

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

Επιβλέπων: ΠΕΤΡΟΣ Γ. ΒΕΡΝΑΔΟΣ, Καθηγητής

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



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

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2012

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφιερώνεται

στον, ακουσίως απόντα, πατέρα μου

Παναγιώτη.

Με πολύ αγάπη, απέραντη ευγνωμοσύνη

και παντοτινή νοσταλγία.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Πρόσφατα, πολλοί έχουν προσπαθήσει να λύσουν το πρόβλημα της οικονομικής χρήσης της ενέργειας. Μηχανικοί και επιστήμονες μελετούν σύγχρονους τρόπους για την πιο αποδοτική και παραγωγική χρήση των υφιστάμενων πηγών ενέργειας, καθώς επίσης και τη δυνατότητα χρήσης του μέγιστου δυνατού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ένας από αυτούς τους τρόπους είναι με τη χρήση αντλιών θερμότητας για συστήματα θέρμανσης και ζεστού νερού.

Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι αναγνωρισμένη ως η λύση που προσφέρει την πιο πολυτελή και άνετη θερμότητα για τον ανθρώπινο οργανισμό, γιατί ζεσταίνει τα πόδια και διατηρεί πιο δροσερό το περιβάλλον κοντά στο κεφάλι. Η ενδοδαπέδια θέρμανση χρησιμοποιεί τη χαμηλή θερμοκρασία του νερού και μπορεί να λειτουργεί είτε με υδραυλικές αντλίες θερμότητας είτε με λέβητες. Στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης χρησιμοποιούνται σωλήνες που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για ζεστό νερό. Είναι ισχυροί και ανθεκτικοί, επιτρέποντάς να τοποθετηθούν σε μια πλάκα σκυροδέματος χωρίς κίνδυνο ζημιάς. Η σωλήνωση (σε βρόγχους) στερεώνεται στο ενισχυτικό πλέγμα στην πλάκα κατά τη διάρκεια της κατασκευής (ή σε ένα μονωτικό στρώμα εντός της πλάκας). Κάθε βρόχος τρέχει πίσω σε ένα κεντρικό σημείο και συνδέεται με ένα κεντρικό συλλέκτη, που επιτρέπει να δημιουργηθούν στο εσωτερικό του σπιτιού διαφορετικές "ζώνες" θέρμανσης. Κάθε ζώνη μπορεί να ελεγχθεί ξεχωριστά χρησιμοποιώντας ένα θερμοστάτη και χρονοδιακόπτη.

Το σύστημα θέρμανσης με αντλία θερμότητας επίγειας πηγής (ΓΑΘ) και ενδοδαπέδια θέρμανση για κτίρια κατοικιών αποτελεί το βασικό αντικείμενο μελέτης

αυτης της εργασιας. Κάθε έργο είναι διαφορετικό και πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά. Πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν το σύστημα. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να είναι τόσο θετικοί όσο και αρνητικοί. Πριν από την απάντηση στο βασικό ερώτημα της εργασίας αυτής οι βασικές αρχές και πτυχές της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και των αντλιών θερμότητας πρέπει να εξεταστούν. Η εργασία έχει ως κύριο στόχο την επαλήθευση της σκοπιμότητας και βιωσιμότητας ενός σύστημα θέρμανσης με θερμότητα αντλία σε χαμηλά κτίρια.

Συγκεκριμένα η παρούσα πτυχιακή εργασία, έχει ως εξής:

Στο **Κεφάλαιο 1**, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης, αποπειράται να απαντηθούν βασικά ερωτήματα για τον τρόπο λειτουργίας της, αναλύονται τα στάδια εγκατάστασης και τέλος γίνεται σύγκριση μεταξύ ενδοδαπέδιας και κλασικής θέρμανσης.

Στο **Κεφάλαιο 2**, περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας, καθώς και οι παράγοντες που κατα κανόνα τις επηρεάζουν, περιγράφεται ο συντελεστής απόδοσης και ο τύπος των αντλιών θερμότητας της παρούσας μελέτης εβώ αναφέρεται στο πως οι αντλίες θερμότητας βρίσκουν εφαρμογή σε συστήματα θέρμανσης. Το κεφάλαιο, καταλήγει με αναφορά στη χρήση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης σε κτίρια κατοικιών

Στο **Κεφάλαιο 3**, περιλαμβάνεται η 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, παρατίθενται επιπλέον πληροφορίες σχετικά με το σύστημα.

Τέλος, στο **Κεφάλαιο 4**, παρατίθενται τα συμπεράσματα. Ως αποτέλεσμα, το συμπέρασμα, ότι ενδείκνυται η χρήση του συστήματος για χαμηλό κτίριο κατοικιών επιβεβαιώνεται.

FOREWORD

Recently, many have tried to solve the problem of economic use of energy. Engineers and scientists studying modern methods for the most efficient and productive use of existing energy sources, as well as the ability to use the maximum possible of renewable energy sources. One of these ways is the use of heat pumps for heating and hot water.

Under floor heating is recognized as the solution that offers the most luxurious and comfortable warmth to the human body because it warms the feet and keep cooler the environment near the head. Under floor heating uses low temperature of the water and can be operated by either hydraulically heat pumps or boilers. In central heating systems tubes specifically designed for hot water are used. They are strong and durable, allowing them to be placed on a slab of concrete without risk of damage. The tubing (in loops) secured to the casing on the plate during the manufacturing (or an insulating layer inside the plate). Each loop runs back to a central location and connected to a central collector, which allows creating the house different "zones" heating. Each zone can be controlled separately using a thermostat and timer.

The heating system with ground source heat pump (GSHP) and under floor heating for residential buildings is the main objective of study of this dissertation. Each project is different and must be considered separately. Many factors can affect the system. These factors can be both positive and negative. Before answering the main questions of this thesis the basic principles and aspects of under floor heating

and heat pumps must be considered. This work has as main objective to verify the feasibility and viability of a heating system heat pump in low buildings.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της ενδοδαπέδιας θέρμανσης με αντλία θερμότητας επίγειας πηγής. Στο Πρώτο και Δεύτερο Κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης, καθώς και των αντλιών θερμότητας, καθώς και οι παράγοντες που τα επηρεάζουν, αντίστοιχα.. Η μελέτη περίπτωσης, που περιλαμβάνεται στο Τρίτο Κεφάλαιο, είναι χαμηλό κτίριο κατοικιών με ενδοδαπέδια θέρμανση ως ένα ενιαίο σύστημα θέρμανσης. Στο Τέταρτο Κεφάλαιο, αποπειράται να διεξαχθούν οι υπολογισμοί των βασικών παραμέτρων της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και το μήκος του εναλλάκτη θερμότητας εδάφους. Τα συμπεράσματα παρατίθενται στο Πέμπτο Κεφάλαιο. Ως αποτέλεσμα, το συμπέρασμα ότι ενδείκνυται η χρήση του συστήματος για χαμηλό κτίριο κατοικιών επιβεβαιώνεται.

ABSTRACT

In this bachelor's thesis the study of under floor heating system with ground source heat pump for the heat transfers fluid heating is considered. The main aspects and parameters of under floor heating systems and heat pumps are presented in Chapter One and Chapter Two respectively. The case study, which is included in Chapter Three, is low-rise residential buildings with under floor heating as a single heating system. The calculations of main parameters of under floor heating system and length of ground heat exchanger are conducted in Chapter Four. Conclusion Remarks are presented in Chapter five. As a result, the conclusion about rationale of using the studying system for low-rise residential buildings is confirmed.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|---|-----------|
| 1. ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ | 1 |
| 1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 2 |
| 1.1 ΣΥΧΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ | 8 |
| 1.2 ΣΤΑΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ | 18 |
| 1.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ – ΚΛΑΣΣΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ | 23 |
| 2. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | 29 |
| 2.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 30 |
| 2.1. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | 32 |
| 2.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | 34 |
| 2.3 ΣΥΝΤΕΛΕΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ | 42 |
| 2.5 Ο ΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ | 42 |
| 2.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ | |
| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ | 44 |
| 2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ | |
| ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ | 47 |
| 2.7 ΧΡΗΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ | 49 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3 | ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ | 52 |
| 3.1 | ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ | 53 |
| 3.2 | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ | 53 |
| 3.3. | ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | 61 |
| 3.4 | ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ | 68 |
| 3.5 | ΠΤΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ | 70 |
| 4 | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 73 |
| 5 | ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΟΡΙΣΜΩΝ | 78 |
| 6 | ΑΡΘΡΑ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 82 |

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επιθυμώ απο καρδιάς να ευχαριστήσω τη μητέρα μου Μαίρη και τα αδέρφια μου Βαγγέλη, Βίκυ και Γιώργο, για την ηθική στήριξη τους, καθώς και για την συμπαράστασή τους, χωρίς την οποία η συγγραφή της εργασίας αυτής και η ολοκλήρωση των προπτυχιακών μου σπουδών δεν θα είχε ποτέ πραγματοποιηθεί.

Είμαι βαθιά ευγνώμων στους καθηγητές μου Δρ Πέτρο Βερνάδο, και Δρ Γιώργο Ιωαννίδη, για την καθοδήγησή τους και πολυδιάστατη στήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, εκφράζω τις ευχαριστίες στους συμφοιτητές και φίλους μου για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους και τις συζητήσεις μας, καθώς και σε όλο το ακαδημαϊκό και διοικητικό προσωπικό της σχολής μας για την ευγένεια και τον επαγγελματισμό τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

- 1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- 1.1 ΣΥΧΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ
- 1.2 ΣΤΑΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
- 1.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ – ΚΛΑΣΣΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

1. ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενδοδαπέδια θέρμανση λειτουργεί επιτυχώς στην Ηπειρωτική Ευρώπη τα τελευταία 50 χρόνια και οδεύουμε προς την συμπλήρωση 25ετίας από τότε που ξεκίνησε να εφαρμόζεται η θέρμανση δαπέδου στην Ελληνική επικράτεια. Έχουμε φτάσει σήμερα λοιπόν στο σημείο, το σύστημα αυτό της θέρμανσης να έχει γίνει ευρύτερα αποδεκτό. Η θέρμανση δαπέδου με θερμό νερό, είναι αυτή που έχει επικρατήσει με ποσοστό που αγγίζει το 95% στην χώρα μας έναντι άλλων συστημάτων ενδοδαπέδιας θέρμανσης (π.χ. ηλεκτρικής αντίστασης). Η διαδικασία της λειτουργίας της δαπεδοθέρμανσης είναι πολύ απλή και έχει ως εξής : Το θερμό νερό προπαρασκευασμένο στην κατάλληλη θερμοκρασία από κάποια πηγή θερμότητας (π.χ. λεβητοστάσιο, αντλία θερμότητας, ηλιακό συγκρότημα κ.τ.λ.) διαρρέοντας στο σύστημα των σωληνώσεων του δαπέδου θερμαίνει το θερμοπετόν, το οποίο θερμοσυσσωρεύει, υψώνει την θερμοκρασία του και θερμαίνει το χώρο. Μια δαπεδοθέρμανση θερμαίνει ένα χώρο κυρίως ακτινοβολώντας θερμοκρασία (65%) και κατά δεύτερο λόγο με μεταφορά (35%).

Η Ενδοδαπέδια θέρμανση λειτουργεί με νερό χαμηλής θερμοκρασίας, από 30°C έως 45°C, που κυκλοφορεί σε σωλίνες εγκιβωτισμένους στο δάπεδο. Η θέρμανση διαχέεται ομοιόμορφα στο χώρο μέσω ακτινοβολίας ζεσταίνοντάς τον και προσφέροντας μια αίσθηση θερμικής θαλπωρής, με χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Η χρήση του δαπέδου

σαν θερμαντικό σώμα είναι το χαρακτηριστικό που προσδίδει στη δαπεδοθέρμανση, 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. Κατά την λειτουργία του θερμαντικού σώματος λόγω ακτινοβολίας θερμαίνεται ο αέρας στους 50°C. Το πρόβλημα με αυτό είναι ότι ο καυτός αέρας αυξάνεται και η θερμότητα συσσωρεύεται στο ανώτερο μέρος του χώρου. Έτσι η θερμοκρασία του χώρου, σε ύψος 1.6 m από το δάπεδο, είναι 24°C, ενώ στην επιφάνεια του δαπέδου δεν υπερβαίνει τους 17°C. Αντίθετα, η αρχή λειτουργίας του ενδοδαπέδιου συστήματος βασίζεται στην ικανότητα που έχει το δάπεδο ως ένα **τεράστιο θερμαντικό σώμα** με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, να ακτινοβολεί ομοιόμορφα, προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη ροή ζεστού νερού σε χαμηλή θερμοκρασία κάτω από το τελικό δάπεδο. Έτσι, η θερμοκρασία στο δάπεδο είναι 25°C, ενώ σε ύψος 1.6 m η θερμοκρασία είναι 18 °C. Κατά αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται **ιδανική κατανομή θερμοκρασίας** για το ανθρώπινο σώμα, όπως δείχνει το πιο κάτω σχήμα :

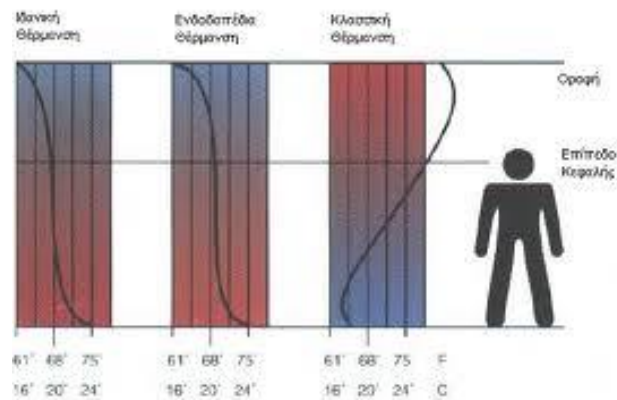


Εικόνα 1.1: Ιδανική Θερμοκρασία Σώματος

Πλεονεκτήματα Θέρμανσης Δαπέδου

Πρόκειται για ένα μοντέρνο, υγιεινό, ευέλικτο, μακρόβιο και αρκετά οικονομικό σύστημα κεντρικής θέρμανσης, που προσφέρει την μέγιστη δυνατή άνεση, με πολλά πλεονεκτήματα, όπως τα παρακάτω:

- Εξασφαλίζει ομοιόμορφη και υγιεινά κατανομημένη θερμοκρασία στο χώρο από κάτω προς τα πάνω, καλύπτοντας έτσι την ιδανική συνθήκη θέρμανσης "ζεστά πόδια - κρύο κεφάλι". Με την χρήση ουσιαστικά ολόκληρου του δαπέδου ως μέσου ακτινοβολίας θερμότητας, επιτυγχάνεται άμεση και ομοιόμορφη θέρμανση σε όλη την επιφάνεια του χώρου, χωρίς την παρουσία εστιών με μεγαλύτερη θερμοκρασία, όπως π.χ. οι χώροι κοντά στα θερμαντικά σώματα σε μια συμβατική θέρμανση.



Εικόνα 1.2: Ομοιόμορφη Κατανομή Θέρμανσης

- Επίσης εξασφαλίζονται υγιεινότερες συνθήκες, δεδομένου ότι πρόκειται για ένα σύστημα χαμηλών θερμοκρασιών (το νερό που κυκλοφορεί στους σωλήνες δεν ξεπερνάει τους 45°C), και δεν προκαλείται το φαινόμενο της «καμένης σκόνης»

που συναντάμε σε άλλες μορφές θέρμανσης (και είναι από τις κύριες αιτίες εμφάνισης αλλεργιών), γιατί αποτρέπονται θερμικά ρεύματα αέρα που δημιουργούνται από τα κοινά θερμαντικά σώματα, με αποτέλεσμα την διατήρηση της υγρασίας του αέρα στο χώρο σε φυσιολογικά επίπεδα.

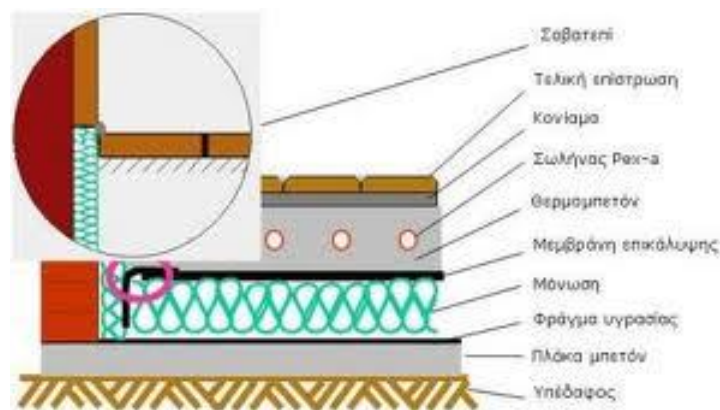
- Προσφέρει υψηλή αισθητική στους χώρους που εφαρμόζεται, αφού η απουσία θερμαντικών σωμάτων αφήνει ελεύθερους χώρους για τοποθέτηση επίπλων και γενικά δεν δεσμεύει αρχιτεκτονικά την διακόσμηση και την χρηστικότητα των χώρων. Το σημαντικότερο όμως από αισθητικής πλευράς είναι το γεγονός ότι με την απουσία θερμαντικών σωμάτων αποτρέπονται οι μαυρισμένοι τοίχοι και τα ταβάνια.



Εικόνα 1.3: Ενδοδαπέδια Θέρμανση και Αισθητική Χώρου

- Συνδυάζεται εύκολα με αυτοματισμούς για την θερμοκρασιακή αυτονομία των χώρων μεταξύ τους (π.χ. διαφορετικό επίπεδο θερμοκρασίας στο καθιστικό από το υπνοδωμάτιο), όπως επίσης και με συγγενικά συστήματα π.χ. την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος διότι για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας, στην ενδοδαπέδια θέρμανση το νερό προσαγωγής είναι 30°C - 40°C ενώ στα κοινά θερμαντικά σώματα ανέρχεται στους 70°C - 80°C. Αυτή θερμοκρασιακή διαφορά έχει ως αποτέλεσμα, λιγότερες ώρες λειτουργίας του λέβητα και επομένως χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου.

Όσον αφορά στο κόστος εγκατάστασης είναι σίγουρα μεγαλύτερο από αυτό μιας συμβατικής εγκατάστασης θέρμανσης με σώματα. Η διαφορά του κόστους ποικίλει ανάλογα και με την εφαρμογή και την έκταση που εφαρμόζεται. Γενικά όσο μεγαλύτερο είναι το κτίριο στο οποίο εφαρμόζεται, τόσο η διαφορά στο κόστος μεταξύ ενδοδαπέδιας και συμβατικής θέρμανσης μειώνεται.



Εικόνα 1.4: Διαστρωμάτωση Συστήματος Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης

Επίσης στην σύγκριση θα πρέπει να συνυπολογίσουμε ότι στην περίπτωση της δαπεδοθέρμανσης στο κόστος εγκατάστασης συμπεριλαμβάνεται και η θερμομόνωση του δαπέδου.

Αντίθετα το κόστος λειτουργίας της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι μικρότερο από αυτό μιας συμβατικής θέρμανσης (περίπου κατά 30%), συγκρινόμενο όμως για ίσες ώρες λειτουργίας.

Το «λεπτό σημείο» για την κατανόηση του κόστους λειτουργίας, έγκειται στο γεγονός ότι η δαπεδοθέρμανση είναι ένα σύστημα μεγάλης αδράνειας και συνεπώς για να αντιληφθεί τις εντολές (ON-OFF, μεταβολές θερμοκρασίας) που του δίνουμε, απαιτείται χρόνος.

Συμπερασματικά, η ενδοδαπέδια θέρμανση, προορίζεται για εφαρμογές θέρμανσης με αρκετές ώρες ημερήσιας λειτουργίας. Μάλιστα, η οικονομία στην λειτουργία σε σχέση με ένα συμβατικό σύστημα, είναι μεγαλύτερη όσο περισσότερες ώρες ημερησίως λειτουργεί. Αν οι απαιτήσεις θέρμανσης είναι μικρότερες από έξι (6) ώρες ημερησίως, τότε η ενδοδαπέδια θέρμανση ίσως δεν είναι το κατάλληλο σύστημα, δεδομένου ότι θα διατηρείται το σύστημα της θέρμανσης ανοικτό, περισσότερες ώρες από ότι πραγματικά χρειάζεται.

Επίσης θα πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι απαραίτητη προϋπόθεση για την οικονομική λειτουργία της θέρμανσης δαπέδου, είναι η ύπαρξη αντιστάθμισης ενός ηλεκτρονικού εξοικονομητή ενέργειας, που σε συνδυασμό με κάποια αισθητήρια θερμοκρασίας και μια

βάνα, συντελούν στην εξοικονόμηση ενέργειας – καυσίμου, ελέγχοντας την θερμοκρασία του νερού θέρμανσης.



Εικόνα 1.5: Ενδοδαπέδια Θέρμανση Οικιακής Χρήσης

1.1 ΣΥΧΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ.

1) Είναι ένας καινούργιος τρόπος θέρμανσης ;

Η αρχαιολογική σκαπάνη έχει αποδείξει ότι το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης είχε χρησιμοποιηθεί με επιτυχία κατά τη Ρωμαϊκή εποχή. Επρόκειτο, όμως, τότε για κανάλια μέσα στο δάπεδο, απ' όπου διερχόταν ζεστός αέρας. Αργότερα, το σύστημα ξεχάστηκε και οι πρώτες προσπάθειες για την επαναφορά του συναντιούνται στις αρχές του αιώνα μας. Στέφονται, όμως, με αποτυχία καθώς οι προς χρήση σωλήνες, είναι μεταλλικοί και διαβρώνονται εύκολα. Στη δεκαετία του 1970 η ανάπτυξη της βιομηχανίας των

πλαστικών σωλήνων και των μονωτικών υλικών, επιτρέπουν την επιτυχημένη εφαρμογή του συστήματος της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, όπως το ξέρουμε σήμερα.

2) Είναι κατάλληλη θέρμανση για την υγεία ;

Το σύστημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης έχει κατηγορηθεί από «ειδικούς» ότι δήθεν επιτείνει το πρόβλημα σε όσους πάσχουν από φλεβίτιδα ή κυκλοφορικό, διότι «καίνε» τα δάπεδα. Μελέτες που έχουν γίνει από Διεθνείς Οργανισμούς Υγείας έχουν αποδείξει ότι ο ανθρώπινος οργανισμός δέχεται με ευχαρίστηση θερμοκρασία δαπέδου από 20°C έως και 33°C και ενοχλείται όταν αυτή η θερμοκρασία είναι κάτω από 17°C ή πάνω από 36°C. Σε μια καλά ρυθμισμένη εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης η μέση θερμοκρασία του νερού στους σωλήνες είναι 45°C, ενώ η θερμοκρασία των δαπέδων κυμαίνεται μεταξύ 25°C και 28°C. Αν δε αναλογιστεί κανείς ότι η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος είναι 36,6°C, τότε είναι μάλλον απίθανο να καταλάβουμε ότι καίνε τα δάπεδα. Από την άλλη πλευρά, τα πλεονεκτήματα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης σ' ό,τι αφορά την υγιεινή, είναι πολλά. Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών του νερού προσαγωγής ο αέρας δε ζεσταίνεται πέραν των 25°C και έτσι δε χάνει την υγρασία του, με αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα να μη γίνεται αποπνικτική. Στην ενδοδαπέδια θέρμανση, το δάπεδο ακτινοβολεί τη θερμότητα, συνεπώς δεν μεταφέρονται μικρόβια και δεν παρατηρούνται ρεύματα αέρα. Επομένως, είναι ιδανική για άτομα με αλλεργίες, αναπνευστικά προβλήματα κ.α.

3) Είναι οικονομικότερη στη λειτουργία απ' ό,τι το καλοριφέρ ;

Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι κατά 30% οικονομικότερη στη λειτουργία από μια συμβατική θέρμανση. Κάτι τέτοιο εξηγείται από το ότι η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής στους σωλήνες φτάνει τους 45°C, ενώ στο καλοριφέρ τους 80°C. Είναι γνωστό ότι όσο χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το νερό τροφοδοσίας ενός συστήματος θέρμανσης, τόσο πιο αποδοτικά δουλεύουν οι λέβητες, οι αντλίες θερμότητας και οι ηλιακοί συλλέκτες. Αν αναλογιστεί κανείς, ότι για κάθε 1°C μείωσης της θερμοκρασίας προσαγωγής, έχουμε οικονομία καυσίμου 3%, τότε γίνεται αντιληπτό το όφελος να διατηρούμε τη θερμοκρασία νερού λειτουργίας όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Επίσης, παρατηρούνται λιγότερες απώλειες στις σωληνώσεις και στους χώρους της οροφής, των τοίχων και του αερισμού, καθώς δε χρειάζεται να θερμανθεί ο αέρας.

4) Πώς ακριβώς δουλεύει η ενδοδαπέδια θέρμανση;

Στην ενδοδαπέδια θέρμανση το δάπεδο λειτουργεί ως θερμαντικό σώμα. Οι σωλήνες κατανέμουν τη θερμότητα εκεί που χρειάζεται (και όχι στο υπόγειο ή στους εξωτερικούς τοίχους) και αποδίδουν, με ελάχιστη αδράνεια και με χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής. Εξάλλου, εξαιτίας της ειδικής συστάσεως του θερμομοπετόν (που είναι απαλλαγμένο από φυσαλίδες αέρα), όλη η θερμότητα ακτινοβολείται στον εσωτερικό χώρο. Ακόμα, η πυκνή διάστρωση των σωλήνων κοντά στους εξωτερικούς τοίχους αναχαιτίζει το ψύχος, ενώ η αραιότερη διάστρωσή τους στο εσωτερικό των δωματίων επιτρέπει την χαμηλότερη μετάδοση θερμικών φορτίων. Χάρη στις μικρές

θερμοκρασίες δαπέδου, περίπου 26°C - 28°C, δεν παρατηρούνται καθόλου μετακινήσεις αερίων μαζών με ό,τι αυτό συνεπάγεται (αιωρούμενη σκόνη, βακτηρίδια, μικρόβια κ.α.).

5) Μπορεί να συνεργαστεί με άλλα συστήματα;

Η ενδοδαπέδια θέρμανση μπορεί να συνεργαστεί με το καλοριφέρ, αφού δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα εξής:

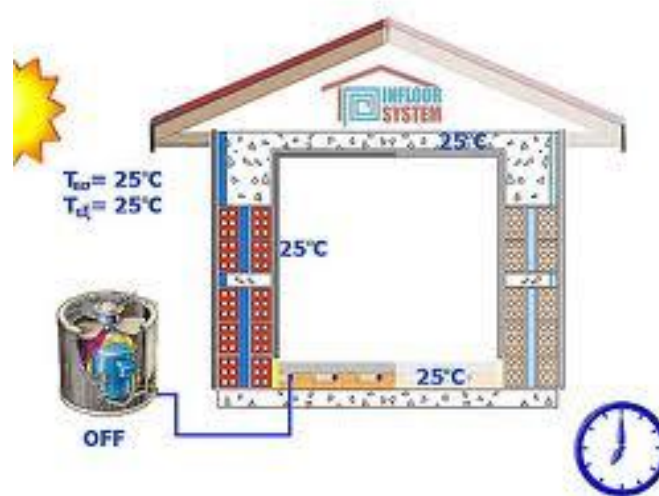
Τα δυο συστήματα πρέπει να είναι ανεξάρτητα, εφόσον λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Το λεβητοστάσιο είναι κοινό.

Προκειμένου να κατανεμηθούν σωστά οι δαπάνες για πετρέλαιο (και εφόσον κάτι τέτοιο είναι επιθυμητό), θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν με κατάλληλο συντελεστή τα ποσοστά συμμετοχής στις δαπάνες θέρμανσης.

6) Τι θα συμβεί αν τρυπήσει ένας σωλήνας;

Οι πιθανότητες να προκληθεί κάποια βλάβη είναι ελάχιστες, καθώς οι σωλήνες είναι κατασκευασμένοι από ειδικό πλαστικό ώστε να μη σπάνε στις καμπυλώσεις από τις συστοδιαστολές και να μη διαβρώνονται ούτε εσωτερικά ούτε εξωτερικά. Ωστόσο, στην απίθανη περίπτωση που τρυπήσει ένας σωλήνας, υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός που μας επιτρέπει να εντοπίσουμε και να επισκευάσουμε τη ζημιά στο σημείο ακριβώς που εκδηλώνεται. Επομένως, δεν χρειάζεται να ξηλωθεί όλο το δάπεδο, παρά μόνο μια επιφάνεια μικρότερη από ένα τετραγωνικό μέτρο.

7) Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες πηγές ενέργειας, εκτός του πετρελαίου; Η ενδοδαπέδια θέρμανση μπορεί να τροφοδοτηθεί με οποιαδήποτε πηγή ενέργειας, κάτι που θα αποδειχθεί ιδιαίτερα σημαντικό, όταν το Φυσικό Αέριο φθάσει και στο πιο απομακρυσμένο σημείο της Ελληνικής επικράτειας. Όμως, εκτός από λέβητες πετρελαίου ή αερίου, η ενδοδαπέδια μπορεί να συνδυαστεί και με εναλλακτικές πηγές θερμότητας, όπως ηλιακή ενέργεια, θερμοσυσσωρευτές, ηλεκτρική ενέργεια, αποδεικνύοντας ότι είναι ένα «ευέλικτο» σύστημα θέρμανσης, που συνδυάζεται και με φθηνότερες πηγές καυσίμου.



Εικόνα 1.6: Ενδοδαπέδια Θέρμανση με Χρήση Διαφόρων Πηγών Ενέργειας

8) Τι παραπάνω προσφέρει η ενδοδαπέδια θέρμανση;

Όπως αποδείξαμε, η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι οικονομικότερη στη λειτουργία από το κοινό καλοριφέρ, υπάρχουν, όμως, και κάποια άλλα στοιχεία που ενισχύουν την επιλογή για ενδοδαπέδια, τα οποία αξίζει να σημειωθούν:

- Εξοικονομεί χώρο στο διαμέρισμα
- Παρέχει δυνατότητα ανακαίνισης των χώρων
- Μπορεί να λειτουργήσει και με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Κατανέμει ομοιόμορφα τη θερμότητα παντού
- Θερμαίνει με ευχάριστο και βιολογικώς ορθό τρόπο, καθώς ζεσταίνει περισσότερο τα άκρα, αφήνοντας πιο δροσερό το κεφάλι
- Δεν αναδύονται οσμές
- Δεν υπάρχει περίπτωση τραυματισμών, αφού δεν προεξέχουν σώματα καλοριφέρ
- Παρέχει δυνατότητα αυτονομίας σε κάθε δωμάτιο
- Λόγω των ειδικών συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας, προστατεύονται έπιπλα, αντίκες, μουσικά όργανα, πίνακες ζωγραφικής κλπ
- Είναι εύκολη στη ρύθμιση και στο χειρισμό
- Ηχομονώνει τα δάπεδα

9) Σε τι χώρους ενδείκνυται η ενδοδαπέδια;

Αναλύσαμε ήδη τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης στον προσωπικό μας χώρο, στην κατοικία μας, κάτι που αποτελεί και τον βασικό στόχο αυτής της εργασίας. Επιπλέον, η ενδοδαπέδια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη θέρμανση επαγγελματικών χώρων όπως γυμναστηρίων, εκθέσεων, σταδίων, εργοστασίων κ.α. Σε εκτεταμένους και μεγάλου εσωτερικού ύψους χώρους, η ενδοδαπέδια θέρμανση αποδεικνύεται εξαιρετικά αποδοτική και οικονομική στη λειτουργία, αφού δε συσσωρεύει θερμότητα στην οροφή, αλλά την κατανέμει ομοιόμορφα στο χώρο από κάτω προς τα πάνω. Η δε απόδοση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης δεν εμποδίζεται ούτε από τα βαριά οχήματα, ούτε από τα τεράστια αποθηκευτικά ράφια. Εξάλλου, η ακινησία του αέρα και συνεπώς της σκόνης είναι από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει η εγκατάσταση ενδοδαπέδιας σε εργαστήρια ηλεκτρονικών, τροφίμων, εκθέσεων αυτοκινήτων κλπ. Εκτός από τους εκτεταμένους και μεγάλους επαγγελματικούς χώρους, η ενδοδαπέδια μπορεί να εγκατασταθεί ακόμα σε πισίνες στο εσωτερικό κτιρίων, σε ράμπες, σε θερμοκήπια, σε εκκλησίες κλπ.



Εικόνα 1.7: Ενδοδαπέδια Θέρμανση σε Στάδιο

10) Τι τελικό δάπεδο μπορεί να επιλεγεί με την ενδοδαπέδια θέρμανση;

Δεν υπάρχουν περιορισμοί στην επιλογή τελικού δαπέδου. Η ενδοδαπέδια μπορεί να συνδυαστεί με οποιοδήποτε υλικό : πλακάκι, μάρμαρο, ξύλο (κολλητό ή καρφωτό), πλαστικό δάπεδο κλπ. Ωστόσο, πρέπει να έχει εκ των προτέρων αποφασιστεί τι τελικό δάπεδο θα στρωθεί σε κάθε χώρο, ώστε να προσαρμόσουμε τη μελέτη σε συνδυασμό με τη θερμική αγωγιμότητα κάθε υλικού.

11) Τα χαλιά περιορίζουν την απόδοση θερμότητας ;

Τα χαλιά μειώνουν την ακτινοβολία θερμότητας της ενδοδαπέδιας, γι' αυτό καλό είναι να γνωρίζουμε σε ποιους χώρους θα στρωθούν χαλιά ή μοκέτες, ώστε εκεί η διάστρωση των σωλήνων να είναι πυκνότερη.

12) Πότε πρέπει να θέσουμε σε λειτουργία την ενδοδαπέδια;

Η ενδοδαπέδια σε σύγκριση με το καλοριφέρ καθυστερεί αρχικά να αποδώσει απευθείας τη θερμότητα στο χώρο, γεγονός που οφείλεται στις χαμηλές θερμοκρασίες του νερού προσαγωγής. Για το λόγο αυτό, συνιστάται να τίθεται η ενδοδαπέδια σε λειτουργία προετοιμασίας κατά τον Οκτώβριο, όταν δηλ. παρατηρείται πτώση της θερμοκρασίας.

13) Τί είναι το θερμομετόν στο ενδοδαπέδιο σύστημα και σε τι χρησιμεύει;

Το θερμομετόν (ή τσιμεντοκονίαμα θέρμανσης) είναι τσιμεντοκονίαμα ειδικά μελετημένο ως προς την σύνθεση αυτού για ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης και αποτελείται από πλυμένη άμμο (ποταμού), τσιμέντο $350\text{kg} / \text{m}^3$, νερό και ειδικό βελτιωτικό γαλάκτωμα πρόσμιξης. Το υγρό βελτιωτικό γαλάκτωμα πρόσμιξης αναμιγνυόμενο σε κατάλληλη αναλογία στο μίγμα, αυξάνει την αντοχή του θερμομετόν σε πίεση και κάμψη, ενώ το κάνει να στεγνώνει γρηγορότερα και να συνεργάζεται καλύτερα με το σωλήνα του ενδοδαπέδιου συστήματος. Το θερμομετόν χρησιμεύει στα παρακάτω: α) καλύπτει τις σωληνώσεις του ενδοδαπέδιου συστήματος, β) δημιουργεί οριζόντιο δάπεδο έτοιμο για να δεχθεί την τελική επίστρωση του δαπέδου και γ) αποτελεί το στοιχείο το οποίο συσσωρεύει τη θερμότητα και την αποδίδει στο χώρο κατά την λειτουργία της θέρμανσης δαπέδου και αντίστροφα την απάγει κατά την λειτουργία της ψύξης δαπέδου.

14) Τι κίνδυνος υπάρχει σχετικά με την αντοχή των ενδοδαπέδιων σωληνώσεων και τις πιθανές διαρροές εξαιτίας διαστολών;

Δεν υπάρχει κανένας απολύτως κίνδυνος διαρροής λόγω αστοχίας (ρηγμάτωση, τρύπημα κλπ) των σωληνώσεων ενός ενδοδαπέδιου συστήματος θέρμανσης λόγω διαστολών, με την προϋπόθεση βέβαια ότι: α) χρησιμοποιούμε σωλήνα κατάλληλη για ενδοδαπέδιο σύστημα με ειδικές προδιαγραφές, β) έχει γίνει το στρώσιμο και πλέξιμο του σωλήνα (καμπύλωση) σωστά και σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του σωλήνα, από ειδικευμένο συνεργείο, γ) έχει χρησιμοποιηθεί σωλήνας προστασίας σπιράλ στα

σημεία εισόδου του σωλήνα, στον συλλέκτη, καθώς και πάνω από τους αρμούς διαστολής, δ) έχουν τηρηθεί οι αρμοί διαστολής στο θερμομετόν που προβλέπει η σχετική μελέτη θέρμανσης δαπέδου.

Συνήθως χρησιμοποιούνται σωλήνες για ενδοδαπέδιο σύστημα που: 1) παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε διατμήσεις 2) έχουν εκπληκτική αντοχή σε γήρανση ακόμη και σε υψηλές θερμοκρασίες 3) έχουν ιδανική σχέση ευκαμψίας και αντοχής σε θλίψη 4) έχουν άριστη θερμο-ανθεκτικότητα 5) έχουν πολύ καλή αντοχή σε κρούση και θραύση 6) έχουν υψηλή αντοχή στις φθορές λόγω τριβών και αντοχή στον σχηματισμό ρωγμών 7) κατά τον λυγισμό του σωλήνα δεν παθαίνουν καμία κάκωση του υλικού 8) χαρακτηρίζονται από άριστες δυνάμεις επαναφοράς (φαινόμενο memory) και 9) δεν διαβρώνονται ούτε εσωτερικά ούτε εξωτερικά.

Με αυτές τις προδιαγραφές εξασφαλίζεται ότι, οι σωλήνες αντέχουν στη διαστολή - συστολή της λειτουργίας της θέρμανσης δαπέδου χωρίς να σπάνε στις καμπυλώσεις της πλέξης των κυκλωμάτων.

15) Ποιες οικοδομικές εργασίες θα πρέπει να έχουν γίνει ώστε να τοποθετηθεί η θέρμανση δαπέδου;

Για να μπορέσουμε να τοποθετήσουμε τη θέρμανση δαπέδου θα πρέπει: α) Να έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή των επιχρισμάτων β) Το δάπεδο να είναι καθαρό, λείο, χωρίς εξογκώματα και οριζοντιωμένο. Στη περίπτωση που η πλάκα μπετόν δεν είναι οριζόντια ή έχουμε σωλήνες ύδρευσης ή αποχέτευσης που δημιουργούν σαμαράκια στην πλάκα της

οικοδομής και δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με την τοποθέτηση της πλάκας μόνωσης, συνιστάται η οριζοντίωσή της με ένα γέμισμα με ελαφρομετόν. (Συνιστάται οι σωληνώσεις ύδρευσης και αποχέτευσης, οι καλωδιώσεις ηλεκτρικών και οποιαδήποτε άλλη όδευση στο δάπεδο να είναι "χαντρωμένες" και τσιμενταρισμένες, έτσι ώστε να μην δημιουργούν προεξοχές. Εξαρτάται βέβαια από το πλήθος και την θέση αυτών) γ) Να έχουν τοποθετηθεί οι μαρμαροποδιές και να έχουν οριστικοποιηθεί τα τελικά υψόμετρα (να έχουν παρθεί οι αλφαδιές). Πρέπει να χτιστούν "κόντρες" από τούβλα ή μετόν στα σημεία τα οποία τερματίζει η θέρμανση δαπέδου (ντουλάπες, τζάκια κλπ).

1.2 ΣΤΑΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Α) ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Θα ήταν φρόνιμο η πρόβλεψη για την επιλογή της ενδοδαπέδιας να γίνεται στη φάση της σκυροδέτησης, γιατί έτσι θα ληφθούν υπόψη εργασίες που θα διευκολύνουν την σωστή εφαρμογή της, όπως:

- 1) Εσωτερικό επίχρισμα: Στους χώρους που θα εγκατασταθεί ενδοδαπέδια θέρμανση οι εργασίες εσωτερικού επιχρίσματος θα πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί.
- 2) Τοποθέτηση πλαισίων εξωτερικών κουφωμάτων (κατωκάσια): Τα <<ρίχτια>> σε εξώπορτες, μπαλκονόπορτες και σκάλες πρέπει να υπολογιστούν για πάχος δαπέδου περίπου 10 εκ. και όχι 6-7 εκ. όπως του παραδοσιακού συστήματος

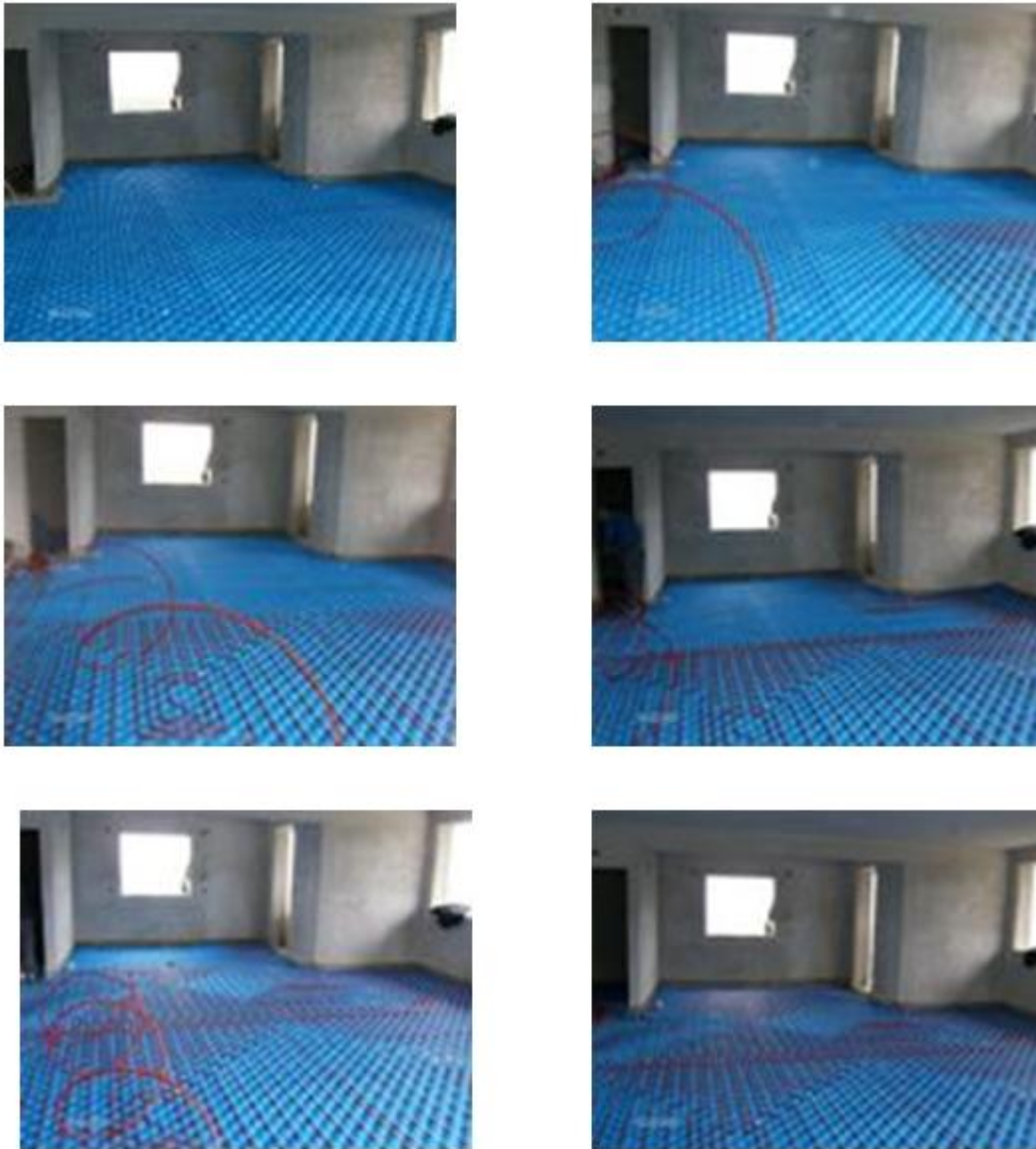
- 3) Αποφυγή διακλαδώσεων στην υδραυλική και ηλεκτρολογική εγκατάσταση.
Συνιστάται η εγκατάσταση των παροχών αυτών να γίνεται περιμετρικά.
- 4) Τοποθέτηση του σιφονιού αποχέτευσης σε σημείο που δεν εμποδίζει την εγκατάσταση της ενδοδαπέδιας. Πρέπει να προσεχθεί το ύψος του σιφονιού σε σχέση με το ύψος του τελικού δαπέδου. Προτείνεται η τοποθέτηση του σε σημείο που δεν θα εμποδίσει την δαπεδόστρωση και όχι στο κέντρο του λουτρού
- 5) Καθαρισμός και αλφάδιασμα πλάκας - τσιμεντοκονία ισοστάθμισης
Στην περίπτωση που η υδραυλική και η ηλεκτρολογική εγκατάσταση έχει ολοκληρωθεί πριν την απόφαση εγκατάστασης ενδοδαπέδιας, και μεγάλος αριθμός σωληνώσεων διατρέχουν το δάπεδο, ενδείκνυται η χύτευση τσιμεντοκονίας ισοστάθμισης ύψους 3-4 cm, ώστε ο εγκαταστάτης να παραλάβει την πλάκα καθαρή, αλφαδιασμένη και απαλλαγμένη από τυχόν προεξοχές.



Εικόνα 1.8: Εγκατάσταση Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης

B) ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

- 1) Τοποθέτηση πίνακα διανομής
- 2) Τοποθέτηση φύλλου πολυαιθυλενίου. Όταν η εγκατάσταση πρόκειται να γίνει σε πλάκα που από κάτω υπάρχει πυλωτή καλό θα ήταν πριν την τοποθέτηση της μορφόπλακας να τοποθετηθεί ένα φύλλο πολυαιθυλενίου
- 3) Τοποθέτηση περιμετρικής ταινίας - Περιμετρικοί Αρμοί. Η περιμετρική ταινία πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στο κολυμβυτό δάπεδο να κινηθεί τουλάχιστον 5m.m.
- 4) Διαμόρφωση εσωτερικών αρμών.
- 5) Τοποθέτηση μορφόπλακας. Εκτός του μονωτικού και ηχομονωτικού της ρόλου, η μορφόπλακα λειτουργεί σαν στήριγμα του σωλήνα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης.
- 6) Τήρηση των αρμών διαστολής στα κεφαλόσκαλα.
- 7) Τοποθέτηση σωλήνα. Η εγκατάσταση του σωλήνα γίνεται σε σχήμα κοχλία (σαλιγκαριού) γιατί με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται πιο ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασιών στην επιφάνεια του δαπέδου και κατά συνέπεια του χώρου.



Εικόνα 1.9: Εγκατάσταση Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης

Γ) ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ:

1) Δοκιμή Δικτύου. Μετά το τέλος της εγκατάστασης των σωληνώσεων και πριν τη χύτευση του θερμομετόν απαιτείται δοκιμή του δικτύου, εφαρμόζοντας πίεση τριπλάσια από την πίεση λειτουργίας.

2) Χύτευση θερμομετόν. Η χύτευση του θερμομετόν ξεκινάει εφόσον το δίκτυο έχει παραμείνει τουλάχιστον 24 ώρες πρεσαρισμένο και έχουν γίνει οι απαραίτητοι έλεγχοι πιθανών διαρροών. Η σύνθεση του θερμομετόν ανά m^3 :
X 70% ποταμίσις άμμος X 250kg νερό X 300-350kg τσιμέντο X 2-2,5kg υπερ-
ρευστοποιητή (για αύξηση της ελαστικότητας, αποφυγή ρηγματώσεων του θερμομετόν)
X 900gr ίνες πολυπροπυλενίου (για αύξηση των μηχανικών αντοχών, μείωση των φυσαλίδων αέρα, εκμηδενισμός των ρωγμών)

3) Ξήρανση τσιμεντοκονίας. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι ο περιορισμός της σχετικής υγρασίας του θερμομετόν.

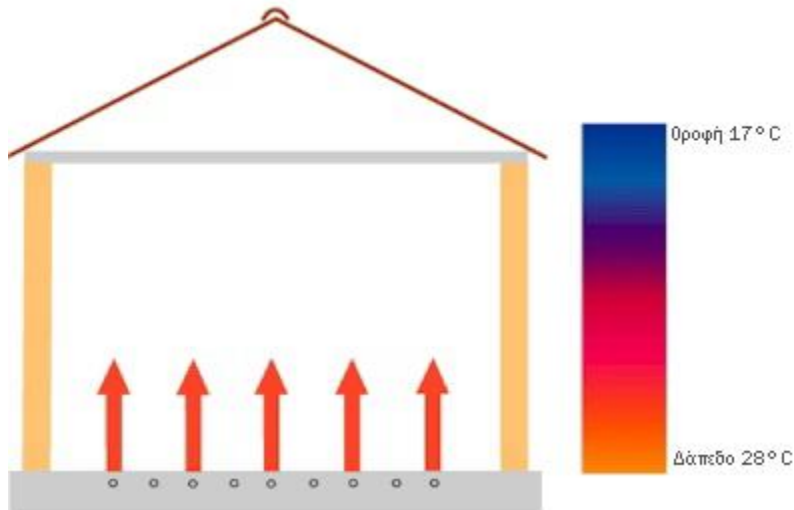
4) Δαπεδόστρωση. Η δαπεδόστρωση ξεκινάει αμέσως μετά την ξήρανση, χρησιμοποιώντας κόλλες με υψηλή ελαστικότητα και γενικότερα υλικά κατάλληλης ποιότητας με εγγυήσεις από τον προμηθευτή και τηρούμενες τις οδηγίες εφαρμογής τους

5) Ρύθμιση συστήματος. Βάση της μελέτης γίνεται η ρύθμιση θερμοκρασίας των κυκλωμάτων της εγκατάστασης. Μια σωστή ρύθμιση της εγκατάστασης εγγυάται την καλή απόδοση του συστήματος. Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι μία αξιόπιστη και

αποτελεσματική μορφή απόδοσης θερμότητας στον χώρο, διότι συνδυάζει την οικονομικότερη λειτουργία με την απόλυτη υγιεινή προσφέροντας παράλληλα ιδανική θερμική άνεση στον χώρο.

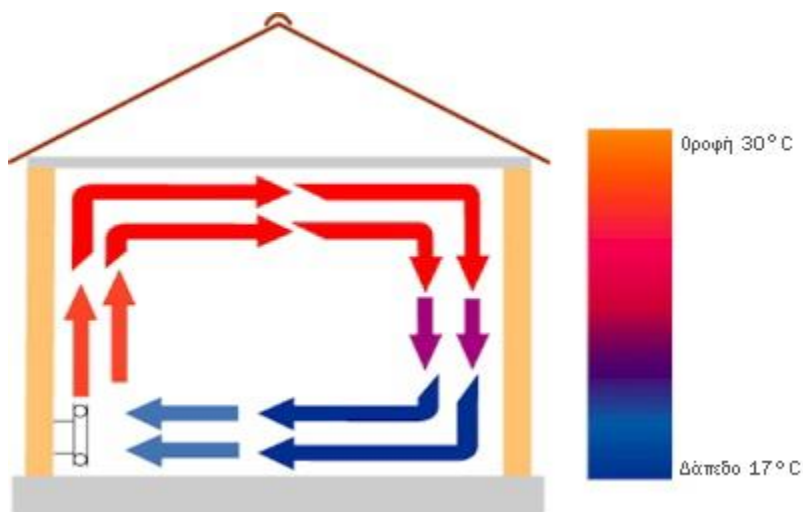
1.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ – ΚΛΑΣΣΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

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. Σε συνδυασμό με την χαμηλότερη θερμοκρασία προσαγωγής επιτυγχάνουμε λιγότερες ώρες λειτουργίας του λέβητα, επομένως και χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου. Η οριζόντια και έμμεση θέρμανση του χώρου, λόγω ακτινοβολίας θερμότητας, έχει σαν συνέπεια την επίτευξη της ιδανικής κατανομής της θερμοκρασίας για το ανθρώπινο σώμα (ζεστά πόδια-κρύο κεφάλι).



Εικόνα 1.10: Κατανομή Θερμότητας

Αυτό επιτυγχάνεται με τη ροή ζεστού νερού σε χαμηλή θερμοκρασία κάτω από το τελικό δάπεδο. Έτσι, η θερμοκρασία στο δάπεδο είναι 25-28°C, ενώ σε ύψος 1.6m, η θερμοκρασία είναι 20°C. Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ιδανική κατανομή θερμοκρασίας για το ανθρώπινο σώμα.

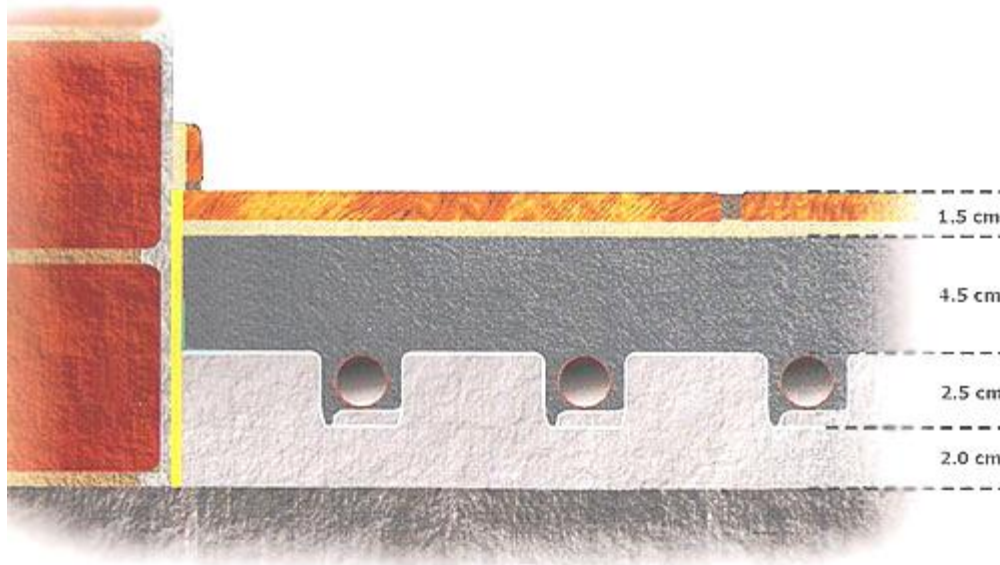


Εικόνα 1.11: Κατανομή Θερμότητας

Αντίθετα, κατά την λειτουργία του θερμαντικού σώματος λόγω άμεσης επαφής θερμαίνεται ο αέρας τοπικά στους 50°C και καθώς το φαινόμενο συνεχίζεται, η θερμότητα συσσωρεύεται στα ανώτερα στρώματα του χώρου. Έτσι σε ύψος 1.6m από το δάπεδο που βρίσκεται το κεφάλι, η θερμοκρασία είναι 24°C, ενώ στο δάπεδο η θερμοκρασία είναι περίπου 17°C.

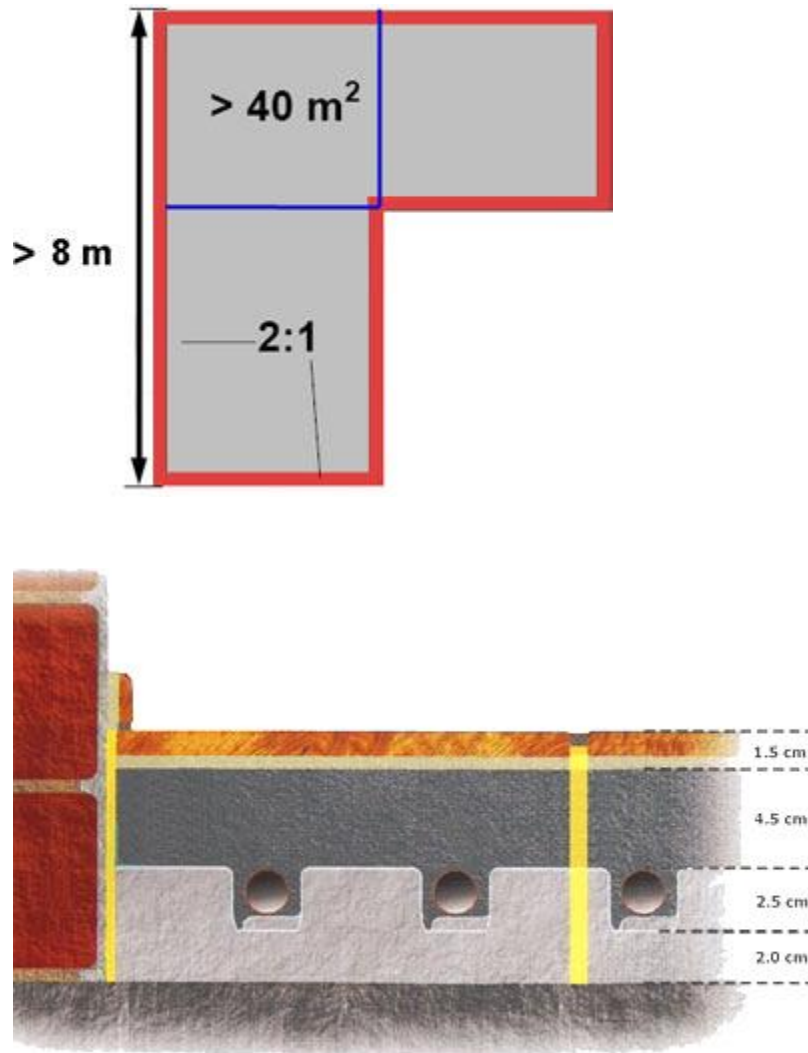
ΔΑΠΕΔΟ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ

Το υπόστρωμα που παραδίδεται δεν είναι μια κοινή τσιμεντοκονία, αλλά μια πλωτή θερμαινόμενη τσιμεντοκονία (θερμομετόν) με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Στη θέρμανση δαπέδου έχουμε μεγαλύτερες καταπονήσεις των κονιαμάτων και των επενδύσεων δαπέδου από ότι στα κοινά δάπεδα. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται υλικά κατάλληλης ποιότητας τα οποία συνιστά ο προμηθευτής τους για ενδοδαπέδια θέρμανση.



Εικόνα 1.12: Κατασκευή & Τελική Επένδυση Δαπέδου

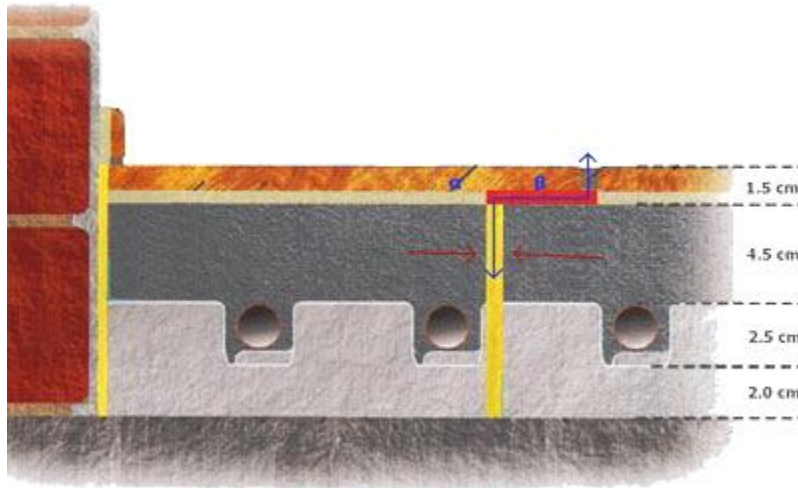
Οι εργασίες τοποθέτησης της τελικής επένδυσης μπορούν να γίνουν μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας τεχνητής ξήρανσης, εφόσον πραγματοποιηθεί έλεγχος της υγρασίας του θερμοπετόν και πρέπει να γίνονται σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Το θερμοπετόν χωρίζεται μέσω ελαστικών αρμών διαστολής σε ανεξάρτητα πεδία. Ο συντελεστής διαστολής της τελικής επένδυσης είναι διαφορετικός από τον συντελεστή διαστολής του θερμοπετόν και επομένως η κόλλα πρέπει να διαθέτει χαρακτηριστικά υψηλής ελαστικότητας. Η χάραξη των αρμών διαστολής στο θερμοπετόν για συγκεκριμένο πάχος τσιμεντοκονίας δεν λαμβάνεται αυθαίρετα, αλλά ακολουθεί την τυποποίηση, κατά το Γερμανικό πρότυπο DIN 18560 η σχηματική απεικόνιση του οποίου φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα :



Εικόνα 1.13: Κατασκευή & Τελική Επένδυση Δαπέδου

Ο περιμετρικός αρμός που περιβάλλει το θερμοπετόν, αποκλείοντας οποιαδήποτε επαφή του με σταθερή κατασκευή παραλαμβάνει και τις διαστολές της τελικής

επένδυσης. Οι αρμοί διαστολής του θερμομοπετόν πρέπει να συνεχίζονται και στην τελική επένδυση.



Εικόνα 1.14: Κατασκευή & Τελική Επένδυση Δαπέδου

Στην αντίθετη περίπτωση ακολουθείται η διαδικασία μεταφοράς του αρμού στο θερμομοπετόν, σε αυτόν της τελικής επένδυσης. Αφού ο αρμός διαστολής του θερμομοπετόν καθαριστεί, επικαλύπτεται με σιλικονούχο υλικό. Στην συνέχεια, στη μία πλευρά του πλακιδίου (πλευρά β), τοποθετείται φύλλο νάιλον έως και τον τελικό αρμό της κεραμικής επένδυσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.1. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.3 ΣΥΝΤΕΛΕΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

2.4 Ο ΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

2.7 ΧΡΗΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ

2. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σύγχρονη εποχή επιστήμονες και κυβερνήσεις αποπειρώνται να λύσουν το πρόβλημα της οικονομικής χρήσης της ενέργειας. Μηχανικοί και επιστήμονες μελετούν τους σύγχρονους τρόπους για την πιο αποδοτική και παραγωγική χρήση των υφιστάμενων πηγών ενέργειας, καθώς επίσης και τη δυνατότητα χρησιμοποίησης του μέγιστου από φυσικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ένας από αυτούς τους τρόπους είναι με αντλία θερμότητας για συστήματα θέρμανσης και ζεστού νερού.

Στις μέρες μας, οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούνται με επιτυχία σε πολλές χώρες του κόσμου. Ωστόσο, οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούνται κατά κανόνα για οικιακή χρήση. Είναι γνωστό, ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία της χαμηλής θερμοκρασίας πηγής θερμότητας (π.χ. του νερού, του εδάφους ή του αέρα), τόσο μεγαλύτερη θερμότητα μπορεί να μεταφέρει η αντλία σε ένα σύστημα θέρμανσης. Σε χώρες, όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλή οι παράμετροι της χαμηλού βαθμού πηγής θερμότητας δεν είναι υψηλή. Μια λύση είναι σύγχρονα δομικά υλικά, που χρησιμοποιούνται σε κτίρια και τα οποία βοηθούν να μειωθούν σημαντικά οι απώλειες θερμότητας από τα κτίρια. Ως εκ τούτου σε αυτή την περίπτωση, η απαίτηση της ενέργειας θερμότητας για τη θέρμανση μειώνεται, και ένα σύστημα αντλίας θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Γενικά, η χρήση των αντλιών θερμότητας στο σύστημα θέρμανσης είναι λογική όταν η θερμοκρασία του υγρού μεταφοράς θερμότητας είναι χαμηλή. Η θερμοκρασία του νερού

στην ενδοδαπέδια θέρμανση κυμαίνεται μεταξύ 50°C- 35°C. Αυτό το επίπεδο θερμοκρασίας είναι ικανοποιητικό για την παραγωγή θερμότητας και την απόδοση των αντλιών. Σε αυτήν την περίπτωση συνδυάζεται η ενδοδαπέδια θέρμανση με αντλία θερμότητας, κάτι που αποτελεί την πιο απλή λύση.

Αλλά τι δυσκολίες υπάρχουν στο σύστημα θέρμανσης με τη χρήση των αντλιών θερμότητας όταν αυτό χρησιμοποιείται για κτίρια κατοικιών? Τα βασικά σημεία που θα καλυφθούν στην παρούσα εργασία είναι τα παρακάτω:

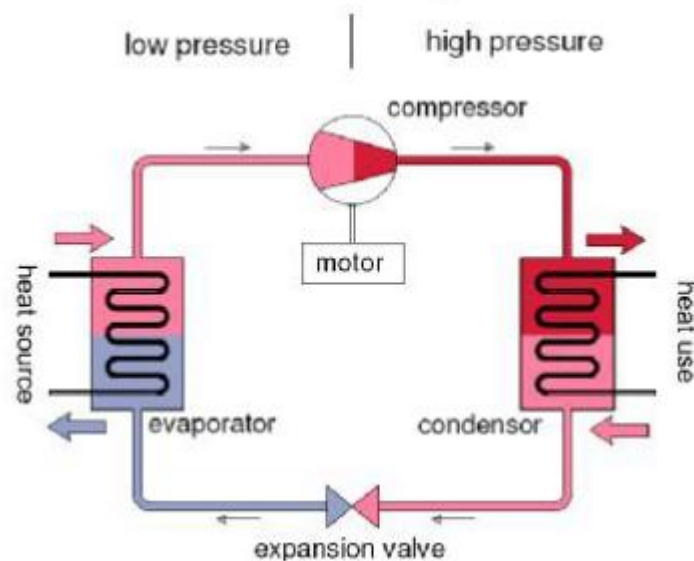
- Όσο μεγαλύτερο είναι ένα κτίριο για θέρμανση, τόσο μεγαλύτερο είναι και το μέγεθος του εξοπλισμού θέρμανσης καθώς και οι τεχνικές εγκαταστάσεις οι οποίες απαιτούνται.
- Το κόστος της προετοιμασίας και οι εργασίες εγκατάστασης είναι υψηλό?
- Η ταχύτητα ανανέωσης και η πληρότητα των δυνατοτήτων της χαμηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού δεν είναι βέβαιες.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί το σύστημα θέρμανσης με αντλία θερμότητας και ενδοδαπέδια θέρμανση για οικιακή χρήση. Σε κάθε περίπτωση κάθε έργο είναι διαφορετικό και πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά. Πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν το σύστημα. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να είναι τόσο θετικοί όσο και αρνητικοί.

Πριν από την απάντηση στο βασικό ερώτημα, η αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας θα πρέπει να παρουσιαστεί. Απώτερος στόχος είναι να αποδειχθεί η σκοπιμότητα και η βιωσιμότητα ενδοδαπέδιων συστημάτων θέρμανσης σε κατοικίες.

2.1. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Πρώτον, τα ερωτήματα «Τι είναι μια αντλία θερμότητας;» και "Πώς λειτουργεί;" πρέπει να απαντηθούν. Μπορούμε να βρούμε αρκετούς ορισμούς της αντλίας θερμότητας στη βιβλιογραφία, αλλά η σημασία όλων είναι η ίδια. 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. Η αντλία θερμότητας με άλλα λόγια, 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. Το σχηματικό διάγραμμα μιας αντλίας θερμότητας φαίνεται στην εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1: Σχηματικό διάγραμμα μιας αντλίας θερμότητας συμπίεσης

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το πλεονέκτημα των αντλιών θερμότητας, σε σύγκριση με άλλες πηγές θερμότητας είναι ότι η αντλία θερμότητας μεταφέρει την ενέργεια, αλλά δεν την παράγει. Η αντλία θερμότητας μετατρέπει ενέργεια από χαμηλής θερμοκρασίας σε υψηλής θερμοκρασία και το αντίστροφο.

Ακολουθία της διαδικασίας:

- 1) Το ψυκτικό μέσο φυλάσσεται σε χώρο με ατμό χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας και έχει έξοδο από έναν εξατμιστή.
- 2) Το ψυκτικό μέσο σε κατάσταση ατμού, μπαίνει στον συμπιεστή. Η πίεση του ψυκτικού ανέρχεται σε 1,52-2,53 MPa., η θερμοκρασία αυξάνεται σε 70 °C - 100 °C στο εσωτερικό του συμπιεστή.
- 3) Μετά από αυτό, το καυτό ψυκτικό μέσο που είναι σε κατάσταση ατμού, ψύχεται και συμπυκνώνεται στο εσωτερικό του συμπυκνωτή. Ως αποτέλεσμα, το ψυκτικό υγρό περνά σε κατάσταση υγρή. Κατά τη διάρκεια αυτής της συμπύκνωσης η επεξεργασία της θερμότητας από το θερμό ψυκτικό απελευθερώνεται στο νερό ή στον αέρα, τα οποία χρησιμοποιούνται για σκοπούς θέρμανσης.
- 4) Το ψυκτικό μέσο μετατρέπεται σε υγρή μορφή με υψηλή πίεση κατά την έξοδο από τον συμπυκνωτή. Σε αυτή την κατάσταση το υγρό μπαίνει σε μια συσκευή ελέγχου ροής που το αποσυμπιέζει γρήγορα. Κατά τη διάρκεια της αποσυμπίεσης, μέρος από το υγρό εξατμίζεται και περνά σε κατάσταση ατμού. Το μίγμα υγρού-ατμών εισέρχεται στον εξατμιστήρα. Το ψυκτικό μέσο παίρνει θερμότητα από Περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια

αυτής της διαδικασίας, το υγρό βράζει μέσα στον εξατμιστή και μετατρέπεται σε κατάσταση ατμών πλήρως. Τέλος ο ατμός εξέρχεται από τον εξατμιστήρα.

5) Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται κυκλικά.

Εν ολίγοις, το ψυκτικό μέσο διαγράφει ένα κύκλο συνεχώς και αλλάζει την κατάσταση του, από υγρή φάση σε ατμό και αντίστροφα. Η αντλία θερμότητας μπορεί να λειτουργήσει ως μηχανήμα θέρμανσης ή ψύξης και να αλλάξει την κατεύθυνση του ψυκτικού μέσου μεταφοράς μέσω του εξατμιστή και του συμπυκνωτή. Η πρώτη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιείται το χειμώνα για θέρμανση, και η δεύτερη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί το καλοκαίρι για ψύξη, αντισοίχως. Το κυκλοφορικό σύστημα, λειτουργεί όλο το χρόνο και παράγει θερμότητα και δροσιά το χειμώνα ή το καλοκαίρι αντίστοιχα.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η αντλία θερμότητας ως μηχανή για την θέρμανση. Για την καλύτερη παραγωγικότητα του συστήματος, η θερμοκρασία της χαμηλής θερμοκρασίας πηγής (στην περίπτωση μας είναι η θερμοκρασία του εδάφους) πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ψηλότερη και η διαφορά μεταξύ αυτής της θερμοκρασίας με τη θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς στο εσωτερικό του συστήματος θέρμανσης πρέπει να είναι ελάχιστη.

2.2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

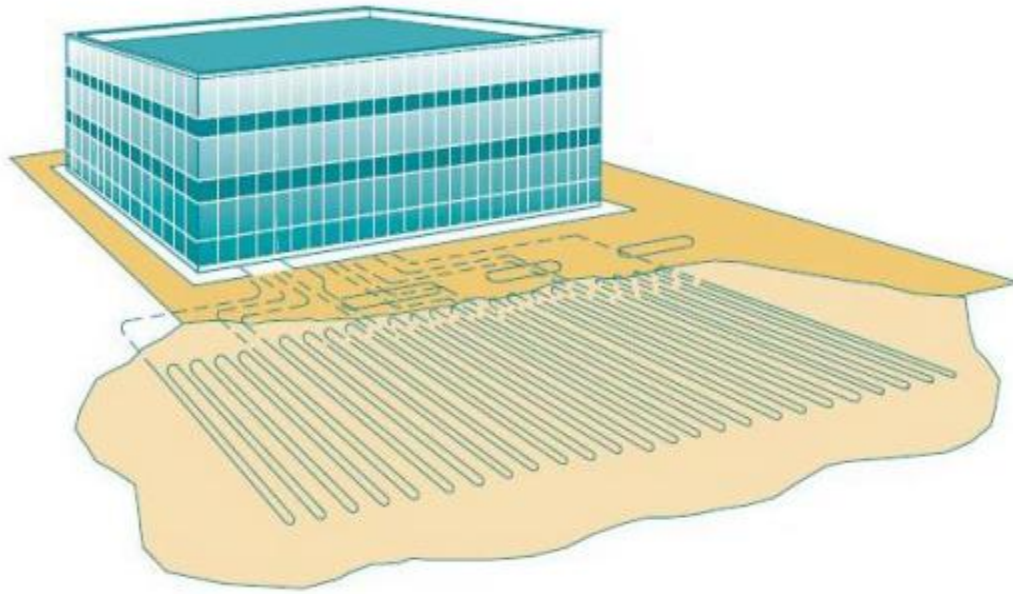
Η αντλία θερμότητας παίρνει θερμότητα από χαμηλής θερμοκρασίας πηγές, όπως ο αέρας, το νερό, το έδαφος ή τα λύματα. Ο τύπος της αντλίας θερμότητας εξαρτάται από

τον τύπο της πηγής χαμηλής θερμοκρασίας και τον τύπο της πηγής που χρησιμοποιείται για το σύστημα θέρμανσης. Η μεταφορά θερμότητας στο σύστημα αντλίας θερμότητας μπορεί να είναι:

Από αέρα σε αέρα, από αέρα σε νερό, από νερό σε αέρα, από νερό σε νερό, από το έδαφος σε αέρα ή από το έδαφος σε νερό.

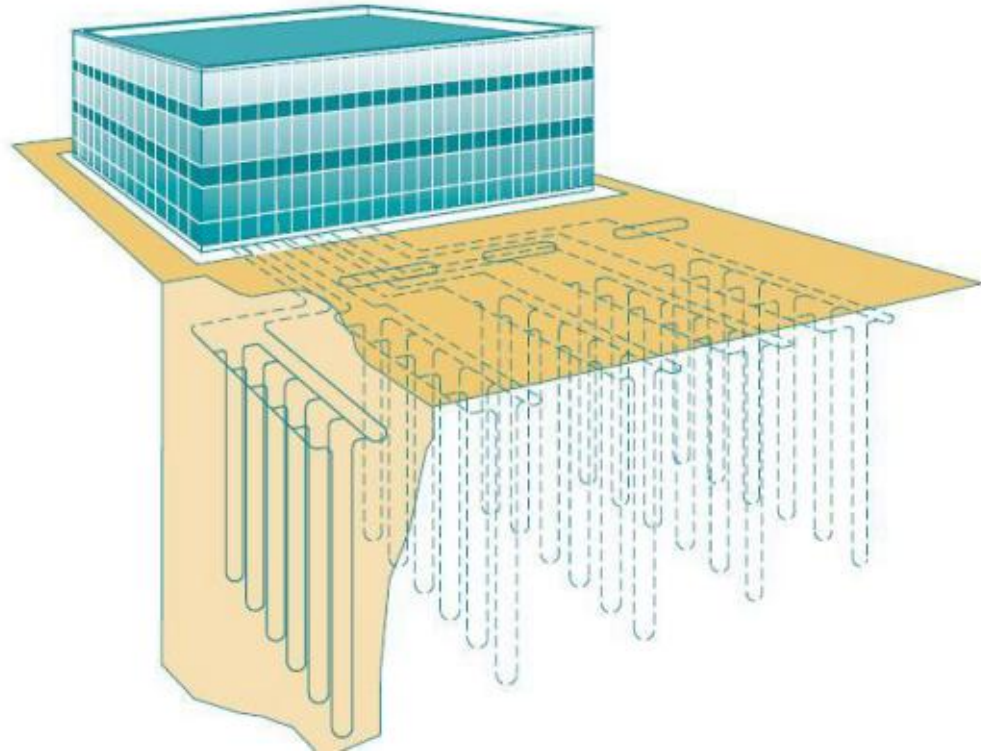
Όσον αφορά την κατεύθυνση εναλλαγής θερμότητας, τα συστήματα υποδιαιρούνται σε:

- Σύστημα με οριζόντιο δίκτυο. Οριζόντιοι συλλέκτες απαιτούν μεγάλες εκτάσεις ελεύθερων βράχων ή μεγάλες πέτρες και ένα ελάχιστο βάθος εδάφους της τάξης του 1,5 m. Πολλαπλοί σωλήνες μπορεί να είναι σε ένα χαρακώμα, επίσης. Το ποσό των απαιτούμενων τάφρων μπορεί να μειωθεί εάν ο σωλήνας αναπτυχθεί ως μια σειρά επικαλυπτόμενων ρόλων, που τοποθετείται κάθετα σε μια στενή τάφρο ή οριζόντια στο κάτω μέρος ενός ευρύτερου χαρακώματος. Το Μειονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι χαρακτηρίζεται ανεφάρμοστο για περιοχές με σωλήνες οικοδομής ή άλλης χρήσης. Ένα οριζόντιο σύστημα φαίνεται στην εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.2: Οριζόντιο σύστημα

- Συστήματα με κάθετες γεωτρήσεις. Το ψυκτικό μέσο αντλείται μέσω μιας σειράς κάθετων γεωτρήσεων, όπου η θερμότητα που συλλέγεται, αυξάνεται αντίστοιχα με τη θερμοκρασία του ρευστού. Συχνά χρησιμοποιούνται, σε χώρους περιορισμένης έκτασης, κάθετοι συλλέκτες. Τοποθετούνται, για παράδειγμα, όπως οι U-σωλήνες γεωτρήσεων, σε γενικές γραμμές 100-150 mm διάμετρο και σε βάθος μεταξύ 50 μ.-150 μ. Τα κάθετα συστήματα είναι πιο ακριβά από τα οριζόντια συστήματα, αλλά έχουν υψηλή θερμική απόδοση και απαιτούν λιγότερες σωληνώσεις και ενέργεια άντλησης. Το σύστημα αυτό προκαλεί χαμηλές ζημιές μετά από την εγκατάσταση από ότι το οριζόντιο σύστημα. Το σύστημα με κάθετη γεώτρηση φαίνεται στην εικόνα 2.3.

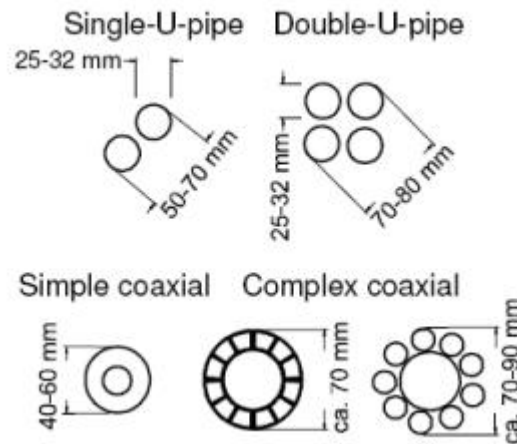


Εικόνα 2.3 Κάθετο Σύστημα

Η επιλογή μεταξύ του οριζόντιου ή κάθετου συστήματος, εξαρτάται από την επιφάνεια του διαθέσιμου εδάφους, τις παραμέτρους του εδάφους στην περιοχή και το κόστος ανασκαφής και γεωτρήσεων. Τα συστήματα με κάθετους συλλέκτες είναι μεν πιο ακριβά από τα οριζόντια συστήματα, αλλά έχουν υψηλή θερμική απόδοση και απαιτούν λιγότερες σωληνώσεις με αποτέλεσμα, να χρειάζεται λιγότερη άντληση ενέργειας.

Συστήματα σωληνώσεων μπορούν επίσης να τοποθετηθεί κάτω από το νερό, αλλά η απόδοση αυτού του συστήματος ίναι χαμηλότερη από εκείνη των συστημάτων με εναλλάκτη θερμότητας εδάφους, λόγω ης εποχιακής διακύμανσης της θερμοκρασίας του νερού.

Διαφορετικοί τύποι γεώτρησης εναλλακτών θερμότητας κάθετων συστημάτων, φαίνονται στην εικόνα 2.4.



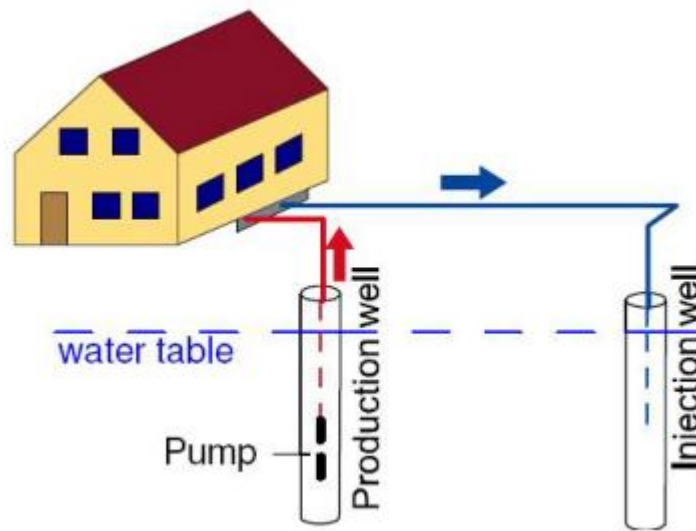
Εικόνα 2.4 Διαφορετικοί τύποι γεώτρησης εναλλακτών θερμότητας κάθετων συστημάτων

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι «ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη διάταξη των σωλήνων για να διατηρηθεί η δυναμική υδραυλική πτώση πίεσης κατά μήκος του εναλλακτή θερμότητας στο έδαφος, όπως να ελαχιστοποιήσει την άντληση ενέργειας που απαιτείται.

Περιγραφή συστήματος εδάφους:

- Συστήματα ανοιχτού βρόχου: Το σύστημα ανοιχτού βρόχου χρησιμοποιεί μια πηγή υπόγειων υδάτων. Μετά την αξιοποίηση των υπογείων υδάτων, τα ύδατα αυτά επιστρέφουν στο υπέδαφος. Αναγνωρίζεται ότι αυτή η τεχνολογία είναι πολύ αποδοτική με αποτέλεσμα τα συστήματα αυτά να χρησιμοποιούνται ευρέως

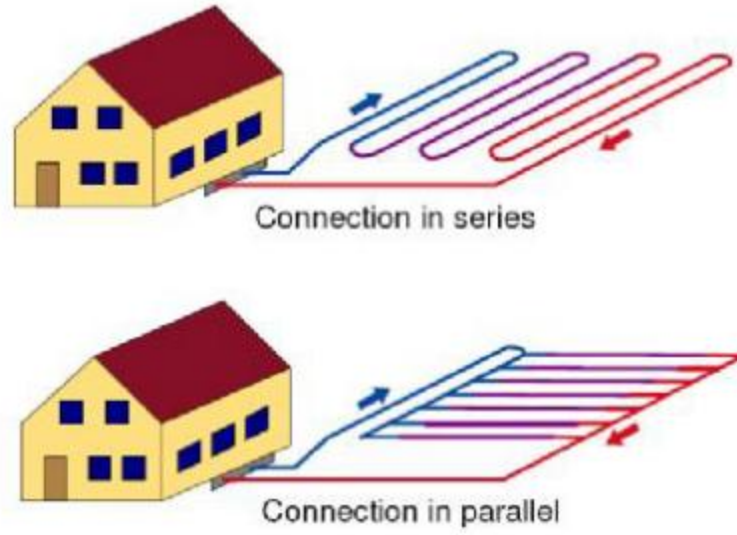
μέχρι πρόσφατα. Στα μειονεκτήματα περιλαμβάνονται, το ότι η διαθεσιμότητα νερού είναι περιορισμένη, η διάβρωση μπορεί να είναι ένα πρόβλημα, ανάλογα με την ποιότητα του νερού και πιο συγκεκριμένα ανάλογα με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς που καλύπτουν τη χρήση των υπόγειων υδάτων γίνονται ολοένα και πιο περιοριστικές. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος ανοικτού βρόχου φαίνεται στην εικόνα 2.5.



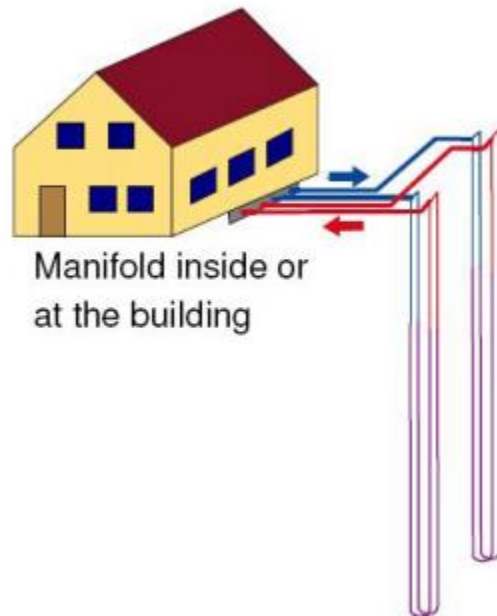
Εικόνα 2.5 αρχή λειτουργίας του συστήματος ανοικτού βρόχου

Κλειστά συστήματα (Συνδεδεμένα συστήματα εδάφους):

Πρόκειται για συστήματα όπου η εναλλάκτης θερμότητας του εδάφους αποτελείται από ένα κλειστό βρόχο σωλήνα, θαμμένο είτε οριζόντια είτε κάθετα στο έδαφος. Τα συστήματα κλειστού βρόχου ενός συστήματος φαίνονται στις εικόνες 2.6 και 2.7.



Εικόνα 2.6: Οριζόντια Κλειστά Συστήματα



Εικόνα 2.7 Κάθετα κλειστά συστήματα

Ο Αμερικανικός Σύλλογος Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE) για να διακρίνει μεταξύ των διαφόρων τύπων των συστημάτων γείωσης, έχει υιοθετήσει τα ακόλουθα ονόματα.

- Αντλίες θερμότητας εδάφους (Ground Coupled Heat Pumps - GCHPs): Χρησιμοποιούν το έδαφος ως πηγή θερμότητας με κάθετους ή οριζόντιους εναλλακτές θερμότητας.
- Υπόγειες αντλίες θερμότητας (GWHPs): Χρησιμοποιούν το νερό ως πηγή θερμότητας.
- Αντλίες θερμότητας επιφάνειας (SWHPs): Χρησιμοποιούν υδάτινες επιφάνειες (λίμνες, κλπ.), ως πηγή θερμότητας.

Το ψυκτικό μέσο, κυκλοφορεί απευθείας μέσω του εναλλακτή θερμότητας στο έδαφος σε άμεση επέκταση του συστήματος. Αλλά πιο συχνά τα συστήματα είναι συστήματα έμμεσης επέκτασης, στα οποία το υγρό κυκλοφορεί μέσω του βρόχου εδάφους και η ενέργεια μεταφέρεται προς ή από την αντλία θερμότητας. Στο σύστημα έμμεσης επέκτασης, το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί μέσω ενός εναλλακτή θερμότητας εδάφους. Ως παράδειγμα για την αποτελεσματικότητα των άμεσων και έμμεσων συστημάτων μπορούμε να φέρουμε ένα σύστημα αντλίας με εναλλακτή θερμότητας εδάφους, το οποίο χρησιμοποιείται για την παροχή συστημάτων θερμότητας νερού χαμηλής θερμοκρασίας (στην περίπτωσή μας είναι η ενδοδαπέδια θέρμανση). Η απόδοση ανάλογα με την εποχή κυμαίνεται μεταξύ 300% και 400% για τα έμμεσα συστήματα και μπορεί να είναι υψηλότερη (από 350% έως 500%) για τα άμεσα συστήματα.

2.3 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 συντελεστής απόδοσης (COP) και, ως αποτέλεσμα, η ικανότητα των αντλιών θερμότητας εξαρτάται από την ταχύτητα ροής ρευστού μέσω του εναλλάκτη θερμότητας, τη θερμοκρασία στην πηγή και το θερμικό φορτίο. Ο Συντελεστής Απόδοσης COP εξαρτάται από την απόδοση των εναλλακτών θερμότητας, τις απώλειες του συμπιεστή, και τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της πλευράς χαμηλής θερμοκρασίας (για παράδειγμα, το έδαφος) και της πλευράς υψηλής θερμοκρασίας (κτίριο)

2.4 Ο ΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην εργασία αυτή θα μελετηθεί η αντλία θερμότητας εδάφους (GSHP) με κάθετο εναλλακτή θερμότητας κλειστού βρόχου. Αυτό το είδος του συστήματος επιλέχθηκε για τρεις διαφορετικούς λόγους:

1) Η γη που ανήκει σε κάθε κτίριο έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αυτό σημαίνει ότι η έκταση γης που μπορούν να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες του

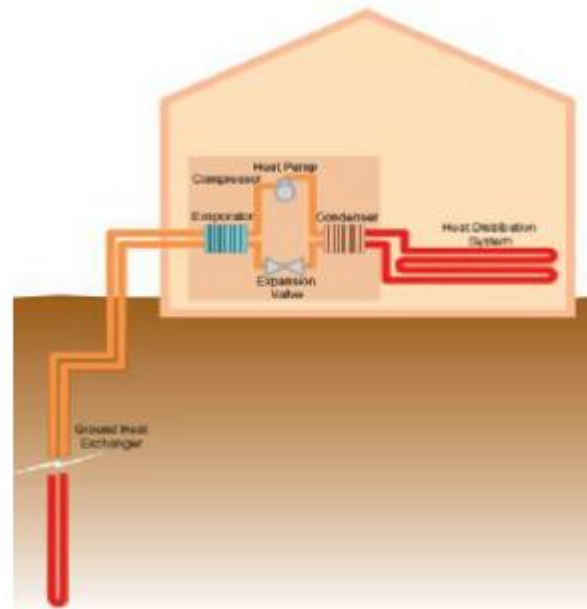
συστήματος είναι περιορισμένη. Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται το σύστημα με κάθετο εναλλάκτη θερμότητας το λιγότερο η έκταση της γης που απαιτείται είναι ακόμα μικρότερη.

2) Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα με αντλία θερμότητας μειώνει τις CO₂ στην ατμόσφαιρα. Αυτός ο ισχυρισμός είναι πιο ορθός για χώρες όπου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε μεγάλο ποσοστό από την δύναμη του ανέμου ή του νερού, για παράδειγμα. Στην περίπτωση αυτή, δεν χρησιμοποιείται πετρέλαιο ή φυσικό αέριο.

Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα αντλίας θερμότητας έχει ως συνέπεια τη μείωση των εκπομπών CO₂ και της ρύπανσης του αέρα κοντά σε κτίρια κατοικιών. Η εκπομπή CO₂ μειώνεται επίσης, επειδή η ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος αντλίας θερμότητας είναι χαμηλότερη από ότι η ενέργεια του λέβητα πετρελαίου ή φυσικού αερίου ανάλογα με την COP. Αναγνωρίζεται επίσης ότι τα συστήματα αντλίας θερμότητας έχουν μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης, με θερμαντικά σώματα.

Τα Συστήματα Αντλιών Θερμότητας αποτελούνται κυρίως από τρία μέρη:

- 1) Αντλία θερμότητας.
- 2) Σύνδεση Γης (εναλλάκτης θερμότητας εδάφους).
- 3) Σύστημα διανομής θέρμανσης.



Εικόνα 2.8 Βασικά Μέρη Συστήματος Αντλιών Θερμότητας

2.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Όταν μελετάμε τα συστήματα αντλίας θερμότητας εδάφους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η ποιότητα της εργασίας των αντλιών θερμότητας, η παραγωγικότητα και η αποτελεσματικότητά τους εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους. Η πιο κύρια παράμετρος που αφορά στο έργο των GSHP 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.

Η υγρασία του εδάφους επηρεάζει την ανταλλαγή θερμότητας του εδάφους, γιατί το νερό έχει μεγάλο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Ωστόσο, υπάρχει η άποψη ότι η επίδραση του νερού των υπογείων υδάτων στην ανταλλαγή θερμότητας στο έδαφος, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν είναι πολύ μεγάλη και η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους είναι η κύρια παράμετρος για τους υπολογισμούς. Αλλά η θερμική αγωγιμότητα του υγρού εδάφους είναι μεγαλύτερη από τη θερμική αγωγιμότητα του ξηρού εδάφους. Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι το έδαφος με χαμηλή θερμική αγωγιμότητα μπορεί να απαιτεί έως και 50% περισσότερους βρόχους-συλλέκτες από το έδαφος με υψηλή θερμική αγωγιμότητα.

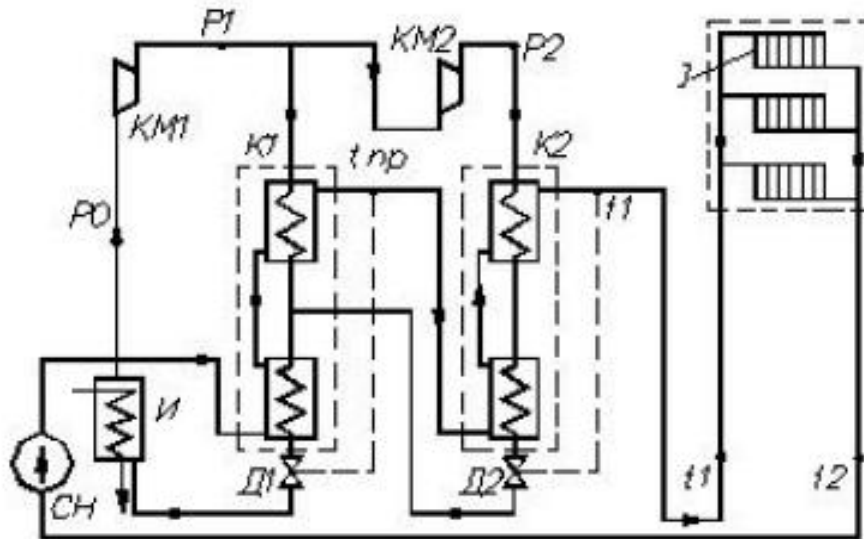
Το είδος του εδάφους έχει πάρα πολύ μεγάλη σημασία. Πρώτον, το κάθε είδος εδάφους έχει διαφορετική θερμοχωρητικότητα και θερμική αντίσταση. Δεύτερον, τα διαφορετικά είδη τεχνολογίας των γεωτρήσεων, το κόστος τους και η χρήση των υλικών που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία εξαρτώνται από τον τύπο του εδάφους. Η πιο σημαντική διαφορά μεταξύ του εδάφους και πετρωμάτων είναι ότι ο βράχος έχει σημαντικά υψηλότερες τιμές θερμικής αγωγιμότητας.

Πριν από τον σχεδιασμό της διαδικασίας είναι σημαντική η επεξεργασία των παραμέτρων της περιοχής του εδάφους, όπως: Το βάθος της κάλυψης του εδάφους, ο τύπος του εδάφους ή του βράχου και θερμοκρασία του εδάφους. Μια σωστή αξιολόγηση της μεταφοράς θερμότητας εδάφους δεν μπορεί να γίνει χωρίς να ληφθεί υπόψη η θερμοκρασία του εδάφους και η θερμική αγωγιμότητα. Όταν το έδαφος στην περιοχή της γεώτρησης είναι μαλακό ή αποτελείται από

ιζηματογενή πετρώματα, μετά την διαδικασία διάτρησης, το διάστημα μεταξύ της κατακόρυφης γεώτρησης και εγκατάστασης εναλλάκτη θερμότητας (πλαστικούς σωλήνες) γεμίζει με ειδικά ενέματα (αντλήσιμων υλικών), τα οποία έχουν υψηλή αγωγιμότητα. Αυτά τα ενέματα χρησιμοποιούνται για δομική αξιοπιστία και διευκόλυνση της μεταφοράς θερμότητας από το ρευστό ή ψυκτικό στο έδαφος.

Σε βραχώδεις περιοχές, όπως στις Σκανδιναβικές χώρες είναι οι κάθετες γεωτρήσεις παραμένουν ανοικτές, και τα υπόγεια ύδατα κυκλοφορούν μεταξύ των σωλήνων και του βράχου ώστε να επιτευχθεί η σωστή ανταλλαγή θερμότητας. Η κύρια παράμετρος αποτελεσματικότητας του εδάφους της χαμηλής θερμοκρασίας θερμότητας του εδάφους, είναι η του εδάφους και η μεταβολή της κατά τη διάρκεια του έτους. Αναγνωρίζεται ότι η μέση θερμοκρασία του εδάφους στο συγκεκριμένο βάθος, είναι σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους και ισούται με 8°C - 10°C. Το έδαφος μεταφέρει τη θερμότητα αργά και έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα ενώ η θερμοκρασία του αλλάζει αργά κατά τη διάρκεια του έτους και εξαρτάται από το βάθος. Ωστόσο, η κατανομή της θερμοκρασίας στο έδαφος εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: τη δομή του εδάφους, τη φυτική κάλυψη, τις βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια του έτους, το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας (46% της ενέργειας του ήλιου απορροφάται από τη γη) και το ποσοστό χιονοπτώσεως. Η αποτελεσματική θερμική αντίσταση της γεώτρησης εξαρτάται από: τη διάμετρο της γεώτρησης, τη διάμετρο του σωλήνα, την απόσταση μεταξύ των σωλήνων, τη θερμική αγωγιμότητα των ενεμάτων, τη θερμική διάχυση του εδάφους, τη θερμική αγωγιμότητα των σωλήνων και τον ρυθμό διάχυσης του ρευστού.

2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ



Εικό

να 2. 9 Σύστημα θέρμανσης με αντλία θερμότητας

Η θερμότητα μεταφοράς υγρών για το σύστημα θέρμανσης παραδίδεται από κύριο αγωγό CH στους συμπυκνωτές K1 και K2 για την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι συμπυκνωτές εργάζονται στο κύκλωμα σε δύο επίπεδα και είναι συνδεδεμένοι με αντλία νερού θέρμανσης (μεταφοράς θερμότητας υγρών). Το νερό θερμαίνεται από τη θερμοκρασία T2 σε κάποια ενδιάμεση θερμοκρασία t_{np} στο συμπυκνωτή K1. Μετά, το νερό κατευθύνεται στο δεύτερο συμπυκνωτή K2 του όπου από την ενδιάμεση θερμοκρασία t_{np} θερμαίνεται σε θερμοκρασία T1. Το νερό με τη θερμοκρασία $t1$ εισέρχεται στο σύστημα θέρμανσης και μεταφέρει τη θερμότητα

στους χώρους. Το νερό με θερμοκρασία T_2 επιστρέφει μέσω της κύριας αντλίας CH στον συμπυκνωτή K1.

Η θερμότητα από την πηγή του εδάφους μεταφέρεται στο εσωτερικό του ψύκτη και καταλήγει εξατμιστή Η. Οι ατμοί του ψύκτη με την πίεση P_0 κατευθύνονται από τον εξατμιστή Η στον συμπιεστή KM1 όπου συμπιέζονται σε πίεση P_{k1} . Το ψυκτικό χωρίζεται σε δύο ρεύματα, μετά το συμπιεστή KM1. Πρώτον η ροή εισέρχεται στο συμπυκνωτή K1. Δεύτερον η ροή εισέρχεται στον συμπιεστή km2 και συμπιέζεται σε πίεση P_{k2} . ο ατμός από το ψυκτικό από τον συμπιεστή KM2 εισέρχεται στον συμπυκνωτή K2 όπου το υγρό μεταφοράς θερμότητας θερμαίνεται από την ενδιάμεση θερμοκρασία t_{np} στη θερμοκρασία t_1 . Το ψυκτικό στην υγρή φάση εισέρχεται από τον συμπυκνωτή K2 στον συμπυκνωτή K1 μέσω της βαλβίδας εκτόνωσης D2. όλο το ψυκτικό υγρό εισέρχεται από το συμπυκνωτή K1 στον εξατμιστή Η μέσω της βαλβίδας επέκτασης D2. Η μέγιστη θερμοκρασία του υγρού μεταφοράς θερμότητας για το σύστημα θέρμανσης που μπορεί να πήρε μέσω των συστημάτων GSHP είναι 45°C - 50°C . Το υγρό μεταφοράς θερμότητας με τέτοιο εύρος θερμοκρασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δύο τύπους συστημάτων θέρμανσης:

- 1) Σε χαμηλή θερμοκρασία θέρμανσης με σώματα
- 2) Σε ενδοδαπέδια θέρμανση.

Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει δυνατότητα παράλληλης χρήσης συμβατικού συστήματος με ενδοδαπέδια θέρμανση και χαμηλής θερμοκρασίας σώματα.

Βέβαια αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η ενδοδαπέδια θέρμανση ως μοναδικό σύστημα θέρμανσης σε κατοικίες.

2.7 ΧΡΗΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ

Ενδοδαπέδια θέρμανση είναι ένα σύστημα θέρμανσης, όπου η επιφάνεια του δαπέδου χρησιμοποιείται ως μέσο εκπομπής θερμότητας. Η επιφάνεια του δαπέδου παίρνει και μεταφέρει την θερμότητα από το σύστημα σωληνώσεων το οποίο βρίσκεται στο εσωτερικό κατασκευής του δαπέδου. Η διαδικασία της μεταφοράς θερμότητας στο σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι ο συνδυασμός της θερμικής ακτινοβολίας και αργής συναγωγής εύματος.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι οι πιο άνετες συνθήκες θέρμανσης για τους ανθρώπους είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου να κυμαίνεται μεταξύ 22°C - 25°C και η θερμοκρασία του αέρα στο ύψος της κεφαλής να είναι μεταξύ 19°C - 20°C.

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 7730 η πιο άνετη θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου για τους ανθρώπους είναι 19°C - 26°C. Η διαφορά μεταξύ θερμοκρασιών με άλλα τμήματα της επιφάνειας του δαπέδου πρέπει να είναι μικρότερη από 5 βαθμούς.

Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ότι τα διάφορα υλικά επιφάνειας του δαπέδου έχουν διαφορετική μέγιστη θερμοκρασία που προσδίδει άνετη αίσθηση στους ανθρώπους. Για παράδειγμα, η μέγιστη θερμοκρασία δαπέδου για παρκέ είναι 27°C.

Υπάρχουν τρεις κύριες μεταβλητές παράμετροι στο σχεδιασμό της ενδοδαπέδιας θέρμανσης: Οι απώλειες θερμότητας ενός δωματίου ή ενός κτιρίου, η θερμοκρασία του νερού στο σύστημα, η απόσταση των σωλήνων.

Το είδος του υλικού και το πάχος της επιφάνειας του δαπέδου έχουν επίδραση στην ένταση της θερμότητας ακτινοβολίας και της μεταφοράς θερμότητας. Η κατασκευή του δαπέδου επηρεάζει επίσης τον χρόνο απόκρισης. Για τα κτίρια με μονολιθικό τσιμεντένιο πάτωμα ο χρόνος απόκρισης επιβραδύνεται επειδή το σκυρόδεμα αποθηκεύει τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Για τα κτίρια με ξύλινο δάπεδο ο χρόνος απόκρισης είναι μικρότερος, επειδή το ξύλο έχει χαμηλή θερμοχωρητικότητα. Η μόνωση του κτιρίου έχει επίσης επίδραση στην ποιότητα και στην λειτουργία του συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης, επειδή όσο λιγότερες είναι οι απώλειες θερμότητας του κτιρίου, τόσο καλύτερη είναι η κατανομή της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Είναι σημαντικό να έχουμε δάπεδα με καλή μόνωση επειδή οι απώλειες θερμότητας κάτω από το δάπεδο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λιγότερες. Συχνά ένα ειδικό υλικό από μεταλλικό χαρτί χρησιμοποιείται ως μονωτική μεμβράνη για την αύξηση της μεταφοράς θερμότητας και το χρόνο αντίδρασης, μειώνοντας έτσι τον χρόνο προθέρμανσης. Η θερμοκρασία του νερού στην ενδοδαπέδια θέρμανση εξαρτάται από τον χώρο θερμοκρασίας. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της ροής και του νερού επιστροφής είναι 5 βαθμοί.

Αρχές της ρύθμισης της θερμοκρασίας του νερού

- 1) Η θερμοκρασία του νερού ροής είναι σταθερή με τον ρυθμό ροής του νερού
- 2) Η θερμοκρασία του νερού επιστροφής είναι σταθερή με τον σταθερό ρυθμό ροής του νερού
- 3) Η εναλλαγή της θερμοκρασίας του νερού ροής με τη σταθερή ταχύτητα ροής του νερού εξαρτάται από τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου

- 4) Η αλλαγή της θερμοκρασίας του νερού ροής με τη σταθερή ταχύτητα ροής του νερού εξαρτάται από την εξωτερική θερμοκρασία
- 5) Η αλλαγή της θερμοκρασίας του νερού ροής σε συνδυασμό με την σταθερή ροή του νερού, εξαστάται από την εξωτερική θερμοκρασία
- 6) Η θερμοκρασία της επιφάνειας δαπέδου είναι σταθερή

Οι κύριες πτυχές στο σχεδιασμό της διαδικασίας:

- 1) Ο τύπος του δαπέδου κάτω από βρόχο
- 2) Η διάμετρος του σωλήνα
- 3) Η απόσταση των σωλήνων
- 4) Το βάθος ταφής των σωληνώσεων
- 5) Η ταχύτητα ροής του νερού.

Οι βασικοί τύποι των ενδοδαπέδιων βρόχων:

- 1) Η ενιαία σωλήνα που αναπτύσσεται σε σχήμα φιδιού
- 2) Η ροή και σωλήνες επιστροφής είναι σε παράλληλη θέση
- 3) Ο φαύλος κύκλος της παράλληλης ροής και αγωγών επιστροφής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

3.1 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ
ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

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

3.4 ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

3.5 ΠΤΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

3.1 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 m²

Ο όγκος του κτιρίου (V) είναι 3,240 m³

Οι απώλειες θερμότητας είναι $H = 3240 \text{ m}^3 \times 20 \text{ W} / \text{m}^3 = 64,8 \text{ kW}$.

Με την έννοια των θερμικών απωλειών, οι απαραίτητες παράμετροι για υπολογισμούς που σχετίζονται με την ενδοδαπέδια θέρμανση και ο υπολογισμός του μήκους του εναλλακτή θερμότητας εδάφους είναι εφικτά. Η ροή του ψυκτικού μπορεί επίσης να υπολογιστεί.

3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας υπολογισμού για ενδοδαπέδια θέρμανση, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ότι η ποιότητα της απόδοσης του συστήματος εξαρτάται κυρίως από το ειδικό φορτίο θερμότητας ανά 1 m² 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:

$$q_{\text{floor}} = \frac{H}{A \cdot n} = \frac{64800}{360 \cdot 3} = 60 \text{ (W / m}^2\text{)}, \quad (1)$$

όπου H είναι οι απώλειες θερμότητας του κτιρίου. A είναι το εμβαδό του δαπέδου, και

n είναι αριθμός ορόφων. Φορτίο θερμότητας που ισούται με $60/\text{w m}^2$ θεωρείται κατάλληλο για χρήση ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Αυτό σημαίνει ότι η ενδοδαπέδια θέρμανση ως μοναδικό σύστημα θέρμανσης θα αντισταθμίσει όλες τις απώλειες θερμότητας του κτιρίου.

Βασικά στοιχεία για τους υπολογισμούς αποτελούν τα παρακάτω:

Η θερμοκρασία δωματίου t_{room} ισούται με 21 βαθμούς

Το συγκεκριμένο φορτίο θερμότητας q_{floor} όροφος είναι 60 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.

Συνεπώς η αλυσίδα υπολογισμών έχει ως εξής:

1. Μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου

$$\Delta T = t_{\text{floor}} - t_{\text{room}} = \frac{q_{\text{floor}}}{\alpha} = \frac{60}{11} = 5,5 \text{ (}^{\circ}\text{C)}, \quad (2)$$

όπου t_{floor} είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου.

t_{room} είναι η θερμοκρασία δωματίου, q_{floor} είναι το ειδικό θερμικό φορτίο που ισούται με 60 W / m^2 και α είναι ο συντελεστής της μεταφοράς θερμότητας δαπέδου, $\alpha = 10-12$.

Συνεπώς, η θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου είναι:

$$t_{\text{floor}} = t_{\text{room}} + \Delta T = 21 + 5,5 = 26,5 \text{ (}^{\circ}\text{C)}. \quad (3)$$

Η άνετη θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου πρέπει να είναι μικρότερη από 27 έως 29 βαθμούς. Αυτό σημαίνει ότι το ειδικό φορτίο θερμότητας q_{floor} , στην περίπτωση δαπέδου με παρκέ πρέπει να είναι μικρότερη από 66 W / m^2 . Σε περίπτωση άλλου υλικού μπορεί να φτάσει έως και τα 88 W / m^2 .

2. Θερμική διαπερατότητα του υλικού δαπέδου

Στην περίπτωση του παρκέ η θερμική αγωγιμότητα λ εκτιμάται $0,12 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$.

Το πάχος του παρκέ d υποθέτουμε για τους υπολογισμούς είναι 10 mm . Συνεπώς

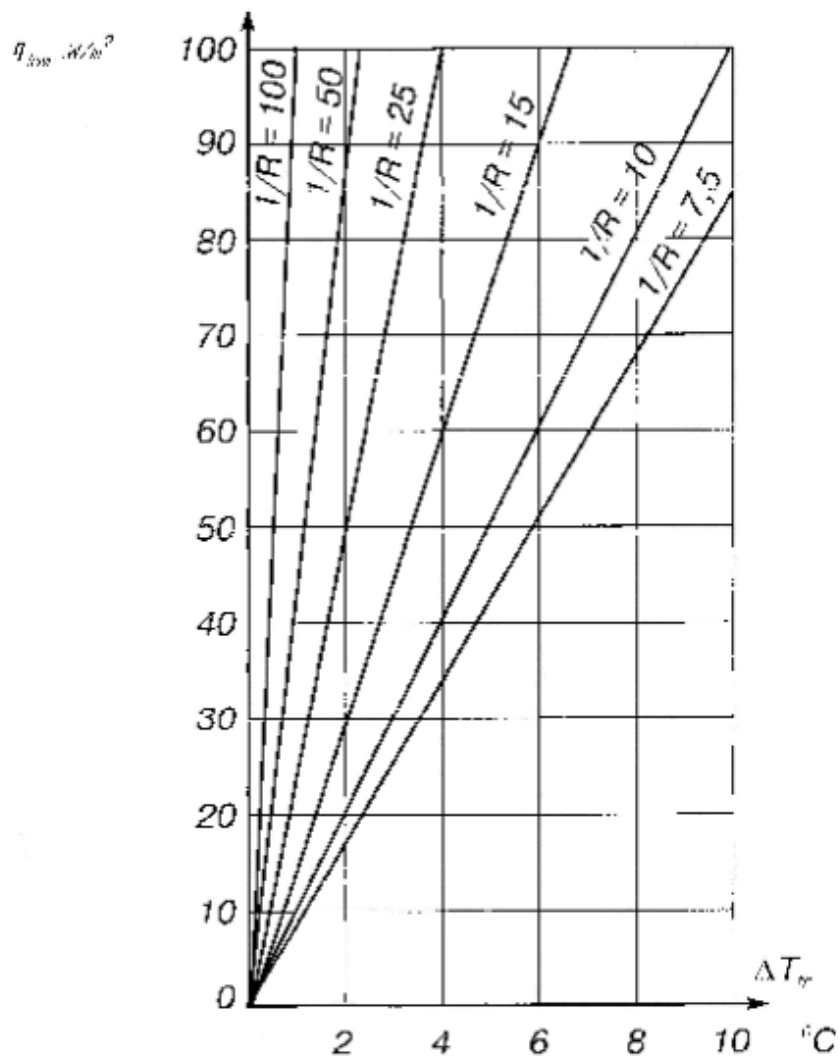
Η η θερμική διαπερατότητα είναι U μετάδοσης είναι:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{\lambda}{d} = \frac{0,12}{0,01} = 12 \text{ (W / (m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C))}, \quad (4)$$

όπου το R είναι η θερμική αντίσταση του υλικού, λ είναι η θερμική αγωγιμότητα, και d είναι το πάχος του παρκέ του δαπέδου.

3. Πτώση θερμοκρασίας μέσω του δαπέδου

Η έννοια της πτώσης της θερμοκρασίας διαμέσου του δαπέδου του καθορισμού από την εικόνα 3.1:

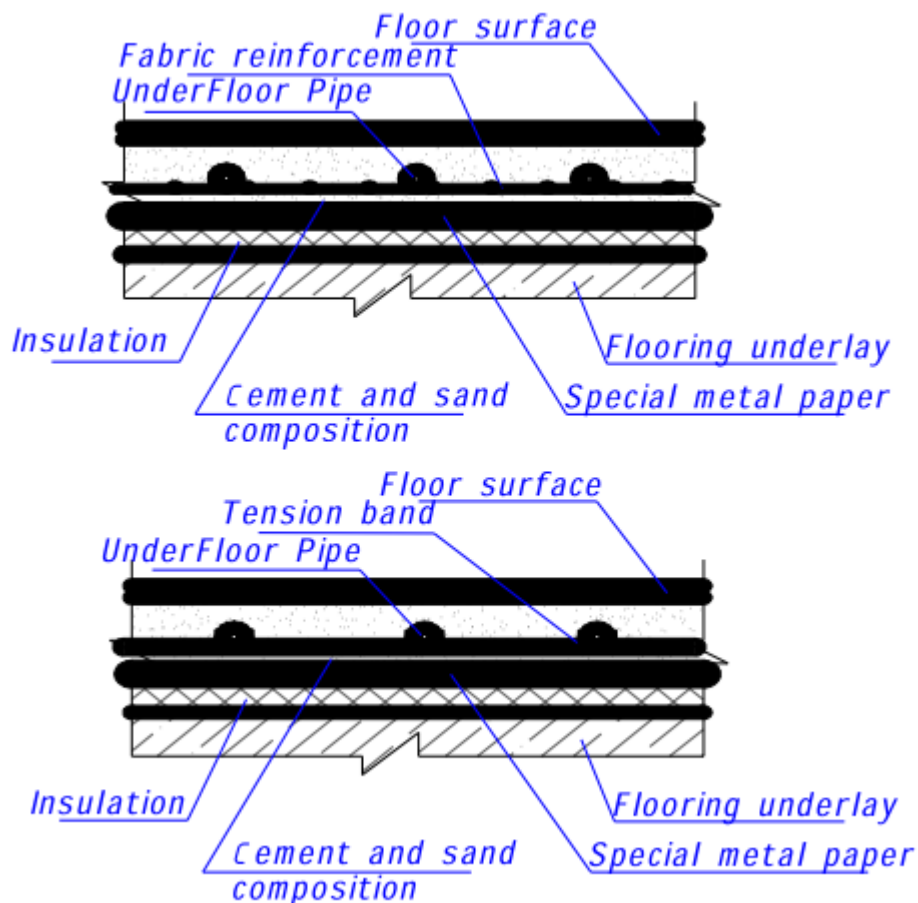


Εικόνα 3.1: Πτώση θερμοκρασίας μέσω του δαπέδου

$$\Delta T_{fc} = 5,5 (^{\circ}\text{C}).$$

4. Πτώση θερμοκρασίας μέσω της κατασκευής δαπέδου

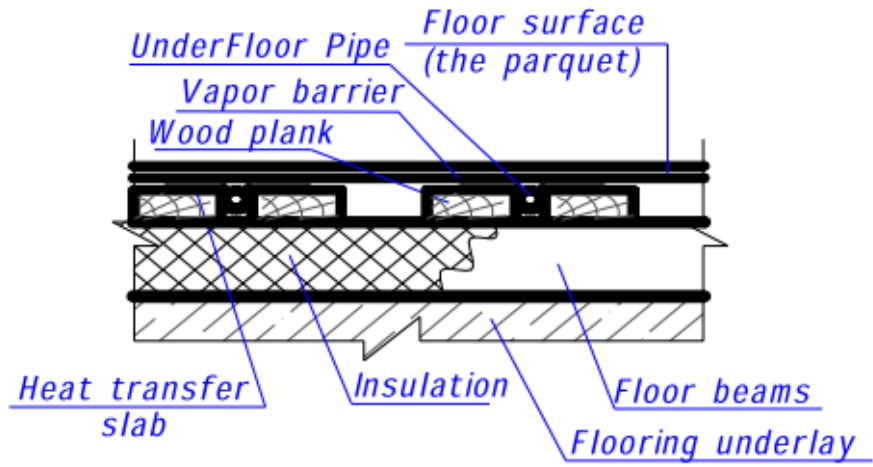
Οι υπολογισμοί έχουν γίνει για δύο περιπτώσεις κατασκευής δαπέδου. Η πρώτη περίπτωση είναι δάπεδο από μπετόν (εικόνα 3.2), ενώ η δεύτερη περίπτωση αναφέρεται σε ξύλινο δάπεδο (εικόνα 3.3). Η πτώση θερμοκρασίας μέσω δαπέδου διαφορετικών τύπων καθορίζεται σύμφωνα με την εικόνα 3.4.



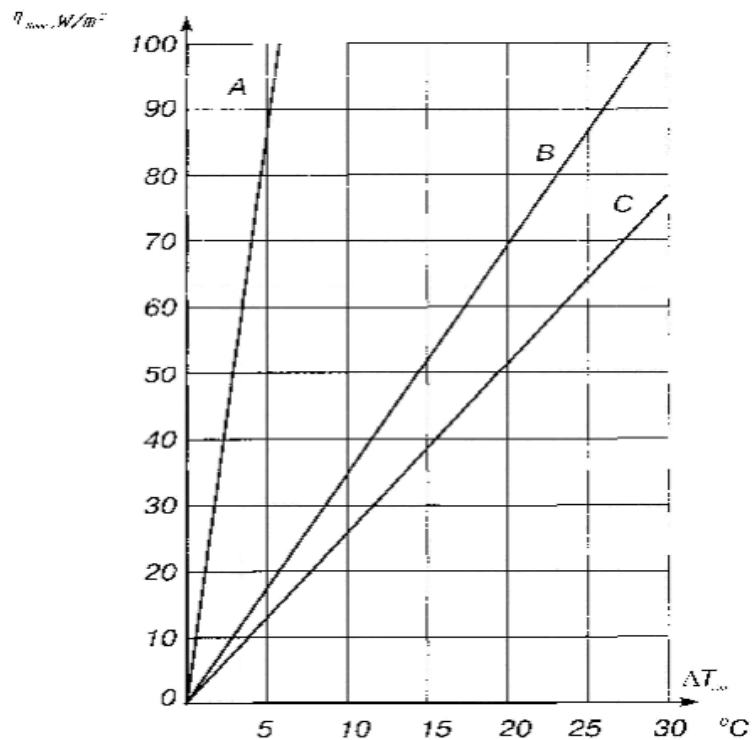
Εικόνα 3.2: Κατασκευή δαπέδων με τη συγκεκριμένη διάταξη (α. Με ενίσχυση υφάσματος & β. Με

ζώνη έντασης)

Στην περίπτωση δαπέδου από μπετόν, το πάχος του σκυροδέματος πάνω από τους σωλήνες, πρέπει να είναι 40-70mm.



Εικόνα 3.3 κατασκευή ξύλινου δαπέδου



Εικόνα 3.4: Πτώση θερμοκρασίας μέσω των κατασκευών δαπέδου

- A) κατασκευή δαπέδου με διάταξη σκυροδέματος
- B) κατασκευή δαπέδου με τοποθέτηση πατώματος
- C) κατασκευή ξύλινου δαπέδου.

Το μέγεθος της πτώσης θερμοκρασίας εξαιτίας της κατασκευής του δαπέδου υπολογίζεται σε:

πάτωμα από σκυρόδεμα $\Delta T_{con}=3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ξύλινο πάτωμα $\Delta T_{con}=17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

5. Υπολογισμός της θερμοκρασίας της ροής του νερού

Η θερμοκρασία του νερού στο σύστημα σωλήνων εξαρτάται από την θερμοκρασία του δωματίου που πρέπει να επιτευχθεί για το συγκεκριμένο θερμικό φορτίο q_{floor} . Η μέση θερμοκρασία του νερού για ενδοδαπέδια θέρμανση είναι:

$$t_{aver} = t_{room} + \Delta T + \Delta T_{fc} + \Delta T_{con}, \quad (5)$$

όπου t_{room} είναι η θερμοκρασία του δωματίου, ΔT είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της θερμοκρασίας δωματίου και της θερμοκρασία της επιφάνειας, ΔT_{fc} είναι η πτώση της θερμοκρασίας εξαιτίας της κάλυψης του δαπέδου και ΔT_{con} είναι η πτώση της θερμοκρασίας εξαιτίας της κατασκευής του δαπέδου.

Η μέση θερμοκρασία του νερού είναι:

Για το τσιμεντένιο πάτωμα:

$$\tau_{ave}=21+5,5+5,5+3=35^{\circ}\text{C}$$

Για το ξύλινο πάτωμα:

$$\tau_{ave}=21+5,5+5,5+17,5=49^{\circ}\text{C}$$

Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ροής και επιστροφής του νερού είναι 5°C .

Στην περίπτωση αυτή οι θερμοκρασίες είναι:

Για το τσιμεντένιο πάτωμα:

$$t_{flow} = 35 + 2,5 = 37,5 (^{\circ}\text{C}), \quad t_{return} = 35 - 2,5 = 32,5 (^{\circ}\text{C});$$

Για το ξύλινο πάτωμα:

$$t_{flow} = 49,5 + 2,5 = 52 (^{\circ}\text{C}), \quad t_{return} = 49,5 - 2,5 = 47 (^{\circ}\text{C}).$$

6. Απαιτούμενος όγκος ροής νερού

Ο όγκος ροής νερού q_v καθορίζεται από:

$$q_v = \frac{P}{\rho \cdot c \cdot (t_{flow} - t_{return})} = \frac{64,8}{1 \cdot 4,187 \cdot 5} = 3,1 (l/s), \quad (6)$$

όπου P είναι οι απώλειες θερμότητας του κτιρίου, ρ είναι η πυκνότητα του νερού,

$1 \text{ kg} / \text{cm}^3$, c είναι η χωρητικότητα νερού, $4.187 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$, t_{low} η θερμοκρασία

ροής του νερού και t_{return} η θερμοκρασία επιστροφής του νερού.

3.3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

3.3.1 Η θεωρία του υπολογισμού

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.

Στη βιβλιογραφία έχουν εντοπιστεί δύο πιθανότητες υπολογισμού του μήκους του εναλλάκτη εδάφους, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

$$L = \frac{q_y \cdot R_{20y} + q_m \cdot R_{1m} + q_h \cdot R_{6h}}{T_w - (T_g + T_p)}, \quad (7)$$

όπου q_y , q_m , q_h είναι το μέσο φορτίο του εδάφους, το υψηλότερο μηνιαίο φορτίο του εδάφους, το μέγιστο ωριαίο φορτίο αντίστοιχα. R_{20y} , T_w , T_g και T_p είναι η θερμοκρασία του τοιχώματος της γεώτρησης, η

θερμοκρασία του εδάφους, και η τιμή της θερμοκρασίας αντίστοιχα. Ωστόσο, ο υπολογισμός με τον τύπο αυτό είναι πολύ δύσκολη διαδικασία, επειδή απαιτούνται εκτεταμένες ημερομηνίες. Η αναζήτηση αυτών των παραμέτρων δεν είναι εύκολη. Σε αυτή την περίπτωση είναι καλύτερο να χρησιμοποιούνται άλλοι τύποι για τον υπολογισμό.

3.3.2 Επιλογή της αντλίας θερμότητας για την μελέτη περίπτωσης

Μια αντλία θερμότητας με το σχεδιασμό πλήρους ισχύος θερμότητας P πρέπει να επιλεγεί. Είναι σημαντικό να δοθεί προσοχή στην διαθεσιμότητα και στην επάρκεια του εξοπλισμού από διαφορετικούς κατασκευαστές. Όπως φαίνεται στον πίνακα 1 υπάρχουν μερικές εταιρείες που κατασκευάζουν τον εξοπλισμό για ενδοδαπέδια θέρμανση. Επίσης μερικές αντλίες θερμότητας έχουν επαρκή θερμική ισχύ για το σύστημα θέρμανσης στην περίπτωση της μελέτης. Αλλά αν θερμική ισχύς είναι ανεπαρκής για την ισχύ θερμότητας που έχει σχεδιαστεί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντλίες θερμότητας σε παράλληλη σύνδεση.

| № | Company | Country | Model | Heat power, kW | Using electrical power, kW | Dimensions (H x W x D), mm |
|---|---------------|---------|-------------------|----------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | “Burgerus” | Germany | Logafix WPW920IP | 91,2 | 16,97 | 830 x 1480 x 890 |
| 2 | “FHP” | USA | WP210 | 69,4 | 18,6 | 813 x 1168 x 711 |
| 3 | “FHP” | USA | WP240 | 93,9 | 18,6 | 1626 x 1168 x 711 |
| 4 | “Mammoth” | USA | MSR-L270WHC | 82,5 | 20,12 | 1248 x 1336 x 1175 |
| 5 | “Mammoth” | USA | MWH O25CB | 95 | 22 | 1144 x 1053 x 1850 |
| 6 | “Matrixclima” | Italy | WPW-GEO | till 153,5 | | |
| 7 | “Thermia” | Sweden | Robust 38 VIM | 38,2 | 14,0 | |
| 8 | “Viessmann” | Germany | Vicotal 300 WW268 | 90,2 | 16,2 | 1505 x 1200 x 760 |

Εικόνα 3.5: Είδη Αντλιών Θερμότητας

Στην εικόνα 3.5 φαίνεται ότι η αναζήτηση της αντλίας θερμότητας για την θερμική ενέργεια που χρειάζεται δεν είναι δύσκολη. Υπάρχουν αντλίες θερμότητας με μεγάλη θερμική ισχύ οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κτίρια με μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας από ότι η υπόθεση που κάναμε σε αυτή την εργασία. Αλλά κατά το σχεδιασμό ενός νέου κτιρίου προσδιορίζονται, οι διαστάσεις της θερμότητας αντλιών που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Σε αυτή τη μελέτη περίπτωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αντλία θερμότητας Vicotal 300 WW268. Υπάρχουν δύο θερμοκρασίες που απαιτούνται για την παροχή ενδοδαπέδιας θέρμανσης στο διάστημα των τελευταίων υπολογισμών. $T_{\text{flow}} = 37,5$ °C και $T_{\text{flow}} = 52$ °C



Εικόνα 3.6: Αντλία θερμότητας Vicotal 300

Στην εικόνα 3.7 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας.

Το A είναι η πλήρης ισχύς θερμότητας της αντλίας θερμότητας

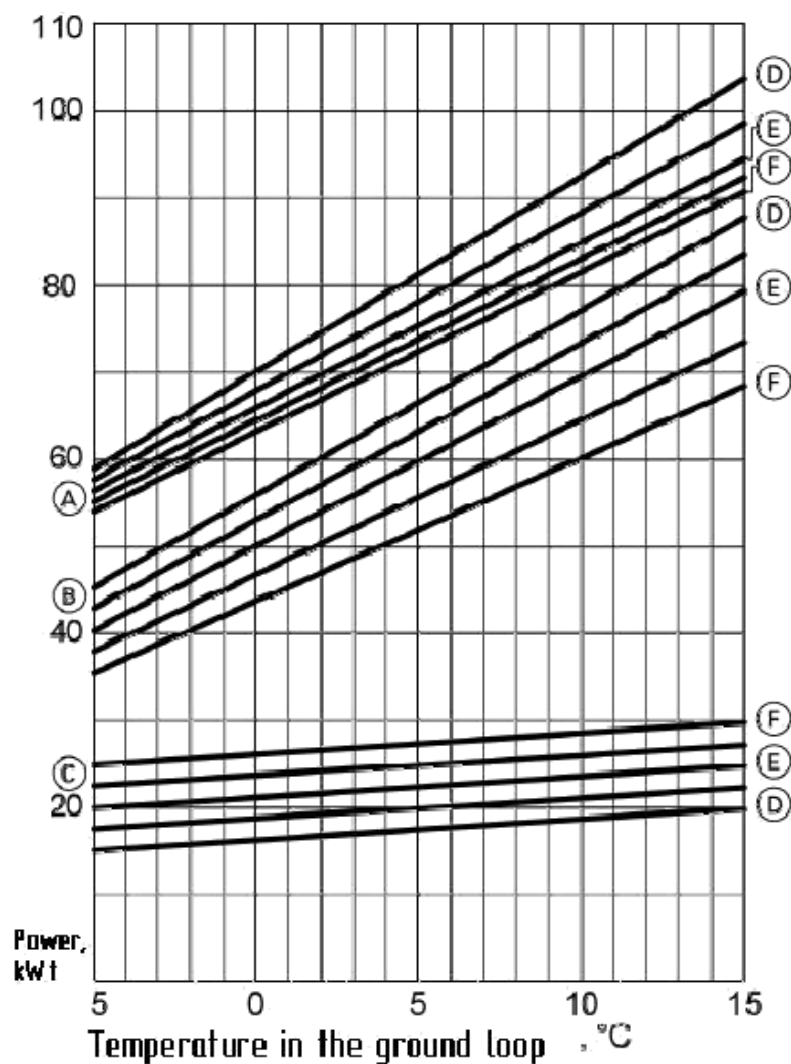
Το B είναι η ψύξης ισχύος της αντλίας θερμότητας

Το Γ υποδηλώνει την ταχύτητα του συμπιεστή

Το D είναι $t_{\text{flow}}=35\text{ }^{\circ}\text{C}$

Το E είναι $t_{\text{flow}}=45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Το F είναι $t_{\text{flow}}=55\text{ }^{\circ}\text{C}$



Εικόνα 3.7: Χαρακτηριστικά εργασίας της αντλίας θερμότητας

Οι κύριες παράμετροι της συγκεκριμένης αντλίας θερμότητας παρουσιάζονται στην εικόνα 3.8.

| The “work point” | $t_{\text{flow}} = 45 \text{ degrees}$ | $t_{\text{flow}} = 55 \text{ degrees}$ |
|---|--|--|
| The full heat power, kW | 71,6 | 68,8 |
| The using electrical power (expending work), kW | 20,5 | 23,7 |
| COP | 3,5 | 2,9 |

Εικόνα 3.8: Τα χαρακτηριστικά εργασίας της αντλίας θερμότητας Vicotal 300 WW268

Οι απαιτούμενες θερμοκρασίες ροής μπορούν να παρέχονται από την συγκεκριμένη αντλία θερμότητας. Οι υπολογισμοί που ακολουθούν, έχουν εφαρμογή στη περίπτωση $t_{\text{flow}}=45 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.3.3. Υπολογισμός

Η ακολουθία της διαδικασίας είναι η εξής:

1. Θερμοχωρητικότητα εναλλακτή θερμότητας

Η θερμοχωρητικότητα Q_0 που παράχθηκε από την πηγή χαμηλής θερμοκρασίας είναι:

$$Q_0 = P - P_{el} = 71,6 - 20,5 = 51,1 \text{ (kW)}, \quad (8)$$

όπου το P είναι μια πλήρης θερμική ισχύς της αντλίας θερμότητας και P_{el} είναι η αναμενόμενη απόδοση βάσει της ταχύτητας του συμπιεστή.

2. Μήκος του εναλλάκτη θερμότητας εδάφους

Το μήκος του εναλλάκτη θερμότητας εδάφους (το συνολικό μήκος γεώτρησης) L που μπορεί να έχουμε από τη θερμοχωρητικότητα Q_0 υπολογίζεται ως εξής:

$$L = \frac{Q_0}{q_{ground}}, \quad (9)$$

όπου το q_{ground} είναι ο λόγος απομάκρυνσης θερμότητας ανά 1m του σωλήνα βρόχου, W / m . Η απομάκρυνση θερμότητας q_{ground} εξαρτάται από τον τύπο και την υγρασία του εδάφους.

- Για ξηρά ιζηματογενή πετρώματα $q_{ground} = 20 \text{ W / m}$
- Για πετρώδες έδαφος και βαρύ ιζηματογενή πετρώματα $q_{ground} = 50 \text{ W / m}$
- Για βραχώδη εδάφη με υψηλή θερμική αγωγιμότητα $q_{ground} = 70 \text{ W / m}$
- Για το νερό κάτω από το έδαφος $q_{ground} = 80 \text{ W / m}$

Δύο περιπτώσεις των εδαφών μπορούν να ληφθούν υπόψη για υπολογισμούς με τον τύπο 9: Η πρώτη περίπτωση είναι ένα πετρώδες έδαφος ή βαριά ιζηματογενή πετρώματα, και η δεύτερη περίπτωση είναι ένα βραχώδες έδαφος.

$$L_1 = \frac{Q_0}{q_{ground}} = \frac{51100}{50} = 1022 \text{ (m)};$$

$$L_2 = \frac{Q_0}{q_{ground}} = \frac{51100}{70} = 730 \text{ (m)}.$$

3. Ο αριθμός των κάθετων γεωτρήσεων

Το μήκος ενός κατακόρυφου φρέατος μεταξύ 50 m και 150 m είναι συνήθως αυτό που χρησιμοποιείται. Σε αυτή την περίπτωση το μήκος των γεωτρήσεων μπορεί να ποικίλει. Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι κάθε γεώτρηση αυξάνει του

κόστους του έργου, αλλά η γεώτρηση σε βραχώδες έδαφος, είναι εξίσου δύσκολη. Σε συστήματα GSHP με κάθετες γεωτρήσεις, το βάθος και το είδος του εδάφους επηρεάζουν το κόστος του έργου, επειδή είναι πιο δαπανηρή και χρονοβόρα η διάνοιξη των υπερκείμενων πετρωμάτων από ό, τι η γεώτρηση με κάλυκα. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι το κόστος της ανόρυξης γεωτρήσεων είναι γενικά υψηλότερο από το κόστος των σωληνώσεων. Αυτό σημαίνει ότι η εξαγωγή θερμότητας ανά μονάδα μήκους των κάθετων γεωτρήσεων πρέπει να μεγιστοποιηθεί. Έτσι, στο εσωτερικό κάθε γεώτρησης μπορούν να βρίσκονται δύο βρόχοι.

Μετά τον υπολογισμό των δύο περιπτώσεων, ο αριθμός των γεωτρήσεων και τα μήκη τους διαμορφώνονται ως εξής:

L1 = 1022m σημαίνει 7 γεωτρήσεις με 73m κάθε μήκος

L2 = 730m σημαίνει 5 γεωτρήσεις με μήκος 73m η κάθε μία.

Η απόσταση μεταξύ των κάθετων γεωτρήσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον 3m και κατά προτίμηση 5m.

4. Ροή της άλμης στην υγρή φάση

Οι παράμετροι από τον Πίνακα 1 χρησιμοποιούνται ως κάποια λύση. Στον υπολογισμό μιας ροής όγκου, χρησιμοποιείται το 25% του μείγματος γλυκόλης.

$$q_v = \frac{Q_0}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} = \frac{51,1}{1,05 \cdot 3,7 \cdot 5} = 2,63 \text{ (l/s)}, \quad (10)$$

όπου Q_0 είναι η θερμοχωρητικότητα από την πηγή εδάφους, ρ είναι η πυκνότητα

του μίγματος, $1,05 \text{ kg} / \text{m}^3$, c είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα του μίγματος, $3,7 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot \text{K}$,

Δt είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των σωλήνων ροής και επιστροφής (για κάθετες γεωτρήσεις $\Delta t = 5$ βαθμούς).

3.4 ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

3.4.1. Γεωλογική δοκιμή

Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι σε κάθε μεμονωμένο έργο πρέπει να γίνουν γεωλογικές δοκιμές και επιπλέον εργασίες. Οι δοκιμές αυτές επιτρέπουν να πάρουμε περισσότερες πληροφορίες για τις παραμέτρους του εδάφους και για το επίπεδο του νερού στο υπέδαφος. Αυτό σημαίνει σχεδιασμός της ενδοδαπέδιας θέρμανσης με αντλία θερμότητας θα γίνει πιο ολοκληρωμένα.

Η τιμή της θερμικής αγωγιμότητας μπορεί να εκτιμηθεί από τον τύπο του εδάφους της περιοχής, αλλά μπορεί επίσης και να μετρηθεί επιτόπου. Ένας τρόπος είναι το τεστ θερμικής αγωγιμότητας που ονομάζεται "Thermal Response Test". Κατά τη διάρκεια αυτής της δοκιμής οι πληροφορίες σχετικά με το φορτίο θερμότητας και την συνακόλουθη άνοδο της θερμοκρασίας μετρώνται για τουλάχιστον 48 ώρες με έναν εναλλάκτη θερμότητας σε κάθε γεώτρηση. Η θερμική αγωγιμότητα μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τον λόγο της καμπύλης θερμοκρασίας προς τον λογάριθμο της διάρκειας. Η πληροφόρηση αυτή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό του μεγέθους της γεώτρησης και την επιλογή των χαρακτηριστικών

του μηχανήματος γεώτρησης. Η γεώτρηση που χρησιμοποιήθηκε για το τεστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα ως κατακόρυφη γεώτρηση

3.4.2. Υλικά σωληνώσεων

Τα απαραίτητα στοιχεία σχετικά με τα υλικά και τη διάμετρο του σωλήνα για εναλλάκτες θερμότητας εδάφους είναι:

Για σωλήνες σε έμμεσα συστήματα το πιο δημοφιλές υλικό είναι το υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο. Η διάμετρος των σωλήνων πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιβεβαιώσει από τη μία πλευρά τη μικρή ισχύ άντλησης και από την άλλη μεριά την τυρβώδη ροή για την καλύτερη μετάδοση θερμότητας μεταξύ της κυκλοφορίας του ρευστού και του τοιχώματος της γεωτρήσεως. Οι διαμέτροι σωλήνων μεταξύ 20 mm και 40 mm είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται συνήθως. Ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους, ένα πλαστικό υλικό μπορεί να είναι αναγκαίο για την πρόληψη της διάβρωσης εντός του εδάφους.

3.4.3. Εγκατάσταση και δοκιμή

Το τμήμα της εγκατάστασης και δοκιμών, είναι ένα από τα πιο σημαντικά μέρη του έργου. Οποιοδήποτε λάθος σε αυτό το μέρος μπορεί να ακυρώσει το έργο του σχεδιαστή. Ο χρόνος εγκατάστασης εξαρτάται από: τις συνθήκες του εδάφους, το μήκος του εναλλάκτη θερμότητας στο έδαφος, τον εξοπλισμό που απαιτείται, τις καιρικές συνθήκες, την τοποθεσία του κάθε θαμένου εξαρτήματος, τους σωλήνες αποχέτευσης, καθώς και από άλλα συστήματα. Η εγκατάσταση των

κάθετων εναλλακτών θερμότητας απαιτεί πολύ εξειδικευμένες γνώσεις σε γεωτρήσεις, σε αρθρώσεις και σε αρμολόγηση πεδίων. Ο βρόχος του εδάφους θα πρέπει να δοκιμαστεί υπό πίεση πριν από την εγκατάσταση στο έδαφος και πάλι μετά την εγκατάσταση. Ο βρόχος θα πρέπει να ξεπλυθεί και να καθαρίζεται πριν τη φόρτωση του με αντιψυκτικό και συμπιέζεται με αέρα ώστε να είναι έτοιμος για τη σύνδεση με την αντλία θερμότητας.

3.4.4. Παραδείγματα των κτιρίων με το σύστημα GSHP και ενδοδαπέδια θέρμανση

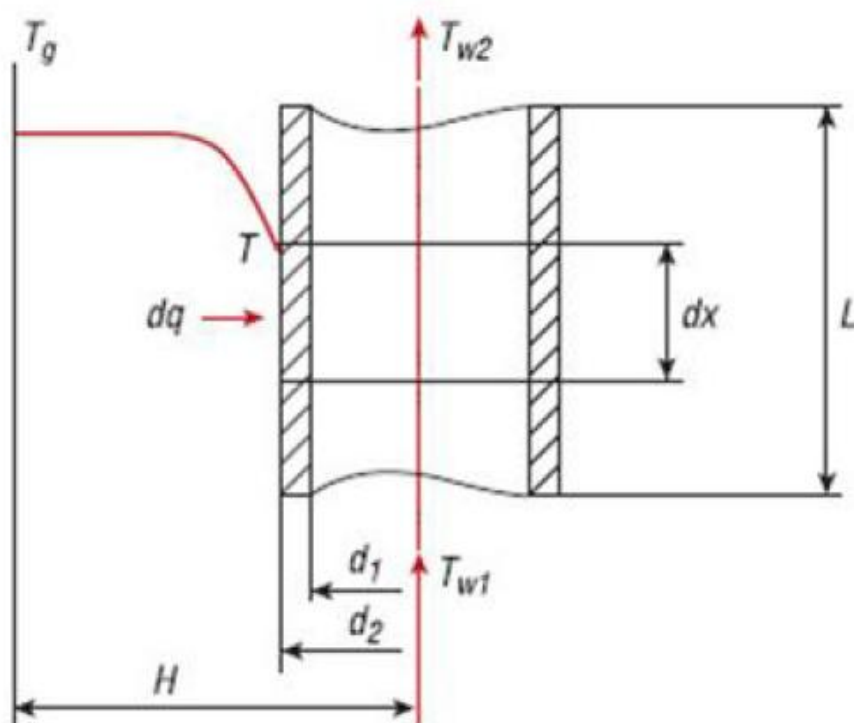
Παραδείγματα κτιρίων με GSHP συστήματα διεθνώς αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητά τους. Η πιο διαδεδομένη χρήση τους συναντάται στις ΗΠΑ και την Τουρκία λόγω των ιδανικών κλιματολογικών συνθηκών σε αυτές τις χώρες. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία κατά τους χειμερινούς μήνες δεν είναι τόσο χαμηλή όσο στις βόρειες χώρες. Από την άλλη στις βόρειες χώρες, η θερμοκρασία από πηγές χαμηλής θερμότητας είναι χαμηλότερη. GSHP συστήματα συναντώνται επίσης σε Φινλανδία, Γερμανία και Ρωσία.

3.5 ΠΤΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Όταν η θερμότητα μεταφέρεται από την πηγή του εδάφους τότε η θερμοκρασία του εδάφους μειώνεται. Όταν η θερμοχωρητικότητα της αντλίας θερμότητας είναι μεγαλύτερη, τότε η μείωση της θερμοκρασίας του εδάφους είναι μεγαλύτερη. Αυτή η μείωση εξαρτάται από: Τη μέση θερμοκρασία του εδάφους, τη θερμοκρασία του ψυκτικού, τη θερμική χωρητικότητα του εδάφους (διαφορετικοί τύποι εδάφους έχουν

διαφορετικές χωρητικότητες θερμότητας) και τη θερμική αντίσταση του εδάφους. Για το οριζόντιο σύστημα η ελάχιστη θερμοκρασία εδάφους εξαρτάται από το βάθος των βρόχων και τη μέση εξωτερική θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Το κύριο πρόβλημα συνίσταται στο ότι είναι άγνωστη η ελάχιστη θερμοκρασία του εδάφους αν δεν προηγηθούν δοκιμές, μετρήσεις, και πειραματικές παρατηρήσεις .

Στην Εικόνα 4.1, φαίνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι δυνατόν να υπολογιστεί η πτώση της θερμοκρασίας στο έδαφος.



Εικόνα 4.1 Μεταφορά θερμότητας από το έδαφος προς την άλμη

Ωστόσο, για κάθετα συστήματα η μείωση αυτή δεν είναι τόσο μεγάλη. Στην περίπτωση των κάθετων συστημάτων εδάφους η συσσώρευση θερμότητας

προέρχεται από πιο βαθιά στρώματα του εδάφους. Αυτά τα στρώματα μεταφέρουν τη θερμότητα από το κέντρο της γης στα στρώματα εδάφους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στις μέρες μας τα συστήματα αντλιών θέρμανσης χρησιμοποιούνται συνήθως σε μονοκατοικίες. Αλλά εφόσον αυτά τα συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν σε αυτούς τους τύπους των κτιρίων, δηλαδή σε μονοκατοικίες, θα έχουν επίσης εφαρμογή σε χαμηλά κτίρια και πολυκατοικίες.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε ο συνδυασμός του εδάφους θερμότητας πηγής αντλίας (ΓΑΘ) 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. Η συνολική ζήτηση θερμότητας ενός κτιρίου μπορεί να αντισταθμιστεί μόνο με την ενδοδαπέδια θέρμανση λόγω ποιότητας, θερμικών χαρακτηριστικών, εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και παραμέτρων των σύγχρονων κτιρίων και των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένα. Υποστηρίζεται ότι αυτό το είδος των συστημάτων θέρμανσης είναι πιο άνετο και χρήσιμο για τους ανθρώπους.

Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι μια καλή λύση για κτίρια με συγκεκριμένο φορτίο θερμότητας 40-70 W/m². Ωστόσο, αυτό μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου.

Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι η διακύμανση των επιφανειακών υλικών δαπέδου κατά τη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας, μπορεί να δώσει την ευκαιρία να αλλάξει η μεταφορά θερμότητας από το σύστημα. Αυτό σημαίνει, ότι οι άνθρωποι που θα ζουν

στο κτίριο, όπου το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται, πρέπει να γνωρίζουν τους τύπους των υλικών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου.

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. Η θερμοκρασία του εδάφους είναι επίσης σχεδόν σταθερή κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους.

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. Σε αυτήν την κατάσταση θα πρέπει να έχουμε μεγιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος αντλίας θερμότητας και ελαχιστοποίηση του κόστους εγκατάστασης. 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. Κάτι άλλο που θα πρέπει να γνωρίζουμε είναι ότι το κόστος εκσκαφής και γεώτρησης είναι γενικά υψηλότερο από το κόστος σωληνώσεων και άρα είναι σημαντικό να μεγιστοποιηθεί η εκχύλιση θερμότητας ανά μονάδα μήκους της τάφρου.

Η διαδικασία της γεώτρησης απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρειάζεται άδεια γεώτρησης από τις αρχές. Η ανάγκη αυτής της άδειας εξαρτάται από το εάν η περιοχή που πρόκειται να οικοδομηθεί στο μέλλον βρίσκεται

πάνω από σημείο υπόγειων υδάτων. Κανονικά, τα συστήματα κλειστού βρόχου (ΓΑΘ) δεν απαιτούν καμία άδεια. Αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις, οι ειδικές υπηρεσίες μπορούν να δημιουργήσουν ειδικά προγράμματα με στόχο τη μείωση του κινδύνου ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

Οι υπηρεσίες αυτές διεθνώς ενδιαφέρονται για:

- τον κίνδυνο οι υπόγειες σωλήνες και γεωτρήσεις να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες υδραυλικές συνδέσεις μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων της διαδρομής του νερού.
- Ανεπιθύμητες μεταβολές θερμοκρασίας στον υδροφόρο ορίζοντα που μπορεί να προκύψουν από τη λειτουργία ενός ΓΑΘ.
- Ρύπανση των υπόγειων υδάτων που θα μπορούσε να προκύψει από διαρροή χημικών προσθέτων που χρησιμοποιούνται στο σύστημα.

Είναι σημαντικό να δοθεί προσοχή στην άνετη και γρήγορη επιλογή του εξοπλισμού και των υλικών για την εγκατάσταση της ενδοδαπέδιας θέρμανση με αντλία θερμότητας εδάφους. Οι εταιρείες που κατασκευάζουν αντλίες θερμότητας εδάφους είναι διαφορετικές. Οι διαφορές αυτές είναι: η χώρα εκτέλεσης, οι διαστάσεις του εξοπλισμού και η θερμική ισχύς. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί ένας μηχανικός σχεδίασης να επιλέξει την καταλληλότερη αντλία θερμότητας για κάθε μεμονωμένη περίπτωση. Οι διαστάσεις του εξοπλισμού είναι επίσης σημαντική παράμετρος για την χρήσιμη θέση της αντλίας θερμότητας στο τεχνικό δωμάτιο στο εσωτερικό ενός κτιρίου.

Το σημαντικό σχετικά με την αντλία θερμότητας που εργάζεται με ηλεκτρική ισχύ, σε σύγκριση με άλλα συστήματα και καύσιμα, είναι το ότι από τη μία πλευρά η

κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός κτιρίου αυξάνεται, ενώ από την άλλη, το CO₂ και η ρύπανση του αέρα μειώνεται σε σύγκριση με τον λέβητα φυσικού αερίου ή μαζούτ. Σε σύγκριση με την τηλεθέρμανση, το μήκος των σωληνώσεων του δικτύου μειώνεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΟΡΙΣΜΩΝ

5.0 ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΟΡΙΣΜΩΝ

1) Βρόχος γείωσης. Αυτό αποτελείται από το μήκος του σωλήνα που θάβεται στο έδαφος, είτε σε μια γεώτρηση είτε σε μια οριζόντια τάφρο. Ο σωλήνας είναι συνήθως ένα κλειστό κύκλωμα και γεμίζεται με μίγμα νερού και αντιψυκτικού, το οποίο αντλείται γύρω από τον σωλήνα απορρόφησης θερμότητας από το έδαφος

2) Αντλία θερμότητας: Είναι μηχανή ψύξης όπου η θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος παραδίδεται σε υψηλής θερμοκρασίας ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσω της χρησιμοποίησης της ενέργειας για τη μετατροπή της εργασίας.

Μια αντλία θερμότητας είναι μία ηλεκτρική μονάδα που ψύχει το σπίτι κατά την διάρκεια ζεστού καιρού με απορρόφηση θερμότητας από το εσωτερικό και την εκφόρτωση του προς τα έξω. Σε κρύο καιρό, απορροφά θερμότητα από το εξωτερικό και την εκφορτώνει στο εσωτερικό.

Μια αντλία θερμότητας αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Τον εξαμιστή - συσκευή στην οποία το υγρό μετατρέπεται σε αέρια κατάσταση με την προσθήκη θερμότητας (μεταφέρει τη θερμότητα από το νερό στο βρόχο εδάφους)
- Τον συμπιεστή - το τμήμα της μονάδας αντλίας θερμότητας η οποία συμπιέζει το ψυκτικό αέριο, έτσι ώστε να μπορεί να απορροφήσει τη θερμότητα

- Τον συμπυκνωτή - (το θερμό μέρος στο πίσω μέρος του ψυγείου) δίνει την θερμότητα σε μία δεξαμενή θερμού νερού που τροφοδοτεί το σύστημα διανομής
 - Τη βαλβίδα διαστολής - μια βαλβίδα στην οποία το ρευστό ρέει υπό μειούμενη πίεση και αυξανόμενο όγκο
- 3) Θερμότητα του συστήματος διανομής που αποτελείται από ενδοδαπέδια θέρμανση ή εκπομπής θερμότητας (για παράδειγμα θερμαντικά σώματα, σωλήνες θέρμανσης) για τη θέρμανση χώρου και σε ορισμένες περιπτώσεις, την αποθήκευση νερού για παροχή ζεστού νερού
- 4) Συντελεστής απόδοσης (COP). Αυτός είναι ο λόγος των μονάδων παραγόμενης θερμότητας ανα μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται.
- 5) Τιμή R - (θερμική αντίσταση), $m^2 K / W$ - η ικανότητα ενός υλικού να ανθίσταται στη ροή της θερμότητας
- 6) U-value (θερμοπερατότητα, $W/m^2 K$) - Δείχνει την πυκνότητα της ροής θερμότητας που διαπερνά ένα δομικό στοιχείο σε σταθερή κατάσταση
- 7) λ (θερμική αγωγιμότητα, $W / m K$) - Δείχνει την πυκνότητα της ροής θερμότητας σε σταθερή κατάσταση μέσω ενός στρώματος από ομογενές υλικό με ένα πάχος μιας μονάδας μήκους, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών του στρώματος υλικού είναι μια μονάδα της θερμοκρασίας
- 8) Ενδοδαπέδια θέρμανση είναι η θέρμανση του συστήματος όπου μια επιφάνεια του δαπέδου χρησιμοποιείται ως πομπός θερμότητας

9) Κλειστός Βρόχος - αντιψυκτικό μίγμα νερού, ή άλλου υγρού μεταφοράς θερμότητας που κυκλοφορεί από την αντλία θερμότητας, γύρω από τη σωλήνωση, και πίσω στην αντλία θερμότητας

10) Open loop – γείωση. Νερό που αντλείται από ένα πηγάδι ή ένα σώμα της μεταφοράς θερμότητας νερού προς ή από το νερό, και επιστρέφει στο έδαφος ή το σώμα του νερού

11) Ψυκτικό μέσο είναι μια ουσία που χρησιμοποιείται για να παρέχει ψύξη ή άμεση απορρόφηση της θερμότητας. Ψυκτικό είναι μία ένωση που χρησιμοποιείται σε έναν κύκλο θερμότητας που υφίσταται αντιστρεπτά μια αλλαγή φάσης από ένα αέριο σε ένα υγρό.

ΑΡΘΡΑ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.0 ΑΡΘΡΑ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] MacMillan, Jim. P.E., Σεπτέμβριος του 2007. Αντλίες θερμότητας πηγών εδάφους σε σχολεία. Ashrae Journal, 34-38.
- [2] Bernier, Michel A., Σεπτέμβριος 2006. Κλειστοί βρόχοι εδάφους σε συνδυασμό με σύστημα αντλίας θερμότητας. Ashrae Journal, 12-24
- [3] Rawlings, Rosemary, Μάρτιος 2004. Οι εγχώριες πηγές αντλιών θερμότητας εδάφους: Σχεδιασμός και εγκατάσταση συστημάτων κλειστού κυκλώματος. Εξοικονόμηση Ενέργειας. Διατίθεται σε μορφή pdf:
<http://www.greenspec.co.uk/document/energy/GSHPI.pdf>
- [4] Ομοσπονδιακό Πρόγραμμα Διαχείρισης Ενέργειας, Ενεργειακής Απόδοσης και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Ιούλιος 2001. Πώς να αγοράσετε ενεργειακά αποδοτικές Αντλίες Θερμότητας. Διατίθεται σε μορφή pdf:
http://www.eere.energy.gov/femp/pdfs/groundsource_heatpumps.pdf?
- [5] ALTAR Group Company. Υπολογισμός της θερμικής αντλίας. Αντλίες θερμότητας εδάφους πηγή. Διατίθεται σε μορφή-www: URL: Http://www.altargroup.com/calc_ghp.htm
- [6] G-MAP Company. Οι αντλίες θερμότητας. Διατίθεται σε μορφή-www: URL: <Http://www.g-mar.ru/Statyi6.htm>
- [7] Χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας Vitocal 300 WW268. Διατίθεται σε μορφή pdf: <http://www.viessmann.ru/etc/medialib/internet-ru>
- [8] Χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας. Διατίθεται σε μορφή-www: URL: <http://www.topclimat.ru/all/heating/nasos/htm>