

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

**ΣΧΟΛΗ : ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ - ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ΣΠΑΝΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΙΑ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΔΡ. ΤΣΙΚΑΛΑΚΗΣ
ΑΝΤΩΝΗΣ**

ΧΑΝΙΑ 2013

Στους γονείς μου
τον σύζυγό μου
και την αδερφή μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ :

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη, συνεπώς ανανεώσιμη, μορφή ενέργειας, η οποία αποτελεί ένα φυσικό εγχώριο πλούτο. Η γη διαθέτει τεράστια αποθέματα θερμικής ενέργειας, που θεωρητικά θα μπορούσε να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες της, ενώ πρακτικά να συμμετέχει με ένα αξιόλογο ποσοστό. Η επικράτηση των συμβατικών πηγών ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) στο διεθνή ενεργειακό σχεδιασμό για πολλά χρόνια μέχρι σήμερα, είχε σαν συνέπεια την αδρανοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα της γεωθερμίας.

Παρ' όλα αυτά, η αξιοποίηση της ξεκίνησε στις αρχές του 1900 στην Ιταλία (Larderello) με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ στην Ισλανδία από το 1925 άρχισε η θέρμανση οικιών. Ουσιαστικά, όμως, η εμπορική ανάπτυξη της γεωθερμίας ξεκίνησε το 1955 στη Νέα Ζηλανδία, όπου οι γεωθερμικοί ατμοί χρησιμοποιήθηκαν εντατικά για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να διαδραματίσει ένα δευτερεύοντα ρόλο στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, όμως ως εγχώρια πηγή ενέργειας είναι δυνατό να παίξει πρωταγωνιστικό ρόλο σε τοπικό επίπεδο.

Η χώρα μας είναι ιδιαίτερα ευνοημένη όσον αφορά στην ύπαρξη γεωθερμικής ενέργειας και τα τελευταία 30 περίπου χρόνια έχει πραγματοποιηθεί αξιόλογη βασική έρευνα, εντοπίζοντας ένα σημαντικό αριθμό γεωθερμικών πεδίων και πλήθος γεωθερμικά ελπιδοφόρων περιοχών. Η Ελλάδα, μαζί με την Ιταλία και την Πορτογαλία, είναι οι μόνες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις οποίες υπάρχουν πεδία υψηλής ενθαλπίας (με θερμοκρασία ρευστών μεγαλύτερη των 150°C) και από τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν τα γεωθερμικά ρευστά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, η χώρα μας διαθέτει πληθώρα περιοχών, κυρίως στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα και στα νησιά του Αιγαίου, με θερμοκρασίες ταμειυτήρων που φτάνουν και μερικές φορές ξεπερνούν τους 100°C. Τα ρευστά των ταμειυτήρων αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση σειράς εφαρμογών όπως θέρμανση χώρων, θέρμανση θερμοκηπίων, ιχθυοκαλλιέργειες κ.λπ.

Ένας από τους βασικούς λόγους για την καθυστέρηση ανάπτυξης εντατικής έρευνας και αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα, είναι και οι αντιδράσεις των τοπικών κοινωνιών, οι οποίες διαμορφώθηκαν βασικά μέσα από άστοχες ενέργειες του παρελθόντος. Οι αντιδράσεις αυτές κατέχουν όλα εκείνα τα ιδιαίτερα γνωρίσματα του κοινωνικού φαινομένου NIMBY. Επομένως, οι βασικοί άξονες των παρεμβατικών δράσεων σε μια προσπάθεια αντιστροφής της κατάστασης θα πρέπει να αναζητηθούν στα πλαίσια αντιμετώπισης προβλημάτων NIMBY* .

Η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας NIMBY ανέδειξε ένα σημαντικό κενό στην περίπτωση της γεωθερμίας, καθώς δεν εντοπίστηκε καμία συναφής, με το συγκεκριμένο αντικείμενο, επιστημονική εργασία.

*Σύνδρομο NIMBY

Ο όρος “σύνδρομο NIMBY” χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1980 από τη Βρετανίδα συγγραφέα Emilie Travel Livezey, ενώ έγινε ευρέως γνωστός από το Βρετανό πολιτικό N. Ridley. Το NIMBY προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Not In My Back Yard και αναφέρεται στη συλλογική άρνηση των κατοίκων μιας περιοχής να δεχτούν μια αλλαγή στο τοπικό τους περιβάλλον. Οι αντιδράσεις NIMBY βασίζονται στην πεποίθηση ότι αυτή η αλλαγή θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στην κοινωνική και οικονομική κατάσταση καθώς και στην ποιότητα ζωής της τοπικής κοινωνίας.

Βασικά Αίτια:

- Άγνοια των κατοίκων και αδιαφορία για την έγκαιρη ενημέρωσή τους
- Σύγκρουση συμφερόντων
- Απουσία αξιόπιστου ελεγκτικού μηχανισμού με ταυτόχρονη έλλειψη εμπιστοσύνης στον κρατικό μηχανισμό
- Απουσία ενός ανεξάρτητου και αμερόληπτου φορέα που θα αναλάβει την περιβαλλοντική μελέτη και θα ενημερώσει τους κατοίκους
- Αναμφισβήτητες επιπτώσεις ενός έργου όπως εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, υποβάθμιση της γης, παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων κ.α.

Συνήθη Αποτελέσματα:

- Καθυστέρηση στην έναρξη κάποιου έργου
- Αύξηση του κόστους
- Ματαίωση σχεδίου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ :

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία θα μάθουμε για την Γεωθερμία και πιο συγκεκριμένα για την Γεωθερμία Χαμηλής Ενθαλπίας και την χρήση της για θέρμανση κτηρίων.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γνωριμία με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και μια σύντομη αναφορά στις κατηγορίες των ΑΠΕ που είναι : η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η γεωθερμία, η βιομάζα, η υδραυλική ενέργεια και η ενέργεια των κυμάτων. Αναφέρονται ακόμη και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο μαθαίνουμε τι είναι η Γεωθερμία, ποια η θέση της στην Ελλάδα, ποια η θέση της παγκοσμίως καθώς και κάποια ιστορικά στοιχεία. Αναφέρονται επίσης τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα της γεωθερμικής ενέργειας, που μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε καθώς επίσης και που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα αναφερόμενοι κιόλας σε κάποια παραδείγματα. Οι εφαρμογές της Γεωθερμίας που ποικίλουν ανάλογα με την θερμοκρασία καθώς επίσης και οι κατηγορίες των γεωθερμικών πεδίων.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια να γνωρίσουμε την Γεωθερμία Χαμηλής Ενθαλπίας. Βλέπουμε μια λεπτομερής αναφορά στα κλειστά γεωθερμικά συστήματα, και σε ποιους τομείς αυτά χωρίζονται, στα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (ΓΑΘ) και τέλος στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ΓΑΘ.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στην χρήση της γεωθερμίας για θέρμανση σε κτήρια. Για να το καταφέρουμε αυτό θα πρέπει να γνωρίζουμε τις προϋποθέσεις αντικατάστασης ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης καθώς επίσης και τις προϋποθέσεις εγκατάστασης του σωστού συστήματος γεωθερμίας. Την απόδοση του συστήματος και σε πόσο χρονικό διάστημα θα κάνουμε απόσβεση. Γίνεται μια σύγκριση με τα συμβατικά σώματα θέρμανσης, μαθαίνουμε τι μπορούμε να κάνουμε αν έχουμε μια παλιά οικία στην οποία θέλουμε να αλλάξουμε το σύστημα θέρμανσης και βλέπουμε και κάποια παραδείγματα.

Με την τεχνική ανάλυση ασχολούμαστε στο πέμπτο κεφάλαιο. Για να κάνουμε μια εγκατάσταση σωστά θα πρέπει να ξέρουμε και το τεχνικό σκέλος της. Θα πρέπει να γνωρίζουμε τι να ελέγχουμε στους γεωεναλλάκτες, σε ένα ανοιχτό σύστημα, τι χρειάζεται σε μια γεωθερμική αντλία θερμότητας καθώς και σε ένα σύστημα ΓΑΘ. Σ' αυτό το κεφάλαιο λοιπόν παίρνουμε μια μικρή ιδέα για τα τεχνικά στοιχεία.

Στο έκτο κεφάλαιο βλέπουμε τα οικονομικά στοιχεία που θα χρειαστούν για να κάνουμε μια γεωθερμική εγκατάσταση. Για παράδειγμα το κόστος μιας ΓΑΘ, τα κριτήρια επιλογής ενός συστήματος κανονικής γεωθερμίας, κάποια βασικά οικονομικά, πως θα καταφέρουμε να έχουμε μείωση λειτουργικών εξόδων κ.α.

Το έβδομο κεφάλαιο περιέχει τον επίλογο της παρούσας πτυχιακής εργασίας καθώς και τα συμπεράσματα.

Η πραγματοποίηση της παρούσας πτυχιακής δεν θα ήταν εφικτή εάν δεν υπήρχε η ουσιαστική βοήθεια κάποιων ανθρώπων που θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Τον καθηγητή μου κ. Τσικαλάκη Αντώνη για την ευκαιρία που μου έδωσε και τις πληροφορίες που μου παρείχε γιατί χωρίς την βοήθειά του η εργασία αυτή δεν θα είχε πραγματοποιηθεί.

Τους καθηγητές μου Δρ. Σταυρουλάκη Γεώργιο και Δρ. Μηχ. Μαραβελάκη Μανώλη για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια, στήριξη και την συνεχή προτροπή τους για κάτι καλύτερο.

Και τέλος ευχαριστώ θερμά και μέσα από την καρδιά μου τους γονείς μου, τον άντρα μου και την αδερφή μου για την αγάπη τους, την υπομονή τους, την στήριξή τους στις επιλογές μου γιατί χωρίς την πολύτιμη βοήθειά τους δεν θα είχα καταφέρει να ολοκληρώσω τις σπουδές μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαια

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- 1.1. Τι είναι οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ)
 - 1.1.1. Ηλιακή ενέργεια
 - 1.1.2. Αιολική ενέργεια
 - 1.1.3. Γεωθερμία
 - 1.1.4. Βιομάζα
 - 1.1.5. Υδραυλική ενέργεια
 - 1.1.6. Ενέργεια των κυμάτων
- 1.2. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

- 2.1. Τι είναι Γεωθερμία
- 2.2. Η γεωθερμία στην Ελλάδα
- 2.3. Η Γεωθερμία παγκοσμίως
- 2.4. Ιστορικά στοιχεία
- 2.5. Μειονεκτήματα – Πλεονεκτήματα της Γεωθερμίας
- 2.6. Χρήσεις γεωθερμικής ενέργειας
- 2.7. Γεωθερμικές χρήσεις στην Ελλάδα
- 2.8. Εφαρμογές γεωθερμίας
- 2.9. Κατηγορίες γεωθερμικών πεδίων
- 2.10. Γεωθερμικά πεδία
 - 2.10.1. Γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας
 - 2.10.2. Γεωθερμικά πεδία μέσης ενθαλπίας
 - 2.10.3. Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας
 - 2.10.4. Γεωθερμικά πεδία πολύ χαμηλής ενθαλπίας
 - 2.10.5. Γεωθερμικά πεδία αβαθούς υπεδαφικής θερμότητας

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ

- 3.1. Τι είναι γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας
- 3.2. Κλειστά γεωθερμικά συστήματα
 - 3.2.1. Κλειστό οριζόντιο γεωθερμικό σύστημα
 - 3.2.1.1. Βήματα εγκατάστασης οριζόντιου γεωεναλλάκτη
 - 3.2.1.2. Τι πρέπει να προσέξουμε στην οριζόντια γεωθερμία
 - 3.2.2. Κλειστό κατακόρυφο γεωθερμικό σύστημα
 - 3.2.2.1. Βήματα εγκατάστασης κατακόρυφου γεωεναλλάκτη
 - 3.2.2.2. Τι πρέπει να προσέξουμε στην κατακόρυφη γεωθερμία
- 3.3. Συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (ΓΑΘ)
- 3.4. Πλεονεκτήματα χρήσης γεωθερμικών αντλιών
- 3.5. Μειονεκτήματα χρήσης γεωθερμικών αντλιών

4. ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ

- 4.1. Προϋποθέσεις αντικατάστασης
- 4.2. Επιλογή συστήματος γεωθερμίας
- 4.3. Προϋποθέσεις εγκατάστασης
- 4.4. Απόδοση και απόσβεση του γεωθερμικού συστήματος
- 4.5. Σύγκριση με τα συμβατικά σώματα
- 4.6. Τι μπορεί να γίνει στα παλιά σπίτια

5. ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

- 5.1. Συντήρηση συστήματος γεωθερμίας
- 5.2. Συντήρηση Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας
 - 5.2.1. Γεωεναλλάκτες
 - 5.2.2. Ανοιχτό σύστημα
 - 5.2.3. ΓΑΘ
- 5.3. Συντήρηση συστήματος ΓΑΘ

6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

- 6.1. Κόστος ΓΑΘ
- 6.2. Κριτήρια επιλογής συστήματος κανονικής γεωθερμίας (GSHP) – Γενικά
- 6.3. Βασικά οικονομικά
- 6.4. Μείωση λειτουργικών εξόδων
- 6.5. Εκτίμηση θερμικών / ψυκτικών αναγκών – Βαθμοημέρες
- 6.6. Βαθμοημέρες – Μεθοδολογία υπολογισμού (συνοπτικά)
- 6.7. Από βαθμοημέρες σε εκτίμηση θέρμανσης / ψύξης
- 6.8. Λοιπά οφέλη
- 6.9. Επίδραση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτηρίου
- 6.10. Τυπικά κόστη εγκατάστασης

7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : Ι

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ) :

Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (ΑΠΕ) ή *ήπιες μορφές ενέργειας*, ή *νέες πηγές ενέργειας*, ή *πράσινη ενέργεια* είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι :

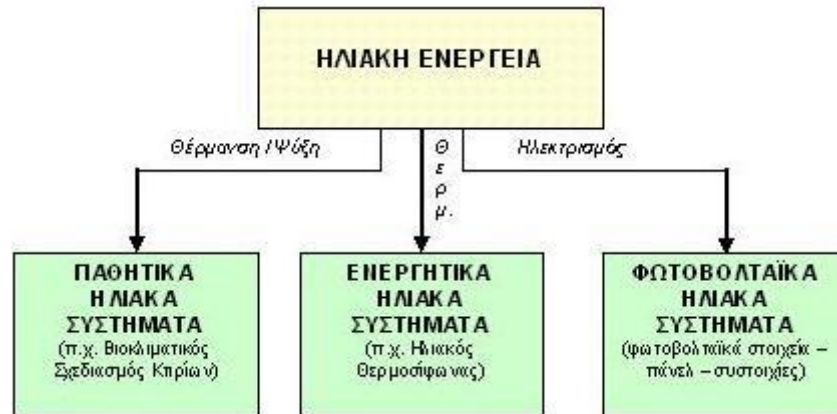
1.1.1. Η ηλιακή ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά

συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή Ηλιοθερμικά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



1.1.2. Η αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.



1.1.3. Η γεωθερμία

Με τον όρο «**Γεωθερμία**», θα μπορούσε να δημιουργηθεί σύγχυση, διότι ο όρος αναφέρεται στη θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ως γεωθερμία ορίζεται η εκμετάλλευση της ενέργειας από το εσωτερικό της γης από όπου με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας επιτρέπεται η μεταφορά θερμότητας από και προς το έδαφος για παραγωγή ψύξης, θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης για οικιακές αλλά και ευρύτερης κλίμακας εφαρμογές.



1.1.4. Η βιομάζα

Με τον όρο **βιομάζα** αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Το καύσιμο βιομάζας είναι γνωστό στην Ελλάδα κι ως πέλετ.



1.1.5. Η υδραυλική ενέργεια

Υδραυλική και εν μέρει **υδροηλεκτρική ενέργεια** είναι η ενέργεια που αποταμιεύεται ως δυναμική ενέργεια μέσα σε βαρυτικό πεδίο με τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νερού σε υψομετρική διαφορά από τη συνέχιση της ροής του ελεύθερου νερού, και αποδίδεται ως κινητική μέσω της υδατόπτωσης. Η κινητική ενέργεια, στη συνέχεια, μπορεί είτε να χρησιμοποιείται αυτούσια επιτόπου (π.χ. νερόμυλοι), είτε να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή άλλες, που την αποθηκεύουν, ώστε τελικά να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις. Στον γήινο κύκλο του νερού η ενέργεια προέρχεται κυρίως από τον ήλιο που εξατμίζει, σηκώνει ψηλά δηλαδή (στην ατμόσφαιρα), μεγάλες ποσότητες νερού. Η εκμετάλλευση της ενέργειας στον κύκλο αυτό γίνεται με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρες, φράγματα, κλειστοί αγωγοί πτώσεως, υδροστρόβιλοι, ηλεκτρογεννήτριες, διώρυγες φυγής).



1.1.6. Η ενέργεια των κυμάτων

- Ενέργεια από παλίρροιες. Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.
- Ενέργεια από κύματα. Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.
- Ενέργεια από τους ωκεανούς. Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας.



Πολλά από τα ενεργειακά προβλήματα που μας απασχολούν (όξινη βροχή, ατμοσφαιρική ρύπανση κ.τ.λ.) συνδέονται με την ενέργεια που παράγουμε και καταναλώνουμε. Ειδικότερα το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που οφείλεται στις ενεργειακές καύσεις, που έχουν σαν συνέπεια την αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα, συνιστά μια σοβαρή απειλή για μια γενικότερη κλιματική μεταβολή στον πλανήτη.

Η Ελλάδα, με βάση τις συμβατικές τις υποχρεώσεις (πρωτόκολλο του Κιότο), οφείλει να συμμετάσχει ενεργά στη διεθνή προσπάθεια για τον περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου. Ο στόχος αυτός προϋποθέτει κυρίως επεμβάσεις στον ενεργειακό τομέα, καθώς τα αέρια αυτά προέρχονται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους από την παραγωγή και χρήση ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) μπορούν να έχουν σημαντική συμβολή στην επίτευξη του στόχου, καθώς είναι οι μόνες πηγές ενέργειας που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με εκπομπές CO₂. Πέρα όμως από τα στενά πλαίσια αντιμετώπισης του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα χαρακτηριστικά των ΑΠΕ (διασπορά στο χώρο, μη εξαντλησιμότητα, ευέλικτη διαχείριση, συμβολή στην περιφερειακή ανάπτυξη, δυνατότητα δημιουργίας θέσεων απασχόλησης κ.τ.λ.) τις καθιστούν συστατικό στοιχείο μιας νέας αναπτυξιακής πολιτικής και μοναδική μακροπρόθεσμη απάντηση στην πορεία προς ένα βιώσιμο μέλλον.

1.2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα **πλεονεκτήματα** της εφαρμογής τεχνολογιών που βασίζονται στη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι :

- 1) Τα συστήματα αυτά (ΦΒ, αιολικά κ.τ.λ. εκτός της βιομάζας) είναι φιλικά προς το περιβάλλον καθώς δεν εκπέμπουν ρύπους και δεν ενισχύουν τα περιβαλλοντικά προβλήματα που ήδη υπάρχουν και “ταλαιπωρούν” τον πλανήτη, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η όξινη βροχή κ.τ.λ.
- 2) Ο ήλιος, ο άνεμος, η υδατόπτωση κ.α. είναι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Όσο και αν τις εκμεταλλευτούμε, θα συνεχίσουν να υπάρχουν, σε αντίθεση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας όπως το πετρέλαιο, που υπολογίζεται πως κάποια στιγμή θα εξαντληθεί.
- 3) Νέες τεχνολογίες δημιουργούν, νέες θέσεις εργασίας και ανοίγουν βέβαια νέους ορίζοντες στην έρευνα.
- 4) Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- 5) Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- 6) Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- 7) Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Τα **μειονεκτήματα** χρήσης αυτών των σύγχρονων τεχνολογιών είναι :

- 1) Το αρχικό κόστος μιας επένδυσης για εγκατάσταση κάποιων συστημάτων ΑΠΕ είναι υψηλό (όχι όλων, π.χ. το κόστος των αιολικών και των γεωθερμικών δεν είναι πολύ υψηλό). Με τη σωστή όμως μελέτη, οι ειδικοί μπορούν να εγγυηθούν απόσβεση σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- 2) Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- 3) Οι ήπιες επιπτώσεις των ΑΠΕ.
Σε αρκετές περιπτώσεις εγκατάστασης αιολικών πάρκων έχει δημιουργηθεί πρόβλημα στην αδειοδότηση τους, από κάποιες υπηρεσίες, καθώς επικαλούνται λόγους αισθητικής. Οι ανεμογεννήτριες μεγάλων διαστάσεων λέγεται ότι προσβάλλουν την αισθητική του τοπίου, σίγουρα όμως το θέαμα που προσφέρουν είναι πολύ καλύτερο από αυτό των καπνοδόχων των εργοστασίων της ΔΕΗ.
Είναι γνωστό ότι για την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται μπαταρίες, οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα όταν καταστραφούν.
Συστήματα όπως τα αιολικά (με ανεμογεννήτριες μεγάλης ισχύος) και οι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, δημιουργούν ηχορύπανση και έτσι όταν

βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές, προκαλούν την αντίδραση των κατοίκων.

- 4) Κάτι ακόμα αρνητικό που χρεώνουν στη λειτουργία μονάδων εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι η παραγόμενη ηλεκτρομαγνητική ενέργεια και οι επιδράσεις στα πουλιά που πετούν χαμηλά και τυχαίνει να χτυπούν στα φτερά των ανεμογεννητριών. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που εκπέμπεται όμως, είναι πάρα πολύ μικρής έντασης και δεν μπορεί να βλάψει κανέναν.

Όσο για τα πουλιά είναι καλό να αποφεύγονται περιοχές όπου υπάρχουν πολλά σμήνη ή περιοχές που αποδεδειγμένα αποτελούν νυχτερινά περάσματα αποδημητικών πουλιών. Ωστόσο υπολογίζεται ότι εκείνα που πεθαίνουν λόγω συγκρούσεων με κινούμενα οχήματα είναι 300 φορές περισσότερα από εκείνα που πεθαίνουν από ΑΓ.

- 5) Το σημαντικότερο μειονέκτημα όμως, είναι η στοχαστική συμπεριφορά των ΑΠΕ και η τυχειότητα που αυτή συνεπάγεται στην παραγωγή. Καθώς δεν μπορούμε να έχουμε π.χ. άνεμο ή ηλιοφάνεια, όταν εμείς θέλουμε, αλλά όταν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέψουν.

2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

2.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ :

Η λέξη Γεωθερμία είναι σύνθετη και ετυμολογικά προέρχεται από το ουσιαστικό «Γη» και το ρήμα «θέρω» που σημαίνει θερμαίνω, κάνω κάτι θερμό. Άμεσα, υποδηλώνεται ότι η Γεωθερμία σχετίζεται απόλυτα με τη ροή της γήινης θερμότητας, την κυκλοφορία των υπόγειων θερμών ρευστών και το μηχανισμό αυτών σε συνδυασμό με τις γεωλογικές συνθήκες, την κατανομή της θερμοκρασίας στο υπέδαφος, τον εντοπισμό γεωθερμικών πεδίων και την αξιοποίηση αυτών με παραγωγικές γεωτρήσεις.

Η Γη διαθέτει υπέρογκα ποσά θερμικής ενέργειας, τόσα, που σε θεωρητικό μιν επίπεδο θα μπορούσαν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες όλων των κρατών, πρακτικά δε, να συμμετέχουν με ένα αξιόλογο ποσοστό στην ενεργειακή κάλυψη αυτών.

Όμως για πολλά χρόνια έως και σήμερα στο διεθνή ενεργειακό σχεδιασμό, είχε επικρατήσει η χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας) για την ενεργειακή κάλυψη, με αποτέλεσμα η γεωθερμική ενέργεια να παραμένει ανεκμετάλλευτη.

Στο εσωτερικό της Γης επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, που στην επιφάνεια της Γης εκδηλώνονται με διάφορες μορφές, όπως υδροθερμικοί ή φρεατικοί κρατήρες, θερμές πηγές, θερμοπίδακες, ατμίδες, λεκάνες ιλύος, θερμά εδάφη. Η θερμότητα που ανέρχεται από το εσωτερικό της Γης προς το στερεό φλοιό και την επιφάνεια, είναι μετρήσιμη, αλλά δεν είναι όλη εκμεταλλεύσιμη. Αυτή βρίσκεται εγκλωβισμένη σε γεωλογικούς σχηματισμούς και σε ρευστά που κυκλοφορούν στο εσωτερικό της Γης, η δυνατότητα δε της εκμετάλλευσής της εξαρτάται από το βαθμό και της συνθήκες συγκέντρωσής της.

Η Γεωθερμία ανήκει στην ευρύτερη κατηγορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Κυριότερος στόχος αυτής είναι ο εντοπισμός, η μελέτη και η αξιοποίηση γεωθερμικών περιοχών, δηλαδή περιοχών όπου η θερμική ροή είναι αυξημένη και παρουσιάζονται θετικές γεωθερμικές ανωμαλίες σε σχετικά μικρό βάθος. Τέτοιες περιοχές σχετίζονται με την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών και με μαγματικές διεισδύσεις. Μία περιοχή για να χαρακτηριστεί γεωθερμικού ενδιαφέροντος, πρέπει να συνυπάρχουν τα εξής: αυξημένη θερμική ροή, κυκλοφορία ρευστών και ειδικές γεωλογικές συνθήκες (υδροπερατοί σχηματισμοί, στεγανό κάλυμμα, κατάλληλη τεκτονική και μια εστία θερμότητας σε μικρό βάθος).

Η αναζήτηση ενός γεωθερμικού πεδίου με στόχο την εκμετάλλευσή του απαιτεί μια σειρά από εργασίες, όπως γεωλογικές μελέτες, γεωφυσικές διασκοπήσεις, γεωτρήσεις δειγματοληψίας, υδρολογικές μελέτες, γεωχημικές μελέτες, διάφορες μετρήσεις της θερμότητας του πεδίου κλπ. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής θα πρέπει να προσδιορίζουν το είδος του πεδίου (χαμηλής, μέσης, υψηλής ενθαλπίας), το μέγεθός του, το θερμικό του φορτίο, τις γεωθερμικές ιδιότητές του κλπ.

2.2. Η ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100-1500 μ). Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση.

Η έρευνα για την αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας άρχισε ουσιαστικά το 1971 με βασικό φορέα το ΙΓΜΕ και μέχρι το 1979 (πριν από τη δεύτερη ενεργειακή κρίση) αφορούσε μόνο τις περιοχές υψηλής ενθαλπίας. Κατά την εξέλιξη των εργασιών η ΔΕΗ, σαν άμεσα ενδιαφερόμενη για την ηλεκτροπαραγωγή, ανέλαβε τις παραγωγικές γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας και την ανάπτυξη των πεδίων, χρηματοδοτώντας επιπλέον τις έρευνες στις πιθανές για τέτοια ρευστά γεωθερμικές περιοχές. Συντάχθηκε ο προκαταρκτικός χάρτης γεωθερμικής ροής του ελληνικού χώρου, όπου φάνηκε ότι η γεωθερμική ροή στην Ελλάδα είναι σε πολλές περιοχές εντονότερη από τη μέση γήινη. Από το 1971 ερευνήθηκαν οι περιοχές: Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, Μέθανα, Σουσάκι Κορινθίας, Καμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Υπάτη, Αιδηψός, Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως, Νότια Θεσσαλία, Αλμωπία, περιοχή Στρυμόνα, περιοχή Ξάνθης, Σαμοθράκη και άλλες.

Η αυξημένη ροή θερμότητας, λόγω της έντονης τεκτονικής και μαγματικής δραστηριότητας, δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες, με μέγιστες τιμές γεωθερμικής βαθμίδας που πολλές φορές ξεπερνούν του 100° C/km. Σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, η ενέργεια αυτή θερμαίνει «ρηχούς» υπόγειους ταμιευτήρες ρευστών σε θερμοκρασίες μέχρι 100 °C. Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα. Η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει σημαντική, καθόσον αποτελούν ενεργειακό πόρο φιλικό στο περιβάλλον, κοινωνικά αποδεκτό και παρουσιάζουν σημαντικό οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον.

Στην Μήλο και Νίσυρο έχουν ανακαλυφθεί σπουδαία γεωθερμικά πεδία και έχουν γίνει γεωτρήσεις παραγωγής (5 και 2 αντίστοιχα). Στην Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325 °C σε βάθος 1000 m. και στην Νίσυρο 350° C σε βάθος 1500 m. Οι γεωτρήσεις αυτές θα μπορούσαν να στηρίξουν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής 20 και 5 MW, ενώ το πιθανό συνολικό δυναμικό υπολογίζεται να είναι την τάξης των 200 και 50 MW αντίστοιχα.

Στην Βόρεια Ελλάδα η γεωθερμία προσφέρεται για θέρμανση, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες κ.λ.π. Στην λεκάνη του Στρυμόνα έχουν εντοπισθεί τα πολύ σημαντικά πεδία Θερμών-Νιγρίτας, Λιθότροπου-Ηράκλειας, Θερμοπηγής-Σιδηρόκαστρο και Αγγίστρο. Πολλές γεωτρήσεις παράγουν νερά μέχρι 75 °C, συνήθως αρτεσιανά και πολύ καλής ποιότητας και παροχής. Μεγάλα και μικρότερα γεωθερμικά θερμοκήπια λειτουργούν στην Νιγρίτα και το Σιδηρόκαστρο.

Στην πεδινή περιοχή του Δέλτα Νέστου έχουν εντοπισθεί δύο πολύ σημαντικά γεωθερμικά πεδία, στο Ερατεινό Χρυσούπολης και στο Ν. Εράσμιο Μαγγάνων Ξάνθης. Νερά άριστης ποιότητας μέχρι 70 °C και σε πολύ

οικονομικά βάθη παράγονται από γεωτρήσεις στις εύφορες αυτές πεδινές περιοχές. Στην Ν. Κεσσάνη και στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης, σε μεγάλης έκτασης γεωθερμικά πεδία, παράγονται νερά θερμοκρασίας μέχρι 82 °C.

Στην λεκάνη των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά έχουν εντοπισθεί τρία πολύ ρηχά πεδία με θερμοκρασίες μέχρι 56 °C. Στην Σαμοθράκη υπάρχουν ενθαρρυντικά στοιχεία καθώς γεωτρήσεις βάθους μέχρι 100 μ. συνάντησαν νερά της τάξης των 100° C.

Θεματικός Χάρτης 1: Γεωγραφική κατανομή των Γεωθερμικών Πεδίων στον Ελλαδικό Χώρο



2.3. Η ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ

Η πρώτη βιομηχανική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε στο Λαρνταρέλλο (Lardarello) της Ιταλίας, όπου από τα μέσα του 18ου αιώνα χρησιμοποιήθηκε ο φυσικός ατμός για να εξατμίσει τα νερά που περιείχαν βορικό οξύ αλλά και να θερμάνει διάφορα κτήρια. Το 1904 έγινε στο ίδιο μέρος η πρώτη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τη γεωθερμία (σήμερα παράγονται εκεί 2,5 δισ. kWh/έτος). Σπουδαία είναι η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας από την Ισλανδία, όπου καλύπτεται πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση.

Κατά το 2005, 72 χώρες έχουν αναπτύξει γεωθερμικές εφαρμογές χαμηλής-μέσης θερμοκρασίας, κάτι που δηλώνει σημαντική πρόοδο σε σχέση με το 1995, όταν είχαν αναφερθεί εφαρμογές μόνο σε 28 χώρες. Η εγκατεστημένη θερμική ισχύς γεωθερμικών μονάδων μέσης και χαμηλής θερμοκρασίας ανήλθε το 2007 στα 28268 MWt, παρουσιάζοντας αύξηση 75% σε σχέση με το 2000, με μέση ετήσια αύξηση 12%. Αντίστοιχα, η χρήση ενέργειας αυξήθηκε κατά 43% σε σχέση με το 2000 και ανήλθε στα 273.372 TJ (75.940 GWh/έτος).

Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος με γεωθερμική ενέργεια το 2008 γινόταν σε 24 χώρες. Το 2007 η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής ενέργειας στον κόσμο ανήλθε στα 9735 MWe, σημειώνοντας αύξηση περισσότερων από 800 MWe σε σχέση με το 2005.

2.4. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Μία από τις αρχαιότερες πηγές πρωτογενούς ενέργειας που εκμεταλλεύθηκε ο άνθρωπος είναι η γεωθερμική ενέργεια. Σύμφωνα με την αρχαία ελληνική ιστορία αρκετοί ιεροί χώροι βρίσκονταν κοντά σε θερμές πηγές. Άλλοι αρχαίοι λαοί, όπως οι Ετρούσκοι και οι Ρωμαίοι, αξιοποιούσαν τις θερμικές και ιαματικές ιδιότητες των ζεστών πηγών.

Στη σύγχρονη ιστορία η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας ξεκίνησε στο Larderello της Ιταλίας στις αρχές του 1900, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην Ισλανδία το 1925 έγινε η πρώτη εφαρμογή της χρήσης γεωθερμικών ρευστών για θέρμανση οικιών. Ουσιαστικά όμως, το 1955 στη Ν. Ζηλανδία, άρχισε η εμπορική γεωθερμική ανάπτυξη. Στην Ελλάδα οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ξεκίνησαν να εμφανίζονται από το 1990 και μετέπειτα.

Σήμερα ο συνολικός αριθμός των χωρών σε παγκόσμιο επίπεδο, που χρησιμοποιούν τη γεωθερμική ενέργεια για θερμικούς σκοπούς, υπερβαίνει τις 60. Κατά το έτος δε 2000 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για άμεσες χρήσεις ήταν 15145 MWt, ενώ για παραγωγή ηλεκτρισμού 7975 MWt (Lund and Freeston, 2001, Huttner, 2001). Ιδιαίτερα πρέπει να σημειωθεί ότι σε ολόκληρη

την πόλη Ρέικγεβικ (Reykjavik) της Ισλανδίας και στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας αυτής, η θέρμανση κτιρίων γίνεται με χρήση γεωθερμικής ενέργειας.

Τέλος σημειώνεται ότι στην Κίνα το μεγαλύτερο μέρος της γεωθερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται, παρέχεται για τη θέρμανση χώρων.

2.5. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ :

Γενικά, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας συναντά ορισμένα βασικά προβλήματα, τα οποία θα πρέπει να λυθούν ικανοποιητικά για την οικονομική εκμετάλλευση της εναλλακτικής αυτής μορφής ενέργειας.

Οι τύποι αυτοί των προβλημάτων είναι :

α) ο σχηματισμός επικαθίσεων (ή όπως συχνά λέγεται οι καθαλατώσεις ή αποθέσεις) σε κάθε σχεδόν επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το γεωθερμικό ρευστό,

β) η διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών, καθώς και

γ) ορισμένες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (διάθεση των ρευστών μετά τη χρήση τους, εκπομπές τοξικών αερίων, ιδίως του υδρόθειου).

Όλα αυτά τα προβλήματα σχετίζονται άμεσα με την ιδιάζουσα χημική σύσταση των περισσότερων γεωθερμικών ρευστών. Τα γεωθερμικά ρευστά λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της παραμονής τους σε επαφή με διάφορα πετρώματα περιέχουν κατά κανόνα σημαντικές διαλυμένων αλάτων και αερίων. Η αλλαγή των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών των ρευστών στο στάδιο της εκμετάλλευσης μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες ευνοϊκές τόσο για τη χημική προσβολή των μεταλλικών επιφανειών, όσο και για την απόθεση ορισμένων διαλυμένων ή αιωρούμενων στερεών και την απελευθέρωση στο περιβάλλον επιβλαβών ουσιών.

Ο σχηματισμός επικαθίσεων σε γεωθερμικές μονάδες μπορεί να ελεγχθεί σε κάποιο βαθμό, αν όχι ολοκληρωτικά, με μια πληθώρα τεχνικών και μεθόδων. Μερικές από τις πιο τυπικές πρακτικές είναι ο σωστός σχεδιασμός της μονάδας και η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών λειτουργίας της, η ρύθμιση του pH του ρευστού, η προσθήκη χημικών ουσιών (αναστολέων δημιουργίας επικαθίσεων) και, τέλος, η απομάκρυνση των σχηματιζόμενων στερεών με χημικά ή φυσικά μέσα, στη διάρκεια προγραμματισμένων ή όχι διακοπών λειτουργίας της μονάδας.

Οι διάφορες δυνατότητες ελέγχου της διάβρωσης στις γεωθερμικές μονάδες επικεντρώνονται

(α) στην επιλογή του κατάλληλου υλικού κατασκευής (π.χ. χρήση πολυμερικών υλικών, εναλλακτών θερμότητας από τιτάνιο, Hastelloy κτλ.),

(β) στην επικάλυψη των μεταλλικών επιφανειών με ανθεκτικά στη διάβρωση στρώματα,

(γ) στην προσθήκη αναστολέων διάβρωσης, και

(δ) στον ορθό σχεδιασμό της μονάδας.

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται ήπια μορφή ενέργειας, σε σύγκριση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, χωρίς βέβαια οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευσή της να είναι συχνά αμελητέες. Η

υψηλότερη περιεκτικότητα των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας σε διαλυμένα άλατα και αέρια σε σχέση με τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας επιβάλλουν το διαχωρισμό των επιπτώσεων από την αξιοποίηση της γεωθερμίας. Τα προβλήματα από τη διάθεση των νερών που χρησιμοποιούνται για άμεσες χρήσεις είναι κατά κανόνα ηπιότερα (και σχεδόν μηδενικά) από ότι των ρευστών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Επίσης θα πρέπει να τονιστεί από την αρχή ότι στην περίπτωση που εφαρμόζεται η άμεση επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον ταμιευτήρα, όπως στην περίπτωση των μονάδων με δυαδικό κύκλο, οι επιπτώσεις είναι ελάχιστες. Βεβαίως κατά τη φάση της έρευνας, της ανόρυξης των γεωτρήσεων, των δοκιμών και της κατασκευής της μονάδας μπορούν να υπάρξουν διαρροές και διάθεση γεωθερμικών νερών σε υδάτινους αποδέκτες, καθώς και αυξημένος θόρυβος.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αξιοποίηση των ρευστών υψηλής ενθαλπίας διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και ταξινομούνται σε συνάρτηση της αιτίας όπως :

- τη χρήση γης,
- εκπομπές αερίων,
- τη διάθεση υγρών αποβλήτων,
- θόρυβο,
- δημιουργία μικροσεισμικότητας και
- καθιζήσεις.

Η έκταση γης που απαιτείται για την αξιοποίηση της γεωθερμίας (π.χ. για την εγκατάσταση της μονάδας, το χώρο για τις γεωτρήσεις, τις σωληνώσεις μεταφοράς και τους δρόμους πρόσβασης) είναι γενικά μικρότερη από την έκταση της γης που απαιτούν άλλες μορφές ενέργειας (ατμοηλεκτρικοί σταθμοί άνθρακα, υδροηλεκτρικοί σταθμοί κτλ.).

Το CO₂ που εκπέμπεται από γεωθερμικές μονάδες ποικίλλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του πεδίου, καθώς και την τεχνολογία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, αν και οι εκπομπές του είναι κατά πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές ατμοηλεκτρικών μονάδων και συγκρίνονται ευνοϊκά και με τις εκπομπές (έμμεσες ή άμεσες) από άλλες ΑΠΕ. Το H₂S, λόγω της έντονης οσμής του και της σχετικής τοξικότητάς του, είναι υπεύθυνο τις περισσότερες φορές για τη προκατάληψη που εκδηλώνεται κατά της γεωθερμίας. Οι εκπομπές H₂S ποικίλλουν από <0,5 g/kWh μέχρι και 7 g/kWh. Οι εκπομπές του H₂S μπορούν να ελεγχθούν σχετικά εύκολα και να μειωθούν σε συγκεντρώσεις 1 ppb με μια πληθώρα μεθόδων, όπως με τη διεργασία Stredford, με την καύση και επανεισαγωγή, με την οξειδωτική μέθοδο Dow κτλ.

Η κύρια ανησυχία από την αξιοποίηση της γεωθερμίας υψηλής ενθαλπίας προέρχεται από τη διάθεση των γεωθερμικών νερών στους υδάτινους αποδέκτες. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της περιεκτικότητάς του σε διάφορα χημικά συστατικά, το γεωθερμικό ρευστό προτού διατεθεί σε υδάτινους αποδέκτες θα πρέπει να υποστεί κάποια επεξεργασία και να μειωθεί η θερμοκρασία του. Τονίζεται ξανά ότι η περιβαλλοντικά περισσότερο αποδεκτή μέθοδος διάθεσης των γεωθερμικών ρευστών είναι η επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα.

Συγκρινόμενη με τις άλλες ΑΠΕ, η γεωθερμία δεν υστερεί σε περιβαλλοντικά οφέλη. Αυτό βέβαια έρχεται σε προφανή αντίθεση με την εντύπωση που κυριαρχεί ότι ορισμένες ΑΠΕ (π.χ. φωτοβολταϊκά, αιολική ενέργεια) δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον. Η εντύπωση αυτή μεταβάλλεται όταν κανείς συνυπολογίσει τις επιπτώσεις οποιασδήποτε μορφής ενέργειας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής μιας τεχνολογίας, αλλά και την επιβάρυνση στο περιβάλλον από την κατασκευή και λειτουργία των μονάδων.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

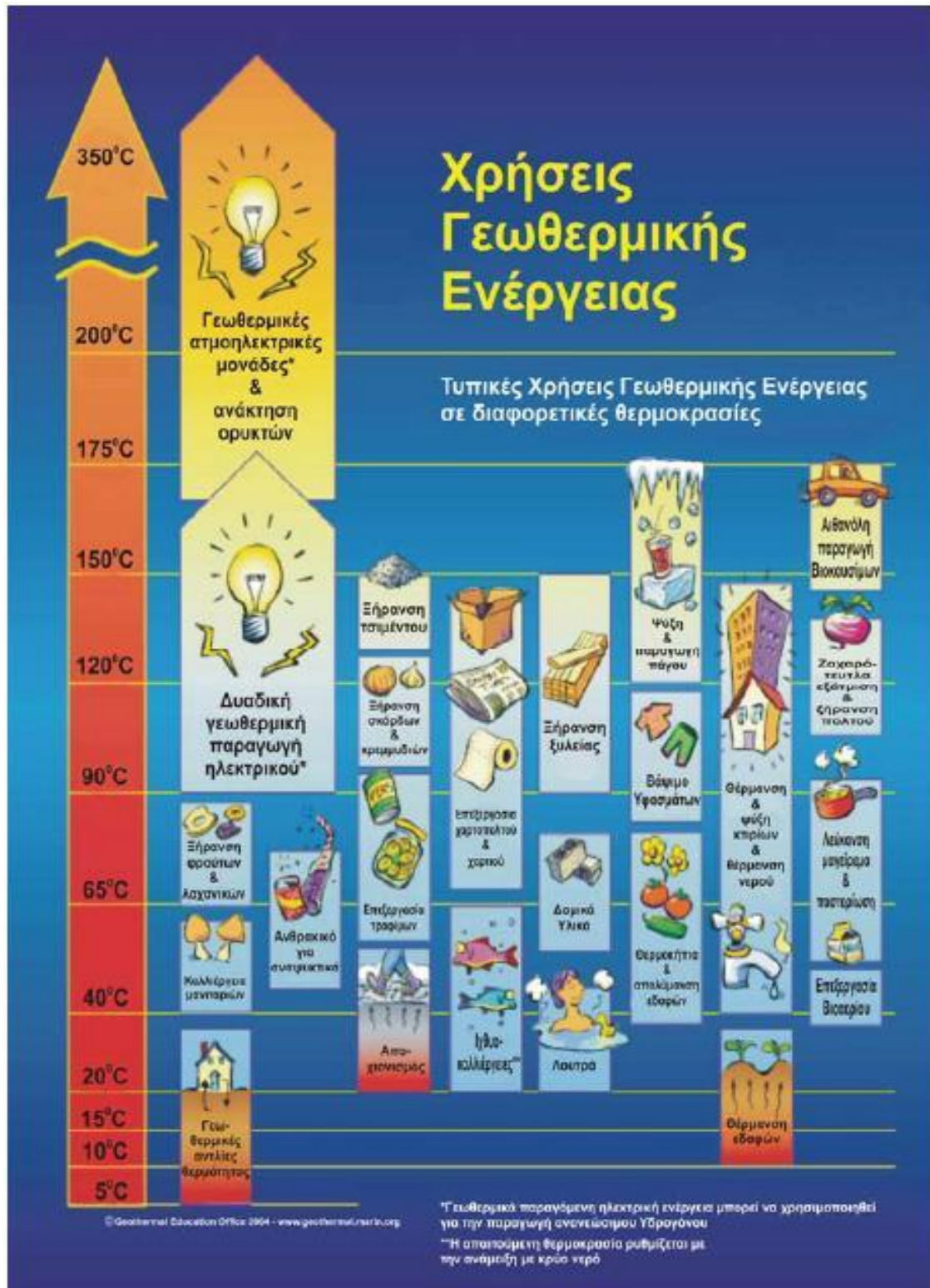
- Συνεχής παροχή ενέργειας, με υψηλό συντελεστή λειτουργίας (load factor), >90%.
- Μικρό λειτουργικό κόστος, αν και το κόστος παγίων είναι σημαντικά αυξημένο σε σχέση και με τις συμβατικές μορφές ενέργειας.
- Μηδενικές ή μικρές εκπομπές αερίων στο περιβάλλον.
- Μικρή απαίτηση γης.
- Συμβολή στην επίτευξη των στόχων της Λευκής Βίβλου της Ε.Ε. και του Πρωτοκόλλου του Κιότο.
- Αποτελεί τοπική μορφή ενέργειας με συνέπεια την οικονομική ανάπτυξη της γεωθερμικής περιοχής.
- Συμβολή στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας, με τον περιορισμό των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων.

2.6. ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η γεωθερμική ενέργεια υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς των γεωθερμικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο ανέρχεται σε 6.000 MWe περίπου.

Η γεωθερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης ενθαλπίας βρίσκεται σε διεθνές επίπεδο πολλές εφαρμογές στη γεωργία, τη γεωργική βιομηχανία, την κτηνοτροφία –ιχθυοκαλλιέργεια και τη θέρμανση χώρων.

Η τεχνολογία που απαιτείται για την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών αυτής της κατηγορίας έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό και είναι ευρύτατα γνωστή. Συνιστάται κυρίως στη χρήση εναλλακτών θερμότητας ή σε μερικές περιπτώσεις, στην απευθείας χρήση των γεωθερμικών ρευστών.



Εικόνα 1 : Χρήσεις γεωθερμικής ενέργειας

2.7. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η κυριότερη αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας στην Ελλάδα σήμερα, εκτός από τη χρήση τους για λουτροθεραπευτικούς σκοπούς είναι η θέρμανση των θερμοκηπίων. Από τις αρχές της περασμένης δεκαετίας ξεκίνησαν δειλά οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας και, τελευταία, η θέρμανση χώρων, η ξήρανση αγροτικών προϊόντων και οι υδατοκαλλιέργειες.

Όσον αφορά τη θέρμανση χώρων, η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στην Ευρώπη και στην Αμερική εδώ και πολλά χρόνια με ευεργετικά αποτελέσματα, τόσο από οικονομικής άποψης όσο και από τις απαιτήσεις ενέργειας και ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Όσον αφορά το νομοθετικό πλαίσιο, σύμφωνα με το ΦΕΚ 1595B, 25-10-2004, έχουν καθοριστεί οι όροι, οι προϋποθέσεις, τα απαιτούμενα δικαιολογητικά και οι διαδικασίες έκδοσης των αδειών εγκατάστασης για ίδια χρήση ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπογείων, που δε χαρακτηρίζονται γεωθερμικό δυναμικό.

Στην Ελλάδα οι εφαρμογές της μεθόδου είναι ακόμη σχετικά περιορισμένες (τουλάχιστον 90 εγκαταστάσεις με συνολικά εγκατεστημένη θερμική ισχύ περί τα 4 MW_{th}), με τα ακόλουθα ως βασικά παραδείγματα (Παράδειγμα 1, 2, 3) της τεχνολογίας κλειστών γήινων εναλλακτών ή γενικότερα συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.

Παράδειγμα 1: Δημαρχείο Πυλαίας

Η θέρμανση και ο κλιματισμός του νέου κτιρίου του Δημαρχείου Πυλαίας γίνεται με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Το σύστημα περιλαμβάνει: **α)** πεδίο κατακόρυφων εναλλακτών θερμότητας εδάφους που αποτελείται από 21 γεωτρήσεις βάθους 80 μέτρων η κάθε μια και διαμέτρου 6 ιντσών, οι οποίες περιέχουν 1 σωλήνα τύπου U, Φ 40, από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, **β)** υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας που παρέχουν 215 kW_(c) ψύξη και 155 kW_(th) θέρμανση, και **γ)** σύστημα θέρμανσης-κλιματισμού χαμηλής θερμοκρασίας από φαν-κόιλ και 2 κεντρικές μονάδες τροφοδοσίας αέρα. Το πεδίο των κατακόρυφων εναλλακτών θερμότητας εδάφους χρηματοδοτήθηκε από το ΚΑΠΕ, ενώ το σύστημα λειτουργεί επιτυχώς από τον Οκτώβριο του 2002.



Εικόνα 2 : Γεωθερμική εφαρμογή στο Δημαρχείο Πυλαίας, Θεσσαλονίκη.
Διακρίνονται οι αντλίες θερμότητας.

Παράδειγμα 2: Κτήριο Ηλεκτρολόγων – Μεταλλειολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.

Οι ανάγκες για θέρμανση και κλιματισμό του κτιρίου των Μεταλλειολόγων στην Πολυτεχνειούπολη του ΕΜΠ στην Αθήνα, που ανέρχονται αντίστοιχα σε $1000 \text{ kW}_{\text{th}}$ και $700 \text{ kW}_{\text{c}}$, καλύπτονται μερικά από σύστημα δύο γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Αυτό περιλαμβάνει υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας τροφοδοτούμενες με νερό θερμοκρασίας $18\text{-}22 \text{ }^{\circ}\text{C}$, προερχόμενο από συνδυασμό υδρογέωτρησης βάθους 280 m και παροχής $35 \text{ m}^3/\text{h}$ και πεδίου 13 κατακόρυφων υπόγειων εναλλακτών θερμότητας. Ο κάθε κατακόρυφοςεναλλάκτης αποτελείται από σωλήνα πολυαιθυλενίου τύπου $U \Phi 32$, τοποθετημένο εντός γέωτρησης βάθους 90 m και διαμέτρου $8\frac{1}{2}$ ίντσες. Η υδρογέωτρηση παρέχει το 80% της γεωθερμικής ενέργειας στις αντλίες θερμότητας, ενώ οι υπόγειοι εναλλάκτες το υπόλοιπο 20% . Το γεωθερμικό σύστημα παρέχει $526 \text{ kW}_{\text{th}}$ θέρμανσης και $461 \text{ kW}_{\text{c}}$ ψύξης. Η μονάδα έχει εγκατασταθεί με χρηματοδότηση από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα THERMIE, και συντονιστή έργου το ΚΑΠΕ. Μετρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια των αρχικών δοκιμών και της λειτουργίας του συστήματος για θέρμανση και κλιματισμό, έδειξαν ότι και οι δύο αντλίες θερμότητας λειτουργούν με συντελεστή $\text{COP} = 3,3\text{-}3,5$.



Εικόνα 3 : Γεωθερμική εφαρμογή σε κτήριο του ΕΜΠ, Αθήνα.
Διάταξη γεωτρήσεων.

Παράδειγμα 3: Ευρωπαϊκό Κέντρο Δημοσίου Δικαίου – Λεγραινά Αττικής

Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Δημοσίου Δικαίου που βρίσκεται στα Λεγραινά στην Αττική, κοντά στο Σούνιο εγκαινιάστηκε στις 28/11/2003. Η θέρμανση και ο κλιματισμός του γίνεται από συνδυασμό γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και ηλιακών συλλεκτών. Το σύστημα περιλαμβάνει υδρογεώτρηση που παρέχει σχεδόν θαλασσινό νερό, δεξαμενή αποθήκευσης νερού που εξασφαλίζει 6 ώρες αυτονομία, ινβέρτερ για ρύθμιση της παροχής του υπόγειου νερού, εναλλάκτη θερμότητας, δύο υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας ισχύος $100 \text{ kW}_{\text{th}}$ και $70 \text{ kW}_{\text{th}}$ τοποθετημένες σε σειρά, φαν-κόιλ, κεντρικές μονάδες τροφοδοσίας αέρα, καθώς και ηλιακούς συλλέκτες για προθέρμανση του αέρα τον χειμώνα. Η μελέτη και η επίβλεψη του έργου έγινε από το ΚΑΠΕ. Η παρακολούθηση και καταγραφή της λειτουργίας του συστήματος έδειξε ικανοποιητική ενεργειακή απόδοση, με συντελεστή απόδοσης (COP) των αντλιών θερμότητας ίσο με 4,3 και 3,91.



Εικόνα 4 : Γεωθερμική εφαρμογή στο Ευρωπαϊκό Κέντρο Δημοσίου Δικαίου, Λεγραινά Αττικής. Διακρίνονται οι αντλίες θερμότητας.

(Πηγή: Μελέτη εγκατάστασης συστήματος θέρμανσης – ψύξης με ΓΑΘ σε ιδιόκτητη κατοικία, Δρ. Κων/νος Καρύτσας, Γεωλόγος-Γεωθερμικός)

2.8. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία και περιλαμβάνουν:

- ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90$ °C),
- θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ για $\theta > 60$ °C, με αερόθερμα για $\theta > 40$ °C, με ενδοδαπέδιο σύστημα ($\theta > 25$ °C)),
- ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης για $\theta > 60$ °C, ή με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας για $\theta < 30$ °C)
- θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα ($\theta > 25$ °C), ή και για αντιπαγετική προστασία
- ιχθυοκαλλιέργειες ($\theta > 15$ °C) επειδή τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους
- βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60$ °C), ξήρανση αγροτικών προϊόντων, κλπ
- θερμά λουτρά για $\theta = 25-40$ °C

Υπάρχουν δυο κύριες εφαρμογές της γεωθερμική ενέργειας.

- i) Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις (θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκάζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης.
- ii) Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπογείων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανση και ψύξης.

2.9. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Ανάλογα με τη θερμοκρασία του υπεδάφους ή του ρευστού, διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες γεωθερμικών πεδίων:

1. Υψηλής Ενθαλπίας. Όταν η θερμοκρασία των παραγόμενων ρευστών ξεπερνά τους 150° C. Τα ρευστά αυτά αποτελούνται στις περισσότερες περιπτώσεις από μίγμα υγρού ατμού και θερμού νερού.
2. Μέσης Ενθαλπίας με θερμοκρασίες ρευστών μεταξύ 90 - 150° C.
3. Χαμηλής Ενθαλπίας με θερμοκρασίες ρευστών μεταξύ 25 - 90° C.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία του υπεδάφους ή του ρευστού, διακρίνονται οι ακόλουθοι τύποι γεωθερμίας:

1. Πολύ Χαμηλής Ενθαλπίας(Κανονική, Ομαλή ή Αβαθής) με θερμοκρασίες αντίστοιχες των μέσων ετησίων του αέρα περιβάλλοντος (μικρότερες των 25° C).
2. Πάρα Πολύ Χαμηλής Ενθαλπίας με θερμοκρασίες μικρότερες των 0° C (Αρνητική ή Permafrost).

2.10. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

Τα γεωθερμικά πεδία ταξινομούνται με βάση τη θερμοκρασία των ρευστών τους ως εξής:

- 2.10.1. Πεδία υψηλής ενθαλπίας από 150° C και άνω, με δυνατότητα αξιοποίησης αυτών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- 2.10.2. Πεδία μέσης ενθαλπίας από 100 έως 150° C, με δυνατότητα αξιοποίησης αυτών κυρίως για θερμική χρήση και σε κάποιες περιπτώσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- 2.10.3. Πεδία χαμηλής ενθαλπίας από 50 έως 100° C, με δυνατότητα αξιοποίησης αυτών για θερμικές χρήσεις.
- 2.10.4. Πεδία πολύ χαμηλής ενθαλπίας από 20 έως 60° C, με δυνατότητα αξιοποίησης αυτών για ενδοδαπέδια θέρμανση είτε για λειτουργία αντλιών θερμότητας.
- 2.10.5. Πεδία αβαθούς υπεδαφικής θερμότητας από 15 έως 25° C

Πιο αναλυτικά :

- 2.10.1 Γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας. Χαρακτηρίζονται από θερμοκρασίες μεταξύ 150 και 300 °C. Στην περίπτωση αυτή ο ατμός που εξάγεται από τη γη - ως υπέρθερμος ή μετά από επεξεργασία αν είναι υγρός - χρησιμοποιείται σε στροβίλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι στην Ιταλία, τις ΗΠΑ, τη Νέα Ζηλανδία, την Τουρκία, την Ισλανδία και σε άλλες χώρες έχουν

κατασκευαστεί ή γίνονται προσπάθειες να γίνουν σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε γεωθερμικές πηγές ατμού. Οι γεωθερμικοί σταθμοί στις ΗΠΑ παράγουν ήδη 2500 MW. Σύμφωνα με προβλέψεις οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία στη χώρα αυτή θα αυξηθούν ώστε η ισχύς τους κατά το έτος 2010 να φτάσει τα 12000 MW και κατά το έτος 2030 τα 49000 MW. Η παγκόσμια σημερινή εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία σε 20 χώρες φτάνει τα 6000 MW ενώ το γεωθερμικό δυναμικό στις χώρες αυτές φτάνει τα 80000 MW. Τα γεωθερμικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι από τα πλέον αξιόπιστα. Μπορεί έτσι να εξασφαλιστεί συνεχής λειτουργία που φτάνει το 97% και είναι μεγαλύτερη από κάθε άλλο είδος σταθμών παραγωγής. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα εργοστάσια που λειτουργούν με άνθρακα έχουν δυνατότητα συνεχούς λειτουργίας ίση με 75% και οι πυρηνικοί σταθμοί 65%. Η προκατασκευή των ηλεκτροπαραγωγικών γεωθερμικών μονάδων επιτρέπει την ταχεία εγκατάστασή τους ώστε να θεωρείται δυνατή η κατασκευή ενός σταθμού 10 MW σε έξι μήνες και η κατασκευή ενός σταθμού παραγωγής 250 MW σε δύο έτη. Πειραματική εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έγινε και στην Ελλάδα. Έτσι στο γεωθερμικό πεδίο της νήσου Μήλου κατασκευάστηκε και λειτούργησε πειραματική μονάδα 2 MW. Η μονάδα αυτή δε λειτουργεί τώρα μετά από αντίδραση των κατοίκων για τις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις που προκαλούσε η λειτουργία της.

Στο γεωθερμικό πεδίο της Νισύρου στο οποίο είχε προγραμματιστεί επίσης κατασκευή σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν προχώρησε η διαδικασία εγκατάστασης πάλι μετά από αντίδραση των κατοίκων του νησιού. Ήδη σε εξέλιξη βρίσκεται δημοπρασία της ΔΕΗ για τη διεξαγωγή πειραματικών γεωθερμικών γεωτρήσεων στη νήσο Λέσβο, που διαθέτει σχετικά περιορισμένα γεωθερμικά πεδία, κατάλληλα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

2.10.2. Γεωθερμικά πεδία μέσης ενθαλπίας. Χαρακτηρίζονται από γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας μεταξύ 100 και 150 °C. Οι θερμοκρασίες αυτές δεν κρίνονται επαρκείς ώστε να επιτρέπουν την άμεση μετατροπή του ατμού σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι έτσι αναγκαία η μεσολάβηση ενδιάμεσων πτητικών ρευστών όπως η αμμωνία, το ισοβουτάνιο κτλ. Ο τρόπος αυτός αξιοποίησης των γεωθερμικών ρευστών προξενεί κάποιες τεχνικές δυσκολίες αλλά παρά το γεγονός αυτό υπάρχουν εγκαταστάσεις αυτού του τύπου στη Ρωσία, στις ΗΠΑ, στην Κίνα και αλλού. Οι εγκαταστάσεις αυτής της κατηγορίας αναμένεται να αξιοποιηθούν ιδιαίτερα στο μέλλον γιατί επιτρέπουν την εύκολη εισαγωγή του γεωθερμικού ρευστού στο υπέδαφος

2.10.3. Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας. Περιλαμβάνουν θερμό νερό θερμοκρασίας 50 ως 100 °C που χρησιμοποιείται για θέρμανση κατοικιών και σε αγροτικές ή βιομηχανικές

εγκαταστάσεις. Ο τύπος αυτός γεωθερμίας εμφανίζεται πολύ συχνά και οδηγεί αναμφίβολα σε ιδιαίτερα γενικευμένη χρήση μετά από επιτυχείς εγκαταστάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ουγγαρία, την Ισλανδία, τη Ρωσία, τη Γαλλία και άλλες χώρες. Η μεγάλη δαπάνη που απαιτείται για βαθιές γεωτρήσεις επιβάλλει σχετική συγκέντρωση των χρήσεων.

- 2.10.4. Γεωθερμικά πεδία πολύ χαμηλής ενθαλπίας. Αντιστοιχούν σε γεωτρήσεις που αποδίδουν γεωθερμικά ρευστά με σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες που μπορούν να αξιοποιηθούν και κυμαίνονται από 20 ως 60 °C. Τα γεωθερμικά αυτά ρευστά είναι συνήθως επιφανειακά με αποτέλεσμα να παράγονται με περιορισμένο βάθος και κόστος γεώτρησης. Ο τύπος αυτός γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να προσαρμοστεί σε χρήσεις που δεν είναι ιδιαίτερα συγκεντρωμένες και ειδικά για θέρμανση ή και ψύξη κτιρίων. Το γεγονός απόδοσης γεωθερμικών ρευστών χαμηλών θερμοκρασιών αναγκάζει γενικά σε χρήση μεγάλων θερμαντικών επιφανειών, σε ενδοδαπέδια θέρμανση είτε σε λειτουργία αντλιών θερμότητας. Πρέπει να σημειωθεί ότι η τελευταία περίπτωση προϋποθέτει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενώ ταυτόχρονα παρέχει τη δυνατότητα ανάληψης θερμότητας από τους χώρους εξασφαλίζοντας και ψύξη, δηλαδή συνδυάζει το πλεονέκτημα λειτουργίας του συστήματος ως κλιματιστικής εγκατάστασης. Ο τύπος αυτός γεωθερμικού πεδίου προσαρμόζεται επίσης σε μια σειρά αγροτικών εφαρμογών όπως είναι η θέρμανση θερμοκηπίων, η θέρμανση του εδάφους, η ιχθυοκαλλιέργεια κτλ.
- 2.10.5. Γεωθερμικά πεδία αβαθούς υπεδάφικης θερμότητας. Στην πραγματικότητα πρόκειται για εκμετάλλευση της αβαθούς υπεδάφικης θερμότητας που αποθηκεύεται σε πετρώματα και υπόγεια νερά σε υπέδαφος βάθους το πολύ 200 μέτρων κάτω από την επιφάνεια της γης. Η θερμότητα αυτή, γνωστή και ως αβαθής γεωθερμική ενέργεια, περιλαμβάνει ποσοστό ηλιακής προέλευσης. Το πλεονέκτημα των αβαθών γεωθερμικών πηγών ενέργειας είναι ότι διατηρούν στη διάρκεια όλου του έτους σταθερή θερμοκρασία που κυμαίνεται από 15 ως 25 °C.

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ

3.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ ;

Η χώρα μας παρουσιάζει ένα αρκετά αξιόλογο δυναμικό γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας. Με τις σημερινές γνώσεις μας από τα δεδομένα των γεωτρήσεων και από άλλες ενδείξεις στα γεωθερμικά πεδία, εκτιμάται ότι το βεβαιωμένο συνολικό δυναμικό της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας (με βάση την απόρριψη των νερών σε θερμοκρασίες περίπου 25 °C) ανέρχεται σε 700-800 MWth, περίπου.

Οι ορατές εκμεταλλεύσεις τη γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας στην Ελλάδα σε χρήσεις μόνο θέρμανσης (όπως τηλεθέρμανση κτιρίων, θερμοκήπια, ξηραντήρια αγροτικών προϊόντων και ιχθυοκαλλιέργειες) μπορούν μέχρι το έτος 2000 να αγγίξουν τα 150 MWth, εγκατεστημένης ισχύος, εξοικονομώντας 17.000 περίπου τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Τ.Ι.Π.) το έτος.

Στην πράξη όμως σήμερα η εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού χαμηλής ενθαλπίας στην χώρα μας είναι ασήμαντη έως μηδαμινή.

Σήμερα υπάρχουν εγκατεστημένα στην χώρα μας μόλις 200 στρ. γεωθερμικών θερμοκηπίων με εγκατεστημένη ισχύ περί τα 20 MWth που εξοικονομούν 2000Τ.Ι.Π. το έτος.

Αυτό συμβαίνει παρ' όλο που οι συνθήκες παραγωγής και εκμετάλλευσης των γεωθερμικών ρευστών είναι συμφέρουσες και παρ' όλο που τα γεωθερμικά πεδία συμπίπτουν γεωγραφικά με εύφορες πεδιάδες με μεγάλη γεωργική παραγωγή.

Οι άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας είναι:

1. **Άμεση θέρμανση χώρων** : Η άμεση θέρμανση χώρων είναι η παλαιότερη μορφή χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας και η πλέον διαδεδομένη στην Ευρώπη. Περιλαμβάνει επίσης την παραγωγή ζεστού νερού για οικιακές χρήσεις. Η τεχνολογία που υιοθετείται είναι απλή. Το γεωθερμικό ρευστό από μία ή δύο γεωτρήσεις αποδίδει θερμότητα στο σύστημα θέρμανσης του ενεργειακού χρήστη, είτε άμεσα, είτε μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Γι' αυτή την εφαρμογή απαιτούνται γεωθερμικά ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 45°C.

Η θέρμανση χώρων από τη γεωθερμία είναι πολύ ανταγωνιστική σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, με κόστος κεφαλαίου 200-1.400 € ανά εγκατεστημένο kWth, ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας 2-3% του κόστους κεφαλαίου, και κόστος παραγόμενης ενέργειας 0,005-0,035 € / kWth συμπεριλαμβανομένων των αποσβέσεων των κεφαλαίων και του κόστους χρήματος.

Στην Ευρώπη, η άμεση θέρμανση χώρων από τη γεωθερμία αντιστοιχεί στο 75% του συνόλου παγκοσμίως, με εγκατεστημένη ισχύ που ανέρχεται σε 3.339,45 MWth (στοιχεία του 2005). Πρώτη σε εγκατεστημένη ισχύ έρχεται η Ισλανδία με 1.375 MWth (το 95% των κτιρίων της πόλης του Ρέικιαβικ θερμαίνονται με γεωθερμικό ρευστό) και δεύτερη η Τουρκία με 901 MWth. Με μεγάλη διαφορά από τις δύο προηγούμενες ακολουθούν η Γαλλία με 243 MWth, η Ιταλία με 131,8 MWth, η Ρωσία με 110 MWth, η Γερμανία με 92,6 MWth, η Πολωνία με 59,2 MWth, και η Ρουμανία με 57,2 MWth. Ενώ υπάρχουν και άλλα κράτη, όπου η ισχύς για αυτή τη χρήση είναι πολύ μικρότερη. Στην Ελλάδα η εγκατεστημένη ισχύς για άμεση θέρμανση χώρων ανέρχεται μόλις σε 1,2 MWth, με τη μεγαλύτερη εγκατάσταση να βρίσκεται στα Λουτρά Τραϊανούπολης του νομού Έβρου.

2. **Θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών** : Τα θερμαινόμενα θερμοκήπια και εδάφη χρησιμοποιούνται για την αύξηση της παραγωγής και την πρωίμηση καλλιεργειών. Οι απαιτούμενες ποσότητες ενέργειας όμως, είναι μεγάλες, με αποτέλεσμα η γεωθερμία να αποτελεί την ιδανική μορφή ενέργειας για αγροτικές εφαρμογές, λόγω του μικρού κόστους της. Τα θερμοκήπια και η θέρμανση εδαφών απαιτούν την παρουσία γεωθερμικών ρευστών σε θερμοκρασία που υπερβαίνει τους 30°C. Ο χώρος ενός θερμοκηπίου μπορεί να θερμανθεί με πέντε τρόπους:
- α) με εναέριους, επιδαπέδιους σωλήνες ή με σωλήνες τοποθετημένους μέσα στο χώμα (σε βάθος 5-20 cm)
 - β) με εναλλάκτη αέρα – γεωθερμικού νερού ή νερού λειτουργίας (αερόθερμο)
 - γ) με τοποθέτηση θερμοκηπικών σωμάτων στα πλευρικά τοιχώματα του θερμοκηπίου
 - δ) με ψεκάσμό της οροφής του θερμοκηπίου με γεωθερμικό υγρό ή διέλευση υγρού στα διπλά τοιχώματα της οροφής (κυρίως για αντιπαγετική προστασία) και
 - ε) με συνδυασμό των προηγούμενων τρόπων

Η θέρμανση θερμοκηπίων από τη γεωθερμία στην Ευρώπη αντιστοιχεί σε 1.072,9 MWth, πάνω από το 75% του συνόλου παγκοσμίως. Η πλειοψηφία των εφαρμογών βρίσκεται στην Ουγγαρία με 196,7 MWth, την Τουρκία με 192 MWth, τη Γεωργία με 165,7 MWth και τη Ρωσία με 160 MWth. Η Ελλάδα βρίσκεται στη 10^η θέση των κρατών της Ευρώπης, με εγκατεστημένη ισχύ 22,2 MWth. Συνολικά καλλιεργούνται περίπου 229,7 στρέμματα με κηπευτικά και ανθοκομικά προϊόντα μέσα σε θερμοκήπια, τα οποία είναι καλυμμένα είτε με πλαστικό, είτε με γυαλί. Τα θερμοκήπια αυτά βρίσκονται κυρίως στη Βορειοανατολική Ελλάδα και τη Λέσβο.

3. **Υδατοκαλλιέργειες** : Η γεωθερμία μπορεί να προσφέρει με οικονομικό τρόπο στη θέρμανση του νερού σε υδατοκαλλιέργειες ψαριών (χέλια, λαβράκια, τσιπούρες, πέστροφες, σολομούς, γατόψαρα κ.α.), θαλάσσιων μαλακόστρακων (π.χ. γαρίδας) και ερπετών με εμπορική αξία (π.χ. αλιγάτορες). Η θέρμανση πραγματοποιείται είτε άμεσα, με την απευθείας εισαγωγή του γεωθερμικού νερού στις δεξαμενές ή

λιμνούλες ανάπτυξης, είτε έμμεσα, ύστερα από τη θέρμανση γλυκού ή θαλασσινού νερού. Για την άμεση χρήση του γεωθερμικού νερού απαιτείται να μην υπάρχουν τοξικά συστατικά στο νερό (π.χ. βαρέα μέταλλα, υδρόθειο, αρσενικό κλπ.). Οι υδατοκαλλιέργειες απαιτούν την παρουσία γεωθερμικού ρευστού σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 20°C

Η εγκατεστημένη ισχύς για υδατοκαλλιέργειες στην Ευρώπη κατά το 2005 ανήλθε σε 230 MWth. Πρώτη σε εγκατεστημένη ισχύ έρχεται η Ιταλία με 91,6 MWth και ακολουθεί η Ισλανδία με 65 MWth. Με διαφορά από τις δύο προηγούμενες έπονται η Γεωργία με ισχύ 25,1 MWth, η Γαλλία με 20,8 MWth, η Ελλάδα με 8,9 MWth (5η στην κατάταξη), η Σερβία με 6,4 MWth, η Σλοβακία με 4,6 MWth, η Ρωσία με 4 MWth και η Ρουμανία με εγκατεστημένη ισχύ 3,1 MWth. Στην Ελλάδα μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας βρίσκονται στο Πόρτο Λάγος και στο Ν. Εράσμιο – Μάγγανα Ξάνθης.

4. **Βιομηχανικές εφαρμογές** : Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να είναι οικονομικώς αποδοτική και αξιόπιστη στις βιομηχανικές εφαρμογές. Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί σε διεργασίες όπως η προπαρασκευή κονσερβοποιημένων τροφών, η εμφιάλωση ποτών, η λεύκανση λαχανικών, η ξήρανση αγροτικών προϊόντων, τροφίμων, δερμάτων, εξαγωγή CO₂ κλπ. Στις περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών είναι μικρότερη από την απαιτούμενη, είναι δυνατή η χρησιμοποίηση ρευστών σε διαδικασίες προθέρμανσης ή η ανύψωση της θερμοκρασίας τους με τη χρήση αντλιών θερμότητας ή με συμπληρωματική θέρμανση (με συμβατικά καύσιμα). Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρησιμοποίηση των γεωθερμικών ρευστών από υφιστάμενη βιομηχανική μονάδα είναι η γεινίαση της τελευταίας με το γεωθερμικό πεδίο

Οι βιομηχανικές εφαρμογές από τη γεωθερμία στην Ευρώπη αντιστοιχούν σε 120,3 MWth, περίπου το 25% του συνόλου παγκοσμίως. Η πλειοψηφία των εφαρμογών βρίσκεται στην Ισλανδία με 60 MWth, τη Ρωσία με 25 MWth, τη Ρουμανία με 14,1 MWth, την Ιταλία με 10,2 MWth και τη Γεωργία με 7,1 MWth. Η Ελλάδα βρίσκεται στη 10^η θέση των κρατών της Ευρώπης, με εγκατεστημένη ισχύ μόλις 0,2 MWth. Πρόκειται για μία μονάδα αφυδάτωσης ντομάτας στο Νέο Εράσμιο Ξάνθης, η οποία μάλιστα ήταν η πρώτη τέτοια μονάδα στον κόσμο.

5. **Θέρμανση πισινών και ιατρικές εφαρμογές** : Μία από τις πλέον δημοφιλείς χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο είναι η θέρμανση πισινών και οι ιατρικές εφαρμογές. Σήμερα, υπάρχει μία πληθώρα από λουτροπόλεις που χρησιμοποιούν το γεωθερμικό νερό είτε για θεραπεία είτε για αναζωογόνηση. Σε ότι αφορά τις θεραπευτικές εφαρμογές, οι δράσεις των γεωθερμικών νερών στον ανθρώπινο οργανισμό διαφέρουν ανάλογα με τη σύστασή τους (θερμοκρασία, μεταλλικά στοιχεία) αλλά και με τον τρόπο χρήσης τους. Οι κυριότερες εφαρμογές είναι: λουτροθεραπεία, ποσιθεραπεία, εισπνοθεραπεία και

λασποθεραπεία. Σε ότι αφορά τις εφαρμογές αναζωογόνησης, πρόκειται για λουτροπόλεις με κέντρα υγείας και ομορφιάς, κύριος στόχος των οποίων είναι η ξεκούραση και η ανανέωση του ανθρώπινου οργανισμού

Η εγκατεστημένη ισχύς για θέρμανση πισινών και ιατρικές εφαρμογές στην Ευρώπη το 2005 ανήλθε σε 1.476,43 MWth. Πρώτη έρχεται η Τουρκία με 402 MWth και ακολουθεί η Ουγγαρία με 350 MWth. Με διαφορά ακολουθούν η Ιταλία με 158,8 MWth, η Σλοβακία με 118,3 MWth, η Κροατία με 77 MWth, η Ισλανδία με 75 MWth, η Ρουμανία με 42,4 MWth, η Ελβετία με 40,8 MWth, ενώ 9^η στην κατάταξη έρχονται η Ελλάδα και η Σερβία με εγκατεστημένη ισχύ 36 MWth. Στην Ελλάδα η εφαρμογή αυτή είναι αρκετά διαδεδομένη, με λουτροθεραπευτικά κέντρα να υπάρχουν σχεδόν σε όλη τη χώρα, με πιο γνωστά αυτά των Θερμοπυλών και της Αιδηψού.

6. **Άλλες χρήσεις** : Στις άλλες χρήσεις περιλαμβάνονται η αφαλάτωση θαλασσινού νερού, η ψύξη κτιρίων, η άρδευση αγροτικών καλλιεργειών, το λιώσιμο του χιονιού σε πεζοδρόμια και άλλες εφαρμογές.

Οι άλλες χρήσεις από τη γεωθερμία στην Ευρώπη αντιστοιχούν σε 290,3 MWth, περίπου το 45% του συνόλου αντίστοιχων εφαρμογών στον κόσμο. Η πλειοψηφία των εφαρμογών βρίσκεται στην Ισλανδία με 215 MWth, την Ουγγαρία με 42,9 MWth και τη Βουλγαρία με 17,1 MWth. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 6^η θέση των κρατών της Ευρώπης, με εγκατεστημένη ισχύ 2,3 MWth. Πρόκειται για μία μονάδα αφαλάτωσης στην Κίμωλο και μία μονάδα καλλιέργειας σπιρουλίνας στη Νιγρίτα Σερρών.

Παγκοσμίως, η συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύς το 2005 ανήλθε σε 28.273MWth, σημειώνοντας αύξηση κατά 85% σε σχέση με το 2000. Από την ισχύ αυτή τα 13.629MWth προέρχονται από την Ευρώπη. Η εγκατεστημένη θερμική ισχύς στην Ελλάδα κατά το 2005 ανήλθε μόλις σε 74,8MWth.

3.2. ΚΛΕΙΣΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες εγκατάστασης γεωθερμικών συστημάτων, τα συστήματα κλειστού βρόγχου (closed loop systems) ή αλλιώς κλειστά συστήματα, και τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου (open loop systems) ή αλλιώς ανοιχτά συστήματα.

Στα κλειστά συστήματα, σωλήνες πολυαιθυλενίου τοποθετούνται στο έδαφος, δημιουργώντας ένα κλειστό κύκλωμα μέσα από το οποίο διέρχεται μίγμα νερού και γλυκόλης. Με τον τρόπο αυτό, το σύστημα ανταλλάσσει ενέργεια με το έδαφος.

Όταν οι σωληνώσεις τοποθετούνται οριζόντια στο έδαφος σε στρώσεις, αναφερόμαστε σε κλειστό οριζόντιο σύστημα, ενώ όταν τοποθετούνται κατακόρυφα στο έδαφος σε γεωτρήσεις, αναφερόμαστε σε κλειστό κατακόρυφο σύστημα.

Στα ανοιχτά συστήματα το νερό αντλείται είτε από επιφανειακή πηγή (θάλασσα, λίμνη, ποτάμι) είτε από υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα (μέσω γεώτρησης ή πηγαδιού). Αφού αποδώσει την ενέργειά του στο σύστημα, το νερό επιστρέφει στην πηγή από όπου αντλήθηκε.

3.2.1. Κλειστό οριζόντιο σύστημα :



Εγκαθιστούμε στον εξωτερικό χώρο της κατοικίας ένα οριζόντιο κλειστό κύκλωμα σωληνώσεων PE ειδικού τύπου για γεωθερμικές εφαρμογές (Geo-Flex), στο οποίο κυκλοφορεί ένα μίγμα νερού – γλυκόλης.

Αυτός ο εξωτερικός γεωεναλλάκτης τοποθετείται σε μικρό βάθος (1,20 έως 1,50m), όπου δεν υπάρχουν θερμοκρασιακές εναλλαγές λόγω καιρικών συνθηκών, και καλύπτει μια επιφάνεια διπλάσια περίπου από την επιφάνεια που θέλουμε να θερμάνουμε.

3.2.1.1. Βήματα εγκατάστασης οριζόντιου γεωεναλλάκτη

1. Στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου εγκαθίσταται δίκτυο σωληνώσεων σε βάθος 1,20-1,50m. Η εγκατάσταση των σωληνώσεων στο έδαφος μπορεί να γίνει σε διάφορες διατάξεις ανάλογα και με τον διαθέσιμο χώρο, το ανάγλυφο και τη δομή του εδάφους:
 - Ανοίγοντας τάφρους του απαιτούμενου βάθους και μήκους
 - Με τη διάνοιξη όλου του χώρου που θα αποτελέσει τον γεωεναλλάκτη.
2. Γίνεται στήριξη των εξωτερικών συλλεκτών PP-R, παροχών ανάλογων της επιφάνειας του γεωεναλλάκτη.
3. Εγκαθίστανται τα κυκλώματα του γεωεναλλάκτη, από σωλήνα πολυαιθυλενίου PE 100 διατομής 25x2,3. Χαρακτηριστικό του σωλήνα είναι ο αυξημένος χρόνος αντοχής σε δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας και ο υψηλός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των σωλήνων Geo-Flex ($\lambda=0,862 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, αποτέλεσμα μέτρησης του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης), ο οποίος είναι μεγαλύτερος κατά 110% από αυτόν του κοινού πολυαιθυλενίου ($\lambda=0,410 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ -DIN 8075). Η Interplast κατάφερε να επιτύχει αυτή τη βελτιωμένη ιδιότητα με τη χρήση ειδικών προσθέτων κατά την παραγωγή των σωλήνων. Η υψηλή θερμική αγωγιμότητα των σωλήνων Geo-Flex τους καθιστά ιδανικούς για εφαρμογές γεωθερμίας, εξαιτίας του ότι η μεταφορά της θερμότητας από τη γη προς το κτίριο έχει το μέγιστο βαθμό απόδοσης.
4. Οι αποστάσεις μεταξύ των σωληνώσεων είναι τουλάχιστον 0,4m.
5. Γίνεται πλήρωση των κυκλωμάτων με μίγμα νερού-γλυκόλης, με τη βοήθεια ηλεκτρικής αντλίας από τη βαλβίδα πλήρωσης του συλλέκτη.
6. Η σύνδεση των συλλεκτών με την αντλία γεωθερμίας γίνεται με σωλήνες PPR.
7. Η διατομή των σωληνώσεων, το μήκος των σωληνώσεων καθώς και η αναλογία του μίγματος νερού-γλυκόλης ορίζεται από τον τύπο της αντλίας και από τη μελέτη.
8. Οι συλλέκτες φέρουν εξαιρεστικά και οι προσαγωγές και οι επιστροφές των σωληνώσεων πρέπει να μονωθούν.
9. Τοποθετούνται σε μικρότερο βάθος από το γεωεναλλάκτη για την καλύτερη εξαέρωση του δικτύου και για να αποφύγουμε τον κίνδυνο διαρροής μίγματος νερού- γλυκόλης
10. Κατασκευάζονται φρεάτια για πρόσβαση στους συλλέκτες.
11. Το δίκτυο δοκιμάζεται υπό πίεση.

3.2.1.2. Τι πρέπει να προσέξουμε στην οριζόντια γεωθερμία;

1. Τις αποστάσεις μεταξύ των σωληνώσεων.
2. Την μόνωση των σωληνώσεων κοντά στο συλλέκτη.
3. Την απόσταση του γεωεναλλάκτη από το κεντρικό δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης της κατοικίας (τουλάχιστον 1m).
4. Τις ισομήκεις αποστάσεις των σωληνώσεων προσαγωγής και επιστροφής από το συλλέκτη του γεωεναλλάκτη προς την αντλία θερμότητας.

5. Για προστασία των σωληνώσεων, οι σωλήνες θα μπορούσαν να τοποθετηθούν σε στρώμα άμμου.
6. Τη θέση του συλλέκτη, κεντρικά του γεωεναλλάκτη.
7. Την σωστή ανάμιξη νερού-γλυκόλης. Η προσθήκη γλυκόλης πραγματοποιείται αφού πρώτα δοκιμαστεί το σύστημα σε λειτουργία με καθαρό νερό. Η γλυκόλη προστίθεται μόνο εάν κριθεί απαραίτητο για την άρτια λειτουργία του συστήματος.
8. Τον τύπο της γλυκόλης που θα χρησιμοποιήσουμε.
9. Την πλήρωση και εξαέρωση του δικτύου.
10. Η πυκνότητα, η υγρασία καθώς και η σύσταση του εδάφους είναι σημαντικά στοιχεία για τη σχεδίαση του βρόγχου.
11. Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του εδάφους, τόσο καλύτερη είναι η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους. Συνεπώς, καλό θα ήταν μετά την κάλυψη των σωληνώσεων, το έδαφος να πακτωθεί, με μεγάλη προσοχή, ώστε να μην προκληθούν βλάβες στις σωληνώσεις.
12. Όσο μεγαλύτερη είναι η υγρασία του εδάφους, τόσο καλύτερα γίνεται η μεταφορά θερμότητας. Προτείνεται η έκταση κάτω από την οποία έχει τοποθετηθεί ο γεωεναλλάκτης να φυτευτεί με φυτά μικρού ριζικού συστήματος. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται:
 - Διατήρηση της υγρασίας του εδάφους.
 - Πάκτωση του εδαφικού υλικού μέσω του ριζικού συστήματος των φυτών.
 - Καλύτερη διατήρηση της θερμοκρασίας του εδάφους.
 - Σύμφωνα με μετρήσεις η φύτευση μπορεί να βελτιώσει την συμπεριφορά του εδάφους ως και 30%. Δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση όμως να τοποθετηθούν φυτά με μεγάλο ριζικό σύστημα, διότι μπορεί να προκαλέσουν φθορές στο σύστημα σωληνώσεων.
13. Δενδροφύτευση επιτρέπεται περιμετρικά του γεωεναλλάκτη.
14. Η επιφάνεια του γεωεναλλάκτη δεν πρέπει να είναι στεγανή ή να οικοδομηθεί.

Παράδειγμα:

Σχεδιασμός συστήματος με οριζόντιο γεωεναλλάκτη

Έστω θερμικές απαιτήσεις κτιρίου 25 KW.

Βαθμός απόδοσης προτεινόμενης αντλίας θερμότητας COP=5.

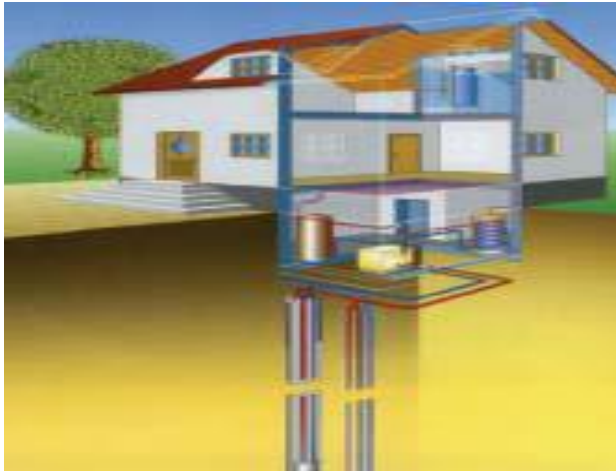
Υπολογισμός:

Επιφάνεια γεωεναλλάκτη = Ονομαστική ισχύς αντλίας x (1-1/COP) / Αποδιδόμενη ενέργεια από γεωεναλλάκτη

$$\text{Επιφάνεια γεωεναλλάκτη} = 25.000 \text{ W} \times (1-1/5,0) / 25 \text{ W/m}^2 = 800 \text{ m}^2$$

Όλες οι παράμετροι που αφορούν το σύστημα θα πρέπει να καθοριστούν από τον επιβλέποντα μηχανολόγο και γεωλόγο, οι οποίοι ανάλογα με τα δεδομένα, θα καθορίσουν τον τελικό σχεδιασμό του συστήματος, έχοντας παράλληλα την ευθύνη της εύρυθμης λειτουργίας του

3.2.2. Κλειστό κατακόρυφο σύστημα :



Ζεύγη σωλήνων τύπου U τοποθετούνται μέσα σε γεωτρήσεις βάθους. Οι γεωτρήσεις εν συνεχεία πληρώνονται με ειδικό θερμοαγώγιμο μίγμα με σκοπό την μέγιστη μετάδοση ενέργειας από τα πετρώματα στο σύστημα και αντίστροφα.

3.2.2.1. Βήματα εγκατάστασης κατακόρυφου γεωεναλλάκτη :

1. Πραγματοποιούνται γεωτρήσεις βάθους 60-120m
 - Είτε στον περιβάλλοντα χώρο υπάρχοντος κτιρίου, σε απόσταση ασφαλείας 2m από το κτίριο,
 - Είτε πριν τα θεμέλια, σε νεόδμητο κτίριο.
2. Η απόδοση του κατακόρυφου γεωεναλλάκτη επηρεάζεται κυρίως από: τη σύσταση των πετρωμάτων και συνεπώς από τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά το πορώδες και το ρωγμώδες των σχηματισμών τη θερμοκρασία του υπεδάφους την υγρασία του υπεδάφους τη σύσταση και σωστή εφαρμογή του θερμοαγώγιμου μίγματος.
3. Σε κάθε γεώτρηση τοποθετούνται 2 ζεύγη σωληνώσεων μήκους αντίστοιχου της γεώτρησης, που φέρουν στο κάτω άκρο τους ακροσωλήνιο.
4. Χρησιμοποιούνται σωλήνες πολυαιθυλενίου PE 100 με διατομή Φ32x3.0, εξαρτήματα του ίδιου υλικού, που συνδέονται με αυτογενή συγκόλληση. Ανάλογα με την κατάσταση της γεώτρησης, μετά το τέλος της διάτρησης, αποφασίζεται ο τρόπος με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η τοποθέτηση των σωληνώσεων σε αυτή (κενές, πληρωμένες με νερό, με προσάρτηση εξοπλισμού πίεσης κ.α.).
5. Ανά 10m τοποθετείται αποστάτης, ο οποίος διασφαλίζει την παραλληλότητα των σωλήνων και την ασφαλέστερη τοποθέτησή τους.
6. Χρησιμοποιείται βαρίδιο που προσαρμόζεται στο ακροσωλήνιο. Ταυτόχρονα με τη διάταξη των σωληνώσεων, κατεβαίνει στη γεώτρηση

- και ο κεντρικός σωλήνας που απαιτείται για το γέμισμα της με θερμοαγώγιμο μίγμα.
7. Η γεώτρηση γεμίζει με θερμοαγώγιμο μίγμα, μέσω του κεντρικού σωλήνα, από το ακροσωλήνιο ως την επιφάνεια χωρίς κενά και παγίδευση αέρα.
 8. Με την πλήρωση της γεώτρησης, αποτρέπεται η εισχώρηση μολυσματικών υλικών και η μη επιτρεπτή άντληση υπόγειων υδάτων.
 9. Εξασφαλίζεται η αρτιότερη εναλλαγή θερμότητας με το υπέδαφος.
 10. Τα ζεύγη σωληνώσεων των κατακόρυφων εναλλακτών συνδέονται παράλληλα σε συλλέκτη.
 11. Ο συλλέκτης συνδέεται με την γεωθερμική αντλία.
 12. Το δίκτυο δοκιμάζεται σε πίεση 1,5 φορές της πίεσης λειτουργίας του συστήματος.

3.2.2.2. Τι πρέπει να προσέξουμε στην κατακόρυφη γεωθερμία:

1. Την απόσταση μεταξύ των γεωτρήσεων (τουλάχιστον 5m).
2. Οι συνδέσεις των ακροσωληνίων να γίνονται από την παραγωγό βιομηχανία, σύμφωνα με την οδηγία DVS 2207 και 2208, και να δοκιμάζονται σε πίεση και ροή σύμφωνα με το DIN 4279-7.
3. Τη διατήρηση των αποστάσεων μεταξύ των σωληνώσεων που τοποθετούνται στη γεώτρηση, με την χρήση των κατάλληλων αποστατών.
4. Τη σωστή σωλήνωση των γεωτρήσεων. Η τοποθέτηση των σωληνώσεων θα πρέπει να γίνει όσο το δυνατό γρηγορότερα μετά το πέρας της διάτρησης, για την αποφυγή καταπτώσεων.
5. Οι σωληνώσεις δοκιμάζονται με πίεση (αέρα ή αζώτου ή νερού κ.α.) για να διασφαλισθεί το ότι δεν έχουν υποστεί κάποια φθορά κατά την τοποθέτησή τους. Σε περίπτωση που έχουν τραυματιστεί, ανασύρονται από τη γεώτρηση και αντικαθιστώνται.
6. Τη σωστή πλήρωση με θερμοαγώγιμο μίγμα της γεώτρησης.
7. Για την άρτια κατασκευή και βέλτιστη απόδοση του συστήματος, η σύσταση του θερμοαγώγιμου μίγματος θα πρέπει να καθοριστεί με βάση τη δομή και τη σύσταση του υπεδάφους.
8. Τη μόνωση των σωληνώσεων κοντά στο συλλέκτη.
9. Την πλήρωση και εξαέρωση του δικτύου.
10. Την απόσταση των κατακόρυφων και οριζόντιων σωληνώσεων του γεωεναλλάκτη από το κεντρικό δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης της κατοικίας (τουλάχιστον 1m).
11. Στις εγκαταστάσεις κατακόρυφων γεωεναλλακτών απαιτείται άδεια.

Παράδειγμα:

Σχεδιασμός συστήματος με κατακόρυφο γεωεναλλάκτη
Έστω θερμικές απαιτήσεις κτιρίου 25 KW.

Βαθμός απόδοσης προτεινόμενης αντλίας θερμότητας COP=5.

Υπολογισμός:

Μήκος γεωεναλλάκτη = Ονομαστική ισχύς αντλίας $\times (1-1/COP)$ / Αποδιδόμενη ενέργεια από γεωεναλλάκτη

Μήκος γεωεναλλάκτη = $25.000 \text{ W} \times (1-1/5,0) / 65 \text{ W/m}^2 = 307,7 \text{ m}$

Όλες οι παράμετροι που αφορούν το σύστημα θα πρέπει να καθοριστούν από τον επιβλέποντα μηχανολόγο και γεωλόγο, οι οποίοι ανάλογα με τα δεδομένα θα καθορίσουν τον τελικό σχεδιασμό του συστήματος, έχοντας παράλληλα την ευθύνη της εύρυθμης λειτουργίας του.

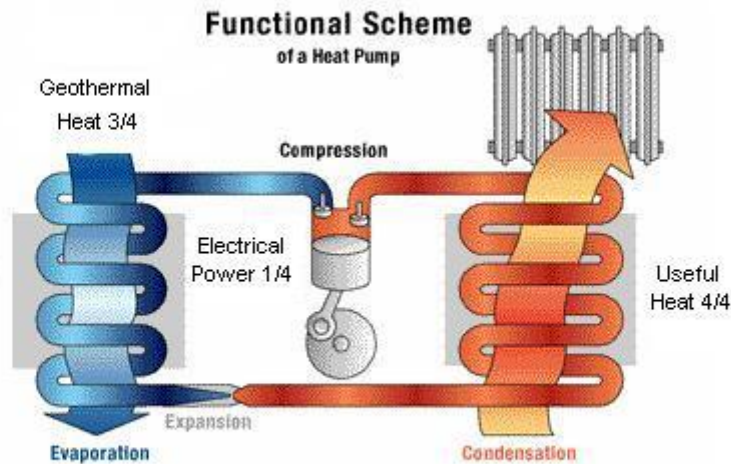
3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΓΑΘ)

Η αντλία θερμότητας είναι μία συσκευή που έχει την ικανότητα να μεταφέρει θερμότητα από ένα μέσο με χαμηλή θερμοκρασία σε ένα άλλο μέσο με υψηλότερη θερμοκρασία. Αυτό πραγματοποιείται με απορρόφηση θερμότητας από μία πηγή χαμηλής σχετικά θερμοκρασίας, όπως το υπόγειο ή το επιφανειακό νερό, ο εξωτερικός αέρας κτλ, και τη μεταφορά της θερμότητας αυτής σε ένα θερμότερο μέσο, όπως είναι το νερό ή ο αέρας, το οποίο και χρησιμοποιείται για θέρμανση.

Τα βασικά εξαρτήματα μιας αντλίας θερμότητας περιλαμβάνουν το συμπιεστή, το συμπυκνωτή, τον εξατμιστή, τη βαλβίδα εκτόνωσης και βέβαια την πηγή ενέργειας.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η αντλία θερμότητας είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να αντιστρέφει την ψυκτική και τη θερμαντική λειτουργία, επιτρέποντας τη χρήση της ίδιας συσκευής τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση.

Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται ο τρόπος λειτουργίας των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας



Εικόνα 9 : Σχηματική διάταξη αρχής λειτουργίας ΓΑΘ, Παράδειγμα θέρμανσης με COP = 4

Κατά τη θέρμανση, το ρευστό που κυκλοφορεί στις σωληνώσεις επιστρέφει στην επιφάνεια ζεστό και διέρχεται από τη μονάδα ανταλλαγής θερμότητας (εναλλάκτη θερμότητας). Εντός του εναλλάκτη, το εσωτερικό ρευστό εκτονώνεται (expansion) και μετατρέπεται σε αέριο, χρησιμοποιώντας τη θερμότητα του εξωτερικού ρευστού. Στη συνέχεια, το αέριο πλέον ρευστό οδηγείται στον συμπιεστή (compression) όπου συμπιέζεται, υγροποιείται και προσφέρει τη θερμότητα του στο σύστημα θέρμανσης της οικίας. Στη συνέχεια το εξωτερικό ρευστό που είχε προσφέρει εξ αρχής τη θερμότητα επιστρέφει στις σωληνώσεις, ξαναθερμαίνεται και επαναλαμβάνεται ο κύκλος. Επιπλέον ο κύκλος αυτός είναι αναστρέψιμος, προκειμένου να προσφέρεται εκτός από θέρμανση και κλιματισμός.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό το γεγονός ότι από το περιβάλλον λαμβάνουμε τα 3/4 της απαιτούμενης ενέργειας (Geothermal Heat 3/4), ενώ μέσω ηλεκτρισμού προσφέρουμε μόλις το 1/4 (Electrical Power 1/4). Στην αντλία θερμότητας, θερμότητα από το «ψυχρό» μέσο μεταφέρεται σε χαμηλή θερμοκρασία T_0 , ενώ προσφέρεται μηχανικό έργο, W_{net} , για τη μεταφορά της θερμότητας σε υψηλότερη θερμοκρασία T_H .

Ισχύει λοιπόν η σχέση:

$$Q_H = Q_L + W_{net}$$

Η σωστή λειτουργία της αντλίας θερμότητας, στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει η θερμική ικανότητα της συσκευής, εκφράζεται με το συντελεστή απόδοσης ή επιτευξιμότητας COP (coefficient of performance), ο οποίος ορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$COP = Q_H / W_{net}$$

Q_H : η θερμότητα που αποδίδεται από το σύστημα
 W_{net} : το απαιτούμενο έργο εισόδου/λειτουργίας

Στις αντλίες θερμότητας ο συντελεστής COP κυμαίνεται από 1,5 μέχρι και περισσότερο από 6 και, προφανώς, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο περισσότερο οικονομική γίνεται η χρήση της αντλίας. Στο παράδειγμα της εικόνας 9 έχουμε $COP = 4$.

Ο τύπος γεωθερμικού συστήματος αντλιών θερμότητας που είναι κατάλληλος για ένα δεδομένο κτήριο πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά. Η επιλογή είναι θέμα τόσο του μηχανικού, όσο και του ιδιοκτήτη. Κάθε εναλλακτική έχει διαφορετικές επιπτώσεις στην αρχιτεκτονική, στην ικανότητα ελέγχου του κλιματισμού και στην απόδοση του συστήματος.

Σε κάθε εφαρμογή γίνεται ειδική μελέτη από τους μηχανικούς, που στόχο έχει τη σύγκριση των συστημάτων, προκειμένου να απαριθμήσουν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε εναλλακτικής. Αυτή η μελέτη πρέπει να συγκρίνει την απόδοση, τις αρχιτεκτονικές επιπτώσεις, τις κύριες δαπάνες, τις λειτουργικές δαπάνες και τη συντήρηση, ώστε να καταλήξουν στη βέλτιστη επιλογή.

Υπάρχουν 3 ειδών εναλλάκτες που χρησιμοποιούνται ανάλογα με την περίπτωση:

1) Σύστημα νερού – αέρα



Εικόνα 10 : Εναλλάκτης συστήματος νερού – αέρα

Το θερμό ρευστό κυκλοφορεί εντός του εναλλάκτη, μετατρέπεται σε αέριο και αναλόγως τη ρύθμιση θερμαίνει ή ψύχει το χώρο.

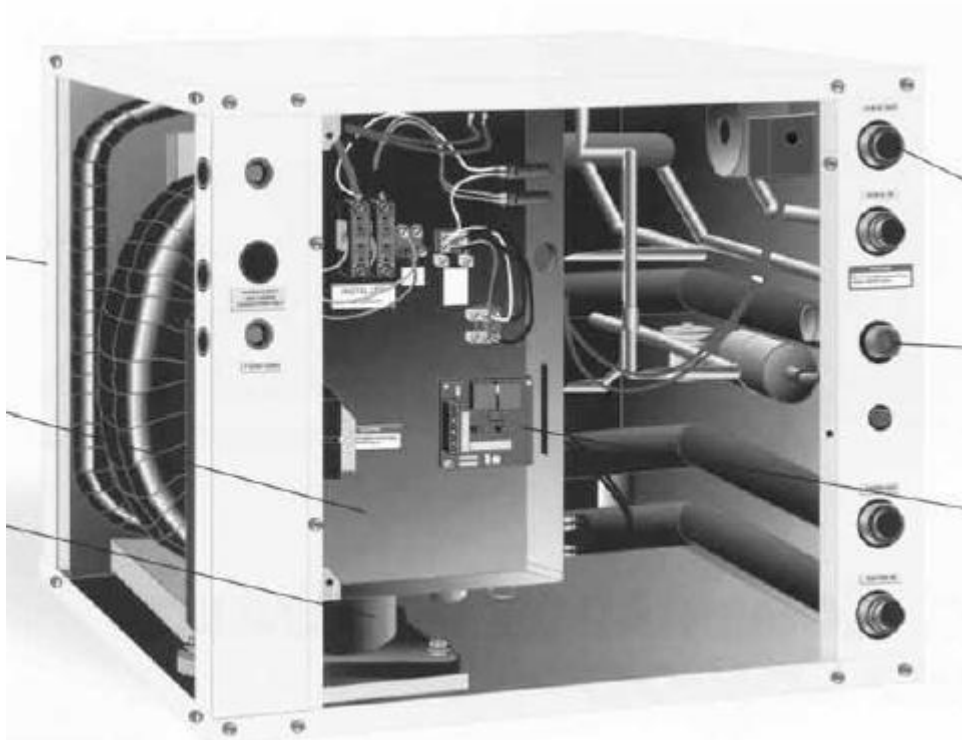
2) Σύστημα νερού – νερού



Εικόνα 11 : Εναλλάκτης συστήματος νερού – νερού

Ομοίως το ρευστό από τις σωληνώσεις εισάγεται στη μονάδα, από όπου ψυχρό ή θερμό νερό διοχετεύεται στα fan coils για ψύξη και στο εγκατεστημένο σύστημα θέρμανσης για θέρμανση αντίστοιχα.

3) Μονάδα Split νερού – αέρα



Εικόνα 12 : Μονάδα split νερού – αέρα (Water-to-air split type)

Χωρίζεται σε τμήματα συμπιεστή/συμπυκνωτή και σε τμήματα coil/blower (σπείρες/ανεμιστήρες). Ο διαχωρισμός αυτός οφείλεται στο ότι ο συμπιεστής προκαλεί το μεγαλύτερο μέρος του θορύβου που προέρχεται από τη μονάδα και με αυτό τον τρόπο μπορεί να τοποθετηθεί μακριά

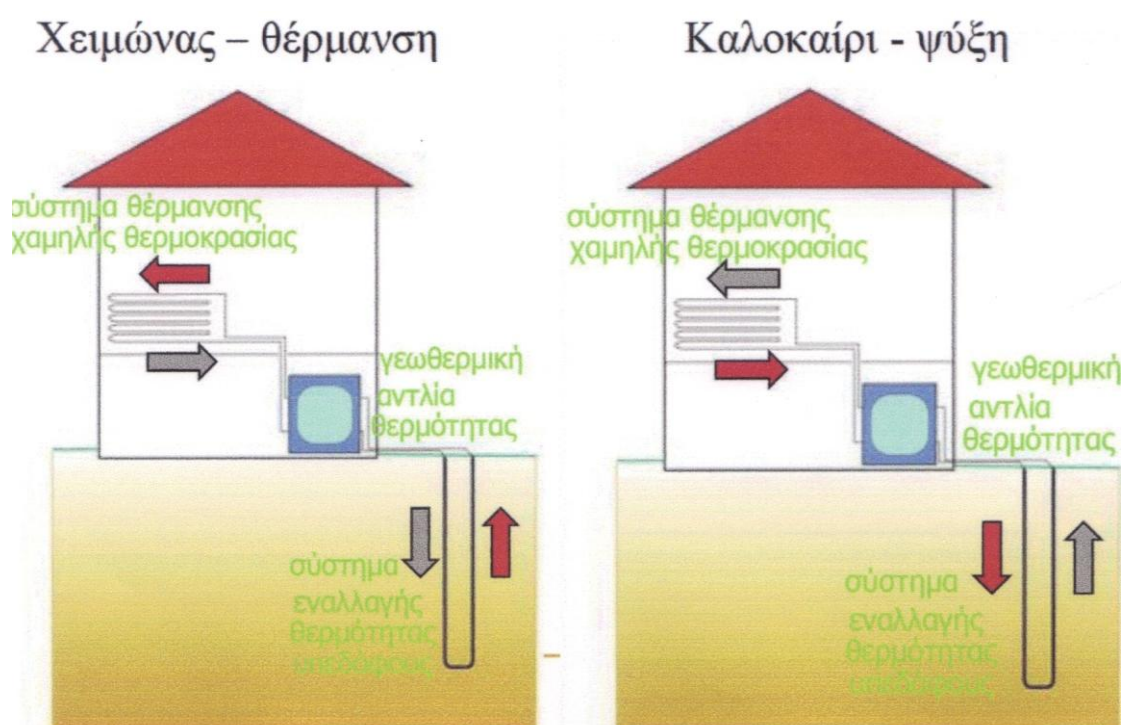
3.4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Οι γεωθερμικές αντλίες :

- 1) Χρησιμοποιούν 25%-50% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης ή ψύξης. Συγκεκριμένα, παρέχοντας μια μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας σε μια ΓΑΘ προκύπτουν τρεις μονάδες θερμότητας από τη γη.
- 2) Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας, και τις αντίστοιχες εκπομπές, μέχρι και 44% σε σχέση με τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν αιολική ενέργεια και μέχρι και 72% σε σχέση με τη θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις, καθώς και με τον τυποποιημένο εξοπλισμό κλιματισμού.
- 3) Βελτιώνουν επίσης τον έλεγχο υγρασίας με τη διατήρηση της σχετικής εσωτερικής υγρασίας περίπου 50%, γεγονός που τις καθιστά πολύ αποτελεσματικές στις υγρές περιοχές.
- 4) Οι ΓΑΘ χαρακτηρίζονται από ευελιξία κατά το σχεδιασμό τους και μπορούν να εγκατασταθούν και σε νέες κατασκευές, αλλά και σε ήδη υπάρχουσες, αντικαθιστώντας τα παλιά συστήματα θέρμανσης – ψύξης.
- 5) Επιπλέον, ο εξοπλισμός απαιτεί μικρότερο από αυτόν που απαιτείται από τα συμβατικά συστήματα, έτσι οι χώροι τοποθέτησης του εξοπλισμού μπορούν να μειωθούν πολύ στο μέγεθος και να ελευθερωθεί χώρος για παραγωγική χρήση.
- 6) Είναι ιδιαίτερα σημαντικό το γεγονός ότι τα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης μας παρέχουν τη δυνατότητα να διαχωρίσουμε ζώνες εντός της οικίας, επιτρέποντας έτσι να έχουμε διαφορετικές θερμοκρασίες θέρμανσης ή ψύξης.
- 7) Οι ΓΑΘ αποτελούνται από λίγα κινούμενα μέρη, τα οποία προφυλάσσονται εντός του κτηρίου και είναι ανθεκτικά και ιδιαίτερα αξιόπιστα. Οι υπόγειες σωληνώσεις έχουν εγγύηση 25-50 ετών και οι αντλίες θερμότητας συνήθως διαρκούν 20 έτη ή περισσότερο.
- 8) Δεν υπάρχει περίπτωση καταστροφής λόγω βανδαλισμού, δεδομένου ότι δεν έχουν συνήθως κανέναν υπαίθριο συμπιεστή. Αφ' ετέρου, η συντήρησή τους δεν προβληματίζει, καθώς οι εγκαταστάσεις είναι εύκολα προσβάσιμες και έτσι γίνεται εύκολα και έγκαιρα.
- 9) Τέλος, εξαλείφεται ο εξωτερικός θόρυβος, αφού δεν υπάρχουν εξωτερικές μονάδες, όπως στην περίπτωση των κλιματιστικών, καθώς και ο εσωτερικός, καθώς το σύστημα είναι τόσο αθόρυβο, που οι ένοικοι δεν αντιλαμβάνονται τη λειτουργία της.

3.5. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

- 1) Το αρχικό κόστος ενός γεωθερμικού συστήματος είναι υψηλότερο από αυτό των συμβατικών συστημάτων, αλλά κάνει απόσβεση σε λίγα χρόνια.
- 2) Για τα ανοικτά γεωθερμικά κυκλώματα απαιτείται παροχή καθαρού νερού (π.χ. από γεώτρηση).
- 3) Κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων δημιουργείται λάσπη, η οποία θα πρέπει να ξηραθεί και να απομακρυνθεί από το χώρο ανέγερσης της κατοικίας.

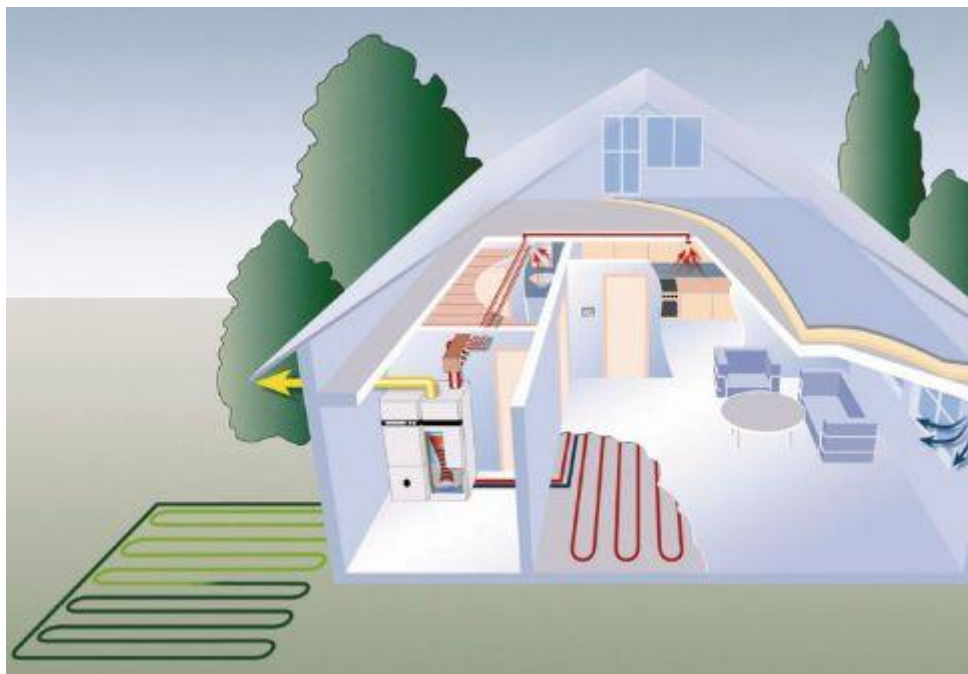


Εικόνα 13 : Αρχή λειτουργίας συστήματος ΓΑΘ
(Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας)

4. ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ

Ένα από τα μείζονα ζητήματα είναι το χρηματικό ποσό που πρόκειται να δαπανήσουμε ετησίως ώστε να καταφέρουμε να εξασφαλίσουμε την απαραίτητη θέρμανση ή και ψύξη στο σπίτι μας.

Όσο περνάει ο καιρός, το ποσό αυτό καταλαμβάνει ολοένα και μεγαλύτερο κομμάτι στην πίτα του οικονομικού προϋπολογισμού του σπιτιού. Αυτό συμβαίνει προφανώς, διότι το κόστος αγοράς των καυσίμων αυξάνεται με γεωμετρική πρόοδο κατά την πάροδο του χρόνου. Έτσι, ο κάθε καταναλωτής αναζητά εναλλακτικούς τρόπους για να εξασφαλίσει την απαραίτητη θέρμανση και ψύξη του σπιτιού του με το μικρότερο δυνατό κόστος. Ένας από τους τρόπους αυτούς είναι η εφαρμογή ενός γεωθερμικού συστήματος κλιματισμού. Το γεωθερμικό σύστημα μπορεί να προσφέρει την απαραίτητη θέρμανση και ψύξη στην κατοικία μας, καθώς και ζεστό νερό χρήσης. Η λειτουργία του βασίζεται στην εκμετάλλευση της ενέργειας του υπεδάφους η οποία διατηρείται σταθερή όλο το χρόνο. Έτσι λοιπόν, η θέρμανση του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω της απορρόφησης της θερμότητας του υπεδάφους και της πρόσδοσης της θερμότητας αυτής στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ η ψύξη του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω της απόρριψης της θερμότητας από το κτίριο προς το υπέδαφος.



Εικόνα 14 : Γεωθερμικό σύστημα κλιματισμού σε κατοικία

4.1. ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Εξετάζοντας τις επιλογές που έχουμε σχετικά με την αντικατάσταση ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης σε ένα υφιστάμενο κτίριο, διαπιστώνουμε ότι σε κάποιες περιπτώσεις κάτι τέτοιο είναι εφικτό και εύκολο. Αυτό κυρίως ισχύει όταν στο εσωτερικό του σπιτιού είναι ήδη εγκατεστημένη ενδοδαπέδια θέρμανση ή και μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα [fan coil units]. Στην περίπτωση αυτή λοιπόν, απλώς καταργείται και απομακρύνεται η υφιστάμενη συμβατική πηγή ενέργειας και στη θέση της τοποθετείται μια γεωθερμική αντλία θερμότητας αντίστοιχης ισχύος. Η συμβατική πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται ήδη στο κτίριο, μπορεί να είναι είτε ένας λέβητας πετρελαίου, είτε λέβητας φυσικού αερίου ή και αντλία θερμότητας αέρος – νερού. Σε κάθε περίπτωση, είναι συμφέρον να αντικατασταθεί το συμβατικό σύστημα με ένα σύστημα γεωθερμίας. Η γεωθερμία ως γνωστόν ορίζεται ως 100% ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η συνηθέστερη περίπτωση όμως, σε υφιστάμενη κατοικία είναι ο συνδυασμός ενός συμβατικού λέβητα πετρελαίου με κλασικά σώματα καλοριφέρ. Σε αυτήν την περίπτωση λοιπόν, για να γίνει η εφαρμογή, θα πρέπει να ελεγχθεί το εσωτερικό δίκτυο για να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι δυνατόν να συνεργαστεί με ένα γεωθερμικό σύστημα κλιματισμού. Αυτό που επηρεάζει τη λειτουργία του συστήματος, είναι ο τρόπος διασύνδεσης των σωμάτων καλοριφέρ. Ο μόνος τρόπος να συνδυαστεί το γεωθερμικό σύστημα με ένα δίκτυο καλοριφέρ χωρίς επεμβάσεις στο εσωτερικό δίκτυο, είναι να είναι συνδεδεμένα παράλληλα, δηλαδή να καταλήγουν σε κολλεκτέρ με ξεχωριστές σωληνώσεις. Τότε εύκολα καταργείται ο λέβητας, ώστε να συνδεθεί η γεωθερμική αντλία θερμότητας με το εσωτερικό δίκτυο. Σε περίπτωση που τα σώματα είναι συνδεδεμένα σε σειρά, που είναι και το πιο σύνηθες, τότε το γεωθερμικό σύστημα δε μπορεί να αποδώσει και χρειάζονται επεμβάσεις στο εσωτερικό δίκτυο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, λόγω των αυξημένων επεμβάσεων που απαιτούνται εσωτερικά του κτιρίου, ίσως είναι ασύμφορη οικονομικά μια τέτοια εφαρμογή, εκτός κι αν ο χρήστης του κτιρίου είναι διατεθειμένος να προχωρήσει σε κάποια ανακαίνιση. Γενικά σε κάθε περίπτωση, είναι πιθανόν τα υφιστάμενα σώματα καλοριφέρ κατά τη σύνδεση τους με τη γεωθερμία να παρουσιάσουν λίγο μεγαλύτερη αδράνεια δηλαδή να υπάρχει μια μικρή καθυστέρηση της θέρμανσης του κτιρίου μετά την ενεργοποίηση του συστήματος, και αυτό είναι ένα μειονέκτημα που παρουσιάζεται με αυτή την εφαρμογή. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να ελαττωθεί με τη βοηθητική λειτουργία μερικών μονάδων fan coil units. Με την εγκατάσταση των fan coil units θα μπορούσαμε να εξασφαλίσουμε στην περίπτωση αυτή και τη μερική ή ολική ψύξη του κτιρίου και να εκμεταλλευτούμε πλήρως της δυνατότητας του γεωθερμικού συστήματος κλιματισμού.

4.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Όταν διαπιστωθεί ότι μπορεί να συνδυαστεί το εσωτερικό δίκτυο του κτιρίου με το μηχανοστάσιο της γεωθερμίας, θα επιλεχθεί το είδος του εξωτερικού κυκλώματος που πρόκειται να εφαρμοστεί. Θα εξεταστεί λοιπόν καταρχήν, εάν υπάρχει υπόγειο νερό στη συγκεκριμένη περιοχή ώστε να προχωρήσουμε στη λύση των υδρογεωτρήσεων. Η λύση αυτή απαιτεί τον ελάχιστο περιβάλλοντα χώρο, αφού χρειάζονται μόνον 2 υδρογεωτρήσεις με διάμετρο της τάξεως των 15-20 cm. Είναι οικονομικά συμφέρουσα λύση, σε περίπτωση που το υπόγειο νερό δε βρίσκεται σε πολύ μεγάλα βάθη, αλλά και σε παραθαλάσσιες περιοχές, αφού δεν παίζει ρόλο η ποιότητα του νερού αλλά μόνον η ποσότητα του



Εικόνα 15 : Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Στην περίπτωση που στην περιοχή δεν υπάρχει υπόγειο νερό, θα πρέπει να εφαρμοστεί κλειστό κύκλωμα, ήτοι να γίνει τεχνητή ανακυκλοφορία νερού σε σωληνώσεις ενταφιασμένες στο υπέδαφος. Ο τύπος του κλειστού κυκλώματος που θα εφαρμοστεί εξαρτάται από το διαθέσιμο περιβάλλοντα χώρο. Ένα οριζόντιο σύστημα με σπειρωτή διαμόρφωση των σωλήνων απαιτεί εξωτερικό χώρο, δηλ. περίπου τόσα τετραγωνικά, όσα είναι και ο χώρος που θα κλιματιστεί. Δηλαδή για μια κατοικία 100 τετραγωνικών θα χρειαζόμασταν περίπου τόσο χώρο εξωτερικά για ένα οριζόντιο κύκλωμα, το οποίο τοποθετείται στο 1,2 – 1,5 m.



Εικόνα 16 : Μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα [fan coil units].

Υπάρχει και η λύση του «κωνικού» συστήματος όπου χρειαζόμαστε περίπου το μισό περιβάλλοντα χώρο από ότι σε ένα οριζόντιο σύστημα, και διαμορφώνουμε τις σωληνώσεις σε μορφή κώνου, ώστε να τοποθετηθούν σε μεγαλύτερο βάθος – περίπου 3,5 m – και να εξοικονομήσουμε χώρο σε πλάτος.



Εικόνα 17 : Με το ενδοδαπέδιο σύστημα μπορεί να θερμανθεί και να ψυχθεί όλο το σπίτι.

Τέλος, στην περίπτωση ύπαρξης ελάχιστου περιβάλλοντος χώρου, τότε θα πρέπει να γίνει κάθετο σύστημα δηλαδή να αναπτυχθεί ο γεωσυλλέκτης σε βάθος. Θα πρέπει να γίνουν οπές βάθους 80-100 μέτρων. Ο αριθμός των απαραίτητων οπών καθορίζεται σύμφωνα με τα υπολογιζόμενα φορτία θέρμανσης – ψύξης του κτιρίου, και τοποθετούνται περιμετρικά του κτιρίου.



Εικόνα 18 : Μηχανοστάσιο γεωθερμίας

4.3. ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Για να εγκατασταθεί ένα σύστημα κλιματισμού με Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας θα πρέπει να τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες εξαρτώνται από τον τύπο του συστήματος.

Όσον αφορά τους εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος, απαιτείται ελεύθερη έκταση ανάλογα με το μέγεθος του εναλλάκτη το οποίο καθορίζεται με βάση τις απαιτήσεις θέρμανσης/ψύξης του υποστατικού. Για εναλλάκτες ανοικτού τύπου χρειάζεται κάποια πηγή θερμότητας (π.χ. πηγάδι, λίμνη, γεώτρηση) και ένας χώρος απόρριψης/επιστροφής του νερού μετά την ολοκλήρωση του κύκλου.

Οι θέσεις των κάθετων γεωτρήσεων συστήνεται να απέχουν τουλάχιστον 6m μεταξύ τους και 3 m από το όριο του τεμαχίου.

Για την εγκατάσταση της αντλίας θερμότητας δεν υπάρχουν κάποιες αναγκαίες προϋποθέσεις, αφού το μέγεθος της αντλίας και των εξαρτημάτων της είναι αρκετά μικρότερο από αυτό των συμβατικών συστημάτων

Για το σύστημα μεταφοράς θερμικής ενέργειας από και προς το κτήριο, υπάρχουν κατασκευαστικοί περιορισμοί, οι οποίοι όμως δεν διαφέρουν από οποιονδήποτε άλλο συμβατικό σύστημα.

Όταν επιλεγεί ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης - δροσισμού, η εγκατάσταση προτείνεται να υλοποιείται κατά την κατασκευή του κτιρίου, καθώς το σύστημα ενσωματώνεται στο δάπεδο.

Όλες οι λύσεις θα πρέπει να γίνονται πάντοτε σε στενή συνεργασία με τον μελετητή του έργου για αποφυγή προβλημάτων, ειδικά στον ενδοδαπέδιο δροσισμό.

4.4. ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η ενεργειακή διεργασία που εκτελεί ένα γεωθερμικό σύστημα κλιματισμού πραγματοποιείται με κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που όμως είναι πολύ μικρή συγκριτικά με το παραγόμενο φορτίο, και αυτό διότι η θερμοκρασία που επικρατεί στο υπέδαφος είναι πολύ κοντά στη θερμοκρασία των 20 βαθμών C, που θέλουμε να επιτύχουμε στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτός είναι και ο λόγος που τα γεωθερμικά συστήματα κλιματισμού εμφανίζουν πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης. Αντίθετα, ένας λέβητας πετρελαίου για παράδειγμα, εμφανίζει πολύ χαμηλό βαθμό απόδοσης, και αυτό διότι καλύπτει πολύ μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας αφού το νερό ύδρευσης είναι κοντά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το ζητούμενο λοιπόν που επιτυγχάνεται κατά τη λειτουργία του γεωθερμικού συστήματος κλιματισμού έναντι σε ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης – ψύξης είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων που εξασφαλίζεται κατά τη λειτουργία του. Το ποσοστό αυτό της εξοικονόμησης είναι πολύ υψηλό, αγγίζει το 55% κατά τη λειτουργία θέρμανσης και το 45% κατά τη λειτουργία ψύξης του. Είναι φανερό λοιπόν πως το κόστος επένδυσης που θα επιβαρυνθεί ο καταναλωτής για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος πρόκειται να αποσβεστεί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα λόγω της υψηλής εξοικονόμησης που παρουσιάζει στη λειτουργία του. Αξίζει τον κόπο λοιπόν να διερευνηθεί και αυτή η εναλλακτική λύση, που συνδυάζει και θέρμανση αλλά και ψύξη για το σπίτι, αφού υπό προϋποθέσεις, υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστεί και σε ήδη κτισμένα σπίτια.

4.5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

Μπορεί να κάνει κάποιος τη σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα κλιματισμού με αερόψυκτες εξωτερικές μονάδες όπως πχ τα πολύ γνωστά σε όλους μας κλιματιστικά μηχανήματα διαιρούμενου τύπου, οι εξωτερικές μονάδες των οποίων είναι εμφανείς στα μπαλκόνια των διαμερισμάτων ή στα δώματα των κτιρίων. Όλοι όσοι τα έχουν χρησιμοποιήσει το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια μιας πολύ ζεστής μέρας (35 ή και 40°C), γνωρίζουν τη δραματική

πτώση της απόδοσής τους και την αδυναμία τους να δροσίσουν ικανοποιητικά το χώρο. Αυτό συμβαίνει γιατί η συσκευή καλείται να αποβάλει θερμότητα σε ένα περιβάλλον ήδη κορεσμένο από θερμικό φορτίο και καταβάλλει μια μάταιη προσπάθεια καταναλώνοντας υπερβολικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας.

Αν όμως η κλιματιστική συσκευή απέβαλε τη θερμότητα σε ένα ψυχρότερο περιβάλλον, όπως αυτό του εσωτερικού του εδάφους, όπου ακόμη και στις θερμότερες μέρες του καλοκαιριού η θερμοκρασία δεν ξεπερνάει περίπου τους 20°C, τότε η απόδοσή της θα ήταν πάρα πολύ μεγάλη και η οικονομία σε ηλεκτρική ενέργεια τεράστια.

Σε αυτή την αρχή της θερμοδυναμικής βασίζεται η χρήση των γεωθερμικών εναλλακτών, που κατά μια έννοια «μεταφέρουν», με τη βοήθεια της αντλίας θερμότητας, τους 200 C του εδάφους μέσα στο κτίριο, καταναλώνοντας έτσι την ελάχιστη δυνατή ηλεκτρική ενέργεια. Κατ' ανάλογο τρόπο, το χειμώνα, το γεωθερμικό σύστημα καλείται να ανυψώσει τους 15-17°C του εδάφους μέχρι τους 20-220 C για να ζεστάνει το εσωτερικό του κτιρίου. Η οικονομία και εδώ είναι τεράστια σε σχέση με μία συμβατική αντλία θερμότητας αέρα. Να σημειωθεί ότι τα συμβατικά κλιματιστικά μηχανήματα αδυνατούν σχεδόν να ζεστάνουν το χώρο σε θερμοκρασίες κάτω των 0°C.

4.6. ΤΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΓΙΝΕΙ ΣΤΑ ΠΑΛΙΑ ΣΠΙΤΙΑ

Η θέρμανση με εκμετάλλευση της γεωθερμίας απευθύνεται βασικά στα νεόδμητα σπίτια. Από τις υφιστάμενες οικοδομές στην Ελλάδα μόνο το 10% μπορεί να υιοθετήσει το σύστημα αυτό, καθώς σε αυτό μόνο το ποσοστό συναντάμε ενδοδαπέδια θέρμανση ή fan coils, που απαιτούν προαπαιτούμενο. Παράλληλα, χρειάζεται και ελεύθερος περιβάλλον χώρος για τις σωληνώσεις.

Ρωτήθηκε ο μηχανολόγος κ. Νίκος Τζοβλά, της εταιρείας Δέλτα Τεχνική, σχετικά με τις δυνατότητες που έχει ο ιδιοκτήτης υπάρχουσας κατοικίας να αναζητήσει λύση θέρμανσης και ψύξης στις αντλίες θερμότητας. Απάντησε ότι μια πολύ καλή ιδέα είναι η υιοθέτηση της κεντρικής αερόψυκτης αντλίας θερμότητας, η οποία μπορεί να συνδεθεί με το ήδη κατασκευασμένο κεντρικό δίκτυο καλοριφέρ, δηλαδή δεν απαιτείται η παλιά εγκατάσταση. Η συγκεκριμένη αντλία δουλεύει σαν air condition και έχει πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης. Απαλλάσσει πλήρως από το πανάκριβο πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο, προσφέροντας οικονομία στην κατανάλωση έως 68%! Συγκεκριμένα, πληροφορεί ο κ. Τζοβλάς, αν υποθέσουμε ότι ένα σπίτι χρειάζεται 2.000 λίτρα πετρελαίου, δηλαδή 3.000 ευρώ, με την αντλία θερμότητας θα ξοδέψει μόλις 1.000 ευρώ σε αξία ηλεκτρικού ρεύματος.

Παράδειγμα 1 : Η δαπάνη θέρμανσης για κατοικία 160 τμ. στην Αττική, είναι 1.175 ευρώ με αντλία θερμότητας, 1.900 ευρώ με φυσικό αέριο, 2.000 ευρώ με λέβητα pellet, 3.750 ευρώ με πετρέλαιο και 4.070 ευρώ με θερμοπομπούς. Η μονάδα τοποθετείται εξωτερικά (ταράτσα, κεραμίδια), είναι αθόρυβη και απαιτεί ελάχιστη συντήρηση. Για ένα σπίτι 100 τμ. κοστίζει 7.000 €, επομένως το κόστος της καλύπτεται σε 3 – 4 χρόνια.

Παράδειγμα 2 : Για κατοικία 100 τμ. απαιτείται ελεύθερος περιβάλλον χώρος 200 τμ., όπου θα αναπτυχθεί το σύστημα σωληνώσεων, σε βάθος τουλάχιστον 1,80 μ. Αν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας, μπορεί να αξιοποιηθεί άριστα. Η κεντρική μονάδα ή αλλιώς "γεωθερμική αντλία θερμότητας", που έχει μικρές διαστάσεις, τοποθετείται σε κάποιο "τυφλό" αποθηκευτικό χώρο. Το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος γεωθερμικού κλιματισμού για μια μέση κατοικία είναι περίπου 14.000 €. Η απόσβεση της εγκατάστασης επιτυγχάνεται από την πολύ σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Παράδειγμα 3 : Γεωθερμία με σώματα σε κατοικία στο Πικέρμι με γεωθερμική αντλία Venco υψηλών θερμοκρασιών από την ΗΡΩΝ ΑΑΓ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΕΠΕ

Περιγραφή της κατοικίας : Πρόκειται για καινούργια μονοκατοικία (2011) στο Πικέρμι Αττικής συνολικής επιφάνειας 200 τ.μ. Οι θερμαινόμενοι χώροι είναι 180 τ.μ. και η μόνωση του κτιρίου θεωρείται ικανοποιητική ενώ τα κουφώματα είναι αλουμινίου με διπλά κρύσταλλα. Οι ανάγκες θέρμανσης της πενταμελούς οικογένειας καλύπτονται με συνθήκες εσωτερικού χώρου 23ο C ενώ σε ζεστό νερό χρήσης με ένα δοχείο αποθήκευσης 300lt.

Περιγραφή της εγκατάστασης :

- Κλειστό σύστημα κατακόρυφου γεωεναλλάκτη συνολικού μήκους 210 μ.
- Γεωθερμική αντλία θερμότητας Venco 17kW υψηλών θερμοκρασιών (65°C)
- Boiler ZNX ειδικού τύπου για γεωθερμική αντλία
- Αυτοματισμοί λεβητοστασίου
- Σύστημα σωληνώσεων λεβητοστασίου
- Η κατοικία είναι τριών επιπέδων με αυτονομία ανά όροφο και θερμαίνεται με σώματα τύπου πάνελ υψηλής απόδοσης με θερμοκρασία προσαγωγής 60°C.

Αποτελέσματα λειτουργίας : Σε συνθήκες πραγματικής λειτουργίας της γεωθερμικής αντλίας υψηλών θερμοκρασιών Venco μετρήθηκε ηλεκτρική κατανάλωση 4.5 kW ενώ η ισχύς από τον γεωεναλλάκτη 10,9 kW όταν οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος ήταν χιονόπτωση με -1οC. Αυτό σημαίνει ότι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος με τη γεωθερμική αντλία Venco ανέρχεται σε COP = 3,42 με νερό προσαγωγής 65οC. Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει η κατοικία έως σήμερα για θέρμανση σε μηνιαία βάση είναι περίπου 650kWh, κόστος περίπου 90€/μήνα. Η θέρμανση της κατοικίας παραμένει ανοικτή καθ' όλο το 24ωρο με ζήτηση θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων 22ο – 23οC. Όμοια κατοικία στην ίδια περιοχή χρειάζεται 300lt το μήνα πετρέλαιο δηλ. με σημερινή τιμή πετρελαίου θέρμανσης 300€. Από τη σύγκριση αυτή των δύο υπαρκτών συστημάτων προκύπτει μια εξοικονόμηση στο κόστος θέρμανσης της τάξης του 70%. Με δεδομένο ότι η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, θα εκκινήσει τον ερχόμενο Οκτώβριο με τιμή γύρω στο 1,4€/lt, δηλαδή η συμβατική προαναφερθείσα κατοικία θα χρειάζεται πλέον 300lt x 1,4€/lt = 420€, τότε η

εξοικονόμηση με τη γεωθερμία θα αγγίζει το 80%. Το συγκεκριμένο έργο γεωθερμίας με σώματα από την ΗΡΩΝ ΑΑΓ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΕΠΕ, καθώς και ακόμη ένα έργο γεωθερμίας με ενδοδαπέδια θέρμανση – δροσισμό που έχει εκπληκτικό πραγματικό βαθμό απόδοσης (SPF) ίσο με έξι 6! αποτελούν δύο από τα έξι έργα τα οποία έχουν ενταχθεί σε Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα με το όνομα SEPEMO και στα οποία πραγματοποιούνται ειδικές μετρήσεις από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) για τη μέτρηση του πραγματικού SPF.

5. ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

5.1.1. Συντήρηση Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ) :

5.1.1.1. Γεωεναλλάκτες :

- Πρακτικά μηδενική συντήρηση
- Διατηρούνται από 30-50 έτη
- Ετήσιος έλεγχος πίεσης συστήματος γεωεναλλακτών
- Έλεγχος συστήματος αντιψυκτικής προστασίας

5.1.1.2. Ανοικτό Σύστημα :

- Καθαρισμός φίλτρου και ενδιάμεσου εναλλάκτη (εάν υπάρχει)

5.1.1.3. Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας :

- Έλεγχος Αυτοματισμών
- Έλεγχος πίεσης ψυκτικού υγρού (περίπου 3 κιλά στην κάθε περίπτωση)
- Έλεγχος λειτουργίας εναλλακτών ΓΑΘ
- Σε σύστημα υδρογεωτρήσεων χωρίς ενδιάμεσο γεωεναλλάκτη συνήθως απαιτείται καθαρισμός των εναλλακτών λόγω των επικαθήσεων αλάτων που μειώνουν την απόδοση της ΓΑΘ.

5.2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΓΑΘ) :

1. Σύστημα θέρμανσης Χαμηλής θερμοκρασίας
 - a. Έλεγχος υδραυλικού κυκλώματος-σωληνώσεις, βάνες, εξαεριστικά, κολεκτέρ κλπ
2. Έλεγχος αυτοματισμών των συστήματος ΓΑΘ (Θερμοκρασίες, πιέσεις κλπ) και μετρητικών διατάξεων (μανόμετρα, παροχόμετρα, θερμόμετρα κλπ)
3. Εκτιμώμενο κόστος? 2-3% του κόστους κεφαλαίου (150-400€/έτος)
4. Πρέπει να είναι εύκολη η αντικατάσταση των κυκλοφορητών

6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

6.1. Κόστος ΓΑΘ

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα μιας εγκατάστασης Γεωθερμικής αντλίας θερμότητας κλειστού κυκλώματος είναι:

- Το κλίμα
- Οι θερμικές ιδιότητες του υπεδάφους
- Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας
- Το κόστος δημιουργίας της γεώτρησης
- Οι τυχόν επιδοτήσεις και τα υπάρχοντα κίνητρα

6.2. Κριτήρια επιλογής συστήματος κανονικής Γεωθερμίας (GSHP)-Γενικά

1. Για βέλτιστη οικονομικότητα απαιτείται :
 - Θέρμανση και ψύξη
 - Μεγάλες εποχιακές αλλαγές θερμοκρασίας
 - Νέα κατασκευή ή αλλαγή - αντικατάσταση συστημάτων
 - Για θέρμανση μόνο: Χαμηλή τιμή ηλεκτρισμού και υψηλή τιμή πετρελαίου, αερίου
 - Για ψύξη μόνο: Υψηλή τιμή ηλεκτρισμού και χρέωση αιχμής

2. Διαθεσιμότητα σκαπτικού και διατρητικού εξοπλισμού

Από τα δυο προηγούμενα συμπεραίνουμε ότι :

- Οι GSHP παρέχουν θέρμανση, ψύξη και θερμό νερό (χρήσης)
- Το έδαφος αποσβένει μεταβολές θερμοκρασίας και αυξάνει αποδοτικότητα των GSHP
- Αρχικό κόστος των GSHP υψηλό, αλλά
- Κόστος Λειτουργίας & Συντήρησης πολύ χαμηλό

Προτιμητέες οι κλιματικές περιοχές όπου χρειάζεται ψύξη και θέρμανση, λχ Περιοχή Μεσογείου, Ελλάδα, Κύπρος κλπ

6.3. Βασικά οικονομικά

Προκειμένου να πείσουμε τον πελάτη θα πρέπει να ενημερωθεί για τα πιθανά οφέλη και τα κόστη:

Τα οφέλη διακρίνονται σε :

- Μείωση ετήσιων λειτουργικών εξόδων
- Αποφυγή εξόδων ή/και άλλων μελετών κατά την κατασκευή
- Έμμεσα οφέλη από την εξοικονόμηση χώρου

Τα κόστη διακρίνονται σε :

- Σημαντικό κόστος εγκατάστασης
- Ανάγκη χρήσης ενδοδαπέδιου συστήματος Θέρμανσης

6.4. Μείωση λειτουργικών εξόδων

Εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου (στην Κρήτη) ή Φυσικού Αερίου για θέρμανση βάση:

- Χαρακτηριστικών κτιρίου
- Μέγεθος και απόδοση λέβητα για υπάρχον κτίριο
- Αναμενόμενη ζήτηση

Εκτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού και τμήματος κλιματισμού

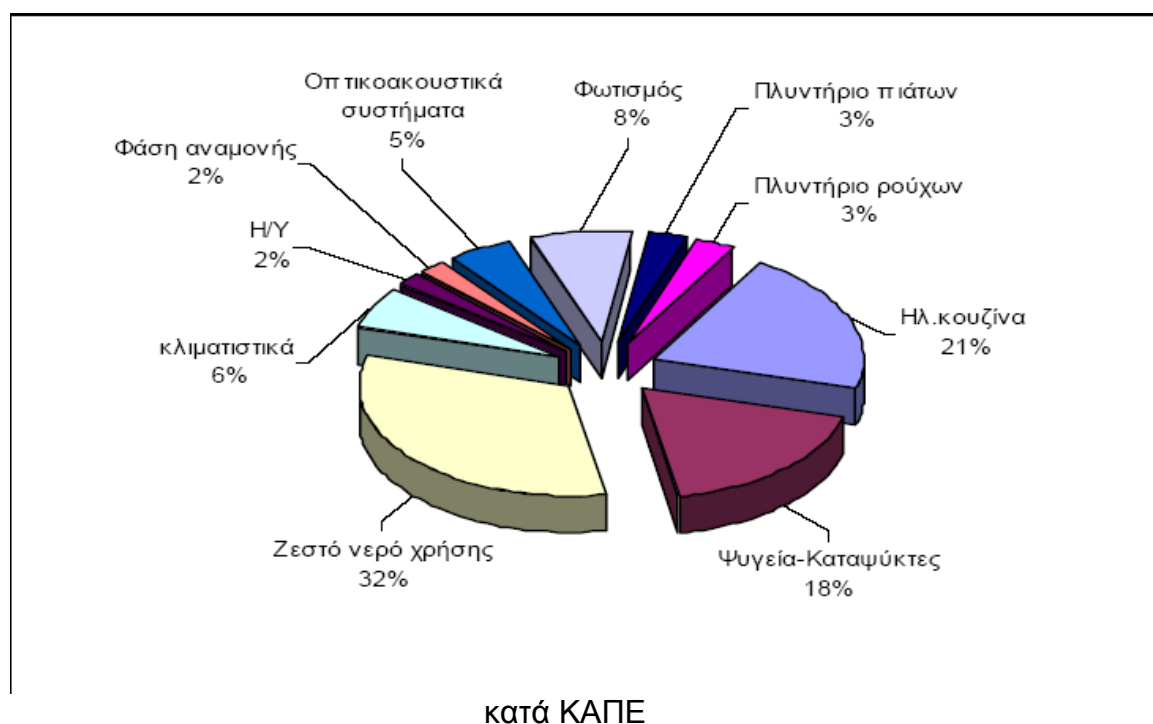
- Υπάρχοντα κλιματιστικά
- Στοιχεία κατανάλωσης
- Αν χρεώνεται ισχύς αιχμής στη ΔΕΗ (μεσαίοι καταναλωτές-όχι σπίτια)

Εκτίμηση Θερμικών/Ψυκτικών Αναγκών

Ενδεικτικοί υπολογισμοί για μια κατοικία εμβαδού 100 τμ με ενεργειακή κατανάλωση 120 kWh/m² έτος

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ kWh /ΕΤΟΣ
ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ	63%	7.560
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	7%	840
ΦΩΤΙΣΜΟΣ –ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ	30%	3.600

Καταμερισμός Καταναλώσεων σε κατοικίες



6.5. Εκτίμηση θερμικών / ψυκτικών αναγκών - Βαθμομέρες

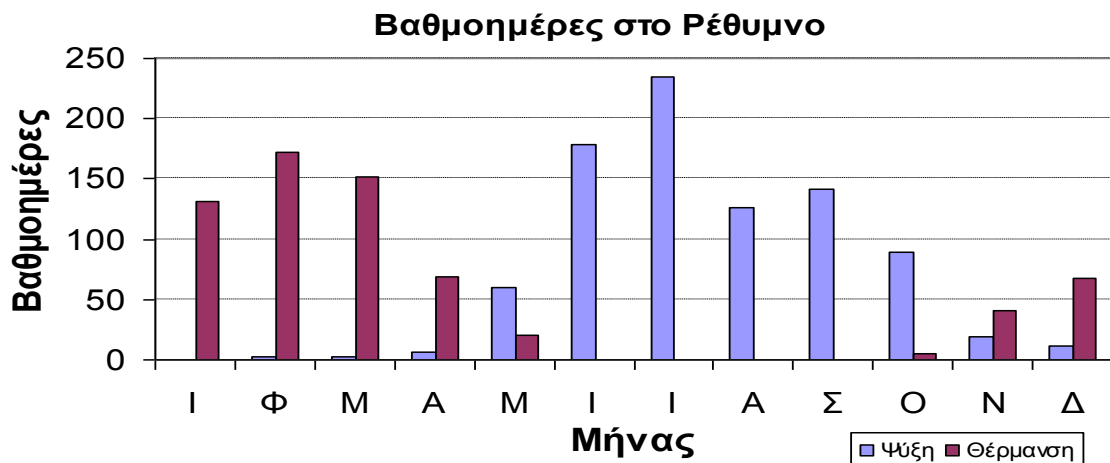
Ένας απλός τρόπος για να προσδιορίσετε την αναγκαία θέρμανση με μία συγκεκριμένη θερμοκρασία βάσης για τη θέρμανση συνήθως 18°C και για την ψύξη 26°C.

Εκφράζουν το πόσο συχνά η θερμοκρασία είναι :

- Μικρότερη από την τιμή βάσης θέρμανσης T_b αλλά και με πόση απόσταση (διαφορά)
- Μεγαλύτερη από την τιμή βάσης δροσισμού T_b αλλά και με πόση διαφορά

Ο αριθμός των βαθμομερών θέρμανσης/ ή ψύξης δίνεται από τη μετεωρολογική Υπηρεσία και δε χρειάζεται να την υπολογίσουμε

- Για το Ρέθυμνο:
- <http://penteli.meteo.gr/stations/rethymno/NOAAPRYR.TXT>



Βαθμομέρες Θέρμανσης: 659

Βαθμομέρες Ψύξης: 870

6.6. Βαθμομέρες - μεθοδολογία υπολογισμού (συνοπτικά)

Αν η μέγιστη (θέρμανση) ή η ελάχιστη τιμή(ψύξη) θερμοκρασίας αποκλίνει από την τιμή βάσης τότε όλος ο μήνας- N μέρες είναι ψύξης ή θέρμανσης οπότε:

- $B/\theta\mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\varsigma \text{ Θ}\acute{\epsilon}\rho\mu\alpha\sigma\eta\varsigma = N (T_b - T_m, \text{ month})$
- $B/\theta\mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\varsigma \text{ Ψ}\acute{\upsilon}\xi\eta\varsigma = N (T_m, \text{ month} - T_b)$
- Αλλιώς χρησιμοποιούνται προσεγγιστικές σχέσεις που λαμβάνουν τη μέση, την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή θερμοκρασίας
-

6.7. Από βαθμομέρες σε εκτίμηση θέρμανσης/ψύξης

$$Q \text{ (kWh)} = \frac{P}{T_d - T_0} \times \Theta$$

ΘΕΡΜΑΝΣΗ

- P = απαιτούμενη ισχύς θέρμανσης /Ψύξης (kW),
- Θ = βαθμοώρες θέρμανσης/Ψύξης
- T_d = θερμοκρασία σχεδιασμού ($^{\circ}\text{C}$),
- T_0 = απόλυτη ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία
- T_m = Μέγιστη θερμοκρασία θέρους

$$Q \text{ (kWh)} = \frac{P}{T_m - T_d} \times \Theta$$

ΨΥΞΗ

6.8. Λοιπά οφέλη

Οικονομία Χώρου :

- Δεν απαιτείται δεξαμενή καυσίμων -εξοικονομείς σχετικά χώρο.
 - Στον Καναδά ένα πανεπιστημιακό ίδρυμα έφτιαξε 9 αίθουσες στο χώρο του λεβητοστασίου και της δεξαμενής καυσίμου!!!
- Δεν απαιτείται καμινάδα και καπνοδόχος.
- Απουσία καύσεων και σπινθήρων (Σαφώς μικρότερες απαιτήσεις πυροπροστασία).
- Αισθητική αναβάθμιση των κτιρίων (Απουσία αντιαισθητικών εγκαταστάσεων όπως ψύκτης, A/C κλπ)

Παράπλευρα οφέλη :

- Αθόρυβη λειτουργία.
- Απουσία οσμών καυσαερίων.
- Μείωση εκπομπών ρύπων
- Απουσία οσμών από δεξαμενή πετρελαίου.
- Ένα μηχάνημα για θέρμανση και ψύξη με μικρότερο κόστος συντήρησης.
-

6.9. Επίδραση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας καταναλώνουν ηλεκτρισμό για τη λειτουργία τους και απαιτείται ύπαρξη ηλεκτρικής ενέργειας με σχετικά σημαντική ισχύ για την λειτουργία τους. Η ποσότητα ηλεκτρισμού εξαρτάται από το COP, την ισχύ της ΓΑΘ και την απαιτούμενη θερμική/ψυκτική ενέργεια στο χώρο. Για το χειμώνα πιθανότατα θα αυξηθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Για το καλοκαίρι το όφελος προκύπτει από τη μη χρήση κλιματιστικών που τροφοδοτούνται από ηλεκτρισμό

6.10. Τυπικά κόστη εγκατάστασης:

Γεωθερμική Αντλία :

- 200-1400 €/kW(th),
- 1000-1500 € ανά kW(th) για μονάδες συνδυαζόμενες με εναλλάκτες θερμότητας εδάφους.
- σε 500-1000 € ανά kW(th) για μονάδες τροφοδοτούμενες από υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα,

Κόστος γεώτρησης & γεωναλλακτών :

- Γεωτρήσεις (διάμετρος 100-180mm-4")
 - 80-100€/μέτρο για γεωτρήσεις περίπου ως 100m που μας ενδιαφέρουν περισσότερο
 - Έως και 470€/μέτρο για εγκαταστάσεις έως και 800m
- Γεωναλλάκτες → 40-50€/m
- Για οριζόντιο τμήμα περίπου 2.5€/m+400€ πάγια.

Κόστος Δικτύου διανομής θερμότητας :

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν με τα τυπικά καλοριφέρ λόγω απαιτούμενης θερμοκρασίας. Σε καλά θερμομονωμένα κτίρια μπορούν περισσότερο εύκολα να χρησιμοποιηθούν συστήματα διανομής χαμηλότερης θερμοκρασίας, π.χ. Ενδοδαπέδια θέρμανση, fan coils. Επομένως σε ένα καινούριο κτίριο θα πρέπει να συγκριθεί το κόστος της ενδοδαπέδιας θέρμανσης με εκείνο του συμβατικού μονοσωλήνιου συστήματος.

Απαραίτητες Μετατροπές μονάδων-Ισχύς :

- 1kW ψύξης ισοδυναμεί:
 - 3412Btu/h
 - 0.284 Ψυκτικοί Τόνοι
- 1kW θέρμανσης
 - 860.4 kCal/h
- Αν επιθυμώ 9000Btu/h με κλιματιστικό. Θα χρειαστώ 2.63kW ψύξης. Αυτό σημαίνει ηλεκτρική ισχύ περίπου 1kW-επομένως COP=2.63

Απαραίτητες Μετατροπές μονάδων-Ενέργεια

- Πολλαπλασιάζετε απλά τα παραπάνω μεγέθη με το χρόνο
 - Ενδέχεται να σας πουν ότι κατανάλωσα π.χ. 2 τόνους πετρέλαιο τότε θα μπορούσαν να μου δώσουν 24706kWh/ έτος (10.46kWh/lit).Αλλά τελικά μου έδωσαν λιγότερο γιατί έχω την απόδοση του λέβητα. Αν π.χ. 86% τότε έλαβα 21247kWh/έτος

ΧΡΗΣΙΜΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ (Εταιρεία παροχής αερίου)
<http://www.aerioattikis.gr/>

Παράδειγμα με γεωθερμία : Για τη θέρμανση ενός χώρου 200m² στην Κηφισιά απαιτούνται 32352kWh θερμότητας το έτος.

Αν χρησιμοποιηθεί γεωθερμική αντλία με COP=4 τότε θα ήθελα 8088kWh=32352kWh/4 ηλεκτρισμού

Σε διαφορετική περίπτωση θα ήθελα 3074lt πετρελαίου θέρμανσης ή περίπου 6tn πυρηνόξυλο.

7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ :

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία μιλήσαμε για την γεωθερμία και για την χρήση της για θέρμανση σε κτήρια. Τα συμπεράσματα λοιπόν που προκύπτουν από την παρούσα εργασία είναι ότι η γεωθερμία είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς και με διαφορετικούς τρόπους. Για να το καταφέρουμε αυτό θα πρέπει να γνωρίζουμε κάποια στοιχεία που θα μας βοηθήσουν να εγκαταστήσουμε μια σωστή και λειτουργική γεωθερμική εγκατάσταση η οποία θα μας δίνει την ενέργεια που χρειαζόμαστε για να καλύπτουμε τις ανάγκες μας.

Είδαμε λοιπόν ότι για να επιλέξουμε την γεωθερμία ως μέσο θέρμανσης θα πρέπει να προσδιορίζονται οι λόγοι εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος, να συνυπολογίζεται το κόστος εγκατάστασης, να υπολογίζεται η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (ηλεκτρισμός, καύσιμο), να ελεγχθεί αν είναι εφικτό να γίνει εκσκαφή, να ελεγχθεί αν είμαστε πάνω από 25°C γιατί η αδειοδότηση είναι περίπλοκη, (στην Κρήτη δεν υπάρχει τέτοιο πρόβλημα) και να γνωρίζουμε ότι το αρχικό κόστος είναι σίγουρα μεγαλύτερο από συμβατική λύση.

Κατά το σχεδιασμό της εγκατάστασης θα πρέπει να εξετάζουμε γενικά τρόπους μείωσης της ζήτησης θέρμανσης / δροσισμού ειδικά για τη μέγιστη ζήτηση, να προτείνουμε τη χρήση της διάταξης και για θέρμανση ζεστού νερού, να χρησιμοποιούμε τα στοιχεία των μηχανικών και της άδειας για την εκτίμηση της ζήτησης, να εξετάζουμε αν απαιτείται βοηθητική πηγή για την ικανοποίηση της αιχμής της ζήτησης. Το γεωθερμικό σύστημα δεν είναι ιδανικό για «αιχμή» ζήτησης π.χ. 1 κρύο σαββατοκύριακο σε ένα μήνα, να προσπαθούμε να έχουμε τη δυνατόν χαμηλότερη θερμοκρασία επιστροφής στο ενδοδαπέδιο σύστημα και να έχει μονωθεί κατάλληλα το δάπεδο γιατί αυξάνεται η απόδοση του συστήματος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δώσουμε στα μήκη των σωλήνων και τη διάμετρό τους. Είναι δύσκολη η αντικατάστασή τους και τέλος δεν θα πρέπει να θεωρούμε δεδομένο ότι ο χώρος για οριζόντιο γεωεναλάκτη επαρκεί αν δεν έχουμε εκτιμήσει το μήκος των σωληνώσεων.

Κατά την επιλογή εξοπλισμού θα πρέπει να εξετάζουμε τι υπάρχει στην ελληνική-Κρητική-Ρεθυμνιώτικη αγορά πριν προχωρήσουμε. Αν καθυστερεί η παραλαβή του εξοπλισμού ο πελάτης ίσως το μετανιώσει. Καλύτερα να χρησιμοποιούμε υλικά από κατασκευαστές με τους οποίους έχουμε δουλέψει ή μπορούμε εύκολα να επικοινωνήσουμε μαζί τους. Θα πρέπει να ελέγχουμε αν τα υλικά που χρησιμοποιούνται μπορούν να συνεργαστούν. Να προτιμούμε συνδυαζόμενα πακέτα. Επίσης θα πρέπει να αποφεύγουμε την υπερδιαστασιολόγηση του εξοπλισμού, να ελέγξουμε αν η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψύξη/θέρμανση και να ελεγχθεί η συνεργασία της με το μέσο που χρησιμοποιείται, να γίνει χρήση σωλήνων πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας για κατακόρυφους γεωεναλλάκτες και μέσης υψηλής πυκνότητας για οριζόντιους και οι σύνδεσμοι των σωληνώσεων να είναι θερμικά καλυμμένοι χωρίς μηχανικά μέσα ειδικά στα θαμμένα τμήματα του εξοπλισμού.

Κατά την εγκατάσταση εξοπλισμού πρέπει να ενημερώσουμε τον εργολάβο του έργου αλλά και τον ηλεκτρολόγο για να μας αφήσει αναμονές γείωσης και τροφοδοσίας. Δεν είναι τόσο συνηθισμένο έργο ακόμη, να ελέγχουμε τα σημεία πίεσης του σωλήνα που θα θαφτεί να μη χάνει καθώς και τη μόνωσή του. Θα πρέπει ακόμη να σημειώνουμε με τη βοήθεια του εργολάβου ή του ιδιοκτήτη πάνω στο σχέδιο που έχουν μπει η σωληνώσεις μας, να χρησιμοποιούμε εύκαμπτες σωληνώσεις, αν είναι εφικτό για τη σύνδεση της αντλίας θερμότητας και να λαμβάνουμε τα ενδεδειγμένα μέτρα προστασίας (π.χ. κράνη) όπως όταν δουλεύουμε σε ένα οποιοδήποτε χαντάκι παράλληλα με χωματουργικά μηχανήματα.

Κατά τη λειτουργία / συντήρηση πρέπει γενικά να επικοινωνούμε με τον ιδιοκτήτη του κτιρίου στο οποίο κάναμε την εγκατάσταση. Αν είναι ικανοποιημένος θα μας συστήσει πιθανόν και σε άλλους πελάτες, να βρίσκουμε αφορμές να επιθεωρούμε την εγκατάσταση που φτιάξαμε σύμφωνα με όσα είπαμε στο αντικείμενο της συντήρησης και να επιστήσουμε την προσοχή των ιδιοκτητών αν ο λογαριασμός του ηλεκτρικού έρθει ξαφνικά «Φουσκωμένος» σε περίοδο λειτουργίας του συστήματος σε σχέση με αντίστοιχη περίοδο προηγούμενης χρονιάς. Κάτι τέτοιο σημαίνει μη αποδοτική λειτουργία του εναλλάκτη.

Χρήσιμα Links :

- www.cres.gr : Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας-Τμήμα Γεωθερμίας
- Φυτίκας, Μ. Δ. και Ν. Β. Ανδρίτσος (2004). Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- http://www.geothermia.gr/geothermia_efarmoges.php (Θεσ/νίκη-κατασκευή ομοαξονικού Γεωνεναλλάκτη)
- <http://www.geoenergia.gr/geo.html>
- Διασυνοριακό Σχέδιο αξιοποίησης και αξιολόγησης της κανονικής γεωθερμίας, Βραχόπουλος, παρουσίαση στο ΤΕΕ
- Σχεδιασμός γεωθερμικής εφαρμογής οικιακού συστήματος θέρμανσης - ψύξης και παροχής ζεστού νερού με γήινους εναλλάκτες θερμότητας σε οικία 200 τ.μ. στην Κηφισιά Αττικής, Ιωάννης Π. Χαλδέζος
- LTS ENGINEERING A.E.
- <http://www.groundhit.eu/>

Εταιρίες παροχής εξοπλισμού / εγκατάστασης :

- [http://www.geothermia.gr/geothermia_efarmoges.php\(Θεσ/νίκη-κατασκευή](http://www.geothermia.gr/geothermia_efarmoges.php(Θεσ/νίκη-κατασκευή) ομοαξονικού Γεωνεναλλάκτη)
- <http://www.geoenergia.gr/geo.html>
- LTS ENGINEERING A.E.(www.lts-engineering.com)
- <http://www.geoexchange.gr/cases.php?PageNo=2>
- www.rehau.gr (Για σωληνώσεις)
- <http://www.deltatechniki.gr>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ :

1. <http://www.4green.gr/fotovoltaika/index.asp?pedio=antikeim12>
2. <http://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/Heat%20Pumps%20-%20energy%20from%20the%20earth.pdf>
3. http://xaidarisimera.blogspot.gr/2012/10/blog-post_15.html
4. <http://buildinggreen.gr/articles/%CE%AC%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1/%CF%83%CF%8D%CE%B3%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B1-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B8%CE%AD%CF%81%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7%CF%82-%CE%B3%CF%85%CF%81%CE%AF%CF%83%CF%84/>
5. Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας από ΚΑΠΕ
6. Γεωθερμία - Στοιχεία Κόστους - Οικονομοτεχνική Ανάλυση
Δρ. Τσικαλάκης Αντώνης
7. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CE%B1>
8. ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ - Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος - Τμήμα Ανατολικής Κρήτης (12-13 Μαρτίου 2010, Ηράκλειο)
9. <http://www.boudouri.gr/anages.php>
10. <http://www.plant-management.gr/index.php?id=14870>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι :

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ :

Νόμος 3175/2003 «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 207/29.08.2003)

Σκοπός του νόμου αυτού είναι η δημιουργία των προϋποθέσεων για την ορθολογική αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας. Η αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, ως ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, προωθεί τη βιώσιμη ανάπτυξη και εξυπηρετεί το γενικό συμφέρον. Ο Υπουργός Ανάπτυξης, με απόφασή του, μπορεί να ορίζει ότι το δικαίωμα διαχείρισης του γεωθερμικού δυναμικού κατισχύει του δικαιώματος εκμετάλλευσης άλλων μεταλλευτικών ή λατομικών ορυκτών, εφόσον κατά την κρίση του η συγκεκριμένη εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού είναι μεγαλύτερης σημασίας για την εθνική οικονομία (άρθρο 1).

Οι διατάξεις του Μεταλλευτικού Κώδικα και γενικότερα της μεταλλευτικής νομοθεσίας εφαρμόζονται και για το γεωθερμικό δυναμικό, εφόσον δεν γίνεται διαφορετική ρύθμιση με τις διατάξεις του νόμου αυτού. Το δικαίωμα του Δημοσίου για έρευνα και διαχείριση γεωθερμικού δυναμικού εκμισθώνεται ύστερα από πλειοδοτικό διαγωνισμό με γραπτές σφραγισμένες προσφορές. Η διάρκεια της μίσθωσης του δικαιώματος έρευνας ορίζεται μέχρι πέντε έτη, με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από το μισθωτή για δύο επιπλέον έτη. Για χώρους που δεν έχουν ερευνηθεί ή για πιθανά γεωθερμικά πεδία εκμισθώνεται το δικαίωμα έρευνας. Εφόσον μετά τη λήξη της ερευνητικής περιόδου πιστοποιηθεί βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο και υποβληθεί από το μισθωτή ακριβής, επαρκής και συμφέρουσα κατά την κρίση του εκμισθωτή οικονομοτεχνική μελέτη διαχείρισης του πεδίου, παρέχεται στο μισθωτή και το δικαίωμα διαχείρισης.

Στην περίπτωση βεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων εκμισθώνεται το δικαίωμα διαχείρισης. Η διαχείριση του γεωθερμικού πεδίου περιλαμβάνει το σύνολο των δραστηριοτήτων, χρήσεων και εφαρμογών που απαιτεί η ολοκληρωμένη ορθολογική αξιοποίησή του για γεωργική, οικιστική, βιοτεχνική, βιομηχανική και ηλεκτροπαραγωγική εκμετάλλευση.

Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης ρυθμίζονται οι ειδικότεροι όροι και η διαδικασία εκμίσθωσης του δικαιώματος έρευνας και της εν γένει διαχείρισης των γεωθερμικών πεδίων της χώρας. Η εκμίσθωση και διαχείριση των πιθανών και βεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων χαμηλής θερμοκρασίας διενεργείται από το Γενικό Γραμματέα Περιφέρειας ενώ η εκμίσθωση και διαχείριση μη ερευνημένων χώρων και των γεωθερμικών πεδίων υψηλής θερμοκρασίας διενεργείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης.

Ο μισθωτής κάθε γεωθερμικού πεδίου έχει την υποχρέωση μεταξύ άλλων κατάθεσης εγγυητικών επιστολών εκπλήρωσης των όρων της σύμβασης καθώς και την υποχρέωση εκτέλεσης και πιστής εφαρμογής των ερευνητικών προγραμμάτων και οικονομοτεχνικών μελετών, άλλως κηρύσσεται έκπτωτος. Ως προς τα δικαιώματά του, δικαιούται μεταξύ άλλων να διαχειρίζεται στο

πλαίσιο της εγκεκριμένης μελέτης και να διαθέτει τα προϊόντα, παραπροϊόντα και υποπροϊόντα του πεδίου.

Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης θεσπίζεται Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών, που θα ρυθμίζει τους όρους και τον τρόπο διενέργειας γεωθερμικών εργασιών. Όποιος ερευνά ή διαχειρίζεται ή εκμεταλλεύεται γεωθερμικά πεδία χωρίς να έχει αποκτήσει σχετικό δικαίωμα, τιμωρείται ποινικώς με φυλάκιση τουλάχιστον τριών (3) μηνών και διοικητικώς με πρόστιμο από χίλια ευρώ έως εκατό χιλιάδες ευρώ, ανάλογα με τη βαρύτητα και τη συχνότητα της παραβάσεως.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία και η χορήγηση της σχετικής άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπεται μόνον εφόσον ο υποψήφιος έχει επιτύχει σε διαγωνισμό που διενεργείται για το σκοπό αυτόν. Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) καταρτίζει κάθε δύο (2) έτη και δημοσιοποιεί κατάλογο υποψηφίων περιοχών που διαθέτουν βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο, οι οποίες κρίνονται κατάλληλες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία. Ο Υπουργός Ανάπτυξης, μετά από εισήγηση της Ρ.Α.Ε., εκδίδει προκήρυξη στην οποία περιγράφονται οι όροι και η διαδικασία του διαγωνισμού, οι όροι και οι προϋποθέσεις συμμετοχής, καθώς και τα κριτήρια που θα ισχύουν για την επιλογή των υποψηφίων. Η Ρ.Α.Ε. αξιολογεί τις προτάσεις που θα υποβληθούν και γνωμοδοτεί στον Υπουργό Ανάπτυξης, ο οποίος και εκδίδει τη σχετική άδεια παραγωγής (άρθρο 10). Για τη χορήγηση οποιασδήποτε άδειας ή έγκρισης ή δικαιώματος που προβλέπονται με τις διατάξεις του νόμου αυτού απαιτείται η καταβολή παραβόλου, το ύψος του οποίου καθορίζεται με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης.

Για την εγκατάσταση, διαχείριση και εκμετάλλευση δικτύου διανομής θερμικής ενέργειας σε τρίτους απαιτείται Άδεια Διανομής Θερμικής Ενέργειας, η οποία χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης μετά από γνώμη της Ρ.Α.Ε.. Η Άδεια Διανομής Θερμικής Ενέργειας χορηγείται μόνο σε νομικά πρόσωπα για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής και για συγκεκριμένες θερμικές χρήσεις της θερμικής ενέργειας από τους καταναλωτές. Τα πρόσωπα στα οποία χορηγείται άδεια Διανομής Θερμικής Ενέργειας υποχρεούνται να σχεδιάζουν, να διασφαλίζουν τη χρηματοδότηση, να κατασκευάζουν, να λειτουργούν, να διαχειρίζονται και να συντηρούν το δίκτυο διανομής θερμικής ενέργειας και όλες τις σχετικές εγκαταστάσεις και να παρέχουν τις σχετικές υπηρεσίες.

Οι ειδικότεροι όροι της Άδειας Διανομής Θερμικής Ενέργειας πρέπει να διασφαλίζουν ιδίως την εξυπηρέτηση του δημόσιου συμφέροντος και την παροχή υπηρεσιών υψηλών προδιαγραφών στους καταναλωτές. Αν μετά από πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος, που δημοσιοποιεί ο Υπουργός Ανάπτυξης μετά από γνώμη της Ρ.Α.Ε., διαπιστώνεται ότι ενδιαφέρονται για τη λήψη Άδειας Διανομής Θερμικής Ενέργειας περισσότερα πρόσωπα για την ίδια περιοχή, ο Υπουργός Ανάπτυξης μπορεί μετά από γνώμη της Ρ.Α.Ε. να προκηρύσσει διαγωνισμό για τη χορήγηση της άδειας αυτής με σκοπό την πιο συμφέρουσα εξυπηρέτηση των καταναλωτών. Η Ρ.Α.Ε. αξιολογεί τις προτάσεις που θα υποβληθούν και γνωμοδοτεί στον Υπουργό Ανάπτυξης, ο οποίος και εκδίδει τη σχετική άδεια.