



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ  
Επιβλέπων: ΠΕΤΡΟΣ Γ. ΒΕΡΝΑΔΟΣ, Καθηγητής**

## **ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ**



**Πτυχιακή Εργασία:  
Φαίδωνα-Ηλία Π. Κεφαλέα  
(Α.Μ. 29765)**

**ΑΙΓΑΛΕΩ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2012**

# Στόχος της Εργασίας

- ✿ Η επαλήθευση της σκοπιμότητας και βιωσιμότητας ενός συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης με θερμότητα αντλίας σε χαμηλά κτίρια.
- ✿ Πριν από την απάντηση στο βασικό ερώτημα οι βασικές αρχές και πτυχές της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και των αντλιών θερμότητας εξετάζονται.

# Διάρθρωση

- **Κεφάλαιο 1:** βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης, τρόπος λειτουργίας της, στάδια εγκατάστασης και σύγκριση μεταξύ ενδοδαπέδιας και κλασικής θέρμανσης.
- **Κεφάλαιο 2:** χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας, παράγοντες που τις επηρεάζουν, συντελεστής απόδοσης και ο τύπος των αντλιών θερμότητας της παρούσας μελέτης . Πως οι αντλίες θερμότητας βρίσκουν εφαρμογή σε συστήματα θέρμανσης; Αναφορά στη χρήση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης σε κτίρια κατοικιών.
- Στο **Κεφάλαιο 3:** μελέτη περίπτωσης, που αναφέρεται σε χαμηλό κτίριο κατοικιών με ενδοδαπέδια θέρμανση ως ένα ενιαίο σύστημα θέρμανσης. Μετά από περιγραφή των απωλειών θερμότητας του παραπάνω κτιρίου, τον προσδιορισμό των κύριων παραμέτρων του συστήματος της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και τον καθορισμό του μήκους του εναλλάκτη θερμότητας εδάφους για την αντλία θερμότητας.
- Τέλος, στο **Κεφάλαιο 4:** Συμπέρασμα - ενδείκνυται η χρήση του συστήματος για χαμηλό κτίριο κατοικιών επιβεβαιώνεται.

# Ενδοδαπέδια Θέρμανση

- Λειτουργεί με νερό χαμηλής θερμοκρασίας, από 30°C έως 45°C, που κυκλοφορεί σε σωλήνες εγκιβωτισμένους στο δάπεδο.
- Διαχέεται ομοιόμορφα στο χώρο μέσω ακτινοβολίας ζεσταίνοντάς τον και προσφέροντας μια αίσθηση θερμικής θαλπωρής, με χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.



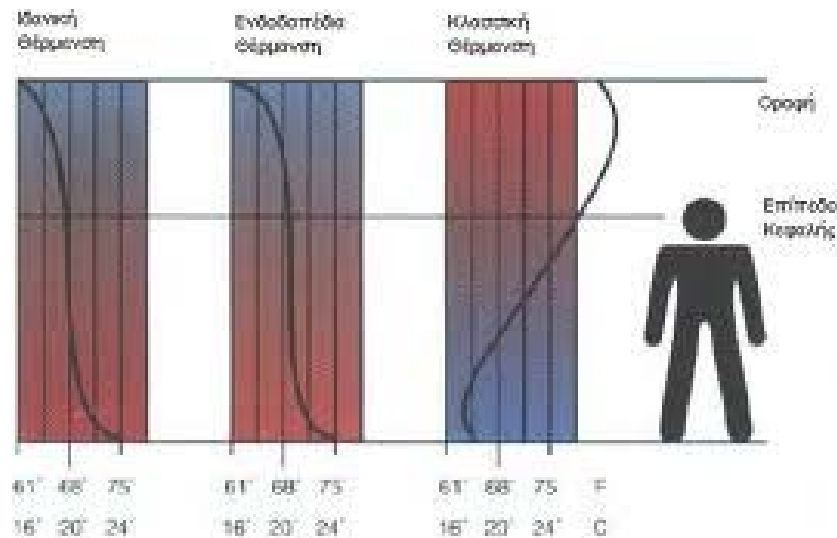
# Ενδοδαπέδια Θέρμανση

- Η χρήση του δαπέδου σαν θερμαντικό σώμα είναι το χαρακτηριστικό που προσδίδει στην ενδοδαπέδια θέρμανση, την πλειοψηφία των πλεονεκτημάτων που εμφανίζει.
- Στην πραγματικότητα, η ενδοδαπέδια θέρμανση αποτελεί ένα διαφορετικό είδος απόδοσης θερμότητας στον χώρο από αυτό που μπορεί να χρησιμοποιείται ήδη.



# Πλεονεκτήματα Θέρμανσης Δαπέδου

- Μοντέρνο, υγιεινό, ευέλικτο, μακρόβιο και αρκετά οικονομικό σύστημα κεντρικής θέρμανσης.
- Εξασφαλίζει ομοιόμορφη και υγιεινά κατανομημένη θερμοκρασία στο χώρο από κάτω προς τα πάνω, καλύπτοντας έτσι την ιδανική συνθήκη θέρμανσης "ζεστά πόδια - κρύο κεφάλι".



# Πλεονεκτήματα Θέρμανσης Δαπέδου

- Προσφέρει υψηλή αισθητική στους χώρους που εφαρμόζεται.
- Συνδυάζεται εύκολα με αυτοματισμούς για την θερμοκρασιακή αυτονομία των χώρων μεταξύ τους.



# ΣΤΑΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:

## Πριν την Εγκατάσταση

- Η πρόβλεψη για την επιλογή της ενδοδαπέδιας πρέπει να γίνεται στη φάση της σκυροδέτησης, γιατί έτσι θα ληφθούν υπόψη εργασίες που θα διευκολύνουν την σωστή εφαρμογή της, όπως:
  - Εσωτερικό επίχρισμα
  - Τοποθέτηση πλαισίων εξωτερικών κουφωμάτων
  - Αποφυγή διακλαδώσεων στην υδραυλική και ηλεκτρολογική εγκατάσταση
  - Τοποθέτηση του σιφονιού αποχέτευσης σε σημείο που δεν εμποδίζει την εγκατάσταση της ενδοδαπέδιας.
  - Καθαρισμός και αλφάδιασμα πλάκας



# ΣΤΑΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:

## Κατά την Εγκατάσταση

- Τοποθέτηση πίνακα διανομής.
- Τοποθέτηση φύλλου πολυαιθυλενίου.
- Τοποθέτηση περιμετρικής ταινίας - Περιμετρικοί Αρμοί.
- Διαμόρφωση εσωτερικών αρμών.
- Τοποθέτηση μορφόπλακας.
- Τήρηση των αρμών διαστολής στα κεφαλόσκαλα.
- Τοποθέτηση σωλήνα.



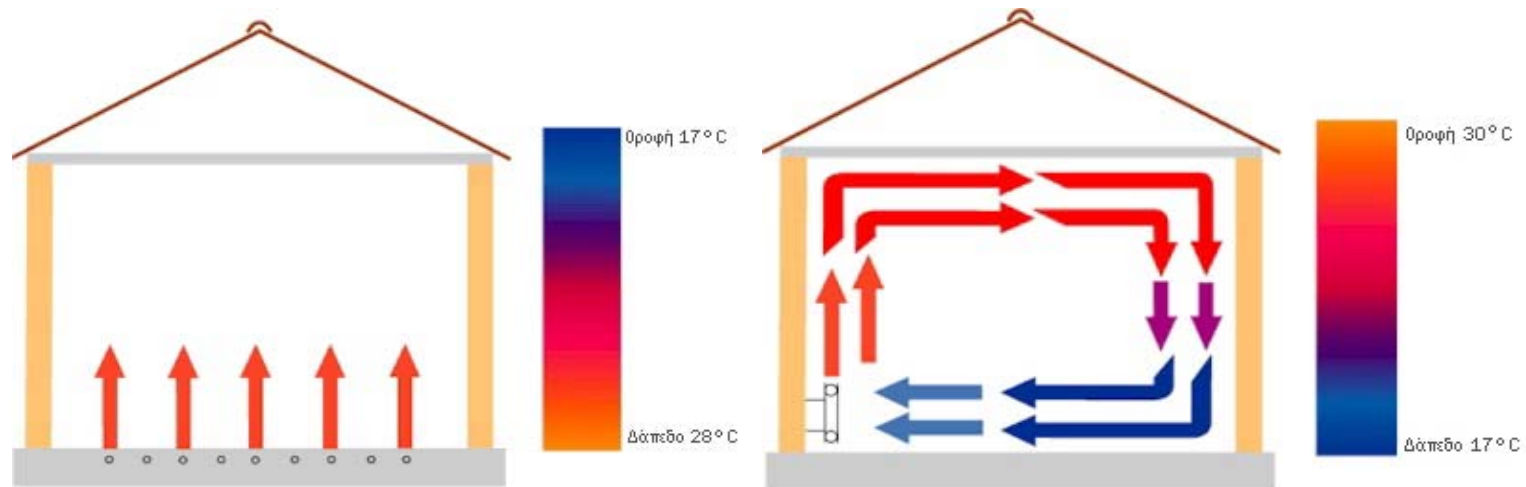
# ΣΤΑΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:

## Μετά την Εγκατάσταση

- Δοκιμή Δικτύου.
- Χύτευση θερμοπετόν.
- Ξήρανση τσιμεντοκονίας.
- Δαπεδόστρωση.
- Ρύθμιση συστήματος.

# ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ – ΚΛΑΣΣΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

- Με την ενδοδαπέδια θέρμανση, εξαιτίας της ομοιόμορφης κατανομής της θερμότητας, των μηδενικών απωλειών του δαπέδου και της σωστής διαστρωμάτωσης της θερμοκρασίας κατά ύψος, έχουμε τη δυνατότητα να πετύχουμε συνθήκες άνεσης με την θερμοκρασία χώρου χαμηλότερη τουλάχιστον κατά 2°C.

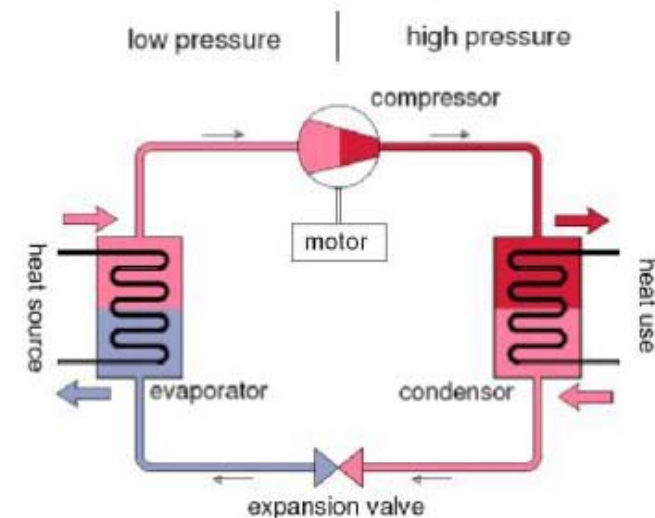


# ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Είναι το ψυκτικό μηχάνημα μέσω του οποίου η θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος μεταφέρεται σε υψηλής θερμοκρασίας ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσω της χρήσης της ενέργειας.
- Είναι ένα ψυγείο που λειτουργεί αντιστρόφως από ότι τα κανονικά.

Περιέχει ένα εξατμιστή, ένα ογκομετρικό συμπιεστή, ένα συμπυκνωτή και μια βαλβίδα εκτόνωσης.

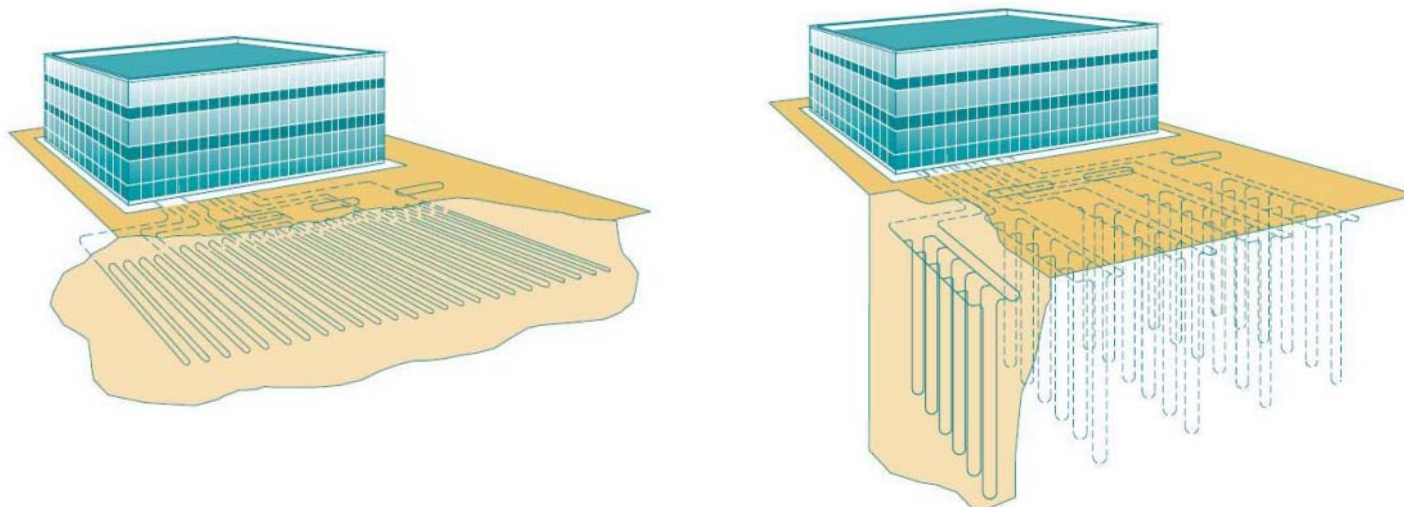
Το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιείται στο σύστημα μπορεί να αρχίζει να βράζει ακόμη και με την θερμοκρασία υπό το μηδέν.



# ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Όσον αφορά την κατεύθυνση εναλλαγής θερμότητας, τα συστήματα υποδιαιρούνται σε:

- Σύστημα με οριζόντιο δίκτυο
- Συστήματα με κάθετες γεωτρήσεις





# ΣΥΝΤΕΛΕΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

- Η απόδοση των αντλιών θερμότητας χαρακτηρίζεται από το συντελεστή μετατροπής (συντελεστή απόδοσης COP).
- «Συντελεστής μετατροπής της αντλίας θερμότητας είναι το ποσοστό της χρήσιμης θερμότητας προς την ενέργεια που απαιτείται για την ταχύτητα του συμπιεστή.
- Η πιο συχνή τιμή του συντελεστή μετατροπής ισούται με 3 τουλάχιστον. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση 1kW, του συστήματος αντλίας θερμότητας ενέργειας μπορεί να τροποποιηθεί σε 3 kW θερμικής ενέργειας.

# Ο ΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

- Στην εργασία αυτή θα μελετηθεί η αντλία θερμότητας εδάφους (GSHP) με κάθετο εναλλακτική θερμότητας κλειστού βρόχου.
- Τα Συστήματα Αντλιών Θερμότητας αποτελούνται κυρίως από τρία μέρη:
  - Αντλία θερμότητας.
  - Σύνδεση Γης (εναλλάκτης θερμότητας εδάφους).
  - Σύστημα διανομής θέρμανσης.

# ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

- Η πιο κύρια παράμετρος που αφορά στο έργο των αντλιών θερμότητας, είναι η δυνατότητα εξαγωγής θερμότητας από το έδαφος.
- Οι λοιπές παράμετροι επιδρούν στη δυναμική ενέργεια του εδάφους: Η γεωλογία της περιοχής, τα είδη των εδαφών τα οποία εμπλέκονται στη διαδικασία της ανταλλαγής θερμότητας, το βάθος υπογείων υδάτων και ο βαθμός ενυδάτωσης του εδάφους.

## ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

- Ως μελέτη περίπτωσης θεωρείται ένα τριώροφο κτίριο κατοικιών.
- Οι διαστάσεις του κτιρίου είναι 25m x 15m x 9m. Για εκτίμηση κατά προσέγγιση των απωλειών θερμότητας του κτιρίου το ειδικό φορτίο θερμότητας  $q$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί.
- Στη συγκεκριμένη εργασία το συγκεκριμένο θερμικό φορτίο ισούται με 20 W / m.
- Το Εμβαδόν του κτιρίου (A) είναι 360 m<sup>2</sup>
- Ο όγκος του κτιρίου (V) είναι 3,240 m<sup>3</sup>
- Οι απώλειες θερμότητας είναι  $H = 3240 \text{ m}^3 \times 20 \text{ W / m}^3 = 64,8 \text{ kW}$ .

## ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

- Η ποιότητα της απόδοσης του συστήματος εξαρτάται κυρίως από το ειδικό φορτίο θερμότητας ανά  $1 \text{ m}^2$  της επιφάνειας, καθώς επίσης και από την κατασκευή του δαπέδου.
- Για τον υπολογισμό της ενδοδαπέδιας θέρμανσης το συγκεκριμένο φορτίο θερμότητας  $q$  πρέπει να είναι γνωστό.
- Βασικά στοιχεία για τους υπολογισμούς αποτελούν τα παρακάτω:
  - Η θερμοκρασία δωματίου  $t_{\text{room}}$  ισούται με 21 βαθμούς
  - Το συγκεκριμένο φορτίο θερμότητας  $q_{\text{floor}}$  όροφος είναι  $60 \text{ W/m}^2$
  - Η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας προσαγωγής και επιστροφής του νερού είναι  $\Delta t = 5 \text{ K}$
  - Η απόσταση μεταξύ των σωλήνων είναι 300 χιλιοστά (η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη απόσταση πανευρωπαϊκά).
  - Το υλικό του δαπέδου είναι παρκέ.



## ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Ο εναλλάκτης θερμότητας εδάφους σε συστήματα αντλιών θερμότητας συνήθως υπολογίζεται για τις χειρότερες συνθήκες. Ο εναλλάκτης θερμότητας εδάφους πρέπει να εξυπηρετεί τους τρεις επόμενους θερμικούς παλμούς ανεξαρτήτως μεγέθους και εντάσεως: τον ετήσιο μέσο όρο φορτίου του εδάφους, το υψηλότερο μηνιαίο φορτίο του εδάφους, το μέγιστο ωριαίο φορτίο.
- Το μήκος του σωλήνα του εναλλάκτη θερμότητας εδάφους που απαιτείται, εξαρτάται από το φορτίο θέρμανσης του κτιρίου, τις παραμέτρους της θερμοκρασίας του εδάφους και της θερμικής αντίστασης, τη διαμόρφωση του βρόχου, το κλίμα στην περιοχή κτιρίου και τη διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου.

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Στην εργασία αυτή μελετήθηκε ο συνδυασμός του εδάφους θερμότητας πηγής αντλίας και το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης.
- Η βέλτιστη περίπτωση είναι η χρήση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης με αντλία θερμότητας για την θέρμανση του ρευστού και τη μεταφορά θερμότητας, επειδή όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας, τόσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής απόδοσης (COP) της αντλίας θερμότητας.

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι μια καλή λύση για κτίρια με συγκεκριμένο φορτίο θερμότητας  $40-70 \text{ W/m}^2$ . Ωστόσο, αυτό μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου.
- Τα ισόγεια συστήματα αντλιών πηγής θερμότητας είναι συνήθως πιο αποτελεσματικά σε σύγκριση με τα συστήματα που λειτουργούν στον αέρα ή το νερό με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, επειδή η θερμοκρασία του εδάφους είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα ή του νερού.
- Στην περίπτωση του μαλακού εδάφους, είναι σημαντικό το χώμα να είναι υγρό επειδή η θερμική ικανότητα του υγρού εδάφους αρκετές φορές είναι μεγαλύτερη από τη θερμική ικανότητα του ξηρού εδάφους.
- Επίσης, θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι κάθε γεώτρηση προσθέτει κόστος σε ένα οικοδομικό έργο. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να βρεθεί η καλύτερη συμβιβαστική λύση μεταξύ των μηκών των σωλήνων στον εναλλάκτη θερμότητας εδάφους για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης θερμικής αντλίας.