

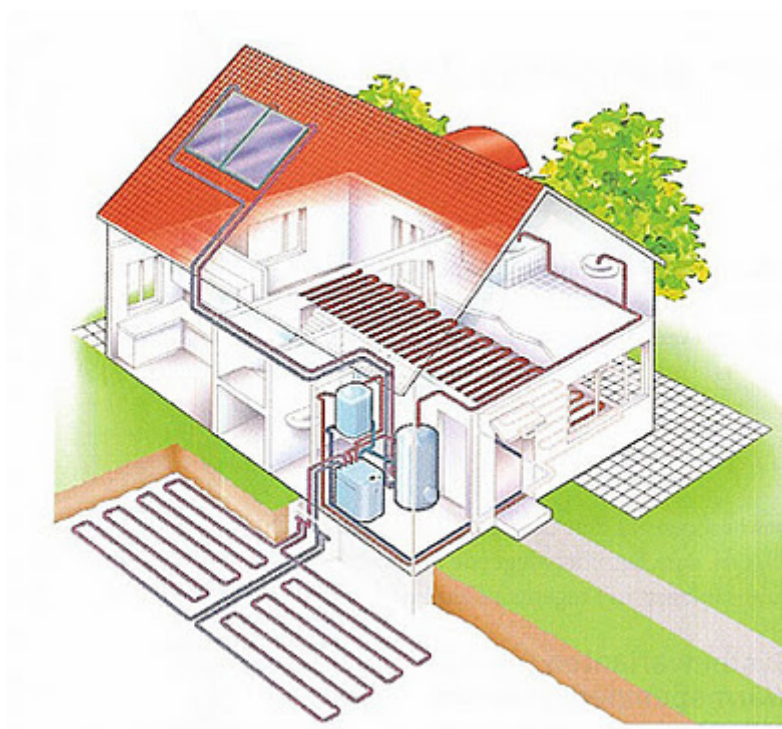
ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Εισηγητές: Μιλτιάδους Κωνσταντίνος
Μαυρουδής Λεωνίδα

Επιβλέπων: Κλείδης Κωνσταντίνος

Σέρρες 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
Ιστορική αναδρομή.....	4
Εφαρμογές γεωθερμίας	7
Πλεονεκτήματα εφαρμογής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	10
Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα γεωθερμικής ενέργειας	11
Η Γεωθερμία στην Ελλάδα	12
Φυσικά Γεωθερμικά πεδία	17
Αβαθής γεωθερμική ενέργεια	19
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	24
I. ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ	29
1. Γεωεναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος	30
Συστήματα ανοικτού βρόγχου πολλαπλών γεωτρήσεων.....	32
Σύστημα υδάτινης στήλης	34
Συστήματα επιφανειακών υδάτων	36
2. Γεωεναλλάκτες Κλειστού Κυκλώματος	37
Οριζόντια κλειστά γεωθερμικά συστήματα.....	38
Κατακόρυφα κλειστά γεωθερμικά συστήματα.....	40
3. Υβριδικά Κλειστά Γεωθερμικά Συστήματα	42
4. Συστήματα απ' ευθείας Μετάδοσης	47
Παράγοντες λειτουργίας γεωεναλλακτών	48
Εδαφικά χαρακτηριστικά	50
II. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	51
Περιγραφή λειτουργίας	54
1. Κύκλος θέρμανσης	54
2. Παραγωγή ζεστού νερού	55
3. Κύκλος ψύξης.....	55
Συντελεστές Απόδοσης	57
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ - ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	58
1. Ενδοδαπέδια Θέρμανση.....	59
2. Σώματα Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας	62

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σχεδόν ταυτόχρονα με την εμφάνιση του ανθρώπου στη Γη, δημιουργήθηκε η ανάγκη για χρήση ενεργειακών πηγών. Από την πρώτη φωτιά των πρωτόγονων ανθρώπων, μέχρι τα σύγχρονα πυρηνικά εργοστάσια, συναντάται η ενέργεια σε κάθε της μορφή. Οι κυρίαρχες κατηγορίες ενεργειακής χρήσης είναι ακόμη και σήμερα τρεις: θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών για ανθρώπινη άνεση, θερμότητα υψηλών θερμοκρασιών για φωτισμό και επεξεργασία υλικών και τέλος δύναμη εφαρμοζόμενη για τη δημιουργία κίνησης.

Όπως είναι προφανές η ενέργεια καλύπτει και επηρεάζει κάθε πτυχή της ζωής μας. Όμως αυτή η υπερδραστηριότητα των συνεχόμενων ενεργειακών μετατροπών, δυστυχώς επικεντρώνεται κυρίως σε πηγές που έχουν επιφέρει αδιαμφισβήτητη μόλυνση του περιβάλλοντος, όπως η καύση ανθρακοειδών, πετρελαιοειδών και φυσικού αερίου. Έκτός λοιπόν από την κρίση που δημιουργεί η ανθρώπινη δραστηριότητα στις ισορροπίες του πλανήτη, συγχρόνως εξαντλεί τα ενεργειακά αποθέματα με τραγικά μεγάλες ταχύτητες, συγκριτικά με αυτές που χρειάζεται η γη για να ανανεώσει. Ουσιαστικά λοιπόν ο άνθρωπος κινδυνεύει να μείνει χωρίς τους τόσο σημαντικούς για την επιβίωσή του ενεργειακούς πόρους, αλλά και χωρίς ένα στοιχειωδώς υγιεινό περιβάλλον για την ανάπτυξη του.

Η κατάσταση αυτή οδήγησε σε παγκόσμια κλίμακα στην αναβίωση του ενδιαφέροντος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική, γεωθερμική, βιομάζα) και στη στροφή προς τη λεγόμενη βιώσιμη ανάπτυξη.

Ιστορική αναδρομή

Οι ενεργειακές θεωρήσεις κατείχαν σημαντική θέση στο σχεδιασμό κατοικιών, καθ' όλη τη διάρκεια της πορείας της αρχιτεκτονικής για τους ανθρώπους. Ήταν πολύ χρήσιμη και σπουδαία η κατανόηση του ενεργειακού παράγοντα όσον αφορά στην πρώτη κατοικία, η οποία είχε ιδιαίτερες ανάγκες λόγω κλίματος, πολιτισμού, τοποθεσίας, ώστε να είναι μεν λειτουργική, αλλά και αισθητική. Όλες οι παρεμβάσεις και σκέψεις με σκοπό τη δημιουργία κατάλληλων σπιτιών, ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής, έδιναν μοναδικότητα στην περιοχή, αλλά και εξαιρετικές κατασκευές. Από την αρχαιότητα παρατηρούμε μέσα από τα συγγράμματα των αρχαίων φιλοσόφων και όχι μόνο, τη σημασία και τη χρήση των ιδιοτήτων της γης, του αέρα, του ήλιου και του νερού στην κατασκευή της κατοικίας, όπου κατά το Σωκράτη (στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα 430-435 π. Χ.) ιδεώδης κατοικία είναι αυτή που προσφέρει ζέστη τους χειμερινούς μήνες και δροσιά κατά τους καλοκαιρινούς.

Παράδειγμα αποτελούν οι οικισμοί των Ινδιάνων Hopi, τα λεγόμενα Pueblos στην Αριζόνα, οι οποίοι κατάφεραν έξυπνα να μετριάσουν τα ακραία καιρικά φαινόμενα και να διατηρήσουν το μικροκλίμα των λασπόχτιστων κατοικιών τους σταθερό όλο το χρόνο. Παρατηρούμε ότι ο τόπος και το κλίμα είναι αυτά που καθορίζουν τον τρόπο που θα κτιστεί η κατοικία ώστε να μπορεί η ενέργεια να διανεμηθεί σωστά. Στην Υεμένη για παράδειγμα έχουμε τους γνωστούς ανεμόπυργους. Οι άνθρωποι, ακόμα και σε μια τέτοια δύσβατη περιοχή, κατάφεραν να αξιοποιήσουν την ικανότητα του εδάφους, η οποία αποθηκεύει τη θερμότητα. Έτσι έφτιαχναν τα σπίτια τους μέσα στη γη, με αποτέλεσμα να διατηρούν τη ζέστη το χειμώνα και τη δροσιά το καλοκαίρι, αντλώντας θερμότητα

από το έδαφος. Αυτός ο τρόπος κατασκευής σπιτιών χρησιμοποιήθηκε επίσης από τους Ινδιάνους Navajo, τους Κινέζους, τους Αφρικανούς της Βόρειας Αφρικής, αλλά και αρκετά χρόνια αργότερα από τον Wendell Thomas, το 1950 όπου με αυτή τη μέθοδο θέλησε να αξιοποιήσει τη θερμότητα της γης σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία και το φυσικό αερισμό. Η ανθρωπότητα όμως δε γνώριζε από πάντα την ύπαρξη αποθηκευμένης ηλιακής ενέργειας στο έδαφος, όπως και σήμερα άλλωστε δεν είναι ευρέως γνωστό το γεγονός ότι η αποθηκευμένη αυτή ηλιακή ενέργεια είναι υπό τη μορφή θερμότητας (μετρημένη ως θερμοκρασία), καθώς και ότι η αποθηκευμένη αυτή θερμότητα παραμένει σχεδόν σταθερή σε κάθε σημείο της γης. Η σταθερή θερμοκρασία του υπεδάφους αποδείχθηκε επιστημονικά σε βάθεις υπόγειους θαλάμους κάτω από το "Παρατηρητήριο" του Παρισιού. Στα τέλη του 17^{ου} αιώνα, ο διάσημος Γάλλος φυσικοχημικός Lavoisier, τοποθέτησε ένα θερμόμετρο υδραργύρου σ' εκείνο το σημείο σε βάθος 28 περίπου μέτρων κάτω από το επίπεδο του δρόμου. Ο Buffon αναφέρει συγκεκριμένα το 1778 στο βιβλίο του ότι «οι θερμοκρασιακές ενδείξεις αυτού του θερμομέτρου παραμένουν σταθερές κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου». Επιπλέον, ο Alexander von Humboldt κατά τη διάρκεια των σπουδών του στο Παρίσι σημειώνει το 1799: "Η μέση θερμοκρασία των μετρήσεων που έχουν λάβει χώρα σ' αυτή τη βάση από το 1680 παρουσιάζει διακύμανση μικρότερη του ενός βαθμού".

Το 1838 ξεκίνησε μία σειρά μετρήσεων, μεγάλης ακρίβειας, της θερμοκρασίας στο Royal Observatory του Εδιμβούργου, οι οποίες έδειξαν ότι σε βάθος 8 μέτρων από τη επιφάνεια οι θερμοκρασιακές μεταβολές αποτελούν το 1/20 των θερμοκρασιακών μεταβολών που παρατηρούνται στην επιφάνεια, και σε βάθος 16,5 περίπου μέτρων το 1/400 αντίστοιχα. Η πρώτη εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας ή πιο σωστά διατυπωμένα, η πρώτη αντλία θερμότητας με πηγή θερμότητας το έδαφος, έλαβε χώρα στην

Ινδιανάπολις το 1945 στο σπίτι του Robert C. Webber, υπάλληλου στην εταιρία "Indianapolis Power and Light Co. Αναλυτικότερα, μ' έναν συμπιεστή 2,2 kW συνδεδεμένο με απευθείας επέκταση ενός συστήματος σπειρών σε υπόγειους τάφρους , παρείχε θέρμανση σε σύστημα θέρμανσης με θερμό αέρα. Η αναφορά ελέγχου που συντάχτηκε κλείνει με αυτά τα λόγια: "Ελπίζεται, παρόλ' αυτά, ότι αυτή η αναφορά της ενεργής εγκατάστασης υπό τους μέσους όρους λειτουργίας, θα βοηθήσει στο να δώσει σε άλλες χρήσεις την ιδέα της δυνατότητας της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με αντλία θερμότητας εδάφους για τη θέρμανση κατοικιών."

Στα επόμενα χρόνια, ακολούθησαν πολυάριθμες προτάσεις για το πώς θα μπορούσε η γη να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή θερμότητας και σαν δεξαμενή θερμότητας για τις αντλίες θερμότητας. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί από το 1947, δείχνουν ουσιαστικά ότι όλες οι μέθοδοι εφαρμογής μέχρι σήμερα συμπεριλαμβάνοντας γεωτρήσεις υπόγειου νερού, οριζόντιες σπείρες με απευθείας επέκταση, κυκλώματα άλμης, κάθετες γεωτρήσεις εναλλαγών θερμότητας ομοαξονικές, σχήματος U και σπειροειδής μορφής δοκιμάστηκαν από τις πρώτες μέρες αυτής της τεχνολογίας.

Η πρώτη εγκατάσταση αβαθούς γεωθερμίας στον Καναδά έλαβε χώρα το 1949 σε οίκημα που ανήκε στο Πανεπιστήμιο του Τορόντο. Στην Ευρώπη η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας ξεκίνησε περί το 1970. Σήμερα, πολλές εγκαταστάσεις αβαθούς γεωθερμίας υπάρχουν σε διάφορα μέρη του κόσμου όπως στην Ιαπωνία, Κίνα, Η.Π.Α, Καναδά, Γερμανία, Βέλγιο, Ολλανδία, Σουηδία, Ελβετία, Φινλανδία και Γαλλία.

Εφαρμογές γεωθερμίας

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη θέρμανση. Το 1988, η εγκατεστημένη ισχύς για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο ήταν 5,15 GW, ενώ η εγκατεστημένη θερμική ισχύς ήταν 7 GW.

Οι πιο σημαντικές θερμικές εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας είναι η θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων. Πολλοί επιστήμονες συζητούν την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας και στο βιομηχανικό τομέα. Ο B. Lindal προτείνει τη χρήση της στη διαδικασία παραγωγής χαρτιού στο Kawerau στη Ν. Ζηλανδία καθώς και στην αποξήρανση της γης διατόμων στη λίμνη M~atn στην Ισλανδία.

Οι κλάδοι της βιομηχανίας στους οποίους η γεωθερμία έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία είναι η βιομηχανία τροφίμων και οι ιχθυοκαλλιέργειες. Παρόλο που είναι κοινός τόπος ότι οι βιομηχανικές εφαρμογές αποτελούν το πεδίο μελλοντικής ανάπτυξης της γεωθερμίας, τα βήματα παραμένουν πολύ αργά, ενώ παρατηρείται σημαντική αύξηση στις εφαρμογές που αφορούν τη θέρμανση οικιών, δημόσιων και εμπορικών κτιρίων.

Στη δεκαετία του 1970, λόγω της πετρελαϊκής κρίσης, δόθηκε σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της γεωθερμίας, ακόμα και σε περιοχές με σχετικά χαμηλή γεωθερμική βαθμίδα, όπως είναι η λεκάνη του Παρισιού. Η παρουσία θερμού νερού στους γεωλογικούς σχηματισμούς της λεκάνης του Παρισιού είχε ανακαλυφθεί ήδη από τη δεκαετία του 1950 ενώ διεξάγονταν έρευνες για πετρέλαιο, αλλά η πρώτη γεωθερμική γεώτρηση έγινε μόλις το 1962 στο Carriers-surseine.

Το πρόβλημα που προέκυψε και έπρεπε να λυθεί ήταν αυτό της διάθεσης του γεωθερμικού ρευστού μετά τη χρήση του, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε άλατα. Αυτό αντιμετωπίστηκε με τη διάνοιξη και δεύτερης γεώτρησης. Το νερό εξέρχεται από τη μια γεώτρηση (production well) και αφού αφαιρεθεί από αυτό η περιεχόμενη θερμότητα, επιστρέφει στο έδαφος μέσω της άλλης γεώτρησης (injection well). Αφού λύθηκε το πρόβλημα, ο δρόμος ήταν ανοικτός για την αξιοποίηση της λεκάνης του Παρισιού. Σημαντική ανάπτυξη σημειώθηκε στα επόμενα χρόνια, με αποτέλεσμα σε 200.000 κατοικίες που καλύπτουν τις θερμικές τους ανάγκες από τη γεωθερμική ενέργεια να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 200.000 τόνων ισοδύναμου πετρελαίου ετησίως. Το 1986, με τη μείωση της τιμής του πετρελαίου, μειώθηκαν και οι ρυθμοί ανάπτυξης της γεωθερμίας.

Ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, για τηλεθέρμανση κτιρίων. Η παραγωγή ζεστού νερού για θέρμανση κατοικιών με την εκμετάλλευση της κανονικής γεωθερμικής βαθμίδας (70 °C στα 2.000 μέτρα) είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στο Παρίσι. Στην Ισλανδία το 50% των κτιρίων θερμαίνεται με τη χρήση ζεστού νερού. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία ποικίλλει από 0,024 έως 0,064 ECU/KWh.

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορούμε να έχουμε αν μεταδώσουμε ένα μέρος της θερμότητας των ρευστών, που έχουν μικρή σχετικά ενθαλπία, σε ειδικά υγρά με πολύ χαμηλό σημείο βρασμού, όπως είναι π.χ. το φρέον, το ισοβουτάνιο, το προπάνιο και το χλωριούχο αιθύλιο. Στη Ρωσία λειτουργεί πειραματικός σταθμός 680 KW με φρέον και στις ΗΠΑ σταθμός με ισοβουτάνιο, που θερμαίνεται με νερό θερμοκρασίας 81,5 °C. Οι δυνατότητες που προσφέρει ο τρόπος αυτός της εκμετάλλευσης είναι τεράστιες και οι προοπτικές για το μέλλον θα είναι ακόμη μεγαλύτερες με την

ανάπτυξη της σχετικής τεχνογνωσίας. Η ολική εγκατεστημένη ισχύς με εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας ανά τον κόσμο για παραγωγή ηλεκτρισμού πλησιάζει σήμερα τα 3000 MW με πρόβλεψη να αυξηθεί σε 5000 MW το 2000.

Η εκμεταλλευσιμότητα ενός γεωθερμικού πεδίου δεν εξαρτάται μόνο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, αλλά και από την οικονομικότητα της επένδυσης που πρέπει να γίνει. Η οικονομικότητα αυτή σχετίζεται με το "περιβάλλον" μέσα στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η επένδυση. Για παράδειγμα, οι τιμές των ορυκτών καυσίμων καθώς και οι δυσμενείς επιπτώσεις που έχουν αυτά τα καύσιμα στο περιβάλλον καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την οικονομικότητα μιας τέτοιας επένδυσης. Η αξιοποίηση ενός γεωθερμικού πεδίου που σε κάποια δεδομένη χρονική στιγμή θεωρείται αντιοικονομική, ενδέχεται στο μέλλον να αποδειχθεί συμφέρουσα.

Ένας παράγοντας που ενισχύει αυτή την άποψη είναι το γεγονός ότι, η γεωθερμία έχει το πλεονέκτημα ότι δε μολύνει το περιβάλλον και δε συμμετέχει στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Άρα, όταν κάποτε το κοινωνικό κόστος της μόλυνσης του περιβάλλοντος ενσωματωθεί στο κόστος των ορυκτών καυσίμων, θα δοθεί σημαντική ώθηση στην ανάμιξη της γεωθερμίας, ακόμα και σε περιοχές με μέση γεωθερμική βαθμίδα.

Το πρόβλημα επάρκειας νερού για οικιακή, γεωργική και βιομηχανική χρήση γίνεται καθημερινά οξύτερο. Τα γεωθερμικά ρευστά μπορούν οικονομικά να συμβάλλουν στη λύση του προβλήματος, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου άλλες λύσεις είτε είναι ουσιαστικά ανεφάρμοστες, είτε υπερβολικά δαπανηρές. Η αφαλάτωση μπορεί να γίνει με συμπύκνωση του παραγόμενου ρευστού (ξηρού ή υγρού ατμού) ή χρησιμοποιώντας την ενέργεια για την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού.

Τα γεωθερμικά πεδία περιέχουν μερικές φορές, χρήσιμα άλατα ή αέρια. Μεταξύ των πρώτων σημειώνουμε τη

χρησιμοποίηση των αλάτων του Καλίου και Μαγνησίου όπου παράγονται από γεωθερμικές ενέργειες. Παρόμοια ρευστά, πολύ πλούσια σε θειικό κάλιο βρέθηκαν τελευταία στο καινούργιο γεωθερμικό πεδίο Cesano Ιταλίας.

Ένα αέριο που έχει τεράστια σημασία για τα θερμοκήπια είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), που παράγεται συνήθως σε αφθονία στα γεωθερμικά πεδία. Είναι γνωστό ότι με τη θερμότητα καλυτερεύουμε την απόδοση στις καλλιέργειες, γι' αυτό κατασκευάζουμε τα θερμοκήπια. Είναι επίσης γνωστό ότι το CO_2 έχει ζωτική σημασία στη δημιουργία των οργανικών ουσιών και επομένως στην ανάπτυξη των φυτών. Λίγοι όμως γνωρίζουν ότι η τεχνητή αύξηση της περιεκτικότητας σε CO_2 σε κλειστούς χώρους, όπως τα θερμοκήπια, αποτελεί το καλύτερο χημικό λίπασμα και μπορεί ακόμα να διπλασιάσει την παραγωγή.

Σε μερικές περιπτώσεις, τα γεωθερμικά ρευστά περιέχουν σε ελάχιστες ποσότητες πολύτιμα ορυκτά που μπορούν να αξιοποιηθούν σαν υποπροϊόντα της όλης εκμετάλλευσης.

Πλεονεκτήματα εφαρμογής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Τα κύρια πλεονεκτήματα εισαγωγής Α.Π.Ε. στο ενεργειακό μοντέλο μιας χώρας είναι τα εξής:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά και εξαντλήσιμα καύσιμα.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο.

- Είναι γεωγραφικά διάσπαρτες και βοηθούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, παρέχοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό επίπεδο, μειώνοντας έτσι τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας.
- Δημιουργούν θέσεις εργασίας κατά τη κατασκευή και λειτουργία μονάδων Ηλεκτροπαραγωγής με Α.Π.Ε.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον.

Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα γεωθερμικής ενέργειας

Πλεονεκτήματα:

- Με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας, δεν απαιτείται καμία καύση ορυκτών καυσίμων.
- Οι σταθμοί παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας εκπέμπουν μόνο περίσσεια ατμού και πολύ λίγα ίχνη αερίων (1.000 με 2.000 φορές λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από ότι οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα).
- Καταλαμβάνουν περιορισμένη επιφάνεια σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς σταθμούς ορυκτών καυσίμων.
- Οι προχωρημένες τεχνικές άντλησης ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις της διάνοιξης πηγαδιών.
- Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι επίσης πιο «διαθέσιμη», καθώς οι συμβατικοί σταθμοί παράγουν ηλεκτρική ενέργεια κατά το 65-75% του έτους, σε αντιδιαστολή με το 90% του έτους που την παράγουν οι σταθμοί παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας.

- Ενώ οι γεωθερμικοί πόροι δεν είναι διασπαρμένοι ομοιόμορφα, οι αντλίες γεωθερμικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν οπουδήποτε.
- Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα σημερινά γεωθερμικά πεδία παράγουν μόνο το 1/6 CO₂ σε σύγκριση με τις γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με φυσικό αέριο, και καθόλου νιτρικά (NO_x) και θειϊκά (SO_x) αέρια. Για κάθε 1.000 MW ηλεκτρικού ρεύματος που προέρχεται από γεωθερμικές πηγές εκπέμπονται 1 εκατομμύριο kg λιγότερα τοξικά αέρια το χρόνο και 4 δισεκατομμύρια kg λιγότερο CO₂, ενώ οι ρύποι αυτοί θα ήταν πολύ περισσότεροι αν σαν πρώτη ύλη χρησιμοποιούνταν άνθρακες.

Μειονεκτήματα:

- Παρόλα τα πλεονεκτήματα, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας συναντά αντιδράσεις σε τοπικό επίπεδο, καθώς ενδέχεται να προκύψουν προβλήματα από την απόρριψη των γεωθερμικών ρευστών στο περιβάλλον της περιοχής ή δύσσομα αέρια (π.χ. υδρόθειο).
- Υπάρχουν προβλήματα με την επανέγχυση των γεωθερμικών ρευστών στον ταμειευτήρα μέσω γεώτρησης, τα οποία αντιμετωπίζονται με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού δέσμευσης των παραγόμενων αερίων.
- Εμφανίζονται προβλήματα διάβρωσης και δημιουργίας αποθέσεων, κυρίως στις σωληνώσεις μεταφοράς ρευστών.
- Υψηλό κόστος εγκατάστασης εξοπλισμού.

Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

Οι γεωλογικές συνθήκες στην Ελλάδα ευνόησαν γενικά τη δημιουργία ενός πολύ σημαντικού γεωθερμικού δυναμικού

χαμηλής ενθαλπίας. Η έρευνα για τον εντοπισμό αξιοποιήσιμων γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας άρχισε από το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών) το 1980 και εντατικοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Από αυτήν την έρευνα προκύπτει ότι το γεωθερμικό δυναμικό χαμηλής ενθαλπίας στην Ελλάδα είναι σίγουρα πολύ σημαντικό. Τα περισσότερα από τα γεωθερμικά πεδία που ερευνήθηκαν βρίσκονται σε περιοχές με ευνοϊκές αναπτυξιακές συνθήκες, ενώ οι προοπτικές άμεσης εκμετάλλευσης των ρευστών είναι πολύ ευοίωνες. Τα γεωθερμικά ρευστά φαίνεται ότι έχουν συνήθως μικρή έως μηδαμινή περιεκτικότητα σε διαβρωτικά άλατα και αέρια και δεν δημιουργούν σοβαρά τεχνικά προβλήματα εκμετάλλευσης, ούτε βέβαια περιβαλλοντικά προβλήματα.

Σε κάποιες περιοχές η έρευνα προχώρησε αρκετά, έτσι ώστε σήμερα να έχουν αναμικθεί αξιόλογες εφαρμογές. Στο Σιδηρόκαστρο, η Συνεταιριστική Επιχείρηση του Δήμου Σιδηροκάστρου προχώρησε στην κατασκευή ενός θερμοκηπίου 5 στρεμμάτων που χρησιμοποιεί νερά μιας



γεώτρησης του ΙΓΜΕ. Στη Ν. Κεσσάνη βρίσκεται σε εξέλιξη ένα μεγάλο πρόγραμμα ανάπτυξης του πεδίου, που χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα VALOREN της ΕΕ. Στο Λαγκαδά, στη Νυμφόπετρα και στη Νέα Απολλωνία λειτουργούν ήδη δεκάδες στρέμματα πλαστικών "γεωθερμικών" θερμοκηπίων, ενώ στο Λαγκαδά λειτούργησε για δύο χρόνια μικρή πειραματική μονάδα εκτροφής

χελιών. Στα Ελαιοχώρια Χαλκιδικής λειτουργούν 6 μικρά πειραματικά θερμοκήπια. Τα αποτελέσματα από αυτές τις εφαρμογές είναι αισιόδοξα και δίνουν ώθηση για παραπέρα

έρευνα σε γεωθερμικά πεδία που έχουν εντοπιστεί, αλλά δεν έχουν μελετηθεί διεξοδικά.



Το ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ελλάδος) συμβάλλει στην προσπάθεια αξιοποίησής τους. Η προσπάθεια εκμετάλλευσης γεωθερμικών πεδίων στη Μήλο και στη Νίσυρο δεν ευδοκίμησε, λόγω έκλυσης στο περιβάλλον δύσσομων αερίων, γεγονός που προκάλεσε την αντίδραση των κατοίκων.

Η γεωθερμική ενέργεια έχει και αγροτικές εφαρμογές. Ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας, π.χ. θερμοκρασίας 20 - 25 °C απαιτείται για τις ιχθυοκαλλιέργειες, 40 - 60 °C για θέρμανση εδάφους και περίπου 80 °C για θέρμανση θερμοκηπίων. Τέτοια πεδία χαμηλής ενθαλπίας αξιοποιούνται στην Κεντρική Μακεδονία, Θράκη και Λέσβο. Με δεδομένο την ύπαρξη πλούσιου γεωθερμικού δυναμικού στη χώρα μας, θετική θα ήταν η ενημέρωση με σκοπό την ευρύτερη αποδοχή και την αξιοποίησή του.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα προαναφερθέντα, γίνεται κατανοητό το έντονο ενδιαφέρον τόσο των αναπτυγμένων όσο και των αναπτυσσόμενων χωρών προς τη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας.

Αυτό καταδεικνύεται άλλωστε και από το γεγονός ότι, σε ευρωπαϊκό επίπεδο κατά την τελευταία διετία, έχει δρομολογηθεί η προσπάθεια για συμφωνία και δέσμευση όλων των κρατών μελών σ' ένα κοινό πρόγραμμα ενεργειακής πολιτικής, που θα έχει ως στόχο τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας. Η ουσιαστική υλοποίηση των πολιτικών και των δράσεων που προβλέπονται σε αυτήν την απόφαση και των δεσμεύσεων των Κρατών μελών, συνοψίζεται στην επίτευξη των στρατηγικών στόχων που αναφέρονται ως τα τρία εικοσάρια, <<20-20-20>>: μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%, έως το 2020.

Η Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλει με τη σειρά της να ακολουθήσει αυτήν την πολιτική εκμεταλλευόμενη τα γεωγραφικά και γεωλογικά πλεονεκτήματα που διαθέτει, ώστε ν' αυξήσει τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας, όπου σήμερα είναι σταθερή και κυμαίνεται γύρω από ένα ποσοστό της τάξης του 5-5,5%. Ειδικότερα στην Ελλάδα, σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας έχουν καθοριστεί οι εξής στρατηγικοί στόχοι:

- Αύξηση σε 18% του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το 2020.
- Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην τελική χρήση κατά 9% μέχρι το 2016.
- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 4% μέχρι το 2020, σε σύγκριση με τα επίπεδα εκπομπών του 2005.

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στα πλαίσια της προσπάθειας για βιώσιμη ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και συνεπώς των εκπομπών CO₂ σε μεγάλο βαθμό, μέσω του βιοκλιματικού και των ενεργειακών τεχνολογιών στο δομημένο περιβάλλον. Στην Ελλάδα, οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα.

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση, λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή. Επιπλέον, τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι. Την τελευταία μόλις δεκαετία, έχει ξεκινήσει συντονισμένη προσπάθεια εισόδου των Α.Π.Ε. στις κατασκευές κτιρίων και έτσι κάνουν πλέον την εμφάνιση τους οι έννοιες της

Βιοκλιματικής Δόμησης κτιρίων και πόλεων, αλλά και της Βιώσιμης Ανάπτυξης. Μπορεί για κάποιους να θεωρείται μια παροδική μόδα της εποχής. Για την πλειοψηφία όμως - ελπιδοφόρα - των νεώτερων γενιών, η Βιοκλιματική Δόμηση αποτελεί έναν από τους τρόπους διαφύλαξης του περιβάλλοντος στην τωρινή του κατάσταση και ίσως μακροπρόθεσμα της βελτίωσής του, αφού είναι αναμενόμενο τα μεγαλύτερα περιθώρια για εξοικονόμηση ενέργειας να βρίσκονται στο τμήμα της μεγαλύτερης κατανάλωσής της. Αναλυτικότερα, στην πτυχιακή αυτή γίνεται μία προσπάθεια συγκέντρωσης βιβλιογραφικών αναφορών και διεθνών επιστημονικών δημοσιεύσεων με σκοπό την περιγραφή της λειτουργίας συγκεκριμένων διατάξεων ψύξης, θέρμανσης καθώς και παραγωγής ζεστού νερού σε κατοικίες, κτίρια γραφείων, βιομηχανικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν τη γη σαν εναλλάκτη θερμότητας, είτε αντλώντας θερμότητα από αυτήν, είτε αποδίδοντας θερμότητα σε αυτήν. Πιο συγκεκριμένα, πυρήνας της πτυχιακής αυτής εργασίας αποτελεί η αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους στα πλαίσια της αβαθούς γεωθερμίας και των συστημάτων που βασίζονται σε αυτήν. Γίνεται λόγος για τα γεωθερμικά συστήματα αντλιών θερμότητας και του τρόπου λειτουργίας τους και στη συνέχεια ακολουθεί εκτενέστερη αναφορά στους εναλλάκτες θερμότητας αέρα εδάφους ή αλλιώς υπόγειους αεραγωγούς.

Φυσικά Γεωθερμικά πεδία

Η ύπαρξη υψηλής γεωθερμικής βαθμίδας σε κάποια περιοχή δεν είναι η μοναδική συνθήκη-προϋπόθεση για την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου. Η γεωθερμική ενέργεια είναι πρωτογενώς αποθηκευμένη μέσα στα πετρώματα, είναι

διασκορπισμένη μέσα στη μάζα τους και πρέπει να συγκεντρωθεί και να μεταφερθεί στην επιφάνεια της γης, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί το μεταλλικό νερό (σε υγρή ή αέρια φάση) που περιέχεται μέσα σε πορώδη πετρώματα ή σε συστήματα ρηγμάτων. Αποτελεί το μέσο που μεταφέρει τη θερμότητα από τα πετρώματα αυτά στην επιφάνεια της γης. Έτσι, η παραγωγικότητα μιας θερμικής περιοχής προσδιορίζεται και συχνά καθορίζεται από την υδρολογία των γεωλογικών σχηματισμών. Δεν έχουν όμως όλες οι θερμικές περιοχές κατάλληλη υδρολογία, που αποτελεί τη δεύτερη συνθήκη για την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου. Κατά συνέπεια, ένα φυσικό γεωθερμικό πεδίο είναι συνδυασμός θερμών πετρωμάτων και ύπαρξης νερού που να κυκλοφορεί μέσα σ' αυτά.

Τα γεωθερμικά πεδία χωρίζονται σε δύο ομάδες: στα πεδία "**υψηλής ενθαλπίας**", όπου το ρευστό (άνω των 1500 °C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και/ή για θέρμανση, και στα πεδία "**χαμηλής ενθαλπίας**" όπου το ρευστό (κάτω των 150 °C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για θέρμανση.

Στις ζώνες σεισμικών εστιών, υπάρχουν πεδία χαμηλής και υψηλής ενθαλπίας που σχετίζονται μεταξύ τους. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η Ισλανδία, που βρίσκεται πάνω στη μεσο-ωκεάνια ράχη του Ατλαντικού.

Το γεωθερμικό ρευστό έχει μετεωρική προέλευση, δηλαδή προέρχεται από τις κατακρημνίσεις. Το νερό από τις βροχές και τα χιόνια εισχωρεί στο έδαφος και σιγά-σιγά προχωρεί στο εσωτερικό της Γης φτάνοντας σε βάθη μέχρι και 5 km. Στην πορεία του θερμαίνεται λόγω της υψηλής θερμικής ροής και στη συνέχεια βρίσκεται διόδους μέσα από ρήγματα και ρωγμές και επιστρέφει στην επιφάνεια. Από αναλύσεις βασισμένες σε ραδιοϊσότοπα, βρέθηκε ότι ο κύκλος του νερού σε ένα γεωθερμικό σύστημα διαρκεί περίπου 500 χρόνια. Η περιοχή τροφοδοσίας του συστήματος μπορεί να βρίσκεται πολύ κοντά

στο πεδίο ή σε μεγάλη από αυτό απόσταση μέχρι και 200 km, οπότε και η διαδρομή του ρευστού ποικίλλει ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες. Το νερό, λόγω της μεγάλης του θερμοχωρητικότητας, λειτουργεί και σαν "συμπυκνωτής" θερμότητας. Η μέση θερμοχωρητικότητα των πετρωμάτων που βρίσκονται στα πρώτα 10 km από την επιφάνεια της γης είναι 85 kJ/kg, ενώ του νερού στην ίδια μέση θερμοκρασία (1300 °C) είναι 420 kJ/kg, δηλαδή πενταπλάσια. Η θερμοχωρητικότητα του κορεσμένου ατμού στους 2360 °C είναι 2.790 kJ/kg, δηλαδή τριακονταπλάσια αυτής των πετρωμάτων. Για να απορροφήσει το νερό αυτή τη θερμότητα, είτε πρέπει να έρθει σε επαφή με πολύ μεγάλες μάζες πετρωμάτων που βρίσκονται σε υψηλή θερμοκρασία, είτε να διανύσει πολύ μεγάλη διαδρομή μέχρι να φτάσει στις γεωτρήσεις. Και στις δύο περιπτώσεις, οι μάζες των πετρωμάτων που συμμετέχουν στο σύστημα πρέπει να είναι πολύ μεγάλες, της τάξης των εκατοντάδων κυβικών χιλιομέτρων .

Η Ελλάδα διαθέτει μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων που είναι διάσπαρτα σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα, όπως στη Ν. Κεσσάνη Ξάνθης, Νιγρίτα Σερρών, Λαγκαδά, Θεσσαλονίκη, Ελαιοχώρα Χαλκιδικής, Στύψη και Άργεννο Λέσβου, Μήλο, Σαντορίνη και Νίσυρο. Η συστηματική εκμετάλλευση τους μπορεί να επιφέρει στη χώρα μας σημαντικά οφέλη.

Αβαθής γεωθερμική ενέργεια

Είναι γνωστό ότι τα πηγάδια έχουν ζεστό νερό το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι το ίδιο νερό είναι δροσερό. Βέβαια, το νερό δεν αλλάζει θερμοκρασία, όμως στο βάθος που ρέει, η θερμοκρασία της γης είναι περίπου σταθερή, ανεξάρτητα αν είναι καλοκαίρι ή χειμώνας. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι σε

βάθος από 6 μ. έως 100 μ. η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και είναι περίπου ίση με τη μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα για το συγκεκριμένο τόπο. Στη χώρα μας αυτό σημαίνει ότι σε τέτοιο βάθος η θερμοκρασία βρίσκεται ανάμεσα στους 18-20°C.

Η διατήρηση της θερμοκρασίας αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ο ήλιος ζεσταίνει την επιφάνεια του εδάφους, το οποίο απορροφά στο βάθος τη θερμότητα που του παρέχεται, ενώ στη διάρκεια του χειμώνα η ίδια επιφάνεια ψύχεται και αφαιρεί θερμότητα από εκείνη που είχε συσσωρευτεί στο υπέδαφος. Αυτό όμως γίνεται πολύ αργά και με μεγάλη διαφορά φάσης, έτσι ώστε ενώ στην επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία παρουσιάζει σημαντική διακύμανση, όσο προχωρούμε σε βάθος η διακύμανση αυτή στη διάρκεια ενός έτους γίνεται μικρότερη και ουσιαστικά κάτω από τα 5 μ. σχεδόν εξαφανίζεται. Έτσι αποκαθίσταται μια κατάσταση ισορροπίας στο επίπεδο των 18-20°C. Σε βόρειες χώρες, όπως η Σουηδία ή ο Καναδάς αυτή η ισορροπία αποκαθίσταται σε χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας.

Λόγω της πολύ μεγάλης θερμοχωρητικότητας του υπεδάφους, η αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια όπως εξηγήθηκε παραπάνω, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση κατοικιών και γενικά χώρων, όπου ζούμε και εργαζόμαστε. Η δυνατότητα αυτή έχει εξαιρετικό ενδιαφέρον, γιατί εξοικονομείται έτσι σημαντική ποσότητα καυσίμου για τη θέρμανση κατοικημένων χώρων προς όφελος της οικονομίας, αλλά και του περιβάλλοντος, αφού όπως ξέρουμε η χρήση του οποιουδήποτε καυσίμου οδηγεί αναπόφευκτα και σε ατμοσφαιρική ρύπανση. Πολλές χώρες, ανάμεσά τους οι Σκανδιναβικές, ο Καναδάς και οι Ηνωμένες Πολιτείες αξιοποιούν τη δυνατότητα αυτή για θέρμανση τον χειμώνα.

Βέβαια, στη διάρκεια του καλοκαιριού θα πρέπει να φροντίσει κανείς για την επαναφόρτιση του ταμιευτήρα αυτού θερμότητας, δηλαδή του υπεδάφους, ώστε κατά την επόμενη θερμαντική περίοδο να ξεκινήσει η θέρμανση από το ίδιο θερμοκρασιακό επίπεδο. Η επαναφόρτιση αυτή γίνεται σχετικά εύκολα. Στην εύκρατη ζώνη η αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας έχει ακόμη μεγαλύτερη σημασία, διότι παρέχει τη δυνατότητα θέρμανσης το χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι. Εφαρμογές λοιπόν, στην ελληνική επικράτεια παρουσιάζουν το πλεονέκτημα αξιοποίησής της σε όλη τη διάρκεια του έτους και επειδή περίπου όση ενέργεια καταναλώνεται στην περίοδο της θέρμανσης, αποδίδεται κατά την περίοδο της ψύξης, δεν υπάρχει ανάγκη αποκατάστασης ισορροπίας του αβαθούς γεωθερμικού πεδίου. Για έναν παραπάνω λόγο λοιπόν, προσφέρεται η αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας στη χώρα μας σε σχέση με τις βόρειες χώρες που έχουν σήμερα ήδη σχετική πρωτοπορία.

Αυτή η πηγή ενέργειας έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Είναι καθαρή και φιλική προς το περιβάλλον
- Είναι διαθέσιμη σε οποιοδήποτε σημείο
- Μπορεί να προσφέρει θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό.

Από έρευνες του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας προέκυψαν επίσης τα εξής στοιχεία για τη μέση θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 8 μέτρων:

Βόρεια Ελλάδα: 12-14 °C

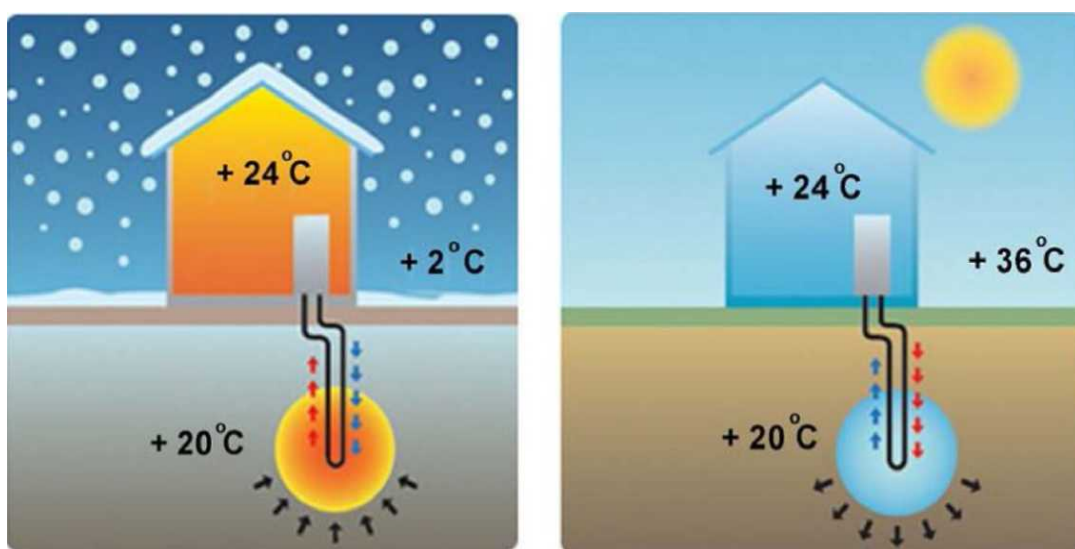
Κεντρική Ελλάδα: 13-15 °C

Νότια Ελλάδα: 14-16 °C

Νησιώτικες περιοχές: 15-17 °C

Ορεινές περιοχές: 2 °C μικρότερες.

Αυτό σημαίνει ότι, οι περιοχές με ψυχρό κλίμα έχουν λιγότερη αποθηκευμένη ενέργεια, με αποτέλεσμα οι θερμοκρασίες του υπεδάφους να παραμένουν σταθερές αλλά σε χαμηλότερο θερμοκρασιακό επίπεδο, από ότι οι θερμοκρασίες που παρουσιάζει το υπέδαφος σε περιοχές με θερμό κλίμα. Γενικά, παρά το γεγονός ότι οι θερμοκρασίες ποικίλουν σύμφωνα με το γεωγραφικό πλάτος, έρευνες έχουν πλέον αποδείξει ότι σε βάθος 6 ft(2 μέτρα περίπου) από την επιφάνεια του εδάφους οι θερμοκρασίες παρουσιάζουν μία διακύμανση από 10 έως 25 °C.



Εικόνα 1. Αξιοποίηση Γεωθερμικής Ενέργειας το χειμώνα

Εικόνα 2. Αξιοποίηση Γεωθερμικής Ενέργειας το καλοκαίρι

Στο σημείο αυτό, κρίνεται απαραίτητο να γίνει επεξήγηση και διαχωρισμός των ορολογιών που χρησιμοποιούνται διεθνώς τόσο στον επιστημονικό τομέα, όσο και στον εμπορικό προκειμένου να γίνει σαφές το περιεχόμενο αυτής της πτυχιακής από οποιονδήποτε αναγνώστη.

Παλιότερα, ο όρος "γεωθερμικά" συστήματα ήταν η ονομασία που είχε αποδοθεί στα συστήματα ψύξης-θέρμανσης για τα οποία γίνεται λόγος στα επόμενα κεφάλαια. Ο όρος όμως "γεωθερμικός" είναι ο όρος που περιγράφει γενικά την τεχνολογία άντλησης θερμού νερού ή ατμού προερχόμενο από τα βάθη του εσωτερικού της γης . Η εξήγηση έγκειται στο γεγονός ότι υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη γεωθερμικής ενέργειας τα οποία είναι τα εξής:

- Γεωθερμική ενέργεια υψηλής και μέσης ενθαλπίας:

Πρόκειται για γεωθερμικά πεδία με θερμοκρασία ρευστού μεγαλύτερη των 100°C. Συγκεκριμένα, είναι η θερμότητα της εδαφικής πίεσης που μετατρέπει το νερό σε ατμό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Old Faithfull στο Εθνικό πάρκο του Yellowstone...

- Γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας:

Σε αυτήν την περίπτωση, πρόκειται για τη θερμότητα στο φλοιό της γης που ουσιαστικά δεν είναι άλλη από την αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια. Η ενέργεια αυτή έχει επικρατήσει ως αβαθής γεωθερμική ενέργεια.

Στη συνέχεια της πτυχιακής εργασίας, ο όρος "γεωθερμικός" ή "γεωθερμικός χαμηλής ενθαλπίας" θα χρησιμοποιείται γιατί είναι ο πιο κοινώς χρησιμοποιούμενος όρος. Τα συστήματα αυτά ανά τον πλανήτη, καλούνται GHP's (Geothermal Heat Pumps), ή GSHP's (Ground Source Heat Pumps), Earth Coupled Heat Pumps, Earth-Coupled Water Source Heat Pumps, Earth Exchange Systems (EES), Geo-Exchange Systems και Underground Thermal Energy Storage systems (UTES). Οποιοδήποτε από τα προαναφερόμενα ονόματα και αν χρησιμοποιείται, η τεχνολογία παραμένει ίδια.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η Γη προσφέρει μία σταθερή και απίστευτα μεγάλη πηγή θερμότητας, δεξαμενή θερμότητας και αποθήκη θερμότητας για θερμικές ενεργειακές χρήσεις, όπως είναι τα συστήματα γεωεναλλακτών σε συνδυασμό με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Είναι ευρύτατα γνωστό ότι η φυσική ροή της θερμότητας γίνεται από τις υψηλότερες στις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η αντλία θερμότητας είναι μία μηχανή η οποία προκαλεί τη ροή θερμότητας προς την αντίθετη κατεύθυνση από τη φυσική της ροή, από τις χαμηλότερες δηλαδή προς τις ανώτερες θερμοκρασίες.

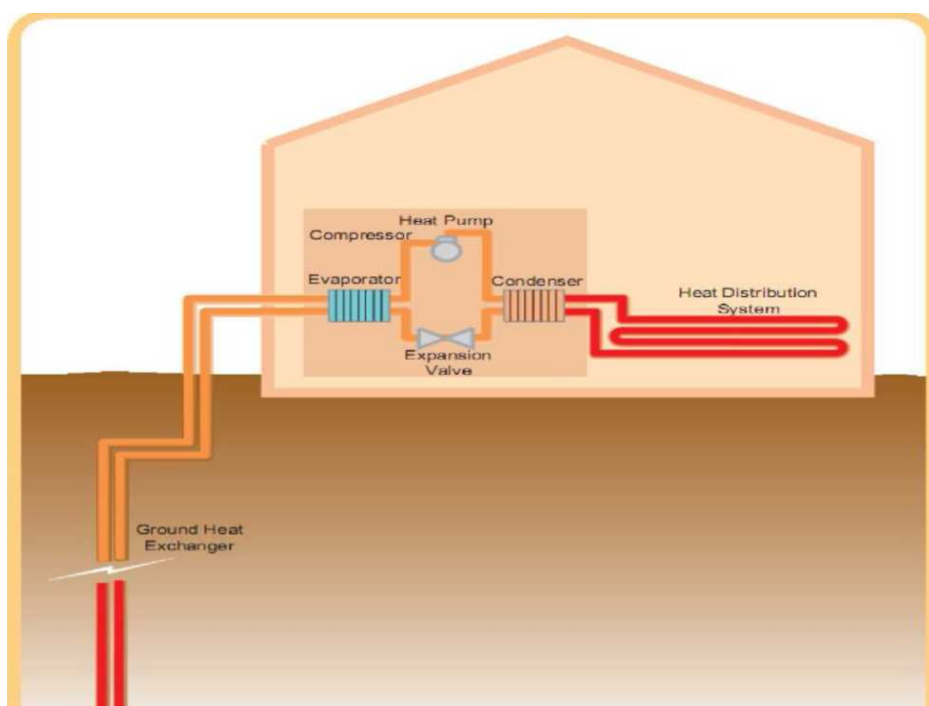
Ένα γεωθερμικό σύστημα, το οποίο αποτελείται από μια μονάδα εντός του κτιρίου και ένα θαμμένο γεωεναλλάκτη, αξιοποιεί τις σταθερές θερμοκρασίες του υπεδάφους για να δεσμεύσει την "ελεύθερη" ενέργεια. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι το χειμώνα, το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά την αποθηκευμένη θερμότητα του εδάφους και τη φέρνει στη μονάδα εσωτερικά του κτιρίου. Η μονάδα αντλεί τη θερμότητα σε μια υψηλότερη θερμοκρασία και τη διανέμει στο κτίριο. Το καλοκαίρι, το σύστημα αντιστρέφεται, απάγει τη θερμότητα από το κτίριο, τη μεταφέρει στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη και την αποθέτει στην πιο δροσερή γη.

Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα, τα συστήματα Γεωεναλλακτών δεν καίνε ορυκτά καύσιμα για να παράγουν θερμότητα. Απλά μεταφέρουν τη θερμότητα από και προς τη γη για να παρέχουν την αποδοτική, προσιτή και φιλική προς το περιβάλλον θέρμανση και ψύξη. Ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του συστήματος δηλαδή του

συμπιεστή και των κυκλοφορητών. Το σύστημα αποτελείται από τρία κύρια μέρη τα οποία θα περιγραφούν αναλυτικά παρακάτω:

1) Γεωεναλλάκτης: Πρόκειται για ένα σύστημα ανταλλαγής θερμότητας με το έδαφος. Διακρίνονται σε:

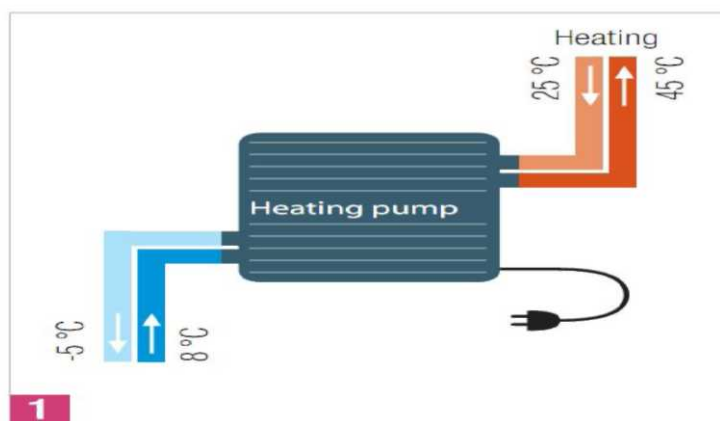
- Συστήματα κλειστού βρόγχου τα οποία εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που βρίσκεται αποθηκευμένη στους γεωλογικούς σχηματισμούς.
- Ανοικτά συστήματα τα οποία εκμεταλλεύονται την παρουσία υπόγειου νερού ή επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα.



Σύστημα Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας (Γεωεναλλάκτης-
Αντλία Θερμότητας-Εσωτερικό Σύστημα Διανομής)

Ένα σύστημα γεωεναλλάκτη είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα. Επειδή τα συστήματα γεωεναλλάκτη δεν καίνε ορυκτά καύσιμα για να παράγουν θερμότητα, παρέχουν τρεις έως πέντε μονάδες ενέργειας για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί το σύστημα. Τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης βαθμονομούνται για την απόδοσή τους σύμφωνα με τις διεθνείς και ευρωπαϊκές προδιαγραφές. Οι καυστήρες ορυκτών καυσίμων βαθμονομούνται με την επί τοις εκατό απόδοσή τους σε σχέση με τη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου που καταναλώνουν. Οι καυστήρες φυσικού αερίου, προπανίου και πετρελαίου βαθμονομούνται για την απόδοσή τους σε ειδικά εργαστήρια. Για να εκτιμηθεί η ακριβής απόδοση μιας εγκατάστασης πρέπει να συμπεριληφθούν παράγοντες όπως οι απώλειες θερμότητας καυσαερίων, οι πολλαπλές εναύσεις λόγω υπερ-διαστασιολόγησης, η ηλεκτρική κατανάλωση των κυκλοφορητών, κλπ.

2) Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας: Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, όπως όλοι οι άλλοι τύποι αντλιών θερμότητας, βαθμονομούνται σύμφωνα με το συντελεστή απόδοσης. Είναι ο επιστημονικός τρόπος προσδιορισμού της ενέργειας που το σύστημα παράγει σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιεί. Τα περισσότερα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας έχουν COPs 3~5. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μία μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει το σύστημα, 3~5 μονάδες παρέχονται ως θερμότητα. Δηλαδή ένας καυστήρας ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι 78-95% αποδοτικός, ενώ μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 300% -500%.



Τυπική λειτουργία Αντλίας Θερμότητας

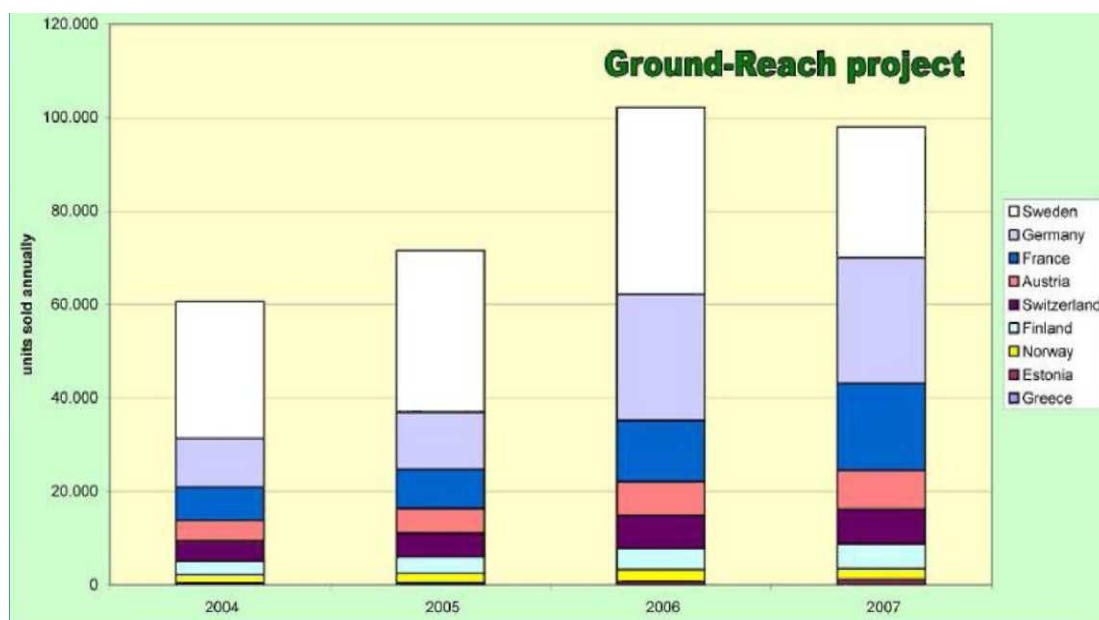
Θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα το γεγονός ότι πέρα από την αποδοτικότητα τους, τα γεωθερμικά συστήματα λειτουργούν σε συνεργασία με τη φύση και όχι ενάντια σε αυτήν. Δεν εκπέμπουν αέρια θερμοκηπίου, τα οποία έχουν συνδεθεί με την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, την όξινη βροχή και άλλους περιβαλλοντικούς κινδύνους. Τα μηχανήματα της WFI χρησιμοποιούν το R410A, ένα ψυκτικό υγρό υψηλής απόδοσης που δε θα βλάψει το στρώμα του όζοντος στην ατμόσφαιρα.

Ένα συνηθισμένο παράδειγμα κατανόησης της λειτουργίας των αντλιών θερμότητας αποτελούν τα ψυγεία και τα κλιματιστικά μηχανήματα, τα οποία είναι αντλίες θερμότητας που κινούν τη θερμότητα από τους πιο κρύους εσωτερικούς χώρους στους θερμότερους εξωτερικούς χώρους με σκοπό την ψύξη των πρώτων. Οι αντλίες θερμότητας κινούν επίσης την θερμότητα από χαμηλής θερμοκρασίας πηγές σε υψηλής θερμοκρασίας χώρους με σκοπό τη θέρμανση. Παραδείγματος χάριν, μια αντλία θερμότητας με πηγή θερμότητας τον εξωτερικό αέρα, λαμβάνει τη θερμότητα από τον υπαίθριο χώρο και την αντλεί στο εσωτερικό του κτιρίου. Μια γεωθερμική αντλία θερμότητας λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο, με τη διαφορά ότι η πηγή θερμότητάς της είναι η πιο ζεστή γη αντί του κρύου αέρα. Η διαδικασία της ανύψωσης της θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας σε άνω των 30°C και μεταφορά στον εσωτερικό χώρο περιλαμβάνει έναν κύκλο εξάτμισης, συμπίεσης,

συμπύκνωσης και εκτόνωσης. Το ψυκτικό υγρό χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας που κυκλοφορεί μέσα στην αντλία θερμότητας. Το γεγονός ότι μια γεωθερμική αντλία θερμότητας μπορεί να προσφέρει θέρμανση και ψύξη, την κάνει ιδιαίτερα ελκυστική. Με ένα απλό γύρισμα του διακόπτη στον εσωτερικό θερμοστάτη μπορείτε να περάσετε από τη μία λειτουργία στην άλλη. Κατά τη διάρκεια της ψύξης η γεωθερμική αντλία θερμότητας απάγει την θερμότητα από τους εσωτερικούς χώρους και τη μεταφέρει στη δροσερή γη μέσω του γεωεναλλάκτη, ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης η διαδικασία αντιστρέφεται.

Τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, έχουν καταστήσει τα συστήματα που λειτουργούν με βάση την αβαθή γεωθερμία, ιδιαίτερα αναπτυσσόμενες εφαρμογές σε παγκόσμια κλίμακα. Στον Ευρωπαϊκό χώρο, έχουν βρει ευρεία εφαρμογή σε χώρες όπως η Γερμανία και η Γαλλία.

GSHP sales in 9 European



Ετήσιες πωλήσεις Γ.Α.Θ σε 9 χώρες το 2007

I. ΓΕΩΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ

Χρησιμοποιώντας το έδαφος σαν πηγή ή δεξαμενή θερμότητας είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί σύνδεση μεταξύ του αντικειμένου, το οποίο πρόκειται να θερμανθεί ή να ψυχθεί (κτίριο, κατοικία κ.λ.π.) και του εδάφους. Τον ρόλο αυτό αναλαμβάνουν οι λεγόμενοι γεωεναλλάκτες. Πρόκειται για υπόγειους αγωγούς τοποθετημένους σε υπόγειες τάφρους, σε βάθος έως 3 μέτρα από την επιφάνεια, μέσα από τους οποίους διέρχεται το ρευστό, το οποίο ανάλογα το είδος του συστήματος, μπορεί να είναι νερό, ψυκτικό υγρό ή και αέρας. Η σύνδεση αυτή με το έδαφος καλείται κύκλωμα ή βρόγχος. Οι γεωθερμικές αυτές συνδέσεις με το έδαφος μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες, όπως προαναφέρθηκε:

- Γεωεναλλάκτες κλειστού βρόγχου οι οποίοι εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που βρίσκεται αποθηκευμένη στους γεωλογικούς σχηματισμούς.
- Γεωεναλλάκτες ανοικτού βρόγχου οι οποίοι εκμεταλλεύονται την παρουσία υπόγειου νερού ή επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα.
- Υβριδικά συστήματα
- Συστήματα άμεσης εναλλαγής θερμότητας

Οι παράγοντες σχεδιασμού που επηρεάζουν το είδος του κυκλώματος που θα εφαρμοσθεί είναι:

- οι γεωλογικές συνθήκες (τα θερμικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά του υπεδάφους),
- οι τεχνικές παράμετροι, όπως είναι το μήκος, η διάμετρος και το υλικό του αγωγού που θα

χρησιμοποιηθεί, καθώς και το είδος και η ποιότητα του υλικού εμποτισμού των αγωγών

- το απαιτούμενο θερμικό και ψυκτικό φορτίο
- το εμβαδό του κτιρίου που πρόκειται να θερμανθεί/ψυχθεί, καθώς και η διαθέσιμη επιφάνεια του οικοπέδου
- η θερμοκρασία του εδάφους

Το κύριο πλεονέκτημα ενός γεωθερμικού συστήματος κλειστού κυκλώματος έναντι του ανοικτού, είναι το γεγονός ότι το πρώτο είναι ανεξάρτητο από υπάρχοντες υδροφορείς και το είδος του νερού που κυκλοφορεί σε αυτούς. Γεωθερμικά συστήματα ανοικτού κυκλώματος, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα μετάδοσης θερμότητας από γεωτρήσεις, σε σύγκριση με κάθετα συστήματα κλειστού βρόγχου. Ανάλογα με το ρευστό που κυκλοφορεί στο εσωτερικό των γεωεναλλακτών διακρίνονται σε:

- Γεωθερμικά συστήματα, στα οποία το ρευστό που κυκλοφορεί είναι νερό ή αντιψυκτικό υγρό
- Γεωθερμικά συστήματα, στα οποία το ρευστό που κυκλοφορεί είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας

1. Γεωεναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος

Τα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα είναι αυτά που εκμεταλλεύονται τον υπόγειο ή επιφανειακό υδροφόρο ορίζοντα με υδρογεωτρήσεις. Κατασκευαστικά είναι ευκολότερη λύση, αλλά και η πιο δαπανηρή στη λειτουργία από όλα τα γεωθερμικά συστήματα, λόγω της κατανάλωσης

του υποβρύχιου συγκροτήματος στη γεώτρηση της άντλησης. Τα ανοικτά γεωθερμικά συστήματα αποτελούνται από το κύκλωμα των υδρο-γεωτρήσεων, τη γεωθερμική αντλία θερμότητας και το δίκτυο διανομής της θέρμανσης ή της ψύξης και εφαρμόζονται σε περιοχές που παρουσιάζουν συνεχή υψηλή υπόγεια ή επιφανειακή υδροφορία. Συγκεκριμένα, νερό αντλείται από γειτονικό υδροφορέα, διέρχεται μέσω του γεωεναλλάκτη στην αντλία θερμότητας και τελικά αποφορτίζεται. Μετά την απομάκρυνση του από το κτίριο, το νερό διατίθεται με μία από τις τρεις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω, ανάλογα κάθε φορά τους ισχύοντες τοπικούς κανονισμούς και περιορισμούς.

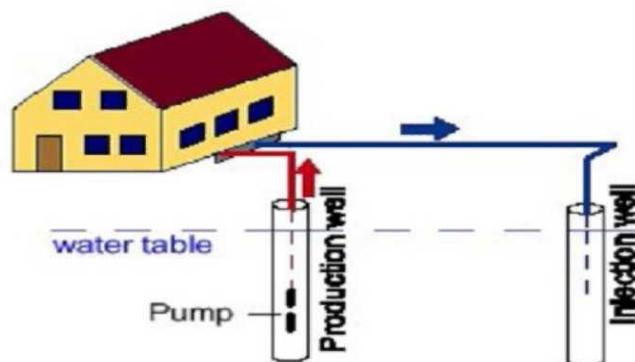
1. Αποστράγγιση επιφάνειας, συμβαίνει σε περιοχές όπως λίμνες, ποτάμια, ρυάκια.
2. Υπόγεια, σε μία συγκεκριμένη περιοχή αποστράγγισης μεγέθους, ανάλογης με τον όγκο του απαιτούμενου νερού της αντλίας θερμότητας.
3. Επαναφόρτιση στον ίδιο υδροφορέα.



Υπόγεια Διάθεση του υπό απομάκρυνση νερού

Συστήματα ανοικτού βρόγχου πολλαπλών γεωτρήσεων

Τα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού βρόγχου συμπεριλαμβάνουν ένα ή περισσότερα φρεάτια άντλησης και ένα ή περισσότερα φρεάτια επαναφόρτισης.



Σύστημα Ανοικτού Βρόγχου με Φρεάτια Άντλησης και Φόρτισης

Στα συστήματα ανοικτού βρόγχου, το υπόγειο νερό αντλείται από τον υδροφορέα μέσω του φρεατίου άντλησης και εισάγεται στην αντλία θερμότητας, η οποία δρα ως πηγή/δεξαμενή θερμότητας στη διαδικασία θέρμανσης-ψύξης. Αφού το νερό διέλθει μέσω της αντλίας θερμότητας, επιστρέφεται στον υδροφορέα μέσω του φρεατίου φόρτισης. Η μόνη διαφορά ανάμεσα στο αντλούμενο και στο επιστρεφόμενο νερό είναι η θερμοκρασία. Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε συνδυασμό με τη μακρόχρονη εμπειρία εφαρμογής του συγκεκριμένου συστήματος, δείχνουν ότι η απαραίτητη ικανότητα του συστήματος για αποτελεσματική εναλλαγή θερμότητας είναι γύρω στα 8 με 11 l/(min t). Από τη στιγμή που η θερμοκρασία του εδάφους παραμένει σταθερή, τα γεωθερμικά συστήματα ανοικτού βρόγχου, αποτελούν δημοφιλή επιλογή σε περιοχές που επιτρέπεται η εγκατάστασή τους. Παρόλο βέβαια που χρησιμοποιούνται λιγότερο απ' ότι

τα κλειστού κυκλώματος, μπορεί να αποδειχθούν αρκετά πιο αποδοτικά στον τομέα του κόστους υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι το νερό υπάρχει σε αφθονία. Περιοριστικό βέβαια ρόλο στην εφαρμογή και εγκατάσταση τους έχουν και οι τοπικές περιβαλλοντικές αρχές με τους θεσπισμένους νόμους, κώδικες, διατάγματα καθώς και τις απαιτήσεις.

Θα πρέπει επίσης να τονιστεί το γεγονός ότι, νερό φτωχό σε ποιότητα μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στις συγκεκριμένες εφαρμογές. Για το λόγο αυτό συνίσταται να προηγούνται έλεγχοι του διαθέσιμου νερού σε σκληρότητα, οξύτητα, περιεκτικότητα σε σίδηρο πριν την εγκατάσταση της αντλίας θερμότητας.

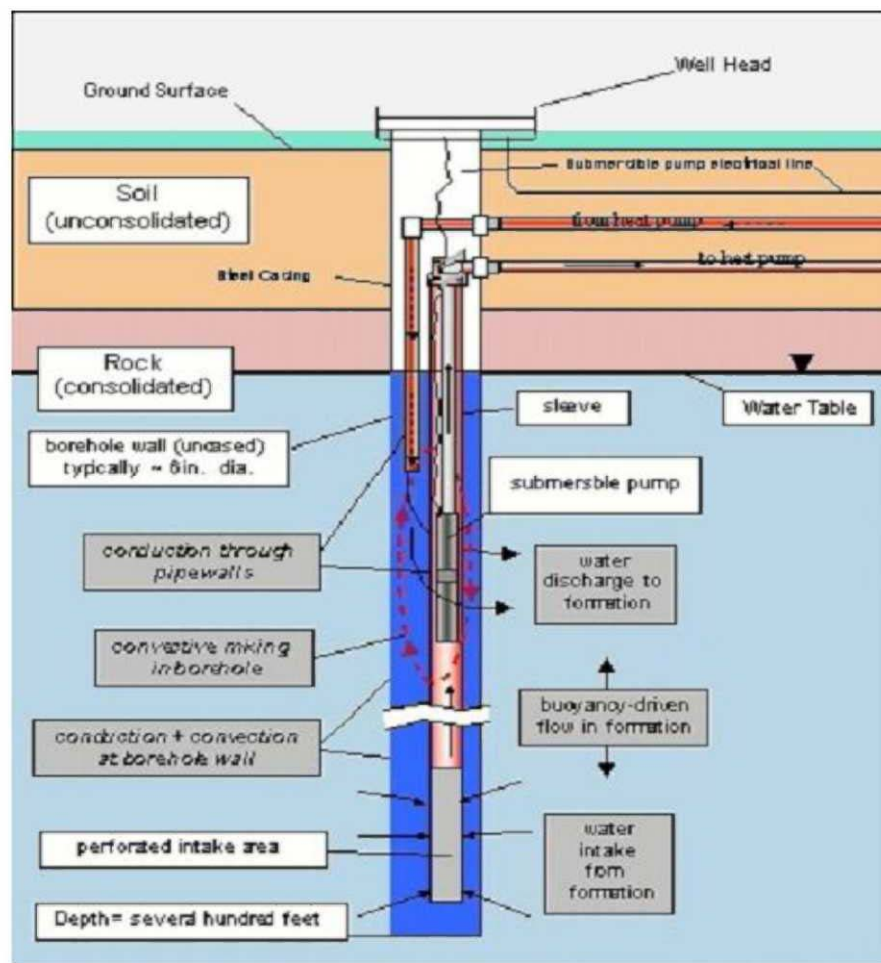
Ταυτόχρονα θα πρέπει να επισημανθεί ότι από την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος, δεν προκύπτει καμία περιβαλλοντική ζημιά, δεδομένου ότι το νερό που αντλείται, επιστρέφεται στον υδροφορέα. Η μόνη διαφορά που προκύπτει είναι μία μικρή αύξηση της θερμοκρασίας του χρησιμοποιούμενου νερού από το φρεάτιο άντλησης στο φρεάτιο φόρτισης. Σημαντικό επίσης παράγοντα για τη λειτουργία ενός γεωθερμικού συστήματος ανοικτού βρόγχου, αποτελεί η απόσταση μεταξύ των φρεατίων άντλησης και επαναφόρτισης. Η αποφυγή της ροής από το φρεάτιο φόρτισης στο φρεάτιο άντλησης δεν είναι απαραίτητη, θα πρέπει όμως να επιβεβαιωθεί ότι η κυκλοφορία του νερού μεταξύ των φρεατίων είναι επαρκώς χαμηλή, έτσι ώστε η θερμοκρασία του νερού από το φρεάτιο φόρτισης στο φρεάτιο άντλησης, να είναι σχεδόν ίδια με τη θερμοκρασία του υδροφορέα.

Όσον αφορά τις διαστάσεις του φρεατίου, αυτό θα πρέπει να είναι μήκους 85 με 200 περίπου μέτρα, ανάλογα βέβαια το μέγιστο ψυκτικό ή θερμικό φορτίο του συστήματος, την τυπική διάρκεια του μέγιστου φορτίου, καθώς και από το πάχος και τη φυσική ροή του υδροφορέα. Εάν δε ληφθεί η απαραίτητη προσοχή στο συγκεκριμένο παράγοντα σχεδιασμού, τότε μπορεί να προκληθεί αύξηση της

θερμοκρασίας του υδροφορέα με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ανεπιθύμητων οργανισμών.

Σύστημα υδάτινης στήλης

Ένα άλλο είδος γεωθερμικού συστήματος ανοικτού βρόγχου, αποτελεί και αυτό της υδάτινης στήλης. Στην ουσία πρόκειται για μία μόνο βαθιά γεώτρηση/φρεάτιο σε βραχώδες υπόβαθρο. Η μέθοδος αυτή λειτουργεί καλύτερα με αντιδιαβρωτικό νερό, καθώς το νερό χρησιμοποιείται απ' ευθείας στην αντλία θερμότητας. Στην περίπτωση αυτή, το γεωθερμικό νερό κυκλοφορεί μέσα στο ίδιο φρεάτιο. Το νερό αντλείται από τη βάση της γεώτρησης, διέρχεται από την αντλία θερμότητας, η οποία προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του και επιστρέφει στην κορυφή της γεώτρησης. Στη συνέχεια ρέει έως ότου επιστρέψει στον υπόγειο ορίζοντα, ενώ στην πορεία, ανταλλάσει θερμότητα με το περιβάλλον πέτρωμα.



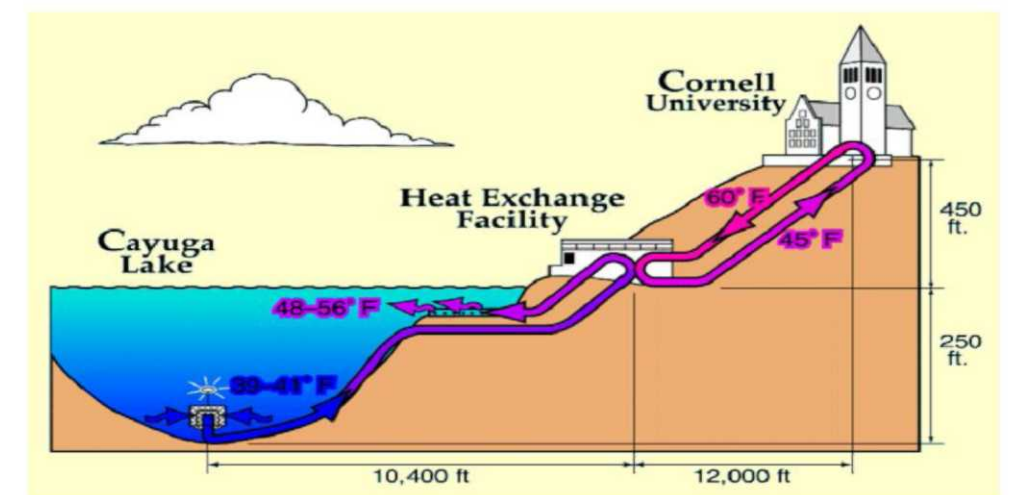
Η κάθετη αυτή κίνηση του νερού και η εναλλαγή θερμότητας καλείται υδάτινη στήλη παρέχοντας μία κατάλληλη και αποδοτική μέθοδο μετάδοσης θερμότητας. Βασιζόμενοι στην εμπειρία της Ένωσης Ενεργειακών Συστημάτων και Ύδατος (Water and Energy Systems Corporation) για κάθε τόνο κτιριακού φορτίου, απαιτούνται 16,5 με 20 μέτρα υδάτινης στήλης. Τα ανοικτά αυτά γεωθερμικά συστήματα αποτελούν καθιερωμένη τεχνολογία για πολλές περιοχές, ειδικότερα στο Βορειοανατολικό τμήμα των Ηνωμένων Πολιτειών. Η διάμετρος τέτοιων φρεατίων κυμαίνεται γύρω στα 15 με 20 cm και μπορεί να φτάσουν σε βάθος έως 500 m. Ωστόσο, για την αποδοτική λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη άφθονου νερού. Εάν η

εγκατάσταση γίνει σε περιοχή όπου ο υδροφόρος ορίζοντας είναι πολύ βαθιά, τότε η μέθοδος αποδεικνύεται ασύμφορη. Κάτω από κανονικές συνθήκες, το νερό το οποίο αποσπάται για οικιακή χρήση (πόσιμο), αντικαθίσταται από σταθερής θερμοκρασίας υπόγειο νερό, διαδικασία που κάνει το σύστημα να λειτουργεί σαν αληθινό γεωθερμικό σύστημα ανοικτού κυκλώματος. Επιπλέον, εάν παρατηρηθεί αξιοσημείωτη αύξηση της θερμοκρασίας του νερού της γεώτρησης ή αντίθετα σημαντική μείωση αυτής, τότε στην περίπτωση αυτή προτείνεται η ανάμειξη του υπόγειου νερού με νερό του συστήματος, για την αποκατάσταση της θερμοκρασίας του νερού στα συνηθισμένα επίπεδα λειτουργίας.

Συστήματα επιφανειακών υδάτων

Τα συστήματα επιφανειακών υδάτων χρησιμοποιούν όγκο νερού προερχόμενο από παράλια ωκεανού ή ανοικτής θάλασσας ή ακόμα και λιμνών στην ενδοχώρα, τόσο για παροχή ύδατος, όσο και για απόρριψη αυτού. Εννοιολογικά, τα συστήματα επιφανειακών υδάτων είναι παρόμοια με τα συστήματα υδάτινων στηλών που περιγράφησαν στην προηγούμενη υποενότητα.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής του συστήματος επιφανειακών υδάτων, που συμπεριλαμβάνεται στην κατηγορία γεωεναλλακτών ανοικτού κυκλώματος, είναι η λίμνη Cayuga. Συγκεκριμένα, το νερό που προέρχεται από τη λίμνη χρησιμοποιείται ως η πηγή του γεωθερμικού εναλλάκτη, που χρησιμοποιείται για την παροχή ψύξης στο Πανεπιστήμιο του Cornell. Η μέθοδος αυτή, που βρίσκει εφαρμογή μόνο για τη μία λειτουργία, αυτή δηλαδή του δροσισμού, δεν κάνει καμία χρήση γεωθερμικών αντλιών.



Απεικόνιση Συστήματος Επιφανειακών Υδάτων

2. Γεωναλλάκτες Κλειστού Κυκλώματος

Τα κλειστά γεωθερμικά συστήματα είναι αυτά που εκμεταλλεύονται τη θερμοκρασία του εδάφους. Σε αυτά τα συστήματα, το κύκλωμα των υδρογεωτρήσεων αντικαθίσταται με γεωναλλάκτες που τοποθετούνται σε κάθετη ή οριζόντια διάταξη. Η επιλογή μεταξύ κάθετης και οριζόντιας διάταξης, εξαρτάται από τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής και τη διαθεσιμότητα του περιβάλλοντα χώρου σε κάθε περίπτωση. Με τον τρόπο που περιγράψαμε οι συλλέκτες μεταφέρουν θερμότητα, στη λειτουργία της θέρμανσης από το έδαφος, ή στη λειτουργία της ψύξης προς το έδαφος. Τα κλειστά γεωθερμικά κυκλώματα, αποτελούνται από το γεωσυλλέκτη, τη γεωθερμική αντλία θερμότητας και το δίκτυο διανομής θέρμανσης ή ψύξης. Είναι γεγονός ότι οι γεωναλλάκτες κλειστού βρόγχου αποτελούνται από πολυάριθμους τύπους συστημάτων εφαρμογής, όλοι εκ των οποίων χρησιμοποιούν ένα συνεχές κύκλωμα, μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η κυκλοφορία της θερμικής ροής. Το γεωθερμικό κύκλωμα, η τοποθέτηση του οποίου γίνεται υπόγεια, είναι τυπικά κατασκευασμένο από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE). Πρόκειται για πολύ σκληρό

πλαστικό, το οποίο είναι εξαιρετικής ανθεκτικότητας, καθώς και μεγάλης διάρκειας ζωής, επιτρέποντας ταυτόχρονα τη μετάδοση θερμότητας με αποτελεσματικό τρόπο.

Η συνένωση των επιμέρους τμημάτων επιτυγχάνεται με θερμική συγκόλληση, γεγονός που καθιστά εν τέλει τις συνδέσεις ανθεκτικότερες από τους ίδιους τους αγωγούς. Το ρευστό που κυκλοφορεί στο εσωτερικό του κυκλώματος είναι είτε νερό, είτε αντιψυκτικό υγρό ασφαλές προς το περιβάλλον.

Οριζόντια κλειστά γεωθερμικά συστήματα

Τα οριζόντια κλειστά γεωθερμικά συστήματα είναι τα πιο επωφελή από άποψη κόστους, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει αρκετή διαθέσιμη έκταση τοποθέτησης και το έδαφος είναι κατάλληλο εκσκαφής υπόγειων τάφρων. Η διάνοιξη των σκαμμάτων γίνεται με ειδικά σκαπτικά μηχανήματα, όπως εκσκαφείς και γεωτρύπανα, σε βάθος 1,5 με 2 μέτρα κάτω από την επιφάνεια. Μετά την τοποθέτηση των αγωγών σε διάταξη που εξαρτάται από τη μελέτη, γίνεται επικωμάτωση των υπόγειων τάφρων, λαμβάνοντας όμως ιδιαίτερη προσοχή στο υλικό συμπλήρωσης, καθώς υπολείμματα βράχου ή άλλων κοφτερών τεμαχίων μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στους αγωγούς. Για το λόγο αυτό, το υλικό επικωμάτωσης που προτιμάται συνήθως είναι αμμοχάλικο.

Ένα τυπικό σύστημα οριζόντιου γεωθερμικού συστήματος, αποτελείται από αγωγούς συνολικού μήκους 150 με 200 μέτρα ανά τόνο θερμικής και ψυκτικής ικανότητας. Η απαιτούμενη έκταση γης για την τοποθέτηση οριζόντιων γεωεναλλακτών κυμαίνεται από 150 m² έως 300 m² ανά τόνο θερμικής/ψυκτικής ικανότητας, ενώ ταυτόχρονα καθοριστικό ρόλο έχουν οι ιδιότητες και η θερμοκρασία του εδάφους. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν περιορισμοί στη διαθέσιμη

έκταση γης για την εγκατάσταση της διάταξης, οι αγωγοί τοποθετούνται με σχετικά πιο πυκνή διάταξη και συνδέονται, ανάλογα την περίπτωση, είτε σε σειρά είτε παράλληλα. Μία άλλη διάταξη τοποθέτησης του κυκλώματος είναι η σπειροειδής. Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται με σκοπό τη μείωση του μήκους του γεωεναλλάκτη ανά μήκος ορύγματος, απαιτεί όμως περισσότερο μήκος αγωγού ανά τόνο ικανότητας. Ο αγωγός περιστρέφεται σε σπειροειδή μορφή, επικαλυπτόμενος και εν συνεχεία τοποθετείται μέσα στο όρυγμα. Συστήματα αποτελούμενα από δύο αγωγούς απαιτούν 85 με 100 μέτρα αγωγού περισσότερα, ανά τόνο ονομαστικής ικανότητας του γεωεναλλάκτη. Επιπλέον, το μήκος του ορύγματος μειώνεται, καθώς ο αριθμός των τοποθετούμενων αγωγών αυξάνεται ή καθώς πυκνώνουν οι σπείρες της διάταξης.



Οριζόντιο Κλειστό Κύκλωμα σε Διάταξη με Σπείρες

Τέλος, μία εναλλακτική λύση τοποθέτησης του κυκλώματος που έχει αναπτυχθεί λόγω ανεπάρκειας διαθέσιμης έκτασης, είναι η εγκατάσταση των αγωγών σε μικρότερη επιφάνεια αλλά

σε μεγαλύτερο βάθος ορύγματος, υπό τη μορφή κυκλωμάτων στενής διαμέτρου αγωγού, όπως απεικονίζεται παραπάνω.

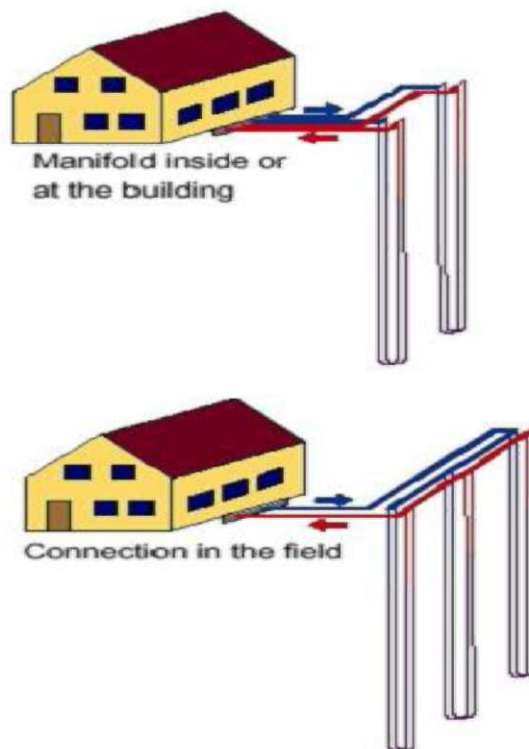
Κατακόρυφα κλειστά γεωθερμικά συστήματα

Τα κατακόρυφα κλειστά γεωθερμικά συστήματα βρίσκουν ευρεία εφαρμογή εκεί όπου υπάρχει μικρός διαθέσιμος χώρος εγκατάστασης του κυκλώματος, ή στην περίπτωση όπου η παρουσία βράχων καθιστά το σκάψιμο μη πρακτικό, καθώς και όταν επιθυμείται η όσο το δυνατό λιγότερη διατάραξη του τοπίου. Αναλυτικότερα, πραγματοποιείται διάνοιξη κάθετων γεωτρήσεων με τη χρήση γεωτρύπανου, μήκους 50 έως 150 μέτρα, ακολουθεί τοποθέτηση μονών ή πολλαπλών αγωγών σχήματος U στον πυθμένα της γεώτρησης και τέλος ακολουθεί εγκιβωτισμός των αγωγών. Κάθε κατακόρυφος αγωγός συνδέεται εν συνεχεία με οριζόντιο υπόγειο αγωγό, μέσα στον οποίο κυκλοφορεί το ρευστό από και προς την εσωτερική μονάδα εναλλαγής θερμότητας.



Γεωτρύπανο για τη διάνοιξη Γεώτρησης

Είναι γεγονός, ότι η τοποθέτηση κατακόρυφου συστήματος γεωεναλλακτών είναι πιο ακριβή, απαιτεί όμως μικρότερο μήκος αγωγών από τα οριζόντια συστήματα, καθώς η θερμοκρασία είναι πιο σταθερή καθώς απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια. Οι τυπικές απαιτήσεις αγωγών ποικίλλουν από 150 έως 200 μέτρα μήκους γεώτρησης ανά τόνο θερμικού ψυκτικού συστήματος, εξαρτώμενο πάντα από τις ιδιότητες του εδάφους, καθώς και τις θερμοκρασιακές συνθήκες αυτού. Η απαίτηση αυτή οδηγεί σε διάνοιξη 1 με 2 γεωτρήσεων ανά τόνο θερμικού φορτίου του συστήματος, απαίτηση υπαγορευόμενη πάντα από τις θερμικές ιδιότητες του εδάφους.



Κατακόρυφα Κλειστά Γεωθερμικά Συστήματα

Σημαντικό παράγοντα σχεδιασμού αποτελεί η απόσταση μεταξύ των γεωτρήσεων. Εμπειρικές τεχνικές μέθοδοι έχουν αποδείξει ότι η απόσταση αυτή θα πρέπει να είναι 5 με 8,5

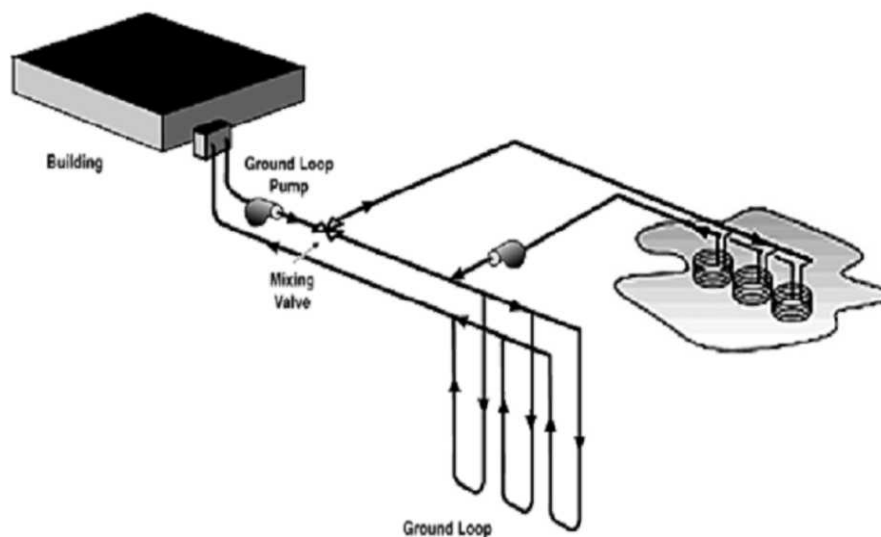
μέτρα μακριά, έτσι ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε θερμική αγωγιμότητα μεταξύ των γεωτρήσεων. Η απαιτούμενη, συνήθως, έκταση των γεωτρήσεων είναι 14 με 28 m² ανά τόνο θερμικής/ψυκτικής ικανότητας. Διάφοροι τύποι κατακόρυφων γεωεναλλακτών έχουν χρησιμοποιηθεί και ελεγχθεί. Η γεωθερμική βιομηχανία έχει αναπτύξει ταυτόχρονα σε διάφορες χώρες, ποικίλες μεθόδους εφαρμογής. Στην Ευρώπη, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι ελαχιστοποίησης της απαιτούμενης έκτασης γης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η τοποθέτηση 2 ή 3 ζευγών αγωγών σχήματος U, έναντι της τοποθέτησης 1. Στις Η.Π.Α αντιθέτως, συνηθίζεται περισσότερο η χρήση μονού ζεύγους αγωγών. Μία αξιοσημείωτη μέθοδος κατακόρυφων γεωθερμικών συστημάτων, είναι αυτή των ενεργειακών πασσάλων. Πρόκειται για εξοπλισμό των πασσάλων θεμελίωσης σε συστήματα αγωγών γεωεναλλακτών. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σε προκατασκευασμένους ή σε επί τόπου κωνευτούς πασσάλους, μεγέθους 3" έως 16".

3. Υβριδικά Κλειστά Γεωθερμικά Συστήματα

Υβριδικά γεωθερμικά συστήματα καλούνται τα συστήματα τα οποία παράλληλα με τη χρήση συστημάτων γεωθερμικών αντλιών, κάνουν χρήση και άλλων μορφών ενέργειας ή ακόμα και αυτά που χρησιμοποιούν ταυτόχρονα και τους δύο τύπους γεωθερμικών συστημάτων (ανοιχτά - κλειστά κυκλώματα), με σκοπό την παραγωγή ενέργειας για θέρμανση και ψύξη καθώς και την παροχή ζεστού νερού. Είναι προφανές ότι η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων οδηγεί σε διατάξεις με ακόμα μεγαλύτερη απόδοση ενώ παράλληλα μπορεί να επιφέρει σχεδόν μηδενική εξάρτηση από την κατανάλωση συμβατικών καυσίμων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ταυτόχρονης χρήσης κλειστού και ανοικτού κυκλώματος αποτελούν περιπτώσεις στις οποίες

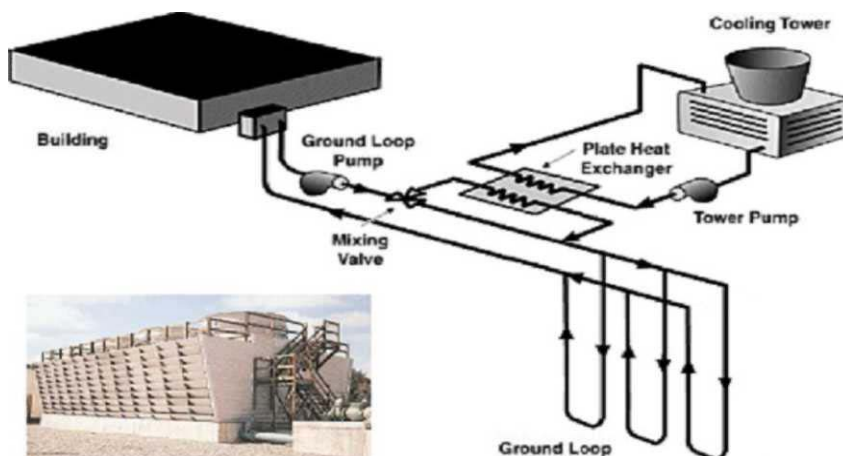
αυξημένη απόρριψη θερμότητας στο έδαφος, του ήδη υπάρχοντος συστήματος οδήγησαν σε αναζήτηση λύσεων όπως η παράλληλη λειτουργία ανοικτών γεωθερμικών κυκλωμάτων για την αποφυγή του προβλήματος. Συγκεκριμένα, σε σχολικό κτίριο στη νότια Αμερική παρατηρήθηκε ότι η απορριπτόμενη στο έδαφος θερμότητα ήταν περισσότερη από αυτή που αντλούνταν μέσω κατακόρυφου κλειστού γεωθερμικού συστήματος. Για την αποφυγή λοιπόν της υπερθέρμανσης του εδάφους, γεγονός που συνεπαγόταν αναπόφευκτα μείωση της αποδοτικότητας του συστήματος ψύξης, κατασκευάστηκε τεχνητή λίμνη ως συμπληρωματικό μέσο για την απόρριψη θερμότητας.



Υβριδικό σύστημα με ταυτόχρονη λειτουργία κλειστού και ανοικτού γεωεναλλάκτη

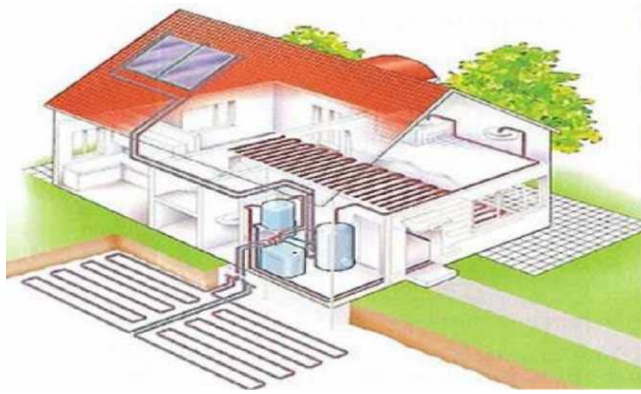
Σε περιπτώσεις όπου η κατασκευή τεχνητής λίμνης κρίνεται αδύνατη, εναλλακτική λύση αποτελεί η λειτουργία πύργου ψύξης, ο οποίος μπορεί να συνδεθεί είτε απευθείας με το γεωθερμικό κύκλωμα είτε σε συνδυασμό με εναλλάκτη απομόνωσης θερμότητας. Έρευνες στο Πανεπιστήμιο της

Οκλαχόμα απέδειξαν ότι σαφώς πιο συμφέρουσα λύση από άποψη κόστους, είναι η κατασκευή τεχνητής λίμνης από την εγκατάσταση πύργου ψύξης, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι υπάρχει διαθέσιμη έκταση.



Υβριδικό σύστημα ταυτόχρονης λειτουργίας κλειστού γεωθερμικού συστήματος και πύργου ψύξης

Μία λύση άκρως φιλική προς το περιβάλλον αποτελεί το γεωθερμικό - ηλιακό σπίτι. Για να επιτευχθεί ο στόχος της ψύξης-θέρμανσης μέσω ηλιακών συστημάτων και γεωθερμικών αντλιών, πρέπει να ληφθεί μέριμνα για το σωστό σχεδιασμό, τα υλικά κατασκευής, και τα άλλα χαρακτηριστικά του κτίσματος ώστε να συλλέγεται, αποθηκεύεται και διανέμεται η ηλιακή θερμότητα κατά τη διάρκεια του χειμώνα αλλά να εμποδίζεται η είσοδο της κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.

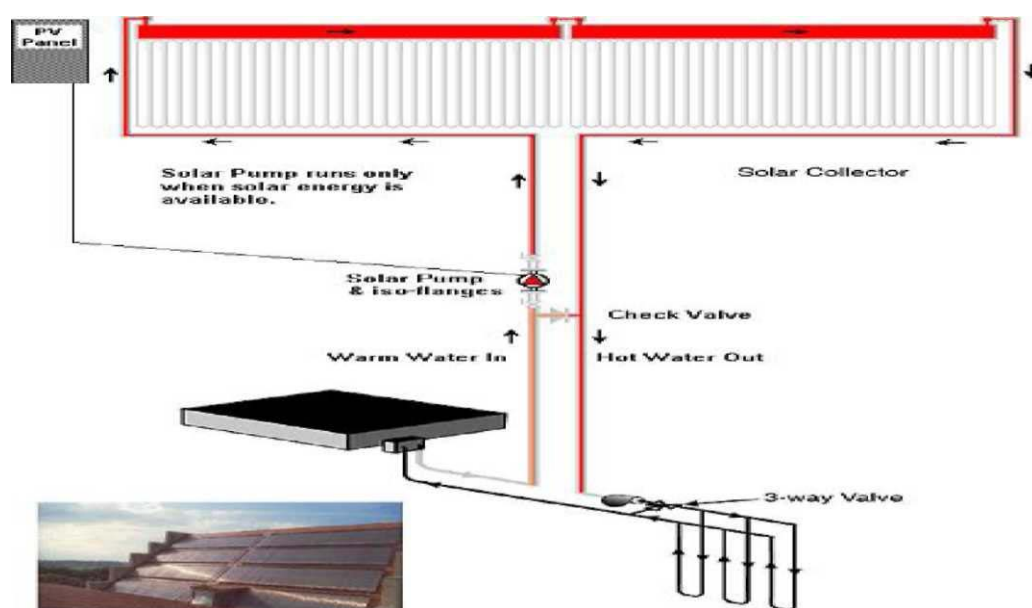


Υβριδικό σύστημα
θέρμανσης-ψύξης με
γεωθερμία και ηλιακή
ενέργεια

Γενικά τα συστήματα αυτά αποτελούνται από το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών (παραγωγή θερμικής ενέργειας), το θερμοδοχείο (αποθήκευση ενέργειας), ένα σύστημα κύριας θερμικής ενέργειας, γεωθερμική αντλία θερμότητας, ένα σύστημα θέρμανσης, ενδοδαπέδια, fan coils, και ένα σύστημα ελέγχου. Η ενέργεια των ηλιακών συλλεκτών μεταφέρεται σε ένα καλά μονωμένο θερμοδοχείο και θερμαίνει αρχικά το νερό της κεντρικής θέρμανσης και στη συνέχεια το ζεστό νερό χρήσης. Εάν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, τότε τίθεται σε λειτουργία η αντλία θερμότητας και συμπληρώνει την απαιτούμενη ενέργεια. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται μεγάλη εξοικονόμηση καυσίμων και η θέρμανση των χώρων και του νερού χρήσης επιτυγχάνεται με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον.

Ένα από τα βασικά στοιχεία ενός συστήματος γεωθερμικής-ηλιακής θέρμανσης είναι το θερμοδοχείο, το οποίο αποτελεί την "καρδιά" του συστήματος και πρέπει να είναι ειδικά μελετημένο και κατασκευασμένο για το σκοπό αυτό. Το θερμοδοχείο θα πρέπει να είναι καλά μονωμένο και κυρίως να

βοηθά στη διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας του νερού στο εσωτερικό του. Η διαστρωμάτωση του δοχείου έχει ως αποτέλεσμα τη μέγιστη απόδοση του συστήματος, τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και τη μέγιστη συλλογή ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες. Η λειτουργία του είναι πλήρως αυτοματοποιημένη έτσι ώστε ο χρήστης το μόνο που έχει να κάνει είναι να απολαμβάνει τις ιδανικές συνθήκες διαβίωσης που αυτό εξασφαλίζει.



Υβριδικό σύστημα με ηλιακό συλλέκτη

Όταν ο ήλιος δεν επαρκεί, δηλαδή τη νύχτα ή όταν έχει πολύ συννεφιά, τότε η αντλία θερμότητας μπαίνει σε λειτουργία και θερμαίνει το νερό της κεντρικής θέρμανσης, ενώ εάν παράλληλα υπάρχει και ζήτηση σε ζεστό νερό χρήσης τότε ανοίγει μια τρίοδη βάνα και διοχετεύεται ζεστό νερό από την αντλία προς το μεταλλικό εναλλάκτη. Δηλαδή τώρα το στατικό νερό του μπόιλερ και κατ' επέκταση το νερό χρήσης θερμαίνεται από την αντλία.

Επειδή η χώρα μας χαρακτηρίζεται από έντονη ηλιοφάνεια ακόμα και κατά τη διάρκεια του χειμώνα και κυρίως στις νότιες περιοχές, είναι αυτονόητο ότι ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να επιτύχει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και συνεπώς χρημάτων ιδίως όταν συνδυάζεται με συστήματα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών όπως είναι η ενδοδαπέδια θέρμανση.

4. Συστήματα Απ' ευθείας Μετάδοσης

Τα συστήματα απ' ευθείας μετάδοσης δε χρησιμοποιούν νερό ή αντιψυκτικό υγρό ως το ενδιάμεσο φέρον ρευστό για τη μετάδοση θερμότητας μεταξύ του εδάφους και του κτιρίου. Αντιθέτως, τα συστήματα αυτού του τύπου χρησιμοποιούν κλειστά κυκλώματα από σωληνώσεις μαλακού χαλκού για την απευθείας μετάδοση θερμότητας από το έδαφος στο ψυκτικό μέσο.

Εξαλείφοντας τον ενδιάμεσο συλλέκτη θερμότητας, η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου είναι πλησιέστερα στη θερμοκρασία του εδάφους, γεγονός που ελαττώνει την απαιτούμενη αναλογία συμπίεσης από την αντλία θερμότητας, μειώνοντας ταυτόχρονα και το μέγεθος και την κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία της αντλίας. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μικρότερο σε μέγεθος γεωθερμικό κύκλωμα, τόσο σε μήκος όσο και σε διάμετρο γεωτρήσεων, αφού οι σωληνώσεις χαλκού έχουν αποδειχθεί ότι είναι έξι φορές πιο αποδοτικές στη μετάδοση θερμότητας από ότι οι αγωγοί πολυαιθυλενίου που χρησιμοποιούνται στα συμβατικά κλειστά γεωθερμικά συστήματα.

Τα συστήματα απ' ευθείας μετάδοσης θερμότητας μπορούν να εγκατασταθούν τόσο σε οριζόντια διάταξη όσο και σε κατακόρυφη σχήματος U. Τα οριζόντια συστήματα απαιτούν 115 μέτρα, περίπου, αγωγού από χαλκό ανά τόνο συστήματος,

σε αντίθεση με τα κλειστά κυκλώματα πολυαιθυλενίου τα οποία απαιτούν 150 με 165 μέτρα μήκος αγωγού ανά τόνο συστήματος. Παρομοίως, στα κατακόρυφα συστήματα απευθείας μετάδοσης θερμότητας, απαιτείται διάμετρος γεώτρησης γύρω στα 7 cm με βάθος 40 μέτρα ανά τόνο, εν αντιθέσει με 10-15 cm διάμετρο γεώτρησης και βάθος 65 με 100 μέτρα των συμβατικών κατακόρυφων κλειστών κυκλωμάτων πολυαιθυλενίου. Συνεπώς, απαιτείται μικρότερη απαιτούμενη επιφάνεια εγκατάστασης, ιδιαίτερα για τα οριζόντια συστήματα.

Παρόλα αυτά, μειονεκτούν έναντι των συμβατικών συστημάτων πολυαιθυλενίου στο γεγονός ότι ο χαλκός αποτελεί υλικό επιρρεπές σε φαινόμενα οξείδωσης και διάβρωσης σε αντίθεση με την ανθεκτικότητα που χαρακτηρίζει το πολυαιθυλένιο. Επιπλέον, με τη λειτουργία συστημάτων απευθείας μετάδοσης θερμότητας μπορεί να προκληθεί ξήρανση του εδάφους από την άνοδο της θερμοκρασίας ιδιαίτερα σε λεπτόκοκκα εδάφη, μειώνοντας έτσι τη θερμική τους αγωγιμότητα και συνεπώς την αποδοτικότητα του συστήματος. Για το λόγο αυτό, τέτοια συστήματα αποδίδουν καλύτερα σε υγρά αμμώδη εδάφη.

Παράγοντες λειτουργίας γεωεναλλακτών

Μία σημαντική παράμετρος με σημαντικό ρόλο στην επιτυχή λειτουργία των κατακόρυφων γεωθερμικών συστημάτων είναι ο εγκιβωτισμός αυτών. Είναι δεδομένο ότι, η γεώτρηση θα πρέπει να δρα αποδοτικά ως πηγή ή δεξαμενή θερμότητας, ικανότητα γνωστή ως απόδοση θερμικής αγωγιμότητας για την οποία καθοριστικό ρόλο έχει ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει ο εγκιβωτισμός των αγωγών. Όπου ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας είναι κοντά στην επιφάνεια, η επίδοση της γεώτρησης μπορεί να γίνει με χαλίκι με κόκκο μικρής διαμέτρου ή αμμοχάλικο, το οποίο επιτρέπει την κυκλοφορία του υπόγειου νερού γύρω από τα στοιχεία του αγωγού σχήματος U. Σε περιπτώσεις όπου το έδαφος είναι ξηρό ή σε

περιπτώσεις όπου παρατηρούνται μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα ή ακόμη και όταν οι τοπικοί κανονισμοί απαιτούν μόνιμο σφράγισμα των γεωτρήσεων, ο εγκιβωτισμός των αγωγών θα πρέπει να γίνεται με θερμικά ενισχυμένο ένεμα. Η θερμική απόδοση μπορεί ταυτόχρονα να ενισχυθεί με τη χρήση συνδετήρων ανά διαστήματα 1,5 μέτρου κατά μήκος του αγωγού, μέσω των οποίων ασκείται δύναμη των επί μέρους αγωγών της διάταξης σχήματος U, ενάντια στα τοιχώματα της γεώτρησης. Η πολύχρονη πείρα έχει δείξει ότι το βάθος εκσκαφής, το είδος του εδάφους, το είδος της διάταξης καθώς και η γεωγραφική θέση έχουν καθοριστικό ρόλο στο αν θα χρειαστεί αντιψυκτική προστασία του ρέοντος υγρού στο κύκλωμα. Από περιβαλλοντικής άποψης, η χρήση απλού νερού είναι η πιο ενδεδειγμένη επιλογή καθώς δεν εγκυμονεί κανέναν περιβαλλοντικό κίνδυνο. Στις περιπτώσεις όμως που κριθεί απαραίτητη η αντιψυκτική προστασία υπάρχουν δύο είδη αντιψυκτικών υγρών που μπορεί να χρησιμοποιηθούν: γλυκόλη προπυλενίου και μεθυλική αλκοόλη. Στην ουσία πραγματοποιείται ανάμιξη των προαναφερθέντων ουσιών με νερό για τον σχηματισμό του κατάλληλου ρέοντος ρευστού στο κύκλωμα ανάλογα τις εκάστοτε κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.

Τέλος, όσον αφορά το υλικό των αγωγών, δεν είναι άλλο από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, ένα υλικό στο οποίο αποδίδεται εγγύηση 50 ετών. Ανεξάρτητοι έλεγχοι αποδεικνύουν χρονικό διάστημα χρησιμότητας πάνω από 200 χρόνια. Η ένωση των επί μέρους τμημάτων των αγωγών πραγματοποιείται με θερμική συγκόλληση για τη δημιουργία μίας άρθρωσης πιο δυνατής και από τα το ίδιο το υλικό του αγωγού. Απαγορεύεται η χρήση οδοντωτών τεμαχίων, σφιγκτήρων ή απλών κολλήσεων τα οποία αποδεδειγμένα οδηγούν στην αστοχία της διάταξης.

Εδαφικά χαρακτηριστικά

Τα χαρακτηριστικά του εδάφους αποτελούν σημαντικότερη παράμετρο στο σχεδιασμό των γεωεναλλακτών. Η λειτουργία ενός γεωεναλλάκτη προκαλεί ταυτόχρονη ροή θερμότητας και υγρασίας στο περιβάλλον έδαφος. Η μετάδοση της θερμότητας μεταξύ του γεωεναλλάκτη και του εδάφους προέρχεται πρωτίστως από θερμική αγωγιμότητα και κατά ένα σημαντικό βαθμό από τη μετανάστευση της υγρασίας. Για το λόγο αυτό το φαινόμενο της μετάδοσης εξαρτάται απόλυτα από το είδος του εδάφους, τη θερμοκρασία καθώς και το βαθμό υγρασίας.

Η θερμική διαπερατότητα του εδάφους αποτελεί μία προσδιορισμένη ιδιότητα, προκύπτοντας ως ο λόγος της θερμικής αγωγιμότητας (k_s) και της θερμικής ικανότητας ($\rho_s C_s$). Συνεπώς, οι τρεις αυτές ιδιότητες του εδάφους k_s , ρ_s , C_s θα πρέπει ή να είναι εκ των προτέρων γνωστές ή τουλάχιστον να μπορούν να εκτιμηθούν έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης της θερμικής συμπεριφοράς των γεωεναλλακτών. Η απόκτηση όμως ακριβών τιμών των θερμικών ιδιοτήτων του εδάφους απαιτεί ενδελεχή έρευνα. Προκειμένου να εκτιμηθούν οι θερμικές ιδιότητες κοκκωδών εδαφών (αμμώδη, αργιλικά), είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα σε άμμο ή άργιλο, η ξηρή πυκνότητα και η περιεκτικότητα του εξεταζόμενου εδάφους σε υγρασία. Οι ακόλουθες αναλυτικές εξισώσεις εφαρμόζονται στον υπολογισμό των θερμικών ιδιοτήτων του εδάφους, βασιζόμενες στην ξηρή πυκνότητα του εδάφους και στην περιεχόμενη υγρασία.

II. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η φυσική ροή τις θερμότητας είναι από τις υψηλότερες στις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι μία μηχανή, η οποία προκαλεί τη ροή θερμότητας προς την αντίθετη κατεύθυνση από τη φυσική της τάση. Λόγω του ότι η παραπάνω διαδικασία για να πραγματοποιηθεί, απαιτεί κατανάλωση ενέργειας, το όνομα "αντλία θερμότητας" χρησιμοποιείται για να περιγράψει το συγκεκριμένο μηχανήμα.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας την αποθηκευμένη στο έδαφος ηλιακή ενέργεια. Η συγκεκριμένη τεχνολογία βασίζεται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία μετά από κάποιο βάθος παραμένει πρακτικά αμετάβλητη κατά τη διάρκεια του χρόνου, θερμότερη από τον εξωτερικό αέρα το χειμώνα και ψυχρότερη το καλοκαίρι. Η γεωθερμική αντλία εκμεταλλεύεται αυτό το γεγονός, μεταφέροντας την αποθηκευμένη θερμότητα στο έδαφος ή στα υπόγεια νερά στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι λειτουργεί αντίθετα, μεταφέροντας τη θερμότητα έξω από το κτίριο πίσω στο έδαφος.

Όλες αυτές οι μηχανές, αντί να παράγουν θερμότητα, μεταφέρουν την υφιστάμενη θερμότητα από ένα χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας σε ένα χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας. Τα ψυγεία και τα κλιματιστικά μηχανήματα είναι αντλίες θερμότητας, που κινούν τη θερμότητα από τους πιο κρύους εσωτερικούς χώρους, στους θερμότερους εξωτερικούς χώρους με σκοπό την ψύξη των πρώτων. Οι αντλίες θερμότητας κινούν επίσης, τη θερμότητα από χαμηλής θερμοκρασίας πηγές σε υψηλής θερμοκρασίας χώρους με σκοπό τη θέρμανση.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των Αντλιών Θερμότητας παραθέτονται παρακάτω:

- Το 70 - 80% της ενέργειας παρέχεται δωρεάν από το περιβάλλον.
- Το κόστος λειτουργίας μειώνεται **πάνω από 60%** σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους θέρμανσης και ψύξης.
- Καταργείται η χρήση πετρελαίου και έχουμε μηδενικές εκπομπές CO₂.
- Δεν απαιτείται δεξαμενή καυσίμων και καμινάδα.
- Μεγάλη εξοικονόμηση χώρου, γιατί χρειάζεται μόνο μια μικρή και συμπαγής αντλία για θέρμανση και ψύξη.
- Δεν απαιτείται καμία συντήρηση στους Γεωεναλλάκτες, ενώ η Αντλία Θερμότητας χρειάζεται περιοδικό έλεγχο.
- Λειτουργεί αθόρυβα και δε χρειάζεται πυροπροστασία.
- Το σύστημα της Αντλίας Θερμότητας συνδυάζεται μέσω θερμοδοχείου (Boiler) και με άλλες πηγές ενέργειας, όπως για παράδειγμα τους ηλιακούς συλλέκτες.



Ενδεικτικοί τύποι αντλιών θερμότητας

Η διαδικασία της ανύψωσης της θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας σε άνω των 30°C και μεταφορά στον εσωτερικό χώρο περιλαμβάνει έναν κύκλο εξάτμισης, συμπίεσης, συμπύκνωσης και εκτόνωσης. Το ψυκτικό υγρό χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας που κυκλοφορεί μέσα στην αντλία θερμότητας.

Υπάρχουν διαφορετικά είδη γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σχεδιασμένες για τις αντίστοιχες εφαρμογές. Για παράδειγμα, πολλές γεωθερμικές αντλίες θερμότητας προορίζονται για χρήση μόνο με υψηλές σχετικά θερμοκρασίες υπόγειου νερού, όπως στα ανοιχτά κυκλώματα. Άλλες λειτουργούν με θερμοκρασίες εισόδου τόσο χαμηλές, όπως -4 °C, που συναντώνται στα συστήματα κλειστού κυκλώματος γεωεναλλάκτη. Αρκετές γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παρέχουν και ψύξη το καλοκαίρι, αλλά μερικά μοντέλα είναι σχεδιασμένα μόνο για θέρμανση το χειμώνα. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας διαφέρουν επίσης και στον τρόπο που είναι σχεδιασμένες. Υπάρχουν συστήματα που τροφοδοτούν το εσωτερικό κύκλωμα διανομής της θερμότητας του κτιρίου με νερό και λέγονται νερού-νερού, και συστήματα που το τροφοδοτούν με αέρα και λέγονται νερού-αέρα. Μια αντλία θερμότητας (είναι ένα μηχάνημα ανάλογο με τα ψυγεία μας ή τα κλιματιστικά μας) αποτελείται από:

- Εξατμιστή
- Συμπιεστή
- Συμπυκνωτή

Περιγραφή Λειτουργίας

1. Κύκλος Θέρμανσης

Κατά τον κύκλο θέρμανσης, το υπόγειο νερό ή το αντιψυκτικό μίγμα, αφού έχει κυκλοφορήσει μέσω των υπόγειων σωληνώσεων παίρνοντας τη θερμότητα του εδάφους, έχει επιστρέψει στη μονάδα αντλίας θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Στα συστήματα που χρησιμοποιείται νερό ή αντιψυκτικό μέσο, ακολουθεί η είσοδος αυτού στο θερμικό εναλλάκτη-αεροποιητή ο οποίος περιέχει ειδικό ψυκτικό μέσο, ενώ στα συστήματα απ' ευθείας μετάδοσης θερμότητας το ψυκτικό μέσο διέρχεται κατευθείαν στο συμπιεστή χωρίς τον ενδιάμεσο θερμικό εναλλάκτη.

Στη συνέχεια, η θερμότητα μεταφέρεται στο ψυκτικό μέσο, το οποίο έχει χαμηλό σημείο ζέσης και το οποίο εξαερώνεται και κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα. Στις περιπτώσεις ανοικτών κυκλωμάτων γεωεναλλακτών, το ρευστό επιστρέφει και αποδίδεται στη λίμνη ή στο πηγάδι από το οποίο αντλήθηκε. Στα κλειστά κυκλώματα, το αντιψυκτικό μίγμα ή το ψυκτικό μέσο αντλείται πίσω στο υπόγειο σύστημα σωληνώσεων, ούτως ώστε να αναθερμανθεί.

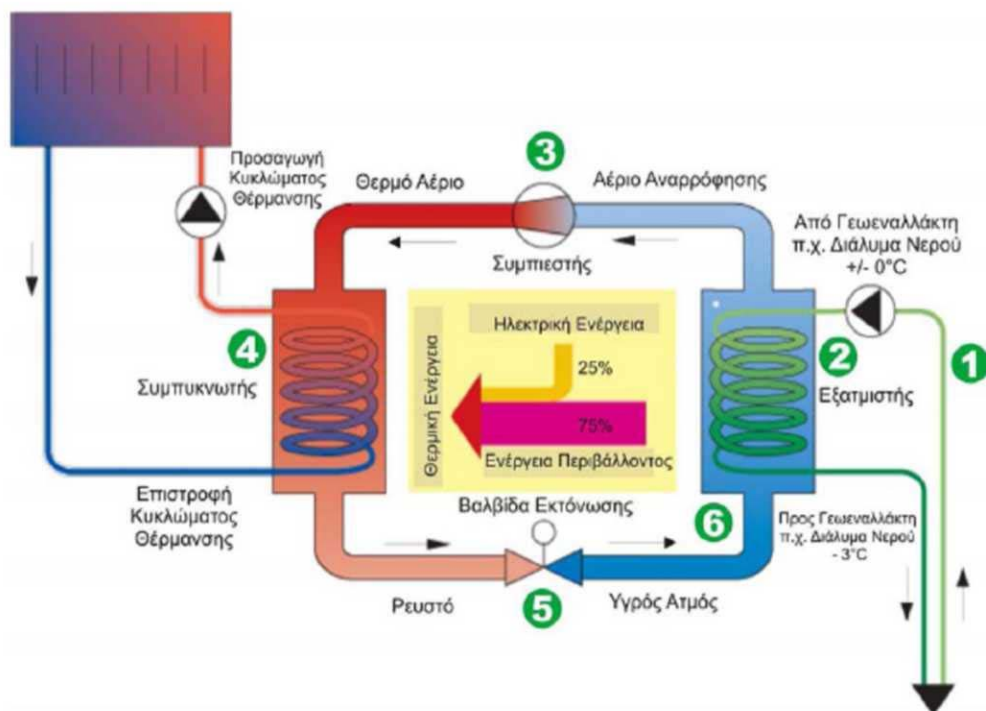
Η βαλβίδα αντιστροφής κατευθύνει τον ατμό στο συμπιεστή, μέσω του οποίου μειώνεται ο όγκος του, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του. Εν συνεχεία, ο ζεστός πια ατμός κατευθύνεται μέσω της βαλβίδας αναστροφής στο συμπυκνωτή μέσω του οποίου αποδίδει τη θερμότητα του στον αέρα, ο οποίος με τη σειρά του διαχέεται γύρω από το πηνίο και στη συνέχεια μέσω του συστήματος σωληνώσεων στο εσωτερικό του κτιρίου.

2. Παραγωγή ζεστού νερού

Κατά τη διαδικασία αυτή, νερό διέρχεται μέσω ενός πηνίου στο συμπυκνωτή, το οποίο θερμαίνεται απορροφώντας ένα ποσό της θερμότητας που διαχέεται σ' αυτόν. Πλεονάζουσα θερμότητα είναι πάντα διαθέσιμη κατά τον κύκλο ψύξης της αντλίας τους θερινούς μήνες, ακόμη όμως και στις ενδιάμεσες κλιματικές συνθήκες, όταν η αντλία θερμότητας βρίσκεται πάνω από το σημείο ισορροπίας, χωρίς να έχει περάσει στο στάδιο πλήρης ικανότητας . Υπάρχουν ακόμη και συστήματα, στα οποία η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης γίνεται κατ' επιλογή με τη λειτουργία κατάλληλου διακόπτη.

3. Κύκλος ψύξης

Ο κύκλος ψύξης αποτελεί ουσιαστικά την αντίστροφη διαδικασία του κύκλου θέρμανσης, αφού η κατεύθυνση του ατμού ορίζεται από τη βαλβίδα αντιστροφής. Το ψυκτικό μέσο-ατμός αντλεί τη θερμότητα του εσωτερικού του κτιρίου και τη μεταφέρει απ' ευθείας (στα συστήματα απ' ευθείας μετάδοσης θερμότητας) είτε στο υπόγειο νερό, είτε στο αντιψυκτικό μίγμα. Η θερμότητα αποδίδεται τότε, στις περιπτώσεις ανοιχτών κυκλωμάτων, στον υδροφορέα ή στο φρεάτιο επαναφόρτισης ή στην περίπτωση κλειστού κυκλώματος, στις υπόγειες σωληνώσεις.



Διάγραμμα λειτουργίας αντλίας

1. Το διάλυμα νερού με αντιψυκτικό που κυκλοφορεί στο κύκλωμα γεωεναλλάκτη παίρνει την ενέργεια από το έδαφος, τα υπόγεια νερά ή τον αέρα.
2. Στον εξατμιστή, η ενέργεια μεταδίδεται σε ένα οικολογικό ψυκτικό μέσο με χαμηλό σημείο βρασμού, το οποίο μετατρέπεται σε αέριο για να κυκλοφορήσει σε ένα κλειστό κύκλωμα.
3. Στο συμπιεστή, αυξάνεται η πίεση του ψυκτικού μέσου, καθώς και η θερμοκρασία του που φθάνει σε επίπεδο κατάλληλο για θέρμανση.
4. Στο συμπυκνωτή, η θερμότητα από το ψυκτικό μέσο αποδίδεται στο κύκλωμα θέρμανσης της κατοικίας.
5. Η πίεση του ψυκτικού μέσου εκτονώνεται στη βαλβίδα εκτόνωσης.
6. Το ψυκτικό μέσο ρέει πάλι προς τον εξατμιστή και η διεργασία επαναλαμβάνεται.

Συντελεστές Απόδοσης

Σκοπός της βαθμονόμησης της απόδοσης μίας μονάδας αντλίας θερμότητας είναι ο προσδιορισμός του σχετικού ποσού απαιτούμενης ενέργειας, για την παροχή ενός συγκεκριμένου θερμικού/ψυκτικού αποτελέσματος. Όσο πιο αποδοτική είναι η εγκατάσταση, τόσο λιγότερη η απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία της. Ανάμεσα στους πλέον χρησιμοποιούμενους συντελεστές χαρακτηρισμού της απόδοσης συστημάτων αντλιών θερμότητας, αποτελούν οι συντελεστές COP, EER, SEER:

- Ο συντελεστής COP (coefficient of performance) προκύπτει από το λόγο της παραγόμενης ενέργειας για θέρμανση/ψύξη, προς την καταναλισκόμενη ενέργεια.
- Ο συντελεστής HSPF (heating seasonal performance factor) προκύπτει από το λόγο της ωφέλιμης ενέργειας σε ένα έτος, προς τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια.
- Ο συντελεστής SEER (seasonal energy efficiency ratio) μίας μονάδος αντλίας θερμότητας, είναι ο λόγος της παραγόμενης ενέργειας για ψύξη σε μονάδες Btu (British thermal unit), προς τη συνολική καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια
- Ο συντελεστής EER (energy efficiency ratio) είναι ο λόγος της παραγόμενης ενέργειας για ψύξη σε μονάδες Btu (British thermal unit), προς τη συνολική καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Η διαφορά του EER με τον συντελεστή SEER είναι ότι, ο EER αναφέρεται σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή λειτουργίας υπό ορισμένες συνθήκες, ενώ ο SEER παριστάνει την αναμενόμενη γενική λειτουργία ενός τυπικού έτους. Γενικά ισχύει: $SEER = 0,875 * EER$, $EER = 3,413 * COP$.

Η διαφορά SEER και EER με τον COP εγγυάται στο ότι, ο συντελεστής COP προκύπτει από τη διαίρεση μεγεθών ίδιας μονάδας μέτρησης (Watt), ενώ οι δύο πρώτοι εμπεριέχουν τη μονάδα του χρόνου. Επιπλέον, στη βιβλιογραφία συναντάται αρκετές φορές ο όρος "τόνος θερμικής/ψυκτικής ικανότητας συστήματος", ο οποίος αποτελεί μονάδα μέτρησης απόδοσης αντλιών θερμότητας στις Ηνωμένες Πολιτείες και ισούται με: 1 tonnage=12000 Btu/hr ή 3,51 KWh. Στο εμπόριο, οι κατασκευαστές αποδίδουν στους διαθέσιμους εξοπλισμούς συντελεστή EER από 12,0 έως 16,8 (Btu/Wh) και COP από 1,5-6. Γενικά όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές των συντελεστών, τόσο οικονομικότερη καθίσταται η χρήση της αντλίας.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ - ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Με τον όρο συστήματα διανομής θερμικών-ψυκτικών φορτίων στο εσωτερικό του κτιρίου, εννοείται το σύνολο από τα δίκτυα, τα εξαρτήματα και τους αυτοματισμούς που φροντίζουν για τη διανομή της παραγόμενης θερμότητας ή ψύξης στο εσωτερικό των κτιρίων. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έχουν τη δυνατότητα απόδοσης της θερμότητας-ψύξης, απευθείας σε συστήματα αέρα ή νερού. Οι αντλίες θερμότητας δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τα κοινά σώματα των καλοριφέρ, καθώς αυτά απαιτούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες νερού, αλλά μόνο με σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (Fan Coils) ή με ενδοδαπέδια/επιτοιχία θέρμανση. Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι και η πιο ενδεδειγμένη, καθώς εξασφαλίζει τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής άνεσης και επιτρέπει και την εκμετάλλευση άλλων ήπιων συστημάτων όπως οι ηλιακοί συλλέκτες. Επιπλέον, είναι ιδανική για χώρους με μεγάλο ύψος, καθώς αποτρέπει τη θερμική διαστρωμάτωση του αέρα. Ωστόσο, η διαμόρφωση των εσωτερικών δικτύων αποτελεί

αρχιτεκτονική επιλογή και αποτέλεσμα μηχανολογικής μελέτης.

1. Ενδοδαπέδια Θέρμανση

Μία εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης καλύπτει απόλυτα τις ανάγκες κατοικιών, σχολείων, δημόσιων κτιρίων, επαγγελματικών χώρων, ξενοδοχείων, υπόγειων κατασκευών κλπ, χωρίς όμως να περιορίζεται εκεί το εύρος των εφαρμογών της. Λόγω της ομοιόμορφης και οριζόντιας κατανομής θερμότητας από το δάπεδο προς την οροφή, επιτρέπει τη θέρμανση χώρων με μεγάλο ύψος οροφής, όπως βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εκκλησίες κτλ. Η ενδοδαπέδια θέρμανση λειτουργεί με νερό χαμηλής θερμοκρασίας, από 30°C έως 45°C, που κυκλοφορεί σε σωλήνες εγκιβωτισμένους στο δάπεδο. Το ζεστό νερό μεταφέρει θερμότητα στο θερμό μπετόν που περιβάλλει τους πλαστικούς σωλήνες και στη συνέχεια το δάπεδο ακτινοβολεί θερμότητα. Αυτό σημαίνει ότι, αυτή η μορφή θέρμανσης χρησιμοποιεί σαν θερμαντικό σώμα το δάπεδο και αυτό ακριβώς είναι το χαρακτηριστικό που προσδίδει στην ενδοδαπέδια θέρμανση την πλειοψηφία των πλεονεκτημάτων που εμφανίζει.

Η θέρμανση του χώρου πραγματοποιείται με ακτινοβολία θερμότητας από το δάπεδο και διαχέεται ομοιόμορφα από τα πόδια προς το κεφάλι, προσφέροντας μία αίσθηση θερμικής θαλπωρής. Προσφέρει πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος γιατί λειτουργεί σε χαμηλές θερμοκρασίες, με συνέπεια τη χαμηλή κατανάλωση καυσίμου. Το σύστημα αυτό είναι σημαντικά οικονομικότερο, φιλικό προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα πολύ αποδοτικό, αφού η επιφάνεια των σωμάτων ενός αντίστοιχου συστήματος έχει αντικατασταθεί στη δάπεδο θέρμανση, με την επιφάνεια όλου του δαπέδου, με συνέπεια τη μεγάλη αύξηση της θερμαντικής ισχύος. Απαλλάσσοντας το κτίριο από τα εμφανή θερμαντικά σώματα, επιτρέπει την

εκμετάλλευση όλων των χώρων με λειτουργικό τρόπο, προσφέροντας ένα καλαισθητό αρχιτεκτονικό αποτέλεσμα.

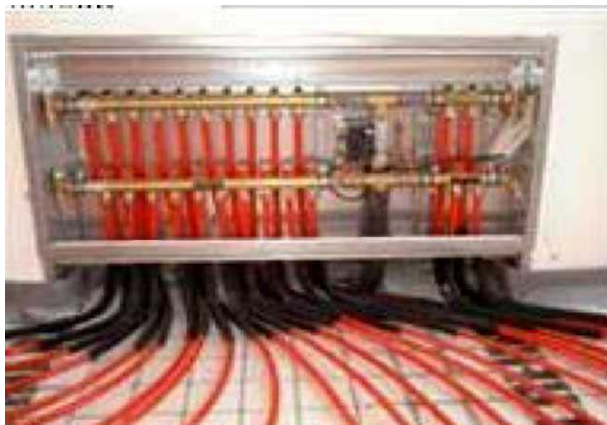
	ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΝΟΙΚΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ		ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ	
			ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ
FAN COIL UNITS	Ισχύς αντλίας	KW	13,5	12,0	12,4	12,0
	COP		4,5	6,1	4,2	6,1
	Ηλεκτρική κατανάλωση	KW	3,0	2,0	3,0	2,0
	Θερμοκρασίες ανακυκλοφορίας	°C	50-45	7-12	50-45	7-12
ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ - ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ	Θερμική Ισχύς αντλίας	KW	13,9	14,0	13,0	14,0
	COP		5,8	7,2	5,3	7,2
	Ηλεκτρική κατανάλωση	KW	2,4	2,0	2,4	2,0
	Θερμοκρασίες ανακυκλοφορίας	°C	37-32	22-17	37-32	22-17
ΣΩΜΑΤΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	Ισχύς αντλίας	KW	13,2		12,2	
	COP		3,9		3,7	
	Ηλεκτρική κατανάλωση	KW	3,3	ΜΗ ΕΦΙΚΤΟ	3,3	ΜΗ ΕΦΙΚΤΟ
	Θερμοκρασίες ανακυκλοφορίας	°C	55-50		55-50	

Χαρακτηριστικά συστημάτων αντλιών σε συνδυασμό με συστήματα διανομής στο εσωτερικό

Οι χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, απαλλάσσουν από την ξηρότητα του αέρα του χώρου και δίνουν ένα πραγματικά υγιεινό περιβάλλον. Επιπλέον, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών το σύστημα αυτό δε δημιουργεί ρεύματα αέρα κι έτσι δεν υπάρχουν φαινόμενα όπως μαυρίσματα στους τοίχους ή μεταφορά σωματιδίων και μικροβίων. Ορισμένοι από τους παράγοντες που συμβάλλουν στην απόσβεση του κόστους μιας εγκατάστασης ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι:

- Η μειωμένη κατανάλωση καυσίμων που προαναφέρθηκε (πάνω από 30%).
- Το μειωμένο κόστος κτιριακής συντήρησης.
- Το μηδενικό κόστος συντήρησης και αντικατάστασης θερμαντικών σωμάτων.
- Αύξηση του χρόνου ζωής του καυστήρα, ο οποίος λειτουργεί λιγότερες ώρες.

Το σύστημα δάπεδο δροσισμού λειτουργεί εκμεταλλευόμενο το ήδη υπάρχον δίκτυο σωληνώσεων της ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Είναι ένα λειτουργικό σύστημα που προσφέρει άνεση, απορροφώντας ομοιόμορφα θερμότητα από όλες τις κατευθύνσεις. Όταν αναφερόμαστε στην έννοια του δροσισμού, εννοούμε ότι μετατρέπουμε το δάπεδο σε μια τεράστια ψυχρή επιφάνεια. Η θερμοκρασία νερού προσαγωγής του δροσισμού στις σωληνώσεις είναι 18 - 20 °C, ενώ η θερμοκρασία του δαπέδου είναι 20 - 22 °C. Με τη λειτουργία του δροσισμού επιτυγχάνουμε μείωση της θερμοκρασίας του χώρου 4 - 6 °C. Η πηγή ενέργειας που τροφοδοτεί μία εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης-δροσισμού είναι η αντλία θερμότητας αέρα-νερού. Ο δροσισμός θα μπορούσε να τεθεί σε λειτουργία πολύ αργότερα από την ενδοδαπέδια θέρμανση,



αρκεί κατά την εγκατάσταση του συστήματος να έχει ληφθεί μέριμνα για τοποθέτηση τερματικών μονάδων νερού στο χώρο, οι οποίες θα εξυπηρετήσουν στην αφύγρανση του κατά τη λειτουργία του δαπέδου δροσισμού, καθώς και των σωλήνων

προσαγωγής και επιστροφής κρύου νερού, για την τροφοδοσία τους και του σχετικού συστήματος αυτονομίας. Ο δροσισμός λόγω της χρήσης μεγάλης ψυκτικής επιφάνειας, εμφανίζει πλεονεκτήματα όπως άνεση και υγιεινό περιβάλλον, απόλυτη ελευθερία στη διαμόρφωση των χώρων, μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και μειωμένο αρχικό κόστος κτήσης, αφού χρησιμοποιούμε το ήδη υπάρχον δίκτυο σωληνώσεων, ενώ το ψυκτικό μηχάνημα υποδιαστασιολογείται, γιατί στη συγκεκριμένη εγκατάσταση εκμεταλλευόμαστε την αδράνεια και τη θερμοχωρητικότητα του συστήματος.

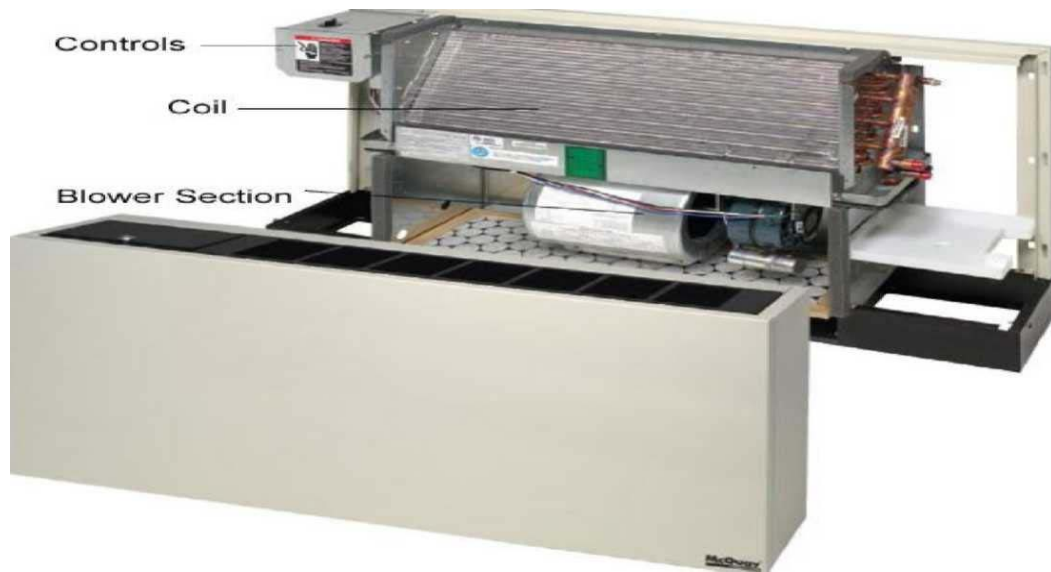
2. Σώματα Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας

Παρόμοια με την ενδοδαπέδια εγκατάσταση που προαναφέρθηκε, έτσι και τα σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα, απαιτούν για τη λειτουργία τους νερό χαμηλών θερμοκρασιών. Τα Fan Coils μοιάζουν εξωτερικά με τα κοινά κλιματιστικά, αλλά λειτουργούν με τροφοδοσία θερμού ή κρύου νερού, το οποίο χρησιμοποιούν για να ζεστάνουν ή να δροσίσουν τον αέρα. Αντίθετα με τα



Fan coils ενσωματωμένα στην οροφή

κλιματιστικά, τα Fan Coils δε χρειάζονται πολλές μικρές μονάδες στους εξωτερικούς χώρους, αλλά μόνο μία κεντρική αντλία θερμότητας.



Τυπική μονάδα δαπέδου fan coil και το εσωτερικό της

Μία μονάδα fan coil είναι ένα απλό μηχάνημα, το οποίο ουσιαστικά αποτελείται από ένα θερμικό/ψυκτικό πηνίο και τον ανεμιστήρα. Η λειτουργία τους βασίζεται στη θέρμανση-ψύξη του ψυκτικού μέσου που ρέει στις σπείρες σωλήνων στο εσωτερικό τους, οι οποίες με τη σειρά τους θερμαίνουν ή ψύχουν τον αέρα που κυκλοφορεί, μέσω των ειδικών πτερυγίων και διανέμεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η θέρμανση/ψύξη προέρχεται από την αντλία θερμότητας. Κατά την ψυκτική λειτουργία της σπείρας σωλήνων, προβλέπεται η ταυτόχρονη ύγρανση του εισερχόμενου αέρα. Το προϊόν της συμπύκνωσης είναι διαστέλλοντα υγρά, η απομάκρυνση των οποίων πραγματοποιείται με ειδικό κύκλωμα αποστράγγισης.

Τα σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας μπορούν να είναι εντοιχισμένα στην οροφή και στο δάπεδο, καθώς και εγκατεστημένα σε φανερά σημεία, ανάλογα με τα συμβατικά σώματα θέρμανσης.

Συγκριτικά με τα συμβατικά κλιματιστικά θέρμανσης/ψύξης αποτελούν πολύ οικονομικότερη επιλογή. Από τον πίνακα του σχήματος φαίνεται, πως η απόδοση της γεωθερμικής αντλίας

θερμότητας είναι μικρότερη στην περίπτωση των fan coils απ' ότι στην ενδοδαπέδια θέρμανση, το οποίο προκύπτει και από το γεγονός ότι απαιτούν μεγαλύτερες θερμοκρασίες για τη λειτουργία τους. Η εξοικονόμηση χρημάτων σε σύγκριση με ένα σύστημα καυστήρα-λέβητα εκτιμάται στο 55%, ενώ όσον αφορά την ψύξη, η εξοικονόμηση χρημάτων αγγίζει το 35% συγκριτικά με ένα κλιματιστικό αέρα-αέρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- [1] Andritsos N., Dalampakis P. & Kolios N. (2002), “Use of Geothermal Energy for Tomato Drying”, *GeoHeat Center Quarterly Bulletin*, Vol. 24 (1), p. 9-13.
- [2] Andritsos N., Dalabakis P., Karydakis G., Kolios N. & Fytikas M. (2007), “Update and Characteristics of Low-Enthalpy Geothermal Applications in Greece”, *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007)*, I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG, 7 pp
- [3] Antics M. & Sanner B. (2007), “Status of Geothermal Energy Use and Resources in Europe”, *Proceedings European Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany (30 May-1 June 2007)*. 8 pp
- [4] Arvanitis A., Sotiroudis T., Nerantzis E., Fournadzhieva S. & Koultziakis E. (2004), “Mass culture of the microalga *Spirulina* using geothermal fluids in Greece – Antioxidant activities of *Spirulina* powder extracts”, *Proceedings of the International Conference on Geothermal Energy Applications in Agriculture, May 2004, Athens, Greece*, 6 pp.
- [5] Bertani R. (2007), “World Geothermal Generation”, *Proceedings European Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany (30 May-1 June 2007)*, 11 pp.
- [6] Bjornsson Sveinbjorn (2006), “Geothermal Development and Research in Iceland”, *National Energy Authority and Ministries of Industry and Commerce, Reykjavik, Iceland*, 40 pp
- [7] Curtis R. (2007), “Geothermal heat pumps - their role in global cooling”, *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007)*, I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG, 7 pp
- [8] Dalabakis P. & Kolios N. (2006), “Asparagus early season production using low enthalpy geothermal energy”, *EUROASPER 2006*.
- [9] Geothermal Education Office, www.geothermal.marin.org
- [10] International Geothermal Association, iga.igg.cnr.it/index.php

- [11] Kagel A., Bates D. & Gawell K. (2007), “A Guide to Geothermal Energy and the Environment”, *Geothermal Energy Association, Washington D.C., U.S.A., 86 pp.*
- [12] Kolios N., Fytikas M., Arvanitis A., Andritsos N. & Koutsinos S. (2007) “Prospective Medium Enthalpy Geothermal Resources in Sedimentary Basins of Northern Greece”, *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.- European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG, 11 pp.*
- [13] Lund J., Sanner B., Rybach L., Curtis R. & Hellström et al. (2004), “Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps - A world overview”, *Geo-Heat Center Quarterly Bulletin, Vol. 25/3, p.1-10*
- [14] Lund J.W. & Chiasson A. (2007), “Examples of Combined Heat and Power Plants Using Geothermal Energy”, *Proceedings of the European Geothermal Congress 2007, Unterhaching Germany (30 May - 1 June 2007), I.G.A.-European Branch Forum, GtV-BV, SVG/SSG, 7 pp*
- [16] Stefansson, V. (2000), “The renewability of geothermal energy”, *Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan (May-June 2000), pp. 883-888*
- [17] Varet J. (2006), “Energy and climate change issues: earth science solutions”, *Geoscience for a sustainable Earth BRGM – Euro-Geo-Surveys, Bucharest, Romania, September 2006.*

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- [1] Ανδρίτσος Ν., Αρβανίτης Α., Δαλαμπάκης Π., Κολιός Ν., Κουτσινός Σ. & Φυτίκας Μ. (2005) «Απόψεις για την ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων της χώρας», *Πρακτικά 3^{ου} Εθνικού Συνεδρίου «Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: Προοπτικές και Προτεραιότητες προς το Στόχο του 2010» (23-25 Φεβρουαρίου 2005)*, Μονάδα Ανανεώσιμων Ενεργειακών Πόρων Ε.Μ.Π. & Κ.Α.Π.Ε, Αθήνα, σελ. 311-317.
- [2] Ανδρίτσος Ν., Αρβανίτης Α., Κολιός Ν. & Κουτσινός Σ. (2006), «Εφαρμογή των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε σύστημα μιας γεώτρησης και η συμβολή τους στην εξοικονόμηση ενέργειας», *Πρακτικά 8^{ου} Εθνικού Συνεδρίου του Ι.Η.Τ. για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας (Θεσ/νίκη 29-31/3/2006)*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, σελ. 525-530
- [3] Ανδρίτσος Ν. (2007), «Χρήσεις γεωθερμίας, προβλήματα, λύσεις και προοπτικές», *Ημερίδα με θέμα «Αξιοποίηση γεωθερμικών εφαρμογών θέρμανσης - ψύξης και εξοικονόμησης ενέργειας» (11/12/2007)*, Θεσσαλονίκη.
- [4] Αρβανίτης Α. & Τσεκούρα Αικ. (2007), «Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας για οικιακές εγκαταστάσεις», *Περιοδικό «ENERGY point», Τεύχος 5 (Οκτώβριος 2007)*, σελ. 56-59, Αθήνα.
- [5] Μενδρινός Δ. & Καρύτσας Κ. (2005), «Ηλεκτροπαραγωγή από Γεωθερμία Χαμηλής Ενθαλπίας <150°C», *Πρακτικά 3^{ου} Εθνικού Συνεδρίου «Η Εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: Προοπτικές και Προτεραιότητες προς το Στόχο του 2010» (23-25 Φεβρουαρίου 2005)*, Αθήνα, σελ. 307-310.
- [6] Φυτίκας Μ., Κολιός Ν. & Δαλαμπάκης Π. (1996), «Γεωθερμία: Η Θερμική Ενέργεια της Γης», *Περιοδικό «ΕΝΕΡΓΕΙΑ», τεύχος 18*, σελ. 29-47.
- [7] Φυτίκας Μ. & Ανδρίτσος Ν. (2004), «Γεωθερμία», *Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη*, 416 σελ.
- [8] Χατζηγιάννης Γ. & Αρβανίτης Α. (2007), «Συστήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας», *Περιοδικό «Περιβάλλον & ENGINEERING 2007», Ετήσια Έκδοση για την Τεχνολογία Προστασίας του Περιβάλλοντος, Εκδόσεις ΜΕΛΕΩΝ - Τεχνικές Κλαδικές Εκδόσεις*, σελ. 280-286, Αθήνα.