

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΗΧ  
621



# ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΡΑΠΟΓΙΑΝΝΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ

ΣΚΟΝΔΡΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

<<ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΛΑΤΤΩΣΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ.>>



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Κος ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΩΝ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ**

**ΑΡΑΠΟΓΙΑΝΝΗ ΑΝΤΩΝΙΟΥ Α.Μ 33548**

**ΣΚΟΝΔΡΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Α.Μ 33706**

**ΘΕΜΑ:**

**<<ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΛΑΤΤΩΣΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ.>>**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**Κος ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

---

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

---

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο διπλωματικής .....	8
1.2 Οργάνωση τόμου .....	9

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων

2.1 Εισαγωγή .....	11
2.2 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστή θερμικής διαπερατότητας δομικών στοιχείων.....	13
2.2.1 Απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων .....	16
2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια.....	18

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:Πράσινες Οροφές

3.1 Ορισμός των πράσινων στεγών.....	21
3.2 Ιστορία των πράσινων στεγών.....	22
3.2.1 Στη σύγχρονη εποχή.....	23
3.3 Σχεδιασμός και εγκατάσταση .....	23
3.3.1 Γενική δομή μιας πράσινης στέγης.....	23
3.3.2 Τύποι υποστρωμάτων.....	25
3.3.2.1 Εντατικός τύπος.....	25

3.3.2.3 Εκτατικός τύπος.....	27
3.3.3 Ανατομία φυτεμένου δώματος .....	28
3.3.3.1 Αδιάβροχη μεμβράνη. ....	29
3.3.3.2 Προστατευτικό στρώμα-φράγμα ριζών .....	30
3.3.3.3 Μονωτικό στρώμα.....	30
3.3.3.4 Αποστραγγιστικό στρώμα .....	30
3.3.3.5 Φίλτρο.....	32
3.3.3.6 Μέσο ανάπτυξης(εδαφικό μίγμα).....	32
3.4 Λειτουργίες και αποτελέσματα.....	35
3.4.1 Οικολογικά οφέλη και λειτουργικά αποτελέσματα.....	35
3.4.2 Οικονομικά και λειτουργικά αποτελέσματα.....	36
3.4.3 Κοινωνικά οφέλη.....	37
3.4.4 Μειονεκτήματα.....	37
3.5 Εξοικονόμηση ενέργειας με πράσινες στέγες.....	38
3.5.1 Μελέτες εφαρμογής .....	38
3.5.2 Συμπεράσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας.....	41
3.6 Βιβλιογραφία .....	43

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αντλίες θερμότητας για θέρμανση και ψύξη

4.1 Εισαγωγή .....	45
4.2 Ορισμός .....	45
4.3 Αρχή λειτουργίας.....	45
4.3.1 Λειτουργία αντλίας θερμότητας σε θέρμανση και ψύξη .....	46
4.4 Κατηγορίες αντλιών θερμότητας.....	52
4.5 Οι πηγές θερμότητας .....	53
4.5.1 Σύγκριση αντλιών θερμότητας με πηγή αέρα και έδαφος.....	56
4.6 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση αντλιών θερμότητας .....	59
4.6.1 Εφαρμογή σε ψύκτες-αντλίες θερμότητας αέρα-νερού .....	59

4.6.2 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση αντλιών θερμότητας σε κατοικία .....	65
4.6.3 Οικονομική προσέγγιση .....	72
4.7. Συμπεράσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας .....	75
4.7 Βιβλιογραφία .....	77

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Ανάκτηση θερμότητας από συστήματα κλιματισμού

5.1 Εισαγωγή- Ορισμός .....	79
5.2 Συσκευές ανάκτησης θερμότητας.....	80
5.3 Εφαρμογές συστημάτων με ανάκτηση θερμότητας με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας .....	87
5.3.1 Σύστημα μεταβλητού ψυκτικού όγκου με ανάκτηση θερμότητας και ζεστά νερά χρήσης.....	87
5.3.2 Συνδυασμός επαγγελματικής ψύξης, κλιματισμό και ανάκτηση ενέργειας.....	93
5.3.3 Συνδυασμός επαγγελματικής ψύξης, κλιματισμό και ανάκτηση ενέργειας από Catering στο Πειραιά .....	102
5.3.4 Συνδυασμός επαγγελματικής ψύξης, κλιματισμό και ανάκτηση ενέργειας της Total στην Wavre στο Βέλγιο.....	104
5.3.5 Συστήματα ανάκτησης θερμότητας σε ψύκτες και αντλίες θερμότητας αέρος-νερού .....	105
5.6 Συμπεράσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας.....	108
5.4 Βιβλιογραφία .....	109

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Επιτοίχια Θέρμανση

6.1 Ορισμός .....	111
6.2 Ιστορικό-Αρχή λειτουργίας .....	111
6.3 Ανάλυση συστήματος.....	113
6.4 Πλεονεκτήματα.....	113
6.5 Εφαρμογές συστημάτων επιτοίχιας θέρμανσης .....	115
6.5.1 Σύστημα.....	115
6.5.2 Κύρια χαρακτηριστικά συστήματος .....	118
6.5.3 Θερμάνση/ψύξη τοίχου .....	122
6.6 Το επίτοιχο σοβατεπί.....	127
6.6.1 Μέθοδος υπολογισμού και διαστασιολόγηση συστήματος.....	131
6.6.2 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη ρύθμιση της θερμοκρασίας.....	133
6.7 Πλεονεκτήματα επίτοιχου σοβατεπί .....	141
6.8 Επιτοίχια θέρμανση μαρμάρου.....	142
6.8.1 Ανάλυση ηλεκτρικής θέρμανσης μαρμάρου .....	143
6.9 Η επιτοίχια θέρμανση μαραμάρου είναι οικονομική.....	149
6.10 Βιβλιογραφία .....	151

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή διακρίνεται είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο), είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας και ευθύνεται για τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως με διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ταυτόχρονα, εξαιτίας του υψηλού κόστους των συμβατικών πηγών ενέργειας, προκαλείται και σημαντική οικονομική επιβάρυνση.

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση, κυρίως λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

Επίσης, άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτιρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων.

Οι μέχρι σήμερα προσπάθειες εξοικονόμησης ενέργειας απέτυχαν, γιατί δεν υπήρξε ένα σαφές και φιλόδοξο πρόγραμμα, εστιασμένο στον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας που δεν είναι άλλος από τα κτίρια. Παράλληλα, οι Κοινοτικές Οδηγίες που έχουν εκδοθεί για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και για την προώθηση εθνικών σχεδίων δράσης, δεν εφαρμόζονται ακόμα στην Ελλάδα τόσο στο δημόσιο όσο και στον οικιακό τομέα.

Ειδικότερα, ο ευρύτερος δημόσιος τομέας μπορεί να έχει υποδειγματικό ρόλο στην προώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας και την ορθολογική χρήση της, καθώς τα κτίρια του δημοσίου και ευρύτερου δημοσίου τομέα είναι περίπου 200,000 και αντιπροσωπεύουν το 5% του τριτογενή τομέα. Κατά αυτόν τον τρόπο ο καταναλωτής μπορεί να κινητοποιηθεί και να ενσωματώσει μεθόδους και τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας στον οικιακό τομέα. Θα πρέπει ωστόσο να αναφερθεί ότι το κόστος των παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας δεν είναι αμελητέο. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να δοθούν κίνητρα, μέσω κρατικών επιδοτήσεων και φοροαπαλλαγών, ώστε να προβεί ο καταναλωτής σε αντίστοιχες ενέργειες.



Με μέτρα που βασίζονται σε ευρωπαϊκά κονδύλια, αναμένεται να επιδοτηθούν τόσο οι βασικές ενεργειακές επεμβάσεις βελτίωσης –όπως αντικατάσταση των κουφωμάτων με διπλά τζάμια, θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας και της ταράτσας, αντικατάσταση των παλαιών ρυπογόνων καυστήρων με νέας τεχνολογίας- όσο και συμπληρωματικές όπως η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας, η τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα και συστημάτων θέρμανσης χώρου και νερού, σκίαστρα για τα ανοίγματα, ανεμιστήρες οροφής, αισθητήρες για έλεγχο της θερμοκρασίας κλπ.

Τέλος, προβλέπονται ευνοϊκότερες συνθήκες για την ενσωμάτωση τεχνολογιών ΑΠΕ στον οικιακό τομέα, όπως είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα, η γεωθερμία, η βιομάζα καθώς και ο ηλιακός κλιματισμός. Σταδιακά, προβλέπεται να ακολουθήσει ένα δεύτερο πρόγραμμα για την αντικατάσταση και απόσυρση των παλαιών οικιακών συσκευών με νέες.

Είναι γεγονός ότι, ιδιαίτερα για τον οικιακό τομέα, ο καταναλωτής έχει ανεπαρκή πληροφόρηση, τόσο για τις πιθανές δράσεις ενεργειακής βελτίωσης του κτιρίου, όσο και για το κόστος αυτών καθώς και το νομοθετικό πλαίσιο που αυτές ενσωματώνονται. Αναφορικά με τα παραπάνω προβλήματα, η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία καταγράφει και προτείνει τις πιθανές ενεργειακές δράσεις βελτιστοποίησης που μπορούν να εφαρμοστούν στον οικιακό τομέα.

### **1.1 Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας**

Λεπτομερής περιγραφή και λειτουργία σύγχρονων τεχνολογιών ελάττωσης καταναλισκόμενης ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη κατοικιών είναι το κύριο αντικείμενο, λοιπόν, της παρούσης διπλωματικής εργασίας.

Αναλυτικότερα ο στόχος μας θα είναι η εξοικείωση με τις έννοιες και τις τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια με έμφαση στις :

- Αντλίες θερμότητας για θέρμανση ψύξη.
- Ανάκτηση θερμότητας από συστήματα κλιματισμού.
- Πράσινες οροφές ή φυτεμένο δώμα.
- Επιτοίχια θέρμανση.

## 1.2 Οργάνωση τόμου

Η οργάνωση του τόμου έχει ως εξής:

- Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία λεπτομερής ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Επιπλέον αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια και γίνεται καταγραφή των μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Στα παρακάτω κεφάλαια αναφέρεται η λεπτομερής περιγραφή και λειτουργία σύγχρονων τεχνολογιών ελάττωσης καταναλισκόμενης ενέργειας στο κτιριακό τομέα.

- Στο κεφάλαιο 3 περιγράφουμε τις πράσινες οροφές κτιρίων. Παραθέτουμε όλα τα στοιχεία που αφορούν την ανατομία, σχεδιασμό και εγκατάσταση του συστήματος.
- Στο κεφάλαιο 4 περιγράφουμε τις αντλίες θερμότητας για θέρμανση ψύξη στα κτίρια. Παραθέτουμε όλα τα στοιχεία που αφορούν την ανατομία, σχεδιασμό και εγκατάσταση του συστήματος
- Στο κεφάλαιο 5 περιγράφουμε την ανάκτηση θερμότητας από συστήματα κλιματισμού. Παραθέτουμε όλα τα στοιχεία που αφορούν την ανατομία, σχεδιασμό και εγκατάσταση του συστήματος
- Στο κεφάλαιο 6 περιγράφουμε την επιτοίχια θέρμανση κτιρίων. Παραθέτουμε όλα τα στοιχεία που αφορούν την ανατομία, σχεδιασμό και εγκατάσταση του συστήματος

## *Κεφάλαιο 2.*

### *Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων*

## 2.1 Εισαγωγή

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί πρωταρχικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά και για τον περιορισμό της εκροής συναλλάγματος από την εθνική οικονομία. Είτε προς εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων, κυρίως του πετρελαίου για τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας μας, είτε για την αποπληρωμή προστίμων λόγω αυξημένων εκπομπών επικίνδυνων αερίων. Ειδικότερα, η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ εμφανής στα ελληνικά κτίρια τόσο του οικιακού όσο και του τριτογενούς τομέα, όπου η χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών καλύπτει ένα ποσοστό 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 3% από τις αρχές της δεκαετίας του '90.

Επιπλέον, η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων προκαλεί το 40% περίπου των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, ενός αερίου που ως γνωστόν ευθύνεται για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Η Οδηγία 2002/91/EK (EPBD, 2003) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων, που τέθηκε σε ισχύ την 4<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2003, θεωρείται ένα σημαντικότατο εργαλείο της Ευρωπαϊκής ένωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας, που σχεδιάστηκε για να απαντήσει στις δεσμεύσεις του Κιότο και στα ζητήματα που τέθηκαν στην Πράσινη Βίβλο για την Ευρωπαϊκή στρατηγική ασφαλείας του ενεργειακού σχεδιασμού.

Όπως γίνεται αντιληπτό, είναι επιτακτική η ανάγκη για ένα ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο κινήτρων και ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων καθώς και ενός ρεαλιστικού εθνικού προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας. Απώτερος σκοπός αυτών θα ήταν τόσο η βελτίωση της ποιότητας κατασκευής των κτιρίων όσο και η ευαισθητοποίηση του χρήστη σε εθνικά θέματα.

Η Ελλάδα ωστόσο, αν και έχει ήδη δεσμευθεί για την προώθηση σχετικών θεσμικών, διοικητικών και οργανωτικών μέτρων, εντούτοις δεν έχει εναρμονιστεί η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2002/91/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.

Η νέα Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) των Υπουργών Εσωτερικών, Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης αποσκοπεί στην επικαιροποίηση του υφιστάμενου ρυθμιστικού πλαισίου καθώς και στη συνολική και ενιαία ρύθμιση του θέματος της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια του δημοσίου και ευρύτερου δημοσίου τομέα.

**Με το Νόμο 3661-‘Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων’** θεσμοθετούνται υποχρεωτικά μέτρα για τη ρύθμιση του φωτισμού, του αερισμού, της ψύξης και θέρμανσης καθώς και της αντιστάθμισης της αέργου ισχύος.

Για την εξασφάλιση εξοικονόμησης ενέργειας σε νέα και υφιστάμενα κτίρια, απαιτείται η εφαρμογή των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων, ο οποίος επιτυγχάνεται μέσω της Ενεργειακής Επιθεώρησης.

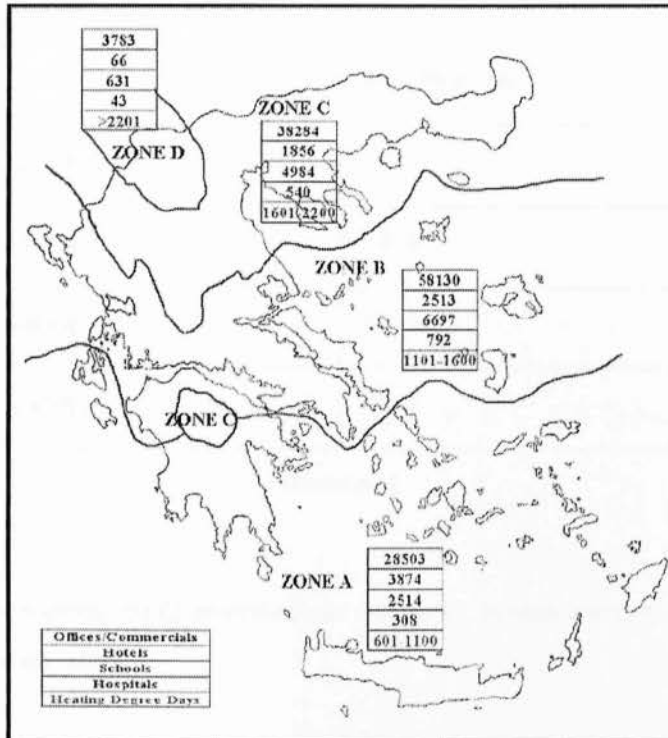
Η Ενεργειακή Επιθεώρηση εκπονείται τόσο για νέα όσο και για υφιστάμενα ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια άνω των 1.000 τμ. του οικιακού και του τριτογενή τομέα και πραγματοποιείται καταρχάς για το κτιριακό κέλυφος και εν συνεχεία για τις Η/Μ εγκαταστάσεις.

- Ο ενεργειακός σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη: τη θέση και τον προσανατολισμό του κτιρίου, τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών του στοιχείων, την αεροστεγανότητα, το φυσικό αερισμό και εξαερισμό, τα παθητικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία, καθώς και τις επιδιωκόμενες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες.
- Ο ενεργειακός σχεδιασμός των Η/Μ εγκαταστάσεων αφορά:
  - στα συστήματα Θέρμανσης και Ψύξης, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους (με τις μέσες ελάχιστες και μέσες μέγιστες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της περιοχής),
  - στο σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης (ZNX),
  - στο σύστημα τεχνητού φωτισμού.

Πέραν των ανωτέρω μπορεί να υπολογίζονται κατά περίπτωση τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, άλλα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ηλεκτροπαραγωγής που βασίζονται σε ΑΠΕ, τα συστήματα ΣΗΘ καθώς και η συμβολή του φυσικού φωτισμού.

## 2.2 Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών στοιχείων

Τα όρια για τους συντελεστές θερμικής διαπερατότητας των δομικών στοιχείων ποικίλουν ανάλογα με τις κλιματικές ζώνες. Οι κλιματικές ζώνες διαχωρίζονται με τον εξής τρόπο. Τα σύνορα κάθε κλιματικής ζώνης συνίστανται από ισοθερμικές καμπύλες της ετήσιας μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος που διαφέρει τουλάχιστον κατά 4 °C. Κατά αυτόν τον τρόπο διακρίνονται 4 κλιματικές ζώνες (Α, Β, Γ, Δ) για τον ελλαδικό χώρο, όπως παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 1. Διάκριση των κλιματικών ζωνών στην Ελλάδα (Πηγή: “Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings”, Energy Conversion and Management, έτος 2007)

Το παραπάνω σχήμα, παράλληλα με τη διάκριση των κλιματικών ζωνών, υποδεικνύει και την κατανομή βασικών κτιριακών μονάδων εγκατεστημένων σε αυτές. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται το σύνολο των γραφείων, ξενοδοχείων, σχολείων και νοσοκομείων σε κάθε κλιματική ζώνη. Επιπλέον, διακρίνονται και οι βαθμοήμερες θέρμανσης σε κάθε ζώνη.

Στην ουσία παρατηρείται ότι η διάκριση είναι γεωγραφική. Ειδικότερα, η Α κλιματική ζώνη περιλαμβάνει την Κρήτη, τις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα, ένα μέρος των Ιονίων νήσων καθώς και το μεγαλύτερο μέρος της Πελοποννήσου. Στη Β κλιματική ζώνη περιέχεται η Κεντρική και Δυτική Ελλάδα, οι Σποράδες, τμήμα της Ηπείρου και της Θεσσαλίας καθώς και το εναπομείναν μέρος των Ιονίων. Η τρίτη κλιματική ζώνη περιλαμβάνει την Αρκαδία

και ένα μέρος της Αχαΐας από την Πελοπόννησο, τη Θεσσαλία, την Ήπειρο, την Κεντρική και Ανατολική Μακεδονία και τα νησιά Βορείου Αιγαίου. Τέλος, στη Δ κλιματική ζώνη ανήκει η Δυτική Μακεδονία.

Στους πίνακες που ακολουθούν, δίνονται τα όρια των συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών διατάξεων του κτιριακού κελύφους, για κάθε κλιματική ζώνη και για κάθε δομική διάταξη (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο, ανοίγματα).

**Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας τοιχοποιίας για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες**

	$U_T$ ( $Wm^{-2}K^{-1}$ )
<b>A κλιματική ζώνη</b>	$\leq 0,7$
<b>B κλιματική ζώνη</b>	$\leq 0,6$
<b>Γ κλιματική ζώνη</b>	$\leq 0,5$
<b>Δ κλιματική ζώνη</b>	$\leq 0,4$

**Πίνακας 1**

**Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας οροφής για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες**

	$U_O$ ( $Wm^{-2}K^{-1}$ )
<b>A κλιματική ζώνη</b>	$\leq 0,5$
<b>B κλιματική ζώνη</b>	$\leq 0,5$
<b>Γ κλιματική ζώνη</b>	$\leq 0,4$
<b>Δ κλιματική ζώνη</b>	$\leq 0,35$

**Πίνακας 2**

Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δαπέδου και εσωτερικής τοιχοποιίας ή δαπέδου που διαχωρίζει κλιματιζόμενο με μη κλιματιζόμενο χώρο για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

	$U_{\Lambda}$ ( $Wm^{-2}K^{-1}$ )
Α κλιματική ζώνη	$\leq 2,0$
Β κλιματική ζώνη	$\leq 1,5$
Γ κλιματική ζώνη	$\leq 0,7$
Δ κλιματική ζώνη	$\leq 0,5$

Πίνακας 3

Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας ανοιγμάτων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

	$U_{\gamma\Lambda}$ ( $Wm^{-2}K^{-1}$ )
Α κλιματική ζώνη	$\leq 3,8$
Β κλιματική ζώνη	$\leq 3,2$
Γ κλιματική ζώνη	$\leq 2,8$
Δ κλιματική ζώνη	$\leq 2,8$

Πίνακας 4



### 2.2.1 Απαιτήσεις ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων

Για τον καθορισμό των απαιτήσεων ενεργειακής κατανάλωσης για τα νέα και τα ανακαινιζόμενα κτίρια και των κατηγοριών για την κατάταξη των κτιρίων, βάσει της ενεργειακής τους κατανάλωσης, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία του προτύπου

prEN 15217:2006 και το Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων-KENAK.

Σύμφωνα με το πρότυπο, βάσει της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου ("EK"), για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης (ZNX) και φωτισμό, εκφρασμένης σε kWh/(m<sup>2</sup>\*έτος), ορίζονται κατηγορίες ενεργειακών ορίων, από το Α έως το Η, συναρτήσει:

- του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού,  $R_r$ . Αυτός αντιστοιχεί στη μέγιστη επιτρεπόμενη από τον κανονισμό τιμή ενεργειακής κατανάλωσης, τόσο για τα νέα κτίρια, όσο και για τα υφιστάμενα άνω των 1.000 τ.μ. που υφίστανται ριζική ανακαίνιση.
- του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κτιριακού αποθέματος,  $R_s$ . Αυτός αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατανάλωση που αγγίζει περίπου το 50% του εθνικού κτιριακού αποθέματος (μέση τιμή).

Οι δείκτες  $R_r$  και  $R_s$  αφορούν στο σύνολο των ενεργειακών απαιτήσεων (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης). Και οι δύο δείκτες είναι εκφρασμένοι σε kWh/(m<sup>2</sup>\*έτος).

Βάσει του προτύπου, ο δείκτης  $R_r$  τοποθετείται στα όρια μεταξύ των κλάσεων Β και C, ενώ αντίστοιχα ο δείκτης  $R_s$  τοποθετείται ανάμεσα στις κλάσεις D και E.

Για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων που κατατάσσονται στις κατηγορίες Α και Β, θεσπίστηκαν οι κατηγορίες Α+ και Β+. Έτσι, τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών που προκύπτουν, έχουν ως εξής:

### Όρια ενεργειακών κατηγοριών ΚΕΝΑΚ

Ενεργειακή Κατηγορία	Όρια κατηγορίας
A+	Για $EK \leq 0,33 R_r$
A	Για $0,50 R_r \leq EK \leq 0,33 R_r$
B+	Για $0,50 R_r \leq EK \leq 0,75 R_r$
B	Για $0,75 R_r \leq EK \leq R_r$
Γ	Για $R_r \leq EK \leq 0,50 (R_r+R_s)$
Δ	Για $0,50 (R_r+R_s) \leq EK \leq R_s$
E	Για $R_s \leq EK \leq 1,25 R_s$
Z	Για $1,25 R_s \leq EK \leq 1,50 R_s$
H	Για $1,50 R_s \leq EK$

**Πίνακας 5**

Προκειμένου να ορισθούν τα όρια των ενεργειακών κατηγοριών (σε απόλυτες τιμές) ανά χρήση κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη, συλλέχθηκαν στοιχεία από υπάρχουσες ενεργειακές μελέτες, επιθεωρήσεις και καταγραφές, από τις οποίες προέκυψε ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού αποθέματος ( $R_s$ ) της χώρας, ανά χρήση κτιρίων και κλιματική ζώνη. Ο δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης αναφοράς του κανονισμού ( $R_r$ ) λήφθηκε ως το 75% του  $R_s$ .

Στους πίνακες που ακολουθούν, δίνεται η κλίμακα ενεργειακής βαθμολόγησης του κτιρίου, αναλόγως της ενεργειακής του κατανάλωσης, ανά κατηγορία χρήσης κτιρίου και ανά κλιματική ζώνη. Όλα τα νέα κτίρια, καθώς και τα υφιστάμενα άνω των 1.000 τ.μ. που υφίστανται ριζική ανακαίνιση, θα πρέπει να βρίσκονται κατά το ελάχιστον εντός του εύρους ενεργειακής κατανάλωσης της κατηγορίας B.

### 2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια

Η δυνατότητα εφαρμογής των όποιων τεχνολογιών σε ένα κτίριο πρέπει να εξετάζεται λεπτομερέστερα και ανάλογα με την περίπτωση. Αυτό γίνεται εφικτό μόνο εφόσον διαμορφωθεί μία ενεργειακή ταυτότητα του κατά περίπτωση εξεταζόμενου κτιρίου, η οποία θα στηρίζεται σε αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ένας από τους κεντρικούς στόχους της Ενεργειακής Επιθεώρησης είναι η διαμόρφωση ενεργειακών προτύπων. Με τη χρήση των προτύπων αυτών υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας τόσο πριν, όσο και μετά τη λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Επομένως για τη διαμόρφωση των προτύπων απαιτείται η σωστή μέτρηση και εκτίμηση ενός πλήθους παραμέτρων οι οποίοι κατηγοριοποιούνται ως ακολούθως:

- 1) Παρεχόμενη ενέργεια τελικής χρήσης στο συγκρότημα, όπως η ηλεκτρική ενέργεια και τα καύσιμα. Για την περίπτωση των στερεών καυσίμων περιλαμβάνεται η μέτρηση της θερμογόνου δύναμης, της υγρασίας, της τέφρας, του σταθερού άνθρακα και των πτητικών ουσιών. Σε περίπτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, οι μετρήσεις επεκτείνονται και σε φυσικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν την ένταση της ΑΠΕ (π.χ. ταχύτητα ανέμου).
- 2) Ροή, μετατροπή και διαρροή ενέργειας στις επιμέρους παραγωγικές και κτιριακές εγκαταστάσεις όπως οι ροές και διαρροές του ατμού, του θερμού νερού, της ηλεκτρικής ενέργειας, της θερμικής ακτινοβολίας και του πεπιεσμένου αέρα.

Ειδικότερα, οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας και πρέπει να συνεκτιμήσει ένας Ενεργειακός Επιθεωρητής είναι:

- Οι ολικές τιμές των συντελεστών μεταφοράς θερμότητας  $U$  των τοίχων, των πατωμάτων, των οροφών και των υαλοπινάκων.
- Το ποσοστό της επιφάνειας των παραθύρων (υαλοπινάκων).
- Καθορισμός θέσης, προσανατολισμού και εξωτερικής σκίασης του κτιρίου.
- Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής και εκτίμηση εξωτερικών συνθηκών σχεδιασμού.
- Εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, ρυθμός ανανέωσης αέρα).

- Οι ώρες λειτουργίας για κάθε χώρο και επιφάνεια κατά τις εργάσιμες ημέρες, τα Σαββατοκύριακα και τις αργίες.
- Η απόδοση των συστημάτων υπό πλήρες ή/και μερικό φορτίο.
- Η απόδοση των ηλεκτρικών κινητήρων.
- Οι απώλειες μεταφοράς και διήθησης αναφορικά με τη μόνωση του κτιριακού κελύφους.
- Η χρησιμοποιούμενη ενέργεια για συστήματα εξαερισμού.
- Η επίδραση των ατόμων που βρίσκονται σε χώρους του κτιρίου.
- Η δυνατότητα στεγανότητας του φυσικού αέρα από το κτιριακό κέλυφος.

## *Κεφάλαιο 3.*

### *Πράσινες οροφές.*



Εικόνα 1

### 3.1. Ορισμός των πράσινων στεγών.

Ως Φυτεμένο Δώμα ορίζεται το σύνολο η τμήμα της επιφάνειας δώματος ή εξώστη, όπου πραγματοποιούνται παρεμβάσεις σύμφωνα με τις αρχές της επιστήμης και της τεχνικής για την εγκατάσταση βλάστησης, με σκοπό την αναβάθμιση του περιβάλλοντος (αύξηση ποσοστών πρασίνου στον αστικό ιστό, μείωση του φαινομένου της «θερμικής νησίδας», μείωση της ηχορρύπανσης, διαχείριση των όμβριων υδάτων), την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

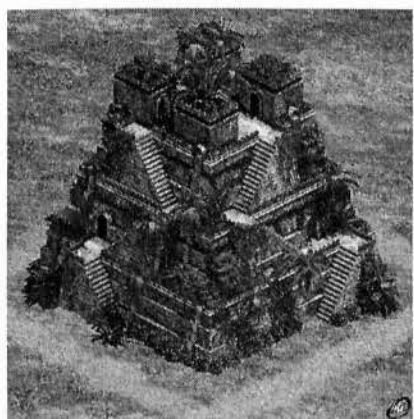
Το φυτεμένο δώμα είναι ένα σύστημα πολυεπίπεδης διαστρωμάτωσης εξειδικευμένων υλικών, υποστρώματος ανάπτυξης φυτών, αρδευτικού συστήματος και βλάστηση.

Τα φυτεμένα δώματα είναι επίσης γνωστά ως πράσινες στέγες, πράσινες οροφές, οροφόκηποι και greenroofs.

### 3.2 Ιστορία των πράσινων στεγών..

Οι πράσινες στέγες είναι κυριολεκτικά παλιές όσο και ο άνθρωπος και χρησιμοποιούνταν πολύ πριν τη σύλληψη της ιδέας της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Ήδη από την αυγή της ανάπτυξης της αγροτικής κοινωνίας, στο πρώτο στάδιο του Πολιτισμού, γύρω στο 8.000 π.Χ., οι άνθρωποι άρχισαν να εγκαταλείπουν τις σπηλιές και τα πρόχειρα καταφύγια και να εγκαθίστανται σε οικισμούς, οργανωμένοι σε ομάδες που είχαν ως βάση την εκτεταμένη οικογένεια.

Οι οικισμοί αυτοί, που είχαν το μέγεθος και τη δομή των σύγχρονων χωριών, χτίζονταν από υλικά που βρίσκονταν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον, όπως το χώμα, με τη μορφή πλού και οι φυτικές ύλες. Ιδιαίτερα οι φυτικές ύλες, είτε στη ζωντανή είτε στην αποξηραμένη μορφή τους (φυτά και άχυρο π.χ.), αποτελούσαν κυρίαρχα υλικά δόμησης



καθώς πρόσφεραν πολλαπλά οφέλη στη θερμομόνωση, τη στεγανοποίηση, τη σταθερότητα και την αισθητική αυτών των πρώτων κατοικιών. Από την αυγή του πολιτισμού η ανάπτυξη και οι άνθηση των αγροτικών κοινωνιών μεταμόρφωσε τα πρώτα χωριά σε κωμοπόλεις πολλών χιλιάδων κατοίκων, όπου η φύτευση των στεγών συνέχισε να είναι δημοφιλής με εξαιρετικά αποτελέσματα. Ένα από αυτά είναι "Οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας", οι οποίοι μνημονεύονται μέχρι σήμερα ανάμεσα στα Επτά

Θαύματα του αρχαίου κόσμου. Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα οι άνθρωποι εξακολούθησαν τις ίδιες πρακτικές δόμησης. Τα δείγματα κελτικής αρχιτεκτονικής, που βλέπουμε στα Χάιλαντς της Σκωτίας, την Ουαλλία και την Ιρλανδία, μας δίνουν μια καλή εικόνα για τη χρήση του φυτεμένου δώματος μέχρι και μετά την Αναγέννηση. Ένα από τα πλέον χαρακτηριστικά παραδείγματα της χρήσης φυτικών υλικών στις στέγες κατά τη διάρκεια της Ελισαβετιανής εποχής είναι οι κατοικίες του Σέξπιρ και της συζύγου του, Αν Χάθαγουεϊ, στο Στάτφορντ. Και τα δύο κτήρια, που χρονολογούνται από τα μέσα του 1.500 μ.Χ. και βρίσκονται σε άνογη κατάσταση, είναι επισκέψιμα προσφέροντάς μας μια καθαρή εικόνα της αρχιτεκτονικής της εκείνης της περιόδου.

### 3.2.1 Στη σύγχρονη εποχή

Η βιομηχανική επανάσταση και όλο το δεύτερο στάδιο της εξέλιξης του ανθρώπινου πολιτισμού, επέφεραν θεμελιώδεις αλλαγές στον τρόπο ζωής σε όλον τον πλανήτη. Μια από τις πιο χαρακτηριστικές αλλαγές ανάμεσα τους ήταν η ανάπτυξη των μεγάλων πόλεων που εξυπηρετούσαν τον αστικοποιημένο νέο τρόπο ζωής, και ειδικότερα τη διαμόρφωση μονάδων παραγωγής (εργοστασίων) και αγορών για την πώληση των προϊόντων της βιομηχανίας. Τα εργοστάσια και οι αγορές χρειάζονταν εργάτες και καταναλωτές, οι οποίοι συγκεντρώνονταν σε αστικά κέντρα τα οποία είχαν τη μορφή σύγχρονων πόλεων. Η μαζική παραγωγή και η ευρεία κατανάλωση έφεραν μαζί τους την δυνατότητα και την αναγκαιότητα για την ανάπτυξη των μεγάλων αστικών κέντρων σε ευρεία κλίμακα.

### 3.3 Σχεδιασμός και εγκατάσταση.

#### 3.3.1 Γενική δομή μιας πράσινης στέγης.

Κατά το σχεδιασμό και την εγκατάσταση ενός φυτεμένου δώματος στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον που θα πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο το φυσικό. Βασικός φυσικός παράγων που απουσιάζει είναι το έδαφος, η απουσία του οποίου αντισταθμίζεται με την εγκατάσταση υποστρώματος, το οποίο θα παίζει το ρόλο του εδάφους.

Γενικά, το υπόστρωμα μέσω της διαστρωμάτωσης και της σύστασής του πρέπει να πληροί κάποια κριτήρια έτσι ώστε να ενισχύει την ανάπτυξη των φυτών, να προσφέρει ένα καλό μέσο στήριξης για τα φυτά, να διατηρεί μια ικανοποιητική ποσότητα νερού και ένα ικανοποιητικό πορώδες, ενώ συγχρόνως πρέπει να είναι ελαφρύ για να μην επιβαρύνει τις φορτίσεις του κτιρίου (Τσιοτσιοπούλου, 2003), και επίσης να διασφαλίζει τη στεγανότητα του δώματος και την προστασία του από διαβρώσεις και φθορές που μπορεί να προκαλέσει η φύτευση.

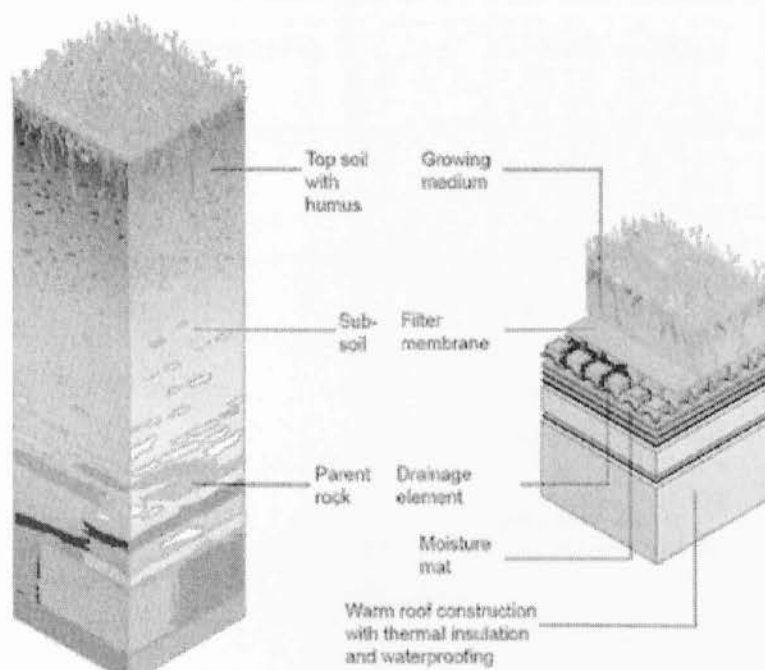
Είναι φανερό, ότι η επιλογή του υποστρώματος είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιτυχία ενός πράσινου δώματος, αφού καλείται να παίζει ένα τριπλό ρόλο: να λειτουργήσει ως ένα επιπλέον μονωτικό στρώμα, να προστατεύσει τα ευαίσθητα μέρη της κατασκευής του κτιρίου, όπως τις μεμβράνες προστασίας του δώματος, και να αποτελέσει το μέσο που θα υποστηρίξει την ανάπτυξη και τη στήριξη των φυτών, δηλαδή θα αντικαταστήσει τις λειτουργίες του εδάφους, παρέχοντας στα φυτά τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται, αποθηκεύοντας νερό και επιτρέποντας την αναπνοή και την αποστράγγιση.



Οι πράσινες στέγες κατατάσσονται σε τρία διαφορετικά είδη, αναλόγως του είδους της βλάστησης που χρησιμοποιείται, του βάθους του απαραίτητου υποστρώματος και του βαθμού της φροντίδας που χρειάζονται για την συντήρησή τους.

Επιπλέον, η επιλογή του είδους της φυτεμένης στέγης μπορεί να επηρεαστεί από τη χρήση για την οποία προορίζεται, καθώς και από το γεωγραφικό σημείο όπου βρίσκεται. Βέβαια, αυτές οι παράμετροι δεν αποτελούν δεσμευτικό κριτήριο στην κατάταξη, αφού ένα φυτεμένο δώμα με γκαζόν στο Βανκούβερ ανήκει στον εκτατικό τύπο φυτεμένου δώματος, ενώ ένα φυτεμένο δώμα με γκαζόν στην Αθήνα χαρακτηρίζεται εντατικό, λόγω των αυξημένων αναγκών του σε άρδευση και συντήρηση.

Έτσι, ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να ανήκει στον εκτατικό (extensive), στον ημιεντατικό (semi extensive), ή στον εντατικό (intensive) τύπο, σύμφωνα με τα επιμέρους χαρακτηριστικά του:



**Εικόνα 2**

**Τομή πράσινου δώματος.**

### 3.3.2 ΤΥΠΟΙ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

	Εντατικός	Ημιεντατικός	Εκτατικός
Είδος βλάστησης	Χλοοτάπητας(γκαζόν)άνθη, θάμνοι, δέντρα	Χλόη, άνθη, βότανα, θάμνοι	Χλόη, άνθη, βότανα, ποώδη φυτά για εδαφοκάλυψη
Συνήθης χρήση	Κήπος/Πάρκο	Κήπος/Οικολογικό τοπίο	Οικολογικό τοπίο
Οικολογικό Όφελος	Μέτριο	Υψηλό	Υψηλό
Βάθος υποστρώματος	50-100 εκατοστά	15-50 εκατοστά	2-15 εκατοστά
Βάρος (βρεγμένο)	180-500 κιλά/τμ	120-200 κιλά/τμ	50-150 κιλά/τμ
Κόστος τοποθέτησης	Υψηλό	Μέτριο	Χαμηλό
Πότισμα	Συχνό	Τακτικό	Καθόλου
Κόστος συντήρησης	Υψηλό	Κατά περιόδους υψηλό	Χαμηλό έως μηδενικό
Απόσβεση	Αργή	Σχετικά αργή	Άμεση

Πίνακας 6

#### 3.3.2.1 Εντατικός τύπος:

Ο εντατικός τύπος, ή ταρατσόκηπος όπως έχει επικρατήσει να ονομάζεται στη χώρα μας, επιλέγεται κυρίως για την ικανοποίηση αισθητικών και ψυχολογικών αναγκών, για την ενίσχυση της σχέσης του κοινού με το φυσικό περιβάλλον. Οι επιλογές των φυτών είναι απεριόριστες και μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με το γούστο του ιδιοκτήτη. Είναι μια καλή επιλογή για υγρά και ήπια κλίματα, που δεν χαρακτηρίζονται από ισχυρούς ανέμους.

Αλλά το συνολικό όφελος από την εφαρμογή αυτού του είδους πράσινης στέγης περιορίζεται από το υψηλό κόστος τοποθέτησης και συντήρησης της, που κάνουν την απόσβεση της επένδυσης ιδιαίτερα αργή. Επιπλέον, στη χώρα μας, οι περίπλοκες και αυξημένες ανάγκες άρδευσης, περιορίζουν και το οικολογικό όφελος του φυτεμένου δώματος, καθώς η οικονομία στην κατανάλωση νερού είναι υπ' αριθμόν ένα προτεραιότητα για την επιβίωση μας στον πλανήτη. Ακόμη, ο εντατικός τύπος επιβαρύνει σημαντικά το στατικό φορτίο του κτηρίου, βάζοντας σε κίνδυνο ιδιαίτερα τις παλιότερες κατασκευές, αλλά και εκείνες που βρίσκονται σε σεισμογενείς περιοχές.

Το σύστημα εντατικού τύπου συνίσταται στη δημιουργία ενός «κήπου», σε υπόστρωμα 12-100 εκ. με αρχικό κορεσμένο φορτίο  $250 \text{ kg/m}^2$ . Αυτός ο τύπος «πράσινης στέγης» / φυτεμένου δώματος απαιτεί τακτική συντήρηση (άρδευση, λίπανση κλπ.) και περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία φυτών, δέντρων και θάμνων. Μπορούν να δημιουργηθούν καθιστικά, πέργκολες, παιδότοποι και να γίνουν κατασκευές όπως μονοπάτια, στοιχεία νερού, κα.

#### **Χαρακτηριστικά «πράσινης στέγης» εντατικού τύπου**

- Τακτική συντήρηση.
- Τακτική άρδευση.
- Φύτευση με χλοοτάπητα, φυτά εδαφοκάλυψης, θάμνους και δένδρα.
- Υπόστρωμα ύψους 12-100 εκ.

#### **3.3.2.2 Ημιεντατικός τύπος:**

Ο ημιεντατικός τύπος χαρακτηρίζεται από τα αντίστοιχα οφέλη και μειονεκτήματα, αναλόγως του βαθμού διεύθυνσης του προς τον εντατικό ή τον επεκτατικό τύπο. Γενικότερα, το κριτήριο της αποτελεσματικότητας του πράσινου δώματος σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα νερού που καταναλώνει, το κόστος συντήρησης του για κλάδεμα, κούρεμα, λίπανση και ζιζανιοκτόνα, αλλά και από το ύψος των φυτών που όσο υψηλότερο είναι πιθανό να ξεριζωθούν από τους δυνατούς ανέμους, με σημαντικό κίνδυνο για τους διερχόμενους.

Για τη δημιουργία ενός τοπίου με εναλλαγές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενδείκνυται η κατασκευή «πράσινης στέγης» ημιεντατικού τύπου. Το σύστημα αποτελείται από ένα ελαφρύ υπόστρωμα ύψους 10 έως 25 εκ. και με φορτίο  $100-270 \text{ kg/m}^2$ . Στον ημιεντατικό τύπο φυτεμένου δώματος η φυτική κάλυψη μπορεί να είναι χλοοτάπητας, φυτά εδαφοκάλυψης και θάμνοι. Σε σχέση με τον εκτατικό τύπο στέγης έχει

μεγαλύτερο ύψος υποστρώματος και συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού.

#### **Χαρακτηριστικά «πράσινης στέγης» ημιεντατικού τύπου.**

- Περιοδική συντήρηση.
- Περιοδική άρδευση.
- Φύτευση με χλοοτάπητα, φυτά εδαφοκάλυψης, χαμηλούς θάμνους.
- Υπόστρωμα ύψους 10-25 εκ.

#### **3.3.2.3 Εκτατικός τύπος:**

Ο εκτατικός τύπος συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με τους άλλους τύπους πράσινης στέγης, καθώς συνδυάζει όλα τα οικολογικά με τα οικονομικά οφέλη. Είναι το φυτεμένο δώμα που επιλέγουν παγκοσμίως οι περισσότερες επιχειρήσεις και οργανισμοί, καθώς αποσβένει άμεσα, εξοικονομώντας χρήματα για τον επενδυτή από την πρώτη μέρα της τοποθέτησης του. Επίσης, οι περιορισμένες έως μηδενικές ανάγκες αυτού του τύπου σε συντήρηση και σε άρδευση τον αναδεικνύουν ως τον πλέον αποδοτικό και από οικολογική άποψη. Ιδιαίτερα στη χώρα μας, που το κλίμα της χαρακτηρίζεται από μεγάλες αυξομειώσεις θερμοκρασίας και ισχυρούς ανέμους και όπου η επάρκεια νερού είναι σημαντικά περιορισμένη, ο εντατικός τύπος φυτεμένου δώματος είναι ο πλέον ενδεδειγμένος

Το σύστημα αποτελείται από πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση υλικών με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 8 έως 15 εκ., το φορτίο του υποστρώματος είναι μικρό(κορεσμένο φορτίο ως 120 kg/m<sup>2</sup>) και το ριζικό σύστημα των φυτών επιφανειακό. Για τη φυτική κάλυψη χρησιμοποιούνται φυτά χαμηλής βλάστησης, όπως φυτά εδαφοκάλυψης, αγριολούλουδα κλπ.

Εφαρμόζεται κυρίως σε μη προσβάσιμες στέγες κτιριακών εγκαταστάσεων και δεν χρειάζεται τακτική συντήρηση. Επιλέγονται φυτά ανθεκτικά στη ξηρασία, στον άνεμο και στο ψύχος. Απλός σχεδιασμός και εγκατάσταση και με μικρά φορτία.

### Χαρακτηριστικά «πράσινης στέγης» εκτατικού τύπου.

Μικρή συντήρηση.

- Περιοδική άρδευση.
- Φύτευση με φυτά εδαφοκάλυψης, ποώδη φυτά.
- Υπόστρωμα ύψους 8-15 εκ.

Ο Bjorn Berge (2000) δίνει τα παρακάτω πάχη υποστρώματος ανάλογα με το είδος της φύτευσης:

- Χλόη 10εκ.
- Ποώδη φυτά 10εκ.
- Θάμνοι 25 εκ.
- Μικρά δέντρα 45-80 εκ.
- Λαχανικά 45-60 εκ.

Τα συστήματα των φυτεμένων δωματίων, αδρομερώς θα μπορούσαμε να πούμε, αποτελούνται βασικά από τρία στρώματα: αποστραγγιστικό, μέσο ανάπτυξης και βλάστηση. Για κάθε στρώμα του υποστρώματος υπάρχει μεγάλη ποικιλία μεταξύ των κατασκευαστών, σε σχέση με τα υλικά και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί ο στόχος του κάθε στρώματος. Η επιφάνεια του δώματος θα πρέπει φυσικά να είναι αδιαβροχοποιημένη πριν την εγκατάσταση. Συχνά, το πιο κοινό υλικό για το σκοπό αυτό είναι η επίστρωση «ελαστικής» ασφάλτου.

### 3.3.3 Ανατομία φυτεμένου δώματος.

Αναλυτικά ένα σύστημα φυτεμένου δώματος περιλαμβάνει τα εξής στρώματα από κάτω προς τα πάνω:

1. Αδιάβροχη μεμβράνη
2. Προστατευτικό στρώμα-φράγμα ριζών (εάν απαιτείται)
3. Μονωτικό
4. Αποστραγγιστικό στρώμα (εάν απαιτείται)
5. Φίλτρο (διηθητικό φύλλο)
6. Μέσο ανάπτυξης (εδαφικό μίγμα)
7. Φυτά

### 3.3.3.1 Αδιάβροχη μεμβράνη

Οι μεμβράνες αυτές έχουν σκοπό να προστατεύσουν το κτίριο από διαρροές. Είναι το πιο σημαντικό όπως και το πιο ακριβό συστατικό του πράσινου δώματος. Η αδιάβροχη μεμβράνη πρέπει να είναι εύκαμπτη, ανθεκτική και ικανή να αντέχει τα διαβρωτικά αποτελέσματα των οξέων που εκκρίνουν οι ρίζες κάποιων φυτών.

Κατασκευάζονται από ποικίλα υλικά που κινούνται από οργανικά ως συνθετικά: ελαστική άσφαλτο, συνθετικά ασφαλτόπανα (πίσσα με πολυεστερικά υλικά), συνθετικά ελαστικά (EPDM), ενισχυμένα φύλλα PVC κ.α.

Η σωστή τοποθέτηση της αδιάβροχης μεμβράνης έχει μεγάλη σημασία για τη βιωσιμότητα του πράσινου δώματος. Θα πρέπει να δοκιμάζεται η στεγανότητά της αμέσως μετά την τοποθέτησή της, διότι είναι δύσκολες οι επεμβάσεις μετά τις φυτεύσεις.



Εικόνα 3

### 3.3.3.2 Προστατευτικό στρώμα-φράγμα ριζών

Τα φράγματα ριζών είναι κατασκευασμένα από υλικά με πυκνή δομή τα οποία εμποδίζουν τη διείσδυση των ριζών και προστατεύουν την ακεραιότητα του αδιάβροχου στρώματος. Η ανάγκη ύπαρξής τους εξαρτάται από το είδος της αδιάβροχης μεμβράνης. Οι συνθετικές μεμβράνες συνήθως δεν απαιτούν την ύπαρξη φράγματος ριζών.

### 3.3.3.3 Μονωτικό στρώμα

Σε μια κανονική κατασκευή δώματος η μόνωση έχει προβλεφθεί και βρίσκεται κάτω από την αδιάβροχη μεμβράνη. Παρόλα αυτά, κατά την κατασκευή ενός πράσινου δώματος μπορεί να τοποθετηθεί μόνωση ώστε να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία όλης της δομής του δώματος και να διασφαλίζεται η στεγανότητά του.

### 3.3.3.4 Αποστραγγιστικό στρώμα

Ένα φυτεμένο δώμα πρέπει να έχει ένα αποστραγγιστικό στρώμα προκειμένου να απομακρύνει, ή να αποθηκεύει το νερό που δεν απορροφάται από το μέσο ανάπτυξης των φυτών και δεν χρησιμοποιείται από τα φυτά. Αν δεν μπορεί να επιτευχθεί η απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού, αφενός αυξάνεται το βάρος του συστήματος και αφετέρου μπορεί να προκληθεί σάπισμα των ριζών.

Για να την εξασφάλιση της απορροής των νερών, μια ελάχιστη κλίση των 2° συστήνεται για τα επίπεδα δώματα. Στην περίπτωση των εκτατικών δωματίων που μπορούν επιτυχώς να εγκατασταθούν σε κεκλιμένες επιφάνειες, η μέγιστη γωνία που συστήνεται είναι 30°. Πολλές εταιρείες προτείνουν αποστραγγιστικά στοιχεία από πλαστικό ή πολυστερίνη, ή υλικά με κυψέλες όπου μπορεί να αποθηκεύεται το νερό. Κάποιες γερμανικές έρευνες έχουν πάντως θέσει το ερώτημα αν το αποστραγγιστικό στρώμα είναι απαραίτητο, διότι πιθανόν να ξηράνει αρκετά το χώμα και να δυσκολέψει την ανάπτυξη των φυτών. (Dunnett, Kingsbury, 2003).

Τα περισσότερα πράσινα δώματα πρέπει να μπορούν να χρησιμοποιούν το υπάρχον σύστημα απορροής του κτιρίου, μόνο με μερικές μετατροπές σε αυτό. Τα τυπικά συστήματα απορροής περιλαμβάνουν υδρορροές, αποχετεύσεις και φίλτρα ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση του υλικού ανάπτυξης και το φράξιμο των σωληνώσεων. Μικρή κλίση του δώματος της τάξης του 10-15° συντελεί στη φυσική αποστράγγιση του συστήματος. Επιθυμητή είναι η επαναχρησιμοποίηση του νερού, και ειδικά του όμβριου. Για το σκοπό αυτό, το σύστημα αποστράγγισης μπορεί να συνδεθεί με κάποια δεξαμενή.

Όσον αφορά τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο αποστραγγιστικό στρώμα των φυτεμένων δωμάτων, αυτά μπορεί να είναι φυσικά χαλίκια, ή θρυμματισμένες πέτρες, λάβα, σπασμένα κεραμίδια, πετροβάμβακας, αφρώδη υλικά και πλαστικά υφάσματα με κυψέλες. Το απλούστερο απ' αυτά, τα φυσικά χαλίκια (κατά προτίμηση όχι στρογγυλά ώστε να μην κατακυλούν στις στέγες με κλίση) και οι θρυμματισμένες πέτρες, είναι παραδείγματα αποστραγγιστικού υλικού φυσικής προέλευσης το οποίο λειτουργεί ικανοποιητικά. Είναι φθηνά, και όταν τοπικά υλικά από την περιοχή όπου βρίσκεται το κτίριο μπορούν να χρησιμοποιηθούν, έχουν και οικονομικό όφελος αλλά και συμβολή στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, προσφέροντας «πίσω» το βιότοπο των ασπόνδυλων και των εντόμων που ζούσαν στο έδαφος, την επιφάνεια του οποίου κατέλαβε το κτίριο. Το μειονέκτημα αυτών των υλικών είναι το μεγάλο βάρος τους. Επίσης, δεν μπορούν να συγκρατήσουν ποσότητα διαλυμένων θρεπτικών στοιχείων που χρειάζεται για τα φυτά.

Η λάβα έχει κι αυτή φυσική προέλευση. Τα τούβλα είναι κατασκευασμένα, όμως σε αυτή τη χρήση είναι ανακυκλωμένα. Παρόλη τη διαφορετική προέλευσή τους, αυτά τα υλικά έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Είναι πορώδη και μπορούν να αποθηκεύσουν νερό και θρεπτικά συστατικά σε μεγαλύτερη ποσότητα από την πέτρα. Αυτά τα υλικά που μπορούν να συγκρατήσουν θρεπτικά συστατικά, συντελούν στην ελάττωση των θρεπτικών συστατικών που παροχετεύονται από ένα πράσινο δώμα στους υπονόμους, τα οποία λειτουργούν ως ρυπαντές των υδάτινων αποδεκτών. Επίσης, αυτά τα πορώδη υλικά είναι σχετικά ελαφρά και μπορούν να λειτουργήσουν ως βιότοπος για τα ασπόνδυλα. Τα αφρώδη υλικά μπορούν να προέλθουν από ανακυκλωμένα καθίσματα αυτοκινήτων κ.α. Αποστραγγίζουν το νερό, αλλά δεν αποθηκεύουν μεγάλη ποσότητα θρεπτικών στοιχείων.

Όσον αφορά τα πλαστικά αποστραγγιστικά υφάσματα με κυψέλες, κυκλοφορούν σε διάφορες εκδόσεις και τύπους. Άλλα είναι κατασκευασμένα για πράσινα δώματα εντατικού τύπου με υπόστρωμα μεγάλου πάχους και κάποια για πράσινα δώματα εκτατικού τύπου.

Η ιδέα της λειτουργίας τους είναι η εξής: το νερό γεμίζει τις κυψέλες και απλώνεται σε όλη την επιφάνεια. Όταν οι πλαστικές κυψέλες γεμίσουν, το νερό που περισσεύει αποστραγγίζεται μέσω των οπών του υφάσματος. Αυτά τα υλικά είναι πολύ εύκολο να μεταφερθούν και να τοποθετηθούν. Το μειονέκτημά τους θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι το γεγονός ότι μπορούν να γίνουν πολύ στεγνά. Τα πορώδη υλικά στεγνώνουν με πιο αργό ρυθμό, δίνοντας στα φυτά μια «προειδοποίηση», ώστε να μπορέσουν να προσαρμοστούν στη



υπάρχουσα διαθεσιμότητα νερού. Επίσης, τα πλαστικά υφάσματα δεν αποθηκεύουν θρεπτικά συστατικά, και μπορούν να είναι μια πιο ακριβή λύση, ειδικά αν υπολογιστεί η εμπεριεχόμενη ενέργεια στην κατασκευή τους, και το γεγονός ότι το πλαστικό προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή.

### 3.3.3.5 Φίλτρο

Το φίλτρο είναι απαραίτητο ώστε να μην επιτρέπει την είσοδο του εδαφικού υλικού, στο στρώμα της αποστράγγισης. Υφάσματα με κρυσταλλικές ίνες ή από πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό.

### 3.3.3.6 Μέσο ανάπτυξης (εδαφικό μίγμα)

Το μέσο ανάπτυξης των φυτών παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την κατασκευή και λειτουργία ενός φυτεμένου δώματος. Η επιλογή κατάλληλου μίγματος εξασφαλίζει μεγάλη διάρκεια ζωής στο φυτικό υλικό.

Το μέσο ανάπτυξης πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- α. Να εξασφαλίζει επαρκή αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών ακόμη κι αν είναι κορεσμένο.
- β. Να μην συμπιέζεται εύκολα προκειμένου να μην εμποδίζεται η αποστράγγιση του νερού.
- γ. Να έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας.
- δ. Να αποδεσμεύει τα θρεπτικά στοιχεία με βραδύ ρυθμό.
- ε. Να αποτελεί σταθερή βάση για τα φυτά, προκειμένου να αυξηθεί η ανθεκτικότητά τους στους ισχυρούς ανέμους και να αποφευχθεί η διάβρωσή του.
- στ. Να είναι απαλλαγμένο από σπόρους ζιζανίων και ασθένειες.
- ζ. Να μην έχει μεγάλο βάρος.

Λόγω του ότι τα φυσικά εδάφη είναι βαριά, και ειδικά σε συνθήκες κορεσμού, στα πράσινα δώματα συνήθως χρησιμοποιούν ελαφρά εδαφικά μίγματα που αποτελούνται από υψηλής ποιότητας compost και ανακυκλωμένα υλικά. Ένα απλό μίγμα είναι 1/3 επιφανειακό χώμα, 1/3 compost, 1/3 περλίτης και μπορεί να είναι ικανοποιητικό για πολλές εφαρμογές. Άλλα μίγματα μπορεί να περιλαμβάνουν χούμο, άργιλο, ελαφρόπετρα, λάβα κ.α.

Οι εταιρείες κατασκευής πράσινων δωματίων συστήνουν δικά τους εδαφικά μίγματα, συνήθως βασισμένα σε ελαφρά υλικά. Εδαφικά μίγματα που περιέχουν διογκωμένη άργιλο έχουν δεχθεί κριτική λόγω της μεγάλης εμπεριεχόμενης ενέργειας της διαδικασίας παραγωγής τους. Τα πιο φιλικά για το περιβάλλον υλικά είναι ανακυκλωμένα προϊόντα, όπως

θραύσματα κεραμιδιών ή τούβλων, ή υλικά κατεδάφισης.

Τα παραπάνω υλικά, πέραν του ότι είναι ανακυκλωμένα, έχουν κάποιες ιδιότητες πολύ σημαντικές. Είναι πορώδη, μπορούν να αποθηκεύσουν νερό και θρεπτικά στοιχεία περισσότερο από την πέτρα. Χάρη σε αυτές τους τις ιδιότητες συμβάλλουν στην ανάπτυξη των φυτών και επιπλέον συγκρατούν μεγάλο ποσοστό των ρύπων που περιέχει το νερό της βροχής. Επιπλέον, είναι ελαφρά και από οικολογικής άποψης, μπορούν να αποτελέσουν το βιότοπο οργανισμών, όπως ασπόνδυλων και εντόμων μέσα στο αστικό περιβάλλον. Οι έρευνες που έχουν γίνει στη Γερμανία και στη Σουηδία πάντως, δείχνουν τη σημασία συμμετοχής οργανικού υλικού στο εδαφικό μίγμα, ώστε να συμβάλλει στη συγκράτηση της υγρασίας.

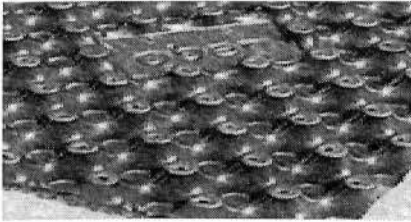
Από την άλλη πλευρά, εδαφικά μίγματα με μεγάλη περιεκτικότητα τύρφης παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευφλεκτότητα. Το εδαφικό υλικό θα πρέπει να περιλαμβάνει μεταλλικά στοιχεία που ποικίλουν από 70-90% για ένα πράσινο δώμα εντατικού τύπου και από 60-80% για ένα πράσινο δώμα εκτατικού τύπου (FLL, 1995).

Το αμμοαργιλώδες έδαφος και το αμμοαργιλώδες με προσθήκη αφρώδους ρητίνης ουρικής φορμαλδεΐδης, παρουσιάζουν αυξημένη πυκνότητα όγκου, και το δεύτερο βελτιώνει την ανάπτυξη των φυτών *L.camara* σε δώμα εντατικού τύπου, ενώ συγχρόνως μειώνεται το βάρος του υποστρώματος κατά 15%.

Ο πετροβάμβακας είναι ένα υλικό που εκτός από μονωτικό, χρησιμοποιείται και ως συστατικό του εδαφικού μίγματος. Οι ρίζες των φυτών μπορούν να το διαπεράσουν, μπορεί να συγκρατήσει μεγάλη ποσότητα νερού, την οποία απελευθερώνει στα φυτά, ενώ επιτρέπει την αποστράγγιση του πλεονάζοντος. Σε πολύ ελαφρές κατασκευές ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο του υποστρώματος, τα φυτά αναπτύσσονται πάνω σε αυτόν. Στην επιφάνειά του διασπείρονται χαλίκια προκειμένου να αποτρέψουν τη μετακίνηση του χλοοτάπητα από τον αέρα. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι αυτή η λύση δεν έχει τη δυνατότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά και χρειάζεται λίπανση. Επίσης θα πρέπει κανείς να λάβει υπόψη την ενέργεια που χρειάζεται για την κατασκευή του πετροβάμβακα.

## Υλικά

## FLORADRAIN FD 25



Υλικό κατασκευής	Ανακυκλωμένο πολυαιθυλένιο
Ύψος	2.5 cm
Βάρος	1.5 kg/m <sup>2</sup> (ξηρό) / 4.5 kg/m <sup>2</sup> (υγρό)
Διαστάσεις	φύλλα 1 x 2 m / ρολά πλάτους 1 m
Χωρητικότητα νερού	3 lt/m <sup>2</sup>
Μέγιστο επιβαλλόμενο φορτίο (κενό)	250 kN/m <sup>2</sup>

Πίνακας 7

### 3.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φυτεμένου δώματος.

#### Λειτουργίες και αποτελέσματα.

Υπάρχουν διαφόρων ειδών αλληλοεξαρτώμενες λειτουργίες και αποτελέσματα που αφορούν στα φυτεμένα δώματα:

- Οικολογικοί παράμετροι
- Η προάσπιση της οικονομίας και του περιβάλλοντος
- Η εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο

Σε κάθε περίπτωση η σπουδαιότητα και η ιεράρχηση των παραπάνω λειτουργιών διαφέρουν.

Οι λειτουργίες και τα αποτελέσματα μελετώνται για την εκτίμηση των κατασκευών στα πλαίσια της συμβατότητας τους με το περιβάλλον και την εξομάλυνση της περιβαλλοντικής επίδρασης, μια διαδικασία στην οποία η βαρύτητα που δίνεται σε κάθε παράγοντα διαφέρει ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες.

Για την εξασφάλιση των ζητούμενων λειτουργιών και αποτελεσμάτων είναι απαραίτητο, με κατάλληλους στόχους, να τεθούν ελάχιστες απαιτήσεις όσον αφορά στη σύνθεση και στην πυκνότητα της κατασκευής, καθώς και στο ύψος και στο είδος του πρασίνου.

#### 3.4.1 Οικολογικά Οφέλη και Λειτουργικά Αποτελέσματα

- Περιοχές που προστατεύονται μπορούν να παρέχουν είδη προς εξαφάνιση από τη χλωρίδα και την πανίδα σε ανεπτυγμένες περιοχές
- Μείωση της απορροή των όμβριων υδάτων μετά από έντονες βροχοπτώσεις και το νερό που συγκρατείται μπορεί να αποδοθεί πάλι στη φύση μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής
- Βελτίωση του μικροκλίματος με την αποφυγή ακραίων τιμών της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, τη μείωση της έντασης της ακτινοβολίας που ανακλάται, την αύξηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας και τον καλύτερο έλεγχο των επιπέδων της σκόνης στην ατμόσφαιρα σε σχέση με στέγες που καλύπτονται από σκληρά υλικά

Ένα φυτεμένο δώμα, ή πράσινη στέγη λειτουργεί σαν ένας πνεύμονας για το περιβάλλον της πόλης, φιλτράροντας τα επιβλαβή στοιχεία της ατμόσφαιρας και εμπλουτίζοντάς την με καθαρό οξυγόνο.

Ένα φυτεμένο δώμα μόλις 6 τετραγωνικών μέτρων, απορροφά κάθε χρόνο 2,5 κιλά σκόνης, ρύπων, γύρης και άλλων αιωρούμενων σωματιδίων. Ανάμεσά τους και τα περιβόητα: μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του αζώτου, όζον (O<sub>3</sub>) κ.λπ., που μας βασανίζουν με την παρουσία τους πάνω από την πρωτεύουσα εδώ και χρόνια.

Ειδικότερα, μόλις ένα τετραγωνικό μέτρο πράσινης στέγης φιλτράρει σε έναν χρόνο γύρω στα 200 γραμμάρια, σκόνης αεροζόλ και αιωρούμενων σωματιδίων του νέφους. Αν η ποσότητα σας φαίνεται μικρή, αρκεί να αναλογιστείτε πόσο μικρό βάρος έχει ο αέρας...

Τα φυτά που χρησιμοποιούμε στα φυτεμένα δώματα "συλλαμβάνουν" και κατακρατούν στο φύλλωμά τους τα βαρέα μέταλλα που υπάρχουν στον αέρα και στο νερό της βροχής, επειδή τους είναι χρήσιμα για να τραφούν.

Μειώνουν δραστικά την ατμοσφαιρική θερμοκρασία μέσω της αναπνοής των φυτών, σε ποσοστό μέχρι και 50% τους θερινούς μήνες. Διασπών το διοξείδιο του άνθρακα μετατρέποντάς το σε οξυγόνο, μέσω της φωτοσύνθεσης.

Κάθε Οικοστέγη, φυτεμένο δώμα, πράσινη στέγη ή όπως αλλιώς προτιμάτε να ονομάζετε μια πράσινη ταράτσα, αναβαθμίζει το περιβάλλον της πόλης, χαμηλώνοντας τη θερμοκρασία, προσφέροντας άπλετα πολύτιμο οξυγόνο και προστατεύοντας μας από τη μόλυνση.

- Μόλις 1,5 τετραγωνικό μέτρο πράσινου δώματος παράγει αρκετό οξυγόνο για να καλύψει τις ετήσιες ανάγκες ενός ενήλικα για καθαρό αέρα. Μπορεί να ακούγεται λίγο, αλλά αν το υπολογίσουμε διαφορετικά, μόλις 6 τετραγωνικά μέτρα πράσινου δώματος καλύπτουν τις ημερήσιες ανάγκες σε οξυγόνο μιας τετραμελούς οικογένειας.
- Μειώνοντας δραστικά την ατμοσφαιρική θερμοκρασία μέσω της αναπνοής των φυτών, περιορίζουν την αύξηση του νέφους.
- Βελτιώνουν την ποιότητα του νερού που πίνουμε: φιλτράροντας τα βαρέα μέταλλα, τα εμποδίζουν να εισέλθουν στο υπέδαφος και από εκεί να διεισδύσουν στο νερό που πίνουμε.
- Φιλτράροντας τον αέρα από τους ρύπους και τη γύρη, περιορίζουν τις αλλεργίες.
- Καθαρίζοντας τον αέρα, βοηθούν ιδιαίτερα τα άτομα με αυξημένες ανάγκες σε καθαρό αέρα, όπως τα βρέφη, οι ηλικιωμένοι, και όσοι υποφέρουν από ασθένειες του αναπνευστικού, οι οποίοι αναγκάζονται να κλειστούν στο σπίτι τις μέρες με βεβαρημένη ατμόσφαιρα.

### **3.4.2 Οικονομικά και Λειτουργικά Αποτελέσματα**

- Μείωση της ποσότητας των υδάτων που απορρέει στο σύστημα των αποχετευτικών αγωγών
- Μείωση των κατασκευαστικών απαιτήσεων της στέγης όσον αφορά στο φυσικό, χημικό ή βιολογικό στρες και ταυτόχρονα και ενίσχυση της αποτελεσματικότητας των υδατοστεγανών μεμβρανών λόγω των μειωμένων αυξομειώσεων της θερμοκρασίας.

- Μείωση του κινδύνου φθοράς των υδατοστεγανών μεμβρανών από εξωτερικές μηχανικές πιέσεις, όπως επίσης και της αρνητικής επίδρασης των ανέμων.
- Προστασία από πιθανότητα πυρκαγιάς
- Ενίσχυση της ηχομόνωσης του κτιρίου
- Βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιρίου τόσο κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου όσο και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Είναι αντίστοιχη του U268. Η ατμοσφαιρική θερμοκρασία φτάνει έως και 60<sup>0</sup> C . Ο συντελεστής αυτός ισχύει χωρίς τα φυτά, τα οποία τον αυξάνουν.
- Μείωση του συντελεστή εκτόνωσης όσον αφορά στο αποχετευτικό σύστημα της περιοχής
- Δυνατότητα συγκράτησης νερού από βροχοπτώσεις
- Οικονομικότερη λειτουργία του αστικού συστήματος αποχέτευσης
- Άνοδος της αξίας των ακινήτων λόγω αισθητικής αναβάθμισης

### 3.4.3 Κοινωνικά οφέλη

Αξιοποίηση χώρου. Με τη δημιουργία βατών φυτεμένων δωματίων μπορούν να αξιοποιηθούν πολλοί ανεκμετάλλευτοι χώροι, οι οποίοι στις μέρες μας προσφέρουν στο δομημένο περιβάλλον μόνο αισθητική υποβάθμιση.

Αύξηση αξίας της ιδιοκτησίας. Αναμφίβολα, τα φυτεμένα δώματα εκτός από τα κοινωνικά, κατασκευαστικά, ενεργειακά, περιβαλλοντικά και αισθητικά οφέλη που προσφέρουν, αποτελούν στοιχεία υψηλής ποιότητας και προσδίδουν στο κτίριο μια αυτόνομη αύξηση της αξίας του.

### 3.4.4 Μειονεκτήματα :

Η οικονομική επιβάρυνση. Αναμφίβολα, η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος απαιτεί κάποιο επιπλέον κόστος, το οποίο στις σημερινές ελληνικές κατασκευές δεν συμπεριλαμβάνεται. Το κόστος αυτό, αφορά τον αρχικό σχεδιασμό και τη διαμόρφωση του κήπου, το κατασκευαστικό κομμάτι του φυτεμένου δώματος και τέλος τη συντήρησή του.

Η στατική επιβάρυνση φυτεμένων δωματίων. Η δημιουργία ή η απαγόρευση της κατασκευής ενός φυτεμένου δώματος, στηρίζεται αρχικά και μόνο σε αυτόν τον παράγοντα. Σε περίπτωση που η υπάρχουσα φέρουσα κατασκευή δεν μπορεί να δεχτεί την πρόσθετη στατική επιβάρυνση, τότε η κατασκευή του κήπου στο δώμα, πρέπει να θεωρείται εξαρχής απαγορευτική.

Ο κίνδυνος υγρασίας. Αναμφίβολα ένας από τους κυριότερους λόγους για τους οποίους πολλοί φοβούνται ακόμα τα φυτεμένα δώματα, είναι ο κίνδυνος υγρασίας και τα προβλήματα που μπορούν να προκληθούν από αυτόν, σε μια τέτοια περίπτωση.

Η δυσκολία επισκευής σε περίπτωση βλάβης των στεγανωτικών στρώσεων. Σε περιπτώσεις βλάβης των στεγανωτικών στρώσεων, απαιτείται άμεση αντιμετώπιση του προβλήματος. Παρόλο που μπορεί να υπάρξει τοπική αποξηήλωση των προβληματικών στρώσεων της κατασκευής και πάλι η διαδικασία δεν παύει να είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Η συνεχής φροντίδα του κήπου. Είναι αναμενόμενο ότι ένα φυτεμένο δώμα χρειάζεται μεγαλύτερη προσοχή και φροντίδα, από ότι ένας κήπος στη στάθμη του εδάφους, εξαιτίας κυρίως της διεύδυσης των ριζών, της ύπαρξης του νερού και των πιθανών αστοχιών της κατασκευής.

### **3.5 Εξοικονόμηση ενέργειας με πράσινες στέγες.**

#### **3.5.1 Μελέτες - εφαρμογές.**

Η σημασία της χρήσης φυτεμένων στεγών για την αντιμετώπιση των προβλημάτων κλιματισμού και μόνωσης των στεγών των σύγχρονων πόλεων αντανακλάται στο πλήθος των μελετών που διεξάγονται τακτικά από εγκεκριμένα επιστημονικά ιδρύματα της Ελλάδας και του Εξωτερικού για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

#### **Κρατικό Πανεπιστήμιο του Μίτσιγκαν - State University of Michigan**

Το Κρατικό Πανεπιστήμιο του Μίτσιγκαν (Michigan State University) σε δημοσίευση του τον Σεπτέμβριο του 2009, απέδειξε ότι οι πράσινες στέγες θα μπορούσαν να καταπολεμήσουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Οι επιστήμονες, με επικεφαλής την βοτανολόγο Κριστίν Γκέτερ (Kristin Getter) και τον καθηγητή Μπραντ Ρόουε (Brad Rowe), ανακάλυψαν ότι η αντικατάσταση των παραδοσιακών υλικών στέγασης με πράσινα φυτά σε μια αστική περιοχή με πληθυσμό περίπου ένα εκατομμύριο, θα ισοδυναμούσε με τον περιορισμό του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται από 10.000 αυτοκίνητα τύπου 4X4, μεσαίου μεγέθους. Η μελέτη είναι η πρώτη του είδους που εξετάζει την δυνατότητα των φυτεμένων δωματίων να απορροφούν άνθρακα, κάτι που μπορεί να επηρεάσει την κλιματική αλλαγή. Η Γκέτερ και οι

συνάδελφοι της είπαν ότι οι επιστήμονες γνώριζαν ότι τα φυτεμένα δώματα μπορούν να απορροφήσουν επίσης διοξείδιο του άνθρακα, ένα από σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου που συμβάλλει στη θέρμανση του πλανήτη, αλλά κανείς μέχρι τώρα δεν είχε μετρήσει το μέγεθος αυτής της επίδρασης.

Οι επιστήμονες είπαν ακόμη, ότι μέτρησαν τα επίπεδα του άνθρακα σε φυτά και δείγμα χώματος που συνέλεξαν από 13 φυτεμένα δώματα στο Μίτσιγκαν και το Μέριλαντ, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δύο ετών. Ανακάλυψαν ότι η φύτευση των στεγών μιας αστικής περιοχής, περί του ενός εκατομμυρίου κατοίκων θα μπορούσε να κατακρατήσει περισσότερους από 55.000 τόνους άνθρακα.

### **Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2009 από τη Σχολή Μηχανολόγων-Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με επικεφαλής τον καθηγητή Εμμανουήλ Ρογδάκη, στο κτίριο του υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών, στην πλατεία Συντάγματος, έδειξε ότι το φυτεμένο δώμα του έχει αποφέρει σημαντική εξοικονόμηση στην κατανάλωση για κλιματισμό (9,6%) και για θέρμανση (4,4%).

Παρότι η πράσινη στέγη, που εγκαταστάθηκε το καλοκαίρι του 2008, καταλαμβάνει μόλις το 52% της επιφάνειας της οροφής (650 τμ.) εξοικονόμησε 5.630 ευρώ από την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και πετρελαίου μέσα σε ένα χρόνο.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της έρευνας, η διαφορά θερμοκρασίας που προκύπτει μεταξύ της φυτεμένης και της μη φυτεμένης επιφάνειας της στέγης φτάνει τους 18 βαθμούς κελσίου (37 και 55 βαθμοί κελσίου αντίστοιχα).

Η ίδια μελέτη έδειξε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας για τον τελευταίο όροφο του κτιρίου μπορεί να υπερβεί το 50%.

### **Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

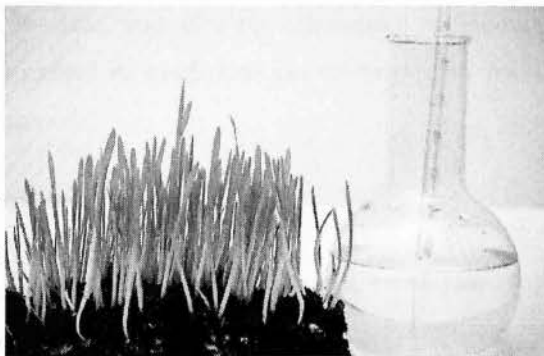
Τα αντίστοιχα αποτελέσματα με την έρευνα του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου έδειξε και η έρευνα που διεξήγαγε ο καθηγητής του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου της Θεσσαλίας και Διευθυντής του Ινστιτούτου Τεχνολογίας και Διαχείρισης Αγροοικοσυστημάτων του Κέντρου Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας (ΚΕΤΕΑΘ), Κωνσταντίνος Κίττας με τον Θωμά Μπαρτζάνα, Εντεταλμένο Ερευνητή του ΚΕΤΕΑΘ, με θέμα την ενεργειακή και



περιβαλλοντική απόδοση των ελληνικών κτηρίων γενικότερα, η οποία δημοσιεύτηκε τον Δεκέμβριο του 2009.

### **Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών του Καναδά - National Research Council Canada (NRC)**

Έρευνα που έγινε από το National Research Council (NRC) του Καναδά, έδειξε ότι την άνοιξη και τον χειμώνα του 2001, σε ένα συγκεκριμένο φυτεμένο δώμα, η συνολική θερμική ενέργεια που εισχώρησε στο κτίριο



από το δώμα, ήταν κατά 85% μειωμένη ενώ η θερμική ενέργεια που διέφυγε από το κτίριο τη νύχτα περιορίστηκε κατά 70%. (Liu, 2002).

Η ίδια έρευνα έδειξε ότι σε ημέρα καύσωνα το καλοκαίρι του 2001, όταν η ατμοσφαιρική θερμοκρασία έφτασε στους 35°C, η επιφάνεια του δώματος χωρίς πράσινο έφτασε τους 70°C. Αντίθετα, την ίδια μέρα και με τις ίδιες συνθήκες, η θερμοκρασία στην επιφάνεια του φυτεμένου δώματος κυμάνθηκε από 25-30°C. Αυτό συνέβη επειδή τα φυτά έριχναν τη σκιά τους και παρείχαν θερμομόνωση στο κτίριο.

Επίσης, το καθημερινό εύρος διακύμανσης της θερμοκρασίας μειώθηκε από 46°C στο μη φυτεμένο δώμα, σε μόλις 6°C. Αυτό έχει συνέπειες για τη ζωή του κτιρίου καθώς μειώνει σημαντικά τις καταπονήσεις από τις θερμικές συστολές και διαστολές. (Liu, 2002).

### **Πανεπιστήμιο Αθηνών**

Έρευνα σε νηπιαγωγείο με φυτεμένο δώμα στην Αθήνα, την οποία διενήργησε η επιστημονική ομάδα του καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών Μάνθου Σανταμούρη, ειδικού στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, βρέθηκε ότι η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρικό ρεύμα και πετρέλαιο) για ολόκληρο το κτίριο κυμάνθηκε από 6-49%, ενώ στον τελευταίο όροφο, που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το δώμα, η μείωση κυμάνθηκε από 12-87%.

## Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Σε επιστημονική μελέτη που διεξήχθη από την ερευνήτρια, Άννα Σπάλα στο Παν/μίο των Ιωαννίνων, βρέθηκε μείωση κατά 40% του κόστους ψύξης σε κτίριο γραφείων στην Αθήνα, από την μετατροπή του συμβατικού δώματος σε φυτεμένο.

Αναμφίβολα η κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος, παρ' όλη την οικονομική επιβάρυνση που μπορεί να έχει, είναι αποδεδειγμένο ότι μπορεί να συμβάλλει και να προσφέρει πολλά στο δομημένο περιβάλλον των μεγαλουπόλεων

### 3.5.2 Συμπέρασμα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας

Μείωση κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη. Με τα φυτεμένα δώματα επιτυγχάνεται η απορρόφηση μεγάλων ποσοτήτων ηλιακής ενέργειας, η οποία σε άλλες περιπτώσεις θα αποδιδόταν στο περιβάλλον. Αντίστοιχα, μονωτικά αποτελέσματα καταγράφονται και κατά τους χειμερινούς μήνες, με τις φυτεμένες οροφές να διατηρούν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις συμβατικές και, συνεπώς, να περιορίζουν τις ανάγκες και το κόστος θέρμανσης.

- Ειδικά στην περίπτωση φύτευσης της ταράτσας των κτιρίων παρατηρείται εξοικονόμηση ενέργειας ύψους 30% για τους τελευταίους ορόφους κατά τους θερινούς μήνες με τη δημιουργία συνθηκών φυσικού δροσισμού και θερμομόνωσης, και 20% το χειμώνα, καθώς τα μικρά θαμνώδη φυτά όχι μόνο μειώνουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος που δέχεται το κτίριο από την ταράτσα αλλά δεσμεύουν σημαντικό ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτήν και παράγουν οξυγόνο, καταναλώνοντας διοξείδιο του άνθρακα.
- ◆ Σκιασμός από το φύλλωμα. Τα φυτά παρέχουν πλήρη σκιασμό της επιφάνειας του δώματος και εξασφαλίζουν με τον τρόπο αυτό τη μειωμένη θερμοκρασιακή επιβάρυνση του κτιρίου.
- ◆ Εξατμισοδιαπνοή. Με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής, τα φυτά προσφέρουν ψυκτικά φορτία, τα οποία με τη σειρά τους παρέχουν δροσισμό.
- ◆ Αύξηση θερμικής προστασίας. Τα φυτά προστατεύουν το δώμα και δεν επιτρέπουν τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα μειώνουν τις μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του περιβάλλοντος.
- ◆ Αύξηση θερμοχωρητικότητας. Η θερμοχωρητικότητα του φυτεμένου δώματος είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε σχέση με αυτήν ενός συμβατικού δώματος, εξαιτίας της μεγάλης θερμικής μάζας των κηπευτικών στρώσεων.

- ♦ Στρώμα ακίνητου αέρα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός, ότι μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και της ανώτατης επιφάνειας της διατομής των φυτεμένων δωματίων (χώματος), παρατηρείται ένα στρώμα ακίνητου αέρα, το οποίο προσφέρει προστασία από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και προστασία έναντι των θερμικών απωλειών, το χειμώνα.

Είναι φανερό πως ο ρόλος του αστικού πρασίνου είναι ιδιαίτερα σημαντικός, αφού πέρα από τη δημιουργία καλαίσθητου περιβάλλοντος, συμβάλει και στη δημιουργία περιβαλλοντικών συνθηκών που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων των πόλεων. Το αστικό πράσινο δεν έχει απλά ευεργετική επίδραση στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα των πόλεων, αλλά διαμορφώνει και εκείνες τις περιβαλλοντικές συνθήκες που κάνουν τη ζωή και την κίνηση στις πόλεις ευχάριστη και άνετη. Η απουσία αστικού πρασίνου ή η ελλιπής ύπαρξή του στον αστικό χώρο οδηγεί στην διαμόρφωση πόλεων ξένων προς τον άνθρωπο, οι οποίες των αποκόπτουν τελείως από το φυσικό περιβάλλον.

Οι εποχιακές αλλαγές στην πυκνότητα του φυλλώματος των φυτών επηρεάζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις: το καλοκαίρι παρεμποδίζουν την υπερβολική ακτινοβολία και επιτρέπουν τη διείσδυση του ήλιου το χειμώνα. Επίσης, η ύπαρξη μεγάλης ποικιλίας φυτικών ειδών προστατεύει από ακραίες θερμοκρασιακές καταστάσεις κατά τη διάρκεια του έτους.

Ο ρόλος των ελεύθερων αστικών χώρων στη διαμόρφωση των περιβαλλοντικών συνθηκών στη ζώνη επιρροής τους είναι και σημαντικός και σύνθετος. Αυτοί παρέχουν στους πολίτες των πόλεων, τη δυνατότητα αναψυχής, διαφυγής από το τυπικό κλειστό αλλά και πολλές φορές τεχνητό περιβάλλον και συνεπώς οφείλουν με το σωστό σχεδιασμό τους, την επιλογή κατάλληλων υλικών και τεχνικών, να διασφαλίσουν πραγματικά άνετες συνθήκες στους καθημερινούς χρήστες και μάλιστα για μεγάλα χρονικά διαστήματα όλες τις εποχές. Επίσης ο ρόλος τους στη διαμόρφωση του κλίματος των πόλεων είναι καθοριστικός, καθώς αποτελούν "πνεύμονες αναπνοής" και ρυθμιστές των περιβαλλοντικών γενικότερα συνθηκών.

Ο σχεδιασμός νέων οδικών και άλλων τεχνικών έργων (μικρής ή μεγάλης κλίμακας) στις πόλεις θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ανάγκη για ύπαρξη φυτικού κεφαλαίου. Το έργο το οποίο μελετάται και υλοποιείται θα πρέπει να έχει όλες εκείνες τις τεχνικές προδιαγραφές που θα το κάνουν ασφαλές και λειτουργικό, ενώ παράλληλα θα εξασφαλίζουν την αρμονική συνύπαρξη της ανθρωπογενούς κατασκευής με το φυσικό περιβάλλον.

Στην σημερινή εποχή όπου η βιωσιμότητα των πόλεων έχει γίνει πλέον απαίτηση, ο ρόλος του αστικού πρασίνου δεν πρέπει να είναι συμπληρωματικός, αλλά πρωταγωνιστικός. Έτσι, η

πρόβλεψη πολλών ελεύθερων χώρων σε επίπεδο πόλης, καθώς και η ρύθμιση του ηλιασμού - σκιασμού τους, ο έλεγχος της οπτικής και ακουστικής άνεσης, της κυκλοφορίας του αέρα και γενικότερα η διασφάλιση ποιότητας ζωής και στους χώρους αυτούς, αποτελούν ενέργειες υψίστης σημασίας για την αειφόρο ανάπτυξη των πόλεων και των ήδη επιβαρυσμένων περιβαλλοντικά αστικών τους κέντρων.

Η ευκαιρία δεν έχει χαθεί ακόμα. Σε όλες τις 'προβληματικές' εγκαταστάσεις μπορούν να γίνουν δενδροφυτεύσεις και παρεμβάσεις γενικότερα, που θα τις μετατρέψουν από εκτάσεις του απέραντου τσιμέντου, σε εκτάσεις όπου η φύση και το δημιουργήμα του ανθρώπου συνυπάρχουν αρμονικά. Ακόμα και τώρα μπορούν να δημιουργηθούν οι πνεύμονες πρασίνου σε πόλεις που τους έχουν τόσο ανάγκη. Ακόμα και τώρα οποιαδήποτε πόλη μπορεί να γίνει μία πόλη πρασίνου, μία πόλη με καθαρότερη ατμόσφαιρα, μία πόλη που μπορεί να «αναπνέει».

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) «Αειφόρος ανάπτυξη ελεύθερων χώρων σε αστικό περιβάλλον». Χρυσομαλλίδου Ν., Θεοδοσίου Θ., Τσικαλουντάκη Κ. Ημερίδα ΤΕΕ, Θεσσαλονίκη, 24 Μαΐου 2002.
- 2) Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον αστικό υπαίθριο χώρο». Καραβασίλη Μ., Ημερίδα ΤΕΕ, Θεσσαλονίκη, 24 Μαΐου 2002.
- 3) «Διαμόρφωση εξωτερικών χώρων – κριτήρια για την επιλογή των φυτών». Περιοδικό Κτίριο, τεύχος 77 σελ. 63.
- 4) «Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια με Φυτεμένο Δώμα». Βραχόπουλος Γρ.,Κωτσιώβελος Τρ. 7ο Συν. Ηλιακής Τεχνικής, Πάτρα, Σεπτέμβριος 2002.
- 5) «Η αναγκαιότητα της οικολογικής δόμησης». Περιοδικό ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ SOS, τεύχος 48, Ιούλιος-Σεπτέμβριος 2005.
- 6) «Η απορρυπαντική συμβολή του Αστικού Πράσινου στην ατμόσφαιρα της πόλης». Κασσιος Κ., Περπερίδου Δ. Ποιότητα της ατμόσφαιρας σε αστικές περιοχές – Νέα δεδομένα και προοπτικές ΤΕΕ, Αθήνα, 18 Μαρτίου 20056.
- 7) Μάρου Θ., 2007, Φυτεμένα δώματα στην Ελλάδα: Διερεύνηση της προσαρμογής και ανάπτυξής τους στις κλιματικές συνθήκες καθώς και της επίδρασής τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μερικών τύπων κτιρίων, Μεταπτυχιακή εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

## *Κεφάλαιο 4.*

*Αντλία θερμότητας για  
θέρμανση και ψύξη.*

#### 4.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η επιστήμη και η τεχνολογία έχει στραφεί προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να στραφεί το ενδιαφέρον προς την ανακάλυψη νέων πηγών ενέργειας και νέων τεχνολογιών, τις οποίες θα τις αξιοποιούν. Μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος και η ακτινοβολία του. Η πιο απλή μορφή εκμετάλλευσης της ενέργειας αυτής είναι η χρήση της ακτινοβολίας αυτής για την θέρμανση νερού ή διαφόρων άλλων μέσων.

#### 4.2 Ορισμός

Η αντλία θερμότητας είναι συσκευή που έχει την δυνατότητα εναλλαγής λειτουργίας στον κύκλο ψύξης ενός συστήματος έτσι ώστε να δίνει άλλοτε ζεστό και άλλοτε κρύο αέρα ή άλλο μέσο μεταφοράς θερμότητας ή ψύχους, ανάλογα πάντα με τις κλιματιστικές ανάγκες του χώρου. Ως γνωστόν, η θερμότητα έχει φυσική ροή από καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχες χαμηλότερων. Το σύστημα αυτό όμως, έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα προς τη φυσική ροή, δηλαδή 'αντλεί' θερμότητα και για αυτό ονομάζεται έτσι. Συγκεκριμένα το καλοκαίρι αφαιρεί θερμότητα από έναν κλιματιζόμενο χώρο και την αποβάλλει στο περιβάλλον, οπότε ψύχεται ο κλιματιζόμενος χώρος, ενώ το χειμώνα αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον και την αποβάλλει μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον θερμαίνει. Η αντλία θερμότητας είναι το πιο οικονομικό σύστημα θέρμανσης κτηρίων συγκρινόμενη με τη θέρμανση που δίνουν οι συμβατικοί λέβητες πετρελαίου -αερίου, οι ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές, τα αερόθερμα και τα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα.

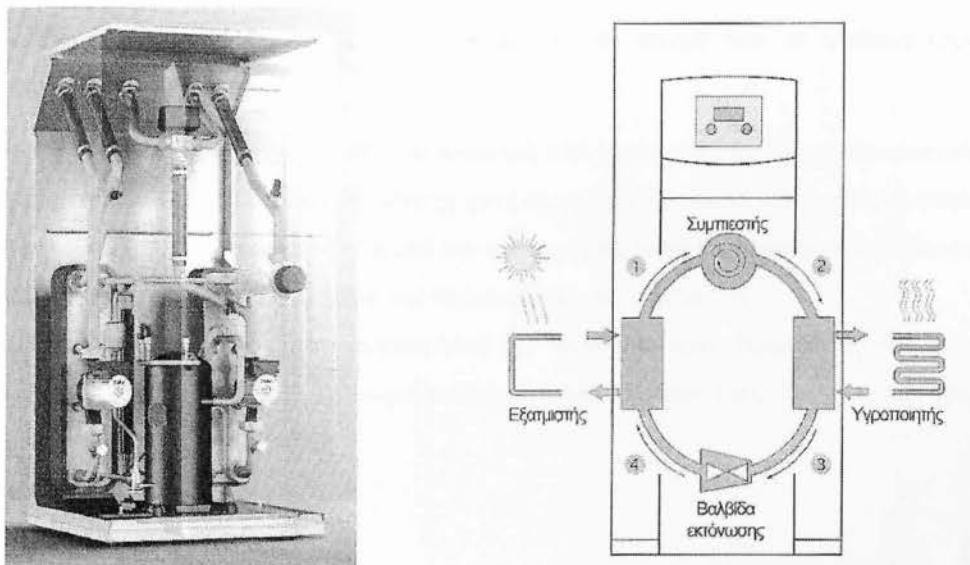
#### 4.3 Αρχή Λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας της είναι η ίδια που εφαρμόζεται και στα ψυγεία ή τις κλιματιστικές συσκευές. Η αντλία θερμότητας έχει την ικανότητα με κατάλληλο χειρισμό να μεταφέρει θερμότητα από ένα χώρο A προς ένα χώρο B( ψύξη χώρου), ή αντίστροφα από το χώρο B προς τον χώρο A (θέρμανση του χώρου A).

Τα βασικά μέρη που αποτελείται μια αντλία θερμότητας είναι:

1. Το τμήμα συμπιεστή-συμπυκνωτή, που απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον
2. Το τμήμα ανεμιστήρα-ατμοποιητή, που απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο ή το περιβάλλον.

3. Ο μηχανισμός αντιστροφής, που αποτελείται από μία τετράοδη βαλβίδα, η οποία μετατρέπει τον ψυκτικό κύκλο, σε 'θερμαντικό' και αντίστροφα.
4. Οι αυτοματισμοί για τον έλεγχο και την λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.
5. Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, που αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ μικρή.



Εικόνα 4

#### Τυπική μορφή αντλίας θερμότητας

##### 4.3.1 Λειτουργία Αντλίας Θερμότητας σε Θέρμανση και Ψύξη.

Μια αντλία θερμότητας εκτελεί πάντα ψυκτικό κύκλο και ποτέ θερμικό γιατί τέτοιος κύκλος δεν υφίσταται. Συχνά στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η αντλία θερμότητας 'αντιστρέφει' η 'αναστρέφει' τον κύκλο του ψυκτικού ρευστού και ανάλογα με την περίπτωση ακολουθεί 'ψυκτικό κύκλο' το καλοκαίρι ή 'θερμαντικό' τον χειμώνα. Το μόνο που αντιστρέφεται είναι ο ρόλος του συμπυκνωτή με τον ρόλο του ατμοποιητή. Το καλοκαίρι ο ατμοποιητής είναι τοποθετημένος μέσα στον ψυχόμενο χώρο και τον ψύχει, ενώ τον χειμώνα ο ατμοποιητής είναι τοποθετημένος στο περιβάλλον και το ψύχει, και εφ' όσον αντλεί θερμότητα από αυτό.

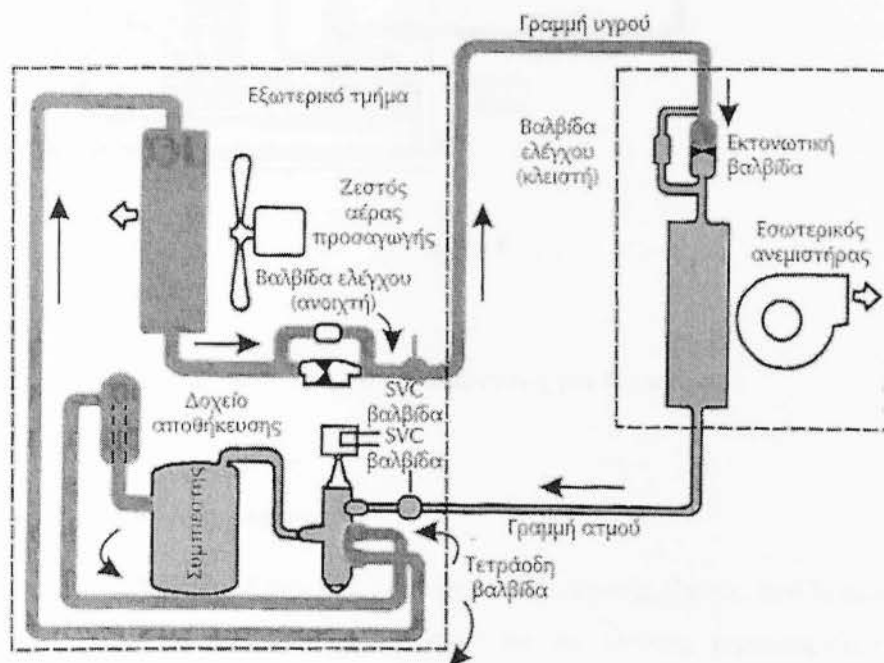
Αντί λοιπόν να μεταφέρονται οι συσκευές ατμοποιητής –συμπυκνωτής από τον χώρο στο περιβάλλον, η ΑΘ με τη χρήση τετράοδης βαλβίδας αντιστρέφει την ροή του ψυκτικού μέσου διατηρώντας φυσικά τον ψυκτικό κύκλο, στον οποίο συνεχίζεται κανονικά η προσφορά μηχανικού έργου, για την συμπίεση των ατμών του ψυκτικού μέσου.

### Κύκλος για ψύξη χώρου

Την μελέτη του κύκλου για ψύξη την ξεκινάμε από τη στιγμή που το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον ατμοποιητή.

Η είσοδος του ψυκτικού ρευστού στον ατμοποιητή ελέγχεται από την άεργη εκτονωτική-στραγγαλιστική διάταξη (βαλβίδα). Η διάταξη αυτή ελαττώνει την πίεση του υγρού, το οποίο ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία. Κατά την ατμοποίηση, ποσά θερμότητας προσδίδονται σε αέριο, το οποίο αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία στο συμπιεστή.

Το συμπιεσμένο αέριο φθάνει στο συμπυκνωτή και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρας ή νερό). Το συμπυκνωμένο αέριο υγροποιείται. Το ψυκτικό υγρό οδηγείται στην εκτονωτική διάταξη .



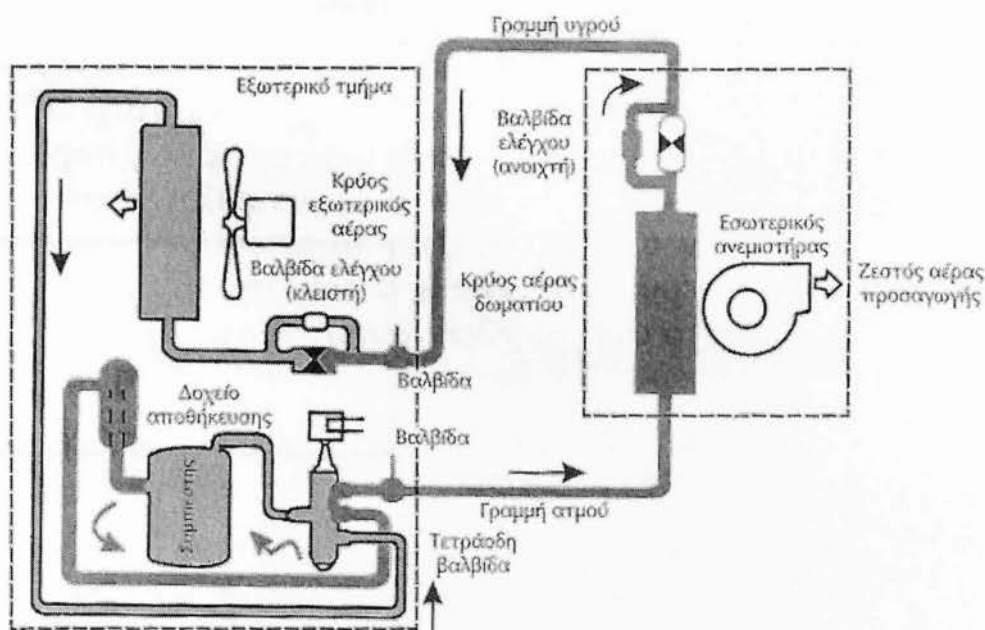
Εικόνα 5

Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για ψύξη



### Κύκλος για θέρμανση χώρου

Περιλαμβάνει τα ίδια στάδια με τον κύκλο ψύξης μόνο που σε αυτή την περίπτωση το στοιχείο που εκτελούσε την ατμοποίηση εδώ εκτελεί την συμπύκνωση και το αντίστροφο. Η μετατροπή του ψυκτικού κύκλου σε κύκλο θέρμανσης γίνεται με τη βοήθεια της τετράοδης βαλβίδας, που οδηγεί το ψυκτικό υγρό μετά την έξοδό του από τον συμπιεστή και την εκτονωτική διάταξη στους εναλλάκτες θερμότητας ψυκτικού μέσου-αέρα(ή νερού), ανάλογα με την επιλογή των απαιτήσεων μέσω διακόπτη.



Εικόνα 6

### Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για θέρμανση

#### Η ιδανική Αντλία Θερμότητας

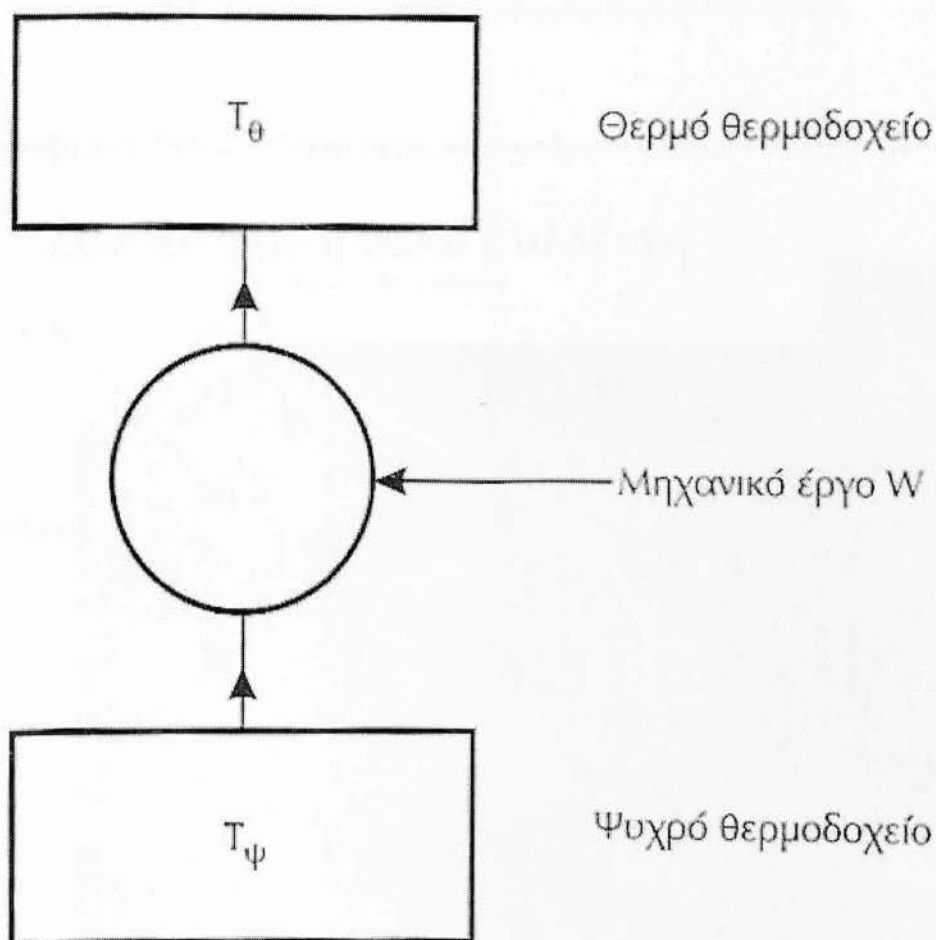
Η λειτουργία μιας Α.Θ. βασίζεται στη λειτουργία της μηχανής Carnot, που λειτουργεί όμως κατά τη φορά του ψυκτικού κύκλου. Η ποιότητα της αντλίας χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή συμπεριφοράς(επίδοσης) COP (=Coefficient of Performance). Κατά την θέρμανση ενδιαφέρον παρουσιάζει το ποσό θερμότητας  $Q_2$  ενώ κατά την ψύξη το  $Q_1$ . Ο ενεργειακός ισολογισμός δίνει :  $Q_2=Q_1+W$ .

Ο COP δίνεται από την σχέση:

$$COP = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1}$$

Στην ιδανική περίπτωση τα ποσά θερμότητας δύναται να αντικατασταθούν από τις θερμοκρασίες( βλ. κύκλος Carnot):

$$COP = \frac{T_\theta}{T_\theta - T_\psi}$$



## Κύκλος θερμαντλίας

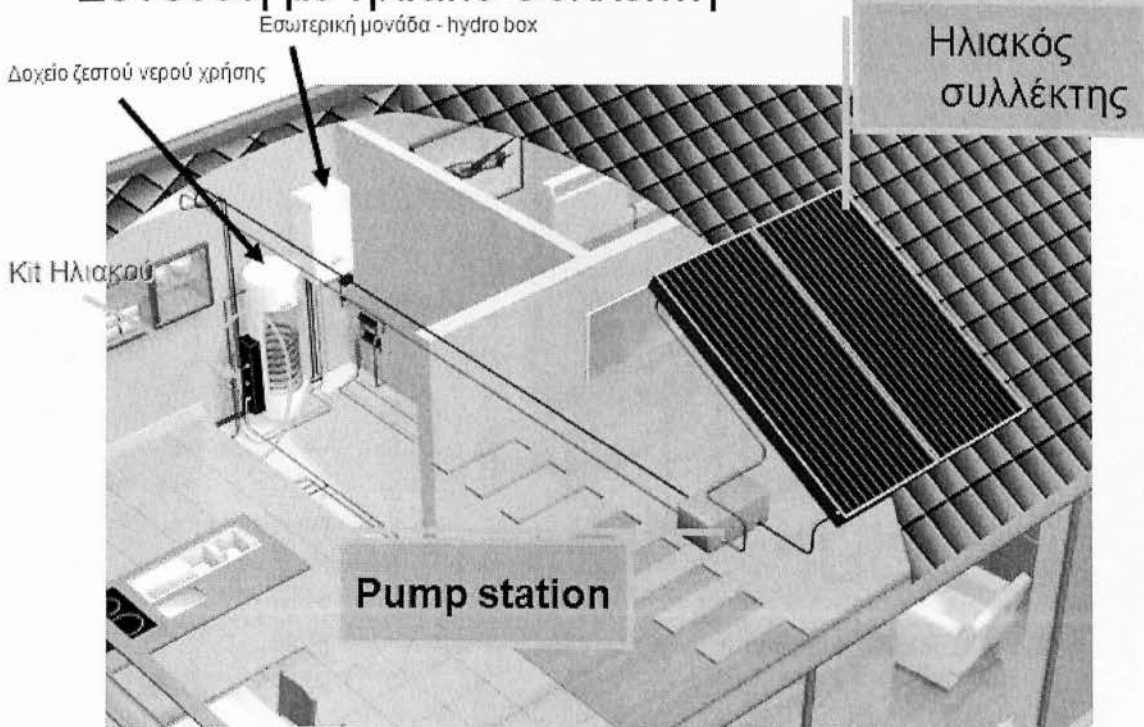
Παρατηρήσεις:

1. Για την ίδια θερμοκρασιακή διαφορά  $T_{\theta}-T_{\psi}$  ο COP βελτιώνεται όσο υψηλότερης στάθμης είναι η θερμοκρασία  $T_{\alpha\theta}$ .
2. Όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του κλιματιζόμενου και του εξωτερικού χώρου, τόσο μεγαλύτερος είναι ο COP.

Οι δύο αυτές παρατηρήσεις έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας λόγω των ειδικών κλιματολογικών συνθηκών. Έχουμε ήπιο καιρό το χειμώνα με υψηλές σχετικά θερμοκρασίες περιβάλλοντος, δυνατότητα χρήσης της ηλιακής ενέργειας βοηθητικά στην αντλία θερμότητας, κατά την διάρκεια του χειμώνα και δυνατότητα σε ορισμένες περιπτώσεις της χρήσης της γεωθερμίας βοηθητικά στην ΑΘ.

## Ένταξη των Αντλιών Θερμότητας σε συστήματα ηλιακών συλλεκτών

### Σύνδεση με ηλιακό συλλέκτη



Εικόνα 7

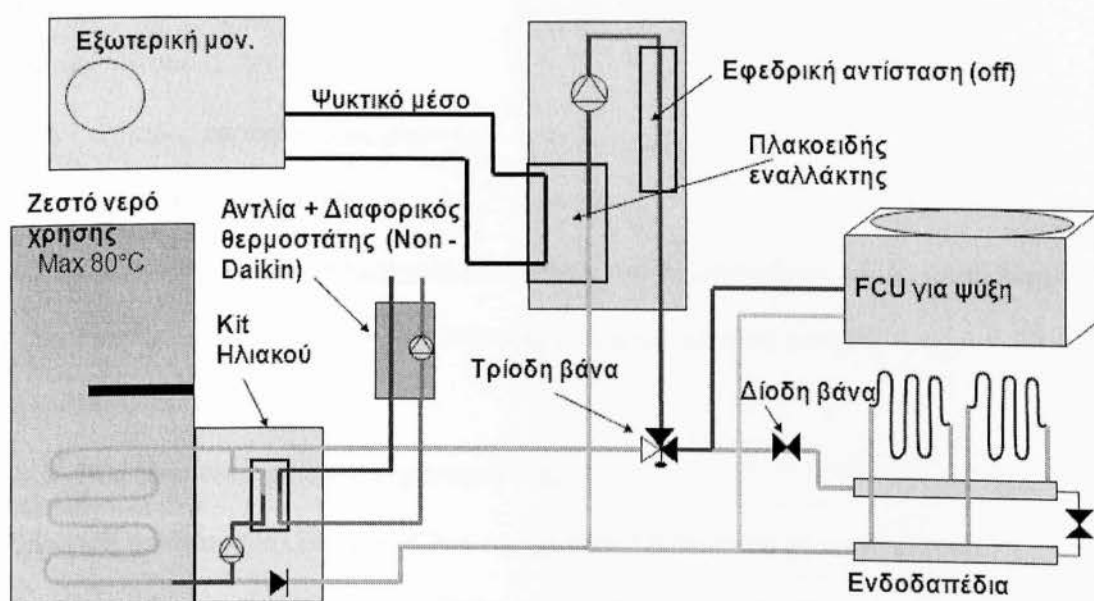
### Σύνδεση αντλίας θερμότητας με ηλιακό συλλέκτη.

Υπάρχουν δυο βασικοί τρόποι συνδυασμού Α.Θ. και ηλιακών συλλεκτών:

Χρησιμοποίηση της αντλίας θερμότητας σαν τμήμα ενός συστήματος θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια, όπου η αντλία λειτουργεί μόνο όταν η απόδοση των συλλεκτών δεν είναι επαρκής. Όταν η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρότερη από τη ζήτηση αποταμιεύεται ενέργεια (θέρμανση νερού σε ειδικές δεξαμενές).

Ενίσχυση της αντλίας θερμότητας από σύστημα συλλογής και αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας. Αντλείται θερμότητα από τον ήλιο και χρησιμοποιείται για θέρμανση νερού σε θερμοκρασίες χρήσιμες για θέρμανση. Κατά την χρησιμοποίηση του ζεστού νερού, η θερμοκρασία του ελαττώνεται μέχρις ότου φτάσει σε σημείο που είναι άχρηστη για θέρμανση (κάτω των 35-40 °C), στο οποίο αρχίζει να λειτουργεί η αντλία θερμότητας νερού-νερού, η οποία κατεβάζει χαμηλότερα τη θερμοκρασία του νερού που βρίσκεται στο δοχείο (5°C περίπου), αντλώντας τη θερμότητα που περιέχεται στο νερό. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται ο χρόνος λειτουργίας της αντλίας θερμότητας και εξοικονομείται ενέργεια.

**Σύστημα αντλίας θερμότητας με ζεστό νερό χρήσης από τον ηλιακό. με λειτουργία ψύξης**



Εικόνα 8

## Ο βαθμός απόδοσης

Η απόδοση της αντλίας θερμότητας επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, διότι η ενθαλπία του αέρα είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του, επομένως στις χαμηλές θερμοκρασίες του αέρα θα έχουμε μικρά ποσά θερμότητας από την μία ,και από την άλλη προβλήματα σωστής λειτουργίας του συστήματος, κατά τον χειμώνα.

### 4.4 Κατηγορίες Αντλιών Θερμότητας

Η κατηγοριοποίηση των αντλιών θερμότητας μπορεί να γίνει με βάση:

- Το μέσο από όπου αντλείται και το μέσο από όπου αποβάλλεται η θερμότητα.

Άρα διακρίνονται στις εξής:

Αέρα-Αέρα (A-A)

Αέρα-Νερού (A-N)

Νερού-Νερού (N-N)

Νερού- Αέρα (N-A)

Εδάφους-Αέρα (E-A)

Εδάφους- Νερού (E-N)

- Το είδος της κινητήριας μηχανής.:

A. Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές

B. Συμπιεστές κινούμενοι από μηχανές εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, ατμός, αέριο κλπ)

Γ. Συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης ( θερμική ενέργεια χαμηλής

και μέσης θερμοκρασίας).

- Τη θέση των διάφορων μηχανισμών της:

A. Ενιαίες ή αυτόνομες(Compact). Όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος.

B. Διαιρούμενες ή διμερούς τύπου (Split units). Ο ατμοποιητής (ή ο συμπυκνωτής) είναι ανεξάρτητος του υπολοίπου συστήματος.

- Τον τρόπο αναστροφής της λειτουργίας τους:

A. Σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Η ροή του ψυκτικού μέσου διατηρείται σταθερή και αλλάζει η θέση των μέσων προσαγωγής ή απαγωγής της θερμότητας.

B. Μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Η αναστροφή της ροής του ψυκτικού μέσου γίνεται με χρήση της τετράοδης βαλβίδας.

#### 4.5 Οι πηγές θερμότητας

##### Ο αέρας

Βασικό πλεονέκτημα της πηγής αυτής είναι ότι βρίσκεται σε αφθονία μέσα στην φύση, αλλά παρουσιάζεται πρόβλημα όταν η εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα είναι πολύ χαμηλή γιατί η θερμαντλία δεν έχει την δυνατότητα να αντλήσει θερμότητα από τον αέρα. Τότε χρησιμοποιείται εφεδρικό σύστημα για την κάλυψη των φορτίων αιχμής. Το εφεδρικό σύστημα μπορεί να είναι ένας λέβητας πετρελαίου ή αερίου, νυχτερινή ή ημερήσια ηλεκτρική ενέργεια, κλπ.

Σημαντικό πρόβλημα είναι το πάγωμα του ατμοποιητή, όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι μικρότερη από  $0-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  οπότε επέρχεται στερεοποίηση της υγρασίας του αέρα. Όσο αυξάνει η ποσότητα του δημιουργούμενου πάγου, τόσο μειώνεται η παροχή του αέρα που διέρχεται από τον ατμοποιητή. Το πρόβλημα αυτό ξεπεράστηκε αρχικά με την χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων που έλιωναν τον πάγο.

Σήμερα πλέον η πιο γνωστή μέθοδος είναι η αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου. Με τον τρόπο αυτό όταν απαιτείται απόψυξη, η τετράοδη βαλβίδα ενεργοποιείται και μπαίνει σε λειτουργία ο ψυκτικός κύκλος, οπότε το ζεστό αέριο οδηγείται στον ατμοποιητή και λιώνει τον πάγο. Κατά την απόψυξη ο εξωτερικός ανεμιστήρας σταματά να παρέχει κρύο αέρα, με αποτέλεσμα ο συμπιεστής να αντιμετωπίζει μόνο τα φορτία του πάγου

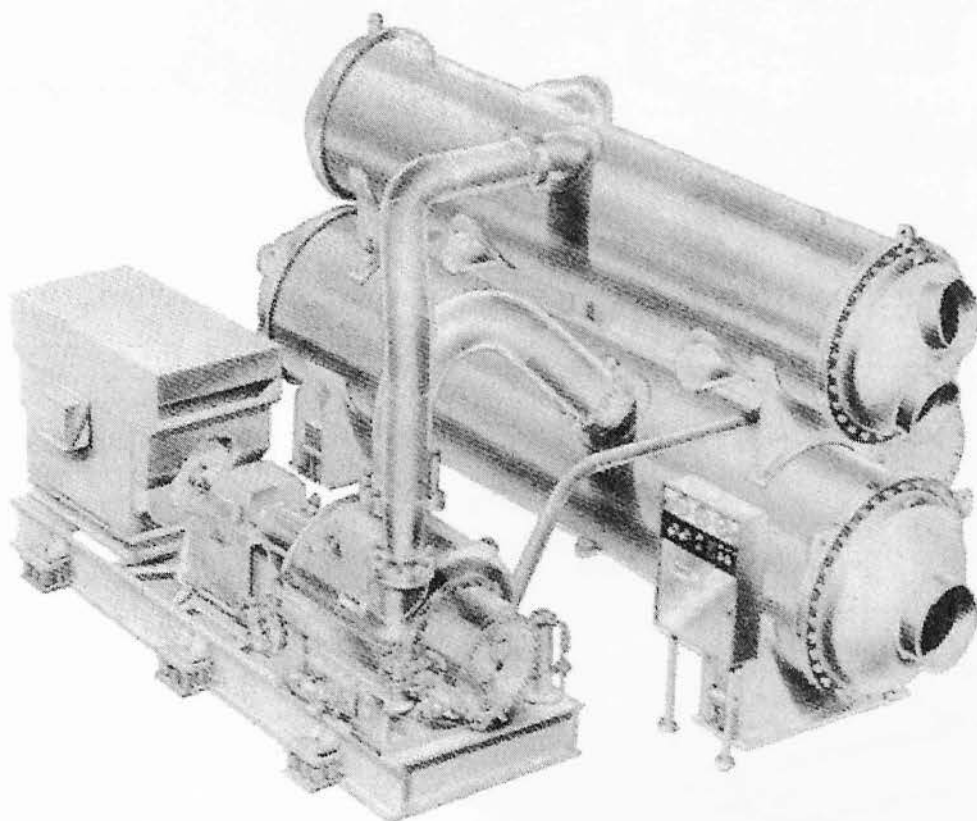
##### Ο ήλιος, η γεωθερμική ενέργεια κ.α.

Είναι δυνατή η εκμετάλλευση ηλιακής και γεωθερμικής ενέργειας για την λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας. Χρησιμοποιούνται κυρίως συσκευές αναρρόφησης ή προσρόφησης οι οποίες χρησιμοποιούν το θερμικό περιεχόμενο των παραπάνω πηγών ενέργειας για την παραγωγή ψύχους ή θέρμανσης. Τα συστήματα αυτά έχουν αρχίσει να διαδίδονται ευρύτατα

κυρίως σε μεγάλες κεντρικές εγκαταστάσεις , ειδικά μετά την ενεργειακή κρίση και τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια.

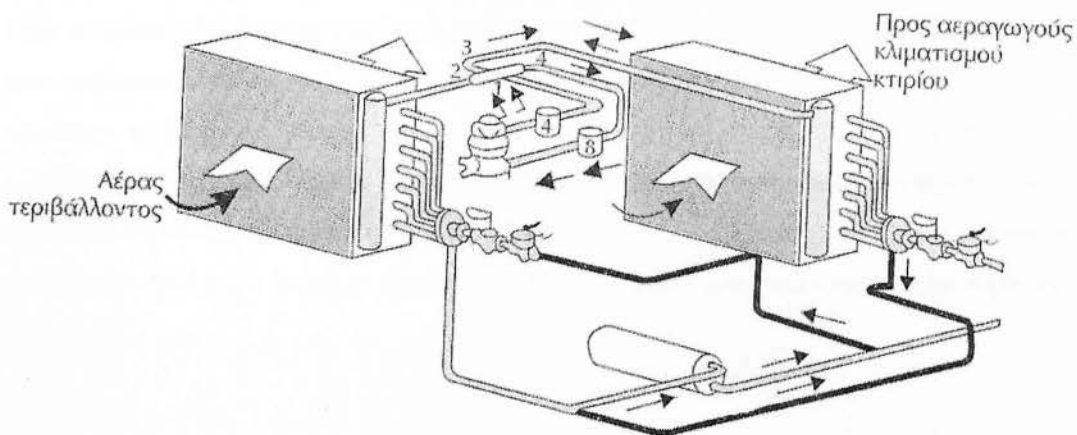


(α) Θερμαντλία αέρα-αέρα

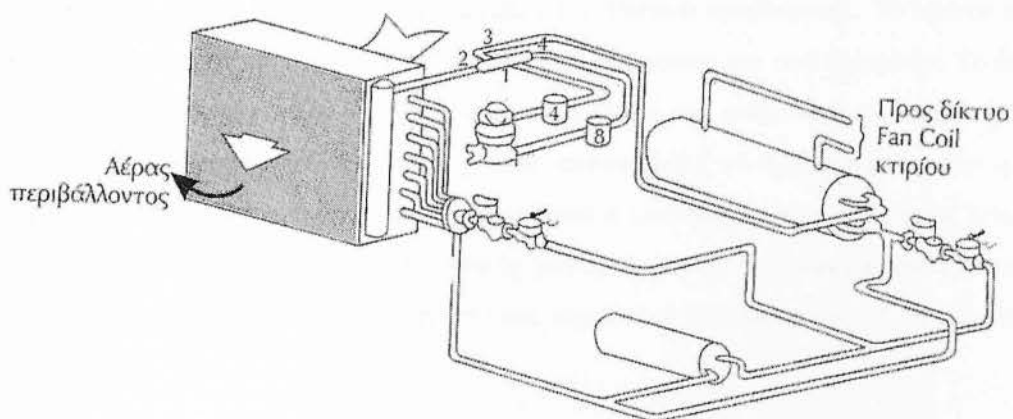


(β) Θερμαντλία νερού-νερού

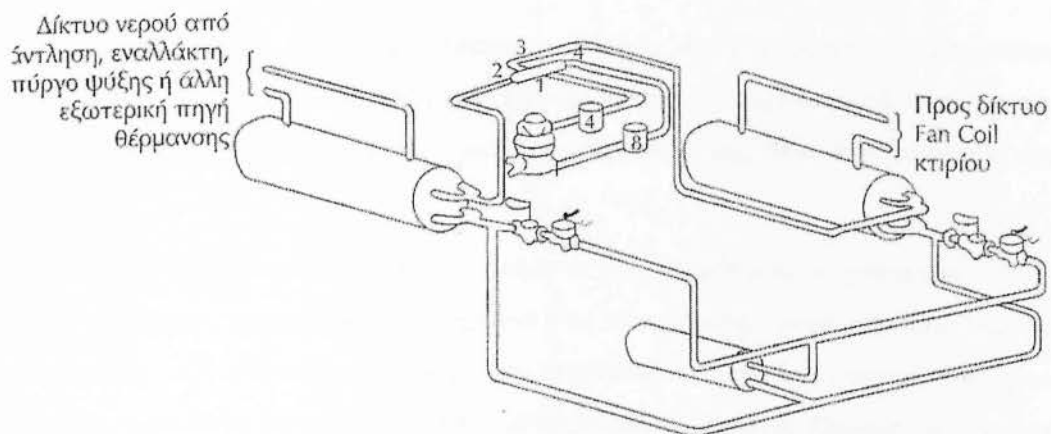
Παρακάτω παρουσιάζονται φωτογραφίες από διάφορα είδη αντλιών θερμότητας.



(α) Θερμαντλία αέρα-αέρα



(β) Θερμαντλία αέρα-νερού



(γ) Θερμαντλία νερού-νερού

Εικόνα 10.



## **Το νερό**

Λόγω του υψηλού κόστους χρήσης νερού από το δημόσιο δίκτυο, σε ανοιχτά κυκλώματα συχνά προτιμάται νερό από ιδιωτικές αντλήσεις. Είναι δυνατή επίσης η χρησιμοποίηση νερού λίμνης, ποταμού ή ακόμα και θάλασσας. Στην τελευταία περίπτωση πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ο τρόπος υδροληψίας γιατί οι θαλάσσιοι οργανισμοί μπορούν να κλείσουν τις εισόδους των σωλήνων, καθώς επίσης και γιατί μπορεί να υπάρξει αναρρόφηση άμμου, η οποία προκαλεί προβλήματα φθοράς στις αντλίες και στους εναλλάκτες του συστήματος. Για να αποφευχθούν τα προβλήματα αυτά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ενδιάμεσο κλειστό κύκλωμα νερού σε θαλάσσιο εναλλάκτη θερμότητας. Ο εναλλάκτης αυτός μπορεί να είναι πλαστικός σωλήνας ο οποίος τοποθετείται στην θάλασσα και εναλλάσσει θερμότητα με το θαλασσινό νερό.

## **Το έδαφος**

Το έδαφος ως πηγή θερμότητας παρουσιάζει δύο βασικά προβλήματα. Το πρώτο είναι η συντήρηση του στοιχείου και η αντιμετώπιση της διάβρωσης και των διαρροών. Το δεύτερο είναι η απαιτούμενη μεγάλη έκταση για την παραλαβή και απόρριψη της θερμότητας στο έδαφος. Οι ερευνητές τα τελευταία χρόνια προσπαθούν να αξιοποιήσουν την μεγάλη θερμοχωρητικότητα που έχει το έδαφος και γενικά ο υπεδαφικός χώρος ο οποίος λειτουργεί παράλληλα και σαν φυσικός αποθηκευτικός χώρος θερμικής ενέργειας (κυρίως ηλιογενούς προέλευσης). Αυτό δύναται να δημιουργήσει σημαντική βελτίωση στον COP της αντλίας θερμότητας.

### **4.5.1 Σύγκριση αντλιών θερμότητας με πηγή αέρα και έδαφος**

Οι αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν τον αέρα ως πηγή θερμότητας χρησιμοποιούνται πάρα πολλά χρόνια τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση, παρόλα αυτά η επάρκεια τους επηρεάζεται από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας, όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, δηλαδή οι αντλίες θερμότητας με χρήση του εδάφους ως πηγή θερμότητας, χρησιμοποιούνται χρόνια στις ανεπτυγμένες χώρες εξαιτίας της υψηλής ενεργειακής τους απόδοσης σε σχέση με τα συμβατικά θερμικά και ψυκτικά συστήματα. Η ενεργειακή απόδοσή τους εξαρτάται από τρεις κύριους παράγοντες. Πρώτων από την μηχανή της αντλίας θερμότητας, δεύτερων από τις κυκλοφοριακές αντλίες και τέλος από τα χαρακτηριστικά του εδαφικού κυκλώματος και του εδάφους. Οι γεωθερμικές αντλίες δεν

αντιμετωπίζουν πρόβλημα με τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας , καθώς η θερμοκρασία του εδάφους παραμένει σταθερή σε μεγάλο βαθμό κατά την διάρκεια του χρόνου. Ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και την υγρασία του, το έδαφος παρουσιάζει λίγες ή και καθόλου μεταβολές κάτω από τα 10 μέτρα.

Οι γεωθερμικές αντλίες παρουσιάζουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τις αντλίες που έχουν ως πηγή θερμότητας το νερό. Αυτά είναι τα εξής:

1. Απορροφούν λιγότερη ενέργεια κατά την λειτουργία τους
2. Το έδαφος , η γη είναι πιο σταθερό ενεργειακά από ότι ο αέρας
3. Δεν χρειάζονται πρόσθετη θερμότητα κατά την διάρκεια χαμηλών περιβαλλοντικών θερμοκρασιών
4. Χρησιμοποιούν λιγότερο ψυκτικό
5. Έχουν πιο απλό σχέδιο και συνεπώς χρειάζονται λιγότερη συντήρηση
6. Δεν απαιτείται η μονάδα να είναι τοποθετημένη σε εξωτερικούς χώρους.

Το βασικό μειονέκτημα των γεωθερμικών αντλιών είναι το υψηλό αρχικό κόστος τους. Είναι 30-50% πιο ακριβές από τις αντλίες αέρα. Το επιπλέον αυτό κόστος προκύπτει από το «θάψιμο» των εναλλακτών θερμότητας στο έδαφος.

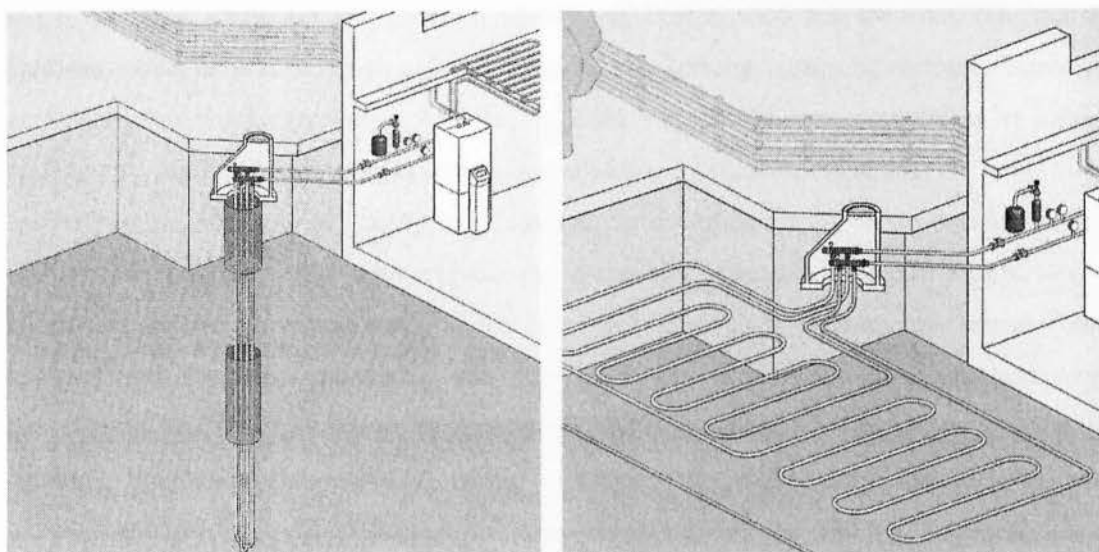
Παρόλα αυτά, μόλις εγκατασταθούν , το ετήσιο κόστος είναι μικρότερο κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Η εξοικονόμηση αυτή του κόστους προκύπτει από τον συντελεστή συμπεριφοράς, COP, ο οποίος είναι κατά μέσο όρο γύρω στο 3 για τις γεωθερμικές αντλίες και γύρω στο 2 για τις αντλίες που χρησιμοποιούν αέρα. Επίσης ένα άλλο μειονέκτημα είναι η χαμηλή ισχύς της αβαθούς γεωθερμικής ενέργειας.

### **Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας**

Ένα από τα πρώτα βήματα , για την χρησιμοποίηση μια γεωθερμικής αντλίας, είναι ο χαρακτηρισμός του τόπου από γεωλογική άποψη και από την διαθεσιμότητα νερού στο υπέδαφος. Σημαντικό ρόλο στην λειτουργία παίζουν επίσης οι πληροφορίες γύρω από τον υδροφόρο ορίζοντα που είναι διαθέσιμος στον συγκεκριμένο μέρος, η ικανότητά του να δώσει νερό, το βάθος που βρίσκεται το νερό, η γεωλογία, το βάθος του βραχώδους υποστρώματος και η φύση του εδάφους και του πετρώματος. Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν τους σχεδιαστές για την σωστή επιλογή του συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συστημάτων με γεωθερμικές αντλίες: τα ground coupled (κλειστός βρόγχος) και τα συστήματα με πηγή το νερό (water-source, ανοιχτού κυκλώματος). Τα Ground coupled συστήματα χρησιμοποιούνται στη βόρεια Ευρώπη πολλά χρόνια, αλλά δεν χρησιμοποιούνταν σε εμπορική βάση στις Η.Π.Α. μέχρι το 1980. Χρησιμοποιούνται σε μέρη όπου δεν είναι διαθέσιμο νερό πηγής, και όπου η δημιουργία πηγαδιού είναι ακριβή.

Στου οριζοντίου τύπου ground coupled συστήματα, οι σωλήνες είναι θαμμένοι σε βάθος 1,2-1,8 μέτρα. Αυτό επιτρέπει την ύπαρξη της μικρότερης «παρεμβολής» μεταξύ των σωλήνων. Παρόλα αυτά το σύστημα αυτό επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία.



**Εικόνα 11**

### **Χρήση των γεωθερμικών αντλιών**

Οι γεωθερμικές αντλίες έχουν την μεγαλύτερη ανάπτυξη από το 1995, σχεδόν 59 ή 9,7 % ετησίως στις Η.Π.Α. και την Ευρώπη. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 6850 MW και ετησίως 26 χώρες καταναλώνουν 23,214TJ/ χρόνο. Το ακριβές νούμερο των εγκατεστημένων μονάδων είναι περίπου 500,000 το 2000. Εκτιμάται επίσης ότι υπάρχουν πάνω από ένα εκατομμύριο εγκατεστημένες σήμερα. Παγκοσμίως οι γεωθερμικές αντλίες ανέρχονται στο 12% της γεωθερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται απευθείας, υπολογίζοντας ότι φτάνουν τα 16.500 TJ (4580 GWh) ετησίως. Στην Ευρώπη και κυρίως στην Γερμανία, στην Αυστρία και την Ελβετία έχει αυξηθεί επίσης η χρήση των γεωθερμικών αντλιών.

## 4.6 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση αντλιών θερμότητας.

### 4.6.1 Εφαρμογή σε ψύκτες/αντλίες θερμότητας αέρα-νερού.

Η επέκταση της εφαρμογής της τεχνολογίας Inverter Drive ή Variable Frequency Drive (VFD) στους κινητήρες των συμπιεστών και ανεμιστήρων μεγάλων ψυκτών και αντλιών θερμότητας αέρα/νερού έχει σημαντική συμβολή στη μείωση του λειτουργικού κόστους και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η σταδιακή μείωση των φυσικών αποθεμάτων και η επιβολή νέων κανονισμών για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου και την προστασία του περιβάλλοντος σε παγκόσμιο επίπεδο, έχει κάνει επιτακτική την ανάγκη εξεύρεσης λύσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας. Παράλληλα, το συνεχώς αυξανόμενο ανταγωνιστικό περιβάλλον και η δυσχερής οικονομική κατάσταση γενικότερα, οδηγεί τόσο τον ιδιωτικό, όσο και το δημόσιο τομέα, στην αναζήτηση μεθόδων μείωσης του λειτουργικού τους κόστους. Σύμφωνα με τον Αμερικανικό Οργανισμό ASHRE, το 50% της κατανάλωσης ενέργειας σε κτίρια προέρχεται από τη λειτουργία των συστημάτων κλιματισμού/αερισμού που είναι εγκατεστημένα σε αυτά. Η εξέλιξη της επιστήμης στον τομέα αυτόν, σε συνδυασμό με την επιτυχημένη εφαρμογή της στην τεχνολογία κεντρικών ψυκτικών συγκροτημάτων νερού, προσφέρει ενεργειακά αποδοτικές λύσεις για την ταυτόχρονη μείωση του λειτουργικού κόστους και για την προστασία του περιβάλλοντος. Σημαντική συμβολή προς την κατεύθυνση αυτή έχει η επέκταση της εφαρμογής της τεχνολογίας Inverter Drive ή Variable Frequency Drive (VFD) στους κινητήρες των συμπιεστών και ανεμιστήρων μεγάλων ψυκτών και αντλιών θερμότητας αέρα/νερού [περίπου 300-500 kw]. Με απλά λόγια ο όρος Inverter Drive ή VFD χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ηλεκτρική συσκευή που χρησιμοποιείται για να ξεκινά, σταματά και, κυρίως, να ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής ενός ηλεκτροκινητήρα μεταβάλλοντας τη συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος. Παράλληλα, εξασφαλίζει αποδοτικότερη ενεργειακά λειτουργία συγχρονίζοντας την ταχύτητα περιστροφής με το ζητούμενο εξωτερικό φορτίο και μειώνει τη φθορά και καταπόνηση του κινητήρα ελαττώνοντας το εισερχόμενο ρεύμα.

#### Βασικότεροι λόγοι εφαρμογής τεχνολογίας VFD

Είναι εξαιρετικά σημαντικό να εξηγήσουμε αναλυτικά τους βασικότερους λόγους εφαρμογής της τεχνολογίας VFD στους κινητήρες συμπιεστών και ανεμιστήρων μεγάλων ψυκτικών συγκροτημάτων και αντλιών θερμότητας, καθώς και τα οφέλη που αποκομίζουμε από τη μειωμένη ενεργειακή τους κατανάλωση και την ομαλότερη λειτουργία τους. Έτσι, λοιπόν έχουμε:

## Α). Προσαρμογή στην εποχιακή διακύμανση θερμικού/ψυκτικού φορτίου

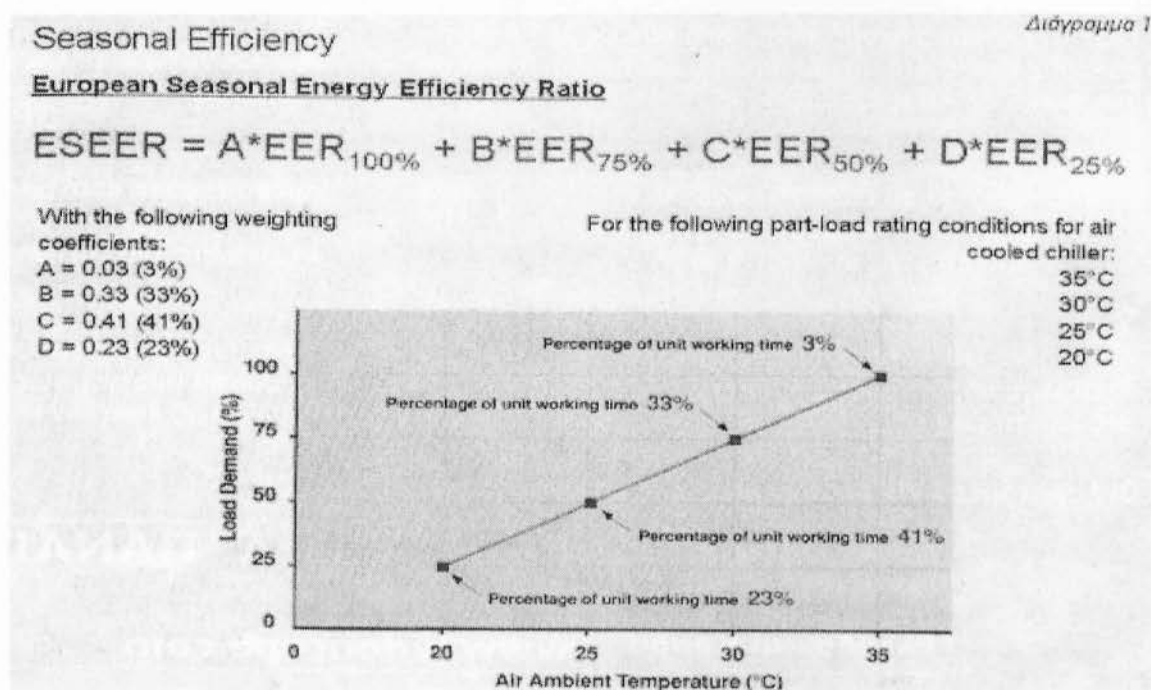
Κατά κανόνα, ένα κεντρικό σύστημα κλιματισμού σχεδιάζεται ώστε να καλύπτει το μέγιστο φορτίο ενός κτιρίου κατά το διάστημα επικράτησης δυσμενών θερμοκρασιακών συνθηκών. Όμως, η χρονική διάρκεια λειτουργίας στο μέγιστο αυτό φορτίο είναι πολύ περιορισμένη και αντιστοιχεί σε ένα πολύ μικρό ποσοστό ωρών λειτουργίας των ψυκτών/αντλιών θερμότητας σε ετήσια βάση. Το υπόλοιπο χρονικό διάστημα είναι αναγκασμένες να λειτουργούν σε μερικό φορτίο. Λαμβάνοντας υπόψη το παραπάνω, σε συνδυασμό με το ότι η ενεργειακή απόδοση ενός κεντρικού κλιματισμού μηχανήματος είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη σε μερικό φορτίο από ότι στο ονομαστικό του (υπάρχουν τεχνικές ελέγχου φορτίου κατά τις οποίες δεν ισχύει πάντα αυτό. π.χ. η παράκαμψη αέριας φάσης υψηλής πίεσης (hot gas by pass)), είναι προφανές ότι ο **δείκτης ενεργειακής απόδοσης (EER)** στο ολικό φορτίο δεν είναι αξιόπιστος δείκτης της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης, ούτε και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως απόλυτο μέτρο σύγκρισης της ενεργειακής κατανάλωσης δύο διαφορετικών κεντρικών κλιματιστικών μηχανημάτων.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα ο αμερικάνικος οργανισμός ARI (Air-Conditioning and Refrigeration Institute) εισήγαγε το Ολοκληρωμένο Συντελεστή Μερικών Φορτίων (IPLV-Integrated Part Load Value) ο οποίος υπολογίζεται σταθμίζοντας την ενεργειακή απόδοση του μηχανήματος σε διάφορα κλάσματα του φορτίου, σε διάφορες εξωτερικές συνθήκες. Έχοντας σαν δεδομένο ότι οι κλιματολογικές συνθήκες στην Ευρώπη διαφέρουν από τις αμερικάνικες, όπως αντίστοιχα και χρόνοι λειτουργίας των ψυκτικών μηχανημάτων, προέκυψε η ανάγκη για την εισαγωγή ενός αντίστοιχου συντελεστή για την Ευρώπη. Η ανάγκη αυτή καλύφθηκε στο πλαίσιο ενός έργου χρηματοδοτούμενου από το πρόγραμμα SAVE της Ευρωπαϊκής επιτροπής ορίστηκε ο **Ευρωπαϊκός Εποχιακός Συντελεστής Ενεργειακής Απόδοσης (ESEER)**.

Για να μπορούμε, λοιπόν, να προσεγγίσουμε με τον πιο αξιόπιστο τρόπο την ενεργειακή απόδοση ενός ψύκτη ή αντλίας θερμότητας στην περίοδο ενός έτους, χρησιμοποιούμε τον **Ευρωπαϊκό Εποχιακό Συντελεστή Ενεργειακής Απόδοσης (ESEER)** ο οποίος κάνει μία ρεαλιστική προσέγγιση των πραγματικών ωρών λειτουργίας μιας μονάδας στα αντίστοιχα ποσοστά φόρτισης και δείκτες ενεργειακής απόδοσης αυτής κατά την περίοδο ενός έτους, σύμφωνα με το **διάγραμμα 1**.

Με την **εφαρμογή της τεχνολογίας VFD** στους κινητήρες των συμπιεστών, ο **δείκτης ενεργειακής απόδοσης (EER)** παραμένει υψηλός κατά την λειτουργία των μονάδων σε μερικό φορτίο και, κατά συνέπεια, ο **ESEER** είναι αντίστοιχα **αυξημένος**. Η δυνατότητα αυτή των μονάδων VFD να προσαρμόζονται πλήρως στην εποχιακή ζήτηση φορτίου ενός κτιρίου με βέλτιστους δείκτες ενεργειακής απόδοσης (EER), οδηγεί σε σημαντικότερη

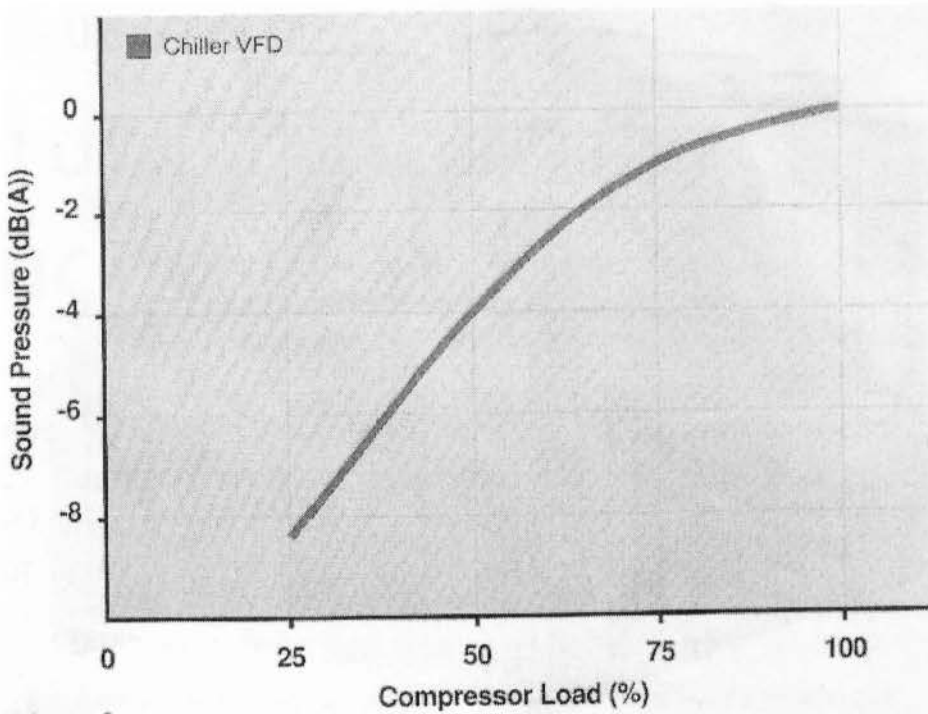
μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε ετήσια βάση, ελαττώνοντας έτσι το λειτουργικό κόστος και προστατεύοντας το περιβάλλον. Θα θέλαμε χαρακτηριστικά να αναφέρουμε ότι, ενώ στα περισσότερα εξελεγμένα συμβατικά ψυκτικά συγκροτήματα αέρα/νερού το εύρος του ESEER είναι 3,5-4,3 στα αντίστοιχα τεχνολογίας VFD, ο ESEER ξεπερνά οριακά το 5. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 20%-30% περίπου σε σχέση με τα συμβατικά συγκροτήματα.



Διάγραμμα 1

## B.) Χαμηλότερη στάθμη θορύβου

Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, ένα τυπικό ψυκτικό συγκρότημα κτιριακής εφαρμογής λειτουργεί το μεγαλύτερο διάστημα ενός έτους σε μερικά φορτία, λόγω της εποχιακής διακύμανσης του θερμικού/ψυκτικού φορτίου κτιρίου. Αυτό συνεπάγεται ότι, στην περίπτωση της εφαρμογής τεχνολογίας VFD, η ταχύτητα περιστροφής του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή, αλλά και των ανεμιστήρων του συμπυκνωτή, θα είναι μειωμένες, εξασφαλίζοντας εξαιρετικά αθόρυβη λειτουργία και, κατά συνέπεια, μειωμένο κόστος εγκατάστασης(μη αναγκαία ηχομόνωση). Όπως φαίνεται και στο **διάγραμμα 2**, η μείωση της ηχητικής πίεσης, λόγω της λειτουργίας σε μερικό φορτίο, σε ψυκτικά συγκροτήματα VFD μπορεί να φθάσει τα 8 db (A).

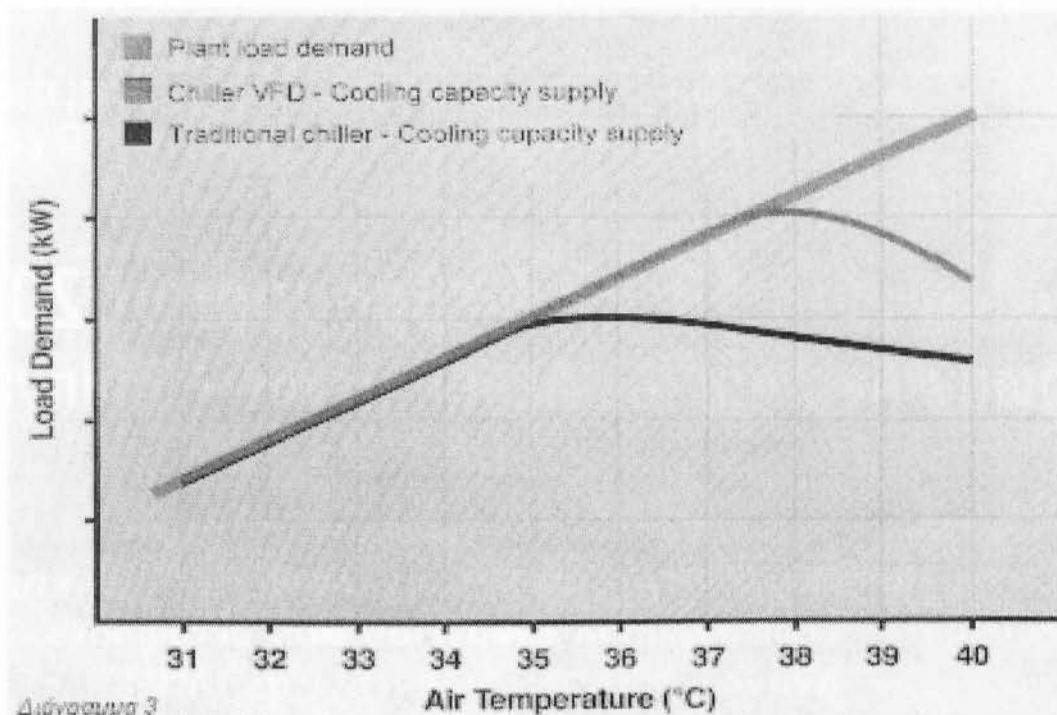


Διάγραμμα 2

Διάγραμμα 2

### Γ.) Μεγαλύτερη ισχύς σε ακραίες συνθήκες

Στις περισσότερες κτιριακές εφαρμογές κλιματισμού η επιλογή της ισχύος των ψυκτών ή αντλιών θερμότητας γίνεται λαμβάνοντας υπόψη ως οριακές συνθήκες περιβάλλοντος τους 35<sup>0</sup> C το καλοκαίρι και τους 0<sup>0</sup>C το χειμώνα. Είναι επίσης γνωστό ότι, πέρα αυτών των θερμοκρασιακών ορίων, η ψυκτική και η θερμική απόδοση μιας συμβατικής μονάδας μειώνεται δραστικά, αδυνατώντας να ακολουθήσει το ψυκτικό ή θερμικό φορτίο του εκάστοτε κτιρίου. Με τη **χρήση VFD** στο κινητήρα του συμπιεστή μπορούμε να αυξήσουμε τη συχνότητα του ρεύματος από τα 50 Hz, που λειτουργεί κανονικά, μέχρι και τα 80 Hz (**Boosted operation**), αυξάνοντας την ταχύτητα περιστροφής και την ψυκτική/θερμική ισχύ αυτού και καλύπτοντας τα αντίστοιχα ψυκτικά/θερμικά φορτία του κτιρίου σχεδόν 100%. Ο κατασκευαστής των συμπιεστών θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του την επιπλέον καταπόνησή τους υπό τις συνθήκες αυτές, για την αποφυγή μείωσης της διάρκειας ζωής τους.



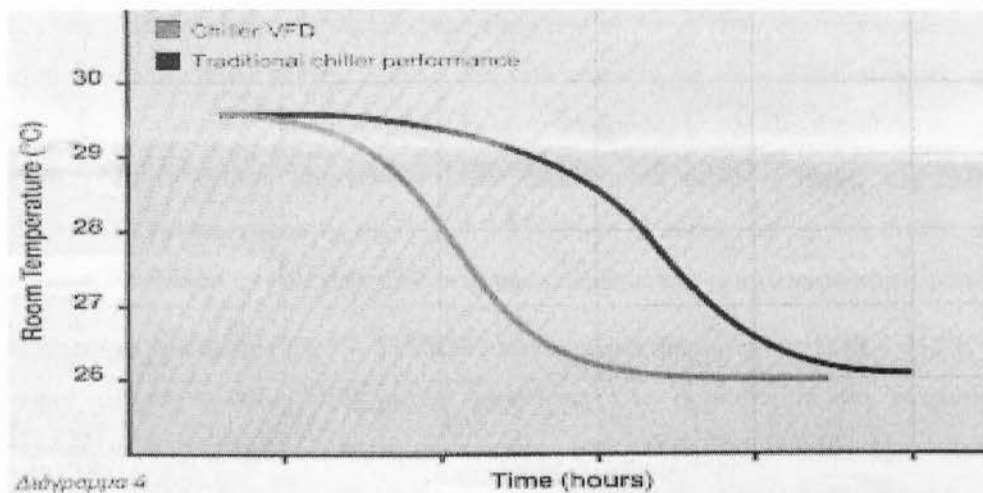
Διάγραμμα 3

Στο **διάγραμμα 3** φαίνεται χαρακτηριστικά η διαφορά μεταξύ ενός συμβατικού αερόψυκτου ψύκτη και ενός αντίστοιχου τεχνολογίας VFD. Ιδιαίτερα θα θέλαμε να τονίσουμε ότι, με την εφαρμογή της **λειτουργίας Boosted** στην περίπτωση αερόψυκτων **αντλιών θερμότητας VFD**, οι μονάδες μπορούν να καλύπτουν το συνεχώς αυξανόμενο **φορτίο του κτιρίου** σχεδόν **100% σε θερμοκρασία** εξωτερικού περιβάλλοντος έως  $-12^{\circ}\text{C}$ .

#### Δ.) Ταχύτητα ψύξη/θέρμανση χώρου

Κατά την έναρξη λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού ενός χώρου, οι εκάστοτε μονάδες έχουν να αντιμετωπίσουν ένα μεγάλο αρχικό φορτίο, προκειμένου να επιτευχθούν οι απαιτούμενες συνθήκες άνεσης το συντομότερο δυνατό. Όπως αναφέραμε και παραπάνω, λόγω της δυνατότητας **αύξησης της ψυκτικής/θερμικής ισχύος** μιας μονάδας τεχνολογίας inverter με αντίστοιχη **αύξηση της συχνότητας του ρεύματος μέχρι και τα 80 Hz**, είναι δυνατόν να φτάσουμε στην επιθυμητή θερμοκρασία ρύθμισης ενός χώρου **σε πολύ συντομότερο χρονικό διάστημα** συγκριτικά με τη χρήση ενός συμβατικού μηχανήματος(διάγραμμα 4).



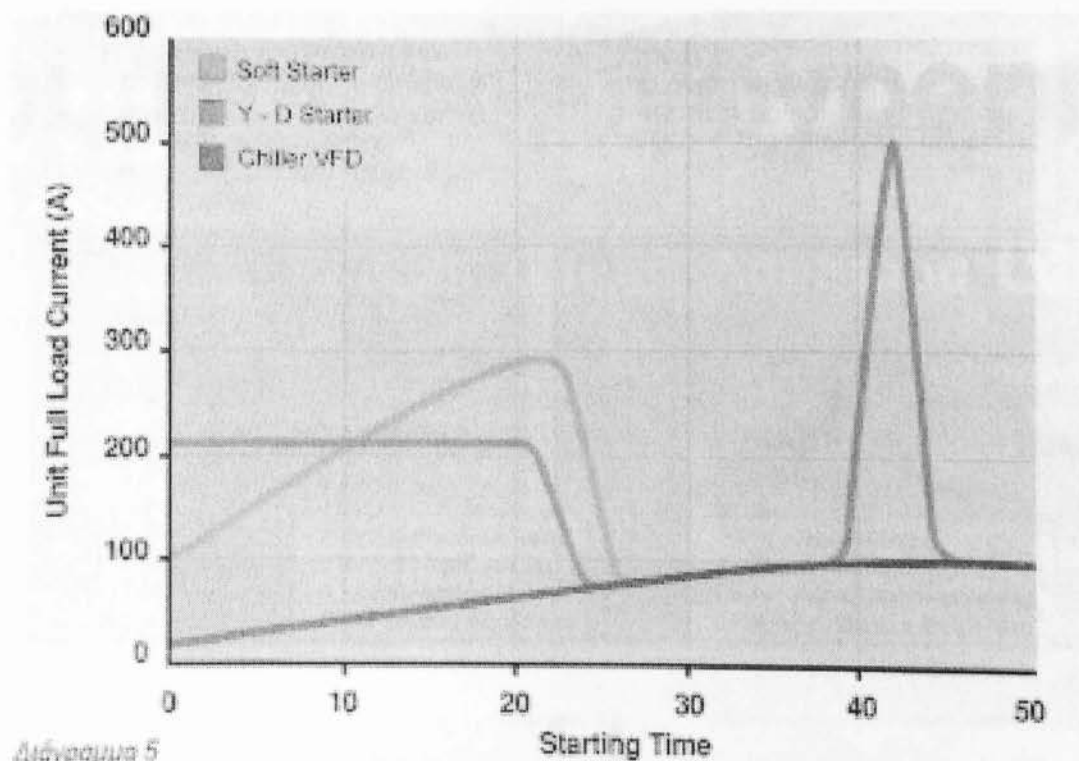


Διάγραμμα 4

Διάγραμμα 4

### Ε.) Μειωμένο ρεύμα εκκίνησης

Η εφαρμογή της τεχνολογίας VFD στους συμπιεστές εξασφαλίζει ότι το **ρεύμα εκκίνησης** θα είναι πάντα **μικρότερο** από το μέγιστο ρεύμα λειτουργίας σε κανονικές συνθήκες. Συνεπώς, απαιτούνται **ηλεκτρικά καλώδια μικρότερης διατομής** από αυτά ισοδύναμων σε ισχύ μηχανημάτων συμβατικής τεχνολογίας και, άρα, **μικρότερο κόστος εγκατάστασης**. Στο **διάγραμμα 5** παρατηρείται το ρεύμα εκκίνησης μονάδων VFD συγκριτικά με συμβατικές που χρησιμοποιούν άλλες τεχνολογίες για το σκοπό αυτό.



Διάγραμμα 5

Διάγραμμα 5

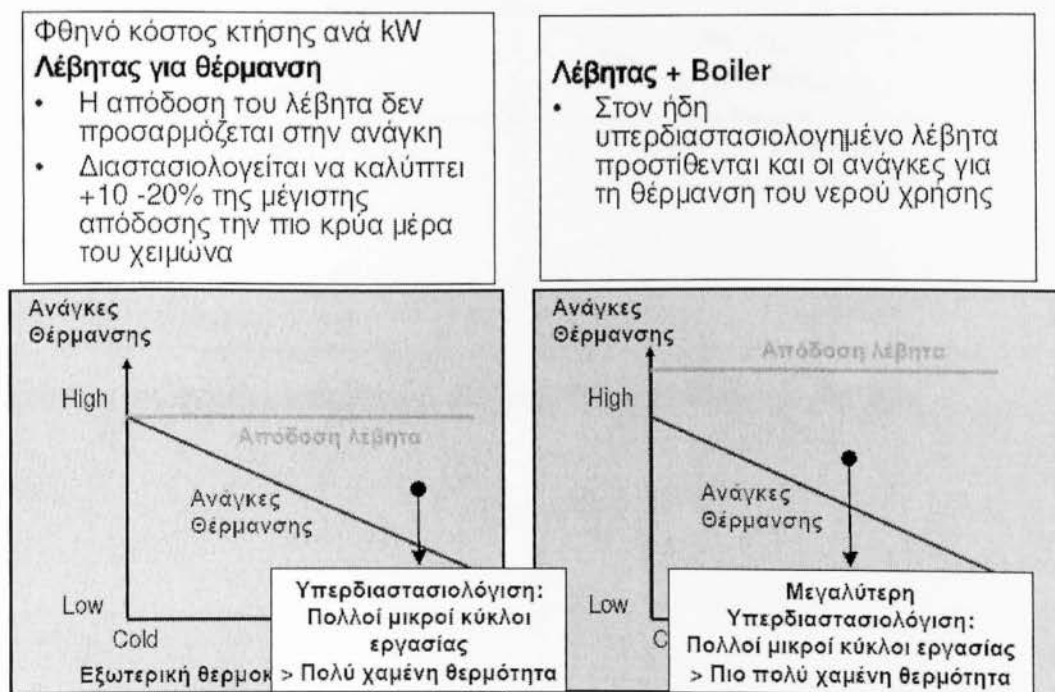
## Στ.) Βελτιωμένος συντελεστής ισχύος

Γενικά, ο συντελεστής ισχύος ενός κινητήρα μειώνεται με την αντίστοιχη μείωση της ισχύος εξόδου αυτού. Είναι επίσης γνωστό ότι, όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής ισχύος μιας ηλεκτρικής συσκευής, τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας αυτής. Με τη χρήση ψυκτών/αντλιών θερμότητας αέρα – νερού τεχνολογίας VFD εξασφαλίζεται συντελεστής ισχύος  $> 0.95$  σε όλο το εύρος λειτουργίας αυτών, με συνέπεια σημαντική μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος και χαμηλότερο κόστος λειτουργίας.

Η παραγωγή ψυκτών [329 – 515 KW] και αντλιών θερμότητας [249 – 412 KW] αέρα – νερού με τεχνολογία VFD στους κινητήρες των συμπιεστών και ανεμιστήρων που περιγράψαμε παραπάνω, πραγματοποιείται από ορισμένους από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές κλιματιστικών μηχανημάτων παγκοσμίως [εικόνα1]. Το λίγο αυξημένο φυσικά κόστος κτήσης μιας τέτοιας τεχνολογικά προηγμένης μονάδας μπορεί πρακτικά να αποσβεστεί από το μειωμένο κόστος λειτουργίας και εγκατάστασης, σε ένα χρονικό διάστημα 3-5 ετών, ανάλογα με το είδος της κτιριακής εφαρμογής.

## 4.6.2 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση αντλίας θερμότητας σε κατοικία.

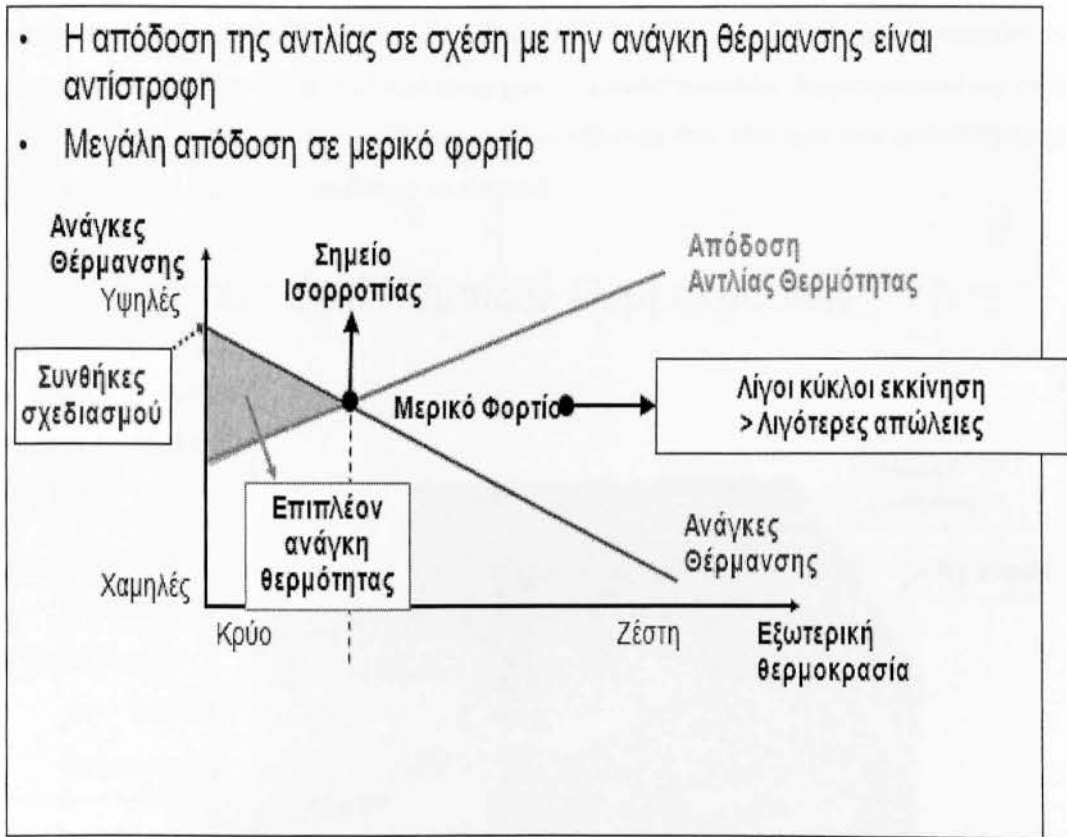
### Τυπική Διαστασιολόγηση λέβητα.



Εικόνα 12

Η αντλία θερμότητας απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον, ακόμα και σε πολύ μικρές εξωτερικές θερμοκρασίες, η οποία με τη σειρά της μεταφέρεται στο χώρο μας. Η απόδοση του συστήματος κυμαίνεται από 3 έως 5 που σημαίνει πως το σύστημα αποδίδει 3 έως 5 φορές περισσότερη ενέργεια από αυτή που χρησιμοποιεί. Εξασφαλίζει παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και μπορεί να λειτουργήσει και σε σύστημα ψύξης/δροσισμού το καλοκαίρι.

### Τυπική Διαστασιολόγηση αντλίας θερμότητας.



Αριστερά του σημείου ισορροπίας μας καλύπτει η εσωτερική αντίσταση

Εικόνα 13

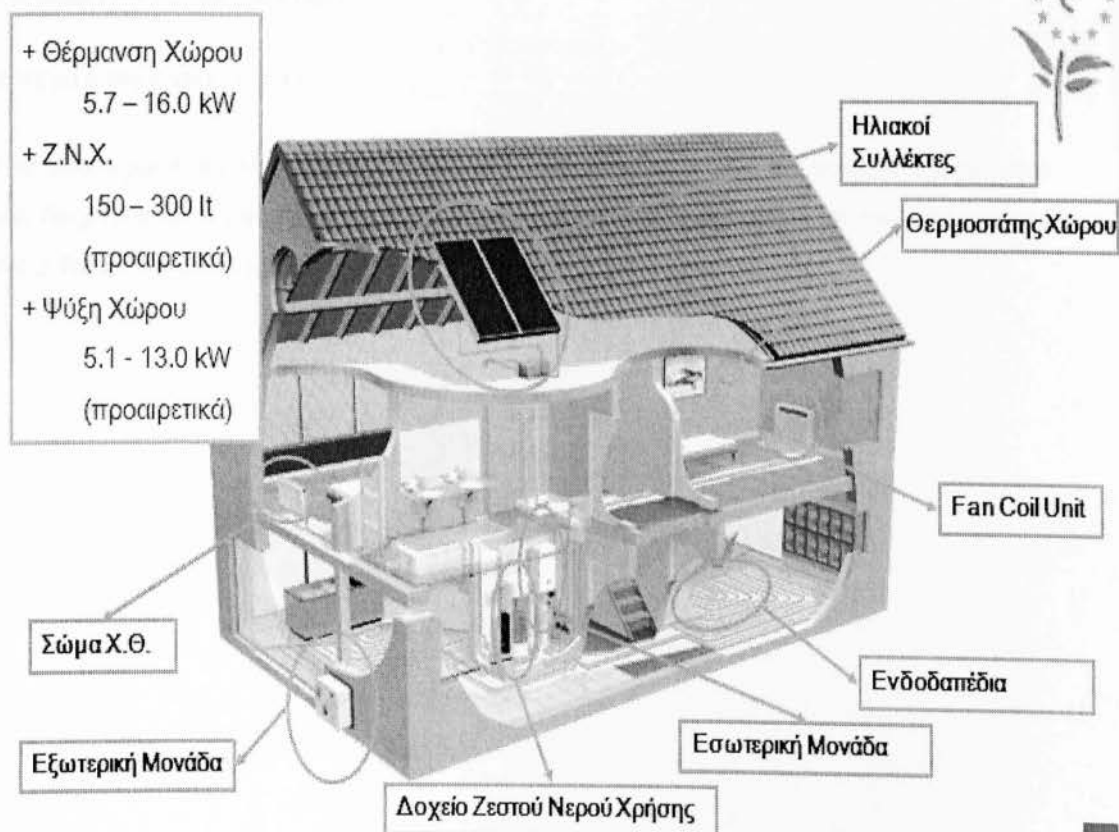
## Σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης με αντλία θερμότητας.

### Παρουσίαση του συστήματος

Το σύστημα θέρμανσης και ψύξης που παρουσιάζουμε αποτελείται από μια αντλία θερμότητας αέρος - νερού ψύξη θέρμανση, από το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης και δροσισμού και το μονοσωλήνιο δίκτυο με τα fan coil νερού που χρησιμοποιούνται για την ψύξη και την ταχεία θέρμανση .

Χρησιμοποιώντας πάντα το ζεστό η κρύο νερό που η αντλία θερμότητας <<παράγει>> χρησιμοποιούμε την ενδοδαπέδια που είναι μια θέρμανση χαμηλών θερμοκρασιών ως κύρια θέρμανση και καλύπτουμε τις περιπτώσεις όπου θέλουμε ένα σύστημα που ανταποκρίνεται γρηγορότερα από την ενδοδαπέδια με τα fan coil .

## Σύστημα Split Χαμηλών Θερμοκρασιών



Εικόνα 14

Στην διάρκεια του καλοκαιριού τα fan coil μας παρέχουν την ψύξη με τα ίδια χαρακτηριστικά αυτονομίας και στάθμης θορύβου ενός οικιακού κλιματιστικού χωρίς να έχουμε εξωτερική μονάδα .

Επιπλέον οι περισσότεροι τύποι fan coil συνεργάζονται με εξαερισμό για την παροχή προκλιματισμένου νωπού αέρα επιτυγχάνοντας άριστες συνθήκες που όμοιες δεν μπορεί να εξασφαλίσει συμβατικό καλοριφέρ με κλιματιστικά split

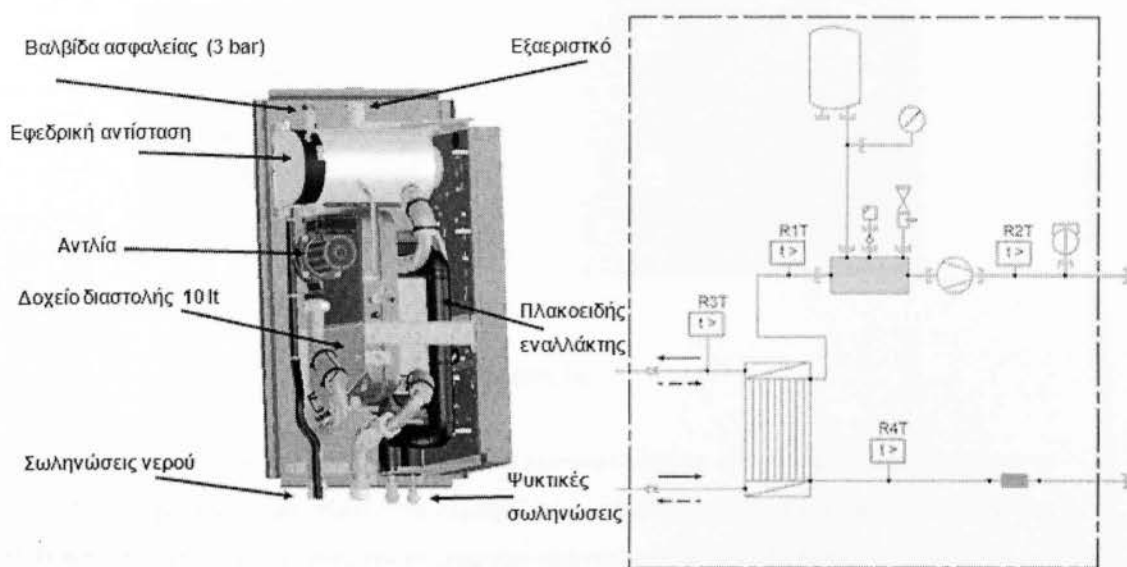
Πιο κάτω θα αναλύσουμε την κατά 80 % οικονομία στην τσέπη μας από το σύστημα θέρμανσης την κατά 3/4 μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και τα χωροταξικά του πλεονεκτήματα δεδομένου ότι μόνο ένα μηχάνημα στην ταράτσα μισού m<sup>2</sup> με 1.70 ύψος καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης χωρίς λεβητοστάσια δωμάτια δεξαμενής καύσιμου (όταν δεν υπάρχει δίκτυο αερίου) και εξωτερικές μονάδες κλιματιστικών.

Αναλυτικά τα 3 συστατικά μέρη του συστήματος . Την **Αντλία θερμότητας** την **Ενδοδαπέδια** και τα **Fan coil** .

## **ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

Η αντλία θερμότητας είναι η καρδιά του συστήματος καθώς από αυτήν πηγάζει η θερμότητα που διοχετεύεται στο σύστημα με μέσο μεταφοράς το νερό που οδεύει είτε στις σωληνώσεις της ενδοδαπέδιας είτε των fan coil .

## Σχεδιασμός της εσωτερικής μονάδας



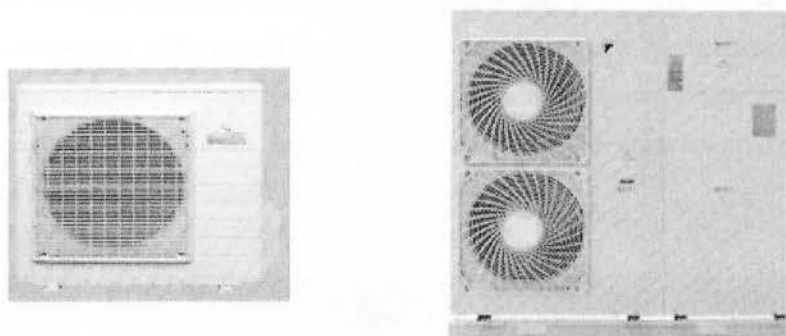
Εικόνα 15

Η αρχή λειτουργίας της είναι ο ψυκτικός κύκλος μέσω της συμπίεσης του ψυκτικού υγρού (Freon ) από τον συμπιεστή με τελικό σκοπό την μεταφορά της θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον στον εσωτερικό χώρο και αντίστροφα .

Όπως ακριβώς το γνωστό μας κλιματιστικό τοίχου μεταφέρει την θερμότητα με την διαφορά ότι εδώ η θερμότητα δεν αποδίδεται στον αέρα του δωματίου μέσω ενός ανεμιστήρα αλλά αποδίδεται μέσω ενός χάλκινου εναλλάκτη στο νερό του συστήματος θέρμανσης.

Εξ αυτού του λόγου τα γνωστά μας κλιματιστικά λέγονται αέρος-αέρος ενώ οι αντλίες θερμότητας αυτές αέρος-νερού.

Σε κάθε περίπτωση οι αντλίες θερμότητας αέρος - νερού δεν παράγουν θερμότητα αλλά μεταφέρουν σε αντίθεση με τους πάσης φύσεως λέβητες πετρελαίου η αερίου ,και ενώ για ένα λέβητα η επιτυχία είναι να πλησιάσει σε μια ενεργειακή απόδοση κοντά στην μονάδα (0,93 η 0,94 ) είναι κορυφαίες τιμές οι αντλίες θερμότητας καταφέρνουν να έχουν μια ενεργειακή απόδοση 3 με 3,3 και αυτές με συμπιεστές inverter να φτάνουν το εκπληκτικό νούμερο 4,5.



**Εικόνα 16**

Το αποτέλεσμα βέβαια είναι να χρειάζεται να καταναλώσουμε το 1/4 της ενέργειας για να το ίδιο αποτέλεσμα και επιπροσθέτως να εκμεταλλευόμαστε το χαμηλό νυκτερινό τιμολόγιο της ΔΕΗ που καλύπτει τις βραδινές και αυξημένων αναγκών σε θέρμανση ώρες.

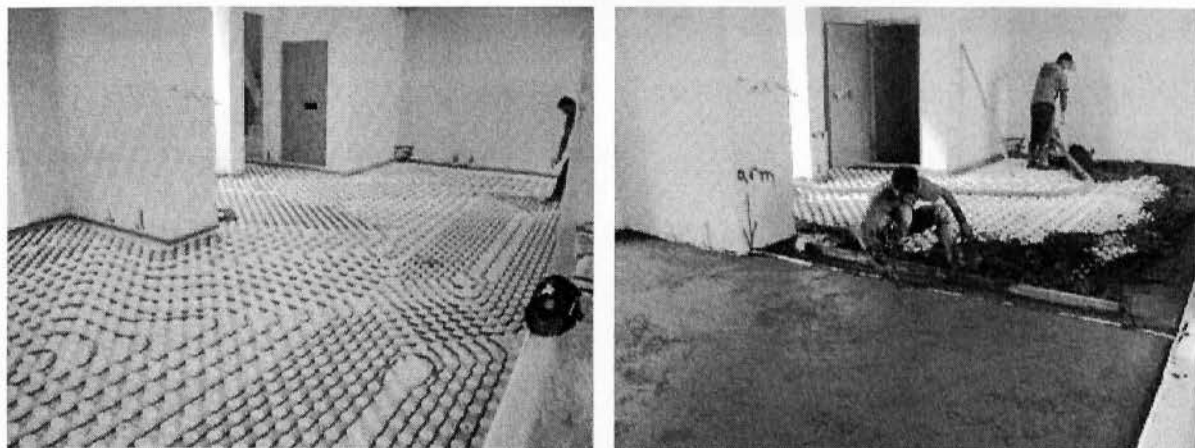
Η τεχνολογία στις αντλίες θερμότητας έχει φτάσει στο επίπεδο τα μηχανήματα να λειτουργούν με μικρή σχετικά πτώση απόδοσης (με inverter συμπιεστή ) μέχρι τους  $-20^{\circ}\text{C}$  και δεδομένου ότι την πτώση αυτή απόδοσης μπορεί να έχει αντιμετωπιστεί με υπερδιαστασιολόγηση κατά την επιλογή και αγορά της μονάδος μπορούμε εμείς να προσδιορίσουμε με ποια θερμοκρασία το σύστημα μας θα μας αποδίδει το ζητούμενο.

Να σημειωθεί ότι η ενεργειακή απόδοση κατεβαίνει από τις μετρημένες τιμές όταν η θερμοκρασία είναι ιδιαίτερος χαμηλή αλλά και σε ακραίες θερμοκρασίες βρίσκεται πολύ ψηλότερα της μονάδος

### **ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Σε σπίτι με εγκατεστημένα θερμαντικά σώματα νερού (καλοριφέρ) και λεπτομερή μέτρησης θερμοκρασίας στο χώρο ,υπάρχουν αυτά τα δεδομένα : θερμοκρασία  $18^{\circ}\text{C}$  στο δάπεδο,  $19^{\circ}\text{C}$  σε ύψος 80 cm και  $25^{\circ}\text{C}$  στο ταβάνι. **Οι απώλειες θερμότητας όμως εξαρτώνται και από τη θερμοκρασία του ταβανιού.** Με την ενδοδαπέδια θέρμανση έχουμε πολύ ελαφρά θερμά ρεύματα προς το ταβάνι σε όλη την επιφάνεια του χώρου και ταυτόχρονα πιο ψυχρά ρεύματα προς τα κάτω. Αποτέλεσμα  $22^{\circ}\text{C}$  στην περιοχή του δαπέδου,  $20^{\circ}\text{C}$  σε όλο σχεδόν το ύψος και  $18^{\circ}\text{C}$  στο ταβάνι. Τα κοινά θερμαντικά σώματα, ζεσταίνοντας τον αέρα δημιουργούν ένα ρεύμα αέρα που γλείφει τον τοίχο και ανεβαίνει στο ταβάνι. Αφού ο πολύ ζεστός αέρας ανέβει στο ταβάνι και εκεί αρχίσει να κρυνώνει θα κατέβει σιγά - σιγά προς τα κάτω εκτοπισμένος από τον πιο ζεστό αέρα που θα ανεβαίνει από τα θερμαντικά σώματα.

Δεύτερο πλεονέκτημα είναι ότι επειδή έχουμε μια πολύ μεγάλη επιφάνεια για τη θέρμανση του χώρου απαιτείται πολύ μικρή θερμοκρασία της επιφάνειας αυτής, και μάλιστα μια χαμηλή θερμοκρασία επιβάλλεται για να μην υπάρξουν προβλήματα υγείας στα πόδια μας. Πιο εύκολα λοιπόν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια Α.Π.Ε (ηλιακό συλλέκτη, αντλίες θερμότητας αέρα-νερού, γεωθερμία κ.λπ.) ως πηγή ενέργειας.



Εικόνα 17

Τρίτο πλεονέκτημα είναι η αύξηση του ωφέλιμου χώρου από την απουσία των θερμαντικών σωμάτων . Κατά μέσο όρο σε ένα σπίτι 100 m<sup>2</sup> τα θερμαντικά σώματα καταλαμβάνουν 1,5 με 2 m<sup>2</sup> μαζί δε επιφάνεια γύρω απ αυτά που κατά ανάγκη θα μείνει ανεκμετάλλευτη αγγίζει τα 4 με 5 m<sup>2</sup> . Τέταρτο πλεονέκτημα είναι η πολύ καλή ηχομόνωση που επιτυγχάνετε από όροφο σε όροφο με το συνδυασμό μορφόπλακας από μονωτικό υλικό και θερμοπετού πάχους 6 -10 cm.

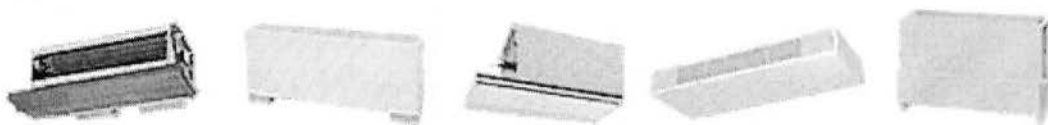
### **FAN COIL : Ψύξη - Θέρμανση και Εξαερισμός**

Η λέξη Fan coil ίσως σε πολλούς θυμίζει αυτά τα ξεχαρβαλωμένα, τεράστια κλιματιστικά νερού των δημόσιων υπηρεσιών της περασμένης δεκαπενταετίας . Ίσως λίγοι ξέρουν ότι τα σημερινά fan coils δεν διαφέρουν σε τίποτα από οποιοδήποτε άλλο κλιματιστικό εμφανισιακά και παράγονται σε όλους τους τύπους που παράγονται και τα γνωστά μας κλιματιστικά (τοιχίου , δαπέδου , οροφής ,ψευδοροφής κασέτα και αεραγωγών )

Η μόνη τους διαφορά είναι ότι στο ένα περνάει φρέον στον εναλλάκτη του και στο fan coil νερό. Κατά αυτόν το τρόπο έχοντας παροχή ζεστού η κρύου νερού από την αντλία θερμότητας μας αποδίδουν ψύξη και θέρμανση με παραπλήσιο τρόπο και αίσθηση με ένα κλιματιστικό δωματίου .



Όλοι οι τύποι των fan coil ,εκτός του τοίχου και οροφής ,έχουν δυνατότητα να κάνουν λήψη νερού αέρα δίνοντας την προοπτική στον μελετητή να δημιουργήσει τον απαραίτητο εξαερισμό όπου υπάρχουν ανάγκες.



**Εικόνα 18**

Με τον κατάλληλο πίνακα αυτοματισμών το κάθε fan coil είναι πλήρως αυτόνομο και σε λειτουργία και σε ρυθμίσεις και μπορεί να λειτουργεί παράλληλα η ανεξάρτητα από την ενδοδαπέδια θέρμανση η τον δροσισμό δαπέδου τα οποία συστήματα δαπέδου έχουν επίσης δυνατότητα αυτονομίας ανά χώρο.

Για να λειτουργήσει επιτυχώς , αποδοτικά και χωρίς χρήση ογκώδους δοχείου αδρανείας η αυτονομία ,απαραίτητο είναι η αντλία να είναι inverter δηλαδή αυξομειωμένης απόδοσης.

Με τα Fan coil εκτός από τις ανάγκες ψύξης καλύπτουμε και τις περιπτώσεις όπου θέλουμε μια γρήγορη θέρμανση να τραβήξει την υγρασία, εποχή που ακόμα δεν έχουμε ανάγκη κύριας θέρμανσης.

#### **4.6.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

##### **A) Κόστος αγοράς**

Εάν πάρουμε σαν μοντέλο μια κατοικία 180 -200 m<sup>2</sup> το κόστος κατασκευής ενός τέτοιου συστήματος με αυτονομία ανά δωμάτιο ,αντλία θερμότητας inverter, εσωτερικές μονάδες fan coil για τη λειτουργία του δροσισμού , τη λύση της ενδοδαπέδιας ως προς τη θέρμανση με τον πίνακα αυτοματισμών θα φτάσει τις 30 -32.000 € .

Συγκριτικά ένα συμβατικό σύστημα καλοριφέρ για την θέρμανση θα έφτανε τις 13.000 με 14.000 € με αντίστοιχης τεχνολογικής ποιότητας προϊόντα και για 6 με 7 κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου που θα χρειαστεί μια τέτοια κατοικία για την ψύξη θα πρέπει να δαπανηθούν αλλά 8.000-9.000 €

Συμπερασματικά σαν κόστος αγοράς το σύστημα θα είναι κατά 8.000 -10.000 € ακριβότερο από τις συμβατικές λύσεις.

Εάν υπολογιστεί η εξοικονόμηση του χώρου του λεβητοστάσιου κατ ελάχιστον  $6 \text{ m}^2$  και του χώρου της δεξαμενής επίσης κατ ελάχιστο  $6 \text{ m}^2$  έχουμε μια ωφέλεια που είτε σαν κόστος κατασκευής ενός υπόγειου χώρου προς  $600 \text{ €/ m}^2$  είτε αξιοποιώντας την χρήση των επιπλέον  $12 \text{ m}^2$  για έναν ξενώνα η μια αποθήκη σε κάθε περίπτωση αποσβένεται το πρόσθετο κόστος της αγοράς .

## **Β) Κόστος λειτουργίας**

Η ενδοδαπέδια θέρμανση επειδή δεν καταναλώνει ενέργεια για να ζεστάνει τα υψηλά στρώματα αέρα και διότι λειτουργεί με μικρότερες θερμοκρασίες νερού και συνεπώς μικρότερες απώλειες χρειάζεται μόνο  $80 \text{ Watt / m}^2$  αντί των  $150 -180$  μιας συμβατικής θέρμανσης .

Με αντλία θερμότητας που λειτουργεί με συντελεστή απόδοσης κατά μέσω όρο 3 και με 50% μειωμένες τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας 15-20% από την συμβατική λύση θέρμανσης.

Εάν συνυπολογίσει κανείς ότι τα μέγιστα φορτία στην θέρμανση ζητούνται κατά την διάρκεια της νύχτας και οι περισσότερες ώρες συμπίπτουν με το ωράριο του νυχτερινού ρεύματος το οποίο είναι 50% φθηνότερο από το χαμηλότερο ημερήσιο καταλαβαίνει κανείς ότι με ένα τέτοιο σύστημα σωστά μελετημένο ,εφαρμοσμένο και υποστηριζόμενο από σωστά προϊόντα μπορεί κανείς να ρίξει στο 15-20% της δαπάνες για θέρμανση.

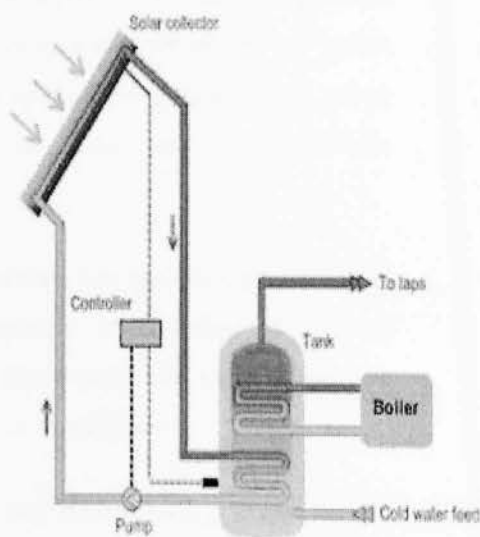
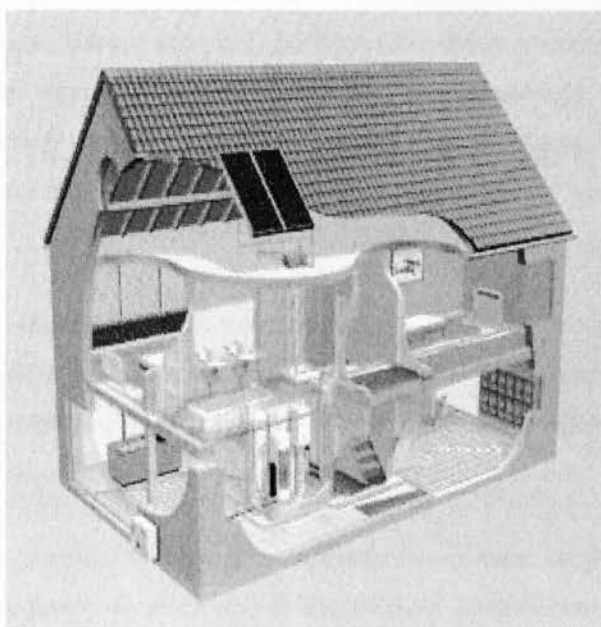
Πρόσθετο πλεονέκτημα είναι ότι το κόστος λειτουργίας βασίζεται για το μέλλον σε τιμές που καθορίζει μια δημόσια επιχείρηση και είναι συνδεδεμένες με τον πληθωρισμό σε αντίθεση με το πετρέλαιο και το αέριο που έτσι και αλλιώς προσαρμόζεται από την τιμή του πετρελαίου και σαν χρηματιστηριακά προϊόντα μπορεί να δουν και τριπλασιασμό τις τιμές τους σε ελάχιστο χρόνο με την έξοδο από την διεθνή κρίση σε τιμές που είμαστε προΐδεασμένοι από το καλοκαίρι του 2008.

## **Γ) Ηλιακή υποβοήθηση**

Οι χαμηλές θερμοκρασίες νερού με τις οποίες λειτουργεί και η ενδοδαπέδια και τα Fan coil καθιστούν το σύστημα αφ ενός ιδανικό αφ έτερου κατά 75% έτοιμο να δεχθεί ηλιακή θέρμανση . Θα χρειαστεί να προστεθεί ένα μεγάλο boiler, ένας κυκλοφορητής , οι συλλέκτες στην ταράτσα και οι απαραίτητες παρεμβάσεις στον πίνακα αυτοματισμών που μπορεί να συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας με σωστές ρυθμίσεις .

Με δεδομένο το συμπέρασμα μελέτης του Κ.Α.Π.Ε ( Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ) ότι στην Αττική μια ηλιακή θέρμανση που υποστηρίζεται από συλλέκτες ίσους σε επιφάνεια με το 20% του προς θέρμανση χώρου μπορεί να παράγει το 40% των θερμικών αναγκών.

Έτσι υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει αρκετός χώρος για συλλέκτες σε σωστό προσανατολισμό θα μπορούσε το σύστημα να είναι ηλιακά υποβοηθούμενο σε κάποιο ποσοστό πρακτικά 20 -30 % και όταν με το σύστημα αυτοματισμού και τον έλεγχο του στο boiler συλλογής η ηλιακή ενέργεια διοχετεύεται στις ημερήσιες ανάγκες, αφαιρείται από το ακριβό τιμολόγιο του ρεύματος.



**Εικόνα 19**

Ένα σύστημα που εξασφαλίζει θαλπωρή το χειμώνα, κλιματισμό ή δροσισμό το καλοκαίρι φιλικό προς το περιβάλλον μια και οι αντλίες θερμότητας θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ,που δεν καταλαμβάνει χώρους πρωτεύοντες με τα θερμαντικά σώματα και δευτερεύοντες με τα λεβητοστάσια , δεν μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά , δεν έχει οσμές όπως του πετρελαίου ή των καμινάδων και την κατανάλωση σου δεν την προπληρώνεις .

## Συμπεράσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας

Η μεγάλη ζήτηση των Α/Θ για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης ή ακόμη και για θέρμανση νερού πισίνας οφείλεται στην ανάγκη μείωσης του κόστους λειτουργίας, στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και στην προστασία του περιβάλλοντος από το βλαβερό CO<sub>2</sub>.

Είναι πλέον ξεκάθαρο σε όλο τον τεχνικό κόσμο ότι η χρήση των αντλιών θερμότητας για θέρμανση το χειμώνα αποτελεί την πλέον οικονομική λύση θέρμανσης για κατοικίες και επαγγελματικούς χώρους.

Η αρχή της λειτουργίας της Αντλίας Θερμότητας με σύμμαχο τα στοιχεία της φύσης (ήλιος, αέρας, έδαφος και νερό) βασίζεται στο ότι η συσκευή καταφέρνει να μεταφέρει θερμότητα από κάποιο όριο θερμοκρασίας σε ένα υψηλότερο. Ο λόγος που η θέρμανση με χρήση αντλιών θερμότητας είναι σημαντικά οικονομικότερος από τη συμβατική θέρμανση με καύση οφείλεται στην άντληση θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον.

Η άνοδος της τιμής του πετρελαίου και η αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος από την καύση (ιδιαίτερα σε αστικό περιβάλλον που είναι ιδιαίτερα επιβαρημένο σε ρύπους) επιβάλλουν την επανεξέταση του συμβατικού τρόπου θέρμανσης των κτιρίων και την επιλογή λύσεων που εξοικονομούν ενέργεια & πόρους από το περιβάλλον

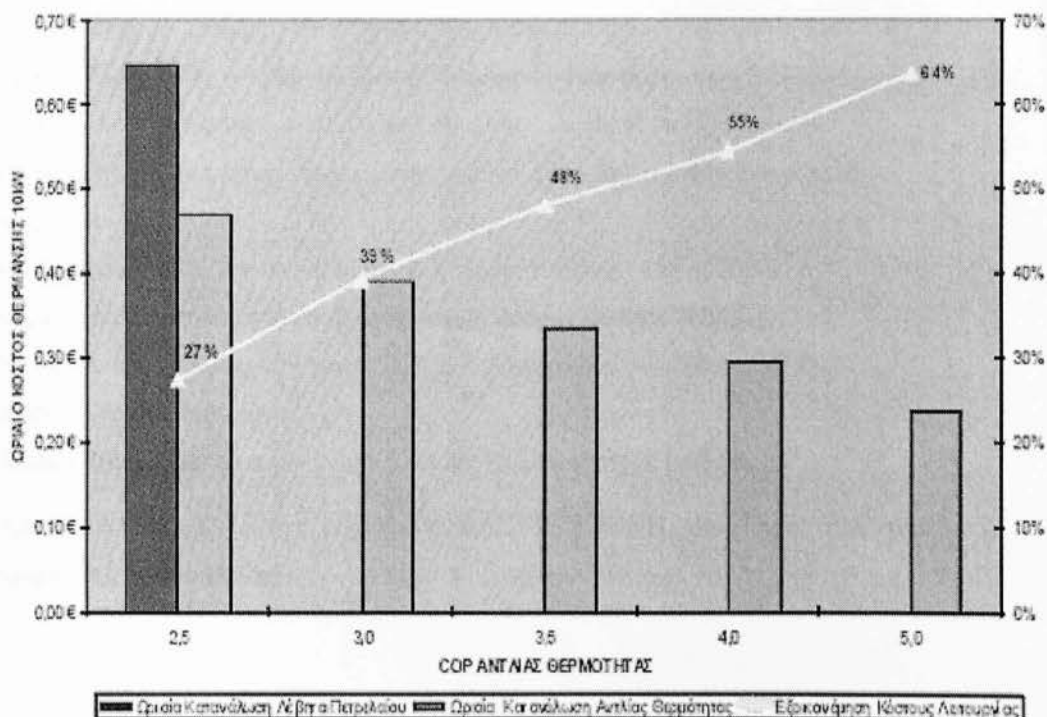
Οι Αντλίες Θερμότητας απορροφούν περίπου το 75% της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη από το περιβάλλον. Το υπόλοιπο 25% το παίρνουμε με την μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας και έτσι πετυχαίνουμε θερμική άνεση 100%.

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται δεν μετατρέπεται σε θερμική, (όπως συμβαίνει στις ηλεκτρικές θερμάστρες) αλλά χρησιμοποιείται για την κίνηση ενός ηλεκτρικού συμπιεστή και την άντληση θερμότητας από και προς το περιβάλλον. Ο λόγος της αντλούμενης θερμικής ενέργειας προς την απορροφούμενη ηλεκτρική ενέργεια, δηλαδή ο βαθμός αποδοτικότητας COP (Coefficient of performance) στις σύγχρονες αντλίες θερμότητας κυμαίνεται από 2,5 έως 5, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται (Inverter – hi-efficiency heat exchangers – control) και τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Η χώρα μας βρίσκεται σε μια γεωγραφική περιοχή όπου η θέρμανση μέσω της άντλησης θερμότητας μπορεί να καλύψει πλήρως τις ανάγκες θέρμανσης στα 3/4 του πληθυσμού (Κεντρική & Νότια Ελλάδα Γεωγραφικές Ζώνες Α & Β)

Για να ποσοτικοποιήσουμε την οικονομικότητα της χρήσης των αντλιών θερμότητας ας δούμε το ακόλουθο παράδειγμα, που αφορά τη μέση κατοικία στην Ελλάδα, με επιφάνεια 90 τ.μ και θερμικές απώλειες 10 kW.

**Παρατηρούμε ότι με την χρήση των αντλιών θερμότητας για θέρμανση έχουμε οικονομία έως και 64% σε σχέση με συμβατικό λεβητοστάσιο με καύση πετρελαίου.**



Διάγραμμα 6

Ειδικότερα αν η μέση ετήσια ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση μιας κατοικίας είναι **8000 ~ 9000 kWh/έτος** (που ισοδυναμεί με ετήσια κατανάλωση πετρελαίου 1000 λίτρα), το ετήσιο κόστος λειτουργίας ενός συστήματος θέρμανσης με χρήση αντλίας θερμότητας και βαθμό αποδοτικότητας COP 5 είναι **210 €**. Από την άλλη πλευρά μια αντλία θερμότητας με χαμηλό βαθμό COP 2,5 θα έχει διπλάσιο ετήσιο κόστος **425 €**.

Με την εγκατάσταση μιας αντλίας θερμότητας με υψηλό COP/EER αποσβένεται σε λιγότερο από 5 πέντε έτη, από την εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους που προσφέρει σε σχέση με την ίδιας ισχύος μονάδα με χαμηλό COP/ EER .

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αντωνόπουλος Α. Κίμωνας: *Θερμικά-Ηλιακά Συστήματα*, Μέρος Πρώτο, Αθήνα 2007.
2. Βραχόπουλος Γρ. Μιχάλης: *Ψυκτικές Διατάξεις*, Εκδόσεις 'ΙΩΝ'.
3. Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής : *Πέμπτο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Αθήνα 6-8 Νοεμβρίου 1996*, Πρακτικά Τόμος Α.
4. Αναστασιάδης Π. Σπύρος : *Βιομηχανική Ψύξη και Κλιματισμός με Ηλιακή Ενέργεια*, Αθήνα 1981.
5. Αναστασιάδης Π. Σπύρος : *Υπολογισμός Ψυκτικών Μονάδων, Εφαρμογές και Συμπιεστές Ψύξης*, Αθήνα 1998, Εκδόσεις 'Τεχνικών –Επιστημονικών Βιβλίων'.
6. Ψειμαδάς Αρ. Βασίλειος : *Διπλωματική Εργασία ' Συμβολή στο Σχεδιασμό Συμπυκνωτών με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή'*, Αθήνα 1999, Βιβλιοθήκη Εθνικού Μ. Πολυτεχνείου.
7. Αντωνόπουλος Α. Κίμωνας : *Κλιματισμός, Πρώτο Μέρος*, Αθήνα 2007.
8. Χατζηδάκης Σ. : *Σημειώσεις Ψύξης Α' και Β' Μέρος*, Αθήνα 2003.
9. Whitman Lang , Tomczyk Johnson : *Ψύξη & Κλιματισμός*, Εκδόσεις 'ΙΩΝ' ,  
Επιμέλεια: Χαρακλιάς Κώστας.
10. Holman J.P. : *Heat Transfer Ninth Edition*, Εκδόσεις McGrawHill.
11. Σημειώσεις ηλεκτρολόγου μηχανικού ΒΑΣ. ΚΟΚΚΙΝΗ υπεύθυνος στον τομέα της θέρμανσης της Daikin Hellas .

## ***Κεφάλαιο 5.***

### ***Ανάκτηση θερμότητας από συστήματα κλιματισμού.***

## 5.1 Εισαγωγή-Ορισμός.

Όταν απορρίπτεται αέρας από ένα χώρο σε θερμοκρασία διαφορετική από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, είναι πολύ πιθανό ότι χάνεται ενέργεια.

Ο αέρας που απορρίπτεται πρέπει να αναπληρωθεί από φρέσκο εξωτερικό αέρα. Ιδιαίτερα όταν ο χώρος κατοικείται, ο αέρας πρέπει να προσαχθεί με μια ορισμένη θερμοκρασία ώστε να δημιουργεί αίσθημα άνεσης. Η διαδικασία αυτή της αναπλήρωσης του απορριπτόμενου αέρα απαιτεί την πρόσδοση ή την αφαίρεση θερμότητας, ανάλογα με την εποχή του έτους και τις συνθήκες του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Ο αέρας απορρίπτεται από ένα χώρο, γιατί πρέπει να απομακρυνθούν οι επιβλαβείς ουσίες τις οποίες περιέχει. Οι πλέον κοινές από αυτές τις ουσίες είναι το διοξείδιο του άνθρακα και η υγρασία. Και οι δύο είναι το αποτέλεσμα της παρουσίας ανθρώπων μέσα στους χώρους. Υπάρχουν και άλλες ουσίες που πρέπει να απομακρυνθούν με την απόρριψη του αέρα, όπως η σκόνη, το διοξείδιο του θείου, το χλώριο κ.ά.

Στις προσπάθειες να ικανοποιηθούν οι παραπάνω απαιτήσεις και ταυτόχρονα να μειωθεί το λειτουργικό κόστος μιας εγκατάστασης κλιματισμού αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι εναλλακτών θερμότητας και συστημάτων ανάκτησης θερμότητας.

Με τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας, η ενέργεια που περιέχει το ρεύμα του απορριπτόμενου αέρα μεταφέρεται στο ρεύμα του φρέσκου εξωτερικού αέρα. Δηλαδή το καλοκαίρι το ρεύμα απόρριψης προψύχει το ζεστό νωπό αέρα (π.χ. 40°C), με αέρα που απορρίπτεται στους 27°C. Το χειμώνα το ίδιο ρεύμα προθερμαίνει τον κρύο νωπό αέρα (π.χ. 0°C), με αέρα που απορρίπτεται στους 21°C. Οι ρυπογόνες ουσίες πρέπει όμως να παραμένουν στο αέρα απόρριψης. Δηλαδή τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας ενώ πρέπει να επιτρέπουν τη μετάδοση θερμότητας πρέπει να αποτρέπουν τη μετάδοση ρύπων.

Οι διαφορές ανάμεσα στους διάφορους τύπους συσκευών, υλικών και συστημάτων καθορίζονται κυρίως από τις λειτουργικές απαιτήσεις.

Οι απαιτήσεις αυτές είναι συνήθως η ανάγκη για ψύξη, θέρμανση, ύγρανση ή αφύγρανση του αέρα, η διαθεσιμότητα του χώρου και η απόσταση ανάμεσα στο σημείο απόρριψης του αέρα του χώρου και στο σημείο λήψης του νωπού αέρα.



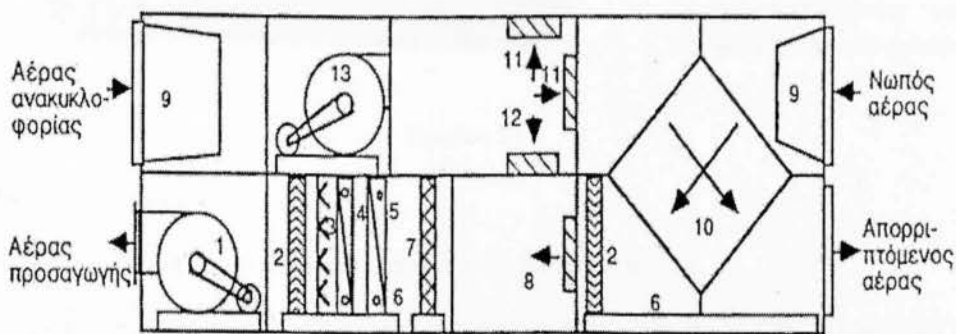
## 5.2 Συσκευές ανάκτησης θερμότητας.

Οι κυριότερες συσκευές ανάκτησης θερμότητας στα συστήματα κλιματισμού είναι:

### α) Οι εναλλάκτες θερμότητας αέρα-αέρα (fixed plate exchangers)

Αυτοί είναι πλακοειδείς εναλλάκτες διασταυρούμενης ροής, μέσα στους οποίους γίνεται ανάκτηση της αισθητής θερμότητας του αέρα που απορρίπτεται στο ύπαιθρο από το νωπό αέρα που προσάγεται στους χώρους.

Τοποθετούνται συνήθως μέσα στην κλιματιστική μονάδα.



- |                           |                                |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Ανεμιστήρας προσαγωγής | 8. Damper νωπού αέρα           |
| 2. Σταγονοσυλλέκτης       | 9. Σακκόφιλτρα                 |
| 3. Υγραντήρας             | 10. Εναλλάκτης αέρα-αέρα       |
| 4. Θερμαντικό στοιχείο    | 11. Dampers απόρριψης αέρα     |
| 5. Ψυκτικό στοιχείο       | 12. Damper αέρα ανακυκλοφορίας |
| 6. Λεκάνη συμπυκνωμάτων   | 13. Ανεμιστήρας ανακυκλοφορίας |
| 7. Φίλτρα                 |                                |

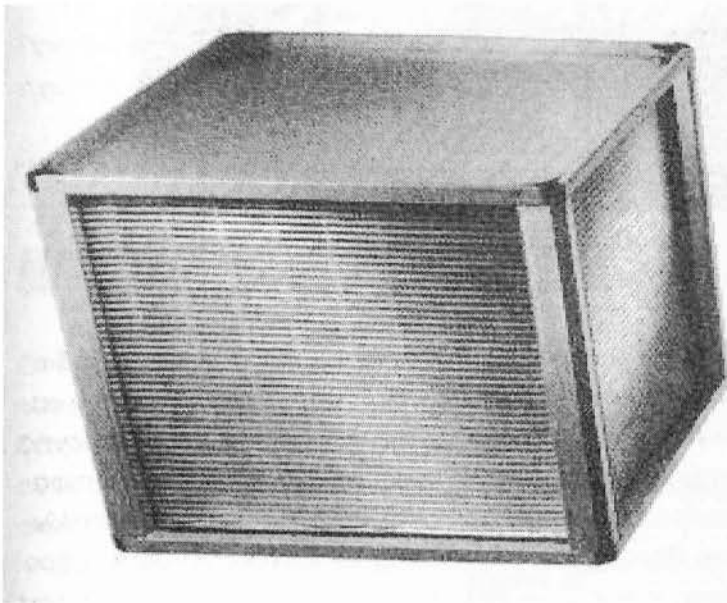
Εναλλάκτης θερμότητας αέρα-αέρα σε Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα

**Εικόνα 20**

Η ανάκτηση θερμότητας επιτυγχάνεται με την εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του νωπού αέρα και του απορριπτόμενου αέρα μέσω λεπτών επιφανειών που συνήθως είναι μεταλλικές και απέχουν μεταξύ τους από 2.5 έως 12.5 mm.

Πλεονέκτημα: δεν έχουν λειτουργικά μέρη.

Μειονέκτημα: δεν εναλλάσσουν υγρασία, αυξάνουν την πτώση πίεσης του αέρα



Γλακοειδής  
εναλλάκτης αέρος-αέ-  
ρος, κατάλληλος για ε-  
ξοικονόμηση ενέργειας

**Εικόνα 21**

Τα δύο ρεύματα αέρα διασταυρώνονται πάνω στον εναλλάκτη.

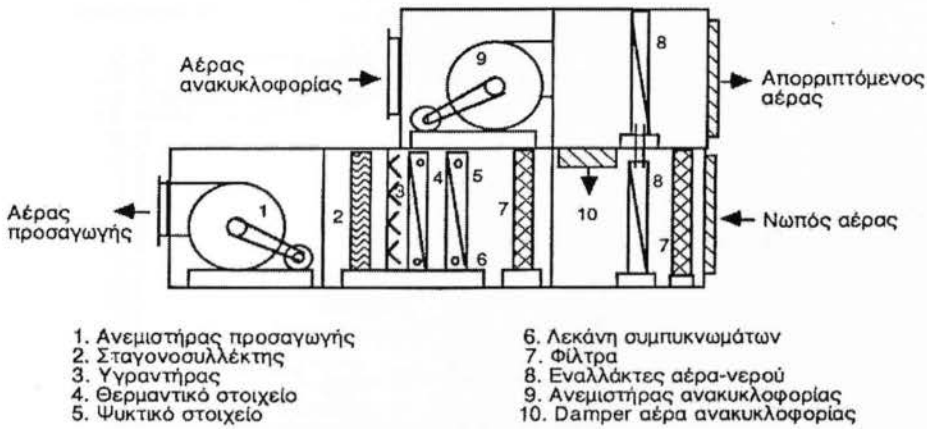
Οι δύο δίοδοι του αέρα είναι σαφώς διαχωρισμένες μεταξύ τους και δεν γίνεται ανάμιξη των δύο ρευμάτων του αέρα.

Ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 40% έως 60%, ανάλογα με την κατασκευή και τις ταχύτητες του αέρα.

β) Οι εναλλάκτες θερμότητας αέρα-νερού (finned tube/coil exchangers)

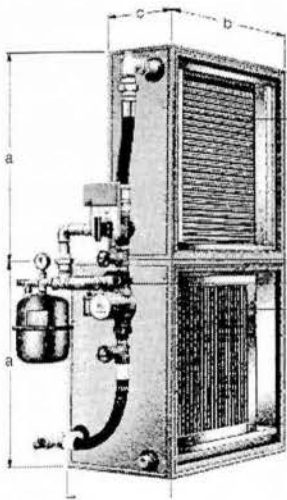
Η ανάκτηση ενέργειας στο σύστημα αυτό γίνεται με την παρεμβολή ενός εναλλάκτη θερμότητας αέρα-νερού, ο οποίος μεταφέρει την αισθητή θερμότητα του απορριπτόμενου αέρα σε ένα κύκλωμα νερού ανακυκλοφορίας.

Η θερμότητα αυτή μέσω ενός δεύτερου εναλλάκτη, ο οποίος παρεμβάλλεται στο ρεύμα νερού αέρα, χρησιμεύει για την προθέρμανση ή την πρόψυξη του εξωτερικού αέρα.

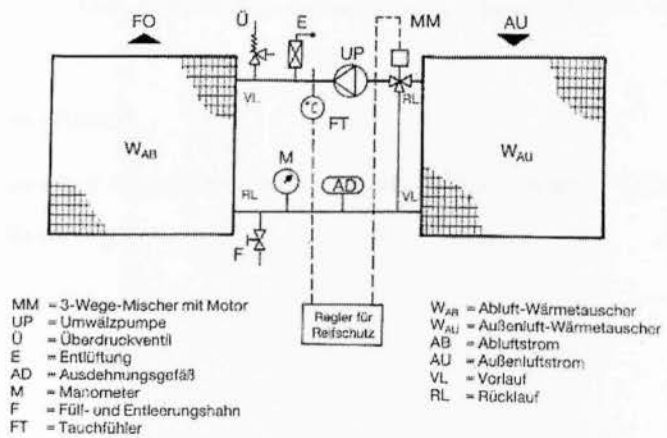


Ανάκτηση θερμότητας με σύστημα ανακυκλοφορίας νερού

Εικόνα 22



Lieferumfang: Mischer mit Motor, Tauchfühler, Regler für Reifschutz.

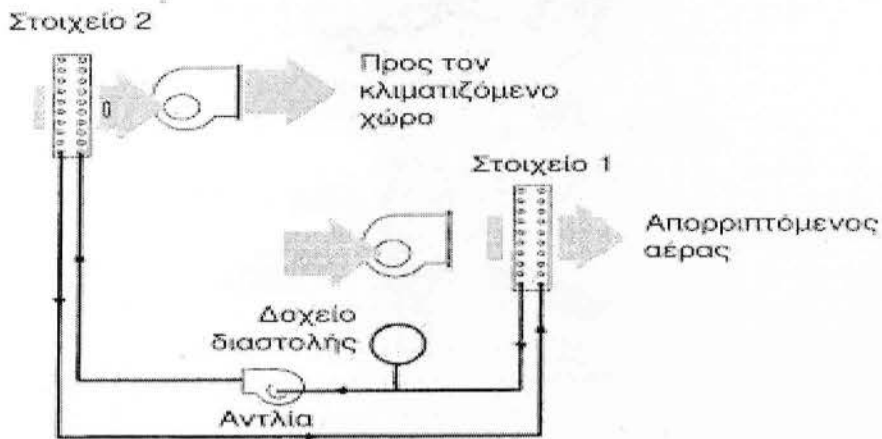


Εικόνα 23

Οι εναλλάκτες μπορεί να είναι τοποθετημένοι και εκτός της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, σε δύο απομακρυσμένα μεταξύ τους σημεία.

Ο βαθμός ανάκτησης της αισθητής θερμότητας κυμαίνεται από 40% έως 60%.

Περαιτέρω αύξηση του βαθμού απόδοσης με πρόσθεση περισσότερων σειρών σωλήνων στους εναλλάκτες είναι δύσκολη, γιατί αυξάνεται πολύ η πτώση πίεσης του αέρα και απαιτούνται ανεμιστήρες μεγαλύτερης ισχύος (με μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας).



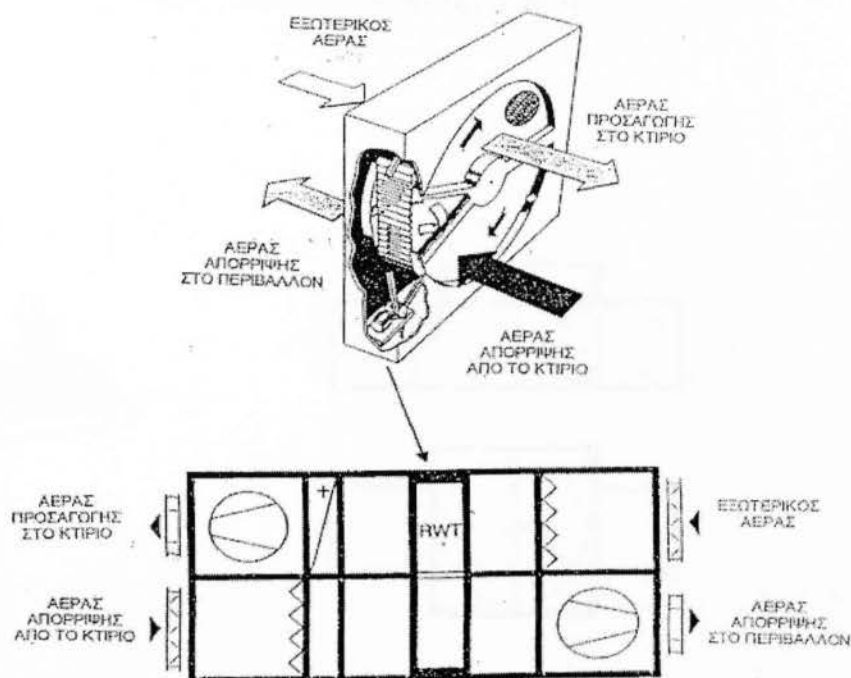
Αρχή της λειτουργίας του συστήματος Run-Around Coils

Εικόνα 24

γ) Οι αναγεννητικοί εναλλάκτες θερμότητας (rotary wheel exchangers)

Ο αναγεννητικός εναλλάκτης είναι ένας περιστρεφόμενος δίσκος με τα εξής χαρακτηριστικά:

- αποτελείται από κατάλληλο πορώδες υλικό με ικανότητα κατακράτησης θερμότητας (και σε πολλές περιπτώσεις και υγρασίας)
- περιστρέφεται αργά (5...10 στροφές/λεπτό)
- διαρρέεται στη μια κατεύθυνση από τον απορριπτόμενο στο ύπαιθρο αέρα και στην άλλη κατεύθυνση από εξωτερικό νωπό αέρα



Ανανεωτικός εναλλάκτης θερμότητας αέρα-αέρα σε Κεντρική Κλιματιστική Μονάδα

### Εικόνα 25

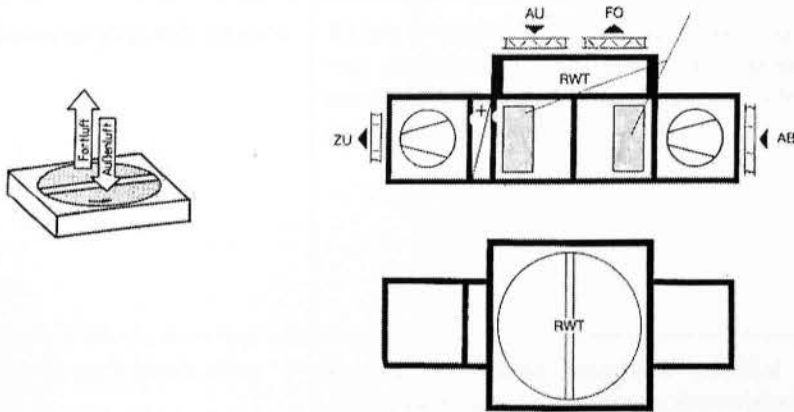
Ο αναγεννητής εισέρχεται αρχικά στον αγωγό του θερμού αέρα και κατόπιν στον αγωγό του ψυχρού αέρα και διαρρέεται από τα ρεύματα αυτά αξονικά.

Όταν ένα τμήμα της περιστρεφόμενης επιφάνειας βρίσκεται στο θερμό ρεύμα αέρα, το ψύχει κατακρατώντας θερμότητα (και υγρασία). Όταν μετά αυτό το τμήμα του περιστροφικού εναλλάκτη βρεθεί στο ρεύμα του ψυχρού αέρα, τότε τη θερμότητα (και την υγρασία) που είχε κατακρατήσει, την αποδίδει στο ρεύμα ψυχρού αέρα.

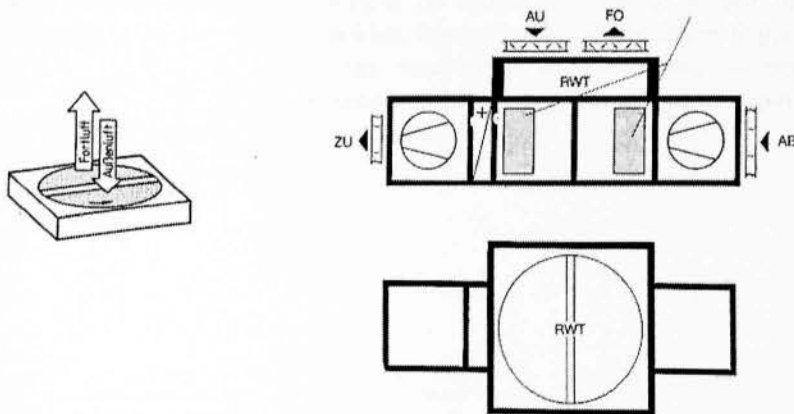
Με τον τρόπο αυτό, η αισθητή θερμότητα (και η υγρασία εάν το υλικό είναι υγροσκοπικό) μεταφέρεται από το θερμό ρεύμα αέρα στο ψυχρό. Το αντίστροφο συμβαίνει το καλοκαίρι. Για να αποφεύγεται η μετάδοση ρύπων, είναι απαραίτητο να προτάσσονται φίλτρα αέρα και στα δύο ρεύματα, για να διατηρούνται οι δίοδοι του αέρα καθαρές.

Ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 65% έως 80%. Οι τιμές αυτές όμως ισχύουν, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, για καινούργιες συσκευές, με καθαρές επιφάνειες εναλλαγής. Με την πάροδο όμως του χρόνου, οι βαθμοί απόδοσης πέφτουν σημαντικά, ιδιαίτερα όταν δεν γίνεται συντήρηση. Η πτώση του βαθμού απόδοσης οφείλεται στην επικάλυψη σκόνης, σκουριά κ.λ.π.

### Τοποθέτηση επί της Κ.Κ.Μ.



Εικόνα 26



Εικόνα 27

### Ευνοϊκοί παράγοντες για τη χρήση συσκευών ανάκτησης θερμότητας.

<p>Η διάρκεια χρήσης ενός κτιρίου</p>	<p>Κτίρια τα οποία κατοικούνται πολλές ώρες στη διάρκεια της μέρας(πολυκαταστήματα, νοσοκομεία, εστιατόρια) συνήθως παρέχουν περισσότερες δυνατότητες για ανάκτηση θερμότητας</p>
<p>Η απαίτηση για φρέσκο αέρα</p>	<p>Κτίρια, τα οποία απαιτούν μεγάλα ποσά φρέσκου εξωτερικού αέρα(νοσοκομεία, εργαστήρια, θέατρα, χώροι συγκεντρώσεων, κέντρα άθλησης) παρέχουν άριστες δυνατότητες για ανάκτηση θερμότητας</p>
<p>Τα υψηλά επίπεδα κατοίκησης και φωτισμού</p>	<p>Κτίρια με υψηλά εσωτερικά θερμικά φορτία παρέχουν πολλές δυνατότητες για ανάκτηση θερμότητας, ιδιαίτερα όταν συμπίπτουν οι απαιτήσεις για θερμότητα με την απορριπτόμενη θερμότητα τόσο χρονικά όσο και ποσοτικά.</p>

### 5.3 Εφαρμογές συστημάτων με ανάκτηση θερμότητας με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας.

#### 5.3.1 Σύστημα μεταβλητού ψυκτικού όγκου με ανάκτηση θερμότητας και ζεστά νερά.

##### ( VRV<sup>®</sup> Heat Recovery & Ζεστά Νερά.)

Στις μέρες μας και εν μέσω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί δίκαια υπ' αριθμόν 1 προτεραιότητα για την παγκόσμια κοινότητα. Τα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων μειώνονται συνεχώς, η κατανάλωση ενέργειας, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς και οι τιμές της ενέργειας ακολουθούν έντονα ανοδική πορεία.

Σύμφωνα με τις πιο επικαιροποιημένες μελέτες το 50% της ενέργειας που καταναλώνεται σε ένα κτίριο αφορά την ψύξη, τη θέρμανση, τον αερισμό και την παραγωγή ζεστών νερών χρήσης. Ως εκ τούτου είναι προφανές πως ένα σύστημα που θα μπορούσε να διαχειριστεί με το βέλτιστο ενεργειακό τρόπο αυτό το ποσοστό θα αποτελούσε ιδανική λύση για κάθε σύγχρονο κτίριο.

Ένα σύστημα όμως που θα μπορούσε να καλύψει τόσες διαφορετικές ανάγκες θα πρέπει να μπορεί να εκμεταλλεύεται στο έπακρο κάθε μονάδα καταναλισκόμενη ενέργειας. Ιδανικά θα έπρεπε να μην απορρίπτεται ούτε η ελάχιστη ενέργεια σε οποιαδήποτε μορφή. Ένας τρόπος λοιπόν θα ήταν η ανάκτηση ενέργειας. Όπως λοιπόν στους τελευταίας γενιάς λέβητες που ανακτούν μέρος της θερμότητας των καυσαερίων έτσι και μία αντλία θερμότητας θα πρέπει να ανακτά τη θερμότητα που παράγεται από μία διαδικασία προς όφελος άλλης.

Για σχεδόν τριάντα (30) χρόνια η συντριπτική πλειοψηφία των Μελετητών Μηχανικών, των Μηχανικών Κατασκευών και των Τελικών Χρηστών, αναγνωρίζουν τα συστήματα VRV<sup>®</sup> (συστήματα μεταβλητού ψυκτικού όγκου) ως τη βέλτιστη λύση για τον κλιματισμό κτιρίων.

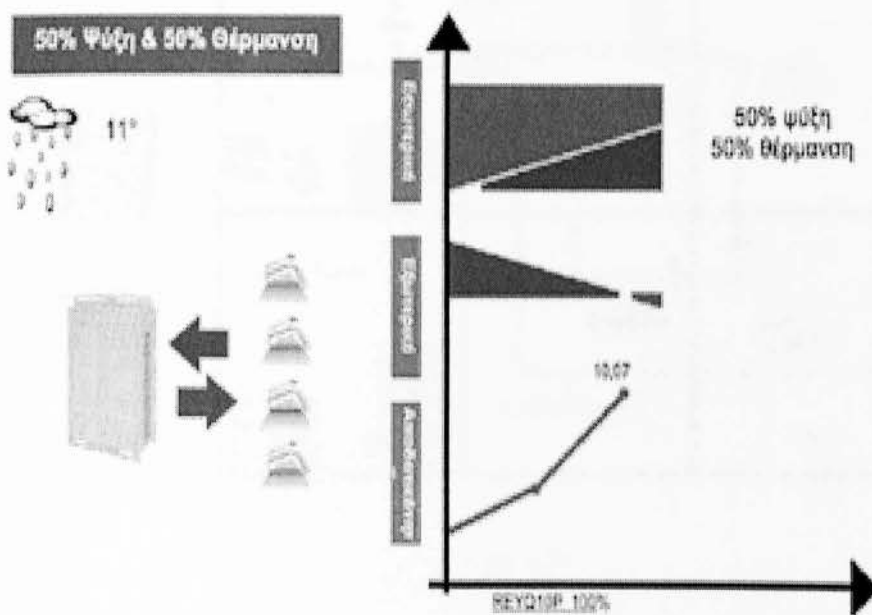
Τα συστήματα VRV<sup>®</sup> ( Variable Refrigerant Volume) δεν είναι πλέον μόνο η πιο σύγχρονη και αποδοτική λύση για τον κλιματισμό (= ψύξη, θέρμανση και αερισμός) των κτιρίων, αλλά απ' ότι φαίνεται αποτελούν και το μέλλον.

Μέχρι σήμερα γνωρίζαμε συστήματα μεταβλητού ψυκτικού όγκου με ανάκτηση θερμότητας (Heat Recovery) ως μια λύση για εφαρμογές με χώρους με ταυτόχρονα διαφορετικές ανάγκες σε ψύξη και θέρμανση. Στη χώρα μας, με δεδομένο ότι οι εποχές είναι



διακριτές και τα φορτία στη διάρκεια της ημέρας δεν εμφανίζουν μεγάλες και αντίστροφες διακυμάνσεις, η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων ήταν περιορισμένη σε κτίρια με χώρους που απαιτούσαν ψύξη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ώστε να έχουμε ανάκτηση κατά του χειμερινούς μήνες π.χ. computer / data rooms. Η αναλογία όμως των φορτίων αυτών των χώρων προς τους υπόλοιπους ήταν και είναι συνήθως πολύ μικρή και κατά συνέπεια τα οφέλη της ανάκτησης θερμότητας περιορισμένα ειδικά λαμβανομένου του χρόνου απόσβεσης μιας, έστω και λίγο, αυξημένης επένδυσης. Τα κυριότερα οφέλη των είναι τα εξής:

Πρώτα απ' όλα τα συστήματα μεταβλητού ψυκτικού όγκου με ανάκτηση θερμότητας (VRV® Heat Recovery) πέραν των γνωστών πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας VRV® μπορούν να επιτύχουν βαθμό απόδοσης που ξεπερνά το 10 (100% ανάκτηση θερμότητας = 50% ψύξη και 50% θέρμανση). Με απλά λόγια για κάθε 1 kW ηλεκτρισμού που καταναλώνεται, παράγονται περισσότερα από 10 kW θερμότητας είτε ως ψύξη είτε ως θέρμανση.



Εικόνα 28

Επίσης τα συστήματα μεταβλητού ψυκτικού όγκου με ανάκτηση θερμότητας (VRV® Heat Recovery) λόγω του σχεδιασμού τους με διπλά τα πιο βασικά μέρη μιας αντλίας θερμότητας, όπως συμπιεστής, τετράοδη βαλβίδα, εναλλάκτης αέρα – R410A μπορούν και παρέχουν συνεχή και αδιάλειπτη θέρμανση στο χώρο. Όλες οι αντλίες θερμότητας κατά τη λειτουργία τους στη θέρμανση απαιτείται υπό συγκεκριμένες συνθήκες να κάνουν απόψυξη με αναστροφή του κύκλου λειτουργίας τους. Στα συστήματα VRV® Heat Recovery αυτό είναι

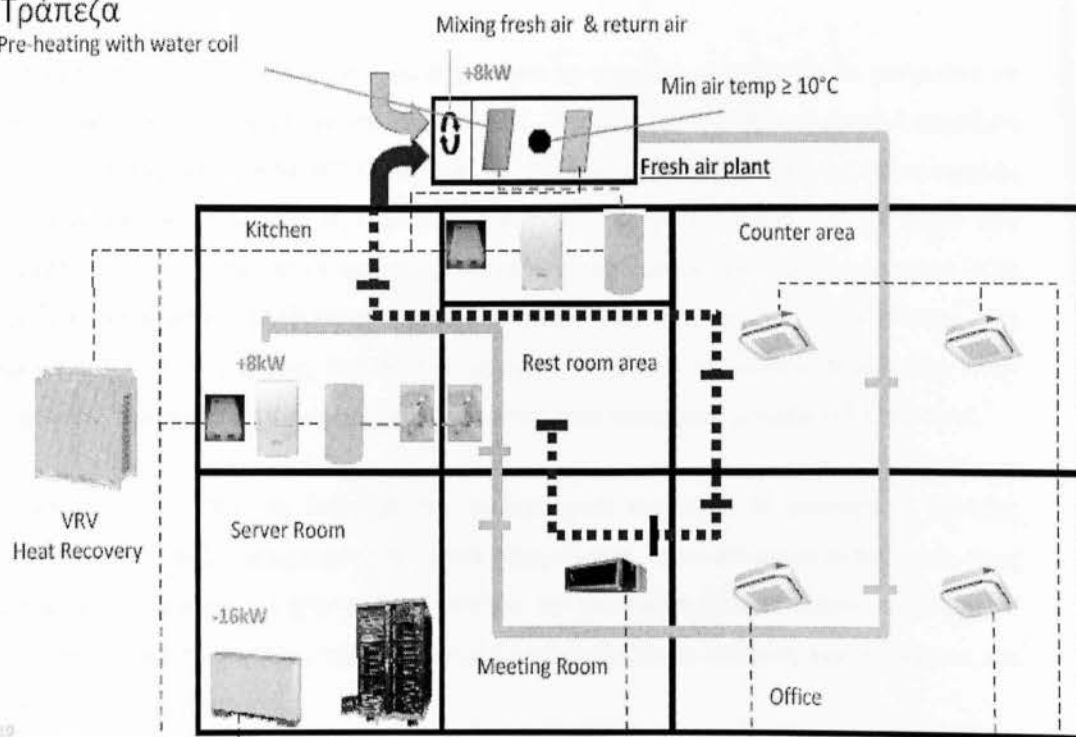
δυνατόν χωρίς διακοπή της λειτουργίας θέρμανσης αυξάνοντας ακόμα περισσότερο και τον εποχιακό βαθμό απόδοσής τους.

Αναλύοντας τις μελέτες διαπιστώθηκε ότι μια πολύ μεγάλη κατανάλωση ενέργειας είναι αυτή για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Είναι λοιπόν δυνατόν να παράγουμε ζεστά νερά από ένα σύστημα VRV® και μέχρι ποιας θερμοκρασίας; Η απάντηση πλέον είναι κατηγορηματικά ναι και μάλιστα θερμοκρασίας έως και 80°C χωρίς τη χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων.

## VRV® Heat Recovery & Z.N.X.

### Τράπεζα

Pre-heating with water coil



Εικόνα 29

Κατασκευάστηκε τα τελευταία χρόνια ένα σύστημα VRV® με ανάκτηση θερμότητας στο οποίο εκτός όλων των υφισταμένων εσωτερικών μονάδων, των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων (Κ.Κ.Μ.), των αεροκουρτινών και των κεντρικών ή τοπικών συστημάτων ελέγχου μπορεί να συνδεθούν και εσωτερικές μονάδες

HT Hydrobox – μέσω των οποίων μπορεί να παραχθεί ζεστό νερό θερμοκρασίας από 25°C έως και 80°C είτε μέσω ανάκτησης θερμότητας είτε χωρίς. Ο κλιματισμός δε διαφέρει σε τίποτα από τα μέχρι σήμερα συστήματα VRV® Heat Recovery που διαφορετικές εσωτερικές μονάδες μπορούν όχι απλά να παρέχουν ταυτόχρονα ψύξη και θέρμανση, αλλά η μία λειτουργία να είναι

αποτέλεσμα της ανάκτησης θερμότητας της άλλης.

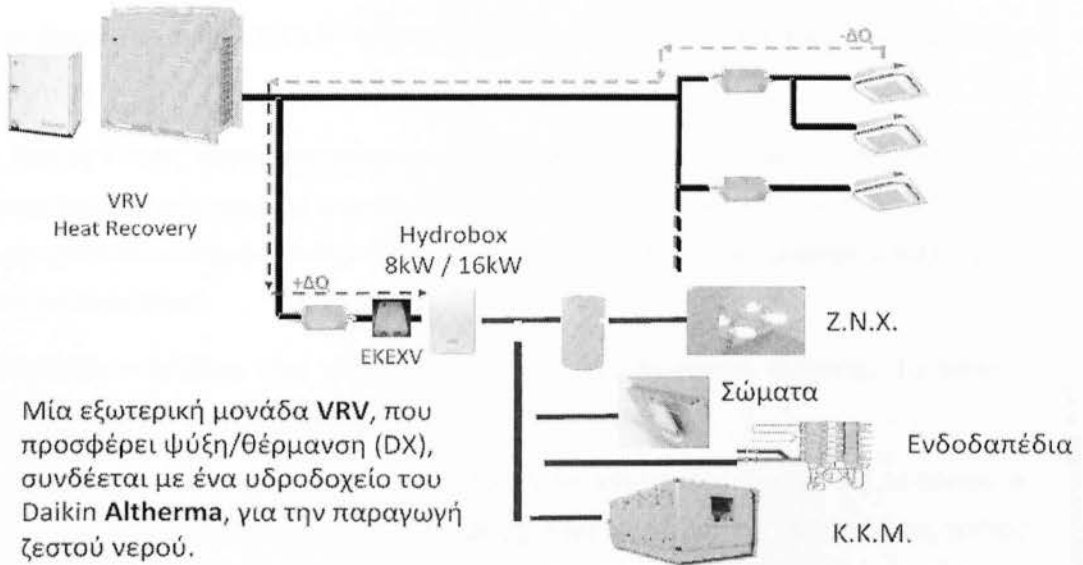
Αυτή όμως η ανάκτηση θερμότητας μπορεί να αποτελέσει και το πρώτο βήμα για την παραγωγή ζεστού νερού με ταυτόχρονη λειτουργία των μονάδων κλιματισμού σε ψύξη και σε θέρμανση.

Η εσωτερική μονάδα HT Hydrobox εκτός του πλακοειδή εναλλάκτη freon-νερού διαθέτει επιπλέον έναν εναλλάκτη freon – freon και έναν συμπιεστή. Η θερμοκρασία συμπύκνωσης στόχος των 46°C του ψυκτικού μέσου R410A είναι ιδανική για τον κλιματισμό, αλλά όχι για την παραγωγή ζεστού νερού έως και 80°C.

Με τη διαθέσιμη στις μέρες μας τεχνολογία, μόνον το ψυκτικό μέσο R134a θα μπορούσε να επιτύχει την παραγωγή ζεστού νερού έως και 80°C. Έτσι έχουμε διβάθμια (cascade) συμπίεση μέσα στην εσωτερική μονάδα HT Hydrobox. Το ψυκτικό μέσο R410A είτε ως αέριο υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας από τη συμπίεσή του στην εξωτερική μονάδα είτε ως αέριο που προέρχεται από την εξάτμισή του στον εναλλάκτη των εσωτερικών μονάδων κλιματισμού (τότε συμβαίνει ανάκτηση θερμότητας) χρησιμοποιείται για την αύξηση της πίεσης της θερμοκρασίας και της πίεσης του R134a, μέσω του ειδικού πλακοειδή εναλλάκτη, στην αναρρόφηση του δεύτερου συμπιεστή που βρίσκεται στην εσωτερική μονάδα HT Hydrobox.

Έτσι λοιπόν όταν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού που όλες οι εσωτερικές μονάδες λειτουργούν σε ψύξη μπορούμε τα ποσά θερμότητας που απορροφούνται από τους κλιματιζόμενους χώρους να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ζεστών νερών για χρήση σε μπάνια, τη θέρμανση πισινών, την θέρμανση ζεστών νερών σε κουζίνες και πλυντήρια και οποιαδήποτε άλλη εφαρμογή.

## VRV® Heat Recovery & Z.N.X.



Εικόνα 30

Οι λύσεις όμως που προσφέρει αυτό το νέο σύστημα δε σταματούν στα παραπάνω. Με δυνατότητα παραγωγής των ζεστών νερών για θερμοκρασίες περιβάλλοντος έως και  $+43^{\circ}\text{C}$  και συντελεστή συνδεσιμότητας έως και 200%, οι εφαρμογές που δεν καλύπτονται είναι ελάχιστες.

## VRV® Heat Recovery – COP

### Unique efficiency

EER (100% cooling)

$35^{\circ}\text{C}$  Ambient

$19^{\circ}\text{C}_{\text{DB}}$  Indoor

REYHQ16P8

COP (100% heating)

$7^{\circ}\text{C}$  Ambient

$20^{\circ}\text{C}_{\text{WB}}$  Indoor

REYHQ24P8

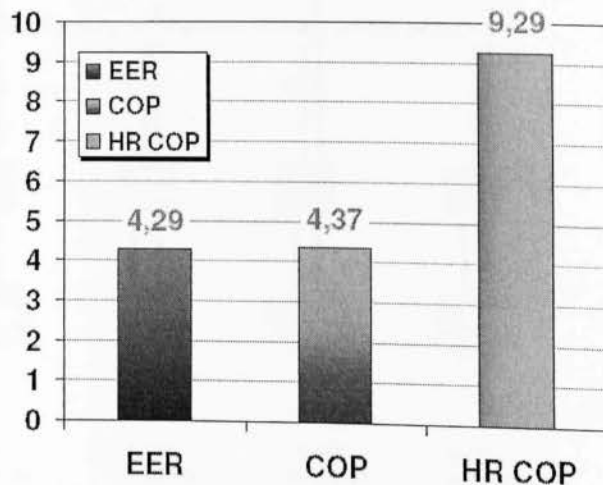
Total Heat Recovery COP

(50% cooling, 50% heating)

$7^{\circ}\text{C}$  Ambient

$19^{\circ}\text{C}_{\text{DB}}$  Indoor cooling

$24^{\circ}\text{C}_{\text{WB}}$  Indoor heating



Εικόνα 31

## VRV® Heat Recovery

### Συστήματα μεταβλητού ψυκτικού όγκου με ανάκτηση θερμότητας – απόψυξη.

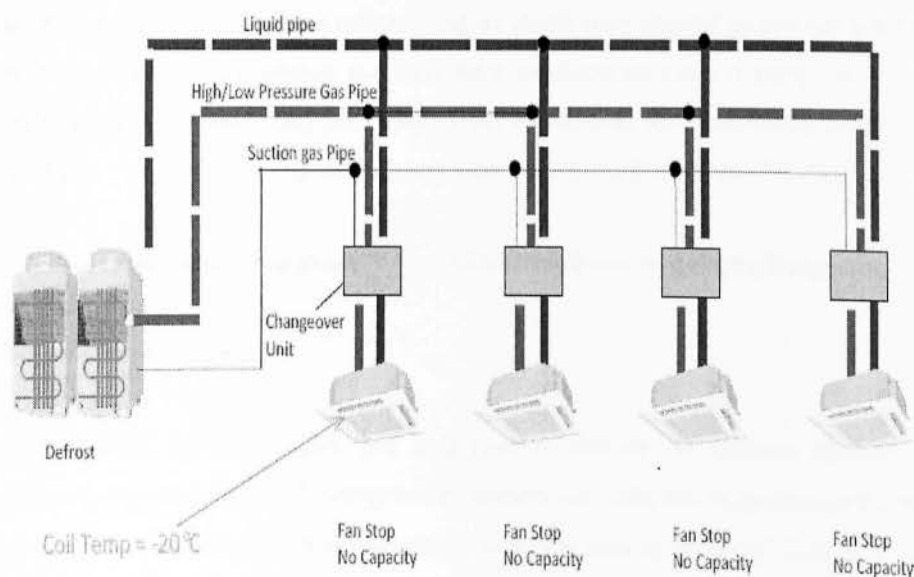
Σε όλες τις αντλίες θερμότητας απαιτείται “απόψυξη”. Κατά τη διάρκεια που συμβαίνει έχουμε απώλεια ενέργειας και ανεπιθύμητα αποτελέσματα στους εσωτερικούς χώρους (κάποια συστήματα διατηρούν σε λειτουργία τον εσωτερικό ανεμιστήρα και έχουμε κρύα ρεύματα αέρα).

Η απόψυξη στηρίζεται τόσο σε χρονικά όσο και θερμοκρασιακά δεδομένα. Τα επίπεδα υγρασίας θεωρούνται προκαθορισμένα.

Ο ταχύτερος τρόπος απόψυξης είναι η αναστροφή του κύκλου λειτουργίας. Ως εκ τούτου οι εσωτερικές μονάδες <<λειτουργούν>> σε ψύξη. Έτσι απαιτείται και περισσότερος χρόνος για την επαναθέρμανση τους και μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας (εκτός της απολεσθείσας).

## VRF® Heat Recovery – Defrost

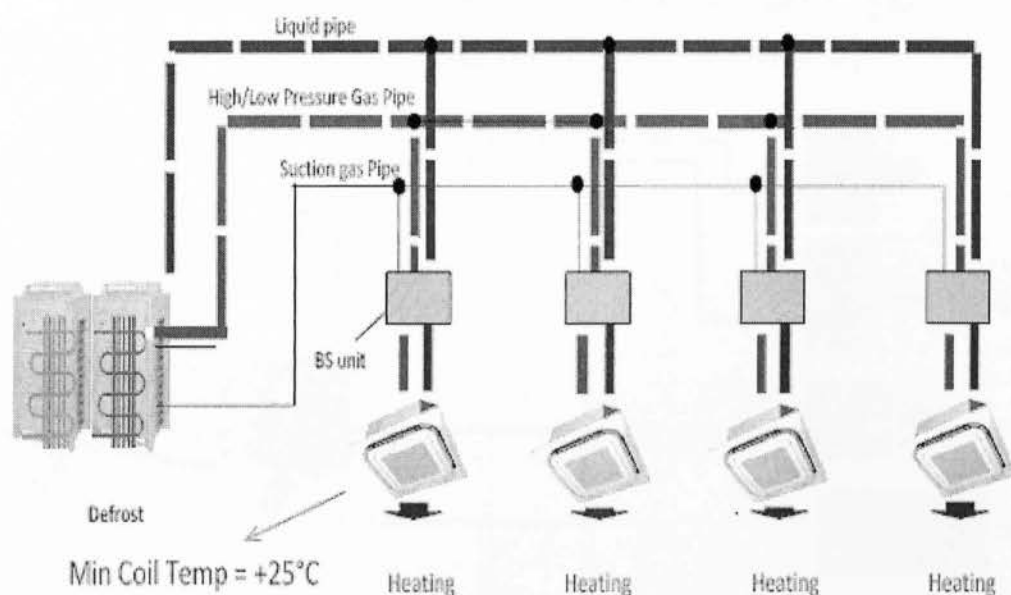
Τυπικό σύστημα VRF – Όχι θέρμανση κατά την απόψυξη



Εικόνα 32

## Συστήματα μεταβλητού ψυκτικού όγκου με ανάκτηση θερμότητας

### Συνεχής θέρμανση κατά την απόψυξη.



Εικόνα 33

Για παράδειγμα, μπορεί μία κατοικία να ψύχεται μέσω εσωτερικών μονάδων VRV®, να ελέγχεται η ποιότητα του εσωτερικού αέρα μέσω εναλλακτών αέρα – αέρα ολικής (αισθητής & λανθάνουσας) ανάκτησης θερμότητας, να θερμαίνεται μέσω ενδοδαπέδιας θέρμανσης με αντιστάθμιση και να καλύπτει τις ανάγκες της σε ζεστά νερά χρήσης με ένα και μόνο σύστημα εξωτερικών μονάδων του οποίου η ονομαστική απόδοση να είναι η μισή των φορτίων της λειτουργίας με τη μεγαλύτερη απαίτηση. Έτσι εξασφαλίζεται ο μέγιστος δυνατός βαθμός απόδοσης με τη χαμηλότερη δυνατή αρχική αξία επένδυσης (best value for money).

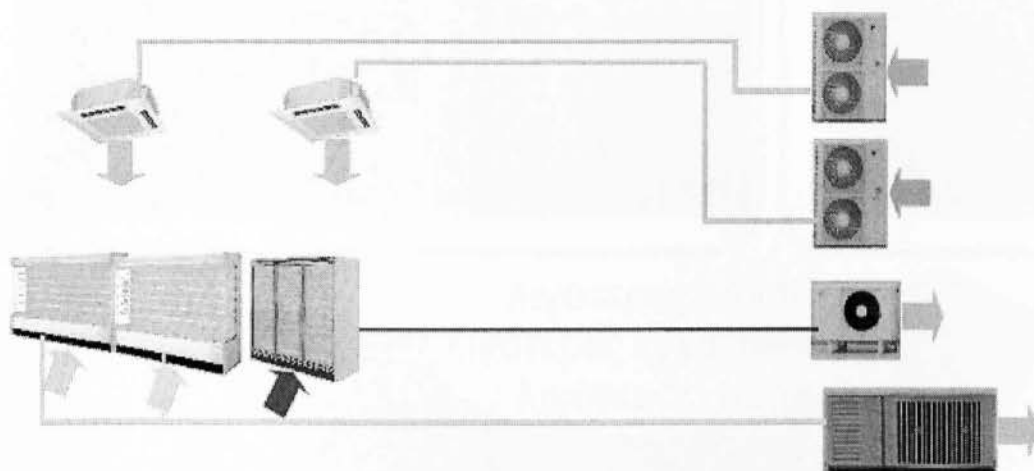
### 5.3.2 Συνδυασμός Επαγγελματική Ψύξη, Κλιματισμό και Ανάκτηση Ενέργειας

#### (Σύστημα Conveni-pack)

Οι λιανοπωλητές αντιμετωπίζουν μια αυξανόμενη ανάγκη για φρέσκα προϊόντα, έτοιμα γεύματα και παγωμένα ποτά. Ταυτόχρονα οι περιβαλλοντικές και οι χωροταξικές απαιτήσεις είναι πιο αυστηρές από ποτέ και τα ενεργειακά κόστη πρέπει να είναι υπό έλεγχο. Το Conveni-pack ελαχιστοποιεί τις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις λόγω της μοναδικής, ολοκληρωμένης προσέγγισης επαγγελματικής ψύξης και του κλιματισμού. Σε μεσαία και μεγάλα εμπορικά καταστήματα πώλησης τροφίμων (super market) οι ανάγκες για θέρμανση

και ψύξη είναι αυξημένες. Πρωτεύον στόχος είναι η συντήρηση και ψύξη των τροφίμων όπως και η σωστή ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου για το ανθρώπινο δυναμικό.

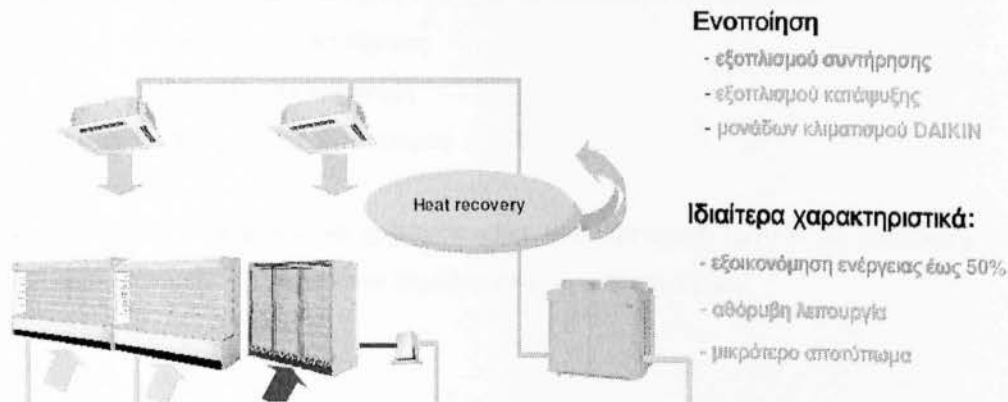
### Συμβατική λύση: Ανεξάρτητα συστήματα για κάθε χρήση (θερμοκρασιακό επίπεδο)



Εικόνα 34

Η συμβατική λύση που επικρατούσε μέχρι τώρα ήταν τα ανεξάρτητα συστήματα για κάθε χρήση(θερμοκρασιακό επίπεδο).

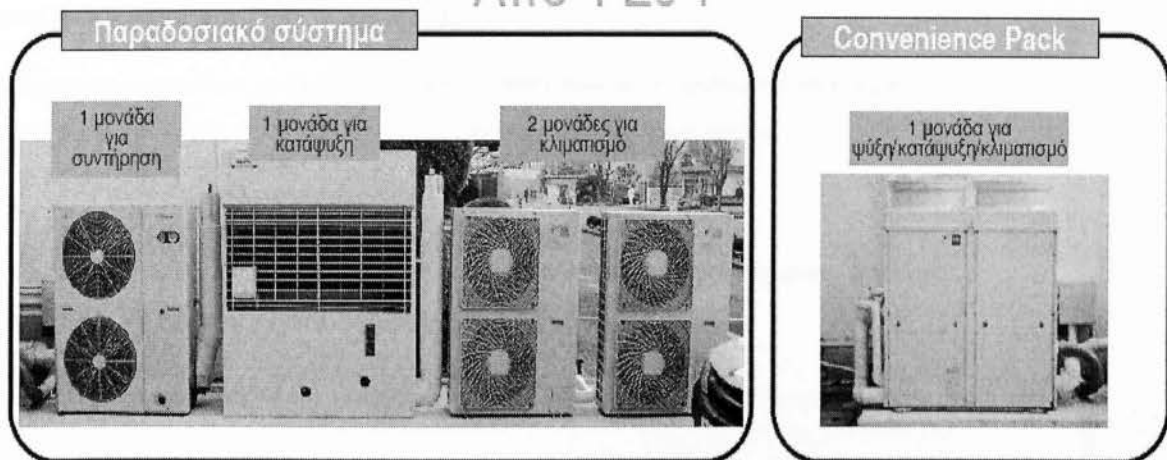
### Πρωτοποριακή λύση: Conveni-Pack – το ενοποιημένο σύστημα



Εικόνα 35

Η λύση του μέλλοντος είναι η προσπάθεια ενοποίησης των συστημάτων αυτών με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας από το σύστημα.

## Από 4 Σε 1



Λιγότερες μονάδες  
 Λιγότερες εγκαταστάσεις  
 Λιγότερος χώρος  
 Λιγότερος θόρυβος

Εικόνα 36

- Από τις 4 εξωτερικές μονάδες που χρησιμοποιούσαμε στο παρελθόν
  1. Μονάδα για συντήρηση.
  2. Μονάδα για κατάψυξη
  3. Δυο μονάδες κλιματισμού

Τώρα υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιούμε μια εξωτερική μονάδα με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας, χώρου και θορύβου στην εγκατάσταση μας.



## Κατάσταση Λειτουργίας (operation models)

### Αναζήτηση του σημείου Ισοροπίας

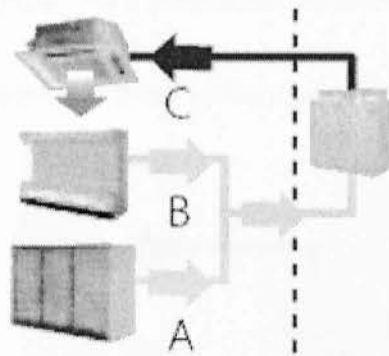
Υπάρχει πολύ μεγάλος αριθμός δυνατών καταστάσεων λειτουργίας του συστήματος ανάλογα με τη θέση των 4-οδων βαλβίδων και της λειτουργίας των συμπιεστών.

Η κατάσταση λειτουργίας καθορίζεται από

- Το φορτίο κλιματισμού (condenser or evaporator/θέρμανση ή ψύξη)
- Το φορτίο των ψυγείων (evaporator = πάντα ψύξη)

Το σύστημα προσπαθεί πάντα να βρει ισοροπία ανάμεσα σε συμπυκνωτή και εξατμιστή.

### Λειτουργία 1 : Μεσα της χειμερινής περιόδου



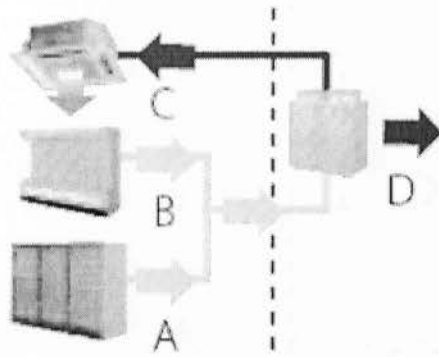
$$A + B = C$$

Εικόνα 37

### Πλήρης ανάκτηση θερμότητας

Η απαίτηση θέρμανσης επιτυγχάνεται εξ' ολοκλήρου από την ανακτημένη θερμότητα.

### Λειτουργία 2 : Έναρξη χειμερινής περιόδου



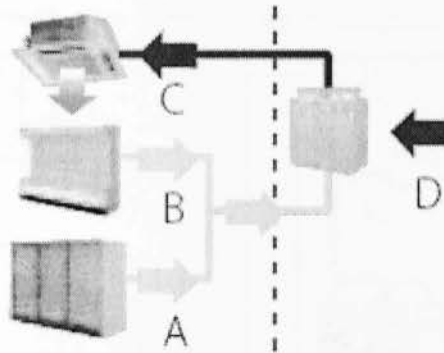
$$A + B - D = C$$

Εικόνα 38

#### Μερική ανάκτηση θερμότητας

Η απαίτηση θέρμανσης είναι χαμηλή και η επιπρόσθετη θέρμανση μεταφέρεται στον αέρα

### Λειτουργία 3 : Οι πιο κρύες μέρες του έτους.



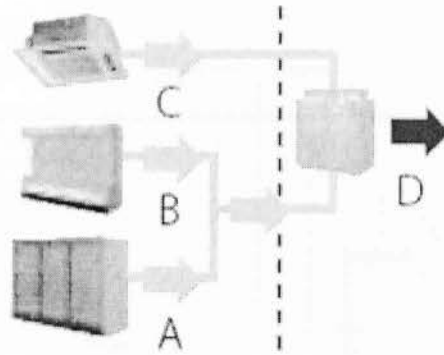
$$A + B + D = C$$

Εικόνα 39

#### Πλήρης ανάκτηση θερμότητας

Η απαίτηση θέρμανσης υπερβαίνει τη διαθέσιμη ανακτημένη θερμότητα και επιπρόσθετη ενέργεια παράγεται από τον αέρα.

### Λειτουργία 4 : Καλοκαίρι



$$A + B + C = D$$

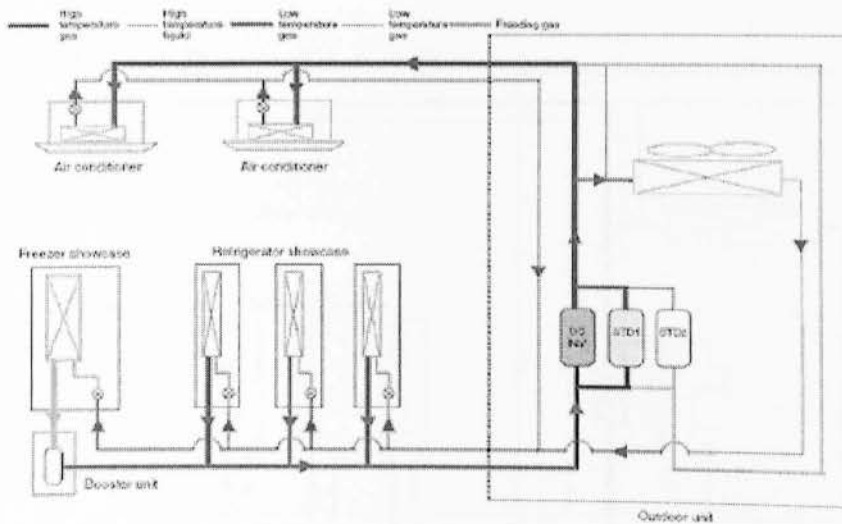
Εικόνα 40

#### Ψύξη

Η θερμότητα εξάγεται από το κτίριο και μεταφέρεται στον αέρα

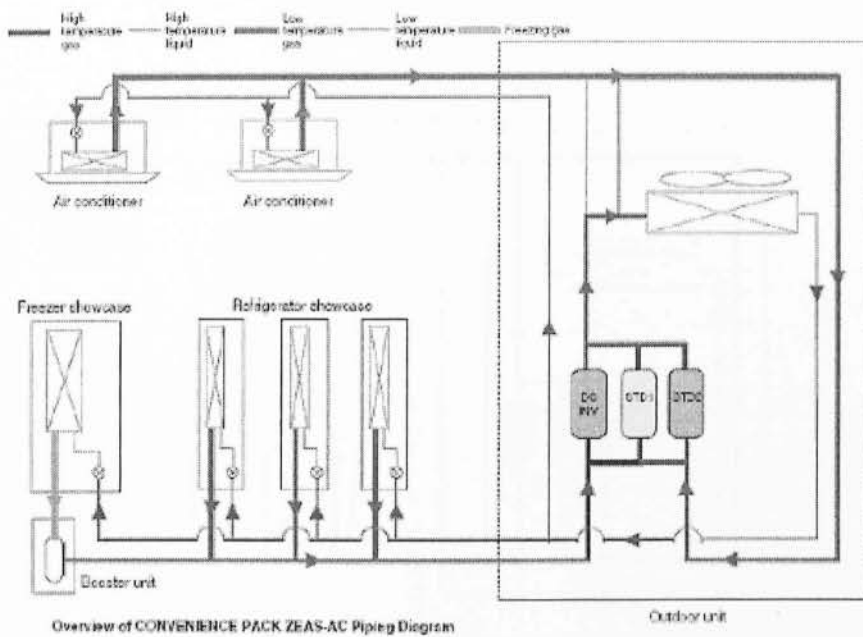
Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται η χρήση της του συστήματος μας ανά εποχή.

**Την περίοδο της άνοιξης έχουμε μερική ανάκτηση θερμότητας.**



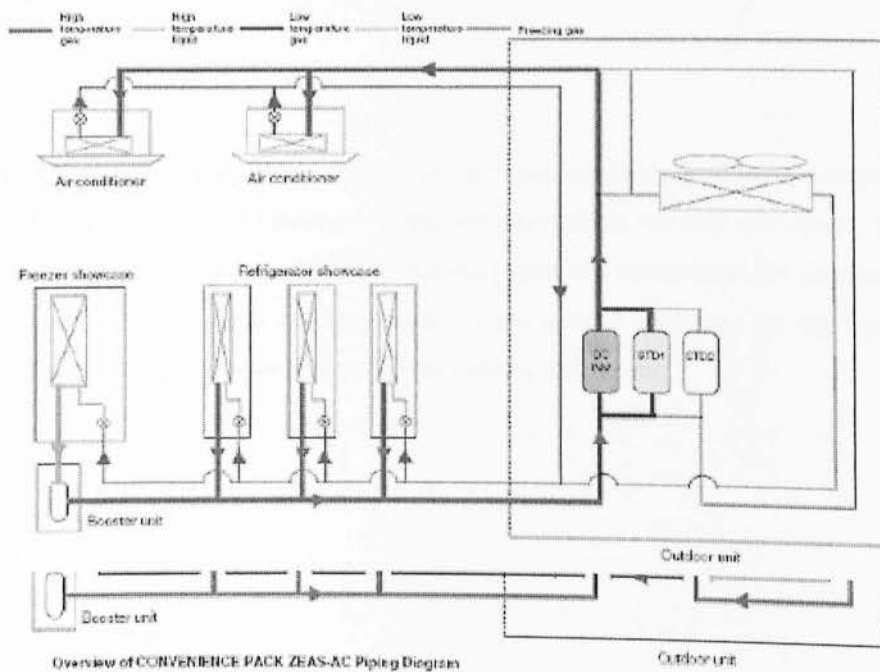
Εικόνα 41

Την περίοδο του καλοκαιριού έχουμε ψύξη.



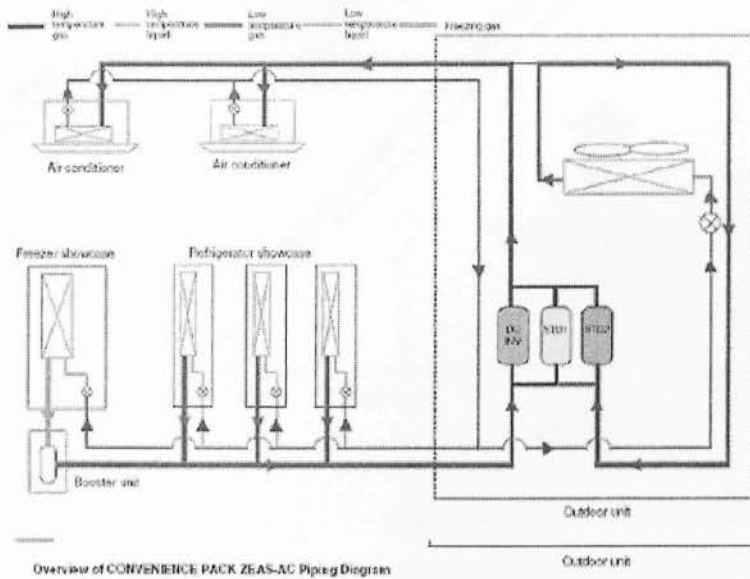
Εικόνα 42

Την περίοδο του φθινοπώρου έχουμε ολική ανάκτηση θερμότητας.



Εικόνα 43

Την περίοδο του χειμώνα έχουμε ανάκτηση θερμότητας με τη βοήθεια της αντλίας θερμότητας.

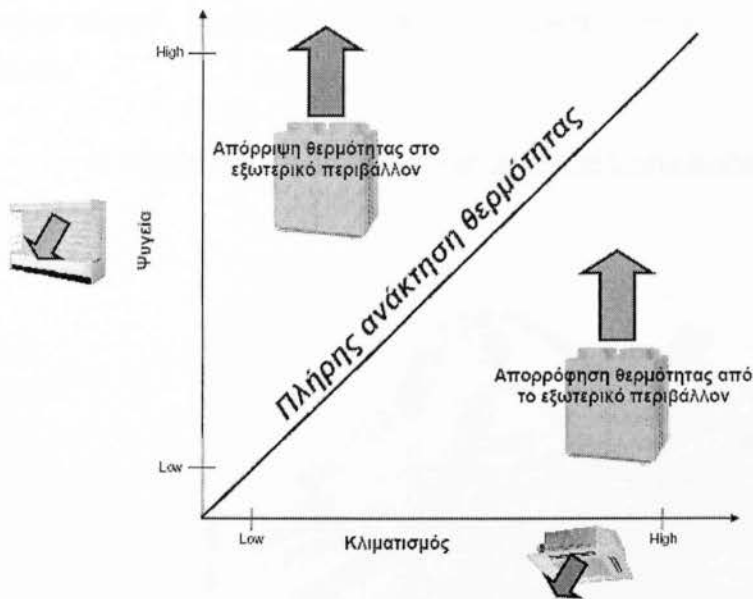


Εικόνα 44

Την περίοδο του χειμώνα έχουμε ανάκτηση θερμότητας με τη βοήθεια της αντλίας θερμότητας.

Η λειτουργία ανάκτησης θερμότητας παρέχει μεγάλη ενεργειακή εξοικονόμηση μεταφέροντας την άχρηστη θερμότητα από το σύστημα ψύξης και παρέχοντας την στις εσωτερικές μονάδες κλιματιστικών. έτσι βελτιώνεται - δωρεάν - η άνεση μέσα στο κατάστημα! Το Conveni-pack μπορεί να παρέχει άνεση κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία, το σύστημα μπορεί να έχει 4 διαφορετικές λειτουργίες:

## Κλιματισμός στην λειτουργία της θέρμανσης

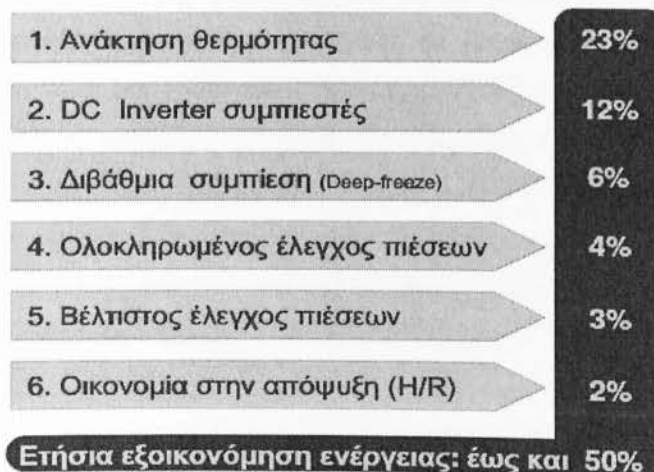


Εικόνα 45

Η θερμότητα που εξάγεται από της βιτρίνες ψύξης ή από τους εξατμιστές μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για θέρμανση του καταστήματος...χωρίς επιπλέον έξοδα!

Οι εξωτερικές μονάδες με inverter προσαρμόζουν την απόδοση του συστήματος στις πραγματικές απαιτήσεις ώστε να επιτυγχάνεται βέλτιστη απόδοση σε όλες τις συνθήκες

### CVP – Εξοικονόμηση Ενέργειας σε κάθε πακέτο μετρήσεων

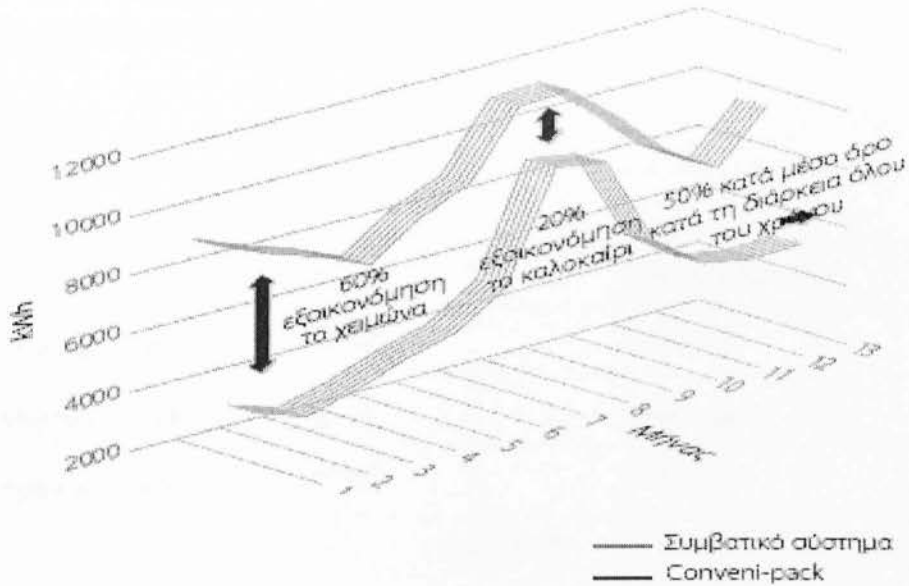


based on Japanese climatic conditions

Πίνακας 8

Το Conveni-pack υποστηρίζει μια μεγάλη ποικιλία μονάδων ψύξης με την ανάκτηση της θερμότητας που έχει εξαχθεί από τις συνδεδεμένες συσκευές ψύξης και με τη χρήση μοντέρνων συστημάτων ελέγχου, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 50% ή περισσότερη.

### Επογιακή εξοικονόμηση ενέργειας με το Conveni-Pack



Διάγραμμα 7

### 5.3.3 Συνδυασμός Επαγγελματική Ψύξη, Κλιματισμό και Ανάκτηση Ενέργειας σε Catering στον Πειραιά

Τον Φεβρουάριο του 2011 έγινε σε συνεργασία με την Daikin Europe NV η εκκίνηση συμπυκνωτικής μονάδας Conveni-Pack (CVP 17), σε επιχείρηση Catering στο Πειραιά. Πρόκειται για μία συνολική λύση που συνδυάζει επαγγελματική ψύξη, κλιματισμό και ανάκτηση ενέργειας. Το κατάστημα βρίσκεται στο κέντρο του Πειραιά, με τους ανάλογους περιορισμούς σε θέματα χώρου και θορύβου. Επίσης, η αγορά πλέον επιβάλλει, την πλήρη εκμετάλλευση των χώρων στα καταστήματα, οπότε, οι λύσεις εργοστασιακών συμπυκνωτικών μονάδων σε ένα συμπαγές κέλυφος αντί της κλασσικής λύσης multi με απομακρυσμένο condenser, συνεχώς κερδίζουν έδαφος.

Η συμπυκνωτική μονάδα Conveni-Pack (CVP 17), λειτουργεί με ψυκτικό μέσο R410A, και έχει εύρος θερμοκρασίας εξάτμισης από +10 έως -20 C, που σημαίνει, ότι καλύπτει ένα πολύ μεγάλο εύρος εφαρμογών. Επίσης, στην πλευρά του κλιματισμού, μπορεί πλέον να συνδεθεί

με την πλειοψηφία των εσωτερικών μονάδων κλιματισμού(κασέτες ψευδοροφής , τύπου καναλάτο κτλ) και με αεροκουρτίνες .

Στο έργο που μελετάμε, τοποθετήθηκαν 3 ψυκτικοί θάλαμοι. Οι δύο θάλαμοι είναι μέσω των θερμοκρασιών (συντήρησης), 22 m<sup>3</sup> και 28 m<sup>3</sup> αντίστοιχα. Ο τρίτος θάλαμος (22 m<sup>3</sup>) είναι χαμηλών θερμοκρασιών (κατάψυξη). Για τον θάλαμο χαμηλών θερμοκρασιών, τοποθετήθηκε η νέα μονάδα booster, η οποία είναι μικρότερη, ελαφρύτερη και μεγαλύτερης απόδοσης απο το προηγούμενο μοντέλο που αντικαθιστά.

Συνοπτικά:

CVP 17		
	Όγκος	Ψυκτική Απόδοση
<b>Θάλαμος 1 MT</b>	20 m <sup>3</sup>	2300 watt
<b>Θάλαμος 2 MT</b>	27 m <sup>3</sup>	2900 watt
<b>Θάλαμος 3 LT</b>	27 m <sup>3</sup>	2900 watt

**Πίνακας 9**

Στην πλευρά του κλιματισμού, έχουν συνδεθεί με το Conveni pack δύο κασέτες οροφής .Το υπόλοιπο φορτίο κλιματισμού καλύφθηκε με μονάδα μεταβλητού ψυκτικού όγκου(VRV).

**Η λύση του Conveni-Pack είναι ιδανική για τέτοιου είδους καταστήματα, γιατί μέσω του συστήματος ανάκτηση θερμότητας οι ανάγκες θέρμανσης καλύπτονται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους, από την απορριπτόμενη θερμότητα των ψυκτικών θαλάμων.**

Το σκέλος της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας των συμπυκνωτικών μονάδων, είναι πιο σύνθετο και απαιτεί τεχνολογικά προηγμένες λύσεις.

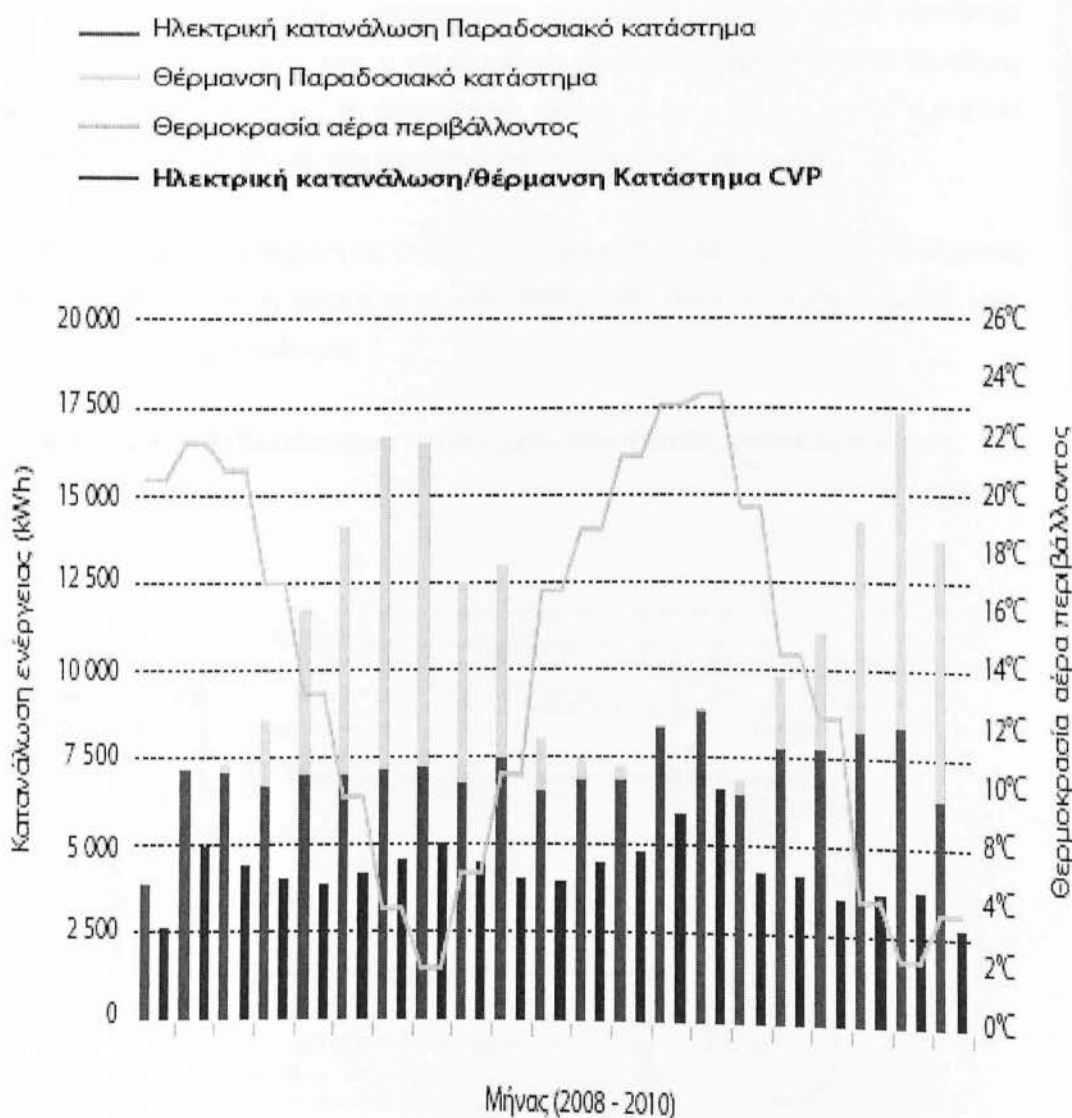
Η οδήγηση inverter του συμπιεστή και των ανεμιστήρων, καθώς και η λειτουργία economizer, έχουν ως αποτέλεσμα την πολύ υψηλή απόδοση (πολύ υψηλό COP), ιδιαίτερα στο μερικό φορτίο, στο οποίο λειτουργεί η μονάδα στο μεγαλύτερο διάστημα και πολύ καλή προσαρμογή στην επιθυμητή θερμοκρασία εξάτμισης, με αποτέλεσμα τον μικρότερο απαιτούμενο χρόνο αποψύξεων.

**Όλα τα παραπάνω, οδηγούν σε εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, τουλάχιστον 30% σε σχέση με εγκαταστάσεις με συμβατικά συστήματα.**



### 5.3.4 Συνδυασμός Επαγγελματική Ψύξη, Κλιματισμό και Ανάκτηση Ενέργειας της Total στην Wavre στο Βέλγιο.

Η Total λειτουργεί ένα δίκτυο 490 πρατηρίων βενζίνης κατά μήκος όλων των βασικών οδών και στις μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές στο Βέλγιο. Αυτές οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν καταστήματα όπου οι πελάτες μπορούν να αγοράσουν μια ποικιλία κρύων και κατεψυγμένων προϊόντων και ποτών. ένα τυπικό κατάστημα περιλαμβάνει έναν συνδυασμό ψυγείων βιτρινών, έναν θάλαμο ψύξης, έναν πάγκο βιτρίνα και μονάδες κλιματισμού - θέρμανσης/ψύξης. Το 2008, ο σταθμός της Total στην Wavre εξοπλίστηκε με Conveni-pack. έγινε σύγκριση της απόδοσης του με έναν παρόμοιο σταθμό στην Cambre με παραδοσιακή εγκατάσταση ψύξης και θέρμανσης.



Διάγραμμα 8

Το αποτέλεσμα:

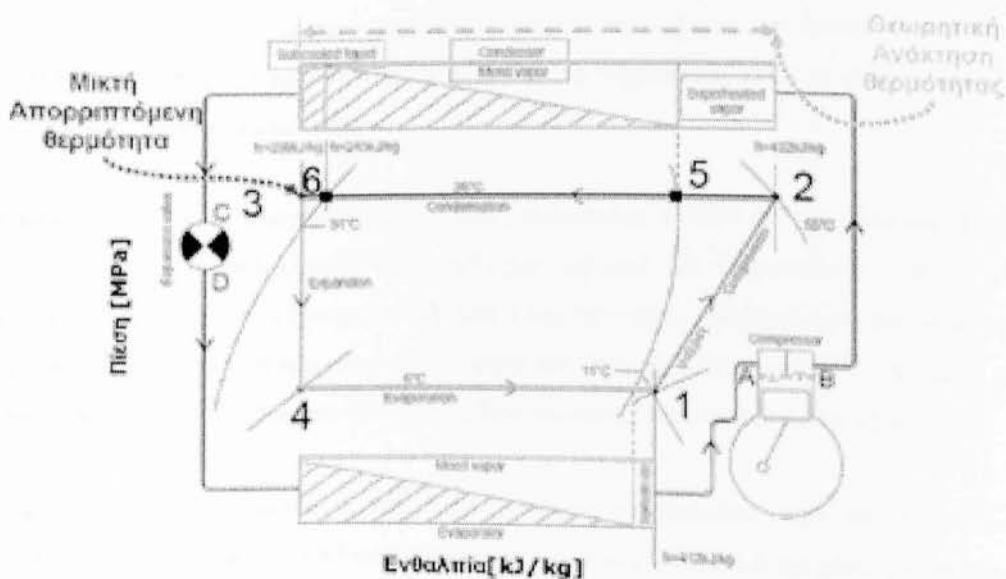
Μεταξύ Ιουνίου 2008 και Φεβρουαρίου 2010, ο εξοπλισμένος σταθμός με *Convenipack* στην *Wavre* χρησιμοποίησε περίπου 60% λιγότερη ενέργεια από ότι το παραδοσιακά εξοπλισμένο κατάστημα στην *Cambré*. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> επίσης μειώθηκαν κατά περισσότερο από το ήμισυ, την ίδια χρονική περίοδο.

### 5.3.5 Συστήματα Ανάκτησης Θερμότητας σε ψύκτες και αντλίες θερμότητας αέρος – νερού.

Η ανάκτηση θερμότητας είναι μία διαδικασία εκμετάλλευσης της θερμότητας που απορρίπτεται από τον συμπυκνωτή των ψυκτικών μηχανημάτων, με σκοπό τη χρήση της κυρίως για κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης ή και θέρμανση. Βρίσκει εφαρμογή σε κτίρια γραφείων, ξενοδοχεία, σχολεία, καθώς και σε βιομηχανικές εφαρμογές. Παρέχει ένα άκρως ελκυστικό χρόνο απόσβεσης της επένδυσης που απαιτείται από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου.

Η χρήση της ανάκτησης θερμότητας μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε κτίριο, με ταυτόχρονες απαιτήσεις σε θέρμανση και ψύξη ή σε εγκαταστάσεις όπου απαιτείται ψύξη και ζεστά νερά χρήσης ταυτόχρονα π.χ. ξενοδοχεία.

**Διάγραμμα Πίεσης – Ενθαλπίας όπου απεικονίζεται ένας τυπικός ψυκτικός κύκλος.**



Διάγραμμα 9

Ο τομέας 2-5-6-3, που απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα, αποτελείται από την υπερθέρμανση (2-5), την συμπύκνωση (5-6) και την υπόψυξη (6-3). Το ποσό της ενθαλπίας [kJ/kg] ή ισοδύναμα της ψυκτικής ισχύος [kW] που αντιστοιχεί στον τομέα αυτό, είναι αυτό που ονομάζουμε Μικτή Απόρριψη Θερμότητας ή Θεωρητικά Ολική Θερμότητα που μπορεί να ανακτηθεί [kW].

Αυτό είναι το ποσό της θερμότητας που πρέπει να απορριφθεί ως απαραίτητο βήμα στον ψυκτικό κύκλο για την παραγωγή σταθερής ψύξης. Η θερμότητα αυτή μπορεί να απορριφθεί απευθείας στο περιβάλλον χωρίς κανένα όφελος ή να ανακτηθεί μέσω κατάλληλων διατάξεων (εναλλάκτες φρέον – νερού) και να παραχθεί ζεστό νερό.

Στα συστήματα ανάκτησης θερμότητας υπάρχουν δύο τρόποι προσέγγισης που καθοδηγούν τον σχεδιασμό και τον τύπο του εξοπλισμού που απαιτείται:

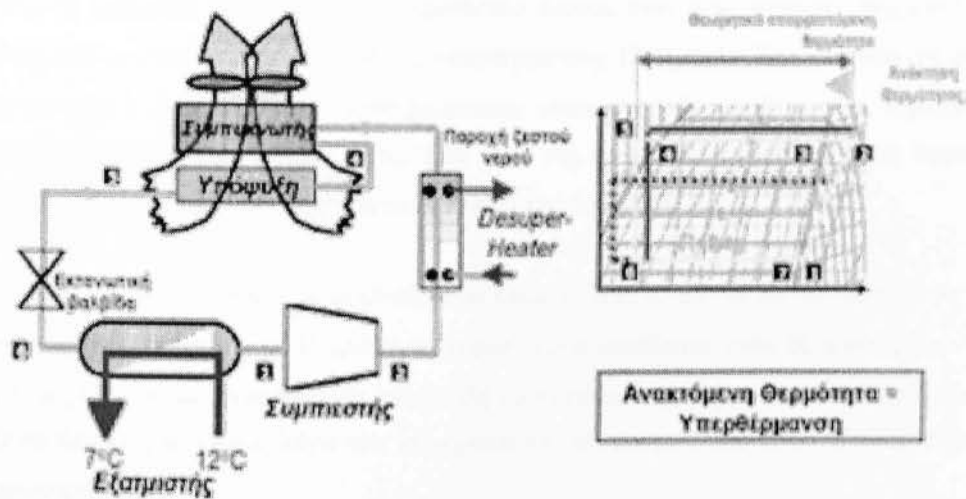
1) Σχεδιασμός του συστήματος έτσι ώστε να έχουμε έλεγχο (σε πλήρες και μερικό φορτίο) και βελτιστοποίηση του ψύκτη στην πρωταρχική του λειτουργία (ψυκτική ισχύς και απόδοση του ψύκτη) και ανάκτηση θερμότητας σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο ποσοστό γίνεται.

2) Σχεδιασμός του εξοπλισμού της ανάκτησης θερμότητας (απόδοση σε θέρμανση και έλεγχος της θερμοκρασίας του ζεστού νερού) προσαρμόζοντας αντίστοιχα τις διαστάσεις του συμπυκνωτή και αποδεχόμενοι την αρνητική επίδραση στην ψυκτική απόδοση και το βαθμό απόδοσης του ψύκτη. Ωστόσο θα πρέπει να έχουμε στο νου μας ότι και στις δύο περιπτώσεις, η πρωταρχική λειτουργία του ψύκτη, είναι να παρέχει ψύξη με τον καλύτερο δυνατό βαθμό απόδοσης (EER). Η ανάκτηση θερμότητας θα είναι πάντα μία επακόλουθη λειτουργία της ψύξης, γεγονός που σημαίνει ότι οποιαδήποτε μείωση στη ζήτηση του ψυκτικού φορτίου, αυτόματα θα σημαίνει και μείωση της απορριπτόμενης θερμότητας και άρα μείωση και της θερμότητας που μπορεί να ανακτηθεί.

Η καρδιά ενός τέτοιου συστήματος είναι ένας πλακοειδής ή shell & tube εναλλάκτης. Ο εναλλάκτης αυτός παραλαμβάνει το υπέρθερμο ψυκτικό (Η θερμοκρασία εξόδου του ψυκτικού από το συμπιεστή ξεπερνά τους 90°C) και διοχετεύει την θερμότητα στο νερό του δευτερεύοντος κυκλώματος που μπορεί να επιτύχει και θερμοκρασίες μέχρι 60 °C. Ανάλογα με το είδος της εφαρμογής υπάρχουν διάφοροι τρόποι σύνδεσης του απαιτούμενου εξοπλισμού:

- Παράλληλα όπου ο εναλλάκτης ψυκτικού – νερού τοποθετείται στην κατάθλιψη του συμπιεστή, με το ψυκτικό ρευστό να ρέει είτε μέσω του συμπυκνωτή ή/και μέσω του πρόσθετου εναλλάκτη.

- Σε σειρά όπου και πάλι ο εναλλάκτης ψυκτικού – νερού τοποθετείται στην κατάθλιψη του συμπιεστή με το ψυκτικό ρευστό να ρέει πάντα πρώτα μέσω του πρόσθετου εναλλάκτη και στη συνέχεια μέσω του συμπυκνωτή.



Εικόνα 46

Καθένας από τους παραπάνω τρόπους σύνδεσης έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, η παράλληλη σύνδεση έχει μεγαλύτερα ποσά ανακτώμενης θερμότητας, με ταυτόχρονο έλεγχο της θερμοκρασίας του ζεστού νερού που παίρνουμε, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες αλλά από την άλλη πλευρά, απαιτεί επανασχεδιασμό και επαναδιαστασιολόγηση των μερών μιας μονάδος, απαιτεί σύστημα ελέγχου και κατά συνέπεια κοστίζει και περισσότερο. Στον αντίποδα η σύνδεση σε σειρά με προσθήκη συστήματος ελέγχου αποδίδει μικρότερη ανάκτηση θερμότητας, μας δίνει έλεγχο θερμοκρασίας του παραγόμενου νερού απλούστερη κατασκευή (άρα και φθηνότερη) αλλά υπάρχει εξάρτηση από τις θερμοκρασιακές συνθήκες περιβάλλοντος καθώς έχουμε ροή πάντα μέσα από τον συμπυκνωτή. Τέλος υπάρχει και η δυνατότητα σύνδεσης σε σειρά χωρίς καθόλου έλεγχο, σύστημα το οποίο έχει το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους αλλά δεν έχει εγγυημένο αποτέλεσμα για την ανάκτηση θερμότητας ούτε θερμοκρασιακά ούτε ποσοτικά.

Η ανάκτηση θερμότητας έχει ακόμα ένα τρόπο διαχωρισμού και κατηγοριοποίησης. Είδαμε στο Σχήμα 1 ότι ο τομέας 2-5-6-3 είναι η θεωρητικά ολική θερμότητα που μπορεί να ανακτηθεί. Ανάλογα λοιπόν τώρα με ποιό τμήμα ανακτάμε έχουμε τον διαχωρισμό σε ολική και μερική ανάκτηση θερμότητας. Ολική ανάκτηση θερμότητας έχουμε όταν τα KW της ανακτώμενης θερμότητας είναι σχεδόν ίσα με αυτά της θεωρητικά ολικής θερμότητας που μπορεί να ανακτηθεί. (Σχήμα 3). Η ολική ανάκτηση θερμότητας διατίθεται συνήθως μόνο σε

ψύκτες. Είναι προφανές ότι σε αυτή την περίπτωση ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος είναι πάρα πολύ μεγάλος καθώς δεν απορρίπτεται καθόλου θερμότητα στο περιβάλλον. Τόσο η αισθητή όσο και η λανθάνουσα θερμότητα ανακτώνται και το ποσοστό ανάκτησης πραγματικά μπορεί να φτάσει τα επίπεδα του 85%

Μερική ανάκτηση θερμότητας ή desuperheater έχουμε όταν η ανακτώμενη θερμότητα είναι αυτή που αντιστοιχεί στον τομέα της υπερθέρμανσης (Σχήμα 4). Στην περίπτωση αυτή το μέγεθος του εναλλάκτη που χρησιμοποιείται είναι σχετικά μικρό και με περιορισμένες δυνατότητες ανάκτησης θερμότητας. Έως 30% της θεωρητικά απορριπτόμενης θερμότητας μπορεί να ανακτηθεί (20% της ψυκτικής ισχύος της μονάδος).

Βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε ψυκτικά μέσα όπως το R407C και το R410A που έχουν υψηλή θερμοκρασία κατάθλιψης. Η μερική ανάκτηση είναι διαθέσιμη τόσο σε ψύκτες όσο και σε αντλίες θερμότητας. Αποτελεί μία πολύ καλή λύση για εφαρμογές με σχετικά μικρή ζήτηση σε ποσά θερμότητας καθώς λόγω του περιορισμένου εξοπλισμού που απαιτεί είναι και αρκετά οικονομικότερη.

## 5.6 Συμπεράσματα ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας με ανάκτηση

Οι επιχειρήσεις και οι πολίτες που κάνουν σωστή και συνετή χρήση ενέργειας έχουν οικονομικό όφελος και συμβάλλουν ταυτόχρονα στην προστασία του περιβάλλοντος. Τα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας μπορούν να μετρηθούν σε ευρώ που κερδίζουμε και σε ποσότητες ρύπων που δεν εκλύονται στην ατμόσφαιρα (πχ. Kg διοξειδίου του άνθρακα, αιθάλης κλπ).

Με τη βοήθεια της ανάκτησης θερμότητας μπορούμε να επιτύχουμε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας έως και 50-60 %. Με τον όρο "Ανάκτηση Ενέργειας" εννοούμε τη διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται αξιοποίηση μέρους της θερμότητας που αποβάλλεται από κάποια μονάδα παραγωγής θερμότητας ή παραγωγικής διαδικασίας. Η ανάκτηση γίνεται μέσω εναλλαγής θερμότητας με την χρήση εναλλακτών θερμότητας. Εναλλάκτης θερμότητας ονομάζεται η συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της θερμικής ενέργειας μεταξύ δύο ρευστών μέσων (αέρας, νερό, καυσαέρια κλπ) διαφορετικής θερμοκρασίας.

Ο σκοπός ενός συστήματος ανάκτησης θερμότητας είναι η αξιοποίηση της μεγαλύτερης δυνατής ποσότητας απορριπτόμενης θερμότητας με την απλούστερη - οικονομικότερη τεχνικά λύση, που έχει τις δυνατόν μικρότερες επεμβάσεις στο υπάρχον σύστημα.

Η ανακτώμενη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη αναγκών της παραγωγικής διαδικασίας σε θερμό νερό ή θερμό αέρα, για την δημιουργία προκλιματισμένου αέρα συστήματος κλιματισμού ή εξαερισμού, για την παραγωγή ζεστών νερών χρήσης κλπ.

Η κάθε περίπτωση εξοικονόμησης και ανάκτησης ενέργειας σε κτίρια ή παραγωγικές διαδικασίες πρέπει να μελετηθεί ξεχωριστά ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες αυτής.

Ανάλογα λοιπόν με το είδος της εφαρμογής και με τα δεδομένα κάθε έργου, υπάρχουν διάφορες προτάσεις, για διατάξεις και συστήματα ανάκτησης θερμότητας και εξοικονόμησης ενέργειας. Στις τυποποιημένες αυτές διατάξεις, υπάρχει πάντα η δυνατότητα προσθήκης αυτοματισμών και επιλογών με σκοπό την αύξηση του βαθμού απόδοσης του συστήματος. Με τον τρόπο αυτό βελτιστοποιείται ο χρόνος απόσβεσης του κόστους της εγκατάστασης αλλά και ταυτόχρονα μειώνεται η επιβάρυνση από την απόρριψη θερμότητας προς το περιβάλλον.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σημειώσεις από εκπαιδευτικά σεμινάρια της Daikin Hellas.
2. Τεχνικό ενημερωτικό περιοδικό Daikin times.
3. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/ee\\_anaktisi\\_thermotitas.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/ee_anaktisi_thermotitas.htm)
4. <http://www.kftexniki.gr/index>
5. <http://www.cie.org.cy>
6. <http://www.interklima.gr>
7. <http://www.ghp.gr>

## *Κεφάλαιο 6.*

### *Επιτοίχια Θέρμανση.*

## Επιτοίχια θέρμανση

### 6.1 Ορισμός

Μια από τις πρωτοπόρες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη κτιρίων είναι η επιτοίχια συστοιχία δικτύου σωλήνων θερμού και ψυχρού εργαζόμενου μέσου (συνήθως νερό), διαμέτρου μέχρι 2cm. Με τα συστήματα επιτοίχιας θέρμανσης/ψύξης ενεργοποιούνται θερμικά οι τοίχοι ενός χώρου. Η χρήση αυτών των επιφανειών για τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης προσφέρει πολλές λύσεις για εφαρμογές που χαρακτηρίζονται από χαμηλές θερμοκρασίες.

### 6.2 Ιστορικό ερευνών-Αρχή λειτουργίας

Η ροή θερμότητας στο εσωτερικό ενός χώρου διαμέσου θερμαινόμενων τοιχωμάτων συνδέεται με την ανάπτυξη του αντίστοιχου υδροδυναμικού και θερμικού οριακού στρώματος γύρω από αυτά. Για το λόγο αυτό προκειμένου να διαπιστωθεί σε επίπεδο βασικής έρευνας η λειτουργία τέτοιων συστημάτων, όπως το προτεινόμενο, στη διεθνή βιβλιογραφία μελετώνται οι δύο αυτοί φυσικοί μηχανισμοί τόσο ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο όσο και σε επαλληλία. Σημαντικό έργο έχει επιτευχθεί τις τελευταίες δεκαετίες, στη κατανόηση των χαρακτηριστικών της επαγόμενης ροής πάνω από ένα στερεό τοίχωμα. Οι μελέτες αυτές μπορούν γενικά να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα είναι εστιασμένη σχετικά με την έρευνα της δομής της ροής του ρευστού (αέρα) πάνω από ένα μη θερμαινόμενο τοίχωμα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η επίδραση της τραχύτητας του τοιχώματος στην ανάπτυξη της ροής, αφού η επιφανειακή τραχύτητα έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη των δυνάμεων διάτμησης του ρευστού κοντά στην επιφάνεια. Ωστόσο, δεν έχει διευκρινιστεί σε τι απόσταση από το τοίχο η επίδραση αυτή είναι σημαντική. Ορισμένες μελέτες υποστηρίζουν την υπόθεση ομοιότητας του Townsend [1], ότι για υψηλές τιμές του αριθμού Reynolds, η τυρβώδης ροή στην περιοχή έξω από το τυρβώδες υπόστρωμα είναι ανεξάρτητη από την τραχύτητα τοίχου [2].

Αντίθετα, άλλες μελέτες διεξήγαγαν λεπτομερή μελέτη όσον αφορά στον αντίκτυπο της τραχύτητας του τοίχου στην ανάπτυξη της ροής ([3, 4]). Υπάρχουν επίσης αρκετές μελέτες, οι οποίες επικεντρώθηκαν στην αναπτυσσόμενη ροή γύρω από λείους τοίχους, όπως για παράδειγμα, ο Gerard ([5]) μελέτησε τον αναπτυσσόμενο στροβιλισμό για τυρβώδη ροή σε επαφή με λείο τοίχο. Η εργασία [6] μελέτησε τις διατμητικές τάσεις Reynolds, όπως αυτές αναπτύσσονται εξαιτίας της ύπαρξης δινών κατά τη διέλευση ενός ρευστού πάνω από ένα τοίχωμα, ενώ η [7] πρότεινε μια λογαριθμική ανάπτυξη του τυρβώδους οριακού στρώματος που αναπτύσσεται. Ως ταχύτητα αναφοράς θεωρείται κατά την άποψη τους να λαμβάνεται η μέση ταχύτητα στη κεντρική γραμμή ανάπτυξης του στρώματος και όχι η ταχύτητα ολισθησης του ρευστού



Η δεύτερη ομάδα επικεντρώνεται στην έρευνα της αναπτυσσόμενης ροής όταν στο τοίχωμα προστίθεται θερμότητα, μελετώντας την επίδραση της ροής θερμότητας στην ανάπτυξη του τυρβώδους οριακού στρώματος για θερμοκρασιακή διαφορά τοιχώματος και ρευστού 20-100 °C [8], όπου παρατηρήθηκε ότι η μέση ταχύτητα και η ένταση της τύρβης ήταν πιο έντονες έναντι του τοιχώματος ενώ μειώνονταν όσο η ροή μεταφερόταν κατά του τοιχώματος. Επίσης, η εργασία [9] διερεύνησε την επίδραση της μη μόνιμης ροής στην ανάπτυξη της τύρβης και διαπίστωσε, ότι ο συντελεστής συναγωγής μικραίνει όσο πιο μόνιμη είναι η ροή, ενώ στην εργασία [10] μετρήθηκε η διακύμανση της θερμοκρασίας εντός του θερμικού οριακού στρώματος, χρησιμοποιώντας X-wire αισθητήρες.

Η εργασία [11] εστίασε την προσοχή της στην ανάπτυξη του θερμικού οριακού στρώματος και το συντελεστή συναγωγής στις γωνίες ενός δωματίου, του οποίου θερμαίνονται οι τοίχοι, χρησιμοποιώντας την πειραματική μεθοδολογία LDA και παρατηρήθηκε η αύξηση του αριθμού Nusselt στις γωνίες των τοιχωμάτων, όπου συναντώνται οι θερμαινόμενοι με τους μη θερμαινόμενους τοίχους, που αποδόθηκε στην ασύμμετρη ανισορροπία της τύρβης για τις περιοχές αυτές. Στην εργασία [12] διερευνήθηκαν οι επιπτώσεις της ασταθούς θερμικής διαστρωμάτωσης στη μετάδοση θερμότητας εντός του εσωτερικού. Για το λόγο αυτό μετρήθηκαν ταχύτητα και διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στην περιοχή του τοιχώματος για διάφορες τιμές των αριθμών Reynolds και Richardson

Ο Gajusingh και οι συνεργάτες του ([13]) χρησιμοποίησαν τη πειραματική μεθοδολογία PIV για να μετρήσουν αντίστοιχα αναπτυσσόμενα πεδία ταχυτήτων, αλλά για πρώτη φορά διαπιστώθηκε η επίδραση και των δυνάμεων άνωσης, τόσο σε στρωτή όσο και σε τυρβώδη ροή στην ανάπτυξη του θερμικού οριακού στρώματος, ενώ Οι Ichimiya και Yamada ([14]) διερεύνησαν αριθμητικά την ανάπτυξη της ροής σε ένα τετράγωνο αγωγό τόσο στην περίπτωση που αυτοί είναι μονωμένοι, όσο και στην περίπτωση που αυτοί διατηρούνται σε σταθερή θερμοκρασία. Παρόλο το γεγονός, ότι έχει διεξαχθεί πλήθος ερευνών στο συγκεκριμένο τομέας δεν έχουν ακόμα κατανοηθεί οι επιδράσεις της μεταφοράς θερμότητας διαμέσου τοιχωμάτων στην αναπτυσσόμενη ροή πάνω από αυτά, τόσο με πειραματικές όσο και αριθμητικές μεθόδους.

Η παραπάνω βασική έρευνα που αφορά στους μηχανισμούς και τις φυσικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη μετάδοση θερμότητας από θερμαινόμενα τοιχώματα, γνωρίζει τα τελευταία χρόνια σημαντική άνθηση και επεκτείνεται σε πραγματικές εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια. Οι πειραματικές μελέτες [15, 16, 17, 18] διαπίστωσαν ότι συστήματα θέρμανσης που χαρακτηρίζονται από χαμηλές θερμοκρασίες δημιουργούν καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης εντός ενός χώρου, ενώ άλλες, όπως αυτή που διεξήχθη μέσω του Ερευνητικού Προγράμματος IEA ([19]), δείχνουν ότι οι άνθρωποι που ζουν σε

σπίτια που έχουν συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας θέρμανσης είναι πιο ικανοποιημένοι με το κλίμα εσωτερικού χώρου από τους ανθρώπους που ζουν σε σπίτια με αντίστοιχα συστήματα θέρμανσης υψηλής θερμοκρασίας. Τέλος, σημαντική είναι η υπολογιστική μελέτη [20], η οποία διερεύνησε την επίδραση διαφόρων μεθόδων θέρμανσης στη θερμική άνεση ενός κτιρίου στη Σουηδία, όπως προτείνεται και στην παρούσα μελέτη για τον Ελλαδικό χώρο

### 6.3 Ανάλυση συστήματος

Η διάταξη των σωλήνων τοποθετείται, είτε εσωτερικά του επιχρίσματος, είτε στο κέντρο της τοιχοποιίας. Με τον τρόπο αυτό το εργαζόμενο μέσο, είτε μεταφέρει (στην περίπτωση της θέρμανσης), είτε απάγει (στην περίπτωση της ψύξης) θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση σωληνώσεων με διάφορους τρόπους διάταξης, όπως σχήμα σαλίγκαρου, απλού ή διπλού μαιάνδρου. Η διάταξη των σωλήνων δεν επηρεάζει την κάλυψη των θερμικών αναγκών αλλά επηρεάζει σημαντικά την κατανομή της θερμοκρασίας εντός του χώρου. Τα πλεονεκτήματα της διάταξης των σωληνώσεων σε σχήμα σαλίγκαρου είναι ότι επιτυγχάνονται ομοιόμορφες θερμοκρασίες σε όλο το κύκλωμα θέρμανσης, όπως και στη διάταξη του μαιάνδρου αλλά στην πρώτη περίπτωση ο σωλήνας κυκλοφορίας του εργαζόμενου μέσου δε χαρακτηρίζεται από δυσμενείς αλλαγές διεύθυνσης της ροής με γωνίες καμπυλότητας 90°. Σε κάθε περίπτωση και στα δύο συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν «συμπιεσμένες» περιμετρικές ζώνες όταν κάποιες περιοχές του κτιρίου απαιτούν αυξημένα συναλλασσόμενα ποσά θερμότητας στη θέρμανση ή στην ψύξη.

### 6.4 Πλεονεκτήματα

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας που αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια, σε σύγκριση με τις με τις υφιστάμενες που εφαρμόζονται όπως το μονοσωλήνιο και η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι:

- Η εξοικονόμηση ενέργειας, αφού εξαιτίας του υψηλού ποσοστού ακτινοβολίας ενέργειας των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, η αίσθηση της θαλπωρής ιδιαίτερα στην περίπτωση της θέρμανσης γίνεται αντιληπτή σε αισθητά χαμηλότερες θερμοκρασίες χώρου. Η θερμοκρασία χώρου μπορεί να μειωθεί κατά 1 έως 2°C (σε σύγκριση με την ενδοδαπέδια θέρμανση), γεγονός το οποίο αντιστοιχεί σε μια ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως από 3 έως 6%. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε σύγκριση με τα παλαιότερα συστήματα μονοσωλήνιου συστήματος μπορεί να φτάσει μέχρι και το 60%.
- Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδεθεί με γεωθερμική αντλία θερμότητας ανοιχτού ή κλειστού βρόγχου, εξοικονομώντας ακόμα περισσότερη ενέργεια. (α) Στα συστήματα κλειστού βρόγχου (closed loop systems) ή συστήματα συζευγμένα με το υπέδαφος (ground-

coupled systems) ένα δευτερεύον υγρό (νερό ή διάλυμα αντιψυκτικού, συνήθως προπυλενογλυκόλης) κυκλοφορεί σε μία διάταξη σωληνώσεων σε κλειστό κύκλωμα και μεταφέρει θερμότητα από ή προς το έδαφος (γεωεναλλάκτης). Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτού του τύπου είναι η ανεξαρτησία από την ύπαρξη νερού στην περιοχή ή στη γεώτρηση και από την ποιότητα του νερού. Τα συστήματα αυτά διαχωρίζονται περαιτέρω σε κατακόρυφα και οριζόντια, ανάλογα με τη γεωμετρία του υπόγειου εναλλάκτη. Στα πρώτα συστήματα απαιτείται η ανόρυξη μιας ή περισσότερων γεωτρήσεων. (β) Συστήματα ανοικτού βρόχου (open loop systems). Σε αυτά τα συστήματα χρησιμοποιείται νερό από γεωτρήσεις, πηγάδια, ποτάμια, θάλασσα, λίμνες, εγκαταλεημένα ορυχεία κτλ. Προϋπόθεση για τη λειτουργία τέτοιων συστημάτων είναι η επαρκής ποσότητα νερού (αν πρόκειται για υπόγειο ή ποτάμιο, μπορεί να είναι μειωμένη σε κάποιες περιόδους), η καλή ποιότητά του και η δυνατότητα διάθεσης του νερού μετά τη χρήση του. Κύριο πλεονέκτημα αποτελεί η αποδοτικότερη μεταφορά θερμότητας (π.χ. για θερμικό φορτίο 10 kW,  $\Delta T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$  και COP=4 απαιτούνται μόνο 0,5 m<sup>3</sup>/hr).

- Η φιλικότητα προς το περιβάλλον λόγω της αυξημένης απόδοσης θέρμανσης με σχετικά μικρές θερμοκρασίες προσαγωγής. Αυτό σημαίνει τόσο στη σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου στους λέβητες οικιακής χρήσεως όσο και στην περίπτωση ταυτόχρονης χρήσης της ψύξης, σημαντικά ποσά εξοικονόμησης ορυκτού καυσίμου για την Ελλάδα αφού μειώνεται σημαντικά η χρήση κλιματιστικών στοιχείων με τη χρήση επιτοίχιων συστημάτων ψύξης. Σε επαλληλία βρίσκεται και η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα.
- Επιπλέον θεωρείται καταλληλότερη μεθοδολογία θέρμανσης και ψύξης ιδιαίτερα για ανθρώπους με αλλεργίες λόγω της περιορισμένης επανακυκλοφορίας του εσωτερικού αέρα του χώρου, αφού οι επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας εντός του χώρου παρουσιάζουν μια σχεδόν ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας σε αντίθεση με άλλα συστήματα.
- Στα παραπάνω μπορεί να προστεθεί το γεγονός ότι τα επιτοίχια συστήματα προσφέρουν πιο ελεύθερη και μεγαλύτερη ελευθερία στο σχεδιασμό και διαμόρφωση των χώρων, και μειώνουν την πιθανότητα τραυματισμών από τις αντίστοιχες εξωτερικές διατάξεις θέρμανσης.
- Τα κλασικά συστήματα κλιματισμού αντιμετωπίζουν τα απαιτούμενα φορτία ψύξης επάγοντας στον εσωτερικό χώρο ρεύματα αέρα που συχνά χαρακτηρίζονται και από υψηλές ταχύτητες με χαμηλές θερμοκρασίες προσαγωγής. Η έντονη αυτή συναλλαγή θερμότητας με το ανθρώπινο σώμα και η παρουσία μεταφερόμενης σκόνης συχνά συνεπάγεται κρυολογήματα και γενικά συνθήκες μη άνεσης εντός του χώρου, ιδιαίτερα

για άτομα που παρουσιάζουν προβλήματα αλλεργίας και άσθματος. Στα παραπάνω πρέπει να προστεθεί η αυξημένη στάθμη θορύβου με αποτέλεσμα για το χρήστη συχνά να δημιουργείται ένα άβολο κλίμα χώρου, το οποίο περιγράφεται και ως σύνδρομο Sick-Building.

- Αν η επιτοίχια θέρμανση ή ψύξη συνδυαστεί με ένα σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης ή ψύξης προκύπτει μία αύξηση της θερμαινόμενης επιφάνειας, σε βαθμό που μπορεί να μειωθεί περαιτέρω η θερμοκρασία κυκλοφορίας του μεταφερόμενου μέσου (συνήθως νερό) και να χρησιμοποιηθούν ακόμα πιο αποτελεσματικά οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή θερμότητα, οι αντλίες θερμότητας και οι γεωθερμικοί συλλέκτες. Ιδιαίτερα άνετος είναι ο έλεγχος ενός τέτοιου συστήματος και η ανάδραση του αφού η προσαρμογή του συστήματος στις απαιτήσεις είναι σύντομη, χάρη στις σύντομες φάσεις προθέρμανσης και ψύξης. Αυτό συμβαίνει γιατί το επίχρισμα του τοίχου στο οποίο τοποθετείται το επιτοίχιο σύστημα έχει μικρότερη θερμική μάζα σε σχέση με τη μάζα της τσιμεντοκονίας του δαπέδου στην περίπτωση ενδοδαπέδιας θέρμανσης που χρησιμοποιείται σήμερα.

## 6.5 Εφαρμογές συστημάτων επιτοίχιας θέρμανσης.

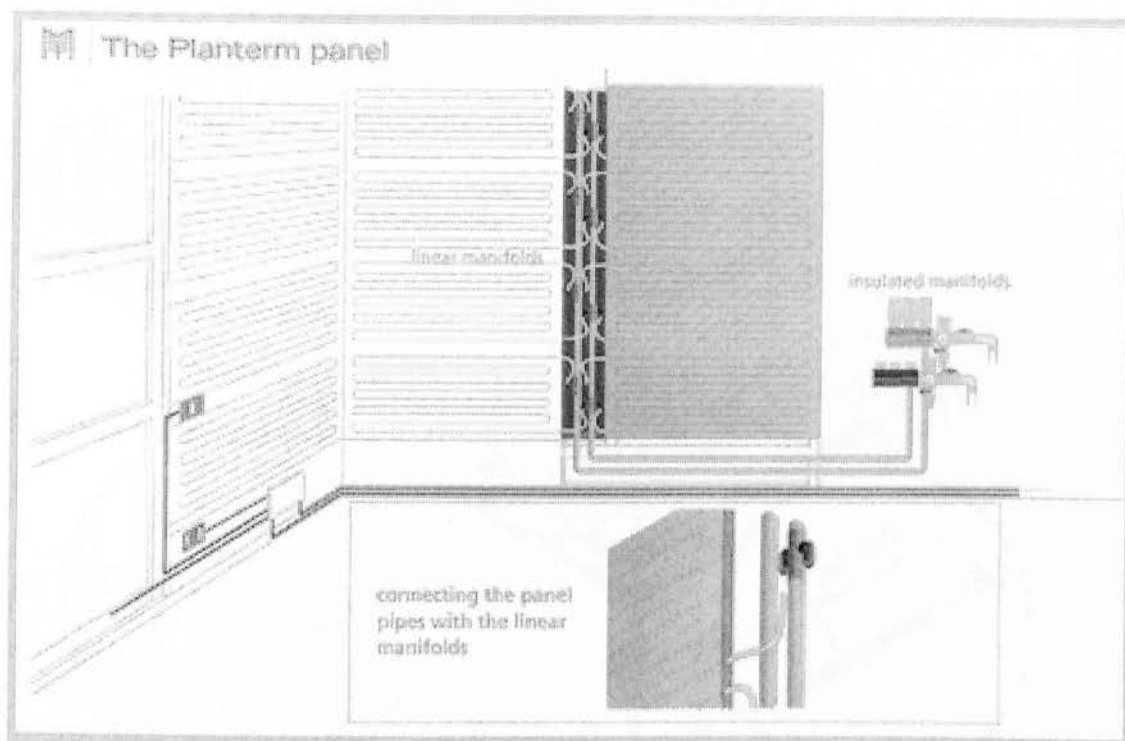
### 6.5.1 Επιτοίχια θέρμανση και ψύξη με «εκπομπή» (ray conditioning)

Η ιδέα στην οποία έχει βασισθεί το εν λόγω σύστημα αναφέρεται στην «εκπομπή» (ray conditioning) θερμότητας και ψύξης από απόσταση.

Τα βασικά μέρη τα οποία απαρτίζουν το σύστημα είναι τα εξής:

- **Οι πλάκες (panels) εκπομπής ψύξης- θέρμανσης.**

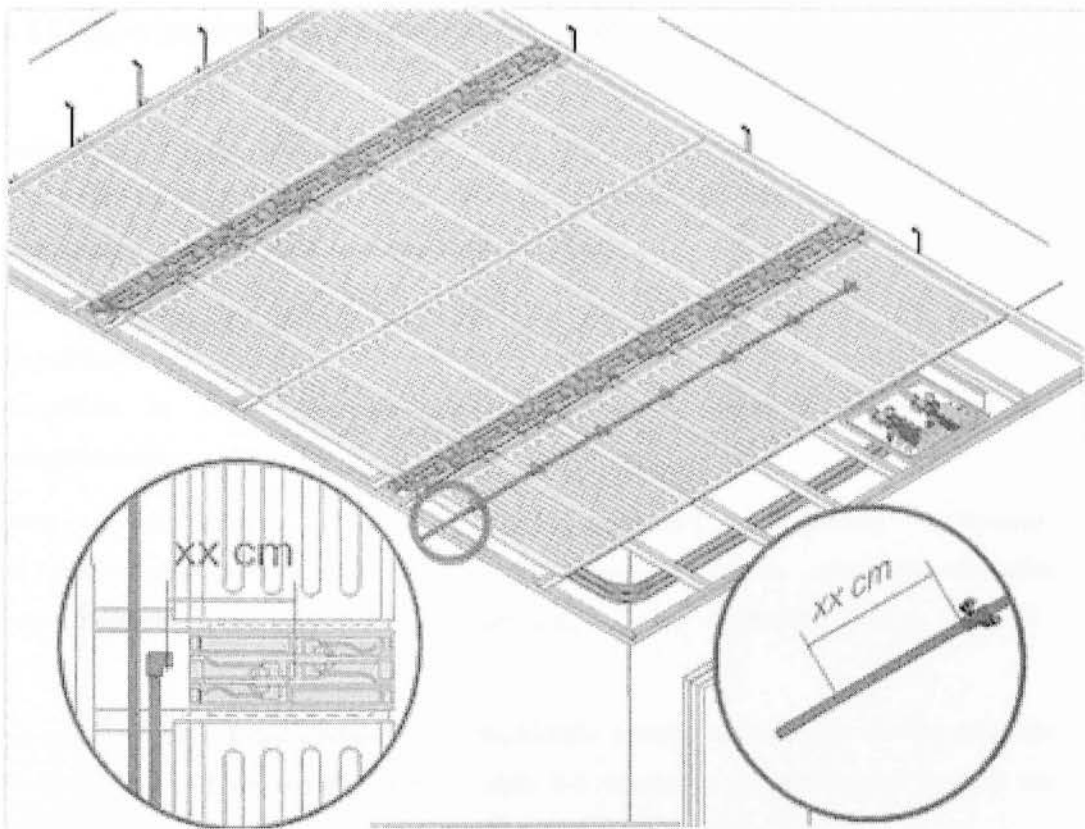
Τα **panels εκπομπής** ανάλογα με τις ανάγκες μας, μετατρέπονται τον χειμώνα σε **θερμαινόμενες επιφάνειες** ενώ το **καλοκαίρι** σε **ψυχόμενες επιφάνειες**. Τα panels «εκπομπής» είναι προκατασκευασμένες πλάκες διαστάσεων 120 cm X 265 cm οι οποίες αποτελούνται από μια πλάκα πυράντοχης γυψοσανίδας πάχους 15mm και από μια πλάκα διογκωμένης πολυστερίνης class I υψηλής πυκνότητας ( $30\text{kg/m}^3$ ). Μέσα στην **γυψοσανίδα υπάρχει ενσωματωμένο υδραυλικό κύκλωμα**, αποτελούμενο από πλέγμα πλαστικού σωλήνα Φ6X1 ανεπτυγμένο κάθετα προς τον μεγάλο άξονα της πλάκας



Εικόνα 47

Το υδραυλικό κύκλωμα αναπτύσσεται με τρόπο ώστε να διαιρείται σε πέντε αυτόνομα κυκλώματα 120cm X 53cm παράλληλης κυκλοφορίας, επιτυγχάνοντας πλήρη εξισορρόπηση του συστήματος.

Στο κύκλωμα αυτό κυκλοφορεί το θερμαινόμενο νερό του λέβητα (θέρμανση) ή το ψυχόμενο νερό του ψύκτη (ψύξη). Δηλαδή τα **panel εγκαθίστανται για κοινή χρήση ψύξης και θέρμανσης.**



Εικόνα 48

- **Το σύστημα ύγρανσης αφύγρανσης**

Το σύστημα ύγρανσης-αφύγρανσης είναι υπεύθυνο για την εξασφάλιση των ιδανικών συνθηκών περιβάλλοντος (υγρασίας) στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου

- **Το σύστημα ελέγχου και αυτοματισμού**

Το σύστημα ελέγχου και αυτοματισμού παρακολουθεί μονίμως τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του χώρου και αντίστοιχα ρυθμίζει την λειτουργία του λέβητα ή ψύκτη καθώς και του αφυγραντήρα, για την επίτευξη των συνθηκών που έχουν επιλεγεί σε κάθε μια προεπιλεγμένη ζώνη.

### 6.5.2 Κύρια χαρακτηριστικά συστήματος “εκπομπής”

Προκατασκευασμένα «panel» για θέρμανση και ψύξη, τα οποία εγκαθίστανται στην οροφή ή στους πλευρικούς τοίχους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως χωρίσματα. Επίσης λειτουργούν και σαν θερμομονωτικά υλικά.

Παραδίδεται συσκευασμένο σε panel διαστάσεων 120 cm X 265 cm και μπορούν τα διαιρεθούν σε πέντε ισομεγέθη τεμάχια διαστάσεων 120cm X 53cm.(τεμαχισμός-submodularity).

Έτσι επιτυγχάνουμε οποιαδήποτε επιθυμητή διάσταση θέλουμε. Η εγκατάσταση των «panel» γίνεται επί προεγκατεστημένου μεταλλικού «προφίλ» γυψοσανίδας σύμφωνα με τις διαστάσεις των «panel».

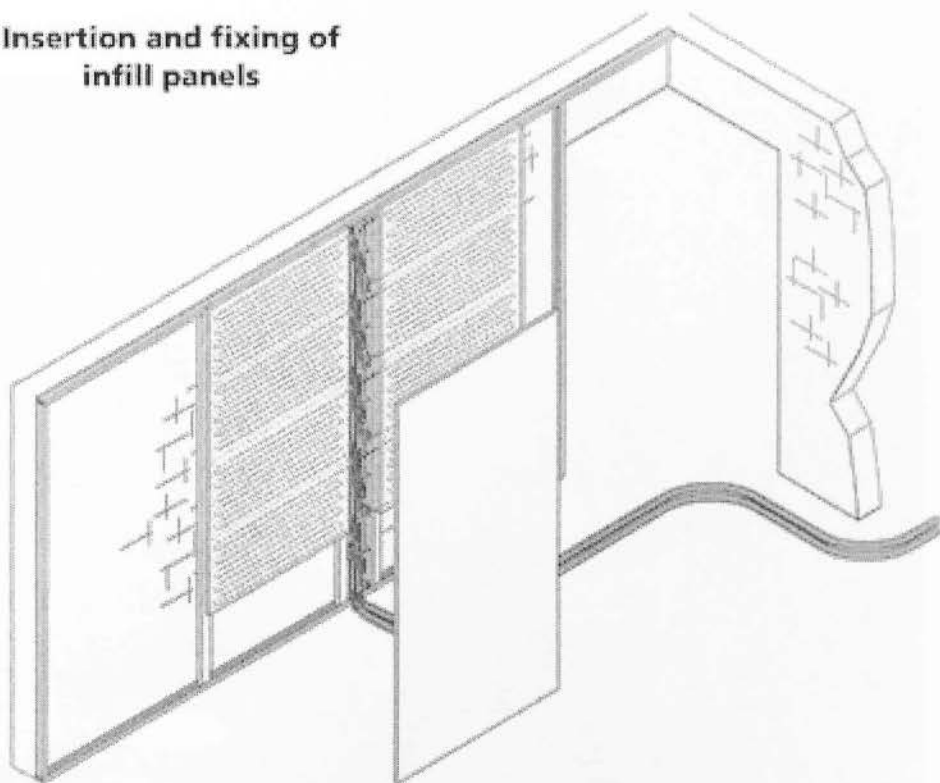
·Οι γραμμικοί συλλέκτες εγκαθίστανται παράλληλα μεταξύ των «πάνελ» και δημιουργούν ένα παράλληλο υδραυλικό σύστημα για κάθε ένα επιμέρους μορφοποιημένο τεμάχιο του «πανελ» επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο υδραυλική εξισορρόπηση.

·Παραδίδεται έτοιμο για σπατουλάρισμα, πλακόστρωση, βάνιμο ή μοκέτα.  
·Συνοπτικά αντικαθιστά ή πλεονεκτεί στα εξής σημεία της οικοδομής: Σοβάς (για επίτοιχη εγκατάσταση), Θερμική μόνωση, Χωρίσματα (εσωτερικοί τοίχοι), Ηλεκτρική και Υδραυλική υποδομή (για επίτοιχη εγκατάσταση), Χρόνος ολοκλήρωσης του έργου και Καθαριότητα στον χώρο εργασίας.

#### Πεδίο εφαρμογής συστήματος.

Το σύστημα μπορεί να εφαρμοσθεί τόσο σε ένα νέο κτίριο, όσο και σε ένα ήδη υπάρχον. Μπορεί να εφαρμοσθεί επίσης και σε επαγγελματικά κτίρια

### Insertion and fixing of infill panels



Εικόνα 49

#### **Πλεονεκτήματα σε σχέση με αλλιά ειδή θέρμανσης.**

1)Ανταποκρίνεται **άριστα** τόσο στις **ανάγκες** μας για **θέρμανση** όσο και για **ψύξη** χωρίς κανέναν απολύτως **συμβιβασμό**.

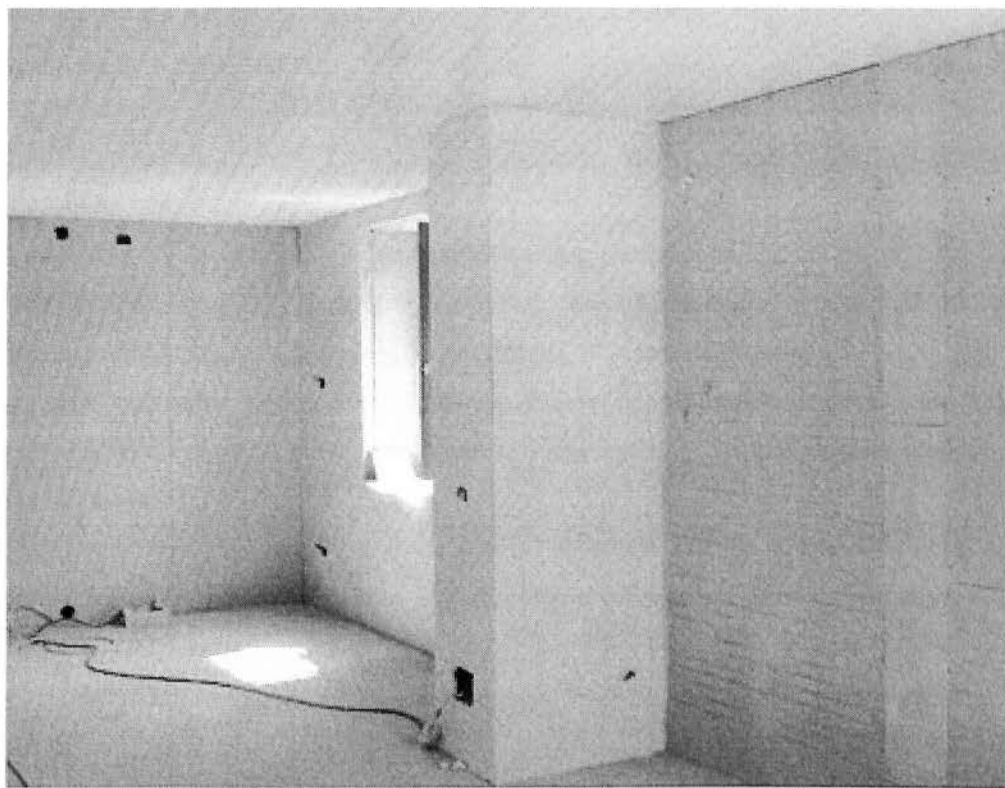
2)Εξασφαλίζει τις **υγιεινότερες συνθήκες θέρμανσης και ψύξης** στον χώρο μας(σύστημα αφύγρανσης κ.τ.λ).

3)Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης δαπέδου(ενδοδαπέδια εγκατάσταση) **προσφέρει ψύξη του χώρου και όχι δροσισμό** και αυτό γιατί η θερμοκρασία νερού για ψύξη κυμαίνεται μεταξύ 16-220C.

4)Πλήρης **εκμετάλλευση του χώρου** εξαιτίας της **απουσίας των θερμαντικών σωμάτων**.



5) Η εγκατάσταση είναι απλή, εύκολη και γρήγορη χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού και ειδικών εργαλείων.



Εικόνα 50

6) Είναι το πλέον αποδοτικό σύστημα ψύξης-θέρμανσης εξαιτίας του μεγάλου πλεονεκτήματος που διαθέτει το οποίο είναι: Το εξισορροπημένο υδραυλικό κύκλωμα και η μηδενική απόσταση του γραμμικού συλλέκτη από αυτό. Χάρη σε αυτό επιτυγχάνεται η πολύ χαμηλή αδράνεια του συστήματος και η πολύ υψηλή απόδοση τόσο στην ψύξη όσο και στην θέρμανση.

7) Είναι οικονομικότερο σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης αλλά και με τα συστήματα δαπέδου και αυτό οφείλεται στο ότι επιτυγχάνονται άμεσα και με ελάχιστες απώλειες οι απαιτούμενες συνθήκες θέρμανσης - ψύξης - ύγρανσης.

8) Ο σχεδιασμός του αντίθετα με τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης δαπέδου δεν απαιτεί στενά όρια στην θερμοκρασία του νερού. Λειτουργεί σε θερμοκρασίες νερού από 25°C έως και 60° C.

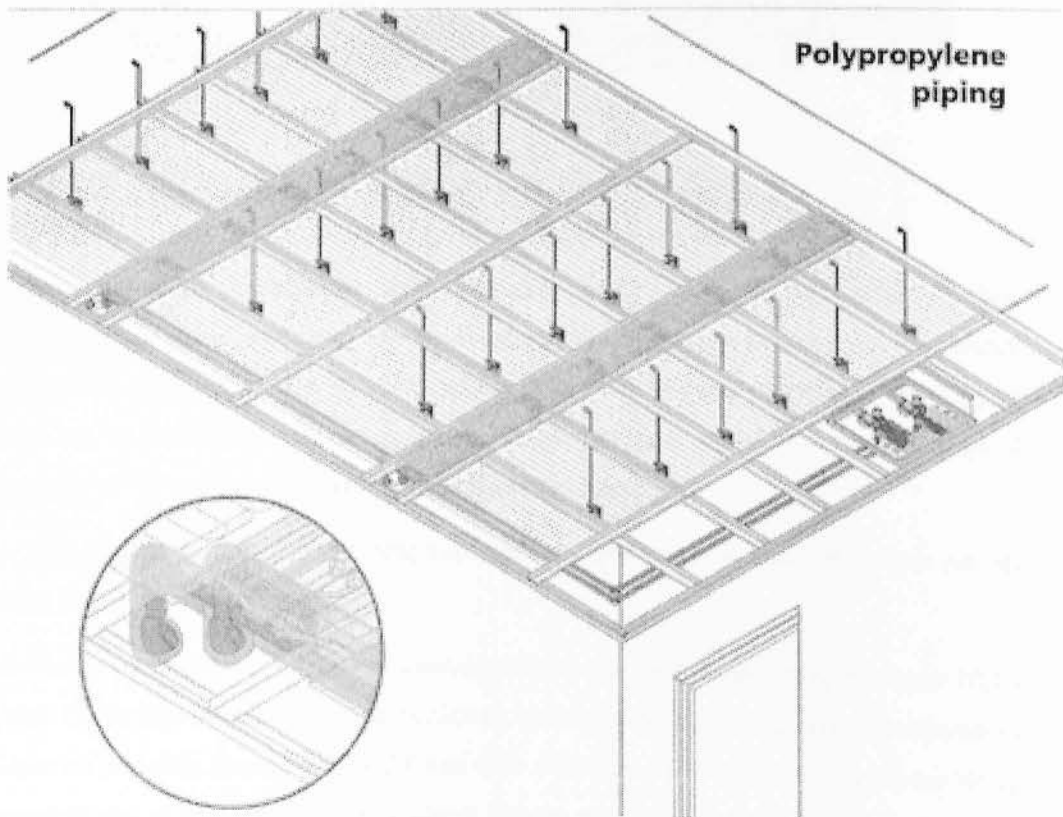
Εξαιτίας του γεγονότος ότι το σύστημα διαθέτει μεγάλες μονωμένες επιφάνειες με μικρή θερμοχωρητικότητα νερού, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι λειτουργεί σε χαμηλές θερμοκρασίες νερού τον χειμώνα ( $35^{\circ}\text{C}$  και όχι  $80^{\circ}\text{C}$  όπως τα κοινά καλοριφέρ) και σε θερμοκρασίες  $16-22^{\circ}\text{C}$  το καλοκαίρι, επιτυγχάνεται η αίσθηση της θερμικής απόλαυσης με μειωμένη κατανάλωση καυσίμων.

Δηλαδή επειδή η ψύξη και θέρμανση κατανέμεται ισομερώς σε όλο τον χώρο, ο θερμοστάτης ρυθμίζεται σε  $1$  έως  $2^{\circ}\text{C}$  χαμηλότερα από τις παραδοσιακές λύσεις ψύξης-θέρμανσης.

Η παρουσία και ο έλεγχος των υγραντήρων-αφυγραντήρων καθώς και το γεγονός ότι το σύστημα λειτουργεί σε χαμηλές θερμοκρασίες δεν ξηραίνεται η ατμόσφαιρα και κατά συνέπεια εξασφαλίζονται ιδανικές συνθήκες περιβάλλοντος.

Επιπροσθέτως όσον αφορά την θέρμανση, επειδή δεν δημιουργούνται ρεύματα αέρος, αποτρέπεται η διασπορά σκόνης και καπνού, με αποτέλεσμα να αποφεύγεται το μαύρισμα των τοίχων.

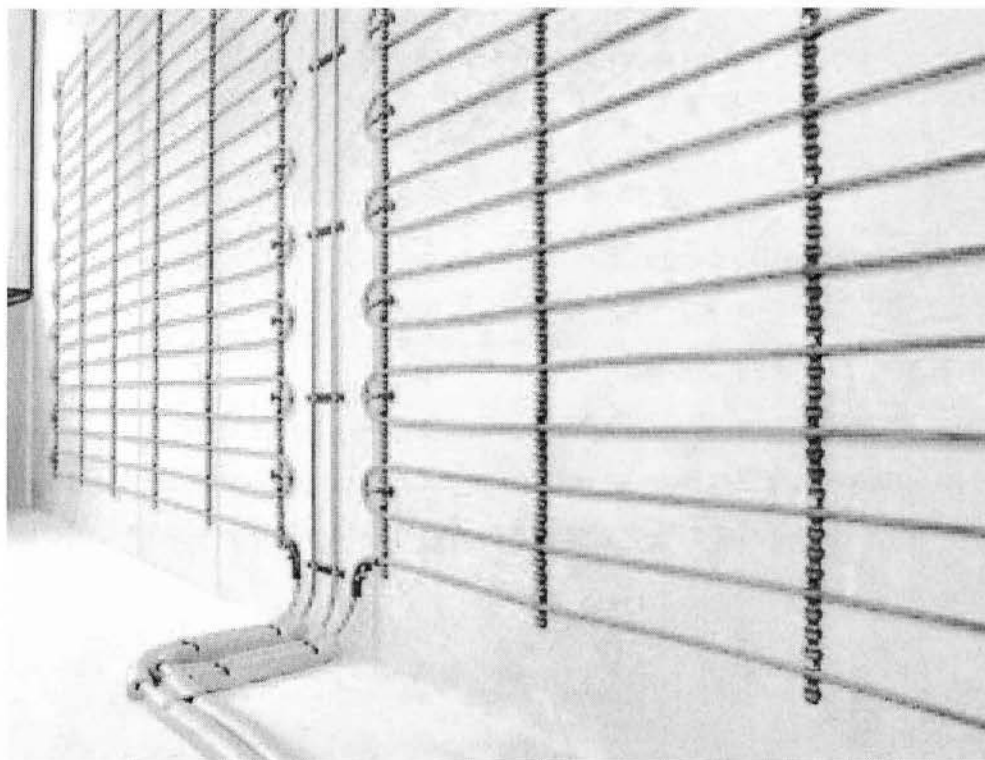
Όσον αφορά την ψύξη, επειδή ο αέρας κινείται με φυσική και όχι βεβιασμένη κυκλοφορία και χωρίς την ύπαρξη θυρίδων δεν δημιουργούνται συνθήκες ανάπτυξης μικροοργανισμών (νόσος των λεγεωνάριων)



Εικόνα 51

### 6.5.3 Θέρμανση/ψύξη τοίχου

#### Θέρμανση/ψύξη τοίχου σε υγρή κατασκευή



Εικόνα 52

#### Περιγραφή

Η ράγα στερέωσης αποτελείται από ανθεκτικό στα χτυπήματα και πολύ σταθερό πολυπροπυλένιο. Αυτή χρησιμεύει για τη στερέωση των σωλήνων κυκλοφορίας του μέσου στον ασοβάντιστο τοίχο ή στην πλάκα σκυροδέματος. Είναι δυνατές αποστάσεις τοποθέτησης από 2,5 cm και πολλαπλάσια. Η άκαμπτη κάτω πλάκα της ράγας στερέωσης έχει ένα πάχος 4 mm σε ένα συνολικό ύψος της διάταξης συγκράτησης 13 mm.

Στην περιοχή των αλλαγών κατεύθυνσης των σωλήνων χρησιμεύει το διπλό στήριγμα για την ασφαλή στερέωση των σωλήνων.

Τα πεδία θέρμανσης/ψύξης τοίχου κατασκευάζονται με σωλήνα ονομαστικής διαμέτρου 10,1 x 1,1 mm. Οι συνδετικοί σωλήνες με το συλλέκτη κυκλωμάτων θέρμανσης κατασκευάζονται με σωλήνες ονομαστικής διαμέτρου 17 x 2,0 mm ή 20 x 2,0 mm. Η γωνία οδηγός σωλήνων 90° με ενισχυμένο από υαλόινες πολυαμίδιο καθιστά δυνατή την ιδανική, χωρίς τσακίσματα αλλαγή κατεύθυνσης του σωλήνα από το κάθετο επίπεδο θέρμανσης/ψύξης τοίχου στο οριζόντιο

επίπεδο των συνδετικών σωλήνων. Χάρη στο διαμορφωμένο προφίλ συγκράτησης είναι δυνατή μια ασφαλής στερέωση.

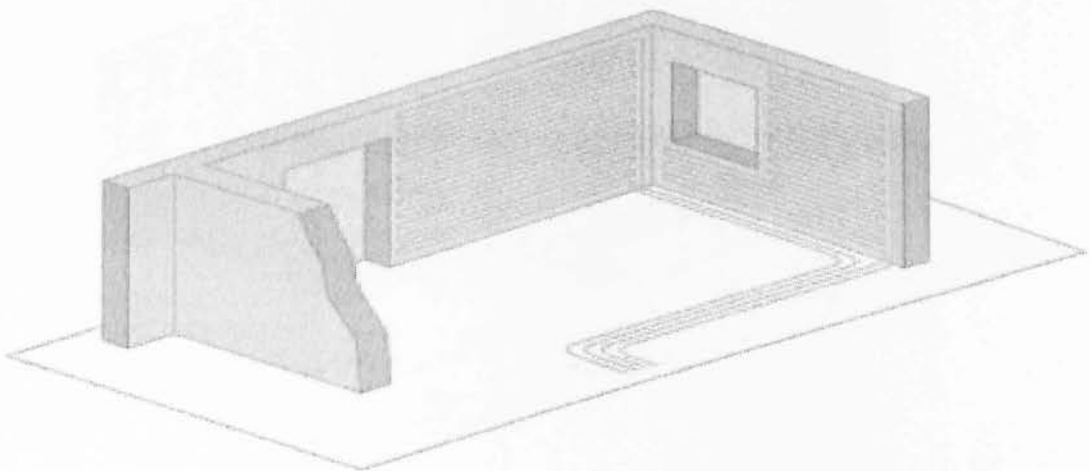
### **Επιλογές εγκατάστασης**

Τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης τοίχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξής:

- ως κύρια θέρμανση
- Σε συνδυασμό με συστήματα θέρμανσης και ψύξης δαπέδου
- ως πρόσθετη θέρμανση στις στατικές θερμαντικές επιφάνειες (θερμαντικά σώματα)

### **Συστήματα θέρμανσης/ψύξης τοίχου ως κύρια θέρμανση**

Λόγω των αυξημένων απαιτήσεων στη θερμοπροστασία είναι σήμερα δυνατόν, να καλυφθούν πλήρως οι θερμικές ανάγκες των κτιρίων με ένα από τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης τοίχου. Ιδιαίτερα αυτά τα συστήματα ενδείκνυνται για χρήση σε κτίρια χαμηλής ενεργειακής ζήτησης.



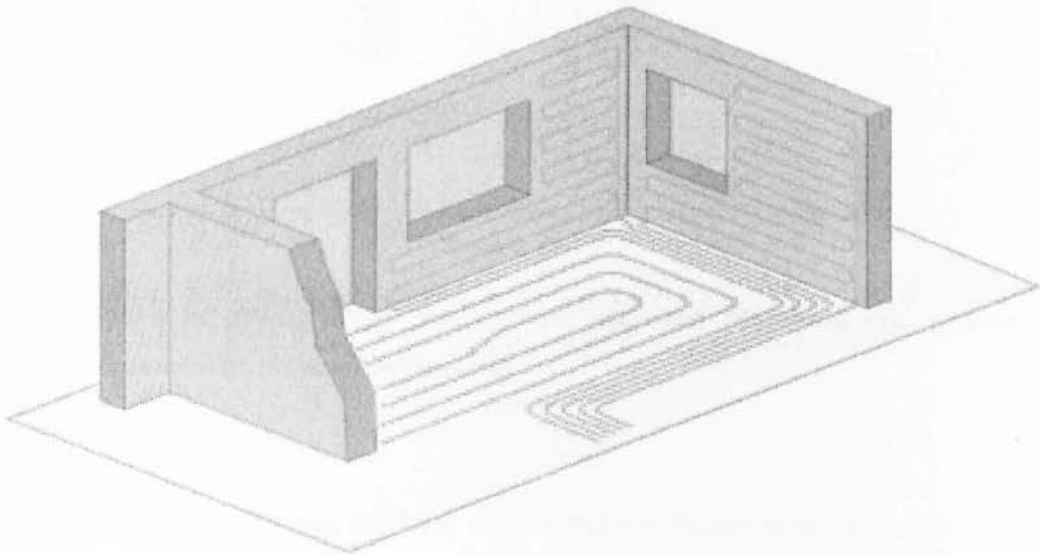
**Εικόνα 53**

**Η θέρμανση/ψύξη τοίχου ως κύρια θέρμανση**

## Συστήματα θέρμανσης/ψύξης τοίχου σε συνδυασμό με συστήματα θέρμανσης/ψύξης δαπέδου

Αυτός ο συνδυασμός συνίσταται σε περιοχές με υψηλές απαιτήσεις θαλπωρής, όπως

- περιοχές παραμονής σε κατοικίες,
- λουτρά,
- χώροι σάουνας,
- θερμοκήπια
- ή σε άλλους υγρούς χώρους.

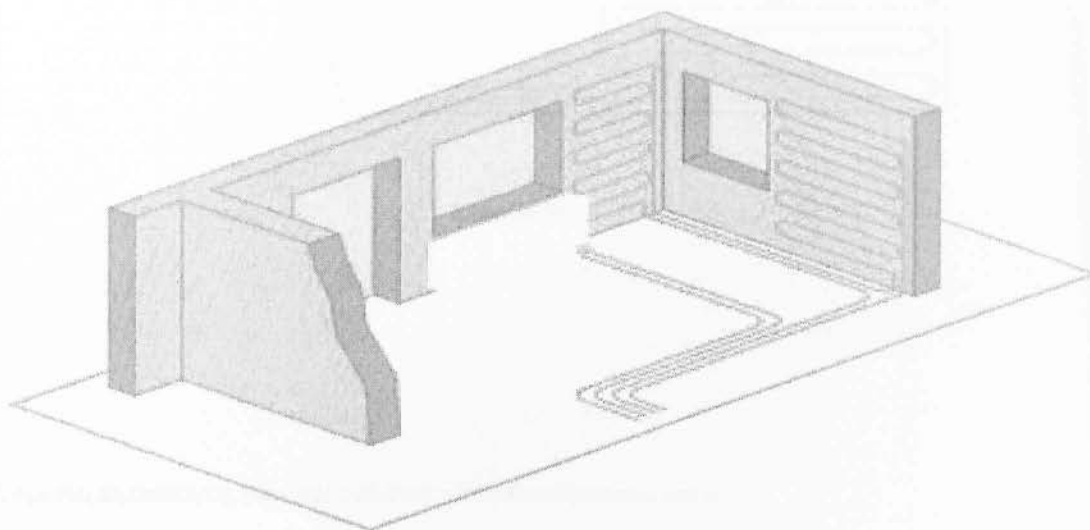


Εικόνα 54

Η θέρμανση/ψύξη τοίχου σε συνδυασμό με τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης δαπέδου.

### **Τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης τοίχου ως πρόσθετη θέρμανση στις στατικές θερμαντικές επιφάνειες(θερμαντικά σώματα)**

Με αυτό το συνδυασμό καλύπτονται τα βασικά φορτία με ένα από τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης τοίχου και τα φορτία αιχμής με στατικές θερμαντικές επιφάνειες (θερμαντικά σώματα). Αυτή η παραλλαγή μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολύ καλά ιδιαίτερα στον τομέα της ανακαίνισης κτιρίων.



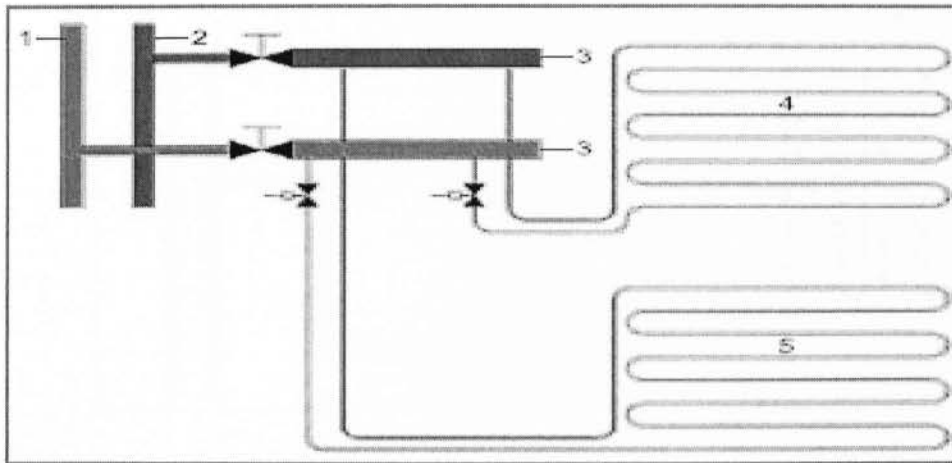
**Εικόνα 55**

### **Τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης τοίχου ως πρόσθετη θέρμανση στις στατικές θερμαντικές επιφάνειες (θερμαντικά σώματα)**

#### **Υδραυλική σύνδεση**

Οι ακόλουθοι τύποι υδραυλικής σύνδεσης των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης τοίχου είναι δυνατοί:

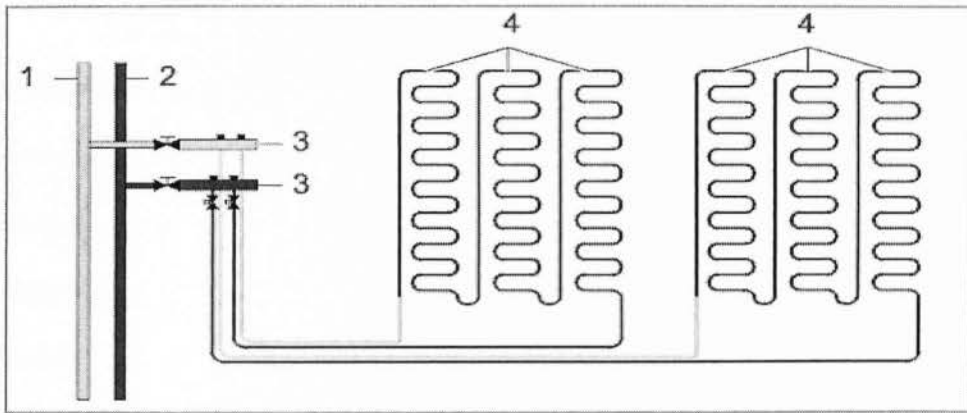
- Ξεχωριστή σύνδεση στο κεντρικό δίκτυο
- Σειριακή σύνδεση στο κεντρικό δίκτυο



**Εικόνα 56**

Σχηματική παράσταση της ξεχωριστής σύνδεσης κάθε πεδίου θέρμανσης τοίχου

- 1 Προσαγωγή
- 2 Επιστροφή
- 3 Συλλέκτης κυκλώματος θέρμανσης
- 4 Πεδίο θέρμανσης τοίχου 1
- 5 Πεδίο θέρμανσης τοίχου 2



Εικόνα 57

Σχηματική παράσταση της σειριακής σύνδεσης περισσότερων πεδίων θέρμανσης τοίχου

- 1 Επιστροφή
- 2 Προσαγωγή
- 3 Συλλέκτης κυκλώματος θέρμανσης
- 4 Πεδία θέρμανσης τοίχου

## 6.6 Το επίτοιχο σοβατεπί θέρμανσης

Εξαιτίας της προσαρμοστικότητας του, το επίτοιχο σοβατεπί θέρμανσης είναι υπερβολικά ευέλικτο σε όλα τα πεδία εφαρμογής του.

### Αρχή λειτουργίας του συστήματος:

Το επίτοιχο σοβατεπί θέρμανσης έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να έχει αρχή λειτουργίας τη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία που είναι ο φυσικότερος και ο πιο υγιεινός τρόπος θέρμανσης. Όταν λειτουργεί το σύστημα, ζεστός αέρας από το άνοιγμα στο σύστημα κινείται προς τα πάνω, προσκολλάται στο τοίχο και τον ζεσταίνει. Αυτό είναι αισθητό μέχρι περίπου 60εκ. από το πάνω μέρος του συστήματος. Ως αποτέλεσμα, ο τοίχος γίνεται ένα συνεχές καλοριφέρ κατά μήκος της θέρμανσης. Με αυτό τον τρόπο, το δωμάτιο ζεσταίνεται πιο γρήγορα, το επίπεδο άνεσης είναι πολύ καλύτερο από τα συμβατικά συστήματα και είναι και πιο οικονομικό.

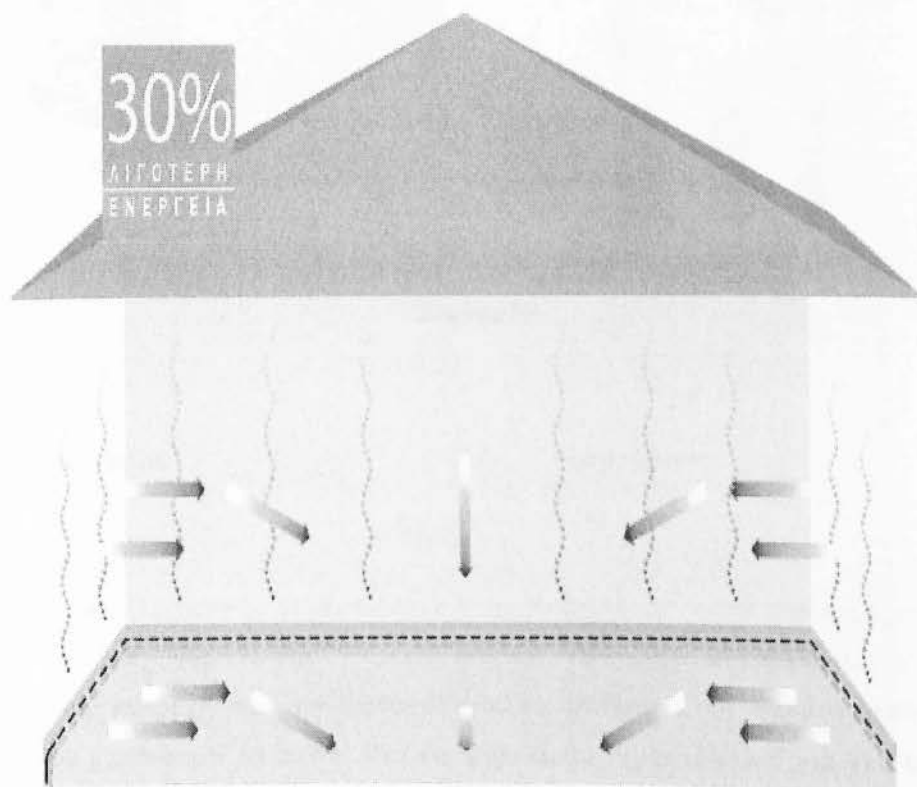


### **Πεδία εφαρμογής**

- Κατοικίες
- Γραφεία
- Επιχειρήσεις
- Σχολεία
- Κέντρα διασκέδασης
- Ξενοδοχεία και εστιατόρια
- Αθλητικές εγκαταστάσεις
- Εκκλησίες

### **Πεδία εφαρμογής στην κατασκευή**

- Νέα κτήρια
- Ανακινήσεις και ανακατασκευές
- Αντικατάσταση σομάτων καλοριφέρ μόνο(χωρίς τη μετατροπή ή την αντικατάσταση του υπάρχοντος συστήματος λέβητα).
- Ενσωμάτωση και συνεργασία μαζί με άλλα συστήματα θέρμανσης.

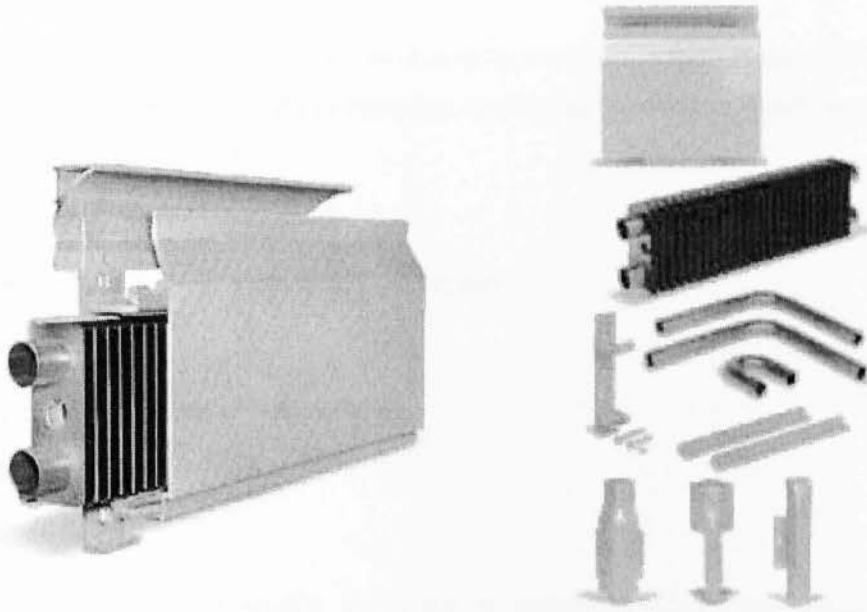


Σύστημα Θέρμανσης σε μορφή τσεκουλατούρας

Εικόνα 58

## Κατηγορίες συστημάτων

### Μοντέλου νερού.



Εικόνα 59

μοντέλο νερού

εξαρτήματα

Το σοβατεπί θέρμανσης (thermodul) στην έκδοση με νερό συνεργάζεται με κάθε σύστημα παραγωγής θερμού νερού (αερίου, πετρελαίου, αντλίες θερμότητας κτλ)έχοντας τη δυνατότητα να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του χώρου στα επιθυμητά επίπεδα. Για το λόγο αυτό είναι ιδανικό για νέα κτήρια αλλά και για ανακαινίσεις γιατί δεν απαιτεί ειδικές διαδικασίες . Έτσι τα σώματα καλοριφέρ μπορεί πολύ εύκολα να αντικατασταθούν.

### 6.6.1 Μέθοδος υπολογισμού και διαστασιολόγησης συστήματος.

Η προτεινόμενη μέθοδος υπολογισμού και διαστασιολόγησης του συστήματος παρουσιάζεται στα παρακάτω σημεία:

- Κατανομή των θέσεων

Η κατανομή των θέσεων μετάδοσης θερμότητας με κυκλοφορία του αέρα θα υπολογιστούν σύμφωνα με τους όρους του προτύπου UNI 7357/74

- Η Θερμική απόδοση

Η θερμική απόδοση έχει αξιολογηθεί από ελέγχους που διεξήγαγε το τμήμα ενέργειας του Πολυτεχνείου του Μιλάνου. Η χαρακτηριστική εξίσωση που συνδέει τη θερμότητα σε σχέση με το μήκος του πυρήνα είναι :

$$q_0 = K_m \cdot \Delta t^n$$

$q_0$  = Η θερμική εκπομπή σε watts ανά μετρό πυρήνα.

$K_m=0,92$  συντελεστής

$\Delta t=H$  διαφορά μεταξύ μέσης θερμοκρασίας

$n= 1,296$  συντελεστής

Ο πίνακας παρακάτω παρουσιάζει συνοπτικά τη θερμική απόδοση ανά διαφορά μέσης θερμοκρασίας νερού αέρα.

ΑΠΟΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΧΩΡΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ EN 442

$\Delta T(^{\circ}C)$	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
$q_0 (W)$	75,5	78,8	82,1	85,5	88,8	92,2	95,7	99,1	102,6	106,1	109,7	113,2	116,8	120,4	124,1	
$\Delta T(^{\circ}C)$	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
$q_0 (W)$	127,7	131,4	135,2	138,9	142,7	146,4	150,2	154,1	157,9	161,8	165,7	169,6	173,5	177,5	181,5	185,5

**Πίνακας 10**

- **Το μήκος του θερμαινόμενου πυρήνα που πρέπει να εγκατασταθεί**

Το θεωρητικό μήκος που ρέπει να εγκατασταθεί σε σχέση με την απαιτούμενη ισχύ υπολογίζεται στο παρακάτω παράδειγμα.

Απαιτούμενη ισχύς  $q=1230\text{W}$

Θερμική απόδοση ( $\Delta t=50^\circ\text{C}$ )  $q_0=146,4\text{ W/m}$

Απαιτούμενο μήκος  $L= q/ q_0=8,4\text{m}$

- **Εγκατάσταση του συστήματος**

Το ενεργό μέρος του συστήματος τοποθετείται αρχικά στον εξωτερικό τοίχο. Αν τα μέτρα των εξωτερικών τοίχων δεν είναι αρκετά να χωρέσουν το απαιτούμενο μήκος του συστήματος κάποια τμήματα τα τοποθετούμε στους εσωτερικούς τοίχους. Με αυτόν τον τρόπο η ακτινοβολούσα επιφάνεια εξισορροπείται με την πιο κρύα επιφάνεια (των τοίχων των εξωτερικών πλευρών). Επιπλέον ασθενής μετάδοση του υπάρχοντος ζεστού αέρα που βγαίνει από το σύστημα θέρμανσης έρχεται σε «αντίθεση» με τον κρύο αέρα που έχει την τάση να εισέρχεται κατά μήκος του εσωτερικού τοίχου. Μια σταθερή θερμοκρασία δημιουργείται από το πάτωμα στο ταβάνι εξαιτίας αυτού του φαινομένου.

Η ευελιξία του συστήματος του επιτρέπει να μπορεί να εγκατασταθεί :

- Σε εξαρτήματα επιπλώσεων όπως βάσεις επίπλων κουζίνας, ερμάρια τοίχων κτλ.
- Διπλό για μεγάλους χώρους με μεγάλες διαστάσεις όπως γυμναστήρια , εστιατόρια .

- **Υδραυλική σύνδεση**

Είναι δυνατόν να συνδεθούν τα θερμικά στο σύστημα με δυο παραδοσιακούς σωλήνες που είναι η πιο αποτελεσματική και οικονομική μέθοδος προβλέποντας εγκατάσταση πολλών βανών από τα οποία η παροχή των σωληνώσεων φεύγει και έρχεται ζεσταίνοντας τα σώματα των δωματίων.

- **Υπολογισμός παροχής**

Σημείωση: από την ισχύ που είναι εγκατεστημένη στο δωμάτιο μπορεί κάποιος να υπολογίσει τη θερμική ισχύ του κλάδου ρυθμίζοντας τη θερμική διαφορά μεταξύ προσαγωγής και επιστροφής

Παράδειγμα υπολογισμού.

$$q=1230W$$

$$\Delta t_a=10^\circ C$$

$$Q=\text{Παροχή σε Kg/hr}$$

$$Q= 1230/4186*10 = 0.0294 \text{ Kg/sec ισούται με } 106 \text{ Kg/hr}$$

#### • Ρύθμιση θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία ρυθμίζεται σε κάθε χώρο με

- Θερμοστατικές βαλβίδες με απομακρυσμένο έλεγχο .Η βαλβίδα θερμοστατικού ελέγχου τοποθετείται στην παροχή των σωληνώσεων και ο αισθητήρας τοποθετείται κατευθείαν στο χώρο.

- Ηλεκτροστατική βαλβίδα τοποθετείται στις πολλαπλές βάνες και ενεργοποιείται από χρονοδιακόπτη ή από θερμοστάτη περιβάλλοντος.

Όλες οι παρακάτω λύσεις είναι επίσης εφικτές.

-Κλιματικός έλεγχος με έλεγχο θερμοκρασίας που να βασίζεται στην εσωτερική θερμοκρασία.

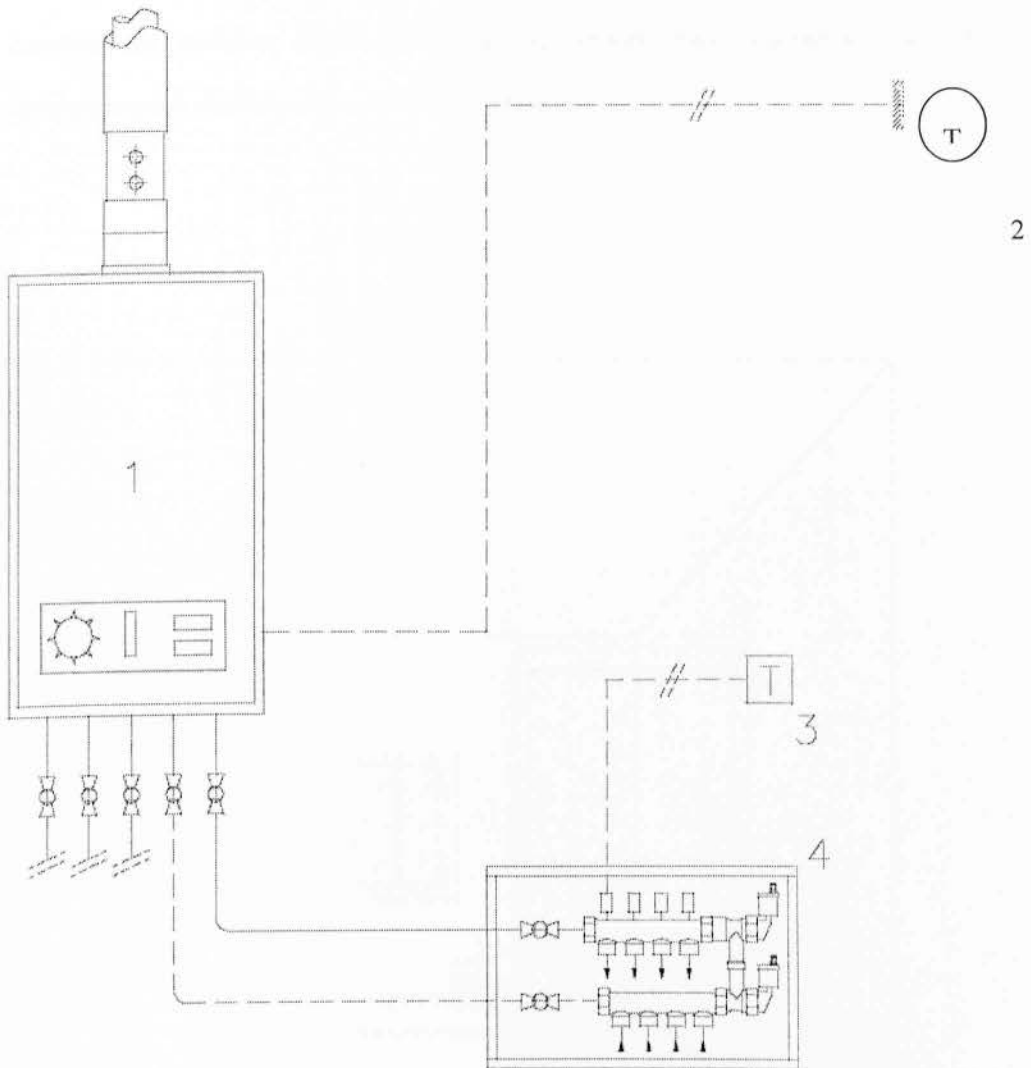
-Περιβάλλον με κανονικοποίηση της τροφοδοτούμενης θερμοκρασίας.

#### 6.6.2 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη ρύθμιση της θερμοκρασίας.

Το σύστημα έλεγχου θερμοκρασίας το οποίο επηρεάζει τη θερμοκρασία του boiler και αυτό εξασφαλίζεται με σύζευξη στον συμπυκνωτή .Διαστασιολογώντας τα θερμαντικά στοιχεία με την θερμοκρασία προσαγωγής με σχεδιασμό 65-70°C υπάρχει η δυνατότητα να προσταχθεί νερό σε χαμηλότερες θερμοκρασίες εφόσον οι εξωτερικές συνθήκες το επιτρέπουν. Σε μια τέτοια κατάσταση υπάρχει σημαντική οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας.

#### Σχηματικό παράδειγμα σύνδεσης με αυτόνομο σύστημα επιτοίχιου λεβητα.

Γεννήτρια θερμότητας με έλεγχο κλίματος και κανονικοποίηση της μεταφερόμενης θερμότητας με ένα κυκλοφορητή επαρκούς ισχύος για επιτυγχανομένη απαιτούμενη πίεση στο σύστημα.



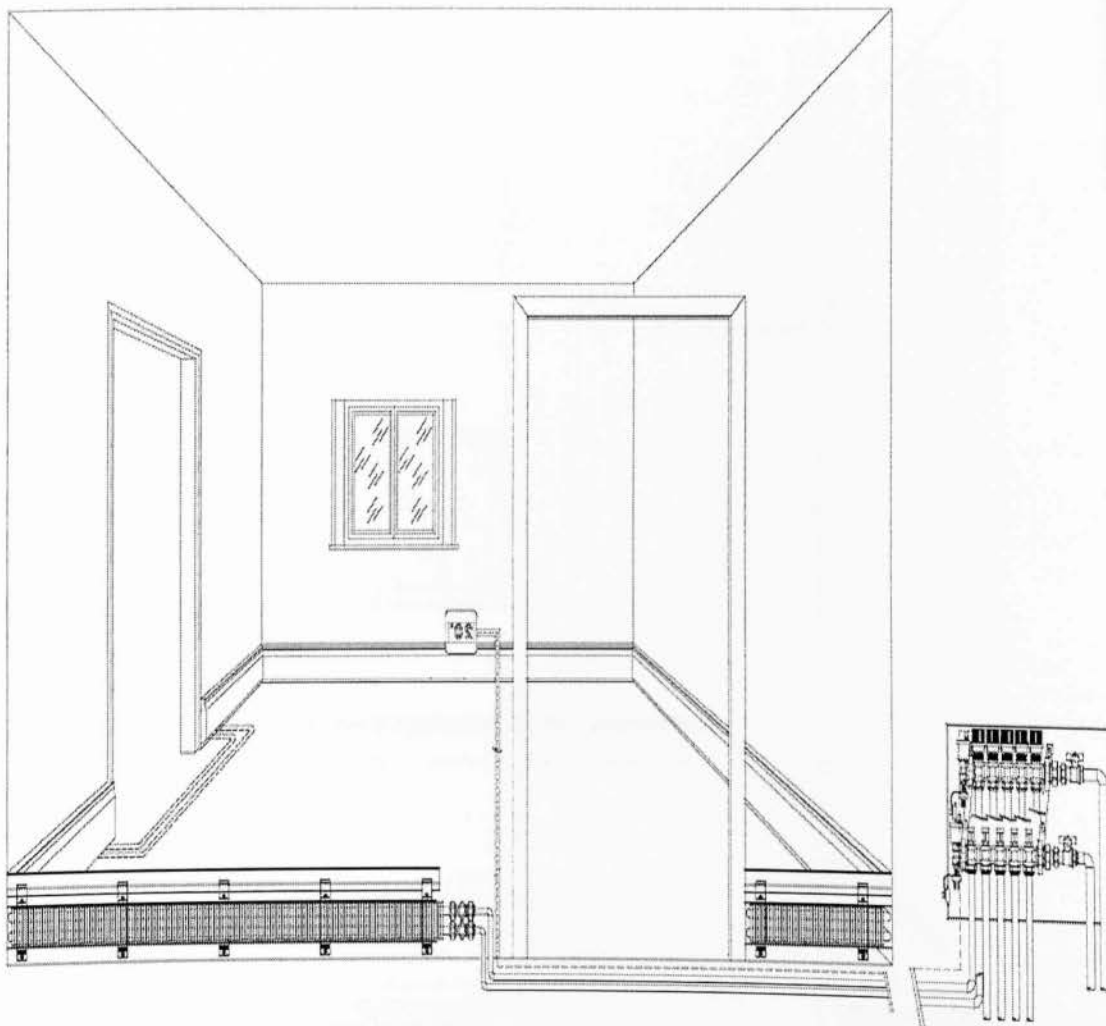
1-ΚΑΥΣΤΗΡΑΣ –ΛΕΒΗΤΑΣ

2-ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

3-ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

4-ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΒΑΝΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ BY PASS

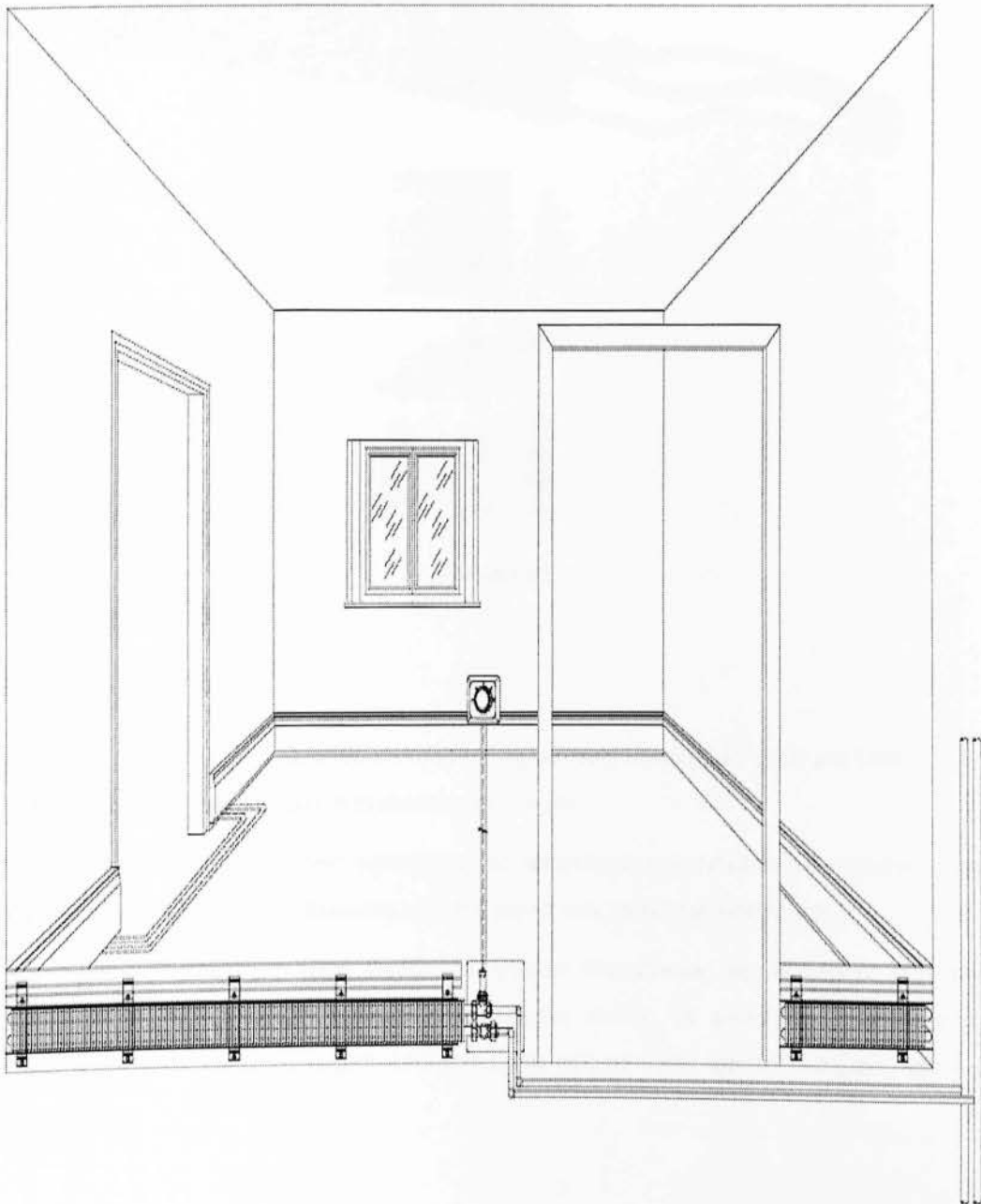
Δωμάτιο με ρύθμιση θερμοκρασίας με ηλεκτροστατικό θερμοστάτη και βαλβίδα εγκατεστημένη στο διανομέα πολλαπλών βανών.



Εικόνα 60

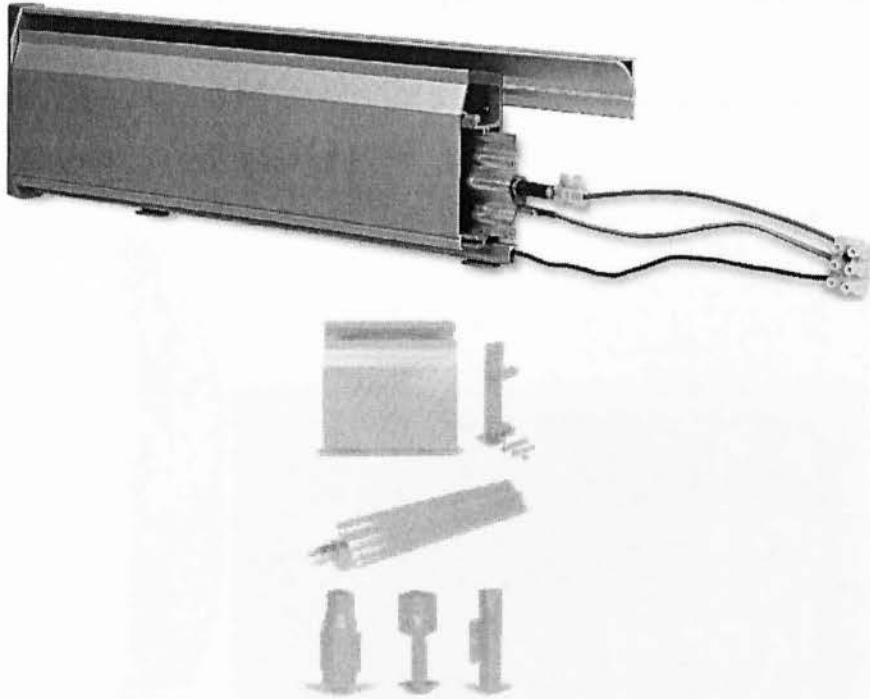


Δωμάτιο με ρύθμιση θερμοκρασίας μέσω μηχανικής θερμοστατικής βαλβίδας με απομακρυσμένο έλεγχο και δισωλήνια διανομή από το boiler στα άλλα σώματα.



Εικόνα 61

### Ηλεκτρικό μοντέλο.



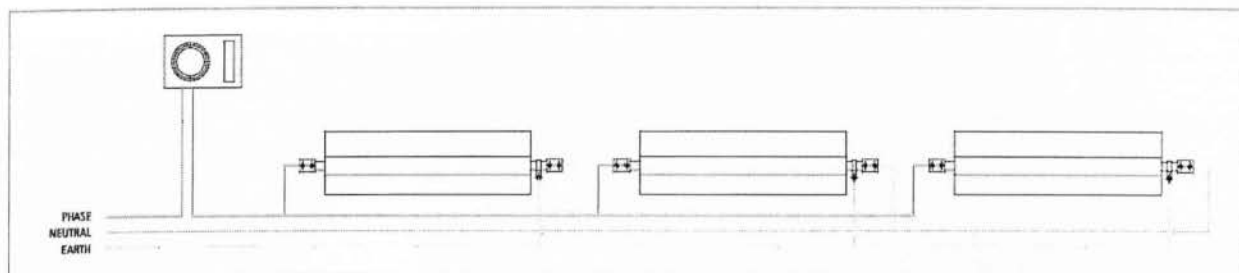
**Εικόνα 62**

Η ηλεκτρική έκδοση του επιτοιχίου σοβατεπί θέρμανσης(Thermodul) είναι μια λύση για τις περιπτώσεις που είναι αδύνατη η εγκατάσταση λέβητα.

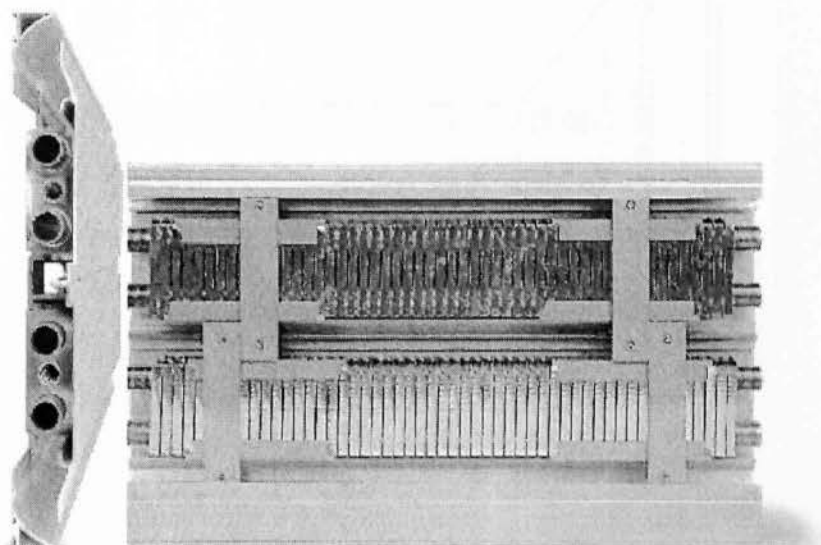
Το σύστημα διαστασιολογείται μετρώντας τις απαραίτητες αντιστάσεις βασισμένοι στην απαιτούμενη ισχύ (θερμικές απώλειες) και στο μήκος των απαιτούμενων τοίχων.

Είναι ξεκάθαρο ότι η συνολική ισχύς υπολογίζεται αθροίζοντας την επιμέρους ισχύ των αντιστάσεων. Η εγκατάσταση είναι πολύ εύκολη καθώς οι αντιστάσεις μπορούν να συνδέονται σε σειρές όπως δείχνει το παράδειγμα στη συνέχεια και να ελέγχεται από ένα θερμοστάτη.

### Παράδειγμα ηλεκτρικής σύνδεσης



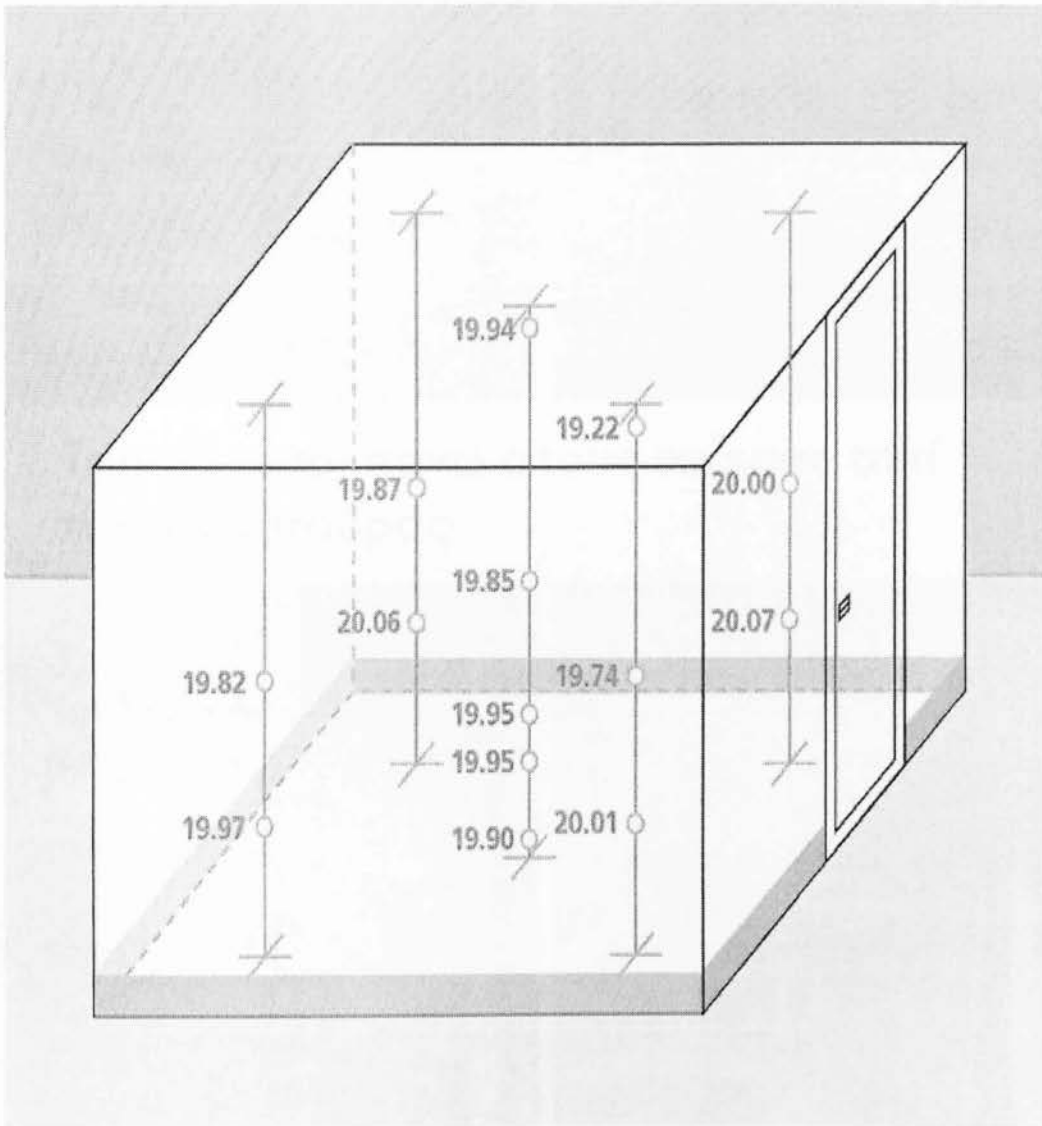
### Λύση για ειδικές κατασκευές.



**Εικόνα 63**

Η λύση αυτή καλύπτει πολύ μεγάλους μεγέθους χώρους όπως γυμναστήρια , σχολεία, εκκλησίες. Μπορεί επίσης να τοποθετηθεί σε διάφορα ύψη. Η λύση αυτή προτείνεται στις περιπτώσεις που η περιφερειακή γραμμή των τοίχων δεν φτάνει για να καλύψει τις απώλειες.

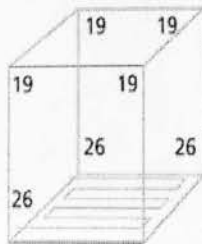
Το επιτοίχο σοβατεπί θέρμανσης διανέμει πολύ πιο αποδοτικά τη θερμότητα, ζεσταίνει το δωμάτιο πολύ γρήγορα, ιδίως σε σχέση με την υποδαπέδια, το επίπεδο άνεσης είναι το καλύτερο. Βλέπε γραφική παράσταση για την διανομή της θερμοκρασίας στο δωμάτιο σε πιστοποιημένη δοκιμή του Πολυτεχνείου του Μιλάνου.



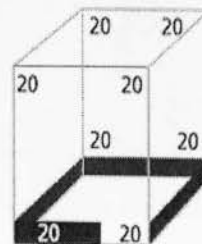
Παράδειγμα κατανομής θερμοκρασίας χώρου με διάφορα συστήματα θέρμανσης



Κλασικό σύστημα

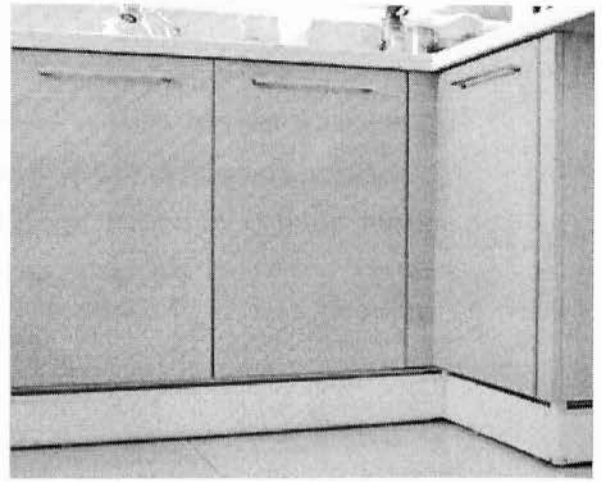
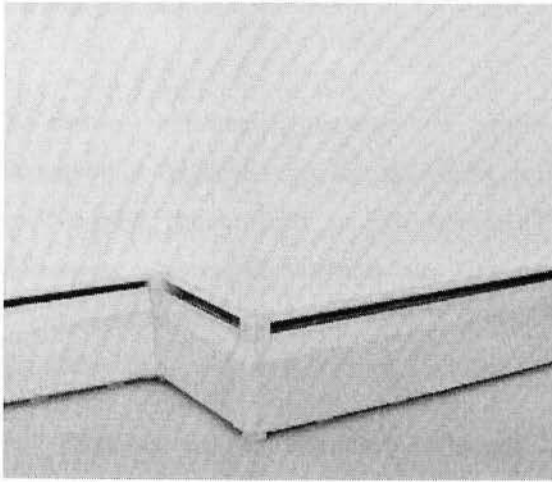


απόθετικό σύστημα



Θερμοσίδηρο μεταλλικό σύστημα

Εικόνα 64



Τοποθετείται πάνω στους τοίχους αντί  
τσεκουλατούρας



Τοποθετείται ακριβώς πάνω από την  
υφιστάμενη τσεκουλατούρα

## Σύγκριση κόστους σε σχέση με υπάρχον συστήματα θέρμανσης.

Το επιτοιχο σοβατεπί θέρμανσης του ζεστού νερού κοστίζει όσα και η υποδαπέδια θέρμανση με το ζεστό νερό. Κοστίζει όμως περισσότερο από τη θέρμανση με καλοριφέρ παρόλο που χρησιμοποιεί το ένα δέκατο (1/10) του νερού. Το επιτοιχο σοβατεπί θέρμανσης ηλεκτρικό κοστίζει πιο λίγα από την ηλεκτρική υποδαπέδια και τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές.

### 6.7 Πλεονεκτήματα επίτοιχου σοβατεπί

Το επιτοιχο σοβατεπί θέρμανσης είναι ένα υγιεινό σύστημα διότι:

- Λειτουργεί κυρίως με ακτινοβολία (80-85%) τον περισσότερο φυσικό « έξυπνο » τρόπο μετάδοσης θερμότητας που παρέχει υψηλού επιπέδου άνεση.
- Δεν συγκεντρώνει μικροσκόνη και βακτήρια διότι είναι πολύ συμπαγές.
- Δεν στεγνώνει τον αέρα και διευκολύνει την αναπνοή.
- Εξαιτίας της θέσης τοποθέτησης του **διατηρεί τους τοίχους στεγνούς** αποτρέποντας συγκέντρωση μούχλας και τη συμπύκνωσης υγρασίας.

Το επιτοιχο σοβατεπί θέρμανσης είναι απλό και λειτουργικό σύστημα διότι:

- Συνεργάζεται με οποιαδήποτε τεχνολογία θέρμανσης
- Τοποθετείται πάνω στο τοίχο και όχι μέσα σε αυτόν οπότε δεν χρειάζεται ειδικές μετατροπές για εγκατάσταση. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δωμάτια με κεραμικά, δωμάτια με χαλιά και δωμάτια με ξύλινα πατώματα ή παρκέ.
- Τοποθετείται πάνω στους τοίχους αντί τσεκολαδούρας ή ακριβώς πάνω στην υφιστάμενη τσεκολαδούρα.
- Είναι πλήρως επισκέψιμο για έλεγχο ή επισκευή.

Το επίτιχο σοβατεπί θέρμανσης προσφέρει αξιοσημείωτη οικονομία στην ενέργεια διότι :

- Είναι ικανό να προσφέρει ίδια θερμική άνεση με τη θερμοκρασία στον θερμοστάτη 1-2<sup>0</sup> C χαμηλότερα απ' ότι με τα συμβατικά σώματα θέρμανσης.
- Είναι εύκολο να φτάσει στη θερμοκρασία λειτουργίας πολύ γρήγορα εξαιτίας της μικρής ποσότητας νερού που κυκλοφορεί στο σύστημα.
- Για το ίδιο επίπεδο άνεσης, επίτιχο σοβατεπί θέρμανσης, καταναλώνει περίπου 65% πιο λίγα κιλοβατώρια από τα συμβατικά συστήματα και διανέμει την θερμότητα πιο ομοιόμορφα. Είναι 30% πιο οικονομικό.

Το επίτιχο σοβατεπί θέρμανσης είναι σχεδιαστικά ένα υψηλής αισθητικής προϊόν διότι :

- Έχει σχεδιασμό απαλών γραμμών και εισάγεται ανεπαίσθητα σε οποιαδήποτε περιβαλλον.

## 6.8 Επιτοίγια θέρμανση Μαρμάρου

### Θέρμανση με φυσική ακτινοβολία

Το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελείται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα, μέρος των οποίων είναι και οι υπέρυθρες ακτίνες. Η θερμική ακτινοβολία ανήκει στο φάσμα των υπέρυθρων ακτίνων. Όταν έρχεται σε επαφή με ένα στερεό μέσο (όπως π.χ. με το ανθρώπινο σώμα) γίνεται αντιληπτή ως θερμότητα.

Η ηλιακή ενέργεια, που φτάνει στη Γη μέσω ακτινοβολίας, αντανακλάται από την επιφάνειά της κατά 84% και χάνεται πέρα απ' την ατμόσφαιρα. Από το υπόλοιπο 16%, τελικά μόνο το 2% απορροφάται για τη θέρμανση του αέρα, του εδάφους και της θάλασσας. Με τη σειρά τους, οι επιφάνειες του εδάφους και της θάλασσας εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία, η οποία εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της θερμοκρασίας τους, δηλαδή από τη θερμότητα που έχουν προηγουμένως συσσωρεύσει υπό την επίδραση της ακτινοβολίας του ηλίου.

Η επιτοίγια θέρμανση μαρμάρου είναι μια τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια, με την οποία παρέχεται θερμότητα δια μέσου ακτινοβολίας. Παρόμοιες τεχνικές θέρμανσης, είναι γνωστές από τα πανάρχαια χρόνια. Ήδη απ' την παλαιολιθική εποχή, οι άνθρωποι απολάμβαναν την θερμική ακτινοβολία μέσω πυρακτωμένων βράχων. Η αρχή κλιματιζόμενων χώρων από θερμική ακτινοβολία, χρονολογείται γύρω στον 5ον π.Χ. αιώνα και εφαρμόστηκε από αρχαίους πολιτισμούς, όπως ο Ελληνικός και ο Κινεζικός.

### 6.8.1 Ανάλυση ηλεκτρικής θέρμανσης μαρμάρου

Η ηλεκτρική θέρμανση μαρμάρου είναι το πλέον υγιεινό σύστημα θέρμανσης. Βασίζεται σε μια επιφάνεια μαρμάρου ή γρανίτη που με την κρυσταλλική του δομή αντανακλά μέσω θερμικών ακτινών τη ζέστη ομοιόμορφα στο χώρο, όπως ο ήλιος στη φύση. Δεν ζεσταίνει τον αέρα όπως το συνηθισμένο καλοριφέρ, αλλά απευθείας τα στερεά αντικείμενα (τοιχοί, δάπεδα, έπιπλα κ.τ.λ.) και τα έμβια όντα στον γύρω χώρο. Η ζέστη αποθηκεύεται για ώρες και έτσι επιτυγχάνεται, με τη χρήση θερμοστατών, χαμηλή κατανάλωση ρεύματος.

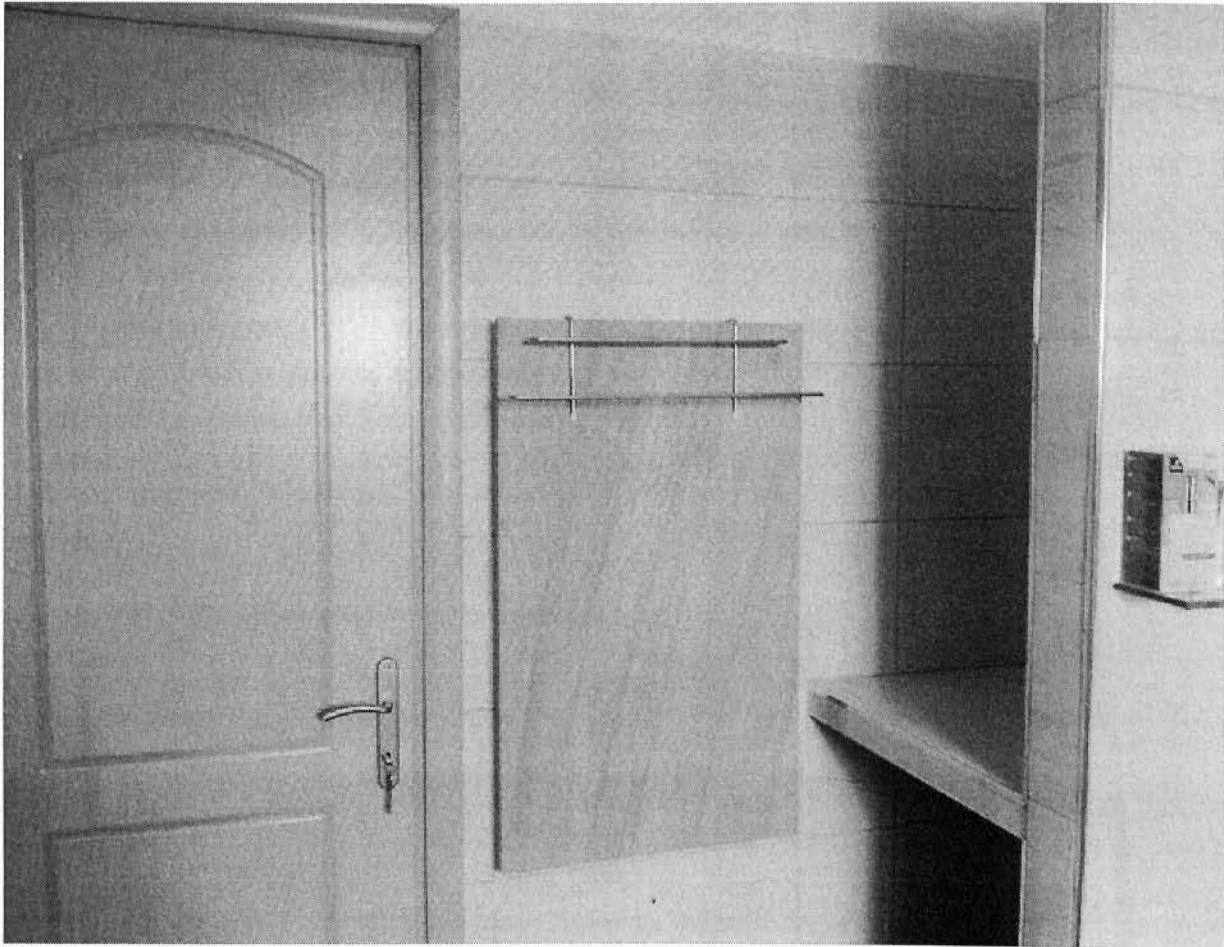
Οι θερμαινόμενες επιφάνειες από μάρμαρο ή γρανίτη έχουν μια ενσωματωμένη ηλεκτρικά αντίσταση, η οποία, ακόμη και στο μεγαλύτερό της μέγεθος, καταναλώνει μόνο 1,5 kW/h καλύπτοντας ένα χώρο περίπου 20 m<sup>2</sup>. Αυτός ο τύπος θέρμανσης, αν συνδυαστεί με φυσικές πηγές ενέργειας (υδροηλεκτρική, αιολική, φωτοβολταϊκή) δίνει λύσεις απόλυτα οικολογικές στο πρόβλημα της θέρμανσης. Σε χώρες της Β. Ευρώπης, οι κυβερνήσεις επιχορηγούν την εγκατάστασή της, διότι δεν ρυπαίνει καθόλου το περιβάλλον.

Τα πλεονεκτήματα της θέρμανσης μέσω ακτινοβολίας μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

- Όλα τα στερεά σώματα (τοιχοί, δάπεδο, οροφή, έπιπλα, φυτά, ζώα και άνθρωποι ) θερμαίνονται απ' ευθείας. Η θερμότητα αποθηκεύεται και με τη σειρά της σιγά-σιγά αντανακλάται στο χώρο.
- Υπάρχει ομοιόμορφη διανομή της θερμοκρασίας στον χώρο. Ο αέρας παραμένει ανεπηρέαστος, γι' αυτό δεν προκαλούνται κινήσεις της σκόνης στο χώρο (ιδανικό για αλλεργικούς)
- Η θερμοκρασία του τοίχου καθίσταται υψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα. Η υγραποίηση του αέρα στον τοίχο δεν είναι δυνατή.
- Οι υγροί τοίχοι αποξηραίνονται, αποκλείοντας το σχηματισμό μούχλας, ενώ οι ξηροί τοίχοι μονώνουν πιο αποτελεσματικά.
- Αντίθετα, με τη συμβατική θέρμανση (καλοριφέρ με κυκλοφορία νερού ή λαδιού και ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα όπως αερόθερμα):
- Ο θερμός αέρας ανεβαίνει προς τα πάνω και μεταφέρει σκόνη και μικρόβια (ανθυγιεινό για αλλεργικούς.)
- Υπάρχει ανόμοια διανομή της θερμότητας στο χώρο. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ οροφής και δαπέδου φτάνει μέχρι και τους 7°C.



- Ο αέρας μεταδίδει δύσκολα τη θερμότητα σε στερεά σώματα, γι' αυτόν το λόγο οι τοίχοι είναι ψυχροί. Επιπλέον, ο ζεστός αέρας αποθηκεύει περισσότερη υγρασία και αυτή με τη σειρά της επικάθεται στους ψυχρούς τοίχους, με όλες τις αρνητικές επιπτώσεις (αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, κίνδυνος δημιουργίας μούχλας κλπ)



Εικόνα 66

### **Εγκατάσταση επιτοίχιας ηλεκτρικής θέρμανσης μαρμάρου**

Η εγκατάσταση είναι απλή, καθότι περιορίζεται στην τοποθέτηση ηλεκτρικών καλωδίων. Η τοποθέτηση των σωμάτων είναι πολύ εύκολη (μόνο δύο στηρίγματα με "ούπα" και βίδες). Τα μέχρι τώρα γνωστά (συμβατικά) στοιχεία της εγκατάστασης (σωλήνες, λέβητα, καυστήρα, καμινάδα, ακαλαίσθητα μεταλλικά σώματα, δεξαμενή καυσίμων), καθώς και το πρόβλημα χώρου που δημιουργούν, εκλείπουν εντελώς. Το μικρό πάχος (3 cm) των σωμάτων μαρμάρου αποφέρει ακόμη περισσότερη εξοικονόμηση χώρου και επιτρέπει την εγκατάσταση των σωμάτων ακόμη και σε ασυνήθιστους χώρους. Η θέρμανση μαρμάρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως κεντρική είτε ως συμπληρωματική στο υπάρχον σύστημα. Δεν

υπάρχουν επιπλέον έξοδα για τη συντήρηση. Οι χώροι μπορούν να θερμανθούν ανεξάρτητα ο ένας απ' τον άλλο, χωρίς τη λειτουργία κάποιας κεντρικής μονάδας.

Τα επιπλέον σώματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς περίπλοκες διαδικασίες ανά πάσα στιγμή. Για κάθε σώμα, απλώς τοποθετούνται δύο στηρίγματα στον τοίχο. Η σύνδεση με το ρεύμα γίνεται είτε απ' ευθείας στην παροχή με ενδιάμεσο θερμοστάτη χώρου, είτε στις υπάρχουσες πρίζες.

Εάν δεν χρησιμοποιείται συχνά το σπίτι, δεν χρειάζονται κάποια μέτρα συντήρησης. Το σύστημα αυτό, γενικά, δεν χρειάζεται συντήρηση. Ο κάθε ενοικιαστής και ιδιοκτήτης μπορεί να χειριστεί εύκολα τη θέρμανση μαρμάρου με όλους τους αυτοματισμούς που προσφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα και να τη ρυθμίσει σύμφωνα με τις ανάγκες του. Η θέρμανση σε κάθε χώρο έχει τη δυνατότητα αυτονομίας. Σε περίπτωση μετακόμισης, τα θερμαντικά σώματα μπορούν να μεταφερθούν στη νέα κατοικία. Διαθέτοντας τη φυσική κομψότητα του μαρμάρου, αυτή η θέρμανση ενσωματώνεται εύκολα στη διαμόρφωση του χώρου.

### **Πλεονεκτήματα της θέρμανσης μαρμάρου στη λειτουργία και στην κατανάλωση ενέργειας.**

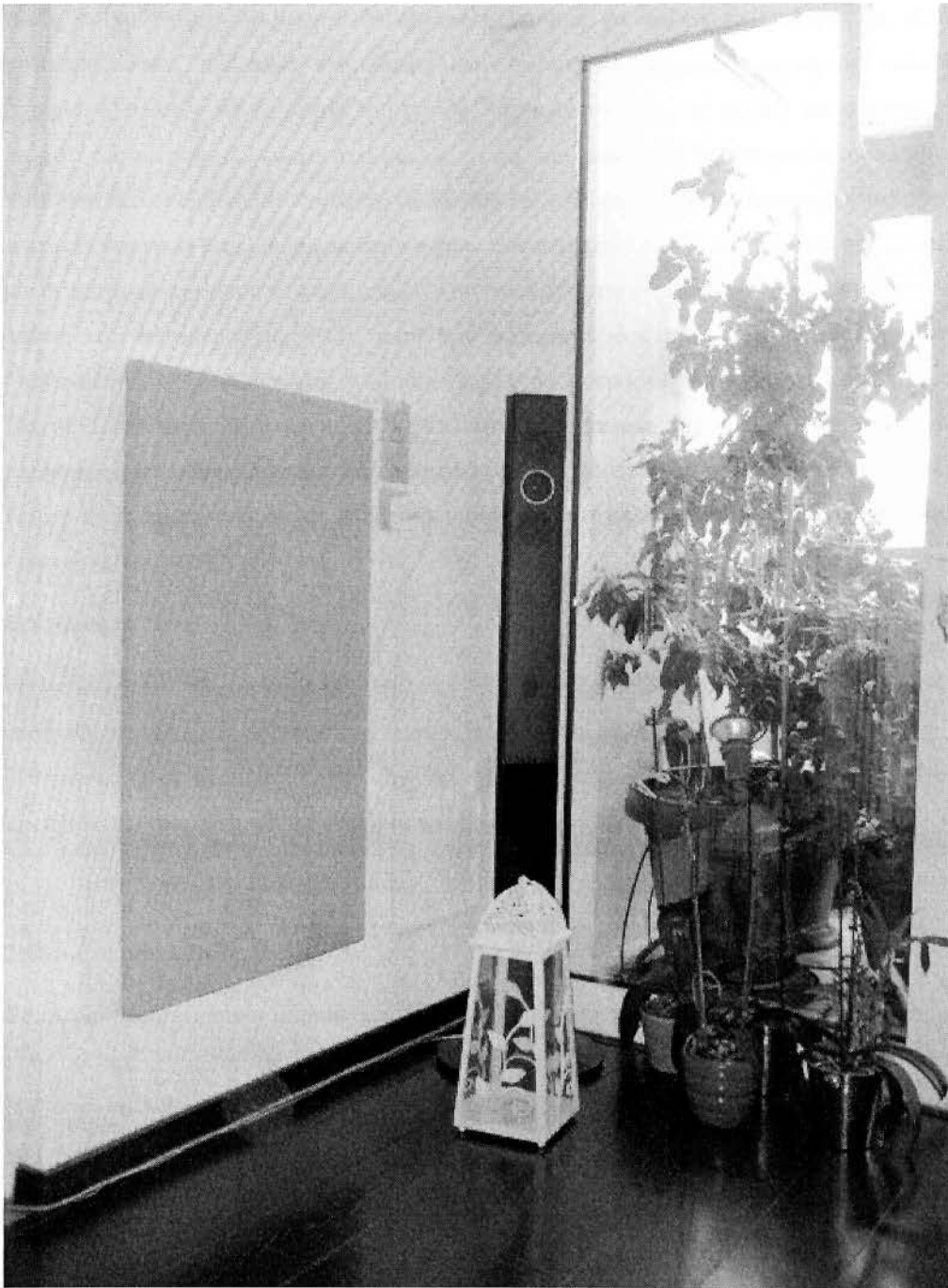
#### **1) Αποφεύγεται οποιαδήποτε υγραποίηση στους τοίχους**

Λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας του τοίχου μετατοπίζεται το σημείο υγραποίησης περίπου 1/3 προς το εξωτερικό μέρος του τοίχου, που σημαίνει ότι μένει περισσότερος τοίχος ως μόνωση στη διάθεσή μας. Εκτός αυτού, δεν δημιουργείται καθόλου υγρασία στην επιφάνεια του τοίχου. Ένας στεγνός τοίχος μονώνει καλύτερα από έναν υγρό. Ιδιαίτερα στην περίπτωση παλιών κτιρίων με πρόβλημα μούχλας, καθώς και σε μέρη με αυξημένο ποσοστό υγρασίας (π.χ. κοντά σε θάλασσα), η ηλεκτρική θέρμανση μαρμάρου είναι ιδανικός τρόπος θέρμανσης. Επίσης, είναι ο πλέον κατάλληλος για χώρους όπου υπάρχουν τοιχογραφίες και έργα τέχνης στους τοίχους, γιατί δεν αλλοιώνει τα χρώματα και δεν μαυρίζει τους τοίχους, όπως τα συμβατικά σώματα καλοριφέρ ή το τζάκι.

#### **2) Χαμηλότερη θερμοκρασία του αέρα στους 21°C (αντιληπτή ζέση)**

Η προσθήκη ενέργειας μέχρι της θερμοκρασίας χώρου των 18°C είναι γραμμική. Αυτό σημαίνει, ότι απαιτείται πάντα η ίδια ποσότητα ενέργειας για να αυξηθεί η θερμοκρασία κατά 1°C (π.χ. από 13°C στους 14°C ή από τους 15°C στους 16°C.) Από τους 18°C και πάνω, απαιτείται για κάθε ένα βαθμό Κελσίου αύξησης της θερμοκρασίας περίπου 6% περισσότερη ενέργεια. Δηλαδή, αν η θερμοκρασία του χώρου έχει επιλεγεί στους 22°C, (4°C πάνω απ' τους 18°C), χρειάζεται  $4 \times 6\% = 24\%$  περισσότερη κατανάλωση ενέργειας. Επειδή όμως στη θέρμανση δια ακτινοβολίας η θερμοκρασία του αέρα είναι κατά 3°C χαμηλότερη απ' τη

ζέστη που γίνεται αισθητή (π.χ. σε 18°C θερμοκρασία του αέρα, η θερμοκρασία του χώρου είναι 21°C), επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 67

### 3)Εξαερισμός

Κατά τον εξαερισμό ενός χώρου με συμβατικό καλοριφέρ, φεύγει προς τα έξω η συνολική ζέστη με τον αέρα του χώρου. Μετά τον εξαερισμό θα πρέπει να ζεσταθεί εκ νέου ο συνολικός όγκος του αέρα του χώρου. Στην ηλεκτρική θέρμανση μαρμάρου, κατά τον εξαερισμό, αλλάζει μεν ο αέρας του χώρου, παραμένουν όμως ως φορείς και αποθηκευτές θερμότητας τα στερεά σώματα του χώρου. Αυτά δεν χάνουν τη θερμοκρασία τους αισθητά κατά τον εξαερισμό και συνεχίζουν να αποδίδουν στο χώρο την αποθηκευμένη θερμότητα που απέκτησαν. Η θερμοχωρητικότητα αυτών των σωμάτων είναι τόσο μεγάλη, που ανάλογα με τη θερμομόνωση του κτιρίου μπορούν να γεφυρώσουν περίπου 3-5 ώρες χωρίς αισθητή πτώση της θερμοκρασίας. Έτσι, μετά τον εξαερισμό δεν απαιτείται μεγάλη ποσότητα ενέργειας για ν' αποκτήσουμε πάλι την αρχική θερμοκρασία. Το ευχάριστο αίσθημα της ζέστης γίνεται αντιληπτό αμέσως μετά το κλείσιμο των παραθύρων γιατί το θερμαντικό σώμα μαρμάρου ακτινοβολεί και μας ζεσταίνει όπως ο ήλιος, άσχετα με τη θερμοκρασία του αέρα. Και οι τρεις προαναφερθέντες παράγοντες δείχνουν ότι με τη θέρμανση μαρμάρου έχουμε οικονομία πολύτιμης ενέργειας.

### 4)Υγιεινή

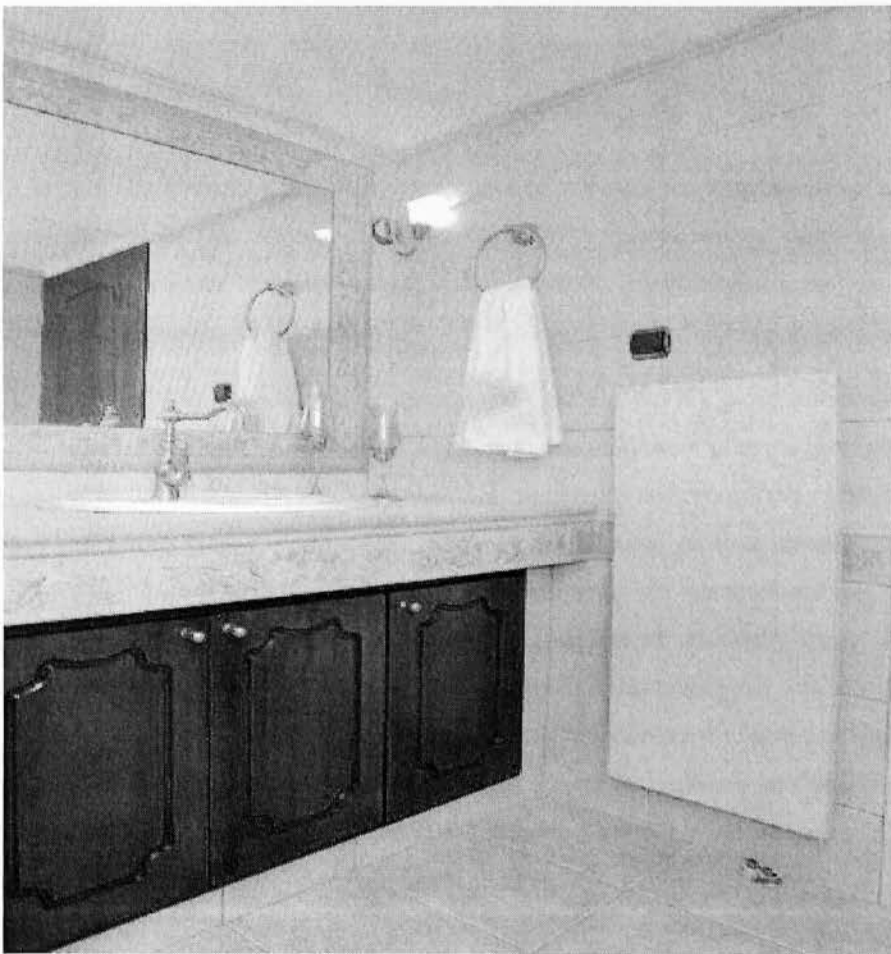
Ο αριθμός των αλλεργικών υπολογίζεται σήμερα στο 20% του πληθυσμού. Σ' αυτούς προστίθενται όλο και περισσότερα παιδιά, καθώς και αλλεργικοί από οικιακή σκόνη. Οι άνθρωποι αυτοί υποφέρουν από τις ανθυγιεινές επιπτώσεις του καλοριφέρ, το οποίο ανακυκλώνει τη σκόνη και τα μικρόβια και ξηραίνει τον αέρα στο χώρο.

### 5)Οικολογικοί λόγοι

Το υλικό είναι φυσικό μάρμαρο ή γρανίτης και υπάρχει αυτούσιο στη φύση. Με την κρυσταλλική δομή της φυσικής πέτρας αντανακλάται η ζέστη σε όλες τις κατευθύνσεις και διαχέεται ομοιόμορφα στο χώρο. Επίσης, δεν αφήνει ρύπους στο περιβάλλον. Ο συνδυασμός του συστήματος ηλεκτροδότησης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθιστά τα συστήματα αυτά πλήρως οικολογικά.

**Η επιτοίχια θέρμανση μαρμάρου είναι φιλική προς το περιβάλλον για τους εξής λόγους:**

1. Στην κατασκευή τους καταναλώνετε ελάχιστη ενέργεια και ρίπους διότι το μεγαλύτερο κομμάτι του σώματος είναι από φυσικό προϊόν (μάρμαρο ή γρανίτη).
2. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο τόπο χρήσης δεν παράγει ρίπους. Η ΔΕΗ έχει θέση ως στρατηγική προτεραιότητα την προστασία του περιβάλλοντος με την απόσυρση παλαιών, ρυπογόνων μονάδων και την βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των υφιστάμενων μονάδων, όπως και η επέκταση στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Τα θερμαντικά σώματα μαρμάρου μπορούν βέβαια να τροφοδοτηθούν και απευθείας με ρεύμα από ΑΠΕ.
3. Τα σώματα έχουν πάρα πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής ώστε να μην επιβαρύνουν το περιβάλλον λόγω μιας αναγκαίας ανακύκλωσης μετά από μικρό χρονικό διάστημα.
4. Δεν ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα με προϊόντα καύσης.



**Εικόνα 68**

## 6.9 Η επιτοίχια θέρμανση μαρμάρου είναι οικονομική για τους εξής λόγους:

1. Ο τρόπος λειτουργίας (η μετάδοση τις θερμότητας) γίνεται με υπέρυθρη ακτινοβολία (όπως π.χ. τα πυρότουβλα που ενώ η φωτιά έχει σβήσει αυτά εκπέμπουν την θερμότητα με ακτινοβολία). Αυτός ο τρόπος θέρμανσης έχει μικρότερες απώλειες λόγω του ότι δεν χρησιμοποιεί τον αέρα ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας. Δηλαδή δεν ζεσταίνετε άμεσα ο αέρας ο οποίος λόγω μικρότερης πυκνότητας ανεβαίνει ψηλά στο ταβάνι όπου εκεί η θερμότητα δεν προσφέρει κάτι ουσιαστικό. Έτσι έχουμε την ίδια άνεση με περίπου 2-3 βαθμούς χαμηλότερης θερμοκρασίας στον χώρο.

2. Σε σύγκριση με το πετρέλαιο θέρμανσης το οποίο μέσα στα τελευταία 4 χρόνια σχεδόν διπλασιάστηκε (από 0,47ευρώ στα 0,90ευρώ/λιτρο), το ρεύμα είχε πολύ μικρότερη αύξηση. Επίσης από 1.1.2011 με τον καινούριο τιμοκατάλογο έχουν μειωθεί οι χρεώσεις για τις μεγάλες οικιακές καταναλώσεις (πάνω από 3000kW) κατά 8,5%. Επίσης να λάβετε υπόψη σας ότι σύντομα θα υπάρξει εξίσωση πετρελαίου κίνησης με θέρμανσης όπως επίσης και ότι το νυχτερινό τιμολόγιο της ΔΕΗ ουσιαστικά έχει αυξηθεί ελάχιστα επειδή χρησιμοποιείται από την Βιομηχανία.

3. Η τιμή του φυσικού αερίου είναι συνδεδεμένη με την τιμή του πετρελαίου και ακολουθεί την ανοδική πορεία του. Επίσης αναμένετε η επιβολή ειδικού φόρου κατανάλωσης και στο φυσικό αέριο. Είναι δύσκολο να έχεις εμπιστοσύνη ότι δεν θα ανέβει η τιμή του υπέρογκα σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη

4. Ο συντελεστής απόδοσης πλησιάζει το 100% (99,9%) διότι πρόκειται για άμεση μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα και μάλιστα η μετατροπή γίνεται μέσα στον προς θέρμανση χώρο. Οι απώλειες από μια συμβατική καπνοδόχο ενός λέβητα πετρελαίου φτάνουν και το 20%. Οι μετατροπές ενέργειας δεν δύναται να είναι ισόποσες. Πόσο μάλλον όταν έχεις καύση πετρελαίου ( απώλεια θερμότητας και υποπροϊόντα της καύσης στην ατμόσφαιρα) , η παραμένουσα θερμότητα να ζεστάνει το μεταλλικό στοιχείο του λέβητα, αυτό με την σειρά του να θερμάνει το θερμαντικό μέσο (νερό) και αυτό με την σειρά του θερμαίνοντας τις σωληνώσεις και τα εξαρτήματα (κολεκτέρ κτλ) (συνήθως αμόνωτες και με πολλά περάσματα από εξωτερικούς χώρους) τελικά θα φτάσουν στο θερμαντικό στοιχείο (καλοριφέρ, Fan Coil) και από εκεί θα ζεστάνουν τον αέρα και εν συνεχεία το χώρο. Οι απώλειες ενέργειας όπως καταλαβαίνεται είναι τεράστιες.

## Συμπέρασμα.

Η θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία εξ' ορισμού και επιστημονικώς αποδεδειγμένα μετατρέπεται σε θερμότητα μόνο κατά την επαφή με στερεό σώμα. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι τα δομικά στοιχεία (τοιχοποιίες) απορροφούν μεγάλο μέρος της θερμότητας αυτής. Ως αποτέλεσμα αυτού η φέρουσα ξηρή μόνωση, ( τοιχοποιία) στεγνώνει διώχνοντας την υγρασία έως και 30% προς τα έξω. Δηλαδή αύξηση του πάχους της τοιχοποιίας που λειτουργεί ως μονωτικό μέσο κατά 30%.

Εκτός όλων των υπολοίπων το σημαντικότερο για μένα προσωπικά είναι η ποιότητα θέρμανσης και η θερμική άνεση που προσφέρει η επιτοίχια θέρμανση .Η υγρασία παραμένει σταθερή χωρίς να υπόκειται η ατμόσφαιρα σε αφύγρανση. Ακούγεται δευτερεύων όμως ως γονέας σας διαβεβαιώνω ότι τα παιδιά μου δεν ανέπτυξαν αλλεργίες και συμπτώματα άμεσα συνδεδεμένα με την κίνηση του αέρα και την σκόνη. Εν συγκρίσει με air condition και συμβατικές θερμάνσεις που στον επιστημονικό τομέα της ανθρώπινης άνεσης έχουν χαμηλές βαθμολογίες. Η κίνηση του αέρα πρέπει να έχει συγκεκριμένη και μικρή ταχύτητα για να αισθάνεται άνετα ο άνθρωπος Η εξοικονόμηση ενέργειας, αφού εξαιτίας του υψηλού ποσοστού ακτινοβολίας ενέργειας των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, η αίσθηση της θαλπωρής ιδιαίτερα στην περίπτωση της θέρμανσης γίνεται αντιληπτή σε αισθητά χαμηλότερες θερμοκρασίες χώρου.

Σε σύγκριση με τη συμβατική θέρμανση, χρησιμοποιεί την ενέργεια που καταναλώνει πιο αποτελεσματικά (απόδοση ενέργειας 100%.) Η υπέρυθρη ακτινοβολία όταν συναντά ένα στερεό σώμα μετατρέπεται σε θερμότητα χωρίς να κινητοποιεί τον αέρα, ενώ στην συμβατική θέρμανση χρησιμοποιείται ο αέρας σαν αγωγός θερμότητας. Μελέτες και συγκρίσεις έχουν δείξει, ότι η επιτοίχια θέρμανση μαρμάρου μετατρέπει την ενέργεια σε θερμότητα πιο αποτελεσματικά και οικονομικά για τον καταναλωτή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. [www.elith](http://www.elith)
2. [www.energeiaki.gr](http://www.energeiaki.gr)
3. [www.rehau.gr](http://www.rehau.gr)
4. [www.idealtherm.gr](http://www.idealtherm.gr)
5. [www.energyhomes.gr](http://www.energyhomes.gr)
6. [www.ateco-cy.com/wall](http://www.ateco-cy.com/wall)
7. <http://exikonomisi.blogspot.com/>
8. <http://www.climasystem-service.gr>
9. <http://www.polarsystems.gr>
10. <http://www.dei.com.gr/Default.aspx?id=31395&nt=18&lang=1>
11. <http://www.dei.com.gr/Documents/ΔΕΛΤΙΟ%20ΤΥΠΟΥ%204.1.2011.pdf>.