

ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

**ΚΑΘΑΡΟΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑΣ
ΓΙΑ ΑΝΕΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ**



Για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτιρίου απαιτείται η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις νωπού αέρα καθορίζονται ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, τον πληθυσμό των χρηστών και την παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτιρίου, που σε γενική προσέγγιση είναι αντίστοιχη της χρήσης του κτιρίου. Στις κατοικίες η ανανέωση του αέρα γίνεται κυρίως μέσω των ανοιγμάτων του κελύφους της κατοικίας και των χρηστών, που κατά βούληση ανοίγουν τα κουφώματα για τον φυσικό αερισμό της κατοικίας. Η ανάγκη για μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας οδηγεί πλέον στην τοποθέτηση συστημάτων μηχανικού εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας και στα κτίρια κατοικιών.

Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων

Η ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων των κτιρίων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την υγιεινή και την άνεση των χρηστών. Ως ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου η ASHRAE ορίζει τον "αέρα, στον οποίο δεν περιέχονται γνωστοί ρυπογόνοι παράγοντες σε συγκεντρώσεις, οι οποίες κρίνονται ως βλαπτικές από τις αρμόδιες αρχές και όταν η ισχυρή πλειονότητα



1

των εκτεθειμένων προσώπων (τουλάχιστον 80%) δεν εκφράζει δυσαρέσκεια". Σε περίπτωση ανεπαρκούς αερισμού των χώρων είναι πιθανόν να εμφανιστούν συμπτώματα, όπως προνοκέφαλος, ναυτία, κόπωση, υπνηλία, ζάλη, αναπνευστικά προβλήματα, αλλεργίες, σφίξιμο στο στήθος, ξηρός λαιμός, εξανθήματα στο δέρμα, ερεθισμός στα μάτια, βουλωμένη μύτη, καταρροή και απώλεια συγκέντρωσης. Αυτά τα συμπτώματα σχετίζονται με το σύνδρομο του "άρρωστου κτιρίου".

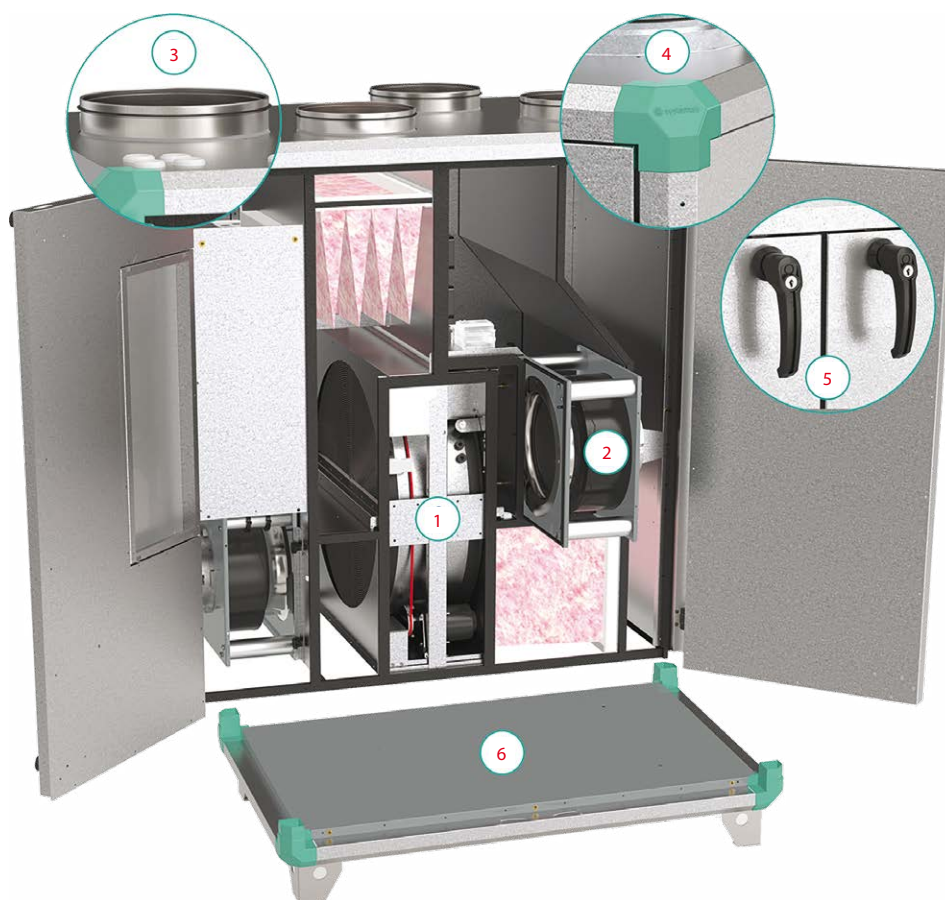
Για τη διατήρηση της ζωής είναι απαραίτητη η παροχή φρέσκου - νωπού αέρα σε ποσότητα, κατ' ελάχιστο, 2,5 l/s ανά άτομο στη ζώνη αναπνοής. Αντιστοίχως, η κατανάλωση οξυγόνου από τον ανθρώπινο οργανισμό κυμαίνεται από 8 ml/s έως 32 ml/s ανάλογα με τον μεταβολισμό του ανθρώπου, τον καρδιακό ρυθμό και το είδος της δραστηριότητάς του. Η ελάχιστη αποδεκτή παροχή νωπού αέρα στις κατοικίες είναι 4,2 l/s κατ' άτομο (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-Ι/2017) ενώ η ελάχιστη συνιστώμενη τιμή είναι 7,5 l/s κατ' άτομο (ASHRAE). Ο αερισμός στους χώρους των κατοικιών σχεδιάζεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται 0,35 έως 1 αλλαγή αέρα ανά ώρα στους χώρους διαμονής. Για επιβαρυσμένους με οσμές χώρους κατοικιών, όπως στην κουζίνα και στους χώρους υγιεινής, συνιστάται ελάχιστη τιμή 2 - 5 αλλαγών αέρα ανά ώρα.

Οι ρύποι στον αέρα μιας κατοικίας προέρχονται κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες εντός των χώρων αυτής. Σε ιδιαίτερα

μολυσμένα περιβάλλοντα, όπως είναι αυτά των πόλεων ή των βιομηχανικών περιοχών, είναι δυνατόν ο αέρας που εισέρχεται ανεξέλεγκτα στην κατοικία μέσω των ανοιγμάτων να επιβαρύνει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Κτίρια κατοικιών με παλαιού τύπου κουφώματα, όπως είναι τα ξύλινα με μονούς υαλοπίνακες, επιτρέπουν μεν την εισαγωγή αέρα σε αποδεκτές ποσότητες για τον αερισμό των χώρων (ακούσιος αερισμός), αλλά επιβαρύνουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας για την εξισορρόπηση της θερμοκρασίας του νωπού αέρα με τη θερμοκρασία των χώρων. Ταυτόχρονα δημιουργούνται ενοχλητικά ρεύματα κρύου αέρα, κυρίως στις περιοχές κοντά στα κουφώματα. Η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας έχει οδηγήσει στην αντικατάσταση των παλαιού τύπου κουφωμάτων με σύγχρονα που διαθέτουν δίδυμους υαλοπίνακες και παρουσιάζουν πολύ μεγάλη αεροστεγανότητα. Το αποτέλεσμα της χρήσης αεροστεγών κουφωμάτων είναι να μειωθεί η ανεξέλεγκτα εισερχόμενη ποσότητα αέρα στους χώρους των κατοικιών, κάτω από την ελάχιστη απαιτούμενη. Παρατηρείται πλέον το φαινόμενο της μόνιμης ανάκλισης επιλεγμένων κουφωμάτων για την επίτευξη του απαιτούμενου αερισμού της κατοικίας με αντίστοιχη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για την επίτευξη συνθηκών άνεσης.

Το πρόβλημα του επαρκούς αερισμού των κατοικιών, διατηρώντας την απαιτούμενη ενέργεια σε χαμηλά επίπεδα, μπο-

1. Η ανεξέλεγκτη εισαγωγή αέρα στις κατοικίες μέσω των ανοιγμάτων δύναται να επιβαρύνει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Το πρόβλημα του επαρκούς αερισμού, διατηρώντας την απαιτούμενη ενέργεια σε χαμηλά επίπεδα, μπορεί να λύσει η εφαρμογή συστημάτων μηχανικού αερισμού με ανάκτηση ενέργειας.



Κεντρική μονάδα αερισμού

1. Περιστροφικός εναλλάκτης.
2. Ανεμιστήρας προσαγωγής.
3. Θέση σύνδεσης αεραγωγών.
4. Διαμόρφωση πλαισίου μονάδας.
5. Θύρες επίσκεψης.
6. Κάτω επιφάνεια μονάδας για επιδιόρθωση τοποθέτηση.

ρεί να λύσει η εφαρμογή συστημάτων μηχανικού αερισμού με ανάκτηση ενέργειας. Αυτά τα συστήματα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται έτσι, ώστε:

- να προσάγουν στην κατοικία τον απαιτούμενο νωπό αέρα για την επίτευξη συνθηκών άνεσης,
- να απάγουν από επιβαρυσμένους χώρους, όπως είναι οι χώροι υγιεινής και η κουζίνα, οσμές και παραγόμενους ρύπους,
- να επεξεργάζονται τον νωπό αέρα, ώστε να εισέρχεται στους χώρους της κατοικίας σε θερμοκρασία όσο το δυνατόν πλησιέστερη σε αυτήν των χώρων.

Είδη συστημάτων αερισμού

Αναφορικά με την ανάκτηση που επιτυγχάνεται από τα συστήματα αερισμού, διακρίνονται δύο είδη ανάκτησης, η ανάκτηση θερμότητας και η ανάκτηση ενέργειας.

Αερισμός με ανάκτηση θερμότητας (heat recovery ventilation - HRV)

Τα συστήματα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας μεταφέρουν μόνο θερμότητα μεταξύ του απορριπτόμενου και του φρέσκου αέρα. Αυτό σημαίνει ότι δεν επηρεάζουν τα επίπεδα υγρασίας εντός της κατοικίας. Οι πιο αποδοτικές μονάδες μπορούν να φτάσουν έως και 85% απόδοση. Αυτό σημαίνει

ότι το 85% της ενέργειας του απορριπτόμενου θερμού αέρα χρησιμοποιείται για να θερμανθεί ο κρύος φρέσκος αέρας.

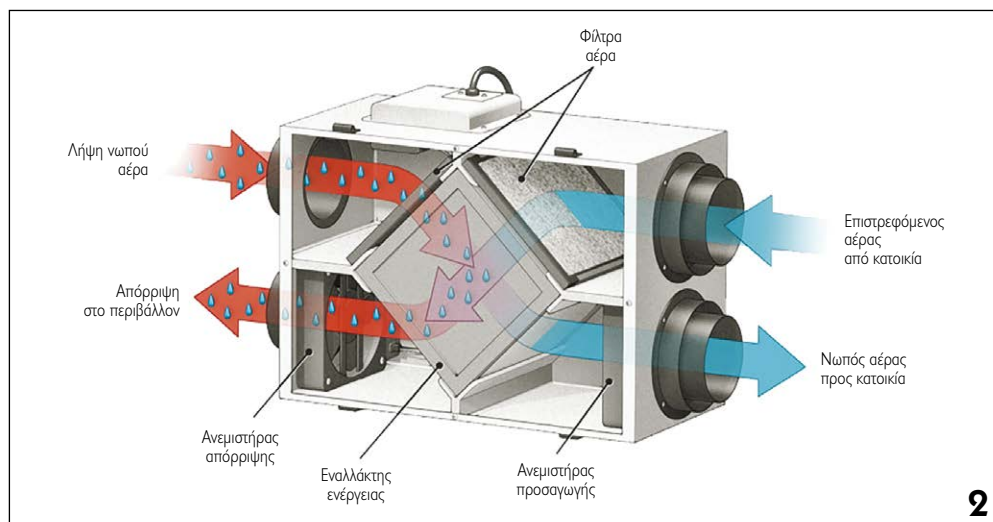
Αερισμός με ανάκτηση ενέργειας (energy recovery ventilation - ERV)

Τα συστήματα αερισμού με ανάκτηση ενέργειας μεταφέρουν εκτός από θερμότητα και υγρασία μεταξύ του απορριπτόμενου και του φρέσκου αέρα.

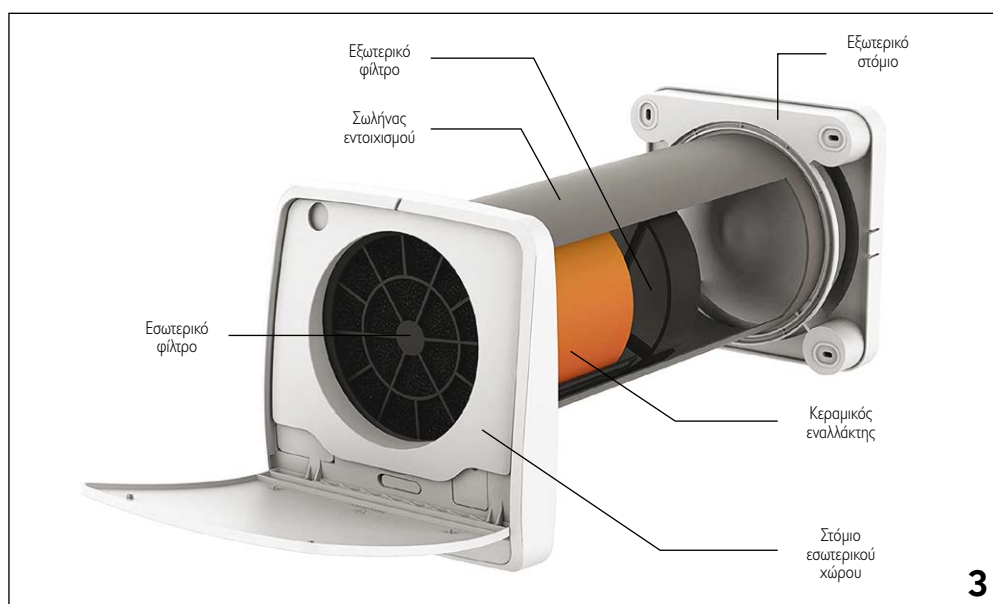
Τα συστήματα αερισμού με ανάκτηση θερμότητας μπορούν να είναι είτε κεντρικά με μία μονάδα αερισμού ανά κατοικία, είτε τοπικά με έναν ανεμιστήρα με εναλλάκτη σε κάθε χώρο της κατοικίας.

Κεντρικά συστήματα

- **Λειτουργία.** Διαθέτουν μονάδα αερισμού, από την οποία διέρχεται όλος ο εισαγόμενος αέρας στην κατοικία και όλος ο εξερχόμενος αέρας. Ο νωπός αέρας εισέρχεται στη μονάδα μέσω υποπίεσης, που δημιουργεί ένας ανεμιστήρας και προωθείται με υπερπίεση προς τους χώρους της κατοικίας μέσω δικτύου αεραγωγών και στομιών. Οι αεραγωγοί είναι εύκαμπτοι, μονωμένοι, διατομών έως Ø150 mm.
- **Στοιχεία σύνθεσης.** Τα κεντρικά συστήματα περιλαμβάνουν ανεμιστήρες προσαγωγής και επιστροφής για την προσαγωγή νωπού αέρα και την απαγωγή του επιβαρυσ-



2



3

2. Διάταξη αερισμού με ανάκτηση θερμότητας
Πηγή: The Organic & Natural Paint Co.

3. Λειτουργία τοπικού συστήματος αερισμού με εναλλάκτη θερμότητας.
Πηγή: Prana.

μένου αέρα της κατοικίας. Αυτοί οι ανεμιστήρες λειτουργούν με μικρή επιβάρυνση της κατανάλωσης ενέργειας της τάξης των 0,5 W/m³/h. Εντός της κεντρικής μονάδας είναι τοποθετημένος ένας εναλλάκτης ενέργειας, διά του οποίου το απορριπτόμενο ρεύμα αέρα μεταφέρει ποσό της ενέργειάς του προς το εισερχόμενο ρεύμα αέρα στην κατοικία, θερμαίνοντάς το κατά τη χειμερινή περίοδο. Ο εναλλάκτης, διά του οποίου γίνεται η μεταφορά ενέργειας, μπορεί να είναι μεταλλικός, κεραμικός ή χάρτινος, σταθερός ή περιστροφικός.

- Οι σταθεροί εναλλάκτες από μέταλλο ή κεραμικό υλικό παρουσιάζουν αμελητέα έως μηδενική ανάμειξη των δύο ρευμάτων αέρα, αποκλείοντας τη δυνατότητα επιστροφής επιβαρυσμένου αέρα στον χώρο της κατοικίας.
- Οι χάρτινοι εναλλάκτες και οι περιστροφικοί εναλλάκτες κατά τη λειτουργία τους παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανάμειξη των ρευμάτων του αέρα, επιστρέφοντας στην κατοικία μέρος του απαγομένου αέρα. Το μεγαλύτερο

όμως πλεονέκτημα των χάρτινων και των περιστροφικών εναλλακτών είναι ότι επιτυγχάνουν συνήθως και εναλλαγή υγρασίας μεταξύ των δύο ρευμάτων αέρα, αυξάνοντας σημαντικά τον ενεργειακό βαθμό απόδοσης της μονάδας σε ποσοστά έως 90% έναντι των σταθερών μεταλλικών με ποσοστό ανάκτησης έως 75%.

Για τον καθαρισμό του αέρα αλλά και για την προστασία του εναλλάκτη οι μονάδες αερισμού είναι εξοπλισμένες με **φίλτρα καθαρισμού** του νωπού αέρα. Ο εισερχόμενος νωπός αέρας θα είναι απαλλαγμένος σε μεγάλο βαθμό από τους ρύπους του εξωτερικού περιβάλλοντος της κατοικίας, βελτιώνοντας σημαντικά την αίσθηση άνεσης εντός της κατοικίας. Είναι δυνατόν να τοποθετηθούν επιπλέον φίλτρα ή/και αποστειρωτές με λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) για τη μέγιστη δυνατή εξασφάλιση της καθαρότητας του φρέσκου αέρα. Διαθέτουν επίσης **λεκάνη συγκέντρωσης και απορροής συμπυκνωμάτων**, προστασία από τον παγετό και αυτοματισμούς για τη σύγχρονη λειτουργία του συστήματος αερισμού.

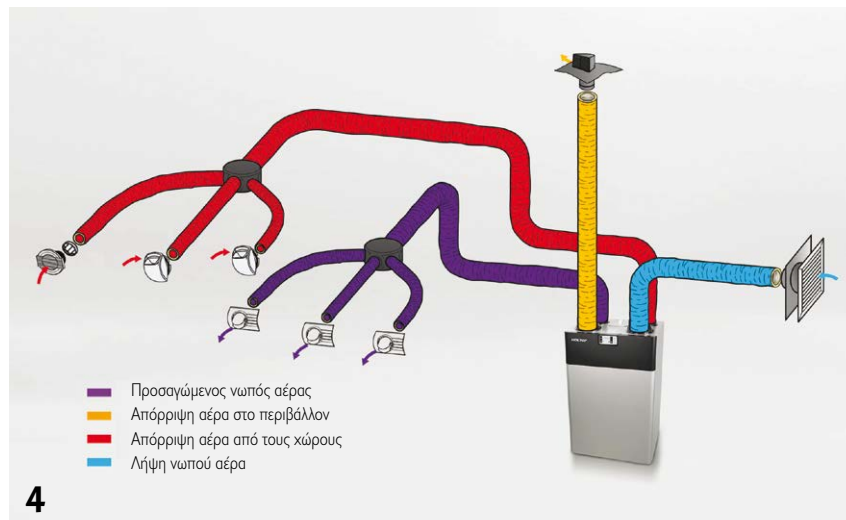
- **Τοποθέτηση.** Οι κεντρικές μονάδες τοποθετούνται σε κάποιο βοηθητικό χώρο της κατοικίας και μέσω των αεραγωγών προσάγουν νωπό αέρα και απομακρύνουν τον επιβαρυσμένο αέρα από τους χώρους της κατοικίας.
- **Χαρακτηριστικά.** Οι διαστάσεις των μονάδων ποικίλουν ανάλογα με την επιθυμητή παροχή αέρα. Μικρές μονάδες κατακόρυφης τοποθέτησης με παροχές έως 350 m³/h έχουν διαστάσεις περίπου 50×60×100 (cm) (Μ×Π×Υ) ανάλογα με τον κατασκευαστή. Ο παραγόμενος θόρυβος της μονάδας αερισμού κυμαίνεται από 33 έως 40 dbA. Αυτές οι μονάδες συνδέονται συνήθως σε δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας 230V / 50Hz και η απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύς του ανεμιστήρα κυμαίνεται από 200 έως 500 Watt.

Τοπικά συστήματα

- **Λειτουργία.** Η λειτουργία τους είναι διακοπτόμενη και εναλλάσσεται, καθώς απορρίπτουν αέρα από τον χώρο για κάποιο χρονικό διάστημα, θερμαίνοντας τον κεραμικό εναλλάκτη (χειμερινή λειτουργία) και ακολούθως προσάγουν νωπό αέρα, ο οποίος διερχόμενος από τον θερμό εναλλάκτη, προθερμαίνεται και εισέρχεται στον χώρο σε θερμοκρασία, σημαντικά υψηλότερη από την εξωτερική.
- **Στοιχεία σύνθεσης.** Αποτελούνται συνήθως από έναν ανεμιστήρα κατάλληλο για τοποθέτηση στο πάχος του τοίχου, με έναν σταθερό κεραμικό εναλλάκτη και φίλτρα προστασίας του εναλλάκτη.
- **Τοποθέτηση.** Τοποθετούνται σε κάποια από τις εξωτερικές τοικοποιίες της κατοικίας και επαρκούν για τον αερισμό ενός χώρου ή ενός τμήματος της κατοικίας.
- **Χαρακτηριστικά.** Το μεγάλο πλεονέκτημα που παρουσιάζουν τα τοπικά συστήματα είναι η πολύ απλή τοποθέτησή τους, καθώς απαιτείται μόνο μία οπή στον εξωτερικό χώρο και η ηλεκτροδότηση του ανεμιστήρα που θα τοποθετηθεί. Αυτή η δυνατότητα τα καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικά σε υφιστάμενες κατοικίες, στις οποίες δεν έχει γίνει πρόβλεψη μηχανικού αερισμού και είναι δύσκολη η τοποθέτηση κεντρικού συστήματος με αεραγωγούς.

Σχεδιασμός συστημάτων μηχανικού αερισμού

Ο σχεδιασμός του συστήματος μηχανικού αερισμού πρέπει να γίνεται από αρμόδιο μηχανικό με γνώση των θεμάτων αερισμού. Η απαιτούμενη ποσότητα του νωπού αέρα υπολογίζεται σύμφωνα με τα οριζόμενα στο πρότυπο EN 16798 και ο ορθός υπολογισμός είναι κρίσιμος για την επιτυχή λειτουργία του συστήματος μηχανικού αερισμού στις κατοικίες. Ο προσαγόμενος στην κατοικία νωπός αέρας θα πρέπει να εισέρχεται στους καθαρότερους χώρους, όπως είναι τα υπνοδωμάτια και το σαλόνι και να ρέει προς τους πιο επιβαρυσμένους χώρους, όπως είναι η κουζίνα και οι χώροι υγιεινής, από τους οποίους και θα απορρίπτεται. Για να επιτευχθεί μία τέτοια ροή αέρα είναι πιθανό να απαιτηθούν ανοίγματα αερισμού στα εσωτερικά δομικά στοιχεία της κατοικίας. Ο χώρος τοποθέτησης της κεντρικής μονάδας ή τα σημεία τοποθέτησης των ανεμιστήρων των τοπικών συστημάτων επηρεάζουν τόσο το κόστος τοποθέτησης, όσο και την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη θέση λήψης νωπού αέρα και στη θέση απόρριψης του απαγομένου αέρα. Εάν τα δύο στόμια είναι πολύ κοντά μεταξύ τους, είναι πολύ πιθανό



να παρουσιαστεί το φαινόμενο της επιστροφής του απορριπτόμενου αέρα ως νωπού στους χώρους της κατοικίας. Ο παραγόμενος θόρυβος από τους ανεμιστήρες και ο τρόπος τοποθέτησης της κεντρικής μονάδας μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στους χρήστες, οδηγώντας τελικά στην αδρανοποίηση του συστήματος αερισμού. Η διαμόρφωση του δικτύου των αεραγωγών δηλαδή η επιλογή της διατομής αυτών και η ελαχιστοποίηση του μήκους τους οδηγεί σε μείωση των απωλειών πίεσης και κατ' επέκταση σε μείωση της κατανάλωσης της απαιτούμενης ενέργειας για τη λειτουργία του συστήματος.

Πλεονεκτήματα συστημάτων μηχανικού αερισμού με ανάκτηση θερμότητας - ενέργειας

Ελεγχόμενη εισαγωγή νωπού αέρα

Ο απαιτούμενος νωπός αέρας για την υγιεινή διαβίωση προσάγεται στους χώρους της κατοικίας ελεγχόμενα. Μ' αυτόν

4. Δίκτυο αεραγωγών από μία μονάδα αερισμού κατακόρυφης τοποθέτησης με ανάκτηση θερμότητας.
Πηγή: Holtop.

5. Μονάδα αερισμού με ανάκτηση, κατακόρυφης τοποθέτησης.
Πηγή: Systemair.



6

τον τρόπο αποφεύγονται τα προβλήματα υπερβολικής ή περιορισμένης εισαγωγής νωπού αέρα.

Προσαγωγή αέρα υψηλής καθαρότητας

Ο νωπός αέρας που προσάγεται στους χώρους είναι πιο καθαρός από τον αέρα του περιβάλλοντος χώρου, καθώς οι μονάδες αερισμού διαθέτουν φίλτρα αέρα κλάσης έως F9. Επιπλέον όμως, μπορούν να τοποθετηθούν στο δίκτυο του αέρα προσαγωγής και μονάδες αποστείρωσης με λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) για την παροχή αέρα απαλλαγμένου από μικρόβια.

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η ενέργεια που απορρίπτεται κατά την περίοδο του χειμώνα με τον θερμό απορριπτόμενο αέρα μεταφέρεται εν μέρει στον ψυχρότερο νωπό αέρα που προσάγεται στην κατοικία, μειώνοντας την ενέργεια που απαιτείται να καταναλωθεί για τη θέρμανση του αέρα.

Συμπεράσματα

Η ανάγκη για μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας στις κατοικίες, σε συνδυασμό με την απαίτηση για υγιεινές συνθήκες διαβίωσης οδηγεί στη μετάβαση από τον ανεξέλεγκτο φυσικό αερισμό σε συστήματα μηχανικού εξαερισμού με ανάκτηση θερμότητας. Αυτά τα συστήματα είναι εύκολα στη χρήση και γρήγορα στην τοποθέτησή τους, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας για την επίτευξη συνθηκών άνεσης. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο σωστός σχεδιασμός, η βέλτιστη δυνατή εγκατάσταση και η τακτική συντήρηση του συστήματος.

6. Κεντρική μονάδα αερισμού, τοποθετημένη στη στέγη ξύλινης κατοικίας.

Πηγή: Clean Energy Ireland.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Σεπτέμβριος 2017.
- ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for acceptable indoor air quality, 2019.
- ASHRAE, Fundamentals, 2021.
- EN 16798, Energy performance of buildings - Ventilation for buildings, 2017.
- ISO 17772, Energy performance of buildings - Indoor environmental quality, 2017.
- WHO, Guidelines for indoor air quality, World Health Organization 2021.
- Ιστοσελίδες:
<https://airprosusa.com>
<https://www.holtop.com>
<https://systemair.com>

ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- Συστήματα ανάκτησης θερμότητας σε εγκαταστάσεις κλιματισμού - αερισμού σε βιομηχανικούς & επαγγελματικούς χώρους. Τεύχος 9/2016, σελ. 67.
- Μηχανικός αερισμός: Σχεδιασμός, λειτουργία & εξοικονόμηση ενέργειας. Τεύχος 7/2016, σελ. 67.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ & ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΡΘΡΑ στην ιστοσελίδα www.ktirio.gr