
- Ολοκληρωτικά συστήματα εξωτερικού αέρα. Η λειτουργία των ολοκληρωτικών συστημάτων εξωτερικού αέρα (Dedicated Outdoor Air Systems) έγκειται στην επεξεργασία του εξωτερικού αέρα αναπλήρωσης ξέχωρα από τον αέρα επιστροφής. Το σύστημα αέρα αναπλήρωσης σχεδιάζεται και λειτουργεί με ρυθμό

- Αερισμός εκτόπισης. Ο αερισμός εκτόπισης (Displacement ventilation) αποτελεί μια διαδεδομένη μέθοδο εξοικονόμησης ενέργειας κυρίως λόγω των θετικών συνεπειών στην ΠΕΑ. Η αρχή λειτουργίας είναι η εξής: ένα ρεύμα φρέσκου και κρύου αέρα χαμηλής ταχύτητας εισέρχεται από το πάτωμα και αντικαθιστά τον αέρα που είναι στάσιμος, εκτοπίζοντάς τον προς την οροφή ώστε να εγκαταλείψει το χώρο. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι συγκεντρώσεις των ρύπων στη ζώνη αναπνοής. Αντίθετα, ο αερισμός εκτόπισης λόγω της θερμικής διαστρωμάτωσης του αέρα ενέχει τον κίνδυνο θερμικής δυσανεξίας αν δεν συνεπικουρείται από πρόσθετο εξοπλισμό θέρμανσης ή ψύξης. Πρόβλημα ενδέχεται να παρουσιαστεί και ως προς τον έλεγχο της υγρασίας και γι' αυτό το λόγο δεν ενδείκνυται ως μέθοδος αερισμού σε κτίρια με υψηλό εσωτερικό φορτίο υγρασίας. Αντίθετα τυπικές εφαρμογές αποτελούν τα κτίρια που έχουν μέτριο ψυκτικό φορτίο αιχμής, μεγάλη ετήσια κατανάλωση για ψύξη και απαιτούν μικρές ποσότητες φρέσκου αέρα με υψηλή ΠΕΑ.
- Μεταβλητή ροή ψυκτικού μέσου. Η βασική διαφορά των συστημάτων μεταβλητής ροής ψυκτικού μέσου (Variable Refrigerant Volume/Flow) από τα συμβατικά συστήματα είναι ότι για την επίτευξη μεταφοράς θερμότητας στον κατειλημμένο χώρο, κυκλοφορούν το ψυκτικό μέσο κατευθείαν μέσα από συνδυασμό πολλών μονάδων εξάτμισης διαφορετικής ικανότητας και διαφορετικού σχεδιασμού αντί της χρήσης νερού ή αέρα. Παρουσιάζουν άψογη συμπεριφορά υπό συνθήκες μερικού φορτίου και πολύ καλό έλεγχο θερμοκρασίας ανά ζώνη, παρέχοντας εξαιρετικές συνθήκες άνεσης στους χρήστες του κτιρίου. Η επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας εξαρτάται από τον τρόπο εφαρμογής, ενώ η ένδεια μελετών καθιστά αδύνατη προς το παρόν την εκτίμηση της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας που παρέχουν.

6.2. Στρατηγικές αδιάφορες της ΠΕΑ

Στο πλαίσιο των προσπαθειών εξοικονόμησης ενέργειας έχουν αναπτυχθεί τεχνικές οι οποίες φαίνονται να μην έχουν καμία επίδραση στην ΠΕΑ. Οι ανεμιστήρες υψηλής απόδοσης και τα συστήματα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας αποτελούν τέτοια παραδείγματα. Σε ότι αφορά τα τελευταία η αποθήκευση θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται με την αποθήκευση ψύξης που παράγεται σε περιόδους με μικρή ζήτηση φορτίου με στόχο την κάλυψη των φορτίων αιχμής. Το μέσο αποθήκευσης είναι πάγος ή εύτηκτα άλατα ή υλικά αλλαγής φάσης. Έτσι δίνεται η δυνατότητα μείωσης του μεγέθους του εγκατεστημένου ψυκτικού νερού και κατά συνέπεια μείωσης της ισχύος του κεντρικού εξοπλισμού.

6.3. Στρατηγικές μη συμβατές με την ΠΕΑ

- Μείωση ροής του εξωτερικού αέρα. Η μείωση της ροής εξωτερικού αέρα οδηγεί στη μείωση της απαιτούμενης ισχύος από τους ανεμιστήρες του συστήματος και συνεπώς στην, αν και περιορισμένη σε σχέση με άλλες τεχνικές, εξοικονόμηση

- Συστήματα ΜΠΑ με καθορισμένο ποσοστό εξωτερικού αέρα. Όπως έχει προαναφερθεί, τα συστήματα ΜΠΑ έχουν υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από τα αντίστοιχα συστήματα ΣΠΑ. Συχνά, ο σχεδιασμός των συστημάτων ΜΠΑ είναι τέτοιος ώστε να παρέχουν καθορισμένο ποσοστό εξωτερικού αέρα με αποτέλεσμα κατά τη λειτουργία του συστήματος υπό μερικό φορτίο όπου ο αέρας παροχής μειώνεται να μην αερίζεται επαρκώς το κτίριο. Συστήματα ΜΠΑ τα οποία σχεδιάζονται ώστε να παρέχεται διαρκώς μία ελάχιστη παροχή εξωτερικού αέρα δεν παρουσιάζουν τον παραπάνω κίνδυνο.
- Μείωση των ωρών λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού. Η μείωση των ωρών λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού αφορά στην καθυστερημένη εκκίνηση ή/και πρόωρη παύση του με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας. Στην πραγματικότητα, η επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ενέργειας είναι μικρή καθώς μείωση της λειτουργίας του συστήματος κατά 2 ώρες οδηγεί σε εξοικονόμηση της τάξεως 0%-1% σε γραφεία και 2%-4% σε σχολικά κτίρια [14]. Αντίθετα, σημαντικά προβλήματα ΠΕΑ και θερμικής άνεσης μπορούν να προκληθούν όταν εφαρμόζεται η παραπάνω τεχνική καθώς το σύστημα θα πρέπει να υπερκαλύψει τα φορτία τόσο λόγω της βραδινής παύσης όσο και λόγω της τρέχουσας κατάληψης. Η απουσία ελέγχου της διαφοράς πίεσης μεταξύ κτιρίου και εξωτερικού περιβάλλοντος και η σχετιζόμενη με αυτή μεταφορά ρύπων ενέχει κινδύνους για τη διασφάλιση ικανοποιητικής ΠΕΑ. Από την άλλη πλευρά, η παύση του συστήματος πριν την έξοδο των χρηστών από το κτίριο είναι επιτρεπτή αν οι ανεμιστήρες εξακολουθούν να λειτουργούν διασφαλίζοντας επαρκή αερισμό.
- Ρύθμιση του θερμικού και θερμοκρασιακού ελέγχου. Η ρύθμιση του θερμικού και θερμοκρασιακού ελέγχου αφορά στην αύξηση του σημείου ρύθμισης του θερμοστάτη σε περιόδους ψύξης ή στη μείωσή του σε περιόδους θέρμανσης με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι προφανές ότι η πιθανότητα δυσαρέσκειας των ενοίκων για το θερμικό περιβάλλον είναι αυξημένη αν δεν παρέχεται μέριμνα για τον έλεγχο του από τους χρήστες.
- Εκπομπή ψύξης από την οροφή (radiant ceiling cooling). Τα κτίρια με συστήματα εκπομπής ψύξης από την οροφή έχουν ενσωματωμένες σωληνώσεις στις οροφές μέσω των οποίων ρέει ψυχρό νερό. Οι σωληνώσεις βρίσκονται πολύ κοντά στην επιφάνεια της οροφής και ψύχουν τον κατειλημμένο χώρο μέσω ελεύθερης συναγωγής και μετάδοσης θερμότητας. Η εξοικονόμηση ενέργειας πραγματοποιείται με σημαντική μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για την κίνηση του αέρα (μόνο ο αέρας αναπλήρωσης διανέμεται στο κτίριο) και των υψηλότερων θερμοκρασιών εξάτμισης στον ψύκτη που παρέχει το ψυχρό νερό στις σωληνώσεις. Αν και η τεχνολογία αυτή εφαρμόζεται χρόνια, φαίνεται ότι επηρεάζει αρνητικά την ΠΕΑ. Η συμπύκνωση προκαλεί υγρασία στις ψυχρές επιφάνειες, προκαλώντας τη φθορά των υλικών οροφής και ευνοώντας τη μικροβιολογική ανάπτυξη.

6.4. Ανάκτηση ενέργειας

Τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας αποτελούν τεχνολογία η οποία ενσωματώνεται στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού με σκοπό την εξοικονόμηση

ενέργειας και τη διασφάλιση ικανοποιητικών συνθηκών εσωκλίματος. Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην απομάκρυνση ή την ανάκτηση ενέργειας από τον αέρα που εξέρχεται από το κτίριο και τη μεταφορά της στον εισαγόμενο αέρα. Όταν απαιτείται, όπως σε υγρά κλίματα, η υγρασία πρέπει επίσης να μεταφέρεται ή να ελέγχεται για τη διατήρηση των απαιτούμενων εσωτερικών συνθηκών. Η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται από τη μείωση του φορτίου του αέρα προσαγωγής με αποτέλεσμα την ελάττωση της ισχύος του κεντρικού μηχανικού συστήματος. Η σκοπιμότητα πρόσθεσης τέτοιων συστημάτων στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού αυξάνεται όσο πιο ακραίο είναι το κλίμα και όσο μεγαλύτερες ποσότητες εξωτερικού αέρα απαιτούνται. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα ανάκτησης θερμότητας είναι τα συστήματα αερισμού θερμικής ανάκτησης (Heat Recovery Ventilation), τα συστήματα τροχού θερμότητας (Heat Wheel Recovery), οι σωλήνες θερμότητας και οι εναλλάκτες περιέλιξης.

- ο Συστήματα αερισμού θερμικής ανάκτησης. Τα συστήματα αερισμού θερμικής ανάκτησης αποτελούνται από μια αυτόνομη μονάδα που περιλαμβάνει ανεμιστήρες για την κίνηση του αέρα μέσα στο κεντρικό σύστημα και έναν εναλλάκτη αέρα στη μονάδα διαχείρισης αέρα, ο οποίος μεταφέρει θερμότητα ή ψύξη από τον αέρα απαγωγής στον αέρα παροχής. Ο τρόπος λειτουργίας τους, επιτρέπει τη συνεχή απαγωγή του στάσιμου αέρα από τον εσωτερικό χώρο και την αντικατάστασή του με 'φρέσκο' εξωτερικό με ταυτόχρονη ανάκτηση μεγάλου μέρους της ενέργειας που αποβάλλεται μέσω του αέρα απαγωγής. Η διαρκής ροή 'φρέσκου' εξωτερικού αέρα μειώνει την πιθανότητα συσσώρευσης οσμών, υγρασίας και άλλων εσωτερικών ρύπων βελτιώνοντας την ΠΕΑ. Τα συστήματα αερισμού θερμικής ανάκτησης επιτυγχάνουν υψηλότερη απόδοση σε κρύα ή υγρά και θερμά κλίματα και όταν οι απαιτήσεις σε αερισμό είναι ιδιαίτερα μεγάλες [15].
- ο Συστήματα τροχού θερμότητας. Η διαφορά των συστημάτων τροχού θερμότητας σε σχέση με τα συστήματα αερισμού θερμικής ανάκτησης έγκειται στη διαφοροποίηση του εναλλάκτη, ο οποίος στην προκειμένη περίπτωση έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει θερμότητα και υγρασία. Η υγρασία και θερμότητα μεταφέρεται μεταξύ του ρεύματος αέρα απαγωγής και παροχής, με συνέπεια τη μείωση του λανθάνοντος φορτίου ή της υγρασίας στο κεντρικό μηχανικό σύστημα κατά την περίοδο δροσισμού και την αύξηση των επιπέδων υγρασίας κατά την περίοδο θέρμανσης. Ο έλεγχος της υγρασίας επιτυγχάνεται με την επικάλυψη του τροχού θερμότητας με ξηραντικό υλικό. Τα συστήματα αυτά παρέχουν άριστο έλεγχο της υγρασίας και της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα τη δημιουργία ικανοποιητικής ΠΕΑ και θερμικής άνεσης, τη στιγμή που η εξοικονόμηση ενέργειας κατά τη λειτουργία τους σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού αγγίζει το 35%. [16] Ωστόσο, για την καλύτερη απόδοση του τροχού θερμότητας απαιτείται η διέλευση των ρευμάτων αέρα απαγωγής και παροχής από γειτονικούς θαλάμους. Για την αποφυγή προβλημάτων ΠΕΑ κρίνεται απαραίτητη η διασφάλιση μη ανάμειξης των ρευμάτων αέρα εκτός της ΜΔΑ, διότι σε μια τέτοια περίπτωση είναι πιθανή η είσοδος ρύπων του αέρα απαγωγής στον αέρα παροχής. Τέλος, ο τροχός θερμότητας πρέπει να διατηρείται καθαρός με τη χρήση φίλτρων.
- ο Σωλήνες θερμότητας. Σε αυτή την τεχνική η θερμότητα μεταφέρεται μέσω ενός ρευστού υγρού το οποίο βρίσκεται σε σωλήνα και με τη βοήθεια συχνά πτερυγίων απαγωγής θερμότητας. Το υγρό εξατμίζεται στο ένα άκρο του σωλήνα λόγω της μεταφοράς θερμότητας από τον αέρα, ο ατμός κινείται προς το ψυχρότερο άκρο

- ο Εναλλάκτες περιέλιξης. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από σωλήνες που διατρέχουν όλο το κτίριο, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το εργαζόμενο μέσο (νερό ή μίγμα νερού και γλυκόλης) για τη μεταφορά και ανάκτηση ενέργειας. Οι εναλλάκτες περιέλιξης χρησιμοποιούνται όταν οι εγκαταστάσεις του αέρα εισαγωγής και του αέρα απαγωγής είναι απομακρυσμένες. Το γεγονός αυτό αποτελεί βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων εναλλάκτων περιέλιξης σε ότι αφορά στην ΠΕΑ, διότι καθώς τα συστήματα αεραγωγών εισαγωγής και απαγωγής έχουν σημαντική απόσταση μεταξύ τους η πιθανότητα να αναμιχθούν μεταξύ τους και να μεταφερθούν ρύποι από τον αέρα απαγωγής στον αέρα παροχής περιορίζεται. Πέρα από τον περιορισμό ανακυκλοφορίας των ρύπων, οι εναλλάκτες περιέλιξης προσδίδουν περισσότερη από την ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα αερισμού, τη στιγμή που η χρήση τους μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση της απόδοσης ολόκληρου του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού κατά 50-70%. [18] Το υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος, το καθιστά αποδοτικό μόνο όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δυο ρευμάτων αέρα είναι μεγάλη.

7. Επίλογος

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού πραγματοποιείται με βάση τις ανάγκες και τις δυνατότητες της εκάστοτε εφαρμογής, τους οικονομικούς και αρχιτεκτονικούς παράγοντες καθώς και τους παράγοντες σχεδιασμού του συστήματος κλιματισμού. Τα τελευταία χρόνια, ο ρόλος των μηχανικών συστημάτων πέρα από την επίτευξη θερμικής άνεσης έχει επεκταθεί και στη διασφάλιση ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού αέρα λόγω των συνδρόμων και ασθενειών που σχετίζονται με αυτή. Ως εκ τούτου, κύριο στόχο αποτελεί η ανάπτυξη τεχνολογιών και τεχνικών που βρίσκουν εφαρμογή στα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται ικανοποιητικό εσωκλίμα και ΠΕΑ σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση ενέργειας. Αρωγοί σε αυτή την προσπάθεια θα πρέπει να είναι οι κατασκευαστές των συστημάτων με τη δημιουργία ελκυστικών τεχνολογιών τόσο από άποψη κόστους όσο και από άποψη χρηστικότητας καθώς και όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς οι οποίοι με την κατάλληλη και συνεχή ενημέρωση θα καταστούν αποτελεσματικοί στην επιλογή και εφαρμογή αποδοτικών λύσεων.

8. Αναφορές

1. Detlef Westphalen and Scott Koszalinski, Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC Systems Volume II: Thermal Distribution, Auxiliary Equipment, and Ventilation

2. Τσούτση Ε. και Σουρή Α. (2003), Κλιματισμός, ποιότητα εσωτερικού αέρα και κατανάλωση ενέργειας, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ, Νοέμβριος
3. Godish, Th., Indoor Environmental Quality, Lewis Publishers, ΗΠΑ, 2000
4. Jaboyedoff, P., Roulet, C. A., Dorer, V., Weber, A., Pfeiffer, A., «Energy in air handling units-results of the AIRLESS European Project», Energy and Buildings 36 (2004) 391-399
5. Bearg, David W., Indoor Air Quality and HVAC systems, Lewis Publishers, USA,1993
6. Ranjith, A., Tham, K.W., (2001), An integrated energy-IAQ study on the impact of filtration techniques in an air-conditioned office building in the Tropics, Building envelope and indoor environment 3
7. Bluyssena, P.M., Coxa, C., Olli Seppanen, Eduardo de Oliveira Fernandesc, Geo Clausend, Birgit M3ullere, Claude-Alain Rouletf, Why, when and how do HVAC-systems pollute the indoor environment and what to do about it? the European AIRLESS project
8. Dresser, T., «Case study-Burlington High School», EPA-402-F-00-010G, (διαθέσιμο σε: [http:// www.epa.gov](http://www.epa.gov)]
9. [EPA, «Energy cost and IAQ performance of ventilation systems and controls-Meeting outdoor air requirements in very high occupant density buildings- A study of auditoriums and schools, Project#6», Indoor Environments Division (6609J), Office of air and Radiation, EPA-402-S-01-001F, Ιανουάριος 2000].
10. [Splender,John D., Samet, Jonathan M., McCarthy, John F., Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, 2001].
11. R.Zmeuraneu, C. Peragine, «Evaluation of interactions between lighting and HVAC systems in a large commercial building», Energy Conversion & Management 40 (1999) 1229-1236.
12. EPA, “Stage Three-Other Load Reductions”, Energy Star Buildings Manual, Ιούνιος 1998.
13. EPA, «Energy cost and IAQ performance of ventilation systems and controls-The impact of energy efficiency strategies on energy usage, thermal comfort and outdoor air flow rates in commercial uildings,Project#7», Indoor Environments Division (6609J), Office of air and Radiation, EPA-402-S-01-001F, Ιανουάριος 2000
14. EPA, «Energy cost and IAQ performance of ventilation systems and controls- Executive Summary», Indoor Environments Division (6609J), Office of air and Radiation, EPA-402-S-01-001F, Ιανουάριος 2000
15. EPA, «Energy Star Builder Guide- Improve Indoor Air Quality with Heat Recovery Ventilation», (http://www.energystar.gov/ia/partners/bldrs_lenders_raters/downloads/BuilderGuide2D3.pdf).
16. P.Mazzei, F. Minichiello, D.Palma, «Desiccant HVAC systems for commercial buildings» Applied Thermal Engineering 22 (2002) 545-560.

17. Song Lin, John Broadbent, Ryan McGlen, «Numerical study of heat pipe application in heat recovery systems», Applied Thermal Engineering 25 (2005)127-133
18. Run-around systems» (διαθέσιμο σε: <http://ateam.lbl.gov/Design-Guide/DGHtml/run.aroundsystems.htm>).

Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Ποιος ο ρόλος των μηχανικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού και ποια τα τυπικά μέρη από τα οποία αποτελείται;
2. Ποιοι παράγοντες συνεκτιμώνται για την επιλογή του συστήματος θέρμανσης, ψύξης και αερισμού;
3. Ποιοι βασικοί κανόνες πρέπει να διέπουν το σχεδιασμό των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού;
4. Πως επιτυγχάνεται ικανοποιητική ΠΕΑ από τη χρήση συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού και γιατί αυτό δε συμβαίνει πάντοτε;
5. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας των μηχανικών συστημάτων σταθερής και μεταβλητής παροχής αέρα;
6. Ποιοι είναι το σημαντικότερο ζήτημα που προκύπτει όσον αφορά στα συστήματα μεταβλητής παροχής αέρα όταν λειτουργούν υπό μερικό φορτίο σε σχέση με την ΠΕΑ;
7. Ποιος είναι ο βασικός κανόνας τοποθέτησης του προσαγωγού αέρα και ποιες θέσεις πρέπει να αποφεύγονται;
8. Ποια προβλήματα είναι δυνατόν να προκύψουν από τη δυσλειτουργία των διαφραγμάτων εξωτερικού αέρα;
9. Ποιος είναι ο ρόλος των φίλτρων σε ένα μηχανικό σύστημα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού;
10. Ποιοι παράγοντες και πως επηρεάζουν την συγκέντρωση σκόνης και μικροοργανισμών στην επιφάνεια των αγωγών αερισμού;
11. Από τι εξαρτάται ο βαθμός επίδρασης των πύργων ψύξης στην ΠΕΑ και ποια μέτρα αντιμετώπισης προτείνονται;
12. Ποιες στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας είναι συμβατές με την ΠΕΑ;
13. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας του αερισμού εκτόπισης και ποια προβλήματα είναι πιθανόν να προκύψουν;
14. Ποιες στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας δεν είναι συμβατές με την ΠΕΑ;
15. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας των συστημάτων ανάκτησης ενέργειας και ποια είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα;
16. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας των συστημάτων τροχού θερμότητας και ποιον κίνδυνο ενέχουν σχετικά με την ΠΕΑ;

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε σε τεχνικές επίλυσης των προβλημάτων ποιότητας εσωτερικού αέρα. Τα προβλήματα ποιότητας εσωτερικού αέρα, προκύπτουν συνήθως από μικρά αιωρούμενα σωματίδια και αέριους ρύπους που βρίσκονται ή παράγονται στους εσωτερικούς χώρους και αφορούν την υγεία, την οπτική άνεση, βλάβες σε εξοπλισμό, αυξημένο κίνδυνο φωτιάς κλπ.

Η συγκέντρωση ρύπων σε έναν χώρο δίνεται από την σχέση

$$\text{Συγκέντρωση (mg/m}^3\text{)} = \text{ποσοστό εκπομπής (mg/h)} / \text{ποσοστό αερισμού (m}^3\text{/h)}$$

όπου, το ποσοστό εκπομπής καθορίζεται από το γινόμενο της εκπομπής (mg /m²) ανά ώρα, επί την επιφάνεια της πηγής (m²). Όσο λοιπόν περιορίζουμε τις πηγές ρύπανσης και το ποσοστό εκπομπής ρύπων μέσα στο κτίριο, τόσο θα μειώνεται η συγκέντρωση μη επιθυμητών ρύπων και άρα, τόσο καλύτερη θα είναι η ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Επίσης, αν αυξήσουμε το ποσοστό αερισμού, θα βελτιωθεί και πάλι η ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

Με τα παραπάνω δεδομένα, ορίσαμε ήδη δύο στρατηγικές επίλυσης των προβλημάτων ποιότητας εσωτερικού αέρα: την πρόληψη και τον αερισμό. Γενικότερα, οι πιθανές στρατηγικές επίλυσης των προβλημάτων ποιότητας εσωτερικού αέρα, ιεραρχημένες με βάση την αποτελεσματικότητά τους, είναι οι εξής:

1. Πρόληψη
2. Αερισμός και Καθαρισμός Αέρα
3. Έλεγχος και Διαχείριση Κτιρίου
4. Συντήρηση

Με την πρόληψη, όπως άλλωστε υπονοεί και η ίδια η λέξη, προλαβαίνουμε μια ανεπιθύμητη κατάσταση, πριν ακόμα αυτή διαμορφωθεί. Η πρόληψη είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης ενός προβλήματος. Πρόληψη στη συγκεκριμένη περίπτωση σημαίνει την αποφυγή εμφάνισης ρύπων μέσα στο χώρο και την απομάκρυνση της πηγής από το χώρο. Αυτό, σε γενικές γραμμές, μπορεί να επιτευχθεί με την αποφυγή της εισόδου μολυσμένου αέρα στο κτίριο, την απαγόρευση δραστηριοτήτων που ρυπαίνουν τον εσωτερικό αέρα (κάπνισμα, βάψιμο κ.α.), τη σωστή χρήση ή αντικατάσταση συστημάτων και συσκευών (κλιματιστικών μονάδων, φωτοτυπικών μηχανημάτων, κουζίνας κ.α.) και τη σωστή επιλογή υλικών (τάπητες, μονωτικά υλικά, χρώματα).

Αμέσως μετά το στάδιο της πρόληψης, προτεραιότητα έχουν ο αερισμός και ο καθαρισμός του αέρα, με στόχο τη μεγαλύτερη δυνατή μείωση των ρύπων και τον έλεγχο των εκπομπών. Ο αερισμός κατά βάση αποτελεί μέσο βελτίωσης της ποιότητας του εσωτερικού αέρα καθώς μεταφέρει φρέσκο (εξωτερικό) αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων. Οστόσο η μέθοδος αυτή έχει διάφορους περιορισμούς, κυρίως, όσον αφορά την ποιότητα του εξωτερικού αέρα και τη θερμοκρασία αυτού σε σχέση με τη θερμοκρασία χώρου. Συμπληρωματικά της πρόληψης και του αερισμού και εφ' όσον τα αποτελέσματα δεν είναι τα αναμενόμενα, μπορεί να εφαρμοστεί κάποια τεχνική καθαρισμού του αέρα. Η επιλογή της τεχνικής καθαρισμού εξαρτάται από το είδος του ρύπου, τη συγκέντρωση αυτού, το μέγεθος των σωματιδίων κ.α. Από μόνη της, η στρατηγική αυτή δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες ποιότητας του εσωτερικού αέρα, ειδικά εάν στο χώρο υπάρχουν πηγές ρύπανσης και ο αερισμός είναι περιορισμένος.

Πέρα από τις παραπάνω τεχνικές, για την εξασφάλιση της ποιότητας του αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος απαιτείται επιπλέον συνεχής έλεγχος των συστημάτων, των λειτουργιών και των εργασιών που διεξάγονται μέσα στο κτίριο, έλεγχος των αντίστοιχων πηγών ρύπανσης, καθώς και σωστή διαχείριση του ίδιου του κτιρίου από τους χρήστες του.

Τέλος, οι τεχνικές συντήρησης και καθαρισμού του κτιρίου, εφόσον εφαρμοστούν σωστά συμβάλλουν στη διατήρηση της καλής ποιότητας του αέρα.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα δούμε τις παραπάνω στρατηγικές αναλυτικά.

1. ΠΡΟΛΗΨΗ

Η αποτελεσματικότερη στρατηγική για την εξασφάλιση καλής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος, είναι η πρόληψη. Όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή, πρόληψη είναι η αποφυγή εμφάνισης ρύπων και πηγών ρύπανσης μέσα στο χώρο. Με αυτή τη λογική, απαραίτητο κριτήριο είναι να προσδιοριστούν οι πιθανές πηγές ρύπανσης και τα χαρακτηριστικά τους και να βρεθούν τρόποι εξάλειψης ή απομόνωσης των πηγών.

Οι πηγές ρύπανσης είναι διαχωρισμένες σε 4 κύριες κατηγορίες:

α. Εξωτερικές πηγές

Χαρακτηριστικά περιοχής: Εξωτερικός αέρας, έδαφος και νερό

β. Πηγές κτιρίου

Κέλυφος κτιρίου, δομικά υλικά, συστήματα αερισμού και θέρμανσης.

γ. Περιεχόμενα κτιρίου

Έπιπλα, υλικά και μηχανήματα που βρίσκονται μέσα στο κτίριο

δ. Χρήστες κτιρίου

Ζωτικές λειτουργίες και δραστηριότητες (είδος, πρόγραμμα, χώροι)

Η σωστή πρόληψη είναι ο πιο οικονομικός και οικολογικός τρόπος για να επιτύχουμε καλή ποιότητα εσωτερικού αέρα. Η διαφορά κόστους μεταξύ σωστής πρόληψης και βελτίωσης ποιότητας αέρα μέσω του εξαερισμού υπολογίζεται στο ένα τέταρτο αυτού.

1.1 Εξωτερικές πηγές

Ο αέρας μέσα σε ένα κτίριο αναπληρώνεται συνήθως συστηματικά με εξωτερικό αέρα, μέσω των ανοιγμάτων και του συστήματος εξαερισμού του κτιρίου. Έτσι, παραπροϊόντα καύσης βιομηχανικών δραστηριοτήτων και μεταφοράς (διοξείδιο του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου) που πιθανώς βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, διεισδύουν μέσα στο κτίριο δημιουργώντας προβλήματα υγείας στους χρήστες των κτιρίων. Επίσης, το ράδιο και οι χημικές του προσμίξεις μπορούν να διεισδύσουν στο κτίριο, όταν τα τμήματα εκείνα του κτιρίου που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος έχουν χαμηλότερη εσωτερική πίεση σε σχέση με την εξωτερική πίεση του εδάφους. Αυτή η διαφορά πίεσης μπορεί εύκολα να αντιμετωπιστεί μέσω υπολογισμού της διαφοράς θερμοκρασίας και πίεσης – το φαινόμενο της καμινάδας - και έτσι να μειωθεί η διείσδυση αυτών των ουσιών στους εσωτερικούς χώρους. Ανάλογα με την ποιότητα του εξωτερικού αέρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα φίλτρα από το σύστημα εξαερισμού, ώστε ο αέρας που εισάγεται και αναμειγνύεται με τον εσωτερικό αέρα να είναι καθαρός.

1.2 Πηγές κτιρίου

Το ίδιο το κτίριο με το κέλυφος, τα δομικά υλικά του και τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, σε πολλές περιπτώσεις αποτελεί πηγή ρύπανσης. Αλλαγές στη θερμοκρασία και υγρασία των χώρων, μπορούν να προκαλέσουν χημικές αντιδράσεις και στη συνέχεια εκπομπές ρύπων στον εσωτερικό αέρα, από τα ίδια τα υλικά δόμησης του κτιρίου, ενώ τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, αν δεν λειτουργούν σωστά, μπορεί να εκπέμπουν μεγάλο ποσοστό ρύπων μέσα στο κτίριο. Έτσι, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην επιλογή των υλικών δόμησης και τη σωστή εγκατάσταση και λειτουργία των συστημάτων.

1.3 Περιεχόμενα κτιρίου

1.3.1 Υλικά και Έπιπλα Κτιρίου

Όπως τα δομικά υλικά του κτιρίου, έτσι και τα έπιπλα και η επίστρωση των χώρων, αποτελούν συχνά πηγές ρύπανσης, οι οποίες εκπέμπουν ρύπους κάτω από συγκεκριμένες θερμοκρασίες και ποσοστά υγρασίας. Οι εκπομπές οργανικών πτητικών ενώσεων (VOC's) που προέρχονται από υλικά και έπιπλα, συχνά συσχετίζονται με προβλήματα υγείας όπως αλλεργίες, πονοκεφάλους και ερεθισμούς στα μάτια και την ρινική περιοχή.

Έτσι, η σωστή επιλογή των υλικών και των επίπλων που θα χρησιμοποιηθούν μέσα σε ένα κτίριο είναι πολύ βασικός παράγοντας για την ποιότητα του αέρα και την υγεία και ευημερία των χρηστών του κτιρίου. Σύμφωνα με το European Concerted Action Report No 11 (CEC, 1992) και των οδηγιών του California Department of Health Services, η διαδικασία επιλογής υλικών για το κτίριο πρέπει να είναι ως εξής:

1.3.1.1 Σταδιακή Προσέγγιση 3 βημάτων

α. Προσδιορισμός υλικών και προϊόντων:

Ο προσδιορισμός των υλικών γίνεται με βάση τις απαιτούμενες ποσότητες, την εγγύτητα των υλικών αυτών, τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους.

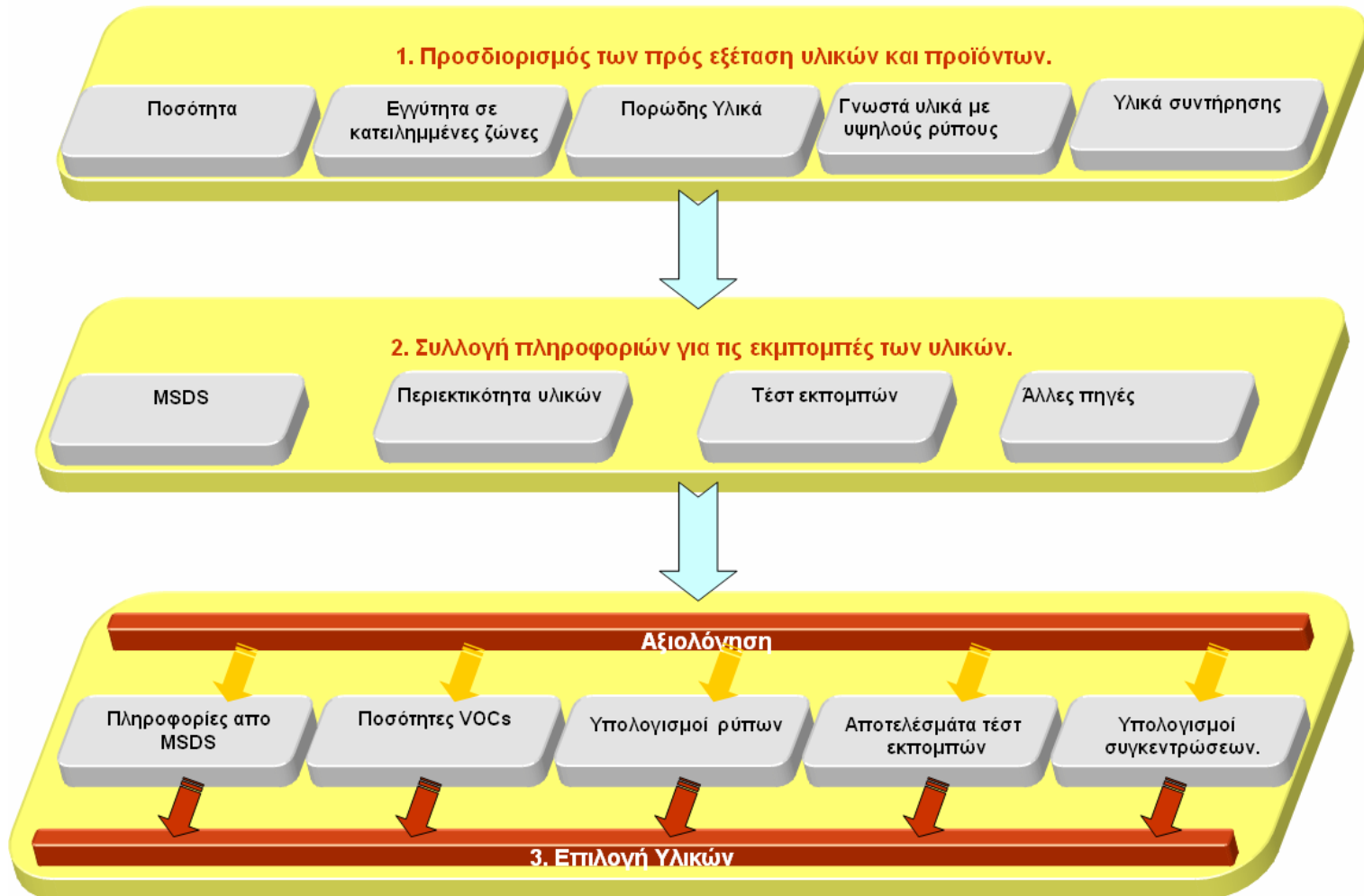
Β. Συλλογή πληροφοριών σχετικά με τις εκπομπές:

Για την επιλογή των κατάλληλων υλικών, απαιτούνται γνώσεις των συστατικών και της περιεκτικότητας σε χημικές ουσίες. Οι κατασκευαστές προϊόντων είναι υποχρεωμένοι να παρέχουν τις παραπάνω πληροφορίες, καθώς και τα αποτελέσματα της ανάλυσης εκπομπών ρύπων που προέκυψαν από εργαστηριακές μελέτες. Σχετικές πληροφορίες παρέχονται μέσω των δελτίων δεδομένων ασφαλείας (Material Safety Data Sheets) των προϊόντων.

Γ. Επιλογή υλικών

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω βημάτων, προκύπτει η επιλογή των υλικών και προϊόντων που θα τοποθετηθούν στο κτίριο. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως, οι εκπομπές των υλικών στην πράξη, μπορεί να απέχουν από τα εργαστηριακά αποτελέσματα. Οι διαφορές αυτές μπορεί να προκληθούν είτε από διαφορές στην κατασκευή, συσκευασία, αποθήκευση και μεταφορά των προϊόντων, είτε λόγω έλλειψης προτύπων και αναφορών για τη μεθοδολογία μέτρησης, ανάλυσης και βαθμολόγησης των εκπομπών. Επίσης, την εκπομπή ρύπων επηρεάζουν σημαντικά εξωτερικοί παράγοντες, όπως τα ιστορικά δεδομένα, η ηλικία του υλικού, η ταχύτητα του αέρα, οι κλιματικές συνθήκες κλπ..

Σταδιακή Προσέγγιση 3 βημάτων



1.3.1.2 Κατηγοριοποίηση εκπομπών

Σύμφωνα με τους Levin et al, 1992, οι εκπομπές που προέρχονται από τα υλικά των κτιρίων διαχωρίζονται στις εξής 4 κατηγορίες:

A. Εκπομπές Υγρών Προϊόντων:

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται υλικά υγρής μορφής που συνήθως εκπέμπουν VOC's. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται υλικά όπως μπογιές, κεριά, στεγνωτικές ουσίες, κόλλες και στιλβωτικές ουσίες. Σε γενικές γραμμές, το μεγαλύτερο ποσοστό VOC's από υγρά υλικά, εκπέμπεται στα πρώτα στάδια της ζωής των υλικών. Τα υλικά παραμένουν ενεργά από άποψη εκπομπών για μεγάλες χρονικές περιόδους μετά την εφαρμογή τους στα κτίρια. Ο εξαερισμός και η ροή του αέρα πάνω από αυτά τα υλικά, είναι βασικός παράγοντας για τον προσδιορισμό του ρυθμού εκπομπών. Επίσης, ο κύκλος ζωής των εκπομπών από αυτά τα υλικά, επηρεάζεται από τις επιφάνειες τις οποίες αυτά καλύπτουν. Ένα απορροφητικό υλικό για παράδειγμα, θα απορροφήσει μεγαλύτερο ποσοστό μπογιάς και έτσι, οι εκπομπές του θα είναι μικρότερες σε σύγκριση με ένα μη απορροφητικό υλικό.

B. Εκπομπές στερεών προϊόντων

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται στερεά υλικά όπως κοντρα-πλακέ, ξύλινες επενδύσεις με ελαστικό, σύνθετο ξύλο και καλύμματα πατωμάτων. Ο ρυθμός εκπομπής VOC's είναι πιο αργός από αυτή των υγρών υλικών και προέρχεται συνήθως από διαλύτες που προστέθηκαν στα στερεά υλικά κατά την παραγωγή τους. Τα στερεά υλικά εκπέμπουν VOC's για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα, για τις εκπομπές φορμαλδεΐδης από στερεά υλικά έχει διαπιστωθεί ότι, χρόνια μετά την εφαρμογή των υλικών, οι εκπομπές συνεχίζονται.

Γ. Εκπομπές από πορώδη προϊόντα.

Σ' αυτή την κατηγορία κατατάσσονται τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, το ξύλο, το χαρτί και άλλα πορώδη υλικά εσωτερικού χώρου. Τα υλικά αυτά δεν εκπέμπουν εξ'αρχής VOC's, αντιθέτως απορροφάνε τον ρύπο όταν εκτεθούν σε εσωτερικούς χώρους με υψηλή συγκέντρωση VOC's. Το ποσοστό απορρόφησης εξαρτάται από την αστάθεια, πολικότητα και συγκέντρωση των χημικών ενώσεων καθώς και από τον όγκο της εκτεθειμένης επιφάνειας του υλικού. Όταν η συγκέντρωση του αέρα γύρω από τα πορώδη προϊόντα μειώνεται, τα υλικά αυτά μπορεί να μετατραπούν σε πηγές εκπομπής, ελευθερώνοντας VOC's.

Δ. Εκπομπές από υλικά συντήρησης κτιρίου

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται κεριά, στιλβωτικές ουσίες, καθαριστικά και απολυμαντικά υλικά, των οποίων η εφαρμογή είναι συχνή και εξαρτάται από τα ήδη υπάρχοντα υλικά στο κτίριο.

Γνωρίζοντας πόσο δύσκολη είναι η επιλογή των κατάλληλων υλικών για τα κτίρια, προτείνονται γενικά τα εξής:

- Να επιλέγονται υλικά με χαμηλές εκπομπές ρύπων.

- Να αποφεύγεται η χρήση υλικών για τα οποία δεν υπάρχουν επαρκής πληροφορίες.
- Να προτιμούνται υλικά που στεγνώνουν γρήγορα.
- Η εγκατάσταση των υλικών να γίνεται βάση των ιδιοτήτων τους και των ποσοστών εκπομπής και απορρόφησης. Σε γενικές γραμμές, τα πορώδη υλικά, όπως τάπητες και υφασμάτινοι διαιρέτες γραφείων, πρέπει να εγκαθίστανται σε τελική φάση της κατασκευής του κτιρίου. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η απορρόφηση ρύπων που εκπέμπονται από λοιπές διεργασίες και η μετέπειτα επανεκπομπή τους μέσα στο χώρο.

Επίσης, στη φάση κατασκευής και παράδοσης ενός κτιρίου συνιστάται:

- Η εφαρμογή μηχανικού αερισμού κατά την διάρκεια αυξημένων εκπομπών (πρόσφατη εφαρμογή υλικών στο κτίριο) καθώς και η αποφυγή έκθεσης των χρηστών σε αυξημένες συγκεντρώσεις. Τα ρεύματα αέρα μέσω του εξαερισμού αυξάνουν τους ρύπους αρχικά, αλλά μακροπρόθεσμα μειώνουν την συγκέντρωσή τους στο χώρο.
- Προσοχή στην επιλογή υλικών βάση του τρόπου καθαρισμού τους.
- Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην μεταφορά πορώδων υλικών, καθώς απορροφάνε VOC's. Αν η ειδική μεταχείριση δεν είναι δυνατή πριν από την μεταφορά τους, τότε πρέπει να απομονωθούν σε στεγνό και καλά αεριζόμενο χώρο εκτός του κτιρίου που θα εγκατασταθούν.
- Τα σύνθετα παράγωγα ξύλου να είναι απόλυτα μονωμένα και οι επιφάνειες τους να είναι καλυμμένες.
- Να δίνονται συγκεκριμένες οδηγίες για την μεταφορά των υφασμάτινων διαιρετών γραφείου. Για την αποφυγή μόλυνσης του υφάσματος προτείνεται η χρήση υλικών συσκευασίας που εμποδίζει την επαφή αυτών με τον εξωτερικό αέρα κατά την διάρκεια της μεταφοράς. Μετά την παραλαβή τους, συνιστάται να αερίζονται σε καλά εξαεριζόμενο χώρο εκτός του κτιρίου.

‘Bake out’ Κτιρίων

Στην πρόληψη συμπεριλαμβάνεται επίσης μια μέθοδος που αποσκοπεί στην επιτάχυνση της διαδικασίας και του ρυθμού εκπομπής ρύπων από δομικά υλικά. Η μέθοδος αυτή είναι η μέθοδος ψησίματος του κτιρίου (Bake Out). Σύμφωνα με τον Girman et al. (1987), η αύξηση της θερμοκρασίας από 23 σε 39°C επιταχύνει την εκπομπή πτητικών ενώσεων κατά 10% και αυξάνει την πίεση ατμού κατά 200%. Βασισόμενη σε αυτά τα στοιχεία, μέσω της μεθοδολογίας ψησίματος του κτιρίου προτείνεται η αύξηση της θερμοκρασίας ενός μη κατοικημένου κτιρίου στους 35 – 39°C σε συνδυασμό με έντονο εξαερισμό, με σκοπό την δραστηριοποίηση και επιτάχυνση της διαδικασίας απελευθέρωσης και άρα αφαίρεσης των πτητικών ρύπων από το κτίριο, πριν από την χρησιμοποίησή του. Στις περισσότερες περιπτώσεις, για να έχει αποτέλεσμα αυτή η διαδικασία, απαιτείται τουλάχιστον μια περίοδος 48 ωρών με αυξημένες θερμοκρασίες.

Παρ' όλα αυτά, η διαδικασία ψησίματος του κτιρίου δεν συνιστάται σαν μεθοδολογία πρόληψης των προβλημάτων ποιότητας αέρα. Μερικοί από τους κυριότερους λόγους για αυτό είναι:

- Ότι η αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι αμφισβητήσιμη, σύμφωνα με μια σειρά από έρευνες με αντιφατικά αποτελέσματα.
- Ότι τα συστήματα μηχανικού αερισμού πολλές φορές δεν είναι κατασκευασμένα με προδιαγραφές τέτοιες ώστε να παρέχουν έντονες αλλαγές θερμοκρασίας.
- Ότι, υπό ιδανικές συνθήκες, η διαδικασία αυτή θα πρέπει να διαρκέσει αρκετές μέρες. Για οικονομικούς συνήθως λόγους, η διαδικασία περιορίζεται σε δύο περίπου μέρες, χρονικό διάστημα που δεν επαρκεί για να έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Σε γενικές γραμμές, 24 ώρες επαρκούν μόλις για την επίτευξη της κατάλληλης θερμοκρασίας, ενώ άλλες τόσες για την επαναφορά της σε επιτρεπτά όρια.
- Ότι, κατά την διάρκεια του ψήσιματος, απαιτείται έντονος εξαερισμός για την αποφυγή απορρόφησης VOC's από τα πορώδη υλικά. Η εισαγωγή εξωτερικού αέρα με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία όμως, πρέπει να ισορροπήσει με την απαιτούμενη θερμοκρασία, με αποτέλεσμα ο επιθυμητός εξαερισμός να μην μπορεί εύκολα να επιτευχθεί.
- Ότι, πολλές φορές, το κόστος για την εφαρμογή της διαδικασίας είναι πολύ υψηλό. Οι απαιτούμενες μετατροπές στον μηχανικό εξαερισμό, το απαραίτητο προσωπικό σχεδιασμού και εκτέλεσης και ο απαραίτητος συνεχής έλεγχος αυξάνουν το κόστος ραγδαία, καθιστώντας έτσι τη διαδικασία οικονομικά ανώφελη. Σημειώνεται πως στο κόστος δεν έχει καν συμπεριληφθεί το κόστος που συνεπάγεται η καθυστέρηση χρήσης του κτιρίου.
- Ότι, συγκεκριμένες ομάδες υλικών αντιδρούν στο ψήσιμο με διαφορετικούς τρόπους. Θετικά αποτελέσματα αναφέρονται συνήθως σε υλικά με μικρό πάχος. Καθοριστικός παράγοντας είναι η θερμοχωρητικότητα, καθώς υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα δεν έχουν την επιθυμητή αύξηση θερμοκρασίας και άρα τα αναμενόμενα αποτελέσματα, εάν το ψήσιμο διαρκέσει σύντομο χρονικό διάστημα.

1.3.2 Μηχανές και εξοπλισμός

Εξοπλισμός γραφείου, όπως τα φωτοτυπικά μηχανήματα, τα εκτυπωτικά μηχανήματα και οι συσκευές φαξ, εκπέμπουν αέρια και ρύπους. Η εκπομπή τους σχετίζεται με την συχνότητα και το είδος χρήσης καθώς και τη συντήρηση. Έτσι, καλό είναι οι δραστηριότητες αυτές να περιορίζονται κατά το δυνατόν, όχι μόνο ποσοτικά αλλά και σε συγκεκριμένους χώρους. Επίσης, οι κουζίνες συχνά αποτελούν πηγές υγρασίας και ρύπανσης. Οι συσκευές φυσικού αερίου απελευθερώνουν μοριακά υπολείμματα, διοξείδιο του αζώτου και μονοξείδιο του άνθρακα και θα πρέπει να απομονώνονται από τους κύριους δίαυλους του αέρα.

1.4 Χρήστες Κτιρίου

Οι χρήστες του κτιρίου και οι δραστηριότητες αυτών, επιβαρύνουν την ποιότητα εσωτερικού αέρα. Ο προσδιορισμός και η απομόνωση των ρύπων από τους χρήστες είναι ένα σημαντικό βήμα για την εξασφάλιση καλού εσωτερικού περιβάλλοντος. Καθημερινές δραστηριότητες και κυρίως το κάπνισμα, είναι πηγές ρύπανσης των χώρων. Γνωρίζοντας τις δραστηριότητες αυτές των χρηστών καθώς και τα χαρακτηριστικά τους,

(συχνότητα, διάρκεια, τόπο) είναι δυνατόν να προσδιοριστεί ο κατάλληλος τρόπος εξάλειψης του προβλήματος, συχνά μέσω μηχανικού αερισμού.

2. Αερισμός και Καθαρισμός Αέρα

2.1 Αερισμός

Ο αερισμός αποσκοπεί στην παροχή οξυγόνου για τις διαδικασίες μεταβολισμού του ανθρώπινου οργανισμού και τη μείωση της ρύπανσης εσωτερικού αέρα. Ο αερισμός του κτιρίου μπορεί να επιτευχθεί με φυσικούς ή τεχνητούς (μηχανικούς) μηχανισμούς.

2.1.1 Φυσικός αερισμός

Ο σωστός φυσικός αερισμός του κτιρίου, είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας σε μη αστικές περιοχές με ήπιο κλίμα, για την αποφυγή και πρόληψη των προβλημάτων ρύπανσης του εσωτερικού περιβάλλοντος. Στόχος είναι να επιτευχθεί επαρκής ροή αέρα σε όσο το δυνατό περισσότερους εσωτερικούς χώρους. Με τον φυσικό αερισμό αναπληρώνεται, αναμιγνύεται και αραιώνεται ο ήδη υπάρχον αέρας, όμως αυτός δεν μπορεί να μετατοπιστεί ή να αλλάξει.

2.1.1.1 Αρχές Φυσικού αερισμού

α. Ο φυσικός αερισμός και η διαφορά πίεσης

Ο φυσικός αερισμός είναι αποτέλεσμα διαφοράς πίεσης στο κέλυφος του κτιρίου. Η διαφορά αυτή συνήθως είναι αποτέλεσμα του ανέμου και της διαφοράς πυκνότητας μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού αέρα. Αυτή η διαφορά πίεσης ΔP , μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, μπορεί να υπολογιστεί με την εξίσωση:

$$\Delta P = P_o + P_w - P_i + \Delta P_s$$

Εξίσωση 1

όπου

P_o = στατική υψομετρική πίεση -π53

P_w = η πίεση του ανέμου (η οποία μπορεί να υπολογιστεί με την εξίσωση Bernoulli)

$$P_w = (\rho \div 2) C_p W^2$$

Εξίσωση 2

όπου

ρ = η πυκνότητα του αέρα, kg/m³

C_p = ο συντελεστής πίεσης επιφάνειας

W = η μέση ταχύτητα του αέρα στο συγκεκριμένο ύψος.

P_i = η εσωτερική πίεση

ΔP_s = η διαφορά πυκνότητας εσωτερικού και εξωτερικού αέρα.

Η πίεση του ανέμου αναφέρεται στη θετική και αρνητική πίεση στο κέλυφος ενός κτιρίου, όταν αυτό βάλλεται από τον άνεμο. Θετική πίεση δημιουργείται στην πλευρά που φυσάει ο αέρας και αρνητική πίεση στην αντίθετη πλευρά. Οι πιέσεις στις άλλες πλευρές μεριές του κτιρίου, εξαρτώνται από το σχήμα του κτιρίου και την κατεύθυνση του αέρα.

Σχέδιο

B. Ο φυσικός αερισμός και η διαφορά πυκνότητας και θερμοκρασίας

Η διαφορά πυκνότητας και θερμοκρασίας (stack Pressure) εσωτερικού και εξωτερικού αέρα, δημιουργεί ένα δυναμικό, φυσικό σύστημα αερισμού, που στηρίζεται στη σχέση που έχει η θερμοκρασία με το βάρος / πυκνότητα αέρα (π.χ. ο θερμός αέρας είναι πιο ελαφρύς από τον κρύο αέρα). Έτσι, όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας στο εσωτερικό και το εξωτερικό του κτιρίου, δημιουργούνται ρεύματα αέρα. Ο θερμός αέρας ανυψώνεται και διαφεύγει από την κορυφή του κτιρίου, ενώ, καθώς το σύστημα προσπαθεί να διατηρήσει την ισορροπία του, κρύος εξωτερικός αέρας από την βάση του κτιρίου έρχεται να αναπληρώσει το κενό. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται και σαν το φαινόμενο της καμινάδας. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αερισμού πρέπει να σχεδιαστεί έτσι, ώστε να εκμεταλλεύεται την πίεση του αέρα και τη διαφορά θερμοκρασίας.

Σχέδιο

2.1.1.2 Είδη φυσικού αερισμού

Διακρίνονται τα εξής είδη φυσικού αερισμού:

a. Διαμπερής αερισμός

Ο διαμπερής αερισμός χαρακτηρίζεται από συνθήκες καλής κυκλοφορίας αέρα.

Σχέδιο

B. Μονόπλευρος αερισμός

Ο μονόπλευρος αερισμός υποκινείται από ένα μόνο, κεντρικό άνοιγμα, μέσω της τυρβώδους ροής του συστήματος. Ο μονόπλευρος αερισμός δεν συνιστάται σε γενικές

γραμμές, καθώς μικρές αλλαγές στις συνθήκες περιβάλλοντος αλλάζουν τη δυναμική του.

Σχέδιο

Γ. *Passive Stack* αερισμός.

Εξαγωγή αέρα από τα 'Υγρά Δωμάτια'. Χρησιμοποιεί το stack pressure και την πίεση αέρα για να επιτύχει την ανακύκλωση του αέρα.

Σχέδιο

Δ. *Αερισμός Αιθρίου*.

Η γυάλινη επιφάνεια του αιθρίου χρησιμοποιείται σαν παθητική καμινάδα. Το αίθριο αναγείρεται κατά πολύ από την κατοικημένη περιοχή, ώστε να δημιουργηθούν οι κατάλληλες διαφορές πίεσης και θερμοκρασίας (Μικρότερη πίεση στην κορυφή του άρτιου σε σχέση με το υπόλοιπο σπίτι.)

Σχέδιο

Ε. *Wind Tower*

Αερισμός που προτείνεται για περιοχές με ισχυρά ρεύματα αέρα. Τα ανοίγματα είναι τοποθετημένα στην πλευρά του ανέμου, έτσι ώστε να υπάρχουν δυνατά ρεύματα μέσα στο κτίριο.

Σχέδιο

2.1.1.3 Τεχνικές Βελτίωσης Φυσικού Αερισμού

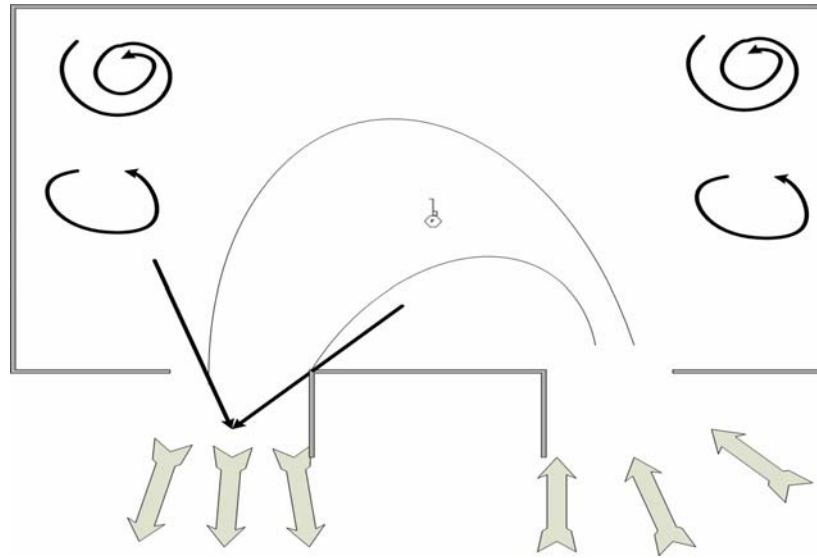
2.1.1.3.1 Wake Length

Για να βελτιώσουμε την ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου και άρα τον φυσικό αερισμό χρειαζόμαστε καλή παροχή εξωτερικού αέρα. Η πίεση του αέρα στο κέλυφος του κτιρίου επηρεάζεται από το περιβάλλον καθώς και από τα κοντινά κτίρια. Δύο κτίρια, δεν έχουν ιδανική πίεση αέρα, όταν η απόσταση μεταξύ τους είναι πιο μικρή από το Wake Length τους. Η απόσταση αυτή εξαρτάται από διάφορες μεταβλητές όπως το σχήμα του κτιρίου και η κατεύθυνση του ανέμου και υπολογίζεται κατά προσέγγιση σε 4 φορές το ύψος του κτιρίου. Έτσι, για να επιτευχθεί επαρκής ροή αέρα στα κτίρια, συνιστάται να λαμβάνεται υπόψη η προαναφερόμενη απόσταση.

Σχέδιο—δικό μου - τι είναι wake length

2.1.1.3.2 Πλαϊνές Κάθετες Προεκτάσεις

Μια άλλη τεχνική για την βελτίωση του φυσικού αερισμού ενός κτιρίου είναι η κατασκευή πλαϊνών κάθετων προεκτάσεων κοντά σε ανοίγματα τοίχων. Οι προεκτάσεις αυτές, αποσκοπούν στο να δημιουργήσουν διαφορά πίεσης, έτσι ώστε να προκληθεί καλύτερη ροή αέρα.



Σχήμα 8 – Προεκτάσεις Τοίχου

Η σωστή τοποθέτηση των προεκτάσεων, που ονομάζονται και wing walls, σε σχέση με την κατεύθυνση του ανέμου, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία τους. Σύμφωνα με την έρευνα των καθηγητών Σανταμούρη και Ασημακόπουλο (1995), ο φυσικός αερισμός και η ροή του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου βελτιώνεται, όταν η απόσταση μεταξύ μεγάλων ανοιγμάτων είναι μεγάλη. Περαιτέρω βελτίωση υπάρχει εφ'όσον το μήκος των προεκτάσεων των ανοιγμάτων, είναι τουλάχιστον το μισό από το μήκος του ανοίγματος, και ιδανικά ίσο με αυτό. Οι προεκτάσεις αυτές δεν αποτελούν απαραίτητα μέρος της κατασκευής του κτιρίου. Επίσης, το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί με χρήση πυκνών θάμνων ή φράκτη. Αυτές οι επεκτάσεις, είναι σκόπιμο να βρίσκονται σε ανοίγματα που βάλονται από τον άνεμο, με γωνίες κατεύθυνσης 20 έως 160 °σε σχέση με την κάθετο του ανοίγματος.

2.1.1.3.3 Παράθυρα και ανοίγματα

Σαν αρχή, τα παράθυρα πρέπει να είναι τοποθετημένα στις πλευρές που το κτίριο βάλεται από τον άνεμο καθώς και στην απέναντι πλευρά του κτιρίου. Η ροή του αέρα και ο φυσικός αερισμός του κτιρίου βελτιώνεται, όταν τα παράθυρα ή ανοίγματα είναι απέναντι το ένα με το άλλο και μεγιστοποιείται όταν αυτά είναι παρακείμενα. Τα παρακείμενα ανοίγματα έχουν αυτή την ιδιότητα καθώς αναγκάζουν τον αέρα να αλλάξει κατεύθυνση.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι βελτίωσης του φυσικού αερισμού μέσω σχεδιασμού των ανοιγμάτων, οι οποίες χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

1. Απλοποιημένη εμπειρική φόρμουλα
2. Προσέγγιση σε ζώνες (computerized network method)
3. Υπολογιστική Υδροδυναμική (computational fluid dynamics)

Απλοποιημένη εμπειρική φόρμουλα: Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται σε απλές εξισώσεις υπολογισμού του ρυθμού εναλλαγής αέρα, σε σχέση με την επιφάνεια των ανοιγμάτων ενός κτιρίου. Δείγματα αυτής είναι:

Για ομοιόμορφα ανοίγματα εισαγωγής και εξαγωγής αέρα:

□ *Η μέθοδος ηλιακής ενέργειας της Φλόριδας 1*

Βασισμένη στην έρευνα των Chandra et al., 1986. Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η διαφορά πυκνότητας και θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού αέρα είναι μικρή (10%).

Για μη- ομοιόμορφα ανοίγματα εισαγωγής και εξαγωγής αέρα:

□ *Η μέθοδος ηλιακής ενέργειας την Φλόριδας 2*

Βασισμένη στην έρευνα των Chandra et al., 1983. Η δυναμική του συγκεκριμένου συστήματος βασίζεται σε διαφορές πίεσης του αέρα.

□ *Η απλοποιημένη μέθοδος, Πανεπιστήμιο Αθηνών.*

Έρευνα των Δασκαλάκης & Σανταμούρης, 1995. Η δυναμική του συγκεκριμένου συστήματος βασίζεται σε διαφορές πίεσης του αέρα.

□ *Η μέθοδος του Aynsley*

Έρευνα των Aynsley και συνεργατών, 977. Η δυναμική του συγκεκριμένου συστήματος βασίζεται σε διαφορές πίεσης του αέρα.

□ *Η μέθοδος ASHRAE1993*

Η δυναμική του συγκεκριμένου συστήματος βασίζεται σε διαφορές πίεσης και θερμοκρασίας του αέρα.

□ *Η μέθοδος BSI, 1980*

Πάλι βασισμένη σε διαφορές πίεσης και θερμοκρασίας του αέρα.

Προσέγγιση σε ζώνες: Τεχνική η οποία χρησιμεύει στον σωστό σχεδιασμό ανοιγμάτων και υπολογίζει το:

- Ποσοστό εξαερισμού (μηχανικού και φυσικού)
- Μέγεθος και κατεύθυνση της ροής του αέρα
- Ταχύτητες διείσδυσης του αέρα.
- Σχέδιο της ροής αέρα μεταξύ ζωνών

- Εσωτερικές πιέσεις δωματίων.

Η προσέγγιση σε ζώνες είναι ένα μαθηματικό μοντέλο βασισμένο στην διατήρηση της μάζας, σύμφωνα με την οποία, κάθε περιοχή ενός κτιρίου απλοποιείται σε κομβικά σημεία. Οι χώροι ή τα δωμάτια με διαφορετική πίεση αντιπροσωπεύονται από κόμβους πίεσης (pressure nodes), ενώ το εξωτερικό περιβάλλον από κόμβους ορίων. Αυτά τα κομβικά σημεία ενώνονται από τη ροή του αέρα για να δημιουργήσουν ένα δίκτυο. Το δίκτυο αυτό μπορεί να προσεγγιστεί από εξισώσεις που αντιπροσωπεύουν τα κύρια χαρακτηριστικά ροής κάθε ανοίγματος και τις δυνάμεις που τα υποκινούν.

Αν υπάρχουν j σημεία ροής και i κόμβοι πίεσης, τότε:

$$\sum_{i=j} Q_i = 0$$

Εξίσωση 3

Όπου Q_i = ο ρυθμός ροής μέσω του δικτύου i
 J = ο συνολικός αριθμός των διαδρόμων ροής

Με

$$Q_i = C_i(p_i - p_{in_i})^{n_i}$$

Εξίσωση 4

Όπου C_i = συντελεστής ροής του ανοίγματος i
 n_i = εκθέτης ροής του ανοίγματος i
 p_i = εξωτερική πίεση, που εφαρμόζεται στο άνοιγμα i

ώστε να ολοκληρωθεί η εξίσωση

$$C_1(p_1 - p_{in1})^{n_1} + C_2(p_2 - p_{in2})^{n_2} + \dots + C_j(p_j - p_{inj})^{n_j} = 0$$

Εξίσωση 5

Τα μαθηματικά αυτά μοντέλα ποικίλουν από μονοζωνικά σε πολυζωνικά. Σε αυτά τα μαθηματικά μοντέλα είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν όλα τα ανοίγματα, καθώς τα αποτελέσματα των υπολογισμών θα αποκλίνουν ουσιαστικά αν δεν συμπεριληφθούν όλα τα ανοίγματα.

Υπολογιστική Υδροδυναμική (Computational Fluid Dynamics)

Σε χώρους όπου οι συγκεντρώσεις αέρα δεν είναι ομοιόμορφες, χρειαζόμαστε περαιτέρω πληροφορίες για την ροή και διανομή του αέρα ώστε να μπορούμε με ακρίβεια να

σχεδιάσουμε τα ανοίγματα. Η υπολογιστική υδροδυναμική μας παρέχει αυτές τις πληροφορίες, όπως:

- Ροή αέρα δωματίων
- Ροή αέρα σε μεγάλους γειτονικούς χώρους (αίθρια, αερολιμένες, κέντρα εκθέσεων κλπ)
- Απόδοση εναλλαγής αέρα
- Αποτελεσματικότητα μείωσης μόλυνσης
- Διανομή θερμοκρασίας
- Διανομή ταχύτητας αέρα
- Διανομή αναταραχής
- Διανομή πίεσης
- Ροή αέρα γύρω από τα κτίρια
- Μετακίνηση καπνού σε περιπτώσεις πυρκαγιάς

Με αυτή την μέθοδο υπολογίζονται οι εσωτερικές ροές με χρήση μικρών υπόμονάδων χώρου. Συνήθως κάθε μονάδα χωρίζεται σε 30.000 κομμάτια, στο κάθε ένα από τα οποία γίνεται ο υπολογισμός της ροής. Ο διαχωρισμός του χώρου δεν είναι απαραίτητο να είναι ομοειδής. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε σημεία που έχουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Η τεχνική CFD είναι η εφαρμογή τεχνικών αριθμητικής με την βοήθεια υπολογιστών για να λυθούν οι Navier-Stokes εξισώσεις ροής ρευστών. Οι εξισώσεις Navier-Stokes παράγονται με την εφαρμογή των αρχών της συντήρησης της μάζας και της ορμής, σε έναν ελεγχόμενο όγκο του ρευστού.

Εξισώσεις Συντήρησης Μάζας και Ορμής

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + \frac{\partial U_i U_j}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \nu \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \right\} - \beta g_i \theta$$

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_j} = 0$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial \theta U_j}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\kappa \frac{\partial \theta}{\partial x_j} \right) + H$$

Εξισώσεις Συντήρησης contaminant species

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_j \frac{\partial C}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) + S$$

Εξίσωση 6

Όπου C = στιγμιαία συγκέντρωση ρύπου

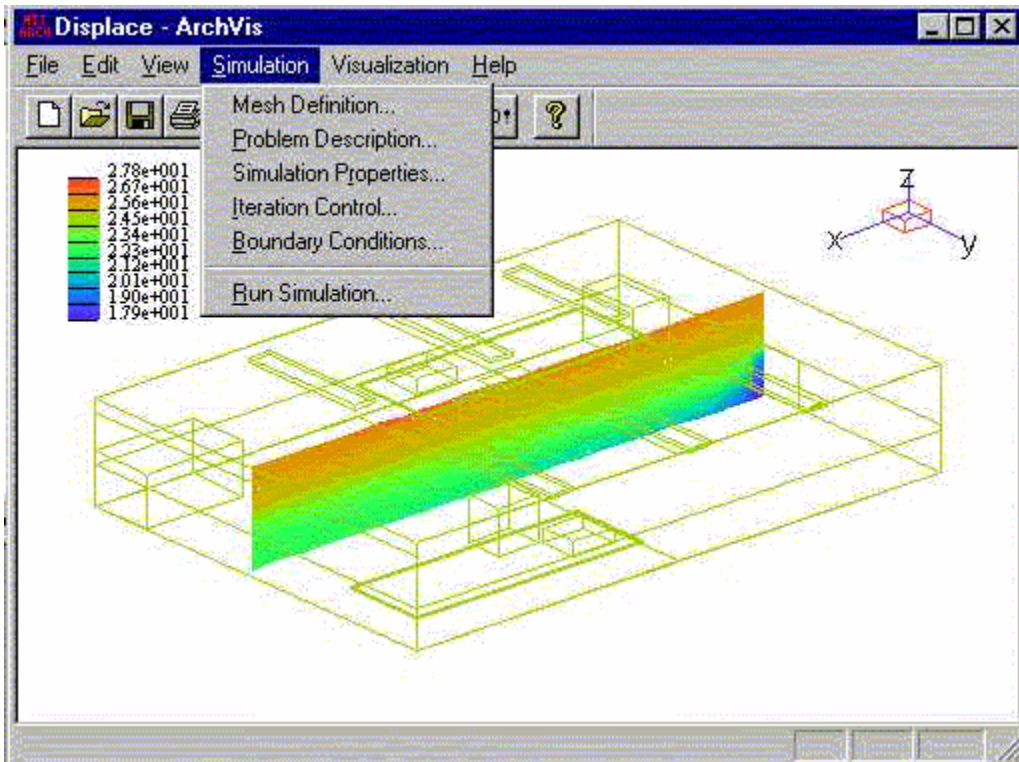
Γ = συντελεστής μοριακής διάχυσης ρύπου

S = ο ρυθμός παραγωγής ρύπου κατά όγκο

t = χρόνος

U_j = instantaneous velocity component in xi direction

x_j = Cartesian coordinates



Σχήμα 9 – Γραφικό Περιβάλλον από Πρόγραμμα Υπολογιστικής Υδροδυναμικής

Συμπεράσματα

Η απλοποιημένη εμπειρική μέθοδος έχει περιορισμένες εφαρμογές και είναι χρήσιμη μόνο για την προσέγγιση αλλαγών αέρα και δομής ανοιγμάτων. Τα άλλα δύο μοντέλα συνδυάζουν στους υπολογισμούς την επίδραση του αέρα και τις αλλαγές θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να παρέχουν μεγαλύτερη ακρίβεια. Το μοντέλο ζωνών αν και μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την ροή και μεταφορά ρευστών μέσα σε ένα κτίριο, έχει και αυτό περιορισμένη χρήση γιατί βασίζεται στις φυσικές ιδιότητες των κτιρίων και απαιτεί εκτεταμένη έρευνα. Το πιο διαδεδομένο εργαλείο από όλες τις μεθόδους είναι η Υπολογιστική Υδροδυναμική (CFD) καθώς συνοδεύεται από εύχρηστα προγράμματα με καλό γραφικό περιβάλλον. Αν και η ευκολία χρήσης το έχει εγκαταστήσει πρώτο στις προτιμήσεις των χρηστών, η ακρίβεια βασίζεται πάντα στην πραγματική γνώση των μηχανισμών και πηγών ροής.

2.1.1.2 Σύνοψη Φυσικού Αερισμού

Πλεονεκτήματα Φυσικού Αερισμού	Μειονεκτήματα Φυσικού Αερισμού
<ul style="list-style-type: none">• Οικονομία• Καλή ανακύκλωση αέρα (αν υπάρχουν αρκετά ανοίγματα)	<ul style="list-style-type: none">• Περιορισμένος έλεγχος εξαερισμού• Δημιουργία πιθανών προβλημάτων ποιότητας αέρα.

<ul style="list-style-type: none"> • Μικρό κόστος συντήρησης • Δεν απαιτεί χώρο για μηχανήματα 	<ul style="list-style-type: none"> • Μη λειτουργικό σε πυκνοκατοικημένες περιοχές • Μη λειτουργικό σε ακραία κλίματα • Δεν είναι εύκολα δυνατός ο καθαρισμός – φιλτράρισμα αέρα
--	--

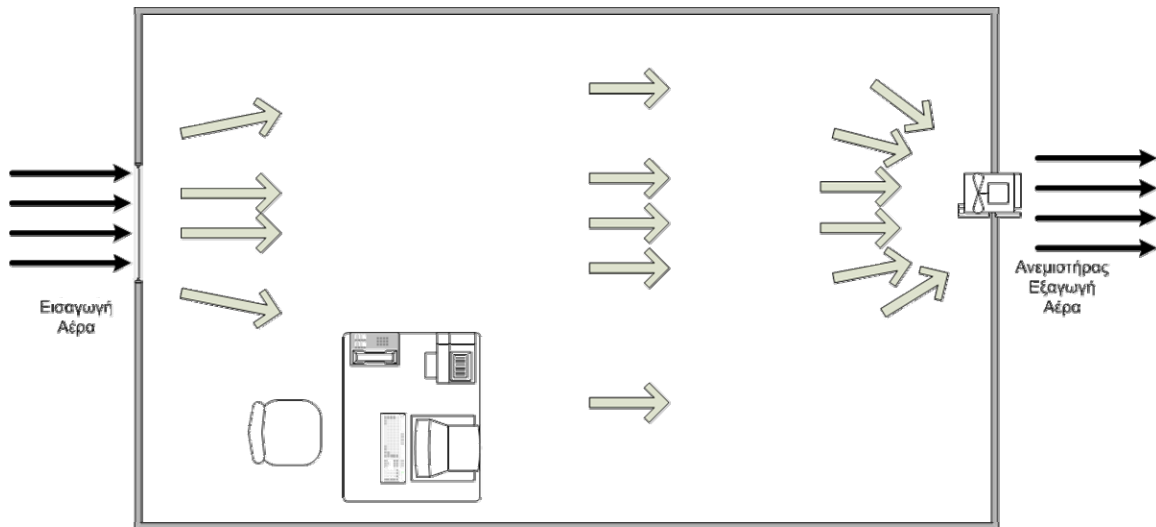
2.1.2 Μηχανικός Αερισμός

Συστήματα που με μηχανικά μέσα μπορούν να παρέχουν ελεγχόμενο αερισμό και είναι συνήθως συνδυασμένα με τον έλεγχο θερμοκρασίας αλλά και το φιλτράρισμα του αέρα. Αυτά τα συστήματα έχουν δύο κύριες μεθοδολογίες: Σαν αναμειχτές που μειώνουν την πυκνότητα συγκέντρωσης μόλυνσης παρέχοντας ‘καθαρό’ αέρα και απομακρύνοντας τον ίδιο όγκο μολυσμένου αέρα, ή με εκτόπιση (displacement mode) που αφαιρούν την μόλυνση κοντά στην πηγή τους πριν αναμειχθεί με τον αέρα.

Είδη Μηχανικού Αερισμού:

2.1.2.1 Μηχανικός Εξαερισμός

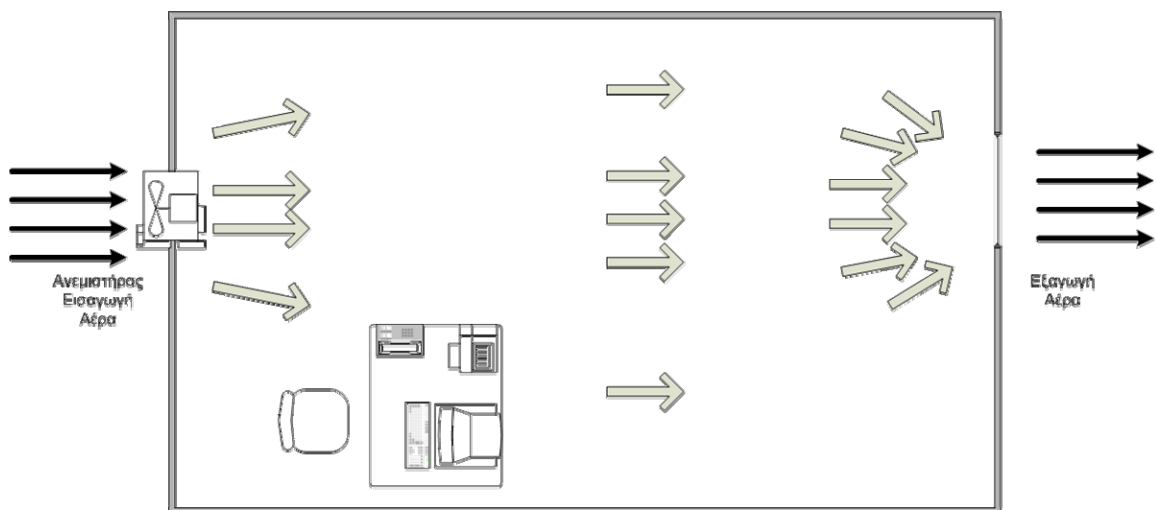
Το σύστημα αυτό απομακρύνει τον αέρα από ένα χώρο με την βοήθεια ανεμιστήρα. Η αλλαγή πίεσης (αφαίρεση όγκου αέρα από τον χώρο) αναγκάζει το σύστημα να αναπληρώσει τον αέρα με φρέσκο και καθαρό εξωτερικό αέρα. Αυτός ο αέρας παρέχεται μέσα από τα ανοίγματα του κτιρίου. Ο σκοπός του συστήματος είναι να δημιουργήσει πιο μεγάλη πίεση από αυτή που δημιουργεί ο φυσικός αερισμός, ώστε να ελέγχει την ροή του αέρα. Τα είδη εξαερισμού μπορεί να είναι τοπικά ή κεντρικά. Ο τοπικός εξαερισμός εφαρμόζεται συνήθως σε μικρά κτίρια όπου αφαιρείται η πηγή της ρύπανσης. Τυπικό παράδειγμα αυτού του είδους εξαερισμού είναι οι μικροί απορροφητήρες κουζίνας και παραθύρων. Ο κεντρικός εξαερισμός παρέχει μια ολοκληρωμένη λύση για το κτίριο. Ένας κεντρικός ανεμιστήρας εξαερίζει ολόκληρο το κτίριο με την βοήθεια αγωγών. Τα συστήματα μηχανικού αερισμού με εξαγωγή αέρα είναι ευαίσθητα. Για την σωστή λειτουργία τους, πρέπει το κτίριο να έχει σωστή αναλογία ανοιγμάτων σε σχέση με το υπόλοιπο σύστημα. Αν ο σχεδιασμός δεν είναι σωστός, υπερβολικές διαφορές πίεσης μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα.



Σχήμα 9 – Μηχανικός Εξαερισμός

2.1.2.2 Μηχανικός Αερισμός με παροχή αέρα

Το σύστημα αυτό εισάγει αέρα μέσα στο κτίριο χρησιμοποιώντας ανεμιστήρα. Το αποτέλεσμα αυτής της εισαγωγής αέρα είναι η αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό του κτιρίου και η απομάκρυνση όμοιου όγκου αέρα από τα ανοίγματα. Η μέθοδος αυτή συνιστάται συνήθως σε χώρους όπου η ποιότητα εξωτερικού αέρα δεν είναι ικανοποιητική. Το σύστημα μπορεί να φιλτράρει και να καθαρίσει τον αέρα πριν αυτός εισαχθεί στο κτίριο. Αυτή η μέθοδος ενδείκνυται για υγειονομικά καθαρούς χώρους, καθώς υπάρχει απόλυτος έλεγχος της ποιότητας αέρα που εισάγεται στον χώρο.



Σχήμα 10 – Μηχανικός Αερισμός με Παροχή Αέρα

Συμπεράσματα

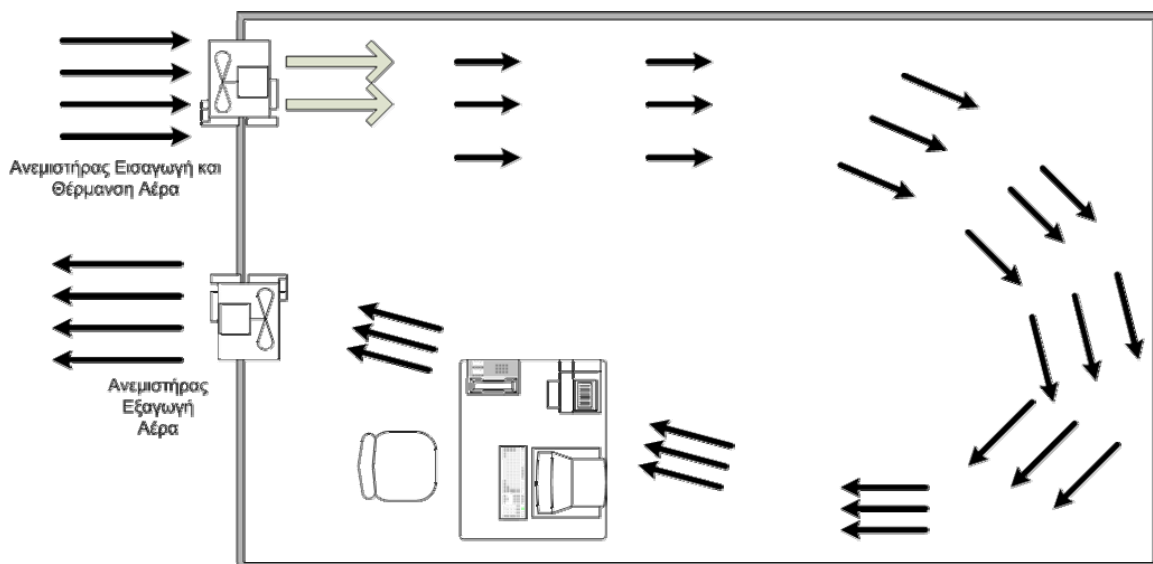
	Μηχανικός Εξαερισμός	Μηχανική Παροχή Αερισμού
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none">▪ Καλός έλεγχος ροής αέρα▪ Σχετικά χαμηλό κόστος▪ Εξαγωγή ρύπανσης στην πηγή και μείωση εξάπλωσης.	<ul style="list-style-type: none">▪ Φιλτράρισμα αέρα εισαγωγής▪ Έλεγχος ποιότητας αέρα εισαγωγής▪ Περιορισμός εισόδου ρύπανσης στο εσωτερικό περιβάλλον
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none">▪ Ηχορύπανση▪ Τακτικός καθαρισμός συστήματος▪ Εξωτερικοί διαχωρισμοί – ανάγκη πολλαπλών αγωγών.	<ul style="list-style-type: none">▪ Απορρόφηση υγρασίας από τοιχώματα του κτιρίου▪ Δεν είναι δυνατή η αφαίρεση ρύπανσης στην πηγή

2.1.2.3 Ισοροπημένοι συνδυασμοί Μηχανικού Αερισμού

Μπορούμε να συνδυάσουμε τις 2 βασικές αρχές του μηχανικού αερισμού (παροχή και εξαερισμό) για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος. Όταν γίνεται αυτός ο συνδυασμός, τα δύο συστήματα είναι διαχωρισμένα, δηλαδή έχουν ξεχωριστούς αγωγούς.

Α. Ισοροπημένος Μικτός Μηχανικός Αερισμός

Στόχος του συγκεκριμένου συστήματος είναι η παροχή καθαρού αέρα στις λειτουργικές περιοχές των χρηστών του κτιρίου και η αφαίρεση του αέρα από τις περιοχές του κτιρίου που έχουν αυξημένα επίπεδα ρύπων. Οι αγωγοί παροχής αέρα και οι αγωγοί εξαερισμού είναι πάντα διαχωρισμένοι ώστε να δημιουργούνται δίαυλοι αέρα.

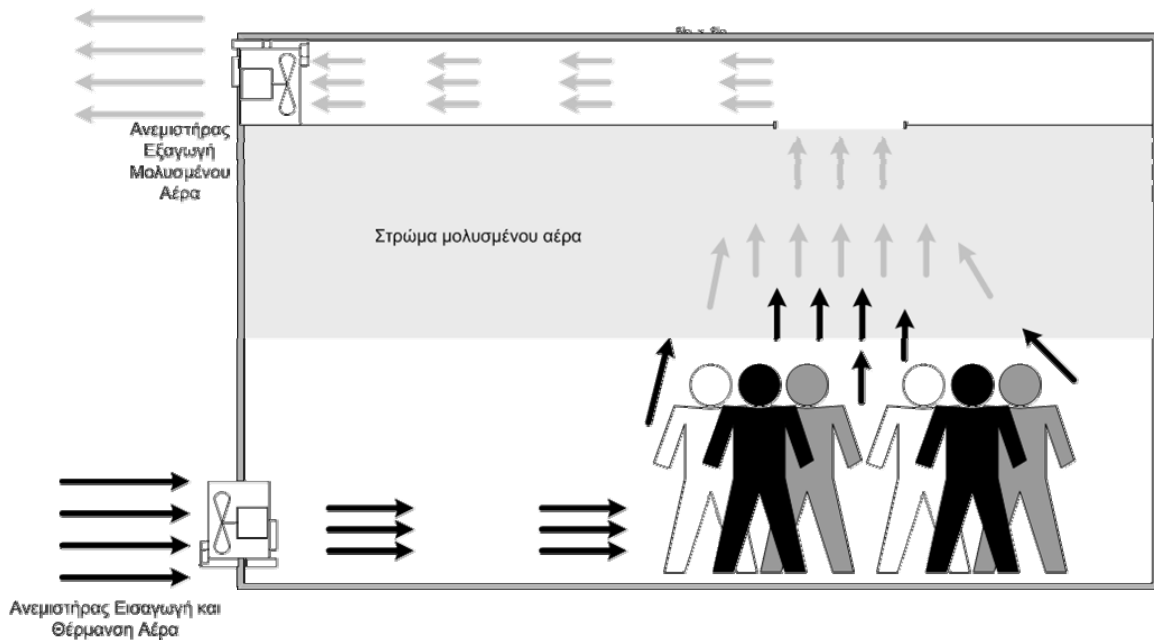


Σχήμα 11 – Ισοροπημένος Μικτός Μηχανικός Αερισμός

B. Ισοροπημένη Εκτόπιση Μολυσμένου Αέρα (Mechanical Balanced Displacement Ventilation)

Το σύστημα συνδυάζει τα δύο είδη μηχανικού αερισμού, χωρίς να παρέχει αέρα προς μίξη, αλλά παρέχοντας αέρα προς εκτόπιση. Οι αγωγοί παροχής ελευθερώνουν από μικρό ύψος αέρα που είναι κατά 2-3 ° C πιο κρύος. Η διαφορά πυκνότητας αυτού του αέρα τον καθιστά βαρύτερο από τον θερμότερο αέρα που βρίσκεται ήδη μέσα στο κτίριο, με αποτέλεσμα να λιμνάσει σε χαμηλό ύψος μέχρι να βρει πηγή θερμότητας. Αυτή η εισαγωγή κρύου αέρα εκτοπίζει τον θερμότερο αέρα στα υψηλότερα στρώματα και απορροφάται από τους αγωγούς εξαγωγής. Όταν ο κρύος αέρας βρει μια πηγή θερμότητας και ζεσταθεί, γίνεται άνοδος της αέριας μάζας μέχρι και αυτός να αφαιρεθεί από τον ανεμιστήρα εξαγωγής. Με αυτή την διαδικασία αποφεύγεται η μίξη αέρα, μειώνεται ο χρόνος παραμονής των ρύπων σε θερμαινόμενο περιβάλλον και επιτυγχάνεται η μετατόπιση αυτών.

Το σύστημα έχει υψηλή απόδοση εναλλαγής αέρα και είναι ενεργειακά αποδοτικότερο από τα συστήματα μίξης, όταν το κτίριο είναι ψηλοτάβανο και έχει πολλές πηγές θερμότητας.



Ισοροπημένη Μεταφορά Μολυσμένου Αέρα

2.1.2.4 Ελεγχόμενος Αερισμός

Ένα σύστημα ελεγχόμενου αερισμού ελέγχει την ποσότητα εναλλαγής αέρα ανάλογα με την ποιότητα αυτού. Κάνοντας χρήση ενός δικτύου αισθητήρων, διαμορφώνει το ρυθμό αερισμού έτσι, ώστε η ποιότητα αέρα σε κάθε δωμάτιο / χώρο να παραμείνει μέσα σε κάποια επιτρεπτά όρια. Ο ελεγχόμενος αερισμός είναι ένα σύνθετο σύστημα που απαιτεί:

- Ανεμιστήρες

- Αισθητήρες χώρου
- Σύστημα ελέγχου που ερμηνεύει τις πληροφορίες από τους αισθητήρες και προσαρμόζει τον αερισμό
- Προγραμματισμό

Συμπεράσματα

	Ισορροπημένος Μικτός αερισμός	Ισορροπημένη Εκτόπιση Μολυσμένου Αέρα	Ελεγχόμενος Αερισμός
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φιλτράρισμα αέρα παροχής ▪ Εύκολη θέρμανση χώρου 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φιλτράρισμα και καθαρισμός αέρα ▪ Ενεργειακά αποδοτικό σύστημα 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Βελτιστοποίηση ρυθμού αερισμού ▪ Εξοικονόμηση ενέργειας
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Υψηλό κόστος εφαρμογής ▪ Υψηλό κόστος συντήρησης ▪ Απαιτεί καλή μόνωση κτιρίου ▪ Πιθανή η μη ανακύκλωση αέρα– Σώματα αέρα μεταφέρονται κατευθείαν από τους αγωγούς εισαγωγής στους αγωγούς εξαγωγής χωρίς να περάσουν από τους λειτουργικούς χώρους. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Υψηλό κόστος εφαρμογής ▪ Υψηλό κόστος συντήρησης ▪ Απαραίτητη η ολοκληρωτική σφράγιση κτιρίου ▪ Δεν είναι εφικτός ο έλεγχος θερμοκρασίας 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Υψηλό κόστος εφαρμογής ▪ Υψηλό κόστος συντήρησης ▪ Περιορισμένος έλεγχος από αισθητήρες- συνήθως CO₂ και υγρασία. ▪ Οι αισθητήρες δεν αντιλαμβάνονται πάντα τον μολυσμένο αέρα.

2.2 Καθαρισμός του αέρα

Ο καθαρισμός του αέρα επιτυγχάνεται με τις λεγόμενες συσκευές καθαρισμού του αέρα (air cleaning devices). Οι συσκευές αυτές αφαιρούν μικρά αιωρούμενα σωματίδια αέρας, υγρής ή στερεής μορφής (σκόνη, σταγονίδια και αέριους ρύπους) από τον εσωτερικό αέρα. Είναι ακόμα αμφισβητήσιμο εάν οι συσκευές αυτές μπορούν να μειώσουν τις αλλεργικές αντιδράσεις που προκαλούνται από μεγαλύτερα σωματίδια όπως η γύρη, η μούχλα κλπ, τα οποία κυρίως επικάθονται σε επιφάνειες παρά αιωρούνται στον αέρα. Θεωρείται πιθανό όμως, οι ουσίες αυτές να μπορούν να αφαιρεθούν αποτελεσματικά από τον χώρο εφ' όσον επαναδιασπαρθούν στον αέρα.

Οι συσκευές καθαρισμού του αέρα σε πολλές περιπτώσεις είναι ενσωματωμένες στα συστήματα μηχανικού αερισμού θέρμανσης-ψύξης-κλιματισμού, ενώ σε άλλες μπορεί να αποτελούν μεμονωμένες μονάδες φορητών συσκευών. Όταν είναι ενσωματωμένες στο κεντρικό σύστημα μηχανικού αερισμού θέρμανσης-ψύξης-κλιματισμού (HVAC), συχνά αναφέρονται ως «in duct» συστήματα, συστήματα αεραγωγών, παρ' όλο που στην πραγματικότητα δεν τοποθετούνται στο κανάλι διανομής αέρα. Στην πράξη, τα περισσότερα HVAC συστήματα λειτουργούν μόνο με τον διαλείποντα ανεμιστήρα για διατήρηση της θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα και όχι με μονάδες καθαρισμού του αέρα.

Ανάλογα με τον κατασκευαστή, το είδος και τη χρήση της συσκευής, οι συσκευές καθαρισμού του αέρα ποικίλουν στην εμφάνιση, τη λειτουργία, το κόστος και την αποδοτικότητα.

Οι επιτραπέζιες φορητές συσκευές καθαρισμού του αέρα συνήθως έχουν μικρή ροή αέρα και ανεπαρκή φίλτρα. Οι συσκευές δωματίου χρησιμοποιούνται κυρίως τοπικά σε χώρους όπου απαιτείται συνεχής χρήση. Οι μονάδες αυτές λειτουργούν συνήθως με φίλτρα υψηλής απόδοσης HEPA ή με ηλεκτροστατική κατακράτηση κι έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση.

2.2.1 Μηχανισμοί καθαρισμού του αέρα

Σε αυτή την υποπαράγραφο θα περιγράψουμε τις κυριότερες τεχνικές και τα κυριότερα συστήματα καθαρισμού του αέρα. Η λειτουργία των τεχνικών αυτών στηρίζεται πάνω σε συγκεκριμένους μηχανισμούς που τους διαχωρίζουμε σε μηχανικές διεργασίες, διεργασίες που στηρίζονται σε ηλεκτρικές δυνάμεις και χημικές διεργασίες.

2.2.1.1 Μηχανικές διεργασίες αφαίρεσης ρύπων από τον αέρα

Στις μηχανικές διεργασίες στηρίζονται κυρίως οι τεχνικές και τα συστήματα απομάκρυνσης σωματιδιακών ρύπων από τον αέρα. Τέτοιες τεχνικές είναι το μηχανικό φιλτράρισμα, οι διαχωριστές αδράνειας (κυκλώνες, γρίλλες, scrubbers) κ.α.

2.2.1.1.1 Μηχανικά φίλτρα

Μηχανικά ονομάζονται τα φίλτρα, των οποίων η λειτουργία φιλτραρίσματος στηρίζεται σε μηχανικούς μηχανισμούς (διάχυση, ανάσχεση και αδράνεια). Τα ίδια τα σωματίδια καθώς εναποτίθενται στο φίλτρο, μετατρέπονται σε συλλέκτες άλλων σωματιδίων.

Καθώς παρεμποδίζεται η ροή του αέρα παρατηρείται πτώση της πίεσης, ενώ παράλληλα αυξάνεται η απόδοση του φίλτρου.

Τα φίλτρα που συνδυάζονται με τα συστήματα αερισμού μπορεί να είναι τριών ειδών: prefilters, φίλτρα HEPA ή φίλτρα ULPA.

Τα *prefilters* έχουν συνήθως απόδοση που κυμαίνεται από 70-90% για σωματίδια μικρότερα από 1 μm από τον αέρα.

Τα φίλτρα *HEPA* (High Efficiency Particulate Air) είναι φίλτρα υψηλής απόδοσης (99.97%) για σωματίδια > 0.3 μm. Τα φίλτρα αυτά είναι φίλτρα στεγνού τύπου και μεγάλης επιφάνειας και συναντώνται συχνά σε νοσοκομεία, βιομηχανίες κλπ., σε μέρη δηλαδή με υψηλές συγκεντρώσεις. Μεγάλη επίδραση στην απόδοση των φίλτρων έχουν τόσο τα πρότυπα ποιότητας που εφαρμόζει ο κατασκευαστής, η εγκατάσταση, η λειτουργία και η συντήρηση των συσκευών, οι πραγματικές συνθήκες ροής του αέρα και η υγρασία, όσο και η πιθανή διαρροή μολυσμένου αέρα από κενά ή χαραμάδες ανάμεσα στα φίλτρα και το πλαίσιο αυτών.

Κάποιες πρώιμες έρευνες έχουν δείξει ότι τα φίλτρα HEPA είναι πολύ αποτελεσματικά (αποδοτικότητα 99.999 %) επίσης, στην απομάκρυνση βακτηριδίων και ιών από τον αέρα¹. Όμως, οι έρευνες αυτές στηρίζονται σε εργαστηριακά πειράματα που διεξήχθησαν κάτω από ιδανικές συνθήκες, ενώ σε πραγματικές συνθήκες τα αποτελέσματα αναμένεται να είναι λιγότερο θετικά. Επίσημες έρευνες πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο, με πραγματικές συνθήκες και ζωντανούς ιούς ή βακτηρίδια, δεν έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα.

Τα φίλτρα *ULPA* (Ultra-Low Penetration Air) έχουν απόδοση 99.999% για απομάκρυνση σωματιδίων με διάμετρο 0.12 μm ή μεγαλύτερη.

Η απόδοση των φίλτρων εξαρτάται μεταξύ άλλων και από τον τύπο ή τη μορφή του φίλτρου. Τα μηχανικά φίλτρα μπορεί να είναι επίπεδα φίλτρα, φίλτρα σε πλάκες, φίλτρα με πτυχές, φίλτρα σε μορφή σάκου, φίλτρα σε σχήμα κουτιού ή φίλτρα σε μορφή κινητής κουρτίνας. Το κάθε φίλτρο έχει διαφορετική πτώση πίεσης, που είναι η παράμετρος που καθορίζει ουσιαστικά την απόδοση του φίλτρου.

Τα *επίπεδα φίλτρα* είναι φίλτρα αέρα όπου η επιφάνεια φιλτραρίσματος βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το μέσο φιλτραρίσματος με αποτέλεσμα, η ταχύτητα του αέρα που προσπίπτει στο φίλτρο (face velocity) και η ταχύτητα του αέρα που προσπίπτει στο μέσο φιλτραρίσματος (media velocity) να είναι ίδιες. Τα επίπεδα φίλτρα και τα φίλτρα σε πλάκες συνήθως εμπεριέχουν ένα πορώδες μέσο χαμηλής περιεκτικότητας (low packing density fibrous medium) το οποίο είτε είναι στεγνό, είτε είναι επικαλυμμένο με ένα υγρό μέσο όπως λάδι για μεγαλύτερη προσκόλληση με τα σωματίδια.

Τα *φίλτρα με πτυχές* διαθέτουν μεγαλύτερη επιφάνεια φιλτραρίσματος. Αυτό συνεπάγεται πως η ταχύτητα του αέρα που προσπίπτει στο μέσο φιλτραρίσματος γίνεται πολύ μικρότερη από τη ταχύτητα του αέρα που προσπίπτει στο φίλτρο και άρα τα φίλτρα αυτά

¹ Harstad 1969, Thorne 1960.

έχουν μεγαλύτερη απόδοση. Το πάχος των φίλτρων αυτών κυμαίνεται στα 5-10 cm. και το φάρδος τους στα 20 – 30 cm.

Τα φίλτρα σε μορφή σάκου είναι φίλτρα που διογκώνονται καθώς εισέρχεται ο προς καθαρισμό αέρας. Τα φίλτρα αυτά αποτελούν το πιο διαδεδομένο είδος φίλτρου υψηλής απόδοσης. Το φίλτρο σε μορφή σάκου διογκώνεται μέχρι και τα 60 cm και έχει γενικά χαμηλότερη πτώση πίεσης απ' ότι τα φίλτρα με πτυχές ή τα φίλτρα σε μορφή κουτιού.

Κινητή κουρτίνα ή ανανεώσιμο φίλτρο, είναι μια διάταξη όπου από τη μια πλευρά ξετυλίγεται σταδιακά το καθαρό φίλτρο το οποίο και εκτίθεται στο ρεύμα αέρα, ενώ από την άλλη πλευρά ξανατυλίγεται με τον ίδιο ρυθμό το βρώμικο πλέον φίλτρο. Η διάταξη λειτουργεί με διαλείμματα προς διατήρηση της πτώσης πίεσης σε συγκεκριμένα λειτουργικά επίπεδα.

Πορώδη φίλτρα

Τα πιο διαδεδομένα φίλτρα, όσον αφορά τον καθαρισμό εσωτερικού αέρα, είναι τα πορώδη φίλτρα. Τα πορώδη φίλτρα αποτελούνται από ίνες, οι οποίες είναι πολύ μεγαλύτερες ($>0,1 \mu\text{m}$) από ότι είναι το συνολικό πάχος του φίλτρου και οι οποίες είναι τοποθετημένες σε τυχαίες διατάξεις μεταξύ τους, σε επιφάνειες κάθετες προς τη ροή του αέρα. Οι συνηθέστεροι τύποι ινών είναι οι ίνες κυτταρίνης, οι ίνες γυαλιού και οι συνθετικές ίνες. Τα πορώδη φίλτρα είναι συμπαγή φίλτρα, με πυκνότητα (το ποσοστό του συνολικού όγκου το οποίο έχει στερεά μορφή) που κυμαίνεται μεταξύ 30% και 1%.

Οι ίδιοι βασικοί μηχανισμοί που περιγράφηκαν σε αυτή την παράγραφο βρίσκουν εφαρμογή και σε άλλα είδη φίλτρων όπως αυτά που είναι παρασκευασμένα από αφρό. Τα φίλτρα γενικά δεν λειτουργούν ως σφουγγάρια. Αντίθετα, χάρη στο μικροσκοπικό μέγεθος των σωματιδίων και λόγω σύγκρουσης αυτών με τις ίνες του φίλτρου, επιτυγχάνεται απομάκρυνση των σωματιδίων από τον αέρα. Δυνατές μοριακές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ σωματιδίων και ινών συγκρατούν τα σωματίδια προσκολλημένα πάνω στα φίλτρα.

Οι κύριοι μηχανισμοί που συντελούν στο μηχανικό φιλτράρισμα σωματιδίων από τον αέρα είναι οι εξής:

Διάχυση

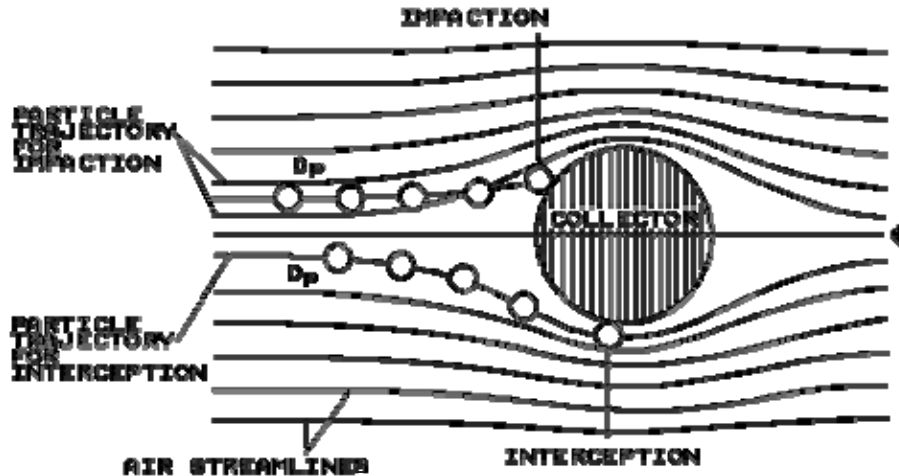
Όπως γνωρίζουμε, όλα τα αέρια μόρια κινούνται απρογραμμάτιστα και τυχαία μεταξύ τους. Έτσι, τα αιωρούμενα σωματίδια που βρίσκονται στον αέρα, καθώς ακολουθούν τη ροή του αέρα βομβαρδίζονται διαρκώς από μόρια αέρα, αυξάνοντας έτσι τις πιθανότητες σύγκρουσης με τις ίνες ενός φίλτρου. Η διάχυση ως μέσο φιλτραρίσματος είναι πιο αποτελεσματική σαν μέθοδος για σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από $0.2 \mu\text{m}$, καθώς αυτά εμφανίζουν μεγαλύτερη απόκλιση από την πορεία τους. Επίσης, όσο μικρότερη είναι η ταχύτητα των σωματιδίων καθώς αυτά κινούνται, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα σύλληψης από τις ίνες ενός φίλτρου.

Ανάσχεση

Τα σωματίδια που αιωρούνται στον αέρα, λόγω της φυσικής τους πορείας και του φυσικού τους μεγέθους, κάποια στιγμή θα έρθουν σε επαφή με το φίλτρο και θα αιχμαλωτιστούν από αυτό. Ο μηχανισμός αυτός φιλτραρίσματος χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από 0.5 μm .

Αδράνεια

Το φαινόμενο της αδράνειας των σωματιδίων χρησιμοποιείται συχνά σαν μηχανισμός φιλτραρίσματος. Η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική για το φιλτράρισμα βαρέων και μεγάλων σωματιδίων (με διάμετρο $>0.5 \mu\text{m}$) που δεν έχουν μεγάλη ευελιξία και τα οποία σε σχετικά μεγάλες ταχύτητες κυριολεκτικά πέφτουν πάνω στο φίλτρο. Σε αυτή τη θεωρία στηρίζεται η λειτουργία των φίλτρων HEPA. Στο σχήμα που ακολουθεί δίνεται σχηματικά η παραπάνω λειτουργία, όπου το ρεύμα αέρα απεικονίζεται να διαπερνά μία μοναδική ίνα. Καθώς διαφοροποιείται η κατεύθυνση ροής του αέρα, το ρεύμα αέρα θα διαπεράσει το φίλτρο, ενώ τα πιο βαριά σωματίδια δεν θα προλάβουν να αλλάξουν κατεύθυνση και θα δεσμευτούν στις ίνες του φίλτρου, είτε λόγω άμεσης επαφής με τις ίνες, είτε λόγω στατικής ηλεκτρικής έλξης.



Inertial Impaction σχήμα ??? - ρεύμα αέρα διαπερνά μία μοναδική ίνα του φίλτρου.
COPYRIGHT NEEDED!!!

Σε κάποιες περιπτώσεις, λόγω σωματιδιακής μάζας, λόγω ταχύτητας και κατεύθυνσης των σωματιδίων ή λόγω ελαστικότητας των ινών του φίλτρου, η λειτουργία των παραπάνω τρόπων φιλτραρίσματος μπορεί να δυσχαιρένεται καθώς τα σωματίδια δεν προσκολλούνται στις ίνες του φίλτρου αλλά αναπηδούν. Το φαινόμενο αυτό συχνά προλαμβάνεται με την επικάλυψη των ινών με μια κολλώδη ουσία ή κάποιο υγρό που μειώνει την αναπήδηση των σωματιδίων.

2.2.1.1.2 Διαχωριστές αδράνειας

Οι διαχωριστές αδράνειας διαχωρίζουν τα σωματίδια από τον αέρα χρησιμοποιώντας κυρίως την φυσική παράμετρο «αδράνεια» των σωματιδίων. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται μόνο σε μεγάλα και βαριά σωματίδια συχνά σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές. Επίσης, ο μηχανισμός απομάκρυνσης των σωματιδίων δεν βασίζεται μόνο στο φαινόμενο της αδράνειας των σωματιδίων αλλά μπορεί να βασίζεται και στο φαινόμενο της βαρύτητας (εφόσον αναφερόμαστε σε σωματίδια διαμέτρου $> 10 \mu\text{m}$) ή στο φαινόμενο της διάχυσης. Παραδείγματα διαχωριστών αδράνειας αποτελούν οι κυκλώνες, και οι γρίλλιες.

Οι γρίλλιες βρίσκουν συχνά εφαρμογή σε συστήματα εξαερισμού (κουζίνες κλπ) και απαγωγείς αέρα όπου παρεμποδίζουν τη διείσδυση μεγάλων σωματιδίων. Οι κυκλώνες από την άλλη, είναι μια εφαρμογή των διαχωριστών αδράνειας που συναντάται κυρίως σε βιομηχανικές διαδικασίες, εκεί όπου επικρατούν μεγάλες συγκεντρώσεις αεροζόλ.

Οι scrubbers βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε βιομηχανικές διαδικασίες και χρησιμοποιούνται για την εξάλειψη μορίων σκόνης και σωματιδίων από τον αέρα. Η λειτουργία τους βασίζεται στον ψεκασμό του αέρα με κάποιο υγρό, συχνά νερό, που συλλέγει τα σωματίδια.

2.2.1.1.3 Προσρόφηση

Η προσρόφηση είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος απομάκρυνσης αέριων ρύπων από τον αέρα. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή με καθοδήγηση του αέρα μέσα από ένα μέσο προσρόφησης. Ανάλογα με το είδος του ρύπου που θέλουμε να απομακρύνουμε από τον αέρα διαλέγουμε και το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την προσρόφηση. Έτσι, για την απομάκρυνση ενώσεων με μικρό μοριακό βάρος όπως η αμμωνία, το υδρόθειο ή η φορμαλδεύδη χρησιμοποιείται ένα εμποτισμένο μέσο προσρόφησης όπως θα δούμε παρακάτω, ενώ για την απομάκρυνση καπνού, υδρογονανθράκων, οσμών και οργανικών πτητικών ενώσεων χρησιμοποιείται συνήθως ενεργός άνθρακας.

Ο ενεργός άνθρακας έχει τη μορφή σφουγγαριού, διαθέτει δηλαδή ένα δίκτυο από πόρους διαφόρων διαστάσεων που μπορεί να κυμαίνονται από μικρότεροι των 2 nm μέχρι και μεγαλύτεροι των 50 nm. Έτσι, ο ενεργός άνθρακας έχει πολύ μεγάλη επιφάνεια ανά μονάδα μάζας, πράγμα που επιτρέπει στα αέρια μόρια να προσκολλούνται με ευκολία στην επιφάνειά του. Ο ενεργός άνθρακας μπορεί να αποτελείται από κάρβουνο, από ξύλο ή τύρφη. Κάθε πρώτη ύλη έχει και την συγκεκριμένη εφαρμογή της. Για το λόγο αυτό κυκλοφορούν πρότυπα που ορίζουν την ποιότητα του ενεργού άνθρακα και την εφαρμογή του, καθώς και τις κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας. Η σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης του ρύπου και το ποσό του ρύπου αυτού που σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και σε συνθήκες ισορροπίας θα προσροφηθεί από το μέσο προσρόφησης δίνεται από τις ισοθερμικές προσρόφησης. Για τους χρήστες ενεργού άνθρακα δύο είναι οι ισόθερμες που παίζουν σημαντικό ρόλο: η ισοθερμική Brunauer-Emmett-Teller, που περιγράφει την προσρόφηση ελαφρών αέριων ρύπων ειδικά σε χαμηλές θερμοκρασίες, και η ισοθερμική Dubinin-Radushkevich που περιγράφει την προσρόφηση μεγαλύτερων μορίων όπως αυτή των πτητικών οργανικών ενώσεων.

Καθώς η κύρια εφαρμογή του ενεργού άνθρακα είναι η απομάκρυνση οργανικών πτητικών ενώσεων από τον αέρα, συντελεί έμεσα και στην εξάλειψη των κινδύνων που προέρχονται από την παραγωγή οργανικών πτητικών ενώσεων από μικρόβια, μύκητες ή βακτηρίδια. Επίσης, διερευνάται η πιθανότητα απομάκρυνσης ιών με διαστάσεις ίδιες με αυτές των οργανικών πτητικών ενώσεων. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι ανάλογα με τη συγκέντρωση των ρύπων στον αέρα, μπορεί εύκολα να επέλθει φραγμός ή κορεσμός του μέσου προσρόφησης. Για το λόγο αυτό δεν συνίσταται η χρήση ενεργού άνθρακα σε χώρους όπου αιωρούνται πολλοί σωματιδιακοί ρύποι. Ο ενεργός άνθρακας από μόνος του δεν είναι αποτελεσματικός για την απομάκρυνση διοξειδίων του θείου, οργανικών οξέων (κυρίως φορμαλδεύδης και φορμικού οξέος), νιτρικού οξέος, υδροθείου αλλά και αλδευδών με χαμηλό μοριακό βάρος. Όμως, εάν ο ενεργός άνθρακας εμποτιστεί με κάποιο συγκεκριμένο χημικό μέσο που αντιδρά με την ουσία που χρειάζεται να απομονώσουμε, τα αποτελέσματα μπορεί να είναι εξαιρετικά. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται chemisorption και περιγράφεται παρακάτω.

2.2.1.2 Διεργασίες που στηρίζονται σε ηλεκτρικές δυνάμεις

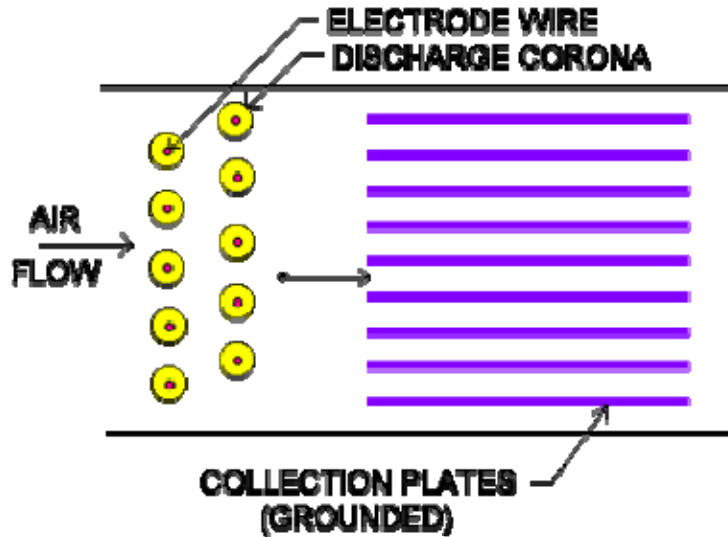
Οι ηλεκτρονικές συσκευές καθαρισμού του αέρα χρησιμοποιούν ηλεκτρικά πεδία για να παγιδεύσουν ηλεκτρικά φορτισμένους σωματιδιακούς ρύπους. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι διατάξεις που προκαλούν καθίζηση μέσω ηλεκτροστατικών δυνάμεων (electrostatic precipitators), ενώ το πιο συνηθισμένο είδος διάταξης είναι ο ιονιστής (ion generator). Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται είτε σε κεντρικά συστήματα, είτε ως μεμονωμένες μονάδες.

2.2.1.2.1 Συγκράτηση με χρήση ηλεκτροστατικού φορτίου

Η λειτουργία αυτή στηρίζεται στις δυνάμεις έλξης (δυνάμεις Coulomb) που ασκούνται πάνω σε αντίθετα φορτισμένα σωματίδια ή μόρια. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ηλεκτρικών πεδίων, όπου, φορτισμένα σωματίδια έλκονται από τις αντίθετα φορτισμένες ίνες φίλτρων και συλλέγονται πάνω σε αυτές. Σημαντικό ρόλο σε αυτή τη λειτουργία παίζει η ταχύτητα κίνησης των σωματιδίων στον αέρα.

Οι ηλεκτροστατικές αυτές διατάξεις βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στην απομάκρυνση σωματιδίων από ρεύματα αέρα που έχουν μεγάλη και σταθερή ροή. Συνήθεις εφαρμογές είναι αυτές της βιομηχανίας τσιμέντου και άνθρακα. Οι διατάξεις αποτελούνται από έναν ιονιστή και έναν συλλέκτη που είναι τοποθετημένοι είτε παράλληλα, είτε σε σειρά, κατά μήκος της ροής του αέρα.

Τα ηλεκτρόδια του ιονιστή, που διατηρούνται σταθερά σε τάση μερικών χιλιάδων βολτ, δημιουργούν ηλεκτρικό τόξο που ελευθερώνει ηλεκτρόνια στο ρεύμα του αέρα. Τα απελευθερωμένα ηλεκτρόνια προσκολλούνται στα σωματίδια σκόνης και τα φορτίζουν αρνητικά. Τότε, τα φορτισμένα σωματίδια έλκονται από τις συλλεκτικές πλάκες που είναι γειωμένες και συσσωρεύονται πάνω σε αυτές.



ΧΡΕΙΑΖΟΜΑΣΤΕ COPYRIGHT

Η απόδοση των διατάξεων μειώνεται σταδιακά καθώς συσσωρεύεται σκόνη και σωματίδια πάνω στους συλλέκτες. Για το λόγο αυτό, οι βιομηχανικές διατάξεις συμπεριλαμβάνουν έναν μηχανισμό καθαρισμού των συλλεκτικών πλακών που η λειτουργία του στηρίζεται στο τράνταγμα μέσω μηχανικών δονήσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα. Το τράνταγμα εκτοπίζει την ύλη (σωματίδια) που έχει συσσωρευθεί πάνω στις πλάκες και τις καθιστά πάλι λειτουργικές. Οι μικρές διατάξεις που έχουν σχεδιαστεί για οικιακή, ή μικρής εμβέλειας, χρήση και που συχνά ονομάζονται ηλεκτρονικές συσκευές καθαρισμού αέρα (electronic air cleaners), δεν διαθέτουν αυτόματο μηχανισμό καθαρισμού αλλά πρέπει να καθαρίζονται χειρωνακτικά σε τακτά χρονικά διαστήματα. Στη φάση καθαρισμού των πλακών κυρίως του αυτοματοποιημένου συστήματος είναι απαραίτητο, η ροή του αέρα ανάμεσα στις πλάκες να είναι τέτοια, που να μην επιτρέπει την επαναφορά σκόνης στο ρεύμα αέρα.

Σε γενικές γραμμές, η απόδοση των συσκευών οικιακής χρήσης είναι πολύ μικρότερη από αυτών της βιομηχανικής χρήσης. Σημειώνεται επίσης πως οι ηλεκτρονικές συσκευές καθαρισμού αέρα οικιακής χρήσης είναι συχνά σχετικά μεγάλες διατάξεις που απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και παράγουν υψηλά μέχρι και επικίνδυνα επίπεδα όζοντος. Οι βιομηχανικές διατάξεις που κυκλοφορούν στην αγορά αυτή τη στιγμή έχουν τη δυνατότητα απομόνωσης σωματιδίων της τάξεως των 0.01 έως 10 μm με απόδοση της τάξεως του 95%.

Καθώς η απόδοση του συστήματος μειώνεται σημαντικά από τη συσσώρευση σκόνης, η μέτρηση της απόδοσης των συγκεκριμένων συσκευών δεν θα πρέπει να στηρίζεται στην αρχική απόδοση της διάταξης μόνο, αλλά να είναι συνάρτηση και της συχνότητας κατά την οποία χρειάζεται καθαρισμός των πλακών ή συντήρηση. Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας καταναλώνεται για τον ιονισμό του αέρα και όχι λόγω της πτώσης πίεσης της διάταξης.

2.2.1.2.2 Ιονισμός του αέρα

Ο ιονιστής είναι μια συσκευή που παράγει αρνητικά ή θετικά φορτισμένα ιόντα και τα διαχέει στον αέρα. Με τον ιονισμό του αέρα επιτυγχάνεται απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων και σκόνης από τον αέρα του δωματίου, μέσω εναπόθεσης σε οριζόντιες κυρίως επιφάνειες που βρίσκονται γύρω από τον ιονιστή (συχνά τοίχους, έπιπλα κλπ). Μέσω αυτής της μεθόδου είναι πιθανό να μειώνεται και η συγκέντρωση αερόβιων μικρο-οργανισμών καθώς αυτοί συχνά μεταφέρονται μέσω της σκόνης και των σωματιδίων. Τα σωματίδια που εναποτίθενται συσσωρεύονται, σχηματίζουν μεταξύ τους ενώσεις και διαμορφώνουν μεγαλύτερα σωματίδια, αυξάνοντας έτσι το ρυθμό εναπόθεσης νέων σωματιδίων. Όπως και στις διατάξεις καθίζησης μέσω ηλεκτροστατικών δυνάμεων, έτσι και στους ιονιστές, απαιτείται μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και παράγονται υψηλά μέχρι και επικίνδυνα επίπεδα όζοντος.

2.2.1.3 Χημικές διεργασίες

Οι τεχνικές καθαρισμού του αέρα που στηρίζονται σε χημικές διεργασίες είναι οι ενεργοποιητές όζοντος, το chemisorption και η φωτοκατάλυση.

2.2.1.3.1 Ενεργοποιητές όζοντος

Οι ενεργοποιητές όζοντος κυκλοφορούν στην αγορά ως συσκευές καθαρισμού του εσωτερικού αέρα. Η λειτουργία τους στηρίζεται στη χημική αντίδραση του όζοντος με πολλούς αέριους ρύπους που βρίσκονται στο εσωτερικό των κτιρίων, καθιστώντας τους έτσι ακίνδυνους. Όμως, στην πραγματικότητα, για τη λειτουργία των ενεργοποιητών όζοντος, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η υψηλή συγκέντρωση ρύπων, πράγμα που έρχεται σε αντίθεση με τα ισχύοντα πρότυπα υγειϊνής. Επιπλέον, θεωρείται πως τα παραπροϊόντα που δημιουργούνται, είναι σε πολλές περιπτώσεις επικίνδυνα .

2.2.1.3.2 Chemisorption

Η χημική απορρόφηση Chemisorption είναι μια διαδικασία απομάκρυνσης ρύπων από τον αέρα, που στηρίζεται στην προσρόφηση και ταυτόχρονη χημική αντίδραση του ρύπου, με μια ουσία με την οποία έχει εμποτιστεί το μέσο προσρόφησης. Σε αυτή την περίπτωση το μέσο προσρόφησης λειτουργεί ως φορέας της χημικής ουσίας, επιτρέποντας στη χημική αντίδραση να λάβει μέρος.

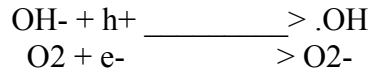
Στη λειτουργία της, αυτή η διαδικασία διαφοροποιείται από την προσρόφηση σε ότι αφορά τον χρόνο που απαιτείται για να γίνει η χημική αντίδραση. Ο χρόνος αυτός, μπορεί να ποικίλει από 0.01 έως 0.4 sec και επηρεάζεται από παράγοντες όπως η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία.

2.2.1.3.3 Φωτοκατάλυση ή φωτοκαταλυτική οξείδωση

Φωτοκατάλυση ή φωτοκαταλυτική οξείδωση είναι η επίσπευση μιας φωτοαντίδρασης μέσω ενός καταλύτη, ενώ παράλληλα απορροφάται φως από μια προσροφητική επιφάνεια. Η φωτοκαταλυτική δράση εξαρτάται από την ικανότητα του καταλύτη να σχηματίζει ζεύγη ηλεκτρονίων τα οποία δημιουργούν ελεύθερες ρίζες που με τη σειρά τους είναι ικανές να αναλάβουν δευτερογενείς αντιδράσεις. Η μέθοδος αυτή έγινε γνωστή με την ανακάλυψη της υδρόλυσης του νερού μέσω χρήσης οξειδίου του τιτανίου.

Το διοξείδιο του τιτανίου είναι ένας φωτοκαταλύτης που δρα κάτω από την υπεριώδη ακτινοβολία. Το ισχυρό οξειδωτικό δυναμικό του οξειδώνει το νερό και σχηματίζει ρίζες υδροξυλίου. Μπορεί επίσης να οξειδώσει οξυγόνο ή οργανική ύλη κατ' ευθείαν.

Το διοξείδιο του τιτανίου (TiO₂) αποτελεί φωτοκαταλυτικό ημιαγωγό με ζώνη ενέργειας 3.2 eV. Όταν το διοξείδιο του τιτανίου βομβαρδίζεται με προτόνια μικρότερα των 385 nm η ενεργειακή του ζώνη επεκτείνεται και ένα ηλεκτρόνιο μεταφέρεται από τη ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας. Το απορρέων ζεύγος ηλεκτρονίων έχει μια διάρκεια ζωής στην ηλεκτρικά φορτισμένη ζώνη που του επιτρέπει να συμμετέχει σε χημικές αντιδράσεις, όπως οι παρακάτω:



Οι ρίζες υδροξειλίου και τα ιόντα υπεροξειδίου είναι πολύ υψηλά ενεργές ουσίες οι οποίες τίνουν να οξειδώνουν πτητικές οργανικές ενώσεις μέσω απορρόφησης στην επιφάνεια του καταλύτη. Επίσης, οι παραπάνω υψηλά ενεργές ουσίες διασπούν και εξαλείφουν απορροφώμενα αεροσόλς. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται σαν ετερογενής φωτοκατάλυση ή πιο ειδικά φωτοκαταλυτική οξείδωση. Έτσι, καθώς το οξείδιο του τιτανίου έχει καθαριστικές, αποστειρωματικές και αποσμητικές ιδιότητες, προστίθεται σε βαφές, κεραμικά και παράθυρα. Όταν το διοξείδιο του τιτανίου προστίθεται σε δομικά υλικά μπορεί να μειώσει παράγοντες που δημιουργούν πηγές ρύπανσης του αέρα, όπως πτητικές οργανικές ενώσεις και NO_x.

Διάφορα χαρακτηριστικά της φωτοκαταλυτικής οξείδωσης καθιστούν τη μέθοδο εξαιρετικά αποτελεσματική στις εφαρμογές καθαρισμού του αέρα εσωτερικών χώρων, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης, υπερειλαμβανομένων των βακτηριδίων, ιών, μούχλας κλπ. Πολλές από τις ουσίες που ρυπαίνουν τον αέρα, όπως οι πτητικές οργανικές ενώσεις, απορροφώνται εκλεκτικά στην επιφάνεια του φωτοκαταλύτη και οξειδώνονται κυρίως σε διοξείδιο του άνθρακα. Με τη διαδικασία αυτή μειώνεται η συνολική τοξικότητα του επεξεργαζόμενου αέρα επιτρέποντας συγχρόνως στον φωτοκαταλυτικό αντιδραστήρα να λειτουργεί σαν ένα αυτοκαθαριζόμενο φίλτρο.

Οι φωτοκαταλυτικοί αντιδραστήρες βρίσκουν συχνά εφαρμογή σε ήδη υπάρχοντα HVAC συστήματα.

Γενικά, οι φωτοκαταλυτικοί αντιδραστήρες έχουν σημαντικά προτερήματα σε σχέση με άλλα συστήματα/τεχνικές καθαρισμού του αέρα: καταναλώνουν χαμηλά ποσά ενέργειας, έχουν μακρά διάρκεια ζωής και χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης. Επίσης τα φωτοκαταλυτικά συστήματα έχουν μικρό και λειτουργικό μέγεθος, ενώ λειτουργούν σε θερμοκρασία δωματίου και εν απουσία σημαντικής πτώσης πίεσης.

Από την άλλη μεριά, τα τεχνικά ερωτήματα που πρέπει να επιλυθούν πριν οι φωτοκαταλυτικοί αντιδραστήρες χρησιμοποιηθούν για την εξάλειψη ρύπων από τον αέρα εσωτερικών χώρων περιλαμβάνουν τον πιθανό σχηματισμό προϊόντων ατελούς καύσης, την ευαισθησία τους ως προς την υγρασία που μπορεί να καθυστερήσει την

ταχύτητα αντίδρασης και την πιθανή αδρανοποίηση του καταλύτη λόγω μόλυνσης από σκόνη, χώμα κ.α..

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της φωτοκαταλυτικής οξείδωσης είναι η μετατροπή του νερού σε αέριο υδρογόνο με τη μέθοδο της φωτοκαταλυτικής διάσπασης του νερού. Σαν καταλύτης χρησιμοποιείται το οξειδίο του τανταλίου (NaTaO_3) με συγκαταλύτη το οξειδίο του νικελίου. Οι κρύσταλλοι του οξειδίου του τανταλίου έχουν αυλακωμένη επιφάνεια, τα επονομαζόμενα nanosteps μεγέθους 3-15 nm. Το αέριο υδρογόνο που προέρχεται από τα μόρια του οξειδίου του νικελίου συναντάται στις κορυφές των κριστάλλων ενώ το αέριο οξυγόνο αναπτύσσεται στα βαθουλώματα.

	Application				Performance			
	Solid	Liquid	Gas	Vapor	Efficiency	Pressure drop	Cost	Life
Mechanical collectors (settling, cyclone, inertial)	X	X			Low ^a	1-2 ^b	Low	Years
Wet scrubbers								
Low energy	X	X			Low ^a	1-2	Low	Years
High energy	X	X			High ^c	>20	High	Years
Electrostatic precipitators (low volt, 2-St.; high volt, 1-St)	X	X			High ^d	0.1	High	Years
Filters								
Replaceable (fibrous)	X	X ^e			High ^d	0.1	Low	Year
Cleanable (fabric)	X				High	4	High	Years
Absorbers			X		High ^d	6	High	Years
Adsorbers			X	X	High ^d	6	High	Year
Combustion			X	X	High ^d	1	High	Years
Condensation				X	High		Low	Years
Chemisorption			X		High	6	High	Year

Χαρακτηριστικά απόδοσης τεχνικών καθαρισμού αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος

Πηγή : Methods for control of indoor air quality, Charles E. Billings, Sandra F. Vanderslice, Environment International, Vol. 8, pp. 501, 1982

^aLow for respirable particles

^bInches of water (1 in. Water = 0.250 kPa)

^cEfficiency varies with energy used

^dEfficiency varies with design and operating parameters

^e May collect liquid mist particulates in open design

Επιλογή συσκευής

Η αποδοτικότητα των συσκευών που περιγράφηκαν παραπάνω εξαρτάται άμεσα από ένα πλήθος παραγόντων, από τους οποίους οι σημαντικότεροι είναι:

1. Το ποσοστό των σωματιδίων που αφαιρούνται από τον αέρα καθώς διαπερνούν τη συσκευή.
2. Το μηχανικό ενεργειακό κόστος που αντιπροσωπεύεται από την πτώση πίεσης, η οποία καθοδηγεί τη ροή του αέρα μέσα από τη συσκευή.
3. Το ποσό του αέρα που επεξεργάζεται η συσκευή. Το μέγεθος αυτό είναι σημαντικό σε σχέση με τον ρυθμό παραγωγής ρύπων και τον όγκο αέρα του δωματίου.
4. Τον λειτουργικό όγκο του προς καθαρισμό αέρα. Εννοείται πως μια φορητή συσκευή τοποθετημένη σε ένα δωμάτιο ενός μεγάλου κτιρίου όπου ο αέρας ρέει μεταξύ των δωματίων δεν έχει μεγάλη αποτελεσματικότητα.
5. Τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων.
6. Τη σωστή τοποθέτηση των συσκευών. Οι συσκευές πρέπει να τοποθετούνται κοντά στην πηγή ρύπανσης, ο καθαρός αέρας πρέπει να οδηγείται προς χώρους που χρησιμοποιούνται και επίσης, τόσο οι εισαγωγείς όσο και οι εξαγωγείς αέρα θα πρέπει να μην παρεμποδίζονται από εμπόδια όπως τοίχοι, έπιπλα κ.α.
7. Την τακτική συντήρηση των συσκευών και την εναλλαγή των φίλτρων.

Κατά τη χρήση των προαναφερόμενων συσκευών πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι εξής παράγοντες:

1. Οι ενεργοποιητές ιόντων και οι ηλεκτρονικές συσκευές καθαρισμού του αέρα μπορεί να παράγουν όζον.
2. Αέρια και μυρωδιές από σωματίδια που συλλέχθηκαν στις συσκευές μπορεί να επαναδιασκορπιστούν στον αέρα.
3. Η μυρωδιά του τσιγάρου οφείλεται κυρίως στα αέρια του καπνού και όχι στα σωματίδια, οπότε είναι δυνατό να παραμένει η δυσάρεστη μυρωδιά ακόμα κι όταν τα σωματίδια που εμπεριέχονται στον καπνό έχουν απομακρυνθεί.
4. Κάποιες συσκευές χρησιμοποιούν αποσμητικά για να καλύψουν τις οσμές. Αυτό λειτουργεί παραπλανητικά καθώς δίνεται η εντύπωση πως εξαφανίστηκε ο ρύπος ενώ στην πραγματικότητα εξαφανίστηκε μόνο η μυρωδιά.
5. Επίσης, οι ενεργοποιητές ιόντων, ειδικά όταν δεν περιλαμβάνουν συλλέκτες, μπορούν να προκαλέσουν διαφθορά σε επιφάνειες (τοίχους, δάπεδα κλπ).
6. Οι συσκευές παράγουν αρκετό θόρυβο.
7. Το κόστος συντήρησης (τα φίλτρα, οι επισκευές, ο έλεγχος κλπ) μπορεί να είναι αρκετά υψηλό.

Για τους παραπάνω λόγους συνίσταται πριν την αγορά να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα εξής χαρακτηριστικά:

- Απόδοση – Την καλύτερη απόδοση έχουν τα μηχανικά φίλτρα και κυρίως τα φίλτρα υψηλής απόδοσης (HEPA) και οι ηλεκτρονικές συσκευές καθαρισμού του αέρα.
- Ο ρυθμός παροχής καθαρού αέρα (Clean Air Delivery Rate -CADR-). Η συνολική παροχή καθαρού αέρα εξαρτάται από το ποσό του αέρα που υφίσταται επεξεργασία σε συνδυασμό με την απόδοση της συσκευής.
- Παραγωγή όζοντος – Υπάρχουν διάφοροι οργανισμοί όπως η American Lung Association που συνιστούν να μη χρησιμοποιούνται ενεργοποιητές όζοντος.
- Τιμή – Εκτός από το κόστος αγοράς και εγκατάστασης συνυπολογίστε επίσης το κόστος αντικατάστασης των φίλτρων και το κόστος συντήρησης της συσκευής.

3. Έλεγχος και διαχείριση κτιρίου

Οι αρχές της πρόληψης και του ελέγχου των πηγών ρύπανσης, ισχύουν και στη διαχείριση του κτιρίου. Είναι σημαντικό να ελέγχουμε προσεκτικά τα νέα υλικά που τοποθετούμε στον χώρο. Τα τρία βήματα επιλογής υλικών θα πρέπει να ακολουθούνται ώστε να μην δημιουργηθούν καινούργιες πηγές ρύπανσης.

Τεχνικές επίλυσης προβλημάτων κατά την διάρκεια επισκευών / ανακαινίσεων.

Οι επισκευές και η ανακαίνιση κτιρίων είναι πηγές παραγωγής ρύπων. Οι εργασίες αυτές επιβαρύνουν την ποιότητα του αέρα με οργανικούς και ανόργανους ρύπους.

Βασική αρχή κατά την διάρκεια εργασιών σε ένα κτίριο είναι η απομόνωση της υπό κατασκευή περιοχής. Με την απομόνωση, όχι μόνο περιορίζουμε τις πηγές ρύπανσης, αλλά παρέχουμε επίσης ασφάλεια στους χρήστες του κτιρίου. Η είσοδος στο κτίριο κατά τη διάρκεια εκτενών εργασιών και ανακαινίσεων θα πρέπει να επιτρέπεται μόνο σε εγκεκριμένο προσωπικό. Επίσης, συνιστάται να περιορίζονται οι μετακινήσεις μέσα και έξω από τους χώρους εργασίας έτσι ώστε να περιορίζεται η έκθεση των χρηστών του κτιρίου αλλά και η μεταφορά σωματιδίων και ρύπων από χώρο σε χώρο. Χρήσιμο εργαλείο για τον περιορισμό της συγκέντρωσης ρυπαντών μέσα στο κτίριο κατά τη διάρκεια εργασιών ή ανακαινίσεων είναι ξανά, ο καλός αερισμός. Επίσης, προς αποφυγή μεταφοράς ρύπων από τον ένα κτιριακό χώρο στον άλλο, καλό είναι να περιορίζονται και να διατηρούνται σε ισορροπία οι διαφορές πίεσεως μεταξύ των χώρων εργασίας και να ελέγχεται η ροή του αέρα. Καθώς οι αέριες μάζες μετακινούνται από χώρους υψηλής πίεσης σε χώρους χαμηλής πίεσης, για να δημιουργήσουμε ένα δίαυλο αέρα από τους καθαρούς χώρους στους χώρους με αυξημένη συγκέντρωση ρύπων αρκεί να μειώσουμε την πίεση αέρα στους χώρους με αυξημένη συγκέντρωση (να διώξουμε αέρα από αυτούς).

Τέλος, με τη σωστή διαχείριση του κτιρίου και με τακτική εκπαίδευση των χρηστών του κτιρίου, μπορούμε να εξασφαλίσουμε την καλή ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος.

4. Συντήρηση συστημάτων

Συντήρηση Συστημάτων Μηχανικού Αερισμού –Θέρμανσης-Κλιματισμού

Εξ' ορισμού, η ποιότητα του αέρα σε εσωτερικούς χώρους εξαρτάται από την παροχή και διανομή φρέσκου αέρα, τις συνθήκες θερμικής άνεσης και τη συγκέντρωση ρύπων. Η καλή ποιότητα αέρα συνεπάγεται υγεία, ευημερία, άνεση και επομένως αυξημένη παραγωγικότητα των ανθρώπων που παρευρίσκονται μέσα στον χώρο, κατοικούν ή εργάζονται μέσα σε αυτόν.

Πρόσφατες έρευνες έχουν αποδείξει ότι στις περισσότερες των περιπτώσεων όπου συναντάμε προβλήματα ποιότητας του εσωτερικού αέρα, κύριος υπεύθυνος είναι ο λανθασμένος σχεδιασμός και η κακή λειτουργία ή συντήρηση των συστημάτων μηχανικού αερισμού- θέρμανσης- κλιματισμού – ψύξης.

Ο σωστός σχεδιασμός, η ορθολογική λειτουργία και ο τακτικός έλεγχος και συντήρηση των συστημάτων HVAC είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την διατήρηση της ποιότητας του αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Σε κάθε περίπτωση, για να έχουμε τα θεμητά αποτελέσματα από άποψη ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος και θερμικής άνεσης, πρέπει να συνυπάρχουν τουλάχιστον οι εξής προϋποθέσεις:

- Ένα σωστά σχεδιασμένο και τοποθετημένο σύστημα θέρμανσης - ψύξης.
- Το σύστημα HVAC πρέπει να ελέγχεται προληπτικά, να συντηρείται τακτικά καθώς και να προσαρμόζεται διαρκώς στις εκάστοτε ανάγκες και τα χαρακτηριστικά του κτιρίου (χρήση, αριθμός χρηστών, υλικά, εξοπλισμός κλπ.)
- Να υπάρχει προσωπικό εξειδικευμένο στη λειτουργία και διαχείριση του συστήματος HVAC.
- Να διατηρείται αρχείο όπου αναφέρονται οι όποιες δραστηριότητες, ενέργειες, επισκευές, έλεγχοι, βλάβες, παράπονα κλπ. έχουν σχέση με το σύστημα ή εκτελούνται στο σύστημα.
- Να υπάρχει ανοικτό δίκτυο επικοινωνίας μεταξύ χρηστών και διαχειριστών του συστήματος.

Όπως γίνεται εμφανές και από τα παραπάνω, υπεύθυνοι για τη σωστή λειτουργία του συστήματος δεν είναι μόνο οι τεχνικοί, η διεύθυνση και οι ιδιοκτήτες του κτιρίου αλλά και οι ίδιοι οι χρήστες αυτού.

Έγγραφα που θέτουν τις βασικές προϋποθέσεις για τον τρόπο σχεδιασμού, λειτουργίας και συντήρησης των συστημάτων θέρμανσης-κλιματισμού-ψύξης έχουν δημοσιευτεί τόσο από της ASHRAE, την USEPA και ISIAQ, όσο και από ανεξάρτητους φορείς. Σε γενικές γραμμές, για την διατήρηση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος, υπογραμμίζεται ότι:

- Οι προσαγωγοί εξωτερικού αέρα θα πρέπει να βρίσκονται τοποθετημένοι μακριά από οποιαδήποτε πηγή ρύπανσης (εξατμίσεις, αποχετεύσεις, πύργους νερού, σημεία συλλογής σκουπιδιών κλπ.) και να είναι εφοδιασμένοι με σίτα που να εμποδίζει την είσοδο σωματιδίων και σκουπιδιών στους αγωγούς.
- Τα τμήματα εκείνα του συστήματος που είναι ευάλωτα στις καιρικές συνθήκες, θα πρέπει να είναι προστατευμένα από τα καιρικά φαινόμενα (ήλιο, βροχή και παγετό).

- Όλα τα τμήματα του συστήματος θα πρέπει να είναι προσβάσιμα για έλεγχο και προσαρμογή.
- Μέσα στο όλο μηχανικό σύστημα δεν θα πρέπει να υπάρχει πουθενά λιμνάζον νερό.
- Τα φίλτρα θα πρέπει να έχουν τη μέγιστη δυνατή απόδοση.
- Το σύστημα ύγρανσης θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά. Εφόσον χρησιμοποιείται νερό θα πρέπει αυτό να υπόκειται περιοδικά επεξεργασία. Σε γενικές γραμμές πάντως, είναι προτιμότερα τα συστήματα ύγρανσης με ατμό, επειδή αυτά δεν χρησιμοποιούν ούτε ζεστό νερό ούτε χημικά προϊόντα και επίσης έχουν λιγότερη ανάγκη συντήρησης.
- Η σχετική υγρασία πρέπει να διατηρείται μέσα στα επίπεδα που προδιαγράφονται βάση των προτύπων της ASHRAE.

Στη φάση λειτουργίας του συστήματος, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά τη διεξαγωγή εργασιών όπου πιθανώς να εκπέμπεται σκόνη. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το σύστημα θέρμανσης – κλιματισμού θα πρέπει να προστατεύεται από πιθανή ρύπανση και το σύστημα επιστροφής αέρα θα πρέπει να τίθεται εκτός λειτουργίας. Αντίστοιχη προσοχή απαιτείται κατά τη χρήση καθαριστικών προϊόντων, γυαλιστικών, κόλλας, βαφής, κιμωλίας και άλλων χημικών ουσιών. Το σύστημα δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να λειτουργεί χωρίς τα προστατευτικά φίλτρα.

Για να διατηρήσουμε τα θεμητά αποτελέσματα ως προς την καλή ποιότητα αέρα, τη θερμική άνεση κλπ, θα πρέπει:

- Κάθε τμήμα του συστήματος (προσαγωγοί, φίλτρα, υγραποιητές, ανεμιστήρες, δεξαμενές κλπ.) να περνούν από έλεγχο και συντήρηση συστηματικά
- Όλα τα φίλτρα θα πρέπει να αντικαθίστανται τακτικά ανάλογα με την αναγραφόμενη πτώση πίεσης.
- Η θερμική και ακουστική μόνωση θα πρέπει να ελέγχεται οπτικά για εναπόθεση σκόνης, υγρασίας κλπ.
- Σωλήνες και αγωγοί θα πρέπει να είναι καλά μονωμένοι.
- Η ποιότητα του νερού σε δεξαμενές, πύργους, συμπυκνωτές κλπ πρέπει να ελέγχεται τακτικά.
- Οι ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης-ψύξης θα πρέπει να είναι ρυθμισμένες βάση των χαρακτηριστικών του κτιρίου, τις ώρες χρήσης του κτιρίου, τον αριθμό των χρηστών και το επίπεδο ρύπανσης.
- Να εξαλείφονται οι πηγές ρύπανσης μέσα στον χώρο.
- Το σύστημα διανομής του αέρα πρέπει να προσαρμόζεται στο είδος χρήσης του χώρου.
- Να περιορίζεται η προσωπική επέμβαση των χρηστών του κτιρίου σε τμήματα του συστήματος.
- Προσοχή χρειάζεται στην επιλογή ταπήτων, επίπλων, μπογιάς, ώστε να μην περιέχουν πτητικές ουσίες.
- Η εμφάνιση υγρασίας θα πρέπει να αντιμετωπίζεται άμεσα.
- Στις περιπτώσεις εκείνες που ο εξωτερικός αέρας είναι πιο μολυσμένος απ' ότι ο εσωτερικός, ο ρυθμός αερισμού θα πρέπει να περιοριστεί στο μηδέν και το

σύστημα να λειτουργεί με επανακυκλοφορία του εσωτερικού αέρα. Το μέγιστο επιτρεπτό όριο εφαρμογής αυτής της τεχνικής είναι 4 ώρες την ημέρα.

Συντήρηση και καθαριότητα

Σε γενικές γραμμές οι άνθρωποι εκτιμούν την καθαριότητα ιδιαίτερα. Στην πραγματικότητα εκτιμούν την καθαριότητα κυρίως για λόγους καλής αισθητικής παρά για λόγους υγείνης, μιας και αγνοούν συχνά την ύπαρξη μικροοργανισμών, αλλεργιογόνων αλλά και άλλων κινδύνων που караδοκούν ακόμα και σε εμφανώς άκακους χώρους. Συγκεκριμένα, οι γνώσεις πάνω στο αντικείμενο «πώς η ποιότητα της καθαριότητας μπορεί να επηρεάζει τον άνθρωπο» είναι πολύ περιορισμένες.

Πηγές ρύπανσης βρίσκονται αρκετές μέσα σε κάθε σχεδόν χώρο. Ρυπαντές μπορεί επίσης να μεταφέρονται από έξω προς τα μέσα μέσω διείσδυσης, ανοιγμάτων, συστημάτων αερισμού κλπ. Μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος υπάρχει μια διαρκής ανταλλαγή: ρύποι από έξω μεταφέρονται προς τα μέσα και ανάστροφα. Σε αυτή τη διαδικασία συνεισφέρει πολύ και η καθαριότητα που μπορεί, είτε να αποτελεί μέρος της λύσης, εξαλείποντας τις πηγές ανάπτυξης μικροοργανισμών και αλλεργιογόνων μέσα στο χώρο, είτε, σε κάποιες περιπτώσεις, να είναι η αιτία μεταφοράς ρυπαντών από το ένα σημείο στο άλλο, ή ακόμα και η ίδια η πηγή ρύπανσης.

Η καθαριότητα συνδέεται άμεσα με τη συντήρηση συστημάτων και υλικών, μιας και η εφαρμογή λανθασμένων προϊόντων καθαρισμού ή λανθασμένων τεχνικών καθαρισμού, μπορεί να προκαλέσει διάβρωση επιφανειών, ενώ η έλλειψη καθαριότητας μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα λειτουργίας συσκευών και μηχανημάτων. Ειδικός καθαρισμός απαιτείται για συστήματα θέρμανσης-κλιματισμού, πυρόσβεσης κλπ, όπου εκτός από την λειτουργική άποψη, μεγάλο ρόλο παίζει η καθαριότητα στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα και την εξάλειψη των πηγών ρύπανσης των εσωτερικών χώρων.

Οι περισσότεροι ρυπαντές εναποτίθενται σε επιφάνειες εσωτερικών χώρων σε μορφή σωματιδίων (στερεών σωματιδίων ή συμπυκνωμένων σταγονιδίων). Τα σωματίδια μπορεί να αποτελούνται από μέταλλα, ίνες (μονωτικά υλικά, υφάσματα), οργανικό υλικό (γύρη, ίχνη δέρματος, μικροοργανισμούς), χημικές ουσίες (πολυκυκλικούς οργανικούς υδρογονάνθρακες) κλπ. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, σε σημεία όπου εναποτίθεται σκόνη, είναι δυνατόν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί ή να αυξηθεί η συγκέντρωση των πτητικών οργανικών ενώσεων. Με την καθαριότητα αποφεύγεται η εναπόθεση σκόνης και άρα περιορίζεται η ύπαρξη αλλεργιογόνων, μικροοργανισμών και άλλων επικινδύνων για την υγεία ουσιών.

Όμως, οι επιπτώσεις που μπορεί να έχει η ίδια η καθαριότητα στην ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων, συχνά αγνοούνται. Έτσι, περισσότερη σημασία δίνεται στο εάν υπάρχει καθαριότητα, παρά στο είδος της καθαριότητας που απαιτείται. Όπως αναφέρθηκε και πρωτότερα, η καθαριότητα σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελεί κυρίως μέρος του προβλήματος της ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων παρά μέρος της λύσης. Αυτό ισχύει σε δύο:

- Όταν ο αέρας γεμίζει σωματίδια και σκόνες που ανασηκώνονται με το καθάρισμα.
- Όταν τα καθαριστικά προϊόντα περιέχουν επιβλαβείς ουσίες.

Σωματίδια και σκόνη

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι δραστηριότητες καθαριότητας συντελούν σε μεγάλο βαθμό στην επαναδιασπορά της σκόνης στον περιβάλλοντα αέρα. Επίσης, έχει αποδειχθεί πως, τα επίπεδα σκόνης σε κλειστούς χώρους αυξάνονται την στιγμή που τίθεται σε λειτουργία η ηλεκτρική σκούπα. Η επαναφορά σκόνης από μια επιφάνεια εξαρτάται από τις δυνάμεις που συγκρατούν τα σωματίδια συνδεδεμένα με την συγκεκριμένη επιφάνεια καθώς και από τις δυνάμεις που προκαλούνται από την κίνηση του αέρα που ανασηκώνει το σωματίδιο στον αέρα. Αυτές οι δύο δυνάμεις εξαρτώνται από το μέγεθος του σωματιδίου, το σχήμα, την κίνηση του αέρα, την υγρασία, τη σύνθεση της επιφάνειας, τις ηλεκτρικές δυνάμεις και άλλους παράγοντες. Το μέγεθος του σωματιδίου καθορίζει την ταχύτητα εναπόθεσης, το ποσοστό μεταφοράς μέσω του αέρα, τις πιθανότητες εισβολής στον ανθρώπινο οργανισμό κλπ. Το μέγεθος αυτό ονομάζεται αεροδυναμική διάμετρος. Έρευνες έχουν δείξει ότι όσο πιο μικρό είναι το σωματίδιο, τόσο μικρότερες οι πιθανότητες επαναδιασποράς του σωματιδίου στον αέρα. Φυσικά υπάρχει ένα ανώτατο όριο αεροδυναμικής διαμέτρου, πάνω από το οποίο τα σωματίδια πλέον δεν μπορούν να επαναφερθούν στον αέρα του περιβάλλοντος .

Επιβλαβείς ουσίες

Πολλά από τα προϊόντα καθαριότητας που χρησιμοποιούνται αποτελούν από μόνα τους πηγές ρύπανσης και μπορεί να έχουν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου. Καθώς κάποια καθαριστικά προϊόντα περιέχουν πτητικά συστατικά, αέριοι ρύποι επιβαρύνουν τον αέρα μετά την καθαριότητα. Εκπομπές ρύπων προέρχονται συχνά από καθαριστικά προϊόντα που εξατμίζονται στο περιβάλλον, ακόμη και με καθυστέρηση μερικών ωρών από την στιγμή της χρήσης τους. Επίσης, η χρήση διαφόρων καθαριστικών προϊόντων ταυτόχρονα, μπορεί να συντελέσει στη δημιουργία επικίνδυνων μειγμάτων. Όμως, κάποια καθαριστικά προϊόντα είναι επιβλαβή και κατά την επαφή τους με το δέρμα, προκαλώντας ευαισθησίες, αλλεργίες ή δερματοπάθειες σε αυτούς που έρχονται συχνά σε επαφή με αυτά. Ο χρόνος έκθεσης και η συχνότητα, είναι καθοριστικοί παράγοντες για τις συνέπειες. Επίσης, υπάρχει πάντα σοαρός κίνδυνος δηλητηρίασης σε περίπτωση κατάποσης ή και εισπνοής ακόμα, κάποιων καθαριστικών ουσιών. Επειδή το κάθε καθαριστικό προϊόν έχει τη δική του σύσταση και τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, χωρίς να παύει να αποτελεί συνήθως χημικό προϊόν, ισχύει και εδώ η νομοθεσία περί ετικετοποίησης του προϊόντος. Η νομοθεσία αυτή υπαγορεύει πως, πάνω στη συσκευασία κάθε χημικού προϊόντος, πρέπει να αναγράφεται η σύνθεση και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, πιθανοί κίνδυνοι καθώς και συνέπειες που μπορεί να προκληθούν από λανθασμένη χρήση.

Καταλαβαίνουμε λοιπόν πόσο σημαντική είναι μεν η καθαριότητα από τη μία, από την άλλη όμως, πως και η μέθοδος καθαριότητας που χρησιμοποιείται, είναι εξίσου σημαντική.

Για τους προαναφερόμενους λόγους, είναι σημαντικό πρώτα απ' όλα να γίνεται η σωστή επιλογή καθαριστικών προϊόντων. Σε γενικές γραμμές πρέπει να αποφεύγεται η χρήση καθαριστικών που περιέχουν χλώριο ή παράγωγά του. Έπειτα προτείνεται, οι όποιες διαδικασίες καθαρισμού να εφαρμόζονται κάτω από σωστές συνθήκες αερισμού και με τα κατάλληλα μέτρα προσωπικής προστασίας (γάντια, μάσκα ή προστατευτικά ρούχα εφ' όσον απαραίτητο, ανάλογα με την εργασία). Χρονικά, η καλύτερη στιγμή για καθαριότητα είναι όταν ο χώρος δεν είναι κατειλημμένος.

Η φάση σχεδιασμού και κατασκευής ενός κτιρίου είναι από άποψη καθαριότητας πολύ σημαντική. Εδώ μπορούν, με σωστή επιλογή των υλικών και με κατάλληλο σχεδιασμό των επιφανειών και χώρων, να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις για ένα περιβάλλον που είναι εύκολο στην καθαριότητα. Επίσης, ένα κτίριο που κατασκευάστηκε ή ανακατασκευάστηκε κάτω από σωστές συνθήκες καθαριότητας, έχει μεγαλύτερες πιθανότητες να είναι καθαρότερο και κατά τη χρήση του. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται όταν εκτελούνται εργασίες σε κτίρια ή μέρη κτιρίων όπου συμπεριλαμβάνονται επικίνδυνες ουσίες όπως μονωτικά υλικά, αμίαντος, μούχλα και λοιπά, ώστε να μην υπάρξει εξάπλωση της ρύπανσης.

Η επιλογή των κατάλληλων προϊόντων καθαρισμού πρέπει να σχετίζεται με το είδος και την επιφάνεια των υλικών που χρειάζονται καθαριότητα, τη χρήση και προσβασιμότητα της επιφάνειας και το ρυθμό συσσώρευσης της βρώμας. Επίσης εξαρτάται από τον αριθμό ανθρώπων που βρίσκονται και κινούνται στο χώρο, το είδος δραστηριότητας, το σύστημα αερισμού κλπ.

Η καθαριότητα λοιπόν αποτελεί ιδανικό τρόπο πρόληψης του προβλήματος ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος υπό την προϋπόθεση ότι εφαρμόζεται σωστά. Παρακάτω θα αναφερθούμε εν συντομία στην εφαρμογή τεχνικών καθαρισμού.

Τεχνικές καθαρισμού

Η λειτουργία των προϊόντων καθαρισμού στηρίζεται στα ενεργά συστατικά τους, τα λεγόμενα τασιενεργά συστατικά, που δρουν μειώνοντας την επιφανειακή τάση του νερού, και στις πρόσθετες ουσίες, όπως είναι διάφορα όξινα και αλκαλικά συστατικά, που υποβοηθούν τη διαδικασία απορρύπανσης, διαλύοντας συγκεκριμένα είδη βρώμας (πχ. λιπίδια) ή μαλακώνοντας το σκληρό νερό. Τα απολυμαντικά χρησιμοποιούνται για την εξόντωση μικροοργανισμών.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν αμέτρητα είδη προϊόντων καθαρισμού. Για κάθε συγκεκριμένη εργασία υπάρχει και το κατάλληλο καθαριστικό. Η εφαρμογή σωστής τεχνικής καθαριότητας και σωστών υλικών καθαρισμού θα επηρεάσουν τη διάρκεια ζωής των επιφανειών και υλικών μέσα στον χώρο. Εάν το καθαριστικό που χρησιμοποιείται δεν είναι το κατάλληλο για τη συγκεκριμένη εργασία, τότε είναι πιθανόν είτε ο καθαρισμός να μην έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα από άποψη καθαριότητας, είτε να προκληθεί ζημιά στην επιφάνεια που καθαρίστηκε (διάβρωση, αλλίωση χρώματος κλπ). Έτσι, συνιστάται η συνειδητή επιλογή των κατάλληλων καθαριστικών προϊόντων και σημειώνεται πως είναι προτιμότερο να γίνεται τακτικά καθαριότητα με χρήση ήπιων καθαριστικών, παρά να γίνεται σε αραιά χρονικά διαστήματα με χρήση ισχυρών

καθαριστικών προϊόντων που είναι επικίνδυνα τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία.

Καθαρισμός πατώματος

Σκληρά πατώματα (ξύλινα και μαρμάρινα πατώματα, πατώματα επικαλυμμένα με πλακίδια κλπ), καθαρίζονται με ή χωρίς νερό, με στεγνά ή υγρά πανιά καθαρισμού. Η (σχεδόν) στεγνή μέθοδος καθαρισμού έχει το πλεονέκτημα πως εξοικονομεί ταυτόχρονα νερό και καθαριστικό υγρό. Η υγρή μέθοδος από την άλλη, έχει το πλεονέκτημα ότι δεν σηκώνει σκόνη, γεγονός που συμβάλλει στην καλή ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Μια μέση λύση είναι ο καθαρισμός να γίνεται με τη στεγνή μέθοδο τις ώρες που οι άνθρωποι δεν βρίσκονται μέσα στο χώρο και ενώ ο χώρος αερίζεται επαρκώς.

Με την πάροδο του χρόνου τα περισσότερα πατώματα φθείρονται, οπότε μια επεξεργασία με βερνίκι, κερί ή άλλο συστατικό είναι απαραίτητη κάθε τόσο. Τα βερνίκια αυτά περιέχουν ουσίες που μπορεί να επιβαρύνουν την ποιότητα αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον.

Πατώματα επικαλυμμένα με μοκέτες, χαλιά κλπ. καθαρίζονται με την ηλεκτρική σκούπα. Οστόσο κι εδώ τίθεται το ζήτημα επαναφοράς της σκόνης.

Καθαρισμός επίπλων

Ο καθαρισμός επίπλων και εξοπλισμού γραφείων γίνεται συνήθως με στεγνές μεθόδους.

Καθαρισμός σωληνώσεων

Η συσσώρευση σκόνης σε αγωγούς και σωληνώσεις παρεμποδίζει τη διακίνηση του αέρα και επιφέρει ρύπανση των εσωτερικών χώρων. Για το λόγο αυτό, ο καθαρισμός των αγωγών και σωληνώσεων είναι σοβαρή υπόθεση. Υπάρχουν συγκεκριμένες τεχνικές και συστήματα καθαρισμού σωληνώσεων και αγωγών στην αγορά, που μπορεί να είναι αντίστοιχα της ηλεκτρικής σκούπας, με ή χωρίς περιστρεφόμενες προεκτάσεις, ή να στηρίζουν τη λειτουργία τους αντίθετα με την ηλεκτρική σκούπα στη χρήση συμπιεσμένου αέρα.

Για την αξιολόγηση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος ή την αξιολόγηση των τεχνικών καθαριότητας, μπορεί να φανεί χρήσιμη η μέτρηση των επιπέδων σκόνης σε έναν χώρο. Υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες μέτρησης των επιπέδων σκόνης. Η πιο απλές μεθοδολογίες είναι:

- αυτή που κάνει οπτική σύγκριση του επιπέδου σκόνης πάνω σε ένα ξεσκονόπανο,
 - ο δειγματολήπτης SMAIR που μαζεύει τη σκόνη σε ένα φίλτρο και
 - η χρήση της κοινής ηλεκτρικής σκούπας,
- ενώ άλλες είναι αυτές που χρησιμοποιούν δειγματολήπτες, όπως είναι:
- ο δειγματολήπτης HVS3 (high volume, low surface), που σχεδιάστηκε για την USEPA και συλλέγει 99.4 % από το δείγμα σκόνης σε έναν κυκλώνα και έχει αποδοτικότητα 87 % για σκόνη δαπέδου και 70% για μοκέτες και χαλιά και
 - η μέθοδος ALK, μια μέθοδος μικρότερης ακρίβειας όπου διεξάγεται μικροβιολογική ανάλυση.

Από αντίστοιχες έρευνες που διεκπεραιώθηκαν προέκυψαν τα εξής αξιολογικά αποτελέσματα:

Υψηλά επίπεδα καθαριότητας επιτεύχθηκαν με συγκεκριμένες μεθόδους στεγνού καθαρίσματος. Το υγρό καθαρίσμα αποδείχθηκε πιο αποτελεσματικό στον καθαρισμό επίπλων και σε υψηλά επίπεδα σκόνης. Αποδείχθηκε επίσης πως ένα πολύ καλό καθαρίσμα μειώνει τόσο τα επίπεδα σκόνης, όσο και τα ίχνη μούχλας, μυκήτων, αλλεργιογόνων, βακτηριδίων, ενδοτοξινών και VOCs. Έρευνες αξιολόγησης επιφανειών έδειξαν ότι οι μεγαλύτερες ποσότητες σκόνης συσσωρεύονται στο χωρίς επίστρωση λινόλεουμ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Methods for control of indoor air quality, Charles E. Billings, Sandra F. Vanderslice, Environment International, Vol. 8, pp. 501, 1982
2. Indoor air quality handbook, John D. Spengler, Jonathn M. Samet, John F. McCarthy, McGraw-Hill 2000, ISBN 0-07-445549-4
3. Indoor air Pollution Control, Godish T. Lewis Publishers Inc., Michigan, USA 1989
4. Residential Air Cleaning Devices: Types, Effectiveness, and Health Impact,” American Lung Association,
http://www.lungusa.org/pub/cleaners/air_clean_toc.html.
5. “Residential Air Cleaning Devices—A Summary of Available Information,” Environmental Protection Agency publication,
<http://www.epa.gov/iedweb00/pubs/residair.html>.
6. Καθημερινή οικολογία, Μικρός οδηγός για την αλλαγή των καθημερινών μας συνηθειών, Σταύρος Υφαντής, Stefano Generali

Μαριάννα Παπαγλάστρα
Τμήμα Φυσικής, Τομέας Εφαρμογών Φυσικής
Ομάδα Μελετών Κτιριακού Περιβάλλοντος
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Κτίριο Φυσικής 5
Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, 157 84 Αθήνα
Τηλ.: 210-7276841, Fax: 210-7295282
Email: mparagl@phys.uoa.gr

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ
ΥΓΙΕΙΝΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

[Α]ΕΙΣΑΓΩΓΗ

[b]Η σχέση ανθρώπου-(εσωτερικού) περιβάλλοντος

Το σύνολο των φυσικών, χημικών, βιολογικών και κοινωνικοπολιτικών παραγόντων μέσα στις οποίες ζει και κινείται ο άνθρωπος αποτελεί το ανθρώπινο περιβάλλον. Το ανθρώπινο περιβάλλον το διαχωρίζουμε σε εσωτερικό περιβάλλον και εξωτερικό περιβάλλον, αναφερόμενοι στο σύνολο των παραγόντων εκείνων που συνιστούν το περιβάλλον σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους αντίστοιχα.

Γνωρίζουμε ότι το εξωτερικό περιβάλλον του ανθρώπου γενικότερα επηρεάζεται από την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη και τις επιπτώσεις αυτής στους προαναφερόμενους παράγοντες (ρύπανση ατμοσφαιρικού αέρα, καταστροφή οικοτόπων, υπερπαραγωγή απορριμμάτων και έλλειψη μεθόδων διαχείρισής τους), με δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Όμως, ελάχιστη σημασία δίνεται στο γεγονός ότι και η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του ανθρώπου επιδρά αρνητικά στην ανθρώπινη υγεία.

Όπως αναφέρει έρευνα της U.S. Environmental Protection Agency (EPA), οι συγκεντρώσεις ρύπων σε εσωτερικούς χώρους συχνά βρίσκονται σε επίπεδα 2-5 φορές υψηλότερα από τα αντίστοιχα που μετρήθηκαν στον εξωτερικό περιβάλλοντα αέρα. Αν λάβουμε υπόψη μας πως ο σύγχρονος άνθρωπος περνά περίπου το 90% του χρόνου του σε κλειστούς χώρους - στο σπίτι, στο γραφείο, στο γυμναστήριο, στο σχολείο -

αντιλαμβανόμαστε ότι η ποιότητα του αέρα στους χώρους αυτούς παίζει καθοριστικό ρόλο στην υγεία του ανθρώπου.

[b] Παράγοντες στο εσωτερικό περιβάλλον που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία

Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος και το επίπεδο ρύπανσης του αέρα εσωτερικών χώρων επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Πηγές ρύπανσης του εσωτερικού περιβάλλοντος μπορεί να είναι οι ίδιοι οι χρήστες των κτιρίων που παράγουν, μέσω των ζωτικών τους δραστηριοτήτων, CO₂, σωματίδια, οργανικές ουσίες και βιολογικούς ρύπους.

Επίσης, οι ανθρώπινες δραστηριότητες μέσα στους χώρους είναι σε πολλές περιπτώσεις πηγές ρύπανσης. Έτσι, το κάπνισμα παράγει καπνό και σωματίδια, η χρήση φωτοαντιγραφικών συσκευών παράγει όζον, τα συστήματα θέρμανσης εκπέμπουν προϊόντα καύσης, ενώ ρύποι παράγονται και από το μαγείρεμα, το καθάρισμα ή το βάψιμο των χώρων.

Πέρα από τα παραπάνω, το ίδιο το κτίριο με τα υλικά δόμησής του, την επίπλωση, την επίστρωση πατωμάτων και ανοιγμάτων καθώς και τα ηλεκτρομηχανικά συστήματά του, συμβάλλει στη ρύπανση του εσωτερικού περιβάλλοντος με ουσίες όπως η φορμαλδεΐδη, τα ινίδια, οι πτητικές οργανικές ενώσεις κλπ.

Αντιλαμβανόμαστε ότι σε έναν κλειστό χώρο που δεν αερίζεται καλά, ενώ περιλαμβάνει ποικίλες πηγές ρύπανσης του αέρα, ο κίνδυνος για την υγεία του ανθρώπου είναι αυξημένος. Ιδιαίτερα αυξημένος μάλιστα είναι ο κίνδυνος για ανθρώπους με ιδιαίτερες αδυναμίες, αναπνευστικά προβλήματα ή χαμηλό ανοσοποιητικό σύστημα, ηλικιωμένους, έγκυες γυναίκες και παιδιά. Οι επιπτώσεις που μπορεί επομένως να έχει η κακή ποιότητα αέρα σε σχολεία και νοσοκομεία είναι ανησυχητικά αυξημένες.

Πρέπει να σημειωθεί επιπλέον ότι κάποιοι ρύποι στον εσωτερικό χώρο μπορεί να προέρχονται και από την εξωτερική ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις καυσαερίων. Η διείσδυση του ακάθαρτου αέρα στα κτίρια

εξαρτάται από μετεωρολογικούς παράγοντες και από την κατασκευή και χρήση των κτιρίων.

Η συμβολή του καλού φυσικού αερισμού στην ποιότητα του αέρα κλειστών χώρων είναι πολύ σημαντική εφόσον τα επίπεδα ρύπανσης της εξωτερικής ατμόσφαιρας δεν είναι ιδιαίτερα αυξημένα. Όμως, όπως διαπιστώνουμε, ο αριθμός νεόκτιστων κτιρίων με δυνατότητα φυσικού αερισμού ολοένα και μειώνεται. Αυτό, σε συνδυασμό με την αύξηση της χρήσης κλιματιστικών, την κακή τοποθέτηση, λειτουργία και συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης και την αύξηση της χρήσης τοξικών υλικών μέσα στα κτίρια, έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνονται τα προβλήματα υγείας που συνδέονται με την παραμονή του ανθρώπου σε εσωτερικούς χώρους.

Συγκεκριμένα παραδείγματα επιπτώσεων της ρύπανσης του εσωτερικού περιβάλλοντος στην υγεία του ανθρώπου αποτελούν η εμφάνιση του λεγόμενου συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου, η ασθένεια των λεγεωναρίων, η μόλυνση από ραδόνιο μέσα σε κατοικίες κ.α. Πολύ συχνά εμφανίζονται ανάλογα προβλήματα ρύπανσης σε εργασιακούς χώρους και κτίρια γραφείων, όπου η κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα συνεπάγεται ένα πολύ υψηλό κόστος λόγω ασθένειας και συχνής απουσίας του ανθρώπινου δυναμικού από την εργασία του.

Η υγιεινή εσωτερικού περιβάλλοντος ορίζεται από το σύνολο των γνώσεων και επιστημών που σχετίζεται με την αναγνώριση, την καταγραφή και τον έλεγχο όλων εκείνων των παραγόντων στο ανθρώπινο εσωτερικό περιβάλλον που επηρεάζουν την υγεία του. Οι γνώσεις αυτές θα αναλυθούν στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού. Θα δείξουμε πώς κάποιες ουσίες δρουν και επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία και από ποιες πηγές προέρχονται, αφού πρώτα δώσουμε τον ορισμό της υγείας και περιγράψουμε τι είναι η δημόσια υγεία. Θα μιλήσουμε για τους παράγοντες που καθορίζουν την ευεξία και υγεία του ανθρώπινου οργανισμού γενικά και θα αναλύσουμε κάποιες ιδιαίτερες μορφές αδυναμίας. Έπειτα θα ορίσουμε τις πληθυσμιακές ομάδες υψηλού κινδύνου. Στη συνέχεια θα εξηγήσουμε τους μηχανισμούς έκθεσης του ανθρώπου σε διάφορους ρυπαντές ή παράγοντες. Κατόπιν θα δοθούν, για τους κύριους ρύπους εσωτερικών χώρων οι πηγές τους, οι μηχανισμοί δράσης στην ανθρώπινη υγεία και οι συνέπειες. Το κεφάλαιο θα ολοκληρωθεί με μια αναφορά στο εργασιακό περιβάλλον ειδικότερα, τις αντίστοιχες νομοθετικές απαιτήσεις και τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και προστασίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

εσωτερικό περιβάλλον, ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος, ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων, επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, συγκεντρώσεις ρύπων, πηγές ρύπανσης του εσωτερικού περιβάλλοντος, επιπτώσεις ρύπανσης του εσωτερικού περιβάλλοντος στην υγεία του ανθρώπου, σύνδρομο του αρρώστου κτιρίου, ομάδες υψηλού κινδύνου, έκθεση, μηχανισμοί δράσης στην ανθρώπινη υγεία, αλλεργίες και υπερευαισθησίες, οριακές τιμές έκθεσης, ασθένειες που σχετίζονται με την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος, αλληλεπίδραση εργαζόμενοι κι υγεία, παραγωγικότητα.

[A]ΥΓΕΙΑ

[b]Ορισμός της υγείας

Ως υγεία ορίζεται η κατάσταση της πλήρους σωματικής, ψυχικής και κοινωνικής ευεξίας. Υγεία δεν είναι επομένως η απουσία αρρώστιας ή αναπηρίας και μόνο. Ως επιδράσεις στην υγεία μπορούν να θεωρηθούν τόσο οι επιδράσεις εκείνες που συνδέονται με την καταστροφή των ζωτικών λειτουργιών, τις σοβαρές ασθένειες και τον θάνατο όσο και οι επιδράσεις εκείνες που συνδέονται με ενοχλήσεις στον οργανισμό, εκνευρισμό, αλλεργία, υπερευαισθησία κ.α..

[b]Δημόσια υγεία

Η δημόσια υγεία καλύπτει όλες τις πτυχές της γενικότερης κατάστασης της υγείας ενός πληθυσμού. Η επιστήμη της δημόσιας υγείας μελετά μοντέλα διασποράς ασθενειών, μετρά τις διαστάσεις επιδημιών και άλλων φαινομένων, ελέγχει τη θνησιμότητα κ.α.

Σε γενικές γραμμές, η δημόσια υγεία επηρεάζεται από γενετικούς και βιολογικούς παράγοντες, τον τρόπο ζωής ενός πληθυσμού (διατροφικές συνήθειες, χρήση τεχνολογίας, χρήση φαρμάκων), τους κοινωνικο-οικονομικούς παράγοντες, την κοινωνική πρόνοια και τους εξωγενείς περιβαλλοντικούς παράγοντες (τοξικές ουσίες, ακτινοβολία, θόρυβος) που επικρατούν στο ανθρώπινο περιβάλλον.

Πώς κρίνεται όμως η κατάσταση υγείας ενός ανθρώπου ή ενός πληθυσμού; Είναι το προσδόκιμο ζωής του ανθρώπου ή πληθυσμού το κύριο κριτήριο και άρα, εφόσον αυτό έχει αυξηθεί σημαντικά, μπορεί να θεωρηθεί πως η σύγχρονη παγκόσμια υγεία είναι πολύ καλή; Επιστήμονες κρίνουν πως το κριτήριο για την κατάσταση υγείας ενός πληθυσμού θα έπρεπε να είναι η μέση διάρκεια ζωής απαλλαγμένης από κάθε είδους ενοχλήσεις, ασθένειες, αλλεργίες, σωματικές και ψυχικές καταπονήσεις, ανωμαλίες ή παρεμπόδια και την ονομάζουν *disability free lifeperiod*. Το ερώτημα είναι κατά πόσο η αύξηση του προσδόκιμου ζωής συνοδεύεται από αύξηση της *disability free* περιόδου. Επιδημιολογικές έρευνες έχουν αποδείξει πως αύξηση της μίας παραμέτρου δεν συνεπάγεται αύξηση και της δεύτερης. Αντίθετα μάλιστα, έχει αποδειχτεί ότι η μόνη παράμετρος που έχει πραγματικά αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες είναι το προσδόκιμο ζωής της γυναίκας. Το ποσοστό ανθρώπων ηλικίας άνω των 65 χρονών που θεωρεί την ίδια του την υγεία κακή, παραμένει σταθερό στα 16%. Μια έρευνα του Ολλανδού ιατρού-κοινωνιολόγου Van den Bos έδειξε ότι η μέση *disability free* περίοδος για τον άντρα και τη γυναίκα αντίστοιχα είναι μόλις 58 και 59,5 χρόνια. Υπάρχουν μάλιστα

αποδείξεις ότι η αύξηση της διάρκειας ζωής συνοδεύεται συχνά από χρόνιες ασθένειες, περιορισμούς και ακινησία.

[b]Αλλεργίες και υπερευαισθησίες

Οι πιο συχνά εμφανιζόμενες διαταραχές του ανθρώπινου οργανισμού, που αποδεικνύουν ότι η γενικότερη κατάσταση της δημόσιας υγείας δεν ακολουθεί ανοδική πορεία, είναι οι αλλεργίες ή υπερευαισθησίες. Ως υπερευαισθησία ή αλλεργία ορίζεται μια υπερβολική, συχνά επιζήμια, αντίδραση του ανθρώπινου οργανισμού κατά την έκθεση ή επαφή του με κάποια συγκεκριμένη ουσία που είναι φυσιολογικά αβλαβής.

Ο αριθμός των ανθρώπων που παρουσιάζει κάποιας μορφής υπερευαισθησία ή αλλεργία αυξάνεται με ταχύτατους ρυθμούς τα τελευταία 20-30 χρόνια. Υπολογίζεται πως αυτή τη στιγμή έως και το 1/3 του πληθυσμού πάσχει από κάποια υπερευαισθησία. Στα παιδιά ειδικότερα, η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη απ' ό τι στους ενήλικους. Θεωρείται πως ο σύγχρονος τρόπος ζωής και διατροφής, η έκθεση σε τοξικές και χημικές ουσίες, η χρήση σύγχρονων υλικών σε κατοικίες και κατασκευές και η αυξημένη χρήση φαρμάκων και εμβολίων είναι τα κύρια αίτια που συμβάλλουν στην αύξηση της εκδήλωσης αλλεργικών παθήσεων. Επιπλέον, στην παγκοσμιοποιημένη οικονομία, η εύκολη μετακίνηση πληθυσμών και αγαθών και η βιομηχανική επεξεργασία των τροφίμων έχουν οδηγήσει στην εμφάνιση αλλεργιών από αίτια που ήταν άγνωστα στο παρελθόν ή περιορίζονταν σε συγκεκριμένους γεωγραφικούς χώρους.

Από την άλλη πλευρά, ένα σημαντικό μέρος της αύξησης των αλλεργιών που παρατηρείται στις ημέρες μας, οφείλεται στη ρύπανση της ατμόσφαιρας στους εσωτερικούς χώρους. Καθώς οι δυνατότητες φυσικού αερισμού των κτιρίων μειώνονται, αυξάνονται συχνά τα επίπεδα ρύπανσης καθώς και τα επίπεδα υγρασίας μέσα στα κτίρια. Η αύξηση της υγρασίας συνεπάγεται αύξηση της μούχλας η οποία αποτελεί συχνά αίτιο για την ανάπτυξη άσθματος, βρογχίτιδας και αλλεργιών. Παράλληλα, με τη χρήση μαλακών επίπλων και μοκετών δημιουργείται στο εσωτερικό των κτιρίων το ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη ακάρεων της σκόνης και την επικράτηση αλλεργιογόνων από κατοικίδια ζώα, τσιγάρα και χημικές ουσίες.

Από στατιστικές έρευνες έχει προκύψει πως οι πιο συχνές μορφές εκδήλωσης αλλεργίας είναι η αλλεργική ρινίτιδα (κοινώς μπουκώμα, φτάρνισμα, φαγούρα και

υπερέκκριση βλέννας), η επιπεφυκίτιδα (δακρύρροια, ερεθισμός ματιών, πρήξιμο, φαγούρα), η δερματίτιδα (εξανθήματα με φαγούρα ή έκζεμα) και το άσθμα. Το άσθμα, που χαρακτηρίζεται από βήχα, δύσπνοια, βράσιμο στο στήθος και σφύριγμα, αποτελεί την πιο σοβαρή μορφή εκδήλωσης αλλεργίας από την άποψη πως η νοσηρότητα και το ποσοστό θανάτων από την ασθένεια δεν φαίνεται να έχει μειωθεί τις τελευταίες δεκαετίες, τουλάχιστον στις δυτικές χώρες, παρά τη συνεχή ανάπτυξη και εξέλιξη των φαρμάκων. Αντιθέτως, το ποσοστό ανθρώπων με άσθμα αυξάνεται κατά 4 % περίπου το χρόνο. Από την άλλη, η ρινίτιδα είναι η πιο συχνή αλλεργική νόσος, αφού προσβάλλει 15-20% του γενικού πληθυσμού στις ανεπτυγμένες χώρες.

Τα παραπάνω συμπτώματα εμφανίζονται όλο και πιο συχνά σε κλειστούς χώρους λόγω επαφής ή εισπνοής ουσιών που βρίσκονται μέσα σε αυτούς. Πολλά από αυτά τα συμπτώματα είναι αντίστοιχα με αυτά του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου, που συναντάμε συχνά σε γραφεία που κλιματίζονται, έχουν μοκέτες από τοίχο σε τοίχο και παράθυρα που δεν ανοίγουν. Επίσης, ορισμένα άτομα αναπτύσσουν συμπτώματα και αισθάνονται δυσφορία κάθε φορά που έρχονται σε επαφή με χημικές ουσίες όπως καθαριστικά, απορρυπαντικά και σπρέι με αερόλυμα. Το φαινόμενο αυτό που είναι γνωστό και ως πολλαπλή χημική ευαισθησία, δυσκολεύει κατά πολύ τη ζωή των πασχόντων. Όμως, παρόλο που τα παραπάνω φαινόμενα αναγνωρίζονται και τα συμπτώματα είναι αρκετά αληθινά, η επιστημονική τους επεξήγηση δεν είναι ακόμα δυνατή και δεν θεωρούνται, προς το παρόν, εκδήλωση αλλεργίας.

Πως όμως προκαλείται μια αλλεργική αντίδραση στον οργανισμό;

Οι αλλεργίες θεωρούνται βασικά ένας άμεσος μηχανισμός αποβολής ξένων ουσιών από τον οργανισμό. Τα δάκρυα καθαρίζουν τα μάτια, το φτάρνισμα και το βήξιμο καθαρίζουν την αναπνευστική οδό, ο εμετός το στομάχι κ.ο.κ.

Όταν μια ξένη ουσία εισβάλλει στον οργανισμό, ο οργανισμός κανονικά αντιδράει μέσω των μακροφάγων που επεξεργάζονται τις πρωτεΐνες της ουσίας και τις προωθούν στα λευκά αιμοσφαίρια, τα ονομαζόμενα και βοηθητικά T κύτταρα. Τα T κύτταρα μεταφέρουν τις πρωτεΐνες στα B κύτταρα, ένα άλλου είδους λευκά αιμοσφαίρια. Αν τα B κύτταρα παράγουν αντισώματα στην ξένη πρωτεΐνη, τότε το T κύτταρο θα υποστηρίξει το διαχωρισμό και την παραγωγή των αντισωμάτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις το αντίσωμα είναι η γνωστή ανοσοσφαιρίνη G (IgG). Όμως για κάποιες ουσίες το B κύτταρο παρακινείται να παράγει αντισώματα IgE, μιας ειδικής για κάθε αλλεργιογόνο ανοσοσφαιρίνης E, που μεσολαβεί της αλλεργικής αντίδρασης. Τα

αντισώματα IgE αντιπροσωπεύουν μόνο το 1/100.000 της συνολικής παραγωγής αντισωμάτων. Το αντίσωμα αυτό κυκλοφορεί μέσα στο πλάσμα του αίματος και συνδέεται στην επιφάνεια των βασεόφιλων λευκοκυττάρων ή των μαστοκυττάρων που βρίσκονται διάσπαρτα σε όλα τα όργανα όπου υπάρχει συνδετικός ιστός, όπου και παραμένει για 6 περίπου εβδομάδες. Ο αριθμός των μορίων IgE που μπορεί να συνδεθεί πάνω στην επιφάνεια ενός και μόνο βασεόφιλου ή μαστοκυττάρου ανέρχεται σε δεκάδες χιλιάδων ή και εκατοντάδες, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα αναγνώρισης πολλών αλλεργιογόνων. Τα μαστοκύτταρα αφθονούν κυρίως σε ιστούς και όργανα που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, όπως στους βλεννογόνους και το δέρμα. Τα μαστοκύτταρα ακμάζουν περιμένοντας το αλλεργιογόνο να κάνει την επανεμφάνισή του. Η αλλεργική αντίδραση αρχίζει μόλις ένα αλλεργιογόνο επανεμφανιστεί -και σε κάθε επόμενη εμφάνισή του- και ενωθεί με ένα ή δύο μόρια του συγκεκριμένου αντισώματος στην επιφάνεια του μαστοκυττάρου. Αποτέλεσμα είναι η ενεργοποίηση του κυττάρου μέσα σε 8 λεπτά της ώρας απελευθερώνοντας ένα χημικό μείγμα που έχει βιολογική δράση στους παρακείμενους ιστούς με αλλεργική συμπτωματολογία. Το πιο διαδεδομένο από τα συστατικά που εκλύονται είναι η ισταμίνη που προκαλεί φαγούρα και αυξημένη διαπερατότητα μεμβρανών. Ορισμένες από τις χημικές ουσίες που εκλύονται έχουν την ιδιότητα να προσελκύουν φλεγμονώδη κύτταρα, τα οποία κι αυτά με τη σειρά τους ενεργοποιούνται με αποτέλεσμα την έκλυση κι άλλων χημικών ουσιών, επαυξάνοντας έτσι την αλλεργική αντίδραση και προκαλώντας φλεγμονή ιστών ή οργάνων. Με αυτόν τον τρόπο προκαλείται η χρονιότητα των αλλεργικών συμπτωμάτων και η αυξημένη ευαισθησία του ατόμου.

Γενικά, ανάλογα με το μηχανισμό δράσης του ανθρώπινου οργανισμού, διακρίνονται τουλάχιστον 4 κατηγορίες αλλεργιών.

1. (Πραγματικές) Αλλεργίες

Οι πραγματικές αλλεργίες εξ' ορισμού καθορίζονται από το ανοσοποιητικό σύστημα. Ονομάζονται και αναφυλακτικές ή ατοπικές. Οι ατοπικοί ασθενείς έχουν περίπου 10 φορές περισσότερη IgE από τον γενικό πληθυσμό. Παραδείγματα αλλεργιών αυτής της κατηγορίας είναι οι αλλεργίες σε τροφές ή ουσίες που περιέχονται σε αυτές (π.χ. οι ξηροί καρποί), οι αλλεργίες σε οργανικές ουσίες που βρίσκονται στον αέρα (χλώριο, καπνός τσιγάρου, γύρη, μούχλα) και σε ανόργανες τοξικές ουσίες στον αέρα (κυρίως O₃ κατά τη διάρκεια ημερών με νέφος). Μια ακραία αλλεργική αντίδραση μπορεί να οδηγήσει σε αναφυλακτικό σοκ, μια επικίνδυνη κατάσταση, στην οποία φράζουν οι

αναπνευστικοί οδοί και πέφτει η πίεση του αίματος. Σε περίπτωση αναφυλακτικού σοκ ή αλλιώς συστηματικής αναφυλαξίας χρειάζεται άμεση αντιμετώπιση και ιδιαίτερη προσοχή, καθώς, εάν η ευαισθησία του ατόμου είναι μεγάλη και η ποσότητα του αλλεργιογόνου σημαντική, είναι δυνατόν να προκληθεί μη αναστρέψιμη κυκλοφορική καταπληξία ή σοκ με μοιραία κατάληξη.

Σε αυτή την κατηγορία αλλεργικών αντιδράσεων μετέχει η ανοσοσφαιρίνη E (αντισώματα IgE).

2. Δυσανεξία

Η δυσανεξία είναι μια αντίδραση του οργανισμού σε κάποιο συστατικό των τροφίμων και οφείλεται στην αδυναμία του να χωνέψει ή να απορροφήσει το συγκεκριμένο συστατικό. Προκαλείται λόγω έλλειψης κάποιου βασικού ενζύμου ή λόγω ανεπαρκούς λειτουργίας κάποιων μηχανισμών αποτοξίνωσης του οργανισμού και δεν αφορά το ανοσοποιητικό σύστημα. Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα δυσανεξίας είναι η δυσανεξία στο γάλα που συναντάται συχνά σε ενήλικες λόγω έλλειψης του ενζύμου λακτάση στον οργανισμό τους, το οποίο κανονικά διασπά τη λακτόζη του γάλακτος. Αυτού του είδους η δυσανεξία τροφίμων εμφανίζεται στο 50% σχεδόν του ενήλικου παγκόσμιου πληθυσμού. Άλλα γνωστά είδη δυσανεξίας είναι η δυσανεξία σε πρόσθετες ουσίες όπως σε ενισχυτικά γεύσης και σε συντηρητικά.

3. Ψευδο-αλλεργίες.

Ψευδο-αλλεργία είναι επίσης μια αντίδραση του οργανισμού προς μια συγκεκριμένη ουσία (πχ την ασπιρίνη), την οποία ο οργανισμός λανθασμένα θεωρεί βλαβερή. Τα συμπτώματα της ψευδο-αλλεργίας παρουσιάζουν εντυπωσιακή ομοιότητα με τις τυπικές αλλεργικές παθήσεις. Εντούτοις, στις ψευδο-αλλεργίες δεν μεσολαβεί ανοσολογικός μηχανισμός, δεν μεσολαβεί δηλαδή συμμετοχή αντισώματος IgE ή T-λεμφοκυττάρων. Η αντιμετώπιση των συμπτωμάτων της ψευδο-αλλεργίας είναι περίπου η ίδια με τις πραγματικά αλλεργικές. Οι αναφερόμενες αντιδράσεις είναι επίσης γνωστές και ως αλλεργοειδείς.

4. Αλλεργία εξ' επαφής ή δερματίτιδα.

Σε ορισμένους ανθρώπους η συνεχόμενη επαφή με κάποιες ουσίες μπορεί να προκαλέσει εξανθήματα. Συγκεκριμένα παραδείγματα αυτού του είδους αλλεργίας είναι η επαφή με νικέλιο (κοσμήματα), με δερμάτινα είδη (λόγω της επεξεργασίας τους με χλώριο), με πλαστικό (σιλικόνη σε εσώρουχα και καλσόν), με ρητίνες, γύρη και κάποια καλλυντικά. Στο φαινόμενο αυτό της ευαισθησίας συμβάλουν συνήθως τα T-λεμφοκύτταρα (κυτταροκίνες).

Όπως αναφέρθηκε και πρωτύτερα, η προδιάθεση για την εκδήλωση κάποιας μορφής αλλεργίας θεωρείται κληρονομική. Η ανάπτυξη της αλλεργίας εξαρτάται από το γενετικό προφίλ, την έκθεση στο αλλεργιογόνο, το περιβάλλον και τον τρόπο ζωής. Το αλλεργικό γονίδιο που ελέγχει την παραγωγή του αλλεργικού αντισώματος ανοσοσφαιρίνη E (IgE) και τη φλεγμονή που οδηγεί σε αλλεργικές αντιδράσεις, βρίσκεται στο πέμπτο από τα 46 χρωμοσώματα του DNA.

Γενικά θεωρείται ότι οι αλλεργικές αντιδράσεις ξεκινούν από τα πρώτα χρόνια της ζωής των ατόμων που έχουν γενετική προδιάθεση. Η έκθεση σε αλλεργιογόνα κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους της ζωής του μωρού, οδηγεί στην παραγωγή του αλλεργικού αντισώματος IgE. Έτσι, η συχνότητα της έκθεσης την περίοδο αυτή είναι κρίσιμη. Ένα παιδί που εκτίθεται σε υψηλά επίπεδα του αλλεργιογόνου των ακάρεων της οικιακής σκόνης στο πρώτο έτος της ζωής του, έχει στατιστικά περισσότερες πιθανότητες να αναπτύξει άσθμα αργότερα και παρομοίως, παιδιά που γεννιούνται κατά την περίοδο της ανθοφορίας των φυτών έχουν περισσότερες πιθανότητες να εκδηλώσουν αλλεργική ρινίτιδα.

Η ταχεία αύξηση που σημειώνουν οι αλλεργίες δεν μπορεί να αποδοθεί σε μια μεταβολή του γενετικού προφίλ του πληθυσμού, διότι αυτό θα χρειαζόταν πολλές γενιές. Πρέπει, επομένως, να είναι αποτέλεσμα των αλλαγών στο περιβάλλον και στον τρόπο ζωής. Έτσι εξηγείται και η ταχεία αύξηση των αλλεργικών νόσων στις ανατολικοευρωπαϊκές χώρες. Καθώς οι χώρες αυτές υιοθετούν γρήγορα τον δυτικό (ευρωπαϊκό) τρόπο ζωής, μειώνεται ο αριθμός των παρασιτώσεων και των παιδικών μολυσματικών ασθενειών και καλύτερεύουν οι συνθήκες ζωής μέσα στο σπίτι. Ο αλλεργικός μηχανισμός που πρωτύτερα εμπόδιζε με μεγάλη αποτελεσματικότητα την είσοδο των εντερικών παρασίτων στο σώμα, δεν είναι πλέον δεσμευμένος στην καταπολέμηση των παρασιτώσεων, οπότε κατευθύνει πιθανώς τη δράση του προς λιγότερο επιβλαβείς εισβολείς, όπως, για παράδειγμα, οι γύρεις.

Ο ανθρώπινος πληθυσμός που αντιμετωπίζει κάποιου είδους υπερευαισθησία είναι μεγαλύτερος απ' ό τι συνήθως εκτιμάται. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής μια έρευνα βρήκε γύρω στο 20 % του δείγματος ανθρώπων που μελετήθηκε να παρουσιάζει κάποια αλλεργία σε τουλάχιστον ένα αλλεργιογόνο.

[Α]ΕΠΙΔΡΑΣΗ

Οι πιθανές επιδράσεις μιας ουσίας ή ενός παράγοντα στον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτώνται από τη συγκέντρωση (εκπομπή) της ουσίας μέσα στο χώρο, την έκθεση του ατόμου σε αυτή τη συγκέντρωση (ευκαιρίες για επαφή) και τη λήψη ή προσρόφιση της ουσίας από τον ανθρώπινο οργανισμό. Επίδραση είναι η ανάπτυξη κάποιας (μετρήσιμης) συμπτωματολογίας, η ονομαζόμενη διαδικασία ασθένειας, που είναι συνάρτηση της δόσης και είναι συγκεκριμένη για κάθε ουσία ή παράγοντα.

[β]Έκθεση

Έκθεση είναι η οποιασδήποτε μορφής, έντασης και διάρκειας επαφή του ανθρώπινου οργανισμού με μια ουσία. Η έκθεση μπορεί να είναι συνεχής, μακροχρόνια, επαναλαμβανόμενη ή ακαριαία. Η ουσία στην οποία εκτιθόμαστε μπορεί να έχει αέρια, στερεά ή υγρή μορφή, να βρίσκεται στον ατμοσφαιρικό αέρα, στο εσωτερικό περιβάλλον, στο νερό, σε υψηλές ή χαμηλές συγκεντρώσεις. Ύστερα από έκθεση σε μια ουσία μπορεί να προκύψουν άμεσα ή έμμεσα επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό υπό τη μορφή συμπτωμάτων. Τα συμπτώματα αυτά μπορεί να χαρακτηρίζονται από διάφορα στάδια μεγαλύτερης ή μικρότερης διάρκειας. Οι άμεσες επιδράσεις από ακαριαία έκθεση σε πολύ υψηλές δόσεις μπορεί να είναι εντελώς διαφορετικές από τις επιδράσεις μακροχρόνιας επαναλαμβανόμενης έκθεσης σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Μπορεί όμως η έκθεση να μην συνοδεύεται από συμπτώματα ούτε καν σε υψηλές και επαναλαμβανόμενες εκθέσεις, οπότε είναι ακόμα πιο δύσκολο να αναγνωριστεί το πρόβλημα. Επειδή λοιπόν η έκθεση δεν συνεπάγεται και επίδραση στον οργανισμό, καλό είναι η ύπαρξη τοξικών ουσιών στο ανθρώπινο περιβάλλον αλλά και μέσα στο σώμα να ανιχνεύεται όσο το δυνατόν πιο γρήγορα, έτσι ώστε οι πιθανότητες πρόληψης καθώς και ανάρρωσης ή θεραπείας να είναι μεγαλύτερες. Η δυνατότητα αναγνώρισης και ορισμού των επιδράσεων μιας μακροχρόνιας έκθεσης σε ανθρώπινους πληθυσμούς είναι δυνατή μέσω της επιδημιολογίας.

Από μόνη της η έκθεση σε μια ουσία δεν αρκεί για να επιφέρει δράση, αν δεν προηγηθεί εισβολή της ουσίας στον οργανισμό και λήψη από τον οργανισμό. Η εισβολή

της ουσίας έχει να κάνει με τη μορφή στην οποία βρίσκεται η ουσία και μπορεί να προκύψει μέσω κατάποσης, εισπνοής ή δερματικής επαφής. Λήψη είναι οι διάφοροι μηχανισμοί και τα συστήματα που ενεργοποιεί και επηρεάζει η ουσία, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει επίσης το είδος τοξικότητας της ουσίας όπως θα δούμε παρακάτω.

[b]Μηχανισμοί εισβολής στον οργανισμό

Η εισβολή μιας τοξικής ουσίας στον ανθρώπινο οργανισμό από το στόμα, το στομάχι ή το έντερο, μέσα από το πόσιμο νερό, την τροφή ή την επαφή μολυσμένων χεριών με το στόμα ονομάζεται **κατάποση**.

Εισβολή μιας ουσίας στον οργανισμό μπορεί επίσης να προκύψει μέσω **εισπνοής** μολυσμένου αέρα μέσα ή έξω από το σπίτι ή τον εργασιακό χώρο, όπου τα όργανα που δρουν και επηρεάζονται αρχικά είναι οι πνεύμονες.

Μια ουσία μπορεί τέλος να εισβάλλει στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω **επαφής με το δέρμα**.

Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί η ουσία να εισβάλλει στον οργανισμό με παραπάνω από έναν από τους προαναφερόμενους τρόπους. Ο λιγότερο συνηθής τρόπος είναι η δερματική επαφή.

[b]Μηχανισμοί λήψης από τον οργανισμό

Μετά την εισβολή μιας ουσίας στον οργανισμό ακολουθεί η πιθανή **λήψη** της ουσίας μέσω απορρόφησης, βιοσυσώρευσης, βιολογικής μεταβολής ή αποτοξίνωσης.

Απορρόφηση συμβαίνει περίπου στο 40% των εκθέσεων του οργανισμού σε μια ουσία μέσω του αναπνευστικού συστήματος (εισπνοή) αλλά μπορεί να συμβεί και μέσω άλλων διαδικασιών. Η ουσία απορροφάται από διάφορους ιστούς του οργανισμού, μεταφέρεται και διανέμεται ανάμεσα σε αυτούς, αλλάζει μορφή, συσσωρεύεται ή διασπάται και εκκρίνεται μαζί με άλλες ακαθαρσίες. Το αν η σύσταση που θα πάρει η ουσία μέσα στο σώμα θα είναι λιγότερο ή περισσότερο επικίνδυνη απ' ό,τι η αρχική της εξαρτάται από μια σειρά περίπλοκων ενζυματικών διαδικασιών μέσα στο σώμα. Έτσι, ενώ από τη μία μπορεί η ουσία να εκκριθεί μέσω των ούρων, από την άλλη μπορεί να μεταβληθεί σε καρκινογόνο ουσία. Αυτές είναι οι δύο ακραίες περιπτώσεις.

[b]Είδη τοξικότητας

Τοξικές ουσίες μπορούν να συσσωρεύονται στον οργανισμό σε συγκεκριμένα όργανα. Με αυτό τον τρόπο συσσωρεύεται ο μόλυβδος στα κόκαλα ενώ το κάδμιο στα νεφρά. Εκεί, οι ουσίες καταστρέφουν τον ιστό και τις λειτουργίες του. Οι επιδράσεις που

προκαλούνται μπορούν να διαχωριστούν είτε βάσει τις τοξικότητας, είτε βάσει του οργάνου ή συστήματος που επηρεάζουν είτε, τέλος, βάσει του μηχανισμού λειτουργίας τους.

Στην πρώτη κατηγορία διαχωρισμού βάσει τοξικότητας έχουμε:

- a) ενοχλητικές ουσίες, ουσίες που ενεργούν στις βλεννογόνους μεμβράνες προκαλώντας ενοχλήσεις και ερεθισμό. Τέτοιες ουσίες μπορεί να είναι το χλώριο, οξείδια του αζώτου, αμμωνία, φορμαλδεΰδη.
- b) ασφυκτικά, ουσίες που μειώνουν τη διαθεσιμότητα του οξυγόνου στο αίμα, όπως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο κα.
- c) αναλγητικές ουσίες ή ναρκωτικές ουσίες όπως αιθανόλη, τολουόλιο, τριχλωροεθένιο και διάφοροι υδρογονάνθρακες
- d) ουσίες που δρουν σε κάποια συγκεκριμένη λειτουργία του οργανισμού

Ο διαχωρισμός βάσει οργάνων και λειτουργίας της ουσίας οδηγεί στην εξής διαφοροποίηση:

- a) Τοξικολογία ήπατος
- b) Νεφρολογική τοξικολογία
- c) Αναπνευστικές ασθένειες
- d) Δερματολογικές ασθένειες
- e) Τοξικολογία νευρολογικού συστήματος (ονομάζεται και νευροτοξικολογία)
- f) Ανοσοποιητικό σύστημα, διοξίνες
- g) Τοξικότητα στο αναπαραγωγικό σύστημα
- h) Καρκινογέννηση. Ουσίες που είτε ενεργοποιούν τη διαμόρφωση καρκινογεννών κυττάρων, είτε προωθούν την ανάπτυξη και εξέλιξη του όγκου. Οι μεν ονομάζονται καρκινογόνες ουσίες και οι δε προαγωγοί. Οι καρκινογόνες ουσίες μεταβάλλουν υγιή κύτταρα σε όγκους. Έπειτα από τη μεταβολή αυτή έρχονται οι προαγωγοί και προωθούν την εξέλιξη και ανάπτυξη του όγκου. Υπάρχουν επίσης ουσίες που επηρεάζουν την παραπέρα εξέλιξη του καρκίνου είτε θετικά (συν καρκινογόνα) είτε αρνητικά (αντι-καρκινογόνα)
- i) Μυοσκελετικά προβλήματα

[A]ΔΟΣΗ-ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΚΘΕΣΗΣ

Κατά πόσον μια ουσία μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία καθορίζεται από διάφορους παράγοντες. Έτσι, σημαντικό ρόλο παίζει η διάρκεια και το είδος της έκθεσης σε μια ουσία καθώς και οι ιδιότητες της ουσίας αυτής, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ατόμου που εκτίθεται σε αυτήν (κάποια άτομα είναι πιο ευαίσθητα από άλλα) αλλά και οι λοιποί παράγοντες που ενδέχεται να επιβαρύνουν ή να καταπραΰνουν την κατάσταση μέσα στον χώρο, όπως μπορεί να είναι η αλληλεπίδραση με άλλες ουσίες, η θερμοκρασία ή η βαρύτητα της εργασίας.

Παρακάτω θα αναφερθούμε εκτενέστερα στον τρόπο επίδρασης μιας ουσίας στον ανθρώπινο οργανισμό.

[b]Δόση-αντίδραση

Για να προκύψει επίπτωση στην υγεία πρέπει να έχει προηγηθεί έκθεση σε μια τοξική ουσία. Οι επιδράσεις είναι συνάρτηση της δόσης, που ορίζεται ως το γινόμενο της συγκέντρωσης με τη διάρκεια επαφής. Σε γενικές γραμμές, όσο πιο υψηλή η δόση μιας τοξικής ουσίας στην οποία εκτιθόμαστε, τόσο πιο σοβαρό το αποτέλεσμα στην υγεία. Το ποσοστό των ανθρώπων που έχει μια συγκεκριμένη αντίδραση σε συγκεκριμένη δόση μιας ουσίας μας δίνει τη σχέση δόσης-αντίδρασης. Η σχέση μεταξύ αιτίου και αποτελέσματος, η λεγόμενη **σχέση δόσης-αντίδρασης**, συχνά δίνεται από μια γραμμική εξίσωση, η καμπύλη της οποίας μπορεί να είναι ευθεία ή σιγμοειδής.

Η παραπάνω καμπύλη σχηματικά δεν κόβει τον άξονα x της δόσης πάντα στο 0. Το σημείο στο οποίο κόβεται ο άξονας x αποτελεί το επίπεδο μεταξύ δράσης-μη δράσης που ονομάζεται και no observed adverse effect level (NOAEL). Το σημείο αυτό αντιπροσωπεύει την ποσότητα εκείνη της ουσίας στην οποία αντιστοιχεί μηδενική αντίδραση. Η τιμή αυτή συχνά χρησιμοποιείται σαν όριο της μέγιστης επιτρεπόμενης ημερήσιας έκθεσης σε μια ουσία (acceptable daily intake - ADI) και αντιπροσωπεύει την τιμή εκείνη στην οποία μπορεί ένας άνθρωπος να εκτίθεται καθημερινά σε όλη τη διάρκεια της ζωής του χωρίς να υποστεί εμφανή ζημία.

[b]Risk=change*effect

Σε γενικές γραμμές ως ρίσκο (ρ) ορίζεται η πιθανότητα εμφάνισης ενός ανεπιθύμητου αποτελέσματος και δίνεται από τη σχέση:

$\rho = \text{πιθανότητα} * \text{αποτέλεσμα}$.

Στην περίπτωση εξέτασης της επίδρασης ενός παράγοντα στην ανθρώπινη υγεία το ρίσκο ορίζεται επίσης ως

$$\rho = \frac{\text{αριθμός εμφανισθέντων περιστατικών}}{\text{αριθμό δυνατότητας εμφάνισης περιστατικών}}$$

Το ρίσκο αυτό συνδέεται με μια συγκεκριμένη δραστηριότητα και μια συγκεκριμένη τοποθεσία και ορίζεται επίσης από το άτομο και τον χρόνο.

Όσο πιο υψηλό το ρίσκο, τόσο πιο επικίνδυνος θεωρείται ο παράγοντας τον οποίο εξετάσαμε για την ανθρώπινη υγεία.

[b] Ορισμός οριακών τιμών έκθεσης και προτύπων

Το αποτέλεσμα που πιθανώς να προκύψει ύστερα από έκθεση σε μια συγκεκριμένη ουσία, καθώς και η πιθανότητα εμφάνισης αυτού του αποτελέσματος, ερευνάται μέσα από επιδημιολογικές και τοξικολογικές μελέτες. Κύριος στόχος αυτών των μελετών είναι να ορίσουν τον κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και να ποσοτικοποιήσουν τα όρια ασφαλούς έκθεσης σε χημικές και άλλες ουσίες. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω αξιολόγησης του δυναμικού μιας συγκεκριμένης τοξικολογικής επίδρασης με χρήση επικυρωμένων βιολογικών αναλύσεων. Ο κλασικός τρόπος για να αξιολογηθεί το δυναμικό αυτό, είναι να εξαχθεί, μέσα από στατιστικά δεδομένα, η συγκέντρωση εκείνη που αντιστοιχεί στο μισό της μέγιστης αντίδρασης ενός πληθυσμιακού δείγματος που εκτέθηκε στην προκείμενη ουσία. Όταν η βιολογική μας ανάλυση αφορά τα ποντίκια, η συγκέντρωση που προαναφέραμε συνηθίζεται να ονομάζεται RD50. Βάση της τιμής του RD50 και με εφαρμογή ενός συντελεστή προστασίας, συνηθίζεται να υπολογίζεται η συγκέντρωση εκείνη που θεωρείται αβλαβής για τον άνθρωπο.

Μέσα από εντατικές έρευνες οι Nielsen et al. 1995, υπέδειξαν έναν δείκτη από 4 ως 40 φορές μικρότερο του 0.03*RD50 για την έκθεση ανθρώπων σε εσωτερικούς χώρους κι έτσι προέκυψε η παρακάτω συμπερασματική διεξαγωγή:

10 * RD50 : σοβαρή ζημία, πιθανώς θανατηφόρα

1 * RD50 : αφόρητη ενόχληση αισθητήρων

0.1 * RD50 : κάποια ενόχληση

0.03 * RD50 : προτεινόμενη οριακή συγκέντρωση TLV, ασήμαντη ενόχληση

0.01 * RD50 : καμία αισθητή ενόχληση

0.001 * RD50 : καθόλου επίδραση

Οι αναφερόμενες αυτές τιμές σε καμία περίπτωση δεν προτάθηκαν με στόχο την ελεύθερη εισαγωγή νέων χημικών ουσιών και υλικών μέσα στα κτίρια.

Χρησιμοποιήθηκαν μόνο ενδεικτικά από τους Alarie et al 1996 για την επίλυση προβλημάτων ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων, είτε για μεμονωμένες ουσίες, είτε για μείγματα.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, NOAEL (no observed adverse effect level) είναι η υψηλότερη συγκέντρωση έκθεσης στην οποία δεν προέκυψαν επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Αντίστοιχα, LOEL (lowest observed effect level) είναι η χαμηλότερη συγκέντρωση έκθεσης στην οποία παρατηρήθηκαν τα αναμενόμενα συμπτώματα.

Από κει και πέρα, η μέγιστη επιτρεπτή έκθεση των εργαζομένων σε χημικούς ρύπους και άλλες ουσίες κατά τη διάρκεια της εργασίας, ορίζεται σε κάθε χώρα ξεχωριστά μέσω κυβερνητικών φορέων και οργανισμών, που ορίζουν τα όρια έκθεσης με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

**Ως χρονικά σταθμισμένο μέσο όρο για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο έκθεσης, συνήθως 8-ωρης (TWA).

**Ως όριο βραχυπρόθεσμης έκθεσης σε υψηλές συγκεντρώσεις (STEL).

**Ως μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση που δεν πρέπει υπό κανέναν όρο να υπερβαίνεται (MAC).

**Ως προτεινόμενο όριο έκθεσης (REL)

**Ως όριο μεταξύ της εμφάνισης επιδράσεων και μη (TLV).

Οι παραπάνω αναφερόμενες οριακές τιμές έκθεσης κάποιες φορές παρουσιάζουν πολύ σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Τα TLVs συγκεκριμένα, ορίστηκαν στο παρελθόν με βάση τον μέσο άρρενα βιομηχανικό εργάτη και αντικατόπτριζαν το όριο έκθεσής του για μια 40-ωρη εργασιακή εβδομάδα. Στην πάροδο του χρόνου όμως αποδείχτηκε πως τα άτομα που δεν ανήκουν στη συγκεκριμένη ομάδα -είτε λόγω φύλου, ηλικίας κλπ., είτε λόγω του ότι δεν λειτουργούν σε βιομηχανικούς χώρους και άρα ο οργανισμός τους δεν είναι εξοικειωμένος με χημικές ουσίες- είναι λιγότερο ανθεκτικά στην έκθεση στις συγκεκριμένες ουσίες. Παρ' όλα αυτά τα TLVs ακόμα χρησιμοποιούνται πολύ στην

Αμερική, ενώ στην Ευρώπη πιο διαδεδομένα είναι τα MAC values και τα time weighted average.

Όταν αναφερόμαστε σε χημικές ουσίες, είναι σημαντικό η σχετική νομοθεσία να ορίζει τις οριακές τιμές έκθεσης στις συγκεκριμένες ουσίες ως ποσοτικό κριτήριο αξιολόγησης των συνθηκών και κινδύνων του εργασιακού περιβάλλοντος. Οριακή τιμή έκθεσης είναι το καθορισμένο από τη νομοθεσία ή την επιστήμη ανώτερο επίπεδο έκθεσης σε μια χημική ουσία, πάνω από την οποία δεν επιτρέπεται να εκτίθεται ο εργαζόμενος. Ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης είναι η τιμή την οποία δεν επιτρέπεται να ξεπερνά η μέση χρονικά σταθμισμένη έκθεση του εργαζόμενου στον χημικό παράγοντα κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε δεκαπεντάλεπτης περιόδου μέσα στο χρόνο εργασίας του, έστω και αν τηρείται η οριακή τιμή έκθεσης.

Στην Ελλάδα, με βάση τις γενικές αρχές του Νόμου 1568/85 εκδόθηκαν κάποια νομοθετήματα που αφορούν στη θέσπιση οριακών τιμών έκθεσης και μεθόδων για τη μέτρησή τους. Συγκεκριμένα, το Προεδρικό Διάταγμα 90/1999 καθορίζει οριακές τιμές έκθεσης για 600 περίπου χημικές ουσίες. Σύμφωνα με αυτό, οι οριακές τιμές έκθεσης κάποιων διαδομένων ρύπων σε εσωτερικούς χώρους είναι:

Χημικός παράγοντας	Μοριακός τύπος	No CAS	Οριακή Τιμή Έκθεσης		Ανώτατη Οριακή Τιμή Έκθεσης	
			ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Διοξείδιο του αζώτου	NO ₂	10102-44-0	5	9	5	9
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	124-38-9	5000	9000	5000	54000
Διοξείδιο του θείου	SO ₂	7446-09-5	2	5	5	13
Μονοξείδιο του αζώτου	NO	10102-43-9	25	30		
Μονοξείδιο του άνθρακα	CO	630-08-0	50	55	300	330
Νικοτίνη	C ₁₀ H ₁₄ N ₂	54-11-5		0.5		1.5
Όζον	O ₃	10028-15-6	0.1	0.2	0.3	0.6
Τολουόλιο	C ₇ H ₈	108-88-3	100	375	150	560

Τριχλωροαιθυλένιο	C ₂ HCl ₃	79-01-6	100	538	200	1080
Υδρόθειο	H ₂ S	7783-06-4	10	15	15	21
Φαινόλη	C ₆ H ₆ O	108-95-2	5 ¹	19	10	38
Φορμαλδεΰδη	CH ₂ O	50-00-0	2	2,5	2	2,5

Πίνακας 1. Οριακή τιμή έκθεσης και ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης σε ρύπους εσωτερικών χώρων σύμφωνα με το ΠΔ 90/1999

[Α]ΟΜΑΔΕΣ ΥΨΗΛΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Σε γενικές γραμμές τα όρια έκθεσης σε χημικές ή τοξικές ουσίες, που καθορίζονται από τους αρμόδιους για τη δημόσια υγεία οργανισμούς, στηρίζονται πάνω σε έρευνες που έγιναν με βάση τον μέσο άνθρωπο. Ο μέσος αυτός άνθρωπος κυμαίνεται μεταξύ 30 και 40 ετών, είναι υγιής, έχει κανονικές διατροφικές συνήθειες και κανονική αναπνευστική λειτουργία (15 m³ την ημέρα περίπου).

Στην πραγματικότητα όμως, υπάρχουν διάφορες ομάδες ανθρώπων που ξεφεύγουν τελείως από αυτόν τον μέσο όρο. Όταν τα χαρακτηριστικά των ομάδων αυτών είναι τέτοια ώστε οι κίνδυνοι για την υγεία να είναι αυξημένοι, οι ομάδες ονομάζονται ομάδες υψηλού κινδύνου. Ονομάζονται έτσι διότι, είτε μέσω αυξημένης έκθεσης, είτε λόγω αυξημένης λήψης επικίνδυνων ουσιών, είτε τέλος λόγω αυξημένης αντίδρασης του οργανισμού σε κάποιες από αυτές τις ουσίες, κινδυνεύουν πολύ περισσότερο απ' ό τι ο μέσος άνθρωπος. Η ιδιότητα αυτή καθορίζεται από ένα πλήθος παραγόντων.

Γενετικοί παράγοντες

Γενετικές διαφοροποιήσεις στο DNA, στην ενζυματική λειτουργία του οργανισμού, στους μηχανισμούς κάθαρσης κλπ, ακόμη και διαφοροποιήσεις φύλου μπορεί να είναι καθοριστικοί παράγοντες.

Βιολογικοί παράγοντες

Η ηλικία, η γενική κατάσταση υγείας και οι όποιες υποκείμενες ευαισθησίες, αλλεργίες κλπ. παίζουν μεγάλο ρόλο στον καθορισμό του κινδύνου.

Τρόπος ζωής

¹ Η παρούσα ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης της φαινόλης έχει προσωρινά ακυρωθεί λόγω πιθανής καρκινογέννησης σε ανθρώπους (κατηγορία 3). Ωστόσο η τιμή θεωρείται ανεκτή. Οι τιμές που εκδόθηκαν το 1998 από το Deutsche Forschungsgemeinschaft είναι 2 ppm ή 7,8 mg/m³.

Η ποσότητα, συχνότητα και το είδος της διατροφής, η άθληση, το ωράριο εργασίας και ύπνου, η χρήση φαρμάκων, συνήθειες όπως το κάπνισμα και το ποτό, το περιβάλλον κατοικίας και εργασίας κλπ. μπορούν να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την κατάσταση υγείας.

Κοινωνικο-οικονομικοί παράγοντες

Οι κοινωνικο-οικονομικοί παράγοντες καθορίζουν το είδος και τον τρόπο ζωής και εργασίας, άρα και την έκθεση, καθώς και τις πιθανότητες πρόληψης και θεραπείας, επηρεάζοντας έτσι τον κίνδυνο για την υγεία.

Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Η ποιότητα αέρα, νερού, εδάφους κλπ. στο ευρύτερο πλαίσιο στο οποίο κινείται, ζει και εργάζεται ο άνθρωπος, είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για τη γενικότερη κατάσταση της υγείας του ανθρώπου.

Προσωπικά χαρακτηριστικά

Η σωματική διάπλαση, οι διάφοροι ιδιαίτεροι μηχανισμοί λειτουργίας κλπ.

Οι πιο γνωστές και πολυάριθμες ομάδες υψηλού κινδύνου είναι τα βρέφη, οι έγκυες γυναίκες, οι ηλικιωμένοι, οι ασθματικοί, οι χορτοφάγοι, οι αλλεργικοί και οι άρρωστοι. Συνολικά δηλαδή η πλειοψηφία του πληθυσμού.

[Α]ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

[b] Εισαγωγή

Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχουμε αναφερθεί στις κύριες πηγές ρύπανσης των εσωτερικών χώρων. Σε αυτή την παράγραφο θα περιγράψουμε, για τους κυριότερους ρύπους εσωτερικών χώρων, τις επιδράσεις τους στην ανθρώπινη υγεία.

[b] Αλληλεπίδραση

Συγκεκριμένα αναφερόμαστε συνήθως στις επιδράσεις που μπορεί να έχει ένας μεμονωμένος ρυπαντής του εσωτερικού περιβάλλοντος στην ανθρώπινη υγεία. Όμως στην πραγματικότητα, μέσα σε ένα κλειστό περιβάλλον, είναι σχεδόν αδύνατον να υπάρχει ένας μόνο ρυπαντής. Αντίθετα, πολύ συνηθισμένο είναι να υπάρχει ένα μίγμα από τους παραπάνω αναφερόμενους ή και άλλους ρύπους. Το ερώτημα είναι αν είναι

δυνατόν και κατά πόσο μπορούν να καθοριστούν οι συνέπειες και αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών.

Σε γενικές γραμμές είναι πολύ δύσκολο να προβλέψει κανείς τα αποτελέσματα μιας τέτοιας αλληλεπίδρασης μεταξύ ουσιών. Κάποιες φορές, ένας ρύπος εξουδετερώνει ή αποδυναμώνει έναν άλλο (αποδυνάμωση ή ανταγωνιστικότητα). Άλλοτε, ένας ρύπος ενδυναμώνει ή επαυξάνει τις επιδράσεις ενός άλλου. Άλλοτε οι επιδράσεις δύο ή παραπάνω ουσιών είναι αθροιστικές, άλλοτε η συνολική τους επίδραση είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα των επιμέρους επιδράσεων (συνέργεια) και άλλοτε μικρότερη του. Από σειρά μελετών έχουν προκύψει ενδείξεις ότι η πιο συχνή αλληλεπίδραση είναι η αθροιστική.

Παράλληλα με τα παραπάνω, ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί και στο φαινόμενο αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών παραγόντων. Έτσι, η εκπομπή κάποιων ρύπων επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία και σχετική υγρασία που επικρατεί στο χώρο, ενώ οι επιδράσεις κάποιων ρύπων στον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτώνται από το είδος της εργασίας ή τη σωματική άσκηση και επαυξάνονται με το κάπνισμα.

Στη συνέχεια της παραγράφου θα σημειώνεται, όπου είναι γνωστή, η αλληλεπίδραση της ουσίας που περιγράφεται με άλλους παράγοντες ή ρύπους.

Ασθένειες που σχετίζονται με την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος

Οι ασθένειες που σχετίζονται με την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος και τους παράγοντες που την καθορίζουν, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: το Sick Building Syndrome (SBS) ή σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου και τις Building Related Illness (BRI).

Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου χαρακτηρίζεται από μια σειρά αορίστων και υποκειμενικών συμπτωμάτων των οποίων τα παθολογικά και φυσιολογικά αίτια παραμένουν ασαφή. Οι μηχανισμοί δράσης και επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων στον ανθρώπινο οργανισμό είναι εξίσου ασαφής.

Από την άλλη, ο όρος BRI χρησιμοποιείται για να περιγράψει ανθρώπινες ασθένειες που σχετίζονται με την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος και που χαρακτηρίζονται από μια σειρά συγκεκριμένων συμπτωμάτων που είναι αποτέλεσμα έκθεσης σε

συγκεκριμένους παράγοντες. Τα συμπτώματα αυτά αποτελούν κλινικά και εργαστηριακά αποδεδειγμένα ευρήματα που είναι βασισμένα σε έγκυρες αρχές της παθολογίας και φυσιολογίας του ανθρώπου.

Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου

Τα τελευταία χρόνια, σε όλο και περισσότερα κτίρια (γραφεία, νοσοκομεία και άλλα) που συνήθως διαθέτουν κλιματιστικά, ενώ έχουν ελάχιστες δυνατότητες ανανέωσης του φρέσκου αέρα, παρουσιάζεται αύξηση συμπτωμάτων και προβλημάτων υγείας που σχετίζονται με το χώρο. Επανελημμένες μελέτες έχουν δείξει απροσδόκητα υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων μέσα στα κτίρια, σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα μερικές δεκάδες φορές υψηλότερες απ' ό τι στον εξωτερικό αέρα. Το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου. Αίτιο του συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου θεωρείται η λανθασμένη ρύθμιση και χρήση των κλιματιστικών και η παρουσία τοξικών ουσιών, μυκήτων και βακτηριδίων στον ανακυκλώμενο αέρα. Τα συμπτώματα που παρουσιάζουν οι χρήστες των άρρωστων κτιρίων δεν είναι πάντα άμεσα αναγνωρίσιμα και εξαφανίζονται με την απομάκρυνση από τον χώρο. Τα κυριότερα από αυτά είναι: κνησμός των ματιών, ξηροφθαλμία ή δακρύρροια, στεγνός λάρυγγας, ξηρός βήχας, πονόλαιμος, φράξιμο μύτης ή ρινόρροια, φτάρνισμα, δύσπνοια, πονοκέφαλος, ασυνήθιστη κούραση, λήθαργος, ζαλάδες, ναυτία και ερεθισμός του δέρματος. Η παρατεταμένη ή μακροχρόνια παραμονή μέσα στο άρρωστο κτίριο μπορεί επίσης να προκαλέσει λοιμώξεις όπως ρινίτιδες, ιγμορίτιδες, ωτίτιδες, επιπεφυκίτιδες, δερματίτιδες, νεοπλασίες και παθήσεις του πεπτικού, του ήπατος, των νεφρών ή του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Αν λάβουμε υπόψη μας το εύρος και τις διαστάσεις που έχει λάβει το πρόβλημα, καθώς και τις επιπτώσεις αυτού, όχι μόνο για την ανθρώπινη υγεία και ευεξία, αλλά και για την παγκόσμια οικονομία, αντιλαμβανόμαστε πως είναι απολύτως απαραίτητο να ληφθούν άμεσα μέτρα προστασίας και πρόληψης.

Στη συνέχεια της ενότητας αυτής θα δοθούν περιγραφές των κυριότερων χημικών, φυσικών και βιολογικών ρύπων και άλλων παραγόντων που καθορίζουν την ποιότητα αέρα και γενικότερα την ποιότητα περιβάλλοντος εσωτερικών χώρων, οι περισσότεροι από τους οποίους σχετίζονται και με το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου.

Η νόσος των λεγεωναρίων

Η νόσος των λεγεωναρίων (ασθένεια της λεγιονέλλας) έγινε γνωστή το 1976 μετά από ένα συνέδριο λεγεωναρίων, απ' όπου και πήρε το όνομά της, όταν όλοι οι συμμετέχοντες στο συνέδριο εκδήλωσαν συμπτώματα κρυολογήματος που εξελίχθηκε σε πνευμονία, ενώ πολλά άτομα (34 στα 221) βρήκαν το θάνατο λίγες μέρες μετά. Μέσα από εντατικές έρευνες διαπιστώθηκε ότι στα φίλτρα του κλιματισμού του συνεδριακού κέντρου είχαν αναπτυχθεί αποικίες βακτηριδίων τα οποία και προκάλεσαν τη νόσο. Το συγκεκριμένο βακτηρίδιο, που ονομάστηκε *legionella pneumophila* επειδή δρα κυρίως στους πνεύμονες, ανήκει στην οικογένεια των *legionellaceae*, η οποία σήμερα περιλαμβάνει περίπου 50 είδη.

Από την αναγνώρισή της και έπειτα, η ασθένεια της λεγιονέλλας έχει κάνει την επανεμφάνισή της σε πολλά κτίρια κοστίζοντας τη ζωή σε πολλούς ανθρώπους και προκαλώντας πολλούς ασθενείς. Παρατηρήθηκε μάλιστα μια αυξητική τάση της ασθένειας τις τελευταίες δεκαετίες.

Στο 90 % των περιπτώσεων εμφάνισης της ασθένειας υπεύθυνη θεωρείται η *legionella pneumophila*. Η νόσος των λεγεωναρίων παρουσιάζεται συχνά σε μηχανικά αεριζόμενα ή κλιματιζόμενα κτίρια και κυρίως σε κλειστά συστήματα που χρησιμοποιούν αποκλειστικά αέρα επανακυκλοφορίας. Σχετίζεται επίσης με την κακή συντήρηση των κλιματιστικών συστημάτων. Όμως, κύρια εστία της λεγιονέλλας είναι το ζεστό νερό που λιμνάζει (δεν κυκλοφορεί), από όπου η λεγιονέλλα μεταφέρεται στον άνθρωπο μέσω σταγονιδίων και αεροσωματιδίων. Έτσι, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στα συστήματα διανομής ζεστού νερού, σε επιμέρους σημεία του υδραυλικού συστήματος ύδρευσης του κτιρίου, στην κεφαλή του ντους, σε δοχεία ζεστού νερού, σε πύργους ψύξης, συσκευές ύγρανσης χώρων και συστήματα κλιματισμού κυρίως μεγάλων κτιρίων. Η ανάπτυξη της λεγιονέλλας εξαρτάται άμεσα και από τη θερμοκρασία, την υγρασία, το pH αλλά και τις ουσίες που βρίσκονται στο άμεσο περιβάλλον της. Η λεγιονέλλα μπορεί να επιβιώσει σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 0 έως 63° C, pH από 5.0 έως 8.5 και σε συγκέντρωση οξυγόνου διαλυμένου σε νερού από 0.2 to 15 ppm. Η πλέον ευνοϊκή θερμοκρασία για την ανάπτυξη των βακτηριδίων είναι 35-37° C ενώ εύκολα αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 25-50° C.

Η λεγιονέλλα μπορεί να εισχωρήσει στον οργανισμό μέσω της αναπνοής όταν μολυσμένα σωματίδια ή σταγονίδια εισχωρούν στους πνεύμονες. Μπορεί επίσης να διεισδύσει στους πνεύμονες μέσω λήψης μολυσμένου νερού από το στόμα, όταν οι ίνες του αναπνευστικού συστήματος, που έχουν ως λειτουργία τους να παρεμποδίσουν τη διείσδυση σωματιδίων, δεν καταφέρνουν να λειτουργήσουν σωστά. Το φαινόμενο αυτό είναι συχνό σε καπνιστές. Ακόμα και τα πιο ισχυρά λευκά αιμοκύτταρα, τα alveolar (air sac) macrophage, που ενεργοποιούνται για να αντιμετωπίσουν το ξένο σώμα, δεν είναι ικανά να σταματήσουν το βακτηρίδιο που πολλαπλασιάζεται μέσα στον ίδιο το μακροφάγο, ξεκινώντας έτσι έναν φαύλο κύκλο ραγδαίου πολλαπλασιασμού και εξέλιξης του βακτηριδίου.

Ο χρόνος επώασης της ασθένειας, το διάστημα δηλαδή που παρεμβάλλεται από τη στιγμή της έκθεσης μέχρι την εμφάνιση των πρώτων συμπτωμάτων, κυμαίνεται μεταξύ 2 και 10 ημερών. Κατά τη διάρκεια της περιόδου επώασης ο ασθενής μπορεί να αισθάνεται κόπωση και αδυναμία. Τα πρώτα συμπτώματα της νόσου είναι παρόμοια με αυτά του κρυολογήματος ή της γρίπης: δυσφορία, μυικοί πόνοι, πονοκέφαλος και υψηλός πυρετός (συχνά μέχρι 39,5° C) που εξελίσσονται σε ανεπάρκεια του αναπνευστικού συστήματος και μπορεί να οδηγήσουν στο θάνατο. Ο βήχας μπορεί να είναι το πρώτο σύμπτωμα μόλυνσης των πνευμόνων. Επίσης, συχνά εμφανίζονται γαστρεντερικές ανωμαλίες με συμπτώματα όπως διάρροια, ναυτία και εμετός. Εάν τα συμπτώματα αντιμετωπιστούν έγκαιρα (μόλις πριν ή γύρω από την εμφάνιση της πνευμονίας) με χορήγηση αντιβιοτικών, η θεραπεία μπορεί να είναι αποτελεσματική. Σε ασθενείς που έχουν ήδη καταπονημένο ανοσοποιητικό σύστημα ή προϋπάρχουσες ευαισθησίες (συμπεριλαμβανομένων των ατόμων που έχουν κάνει μεταμόσχευση ιστών ή οργάνων) ή σε περιπτώσεις μη έγκαιρης χορήγησης φαρμάκων και θεραπείας, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι μακροχρόνια ανάγκη νοσοκομειακής περίθαλψης, επιπλοκές, ως και θάνατος. Το ποσοστό θανάτου στο σύνολο εμφάνισης της ασθένειας κυμαίνεται από 5 έως 30%.

Πολλοί ασθενείς, παρ' όλο που ολοκλήρωσαν την θεραπεία τους με επιτυχία, εξακολουθούν να έχουν μακροχρόνιες επιπτώσεις στην υγεία τους. Έτσι, πολλοί από αυτούς βιώνουν αδυναμία, αντιμετωπίζουν προβλήματα συγκέντρωσης, έχουν πρόβλημα χαλάρωσης των μυών κλπ. Επίσης σε κάποιες περιπτώσεις παραμένουν τα συμπτώματα του αναπνευστικού συστήματος όπως ο βήχας, η δυσφορία κλπ.

CO₂

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) αποτελεί φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας και εμπεριέχεται σε αυτή σε ποσοστό 0.035%. Επίσης, μικρές ποσότητες CO₂ είναι παρούσες στον ανθρώπινο οργανισμό καθώς CO₂ παράγεται μέσω του μεταβολισμού και υπάρχει διαλυμένο στο αίμα, ενώ CO₂ εκκρίνεται από το σώμα με την εκπνοή. Το CO₂ είναι επίσης κύριο προϊόν των καύσεων.

Σύμφωνα με την ASHRAE το όριο συγκέντρωσης CO₂ για συνεχή δωρη έκθεση είναι τα 1.001 ppm, ενώ σύμφωνα με τη World Health Organization τα 1.800 mg/m³.

Σύμφωνα με την T.O.T.E.E. 2425/86 και το Π.Δ. 90/99, η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση είναι 9.000 mg/m³. Παρόλα αυτά, τιμές CO₂ μεγαλύτερες των 600 ppm θεωρούνται πλέον οριακά ανεκτές.

Αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ στον αέρα μπορεί να επηρεάσουν τις αναπνευστικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού επειδή εκτοπίζουν ποσότητες οξυγόνου από τον αέρα με αποτέλεσμα να υπάρχει ανεπάρκεια οξυγόνου για αναπνοή που προκαλεί δυσφορία ή δύσπνοια. Η αίσθηση αυτή μπορεί να συνοδεύεται από ταχυκαρδία, πονοκέφαλο, ζαλάδα, ιδρώτα, αδυναμία συγκέντρωσης, νύστα, ανησυχία, αποπροσανατολισμό και ερεθισμό των οφθαλμών, συμπτώματα που συνδέονται άμεσα τόσο με την τοξικότητα του διοξειδίου του άνθρακα όσο και με την ανεπάρκεια οξυγόνου. Πιο παρατεταμένη έκθεση σε υψηλότερες συγκεντρώσεις έχει παρουσιάσει δυσλειτουργίες στο νευρικό σύστημα, ζημιά στον αμφιβληστροειδή, υπερευαισθησία στο φως, περιορισμό όρασης κλπ. ενώ έκθεση σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του 10 % (10.000 ppm) για περίπου 15 λεπτά μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια αισθήσεων. Αρκετοί θάνατοι αποδίδονται στην έκθεση ανθρώπων σε συγκεντρώσεις CO₂ μεγαλύτερες του 20 %. Τα συμπτώματα θεωρείται πως επιδεινώνονται όταν η έκθεση συνοδεύεται από βαριά χειρωνακτική εργασία.

Μακροχρόνια (ημερών) ή επαναλαμβανόμενη έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις (1-3%) μπορεί επίσης να προκαλέσει συμπτώματα όπως ανισορροπία οξέων-βάσεων στο αίμα και αυξημένη ποσότητα αέρα που εισπνέεται ανά λεπτό, δερματικό ερεθισμό, πτώση πίεσης, μείωση της αντίδρασης του κυκλοφοριακού συστήματος στην άσκηση κ.α. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις που ο οργανισμός προσαρμόστηκε σε κάποιες από τις επιπτώσεις της μακροχρόνιας έκθεσης, χωρίς όμως αυτό σε καμία περίπτωση να αποτελεί κανόνα.

CO

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) αποτελεί προϊόν ατελούς καύσης. Έτσι CO εκπέμπεται από τα αέρια των συστημάτων θέρμανσης και τα τσιγάρα, ενώ μεγάλες ποσότητες CO εμπεριέχονται στα καυσαέρια των αυτοκινήτων ή παράγονται από βιομηχανικές δραστηριότητες και εισέρχονται στους εσωτερικούς χώρους με τη διείσδυση του εξωτερικού αέρα. Οι δηλητηριάσεις με CO μπορούν να αποβούν θανατηφόρες όπως έχει αποδειχτεί συχνά στο παρελθόν. Κύρια πηγή δηλητηρίασης αποτελούν και σήμερα οι καυστήρες που δεν έχουν καλή απαγωγή αερίων.

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι μια πολύ τοξική ουσία που έχει την ιδιότητα να δεσμεύει την αιμοσφαιρίνη, τη χημική ουσία που εμπεριέχεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια και που μεταφέρει οξυγόνο από τους πνεύμονες στους ιστούς των οργάνων. Η δέσμευση της αιμοσφαιρίνης γίνεται με το σχηματισμό μιας περίπλοκης ένωσης, της λεγόμενης καρβοξυαιμοσφαιρίνης ή καρβομονοξυαιμοσφαιρίνης (COHb). Έτσι, όταν μέσω εισπνοής εισέρχεται μονοξείδιο του άνθρακα στον οργανισμό, παρεμποδίζεται η διανομή του οξυγόνου στα κύτταρα και τον εγκέφαλο. Η ποσότητα του CO στο αίμα συχνά εκφράζεται με το εκατοστιαίο ποσοστό της αιμοσφαιρίνης που είναι δεσμευμένη στο CO. Έχει επιλεγεί αυτή η παράμετρος για να περιγράψει την ανθρώπινη έκθεση στο CO, επειδή η είσοδος του CO στο αίμα είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων (συγκέντρωση CO στον αέρα, φυσική δραστηριότητα, ρυθμός αναπνοής κλπ.) που είναι δύσκολο να περιγραφούν.

Τα επίπεδα COHb σε έναν φυσιολογικό οργανισμό που δεν έχει εκτεθεί καθόλου σε πηγές CO, κυμαίνονται μεταξύ 0,4 και 0,7 %. Σε καπνιστές τα ποσοστά αυτά φτάνουν μέχρι και το 8% ενώ το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο COHb στον ανθρώπινο οργανισμό είναι 3%. Η σχέση ανάμεσα στη συγκέντρωση CO στην ατμόσφαιρα ενός χώρου και τη συγκέντρωση COHb στο αίμα εξαρτάται από τη διάρκεια έκθεσης. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας WHO συνιστά τις παρακάτω οριακές τιμές έκθεσης σε CO.

Μέγιστη συγκέντρωση 100 mg/m³ για 15λεπτη έκθεση.

Μέγιστη συγκέντρωση 60 mg/m³ για μισάωρη έκθεση.

Μέγιστη συγκέντρωση 30 mg/m³ για ωριαία έκθεση.

Μέγιστη συγκέντρωση 10 mg/m³ για οκτάωρη έκθεση.

Παρ' όλο που οι μέσες τιμές συνήθως βρίσκονται σε επίπεδο χαμηλότερο του προαναφερόμενου ορίου, στην πράξη συναντάμε σημεία αιχμής με τιμές που φτάνουν στο εσωτερικό περιβάλλον τα 100 mg/m³. Συγκεντρώσεις έως και 60 mg/m³ είναι πολύ συνηθισμένες σε χώρους όπου κυριαρχούν πηγές ρύπανσης.

Σύμφωνα με την ASHRAE το όριο έκθεσης σε CO είναι 9 ppm για οκτάωρη έκθεση (8h), ενώ η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86 και το Π.Δ. 90/99 θέτουν ως μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση τα 55mg/m³.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει για συγκεκριμένες συγκεντρώσεις CO και επίπεδα COHb τις αντίστοιχες επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Συγκέντρωση CO	Διάρκεια έκθεσης	% COHb	Σύμπτωμα
300-400 ppm	Αρκετές ώρες	30-40	Σοβαρός πονοκέφαλος, αδυναμία, ελαττωμένη όραση, ναυτία, κατάρρευση
200-300 ppm		20-30	Πονοκέφαλος, χτύπημα στους κροτάφους
80-200 ppm		10-20	Πιθανός ελαφρός πονοκέφαλος, διαστολή των αιμοφόρων αγγείων του δέρματος
110 ppm	1-2 ώρες	4-7	Ελαττωμένη προσοχή για οπτική εργασία
100 ppm	Σύντομη έκθεση	5-10	Εξασθενημένη απόδοση σε ψυχολογικά τεστ και αριθμητική
50 ppm	8 ώρες	7-8	Συνιστώμενο όριο έκθεσης για τις βιομηχανίες
50 ppm	27 λεπτά	3	Ελαττωμένη οπτική οξύτητα
50 ppm	75 λεπτά	1.5-2.5	Εξασθενημένη κρίση χρονικών περιόδων από μη καπνίζοντα άτομα
0 ppm		0.4	Το φυσιολογικό επίπεδο COHb που υπάρχει στο αίμα από τον μεταβολισμό της αιμοσφαιρίνης.

Το αρχικό και πιο σύνηθες σύμπτωμα μικρής συγκέντρωσης CO στο αίμα, είναι η δυσλειτουργία των αισθητηρίων οργάνων και των ψυχολογικών λειτουργιών, γεγονός που στηρίζει την άποψη ότι υπάρχει έλλειψη οξυγόνου. Σε συγκέντρωση 3% COHb εμφανίζονται ήδη ξεκάθαρα συμπτώματα ανεπάρκειας όρασης. Συμπτώματα όπως πονοκέφαλος, κούραση και μειωμένη αντοχή, γίνονται φανερά όταν το ποσοστό COHb στο αίμα ξεπεράσει το 10%. Συγκεντρώσεις υψηλότερες του 20% μπορεί να προκαλέσουν γαστρεντερίτιδα, γρίπη, εγγεφαλοαγγειακές παθήσεις, αλκοολισμό και ακαριαία ψύχωση. Ο συνδυασμός σωματικών και ψυχικών επιδράσεων είναι ιδιαίτερα επικίνδυνος και μπορεί να αποβεί μοιραίος καθώς ο ασθενής που έχει εκτεθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις και πάσχει από σοβαρά συμπτώματα δεν συνειδητοποιεί την κατάστασή του. Σε επίπεδα COHb πάνω από 60% δεν αποκλείονται πλέον σπασμοί, κώμα, ως και θάνατος.

Οι περιπτώσεις προηγούμενης έκθεσης ή δηλητηρίασης με CO συχνά αφήνουν εμφανή τα σημάδια τους στο πέρασμα του χρόνου με τη μορφή νευρολογικών και ψυχολογικών προβλημάτων όπως αμνησία, απάθεια, ακράτεια και πολλά άλλα. Τα αποτελέσματα μακροχρόνιας έκθεσης σε χαμηλές συγκεντρώσεις CO εμφανίζονται με τη μορφή πονοκεφάλων, κούρασης, έλλειψη συγκέντρωσης, ζαλάδας, παραισθήσεων, πόνου στο στήθος, ενοχλήσεων στην όραση, ναυτίας, διάρροιας και γαστρικού πόνου.

Υπάρχουν τέλος υποψίες πως η έκθεση σε CO μπορεί να προκαλέσει αθηρογένεση. Ωστόσο οι έρευνες που διεξήχθησαν στο αντικείμενο αυτό έδωσαν διαφορεόμενα αποτελέσματα.

Κάποιες ομάδες ανθρώπων παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία στην έλλειψη οξυγόνου που προκαλείται από το CO. Στις ομάδες αυτές ανήκουν οι καπνιστές καθώς και άνθρωποι με αιμολυτική αναιμία, χρόνιες αναπνευστικές ασθένειες, παθήσεις του θυροειδούς ή γενετικές διαφορές στην αιμοσφαιρίνη.

NO_x

Τα οξείδια του αζώτου στους εσωτερικούς χώρους προέρχονται από τον καπνό του τσιγάρου, από την καύση φυσικού αερίου, τις θερμάστρες κηροζίνης ή φωτιστικού πετρελαίου και την καύση των ξύλων.

Οι συγκεντρώσεις μέσα σε κτίρια μπορεί να φτάσουν τα 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ σύμφωνα με τον WHO τα όρια έκθεσης είναι 0,15 mg/m^3 και 0,40 mg/m^3 για περιόδους έκθεσης 24 ωρών και 1 ώρας αντίστοιχα. Το Π.Δ. 90/99 δίνει ως μέγιστη τιμή συγκέντρωσης 9 mg/m^3 .

Η έκθεση σε οξείδια του αζώτου και συγκεκριμένα σε διοξείδιο του αζώτου προκαλεί σημαντικά προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα, δυσλειτουργία των βρόγχων και πνευμόνων, ερεθίζει τα μάτια και τη μύτη. Το NO_2 θεωρείται ότι καταστρέφει τους αναπνευστικούς ιστούς κυρίως των άκρων των βρόγχων και των κυψελίδων. Αυξημένη ευαισθησία σε λοιμώξεις έχει βρεθεί και ύστερα από έκθεση σε συγκεντρώσεις NO_2 μικρότερες αυτών που συναντούνται στον αέρα των πόλεων, δημιουργώντας έτσι υποψίες πως για τις επιπτώσεις του NO_2 στην υγεία, όπως και για το CO , δεν υπάρχει ουσιαστικά κατώτατο όριο. Θεωρείται επίσης πως και το NO_2 , όπως και το CO , εμποδίζει τη χρήση του οξυγόνου από το σώμα και καταστρέφει τον πνευμονικό ιστό. Αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της δράσεως του NO_2 είναι ότι οι επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα εμφανίζονται με καθυστέρηση 24-28 ωρών από τη στιγμή της έκθεσης.

Συγκέντρωση	Διάρκεια	Αποτέλεσμα
5 ppm	10λεπτά	Αυξημένη αντίσταση των αερίων οδών. Η επίδραση φθάνει στο μέγιστο μετά από 30 λεπτά από το τέλος της έκθεσης
5 ppm	8 ώρες/μέρα	Συνιστώμενο όριο για τις βιομηχανίες
0.12-0.22 ppm		Όριο οσμής

Θέματα τεχνολογίας και Περιβάλλοντος

SO_2

Όπως και τα οξείδια του άνθρακα και του αζώτου, το διοξείδιο του θείου προέρχεται κυρίως από την καύση υλικών. Σε εσωτερικούς χώρους, οι κύριες πηγές είναι η καύση φυσικού αερίου, ξύλου και άλλων υλικών που περιέχουν θείο. Το διοξείδιο του θείου εισέρχεται επίσης στους εσωτερικούς χώρους από τον εξωτερικό αέρα όπου υπάρχει ως αποτέλεσμα κυρίως βιομηχανικών (δυλιστήρια, εργοστάσια παραγωγής ενέργειας) αλλά και φυσικών (οξείδωση αερίου υδρόθειου που προέρχεται π.χ. από ηφαίστεια) διεργασιών. Η συγκέντρωσή του στους εσωτερικούς χώρους είναι συνήθως μικρότερη

από την αντίστοιχη της εξωτερικής ατμόσφαιρας λόγω προσρόφησης ή αντίδρασης. Αποτελεί επίσης μικρότερο πρόβλημα σε εσωτερικούς χώρους απ' ό,τι το CO και CO₂.

Καθώς το SO₂ έχει μεγάλη διαλυτότητα στο νερό, έκθεση σε SO₂ έχει επιπτώσεις κυρίως στο άνω αναπνευστικό σύστημα και στις βλεννώδεις μεμβράνες των ματιών. Οι επιδράσεις αυτές ξεκινούν από απλές ενοχλήσεις σε μικρές συγκεντρώσεις, για να φτάσουν βαθμιαία με την αύξηση της συγκέντρωσης σε αναπνευστική ανεπάρκεια και σοβαρούς ερεθισμούς.

Το όριο συγκέντρωσης για 8ωρη έκθεση είναι 5 mg/m³ (Π.Δ. 90/99).

Αυξημένη έκθεση σε SO₂ μπορεί να προκαλέσει αύξηση των λοιμώξεων της αναπνευστικής οδού. Συγκέντρωση άνω των 6 ppm καταστρέφει τα αναπνευστικά όργανα ενώ η απότομη αύξηση της συγκέντρωσης του SO₂ μπορεί να επιφέρει αιμορραγίες, οίδημα, βλάβη του αναπνευστικού συστήματος ή των πνευμόνων μέχρι και θάνατο.

Επίσης, έρευνες έχουν δείξει ότι η αλληλεπίδραση SO₂ με άλλες ουσίες επαυξάνει τις επιδράσεις στην υγεία. Πολύ μικρές συγκεντρώσεις SO₂ σε ταυτόχρονη επίδραση με κάποιους από τους πιο συνήθεις ρύπους της ατμόσφαιρας προξενούν μακροχρόνιες αλλοιώσεις των DNA και RNA που μπορεί να προκαλέσουν προδιάθεση για καρδιοπάθειες και ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος, ακόμη και καρκίνο.

Συγκέντρωση	Χρονική διάρκεια	Αποτελέσματα
0.0035-0.1 ppm	3 χρόνια	Ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος
0.003-0.02 mg/m ³ αεροσωματίδια (H ₂ SO ₄)	Περισσότερο από 3 χρόνια	Ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος
> 0.02 ppm	260 ημέρες	Θνησιμότητα αυξημένη κατά 2%
0.03-0.5 ppm	24 ώρες	Επιδείνωση ασθένειας ατόμων με ιστορικό βρογχίτιδας
1-5 ppm	10 λεπτά	Αυξημένη υδροδυναμική αντίσταση (δυσκολία αναπνοής) αναπνευστικής οδού
1.6-10 ppm	5 λεπτά μαζί με	Δυσκολία αναπνοής

	αεροσωματίδια NaCl	
0.52 ppm	15 λεπτά	Αυξημένη ευαισθησία στο φως
0.35-5 mg/m ³ (H ₂ SO ₄)	5-15 λεπτά	Αυξημένη ευαισθησία στο φως
0.3, 1.0, 3.0, 4.2, 6.0 ppm	Μέχρι 120 ώρες συνεχώς	Θετική συσχέτιση του ατμοσφαιρικού SO ₂ με ενώσεις θείου στο πλάσμα του αίματος
0.3 1.0 ppm	20 δευτερόλεπτα	Μείωση της εντάσεως των κυμάτων άλφα σε εγκεφαλογραφήματα

Θέματα τεχνολογίας και Περιβάλλοντος

O₃

Το όζον στο εσωτερικό των κτιρίων παράγεται κατά τη χρήση φωτοτυπικών μηχανημάτων, εκτυπωτών laser και συσκευών που περιέχουν λάμπες υπεριώδων (UV). Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως όζον παράγεται και από τους ιονιστές που χρησιμοποιούνται για καθαρισμό του αέρα των χώρων.

Το όζον είναι ένα πολύ ισχυρό οξειδωτικό. Προσβάλλει εύκολα τους οργανικούς ιστούς και συγκεκριμένα τους πνεύμονες, προκαλεί καταστολή της σύνθεσης του DNA, διάσπαση των κυτταρικών μεμβρανών κλπ. Ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (1 ppm) το όζον επηρεάζει τη λειτουργία του θυρεοειδούς. Το ανώτερο επιτρεπόμενο όριο συγκέντρωσης σύμφωνα με την WHO είναι 100-120 μg/m³ για 8ωρη έκθεση ενώ σύμφωνα με το Π.Δ. 90/99 είναι 200 μg/m³.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται για διάφορες συγκεντρώσεις και διάρκεια έκθεσης τα συμπτώματα στον ανθρώπινο οργανισμό.

Συγκέντρωση	Διάρκεια	Αποτέλεσμα
1 ppm	>30 λεπτά	Πονοκέφαλοι
1 ppm	10 λεπτά	Ελάττωση του ρυθμού μεταφοράς οξυγόνου από το αίμα στους ιστούς
0.6-0.8 ppm	2 ώρες	Ελαττωμένος ρυθμός διάχυσης του οξυγόνου από τον αέρα στο αίμα των πνευμόνων. Ελαττωμένη ζωτική χωρητικότητα και ελαττωμένος

		εξαναγκαστικά εκπνεόμενος όγκος.
0.5 ppm	3 ώρες/ημέρα 6 μέρες/εβδομάδα 12 εβδομάδες	ελαττωμένος εξαναγκαστικά εκπνεόμενος όγκος κατά τη διάρκεια των τελευταίων 6 εβδομάδων. Μέση ελάττωση 25 %, οφειλόμενη στο φραγμό των άκρων των βρόγχων.
0.3-0.8 ppm	Εργάσιμη μέρα	Υποκειμενικά παράπονα για σφίξιμο στο στήθος και ερεθισμό του λαιμού
0.35-0.5 ppm	Δύο τρίωρες εκθέσεις χωρισμένες από 1 ώρα ανάπαυσης	Υποκειμενικά παράπονα οφθαλμικών ερεθισμών, τράβηγμα του δέρματος του προσώπου, όπως μετά από πολλή ηλιοθεραπεία, κούραση και δυσκολία στη συγκέντρωση.
0.1 ppm		Ξηρότητα των βλεννογόνων της μύτης
0.1 ppm	1 ώρα	Αυξημένη αντίσταση των αερίων οδών
0.1 ppm	8 ώρες	Συνιστώμενο όριο έκθεσης για τις βιομηχανίες
0.05 ppm		Ερεθισμός μύτης και λαιμού σε ευαίσθητα άτομα
0.02-0.05 ppm		Όριο οσμής

Θέματα τεχνολογίας και Περιβάλλοντος

Η τοξικότητα του όζοντος θεωρείται πως επηρεάζεται από διάφορους ενδογενείς αλλά και εξωγενείς παράγοντες.

VOCs

Ο όρος VOCs αποτελεί ένα συλλογικό όνομα για διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις όπως το βενζόλιο, το τολουένιο, το τριχλωροαιθυλένιο, το τριχλωροαιθέριο, το τριχλωρομεθάνιο καθώς και άλλους αλογονωμένους διαλύτες, πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες κ.α. Περιέχονται ως διαλύτες σε χρώματα και βερνίκια, αλλά και σε πλαστικά και κόλλες, έπιπλα, ταπετσαρίες, μοκέτες, σε απορρυπαντικά και καλλυντικά, εντομοκτόνα, καθώς και στον καπνό του τσιγάρου. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις εξαερώνονται με τη θερμοκρασία των χώρων προκαλώντας αναπνευστικά προβλήματα και ερεθισμό στις βλεννώδεις μεμβράνες. Κάποιες από τις ενώσεις είναι τοξικές ή και καρκινογόνες (βενζόλιο, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες). Συγκεκριμένα για τη

μέτρηση της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων στον αέρα εσωτερικών χώρων συχνά χρησιμοποιείται το άθροισμα των ενώσεων που μετρήθηκαν, η συνολική συγκέντρωση TVOCs. Η συγκέντρωση σε εσωτερικούς χώρους για μια άνετη διαβίωση σύμφωνα με την ECA πρέπει να είναι μικρότερη από 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ως όριο για το σύνολο των VOCs (TVOCs) έχει προταθεί η τιμή του 1 mg/m^3 . Τα VOCs στον εσωτερικό αέρα είναι δυνατό να συνεισφέρουν στην εμφάνιση κάποιων συμπτωμάτων τα οποία είναι παρόμοια με του συνδρόμου των αρρώστων κτιρίων (sick building syndrome), χωρίς να αποτελούν τη μοναδική αιτία εμφάνισης των συμπτωμάτων αυτών. Σύμφωνα με μελέτες, οι συγκεντρώσεις των VOCs μπορούν να ταξινομηθούν σε 4 κατηγορίες, ανάλογα με τις συνέπειες που μπορούν να προκαλέσουν στην υγεία, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Ολική Συγκέντρωση	Δυσφορία και Εμφάνιση Ερεθισμών	Κλίμακα Έκθεσης
Έως 0.2 mg/m^3 (έως 0.05 ppm)	Κανένας ερεθισμός ή δυσφορία -	Κλίμακα Άνεσης
Από 0.2 έως 3,0 mg/m^3 (από 0.05 έως 0.80 ppm)	Πιθανός ερεθισμός ή δυσφορία ανάλογα με την αλληλεπίδραση με τους άλλους παράγοντες	Κλίμακα Έκθεσης σε πολλούς παράγοντες
Από 3,0 έως 25 mg/m^3 (0.80 έως 6.64 ppm)	Εμφάνιση συμπτωμάτων - Πιθανή εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων	Κλίμακα Δυσφορίας
Πάνω από 25 mg/m^3 (πάνω από 6.64 ppm)	Επιπρόσθετες νευροτοξικές συνέπειες εκτός από τον πονοκέφαλο είναι δυνατό να εμφανιστούν	Κλίμακα Τοξικής Έκθεσης

Κατηγοριοποίηση συγκεντρώσεων TVOC ανάλογα με τις συνέπειες που μπορεί να προκαλέσουν στην υγεία.

Ραδόνιο

Το ραδόνιο είναι ένα φυσικό ραδιενεργό αέριο που σχηματίζεται κατά τη ραδιενεργό διάσπαση του ραδίου 226 και εκπέμπει α-ακτινοβολία. Αποτελεί φυσικό συστατικό του εδάφους και των πετρωμάτων που περιέχουν ουράνιο και εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους σε αέρια μορφή από ανοίγματα ή ρωγμές στην οικοδομή. Μπορεί επίσης να εκπέμπεται από οικοδομικά και κατασκευαστικά υλικά τα οποία προέρχονται από τον

στερεό φλοιό της γης, όπως οι μαύροι σχιστόλιθοι, ο γρανίτης κα. Το ραδόνιο έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί καρκίνο του πνεύμονα και λευχαιμία. Στην πραγματικότητα δεν είναι το ίδιο το ραδόνιο ο κύριος υπεύθυνος για την εμφάνιση του καρκίνου, καθώς το ραδόνιο στο μεγαλύτερο ποσοστό του διαφεύγει μέσω εκπνοής, αλλά τα υποπροϊόντα που διαμορφώνονται. Καθώς το ραδόνιο έχει μέση διάρκεια ημιζωής 3.5 ημερών, διασπάται σε μια σειρά από υποπροϊόντα τα οποία, σε αντίθεση με εκείνο, είναι στερεά και σχηματίζουν μεταξύ τους συμπλέγματα ή προσκολλούνται σε αεροσωματίδια. Τα εισπνεόμενα αυτά συμπλέγματα επικάθονται στο επιθήλιο των πνευμόνων, όπου ακτινοβολούν α-ραδιενέργεια. Η ακτινοβολία α προέρχεται από δύο ραδιο-ισότοπα, τα πολώνια 218 και 214, τα οποία διανέμουν την ενέργεια στα κύτταρα του αναπνευστικού επιθηλίου όπου θεωρείται ότι δημιουργείται ο σχετικός με το ραδόνιο καρκίνος των πνευμόνων. Τα σωματίδια α, παρ' όλο που εισχωρούν σε μικρό μόνο ποσοστό στον κυτταρικό ιστό, είναι πολύ αποτελεσματικά στο να προκαλούν ζημιά των γενετικών υλικών των κυττάρων. Θεωρείται μάλιστα ότι αρκεί ένα μόνο α σωματίδιο για να προκαλέσει μόνιμη αλλαγή του γενετικού υλικού.

Το ραδόνιο τα τελευταία χρόνια έχει πολυσυζητηθεί, καθώς έχει ανακαλυφθεί σε μεγάλο ποσοστό κατοικιών και άλλων κτιρίων. Στην Αμερική, η συγκέντρωση του ραδονίου σε εσωτερικούς χώρους δίνεται σε pCi/L. Η US EPA συνιστά επίπεδα ραδονίου χαμηλότερα των 4 pCiL^{-1} (150 Bqm^{-3}) ενώ η Διεθνής Επιτροπή Ραδιολογικής Προστασίας συνιστά $5,4\text{-}16 \text{ pCiL}^{-1}$. Πολλοί θάνατοι ανά τον κόσμο αποδίδονται στην παρουσία ραδονίου.

Αμιάντος

Ο αμιάντος αποτελεί συλλογική ονομασία ορισμένων ορυκτών ινώδους μορφής και κρυσταλλικής δομής. Μέχρι το 1973 ο αμιάντος έβρισκε ευρεία εφαρμογή στις οικοδομές και τα κτίρια λόγω της ανθεκτικότητάς του κυρίως σαν θερμομονωτικό υλικό. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε σωληνώσεις, πλακάκια, φούρνους, σόμπες και ηλεκτρικά σίδερα, στέγαστρα, μέσα πυροπροστασίας, ηχομόνωσης, θερμομόνωσης μηχανολογικών εγκαταστάσεων κ.α. Τη δεκαετία του 1970, η χρήση του αμιάντου απαγορεύτηκε επειδή, όπως αποδείχτηκε, με την πάροδο του χρόνου τα δομικά υλικά καταστρέφονται ελευθερώνοντας ίνες που έχουν μεγάλες πιθανότητες να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, όπως αμιαντίαση, καρκίνο του πνεύμονα και μεσοθηλίωμα.

Αμιαντίαση είναι μια πολύ σοβαρή εκφυλιστική και προοδευτική ασθένεια των πνευμόνων που προκαλείται από τη μακροχρόνια έκθεση σε ίνες αμιάντου. Οι

πνεύμονες καταστρέφονται σταδιακά με συνέπεια μόνιμες αναπηρίες και ανεπάρκεια της αναπνευστικής λειτουργίας.

Το μεσοθηλίωμα είναι ένα σπάνιο και εξαιρετικά επικίνδυνο και επιθετικό είδος καρκίνου, που εμφανίζεται στους ιστούς της μεμβράνης η οποία καλύπτει όλο το εσωτερικό του θώρακα και της κοιλιακής κοιλότητας. Αποτελεί αποτέλεσμα έκθεσης σε αμίαντο. Σε πρώτη φάση το μεσοθηλίωμα μπορεί να είναι ασυμπτωματικό, στη συνέχεια όμως εξελίσσεται γρήγορα προκαλώντας πόνο, βήχα και αναπνευστικά προβλήματα. Από τη στιγμή που εκδηλωθούν συμπτώματα στην πραγματικότητα είναι ήδη πλέον αργά για θεραπεία και ίαση.

Έχει υπολογιστεί ότι χρειάζονται από 10 έως 40 χρόνια για να εκδηλώσει κάποιος την ασθένεια μετά από την έκθεσή του στον αμίαντο.

Τα θύματα του αμιάντου είναι πολλά ανά τον κόσμο. Υπάρχουν ενδείξεις συνεργικής δράσης ανάμεσα στον αμίαντο και το κάπνισμα, ότι δηλαδή ο κίνδυνος από την έκθεση σε αμίαντο αυξάνεται κατά πολύ σε συνδυασμό με το κάπνισμα.

Παρ' όλη την απαγόρευσή της, η ουσία παραμένει μέχρι και σήμερα σε διάφορες εγκαταστάσεις. Ιδιαίτερη μέριμνα οφείλει να λαμβάνεται κατά την αφαίρεση ή αποξήλωση υλικών ή κατασκευών που περιέχουν αμίαντο. Αξίζει να σημειωθεί πως σε πολλές χώρες έχουν εφαρμοστεί ειδικά προγράμματα αφαίρεσης του αμιάντου από κτίρια και εγκαταστάσεις. Στην Ελλάδα υπάρχει ακόμα και σήμερα μια σχετική αδράνεια στο ζήτημα.

Φορμαλδεΐδη

Η φορμαλδεΐδη αποτελεί υποπροϊόν καύσης (του καπνού των τσιγάρων και των αερίων καύσης από θερμάστρες και καυστήρες αερίου) αλλά και συστατικό πολλών βιομηχανικών υλικών που βρίσκουν χρήση μέσα στο χώρο. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται ως προσθετικό στα υδατοδιαλυτά χρώματα, ως απολυμαντικό και συντηρητικό στα βιολογικά εργαστήρια, χρησιμοποιείται επίσης στις (αλδεΐδο)ρητίνες οι οποίες περιέχονται σε πολλά προϊόντα ξύλου, μονωτικά υλικά, επιφάνειες κόντρα πλακέ, νοβοπάν, προϊόντα από χαρτί, συνθετικά υφάσματα και χαλιά, καλλυντικά και αποσμητικά. Συναντάται λοιπόν ευρέως στα προβλήματα ρύπανσης των εσωτερικών χώρων. Σημαντικό ρόλο στις εκπομπές φορμαλδεΐδης παίζουν η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα μέσα στο χώρο.

Οι επιπτώσεις που προκαλεί στην υγεία η ρύπανση του εσωτερικού αέρα κτιρίων με φορμαλδεΐδη συνοψίζονται σε ερεθισμούς, νευρολογικά συμπτώματα, ευαισθητοποίηση του αναπνευστικού συστήματος και καρκινογένεση. Η φορμαλδεΐδη προκαλεί ερεθισμό στους βλεννογόνους και επηρεάζει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας σε κάποιες περιπτώσεις και άσθμα. Ταυτόχρονα μπορεί να προκύψουν ερεθισμοί στα μάτια και τη ρινική κοιλότητα, λαιμόπονος, συνάχι και βήχας.

Αναφέρονται επίσης συμπτώματα όπως πόνος στο στήθος και ακροαστικά, ενώ έχουν επίσης αναφερθεί πονοκέφαλοι, κούραση, ναυτία και δυσκολία στον ύπνο. Επίσης σε δερματική επαφή με φορμαλδεΐδη μπορεί να προκύψει δερματίτιδα.

Εκτός των παραπάνω, έχει παρατηρηθεί πως υπάρχει σχέση ανάμεσα στην έκθεση ατόμων σε περιβάλλον μολυσμένο με φορμαλδεΐδη και την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου του άνω αναπνευστικού συστήματος ή του φάρυγγα.

Η WHO έχει ορίσει ως επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης τη συγκέντρωση των $0,1 \text{ mg/m}^3$. Στο Π.Δ. 90/99 ως μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση ορίζονται τα $2,5 \text{ mg/m}^3$. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι εκπομπές φορμαλδεΐδης την ημέρα από διάφορες πιθανές πηγές εσωτερικών χώρων.

Υλικό	Εκπομπές $\mu\text{g/m}^3/\text{ημέρα}$
Μέσης πυκνότητας πεπιεσμένο ξύλο	17.600 – 55.000
Σκληρό ξύλο κόντρα πλακέ	15.00 – 34.000
Πεπιεσμένο ξύλο	2.000 – 25.000
Αφρώδης μόνωση	1.200 – 19.200
Μαλακό ξύλο κόντρα πλακέ	240 – 720
Προϊόντα από χαρτί	260 – 680
Προϊόντα fiberglass	400 – 470
Ρουχισμός	35 – 570
Δάπεδα	<240
Μοκέτα	-65
Ταπετσαρία	-7

Godish 1989

Σωματίδια

Κύρια πηγή σωματιδίων στον αέρα των κτιρίων είναι ο καπνός του τσιγάρου, ενώ άλλες πηγές αποτελούν οι συσκευές καύσης (σόμπες, τζάκια, θερμάστες κηροζίνης) και το

μαγείρεμα. Τα σωματίδια μπορεί να είναι οργανικής ή ανόργανης μορφής. Κάποια σωματίδια μπορεί να είναι ενοχλητικά, ερεθιστικά ή αλλεργιογόνα ακόμα και καρκινογεννή και μπορούν να προκαλέσουν από ήπια μέχρι ιδιαίτερα σημαντικά αναπνευστικά προβλήματα και αλλεργικές αντιδράσεις που συνήθως εκδηλώνονται ως άσθμα. Ανάλογα με τη λειτουργία και συντήρηση των συσκευών καύσης και το ποσοστό καπνίσματος σε έναν χώρο θα είναι αντίστοιχες και οι εκπομπές σωματιδίων στο χώρο αυτό. Όμως, το ποσοστό συγκέντρωσης σωματιδίων εξαρτάται επίσης από τον αερισμό και εξαερισμό των χώρων, τις δραστηριότητες καθώς και τον τρόπο και τη συχνότητα καθαρισμού.

Η παραπέρα δράση των αεροσωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφή και το μέγεθος των σωματιδίων που βρίσκονται στον αέρα του περιβάλλοντος. Τα πιο επιβλαβή σωματίδια είναι αυτά που έχουν μικρό μέγεθος. Η διάμετρος των σωματιδίων η οποία θεωρείται κρίσιμη για την υγεία είναι τα 10 μm. Τα σωματίδια με αυτήν ή μικρότερη διάμετρο δεν συγκρατούνται στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα ούτε αποβάλλονται από αυτό μέσω των τριχοειδών αγγείων, αλλά διεισδύουν βαθύτερα όπου δεσμεύονται πιθανώς από το βλεννογόνο των αεραγωγών και παραμένουν εκεί. Δυστυχώς, στα μικρότερα σωματίδια είναι πιο πιθανό να υπάρχουν και τοξικές ουσίες, καθώς και το μεγαλύτερο ποσοστό των καρκινογενών αρωματικών πολυκυρηνικών υδρογονανθράκων του αέρα. Σωματίδια με διάμετρο μικρότερη και των 5 μm (αναπνεύσιμα σωματίδια) μπορεί να φτάσουν μέχρι και στις κυψελίδες των πνευμόνων, το πιο τρωτό σημείο των πνευμόνων και να προκαλέσουν προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα ή διάφορα είδη καρκίνου του αναπνευστικού. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι ίνες αμιάντου.

Οι κυριότερες αναπνευστικές ασθένειες που συνδέονται με την έκθεση σε αεροσωματίδια είναι η χρόνια βρογχίτιδα, το βρογχικό άσθμα, το εμφύσημα και ο καρκίνος των πνευμόνων. Όμως, ο βασικός μηχανισμός που προκαλεί το άσθμα, δεν είναι αυτή κάθε αυτή η σκόνη, αλλά ένα ζωύφιο που ζει και αναπτύσσεται σε μαλακά έπιπλα, χαλιά και στρώματα όπου υπάρχει σκόνη. Το ζωύφιο αυτό στις τρίχες του περιέχει το αλλεργιογόνο που προκαλεί το άσθμα. Η ανάπτυξη του πληθυσμού των ζωυφίων εξαρτάται απόλυτα από την εσωτερική σχετική υγρασία των χώρων. Το ζωύφιο αναπτύσσεται ραγδαία σε σχετική υγρασία μεγαλύτερη από 60% ενώ αν η υγρασία πέσει κάτω του 45 %, σταματάει τελείως η ανάπτυξή του. Έτσι, ο καλύτερος τρόπος καταπολέμησης του ζωυφίου είναι ο καλός αερισμός και η μείωση της υγρασίας.

Έχει σημειωθεί πως υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου, διευκολύνουν τη διεύδυση των αεροσωματιδίων στους πνεύμονες προκαλώντας μια αρνητική για την υγεία αλληλεπίδραση μεταξύ αεροσωματιδίων και διοξειδίου του θείου.

Ο OSHA προτείνει ως όριο για 8ωρη έκθεση τη συγκέντρωση των 15 mg/m^3 για τα ολικά σωματίδια και τα 5 mg/m^3 για τα αναπνεύσιμα σωματίδια. Σύμφωνα επίσης με το ΠΔ 307/1985 (ΦΕΚ 135/A/29-886) και 90/1999 (ΦΕΚ 94/A/13-5-99), τα ανώτερα επιτρεπόμενα όρια έκθεσης για αναπνεύσιμα σωματίδια και ολική σκόνη στην Ελλάδα είναι 5 mg/m^3 και 10 mg/m^3 αντίστοιχα.

Καπνός τσιγάρου

Ο καπνός των τσιγάρων αποτελεί μέχρι και σήμερα την πιο σημαντική πηγή χημικής ρύπανσης των εσωτερικών χώρων. Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε αποκλειστικά στις επιδράσεις που έχει το παθητικό κάπνισμα στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι παθητικοί καπνιστές εισπνέουν τον καπνό των τσιγάρων είτε μέσω της καύσης του τσιγάρου, είτε μέσω της εκπνοής καπνού από τους καπνιστές, είτε από τις ουσίες που αιωρούνται στο χώρο. Όπως γνωρίζουμε, ο καπνός των τσιγάρων είναι μείγμα 400 και πάνω αερίων, αιωρούμενων στερεών σωματιδίων και οργανικών ουσιών, από τις οποίες τουλάχιστον για τις 40 είναι αποδεδειγμένη η καρκινική τους δράση, ενώ για τις υπόλοιπες γνωρίζουμε πως είναι τουλάχιστον ισχυρά ερεθιστικές. Αυξημένα έχουν βρεθεί τα επίπεδα εισπνεόμενων σωματιδίων, νικοτίνης, πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων, διοξειδίου του άνθρακα, ακρολεΐνης, διοξειδίου του αζώτου και άλλων ουσιών σε εσωτερικούς χώρους όπου επιτρέπεται το κάπνισμα.

Κάποιες από αυτές τις χημικές ουσίες που εμπεριέχονται στο τσιγάρο, αποτελούν δείκτες της χημικής ρύπανσης των χώρων λόγω του καπνίσματος. Η συγκέντρωση αυτών των ουσιών μέσα στο χώρο εξαρτάται τόσο από τον αριθμό των καπνιστών και των τσιγάρων, όσο από τον ρυθμό εναλλαγής του αέρα και τη χρήση συσκευών όπως οι ιονιστές κλπ. Χρήσιμοι δείκτες για την ανίχνευση της ρύπανσης εσωτερικών χώρων από το τσιγάρο είναι η νικοτίνη, η σολανεσόλη, και η απορρόφηση ultraviolet lighting of particulate matter.

Ωστόσο, μετρήσεις βιολογικών δεικτών στον ανθρώπινο οργανισμό μπορούν να περιγράψουν με μεγαλύτερη ακρίβεια την έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού στον καπνό των τσιγάρων. Οι πιο κατάλληλοι δείκτες για το σκοπό αυτό είναι η νικοτίνη και η κοτινίνη, η οποία αποτελεί συστατικό μεταβολισμού της πρώτης και διαμορφώνεται με οξείδωση της νικοτίνης. Και οι δύο ουσίες εμφανίζονται στον οργανισμό σπανιότατα εφ' όσον δεν έχει προηγηθεί έκθεση σε καπνό τσιγάρων. Επειδή ο κύκλος ημιζωής της νικοτίνης γενικά είναι μικρότερος από 2 ώρες, (Rosenberg et al. 1980), η ανίχνευση νικοτίνης στα σωματικά υγρά (αίμα και πλάσμα) μη καπνιστών καθρεπτίζει πολύ πρόσφατες εκθέσεις. Αντίθετα η κοτινίνη μπορεί να αναδείξει έκθεση σε καπνό τσιγάρων που έχει προκύψει μέχρι και 20 ώρες πριν (USDHHS 1988, Kyerematen et al. 1982, Benowitz et al. 1983). Οι πληροφορίες οι οποίες μας δίνονται μέσω έρευνας των βιολογικών δεικτών παρέχουν επαρκή στοιχεία για να αποδείξουν πως ο καπνός του τσιγάρου απορροφάται, κυκλοφορεί και εκκρίνεται από το σώμα των παθητικών καπνιστών.

Επιδημιολογικές έρευνες έχουν δείξει ότι ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου των πνευμόνων σε «παθητικούς καπνιστές» κυμαίνεται γύρω στο 20%. Αυξημένη είναι επίσης η πιθανότητα εμφάνισης καρδιακών παθήσεων (μέχρι 30%). Πολύ αυξημένος είναι ο κίνδυνος θανάτου για τα νεογέννητα που εκτίθενται επανειλημμένα σε καπνό τσιγάρων, ενώ αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η έκθεση εγκύων σε καπνό από τσιγάρο τρίτων μπορεί να βλάψει το βρέφος, δημιουργώντας του προβλήματα ανάπτυξης και βάρους, γενετικές δυσμορφίες κλπ. Η έκθεση σε καπνό από τσιγάρο επηρεάζει επίσης αρνητικά την εξέλιξη των γνωστικών ικανοτήτων (ομιλία και ικανότητα μάθησης) και της συμπεριφοράς (δραστηριότητα και ικανότητα συγκέντρωσης) των παιδιών και προκαλεί ερεθισμό των αναπνευστικών οδών σε παιδιά (εμφάνιση 20-50%) αλλά και μεγάλους. Μακροχρόνια έκθεση νεογέννητων σε καπνό τσιγάρων μπορεί πιθανώς να συντελέσει στην εμφάνιση παιδικού καρκίνου στον εγκέφαλο, λευχαιμίας και λυμφωμάτων.

Το ενεργητικό κάπνισμα γνωρίζουμε πως συμβάλλει στην αρτηριοσκλήρωση, αυξάνει τις πιθανότητες εμφάνισης θρόμβωσης και καρδιακής αρρυθμίας, προκαλεί παροξυσμό των στεφανιαίων αρτηριών και μειώνει την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου στο αίμα. Βιολογικά είναι εύλογο και το παθητικό κάπνισμα να έχει αντίστοιχες επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, προκαλώντας καρδιαγγειακές παθήσεις μέσω των ίδιων ακριβώς μηχανισμών.

Ο καπνός των τσιγάρων περιέχει πλήθος ερεθιστικών ουσιών και έχει χαρακτηριστική μυρωδιά. Πολλοί μη καπνιστές βιώνουν ενόχληση λόγω της μυρωδιά του καπνού του τσιγάρου ενώ κάποιες ομάδες ανθρώπων, όπως οι ασθματικοί, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε αυτόν και υποφέρουν σε χώρους όπου επιτρέπεται το κάπνισμα. Εργαστηριακές έρευνες αλλά και έρευνες μέσω ερωτηματολογίων έχουν επιβεβαιώσει πως το ποσοστό μη καπνιστών, που βιώνει ενόχληση στα μάτια και τις αναπνευστικές οδούς ή ενόχληση λόγω μυρωδιάς των τσιγάρων τρίτων, είναι πολύ υψηλό.

Αξίζει να σημειωθεί πως κάποιες από τις παραπάνω επιδράσεις είναι αναστρέψιμες μέσα στο χρόνο. Αυτό σημαίνει πως όταν η έκθεση περιοριστεί ή μηδενιστεί, η επίδραση με το χρόνο μειώνεται και η υγεία αποκαθίσταται. Για το λόγο αυτό έχουν γίνει πλήθος εκστρατειών με στόχο την ενημέρωση και πρόληψη κατά του καπνίσματος.

[b] Άλλοι παράγοντες του εργασιακού περιβάλλοντος που επιδρούν στην υγεία

Θερμική άνεση

Η θερμική άνεση είναι η κατάσταση στην οποία ο άνθρωπος βιώνει ικανοποίηση από τις θερμοκρασιακές συνθήκες στο περιβάλλον του. Καθορίζεται βασικά από τέσσερις φυσικές παραμέτρους που πρέπει να συνεκτιμηθούν προκειμένου να προσδιορισθεί η θερμοκρασιακή πραγματικότητα του χώρου. Αυτές είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του αέρα καθώς επίσης και η ακτινοβολία των θερμικά ακτινοβολούντων σωμάτων ή επιφανειών. Έτσι, ένα εργασιακό περιβάλλον στο οποίο η θερμοκρασία του αέρα είναι 35°C και η σχετική υγρασία μικρή, όπου υπάρχει κίνηση του αέρα ενώ δεν υπάρχουν ακτινοβολούντα σώματα, είναι ευνοϊκότερο για τον εργαζόμενο από ένα περιβάλλον στο οποίο η θερμοκρασία του αέρα είναι 32°C αλλά η σχετική υγρασία είναι μεγάλη, ο αέρας είναι πρακτικά ακίνητος και υπάρχουν ακτινοβολούντα σώματα. Η θερμική άνεση εξαρτάται όμως και από άλλους παράγοντες όπως το είδος και η μορφή της εργασίας, η βαρύτητα της εργασιακής δραστηριότητας, η διάρκεια έκθεσης στο δυσμενές θερμικό περιβάλλον, ο ρουχισμός, καθώς επίσης και τη γενική κατάσταση υγείας του εργαζόμενου ή τη ψυχολογία του.

Το θερμικό περιβάλλον έχει μεγάλη επίδραση στον άνθρωπο και συγκεκριμένα στην ψυχολογία, τη συμπεριφορά, την παραγωγικότητα, την αίσθηση ικανοποίησης και την

ευημερία του. Όταν οι άνθρωποι νιώθουν δυσφορία λόγω των θερμοκρασιακών συνθηκών, δεν μπορούν να συγκεντρωθούν σε αυτό που κάνουν, γίνονται νευρικοί και διαμαρτύρονται. Έχει παρατηρηθεί πως τα συμπτώματα που συνδέονται με το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου αυξάνονται καθώς η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται από 21 σε 24 °C. Οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν νύστα και αποχάνωση, απώλεια συγκέντρωσης και χαμηλά αντανακλαστικά. Επίσης, οι υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με χαμηλή υγρασία, συνθήκες που συναντούνται συχνά το χειμώνα σε εσωτερικούς χώρους, προκαλεί ξηροφθαλμία, ερεθισμό, κοκκίνισμα και φαγούρα. Αντίθετα, οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν αγγειοσυστολή με μείωση της θερμοκρασίας του δέρματος με αποτέλεσμα τα κρύα και άκαμπτα άκρα. Έχει επίσης παρατηρηθεί πως υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των συνθηκών θερμικής άνεσης και του φωτισμού ή του θορύβου.

Όπως φάνηκε και από τα προηγούμενα, ο ανθρώπινος οργανισμός από μόνος του έχει τη δυνατότητα να διατηρήσει τη θερμική ισορροπία στο σώμα, κάτω από ένα σχετικό μεγάλο εύρος κλιματικών συνθηκών. Η θερμική αυτή ισορροπία επιτυγχάνεται μέσω των ενεργοποιητών και αποδεκτών του κεντρικού νευρολογικού συστήματος. Οι αποδέκτες της θερμοκρασίας, που καταγράφουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, βρίσκονται στον υποθάλαμο του εγκεφάλου, ενώ οι ενεργοποιητές, που αντιπροσωπεύουν την αντίδραση του σώματος στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, βοηθούν στην αποβολή ή τη συγκράτηση θερμότητας ανάλογα με τις περιστάσεις. Η αποβολή θερμότητας επιτυγχάνεται μέσω ύγρανσης του δέρματος (ιδρώτας) και εξάτμισης. Συγκράτηση θερμότητας επιτυγχάνεται μέσω της ανατριχίλας, που αποσκοπεί στην παγίδευση μιας στρώσης ακίνητου αέρα ανάμεσα στο σώμα και το περιβάλλον, ή του τρέμουλου, που για σύντομα χρονικά διαστήματα αυξάνει την φυσιολογική παραγωγή θερμότητας του οργανισμού κατά 5 φορές. Επίσης, η κυκλοφορία του αίματος αποτελεί διαδικασία μεταφοράς και απώλειας θερμότητας. Μέσω αγγειοσυστολής και αγγειοδιαστολής, το αίμα ωθείται σε βαθιά στρώματα για να μεταφέρει θερμότητα σε ιστούς και όργανα ή ανεβαίνει κοντά στο δέρμα για να αποβάλει θερμότητα.

Όταν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού επικρατούν ιδιαίτερα αυξημένες θερμοκρασίες και σχετική υγρασία, ο ανθρώπινος οργανισμός είναι δυνατό να μην μπορεί να ανταπεξέλθει στις ακραίες αυτές συνθήκες και να υποστεί σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία. Σε αυτή την περίπτωση μιλάμε για θερμική καταπόνηση. Η

θερμική καταπόνηση μπορεί να προκαλέσει τις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες παθολογικών καταστάσεων.

1. Διαταραχές του μηχανισμού θερμικής ισορροπίας

Ο φυσικός μηχανισμός θερμικής ισορροπίας του οργανισμού μπορεί να εξαντληθεί συντελώντας έτσι στην αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας και την καταστολή των μηχανισμών εφίδρωσης. Στην περίπτωση αυτή συναντάμε το φαινόμενο της θερμοπληξίας και της υπερπυρεξίας. Η υπερπυρεξία χαρακτηρίζεται από υπερκινητικότητα και κατάσταση παραληρήματος. Τα συμπτώματα της θερμοπληξίας είναι ανυπόφορη θερμότητα, γενική εξάντληση, πονοκέφαλος και ναυτία συνοδευόμενη από εμετούς. Εμφανίζονται επίσης ερυθρότητα, ξηρότητα και υπερθερμία του δέρματος. Σε ακραίες καταστάσεις μπορεί να συνοδεύεται από πτώση της αρτηριακής πίεσης, νευρολογικές διαταραχές, σπασμούς, κώμα ακόμα και θάνατο. Η θερμοπληξία μπορεί να εκδηλωθεί είτε σταδιακά είτε με οξύ τρόπο.

2. Θερμική συγκοπή

Εκδηλώνεται σαν αιφνίδια απώλεια της συνείδησης. Το σύμπτωμα αυτό είναι προσωρινό και οφείλεται σε ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο που είναι αποτέλεσμα μειωμένης αιματικής παροχής στον εγκέφαλο. Η θερμική συγκοπή συχνά συνοδεύεται από υπερθερμία, ζαλάδες, γενική εξάντληση, ταχυκαρδία και λιποθυμία.

3. Αφυδάτωση και αφαλάτωση

Η αφυδάτωση είναι το αποτέλεσμα έκθεσης ή εργασίας μικρού χρονικού διαστήματος σε θερμό περιβάλλον και απώλειας υδατικού όγκου (γύρω στο 5% του συνολικού). Οφείλεται στην αδυναμία του οργανισμού να αποκαταστήσει την έλλειψη νερού που χάθηκε με την εφίδρωση και εκδηλώνεται με έντονο αίσθημα δίψας, ταχυκαρδία, καταστολή των μηχανισμών εφίδρωσης και νοητική σύγχυση. Η αφαλάτωση αντίστοιχα είναι η έλλειψη νατρίου από τον οργανισμό που προκλήθηκε κατά την παρατεταμένη εφίδρωση. Τα συμπτώματα εκδηλώνονται μετά από κάποιες ημέρες επαγγελματικής έκθεσης σε θερμό περιβάλλον και αποτελούνται από εξάντληση, κράμπες, βραδυκαρδία, ζαλάδες και εμετούς.

4. Δερματικές διαταραχές

Ως αποτέλεσμα της έκθεσης σε θερμό εργασιακό περιβάλλον μπορούν να προκύψουν δερματικές διαταραχές όπως εγκαύματα και εξανθήματα. Τα εγκαύματα προκαλούνται είτε από δερματική επαφή με θερμά αντικείμενα είτε από ακτινοβολούμενη θερμοκρασία. Πρώτα συμπτώματα είναι το κοκκίνισμα, το πρήξιμο και οι φουσκάλες ενώ μπορεί να προκύψουν σοβαρά προβλήματα στη γενικότερη κατάσταση υγείας των παθόντων. Τα εξανθήματα μπορεί να είναι αποτέλεσμα μακράς

και διαρκούς επαφής της επιδερμίδας με τον ιδρώτα. Εκδηλώνεται με φαγούρα και κοκκίνισμα και προκαλεί φραγμό των καναλιών των ιδρωτοποιών αδένων από κερατίνη και άρα διακοπή της έκκρισης του ιδρώτα που μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες για τον οργανισμό.

Υγρασία

Η υγρασία αποτελεί έναν παράγοντα καθοριστικό για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος κτιρίων. Ανάλογα και με τα τοπικά κλιματικά χαρακτηριστικά, η υγρασία μπορεί να δημιουργεί προβλήματα μέχρι και στο 15% των κτιρίων. Στην Ελλάδα το πρόβλημα της υγρασίας δεν παίρνει τόσο μεγάλες διαστάσεις λόγω του σχετικά ξηρού κλίματος, εξακολουθεί όμως να παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των χώρων. Υψηλό ποσοστό της υγρασίας παράγεται επιπλέον από δραστηριότητες μέσα στους χώρους, όπως είναι το μαγείρεμα και η χρήση του μπάνιου.

Η υγρασία, σε συνδυασμό πάντα με άλλους καθοριστικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία των επιφανειών, τα υλικά και η κυκλοφορία του αέρα, διευκολύνει την ανάπτυξη και δημιουργία μικροοργανισμών και μυκήτων μέσα στους χώρους. Οι μικροοργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται πάνω ή μέσα στις επιφάνειες του κτιρίου, των συστημάτων του, των διαφόρων επίπλων ή του λιμνάζοντος νερού. Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών, μούχλα, μύκητες κλπ., μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα όπως βήχα και σφύριγμα στο στήθος και να δημιουργήσει προβλήματα υγείας από την ανάπτυξη αλλεργιών μέχρι και άσθμα.

Η υγρασία επηρεάζει επίσης τη θερμική άνεση των ανθρώπων μέσα στους χώρους.

Το επίπεδο υγρασίας που ευθύνεται για τα παραπάνω προβλήματα είναι όταν βρίσκεται εκτός των συνηθισμένων ορίων 60-80%.

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των χώρων, συχνά σε συνάρτηση με άλλους φυσικούς παράγοντες όπως η υγρασία, μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα περιβάλλοντος των χώρων αυτών, άμεσα ή έμμεσα. Άμεσα, προκαλώντας αίσθηση ζέστης ή κρύου και συντελώντας έτσι στην θερμική καταπόνηση ή θερμική άνεση των ανθρώπων που βρίσκονται ή εργάζονται μέσα στο χώρο. Έμμεσα, επιταχύνοντας τις διαδικασίες εκπομπής διαφόρων ρύπων, κυρίως πτητικών οργανικών ενώσεων, από υλικά.

Φωτισμός

Ο φωτισμός των χώρων είναι ένας ακόμη παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την γενικότερη κατάσταση υγείας του ανθρώπου που ζει ή εργάζεται στον χώρο αυτό. Συχνά αλληλεπιδρώντας με άλλους παράγοντες, αλλά και ως αυτόνομος παράγοντας, ο φωτισμός επηρεάζει την ψυχολογία του ανθρώπου, αυξάνει ή μειώνει το αίσθημα άνεσης και ευεξίας, επιδρά στην παραγωγικότητά του και συμβάλει στην αίσθηση του χρόνου. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει ο φωτισμός στη γενικότερη ασφάλεια των εργαζομένων ως προς την όραση. Ο καλός φωτισμός βοηθά στο να αντιλαμβανόμαστε το περιβάλλον μας καλύτερα και άρα να αποφεύγουμε επικίνδυνες καταστάσεις. Αντίθετα η θάμβωση, όπως και η ανεπάρκεια φωτισμού, επηρεάζει το οπτικό μας πεδίο δημιουργώντας επικίνδυνες καταστάσεις και δυσάρεστα συναισθήματα. Μια έρευνα που έκαναν οι S.H.A. Begemann, G.J. bvan der Belt και A.D. Tenner έδειξε ότι οι εργαζόμενοι σε γενικές γραμμές προτιμούν να εργάζονται κάτω από συνθήκες φυσικού φωτισμού ακολουθώντας τις ημερήσιες μετατροπές αυτού, παρά σε σταθερά επίπεδα τεχνητού φωτισμού. Επίσης αποδείχτηκε πως η έλλειψη σωστού φωτισμού μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας που κυμαίνονται από έλλειψη ύπνου και μείωση της αποδοτικότητας, έως και κατάθλιψη.

Θόρυβος

Ο θόρυβος ή η ηχορύπανση αποτελεί ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα στις μέρες μας και μια άμεση απειλή για την υγεία μας. Τόσο στο εξωτερικό μας περιβάλλον όσο και μέσα στις κατοικίες μας ή τον εργασιακό μας χώρο αντιμετωπίζουμε ακατάπαυστα αυξημένα επίπεδα θορύβου που είτε μας προκαλούν άγχος και νευρικότητα και μας στερούν την τόσο απαραίτητη για τον οργανισμό μας ηρεμία, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο ατυχημάτων και μειώνοντας το επίπεδο ζωής, είτε μας προκαλούν σοβαρή βλάβη στην υγεία.

Τι είναι όμως στην πραγματικότητα θόρυβος και πως επιδρά αυτός στην ανθρώπινη υγεία; Θόρυβος είναι ο ανεπιθύμητος, ενοχλητικός ή απλά δυσάρεστος για τον άνθρωπο ήχος. Είναι ένα σύμπλεγμα ηχητικών κυμάτων με ελάχιστη ή καμιά περιοδικότητα. Οι επιπτώσεις του θορύβου στον οργανισμό μπορεί να είναι ακουστικές ή μη ακουστικές. Μη ακουστικές επιδράσεις είναι αυτές που αφορούν κυρίως το νευρικό σύστημα, τις ψυχικές λειτουργίες, το ενδοκρινικό και άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού. Οι ακουστικές επιδράσεις αφορούν το όργανο της ακοής.

Η γνωστότερη επίπτωση του θορύβου στην υγεία είναι η απώλεια της ακοής, πρόβλημα που πρωτοπαρατηρήθηκε σε χαλκουργούς το 1731. Η απώλεια της ακοής λόγω θορύβου προέρχεται από βλάβη ή ζημιά των νευροεπιθηλιακών αισθητηρίων κυττάρων (των αισθητικών τριχωτών κυττάρων της εσωτερικής μοίρας του αυτιού) στη βάση των οποίων υπάρχουν οι συνάψεις με τις ίνες των απαγωγών νευρώνων (το σημείο έναρξης της νευρικής μετάδοσης του ηχητικού μηνύματος που καταλήγει στον εγκεφαλικό φλοιό, στο πάνω τμήμα του κροταφικού λοβού). Αυτού του είδους βλάβη στην ακοή λαμβάνει χώρα αργά και σταθερά και δεν είναι αναστρέψιμη.

Οι διαταραχές της ακοής μπορεί να οφείλονται σε μηχανική παρεμπόδιση της διαβίβασης του ήχου στο εσωτερικό τμήμα του αυτιού (βαρηκοΐα αγωγιμότητας) ή σε καταστροφή των τριχωτών κυττάρων της εσωτερικής μοίρας του αυτιού (νευροαισθητήρια βαρηκοΐα). Σπανίως μπορεί επίσης να προκληθεί βαρηκοΐα από διαταραχές της κεντρικής ακουστικής επεξεργασίας (όταν επηρεάζονται τα ακουστικά κέντρα του εγκεφάλου).

Σε περιπτώσεις έκθεσης σε θόρυβο μεγάλης έντασης (πάνω από 90dB(A)) ή μεγάλης διάρκειας είναι δυνατόν να προκληθεί τραυματισμός του ακουστικού νεύρου με αποτέλεσμα μόνιμη απώλεια της ακοής. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται θορυβογενής βαρηκοΐα ή θορυβογενής απώλεια της ακοής. Αποτελεί τη συνηθέστερη επαγγελματική ασθένεια στην Ευρώπη, καθώς αντιστοιχεί περίπου στο ένα τρίτο του συνόλου των επαγγελματικών ασθενειών, συνηθέστερη από τα δερματικά και τα αναπνευστικά προβλήματα². Το πρώτο σύμπτωμα της θορυβογενούς βαρηκοΐας είναι η αδυναμία να γίνουν αντιληπτοί ήχοι υψηλής συχνότητας. Εάν η έκθεση δεν αντιμετωπιστεί τότε τα συμπτώματα επεκτείνονται και στις χαμηλότερες συχνότητες.

Απώλεια της ακοής μπορεί να προκληθεί και από σύντομης διάρκειας θόρυβο παλμικού χαρακτήρα όπως ένας πυροβολισμός. Από παλμικά ηχητικά ερεθίσματα μπορεί επίσης να επέλθει ρήξη του τυμπάνου, γεγονός επώδυνο αλλά όχι μόνιμο.

Ένας επιπλέον κίνδυνος για την ακοή είναι η ταυτόχρονη έκθεση σε ωτοτοξικές ουσίες και δυνατό θόρυβο. Ωτοτοξικές είναι κάποιες ουσίες που κυριολεκτικά δηλητηριάζουν το αυτί όταν συνδυάζονται με υψηλά επίπεδα θορύβου. Αυτή η συνεργασία παρατηρείται ιδίως μεταξύ του θορύβου και κάποιων οργανικών διαλυτών που

² Στοιχεία δημοσιευμένα στην έκδοση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια και την Υγεία «Data to describe the link between OSH and employability» 2002, ISBN 92-95007-66-2.

χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία πλαστικών, παρασκευής χρωμάτων και βερνικιών και άλλα..

Ενδιαφέρον είναι να σημειωθεί ότι η εκτεταμένη έκθεση εγκύων σε υψηλά επίπεδα θορύβου μπορεί να έχει αργότερα επιπτώσεις στην ακοή του εμβρύου. Η χρήση ατομικών μέτρων προστασίας από τη μητέρα δεν προστατεύει το έμβρυο.

Τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά του θορύβου είναι η **συχνότητα** και η **ένταση**. Η **συχνότητα** ορίζει τον αριθμό των ολοκληρωμένων δονήσεων στη μονάδα του χρόνου και μετράται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο ή **Hertz (Hz)**. Ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί και να ανεχθεί ένα ορισμένο φάσμα ήχων που βρίσκονται μέσα στην περιοχή συχνοτήτων από 16 έως 20.000 Hz. Οι ήχοι που έχουν συχνότητα μεγαλύτερη των 20.000 Hz ονομάζονται υπέρηχοι ενώ εκείνοι με συχνότητα μικρότερη των 16 Hz υπόηχοι. Οι υπόηχοι και οι υπέρηχοι, αν και δεν γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο, μπορεί να έχουν βλαπτική επίδραση στην υγεία του. Οι συχνότητες 0.1-20 Hz μπορούν να προκαλέσουν ζαλάδες, ενώ χαμηλής συχνότητας ήχοι 20-100 Hz που παρουσιάζονται σε κτίρια με συστήματα κλιματισμού ή άλλα βιομηχανικά μηχανήματα, προκαλούν διάφορα προβλήματα.

Στην εκτίμηση των ηχητικών επιπέδων, ως μονάδα μέτρησης της ηχητικής έντασης χρησιμοποιείται το **decibel (dB)**, το οποίο είναι λογαριθμική μονάδα και εκφράζει το επίπεδο της ηχητικής πίεσης. Για κάθε διπλασιασμό της ηχητικής έντασης παρατηρείται μια αύξηση 3dB του ηχητικού επιπέδου. Π.χ. το διπλάσιο των 85 dB δεν είναι τα 170 αλλά τα 88 dB. Τα 60 dB είναι η στάθμη θορύβου στην οποία όταν εκτεθεί κάποιος που κοιμάται ξυπνάει. Επίπεδα ήχων που κυμαίνονται μεταξύ 70-80 db μπορούν να κουράσουν τον άνθρωπο. Στα 75 dB έχουμε σημαντικές επιπτώσεις στο νευροφυτικό σύστημα και ελάττωση της εργασιακής αποδοτικότητας ενώ στα 85 αρχίζει να βλάπτεται το σύστημα ακοής δημιουργώντας πιθανότητες κώφωσης.

Μέσα στον εργασιακό χώρο ενός γραφείου, πηγές θορύβου μπορεί να αποτελούν το σύστημα θέρμανσης, αερισμού ή κλιματισμού, οι γραφειακές συσκευές (υπολογιστές, φαξ, ηλεκτρονικοί σαρωτές, τηλέφωνα), αλλά και οι ομιλίες. Τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού παράγουν θόρυβο σχετικά χαμηλής συχνότητας (πολλές φορές υπόηχους) και μεγάλης διάρκειας. Τα ηχητικά επίπεδα των συστημάτων αυτών ποικίλουν πολύ και μπορεί να φτάνουν μεχρι και τα 80-90 dB. Κάποιοι ερευνητές

υποστηρίζουν πως μακροχρόνια έκθεση σε υποηχητικό θόρυβο επιφέρει συμπτώματα όπως κούραση, ζαλάδα, νευρικότητα και ναυτία και θεωρούν πως οι υπόηχοι μπορούν να προκαλέσουν αλλεργίες και νευρικό κλονισμό. Παρ' όλα αυτά οι απόψεις πάνω στο ζήτημα δίστανται.

Όμως οι έννοιες όπως φύση, ένταση και συχνότητα του θορύβου, δεν επαρκούν για να καθορίσουν μόνες τους τη διαφορετική αίσθηση που προκαλεί ένας ήχος από ένα θόρυβο. Αυτή η διαφορά καθορίζεται από υποκειμενικούς παράγοντες που προσδίδουν σε κάθε ηχητικό ερέθισμα που γίνεται αντιληπτό, έναν επιθυμητό ή ανεπιθύμητο χαρακτήρα. Τέτοιοι παράγοντες είναι η διακύμανση του ήχου, η προβλεψιμότητα, η δυνατότητα ελέγχου της πηγής, η φυσική και πνευματική κατάσταση του ανθρώπου την συγκεκριμένη στιγμή και το είδος της δραστηριότητας που εκτελεί. Έτσι, ένας συνεχόμενος επαναλαμβανόμενος ήχος όπως το κουδούνισμα του τηλεφώνου ή ο μόνιμος βόμβος του ηλεκτρονικού υπολογιστή ή του κλιματιστικού, μπορεί να επηρεάζει τα επίπεδα άγχους και να προκαλεί νευρικότητα. Σε γενικές γραμμές η ηχητική ενόχληση μπορεί να είναι συνώνυμη με αίσθημα ενόχλησης, θυμού και παραβίασης της προσωπικής ζωής, μπορεί να συνεπάγεται παρεμβολή ή διακοπή των εργασιών, ή να προκαλεί εκνευρισμό, υπερένταση, άγχος, υπέρταση, ταχυκαρδία, δυσκολία στη συγκέντρωση, πονοκεφάλους, διαταραχές στον ύπνο, κούραση, χαμηλό ηθικό καθώς και διαταραχές στη συμπεριφορά.

Οι παραπάνω περιγραφές υπονοούν πως η σύσταση ορίων θορύβου δεν είναι απλή υπόθεση. Παρ' όλα αυτά στο παρελθόν έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες σύστασης προτεινόμενων ορίων θορύβου για εσωτερικούς χώρους. Όμως στην πραγματικότητα τα τυπικά επίπεδα θορύβου σε εσωτερικούς χώρους ξεπερνούν τις υποδείξεις κατά 5 με 10 dB.

Recommended Acceptable Levels , dBA

Τοποθεσία	Beranek (1957)	ASHRAE (1967)	Kryter (1970)	Beranek (1971)
Ιδιωτικό γραφείο	30-45	25-45	35	
Γενικό γραφείο	40-55	35-65	35-40	
Αίθουσα	35	35-45	35	38-47

διδασκαλίας				
Lecture theater	30-35	30-40	33	30-34
Assembly hall	35-40	30-40	38	30-42
Δικαστική αίθουσα	40-45	40		42
Νοσοκομείο	42	30-45	40	34-47
Εκκλησία	40	25-35	40	30-42
Concert hall	25-35	25-35	28-35	21-30
Recording studio	25-30	25-35	28	21-34
Κατοικίες, υπνοδωμάτια	35-45	25-35	40	34-47
Εστιατόρια	55	40-55	55	42-52

Indoor Air Quality Handbook, Source: Adapted from Hegvold and May (1978)

Ιόντα

Ο καθαρός ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει 1.000 – 2.000 ιόντα /cm³ σε αναλογία 5 θετικά προς 4 αρνητικά. Όσο αυτή η ισορροπία ιόντων παραμένει σταθερή, το περιβάλλον είναι ευχάριστο και άνετο για τον άνθρωπο. Όταν, για οποιονδήποτε λόγο, αυτή η ισορροπία ανατραπεί, ο άνθρωπος βιώνει εκνευρισμό και δυσαρέσκεια και μπορεί να παρουσιάσει μέχρι και συμπτώματα κατάθλιψης. Το αίσθημα αυτό της δυσαρέσκειας προκαλείται από την αύξηση των θετικών ιόντων ή τη μείωση των αρνητικών ιόντων στον αέρα. Η ανισορροπία ιόντων μέσα σε εσωτερικούς χώρους, προκαλείται από την επιβάρυνση του εσωτερικού αέρα με αιωρούμενους ρύπους καπνού και σκόνης (θετικά και βαρέα ιόντα), από υδρατμό κλπ. Από την άλλη, τα αρνητικά ιόντα σε εσωτερικούς χώρους μειώνονται από τα ηλεκτρικά πεδία ηλεκτρικών συσκευών και από στατικό ηλεκτρισμό που προκαλείται από συνθετικές ύλες, συμβάλλοντας έτσι στο αίσθημα της δυσαρέσκειας. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος ιόντων σε εσωτερικούς χώρους χρησιμοποιούνται ηλεκτροστατικά φίλτρα και ιονιστές που φορτίζουν τον αέρα, είτε θετικά είτε αρνητικά, ώστε να επανέλθει η ισορροπία.

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Μαγνητικά πεδία δημιουργούνται παντού όπου υπάρχει ροή ηλεκτρικού ρεύματος.

Κατά συνέπεια, οι άνθρωποι κινούνται καθημερινά μέσα σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Άλλωστε στο ίδιο το ανθρώπινο σώμα υπάρχουν φυσικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία που μεταφέρουν μηνύματα στο νευρικό σύστημα ή στηρίζουν τη λειτουργία της καρδιάς. Το ανθρώπινο σώμα διαρρέεται από ενδογενή ρεύματα της τάξεως των 1-10 mA/m². Επίσης, εκτός των ενδογενών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, ο άνθρωπος υποβάλλεται καθημερινά στο μαγνητικό πεδίο της γης.

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε εσωτερικούς χώρους εκπέμπεται από μικρές ηλεκτρικές οικιακές συσκευές (φούρνοι μικροκυμάτων, στεγνωτήρες μαλλιών, ηλεκτρικοί φούρνοι, ηλεκτρική θέρμανση, οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών, ηλεκτρικές κουβέρτες, κινητά τηλέφωνα), γραμμές ηλεκτρικής παροχής, λαμπτήρες κ.α.. Ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί όμως να προέρχονται και από ηλεκτροφόρα καλώδια υψηλής τάσης που βρίσκονται κοντά σε κτίρια, από γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, κοντινούς ηλεκτρικούς σταθμούς, μεγάλους μετασχηματιστές, κεραίες κινητής τηλεφωνίας, ραντάρ, ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς σταθμούς.

Ποιες όμως είναι οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οργανισμό και πώς ορίζονται αυτές;

Τα κύρια χαρακτηριστικά που ορίζουν και διαφοροποιούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι το μήκος κύματος, η συχνότητα και η ενέργεια. Το μήκος κύματος είναι αντιστρόφως ανάλογο της συχνότητας κι έτσι, όσο πιο μικρό το μήκος κύματος, τόσο πιο ψηλή η συχνότητα. Η ενέργεια που μεταφέρουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ονομάζεται κβαντική ενέργεια. Όταν αυτή η ενέργεια είναι πολύ μεγάλη (σε υψηλές συχνότητες και άρα σε μικρά μήκη κύματος) μπορεί να προκληθούν αλλοιώσεις στον γενετικό κώδικα DNA, με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση καρκίνου.

Στην πράξη, αλλοιώσεις στο DNA μπορούν να προκαλέσουν μόνο πεδία που χαρακτηρίζονται από υψηλή συχνότητα, μικρό μήκος κύματος και υψηλή ενέργεια. Η ακτινοβολία με αυτά τα χαρακτηριστικά ονομάζεται ιονίζουσα ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή είναι επικίνδυνη διότι μπορεί να προκαλέσει ιονισμό, δηλαδή απόσπαση ηλεκτρονίων από τα άτομα. Αυτού του είδους η ακτινοβολία δεν είναι η ακτινοβολία στην οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά (με εξαίρεση την ακτινοβολία του ήλιου που είναι ιονίζουσα).

Από όσο μέχρι τώρα γνωρίζουμε, τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία στα οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά από συσκευές, ηλεκτρισμό, κινητά τηλέφωνα κλπ. είναι

μεγάλου μήκους κύματος και χαμηλής συχνότητας (μέχρι 300Hz) κι έτσι δεν μπορούν να προκαλέσουν ιονισμό. Η κυριότερη επίδραση αυτών των πεδίων στον ανθρώπινο οργανισμό είναι σε βιολογικό επίπεδο και αφορά την αύξηση της θερμότητας στους ιστούς. Πρόκειται για μια επίδραση που επέρχεται ύστερα από παρατεταμένη ή μακροχρόνια έκθεση. Επειδή όμως γενικά πιστεύεται πως η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει πολύ αρνητικές επιδράσεις στην υγεία και επειδή είναι πιθανό να υπάρχουν κενά στις μέχρι τώρα γνώσεις μας, καλό είναι να λαμβάνουμε προφυλάξεις και να εφαρμόζουμε τις συστάσεις των ορίων και προτύπων που ορίζονται από διεθνείς οργανισμούς.

Οι μέχρι τώρα μελέτες δεν έχουν αποδείξει σχέση αίτιου και αποτελέσματος μεταξύ ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χαμηλής ενέργειας και συγκεκριμένων ασθενειών. Ύπάρχουν όμως σοβαρές ενδείξεις ότι η παρουσία ηλεκτρομαγνητικών πεδίων σχετίζεται με συμπτώματα λευχαιμίας και καρκίνου. Επίσης θεωρείται πως η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προκαλεί ηλεκτρική καταπόνηση του οργανισμού (αδυναμία φυσικής ανανέωσης, προβλήματα χαλάρωσης κλπ).

Οσμές

Στο ευρύτερο περιβάλλον μας βρίσκονται και παράγονται δεκάδες ουσίες που έχουν χαρακτηριστική και συχνά δυσάρεστη οσμή. Πολλές από αυτές τις ουσίες εισβάλλουν σε εσωτερικούς χώρους μέσω των ανοικτών παραθύρων ή του συστήματος κλιματισμού και προκαλούν ενόχληση στους χρήστες των χώρων. Κάποιες οσμές προέρχονται επίσης από τους ίδιους τους χρήστες των χώρων και τις δραστηριότητες αυτών αλλά και τα υλικά που χρησιμοποιούνται μέσα στο κτίριο. Η ενόχληση που προκαλεί μια οσμή μπορεί να περιορίζεται στο να επηρεάσει την ανθρώπινη διάθεση. Μπορεί όμως επίσης μια οσμή να είναι αφόρητη, να προκαλεί τσούξιμο ή ερεθισμό στην αναπνευστική οδό ακόμα και να προκαλέσει ναυτία, πονοκέφαλο και τάση για εμετό. Στον παρακάτω πίνακα εστιαζόμαστε σε πηγές ουσιών με χαρακτηριστικές οσμές οι οποίες προέρχονται από τον ίδιο το χώρο.

Source	Odorous compound names	Formula	Geom. Mean recognition odor threshold, ppm	Odor character

Air cleaning devices (ionizers, purifiers)	Nitrogen dioxide, ozone	NO ₂ , O ₃	0.8	Bleach
Air conditioning systems	Mesityl oxide, benzoquinone, diacetyl alcohol, furfuryl alcohol	C ₆ H ₁₀ O C ₆ H ₄ O ₂ C ₆ H ₁₂ O ₂ C ₆ H ₆ O ₂	- 0.4 1.1 8	Sweet, musty Musty Sweet, musty Etherish
Bathrooms	Skatole Indole Methyl mercaptan	C ₉ H ₉ N C ₈ H ₇ N CH ₄ S	- - 0.001	Fecal Fecal Rotten cabbage
Bleach (laundry)	Sodium hypochlorite	NAOCL	-	Bleach
Carpeting	Ethyl acrylate Methyl acrylate	C ₅ H ₈ O ₂ C ₃ H ₆ O ₂	0.004 0.01	Plastic, ester Sharp, airplane glue, plastic
Cleaners	Acetone Ammonia Alcohols a-pinene	C ₃ H ₆ O NH ₃ C ₄ H ₁₀ O C ₁₀ H ₁₆	130 17 9 0.03	Nail polish remover Pungent, irritating Musty, sweet Pine
Cigarette, cigar smoke	Numerous alcohols, aldehydes, ketones, acids Acetaldehyde Acrolein Adlyl alcohol Cyclohexanone Acrylic acid	 C ₂ H ₄ O C ₃ H ₄ O C ₃ H ₆ O C ₆ H ₁₀ O C ₃ H ₄ O ₂	 0.07 2 2 0.1 1.0	 Pungent Piercing, sharp Sharp, mustard Sharp, sweet Rancid, plastic
Furniture, wood paneling	Formaldehyde Octanol	CH ₂ O C ₆ H ₁₈ O	0.6 20	Waxy, oily
Gasoline	Alkanes, aromatics: Hexane Toluene	 C ₆ H ₁₄ C ₇ H ₈	 150 11	 Gasoline Paint, sour
Insecticides, pesticides	Methylparathion	C ₈ H ₁₀ NO ₅ -PS	0.01	Pungent, musty
Mothballs	Naphthalene p-dichlorobenzene	C ₁₀ H ₈ C ₆ H ₄ Cl ₂	0.5 -	Mothballs Mothballs
Paints,	Toluene	C ₇ H ₈	11	Paint, sour

lacquers, varnishes	Xylene	C_8H_{10}	1	Sweet, paint
	Methyl isobutylkenone	$C_6H_{12}O$	2	Sharp
	Methyl ethyl ketone	C_4H_8O	17	Sharp
	n-butyl acetate	$C_4H_{12}O_2$	0.02	Banana-like
Shoe polish, waxes	nitrobenzene	$C_6H_5NO_2$	0.4	Almonds, shoe polish

Indoor air quality handbook Indoor sources of Odors, Odorous Compounds and their characteristics

Οι οσμές γίνονται αισθητές από το οσφρητικό νεύρο. Οι αποδέκτες, ή αλλιώς τα δεκτικά οσφρητικά κύτταρα, είναι νευρωνικές απολήξεις του οσφρητικού επιθηλίου, ενός ιστού που βρίσκεται στο ανώτατο και πίσω μέρος της ρινικής κοιλότητας. Η συγκέντρωση μιας μυρωδιάς είναι μια μετρήσιμη ιδιότητα. Συχνά ορίζεται βάση του ορίου ανίχνευσης ή του ορίου αναγνώρισης μιας οσμής. Το όριο ανίχνευσης ορίζεται ως η συγκέντρωση εκείνη στην οποία ένα συγκεκριμένο ποσοστό πληθυσμού (συνήθως 50%) είναι ικανό να διακρίνει ένα άοσμο (καθαρό) δείγμα αέρα από ένα δείγμα που περιέχει κάποια οσμή. Η διαφορά με το όριο αναγνώρισης είναι πως στο δεύτερο γίνεται αντιληπτή και αναγνωρίζεται η συγκεκριμένη μυρωδιά. Το όριο αναγνώρισης είναι συνήθως 2 με 5 φορές υψηλότερο του ορίου ανίχνευσης.

Σε γενικές γραμμές δεν έχουν οριστεί οριακές τιμές έκθεσης σε οσμές. Όπως και η αντίληψη ενός ήχου, έτσι και η αντίληψη μιας μυρωδιάς συχνά αποτελεί υποκειμενική έννοια που επηρεάζεται από πλήθος άλλων παραγόντων όπως είναι η διάθεση και ψυχολογία του ατόμου τη συγκεκριμένη στιγμή, το είδος δραστηριότητας με την οποία ασχολείται κλπ.

[Α]ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Εισαγωγή

Στις μέρες μας πολύ συχνά εμφανίζονται προβλήματα ρύπανσης εργασιακών χώρων (κτίρια γραφείων, βιομηχανικοί χώροι κλπ.), όπου η κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα επιφέρει εκτός από τα προαναφερόμενα προβλήματα υγείας, επίσης ένα πολύ μεγάλο κόστος. Η EPA, σε έκθεσή της προς το Αμερικανικό Κογκρέσο το 1989 παρουσίασε ότι το ετήσιο κόστος για την ιατρική περίθαλψη για τις βασικές ασθένειες που είναι αποτέλεσμα της μόλυνσης του εσωτερικού περιβάλλοντος στα κτίρια, ξεπερνάει το 1 δις δολάρια (Fedrizzi, 1996). Η μείωση της αποδοτικότητας των εργαζομένων εξαιτίας των ασθενειών αυτών κυμαίνεται μεταξύ 4.7 – 5.4 δις δολάρια. Το τελικό οικονομικό κόστος των ασθενειών που έχουν σχέση με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα στα κτίρια, συμπεριλαμβάνοντας αποζημιώσεις, αναρρωτικές άδειες, ιατρική περίθαλψη κλπ. εκτιμάται ότι στις ΗΠΑ πλησιάζει τα 60 δις δολάρια το χρόνο, σύμφωνα πάντα με την EPA³. Από ειδικούς μελετητές του Διεθνούς Οργανισμού Υγείας υπολογίστηκε ότι το συνολικό κόστος ασθενειών που σχετίζονται με το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου είναι περίπου 0.5-1% του GNP (SNT, 1996). Οι W. Fisk και A. Rosenfeld σε μια πρόσφατη δημοσίευσή τους πάλι, υπολογίζουν πως συγκεκριμένα στην Αμερική, το ετήσιο κέρδος από την αύξηση της παραγωγικότητας ως αποτέλεσμα μείωσης των λοιμώξεων της αναπνευστικής οδού, μπορούσε να ανέρχεται τα US\$ 6–14 δισεκατομμύρια, ενώ η μείωση του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου θα έφτανε τα US\$ 15–38 δισεκατομμύρια. Η γενική αύξηση της αποδοτικότητας υπολογίζεται στα US\$ 20–200 δισεκατομμύρια. Στην Φινλανδία επίσης (Seppänen), το κόστος κακής ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων υπολογίζεται στα 2.7 δισεκατομμύρια ευρώ.

Η παραγωγικότητα των εργαζομένων και άρα η ποιότητα εργασίας αλλά και το κόστος κάθε εργαζομένου εξαρτάται άμεσα από τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο εργασίας. Έτσι πολλές φορές το κόστος εγκατάστασης και εφαρμογής μιας τεχνικής επίλυσης του προβλήματος ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος έχει άμεση απόσβεση λόγω της αύξησης της παραγωγικότητας των εργαζομένων.

³ Ενέργεια και εσωτερική ρύπανση χώρων

Από την αρχαιότητα κιόλας είχε διαπιστωθεί ότι οι συνθήκες εργασίας μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων. Σχετικές αναφορές έχουν γίνει από τον Ιπποκράτη, τον Πλάτωνα, τον Αριστοτέλη κι άλλους αρχαίους Έλληνες φιλόσοφους ή επιστήμονες. Παρά τη γνώση αυτή, δεν ήταν παρά τον 19^ο αιώνα που πρωτοξεκίνησε η εφαρμογή μέτρων πρόληψης και προστασίας από τους κινδύνους που προκύπτουν στο εργασιακό περιβάλλον. Στην Ελλάδα τα πρώτα ουσιαστικά βήματα για την καθιέρωση νομοθεσίας σχετικής με την ασφάλεια και υγεία των εργαζομένων έγιναν το 1911 με το Νόμο «Περί υγιεινής και ασφάλειας των εργατών και περί ωρών εργασίας» που κωδικοποιήθηκε με Βασιλικό διάταγμα στις 25 Αυγούστου 1920. Βάση του διατάγματος αυτού καθιερώθηκαν για πρώτη φορά στη χώρα μας, μεταξύ άλλων, μέτρα σχετικά με την εξασφάλιση επαρκούς φωτισμού και αερισμού και μέτρα για την πρόληψη της υγρασίας και της θερμικής καταπόνησης σε χώρους εργασίας. Σε επόμενα προεδρικά διατάγματα καθιερώνεται η αρχή ευθύνης του εργοδότη, ενώ ειδικές διατάξεις εισάγονται για να παραθέσουν τις λεπτομέρειες για συγκεκριμένες εργασίες και παράγοντες.

[b]Στόχοι

Κύριοι στόχοι της επαγγελματικής προστασίας και ασφάλειας είναι η διαφύλαξη της υγείας και ευημερίας των εργαζομένων και η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας. Η υγεία στους χώρους εργασίας και ειδικότερα η πρόληψη των επαγγελματικών ασθενειών έχει γίνει ένα σημαντικό ζήτημα μετά τη διαπίστωση ότι οι συνθήκες εργασίας ακόμα και σε επιφανείς άκακους εργασιακούς χώρους όπως κτίρια γραφείων μπορεί να επιφέρουν σοβαρά προβλήματα υγείας, και ότι σε ορισμένες περιπτώσεις τα επίπεδα ρύπανσης σε εσωτερικούς (εργασιακούς) χώρους μπορεί να είναι πολλαπλάσια αυτών της εξωτερικής ατμόσφαιρας.

[b]Νομοθετικές απαιτήσεις

Σήμερα το Ελληνικό γενικό πλαίσιο για την προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων καθορίζεται κυρίως από τον Νόμο 1568/85 «Υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων» και το Προεδρικό Διάταγμα 17/96 «Μέτρα για τη βελτίωση της ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία, σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 89/391/ΕΟΚ και 91/383/ΕΟΚ». Ο νόμος αυτός καθιερώνει το θεσμό του τεχνικού ασφαλείας, του γιατρού εργασίας καθώς και της επιτροπής υγιεινής και ασφάλειας. Εισάγει επίσης τις βασικές αρχές θεσμοθέτησης οριακών τιμών έκθεσης και

την υποχρέωση ταξινόμησης και ονομασίας όλων των επικίνδυνων ουσιών και των κινδύνων που αυτά πιθανώς συνεπάγονται.

Ο Νόμος 1568/85 και το Προεδρικό Διάταγμα 17/96 υποχρεώνουν τον εργοδότη να εξασφαλίζει την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων καθώς και να λαμβάνει μέτρα που να εξασφαλίζουν την υγεία και ασφάλεια τρίτων. Η υποχρέωση των εργοδοτών να λαμβάνουν μέτρα πρόληψης, προστασίας και ασφάλειας βρίσκει εφαρμογή βάσει των ακολούθων, γενικών αρχών:

- Αποφυγή των κινδύνων.
- Εκτίμηση των κινδύνων που δεν μπορούν να αποφευχθούν.
- Προσαρμογή της εργασίας στον άνθρωπο.
- Αντικατάσταση επικίνδυνων ουσιών ή καταστάσεων από λιγότερο επικίνδυνες.
- Προγραμματισμός της πρόληψης με στόχο ένα συνεκτικό σύνολο που να ενσωματώνει στην πρόληψη την τεχνική, την οργάνωση της εργασίας, τις συνθήκες εργασίας, τις σχέσεις μεταξύ εργοδοτών και εργαζομένων και την επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος στην εργασία.
- Καταπολέμηση των κινδύνων στην πηγή τους.
- Προτεραιότητα στη λήψη ομαδικών μέτρων προστασίας σε σχέση με τα ατομικά μέτρα προστασίας.
- Προσαρμογή στις τεχνικές εξελίξεις.
- Παροχή κατάλληλων οδηγιών στους εργαζομένους.

Ως επαγγελματικός κίνδυνος νοείται το σύνολο των παραγόντων που συνδέονται με την εργασία και αποτελούν κίνδυνο για την ασφάλεια, υγεία και ευημερία του εργαζομένου. Τους κινδύνους μπορούμε να τους χωρίσουμε σε δύο κατηγορίες: τους τεχνολογικούς κινδύνους και τους οργανωτικούς κινδύνους. Η πρώτη κατηγορία εμπεριέχει κινδύνους από κτιριακές εγκαταστάσεις, τεχνικό εξοπλισμό, μηχανήματα, και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, καθώς και κινδύνους από τα υλικά που χρησιμοποιούνται ή παράγονται. Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσονται κίνδυνοι από την οργάνωση της εργασίας, τις συνθήκες εργασίας, την συντήρηση συστημάτων και την οργάνωση της αντιμετώπισης εκτάκτων καταστάσεων.

Συγκεκριμένα όσον αφορά την έκθεση σε φυσικούς, χημικούς ή βιολογικούς παράγοντες και πιο συγκεκριμένα αέριους ρύπους, σε αυτούς αναφέρεται ειδικότερα το

Προεδρικό Διάταγμα 338/2001 «Προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλόμενους σε χημικούς παράγοντες».

Βάσει του Νόμου 1568/85 και σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 91/155/ΕΟΚ (Υ.Α. 378/94) ορίζεται επίσης η ευθύνη των εισαγωγέων, προμηθευτών και παρασκευαστών χημικών ουσιών να παρέχουν στους χρήστες των προϊόντων τους όλες τις απαραίτητες πληροφορίες τόσο για την σύσταση του προϊόντος όσο και για τους κινδύνους από τη φύλαξη και χρήση αυτού. Οι πληροφορίες αυτές παρέχονται υπό τη μορφή δελτίου δεδομένων ασφαλείας (Material Safety Data Sheets, MSDS). Οι πληροφορίες που περιέχονται στα δελτία δεδομένων ασφαλείας είναι ο ακρογωνιαίος λίθος για την χάραξη πολιτικής υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων όσον αφορά στον τομέα των επικίνδυνων χημικών ουσιών. Ωστόσο, είναι υποχρέωση των ίδιων των εργαζομένων να γνωρίζουν και να τηρούν τους κανόνες και τα μέτρα πρόληψης και ασφαλείας που ισχύουν σε κάθε περίπτωση.

Σχετικά με την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση επικίνδυνων ουσιών, οι βάσεις για μια ενοποιημένη αντίληψη αντιμετώπισης των κινδύνων έχουν τεθεί στις Ευρωπαϊκές οδηγίες 67/548/ΕΟΚ και 88/379/ΕΟΚ. Εδώ εντοπίζονται αρχικά ορισμοί ταχείας κατάταξης των χημικών ουσιών σε κατηγορίες κινδύνων σύμφωνα με τις φυσικοχημικές και τοξικολογικές τους ιδιότητες, π.χ. τοξική ουσία, εκρηκτική ουσία κλπ., που απεικονίζονται μέσω σημάτων, αλλά και προειδοποιητικά σύμβολα ή τυποποιημένες φράσεις για την επισήμανση των συσκευασιών (φράσεις κινδύνου, R και φράσεις προφυλάξεως, S). Η συσκευασία χημικών ουσιών πρέπει να φέρει ετικέτα με όλες τις βασικές πληροφορίες για την περιεχόμενη ουσία, όπως σήματα κατάταξης, φράσεις κινδύνου και προφυλάξεως, χημική σύσταση της ουσίας κλπ. Η σχετική Ελληνική νομοθεσία αφορά στην Υπουργική Απόφαση 378/94 (ΦΕΚ 705/20-9-1994) «Επικίνδυνες ουσίες, ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση αυτών σε συμμόρφωση προς την Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 67/548/ΕΟΚ όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει», και η Υπουργική Απόφαση 265/2002 (ΦΕΚ 1214/19-9-2002) «Ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση επικίνδυνων παρασκευασμάτων, σε εναρμόνιση προς την Οδηγία 1999/45/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και της Οδηγίας 2001/60/ΕΚ της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Κοινότητας».

Ο Νόμος 1568/85 και το Προεδρικό Διάταγμα 17/96 υποχρεώνουν τέλος τις επιχειρήσεις που απασχολούν από 50 και άνω εργαζομένους, να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες Τεχνικού Ασφαλείας και Γιατρού Εργασίας (Ν. 1568/85, Π.Δ. 294/88).

[b]Ο ρόλος του Ιατρού Εργασίας

Ο Ιατρός Εργασίας είναι ένας ιατρός με ξεχωριστή ιατρική ειδικότητα που έχει ως αντικείμενό του την προστασία και προαγωγή της υγείας των εργαζομένων. Η Ιατρική της Εργασίας προσπαθεί να προστατεύσει τους εργαζομένους από τυχόν βλαπτικούς παράγοντες στο εργασιακό περιβάλλον και να αυξήσει την γενική κατάσταση υγείας τους και επομένως και την παραγωγικότητά τους. Μέσα στις αρμοδιότητες του Ιατρού Εργασίας είναι να παρέχει υποδείξεις και συμβουλές στον εργοδότη και τους εργαζομένους σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την προστασία και προώθηση της ψυχικής και σωματικής υγείας των εργαζομένων και να μελετά στατιστικά τις ασθένειες των εργαζομένων, τα αίτια και τη διάρκεια αυτών.

Ως επαγγελματική ασθένεια ορίζεται η ασθένεια ενός εργαζομένου που εκδηλώνεται ως αποτέλεσμα των εργασιακών παραγόντων ή συνθηκών στις οποίες αυτός εκτίθεται επανειλημμένα. Στην πράξη ορίζονται πέντε ομάδες επαγγελματικών ασθενειών, οι περισσότερες από τις οποίες σχετίζονται με βιομηχανικό περιβάλλον. Κάποιες επαγγελματικές ασθένειες όμως εκδηλώνονται και σε απλούς εργασιακούς χώρους όπως κτίρια γραφείων. Ενδεικτικά αναφέρουμε παθήσεις προκαλούμενες από ήχο-θόρυβο, Νόσους από ακτίνες χ, ιονίζουσες ακτινοβολίες και ραδιενεργά σώματα, δηλητηριάσεις κλπ.

[b]Μέτρα προστασίας

Μέσα στις ευθύνες του εργοδότη όπως αυτές ορίζονται στο Νόμο συμπεριλαμβάνεται και η ευθύνη του να παίρνει τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και ελαχιστοποίησης της έκθεσης των εργαζομένων σε επικίνδυνους παράγοντες και ουσίες. Σε κάθε περίπτωση πρέπει το επίπεδο έκθεσης να είναι κατώτερο από εκείνο που ορίζεται σαν οριακή τιμή έκθεσης.

Τα μέτρα προστασίας μπορεί να είναι προληπτικά (απομόνωση της πηγής, έλεγχος ρύπων) ή να αφορούν ατομικά μέσα προστασίας (χρήση προστατευτικής μάσκας, ατομικά φίλτρα, γάντια). Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχουν αναφερθεί κάποιοι

μηχανισμοί πρόληψης του προβλήματος ποιότητας εσωτερικού αέρα και περιβάλλοντος αλλά και μηχανισμοί και τεχνικές επίλυσης αυτών. Επειδή τα ατομικά μέτρα προστασίας είναι συγκεκριμένα για κάθε ειδική περίπτωση και χρειάζονται ειδική μελέτη, δεν θα αναφερθούμε σε αυτά στην παρούσα έκθεση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Δώστε τον ορισμό της υγείας

Ως υγεία ορίζεται η κατάσταση της πλήρους σωματικής, ψυχικής και κοινωνικής ευεξίας. Υγεία δεν είναι λοιπόν απλά η απουσία αρρώστιας ή αναπηρίας. Ως επιδράσεις στην υγεία μπορούν να θεωρηθούν όχι μόνο οι επιδράσεις εκείνες που επιφέρουν την καταστροφή των ζωτικών λειτουργιών, τις σοβαρές ασθένειες και τον θάνατο αλλά ακόμη και οι επιδράσεις εκείνες που επιφέρουν ενοχλήσεις στον οργανισμό, εκνευρισμό, αλλεργία, υπερευαισθησία κ.α..

Πως κρίνεται όμως η κατάσταση υγείας ενός ανθρώπου ή ενός πληθυσμού; Το γενικό κριτήριο της κατάστασης υγείας του ανθρώπου είναι η μέση διάρκεια ζωής του. Όμως, στη σύγχρονη εποχή, καθώς αυξάνεται ο μέσος όρος ζωής του ανθρώπου αυξάνονται παράλληλα και οι ασθένειες, οι αλλεργίες και οι ενοχλήσεις. Έτσι, επιστήμονες κρίνουν πως το κριτήριο για την κατάσταση υγείας ενός πληθυσμού θα έπρεπε να είναι η συνολική μέση διάρκεια ζωής που είναι απαλλαγμένη από κάθε είδους ενοχλήσεις, ασθένειες, αλλεργίες, σωματικές και ψυχικές καταπονήσεις, ανωμαλίες ή παρεμπόδια και την ονομάζουν *disability free lifeperiod*.

Τί είναι αλλεργία και ποια είδη αλλεργίας γνωρίζετε;

Αλλεργία ή υπερευαισθησία είναι μια υπερβολική, συχνά επιζήμια, αντίδραση του ανθρώπινου οργανισμού κατά την έκθεση ή επαφή του με κάποια συγκεκριμένη ουσία που είναι φυσιολογικά αβλαβής. Οι αλλεργίες είναι οι πιο συχνά εμφανιζόμενες διαταραχές του ανθρώπινου οργανισμού. Διακρίνονται τουλάχιστον 4 είδη αλλεργιών:

- (Πραγματικές) αλλεργίες, αναφυλακτικές ή ατοπικές, όπου μεσολαβεί η ανοσοσφαιρίνη E (αντισώματα IgE).
- Δυσανεξία.
- Προκαλείται λόγω έλλειψης κάποιου βασικού ενζύμου ή λόγω ανεπαρκούς λειτουργίας κάποιων μηχανισμών αποτοξίνωσης του οργανισμού και δεν αφορά το ανοσοποιητικό σύστημα.
- Ψευδό-αλλεργίες που είναι αντίστοιχες με τις ατοπικές αλλεργίες αλλά χωρίς μεσολάβηση του ανοσολογικού μηχανισμού.
- Αλλεργία εξ' επαφής ή δερματίτιδα.

Ποιες είναι οι ομάδες υψηλού κινδύνου και ποιοι παράγοντες καθορίζουν την ευαισθησία αυτών;

Ομάδες υψηλού κινδύνου είναι πληθυσμιακές ομάδες που τα χαρακτηριστικά τους ξεφεύγουν από αυτά του μέσου ανθρώπου με αποτέλεσμα οι κίνδυνοι για την υγεία τους να είναι αυξημένοι. Η ιδιότητα αυτή καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες (γενετικές διαφοροποιήσεις στο DNA, στην ενζυματική λειτουργία του οργανισμού κλπ.), βιολογικούς παράγοντες (ηλικία, γενική κατάσταση υγείας), τρόπο ζωής (διατροφής, άθληση, ωράριο εργασίας και ύπνου, χρήση φαρμάκων, συνήθειες), κοινωνικο-οικονομικούς παράγοντες (πιθανότητες πρόληψης και θεραπείας) περιβαλλοντικούς παράγοντες (ποιότητα αέρα, νερού, εδάφους στο ευρύτερο περιβάλλον) και προσωπικά χαρακτηριστικά (σωματική διάπλαση, ιδιαίτεροι μηχανισμοί λειτουργίας). Ομάδες υψηλού κινδύνου είναι τα μωρά, οι έγκυες γυναίκες, οι ηλικιωμένοι, οι ασθματικοί, οι χορτοφάγοι, οι αλλεργικοί και οι άρρωστοι.

Τι μπορεί να συμβεί όταν δύο ή παραπάνω ρύποι αναμιγνύονται μεταξύ τους σε έναν κλειστό χώρο;

Στο εσωτερικό περιβάλλον είναι πολύ συνηθισμένο να υπάρχουν δύο ή και περισσότεροι ρύποι ταυτόχρονα. Σε γενικές γραμμές είναι πολύ δύσκολο να προβλέψει κανείς τα αποτελέσματα μιας αλληλεπίδρασης μεταξύ ουσιών. Κάποιες φορές ο ένας ρυπαντής μπορεί να εξουδετερώνει ή να αποδυναμώνει τον άλλο (αποδυνάμωση ή ανταγωνιστικότητα). Άλλοτε μπορεί ο ένας ρυπαντής να ενδυναμώνει ή να επαυξάνει τις επιδράσεις του άλλου. Άλλοτε πάλι οι επιδράσεις δύο ή παραπάνω ουσιών είναι αθροιστικές και άλλοτε μπορεί να είναι το άθροισμα των επιμέρους επιδράσεων μικρότερο της συνολικής τους επίδρασης (συνεργία) ή και μεγαλύτερο αυτής. Από διάφορες μελέτες έχουν προκύψει ενδείξεις ότι η πιο συχνή αλληλεπίδραση είναι η αθροιστική. Παράλληλα με τα παραπάνω, ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί και στο φαινόμενο αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών παραγόντων. Έτσι, η εκπομπή κάποιων ρύπων επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία και σχετική υγρασία που επικρατεί στο χώρο, ενώ οι επιδράσεις κάποιων ρύπων στον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτώνται από το είδος της εργασίας ή τη σωματική άσκηση και επαυξάνονται με το κάπνισμα.

Περιγράψτε τη διαφορά μεταξύ SBS και BRI .

Το σύνδρομο του αρρώστου κτιρίου χαρακτηρίζεται από μια σειρά αορίστων και υποκειμενικών συμπτωμάτων των οποίων τα παθολογικά και φυσιολογικά αίτια παραμένουν ασαφή. Οι μηχανισμοί δράσης και επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων στον ανθρώπινο οργανισμό είναι εξίσου ασαφής. Από την άλλη, ο όρος BRI χρησιμοποιείται για να περιγράψει ανθρώπινες ασθένειες που σχετίζονται με την

ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος και που χαρακτηρίζονται από μια σειρά συγκεκριμένων συμπτωμάτων που είναι αποτέλεσμα έκθεσης σε συγκεκριμένους παράγοντες. Τα συμπτώματα αυτά αποτελούν κλινικά και εργαστηριακά αποδεδειγμένα ευρήματα που είναι βασισμένα σε επικυρωμένες αρχές της παθολογίας και φυσιολογίας του ανθρώπου.

Ποια είναι τα κύρια συμπτώματα του SBS

Τα κύρια συμπτώματα που παρουσιάζουν οι χρήστες των αρρώστων κτιρίων είναι κνησμός των ματιών, ξηροφθαλμία ή δακρύρροια, ξερός λάρυγγας, ξηρός βήχας, πονόλαιμος, φράξιμο μύτης ή ρινόρροια, φτάρνισμα, δύσπνοια, πονοκέφαλος, ασυνήθιστη κούραση, λήθαργος, ζαλάδες, ναυτία και ερεθισμός του δέρματος. Η παρατεταμένη ή μακροχρόνια παραμονή μέσα στο άρρωστο κτίριο μπορεί επίσης να προκαλέσει λοιμώξεις όπως ρινίτιδες, ιγμορίτιδες, ωτίτιδες, επιπεφυκίτιδες, δερματίτιδες, νεοπλασίες και παθήσεις του πεπτικού, του ήπατος, των νεφρών ή του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Περιγράψτε με ποιον τρόπο δρα το CO στον ανθρώπινο οργανισμό

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι μια πολύ τοξική ουσία που έχει την ιδιότητα να δεσμεύει την αιμοσφαιρίνη, τη χημική ουσία που εμπεριέχεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια και που μεταφέρει οξυγόνο από τους πνεύμονες στους ιστούς των οργάνων. Η δέσμευση της αιμοσφαιρίνης γίνεται με το σχηματισμό μιας περίπλοκης ένωση, τη λεγόμενη καρβοξυαιμοσφαιρίνη ή καρβομονοξυαιμοσφαιρίνη (COHb). Έτσι, όταν μέσω εισπνοής εισέρχεται μονοξείδιο του άνθρακα στον οργανισμό, παρεμποδίζεται η διανομή του οξυγόνου στα κύτταρα και τον εγκέφαλο.

Ποιες είναι οι κύριες πηγές ρύπανσης του αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος με VOCs;

VOCs είναι ένα συλλεκτικό όνομα για διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις όπως το βενζόλιο, το τολουένιο, το τριχλωροαιθυλένιο, το τριχλωροαιθένιο, το τριχλωρομεθάνιο καθώς και άλλοι αλογονωμένοι διαλύτες, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες που περιέχονται ως διαλύτες σε χρώματα και βερνίκια, αλλά και σε πλαστικά και κόλλες, έπιπλα, ταπετσαρίες, μοκέτες, σε απορρυπαντικά και καλλυντικά, εντομοκτόνα και στον καπνό του τσιγάρου.

Ποιες αρρώστιες σχετίζονται με την έκθεση σε ραδόνιο;

Το ραδόνιο έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί καρκίνο στον πνεύμονα και λευκεμία. Στην πραγματικότητα δεν είναι το ίδιο το ραδόνιο ο κύριος υπεύθυνος για την εμφάνιση του καρκίνου, καθώς το ραδόνιο στο μεγαλύτερο ποσοστό του διαφεύγει μέσω εκπνοής, αλλά τα υποπροϊόντα που διαμορφώνονται.

Ποια σωματίδια θεωρούνται ποιο επικίνδυνα για το άνθρωπο και γιατί;

Τα πιο επιβλαβή σωματίδια είναι αυτά που έχουν μικρό μέγεθος. Η διάμετρος των σωματιδίων η οποία θεωρείται κρίσιμη για την υγεία είναι τα 10 μm. Τα σωματίδια με αυτήν ή μικρότερη διάμετρο δεν συγκρατούνται στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα ούτε αποβάλλονται από αυτό μέσω των τριχοειδών αγγείων, αλλά διεισδύουν βαθύτερα όπου δεσμεύονται πιθανώς από το βλεννογόνο των αεραγωγών και παραμένουν εκεί. Δυστυχώς στα μικρότερα σωματίδια είναι πιο πιθανό να υπάρχουν και τοξικές ουσίες και το μεγαλύτερο ποσοστό των καρκινογενών αρωματικών πολυκυρηνικών υδρογονανθράκων του αέρα. Σωματίδια με διάμετρο μικρότερη και των 5 μm (αναπνεύσιμα σωματίδια) μπορεί να φτάσουν μέχρι και στις κυψελίδες των πνευμόνων, το πιο τρωτό σημείο των πνευμόνων και να προκαλέσουν προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα ή διάφορα είδη καρκίνου του αναπνευστικού. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι ίνες αμιάντου.

Δώστε τον ορισμό της θερμικής άνεσης και περιγράψτε ποιες παθολογικές καταστάσεις μπορεί να προκύψουν από θερμική καταπόνηση του οργανισμού.

Η θερμική άνεση είναι η κατάσταση στην οποία ο άνθρωπος βιώνει ικανοποίηση από τις θερμοκρασιακές συνθήκες στο περιβάλλον του. Καθορίζεται βασικά από τέσσερις φυσικές παραμέτρους που πρέπει να συνεκτιμηθούν προκειμένου να προσδιορισθεί η θερμοκρασιακή πραγματικότητα του χώρου. Αυτές είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του αέρα καθώς επίσης και η ακτινοβολία των θερμικά ακτινοβολούντων σωμάτων ή επιφανειών. Η θερμική άνεση εξαρτάται όμως και από άλλους παράγοντες όπως το είδος και η μορφή της εργασίας, η βαρύτητα της εργασιακής δραστηριότητας, η διάρκεια έκθεσης στο δυσμενές θερμικό περιβάλλον, ο ρουχισμός καθώς επίσης και τη γενική κατάσταση υγείας του εργαζόμενου ή τη ψυχολογία του.

Η θερμική καταπόνηση μπορεί να προκαλέσει τις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες παθολογικών καταστάσεων.

- Διαταραχές του μηχανισμού θερμικής ισορροπίας. Ο φυσικός μηχανισμός θερμικής ισορροπίας του οργανισμού μπορεί να εξαντληθεί συντελώντας έτσι

στην αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας και την καταστολή των μηχανισμών εφίδρωσης. Στην περίπτωση αυτή συναντάμε το φαινόμενο της θερμοπληξίας και της υπερπυρεξίας.

- Θερμική συγκοπή που οφείλεται σε ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο που είναι αποτέλεσμα μειωμένης αιματικής παροχής στον εγκέφαλο.
- Αφυδάτωση και αφαλάτωση. Αφυδάτωση είναι το αποτέλεσμα απώλειας μεγάλου υδατικού όγκου (γύρω στο 5% του συνολικού) ενώ αφαλάτωση είναι αντίστοιχα η έλλειψη νατρίου από τον οργανισμό που προκλήθηκε κατά την παρατεταμένη εφίδρωση.
- Δερματικές διαταραχές. Εγκαύματα και εξανθήματα.

Πως επιδρά η υγρασία στην ανθρώπινη υγεία;

Η υγρασία, σε συνδυασμό πάντα με άλλους καθοριστικούς παράγοντες διευκολύνει την ανάπτυξη και δημιουργία μικροοργανισμών και μυκήτων μέσα στους χώρους. Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών, μούχλα, μύκητες κλπ., μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα όπως βήχα και σφύριγμα στο στήθος και να δημιουργήσει προβλήματα υγείας από την ανάπτυξη αλλεργιών μέχρι και άσθμα. Η υγρασία επηρεάζει επίσης τη θερμική άνεση των ανθρώπων μέσα στους χώρους.

Ποιοι παράγοντες καθορίζουν την αίσθηση που προκαλεί ένας ήχος στον άνθρωπο;

Φυσικές έννοιες όπως η φύση, η ένταση και η συχνότητα του θορύβου, είναι τα κύρια χαρακτηριστικά που καθορίζουν έναν ήχο. Όμως οι έννοιες αυτές δεν επαρκούν για να καθορίσουν μόνες τους τη διαφορετική αίσθηση που προκαλεί ένας ήχος από ένα θόρυβο. Αυτή η διαφορά καθορίζεται από υποκειμενικούς παράγοντες που προσδίδουν σε κάθε ηχητικό ερέθισμα που γίνεται αντιληπτό, έναν επιθυμητό ή ανεπιθύμητο χαρακτήρα. Τέτοιοι παράγοντες είναι η διακύμανση του ήχου, η προβλεψιμότητα, η δυνατότητα ελέγχου της πηγής, η φυσική και πνευματική κατάσταση του ανθρώπου την συγκεκριμένη στιγμή και το είδος της δραστηριότητας που εκτελεί.

Ποιες είναι οι κύριες πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε εσωτερικούς χώρους;

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε εσωτερικούς χώρους εκπέμπεται από μικρές ηλεκτρικές οικιακές συσκευές (φούρνοι μικροκυμάτων, στεγνωτήρες μαλλιών, ηλεκτρικοί φούρνοι, ηλεκτρική θέρμανση, οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών, ηλεκτρικές κουβέρτες, κινητά τηλέφωνα), γραμμές ηλεκτρικής παροχής, λαμπτήρες

κ.α.. Ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί όμως να προέρχονται επίσης από ηλεκτροφόρα καλώδια υψηλής τάσης κοντά σε κτίρια, γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, κοντινούς ηλεκτρικούς σταθμούς, μεγάλους μετασχηματιστές, κεραιές κινητής τηλεφωνίας, ραντάρ, ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς σταθμούς.

Ποιες είναι οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οργανισμό;

Όταν η ενέργεια που μεταφέρει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι πολύ μεγάλη (σε υψηλές συχνότητες και άρα σε μικρά μήκη κύματος) μπορεί να προκληθούν αλλοιώσεις στον γενετικό κώδικα DNA, με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση καρκίνου. Αυτού του είδους η ακτινοβολία δεν είναι η ακτινοβολία στην οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά (με εξαίρεση την ακτινοβολία του ήλιου που είναι ιονίζουσα).

Από όσο μέχρι τώρα γνωρίζουμε, τα τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία στα οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά από συσκευές, ηλεκτρισμό, κινητά κλπ. είναι μεγάλου μήκους κύματος και χαμηλής συχνότητας (μέχρι 300Hz) κι έτσι δεν μπορούν να προκαλέσουν ιονισμό και αλλοιώσεις στον γενετικό κώδικα DNA. Η κυριότερη επίδραση αυτών των πεδίων στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι σε βιολογικό επίπεδο και αφορά την αύξηση της θερμότητας στους ιστούς. Πρόκειται για μια επίδραση που επέρχεται ύστερα από παρατεταμένη ή μακροχρόνια έκθεση. Οι μέχρι τώρα μελέτες δεν έχουν αποδείξει σχέση αίτιου και αποτελέσματος μεταξύ ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χαμηλής ενέργειας και συγκεκριμένων ασθενειών. Υπάρχουν όμως σοβαρές ενδείξεις ότι η παρουσία ηλεκτρομαγνητικών πεδίων σχετίζεται με συμπτώματα λευχαιμίας και καρκίνου. Επίσης θεωρείται πως η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προκαλεί ηλεκτρική καταπόνηση του οργανισμού (αδυναμία φυσικής ανανέωσης, προβλήματα χαλάρωσης κλπ).

ΑΝΑΦΟΡΕΣ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Indoor air quality handbook, John D. Spengler, Jonathn M. Samet, John F. McCarthy, McGraw-Hill 2000, ISBN 0-07-445549-4
2. IEH assessment on Indoor Air Quality in the Home, Assessment A2, Medical Research Council, Institute for Environment and Health, Page Bros 1996, ISBN 1 899110 05 4
3. Basisboek milieu en gezondheid, J.W. Copius Oeereboom, Boom 1994, ISBN 90-5352-048-1
4. Ενέργεια και εσωτερική ρύπανση χώρων, Εκπαιδευτική ενότητα ενέργεια και περιβάλλον, Κ.Α. Μπαλαράς, Μ. Σανταμούρης, ΕΛΚΕΠΑ 1996
5. Quality of the indoor environment, J.N. Lester, R. Perry, G.L. Reynolds, IAI, Selper Ltd., 1992, ISBN 0 948411 07 4
6. Περιοδικό Δράση, Εργατοϋπαλληλικό Κέντρο Αθήνας, Τεύχος 147, Ιούνιος 2005
7. Ιστοσελίδα ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.
8. Θέματα τεχνολογίας και περιβάλλοντος
9. Why we get sick, the new science of Darwinian Medicine, Randolph M. Nesse, M.D., and George C. Williams, Ph.D., Vintage Books, ISBN 0-679-74674-9
10. Dr. Jensen's Guide to Body Chemistry & Nutrition, Bernard Jensen, D.C., Ph.D., Keats Publishing, Los Angeles, ISBN 0-658-00277-5
11. Περιοδικό Ιατρική Εργασίας Ασφάλεια & Περιβάλλον, Εκτίμηση Ποιότητας Αέρα Εσωτερικών Χώρων, Το πρόβλημα των χημικών παραγόντων, Παναγιώτης Α. Σίσκος και Μαργαρίτα Βατίστα
12. Ιστοσελίδα Ολλανδικού Ινστιτούτου για τη Δημόσια Υγεία και το Περιβάλλον (RIVM: National Institute for Public Health and the Environment - www.rivm.nl)
13. Ιστοσελίδα Ολλανδικού Υπουργείου Πολεοδομίας, Στέγασης και Περιβάλλοντος (VROM: Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment - www.vrom.nl)
14. Methods for control of indoor air quality, Charles E. Billings, Sandra F. Vanderslice, Environment International, Vol 8, pp 501, 1982
15. Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index, R. Kosonen and F. Tan, Energy and Buildings, Vol 36, Issue 10, pp 987-993, 2004

16. Building related illnesses, James M. Seltzer, *Allergy Clin Immunol*, Vol 94, Number 2, part 2
17. Indoor air pollution, James L. Repace, *Environment International*, Vol 8, pp21-36, 1982.
18. Future buildings and building hygiene in a historical perspective, Holm L. Proc. 3rd Int. Conf. Indoor Air Quality and Climate, Stockholm, 1 pp 19-21, 1984
19. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86, Εγκαταστάσεις σε κτίρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων
20. The sick building syndrome, Stolwick J. Proc. 3rd Int. Conference Indoor Air Quality and Climate, Stockholm, 1 23-29, 1984
21. Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses, S.H.A. Begemann, G.J. bvan der Belt, A.D. Tenner, *International Journal of Industrial Ergonomics* Vol 20, pp 231-239, 1997
22. Indoor air quality and health, A.P. Jones, *Atmospheric Environment* 33, 4535-4564, 1999
23. Estimates of improved productivity and health from better indoor environments , W. Fisk, A. Rosenfeld, *International Journal of Indoor Air Quality and Climate* 7, pp158-172, 1997
24. Potential nationwide improvements in productivity and health from better indoor environments W. Fisk, A. Rosenfeld, *Proceedings of the 1998 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings American Council for an Energy Efficient Economy*, 1998
25. Estimated cost of indoor climate in Finnish buildings, o. Seppänen, *Proceedings 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Edinburg, Scotland, 1999.
26. Cost evaluation of thermal comfort in tropical office buildings, C.E. Gan, F. Tan, *Proceedings of the CIB International Conference on performance based buildings*, Hong Kong, 5-10 May, 2002
27. Υγεία και ασφάλεια στο χώρο της εργασίας, Πρακτικός Οδηγός για την προσαρμογή προγράμματος εργασίας και ασφάλειας στα μέτρα της εταιρίας σας, Παναγιώτης Παπαδόπουλος, Ηλίας Μπανούτσος & Συνεργάτες, εκδόσεις Verlag Dashöfer

ΔΕΣΜΟΙ

NOAEL

No observed adverse effect level

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση μιας ουσίας που δεν προκαλεί ανιχνεύσιμες αρνητικές επιδράσεις ή μετατροπές στη μορφολογία, τη λειτουργία, τη σύσταση, την ανάπτυξη ή διάρκεια ζωής ενός οργανισμού κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

Mesothelioma is a cancer of the mesothelial cells lining body cavities. Pleural mesothelioma occurs on the cells lining the lung and peritoneal mesothelioma occurs in the cells lining the pleural and abdominal cavity.

Η χρόνια βρογχίτιδα προκαλείται λόγω βλάβης των βρόγχων και έχει ως κύρια συμπτώματα την υπερπαραγωγή βλέννας και χρόνια βήχα. Εμφύσημα είναι μια σύσφιξη των μικρότερων κλάδων των βρόγχων με αποτέλεσμα οι κυψελίδες να φουσκώνουν και να σπάζουν με συνέπεια μειωμένη μεταφορά οξυγόνου στο αίμα και χρόνια δύσπνοια.

Το βρογχικό άσθμα είναι μια αλλεργική αντίδραση των μεμβρανών των βρόγχων και συνοδεύεται από σφύριγμα και δύσπνοια

Κεφάλαιο 10 : Όρια, νομοθεσία και πρότυπα που αφορούν στην ποιότητα αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος

Δρ. Διονυσία Κολοκοτσά, ΤΕΙ Κρήτης

1. Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου

Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για τις συνθήκες άνεσης των ανθρώπων που ζούν ή εργάζονται σε ένα κτίριο, αλλά πολύ περισσότερο για την υγεία αυτών. Διάφοροι μολυσματικού ρύποι εκπέμπονται στον αέρα τόσο από φυσικές, όσο και από προκαλούμενες από τον άνθρωπο πηγές, σε ποσότητες που κυμαίνονται από εκατοντάδες ως εκατομμύρια τόνους ετησίως, και σε συγκέντρωσή, που ποικίλλει ανάλογα με τις τοπικές πηγές ή τις συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες.

Υπάρχουν πολλές οργανώσεις που καθορίζουν τα συγκεκριμένα επίπεδα για την παρουσία μολυσματικών παραγόντων που σχετίζονται με την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα. Επίσης, υπάρχουν διάφοροι εθνικοί κανονισμοί που καθορίζουν ορισμένα πρότυπα, κυρίως σχετικά με τη συγκέντρωση των ρύπων στο εσωτερικό περιβάλλον.

Ο σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι να παρουσιάσει τα απαραίτητα επίπεδα και τα εθνικά πρότυπα των διάφορων ρύπων, τα κριτήρια στα οποία βασίζονται τα όρια και τον τρόπο με τον οποίο μιά οδηγία μπορεί να γίνει πρότυπο. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες και το πρότυπο 62 ASHRAE.

2. Στόχοι εκμάθησης

Όταν θα έχετε ολοκληρώσει αυτό το κεφάλαιο:

- Θα έχετε κατανοήσει το ρόλο και τη συμβολή των οδηγιών, των προτύπων και των ορίων στην ποιότητα αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος και κατά συνέπεια στην υγεία των ανθρώπων που ζούν ή εργάζονται σε ένα κτίριο.
- Θα γνωρίζετε τα κριτήρια βάσει των οποίων καθορίζονται τα όρια και τα πρότυπα.

- Θα είστε εξοικειωμένοι με τα όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες και τα πρότυπα υπολογισμού που σχετίζονται με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και τα πρότυπα ASRAE.

3. Λέξεις κλειδιά

- Ατμοσφαιρικός ρύπος
- Οδηγίες, πρότυπα και όρια που αφορούν στην ποιότητα αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος
- Συγκριτική μέτρηση επιδόσεων, παράγοντας αβεβαιότητας
- Ανάλυση κόστους/οφέλους
- Όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας
- Πρότυπα ASRAE

4. Εισαγωγή

Διάφορες χημικές ουσίες εκπέμπονται στον αέρα τόσο από φυσικές, όσο και από προκαλούμενες από τον άνθρωπο πηγές. Οι ποσότητες αυτές κυμαίνονται από εκατοντάδες ως εκατομμύρια τόνους ετησίως, ενώ η συγκέντρωσή τους ποικίλλει σύμφωνα με τις τοπικές πηγές ή τις συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες. Η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ως αποτέλεσμα της εκτεταμένης χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας, της αύξησης της βιομηχανίας και της χρήσης των χημικών ουσιών, συνοδεύεται με τη δημόσια ευαισθητοποίηση και την ανησυχία για τα καταστρεπτικά αποτελέσματά της στην υγεία και το περιβάλλον.

Επιπλέον, η γνώση της φύσης, της ποσότητας, της φυσικοχημικής συμπεριφοράς και των αποτελεσμάτων των ατμοσφαιρικών ρύπων έχει αυξηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια. Εντούτοις, υπάρχει η ανάγκη για περισσότερη γνώση. Ορισμένες πτυχές των επιπτώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων στην υγεία απαιτούν την περαιτέρω αξιολόγηση από νεώτερες επιστημονικές περιοχές, όπως η αναπτυξιακή τοξικότητα (developmental toxicity). Οι προτεινόμενες τιμές από τις οδηγίες θα αλλάξουν αναμφισβήτητα, καθώς οι μελλοντικές μελέτες οδηγούν σε νέες πληροφορίες.

Ο αντίκτυπος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ευρύς. Στους ανθρώπους, η πνευμονικές αποθέσεις και η απορρόφηση των εισπνεόμενων χημικών ουσιών μπορούν να έχουν δυσμενείς συνέπειες για την υγεία. Επιπλέον, τα άμεσα αποτελέσματα των ατμοσφαιρικών ρύπων στα φυτά, τα ζώα και το χώμα μπορούν να επηρεάσουν τη δομή και τη λειτουργία των οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας αυτορύθμισής τους, έχοντας επιπτώσεις στην ποιότητα της ζωής.

Στις πρόσφατες δεκαετίες, στην Ευρώπη έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η εκπομπή των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων έχει μειωθεί σημαντικά. Η εντονότερη επίδραση παρατηρείται για το διοξείδιο θείου: η συνολική εκπομπή του μειώθηκε περίπου κατά 50 τοις εκατό στη περίοδο 1980-1995. Η μείωση της εκπομπής των οξειδίων αζώτου ήταν μικρότερη και παρατηρήθηκε μόνο μετά από το 1990, η συνολική εκπομπή μειώθηκε περίπου κατά 15 τοις εκατό στην περίοδο από το 1990 ως το 1995. Η μείωση της εκπομπής του διοξειδίου του θείου απεικονίζεται από τις μειωμένες συγκεντρώσεις στον ατμοσφαιρικό αέρα στις αστικές περιοχές. Οι τάσεις στις συγκεντρώσεις άλλων ρύπων στον αστικό αέρα, όπως το διοξείδιο αζώτου ή τα μόρια, είναι λιγότερο σαφείς και προβλέπεται ότι αυτοί οι ρύποι αποτελούν ακόμα έναν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

Πολλές χώρες της Ευρώπης αντιμετωπίζουν παρόμοια προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, πρώτον επειδή οι πηγές ρύπανσης είναι παρόμοιες, και δεύτερον επειδή η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν σέβεται τα εθνικά σύνορα. Το θέμα της διασυνοριακής, μεγάλης ακτίνας μεταφοράς της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει λάβει την αυξανόμενη προσοχή στην Ευρώπη, κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. Οι διεθνείς προσπάθειες να καταπολεμηθούν οι εκπομπές αναλαμβάνονται, παραδείγματος χάριν στα πλαίσια της Συνθήκης, σχετικά με τη μεγάλη ακτίνας διασυνοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση, που καθιερώνεται από την οικονομική Επιτροπή Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη.

Ο στόχος της μείωσης των επιπέδων έκθεσης στους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι σύνθετος. Αρχίζει με μια ανάλυση η οποία καθορίζει ποιες χημικές ουσίες είναι παρούσες στον αέρα, σε ποια επίπεδα, και εάν τα πιθανά επίπεδα έκθεσης είναι επικίνδυνα στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Πρέπει, στην συνέχεια, να αποφασιστεί εάν κάποιος κίνδυνος είναι παρών. Όταν ένα πρόβλημα προσδιορίζεται, οι

στρατηγικές μετριασμού πρέπει να αναπτυχθούν και να εφαρμοστούν, με τρόπο ώστε να αποτραπεί ο υπερβολικός κίνδυνος για τη δημόσια υγεία με τον αποδοτικότερο και οικονομικώς συμφέρων τρόπο.

Οι αναλύσεις των προβλημάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι υπερβολικά περίπλοκες. Μερικές πραγματοποιούνται σε εθνικό επίπεδο, όπως ο καθορισμός των πραγματικών επιπέδων έκθεσης του πληθυσμού, του προσδιορισμού του αποδεκτού κινδύνου, και του προσδιορισμού των αποδοτικότερων στρατηγικών ελέγχου, ενώ άλλες είναι πιο γενικού χαρακτήρα και ισχύουν σε όλες τις χώρες, όπως η ανάλυση των σχέσεων μεταξύ των επιπέδων της χημικής έκθεσης, των δόσεων και των αποτελεσμάτων τους). Τα τελευταία αποτελούν τη βάση αυτών των οδηγιών.

Ο αρχικός στόχος αυτών των οδηγιών είναι να παρασχεθεί μια βάση για τη δημόσια υγεία, που θίγεται από τα δυσμενή αποτελέσματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, και να εξαλειφθούν ή να ελαχιστοποιηθούν εκείνοι οι μολυσματικοί παράγοντες του αέρα, που είναι γνωστό ή πιθανό ότι απειλούν την ανθρώπινη υγεία και την ευημερία.

Οι οδηγίες προορίζονται να παρέχουν τις βασικές πληροφορίες στις κυβερνήσεις για τη λήψη των διοικητικών αποφάσεων κινδύνου, ιδιαίτερα στον καθορισμό των προτύπων, αλλά η χρήση τους δεν περιορίζεται σε αυτό. Παρέχουν, επίσης, πληροφορίες για όλους αυτούς που εξετάζουν την ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι οδηγίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον προγραμματισμό των διαδικασιών και των διάφορων ειδών διοικητικών αποφάσεων σε κοινοτικό ή περιφερειακό επίπεδο.

Όταν οι τιμές της οδηγίας υποδεικνύονται, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν ως αφετηρία για την δημιουργία των γενικών διεθνών προτύπων. Στην περίπτωση μερικών ρύπων, οι τιμές της οδηγίας μπορούν να είναι χρήσιμες κυρίως για τη λήψη των τοπικών μέτρων ελέγχου γύρω από τις σημειακές πηγές μόλυνσης. Για να βοηθήσουν σε αυτήν την διαδικασία, οι πληροφορίες για σημαντικές πηγές ρύπων έχουν παρασχεθεί. Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι όταν δίνονται οι αριθμητικές τιμές ατμοσφαιρικής ποιότητας από την οδηγία, αυτές οι τιμές δεν είναι πρότυπα από μόνες τους. Πριν μετασχηματισθούν σε δεσμευτικά νομικά πρότυπα, οι τιμές της οδηγίας πρέπει να εξεταστούν στα πλαίσια των επικρατούντων επιπέδων έκθεσης, της τεχνικής δυνατότητας πραγματοποίησης, των μέτρων ελέγχου της πηγής, των στρατηγικών μείωσης, και των κοινωνικών, οικονομικών και πολιτιστικών όρων. Σε ορισμένες

περιστάσεις μπορούν να υπάρξουν ισχυροί λόγοι, ώστε να ακολουθηθούν οι πολιτικές που θα οδηγήσουν στις επιτρεπτές μολυσματικές συγκεντρώσεις επάνω από ή κάτω από τις τιμές της οδηγίας.

Αν και οι οδηγίες αυτές στοχεύουν στο να προστατεύσουν την ανθρώπινη υγεία, δεν αποτελούν, με κανένα τρόπο, το «πράσινο φως» για τη ρύπανση. Πρέπει να τονιστεί ότι πρέπει να γίνουν προσπάθειες να κρατηθούν τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης τόσο χαμηλά όσο είναι δυνατόν να επιτευχθεί.

Οι «αριθμητικές» οδηγίες ατμοσφαιρικής ποιότητας είτε δείχνουν τα επίπεδα σε συνδυασμό με τους χρόνους έκθεσης, κατά τους οποίους καμία δυσμενής συνέπεια δεν αναμένεται, ή παρέχουν μια εκτίμηση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου που προκύπτει από εκείνες τις ουσίες που είναι αποδεδειγμένες καρκινογόνες για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Εντούτοις, η συμμόρφωση τις συνιστώμενες τιμές μιας οδηγίας δεν εγγυάται τον απόλυτο αποκλεισμό των δυσμενών αποτελεσμάτων, σε επίπεδα κάτω από αυτές τις τιμές. Παραδείγματος χάριν, οι ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες, όπως αυτοί που πάσχουν ταυτόχρονα από κάποια ασθένεια, μπορεί να προσβληθούν από συγκεντρώσεις ρύπων που είναι κοντά στις επιτρεπόμενες τιμές της οδηγίας. Οι επιπτώσεις στην υγεία μπορούν επίσης να προκύψουν από τη συνδυασμένη έκθεση στις διάφορες χημικές ουσίες ή από την έκθεση στην ίδια χημική ουσία από τις πολλαπλές πηγές.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι οδηγίες έχουν καθοριστεί για μεμονωμένες χημικές ουσίες. Τα μίγματα χημικών ουσιών μπορούν να έχουν αθροιστικά, συνεργικά ή ανταγωνιστικά αποτελέσματα. Γενικά, η γνώση αυτών των αλληλεπιδράσεων μας είναι στοιχειώδης. Μια εξαίρεση μπορεί να βρεθεί σε μια δημοσίευση WHO στην αιθαλομίχλη καλοκαιριού και χειμώνα, η οποία εξετάζει τα μίγματα ατμοσφαιρικών ρύπων.

5. Κριτήρια για τον καθορισμό ορίων και προτύπων (WHO)

5.1 Εισαγωγή

Μια οδηγία ή ένα πρότυπο για να παρέχει μια υψηλή πιθανότητα απόλυτης ασφάλειας, απαιτείται λεπτομερή γνώση πολλών και σύνθετων παραγόντων. Τέτοιοι παράγοντες είναι η σχέση δόσης-αντίδρασης στα άτομα σε σχέση με όλες τις πηγές

έκθεσης, οι τύποι τοξικών επιδράσεων που προκαλούνται από συγκεκριμένους ρύπους ή τα μίγματά τους, η ύπαρξη ή μη «μεγάλων μονάδων», και η ποικιλία στα επίπεδα ευαισθησίας και έκθεσης μέσα στον ανθρώπινο πληθυσμό. Τέτοια αναλυτικά στοιχεία, όσον αφορά στους περιβαλλοντικούς μολυσματικούς παράγοντες είναι γενικά μη διαθέσιμα. Πολύ συχνά τα σχετικά στοιχεία είναι λιγοστά και οι ποσοτικές σχέσεις αβέβαιες. Η επιστημονική κρίση και η συναίνεση, επομένως, διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο στην καθιέρωση των κριτηρίων καθοδήγησης για τον καθορισμό των ορίων και των προτύπων.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO), για τον καθορισμό των ορίων, λαμβάνει υπόψη του:

- Κοινές πληροφορίες για καρκινογόνες και μη καρκινογόνες ουσίες.
- Κριτήρια για άλλες επιπτώσεις εκτός της καρκινογένεσης.
- Κριτήρια για καρκινογόνες επιπτώσεις.
- Τις οικολογικές επιπτώσεις.

5.2 Κοινές πληροφορίες για καρκινογόνες και μη καρκινογόνες ουσίες

α) Πηγές, επίπεδα και τρόποι έκθεσης

Διαθέσιμα στοιχεία παρέχονται για τα τρέχοντα επίπεδα ανθρώπινης έκθεσης στους ρύπους από όλες τις πηγές, συμπεριλαμβανομένου του αέρα. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις συγκεντρώσεις της ατμόσφαιρας του εσωτερικού περιβάλλοντος, τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές περιοχές. Όπου απαιτείται, υποδεικνύονται οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις στον εργασιακό χώρο, για τη σύγκριση με τα περιβαλλοντικά επίπεδα. Για να παρέχονται πληροφορίες για τη συμβολή από τον αέρα, σε σχέση με όλες τις άλλες πηγές, τα στοιχεία που αφορούν στη λήψη από την εισπνοή, στην κατάποση από το νερό και τα τρόφιμα, και στη δερμική επαφή, δίνονται στις σχετικές περιπτώσεις. Για τις περισσότερες χημικές ουσίες, εντούτοις, τα στοιχεία όσον αφορά τη συνολική ανθρώπινη έκθεση είναι ελλιπή.

β) Τοξικοκινητικά υλικά

Τα διαθέσιμα στοιχεία όσον αφορά στην επίδραση των τοξικοκινητικών υλικών (απορρόφηση, διανομή, μεταβολισμός και έκκριση) των ατμοσφαιρικών ρύπων στους

ανθρώπους και τα πειραματόζωα παρέχονται για τη σύγκριση μεταξύ των ειδών δοκιμής και των ανθρώπων. Η αξιολόγηση του μέγεθος του φορτίου τους γίνεται από τις μακροπρόθεσμες, χαμηλού επιπέδου εκθέσεις, με στόχο να χαρακτηρίσουν καλύτερα τον τρόπο της τοξικής τους δράσης.

5.3 Κριτήρια για άλλες επιπτώσεις εκτός της καρκινογένεσης

α) Κριτήρια NOAEL(No-observed-adverse-effect level- επίπεδο καμίας παρατηρούμενης επίδρασης) /LOAEL(Lowest-observed-adverse-effect level- επίπεδο χαμηλής παρατηρούμενης επίδρασης)

Για εκείνες τις ενώσεις, που σύμφωνα με τις υπάρχουσες πληροφορίες, δεν παρατηρούνται άμεσα καρκινογόνα αποτελέσματα, το πρώτο βήμα για τον καθορισμό των τιμών στην οδηγία είναι ο προσδιορισμός της υψηλότερης συγκέντρωσης όπου κανένα δυσμενές αποτέλεσμα δεν παρατηρείται, ή της χαμηλότερη συγκέντρωσης όπου παρατηρούνται δυσμενή αποτελέσματα σε ανθρώπους, ζώα ή φυτά. Αυτό απαιτεί μια λεπτομερή αξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων όσον αφορά την τοξικότητα. Εάν το LOAEL ή το NOAEL πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως αφετηρία για τον προσδιορισμό μιας τιμής της οδηγίας είναι κυρίως θέμα διαθεσιμότητας των στοιχείων. Εάν μια σειρά στοιχείων καθορίζει και το LOAEL και το NOAEL, το καθένα από αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό των τιμών μιας οδηγίας.

β) Κριτήρια για την επιλογή της δυσμενούς συνέπειας

Ο καθορισμός μιας διάκρισης μεταξύ των δυσμενών και μη-δυσμενών αποτελεσμάτων έχει ιδιαίτερες δυσκολίες. Οποιαδήποτε αισθητή βιολογική αλλαγή μπορεί να θεωρηθεί δυσμενής συνέπεια, υπό ορισμένες συνθήκες. Η δυσμενής συνέπεια έχει οριστεί ως «οποιαδήποτε επίδραση με συνέπεια τη λειτουργική εξασθένιση ή/και οι παθολογικές βλάβες, που μπορούν να έχουν επιπτώσεις στον οργανισμό ή που συμβάλλει στη μειωμένη δυνατότητα του οργανισμού να ανταποκριθεί σε μια πρόσθετη πρόκληση» (3) Ακόμη και σε έναν τέτοιο καθορισμό, ένας σημαντικός βαθμός υποκειμενικότητας και αβεβαιότητας παραμένει. Λόγω του ότι πολλά αποτελέσματα σημαντικών ατμοσφαιρικών ρύπων ανιχνεύονται μόνο με ευαίσθητες μεθόδους, ο καθορισμός των

δυσμενών συνεπειών είναι αρκετά δύσκολος έως αδύνατος. Για την επίλυση αυτής της δυσκολίας, τα στοιχεία ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

1. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις παρατηρήσεις, ακόμη και της πιθανής ανησυχίας υγείας, οι οποίες είναι ενιαία συμπεράσματα που δεν επαληθεύονται από άλλες ομάδες. Για το λόγο αυτό, τέτοια στοιχεία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα ως βάση για τις τιμές των ορίων μιας οδηγίας. Εντούτοις, υποδεικνύουν την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και μπορούν να εξεταστούν για την παραγωγή ενός κατάλληλου παράγοντα αβεβαιότητας, βασισμένου στη δριμύτητα των παρατηρηθέντων αποτελεσμάτων.

2. Η δεύτερη κατηγορία είναι ένα επίπεδο χαμηλής-παρατηρούμενης-επίδρασης (ή επίπεδο καμίας παρατηρούμενης επίδρασης) που υποστηρίζεται από άλλες επιστημονικές πληροφορίες. Όταν τα αποτελέσματα οδηγούν σε παθολογικές αλλαγές, υπάρχει ένας υψηλότερος βαθμός ανησυχίας για την υγεία. Η επιστημονική κρίση, βασισμένη σε όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες υγείας, χρησιμοποιείται για να καθορίσει τον τρόπο που τα αποτελέσματα σε αυτήν την κατηγορία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον καθορισμό του επιπέδου που πρέπει να αποφευχθεί, έτσι ώστε να αποτραπεί ο υπερβολικός κίνδυνος.

3. Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει επίπεδα έκθεσης στα οποία υπάρχει σαφής ένδειξη για τις ουσιαστικές παθολογικές αλλαγές και αυτά τα συμπεράσματα έχουν μια σημαντική επιρροή στις οδηγίες.

γ) Η προσέγγιση συγκριτικής μέτρησης επιδόσεων (Benchmark approach):

Η δόση συγκριτικής μέτρησης επιδόσεων- The benchmark dose (BMD) είναι το χαμηλότερο όριο εμπιστοσύνης της δόσης, που παράγει μια δεδομένη αύξηση (π.χ. 5% ή 10%) στο επίπεδο μιας επίδρασης. Έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με την NOAEL/LOAEL προσέγγιση.

- Η BMD εξάγεται βάσει όλης της καμπύλης δόσης-αντίδρασης για την κρίσιμη, δυσμενή συνέπεια και όχι από μια ενιαία ομάδα δόσεων, όπως στην περίπτωση των κριτηρίων NOAEL/LOAEL.

- Μπορεί να υπολογιστεί από σύνολο δεδομένων, στα οποία ένα κριτήριο NOAEL δεν καθορίζεται, εξαλείφοντας την ανάγκη για έναν πρόσθετο παράγοντα αβεβαιότητας που εφαρμόζεται στο LOAEL.
- Ο καθορισμός του BMD ως το χαμηλότερο όριο εμπιστοσύνης, αποτελεί τη στατιστική δύναμη και την ποιότητα των δεδομένων.

Πρέπει να σημειωθεί, εντούτοις, ότι το κύριο μειονέκτημα της προσέγγισης συγκριτικής μέτρησης επιδόσεων είναι ότι δεν ισχύει για τα ιδιαίτερα στοιχεία τοξικότητας, όπως τα ιστοπαθολογικά ή στοιχεία τερατογένεσης.

δ) Κριτήρια για την επιλογή των παραγόντων αβεβαιότητας

Παραδοσιακά, ο παράγοντας αβεβαιότητας έχει χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει την αβεβαιότητα στην εξαγωγή συμπερασμάτων από τα ζώα στους ανθρώπους και από μια μικρή ομάδα ατόμων σε έναν μεγάλο πληθυσμό, συμπεριλαμβανομένων των ενδεχομένως μη ανιχνευθέντων αποτελεσμάτων στα ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού.

Στην δεύτερη έκδοση των «Οδηγιών Ατμοσφαιρικής Ποιότητας» από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, οι όροι «παράγοντας ασφάλειας» και «παράγοντας προστασίας» έχουν αντικατασταθεί από τον όρο "παράγοντας αβεβαιότητας". Θεωρείται ότι αυτοί οι όροι είναι καλύτεροι να εξηγήσουν την παραγωγή και τις επιπτώσεις τέτοιων παραγόντων.

Είναι προφανές, ότι πολλοί και διαφορετικοί παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη στην πρόταση ενός περιθωρίου προστασίας. Ο παράγοντας αβεβαιότητας δεν μπορεί να οριστεί από έναν απλό μαθηματικό τύπο αλλά απαιτεί εμπειρία, φρόνηση και κρίση.

ε) Η δυνατότητα μιας τυποποιημένης προσέγγισης για τον καθορισμό των οδηγιών

Στην προετοιμασία της δεύτερης έκδοσης των οδηγιών, συζητήθηκε η δυνατότητα μιας τυποποιημένης μεθοδολογίας για τον καθορισμό των οδηγιών. Συμφωνήθηκε ότι τα κριτήρια περιβαλλοντικής υγείας ήταν μια πολύτιμη πηγή πληροφοριών. Αφ' ετέρου, αναγνωρίστηκε ότι η μεγάλη παραλλαγή στα διαθέσιμα στοιχεία για τις διαφορετικές ενώσεις, κατέστησε τη χρήση μιας τυποποιημένης

προσέγγισης αδύνατη. Ένα μεγάλο μέρος της δυσκολίας αφορά στην επάρκεια της βάσης δεδομένων, και αυτό παίζει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο των μεθόδων αξιολόγησης που υιοθετούνται.

Όταν η βάση δεδομένων είναι ισχυρή, (δηλαδή υπάρχει αρκετή γνώση για την τοξικολογία της ένωσης) προτείνεται ότι η ειδική κρίση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να θέσει μια οδηγία, ενώ σε τέτοιες περιστάσεις το επίπεδο αβεβαιότητας είναι χαμηλό. Εάν, όμως, η βάση δεδομένων είναι αδύνατη, τότε υπάρχει ένα μεγαλύτερο επίπεδο αβεβαιότητας.

στ) Τα κριτήρια για την επιλογή του υπολογισμού μέσου όρου των χρόνων

Η ανάπτυξη της τοξικότητας είναι μια σύνθετη λειτουργία της αλληλεπίδρασης μεταξύ της συγκέντρωσης ενός ρύπου και της διάρκειας της έκθεσης σε αυτόν. Μια χημική ουσία μπορεί να προκαλέσει οξεία, καταστρεπτικά αποτελέσματα μετά από τη μέγιστη έκθεση για μια μικρή χρονική περίοδο και μη επιβλαβή αποτελέσματα μετά από την παρατεταμένη έκθεση σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Η γνώση μας είναι συνήθως ανεπαρκής να καθορίσει ακριβώς τη σχέση μεταξύ των αποτελεσμάτων αφ' ενός και αφ' ετέρου της συγκέντρωσης και του χρόνου. Επομένως, πρέπει να εφαρμοστεί ειδική κρίση, βασισμένη στο βάρος των διαθέσιμων στοιχείων.

ζ) Τα προς εξέταση κριτήρια των αισθητήριων αποτελεσμάτων

Μερικές από τις ουσίες, που επιλέγονται για την αξιολόγηση, έχουν επιβλαβείς ιδιότητες σε συγκεντρώσεις, που απέχουν πολύ από εκείνες όπου εμφανίζονται τα τοξικά αποτελέσματα.

Για πρακτικούς λόγους, τα ακόλουθα χαρακτηριστικά και τα αντίστοιχα επίπεδα εξετάστηκαν στην αξιολόγηση των αισθητήριων αποτελεσμάτων:

- Η ένταση, όπου το επίπεδο κατώτατων ορίων ανίχνευσης ορίζεται ως το χαμηλότερο όριο της συγκέντρωσης που γίνεται ενοχλητικά αισθητή.
- Η ποιότητα, όπου το επίπεδο κατώτατων ορίων αναγνώρισης ορίζεται ως η χαμηλότερη συγκέντρωση στην οποία η αισθητήρια επίδραση, όπως η μυρωδιά, μπορεί να αναγνωριστεί σωστά σε 50% των περιπτώσεων.

- Η αποδοχή και η ενόχληση, όπου το επίπεδο κατώτατων ορίων ενόχλησης ορίζεται ως η συγκέντρωση στην οποία όχι περισσότερο από ένα μικρό ποσοστό του πληθυσμού (λιγότερο από 5%) αισθάνεται την ενόχληση για ένα μικρό μέρος του χρόνου (λιγότερο από 2%). Δεδομένου ότι η ενόχληση επηρεάζεται από διάφορους ψυχολογικούς και κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, ένα επίπεδο κατώτατων ορίων ενόχλησης δεν μπορεί να καθοριστεί βάσει της συγκέντρωσης μόνο.

Κατά τη διάρκεια της αναθεώρησης των οδηγιών, τα προβλήματα όπως παραδείγματος χάριν, του δέρματος και του πονοκέφαλου θεωρήθηκαν επίσης ως πιθανά προβλήματα ενόχλησης. Συμφωνήθηκε ότι ο πονοκέφαλος πρέπει να θεωρηθεί θέμα ασθένειας και όχι μόνο θέμα ενόχλησης.

5.4 Κριτήρια για καρκινογόνες επιπτώσεις

Η αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου είναι βασικά μια διαδικασία αποτελούμενη από δύο στάδια, που περιλαμβάνει μια ποιοτική αξιολόγηση, για το πώς είναι πιθανό ότι ένας παράγοντας να αποτελεί καρκινογόνο ουσία, και μια ποσοτική αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου που είναι πιθανό να εμφανιστεί σε δεδομένα επίπεδα και τη διάρκεια της έκθεσης.

α) Η ποιοτική αξιολόγηση της καρκινογένεσης

Η ποιοτική αξιολόγηση της καρκινογένεσης είναι βασισμένη στην ποιοτική αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών για την καρκινογένεση. Εδώ έχουν εφαρμοστεί τα κριτήρια ταξινόμησης της Διεθνούς Επιτροπής Αντικαρκινικού Αγώνα (IARC). Όσον αφορά στις καρκινογόνες ουσίες, καθορίστηκε ένας «γενικός κανόνας» και οι εξαιρέσεις από αυτόν. Ο «γενικός κανόνας» δηλώνει ότι για τις ενώσεις στις ομάδες 1 και 2A IARC (αποδεδειγμένες ανθρώπινες καρκινογόνες ουσίες, και καρκινογόνες ουσίες με τουλάχιστον τα περιορισμένα στοιχεία της ανθρώπινης καρκινογένεσης), οι τιμές οδηγίας προσδιορίζονται με τη χρήση της ποσοτικής αξιολόγησης του κινδύνου. Για τις ενώσεις κατά ομάδες 2B (ανεπαρκή στοιχεία στους ανθρώπους αλλά επαρκή στοιχεία στα ζώα), 3 (μη ταξινομημένα ως προς την καρκινογένεση στους ανθρώπους) και 4 (μη καρκινογόνα), οι τιμές οδηγίας

προσδιορίζονται με τη χρήση μιας μεθόδου κατώτατων ορίων (παράγοντας αβεβαιότητας). Για τις ενώσεις στην ομάδα 2B, αυτό μπορεί να ενσωματώσει έναν χωριστό παράγοντα για τη δυνατότητα μιας καρκινογόνου επίδρασης στους ανθρώπους.

β) Η ποσοτική αξιολόγηση της καρκινογόνου δύναμης

Η ποσοτική αξιολόγηση που χρησιμοποιεί το μέσο σχετικό πρότυπο κινδύνου περιλαμβάνει τέσσερα βήματα: (α) την επιλογή των μελετών (β) την τυποποιημένη περιγραφή των αποτελεσμάτων μελέτης από την άποψη του σχετικού κινδύνου, του επιπέδου έκθεσης και της διάρκειας της έκθεσης (γ) τα συμπεράσματα από μία δόση και (δ) την εφαρμογή σε έναν γενικό (υποθετικό) πληθυσμό.

Ο στόχος της είναι να χρησιμοποιηθούν οι διαθέσιμες πληροφορίες από συγκεκριμένες καταστάσεις μελέτης, για να προβλεφθεί ο κίνδυνος για το γενικό πληθυσμό, από την έκθεση στα επίπεδα καρκινογόνων ουσιών.

Σαν πρώτο βήμα σε οποιαδήποτε δεδομένη αξιολόγηση του κινδύνου, είναι ο προσδιορισμός των σημαντικότερων υποθέσεων που πρέπει να γίνουν, δείχνοντας τις πιθανές συνέπειές τους. Αυτές οι υποθέσεις είναι οι ακόλουθες:

- Η ποσοτική αξιολόγηση της καρκινογένεσης βασισμένη σε ανθρώπινα δεδομένα.
- Οι εκτιμήσεις κινδύνου από τις ζωικές αναλύσεις: αυτά τα στοιχεία ενισχύουν την εμπιστοσύνη μας στην αξιολόγηση των ανθρώπινων κινδύνων εμφάνισης καρκίνου βάσει των επιδημιολογικών στοιχείων.
- Η συνδυασμένη έκθεση (σε συνδυασμούς ατμοσφαιρικών ρύπων).

5.5 Οι οικολογικές επιπτώσεις

Η σημασία μιας ενσωματωμένης άποψης της υγείας και των οικολογικών αποτελεσμάτων, στη διαχείριση ατμοσφαιρικής ποιότητας, αναγνωρίστηκαν από την έναρξη του προγράμματος. Τα οικολογικά αποτελέσματα μπορούν να έχουν μια σημαντική έμμεση επιρροή στην ανθρώπινη υγεία και την ευημερία. Παραδείγματος χάριν, οι περισσότεροι από τους σημαντικότερους αστικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους έχουν δυσμενή αποτελέσματα στα φυτά. Μια ομάδα διαβουλεύσεων επομένως συγκλήθηκε για να εξετάσει τα οικολογικά αποτελέσματα στην επίγεια βλάστηση του

διοξειδίου θείου, του διοξειδίου αζώτου, του όζοντος και άλλων φωτοχημικών οξειδωτικών.

6. Από τις οδηγίες στα πρότυπα

6.1 Εισαγωγή

Ο αρχικός στόχος των οδηγιών είναι να παρέχεται μια ομοιόμορφη βάση για την προστασία της δημόσιας υγείας και των οικοσυστημάτων από τα δυσμενή αποτελέσματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι οδηγίες είναι βασισμένες στην διαθέσιμη επιστημονική γνώση κατά την διάρκεια της ανάπτυξής τους. Έχουν το χαρακτήρα των συστάσεων και δεν συστήνεται να υιοθετούνται ως πρότυπα.

Εντούτοις, οι χώρες μπορούν να επιθυμήσουν να μετασχηματίσουν τις συνιστώμενες οδηγίες στα νόμιμα εκτελέσιμα πρότυπα, και αυτό το κεφάλαιο συζητά τους τρόπους στους οποίους αυτό μπορεί να γίνει. Στο στάδιο της κίνησης από μια «οδηγία» προς τα «πρότυπα», διάφοροι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν τις τρέχουσες συγκεντρώσεις των ρύπων, τα επίπεδα έκθεσης ενός πληθυσμού, το σύστημα των ατμοσφαιρικών ρύπων και των συγκεκριμένων κοινωνικών, οικονομικών και πολιτιστικών όρων. Αυτές οι εκτιμήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε πρότυπα με όρια διαφοροποιημένα από αυτά της οδηγίας.

6.2 Το νομικό πλαίσιο

Στον καθορισμό των προτύπων ατμοσφαιρικής ποιότητας σε εθνικό ή υπερεθνικό επίπεδο, ένα νομοθετικό πλαίσιο παρέχει συνήθως τη βάση για τη διαδικασία αξιολόγησης και λήψης αποφάσεων. Ο καθορισμός των προτύπων εξαρτάται έντονα από τον τύπο διοικητικής στρατηγικής κινδύνου που υιοθετείται και που επηρεάζεται από συγκεκριμένες κοινωνικοπολιτικές εκτιμήσεις ή/και υπερεθνικές συμφωνίες. Η νομοθεσία και το σχήμα των προτύπων ατμοσφαιρικής ποιότητας ποικίλλουν από χώρα σε χώρα, αλλά γενικά τα ακόλουθα ζητήματα πρέπει να εξεταστούν:

- Προσδιορισμός και επιλογή των ρύπων για τους οποίους το νομοθετικό πλαίσιο θα ισχύσει.

- Η διαδικασία για τις αποφάσεις για τα κατάλληλα πρότυπα.
- Η αριθμητική αξία των προτύπων για τους διάφορους ρύπους, τις εφαρμόσιμες μεθόδους ανίχνευσης και τη μεθοδολογία ελέγχου.
- Ενέργειες για να εφαρμόστούν τα πρότυπα, όπως ο καθορισμός του χρονικού πλαισίου που απαιτείται για την επίτευξη της συμμόρφωσης με τα πρότυπα, εξέταση των μέτρων ελέγχου εκπομπής και των απαραίτητων στρατηγικών μείωσης.
- Προσδιορισμός των αρμόδιων αρχών επιβολής.

Τα πρότυπα της ατμοσφαιρικής ποιότητας μπορούν να βασιστούν στα επιστημονικά και τεχνικά στοιχεία, όσον αφορά τη δημόσια υγεία και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά και σε άλλες πτυχές μπορούν επίσης να ληφθούν υπόψη, όπως το κόστος-όφελος ή η οικονομική αποτελεσματικότητα.

6.3 Τα στοιχεία που εξετάζονται στον καθορισμό των προτύπων

Μέσα στα θεσμοθετημένα νομικά πλαίσια η χρησιμοποίηση των οδηγιών της ατμοσφαιρικής ποιότητας ως αφετηρία για την ανάπτυξη των προτύπων περιλαμβάνει την εκτίμηση αρκετών στοιχείων. Αυτοί, εν μέρει, καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά των πληθυσμών ή τις ιδιότητες του περιβάλλοντος. Διάφορα αυτά τα ζητήματα είναι:

- Οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία: στον καθορισμό προτύπων για τον έλεγχο ενός περιβαλλοντικού ρύπου, πρέπει να καθοριστούν οι επιπτώσεις του στον άνθρωπο.
- Οι ειδικοί πληθυσμοί: όπως τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι.
- Ο βασικός παράγοντας σχέσης έκθεσης-συνέπειας, που εξετάζεται στην ανάπτυξη των προτύπων για το σχετικό ρύπο.
- Ο χαρακτηρισμός έκθεσης: είναι η μελέτη του αριθμού των ανθρώπων που εκτίθεται στις ανησυχητικές συγκεντρώσεις και της διανομής της έκθεσης μεταξύ των διάφορων ομάδων πληθυσμών.
- Η αξιολόγηση του κινδύνου γενικά: είναι ο βαθμός προστασίας που συνδέεται με διαφορετικά επίπεδα ρύπανσης στα οποία τα πρότυπα να καθιερωθούν.

Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να ποικίλουν ουσιαστικά στις διάφορες χώρες. Παραδείγματος χάριν, τα επίπεδα εσωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι αρκετά σημαντικά στις χώρες στις οποίες τα ορυκτά καύσιμα και τα καύσιμα από βιομάζα χρησιμοποιούνται στα σπίτια

6.4 Η ανάλυση κόστους-οφέλους

Στην ανάλυση κόστους-οφέλους, οι δαπάνες και τα κέρδη των εφαρμοσμένων μέτρων ελέγχου συγκρίνονται χρησιμοποιώντας τις νομισματικές τιμές. Αντίθετα, στην ανάλυση οικονομικής αποτελεσματικότητας, οι δαπάνες των μέτρων ελέγχου αναφέρονται με ποσοτικούς όρους, όπως το κόστος ανά τόνο του ρύπου ή το κόστος ανά μονάδα έκθεσης. Δηλαδή τα οφέλη περιγράφονται με φυσικούς, χημικούς ή βιολογικούς όρους, όπως οι μειωμένες συγκεντρώσεις ή εκπομπές, ή οι αποφευγμένες περιπτώσεις της ασθένειας, ή η ζημία στα οικοσυστήματα.

α) Η ανάλυση των μέτρων ελέγχου για τη μείωση των μολυσματικών επιπέδων

Τα μέτρα ελέγχου για τη μείωση των εκπομπών πολλών ατμοσφαιρικών ρύπων είναι γνωστά. Τα άμεσα μέτρα ελέγχου στην πηγή εκφράζονται εύκολα με νομισματικούς όρους. Τα έμμεσα μέτρα ελέγχου, όπως τα εναλλακτικά σχέδια ή οι αλλαγές στη δημόσια συμπεριφορά, μπορεί να μην είναι μετρήσιμα με νομισματικούς όρους αλλά ο αντίκτυπός τους πρέπει να εκφραστεί. Τα αποτελεσματικά μέτρα ελέγχου πρέπει να έχουν ως σκοπό να εξετάσουν τους δευτεροβάθμιους καθώς επίσης και αρχικούς ρύπους.

Για την αξιολόγηση, διάφοροι τύποι στοιχείων πρέπει να αποκτηθούν:

- Οι συγκεντρώσεις ρύπων (ανά ώρα, καθημερινά, εποχιακά)
- Τα στοιχεία εκπομπής από όλες τις σημαντικές πηγές
- Τα στοιχεία σχετικά με τη διασπορά των εκπομπών.

β) Καθορισμός των οφελών από τη βελτίωση της ατμοσφαιρικής ποιότητας

Οι οδηγίες ατμοσφαιρικής ποιότητας βασίζονται στη βελτίωση της υγείας και του οικοσυστήματος. Η ευημερία, η ποιότητα της ζωής ή η αξία των οικοσυστημάτων είναι πολύ δύσκολο να εκφραστούν στους νομισματικούς όρους. Στις διάφορες χώρες, οι τιμές που ορίστηκαν στις κατηγορίες οφελών διαφέρουν. Παρόλες τις αβεβαιότητες, είναι καλύτερο να περιληφθούν όσο το δυνατόν περισσότερα οφέλη από τις σχετικές κατηγορίες, ακόμα κι αν η οικονομική τους αξιολόγηση είναι αβέβαιη ή διφορούμενη.

γ) Η σύγκριση των οφελών με και χωρίς ενέργειες ελέγχου

Αυτό το βήμα περιλαμβάνει το συνδυασμό των πληροφοριών της σχέσης έκθεσης-επίπτωσης με αυτήν της αξιολόγησης της ατμοσφαιρικής ποιότητας, και την εφαρμογή των συνδυασμένων πληροφοριών στον πληθυσμό. Τα πρόσθετα στοιχεία που απαιτούνται σε αυτό το βήμα περιλαμβάνουν την προδιαγραφή του πληθυσμού, που βρίσκεται σε κίνδυνο, και τον προσδιορισμό της επικράτησης των διαφορετικών επιπτώσεων στην υγεία του.

δ) Η σύγκριση των δαπανών και των κερδών

Τα μέτρα που λαμβάνονται για να μειώσουν έναν ρύπο μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν τη συγκέντρωση άλλων ρύπων. Αυτά τα πρόσθετα αποτελέσματα πρέπει να εξεταστούν. Οι μολυσματικές αλληλεπιδράσεις θέτουν πρόσθετες περιπλοκές. Τα αποτελέσματα αλληλεπίδρασης μπορούν ενδεχομένως να οδηγήσουν στο διπλό υπολογισμό των δαπανών, ή στην αμέλεια κάποιας δαπανηρής αλλά απαραίτητης δράσης. Η ίδια επιχειρηματολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την υπολογισμό των οφελών.

στ) Η ανάλυση ευαισθησίας και η ανάλυση αβεβαιότητας

Περιλαμβάνει τις συγκρίσεις των αποτελεσμάτων μιας ιδιαίτερης κόστους-οφέλους ανάλυσης με αυτήν άλλων μελετών, τον επανυπολογισμό ολόκληρης της αλυσίδας της ανάλυσης χρησιμοποιώντας άλλες υποθέσεις, ή τη χρήση των σειρών των τιμών.

6.5 Η συμμετοχή της δημόσιας ευαισθητοποίησης

Η ανάπτυξη των προτύπων πρέπει να εξασφαλίζει, όσο το δυνατόν περισσότερο, την κοινωνική ισότητα και τη δικαιοσύνη σε όλα τα περιληφθέντα συμβαλλόμενα μέρη. Πρέπει επίσης να παρέχει τις ικανοποιητικές πληροφορίες, για να εγγυηθεί την κατανόηση των επιστημονικών και οικονομικών συνεπειών από τους συμμετέχοντες.

Η συμμετοχή όλων εκείνων που επηρεάζονται από τη διαδικασία (βιομηχανία, τοπικές αρχές, μη κυβερνητικές οργανώσεις και το ευρύ κοινό) σε ένα αρχικό στάδιο της τυποποιημένης παραγωγής είναι πολύ σημαντική.

Η βελτίωση της δημόσιας πληροφόρησης για την υγεία και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι επίσης ένας σημαντικός τρόπος να ληφθεί η δημόσια υποστήριξη για τις απαραίτητες ενέργειες ελέγχου.

Οι πληροφορίες για την ποιότητα του αέρα (όπως οι προειδοποιήσεις των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης) και τους επιφερόμενους κινδύνους πρέπει να δημοσιεύονται στα μέσα για να καθιστούν το κοινό ενήμερο.

7. Όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization)

Η αντιπροσωπεία διεθνούς ενέργειας πριν μερικά έτη προέβη σε μια αναθεώρηση των διεθνών προτύπων για την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα, συμπεριλαμβανομένων των προτύπων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Τρία διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης παρατίθενται σε αυτήν την αναθεώρηση:

- MAC: Μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση στο διάστημα εργασίας για μια περίοδο οκτώ ωρών (κριτήρια υγιεινής εργασίας).
- Αξία ME: Μέγιστη περιβαλλοντική αξία.
- AIC: Αποδεκτή εσωτερική συγκέντρωση «για τις συγκεντρώσεις κάτω από το AIC, οι αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία είναι είτε αμελητέες είτε, εάν κανένα κατώτατο όριο δεν είναι γνωστό, είναι τουλάχιστον ανεκτές».

Οι Πίνακες 1 έως 6 παρουσιάζουν αυτά τα διαφορετικά τυποποιημένα όρια συγκέντρωσης για σημαντικούς εσωτερικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους.

1. Διοξείδιο του άνθρακα CO₂

Χώρα	Επίπεδο	MAC [PPM]	Μέγιστο όριο [PPM]	Αξία ME [PPM]	AIC [PPM]	Παρατηρήσεις
Καναδάς		5000			1000-3500	
Γερμανία		5000	2xMAC		1000-1500	
Φινλανδία		5000	5000		2500	
Ιταλία					1500	
Οι Κάτω Χώρες		5000	15000		1000-1500	
Νορβηγία		5000	MAC+25%			
Σουηδία		5000	10000			
Ελβετία		5000			1000-1500	
UK		5000	15000			
ΗΠΑ		5000			1000	
Διαστημικός Colombus	σταθμός				4000	

Πίνακας 1: Διεθνή πρότυπα για τα επίπεδα συγκέντρωσης του CO₂ [AIVC]

2. Μονοξείδιο το άνθρακα CO

Ζώνη	Διάστημα συγκέντρωσης [PPM]
Επίπεδο φυσικών βάσεων	0.044-0.087
Αγροτικές περιοχές	0.175-0.435
Βιομηχανικές περιοχές	0.87-1.75
Επίπεδα στο κέντρο της πόλης	μέχρι 40

Πίνακας 2: Επίπεδα συγκέντρωσης CO για τις διάφορες περιοχές [AIVC]

Επίπεδο Χώρα	MAC [PPM]	Μέγιστο όριο [PPM]	Αξία ME [PPM]	AIC [PPM]	Παρατηρήσεις
Καναδάς	50	400		9	
Γερμανία	30	2xMAC	8-43	1-18	Ανάλογα με τη διάρκεια και τον τύπο δοματίου
Φινλανδία	30	75		8,7-26	Ανάλογα με τη διάρκεια
Ιταλία	30				
Οι Κάτω Χώρες	25	120		8,7-35	Ανάλογα με τη διάρκεια
Νορβηγία	35	+ 50%			
Σουηδία	35	100		12	
Ελβετία	30		7		
UK	50	400			
ΗΠΑ	50	400		9	
W.H.O.		9-87			Ανάλογα με τη διάρκεια
Αεροπλάνα	50				

Πίνακας 3: Διεθνή πρότυπα για τα επίπεδα συγκέντρωσης CO [AIVC]

3. Διοξείδιο του αζώτου NO₂

Επίπεδο Χώρα	MAC [PPM]	Μέγιστο όριο [PPM]	Αξία ME [PPM]	AIC [PPM]	Παρατηρήσεις
Καναδάς	3	5		0,3 0,052	Γραφεία σπίτια
Γερμανία	5	2xMAC	0.05-0.1		
Φινλανδία	3	6		0,08 0,16	Καθημερινός μέσος όρος Ωριαίος μέσος όρος
Οι Κάτω Χώρες	2			0.08-0.16	
Σουηδία	2	5		0.15-0.2	
Ελβετία	3		0.015-0.04		
UK	3	5			
ΗΠΑ	3	5		0,3	
W.H.O.			0,16	0.08-0.21	

Πίνακας 4: Διεθνή πρότυπα για τα επίπεδα συγκέντρωσης NO₂ [AIVC]

4. Φορμαλδεΐδη HCHO

Επίπεδο Χώρα	MAC [PPM]	Μέγιστο όριο [PPM]	Αξία ME [PPM]	AIC [PPM]	Παρατηρήσεις
Καναδάς	1	2		0,1	
Γερμανία	1	2xMAC		0,1	
Φινλανδία		1		0,12 0,24	Νέα κτίρια Υπάρχοντα κτίρια
Οι Κάτω Χώρες	1	2		0,1	
Νορβηγία	1	+ 100%			
Σουηδία	0,5	1		0.01-0.1	
Ελβετία	1			0,2	
UK	2	2			
ΗΠΑ	1	2		0,1	
W.H.O.				0.08-0.1	Ανάλογα με τα εξεταζόμενα αποτελέσματα

Πίνακας 5: Διεθνή πρότυπα για τα επίπεδα συγκέντρωσης HCOH [AIVC]

Ένωση	Ετήσιος Περιβαλλοντικός αέρας Συγκέντρωση [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Σημείο τέλους υγείας	Παρατηρηθέν επίπεδο επίδρασης [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Τιμή οδηγίας [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Υπολογισμός μέσου όρου του χρόνου
Μονοξείδιο του άνθρακα	500-700	Κρίσιμο επίπεδο COHb < 2,5% (COHb: carboxyhaemoglobin)		100.000 60.000 30.000 10.000	15 λ. 30 λ. 1 ώρα 8 ώρες
Μόλυβδος	0.01-2	Κρίσιμο επίπεδο του PB στο αίμα < PB 100-150 μg		0,5	1 έτος
Διοξείδιο του αζώτου	10-150	Μικρές αλλαγές στη λειτουργία στο asthmatics	365-565	200	1 ώρα
Όζον	10-100	Αντιδράσεις αναπνευστικής λειτουργίας		120	8 ώρες
Διοξείδιο του θείου	5-400	Αλλαγές στη λειτουργία του πνεύμονα στα asthmatics Επιδεινώσεις των αναπνευστικών συμπτωμάτων στα ευαίσθητα άτομα	1000 250 100	500 125 50	10 λ. 24 ώρες 1 έτος

Πίνακας 6: Τιμές οδηγίας WHO για τα κριτήρια των ατμοσφαιρικών ρύπων

8. Ευρωπαϊκές οδηγίες που σχετίζονται με ποιότητα αέρα

8.1 Κύρια ζητήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ευρώπη

Τα κύρια ζητήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ευρώπη, από τη σκοπιά των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία, το οικοσύστημα, και τα υλικά είναι (EEA 2001):

- Ο οξινισμός και ο ευτροφισμός του νερού, των στερεών και του οικοσυστήματος.
- Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία λόγω της έκθεσης στο όζον.
- Οι καταστροφές στη βλάστηση και στη συγκομιδή λόγω της έκθεσης στο όζον.
- Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία λόγω της έκθεσης σε σωματίδια, NO₂, SO₂, CO, μόλυβδο, βενζόλιο, ειδικά στις αστικές περιοχές.
- Οι καταστροφές στα υλικά, λόγω της έκθεσης σε όξινες ενώσεις.

8.2 Τιμές ορίων ποιότητας αέρα και στόχοι

Οι στόχοι για την ποιότητα αέρα και τη μείωση των αέριων ρύπων για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, καθορίζονται στις Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ποιότητα Αέρα (Nos 92/72/EEC, 96/62/EC, 99/30/EC, 2000/69/EC και 2002/3/EC), καθώς επίσης και από τα πρότυπα Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (WHO,2000). Οι στόχοι για την ποιότητα αέρα καθώς επίσης και για τον οξινισμό και ευτροφισμό των ενώσεων καθορίστηκαν, για την προστασία του οικοσυστήματος, από την UNECE Convention LRTAP. Οι στόχοι για την μείωση των εκπομπών αερίων τέθηκαν από την CLRTAP και την Ε.Ε. πρόσφατα με την Οδηγία 2001/81/EC για «Τα ανώτατα όρια εκπομπών».

Δεν έχουν καθορισθεί οδηγίες και όρια για την προστασία των υλικών, αλλά επωφελούνται από τα όρια για το SO₂, και το όζον.

Στους Πίνακες 7 και 8 δίνονται συνοπτικά οι διάφορες τιμές ορίων, οι οδηγίες και οι στόχοι.

Τιμές ορίων για την προστασία της υγείας και Οδηγίες				
Ε.Κ. Οδηγίες				
Ρύπος	Όριο/στόχος			Έτος στόχος
PM ₁₀ Stage1	Ετήσια μέση τιμή	40 μg/m ³	Όχι πάνω από 35 ημέρες το χρόνο	2005
	Ημερήσια μέση τιμή	50 μg/m ³		2005
PM ₁₀ Stage2	Ετήσια μέση τιμή	20 μg/m ³	Ενδεικτική	2010
	Ημερήσια μέση τιμή	50 μg/m ³	Όχι πάνω από 7 ημέρες το χρόνο	2010
NO ₂	Ετήσια μέση τιμή	40 μg/m ³	Όχι πάνω από 18 ώρες το χρόνο	2010
	Ημερήσια μέση τιμή	200 μg/m ³		2010
Όζον	Μέση τιμή 8-ώρου	120 μg/m ³	Όχι πάνω από 25 ημέρες το χρόνο ⁽¹⁾	2010
SO ₂	Ετήσια μέση τιμή	125 μg/m ³	Όχι πάνω από μέρες το χρόνο	2005
	Ημερήσια μέση τιμή	350 μg/m ³	Όχι πάνω από 24 ώρες το χρόνο	2005
CO	Μέση τιμή 8-ώρου	10 μg/m ³		2005
Pb	Ετήσια μέση τιμή	0.5 μg/m ³		2005 ⁽²⁾
Βενζίνη	Ετήσια μέση τιμή	5 μg/m ³		2010
(1) Σαν μια μέση τιμή για τα τρία επόμενα χρόνια				
(2) Το 2010 είναι ο χρονικός στόχος για συγκεκριμένες πηγές σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Κομισιόν 19/7/2001				
WHO Οδηγίες				
PM ₁₀	No lower threshold for effects. Guideline is provided in terms of dose-response functions as a basis for risk estimates.			
NO ₂	Guideline levels are the same as in the EU Directive, but allowable exceedances are not given.			
Όζον	Guideline levels are the same as in the EU Directive, but allowable exceedances are not given.			
SO ₂	Ετήσια μέση τιμή	50 μg/m ³	(As in EU Directive, 199/30/EC but allowable exceedances are not given.)	
	Ημερήσια μέση τιμή	125 μg/m ³		
	Μέση τιμή 10-λέπτου	50 μg/m ³		
CO	Μέση τιμή 8-ώρου	125 μg/m ³	(In addition, guidelines are given for 1 hour, 30 minute and 15 minute averages.)	
Pb	Ίδια με την τιμή της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 1999/30/EK			
Βενζίνη	Δεν προτείνεται ασφαλές όριο εκπομπής			

Πίνακας 8: Τιμές ορίων για την προστασία της υγείας και Οδηγίες

Έλεγχοι εκπομπών			
Ευρωπαϊκή Οδηγία (NECD 2000)			
		Απαιτούμενη μείωση εκπομπών	Χρονική περίοδος ⁽¹⁾
SO ₂	Ετήσιο σύνολο	77%	1990-2010
NO _x (όπως NO ₂)	Ετήσιο σύνολο	51%	1990-2010
VOC	Ετήσιο σύνολο	58%	1990-2010
NH ₃	Ετήσιο σύνολο	15%	1990-2010
UN-ECE CLRTP			
SO ₂	Ετήσιο σύνολο (1985) ⁽²⁾	30% όλες ⁽³⁾	1980-93
	Ετήσιο σύνολο (1994)	62% E.K.	1980-2000
	Ετήσιο σύνολο (1999)	75% E.K., 65% όλες	1990-2010
NO _x (όπως NO ₂)	Ετήσιο σύνολο (1988)	0% E.K., 0% όλες	1987-94
	Ετήσιο σύνολο (1999)	49% E.K., 44% όλες	1990-2010
	Ετήσιο σύνολο (1991)	30% όλες	1984/90-99
VOC	Ετήσιο σύνολο (1999)	57% E.K., 49% όλες	1990-2010
	Ετήσιο σύνολο (1991)	15% E.K., 17% όλες	1990-2010
(1) Το πρώτο έτος της περιόδου είναι το έτος αναφοράς			
(2) Έτος πρωτοκόλλου			
(3) Όλες οι χώρες που είχαν υπογράψει			

Πίνακας 9: Έλεγχοι εκπομπών

8.3 Επιλεγμένοι δείκτες για την ρύπανση του αέρα

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Περιβάλλοντος (European Environmental Agency) εργάζεται για τη δημιουργία μιας ομάδας δεικτών. Οι δείκτες επιλέγονται με βάση τα ακόλουθα κριτήρια. Πρέπει:

- Να απαντούν σε καίρια πολιτικά ¹ ζητήματα.
- Να είναι συγκρίσιμοι μεταξύ των διαφόρων κρατών.
- Να είναι διαφανείς ως προς τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς αυτών.
- Να παρέχουν τις βέλτιστες διαθέσιμες επιστημονικές μεθόδους.

Ο Πίνακας 10 δίνει συνοπτικά τους δείκτες και την παρούσα κατάσταση της ποιότητας του αέρα στην Ευρώπη, για τα θέματα του οξινισμού, του ευτροφισμού, του τροποσφαιρικού όζοντος και της περιβαλλοντικής ατμοσφαιρικής ποιότητας.

¹ Για την ατμοσφαιρική ρύπανση τα καίρια πολιτικά ζητήματα αφορούν σε αυτά που αναπτύχθηκαν στις Κοινοτικές Οδηγίες 2001/81/ΕΚ, 96/62/ΕΚ, 1999/30/Εκ και 2002/3/ΕΚ.

Επιλεγμένοι δείκτες για τη ρύπανση του αέρα	
Δείκτες στόχοι	Δευτερεύοντες δείκτες
Ποιότητα περιβαλλοντικού αέρα και ανθρώπινη υγεία	
Περιορισμός των τιμών ορίων για τους ρύπους SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , Pb, CO, βενζίνη)	<ul style="list-style-type: none"> • Έκθεση του πληθυσμού και ρίσκο από τη μόλυνση του αέρα
Οξινισμός και ευτροφισμός	
Εκπομπές από τους ρύπους οξυνισμού (SO ₂ , NO _x , NH _x)	<ul style="list-style-type: none"> • Περιοχή της υπέρβασης του κρίσιμου φορτίου για τη συνολική οξύτητα (απόθεση του θείου και του αζώτου). ΚΡΑΤΟΣ (αναπληρωματικός δείκτης ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΥ) STATE (surrogate IMPACT indicator) • Περιοχή της υπέρβασης του κρίσιμου φορτίου για το άζωτο STATE (surrogate IMPACT indicator) • Πολιτική απάντηση για τις εκπομπές SO₂ και NO_x. PRESSURE AND POLICY RESPONSE
Τροποσφαιρικό όζον και οικοσύστημα	
Εκπομπές αερίων προδρόμων του όζοντος (NO _x , VOC, CH ₄ , CO)	<ul style="list-style-type: none"> • Έκθεση της συγκομιδής/βλάστηση στο όζον: περιοχή της υπέρβασης των επιπέδων- στόχων. • Πολιτική απάντηση για εκπομπές NO_x και VOC. PRESSURE AND POLICY RESPONSE
	<ul style="list-style-type: none"> •
Για τα τρία παραπάνω θέματα	<ul style="list-style-type: none"> • Συμβολή από τους διάφορους οικονομικούς τομείς. ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ. • Αποδοτικότητα των οικονομικών τομέων, και η ανάπτυξή τους. ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Πίνακας 10: Επιλεγμένοι δείκτες για τη ρύπανση του αέρα

Υπάρχουν ποικίλοι δείκτες για κάθε περίπτωση:

- Για την περιβαλλοντική κατάσταση (για παράδειγμα της υπέρβασης των κρίσιμων φορτίων για τον οξυνισμό).
- Για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (για παράδειγμα της έκθεσης του πληθυσμού και του ρίσκου για την ανθρώπινη υγεία).
- Για τις κατευθυντήριες δυνάμεις.
- Για την πίεση.
- Για την πολιτική απάντηση (η συμβολή οικονομικών παραγόντων στην εκπομπή αέριων ρύπων)

9. Πρότυπα ASHRAE

9.1 Εισαγωγή στα Πρότυπα ASHRAE-Ιστορική αναδρομή

Τα πρώτα πρότυπα εξαερισμού ASHRAE ήταν τα ASHRAE πρότυπα 62-73 (ANSI B 1-1977), τα οποία αφορούσαν στο φυσικό και μηχανικό εξαερισμό, και καθόριζαν «... τις απαιτήσεις εξαερισμού για εσωτερικούς χώρους και διευκρινίζαν τις ελάχιστες και συνιστώμενες ποσότητες αέρα εξαερισμού για την εξασφάλιση της υγείας, της ασφάλειας, και της ευημερίας των χρηστών/κατόχων των κτιρίων». Τα πρότυπα παρείχαν μια καθοδηγητική προσέγγιση στον εξαερισμό με τη διευκρίνιση των ελάχιστων και συνιστώμενων υπαίθριων ποσοστών ροής αέρος, με στόχο την αποδεκτή εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα για ποικίλα εσωτερικά διαστήματα.

Κάτω από τον κύκλο αναθεώρησης, η ASHRAE δημοσίευσε τα αναθεωρημένα πρότυπα 62-1981, για τον εξαερισμό και την αποδεκτή εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα. Τα πρότυπα του 1981 εισήγαγαν την εναλλακτική διαδικασία ατμοσφαιρικής ποιότητας για καινοτόμες πρακτικές εξαερισμού. Αυτή η εναλλακτική διαδικασία επέτρεπε στο μηχανικό να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε ποσοστό υπαίθριου αέρα έκρινε απαραίτητο, προκειμένου να δείξει ότι τα επίπεδα των μολυσματικών παραγόντων εσωτερικού αέρα κρατήθηκαν κάτω από τα συνιστώμενα όρια.

Τα πρότυπα ANSI/ASHRAE 62-1989 διατήρησαν τις δύο διαδικασίες για τον εξαερισμό, δηλαδή τη διαδικασία ποσοστού εξαερισμού και την διαδικασία εσωτερική ατμοσφαιρικής ποιότητας. Ο σκοπός των προτύπων ήταν πάλι να διευκρινιστούν τα ελάχιστα ποσοστά εξαερισμού και η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα, που θα είναι αποδεκτή στους χρήστες/κατόχους και ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Οι τέσσερις νέες προσθήκες, ενώ ήταν σύντομες, εντούτοις περιλάμβαναν σημαντικές αλλαγές στα πρότυπα, που είναι σύμφωνα με τις προηγούμενες εκδόσεις των προτύπων ASHRAE 62 και στο πεδίο και τη φιλοσοφία. Αυτές οι τέσσερις προσθήκες δεν προσκρούουν στις διαδικασίες σχεδίου που περιλαμβάνονται στα πρότυπα.

Η προσθήκη 62c αφαιρεί την εκτίμηση της θερμικής άνεσης από τα πρότυπα, δεδομένου ότι τα πρότυπα ASHRAE 55 ήδη καλύπτουν αυτό το θέμα. Το υλικό που διαγράφηκε από αυτήν την προσθήκη απαίτησούσε η θερμοκρασία και οι όροι υγρασίας

που διευκρινίζονται στα πρότυπα 55 να διατηρούνται όταν λειτουργεί το σύστημα εξαερισμού. Αυτή η απαίτηση υπονόησε ότι η θέρμανση, η ψύξη, η ύγρανση, και η αφυδάτωση των συστημάτων πρέπει να εγκατασταθούν σε όλους τους αεριζόμενους χώρους, ακόμη και στους φυσικά αεριζόμενους και μη αεριζόμενους (π.χ., γκαράζ). Ωστόσο δεν πρέπει να απαιτείται και δεν είναι πάντα πρακτική η αντίληψη ότι βελτιώνοντας τις συνθήκες θερμικής άνεσης, βελτιώνεται γενικά την αντίληψη κατόχων για την ατμοσφαιρική ποιότητα.

Η προσθήκη 62d προσθέτει τις προειδοποιήσεις στο πεδίο ότι η συμμόρφωση με τα πρότυπα, δεν οδηγεί απαραίτητα στην αποδεκτή εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα για ποικίλους λόγους. Οι επιπτώσεις στην υγεία και την άνεση των εσωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών είναι πολύσύνθετες και όχι πλήρως κατανοητές. Δεν είναι δυνατό εξάλλου να δημιουργηθούν πρότυπα που θα παράσχουν τον αποδεκτό εσωτερικό αέρα για όλους τους κατόχους, κάτω από όλες τις περιστάσεις.

Η προσθήκη 62e αναιρεί τη δήλωση ότι τα ποσοστά εξαερισμού στον Πίνακα 12 προσαρμύζουν ένα μέτριο ποσό καπνίσματος. Ο σκοπός των προτύπων ASHRAE 62-1999 είναι «... διευκρινίζει τα ελάχιστα ποσοστά εξαερισμού και την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα, που θα είναι αποδεκτά στους ανθρώπινους κατόχους...». Τα τυποποιημένα πρότυπα ορίζουν την αποδεκτή εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα ως «αέρα στον οποίο δεν υπάρχει κανένας γνωστός μολυσματικός παράγοντας σε επιβλαβείς συγκεντρώσεις, όπως καθορίζεται από τις εν γνώσει αρχές...». Από την τελευταία δημοσίευση αυτών των προτύπων το 1989, οι πολυάριθμες εν γνώσει αρχές έχουν καθορίσει ότι ο περιβαλλοντικός καπνός τσιγάρου είναι επιβλαβής στην ανθρώπινη υγεία. Αυτές οι αρχές περιλαμβάνουν, μεταξύ των άλλων, την Αντιπροσωπεία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (the United States Environmental Protection Agency), την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (World Health Organization), την Αμερικανική Ιατρική Ένωση (American Medical Association), την Αμερικανική Ένωση Πνευμόνων (American Lung Association), το Εθνικό Ίδρυμα Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (National Institute of Occupational Safety and Health), την Εθνική Ακαδημία των Επιστημών (National Academy of Sciences), τη Διοίκηση Ασφάλειας και Υγιεινής στην Εργασία (Occupational Safety and Health Administration), και γραφείο το Γενικό Γραφείο Χειρουργών των ΗΠΑ (Office of the U.S. Surgeon General). Αυτή η προσθήκη

δεν απαγορεύει το κάπνισμα ή οποιαδήποτε άλληδήποτε δραστηριότητα στα κτίρια, αλλά μάλλον αφαιρεί τη δήλωση ότι τα συνιστώμενα ποσοστά εξαερισμού προορίζονται να προσαρμόσουν ένα μέτριο ποσό καπνίσματος.

Η προσθήκη 62f εξετάζει μια έλλειψη σαφήνειας στα πρότυπα ANSI /ASHRAE 62-1989 που έχει συμβάλει σε διάφορες παρανοήσεις, σχετικά με τη σημασία των εσωτερικών επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Τα πρότυπα οδήγησαν πολλούς χρήστες για να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι το CO₂ ήταν ο ίδιος ένας «περιεκτικός» δείκτης της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας και ένας μολυσματικός παράγοντας με τις επιδράσεις στην ανθρώπινη υγείας, παρά ένας απλά χρήσιμος δείκτης της συγκέντρωσης των προϊόντων του ανθρώπινου μεταβολισμού.

9.2 Σκοπός και πεδία των προτύπων

Ο σκοπός αυτών των προτύπων είναι να διευκρινιστούν τα ελάχιστα ποσοστά εξαερισμού και η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα, που θα είναι αποδεκτή από τους κατόχους/χρήστες του κτιρίου και έχουν ως στόχο να ελαχιστοποιήσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Αυτά τα πρότυπα ισχύουν για όλους τους εσωτερικούς ή εσωκλειστούς χώρους, που οι άνθρωποι μπορούν να καταλάβουν, εκτός από χώρους όπου άλλα πρότυπα και απαιτήσεις υπαγορεύουν μεγαλύτερα ποσά εξαερισμού από αυτά που υπαγορεύουν αυτά τα πρότυπα. Η απελευθέρωση υγρασίας στις κουζίνες και τα λουτρά, τα δωμάτια ντουλαπιών και οι πισίνες συμπεριλαμβάνονται στο πεδίο αυτών των προτύπων.

Τα πρότυπα εξετάζουν τους χημικούς, φυσικούς, και βιολογικούς μολυσματικούς παράγοντες, που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην ατμοσφαιρική ποιότητα. Οι απαιτήσεις θερμικής άνεσης δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτά τα πρότυπα.

Η αποδεκτή εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα δεν μπορεί να επιτευχθεί σε όλα τα κτίρια, που καλύπτουν τις απαιτήσεις αυτών των προτύπων για έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους λόγους:

- Λόγω της ποικιλομορφίας των πηγών και των μολυσματικών παραγόντων στον εσωτερικό αέρα.

- Λόγω των πολλών άλλων παραγόντων που μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην αντίληψη των κατόχων/χρηστών των κτιρίων και την αποδοχή της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας, όπως η θερμοκρασία αέρα, η υγρασία, ο θόρυβος, ο φωτισμός, και η ψυχολογική πίεση.
- Λόγω της διαφοροποίησης της ευαισθησίας των ανθρώπων.

9.3 Ταξινόμηση των προτύπων

Τα πρότυπα διευκρινίζουν τις εναλλακτικές διαδικασίες ώστε να επιτυγχάνεται η αποδεκτή ατμοσφαιρική ποιότητα στο εσωτερικό των κτιρίων. Αυτές είναι:

Διαδικασία ποσοστού εξαερισμού

Σύμφωνα με αυτή τη διαδικασία, η αποδεκτή ατμοσφαιρική ποιότητα επιτυγχάνεται με την παροχή του αέρα εξαερισμού συγκεκριμένης ποιότητας και ποσότητας στο εσωτερικό του κτιρίου.

Διαδικασία εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας

Η αποδεκτή ατμοσφαιρική ποιότητα επιτυγχάνεται στον εσωτερικό χώρο από τον έλεγχο των γνωστών και καθορισμένων μολυσματικών παραγόντων.

Όταν χρησιμοποιείται η διαδικασία ποσοστού εξαερισμού, η τεκμηρίωση σχεδίου πρέπει να δηλώνει σαφώς ότι χρησιμοποιήθηκε αυτή η μέθοδος και ότι το σχέδιο θα πρέπει να επαναξιολογηθεί εάν, σε έναν πιο πρόσφατο χρόνο, εμφανιστούν αλλαγές χρήσης του χώρου ή εάν ασυνήθιστοι μολυσματικοί παράγοντες ή κατ'ασυνήθιστο τρόπο ισχυρές πηγές συγκεκριμένων μολυσματικών παραγόντων πρόκειται να εισαχθούν στον εσωτερικό χώρο. Εάν τέτοιοι όροι είναι γνωστοί κατά την διάρκεια του αρχικού σχεδίου, μπορεί να υποδειχθεί η διαδικασία της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας.

Η διαδικασία της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα ποσοστό εξαερισμού χαμηλότερο, από αυτό που θα προέκυπτε από την πρώτη διαδικασία, αλλά η παρουσία μιας ιδιαίτερης πηγής μόλυνσης στο χώρο μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες απαιτήσεις εξαερισμού. Η αλλαγή στη χρήση του εσωτερικού

χώρου, στους μολυσματικούς παράγοντες, ή στη λειτουργία του χώρου μπορεί να απαιτήσει μια επαναξιολόγηση του σχεδίου και την εφαρμογή των αναγκαίων αλλαγών.

9.4 Διαδικασίες

Η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα είναι αποτέλεσμα πολλών παραμέτρων συμπεριλαμβανομένης της υπαίθριας ατμοσφαιρικής ποιότητας, του σχεδίου των εσωτερικών χώρων, του σχεδίου του συστήματος εξαερισμού, του τρόπου με τον οποίο το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται και συντηρείται, και της παρουσίας πηγών μολυσματικών παραγόντων καθώς και της έντασης αυτών των πηγών. Αυτά τα πρότυπα εξετάζουν το σχέδιο ενός συστήματος εξαερισμού, όπως αυτό επηρεάζεται από όλους τους παραπάνω παράγοντες, έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί ένα αποδεκτό επίπεδο εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας. Η τεκμηρίωση του σχεδίου πρέπει να δηλώνει σαφώς ποιες υποθέσεις χρησιμοποιήθηκαν στο σχέδιο, έτσι ώστε τα όρια του συστήματος στην αφαίρεση των μολυσματικών παραγόντων να μπορούν να αξιολογηθούν από άλλους προτού να χρησιμοποιηθεί το σύστημα με ένα διαφορετικό τρόπο ή προτού να εισαχθούν οι νέες πηγές στο χώρο.

Ο εσωτερικός αέρας δεν πρέπει να περιέχει μολυσματικούς παράγοντες που υπερβαίνουν τις συγκεντρώσεις που είναι γνωστό ότι εξασθενίζουν την υγεία ή προκαλούν ταλαιπωρία στους κατόχους/χρήστες του κτιρίου. Τέτοιοι μολυσματικοί παράγοντες περιλαμβάνουν διάφορα αέρια, ατμούς, μικροοργανισμούς, καπνό, κ.α. Αυτοί μπορούν να είναι παρόντες στον αέρα ή να δημιουργούνται από τις εσωτερικές δραστηριότητες, τις επιπλώσεις, τα οικοδομικά υλικά, τα επιστρώματα επιφάνειας, και τα τμήματα χειρισμού και επεξεργασίας αέρα. Οι επιβλαβείς παράγοντες περιλαμβάνουν την τοξικότητα, τη ραδιενέργεια, τη δυνατότητα να προκληθεί μόλυνση ή αλλεργίες, τις ακραίες θερμικές συνθήκες, και τις μυρωδιές.

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η διαδικασία ποσοστού εξαερισμού παρέχει έναν τρόπο να επιτευχθεί η αποδεκτή ατμοσφαιρική ποιότητα. Αυτή η διαδικασία ορίζει το ποσοστό, στο οποίο ο αέρας εξαερισμού πρέπει να εισέρχεται στο χώρο και διάφορα μέσα που ρυθμίζουν αυτόν το αέρα. Τα ποσοστά εξαερισμού στον

Πίνακα 12 προέρχονται από τις φυσιολογικές εκτιμήσεις, τις υποκειμενικές αξιολογήσεις, και τις επαγγελματικές κρίσεις.

Η διαδικασία της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας, όπως είδαμε παρέχει μια εναλλακτική μέθοδο απόδοσης για την αποδεκτή ατμοσφαιρική ποιότητα. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί μια ή περισσότερες οδηγίες για την προδιαγραφή των αποδεκτών συγκεντρώσεων ορισμένων μολυσματικών παραγόντων στον εσωτερικό αέρα, αλλά δεν ορίζει τα ποσοστά εξαερισμού ή τις μεθόδους επεξεργασίας αέρα. Πιο αναλυτικά:

Διαδικασία ποσοστού εξαερισμού

Αυτή η διαδικασία ορίζει:

- Την αποδεκτή υπαίθρια ατμοσφαιρική ποιότητα για τον εξαερισμό.
- Την επεξεργασία του αέρα εξαερισμού, όταν χρειάζεται.
- Τα κριτήρια εξαερισμού για τις κατοικίες, τα εμπορικά κτίρια, τα κτίρια που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση (σχολεία, πανεπιστήμια, ιδρύματα), και τα βιομηχανικά κτίρια.
- Τα κριτήρια για τη μείωση των υπαίθριων ποσοτήτων αέρα, όταν ο ανακυκλώμενος αέρας ρυθμίζεται από ειδικό εξοπλισμό.
- Τα κριτήρια για μεταβλητό εξαερισμό, όταν ο όγκος αέρα στο χώρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δεξαμενή αποθήκευσης για να αραιώσει τους μολυσματικούς παράγοντες.

Η διαδικασία αυτή εστιάζει σε τρεις τομείς: τον αποδεκτό υπαίθριο αέρα, την επεξεργασία του υπαίθριου αέρα και τις απαιτήσεις εξαερισμού. Πιο αναλυτικά:

α) **Ο αποδεκτός υπαίθριος αέρας:** Ο τομέας αυτός περιγράφει μια διαδικασία τριών βημάτων, βάσει της οποίας θα εκτιμάται αν ο υπαίθριος αέρας είναι απόδεκτός ή όχι.

Βήμα1: Οι μολυσματικοί παράγοντες στον υπαίθριο αέρα δεν υπερβαίνουν τις συγκεντρώσεις που απαριθμούνται στον Πίνακα 11, όπως καθορίζεται από έναν από τους ακόλουθους όρους:

- (α) Τα στοιχεία ελέγχου των κυβερνητικού αντιπροσωπειών ελέγχου της ρύπανση, όπως η Αντιπροσωπεία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ(EPA) των κρατικών/τοπικών αρχών προστασίας του περιβάλλοντος, δείχνουν ότι η ατμοσφαιρική ποιότητα της περιοχής καλύπτει τις απαιτήσεις της συμμόρφωσης του Πίνακα 11 ή
- (β) Το σύστημα εξαερισμού βρίσκεται σε μια κοινότητα παρόμοια στον πληθυσμό, τις γεωγραφικές και μετεωρολογικές τοποθετήσεις, και το βιομηχανικό σχέδιο με μια κοινότητα που έχει την αποδεκτή ατμοσφαιρική ποιότητα.
- (γ) Το σύστημα βρίσκεται σε μια κοινότητα με έναν πληθυσμό λιγότερο των 20.000 ανθρώπων, και ο αέρας δεν επηρεάζεται από μια ή περισσότερες πηγές που προκαλούν ουσιαστική μόλυνση, ή
- (δ) Ο έλεγχος αέρα για τρεις διαδοχικούς μήνες, όπως απαιτείται για το συνυπολογισμό στην εθνική αερομετρική τράπεζα στοιχείων, δείχνει ότι η ατμοσφαιρική ποιότητα καλύπτει ή υπερβαίνει τις απαιτήσεις του Πίνακα 1.

Πίνακας 11:

TABLE 1
National Primary Ambient-Air Quality Standards
for Outdoor Air as Set by the
U.S. Environmental Protection Agency (Reference 19)

Contaminant	Long Term			Short Term		
	Concentration Averaging		1 year	Concentration Averaging		24 hours
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	
Sulfur dioxide	80	0.03	1 year	365 ^a	0.14 ^a	24 hours
Particles (PM 10)	50 ^b	—	1 year	150 ^a	—	24 hours
Carbon monoxide				40,000 ^a	35 ^a	1hour
Carbon monoxide				10,000 ^a	9 ^a	8 hours
Oxidants (ozone)				235 ^c	0.12 ^c	1 hour
Nitrogen dioxide	100	0.055	1 year			
Lead	1.5	—	3 months ^d			

^a Not to be exceeded more than once per year.

^b Arithmetic mean.

^c Standard is attained when expected number of days per calendar year with maximal hourly average concentrations above 0.12 ppm (235 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) is equal to or less than 1, as determined by Appendix H to subchapter C, 40 CFR 50.

^d Three-month period is a calendar quarter.

Βήμα 2: Εάν ο υπαίθριος αέρας θεωρείται ότι περιέχει οποιουσδήποτε μολυσματικούς παράγοντες, που δεν απαριθμούνται στον Πίνακα 11, η καθοδήγηση σχετικά με τα αποδεκτά επίπεδα συγκέντρωσης μπορεί να ληφθεί από την αναφορά στις απαιτήσεις των παραρτημάτων Γ.

Οι απαιτήσεις για τον εξαερισμό των βιομηχανικών κτιρίων, που δεν απαριθμούνται στον Πίνακα 12, μπορούν να καθοριστούν από τις διαδικασίες που παρουσιάζονται στο *Βιομηχανικό Εξαερισμό του 1986-Ένα Εγχειρίδιο της Συνιστώμενης Πρακτικής, 1986 ed.*

Βήμα 3: Εάν μετά από την ολοκλήρωση των βημάτων 1 και 2, υπάρχει ακόμα η προσδοκία ότι ο αέρας δεν είναι αποδεκτός, η δειγματοληψία θα διευθυνθεί σύμφωνα με τις διαδικασίες NIOSH. οι τοπικές και εθνικές αερομετρικές τράπεζες στοιχείων μπορούν να περιέχουν στοιχεία για μη ελεγμένους ρύπους.

β) Επεξεργασία του υπαίθριου αέρα

Εάν τα επίπεδα των μολυσματικών παραγόντων του υπαίθριου αέρα υπερβαίνουν τις τιμές που δίνονται στον Πίνακα 11, ο αέρας πρέπει να υποστεί επεξεργασία με κατάλληλα συστήματα καθαρισμού. Για την αφαίρεση των αερίων και των ατμών, πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα συστήματα καθαρισμού.

γ) Απαιτήσεις εξαερισμού

Η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα θα θεωρηθεί αποδεκτή, εάν τα απαραίτητα ποσοστά αποδεκτού υπαίθριου αέρα στον Πίνακα 12 παρέχονται για τον κατειλημμένο χώρο.

Εξαιρέσεις:

1. Όπου ασυνήθιστοι εσωτερικοί μολυσματικοί παράγοντες ή πηγές είναι παρόντες ή προσδοκώμενοι, θα ελεγχθούν στην πηγή και θα ακολουθηθεί η διαδικασία (β).
2. Για εκείνες τις περιοχές μέσα στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, που δεν καλύπτονται από τον Πίνακα 12, γίνεται αναφορά στις *TLVs - Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1986-87.*

Πίνακας 12

TABLE 2
OUTDOOR AIR REQUIREMENTS FOR VENTILATION*
2.1 COMMERCIAL FACILITIES (offices, stores, shops, hotels, sports facilities)

Application	Estimated Maximum** Occupancy P/1000 ft ² or 100 m ²	Outdoor Air Requirements				Comments
		cfm/ person	L/s/ person	cfm/ft ²	L/s·m ²	
Dry Cleaners, Laundries						
Commercial laundry	10	25	13			Dry-cleaning processes may require more air.
Commercial dry cleaner	30	30	15			
Storage, pick up	30	35	18			
Coin-operated laundries	20	15	8			
Coin-operated dry cleaner	20	15	8			
Food and Beverage Service						
Dining rooms	70	20	10			
Cafeteria, fast food	100	20	10			
Bars, cocktail lounges	100	30	15			Supplementary smoke-removal equipment may be required.
Kitchens (cooking)	20	15	8			Makeup air for hood exhaust may require more ventilating air. The sum of the outdoor air and transfer air of acceptable quality from adjacent spaces shall be sufficient to provide an exhaust rate of not less than 1.5 cfm/ft ² (7.5 L/s·m ²).
Garages, Repair, Service Stations						
Enclosed parking garage				1.50	7.5	Distribution among people must consider worker location and concentration of running engines; stands where engines are run must incorporate systems for positive engines exhaust withdrawal. Contaminant sensors may be used to control ventilation.
Auto repair rooms				1.50	7.5	
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories						
				<u>cfm/room</u>	<u>L/s·room</u>	Independent of room size.
Bedrooms				30	15	
Living rooms				30	15	
Baths				35	18	Installed capacity for intermittent use.
Lobbies	30	15	8			
Conference rooms	50	20	10			
Assembly rooms	120	15	8			
Dormitory sleeping areas	20	15	8			See also food and beverage services, merchandising, barber and beauty shops, garages.
Gambling casinos	120	30	15			Supplementary smoke-removal equipment may be required.
Offices						
Office space	7	20	10			Some office equipment may require local exhaust.
Reception areas	60	15	8			
Telecommunication centers and data entry areas	60	20	10			
Conference rooms	50	20	10			
Public Spaces						
Corridors and utilities				<u>cfm/ft²</u>	<u>L/s·m²</u>	
Public restrooms, cfm/wc or cfm/urinal		50	25	0.05	0.25	
Locker and dressing rooms				0.5	2.5	Normally supplied by transfer air. Local mechanical exhaust with no recirculation recommended.
Smoking lounge	70	60	30			
Elevators				1.00	5.0	Normally supplied by transfer air.

* Table 2 prescribes supply rates of acceptable outdoor air required for acceptable indoor air quality. These values have been chosen to dilute human bioeffluents and other contaminants with an adequate margin of safety and to account for health variations among people and varied activity levels.

** Net occupiable space.

TABLE 2
OUTDOOR AIR REQUIREMENTS FOR VENTILATION* (Continued)
2.1 COMMERCIAL FACILITIES (offices, stores, shops, hotels, sports facilities)

Application	Estimated Maximum** Occupancy P/1000 ft ² or 100 m ²	Outdoor Air Requirements				Comments
		cfm/ person	L/s/ person	cfm/ft ²	L/s-m ²	
Retail Stores, Sales Floors, and Show Room Floors						
Basement and street	30			0.30	1.50	
Upper floors	20			0.20	1.00	
Storage rooms	15			0.15	0.75	
Dressing rooms				0.20	1.00	
Malls and arcades	20			0.20	1.00	
Shipping and receiving	10			0.15	0.75	
Warehouses	5			0.05	0.25	
Smoking lounge	70	60	30			Normally supplied by transfer air, local mechanical exhaust; exhaust with no recirculation recommended.
Specialty Shops						
Barber	25	15	8			
Beauty	25	25	13			
Reducing salons	20	15	8			
Florists	8	15	8			Ventilation to optimize plant growth may dictate requirements.
Clothiers, furniture				0.30	1.50	
Hardware, drugs, fabric	8	15	8			
Supermarkets	8	15	8			
Pet shops				1.00	5.00	
Sports and Amusement						
Spectator areas	150	15	8			When internal combustion engines are operated for maintenance of playing surfaces, increased ventilation rates may be required.
Game rooms	70	25	13			
Ice arenas (playing areas)				0.50	2.50	
Swimming pools (pool and deck area)				0.50	2.50	Higher values may be required for humidity control.
Playing floors (gymnasium)	30	20	10			
Ballrooms and discos	100	25	13			
Bowling alleys (seating areas)	70	25	13			
Theaters						
Ticket booths	60	20	10			Special ventilation will be needed to eliminate special stage effects (e.g., dry ice vapors, mists, etc.)
Lobbies	150	20	10			
Auditorium	150	15	8			
Stages, studios	70	15	8			
Transportation						
Waiting rooms	100	15	8			Ventilation within vehicles may require special considerations.
Platforms	100	15	8			
Vehicles	150	15	8			
Workrooms						
Meat processing	10	15	8			Spaces maintained at low temperatures (-10°F to +50°F, or -23°C to +10°C) are not covered by these requirements unless the occupancy is continuous. Ventilation from adjoining spaces is permissible. When the occupancy is intermittent, infiltration will normally exceed the ventilation requirement. (See Reference 18).

* Table 2 prescribes supply rates of acceptable outdoor air required for acceptable indoor air quality. These values have been chosen to dilute human bioeffluents and other contaminants with an adequate margin of safety and to account for health variations among people and varied activity levels.

** Net occupiable space.

TABLE 2
OUTDOOR AIR REQUIREMENTS FOR VENTILATION[†] (Continued)
2.1 COMMERCIAL FACILITIES (offices, stores, shops, hotels, sports facilities)

Application	Estimated Maximum** Occupancy P/1000 ft ² or 100 m ²	Outdoor Air Requirements				Comments
		cfm/ person	L/s/ person	cfm/ft ²	L/s·m ²	
Photo studios	10	15	8			
Darkrooms	10			0.50	2.50	
Pharmacy	20	15	8			
Bank vaults	5	15	8			
Duplicating, printing				0.50	2.50	Installed equipment must incorporate positive exhaust and control (as required) of undesirable contaminants (toxic or otherwise).

2.2 INSTITUTIONAL FACILITIES

Education						
Classroom	50	15	8			
Laboratories	30	20	10			Special contaminant control systems may be required for processes or functions including laboratory animal occupancy.
Training shop	30	20	10			
Music rooms	50	15	8			
Libraries	20	15	8			
Locker rooms				0.50	2.50	
Corridors				0.10	0.50	
Auditoriums	150	15	8			
Smoking lounges	70	60	30			Normally supplied by transfer air. Local mechanical exhaust with no recirculation recommended.
Hospitals, Nursing and Convalescent Homes						
Patient rooms	10	25	13			Special requirements or codes and pressure relationships may determine minimum ventilation rates and filter efficiency. Procedures generating contaminants may require higher rates.
Medical procedure	20	15	8			
Operating rooms	20	30	15			
Recovery and ICU	20	15	8			
Autopsy rooms				0.50	2.50	Air shall not be recirculated into other spaces.
Physical therapy	20	15	8			
Correctional Facilities						
Cells	20	20	10			
Dining halls	100	15	8			
Guard stations	40	15	8			

[†] Table 2 prescribes supply rates of acceptable outdoor air required for acceptable indoor air quality. These values have been chosen to dilute human bioeffluents and other contaminants with an adequate margin of safety and to account for health variations among people and varied activity levels.

** Net occupiable space.

TABLE 2
OUTDOOR AIR REQUIREMENTS FOR VENTILATION (Continued)
2.3^a RESIDENTIAL FACILITIES (private dwellings, single, multiple)

Applications	Outdoor Requirements	Comments
Living areas	0.35 air changes per hour but not less than 15 cfm (7.5 L/s) per person	For calculating the air changes per hour, the volume of the living spaces shall include all areas within the conditioned space. The ventilation is normally satisfied by infiltration and natural ventilation. Dwellings with tight enclosures may require supplemental ventilation supply for fuel-burning appliances, including fireplaces and mechanically exhausted appliances. Occupant loading shall be based on the number of bedrooms as follows: first bedroom, two persons; each additional bedroom, one person. Where higher occupant loadings are known, they shall be used.
Kitchens ^b	100 cfm (50 L/s) intermittent or 25 cfm (12 L/s) continuous or openable windows	Installed mechanical exhaust capacity. ^c Climatic conditions may affect choice of the ventilation system.
Baths, Toilets ^b	50 cfm (25 L/s) intermittent or 20 cfm (10 L/s) continuous or openable windows	Installed mechanical exhaust capacity. ^c
Garages: Separate for each dwelling unit	100 cfm (50 L/s) per car	Normally satisfied by infiltration or natural ventilation
Common for several units	1.5 cfm/ft ² (7.5 L/s·m ²)	See "Enclosed parking garages," Table 2.1

^a In using this table, the outdoor air is assumed to be acceptable.

^b Climatic conditions may affect choice of ventilation option chosen.

^c The air exhausted from kitchens, bath, and toilet rooms may utilize air supplied through adjacent living areas to compensate for the air exhausted. The air supplied shall meet the requirements of exhaust systems as described in 5.8 and be of sufficient quantities to meet the requirements of this table.

Ο Πίνακας 12 απαριθμεί τα απαραίτητα ποσοστά εξαερισμού στο cfm (L/s) ανά το άτομο ή cfm/ft² (L/s m²) για διάφορες κατηγορίες εσωτερικών χώρων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η παραχθείσα μόλυνση θεωρείται ότι είναι σε αναλογία με τον αριθμό των ατόμων στο χώρο. Σε άλλες περιπτώσεις, η μόλυνση θεωρείται ότι οφείλεται κυρίως σε άλλους παράγοντες και τα ποσοστά εξαερισμού που δίνονται είναι βασισμένα σε πύο κατάλληλες παραμέτρους. Όπου απαιτείται, ο πίνακας απαριθμεί την κατ' εκτίμηση πυκνότητα των ανθρώπων για λόγους σχεδιασμού.

Όπου η πυκνότητα των κατοχών/χρηστών διαφέρει από αυτή του πίνακα, χρησιμοποιήστε ποσοστό εξαερισμού ανά άτομο, για το προσδοκώμενο φορτίο λόγω της παρουσίας των ανθρώπων. Τα ποσοστά εξαερισμού για τους διάφορους χώρους, που απαριθμήθηκαν στον πίνακα, επιλέχθηκαν για να απεικονίσουν τη συναίνεση ότι η παροχή αποδεκτού υπαίθριου αέρα σε αυτά τα ποσοστά, θα επέτύγχανε ένα αποδεκτό επίπεδο εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας.

Οι άνθρωποι παράγουν διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμό, και μολυσματικούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένου του μοριακού θέματος, των βιολογικών αερολυμάτων, και των πτητικών οργανικών ενώσεων. Τα κριτήρια άνεσης (μυρωδιά), όσον αφορά τα προϊόντα του ανθρώπινου μεταβολισμού, είναι πιθανό να ικανοποιηθούν

εάν ο εξαερισμός καθιστά τις εσωτερικές συγκεντρώσεις του CO₂ λιγότερο από 700 PPM επάνω από την υπαίθρια συγκέντρωση αέρα.

Λιαδικασία ποιότητας εσωτερικού αέρα

Αυτή η διαδικασία παρέχει μια εναλλακτική μέθοδο απόδοσης σε σχέση με αυτή της διαδικασίας ποσοστού εξαερισμού, για την αποδεκτή ατμοσφαιρική ποιότητα. Η διαδικασία ποσοστού εξαερισμού, που περιγράφεται παραπάνω, κρίνεται για να παρέχει την αποδεκτή εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα, εκ των πραγμάτων. Εντούτοις, αυτή η διαδικασία ASHRAE, μέσω της τυποποίησης των απαραίτητων ποσοστών εξαερισμού, παρέχει μόνο μια έμμεση λύση στον έλεγχο των εσωτερικών μολυσματικών παραγόντων. Η εσωτερική διαδικασία ατμοσφαιρικής ποιότητας παρέχει μια άμεση λύση, με τον περιορισμό της συγκέντρωσης όλων των γνωστών μολυσματικών παραγόντων, σε συγκεκριμένα αποδεκτά επίπεδα. Ενσωματώνει, λοιπόν, και την ποσοτική και την υποκειμενική αξιολόγηση.

α) Ποσοτική αξιολόγηση. Ο Πίνακας 11 παρέχει τις πληροφορίες για τα αποδεκτά επίπεδα μολυσματικών παραγόντων στον υπαίθριο αέρα. Αυτός ο πίνακας ισχύει επίσης στο εσωτερικό για τους ίδιους χρόνους έκθεσης. Για τις πρόσθετες πληροφορίες για τους μολυσματικούς παράγοντες στον υπαίθριο αέρα, ο Πίνακας 13 περιέχει τα όρια για τέσσερις άλλους εσωτερικούς μολυσματικούς παράγοντες.

Πίνακας 13:

TABLE 3
GUIDELINES FOR SELECTED AIR CONTAMINANTS OF INDOOR ORIGIN

Contaminant	Concentration	ppm	Exposure Time	Comments
Human bioeffluents	See footnote a		Continuous	See Appendix D
Chlordane	5 µg/m ³	0.0003	Continuous	Reference 27
Ozone	100 µg/m ³	0.05	Continuous	Reference 28
Radon gas	4 pCi/L (29, 32) ^b		Annual Average	For existing houses that exceed 4 pCi/L see Reference 29

^a See Subsection 6.2.1 and Appendix D for the use of CO₂ as an indicator of bioeffluents.

^b This EPA recommendation applies specifically to residential and school occupancies. ASHRAE also recommends its use as a guideline for other building occupancies until specific recommendations for other occupancies are published by appropriate authority.

β) Υποκειμενική αξιολόγηση: Οι διάφοροι μολυσματικοί παράγοντες εσωτερικού αέρα μπορούν να προκαλέσουν μυρωδιά μη αποδεκτής έντασης ή τέτοιου χαρακτήρα που να ενοχλεί τα μάτια, τη μύτη, ή το λαιμό. Ελλείψει των αντικειμενικών μέσων αξιολόγησης της αποδοχής τέτοιων μολυσματικών παραγόντων, η κρίση της αποδοχής πρέπει απαραίτητως να προέλθει από τις υποκειμενικές αξιολογήσεις των αμερόληπτων παρατηρητών.

γ) Καθαρισμός αέρα: Η επανακυκλοφορία με τα συστήματα καθαρισμού είναι επίσης ένας αποτελεσματικός τρόπος για τον έλεγχο των μολυσματικών παραγόντων, κατά την διαδικασία εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας. Η αποδοτικότητα των συστημάτων καθαρισμού, για τους ενοχλητικούς μολυσματικούς παράγοντες παρόντες, μπορεί να είναι επαρκής να ικανοποιήσει τα κριτήρια εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας ποσοτικής και υποκειμενικής αξιολόγησης.

Διαδικασίες τεκμηρίωσης σχεδίου

Τα κριτήρια και οι υποθέσεις σχεδίου θα τεκμηριώνονται και πρέπει να παρέχονται για τη λειτουργία του συστήματος, μέσα σε έναν λογικό χρονικό διάστημα μετά από την εγκατάσταση. Δείτε τις παραγράφους 9.3 και 9.4, σχετικά με τις υποθέσεις που πρέπει να εκτεθούν λεπτομερώς στην τεκμηρίωση.

10. Περίληψη

Διάφορες χημικές ουσίες εκπέμπονται στον αέρα τόσο από φυσικές, όσο και από προκαλούμενες από τον άνθρωπο πηγές. Η αύξηση της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα τελευταία χρόνια συνοδεύεται με τη δημόσια ευαισθητοποίηση και την ανησυχία για τα καταστρεπτικά αποτελέσματά της στην υγεία του ανθρώπου. Οι οδηγίες, τα όρια και τα πρότυπα έχουν στόχο τη μείωση των συγκεντρώσεων των επιβλαβών ρύπων και την διασφάλιση ποιότητας του αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος και της υγείας των χρηστών των κτιρίων.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας τα κριτήρια για το καθορισμό των ορίων των συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι οι πληροφορίες για τις καρκινογόνες και μη ουσίες, οι καρκινογόνες και μη επιπτώσεις των ρύπων στον άνθρωπο, καθώς και οι οικολογικές τους επιπτώσεις.

Στο στάδιο της κίνησης από μια «οδηγία» προς τα «πρότυπα», διάφοροι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν τις τρέχουσες συγκεντρώσεις των ρύπων, τα επίπεδα έκθεσης ενός πληθυσμού, το σύστημα των ατμοσφαιρικών ρύπων και των συγκεκριμένων κοινωνικών, οικονομικών και πολιτιστικών όρων. Αυτές οι εκτιμήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε πρότυπα με όρια διαφοροποιημένα από αυτά της οδηγίας.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας τρία διαφορετικά επίπεδα συγκέντρωσης των ρύπων παρατίθενται:

- MAC: Μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση στο διάστημα εργασίας για μια περίοδο οκτώ ωρών (κριτήρια υγιεινής εργασίας).
- Αξία ΜΕ: Μέγιστη περιβαλλοντική αξία.
- AIC: Αποδεκτή εσωτερική συγκέντρωση «για τις συγκεντρώσεις κάτω από το

Ο σκοπός των προτύπων ASHRAE είναι να διευκρινιστούν τα ελάχιστα ποσοστά εξαερισμού και η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα, που θα είναι αποδεκτή από τους κατόχους/χρήστες του κτιρίου και έχουν ως στόχο να ελαχιστοποιήσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Αυτά τα πρότυπα ισχύουν για όλους τους εσωτερικούς ή εσωκλειστούς χώρους, που οι άνθρωποι μπορούν να καταλάβουν, εκτός από χώρους όπου άλλα πρότυπα και απαιτήσεις υπαγορεύουν μεγαλύτερα ποσά εξαερισμού από αυτά που υπαγορεύουν αυτά τα πρότυπα.

11. Βιβλιογραφία

1. “*Air Quality Guidelines for Europe*”, Second Edition, World Health Organization, WHO Regional Publications, European Series No. 91.
2. Steinar Larssen, Kevin J. Barrett, Jaroslav Fiala, Justin Goodwin, Leif Otto Hagen, Jan F. Henriksen, Frank de Leeuw and Leonor Tarrason, “*Air Quality in Europe*”, European Environment Agency, 2002.
3. ASHRAE 62-1999 Standard, “*Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*”, American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers, Inc.
4. M. Santamouris, “*Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach*”, εκδόσεις James&James (ISBN 1-902916-42-5).

12. Προτεινόμενη βιβλιογραφία

1. F. Allard and C. Ghiaus Natural Ventilation in the Urban Environment
ASSESSMENT AND DESIGN, James & James.

<http://shop.earthscan.co.uk/ProductDetails/mcs/ProductID/317/GroupID/3/CategoryID/4/v/2>.

2. M. Santamouris and P. Wouters, Building Ventilation, ISBN 1844071308. James & James.

13. Ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης

1. Ποιοί παράγοντες καθιστούν αναγκαία την ύπαρξη οδηγιών και προτύπων για την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα;
2. Ποιά κριτήρια λαμβάνει υπόψη του ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας για τον καθορισμό των ορίων και των προτύπων;
3. Ποιά η διαφορά των οδηγιών από τα πρότυπα; Με ποιές διαδικασίες μια οδηγία γίνεται πρότυπο;
4. Ποιά στοιχεία εξετάζονται για τον καθορισμό των προτύπων;
5. Τι είναι η ανάλυση κόστους-οφέλους για τον έλεγχο των μολυσματικών ατμοσφαιρικών ρύπων;
6. Ποιοί είναι οι επιλεγμένοι δείκτες για την ρύπανση του αέρα σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Περιβάλλοντος;
7. Ποιός είναι ο σκοπός και τα πεδία των προτύπων ASHRAE;

***Σημείωση:** Οι πίνακες θα μεταφραστούν και θα τροποποιηθούν ώστε να έχουν όλοι την ίδια μορφή.

Κεφάλαιο 11 : Μεθοδολογίες εκτίμησης ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος

Περιεχόμενα

11.1 Εισαγωγή

11.2 Στρατηγικές εκτίμησης ποιότητας αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος

11.3 Καταγραφή του κτιρίου (check-list)

11.4 Ερωτηματολόγια

11.5 Μετρήσεις

11.5.1 Μέτρηση φυσικών παραμέτρων

11.5.1.1 Μέτρηση θερμοκρασίας

11.5.1.2 Μέτρηση σχετικής υγρασίας

11.5.1.3 Μέτρηση ταχύτητας αέρα

11.5.1.4 Αερισμός

11.5.2 Μετρήσεις χημικών παραμέτρων

11.5.3 Μετρήσεις βιολογικών παραμέτρων

11.6 Βιβλιογραφία

11.1 Εισαγωγή

Η επιβάρυνση του εσωτερικού αέρα των κτιρίων με τοξικούς ρύπους έχει τελευταία αναγνωρισθεί τα τελευταία χρόνια σαν ένα σοβαρό πρόβλημα για την δημόσια υγεία. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι αποτέλεσμα μιάς πολύπλοκης σχέσης ανάμεσα στις διάφορες ρυπογόνες πηγές μέσα σε ένα κτίριο, τον ρυθμό αερισμού και την διάχυση των ρύπων του εσωτερικού αέρα με τον εξωτερικό αέρα. Αυτή η συσχέτιση γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκη με την πρόσθεση των εξωτερικών ρύπων που εισέρχονται στους εσωτερικούς χώρους με τον εξωτερικό αέρα [1].

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται διάφορες μεθοδολογίες υπολογισμού και μέτρησης των ρύπων εσωτερικού περιβάλλοντος. Ανάλογα με την φύση και την πηγή του προβλήματος οι προτεινόμενες μεθοδολογίες περιλαμβάνουν από πολύ απλές παρατηρήσεις έως ιδιαίτερα σύνθετες και περίπλοκες μετρήσεις. Οι πρώτες ενδείξεις για την ύπαρξη προβλήματος ποιότητας εσωτερικού αέρα προέρχονται από τις ενέργειες και αντιδράσεις των ενοίκων του κτιρίου. Για παράδειγμα, ενέργειες όπως το άνοιγμα των παραθύρων και η ρύθμιση του θερμοστάτη καταδεικνύει θερμοκρασιακό πρόβλημα. Εντούτοις, τα προβλήματα είναι συνήθως περισσότερο σύνθετα και απαιτείται συνδυασμένη έρευνα που περιλαμβάνει την συνδρομή τόσο των ενοίκων του κτιρίου όσο και εξειδικευμένες μετρήσεις.

Κατά την αρχική φάση της διερεύνησης πρέπει να καταγραφούν οι εντυπώσεις και τα παράπονα των ενοίκων του κτιρίου. Στην συνέχεια το κτίριο πρέπει να επιθεωρηθεί από ομάδα ειδικών οι οποίοι θα καταγράψουν τα μηχανικά και ενεργειακά συστήματα του κτιρίου και θα διαπιστώσουν την ύπαρξη διαφόρων προβλημάτων. Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθούν ειδικές μετρήσεις των φυσικών, χημικών ή βιολογικών παραμέτρων ενώ παράλληλα θα ληφθούν συνεντεύξεις από τους ενοίκους του κτιρίου που θα αφορούν την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος.

11.2 Στρατηγικές εκτίμησης της ποιότητας αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος

Οι σημαντικότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ποιότητας αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος συνοψίζονται ως εξής, [2]:

- ✚ Καταγραφή των χαρακτηριστικών του κάθε κτιρίου χρησιμοποιώντας λίστα ελέγχου, (checklist)
- ✚ Συλλογή δεδομένων που αφορούν την αντίδραση των εργαζομένων στις περιβαλλοντικές συνθήκες και τα πιθανά συμπτώματα που παρουσιάζουν σύμφωνα με τυποποιημένα ερωτηματολόγια
- ✚ Μετρήσεις των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν τους εσωτερικούς χώρους. Οι κυριότερες παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν:
 1. φυσικές παράμετροι : θερμοκρασία του αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα του αέρα, θόρυβος, αερισμός
 2. χημικές παράμετροι : διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα, πτητικές οργανικές ενώσεις, (VOCs), αιωρούμενα σωματίδια, φορμαλδεΐδη.

Οι ανωτέρω μεθοδολογίες εκτίμησης της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος θα αναλυθούν στα επόμενα κεφαλαία.

11.3 Καταγραφή του κτιρίου, (checklist)

Πραγματοποιούνται επισκέψεις στα κτίρια από ομάδες ειδικών, οι οποίοι οφείλουν να σχηματίσουν μια συνολική εικόνα για την κατάσταση του κτιρίου, την κατάσταση του συστήματος δροσισμού-αερισμού, θέρμανσης και δροσισμού καθώς και τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων αυτών. Για την συλλογή των πληροφοριών συνήθως χρησιμοποιείται μια λίστα ελέγχου, η οποία περιλαμβάνει πληροφορίες για, [2]:

- ✚ Τα γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου : προσανατολισμός, περιοχή, χρήση, κυκλοφοριακό πρόβλημα στους κοντινούς δρόμους, εξωτερικές πηγές ρύπανσης, ηλικία του κτιρίου, δομικά υλικά του κτιρίου, γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, γενικές δραστηριότητες των ενοίκων του κτιρίου, συσκευές εξοπλισμού, συχνότητα καθαρισμού των κτιρίων και προϊόντα καθαρισμού.
- ✚ Τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου : συστήματα μηχανικού αερισμού, θέρμανσης, δροσισμού, ύπαρξη συστήματος ανακύκλωσης και ύγρανσης του αέρα, ύπαρξη φίλτρων, συχνότητα καθαρισμού και συντήρησης των συστημάτων μηχανικού αερισμού, κλπ

- ✚ Για τους χώρους όπου θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις : επιφάνεια δωματίου, επιφάνεια παραθύρων, επιφάνεια χνουδωτών υλικών, αριθμός ενοίκων, αριθμός και είδη ηλεκτρικών συσκευών, δομικά υλικά και υλικά επίπλωσης των δωματίων, συνθήκες φωτισμού, έλεγχος θορύβου.

Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην αξιολόγηση των προβλημάτων που πιθανόν να προέρχονται από το σύστημα αερισμού, θέρμανσης και δροσισμού του κτιρίου. Συνεπώς, κατά την επιθεώρηση του κτιρίου πρέπει να εξετασθούν όλα τα στοιχεία του χρησιμοποιούμενου συστήματος, την ιστορία του και τις συνθήκες λειτουργίας του. Συγκεκριμένα πρέπει να διερευνηθούν τα ακόλουθα:

- ✚ τα σημεία εισαγωγής του αέρα, (πρέπει να διατηρούνται μακριά από ρυπογόνες πηγές)
- ✚ τα φίλτρα του συστήματος τα οποία πρέπει να διατηρούνται καθαρά και σε καλή κατάσταση
- ✚ τον χώρο μίξης του αέρα
- ✚ την φτερωτή και το κυτίο των ανεμιστήρων τα οποία επίσης πρέπει να καθαρίζονται και να διατηρούνται σε καλή κατάσταση.
- ✚ το σύστημα ελέγχου του αερισμού έτσι ώστε να διερευνηθεί αν λειτουργεί συνεχώς ή περιστασιακά











11.4 Ερωτηματολόγια

Στην περίπτωση που το κτίριο είναι μεγάλο και ο αριθμός των εργαζομένων σημαντικός και υπάρχουν ιδιαιτερότητες που αφορούν την κατανομή των δραστηριοτήτων και του εργασιακού περιβάλλοντος θεωρείται απαραίτητη η χρησιμοποίηση ειδικών ερωτηματολογίων. Τα ερωτηματολόγια συμπληρώνονται από όσο το δυνατόν περισσότερους ενοίκους ή εργαζομένους στο κτίριο. Τέτοιου είδους ερωτηματολόγια έχουν σχεδιασθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και από άλλους οργανισμούς. Τα ερωτηματολόγια αυτά πρέπει να είναι εύχρηστα και κατανοητά και να βοηθούν στην συλλογή ειδικών πληροφοριών από τον ένοικο του κτιρίου έτσι ώστε να είναι εφικτή αργότερα κατά την επεξεργασία τους η ανίχνευση του τυχόν υπάρχοντος προβλήματος.

Συνήθως τα ερωτηματολόγια περιλαμβάνουν ένα σημαντικό αριθμό ερωτήσεων και αφορούν κυρίως συμπτώματα που σχετίζονται με το κτίριο και την ποιότητα του

αέρα. Οι ερωτήσεις που αναφέρονται στην εμφάνιση συμπτωμάτων συνήθως περιλαμβάνουν δύο σκέλη. Η ερώτηση στο πρώτο σκέλος αφορά την συχνότητα εμφάνισης των συμπτωμάτων και η ερώτηση συνήθως είναι : «κατά την διάρκεια του προηγούμενου μήνα πόσες ημέρες εμφανίζατε το σύμπτωμα όταν βρισκόσαστε στο κτίριο;» και η απάντηση μπορεί να είναι από καμία ημέρα μέχρι πάνω από 10. Η ερώτηση του δεύτερου σκέλους αναφέρεται στην περίπτωση που ο ένοικος παρουσιάζει το σύμπτωμα αν αισθάνεται καλύτερα όταν βρίσκεται εκτός του κτιρίου. Τότε, ένα σύμπτωμα θεωρείται ότι σχετίζεται με το κτίριο όταν η απάντηση στην πρώτη ερώτηση είναι 1-5 ημέρες ή περισσότερο και η απάντηση στην δεύτερη ερώτηση είναι θετική.

Τα συμπτώματα που αναφέρονται συνήθως στα ερωτηματολόγια εκτίμησης της ποιότητας του εσωτερικού αέρα περιγράφονται ως ακολούθως:

-  στεγνά-ξηρά μάτια
-  μάτια που τρέχουν
-  κλεισμένη μύτη
-  μύτη που τρέχει
-  ερεθισμένος λαιμός
-  σφίξιμο στο στήθος ή δυσκολία αναπνοής
-  συμπτώματα παρόμοια με την γρίπη
-  ξηρό δέρμα
-  ερεθισμένο ή κόκκινο δέρμα
-  πονοκέφαλοι και υπνηλία/κούραση

Επίσης στα ερωτηματολόγια εκτίμησης ποιότητας αέρα εσωτερικού περιβάλλοντος υπάρχουν ερωτήσεις που αφορούν την αποδοχή των περιβαλλοντικών συνθηκών μέσα στο κτίριο από τους ενοίκους του. Οι ερωτήσεις αυτές αφορούν κύρια τις φυσικές παραμέτρους, την ποιότητα αέρα, την θερμική άνεση, τον θόρυβο και τον φωτισμό.

Για την θερμική άνεση χρησιμοποιείται συνήθως μία κλίμακα όπως π.χ. από -3 έως +3 με: -3 για πολύ κρύο, -2 για κρύο, -1 σχετικά κρύο, 0 κανονικό, +1 σχετικά ζεστό, +2 ζεστό, +3 πολύ ζεστό. Για την εκλαμβανόμενη ποιότητα του αέρα χρησιμοποιείται επίσης κλίμακα όπως π.χ. από -5 έως +5 όπου το +5 όπου το -5 αντιπροσωπεύει μια καθαρά μη αποδεκτή κατάσταση, το -1 μια μόλις μη αποδεκτή κατάσταση, το +1 μια μόλις αποδεκτή κατάσταση και το +5 μια καθαρά αποδεκτή κατάσταση.

Κλίμακες επίσης χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των φυσικών παραμέτρων, (εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου, σχετική υγρασία, ταχύτητα του αέρα, φωτισμός, κλπ). Επί παραδείγματι η κλίμακα από 1 έως 7 με ιδανικό σημείο το 4. Συγκεκριμένα, για την κλίμακα αυτή η κλιμάκωση των επιπέδων περιγράφεται ως εξής:

- 1-2 : πολύ λίγο
- 2-3 : σχετικά πολύ λίγο
- 3-5 : ικανοποιητικό, (4=ιδανικό σημείο)
- 5-6 : σχετικά πολύ
- 6-7 : πάρα πολύ

Επί πλέον, οι αποκρίσεις στην πνιγηρότητα του αέρα, στην οσμή του αέρα, στην θάμβωση, και στον θόρυβο κατηγοριοποιούνται και αυτές με την χρήση ειδικών κλιμάκων. Μία κλίμακα είναι για παράδειγμα από 1-7 με ιδανικό σημείο το 1. Τα διαφορετικά επίπεδα της κλίμακας αυτής περιγράφονται ως ακολούθως:

- 1-2 : καθαρά αποδεκτή
- 2-3 : αποδεκτή ή ελαφρά αισθητή
- 3-4 : μόλις αποδεκτή ή αισθητή
- 4-5 : μόλις μη αποδεκτή ή καθαρά αισθητή
- 5-6 : μη αποδεκτή ή πολύ
- 6-7 : καθαρά μη αποδεκτή ή πάρα πολύ

11.5 Μετρήσεις

Παράλληλα με την διαδικασία επίσκεψης των ειδικών αναλυτών και επιθεωρητών στο κτίριο και με την διαδικασία επεξεργασίας των ερωτηματολογίων συνήθως πραγματοποιούνται και ειδικές μετρήσεις στο κτίριο.

Οι μετρήσεις που λαμβάνονται συνήθως χρησιμοποιούνται συγκριτικά. Συγκεκριμένα, συγκρίνονται οι τιμές μιάς φυσικής παραμέτρου όπως η θερμοκρασία ή η σχετική υγρασία ή οι τιμές συγκέντρωσης ενός ρύπου για το συγκεκριμένο κτίριο με αντίστοιχες τιμές που μετρήθηκαν σε άλλα κτίρια. Παράλληλα, κατά τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διεθνή πρότυπα διεθνή πρότυπα και standards όσον αφορά τις τιμές των κυριοτέρων ρύπων του εσωτερικού περιβάλλοντος. Οπότε η σύγκριση των μετρούμενων τιμών με τα διεθνή πρότυπα οδηγεί σε σημαντικά συμπεράσματα

που αφορούν την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος του συγκεκριμένου εξεταζόμενου κτιρίου.

Οι μετρήσεις εσωτερικού περιβάλλοντος μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες τρεις μεγάλες κατηγορίες που αφορούν τις μετρούμενες παραμέτρους:

- ✚ **Μετρήσεις φυσικών παραμέτρων** : αφορούν κύρια μετρήσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου, της σχετικής του υγρασίας, της ταχύτητας αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, του επιπέδου αερισμού του κτιρίου, του φωτισμού και του θορύβου.
- ✚ **Μετρήσεις χημικών παραμέτρων** : αφορούν μετρήσεις των συγκεντρώσεων των κυριότερων ρύπων του εσωτερικού περιβάλλοντος
- ✚ **Μετρήσεις βιολογικών παραμέτρων** : αφορούν μετρήσεις βιολογικών παραγόντων όπως μύκητες, βακτήρια, γύρις, μικροοργανισμοί, κ.λ.π.

11.5.1 Μετρήσεις φυσικών παραμέτρων

Οι κυριότερες φυσικές παράμετροι που καθορίζουν τα επίπεδα θερμικής άνεσης σε ένα κτίριο είναι οι ακόλουθες:

- ✚ θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κτιρίου
- ✚ σχετική υγρασία του αέρα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κτιρίου
- ✚ ταχύτητα του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου
- ✚ επίπεδα αερισμού του κτιρίου

Οι μετρήσεις των ανωτέρω φυσικών παραμέτρων μπορούν να πραγματοποιηθούν ως ακολούθως:

11.5.1.1 Μέτρηση θερμοκρασίας του αέρα

✚ Θερμόμετρα

Τα θερμόμετρα είναι όργανα με τα οποία προσδιορίζουμε την θερμοκρασία. Παλιότερα χρησιμοποιούσαμε θερμόμετρα, που είχαν υγρό θερμομετρικό υλικό, (υδράργυρο, οινόπνευμα).

Σήμερα με την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής έχουν πλέον καθιερωθεί τα θερμόμετρα ηλεκτρονικού τύπου, όπως ηλεκτρικής αντίστασης, thermistors, ή θερμοζεύγος.

Θερμόμετρα ηλεκτρονικού τύπου

Τα ηλεκτρονικά θερμόμετρα χωρίζονται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

1. ηλεκτρικής αντίστασης σύρματος
2. ηλεκτρικής αντίστασης (τύπου thermistors)
3. θερμοζεύγη

Για την κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες θα αναφερθούν τα βασικά χαρακτηριστικά, όπως επίσης και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν.

1. Θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης σύρματος

Τα θερμόμετρα αυτά στηρίζονται στην αρχή της μεταβολής της αντίστασης ενός μετάλλου με την θερμοκρασία. Συνεπώς για το συγκεκριμένο μήκος σύρματος ειδικά επιλεγμένου μετάλλου μπορούμε να εξασφαλίσουμε διαφορετική αντίσταση για ένα πλάτος θερμοκρασιών. Για μερικές μεταβολές θερμοκρασίας η αύξηση της ειδικής αντιστάσεως καθαρών μετάλλων, όπως της πλατίνας, είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας, (γραμμική μεταβολή). Συνεπώς, αν με την βοήθεια απλών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων μετατρέψουμε την μεταβολή της ωμικής αντίστασης σε μεταβολή τάσης, αυτή η μεταβολή τάσης θα συμβολίζει την μεταβολή της θερμοκρασίας.

Το μέταλλο που συνήθως χρησιμοποιείται για την κατασκευή του σύρματος του αισθητήρα, είναι ο λευκόχρυσος, ο οποίος παρουσιάζει ικανοποιητική γραμμικότητα, σχετικά χαμηλό κόστος για την πολύ περιορισμένη ποσότητα λευκοχρύσου που απαιτείται για την κατασκευή ενός τέτοιου αισθητήρα, για την εύκολη βαθμονόμησή του, για την ευκολία που παρουσιάζει στην κατασκευή πολύ λεπτών συρμάτων και για το γεγονός ότι δεν παρουσιάζει χημική αλλοίωση με το χρόνο. Βεβαίως, κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλα μέταλλα, όπως νικέλιο, χαλκός, τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε ραδιοβολίσεις, όπου επιδιώκεται η μείωση του κόστους και δεν επιθυμείται ή δεν απαιτείται η υψηλή γραμμικότητα του αισθητήρα.

2. Θερμόμετρα τύπου thermistors

Τα θερμόμετρα τύπου thermistors έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας όπως η προηγούμενη κατηγορία, με την διαφορά όμως ότι ο αισθητήρας αυτή τη φορά δεν είναι ένα σύρμα πλατίνας, αλλά είναι ημιαγωγοί, οι οποίοι έχουν φτιαχθεί από την σύνθεση διαφόρων μεταλλικών οξειδίων. Οι αισθητήρες αυτοί παρουσιάζουν

μεταβολή της ωμικής τους αντίστασης με την θερμοκρασία. Επομένως μπορούν να λειτουργήσουν σαν αισθητήρες θερμομέτρων. Χαρακτηριστικό των thermistors είναι ότι δεν μεταβάλλουν γραμμικά την αντίστασή τους με την θερμοκρασία.

Τα thermistors χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλό κόστος και είναι εύκολη η προμήθεια τους σε διάφορα μεγέθη αισθητήρα, έτσι ώστε να κατασκευάζει κανείς θερμομέτρα γρήγορης χρονικής απόκρισης. Τέλος, τα thermistors δίνουν καλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις μικρών διαφορών θερμοκρασίας με την προϋπόθεση ότι βαθμονομούνται συχνότερα από ότι ένα θερμομέτρο πλατίνας.

3. Θερμόμετρα θερμοζευγών

Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στο θερμοηλεκτρικό φαινόμενο κατά το οποίο αν φέρουμε σε επαφή δύο διαφορετικά μέταλλα που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία, τότε στα άκρα τους εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη που ονομάζεται θερμοηλεκτρική τάση και αν κλείσουμε το κύκλωμα τότε δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα που ονομάζεται θερμοηλεκτρικό ρεύμα. Με βάση το φαινόμενο αυτό μπορεί να κατασκευασθεί θερμομέτρο μεγάλης ακριβείας.

11.5.1.2 Μέτρηση σχετικής υγρασίας

Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς μετριέται με τα υγρόμετρα. Η λειτουργία αυτών των οργάνων στηρίζεται στα ακόλουθα:

1. σε μετρήσεις θερμοκρασιών (ψυχρόμετρα)
2. σε αλλαγή των φυσικών διαστάσεων υλικών λόγω απορρόφησης της υγρασίας, (υγρόμετρα τριχός)
3. σε συμπύκνωση ενός πολύ λεπτού στρώματος νερού (συμπυκνωτικά υγρόμετρα)
4. σε αλλαγές των χημικών ή ηλεκτρικών ιδιοτήτων λόγω απορρόφησης ή προσρόφησης υδρατμών (χημικά ή ηλεκτρικά υγρόμετρα)

1. Ψυχρόμετρα

Ένα ψυχρόμετρο συνίσταται κυρίως από δύο θερμομέτρα. Το θερμομετρικό δοχείο του ενός θερμομέτρου είναι καλυμμένο με ύφασμα που διαβρέχεται συνέχεια με αποσταγμένο νερό από το δοχείο Κ με την βοήθεια του φιτιλιού Γ. Το θερμομέτρο

αυτό καλείται υγρό θερμοόμετρο, σε αντίθεση με το άλλο θερμοόμετρο που καλείται ξηρό θερμοόμετρο. Η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου λόγω της εξάτμισης του νερού από το ύφασμα είναι γενικά μικρότερη από εκείνη του ξηρού θερμομέτρου. Όσο πιο ξηρός είναι ο αέρας τόσο μεγαλύτερη η εξάτμιση και κατά συνέπεια μεγαλύτερη η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα δύο θερμοόμετρα. Από τα αναγνώσματα των δύο θερμομέτρων υπολογίζεται η τάση των υδρατμών, e_a , με την βοήθεια της ψυχομετρικής εξίσωσης:

$$e_a = e_s - A \cdot P \cdot (T - T_w)$$

Όπου:

e_s : η μέγιστη τάση υδρατμών στην θερμοκρασία T_w

A : ψυχομετρική σταθερά

P : ατμοσφαιρική πίεση

T : θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου

T_w : θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου

2. Υγρόμετρα τριχός

Ορισμένα υγροσκοπικά υλικά μεταβάλλουν τις διαστάσεις τους ανάλογα με την υγρασία του αέρα. Η μεταβολή αυτή χρησιμοποιείται σαν δείκτης της υγρασίας. Το συνηθέστερο ευαίσθητο υλικό είναι η ανθρώπινη τρίχα που το μήκος της εξαρτάται από την σχετική υγρασία.

3. Συμπυκνωτικά υγρόμετρα

Τα υγρόμετρα αυτά μετρούν τιμές θερμοκρασίας στην οποία συμβαίνει συμπύκνωση υδρατμών. Συμπυκνωτικά υγρόμετρα υπάρχουν δύο τύπων.

α. Τα υγρόμετρα σημείου δρόσου : τα οποία μετρούν απευθείας την θερμοκρασία για την οποία συμβαίνει συμπύκνωση υδρατμών πάνω σε μία στιλπνή επιφάνεια, δηλαδή μετρούν απευθείας την θερμοκρασία δρόσου. Είναι όργανα πολύ ακριβή και χρησιμοποιούνται για έλεγχο και βαθμονόμηση άλλων οργάνων μικρότερης ακρίβειας.

β. Τα θερμοόμετρα ισορροπίας ατμών : αυτά εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι σε κάθε θερμοκρασία η πίεση των ατμών πάνω από ένα κορεσμένο διάλυμα άλατος είναι μικρότερη από την πίεση των ατμών πάνω από ελεύθερη επιφάνεια νερού. Έτσι για να επιτευχθεί ισορροπία πρέπει να θερμάνουμε το διάλυμα σε θερμοκρασία ανάλογη

της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος αέρα. Ο χρόνος απόκρισης αυτών των οργάνων είναι αρκετά μικρός. Με την κατάλληλη βαθμονόμηση το όργανο μπορεί να δίνει απευθείας τιμές της θερμοκρασίας δρόσου.

4. Χημικά ή ηλεκτρικά υγρόμετρα

Τα ηλεκτρικά υγρόμετρα μετρούν την μεταβολή μίας ηλεκτρικής παραμέτρου (η οποία μπορεί να οφείλεται σε χημικές διαδικασίες) συνήθως αντίστασης ή χωρητικότητας, που οφείλεται σε μεταβολή της σχετικής υγρασίας. Το ευαίσθητο στοιχείο που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις είναι συνήθως μία αντίσταση κατασκευασμένη από ένα ηλεκτρολυτικό ή υγροσκοπικό υλικό ή ένας πυκνωτής με υγροσκοπικό διηλεκτρικό. Μεταβολές της σχετικής υγρασίας προκαλούν μεταβολές της αντίστασης ή της χωρητικότητας αντίστοιχα, οι οποίες και μετρώνται ηλεκτρονικά.

11.5.1.3 Μέτρηση ταχύτητας αέρα

Η ταχύτητα ανέμου στο εσωτερικό ενός κτιρίου συνήθως μετράται σε κάθε εξεταζόμενο χώρο και υπό τις υπάρχουσες συνθήκες χρησιμοποιώντας ανεμογράφο υπέρθερμου σύρματος. Η λειτουργία του ανεμογράφου στηρίζεται στην αρχή ότι ο ρυθμός απώλειας θερμότητας από ένα σώμα όταν αυτό θερμαίνεται συνεχώς, εξαρτάται από την ένταση του πνέοντος ανέμου. Ο ανεμογράφος μετράει μικρές ταχύτητες ανέμου με μεγάλη αξιοπιστία.

11.5.1.4 Μέτρηση αερισμού

Οι μετρήσεις της διείσδυσης του αέρα από σχισμές και χαραμάδες συνήθως πραγματοποιούνται σε επιλεγμένους χώρους μέσα στο κτίριο με τη μέθοδο των αερίων δεικτών (tracer gas method). Ο αέριος δείκτης που χρησιμοποιείται είναι το πρωτοξείδιο του αζώτου (N_2O) που είναι ένα χημικά αδρανές αέριο. Το σύστημα εκτόξευσης – δειγματοληψίας του αερίου περιλαμβάνει μία βασική μονάδα ελέγχου και έναν ανιχνευτή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Σύμφωνα με τη μέθοδο, ποσότητα του αερίου δείκτη εκλύεται στον υπό μελέτη χώρο, εφ' όσον εξακριβωθεί πως όλα τα ανοίγματα είναι κλειστά. Η ομοιόμορφη κατανομή του αερίου δείκτη στον υπό

μελέτη χώρο υποβοηθάται με έναν ανεμιστήρα μικρής ισχύος που τοποθετείται κοντά στο σημείο έκλυσης του αερίου. Μετά, πραγματοποιούνται μετρήσεις της εξασθένισης του αερίου με διαδοχικές δειγματοληψίες σε διάφορα σημεία του χώρου. Ο ρυθμός ανανέωσης του αέρα στον εκάστοτε χώρο προσδιορίζεται με βάση την καμπύλη εξασθένισης του αερίου. Με τον ίδιο τρόπο πραγματοποιούνται και οι μετρήσεις του ρυθμού ανανέωσης του αέρα (φυσικός και τεχνητός αερισμός) με τη διαφορά πως πόρτες και παράθυρα είναι ανοιχτά (ή αντίστοιχα ο μηχανικός αερισμός βρίσκεται σε λειτουργία) στο βαθμό που συνηθίζεται στον υπό εξέταση χώρο. Από τις μετρήσεις υπολογίζονται οι αλλαγές όγκου αέρα ανά ώρα (ACH) για τους συγκεκριμένους χώρους του εξεταζόμενου κτιρίου [3-4].

Σε μηχανικά αεριζόμενα κτίρια εφαρμόζεται για την μέτρηση του αερισμού η μέτρηση της μέσης ταχύτητας του αέρα στα στόμια εισόδου του φρέσκου αέρα στο κτίριο. Η ροή του φρέσκου αέρα υπολογίζεται σαν το γινόμενο της μέσης ταχύτητας επί το εμβαδόν του ανοίγματος. Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή είναι σχετικά προσεγγιστική, μπορεί δε να παρουσιάσει ιδιαίτερα μεγάλα σφάλματα στην περίπτωση όπου υπάρχει μεγάλη ταχύτητα του εξωτερικού ανέμου.

Σαν φυσικοί ρυπαντές συνήθως αναφέρονται και η σκόνη, και οι ίνες αμιάντου. Η μέθοδος μέτρησης της σκόνης στηρίζεται στην συλλογή αερίου δείγματος με χρήση αντλίας κενού, αέρα που μεταφέρεται στην συσκευή συλλογής. Αυτή αποτελείται από φίλτρο γνωστού βάρους. Η αύξηση του βάρους του φίλτρου εξαιτίας της παγιδευμένης σκόνης επιτρέπει τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του φυσικού αυτού ρυπαντή στον εσωτερικό χώρο.

Με τον ίδιο τρόπο συλλέγονται και οι ίνες αμιάντου. Στην περίπτωση αυτή τα συλλεκτικά φίλτρα οδηγούνται μετά από επεξεργασία σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο όπου και καταμετράται ο αριθμός των ινών αμιάντου.

11.5.2 Μετρήσεις χημικών παραμέτρων

Τα σημαντικότερα από τα χημικά συστατικά που μετρούνται σε ένα κτίριο στο εσωτερικό ενός κτιρίου είναι οι συγκεντρώσεις διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα, οι οργανικές πτητικές ενώσεις, (VOCs), οι πολυκυκλικοί αρωματικοί

υδρογονάνθρακες, (PAH's), μέταλλα, το NO₂, η φορμαλδευδη και τα εντομοκτόνα, (pesticides).

Η μέτρηση πραγματοποιείται είτε με όργανα όπου το αποτέλεσμα λαμβάνεται επιτόπου αυτόματα είτε με λήψη δείγματος του εσωτερικού και στην συνέχεια ανάλυση στο εργαστήριο. Αναλυτικότερα, η μέτρηση των χημικών παραμέτρων γίνεται ως ακολούθως:

α. Για τις μετρήσεις του διοξειδίου και ο μονοξειδίου του άνθρακα : χρησιμοποιούνται multigaz analysers ή όργανα που βασίζονται στην απορρόφηση του υπεριώδους φωτός.

β. Η μέτρηση των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων : βασίζεται στην μέτρηση της διαφοράς βάρους ενός φίλτρου πριν και μετά τη διοχέτευση συγκεκριμένου όγκου αέρα μέσα από το φίλτρο. Η συγκέντρωση των σωματιδίων υπολογίζεται από το επιπλέον βάρος του φίλτρου και τον όγκο αέρα που έχει δειγματοληφθεί [2,5,6]. Η συσκευή που χρησιμοποιείται συνήθως είναι μια πλαστική κεφαλή συγκράτησης του φίλτρου διαμέτρου 37 mm, ανοιχτή στο μπροστινό μέρος ώστε να συλλέγει όλα τα αιωρούμενα σωματίδια και όχι μόνο κάποιο κλάσμα τους. Η θήκη αυτή είναι τοποθετημένη κάθετα έτσι ώστε να εγγυάται την οριζόντια ροή του αέρα μέσα στο φίλτρο για να αποφευχθεί η εναπόθεση σωματιδίων λόγω της βαρύτητας. Το φίλτρο που χρησιμοποιείται συνήθως είναι κατασκευασμένο από εστέρα κελλουλόζης με μέγεθος πόρων 0.8 μm. Τα φίλτρα πριν και μετά την δειγματοληψία ξηραίνονται για 24 h σε ξηραντήρια και μετά τοποθετούνται στον εξεταζόμενο χώρο του κτιρίου, όπου είναι τοποθετημένος ο ζυγός για ακόμα 24 ώρες. Το φίλτρο ζυγίζεται μέχρι την απόκτηση σταθερού βάρους. Η ακρίβεια του ζυγού είναι περίπου 10 μg.

γ. Οι μετρήσεις των πτητικών οργανικών ενώσεων στο εσωτερικό ενός κτιρίου : παρουσιάζουν κάποιες ιδιομορφίες οι οποίες καθορίζουν και την μέθοδο που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των συγκεντρώσεών τους.

Η μέθοδος μέτρησης των VOCs χωρίζεται στα ακόλουθα δύο στάδια [2, 7,8] :

1. Δειγματοληψία : χρησιμοποιείται με χρήση φθηνού και αθόρυβου εξοπλισμού. Κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας γίνεται διαχωρισμός των ρύπων από το μίγμα του αέρα (προσρόφηση τους σε υγρούς διαλύτες ή στερεά προσροφητικά), με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η προσυγκέντρωσή τους.

2. Διαχωρισμός και ανίχνευση η οποία γίνεται στο εργαστήριο με πολύπλοκο και ακριβό εξοπλισμό και περιλαμβάνει εκρόφηση των εμπλουτισμένων ενώσεων στα προσροφητικά μέσα και διαχωρισμό των πολύπλοκων μιγμάτων ρύπων με αέρια χρωματογραφία και τέλος ανίχνευση των ενώσεων με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (flame ionization detector, FID) ή με φασματοσκοπία μάζας (MS) ή και με τα δύο.

Η δειγματοληψία των πτητικών οργανικών ενώσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους :

1. Άντληση δείγματος σε κύλινδρο (canister) με την βοήθεια αντλίας αέρα
2. Με ενεργή δειγματοληψία όπου κατάλληλη ποσότητα αέρα διοχετεύεται μέσα από ένα στερεό ή υγρό προσροφητικό όπου παγιδεύονται οι ρύποι με την βοήθεια μικρής φορητής αντλίας
3. Με παθητική δειγματοληψία η οποία βασίζεται στην διάχυση των ρύπων μέσα από ένα κύλινδρο στην επιφάνεια του προσροφητικού (συνήθως στερεό).

Η ενεργή δειγματοληψία είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος για την μέτρηση οργανικών ενώσεων. Ο ρυθμός δειγματοληψίας για την μέθοδο αυτή δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλος εφόσον τα οργανικά μόρια πρέπει να μείνουν αρκετό χρόνο σε επαφή με το προσροφητικό μέσο έτσι ώστε να είναι δυνατή η διάχυσή τους από τον αέρα στο προσροφητικό. Η δειγματοληψία συνήθως διαρκεί από μερικά λεπτά μέχρι 24 ώρες ανάλογα με τον ρυθμό δειγματοληψίας.

Τα πιο συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται για την παγίδευση των ρύπων είναι στερεά προσροφητικά. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός στερεών προσροφητικών που χρησιμοποιούνται τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- ✚ **Οργανικές πολυμερείς ρητίνες** (Tenax TA, XAD). Το Tenax TA έχει καλή θερμική σταθερότητα, και επιτρέπει τη θερμική εκρόφηση μεγάλης γκάμας οργανικών ενώσεων σε χαμηλές θερμοκρασίες ($C_6 - >C_{15}$) λόγω του ότι η δύναμη απορρόφησής του είναι χαμηλή. Έτσι, είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιημένο προσροφητικό.
- ✚ **Προσροφητικά με βάση τον άνθρακα**, (carbotrap, carboseive, carboxen, activated charcoal). Τα προσροφητικά αυτά είναι υδρόφοβα και έχουν μεγάλη θερμική σταθερότητα, όμως έχουν πολύ μεγάλη δύναμη απορρόφησης με αποτέλεσμα να είναι πολύ δύσκολη η θερμική εκρόφηση. Έτσι απαιτούνται

πολύ ψηλές θερμοκρασίες για την εκρόφηση όλων των οργανικών ενώσεων με αποτέλεσμα στις θερμοκρασίες αυτές πολλές ενώσεις να αποσυντίθενται. Από τις ενώσεις αυτές το carbotrap έχει την μικρότερη δύναμη απορρόφησης με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η θερμική εκρόφηση, ενώ το activated charcoal έχει τη μεγαλύτερη δύναμη απορρόφησης με αποτέλεσμα η θερμική εκρόφηση να είναι αδύνατη. Τα carboseive και carboxen χρησιμοποιούνται για την μέτρηση πολύ πτητικών οργανικών ενώσεων (VVOC)

✚ **Ανόργανα προσροφητικά (silica gel, alumina, κλπ)** τα οποία δεν χρησιμοποιούνται συνήθως για την δειγματοληψία πτητικών οργανικών ενώσεων γιατί είναι θερμικά ασταθή και υδροφυλικά που κάνει αδύνατη τη θερμική εκρόφηση

Η ειδική επιφάνεια δειγματοληψίας καθορίζει την ικανότητα απορρόφησης ενός προσροφητικού. Όσο πιο μικρή είναι τόσο πιο μικρός είναι ο όγκος δείγματος αέρα που περνάει μέσα από το προσροφητικό πριν να αρχίσει να εκλύεται η πιο πτητική οργανική ένωση. Αντίθετα, όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική επιφάνεια δειγματοληψίας τόσο ψηλότερες θερμοκρασίες απαιτούνται έτσι ώστε να είναι εφικτή η εκρόφηση των ενώσεων.

Η εκρόφηση των πτητικών οργανικών ενώσεων γίνεται με τις ακόλουθες δύο βασικές μεθόδους:

1. θερμική εκρόφηση των προσροφημένων ενώσεων μέσω ενός αερίου, συνήθως ήλιο. Στην μέθοδο αυτή γίνεται κρυογενής προσυγκέντρωση των εκροφούμενων ενώσεων πριν εκλουθούν στην στήλη αέριας χρωματογραφίας. Η μέθοδος αυτή αυξάνει σημαντικά την ευαισθησία της αναλυτικής μεθόδου με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η ανάλυση όλων των ενώσεων που συλλέγονται σε ένα δείγμα.
2. εκχύλιση με διαλύτη των προσροφημένων ενώσεων στο προσροφητικό και ένεση μιάς μικρής ποσότητας του υγρού στον αέριο χρωματογράφο. Ο διαλύτης που χρησιμοποιείται συνήθως είναι διθειάνθρακας. Η μέθοδος αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την αραίωση των οργανικών ενώσεων σε διάλυμα από το οποίο ένα πολύ μικρό κλάσμα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την ένεση στον αέριο χρωματογράφο. Έτσι μειώνεται η ευαισθησία της αναλυτικής

μεθόδου. Συγκεκριμένα, για να αναλυθούν VOCs επιπέδου 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με charcoal tubes και εκρόφηση με διαλύτη απαιτούνται περίπου 500lt αέρα.

Ο διαχωρισμός των πτητικών ενώσεων που προαναφέρθηκαν γίνεται με χρήση αέριου χρωματογράφου. Οι στήλες χρωματογραφίας που χρησιμοποιούνται είναι μη πολικές τριχοειδείς στήλες.

11.5.3 Μετρήσεις βιολογικών παραμέτρων

Οι βιολογικές παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα την ποιότητα αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον είναι κυρίως οι μύκητες, οι ιοί και τα βακτήρια. Η μεθοδολογία συλλογής δείγματος αέρα για την ανίχνευση των βιολογικών παραμέτρων δεν διαφέρει από εκείνη των χημικών παραμέτρων. Η ανάλυση των δειγμάτων είναι διαφορετική και βασίζεται στην καλλιέργεια του δείγματος ώστε να αναπτυχθεί σχετική «αποικία» των μυκήτων και των βακτηρίων και επομένως να ανιχνευθεί ποιοτικά και ποσοτικά η ύπαρξή τους. Οι μετρήσεις των βιολογικών παραμέτρων γίνονται σε εξειδικευμένα εργαστήρια.

11.6 Βιβλιογραφία

- [1] Μ. Σανταμούρης, Κ. Μπαλαράς, «Ενέργεια & ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος στα κτίρια», ΕΛΚΕΠΑ, 1996.
- [2] Α. Λαγούδη, «Εκτίμηση της ποιότητας αέρα στους εσωτερικούς χώρους σε κτίρια γραφείων», Διδακτορική Διατριβή, ΕΚΠΑ, 1996
- [3] Jones P: (1997) “Natural ventilation: Prediction, Measurement and Design”, In “Naturally Ventilated Buildings”, D. Clements-Croome (Ed.), E&FN Spon.
- [4] Α. Synnefa, Ε. Polichronaki, Ε. Papagiannopoulou, Μ. Santamouris, G. Mihalakakou, P. Doukas, P.A. Siskos, Ε. Bakeas, Α. Dremetsika, Α. Geranios, Α. Delakou, “An experimental investigation of the indoor air quality in fifteen school buildings in Athens, Greece”, Int. J. of Ventilation, Vol.2, No.3, pp.185-202, 2003.
- [5] MDHS 14, General methods for the gravimetric determination of gravimetric and total inhalable dust. Health and Safety Executive, Occupational Medicine and Hygiene Laboratory, Methods for the Determination of Hazardous Substances. October 1989.
- [6] Vincent H.J., Aerosol sampling, science and practice. John Wiley & Sons, Chichester, 1989.
- [7] Knoppel H., Sampling and Analysis of organic indoor air pollutants. In: H. Knoppel and P. Wolkoff (eds.), Chemical, Microbiological, Health and Comfort Aspects of Indoor Air Quality – State of the Art in SBS, Netherlands, pp. 37-48, 1992.
- [8] EPA, Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air. United States Environmental Protection Agency, EPA/600/4-89/017, June 1988.