



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αριθμός 1399



«Εξοικονόμηση ενέργειας θέρμανσης-κλιματισμού
με εκμετάλλευση της γεωθερμίας σε κατοικία»

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΜ: 5681

ΦΡΑΝΤΖΗΣ ΓΙΟΥΡΓΚΕΝ ΑΜ: 5980

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ

ΚΑΡΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, ΜΑΪΟΣ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ήπια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, η οποία αποτελεί ένα φυσικό εγχώριο πλούτο. ο πλανήτης μας διαθέτει πολύ μεγάλα αποθέματα γεωθερμικής ενέργειας, που θεωρητικά θα μπορούσε να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του. Οι συμβατικές πηγές ενέργειας (άνθρακας, φυσικό αέριο, πετρέλαιο) έχουν επικρατήσει στο διεθνή ενεργειακό σχεδιασμό για πολλά χρόνια μέχρι σήμερα. Οι συμβατικές πηγές ρυπαίνουν το περιβάλλον σε αντίθεση με της ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που όχι απλώς δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον αλλά είναι και πιο επικερδής.

Η αξιοποίηση της γεωθερμίας ξεκίνησε στις αρχές του 1900 στην Ιταλία (Larderello) με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ στην Ισλανδία από το 1925 άρχισε η θέρμανση οικιών. Πρακτικά, όμως, η εμπορική ανάπτυξη της γεωθερμίας ξεκίνησε το 1955 στη Νέα Ζηλανδία όπου, χρησιμοποιήθηκαν οι γεωθερμικοί ατμοί εντατικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. 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 Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη όσον αφορά στην ύπαρξη γεωθερμικής ενέργειας και τα τελευταία 30 περίπου χρόνια έχει γίνει αξιόλογη βασική έρευνα, εντοπίζοντας ένα σημαντικό αριθμό γεωθερμικών πεδίων και πλήθος γεωθερμικά ελπιδοφόρων περιοχών. Η χώρα μας, 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.

Η Ελλάδα έχει πολλές περιοχές, κυρίως στην Βόρεια Ελλάδα στα νησιά του Αιγαίου και στην κεντρική Ελλάδα, με θερμοκρασίες ταμειυτήρων που φτάνουν και μερικές φορές ξεπερνούν τους 100°C. Τα ρευστά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση πολλών εφαρμογών όπως θέρμανση χώρων, θέρμανση θερμοκηπίων, και πολλών άλλων.

Περίληψη

Αρχικά γίνεται μια αναφορά στο ενεργειακό πρόβλημα στην σύγχρονη εποχή, στην παραγωγή ενέργειας από την χρήση των ορυκτών καυσίμων και τις επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον. Επίσης, θα περιγράψουμε τις λύσεις και με ποιους τρόπους μπορούμε να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα της ενέργειας χωρίς να υπάρχουν συνέπειες στο περιβάλλον.

Θα εξεταστούν λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος και ειδικότερα θα αναφερθούμε στις τεχνολογίες των Α.Π.Ε. και θα αναλυθούν οι μέθοδοι εφαρμογής τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Θα γίνει μια ιστορική αναδρομή, της γεωθερμικής ενέργειας (η οποία θα είναι και το κύριο θέμα της πτυχιακής μας), στην ανάπτυξή της και η κατάσταση στην Ελλάδα.

Στην συνέχεια θα δούμε τα γεωθερμικά συστήματα, τους γεωθερμικούς πόρους, την εκμετάλλευσή τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μια οικονομική προσέγγιση στην χρήση τους. Επίσης, θα αναφέρουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτής της εφαρμογής.

Θα γίνει περιγραφή των θερμικών εφαρμογών, τι είναι η αντλία θερμότητας γενικά, η αρχή λειτουργίας της, διάφορες εφαρμογές της και τα οικονομικά οφέλη από την χρήση της.

Θα επικεντρωθούμε στην Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας, η οποία θα είναι και η επιλογή μας για την κάλυψη των αναγκών της οικίας μας για ψύξη το καλοκαίρι και θέρμανση τον χειμώνα αντίστοιχα. Θα αναλύσουμε τις προδιαγραφές της, τον τρόπο λειτουργίας, τα οικονομικά οφέλη, τον χρόνο απόσβεσής της επένδυσής μας, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την χρήση της.

Τελειώνοντας θα γίνουν οι υπολογισμοί των ψυκτικών φορτίων και των θερμικών απωλειών για την κάλυψη των αναγκών της κατοικίας μας. Επίσης, θα γίνει διαστασιολόγηση της κατάλληλης Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας.

Στο τέλος του κεφαλαίου θα γίνει μια οικονομοτεχνική ανάλυση της Γ.Α.Θ. ως Α.Π.Ε. έναντι των συμβατικών καυσίμων.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	i
Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 1- Α.Π.Ε.....	2
1.1 τεχνολογίες Α.Π.Ε.....	2
1.1.1 Βιομάζα.....	3
1.1.2 Υδρογόνο.....	4
1.1.3Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	5
1.1.4 Ενέργεια Κυμάτων.....	7
1.1.5 Ηλιακή Ενέργεια.....	8
1.1.6 Αιολική Ενέργεια.....	10
1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Α.Π.Ε.....	12
1.2.1 Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε.....	12
1.2.2 Μειονεκτήματα των Α.Π.Ε.....	12
Κεφάλαιο 2-Γενικά Για Γεωθερμία.....	13
2.1 Γεωθερμία-Γεωθερμική Ενέργεια.....	13
2.2 Η Ανάπτυξη Της Γεωθερμίας-Ιστορική Αναδρομή.....	15
2.3 Γεωθερμικά Συστήματα.....	20
2.4 Γεωθερμικά Πεδία και Κατηγορίες τους	23
2.4.1 Πεδία Χαμηλής Ενθαλπίας.....	24
2.4.2 Πεδία Μέσης Και Υψηλής Ενθαλπίας.....	24
2.5 Η Κατάσταση Στην Ελλάδα.....	27
Κεφάλαιο 3-Γεωθερμικές Εφαρμογές.....	30
3.1 Γεωθερμικοί Πόροι Και Εκμετάλλευση.....	30
3.1.1 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	31

3.1.2 Θερμικές Εφαρμογές.....	35
3.1.3 Οικονομική Προσέγγιση-Σύγκριση Με Άλλες Α.Π.Ε.....	38
3.2 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	41
3.3 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας.....	42
3.4 Συστήματα Ανοικτού και Κλειστού Κυκλώματος	42
3.4.1 Σύστημα Ανοικτού Κυκλώματος.....	43
3.4.2 Σύστημα Κλειστού Κυκλώματος.....	43
Κεφάλαιο 4-Θερμικές Εφαρμογές.....	45
4.1 Εισαγωγή.....	45
4.2 Αντλία Θερμότητας-Αρχή Λειτουργίας.....	46
4.3 Κατηγορίες Αντλιών Θερμότητας.....	48
4.4 Αντλία θερμότητας Με Θέρμανση Δαπέδου.....	54
4.5 Εφαρμογές Αντλιών Θερμότητας.....	56
Κεφάλαιο 5-Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας.....	57
5.1 Προδιαγραφές Γ.Α.Θ.....	57
5.2 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας και ο τρόπος λειτουργίας της.....	58
5.3 Συστήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας.....	59
5.4 Απόδοση (COP) Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας.....	62
5.5 Μη Ενεργειακά Οφέλη Από Τη Χρήση Των Γ.Α.Θ.....	63
5.6 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Από την Χρήση Των Γ.Α.Θ.....	64
5.6.1 Πλεονεκτήματα των Γ.Α.Θ.....	64
5.6.2 Μειονεκτήματα Των Γ.Α.Θ.....	65
5.7 Οικονομική Απόσβεση Των Γ.Α.Θ.....	65

Κεφάλαιο 6-Υπολογισμοί Ενεργειακών Αναγκών Μιας Τυπικής Κατοικίας.....	67
6.1 Μελέτη Ψυκτικών Φορτίων.....	67
6.1.1 Παραδοχές & κανόνες υπολογισμών.....	68
6.1.2 Εξωτερικοί τοίχοι.....	68
6.1.3 Οροφές.....	69
6.1.4 Εσωτερικοί τοίχοι.....	69
6.1.5 Δάπεδα.....	70
6.1.6 Ανοίγματα.....	70
6.1.7 Φορτία φωτισμού.....	72
6.1.8 Υπολογισμός φορτίων ατόμων.....	73
6.1.9 Φορτία συσκευών.....	74
6.1.10 Φορτία από χαραμάδες.....	76
6.1.11 Αερισμός.....	76
6.1.12 Θερμοκρασιακά στοιχεία.....	77
6.1.13 Τυπικά στοιχεία κτιρίου - εξωτερικοί τοίχοι.....	78
6.1.14 Τυπικά στοιχεία κτιρίου - εσωτερικοί τοίχοι.....	79
6.1.15 Τυπικά στοιχεία κτιρίου – οροφές.....	80
6.1.16 Τυπικά στοιχεία κτιρίου – δάπεδα.....	80
6.1.17 Τυπικά στοιχεία κτιρίου – ανοίγματα.....	81
6.1.18 Συνολικά ψυκτικά φορτία (Watt).....	82
6.2 Μελέτη Θέρμανσης Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών.....	83
6.2.1 Παραδοχές & κανόνες υπολογισμών.....	83
6.2.2 Στοιχεία κτιρίου.....	86
6.2.3 Τυπικά στοιχεία - εξωτερικοί τοίχοι.....	87
6.2.4 Τυπικά στοιχεία - εσωτερικοί τοίχοι.....	87

6.2.5	Τυπικά στοιχεία-οροφές.....	88
6.2.6	Τυπικά στοιχεία-δάπεδα.....	88
6.2.7	Τυπικά στοιχεία-ανοίγματα	88
6.2.8	Συνολικές απωλειών χώρων (Watt).....	90
6.3	Υπολογισμός Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας (Γ.Α.Θ.).....	91
6.3.1	Γεωθερμικές αντλίες για θέρμανση – ψύξη – ζεστό νερό χρήσης.....	91
6.3.2	Διαστασιολόγηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.....	92
6.3.3	Χαρακτηριστικά της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.....	93
6.4	Υπολογισμός τερματικών μονάδων Fan Coil.....	95
6.4.1	Παραδοχές & κανόνες υπολογισμών.....	95
6.4.2	Παράμετροι ψύξης - στοιχεία δικτύου.....	97
6.4.3	Παράμετροι θέρμανσης - στοιχεία δικτύου.....	97
6.4.4	Σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (fan coils).....	98
6.5	Επιλογή εναλλάκτη γεωθερμίας.....	104
Κεφάλαιο 7 - Τεχνική Περιγραφή Έργου.....		106
7.1	Γενικά για την μελέτη.....	106
7.2	Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (Γ.Α.Θ).....	106
7.3	Αντλίες-κυκλοφορητές.....	107
7.3.1	Δίκτυο Ισογείου.....	107
7.3.2	Δίκτυο ορόφου.....	107
7.4	Δοχεία διαστολής.....	108
7.4.1	Δίκτυο ισογείου.....	108
7.4.2	Δίκτυο ορόφου.....	108
7.5	Δοχείο αδρανείας.....	108
7.6	Τερματικές μονάδες Fan Coils.....	109

7.7	Δίκτυο σωληνώσεων.....	109
7.8	Δοκιμή εγκατάστασης.....	109
7.9	Οικονομική Ανάλυση –Συμπεράσματα.....	110
	Βιβλιογραφία.....	112
	Διαδικτυακοί σύνδεσμοι.....	113
	Παράρτημα Α Σχέδια Οικίας.....	114
A.1	Κάτοψη ισογείου.....	115
A.2	Κάτοψη ορόφου.....	116

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην πτυχιακή εργασία μας θα αναφερθούμε στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αποτελούν ένα πολύ σημαντικό ζήτημα για την σύγχρονη εποχή. Στην εργασία γίνεται μια σύντομη περιγραφή στις Α.Π.Ε δίνοντας περισσότερη έμφαση στην γεωθερμία.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν το μέλλον του ενεργειακού τομέα, καθώς τα αποθέματα των συμβατικών πηγών ενέργειας τελειώνουν και η τιμή τους διαρκώς αυξάνεται. Ένας ακόμη βασικός λόγος της στροφής στις ΑΠΕ είναι η προστασία του πλανήτη και η βιώσιμη ανάπτυξη.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι οικονομική, αξιόπιστη, αειφόρος και φιλική για το περιβάλλον. Μεσούσης της οικονομικής κρίσης, η χρήση της γεωθερμίας, στα διάφορα πεδία εφαρμογής της, γίνεται περισσότερο αναγκαία από ποτέ, όσον αφορά τους καταναλωτές, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος.

Από όλες τις Α.Π.Ε. η Γεωθερμική Ενέργεια μπορεί να συμβάλει περισσότερο στην ανάπτυξη της σύγχρονης γεωργίας επειδή έχει υψηλή «εγκατεστημένη ισχύ», είναι διαθέσιμη όλο το 24ωρο (ημέρα και νύχτα) σε όλη τη διάρκεια του χρόνου και δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, όπως η ηλιακή και η αιολική.

Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να συμβάλει στην βελτιστοποίηση και εντατικοποίηση των συνθηκών παραγωγής σύγχρονων αγροτικών εκμεταλλεύσεων (θερμοκηπίων ή καλλιέργειών υπό χαμηλή κάλυψη) αλλά και στην αγροτοβιομηχανία (π.χ. ξήρανση αγροτικών προϊόντων), στις ιχθυοκαλλιέργειες (αντιπαγετική προστασία), στον αγροτουρισμό, στον ιαματικό τουρισμό, στη θέρμανση χώρων, σε βιομηχανικές χρήσεις κ.α. Παράλληλα η προσέλευση νέων επενδυτών μπορεί να συνδράμει στη γενικότερη κοινωνική, οικονομική και πολιτιστική ανάπτυξη απομονωμένων και αμιγώς αγροτικών περιοχών. Εκτός από τις άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας, τα γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας $T > 90^{\circ}\text{C}$ μπορούν να χρησιμοποιηθούν, υπό προϋποθέσεις, και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Κεφάλαιο 1^ο

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

1.1 Τεχνολογίες Α.Π.Ε

Στις πόλεις καθημερινά καλύπτουμε τις ενεργειακές μας ανάγκες, σχεδόν αποκλειστικά, από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, δηλαδή το πετρέλαιο, τη βενζίνη και τον άνθρακα. Ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις πηγές αυτές, οι οποίες, παρόλη τη σπουδαία συνεισφορά τους στο σύγχρονο πολιτισμό, ρυπαίνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και εξαντλούνται με γοργούς ρυθμούς.

Αντιθέτως, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες, όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας, που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Εξάλλου, η αξιοποίησή τους για την παραγωγή ενέργειας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον.

Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών μας αναγκών, συνεισφέροντας στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικά καύσιμα, στην ελάττωση του φαινομένου του Θερμοκηπίου, στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στην ανάπτυξη αποκεντρωμένων περιοχών. Οι μορφές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι:

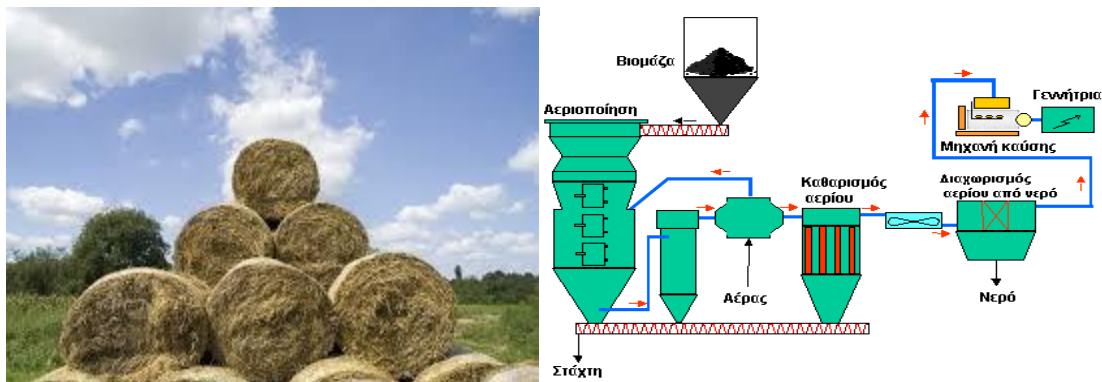
- Βιομάζα
- Υδρογόνο
- Υδροηλεκτρική Ενέργεια
- Ενέργεια Κυμάτων
- Ηλιακή Ενέργεια
- Αιολική Ενέργεια

1.1.1 Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα καυσόξυλα, τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες ειδικά για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων και της αγροτικής βιομηχανίας.

Οι κυριότερες χρήσεις της βιομάζας είναι:

- Θέρμανση θερμοκηπίων
- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες : Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κτιρίων ατομικού/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου.
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)



Εικόνα 1.1 Βιομάζα

1.1.2 Υδρογόνο

Το υδρογόνο είναι το πιο άφθονο στοιχείο στο σύμπαν. Παρά την απλότητα και την αφθονία του, το υδρογόνο δεν υπάρχει φυσικά ως αέριο στη Γη - είναι πάντα σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία. Στον κόσμο σήμερα παράγονται τεράστιες ποσότητες υδρογόνου για βιομηχανικούς και εμπορικούς σκοπούς, κατά πάσα πιθανότητα πάνω από 50 εκατ. τόνους / έτος. Αλλά το μεγαλύτερο μέρος αυτής της παραγωγής βασίζεται στην ενέργεια από ορυκτά καύσιμα, είτε με αναμόρφωση φυσικού αερίου, είτε με ηλεκτρόλυση χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από άνθρακα, φυσικό αέριο, πετρέλαιο ή πυρηνική ενέργεια. Μερικά φύκια και βακτήρια, χρησιμοποιώντας ηλιακό φως ως πηγή ενέργειας, εκλύουν υδρογόνο υπό ορισμένες συνθήκες. Το υδρογόνο έχει υψηλό περιεχόμενο σε ενέργεια, αλλά μια μηχανή που καίει καθαρό υδρογόνο δεν παράγει σχεδόν καθόλου ρύπους, παράγοντας ένα καθαρό παραπροϊόν, καθαρό νερό. Μια κυψέλη καυσίμου συνδυάζει υδρογόνο και οξυγόνο για την παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας, και νερού. Οι κυψέλες καυσίμου συχνά συγκρίνονται με μπαταρίες. Και οι δυο μετατρέπουν την ενέργεια που παράγεται από μία χημική αντίδραση σε χρήσιμη ηλεκτρική ισχύ. Ωστόσο, η κυψέλη καυσίμου θα παράγει ηλεκτρισμό όσο παρέχεται καύσιμο (υδρογόνο), μη χάνοντας ποτέ το φορτίο της. Οι κυψέλες καυσίμου είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για χρήση ως πηγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας για κτίρια, και ως πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για τους ηλεκτρικούς κινητήρες οχημάτων πρόωσης. Οι κυψέλες καυσίμου λειτουργούν καλύτερα με καθαρό υδρογόνο. Αλλά καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, μεθανόλη ή ακόμη βενζίνη μπορούν να αναμορφωθούν για την παραγωγή του υδρογόνου που απαιτείται για τις κυψέλες καυσίμου. Μερικές κυψέλες καυσίμου μπορούν ακόμα και να τροφοδοτούνται απευθείας με μεθανόλη, χωρίς τη χρήση συστήματος αναμόρφωσης. Στο μέλλον, το υδρογόνο θα μπορούσε να ενταχθεί στην ηλεκτρική ενέργεια ως ένας σημαντικός φορέας ενέργειας.

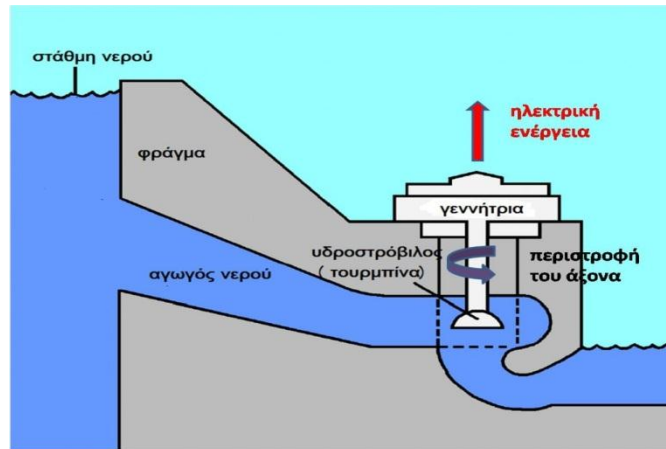


Εικόνα 1.2 Παραγωγή Υδρογόνου

Ένας φορέας ενέργειας κινείται και παρέχει ενέργεια σε μια χρήσιμη για τους καταναλωτές μορφή. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο ήλιος και ο άνεμος, δεν μπορούν να παράγουν ενέργεια όλη την ώρα. Αλλά θα μπορούσαν, για παράδειγμα, να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και υδρογόνο, το οποίο μπορεί να αποθηκευτεί μέχρι να χρειαστεί. Το υδρογόνο μπορεί επίσης να μεταφέρεται (όπως ηλεκτρική ενέργεια) στα μέρη όπου αυτό είναι αναγκαίο. Για μια βιώσιμη υποδομή μεταφορών οραματιζόμαστε τεχνολογίες που περιλαμβάνουν οχήματα βιοκαυσίμων, ηλεκτροκίνητα οχήματα, και οχήματα κυψελών καυσίμου υδρογόνου (FCV). Η τελευταία από αυτές είναι ίσως η πιο δύσκολη τεχνικά, αλλά και η πιο ελκυστική τεχνολογία, όσον αφορά την ικανότητά της να μειώσει δραματικά την κατανάλωση πετρελαίου, τις εκπομπές CO₂ αερίων του θερμοκηπίου, και τους ρύπους από εξάτμιση. Ωστόσο, το υδρογόνο δεν είναι μια πηγή ενέργειας. Είναι ένας φορέας ενέργειας, και για να συνειδητοποιήσουμε πλήρως τα οφέλη του, θα πρέπει να το παράγουμε όχι από ορυκτά καύσιμα, αλλά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, από την άλλη πλευρά, είναι μια επιθυμητή πηγή ενέργειας για την παραγωγή υδρογόνου λόγω της διαφορετικότητας, της περιφερειακότητας, της αφθονίας, και των προοπτικών της για αειφορία. Υπάρχουν πολλές προκλήσεις για την παραγωγή υδρογόνου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - και ίσως η μεγαλύτερη των οποίων είναι η μείωση του κόστους ώστε να είναι ανταγωνιστικό σε σχέση με τη βενζίνη και το ντίζελ. Ανανεώσιμο υδρογόνο μπορεί να παραχθεί είτε με ηλεκτρόλυση, είτε με μετατροπή βιομάζας, είτε με μετατροπή της ηλιακής ενέργειας για άμεση παραγωγή υδρογόνου. Στην παρούσα εργασία γίνεται παρουσίαση του εναλλακτικού καυσίμου «υδρογόνου», το οποίο αν και θεωρείται «ενεργειακός φορέας» έχει υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο με δυνατότητα «μηδενικών εκπομπών» και «καθαρού κύκλου» σε περίπτωση που παράγεται από ΑΠΕ. Με τη βοήθεια και του δεύτερου μέρους της εργασίας, όπου υπολογίζεται η ονομαστική ισχύς φωτοβολταϊκής μονάδας για δεδομένη παραγωγή υδρογόνου από ηλιακή ενέργεια, με ηλεκτρόλυση νερού, σκοπός της εργασίας είναι η τεκμηρίωση αυτόνομων PV-συστημάτων ηλεκτρόλυσης για οικιακή παραγωγή υδρογόνου σε περιοχές με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία όπως π.χ. η Ρόδος. Το παραγόμενο υδρογόνο αφού συμπίεστεί μπορεί είτε να μεταφερθεί ή να αποθηκευτεί για χρήση σε οχήματα κυψέλης καυσίμου κατά βάση.

1.1.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια, η ενέργεια του νερού, είναι μια ανανεώσιμη και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί πιστά τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Πολυάριθμοι υδραυλικοί τροχοί, νερόμυλοι, δριστελλες, υδροτριβεία, πριονιστήρια, κλωστοϋφαντουργεία και άλλοι μηχανισμοί υδροκίνησης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, συμβάλλοντας σημαντικά στην πρόοδο της τοπικής οικονομίας πολλών περιοχών, με απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Σε πολλά σημεία του ελληνικού χώρου κάποιες παραδοσιακές, αλλά και σύγχρονες εγκαταστάσεις Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων εξακολουθούν να αξιοποιούν την ενέργεια του νερού για την παραγωγή μηχανικού έργου αλλά κυρίως πλέον για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 1.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με υδροηλεκτρική ενέργεια

Η αξιοποίηση του μικρού υδροδυναμικού των χιλιάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορρευμάτων και πηγών της ορεινής Ελλάδος περνά από την υλοποίηση αποκεντρωμένων, αναπτυξιακών μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών πολλαπλής σκοπιμότητας, που μπορούν δηλαδή να λειτουργούν και για την ταυτόχρονη κάλυψη υδρευτικών, αρδευτικών και άλλων τοπικών αναγκών.

Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90%, και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των υδροηλεκτρικών έργων, που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες για την ενεργειακή αποτελεσματικότητα και την τεχνολογική ωριμότητα των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόζευξης στο δίκτυο, ή η αυτόνομη λειτουργία τους, η αξιοπιστία τους, η παραγωγή ενέργειας αρίστης ποιότητας χωρίς διακυμάνσεις, η άριστη διαχρονική συμπεριφορά τους, η μεγάλη διάρκεια ζωής, ο προβλέψιμος χρόνος απόσβεσης των αναγκαίων επενδύσεων που οφείλεται στο πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας και στην ανυπαρξία κόστους πρώτης ύλης, η φιλικότητα προς το περιβάλλον με τις μηδενικές εκπομπές ρύπων και τις περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η ταυτόχρονη ικανοποίηση και άλλων αναγκών χρήσης νερού (ύδρευσης, άρδευσης, κλπ.), η δυνατότητα παρεμβολής τους σε υπάρχουσες υδραυλικές εγκαταστάσεις, κ.α.

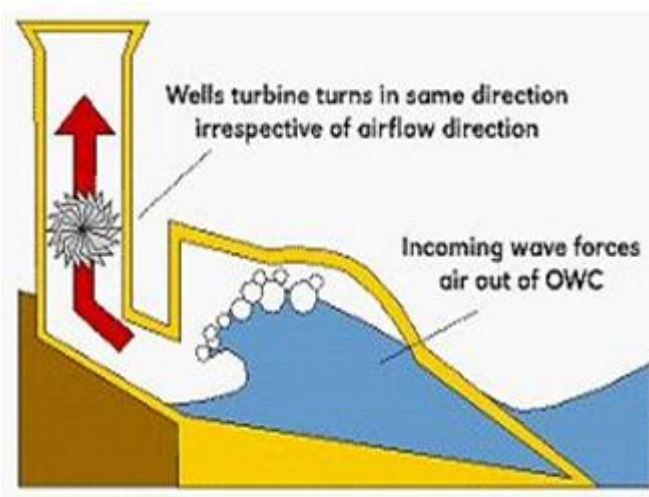
Εξ' ορισμού, ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, που μπορεί να συμβάλει ακόμη και στη δημιουργία νέων υδροβιοτόπων μικρής κλίμακας στα ανάντη των μικρών Ταμιευτήρων. Το σύνολο των επί μέρους συνιστωσών του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τα τοπικά υλικά με παραδοσιακό τρόπο και αναβαθμίζοντας το γύρω χώρο.

1.1.4 Ενέργεια Κυμάτων

Η ενέργεια από τα κύματα παράγεται από την κίνηση των κυμάτων στην θαλάσσια επιφάνεια που προκαλείται από τους κατά τόπους ανέμους.

Η κυματική ενέργεια αποτελεί μία μη συνηθισμένη χαμηλής συχνότητας πηγή ενέργειας η οποία θα πρέπει να μετατραπεί σε συχνότητα της τάξεως των 60 Hertz πριν ενσωματωθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο. Παρόλο που τα τελευταία χρόνια πολλά συστήματα έχουν επινοηθεί μόνο ένα μικρό ποσοστό έχει δοκιμαστεί και αξιολογηθεί για την αξιοπιστία τους. Επιπρόσθετα, ελάχιστα από αυτά έχουν δοκιμαστεί στην θάλασσα υπό πραγματικές συνθήκες εξομοίωσης ενώ τα περισσότερα έχουν αξιολογηθεί σε εργαστηριακές δεξαμενές.

Ένα σύστημα κυματικής ενέργειας μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε σημείο στον ωκεανό και να παράγει ενέργεια, μπορεί να είναι αγκυρωμένο στο πυθμένα ή πλωτό ανοιχτά της θάλασσας, ή σύστημα εγκαταστημένο στα παράλια ή στα ρηχά νερά. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί επίσης να είναι ολικά βυθισμένο στο νερό η να είναι τοποθετημένο πάνω από την θαλάσσια επιφάνεια σε μία πλωτή πλατφόρμα. Παρά τις δυνατότητες που παρουσιάζουν τα συστήματα κυματικής ενέργειας τα περισσότερα πρωτότυπα αυτών έχουν εγκατασταθεί στις ακτές. Η αισθητική επίδραση ενός συστήματος στο περιβάλλον εξαρτάται από τον τύπο που θα υιοθετηθεί, έτσι ένα σύστημα μερικώς βυθισμένο ή τοποθετημένο λίγα χιλιόμετρα μακριά δεν επηρεάζει την εναρμόνιση του συστήματος στο φυσικό περιβάλλον. Αντίθετα συστήματα κυματικής ενέργειας τοποθετημένα στις ακτές μπορεί να επιδράσουν αρνητικά στην όλη αισθητική και να μετατρέψουν ένα φυσικό περιβάλλον σε άκρως βιομηχανικό. Έτσι προσοχή απαιτείται τόσο στην μορφή του συστήματος που πρόκειται να υιοθετηθεί καθώς και πως θα εναρμονιστεί με την υπάρχουσα αρχιτεκτονική τοπίου και το φυσικό ανάγλυφο της περιοχής. Η συνεργασία του μελετητή αρχιτέκτονα και μηχανολόγου μηχανικού κρίνεται απαραίτητη και επιτακτική για αρμονικό σχεδιασμό.



Εικόνα 1.4 διάγραμμα μετατροπής ενέργειας κυμάτων

Κατά την δεκαετία του '70 μόνο δύο χώρες κατάφεραν να αναδείξουν τις δυνατότητες των συστημάτων κυματικής ενέργειας μέσα από τα ερευνητικά τους προγράμματα, η Ιαπωνία και η Μεγάλη Βρετανία. Οι επίμονες προσπάθειες των ερευνητών τους κατάφεραν να βελτιώσουν την απόδοση παραγωγικότητας των συστημάτων αυτών. Σε γενικές γραμμές τα συστήματα μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες, τα σταθερά και τα πλωτά.

Τα σταθερά συστήματα τα οποία τοποθετούνται στις ακτές ή στα ρηχά νερά έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των πλωτών συστημάτων και συγκεκριμένα στον τομέα της συντήρησης.

Ωστόσο, ο αριθμός των διαθέσιμων περιοχών κατάλληλες για σταθερά συστήματα είναι περιορισμένος. Οι ταλαντώσεις που συντελούνται στην στήλη νερού του συστήματος μετατρέπουν την κυματική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Η διαδικασία που ακολουθείται γίνεται σε δύο στάδια. Καθώς το νερό εισέρχεται στο εσωτερικό του συστήματος αναγκάζει τον αέρα που υπάρχει να μετατοπιστεί προς το επάνω μέρος και να θέσει σε λειτουργία την τουρμπίνα η οποία μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική.

1.1.5 Ηλιακή Ενέργεια

Ο ήλιος, είναι μια πηγή απεριόριστης ενέργειας, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας δεν χρησιμοποιείται αλλά εντούτοις μας προσφέρει ισχύ εκατομμυρίων Watts , μας κρατά θερμούς, και αναπτύσσει όλα τα τρόφιμά. Γενικά, η ηλιακή ενέργεια είναι μία ασφαλής και μη ρυπογόνος μορφή ενέργειας, η οποία εξελίσσεται συνεχώς. Κάθε ημέρα ο ήλιος φωτίζει τη γη αρκετές χιλιάδες στιγμές τόσες ώστε είναι αρκετές για να καλύψουμε τις απαιτήσεις της ενέργειας που χρησιμοποιούμε. Ακόμη και το μικρό ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που χτυπά τη στέγη μας είναι πολύ περισσότερη ενέργεια απ' ό,τι όλη η ενέργεια που μπαίνει στο οίκημα μέσω των ηλεκτρικών καλωδίων. Σε ένα ομοιόμορφο στρέμμα του εδάφους η άμεση ακτινοβολία του ηλίου, μπορεί να παράγει ισχύ περίπου τέσσερις χιλιάδων ίππων, αντίστοιχο με μια μεγάλη ατμομηχανή σιδηροδρόμου. Σε λιγότερο από τρεις ημέρες η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στη γη είναι περισσότερη απ' ό,τι το κατ' εκτίμηση σύνολο των απολιθωμένων καυσίμων στη γη!

Με το όρο Ηλιακή Ενέργεια χαρακτηρίζουμε το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Το φώς και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ενέργειας με τριών ειδών συστήματα: τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.



Εικόνα 1.5 Εφαρμογές ηλιακής ενέργειας

Θερμικά Ηλιακά Συστήματα

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια, τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό, όπως το νερό για παράδειγμα. Η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται μέσω ηλιακών συλλεκτών, σκουρόχρωμων δηλαδή επιφανειών καλά προσανατολισμένων στον ήλιο, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με νερό και του μεταδίδουν μέρος της θερμότητας που παρέλαβαν. Το παραγόμενο ζεστό νερό χρησιμοποιείται για απλή οικιακή ή πιο σύνθετη βιομηχανική χρήση, τελευταία δε ακόμη και για τη θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω κατάλληλων διατάξεων.

Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να υποβοηθούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής και μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλους σχεδόν τους τύπους κτιρίων.

Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Όλοι έχουμε συναντήσει φωτοβολταϊκά συστήματα σε μικρούς υπολογιστές και ρολόγια. Πρόκειται για συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και που, εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο καταναλώσεων. Δορυφόροι, φάροι και απομονωμένα σπίτια χρησιμοποιούν παραδοσιακά τα φωτοβολταϊκά για την ηλεκτροδότησή τους. Στην Ελλάδα, η προοπτική ανάπτυξης και εφαρμογής των Φ/Β συστημάτων είναι τεράστια, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από Φωτοβολταϊκά έχει ένα τεράστιο πλεονέκτημα αποδίδει την μέγιστη ισχύ της κατά τη διάρκεια της ημέρας που παρουσιάζεται η μέγιστη ζήτηση.

1.1.6 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων αέριων μαζών από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Αν υπήρχε η τεχνολογική δυνατότητα να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο χρονικό διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης και σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας που ξεπερνά τα 5.1 m/sec. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, όταν η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου ξεπερνά αυτήν την τιμή το αιολικό δυναμικό ενός τόπου θεωρείται ενεργειακά εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες. Άλλωστε, το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητάς την, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας

Η χώρα διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αξιοποίησή του μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αειφόρο ανάπτυξή της. Το πρώτο αιολικό πάρκο εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το 1982 στην Κύθνο. Μέχρι σήμερα έχουν κατασκευασθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής πάνω από 30 MW. Ως ιδιαίτερα σημαντικό θεωρείται το αυξημένο ενδιαφέρον του ιδιωτικού τομέα στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ειδικά σε περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού (Νησιά Αιγαίου, Νότια Εύβοια, Ανατολική Πελοπόννησος, Θράκη). Με την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεκάδες αιτήσεις για μονάδες παραγωγής από ιδιώτες έχουν υποβληθεί στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, με συνέπεια η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα των αιολικών πάρκων να εκτιμάται σε πάνω από 1200 MW έως το τέλος του 2007 (ΥΠΑΝ, 2005). Σημαντικό εμπόδιο στην ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη αποτελεί η ανεπάρκεια της υποδομής του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο κατασκευάστηκε πολύ πριν αναδυθεί η ανανεώσιμη ενέργεια ως βιώσιμη εναλλακτική λύση. Έτσι, στις ηπειρωτικές περιοχές υψηλού φυσικού δυναμικού, οι δυνατότητες επενδύσεων αιολικής ενέργειας έχουν περιοριστεί από τις δυνατότητες διείσδυσης στο ηλεκτρικό δίκτυο και παρόμοιοι περιορισμοί υφίστανται και στα νησιά εμποδίζοντας την περαιτέρω διείσδυση της συγκεκριμένης ΑΠΕ.

Σήμερα η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

τις **ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα**, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο.



Εικόνα 1.6.1 ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

Τις **ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα** είναι πιο αθόρυβες και επηρεάζονται λιγότερο από τις αναταράξεις και τις δονήσεις, συγκριτικά πάντα με τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, επειδή δεν χρειάζονται άνεμο συγκεκριμένης διεύθυνσης για να περιστραφούν.



Εικόνα 1.6.2 ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα τύπου Darrieus

1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Α.Π.Ε

1.2.1 Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- 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.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

1.2.2 Μειονεκτήματα των Α.Π.Ε

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- 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.

Κεφάλαιο 2^ο

Γενικά Για Γεωθερμία

2.1 Γεωθερμία-Γεωθερμική Ενέργεια

Σε περιοχές με σχετικά πρόσφατη ηφαιστειότητα, παρουσιάζεται το φαινόμενο διάπυρο υλικό από το εσωτερικό της γης να έχει κινηθεί προς την επιφάνεια και το υπέδαφος να έχει θερμανθεί.

Η θερμότητα αυτή μεταφέρεται σε τυχόν υδροφόρους σχηματισμούς της περιοχής. Τα νερά θερμαίνονται και κυκλοφορούν μέσα στα πετρώματα φθάνοντας σε πολλές περιπτώσεις μέχρι την επιφάνεια, ενώ κάποιες άλλες φορές τα νερά εγκλωβίζονται σε μη υδροπερατά πετρώματα και αποκτούν θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 350° C



Εικόνα 2.1.1: ηφαιστειακή εκροή

Γεωθερμική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας που προέρχεται από το εσωτερικό της γης είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους, που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό. Το νερό που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης ονομάζεται γεωθερμικό ρευστό το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί κυρίως για ενεργειακούς σκοπούς. Η γεωθερμία όπως αποκαλύπτει και η ίδια η ετυμολογία της λέξεως είναι θερμότητα η οποία προέρχεται από την γη. Επομένως αποτελεί φυσική πηγή ενέργειας. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η γεωθερμική ενέργεια είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και βρίσκει θετικό έδαφος ως προς την αξιοποίησή της. Θεωρείται ότι προέρχεται από τη διάσπαση των ραδιενεργών ισοτόπων του ουρανίου, του θορίου, του καλίου και άλλων στοιχείων. Η θερμότητα που συγκρατείται στο εσωτερικό της Γης λόγω ότι η μάζα της γης είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με την επιφάνεια της και καλύπτεται από υλικά χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας. Η συσσωρευμένη θερμότητα εξέρχεται από την επιφάνεια της γης μέσω γεωλογικών φαινομένων (ηφαιστειακές εκροές).

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη μορφή ενέργειας η οποία αποτελεί φυσικό εγχώριο πλούτο που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικό ποσοστό από τις ενεργειακές ανάγκες των κρατών.



Εικόνα 2.1.2: γεωθερμία από μάγμα

2.2 Η Ανάπτυξη Της Γεωθερμίας-Ιστορική Αναδρομή

Η γεωθερμική ενέργεια και τα θερμά νερά ήταν γνωστά ήδη από την αρχαιότητα. Στην αρχαία Ελλάδα, οι θερμές πηγές θεωρούνταν ότι είχαν θεραπευτικές ιδιότητες και γι' αυτό τα Ασκληπιεία και άλλοι ιεροί χώροι και ναοί, βρίσκονταν κοντά σ' αυτές. Το γεγονός αυτό διαπιστώνεται τόσο από Ομηρικά έπη όσο και από μεταγενέστερα κείμενα μεγάλων Ελλήνων φιλοσόφων. Σημαντικές είναι και οι αναφορές του Ιπποκράτη, για τις ευεργετικές επιδράσεις των θερμών νερών. Υπάρχουν πολλές παραστάσεις, κυρίως σε αγγεία, που συνδέουν τις θερμές πηγές με τη χρήση του νερού για ιαματικούς σκοπούς.

Στην αρχαία Ολυμπία, τουλάχιστον έξι κτήρια της αρχαιότητας ήταν αμιγώς ή περιελάμβαναν λουτρικές εγκαταστάσεις. Ο σημαντικός αριθμός τους μαρτυρεί την σπουδαιότητα και αναγκαιότητα της ύπαρξής τους στο αθλητικό και θρησκευτικό κέντρο της Ολυμπίας για την εξυπηρέτηση των χιλιάδων αθλητών και επισκεπτών στον μεγαλοπρεπή Ναό του Διός της Ολυμπίας. Τα πρώτα λουτρά της Ολυμπίας, που είναι από τα παλαιότερα εντοπισμένα στον Ελλαδικό χώρο, κατασκευάζονται ήδη από τον 5^ο αιώνα π.Χ. Οι αρχαίοι ανατολικοί λαοί, και ειδικότερα οι κάτοικοι της Κίνας και της Ιαπωνίας, χρησιμοποιούσαν ευρέως τις θερμές και ιαματικές πηγές της περιοχής τους, όπως μαρτυρά η πληθώρα αναφορών στη μυθολογία και την ιστορία των παραπάνω λαών.



Εικόνα 2.2.1: λουτρά στην αρχαία Ελλάδα

Στα ρωμαϊκά και υστερορωμαϊκά χρόνια, τα λουτρικά συγκροτήματα ανεγείρονται το ένα μετά το άλλο. Όμοια με τους αρχαίους Έλληνες, τα θερμά νερά είχαν ευρεία απήχηση στους Ρωμαίους και μάλιστα όχι μόνο για ιαματικούς σκοπούς αλλά και για τη θέρμανση οικιών.

Ο Κλαύδιος Γαληνός ο δεύτερος σπουδαιότερος ιατρός της αρχαιότητας μετά τον Ιπποκράτη αναφέρει πολύ συχνά στα έργα του τα θερμά λουτρά και τονίζει τις ευεργετικές τους ιδιότητες. Παράλληλα, εικάζεται πως διατηρούσε κάποια στοιχειώδη θερμοκήπια που αξιοποιούσαν τη γεωθερμική ενέργεια.

Το παλιότερο σύστημα γεωθερμικής θέρμανσης χρονολογείται στις αρχές του 14ου αιώνα μ.Χ. στη Γαλλία, και ειδικότερα στο χωριό Chaudes – Aigues. Το δίκτυο αποτελούταν από ξύλινους σωλήνες και είναι σε χρήση ακόμη και σήμερα.



Εικόνα 2.2.2: η πηγή και το μουσείο γεωθερμίας στο χωριό Chaudes –Aigues

Η ύπαρξη των ηφαιστείων, των θερμών πηγών και των άλλων φαινομένων έκχυσης θερμότητας από το υπέδαφος στην επιφάνεια του πλανήτη οδήγησε τους ανθρώπους από τα χρόνια της αρχαιότητας στο συμπέρασμα ότι το εσωτερικό της γης είναι θερμό. Όμως, μόνο κατά την περίοδο μεταξύ του 16ου και 17ου αιώνα, όταν δηλαδή κατασκευάστηκαν τα πρώτα μεταλλεία σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, οι άνθρωποι με τη βοήθεια ορισμένων απλών φυσικών παρατηρήσεων, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία της γης αυξάνεται με το βάθος.

Οι πρώτες μετρήσεις με θερμομέτρο έγιναν κατά πάσα πιθανότητα το 1740, σε ένα ορυχείο κοντά στο Belfort της Γαλλίας (Bulland, E.C., 1965). Ήδη από το 1870, για τη μελέτη της θερμικής κατάστασης του εσωτερικού της γης χρησιμοποιούνταν ορισμένες προχωρημένες για την εποχή επιστημονικές μέθοδοι, αλλά το θερμικό ισοζύγιο που διέπει τη Γη κατανοήθηκε καλύτερα τον 20ο αιώνα, με την ανακάλυψη του ρόλου της ραδιενεργής θερμότητας. Σήμερα όλα τα σύγχρονα πρότυπα (μοντέλα) που εξετάζουν τη θερμική κατάσταση στο εσωτερικό της Γης λαμβάνουν υπόψη τη θερμότητα που παράγεται συνεχώς από τη διάσπαση των μακράς διάρκειας ζωής ραδιενεργών ισοτόπων του ουρανίου (U238, U235), του θορίου (Th232) και του καλίου (K40), τα οποία υπάρχουν στο εσωτερικό της. Εκτός όμως από τη ραδιενεργό θερμότητα, υπάρχουν και άλλες δυναμικές πηγές θερμικής ενέργειας, όπως είναι η αρχέγονη ενέργεια από την εποχή της δημιουργίας και μεγέθυνσης του πλανήτη που δρουν αθροιστικά, σε απροσδιόριστες όμως ποσότητες.

Τα μοντέλα αυτά μέχρι και τη δεκαετία του 1980 δεν βασίζονταν σε κάποιες ρεαλιστικές θεωρίες. Τότε όμως αποδείχθηκε ότι αφενός δεν υπάρχει ισοζύγιο μεταξύ της ραδιενεργής θερμότητας που δημιουργείται στο εσωτερικό της γης και της θερμότητας που διαφεύγει από τη γη προς το διάστημα και αφετέρου ότι η Γη ψύχεται με αργό ρυθμό και στο εσωτερικό της. Έτσι η θερμοκρασία του μανδύα δεν έχει μειωθεί περισσότερο από 300-350°C τα τελευταία 3 δισεκατομμύρια χρόνια και παραμένει περίπου στους 4000°C στη βάση του. Έχει υπολογιστεί ότι το συνολικό θερμικό περιεχόμενο της γης (για θερμοκρασίες πάνω από τη μέση επιφανειακή των 15°C) είναι της τάξης των $12,6 \times 10^{24}$ MJ και του φλοιού $5,4 \times 10^{21}$ MJ.

Όπως λοιπόν προκύπτει από τα παραπάνω, η θερμική ενέργεια της γης είναι απέραντη, όμως ένα μόνο τμήμα αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί τελικά από τον άνθρωπο. Μέχρι σήμερα η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έχει περιοριστεί σε περιοχές όπου οι γεωλογικές συνθήκες επιτρέπουν σε ένα φορέα θερμότητας (νερό σε υγρή ή αέρια φάση) να μεταδώσει τη θερμότητα από τις βαθιές θερμές ζώνες στην επιφάνεια του εδάφους ή κοντά σε αυτήν. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται οι γεωθερμικοί πόροι. Πιθανώς, στο άμεσο μέλλον, νέες πρωτοποριακές και καινοτόμες τεχνολογίες θα προσφέρουν καινούργιες προοπτικές στον τομέα αυτόν. Σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας οι πρακτικές εφαρμογές προηγούνται της επιστημονικής έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης. Η γεωθερμία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του φαινομένου αυτού, καθώς η αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχόμενου των γεωθερμικών ρευστών γινόταν ήδη από τις αρχές του 19ου αιώνα. Εκείνη την περίοδο, στην Τοσκάνη της Ιταλίας και συγκεκριμένα στην περιοχή του Larderello,

λειτουργούσε μια χημική βιομηχανία για την παραγωγή βορικού οξέος από τα βοριούχα θερμά νερά που ανέβλυζαν από φυσικές πηγές ή αντλούνταν από ρηχές γεωτρήσεις. Η παραγωγή του βορικού οξέος γινόταν με εξάτμιση των βοριούχων νερών σε σιδερένιους λέβητες οι οποίοι χρησιμοποιούσαν ως καύσιμη ύλη ξύλα από τα κοντινά δάση. Το 1827, ο Francesco Larderel, ιδρυτής της βιομηχανίας αυτής, αντί να καταναλώνει ξύλα από τα διαρκώς αποψιλούμενα δάση της περιοχής, ανέπτυξε ένα σύστημα που επέτρεπε τη χρήση της θερμότητας των βοριούχων ρευστών στη διαδικασία εξάτμισης.

Η εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του φυσικού ατμού ξεκίνησε περίπου την ίδια περίοδο. Ο γεωθερμικός ατμός χρησιμοποιήθηκε για την ανέλκυση των ρευστών, αρχικά με πρωτόγονους αέριους ανυψωτήρες και στη συνέχεια με παλινδρομικές και φυγοκεντρικές αντλίες και βαρούλκα. Ανάμεσα στο 1850 και 1875, οι εγκαταστάσεις του Larderello κατείχαν το μονοπώλιο παραγωγής βορικού οξέος στην Ευρώπη. Μεταξύ του 1910 και του 1940, στην περιοχή αυτή της Τοσκάνης, χαμηλής πίεσης ατμός άρχισε να χρησιμοποιείται για τη θέρμανση βιομηχανικών κτιρίων, κατοικιών και θερμοκηπίων. Εν τω μεταξύ, ολοένα και περισσότερες χώρες άρχισαν να αξιοποιούν τους γεωθερμικούς τους πόρους σε βιομηχανική κλίμακα. Το 1892, το πρώτο γεωθερμικό σύστημα τηλεθέρμανσης τέθηκε σε λειτουργία στο Boise του Αινταχο των Η.Π.Α.. Το 1928, μια άλλη πρωτοπόρος χώρα στην εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, η Ισλανδία, ξεκίνησε επίσης την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών (κυρίως θερμών νερών) για τη θέρμανση κατοικιών.

Η πρώτη απόπειρα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό ατμό έγινε το 1904 και πάλι στο Larderello της Ιταλίας. Η επιτυχία αυτής της πειραματικής προσπάθειας έδωσε μια ξεκάθαρη ένδειξη για τη βιομηχανική αξία της γεωθερμικής ενέργειας και σηματοδότησε την έναρξη της εκμετάλλευσης ενός νέου φυσικού πόρου, που επρόκειτο να αναπτυχθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Το 1942, η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς σε σταθμούς που χρησιμοποιούσαν τη γεωθερμία ανερχόταν στα 127,65 MW. Σύντομα, πολλές χώρες ακολούθησαν το παράδειγμα της Ιταλίας. Το 1919 κατασκευάστηκαν οι πρώτες γεωθερμικές γεωτρήσεις στο Beppu της Ιαπωνίας, ενώ το 1921 ακολούθησαν εκείνες στο The Geysers της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ. Το 1958 ένα μικρό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τέθηκε σε λειτουργία στη Νέα Ζηλανδία, ένα άλλο στο Μεξικό το 1959, στις ΗΠΑ το 1960 και ακολούθησαν πολλά άλλα σε διάφορες χώρες

Η πρώτη συστηματική αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών για θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων και κτηρίων ξεκίνησε τη δεκαετία του 1920 στην Ισλανδία. Σήμερα, σχεδόν το 70% του πληθυσμού της Ισλανδίας αλλά και ολόκληρη η πρωτεύουσα της Ισλανδίας, το Reykjavik, θερμαίνονται εξ' ολοκλήρου με γεωθερμικά ρευστά, όπως οι θερμές πηγές και οι θερμοπίδακες της χώρας. Συγχρόνως, υπάρχει πλήθος άλλων εφαρμογών της γεωθερμίας, όπως παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανση θερμοκηπίων και πισινών, υδατοκαλλιέργειες, ξήρανση ορυκτών κ.ά. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως λόγω της κατάρτησης της χρήσης πετρελαίου και άλλων ορυκτών καυσίμων για θέρμανση, το Reykjavik θεωρείται πως έχει την καθαρότερη ατμόσφαιρα πρωτεύουσας του κόσμου. Σήμερα, το Reykjavik είναι από η

πιο καθαρή πόλη στον κόσμο, αφού το σύνολο των κτηρίων θερμαίνεται από τα γεωθερμικά νερά. Το παράδειγμα της Ισλανδίας μιμήθηκαν πολλές χώρες της Ευρώπης, της Αμερικής αλλά και της Ασίας. Σήμερα, ο αριθμός των χωρών που έχουν εμπλακεί σε θέματα αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας ξεπερνά τις 70. Τα πεδία εφαρμογής της γεωθερμίας ανά τον κόσμο δεν περιορίζονται στη θέρμανση κατοικιών αλλά επεκτείνονται και στον τομέα του τουρισμού, καθώς επίσης και σε καινοτόμες λύσεις για διευκόλυνση της καθημερινότητας. Ενδεικτικά αναφέρονται οι: Ρωσία, Ιαπωνία, Ν. Ζηλανδία, Φιλιππίνες, Ινδονησία, Μεξικό και Κένυα.

Όσον αφορά στην Ευρώπη, οι χώρες που εμπλέκονται στην ηλεκτροπαραγωγή από αξιοποίηση της γεωθερμίας είναι η Ιταλία, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ισπανία, η Πορτογαλία, η Ουγγαρία, η Σλοβακία, η Τουρκία αλλά και η Ελλάδα.

Ήδη από το έτος 2005, ο αριθμός των χωρών που έχουν αναπτύξει γεωθερμικές εφαρμογές χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας ανέρχεται στις 72 χώρες, κάτι που δηλώνει σημαντική πρόοδο σε σχέση με το έτος 1995, οπότε και είχαν αναφερθεί εφαρμογές μόνο σε 28 χώρες.

Τα πρωτεία παγκοσμίως κρατούν οι Ηνωμένες Πολιτείες που για το 2010 ηγούνται στη γεωθερμική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με 3.086 MW εγκατεστημένης ισχύος από 77 σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεγαλύτερη ομάδα των γεωθερμικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στον κόσμο βρίσκεται στην Καλιφόρνια, βόρεια του San Francisco, και ονομάζεται "The Geysers". Πρόκειται για ένα συγκρότημα 22 βιομηχανικών μονάδων παραγωγής ενέργειας που συγκεντρώνουν γεωθερμική ενέργεια από 350 σημεία. Ακολουθώντας τις Η.Π.Α., οι Φιλιππίνες είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός γεωθερμικής ενέργειας στον κόσμο, καλύπτοντας με αυτόν τον τρόπο περίπου το 18% των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στην Ελλάδα η ΔΕΗ, όντας ο άμεσα ενδιαφερόμενος οργανισμός για την ηλεκτροπαραγωγή, ανέλαβε τις παραγωγικές γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας και παράλληλα χρηματοδότησε τις έρευνες για την εύρεση νέων περιοχών με έντονο γεωθερμικό ενδιαφέρον.

Λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας, και μάλιστα σε οικονομικά βάθη που κυμαίνονται από 100 έως 1500m. Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμειυτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική αξιοποίηση. Ειδικότερα, τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα.

Από το 1971 και έπειτα ερευνήθηκαν πολλές περιοχές ανά την ελληνική επικράτεια, μεταξύ των οποίων και νησιά. Τα αποτελέσματα των ερευνών ήταν ιδιαίτερος ενθαρρυντικός, καθότι η Ελλάδα παρουσιάζει μεγάλο γεωθερμικό δυναμικό, έτοιμο προς αξιοποίηση. Μερικές περιοχές με ισχυρή γεωθερμική ενέργεια είναι οι εξής: Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, Σαντορίνη, Κως, Μέθανα, Καμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Υπάτη, Αιδηψός, Κίμωλος, Νότια Θεσσαλία κ.λπ.

2.3 Γεωθερμικά Συστήματα

Τα γεωθερμικά συστήματα είναι οι μορφές με τις οποίες συναντάται η γεωθερμική ενέργεια. Γενικότερα, το γεωθερμικό σύστημα μπορεί να περιγραφεί ως «ένα σύστημα» που βρίσκεται σε περιορισμένο χώρο στον ανώτερο φλοιό της γης και αποτελείται από «κινούμενο νερό», το οποίο μεταφέρει θερμότητα από μια «πηγή» σε μια «δεξαμενή» θερμότητας οποία συνήθως είναι μια ελεύθερη επιφάνεια. Ένα γεωθερμικό σύστημα αποτελείται από τρία στοιχεία:

1. την εστία θερμότητας
2. τον ταμιευτήρα
3. το ρευστό, το οποίο λειτουργεί ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας.

Η εστία θερμότητας μπορεί να είναι είτε μια μαγματική διείδυση πολύ υψηλής θερμοκρασίας (>600°C) που έχει φτάσει σε σχετικά μικρά βάθη (5-10 km), είτε, στα συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας, η κανονική θερμοκρασία των πετρωμάτων του εσωτερικού της γης, η οποία, αυξάνεται με το βάθος.

Ο ταμιευτήρας είναι ένας σχηματισμός από θερμά υδατοπερατά πετρώματα, που επιτρέπει την κυκλοφορία των ρευστών μέσα σε αυτόν και από τον οποίο τα ρευστά αντλούν θερμότητα. Πάνω από τον ταμιευτήρα βρίσκεται συνήθως ένα κάλυμμα αδιαπέρατων πετρωμάτων. Ο ταμιευτήρας πολλές φορές συνδέεται με μια επιφανειακή περιοχή τροφοδοσίας, δια μέσου της οποίας μετεωρικό ή επιφανειακό γενικά νερό κατεισδύει και αντικαθιστά μερικώς ή ολικώς τα ρευστά που απομακρύνονται από τον ταμιευτήρα και εξέρχονται στην επιφάνεια με τη μορφή θερμών πηγών ή αντλούνται από γεωτρήσεις.

Το γεωθερμικό ρευστό συνήθως είναι νερό, στις περισσότερες περιπτώσεις μετεωρικής προέλευσης, το οποίο, ανάλογα με τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν στον ταμιευτήρα, βρίσκεται σε υγρή ή αέρια κατάσταση. Συχνά το ρευστό είναι εμπλουτισμένο σε χημικά στοιχεία και αέρια, όπως CO₂, H₂S, κ.λπ. Ο μηχανισμός που διέπει τη λειτουργία των γεωθερμικών συστημάτων εν γένει ελέγχεται από τη μεταφορά θερμότητας μέσω της συναγωγής/κυκλοφορίας των ρευστών (fluid convection).

Η θερμική συναγωγή λαμβάνει χώρα λόγω της θέρμανσης και, κατ' επέκταση, της θερμικής διαστολής των ρευστών σε ένα πεδίο βαρύτητας. Η ενέργεια που προκαλεί το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι ουσιαστικά η θερμότητα που προσφέρεται από την εστία στη βάση του συστήματος κυκλοφορίας. Η πυκνότητα των ρευστών που θερμαίνονται μειώνεται, οπότε αυτά παρουσιάζουν τάσεις ανόδου προς μικρότερα βάθη, ενώ αντικαθίστανται στη συνέχεια από ρευστά μικρότερης θερμοκρασίας και μεγαλύτερης πυκνότητας, που προέρχονται από τα περιθώρια του γεωθερμικού συστήματος.

Τέλος, από τα τρία στοιχεία ενός γεωθερμικού συστήματος, η εστία θερμότητας είναι το μόνο που απαραίτητως πρέπει να έχει φυσική προέλευση. Εάν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, τα άλλα δύο στοιχεία μπορεί να είναι και τεχνητά.

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορα κριτήρια, όπως:

- το είδος των γεωθερμικών πόρων
- ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών
- ο τύπος του πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά
- το είδος της εστίας θερμότητας
- αν κυκλοφορούν ή όχι ρευστά στον ταμιευτήρα.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως υψηλής θερμοκρασίας (για θερμοκρασίες πάνω από 150° C), μέσης θερμοκρασίας (για θερμοκρασίες 100 - 150° C) και χαμηλής θερμοκρασίας (για θερμοκρασίες μικρότερες από 100° C).

Σε σχέση με το είδος των γεωθερμικών πόρων διακρίνονται 6 κατηγορίες συστημάτων:

1. Τα υδροθερμικά συστήματα ή πόροι (hydrothermal systems or resources), τα οποία είναι υπόγεια φυσικά, θερμά ρευστά και βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες. Η μεταφορά της θερμότητας γίνεται με ανοδική κυκλοφορία του νερού (υγρό ή ατμός), το οποίο θερμαίνεται από μία εστία θερμότητας και συχνά εμφανίζεται στην επιφάνεια της γης με τη μορφή θερμών εκδηλώσεων. Τα συστήματα αυτά συχνά ταυτίζονται με το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών πεδίων, αφού σήμερα είναι ουσιαστικά τα μόνα συστήματα που αξιοποιούνται. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται και συστήματα συναγωγής (convective systems) ή δυναμικά συστήματα, επειδή η θερμότητα μεταφέρεται με το μηχανισμό της συναγωγής. Άλλα υδροθερμικά συστήματα μεταφοράς οφείλονται στην κυκλοφορία μετεωρικού νερού μέσω ρηγμάτων και περατών σχηματισμών, όπου, λόγω μεγάλου βάθους ή μαγματικών διεισδύσεων, θερμαίνεται και ακολουθεί ανοδική πορεία.

2. Τα γεωπιεσμένα συστήματα (geopressured systems), τα οποία αποτελούνται από ρευστά που έχουν εγκλωβιστεί από μη περατά πετρώματα σε μεγάλο βάθος. Μέσα στους περατούς ιζηματογενείς σχηματισμούς υπάρχει ζεστό νερό που παγιδεύτηκε κατά την απόθεση των ιζημάτων, εγκλωβισμένο από στεγανά περιβάλλοντα πετρώματα, υπό πίεση αρκετά μεγαλύτερη της υδροστατικής που αντιστοιχεί στο βάθος. Περιέχουν επίσης και μεγάλες ποσότητες μεθανίου. Παρόλο που τεχνολογικά η εκμετάλλευσή τους φαίνεται εφικτή, το μεγάλο κόστος που προκύπτει από την εκμετάλλευση σε μεγάλα βάθη και από τη χρονική διάρκειά της, καθιστούν τους γεωθερμικούς ταμιευτήρες υπό πίεση μη αξιοποιήσιμους.

3. **Τα μαγματικά συστήματα** (magma systems), στα οποία η απώληση της θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε σχετικά μικρό βάθος, γίνεται με συμβατική τεχνολογία και μικρό σχετικά κόστος.



Εικόνα 2.3.1:μάγμα από ηφαίστειο

4. **Τα συστήματα βαθιών θερμών-ξηρών πετρωμάτων** (hot dry rock systems), όπου η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή, όμως η έλλειψη ρωγματώσεων δεν επιτρέπει την κυκλοφορία και ύπαρξη νερού. Το σύστημα αυτό, συνήθως υψηλής θερμοκρασίας, επιτρέπει την εισαγωγή κρύου νερού από γεώτρηση, τη θέρμανση του στον τεχνικό ταμιευτήρα και την εξαγωγή ως ζεστού νερού από άλλη γεώτρηση. Αν και τεχνολογικά φαίνεται εφικτή η αξιοποίηση των βαθιών θερμών-ξηρών πετρωμάτων, η εκτίμηση της θερμικής απόδοσης του συστήματος και του ρυθμού απωλειών πρέπει να αξιολογηθούν ώστε να καταστεί οικονομικά βιώσιμη μια τέτοια εκμετάλλευση.

5. **Αβαθής γεωθερμία (earthenergy)**, κατά την οποία λαμβάνονται ή και απορρίπτονται ποσότητες ενέργειας από μικρά βάθη με την ανακυκλοφορία νερού στα πρώτα 100 μέτρα από την επιφάνεια της γης ή με την κυκλοφορία υπόγειων νερών, ή νερών από λίμνες, ποτάμια και θάλασσα. Αποτελεί την ταχύτερη αναπτυσσόμενη μορφή της γεωθερμικής ενέργειας.

6. **Συστήματα αγωγιμότητας**, τα οποία αναφέρονται σε γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας που θερμαίνονται με αγωγή και εμφανίζονται σε ιζηματογενείς λεκάνες.

2.4 Γεωθερμικά Πεδία Και Κατηγορίες Τους

Γεωθερμικά πεδία είναι οι περιοχές στις οποίες οι συνθήκες για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας είναι ευνοϊκές. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι τα ακόλουθα:

- Αυξημένη (σε μικρό ή μεγάλο βαθμό) θερμική ροή. Αυτή συνδέεται με την ύπαρξη μαγματικού όγκου σε μικρό σχετικά βάθος.
- Ύπαρξη υπόγειου υδροφορέα, σε βάθος μικρότερο των 3 km, ο οποίος θερμαίνεται από τον μαγματικό όγκο. Μεταξύ του υδροφορέα και της πηγής θερμότητας πρέπει να υπάρχουν θερμοπερατά στρώματα ή ρήγματα, που διευκολύνουν την κυκλοφορία ρευστών.
- Ύπαρξη πρακτικά αδιαπέραστου (θερμικά και υδραυλικά) στρώματος πάνω από τον υδροφορέα για την προστασία του θερμικού περιεχομένου του.

Με λίγα λόγια πρέπει να υπάρχει προσιτός και οικονομικά εκμεταλλεύσιμος διαπερατός σχηματισμός πετρωμάτων, ο οποίος ονομάζεται γεωθερμικός ταμιευτήρας όπου και συγκεντρώνονται –ρευστά υψηλής θερμοκρασίας. Μέρος της περικλειόμενης θερμικής ενέργειας, αντλείται μέσω του αντλούμενου (ή αναβλύζοντος) από ειδικές γεωτρήσεις θερμικού ρευστού. Το ρευστό αυτό μπορεί να είναι ζεστό νερό χαμηλής, μέσης ή υψηλής ενθαλπίας.

Κατηγορία πεδίου	Θερμοκρασία ρευστού	Χρήσεις
Χαμηλής ενθαλπίας	25° C-100° C	Θερμό νερό οικιακής χρήσης
Μέσης ενθαλπίας	100° C-150° C	Ηλεκτροπαραγωγή με πτητικό ρευστό κλπ
Υψηλής ενθαλπίας	>150° C	Ηλεκτροπαραγωγή Απλή εκτόνωση ρευστού Διπλή -//-

Πίνακας 2.4

2.4.1 Πεδία Χαμηλής Ενθαλπίας

Στα πεδία χαμηλής ενθαλπίας η θερμοκρασία των ρευστών κυμαίνεται μεταξύ 25° C-100° C. Η χρήση του γήινου θερμού νερού για διάφορους σκοπούς είναι γνωστή πολλά χρόνια σε διάφορες χώρες, η εντατική πλέον και ορθολογική ανάπτυξη των πρακτικών εφαρμογών της γεωθερμικής ενέργειας, άρχισε ουσιαστικά από το 1973 , δηλαδή μετά την ενεργειακή κρίση του πετρελαίου.

Οι προοπτικές για περαιτέρω ανάπτυξη κατά τον πλέον βέλτιστο τρόπο, εμφανίζονται συνεχώς πιο θετικές σε διεθνές επίπεδο. Συστηματική προσπάθεια για την καταγραφή και εκτίμηση της ανάπτυξης των γεωθερμικών εφαρμογών χαμηλής ενθαλπίας έγινε από το GeothermalResourcesCouncil. Σύμφωνα με στοιχεία, στα τέλη του 1984 η παγκόσμια εγκατεστημένη θερμική ισχύς απογεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας ανερχόταν στα 7.072 GW με εξοικονόμηση ισοδύναμης ποσότητας πετρελαίου.

2.4.2 Πεδία Μέσης Και Υψηλής Ενθαλπίας

Πεδία Μέσης Ενθαλπίας

Στα πεδία μέσης ενθαλπίας η θερμοκρασία των ρευστών κυμαίνεται μεταξύ 100° C-150° C. Τέτοια ρευστά χρησιμοποιούνται κυρίως για ηλεκτροπαραγωγή, για θερμάνσεις με ειδικές ανάγκες σε θερμικά φορτία ή ακόμη και για τους δυο σκοπούς σε μια προχωρημένη αξιοποίηση.

Το γεωθερμικό ρευστό το οποίο χρησιμοποιείται, μπορεί να είναι τελείως επιφανειακό, δηλαδή από θερμές πηγές, ή συνθηθέστερα νερό που αντλείται από κατάλληλες γεωτρήσεις βάθους 200m – 1800 m(ΗΠΑ). Η άντλησή του γίνεται με ειδικές αντλίες, τοποθετημένες σε κάποιο βάθος μέσα στην γεώτρηση για εξασφάλιση της απαιτούμενης ροής και κάτω από τις επιθυμητές βέλτιστες θερμοδυναμικές συνθήκες του συστήματος εκμετάλλευσης του.

Η ενέργεια του γεωθερμικού ρευστού αποδίδεται μέσω εναλλάκτη σε οργανικό ρευστό, το οποίο σε κλειστό κύκλωμα ακολουθεί τον θερμοδυναμικό κύκλο **Rankine**, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Η εφαρμοζόμενη τεχνολογία είναι αξιόπιστη και δοκιμασμένη για μονάδες από 1-20 MW με μοναδική εξαίρεση την μονάδα 47 MW στο γεωθερμικό πεδίο της Καλιφόρνιας. Υπάρχουν σήμερα σε λειτουργία πάνω 80 τέτοιοι σταθμοί, δηλαδή με μονάδες οργανικού κύκλου **Rankine** που αντιπροσωπεύουν συνολικά εγκατεστημένη ισχύ 260 MW περίπου. Οι 60 από τους σταθμούς αυτούς βρίσκονται εγκατεστημένοι στις ΗΠΑ όπου οι εκτιμήσεις για ηλεκτροπαραγωγή από εκμετάλλευση γεωθερμικών ρευστών μέσης ενθαλπίας αναφέρουν μερικές χιλιάδες MW.

Μονάδες συνήθως της τάξεως των 1-3 MW μεταφέρονται έτοιμες από το εργοστάσιο και τοποθετούνται πολύ εύκολα η μία δίπλα από την άλλη στις γεωτρήσεις. Έχουν μικρό κόστος λειτουργίας και δεν παρουσιάζουν λειτουργικά ή περιβαλλοντικά προβλήματα, αναμένεται δε να έχουν ευρεία διάθεση στα προσεχή χρόνια, αφού τα γεωθερμικά πεδία με υψηλές θερμοκρασίες ρευστού σπανίζουν.

Πεδία Υψηλής Ενθαλπίας

Στα πεδία υψηλής ενθαλπίας η θερμοκρασία παραγόμενου ρευστού ξεπερνά τους 150° C. Τα ρευστά αυτά στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελούνται από μίγμα υγρού ατμού και θερμού νερού.

Είναι πλέον η δυναμική έκφραση της γεωθερμικής ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εφόσον θεωρείται η καλύτερη λύση για την αξιοποίηση γεωθερμικών πηγών υψηλής ενθαλπίας. Το γεωθερμικό ρευστό μπορεί να είναι ξηρός ατμός ή μίγμα ατμού και νερού με μικρή ή μεγάλη περιεκτικότητα αλάτων. Ο παραγόμενος ατμός από τις γεωτρήσεις, ξηρός ατμός, αποδίδει μέσω στροβίλου το ενεργειακό του περιεχόμενο, που με την βοήθεια γεννήτριας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύ.

Η αρχική εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού υψηλής ενθαλπίας εντοπίζεται στην απευθείας χρήση του ξηρού ατμού για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη μονάδα λειτούργησε στο **Larderello** το 1913 με 250 KW. Σήμερα η κατεξοχήν ενδιαφέρουσα και πλέον διαδεδομένη μορφή εκμετάλλευσης της γεωθερμίας είναι η ηλεκτρική παραγωγή και η καθετοποίηση της εκμετάλλευσης της περιεχόμενης θερμότητας από πεδία υψηλής ενθαλπίας με γεωθερμικά ρευστά σε υγρή μορφή.

Με τον τρόπο αυτό η αξιοποίηση έχει επεκταθεί και σε πεδία τα οποία παράγουν θερμό νερό, ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ξεπέρασε τα 6000 MW. Στην περίπτωση αυτή ανήκουν και τα γεωθερμικά πεδία της Μήλου και της Νισύρου.

Οι γεωθερμικές πηγές υψηλής ενθαλπίας ανήκουν στις καθαρές ενεργειακές πηγές, και αυτό διότι η αξιοποίησή τους δημιουργεί λιγότερα περιβαλλοντικά προβλήματα από όσα προκαλούν οι συμβατικές ενεργειακές πηγές όπως είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο, πυρηνική ενέργεια κ.λπ., ενώ τα προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν, μπορούν να αντιμετωπισθούν με ικανοποιητικό και αξιόπιστο τρόπο.

Η επίδραση στην χρήση γης και στο τοπίο εξαρτάται από την έκταση του γεωθερμικού πεδίου όπου είναι διεσπαρμένες γεωτρήσεις, σωληνώσεις και παραγωγικές μονάδες. Επειδή οι εγκαταστάσεις αυτές καταλαμβάνουν μικρό μέρος της συνολικής επιφάνειας, δεν εμποδίζουν άλλες χρήσεις της γης, με χαρακτηριστικό παράδειγμα να αποτελεί η πρώτη μονάδα που λειτούργησε στο **Larderello**, όπου η πολύχρονη αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας συμβαδίζει με την γεωργική ανάπτυξη, μ'αποτέλεσμα οι δυσάρεστες επιπτώσεις στην χρήση γης και στο τοπίο δεν είναι τόσο σοβαρές.

Ένας κίνδυνος που συνδέεται με την εκμετάλλευση πεδίων στα οποία κυριαρχεί η υγρή φάση, είναι οι εδαφικές καθιζήσεις. Αντιμετωπίζονται όμως με επαναφορά μέρους του γεωθερμικού νερού του υδροφορέα μετά την χρήση ώστε να διατηρείται η πτώση στάθμης του πιεζομετρικού φορτίου σε ανεκτά επίπεδα. Ο κίνδυνος αυτός δεν υφίσταται σε όσα πεδία κυριαρχεί η αέρια φάση. Στα πεδία αυτά η ευστάθεια των πετρωμάτων δεν εξαρτάται από την πίεση του ατμού που είναι εξαρχής πολύ μικρότερη από την υδροστατική αλλά ομοιόμορφα καταναμημένη.

Η παραγωγή του γεωθερμικού ρευστού είναι παρόμοια με την παραγωγή πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Βασικό παραγωγικό σύστημα είναι μια γεώτρηση που φτάνει μέχρι τον γεωθερμικό φορέα και αποτελεί έναν σταθερό αγωγό για την διακίνηση του γεωθερμικού ρευστού μέχρι τον τόπο χρησιμοποίησής του.

Η αξιοποίηση κάθε γεωθερμικού πεδίου προϋποθέτει κατάλληλο σχεδιασμό ώστε η απόδοσή του να είναι ικανοποιητική. Αρχικά ελέγχεται η δυναμικότητα του πεδίου με εφαρμογή ερευνητικών γεωτρήσεων στις κατάλληλες θέσεις. Έχοντας γνώμονα αυτό το στοιχείο, καθορίζεται η μέγιστη ισχύς των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τις οποίες μπορεί να τροφοδοτήσει το πεδίο. Οι μονάδες αυτές κατασκευάζονται πάντα στην περιοχή του γεωθερμικού πεδίου γιατί οι θερμικές απώλειες κατά την μεταφορά του ρευστού είναι μεγάλες.

Ιδιαίτερη σημασία έχει ο υπολογισμός του αριθμού και της διάταξης των γεωτρήσεων, οι οποίες απαιτούνται για την τροφοδοσία των μονάδων παραγωγής. Επιδιώκεται ο περιορισμός της αλληλεπίδρασης μεταξύ των γεωτρήσεων. Προβλέπεται χώρος για την κατασκευή νέων γεωτρήσεων καθώς η παροχή τους μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Η επέκταση του χώρου αυτού είναι συνάρτηση και του προβλεπόμενου οικονομοτεχνικού χρόνου ζωής των μονάδων παραγωγής ενέργειας.

2.5 Η Κατάσταση Στην Ελλάδα

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει τα τελευταία τριάντα χρόνια για τον εντοπισμό και τον χαρακτηρισμό των γεωθερμικών πεδίων, η Ελλάδα αποδεικνύεται ιδιαίτερα ευνοημένη. Ο ελλαδικός χώρος χάρη στις κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών που υπάρχουν, δηλαδή υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας, σε οικονομικά βάθη 100-150 μέτρων. Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμειυτηρίων είναι σχετικά πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση.

Η Ελλάδα ανήκει στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην οποία υπάρχουν γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας τα οποία αξιοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Υπάρχουν ωστόσο ταμειυτήρες των οποίων οι θερμοκρασίες ξεπερνούν τους 100 βαθμούς Κελσίου και θεωρούνται μέσης ενθαλπίας. Δυστυχώς συγκρίνοντας με την χρήση άλλων εναλλακτικών πηγών ενέργειας ή με την ανάπτυξη γεωθερμίας σε άλλες χώρες, τόσο η αξιοποίηση όσο και η ανάπτυξη της γεωθερμίας δεν θεωρούνται ικανοποιητικές παρά τον αξιόλογο γεωθερμικό πλούτο που διατίθεται στην χώρα μας



Εικόνα 2.5.1: χάρτης της Ελλάδας και γεωθερμικά πεδία

Μέχρι το 1980 οι έρευνες στον ελλαδικό χώρο περιορίζονταν στον εντοπισμό γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το γεωθερμικό δυναμικό υψηλής ενθαλπίας εντοπίστηκε κυρίως κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του νοτίου Αιγαίου, με σπουδαιότερα γεωθερμικά πεδία να αποτελούν το πεδίο της Μήλου και της Νισύρου.

Από γεωτρήσεις έρευνας και παραγωγής έχει διαπιστωθεί ότι το πιθανό δυναμικό υπολογίζεται να είναι της τάξης των 200 και 50 Mwe. Στην Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325 βαθμών Κελσίου σε βάθος 1000 μέτρων και στην Νίσυρο 250 βαθμών Κελσίου σε βάθος 1500 μέτρων.

Πιθανά πεδία υψηλής ενθαλπίας βρίσκονται στα νησιά Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως και Λέσβος. Οι πιθανότητες είναι πολύ μεγάλες στα δύο πρώτα νησιά ενώ μειώνονται στα υπόλοιπα, για τα οποία αλλού υπάρχουν εντελώς ελλιπή στοιχεία (Κως) και αλλού πολλά αλλά με μικρές πιθανότητες με χαρακτηριστικό παράδειγμα την Λέσβο.

Στα νησιά Κίμωλος, Πολύαιγος, οι γεωθερμικές έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι συνθήκες σε αυτά είναι εντελώς παρόμοιες με αυτά της Μήλου, δηλαδή πρόκειται για πολύ πιθανά πεδία υψηλής ενθαλπίας.

Η αυξημένη ροή θερμότητας, λόγω της έντονης τεκτονικής & μαγματικής δραστηριότητας δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες σε διάφορες περιοχές της χώρας, με μέγιστες τιμές γεωθερμικής βαθμίδας που πολλές φορές ξεπερνούν τους 100 βαθμούς Κελσίου/χιλιόμετρο.

Σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, η ενέργεια της γης θερμαίνει υπόγειους ταμιευτήρες ρευστών σε αυξημένες θερμοκρασίες. Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στην νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα ενώ συγχρόνως εντοπίζονται και σε αγροτικές περιοχές. Το πιθανό γεωθερμικό των πεδίων χαμηλής ενθαλπίας ανέρχεται περίπου στα 700 MW και το βεβαιωμένο περίπου στα 300 MW.

Η συμβολή των γεωθερμικών πεδίων στο ενεργειακό ισοζύγιο καθίσταται σημαντική διότι αποτελούν ανανεώσιμο ενεργειακό πόρο φιλικό προς το περιβάλλον και παρουσιάζουν σημαντικό οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον

Στον πίνακα δίνονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας και οι περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος αντίστοιχα

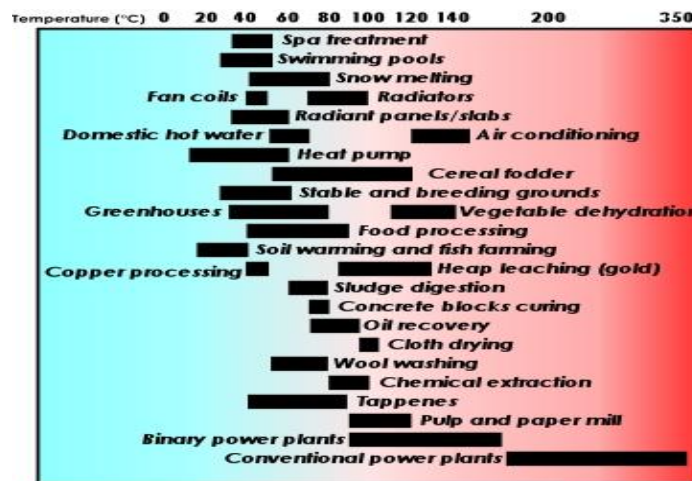
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)	ΘΕΡΜ/ΣΙ Α (°C)	ΒΕΒΑΙΩΜ ΕΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚ Ο (m ³ /h)	ΠΙΘΑΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚ Ο (m ³ /h)
Ν.Κεσσάνη Ξάνθης	15	45-80	250-350	1000
Ν.Εράσμειο Μάγγανα Ξάνθης	15	56-65	400	1000
Χρυσούπολη /Ερατεινό Καβάλας	40	70-90	-	2000
Σιδηρόκαστρο Σερρών	10	35-67	-	1000
Ηράκλεια Σερρών	25	40-62	200	500
Νιγρίτα Σερρών	16	40-60	400	1000
Λαγκαδάς Θεσ/κης	6	33-40	300	1000
Νυμφόπετρα Θεσ/κης	2	39-45	200	500
Ν.Απολλωνία Θεσ/κης	2	34-51	400	600
Ελαιοχώρια Χαλ/κης	30	33-42	1000	2000
Στύψη/Καλλονή Λέσβου	10	42-67	30	2000
Πολύχνιτος Λέσβου	10	67-92	400	1000
Άργεννος Λέσβου	-	86	800	1500
Σουσάκι Κορινθίας	8	50-80	450	1000
Μήλος	50	30-80	200	1000
Νίσυρος	-	25-95	100	500
Σαντορίνη	10	25-70	-	500

Κεφάλαιο 3^ο

Γεωθερμικές Εφαρμογές

3.1 Γεωθερμικοί Πόροι Και Εκμετάλλευση

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η πιο σημαντική μορφή αξιοποίησης των γεωθερμικών πόρων υψηλής θερμοκρασίας (>150°C). Οι μέσης και χαμηλής θερμοκρασίας πόροι (<150°C) είναι κατάλληλοι για πολλούς και διαφορετικούς τύπους εφαρμογών. Το κλασικό διάγραμμα του Lindal (Lindal, 1973) (Εικόνα 3.1), το οποίο δείχνει τις πιθανές χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία τους, ισχύει ακόμη μέχρι σήμερα. Στο διάγραμμα όμως αυτό θα πρέπει να προστεθεί η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις δυαδικού κύκλου (binary cycle) από ρευστά που έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη από 85°C. Πρέπει επίσης να σημειωθεί, ότι το κατώτατο όριο των 20°C μπορεί να ξεπεραστεί, αλλά μόνο υπό ορισμένες συνθήκες και κυρίως με τη χρήση των αντλιών θερμότητας. Το διάγραμμα του Lindal δίνει έμφαση σε δύο σημαντικές παραμέτρους που αφορούν στην αξιοποίηση των γεωθερμικών πόρων (Gudmundsson, 1988): (α) με διαδοχικές και συνδυασμένες εφαρμογές μπορούν να αυξηθούν οι πιθανότητες επιτυχούς έκβασης και η αποτελεσματικότητα των γεωθερμικών προγραμμάτων και (β) η θερμοκρασία των ρευστών μπορεί να περιορίσει τις πιθανές χρήσεις. Παρόλα αυτά, το πεδίο εφαρμογών μπορεί να διευρυνθεί εάν ο σχεδιασμός ενός προγράμματος είναι τέτοιος ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται κατά περίπτωση.



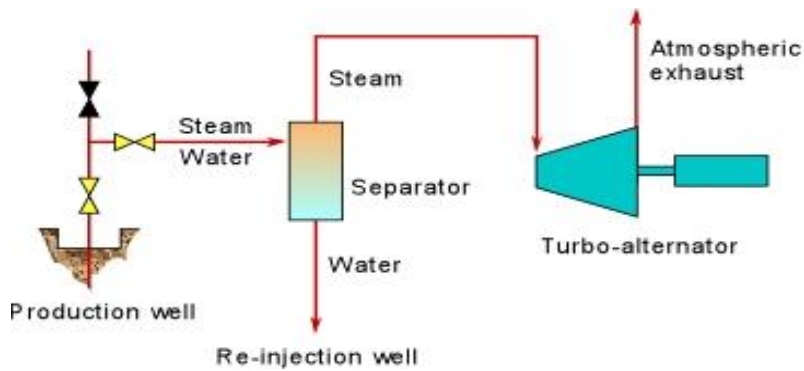
Εικόνα 3.1 Το διάγραμμα του lindal

3.1.1 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Από μικρά σχετικά βάθη (1-3 km) η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με 3 τρόπους : **(α)** Απευθείας χρήση ατμοποιημένου ρευστού (κύκλος απευθείας χρήσης ατμού) –Κύκλος εκτόνωσης διαφασικού ρευστού(γεωθερμικά ρευστά υψηλής ενθαλπίας)**(β)** Μέσω δυαδικού κύκλου[Rankine (= OrganicRankineCycle) ήKalina]με ρευστό χαμηλού σημείου ζέσης, για γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας85-175°C**(γ)** Θερμά Ξηρά Πετρώματα(Hot Dry Rocks) σε συνδυασμό με O.R.C. ή Kalina.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικά ρευστά λαμβάνει χώρα σε μονάδες που λειτουργούν είτε με συμβατικούς ατμοστρόβιλους ή με δυαδικό κύκλο, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού πόρου. Οι συμβατικοί ατμοστρόβιλοι απαιτούν ρευστά που έχουν θερμοκρασίες τουλάχιστον 150°C. Η μονάδα μπορεί να λειτουργεί με συμπυκνωτές, όπου η πίεση διατηρείται συνεχώς σε χαμηλά επίπεδα (condensing type) ή χωρίς (back pressure type), οπότε γίνεται διάθεση του ατμού στην ατμόσφαιρα. Ο τύπος με ατμοστρόβιλους ατμοσφαιρικής εκτόνωσης είναι απλούστερος και φθηνότερος. Ο ατμός που έρχεται, είτε απευθείας από γεωτρήσεις που παράγουν ξηρό ατμό, είτε από γεωτρήσεις με υγρό ατμό αφού γίνει ο διαχωρισμός του νερού, περνά από τον ατμοστρόβιλο και στη συνέχεια απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα (Εικόνα 3.1.1).

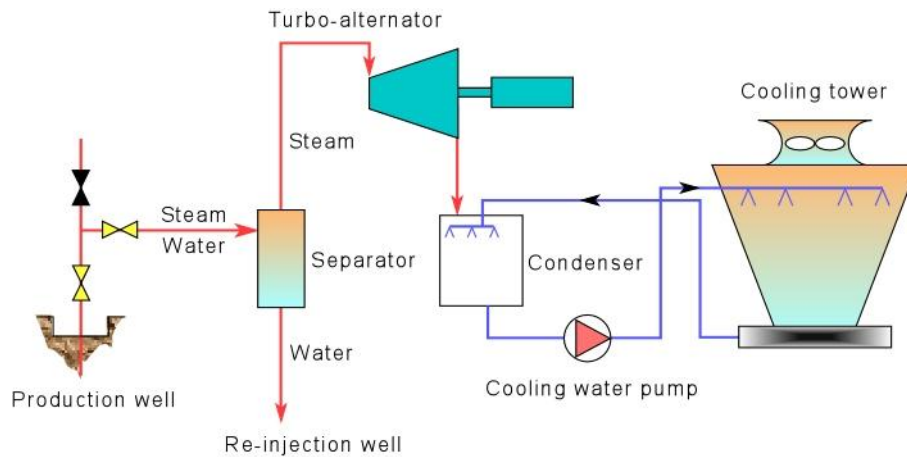
Σε μια τέτοια μονάδα, η κατανάλωση ατμού (με ίδια πίεση εισόδου) ανά παραγόμενη κιλοβατώρα είναι περίπου διπλάσια από αυτήν σε μια μονάδα με συμπυκνωτές. Όμως, οι ατμοστρόβιλοι ατμοσφαιρικής εκτόνωσης είναι εξαιρετικά χρήσιμοι σε πιλοτικές ή εφεδρικές μονάδες, σε περιπτώσεις μικρών παροχών από μεμονωμένες γεωτρήσεις, καθώς και στην παραγωγή ηλεκτρισμού στη φάση των δοκιμών παραγωγής των γεωτρήσεων κατά την ανάπτυξη του πεδίου. Χρησιμοποιούνται επίσης στις περιπτώσεις όπου ο ατμός περιέχει μεγάλες ποσότητες μη συμπυκνώσιμων αερίων (>12% κατά βάρος). Οι μονάδες διάθεσης του ατμού στην ατμόσφαιρα κατασκευάζονται και εγκαθίστανται πολύ γρήγορα και μπορούν να τεθούν σε λειτουργία μέσα σε περίπου 13-14 μήνες από την ημερομηνία παραγγελίας τους. Τέτοιου είδους μονάδες είναι συνήθως διαθέσιμες σε μικρά μεγέθη (2,5-5 Mwe).



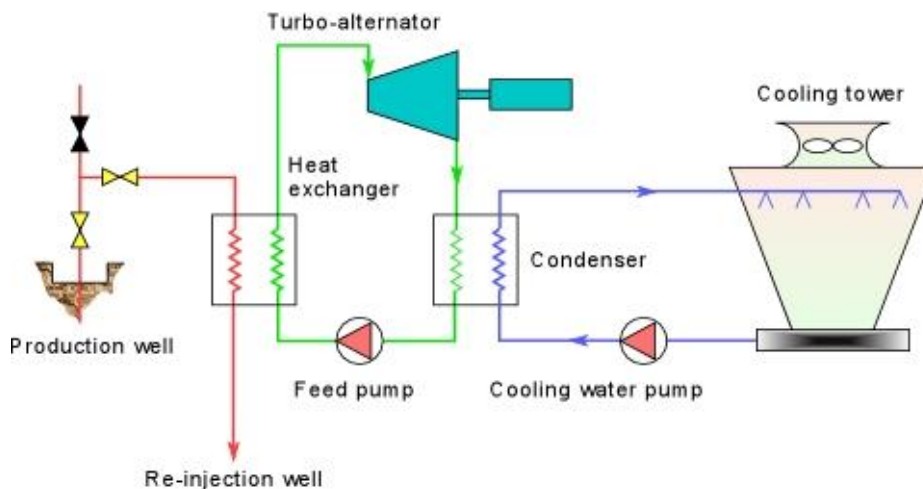
Εικόνα 3.1.1 Σκαρίφημα γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με διάθεση του ατμού απευθείας στην ατμόσφαιρα. Η ροή του γεωθερμικού ρευστού σημειώνεται με κόκκινο χρώμα.

Οι μονάδες με συμπυκνωτές, εξαιτίας του ότι συνοδεύονται από περισσότερο βοηθητικό εξοπλισμό, είναι πιο περίπλοκες στο σχεδιασμό τους από τις προηγούμενες, και αυτές που είναι μεγαλύτερης ισχύος χρειάζονται διπλάσιο χρόνο κατασκευής και εγκατάστασης. Όμως, η κατανάλωση ατμού είναι περίπου μισή σε σχέση με την περίπτωση των αμοστροβίλων ατμοσφαιρικής εκτόνωσης. Οι πιο συνηθισμένες εγκαταστάσεις με συμπυκνωτές έχουν ισχύ 55-60 MWe, όμως πρόσφατα κατασκευάστηκαν και έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται μονάδες με ισχύ 110 MWe (Σχήμα 3.1.2).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ρευστά χαμηλής-μέσης θερμοκρασίας και από το υψηλής θερμοκρασίας νερό που εξέρχεται από τους διαχωριστές στα γεωθερμικά πεδία υγρής φάσης, σημειώνει αξιόλογη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, κυρίως εξαιτίας της προόδου που επιτεύχθηκε στην τεχνολογία των δυαδικών ρευστών. Σε τέτοιου τύπου εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται ένα δευτερεύον –συνήθως οργανικό-ρευστό (ισοπεντάνιο), το οποίο έχει χαμηλό σημείο ζέσεως και υψηλή τάση ατμών σε χαμηλές θερμοκρασίες, αν συγκριθεί με τον υδάτινο ατμό. Το δευτερεύον ρευστό χρησιμοποιείται μέσα σε ένα συμβατικό οργανικό κύκλο Rankine (OCR) ως εξής: το γεωθερμικό ρευστό προσφέρει θερμότητα στο δευτερεύον υγρό μέσω εναλλακτών θερμότητας, οπότε το τελευταίο εξατμίζεται. Ο ατμός που παράγεται κινεί έναν κανονικό στρόβιλο αξονικής ροής, στη συνέχεια ψύχεται και συμπυκνώνεται, οπότε ο κύκλος αρχίζει ξανά (Εικόνα 3.1.3).



ΕΙΚΟΝΑ 3.1.2 Σκαρίφημα μιας γεωθερμικής μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας με συμπυκνωτές. Η ροή των ρευστών υψηλής θερμοκρασίας σημειώνεται με κόκκινο χρώμα, ενώ του νερού ψύξης με μπλε.



Εικόνα 3.1.3 Σκαρίφημα μιας γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με δυαδικό κύκλο. Το γεωθερμικό ρευστό σημειώνεται με το κόκκινο χρώμα, το δευτερεύον ρευστό με πράσινο και το νερό ψύξης με μπλε.

Εάν γίνει σωστή επιλογή του δευτερεύοντος ρευστού, τα δυαδικά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να αξιοποιούν γεωθερμικά ρευστά με θερμοκρασία που κυμαίνεται μεταξύ 85-170°C. Το ανώτερο όριο εξαρτάται από τη θερμική σταθερότητα του οργανικού ρευστού και το κατώτατο όριο από οικονομοτεχνικούς παράγοντες: κάτω από αυτή

τη θερμοκρασία, εξαιτίας του μεγέθους και της ικανότητας των απαιτούμενων εναλλακτών, το όλο πρόγραμμα ίσως κατέληγε ασύμφορο από οικονομική άποψη. Εκτός από τις περιπτώσεις χαμηλής-μέσης ενθαλπίας, τα δυαδικά συστήματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εκεί όπου η εφαρμογή του κύκλου εκτόνωσης των ρευστών (flashing) θα πρέπει να αποφεύγεται (π.χ. για την αποφυγή απόφραξης των γεωτρήσεων). Στην περίπτωση αυτή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υποβρύχιες αντλίες, ώστε να ρευστά να παραμένουν υπό σταθερή πίεση και σε υγρή φάση, ενώ η ενέργεια μπορεί να λαμβάνεται από το ρευστό κυκλοφορίας με τη βοήθεια του δυαδικού συστήματος.

Τα δυαδικά συστήματα κατασκευάζονται συνήθως σε μικρές αρθρωτές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, των οποίων η ισχύς ποικίλλει από μερικές εκατοντάδες KWe έως λίγα MWe. Τέτοια συστήματα εντούτοις έχουν τη δυνατότητα να κατασκευάζονται σε συστοιχία ώστε τελικά να δημιουργούνται μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνολικής ισχύος κάποιων δεκάδων MWe. Το κόστος τους εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, ιδιαίτερα όμως από τη θερμοκρασία των παραγόμενων ρευστών, η οποία επηρεάζει το μέγεθος των στροβίλων, των εναλλακτών και του συστήματος ψύξης. Το συνολικό μέγεθος των εγκαταστάσεων δεν επηρεάζει κατά πολύ το ειδικό κόστος, καθώς μια σειρά αρθρωτών μονάδων συνδέονται μεταξύ τους, για να επιτευχθεί τελικά μεγαλύτερη συνολική ισχύς.

Η τεχνολογία των δυαδικών συστημάτων είναι ένα οικονομικά συμφέρον και αξιόπιστο μέσο για τη μετατροπή σε ηλεκτρική της ενέργειας των ρευστών ενός γεωθερμικού συστήματος υγρής φάσης με θερμοκρασία μικρότερη από 170°C.

Ένας νέος τύπος δυαδικών συστημάτων, ο επονομαζόμενος κύκλος Kalina που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1990, χρησιμοποιεί ως δευτερεύον ρευστό εργασίας ένα μίγμα νερού-αμμωνίας. Το ρευστό αυτό εκτονώνεται σε υπέρθερμες συνθήκες όταν διέρχεται από το στρόβιλο υψηλής πίεσης και στη συνέχεια επαναθερμαίνεται πριν εισέλθει στο στρόβιλο χαμηλής πίεσης. Μετά τη δεύτερη εκτόνωση, οι κορεσμένοι ατμοί μεταφέρονται σε ένα θερμαντήρα και ακολούθως συμπυκνώνονται σε έναν υδρόψυκτο συμπυκνωτή. Ο κύκλος Kalina είναι πιο αποτελεσματικός από τα υπάρχοντα OCR δυαδικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι πολύ πιο περίπλοκος.

Μικρές «κινητές», συμβατικές ή όχι, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσαν όχι μόνο να συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου μερικής αποτυχίας των νέων γεωτρήσεων, αλλά κυρίως να βοηθήσουν στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών απομονωμένων περιοχών.

Το βιοτικό επίπεδο απομονωμένων κοινοτήτων θα μπορούσε να βελτιωθεί σημαντικά εάν υπήρχε η δυνατότητα να βασιστούν σε τοπικούς ενεργειακούς πόρους. Η ηλεκτρική ενέργεια θα διευκόλυνε πολλές, φαινομενικά απλοϊκές, αλλά, εξαιρετικά σημαντικές εργασίες, όπως η άντληση νερού για άρδευση και η ψύξη φρούτων και λαχανικών για συντήρηση σε μεγάλο χρονικό διάστημα.

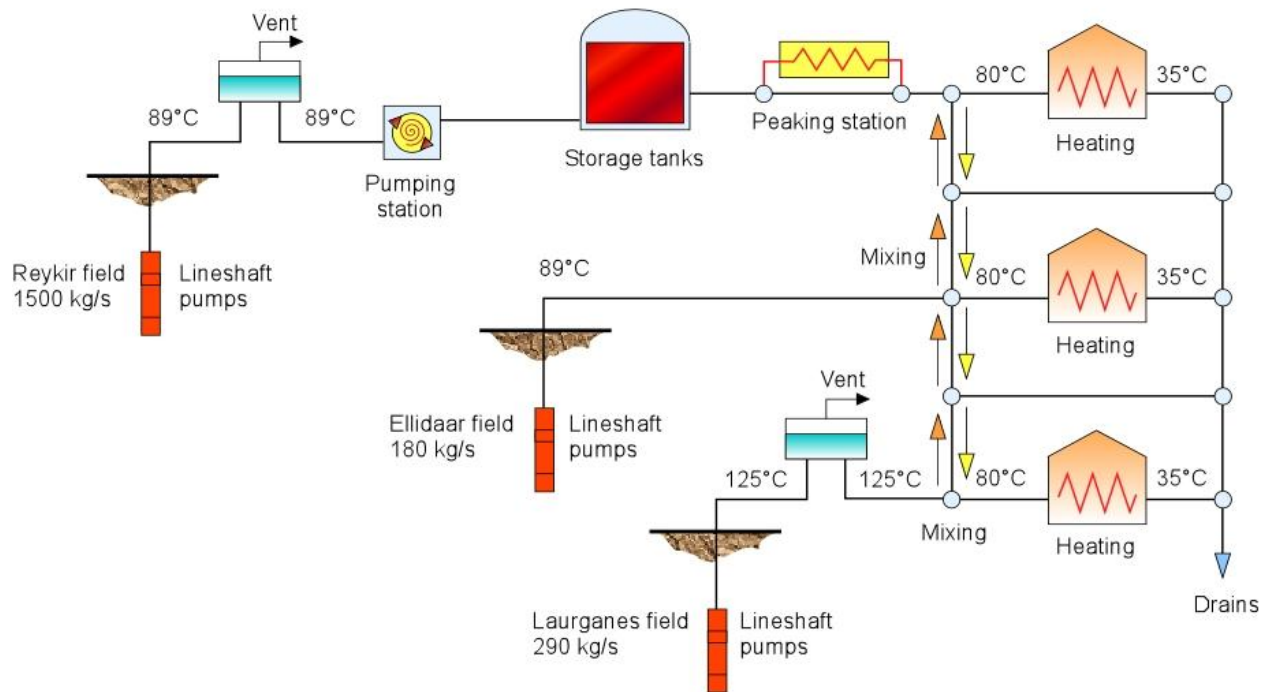
Η διευκόλυνση που παρέχουν οι «κινητές» μονάδες γίνεται περισσότερο εμφανής στις περιοχές που δεν έχουν άμεση πρόσβαση σε συμβατικά καύσιμα, και στις κοινότητες για τις οποίες το κόστος σύνδεσής τους με το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο είναι εξαιρετικά υψηλό, έστω και αν υπάρχουν γραμμές υψηλής τάσης σε κοντινές αποστάσεις. Τα έξοδα που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση αυτών των μικρών κοινοτήτων είναι απαγορευτικά, καθώς οι μετασηματιστές που χρειάζεται να εγκατασταθούν και να συνδεθούν με δίκτυα υψηλής τάσης κοστίζουν περισσότερο από 675.000 δολάρια ΗΠΑ ο καθένας, ενώ η πιο απλή μορφή τοπικής διανομής ηλεκτρισμού στα 11 kV, με τη χρήση ξύλινων στύλων, κοστίζει το λιγότερο 20.000 δολ.ΗΠΑ/χλμ. (τιμή δολαρίου 1994). Για σύγκριση, το κόστος κεφαλαίου (δολ.ΗΠΑ 1998) ενός δυαδικού συστήματος είναι της τάξης των 1500-2500 δολ.ΗΠΑ/εγκατεστημένο kWe, μη συμπεριλαμβανομένων των γεωτρητικών δαπανών. Οι απαιτήσεις για ηλεκτρική ισχύ ανά άτομο στις περιοχές εκτός δικτύου θα κυμαίνεται μεταξύ 0,2 kWe στις λιγότερο ανεπτυγμένες και 1,0 kWe ή περισσότερο στις ανεπτυγμένες περιοχές. Μία μονάδα ισχύος 100kWe θα μπορούσε να εξυπηρετήσει 100-500 άτομα, ενώ αντίστοιχα μια μονάδα 1 MWe 1000-5000 άτομα (Entingh et al., 1994).

3.1.2 Θερμικές Εφαρμογές

Οι άμεσες χρήσεις της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών για θέρμανση είναι οι παλαιότερες, οι πιο πολύπλευρες και οι πλέον συνηθισμένες μορφές αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας (Πίνακας 2). Η λουτροθεραπεία, η θέρμανση χώρων και η τηλεθέρμανση, οι αγροτικές εφαρμογές, οι υδατοκαλλιέργειες και κάποιες βιομηχανικές χρήσεις είναι οι πιο γνωστές μορφές χρήσεις, όμως οι αντλίες θερμότητας αποτελούν την πιο διαδεδομένη μορφή αξιοποίησης (12,5 % της συνολικής χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας κατά το έτος 2000). Υπάρχουν φυσικά και κάποιοι άλλοι μικρότερης κλίμακας τρόποι εκμετάλλευσης της γεωθερμίας, οι οποίοι όμως δεν είναι τόσο συνηθισμένοι.

Η *θέρμανση χώρων* και η *τηλεθέρμανση* (space and district heating) παρουσίασαν μεγάλη ανάπτυξη στην Ισλανδία, όπου η συνολική ισχύς του γεωθερμικού συστήματος τηλεθέρμανσης ανέρχονταν στα τέλη του 1999 σε περίπου 1200 MWt (Εικόνα 3.2.1). Αποτελούν επίσης

ιδιαίτερα διαδεδομένες εφαρμογές και στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, καθώς και τις Η.Π.Α., Κίνα, Ιαπωνία, Γαλλία, κλπ.



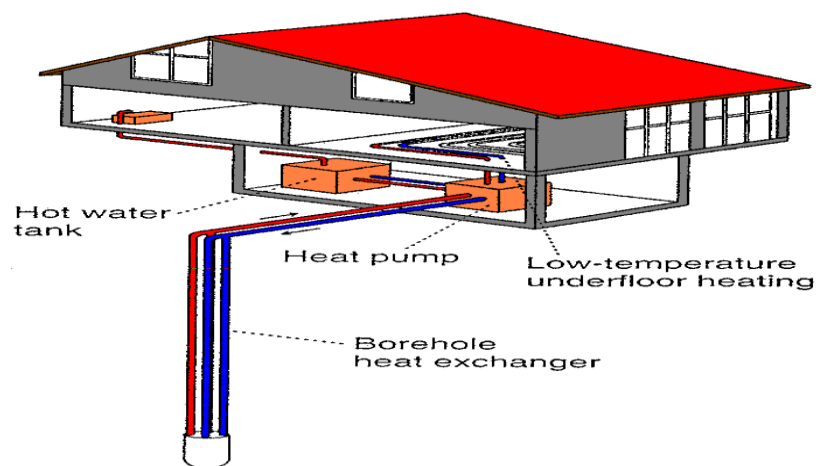
Εικόνα 3.2.1 Απλοποιημένο διάγραμμα ροής του συστήματος τηλεθέρμανσης του Reykjavik (Από Gudmundsson, 1988)

Τα γεωθερμικά συστήματα τηλεθέρμανσης είναι έντασης κεφαλαίου, δηλαδή απαιτούν μεγάλα αρχικά κεφάλαια. Το κύριο κόστος αφορά την αρχική επένδυση για την κατασκευή των γεωτρήσεων παραγωγής και επανεισαγωγής, την αγορά των συστημάτων άντλησης και μεταφοράς των ρευστών, την κατασκευή των δικτύων και των σωληνώσεων, την προμήθεια του εξοπλισμού ελέγχου και παρακολούθησης των εγκαταστάσεων, την κατασκευή των σταθμών διανομής και των δεξαμενών αποθήκευσης. Παρόλα αυτά, τα λειτουργικά έξοδα, τα οποία αφορούν στην ενέργεια που καταναλώνεται για την άντληση των ρευστών, τη συντήρηση του συστήματος και τη διαχείριση της εγκατάστασης, είναι σημαντικά μικρότερα σε σύγκριση με αυτά μιας συμβατικής μονάδας. Ένας κρίσιμος παράγοντας για τον υπολογισμό του αρχικού κόστους του συστήματος είναι η πυκνότητα του θερμικού φορτίου ή, αλλιώς, οι απαιτήσεις σε θέρμανση δια την επιφάνεια που καλύπτει η περιοχή που πρόκειται να θερμανθεί. Η υψηλή θερμική πυκνότητα καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα-σκοπιμότητα του έργου τηλεθέρμανσης, αφού το δίκτυο διανομής απορροφά μεγάλα κεφάλαια. Κάποια οικονομικά οφέλη θα μπορούσαν να προκύψουν από το συνδυασμό θέρμανσης και ψύξης σε περιοχές όπου

οι κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν τέτοιες εφαρμογές. Ο συντελεστής φορτίου σε ένα τέτοιο σύστημα ψύξης-θέρμανσης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από αυτόν που αντιστοιχεί μόνο στη θέρμανση, και η τιμή της ενεργειακής μονάδας πρέπει να είναι κατά συνέπεια χαμηλότερη (Gudmundsson, 1988).

Η ψύξη χώρων αποτελεί μια αρκετά εφικτή και βιώσιμη επιλογή, στην περίπτωση όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανές απορρόφησης, οι οποίες βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο και η τεχνολογία τους είναι ευρέως γνωστή. Ο κύκλος της απορρόφησης είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιεί ως πηγή ενέργειας τη θερμότητα έναντι του ηλεκτρισμού. Η ψύξη επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο υγρών: ενός ψυκτικού, το οποίο κυκλοφορεί, εξατμίζεται και συμπυκνώνεται, και ενός δευτερεύοντος ρευστού ή απορροφητικού (absorbent). Για εφαρμογές πάνω από 0°C, ο κύκλος χρησιμοποιεί βρωμίδιο του λιθίου ως απορροφητικό και νερό ως ψυκτικό υγρό. Για εφαρμογές κάτω από τους 0°C χρησιμοποιείται ο κύκλος αμμωνίας/νερού, με την αμμωνία στο ρόλο του ψυκτικού και του νερού στο ρόλο του απορροφητικού μέσου. Τα γεωθερμικά ρευστά παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια για την κίνηση αυτών των μηχανών, όμως η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες των 105°C.

Ο γεωθερμικός κλιματισμός (θέρμανση και ψύξη) χώρων άρχισε να αναπτύσσεται σημαντικά από τη δεκαετία του 1980, ακολουθώντας την εμφάνιση και την ευρεία διάδοση των αντλιών θερμότητας (*heat pumps*). Οι πολλοί διαθέσιμοι τύποι αντλιών θερμότητας επιτρέπουν την απόληψη και χρήση με οικονομικό τρόπο του θερμικού περιεχομένου των σωμάτων χαμηλής θερμοκρασίας, όπως είναι το έδαφος ή οι ρηχί υδροφόροι, τεχνητές ή φυσικές συγκεντρώσεις νερού (ponds), κλπ. (Sanner, 2001) (Εικόνα 3.2.2).



Εικόνα 3.2.2 Τυπική εφαρμογή συστήματος αντλιών θερμότητας που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος

3.1.3 Οικονομική Προσέγγιση-Σύγκριση Με Άλλες Α.Π.Ε

Η χρηματοδότηση ενός γεωθερμικού έργου περιλαμβάνει δύο βασικά στοιχεία κατά την αρχική φάση της ανάπτυξης του έργου: μια υψηλή επένδυση κεφαλαίου για γεωτρήσεις που μπορεί να αποτελέσει μέχρι και το 70% του συνολικού κόστους του έργου, καθώς και ένα ασφαλιστικό πλάνο για την κάλυψη του κινδύνου μη εύρεσης του αναμενόμενου γεωθερμικού δυναμικού. Δεδομένου ότι η αξιολόγηση του γεωθερμικού δυναμικού πριν από την υλοποίηση των γεωτρήσεων υπόκειται σε μεγάλες αβεβαιότητες και τα Βελτιωμένα Γεωθερμικά Συστήματα (EGS) βρίσκονται σε μια φάση αρχικής ανάπτυξης, ο κίνδυνος μπορεί να είναι υψηλότερος σε σχέση με τις εναλλακτικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η οικονομική βιωσιμότητα μιας μονάδας, που διαχειρίζεται και διαθέτει στην αγορά το γεωθερμικό δυναμικό ενός πεδίου ως ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια, επηρεάζεται κυρίως από το κόστος της γης, της εκτέλεσης των γεωτρητικών έργων έρευνας και ανάπτυξης του πεδίου, της κατασκευής των εγκαταστάσεων και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας. Ωστόσο, επειδή η γεωθερμική ηλεκτροπαραγωγή έχει μεγάλο κόστος κεφαλαίου στην αρχή του προγράμματος, έχει τυπικά ένα οικονομικό μειονέκτημα σε σχέση με την ηλεκτροπαραγωγή από συμβατικά καύσιμα και με ορισμένες από τις άλλες ΑΠΕ.

Στον Πίνακα 3.3.1 δίνεται το ενεργειακό και επενδυτικό κόστος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ενώ στον 3.3.2 το ενεργειακό και επενδυτικό κόστος για την απευθείας χρήση της θερμότητας από ΑΠΕ. Τα στοιχεία έχουν προταθεί στο World Energy Assessment Report, το οποίο συντάχθηκε από το World Energy Council και δημοσιεύθηκαν το 2000. Στον Πίνακα 3.3.3 δίνεται το κόστος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα.

Σε κάθε περίπτωση, το εύρος του κόστους παραγωγής της μονάδας ενέργειας σχετίζεται με το μέγεθος (ισχύς) της εγκατάστασης και τον χώρο λειτουργίας της. Για παράδειγμα, η αιολική ενέργεια έχει σχεδόν διπλάσιο κόστος όταν αυτή προκύπτει από θαλάσσια αιολικά πάρκα.

Τεχνολογία Α.Π.Ε	Κόστος ενέργειας (1988) (UScent/kWhe)	Μελλοντικό Κόστος Ενέργειας (UScent/kWhe)	Συνολικό Κόστος Επένδυσης (US \$/kWhe)
Βιομάζα	5-15	4-10	900-3.000
Αιολική Ενέργεια	5-13	3-10 (4-6 Χερσαία) (6-10 Θαλάσσια)	1.100-1.700
Γεωθερμική Ενέργεια	2-10	1-8	800-3.000 (*)
Φωτοβολταϊκά Συστήματα σε στέγες	25-125	5-25	5.000-10.000
Ηλεκτροπαραγωγή από θερμικά ηλιακά	12-18	4-10	3.000-4.000
Παλιρροϊκή Ενέργεια	8-15	8-15	1700-2.500

Πίνακας 3.3.1 Ενεργειακό και επενδυτικό κόστος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

(*) Για την Ελλάδα το συνολικό κόστος επένδυσης για ηλεκτροπαραγωγή από γεωθερμική ενέργεια είναι 700-2.000 €/kWhe

Τεχνολογία ΑΠΕ	Κόστος Ενέργειας (1998) (US cent/ kWhth)	Μελλοντικό Κόστος Ενέργειας (US cent/ kWhth)	Συνολικό Κόστος Επένδυσης (US \$/ kWhth)
Βιομάζα	1-5	1-5	250-700
Αιολική Ενέργεια	5-13	3-10	1.100-1.700
Γεωθερμική Ενέργεια	0,5-5	0,5-5	200-2.000 (**)
Ηλιακή Ενέργεια	3-20	2-10	500-1.700

Πίνακας 3.3.2 Ενεργειακό και επενδυτικό κόστος για την απευθείας χρήση της θερμότητας από ανανεώσιμες πηγές

(*) Για την Ελλάδα το συνολικό κόστος επένδυσης για την απευθείας χρήση της θερμότητας είναι 200-1.400 €/ kWhth, ενώ για τη χρήση αντλιών θερμότητας είναι 600-2.000€/ kWhth

Πηγή	Κόστος Ενέργειας (1999) (US cents/kWh)
Υδροηλεκτρική	0,5–2,4
Άνθρακας	2,0–5,0
Πυρηνική	1,5–3,0

Πίνακας 3.3.3 Ενεργειακό κόστος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές πηγές ενέργειας

3.2 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, όταν το περιβάλλον ήταν περισσότερο «υγιές» και καθαρό σε σχέση με σήμερα και ο άνθρωπος είχε σαφώς λιγότερες γνώσεις σχετικά με οποιαδήποτε περιβαλλοντική απειλή, η γεωθερμική ενέργεια θεωρούνταν ακόμη ως μια «καθαρή ενέργεια». Στην πραγματικότητα όμως, δεν υπάρχει τρόπος παραγωγής ενέργειας ή μετατροπής της από μια μορφή σε άλλη για να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο, που να μην προκαλεί κάποιες άμεσες ή έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ακόμη και η παλαιότερη και πιο απλούστερη μορφή παραγωγής θερμικής ενέργειας, δηλαδή η καύση του ξύλου, έχει καταστρεπτικές συνέπειες, ενώ η αποψίλωση των δασών, ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα τα τελευταία χρόνια, ξεκίνησε όταν οι πρόγονοί μας έκοψαν τα πρώτα δέντρα για να μαγειρέψουν την τροφή τους και να ζεστάνουν τα σπίτια τους. Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας έχει όντως κάποιο αντίκτυπο στο περιβάλλον, όμως δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι πρόκειται για μια από τις πλέον καθαρές και ελάχιστα έως καθόλου ρυπαντικές μορφές ενέργειας.



Εικόνα 3 περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την χρήση γεωθερμίας

3.3 Αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας

Αν και η γεωθερμία θεωρείται μία ήπια μορφή ενέργειας σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές, η ιδιόζουσα φύση των γεωθερμικών ρευστών μπορεί να προκαλέσει επιδράσεις στο περιβάλλον. Η τεχνολογία που είναι διαθέσιμη διεθνώς, μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση των εκπομπών υδρόθειου, της απόρριψης αλμολοίπων, κλπ. Ταυτόχρονα έχουν θεσπιστεί παγκοσμίως κατάλληλοι περιβαλλοντικοί κανονισμοί που στηρίζουν την ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας. Θετικό είναι το γεγονός ότι οι περισσότερες από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να ελεγχθούν ή να περιοριστούν σε μεγάλο βαθμό. Όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τις γεωτρητικές εργασίες τόσο στο στάδιο έρευνας όσο και σ' αυτό της παραγωγής, εκλείπουν με το πέρας αυτών, εφόσον εφαρμοστεί η εγκεκριμένη περιβαλλοντική μελέτη. Βέβαια, στη φάση της διάτρησης και των δοκιμών παραγωγής, για να μην υπάρξει επιβάρυνση και ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων νερών από τη λάσπη διάτρησης αλλά και τα στερεοποιημένα άλατα, απαιτούνται τεχνητές λίμνες απόλυτα στεγανοποιημένες. Οι καθιζήσεις μπορούν να αποφευχθούν ή να μειωθούν με την επανεισαγωγή των γεωθερμικών νερών στον ταμειυτήρα, ενώ η διατήρηση της πίεσης στον ταμειυτήρα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης υδροθερμικών εκρήξεων.

3.4 Συστήματα ανοικτού και κλειστού κυκλώματος

Αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος (Ground-coupled heat pumps) Περιλαμβάνουν μηχανικές αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν το νερό το οποίο προέρχεται από υπόγειες πηγές (κρύες, χλιαρές ή θερμές γεωτρήσεις, εγκαταλειμμένα ορυχεία, κλπ) με θερμοκρασία 10-30°C, επιφανειακές πηγές (λίμνες, ποταμοί, θάλασσα) θερμοκρασίας 5-25°C, γεωτρήσεις με εναλλάκτες θερμότητας, που παράγουν νερό θερμοκρασίας 0-15°C.

Χαρακτηρίζονται από αποδοτικότητα υψηλής ενέργειας με ένα μέσο συντελεστή απόδοσης (COP) 3 για τις εγκατεστημένες μονάδες. COP είναι ο συντελεστής απόδοσης μίας αντλίας θερμότητας και ορίζεται ως ο λόγος της ωφέλιμης ενέργειας που παράγεται προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Οι νέες μονάδες έχουν υψηλότερο συντελεστή απόδοσης (> 4,0).

Ένα σύστημα αποτελείται από 1) τη μηχανική μονάδα της αντλίας θερμότητας, 2) τον εναλλάκτη θερμότητας κλειστού ή ανοικτού συστήματος, και 3) το σύστημα κυκλοφορίας νερού στο κτίριο.

Οι αντλίες θερμότητας συνδεδεμένες στο έδαφος μπορούν να παράγουν νερό θερμοκρασίας 40-60°C και κατά συνέπεια, συνδυάζονται με συστήματα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας όπως τις τοπικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan coils), τη θέρμανση δαπέδων και τις μονάδες τροφοδοσίας αέρα (air handling). Μπορούν επίσης να παρέχουν ψύξη κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου για τα θερμότερα κλίματα.

3.4.1 Σύστημα Ανοικτού Κυκλώματος

Τα συστήματα ανοικτού βρόχου χρησιμοποιούν τα υπάρχοντα υπόγεια ύδατα ως μέσο άμεσης μεταφοράς θερμότητας. Βασικά αποτελούνται από φρέατα εξαγωγής και φρέατα επανεισαγωγής ή από επιφανειακά ύδατα. Τα ύδατα που αντλούνται από τα φρέατα εξαγωγής επιστρέφονται ξανά στη γη. Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες ειδικές παράμετροι, όπως η ποιότητα του νερού. Στα συστήματα ανοικτού βρόχου ο ανταλλακτήρας θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού και του υπόγειου ύδατος μπορεί να σαπίσει, να σκουριάσει ή να μπλοκάρει. Επιπλέον πρέπει να υπάρχει επαρκής ποσότητα νερού (συνήθως 0,03 έως 0,05 l/s/kW). Σε ιδανικές συνθήκες, τα συστήματα ανοικτού βρόχου μπορεί να είναι ο πιο οικονομικός τύπος από τα συστήματα υπόγειας σύζευξης. Ο σχεδιασμός είναι εύκολος, το κόστος εγκατάστασης χαμηλό και τα έξοδα λειτουργίας μπορεί να είναι πολύ χαμηλά, εφόσον το νερό αντλείται ήδη για άλλους λόγους όπως π.χ. την άρδευση. Ωστόσο, συνήθως δεν υπάρχει νερό σε αρκετές ποσότητες και οι κανονισμοί για την χρήση του νερού σε πολλές περιοχές είναι περιοριστικοί. Για το λόγο αυτό το σύστημα ανοικτού βρόχου χρησιμοποιείται σπανιότατα.

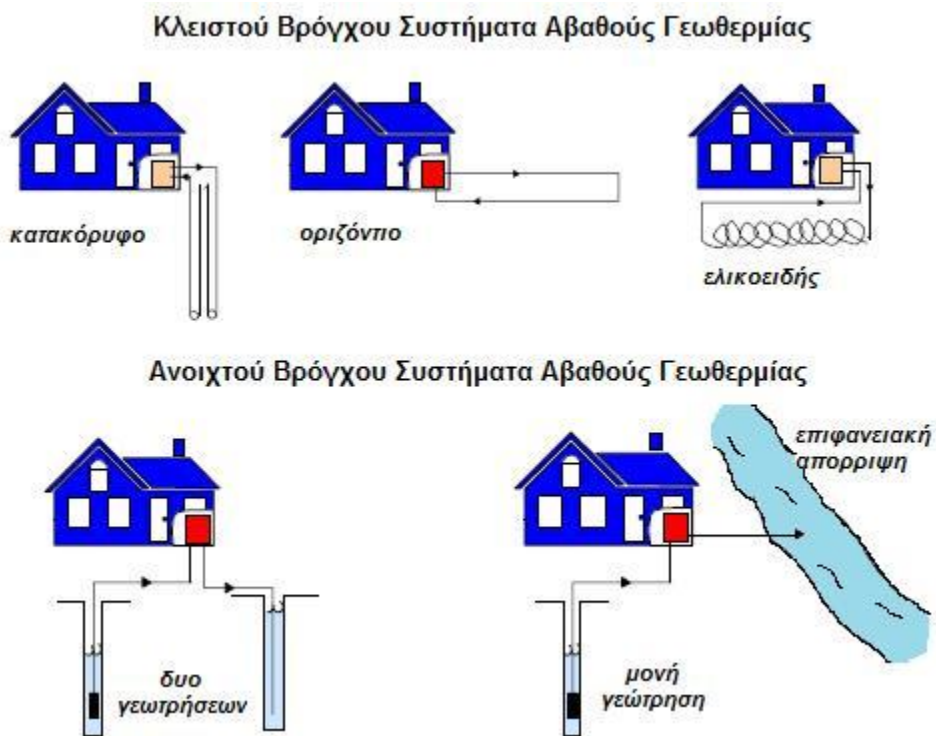
3.4.2 Σύστημα Κλειστού Κυκλώματος

Στα συστήματα κλειστών βρόγχων, νερό ή μίγμα νερού με αντιψυκτικό περιβαλλοντικά ασφαλές, κυκλοφορούν μέσω ενός σωλήνα, απάγουν θερμότητα από ή απορρίπτουν θερμότητα στο έδαφος. Δεν υπάρχει έτσι καμία επαφή μεταξύ του σωλήνα κλειστών βρόγχων και του υπόγειου νερού ή του εδάφους. Τα κλειστά συστήματα διακρίνονται σε **οριζόντια, κατακόρυφα και σπειροειδή**.

Σε μία **οριζόντια εγκατάσταση**, οι βρόγχοι του εναλλάκτη θερμότητας μπορεί να είναι συνδεδεμένοι είτε εν σειρά είτε εν παράλληλω. Αυτοί οι τύποι χρησιμοποιούνται περισσότερο στη Δυτική και στην Κεντρική Ευρώπη. Μπορεί επίσης να είναι είτε ένας άκαμπτος ή εύκαμπτος σωλήνας, ο οποίος τοποθετείται σε ένα όρυγμα βάθους περίπου 2 μέτρων. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται στη Βόρεια Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική.

Σε μία **κατακόρυφη εγκατάσταση**, ο βρόγχος του εναλλάκτη θερμότητας είναι σωλήνας σχήματος U, ο οποίος τοποθετείται σε μία γεώτρηση βάθους 50 έως 150 μέτρα.

Σε μία **σπειροειδή εγκατάσταση**, ο εύκαμπτος σωλήνας σπειροειδούς σχήματος (συχνά αποκαλείται «Slinky») τοποθετείται μέσα σε όρυγμα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει την απόδοση του επιφανειακού εναλλάκτη θερμότητας κατά 40%



Εικόνα 3.4 Σκαρίφημα κλειστού και ανοικτού συστήματος αβαθούς γεωθερμίας

Κεφάλαιο 4^ο

Θερμικές Εφαρμογές

4.1 Εισαγωγή

Η εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμίας γίνεται με τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, οι οποίες είναι συστήματα υδρόψυκτων αντλιών θερμότητας σε συνδυασμό με εναλλάκτες θερμότητας εδάφους (κλειστό σύστημα) ή τροφοδοτούμενες από υδρογεώτρηση (ανοιχτό σύστημα).

Οι εναλλάκτες εδάφους αποτελούνται από σωλήνα τοποθετημένο εντός του εδάφους, και μπορεί να είναι είτε σε οριζόντια διάταξη εντός τάφρου ή εκσκαφής, είτε σε κατακόρυφη διάταξη σε σχήμα U εντός γεωτρήσεων.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας τροφοδοτούν εσωτερικά συστήματα θέρμανσης χαμηλής θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούν τη γη σαν πηγή θερμότητας όταν παρέχουν θέρμανση, χρησιμοποιώντας νερό (με ή χωρίς αντιψυκτικό) ως το μέσον που μεταφέρει την γήινη θερμότητα στον εξαμιστή της αντλίας θερμότητας. Τα ίδια συστήματα μπορούν να παρέχουν και ψύξη, χρησιμοποιώντας τη γη ως αποδέκτη θερμότητας.

Εφαρμογές και έρευνα εδώ και 50 χρόνια στις ΗΠΑ και σε χώρες της Κεντρικής Ευρώπης, έχουν οδηγήσει στην καθιέρωση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας ως αξιόπιστη τεχνολογία. Σε λειτουργία για θέρμανση, μια τυπική γεωθερμική αντλία θερμότητας που είναι διαθέσιμη στο εμπόριο αξιοποιεί 3 μέρη γεωθερμική ενέργεια και 1 μέρος ηλεκτρική ενέργεια, προκειμένου να παρέχει 4 μέρη ωφέλιμης θερμότητας. Γι' αυτό το λόγο τα συστήματα αυτά καταναλώνουν 25%-50% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από εκείνα των αερόψυκτων αντλιών θερμότητας.

Το βασικό πλεονέκτημα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, απέναντι στα κλασικά γεωθερμικά συστήματα με απευθείας (χωρίς την παρεμβολή αντλίας θερμότητας) χρήση υπόγειων ρευστών, είναι ότι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να εγκατασταθούν οπουδήποτε, χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη υπόγειων υδροφόρων υψηλής θερμοκρασίας σε οικονομικό βάθος.

Παρόλο που η χρήση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες σε χώρες όπως οι ΗΠΑ, Γερμανία, Σουηδία, Αυστρία, Ελβετία και αλλού, στη χώρα μας υπάρχουν μερικές μόνον, πιλοτικές κυρίως εφαρμογές. Μεγάλης κλίμακας διάδοση των τεχνολογιών αυτών για θέρμανση και κλιματισμό στη χώρα μας, θα συνέβαλε ουσιαστικά προς την εκπλήρωση των στόχων του πρωτοκόλλου του Κιότο, δηλαδή στη διάδοση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

4.2 Αντλία θερμότητας-Αρχή λειτουργίας

Η αντλία θερμότητας είναι η συσκευή που αντλεί θερμική ενέργεια από μια θερμή δεξαμενή (αναφέρεται ως πηγή) η οποία βρίσκεται σε χαμηλή θερμοκρασία προς μια καταβόθρα (συνήθως αέρας ή νερό) που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία είτε (α) με την χρήση μηχανικού έργου είτε (β) με την βοήθεια μιας θερμής δεξαμενής πολύ υψηλής θερμοκρασίας.

Η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας πρωτοεφαρμόστηκε ως επί το πλείστον στα συνήθη ψυγεία και καταψύκτες, τα κλιματιστικά και εν συνεχεία σε συσκευές παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Πολλές φορές ταυτίζεται ο όρος Αντλία Θερμότητας με το κλιματιστικό.

Η διαφορά μεταξύ μιας αντλίας θερμότητας και ενός κοινού κλιματιστικού είναι ότι η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη λειτουργώντας βάση του ίδιου θερμοδυναμικού κύκλου του οποίου η λειτουργία μπορεί να αντιστραφεί ανάλογα με την ανάγκη (θέρμανση ή ψύξη).

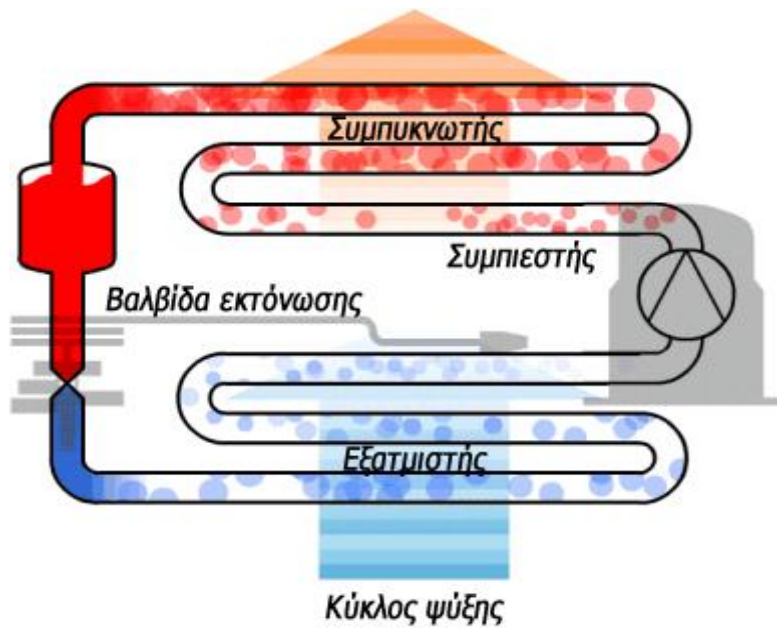
Σε ψυχρά κλίματα είναι μάλιστα σύνηθες να σχεδιάζονται και να κυκλοφορούν στην αγορά αντλίες θερμότητας μόνο για θέρμανση ενώ στα θερμότερα κλίματα είναι σύνηθες η χρήση αυτών των μηχανών τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη.

Στη μηχανή κλιματισμού που απαιτεί μηχανικό έργο (που με τη σειρά του απαιτεί συνήθως κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας) για την συντήρηση του θερμοδυναμικού κύκλου, ο όρος αντλία θερμότητας αναφέρεται σε μηχανές που λειτουργούν με την χρήση συμπιεζόμενου αερίου ως μέσο μεταφοράς της ενέργειας ανάμεσα σε πηγή και καταβόθρα.

Τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται μια αντλία θερμότητας είναι:

1. Το τμήμα συμπιεστή-συμπυκνωτή, που απορρίπτει (ή απορροφά) θερμότητα στο (ή από) το περιβάλλον.
2. Το τμήμα ανεμιστήρα - εξατμιστή, που απορροφά (ή προσθέτει) θερμότητα από τον (ή στον) εσωτερικό χώρο.
3. Ο μηχανισμός αντιστροφής, που είναι μια τετράοδη βαλβίδα, που αναστρέφει τη ροή του ψυκτικού μέσου έτσι ώστε να έχουμε ψύξη ή θέρμανση, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας.
4. Οι αυτοματισμοί για τον έλεγχο και λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.
5. Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, που αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή.

Με απλά λόγια η αντλία αποτελείται από κυκλοφορητή, συμπιεστή, βαλβίδα εκτόνωσης και εναλλάκτες θερμότητας ώστε η κατεύθυνση άντλησης της θερμικής ενέργειας να μπορεί να αντιστραφεί.



Εικόνα 4.2.1: αντλία θερμότητας και τα μέρη της

Για το λόγο αυτό συνήθως παρέχει θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων αλλά και ζεστό νερό χρήσης. Οι πιο κοινές πηγές άντλησης θερμότητας για τέτοιες μηχανές είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας και το έδαφος. Ανάλογα με την φύση της πηγής και αντίστοιχα της καταβόθρας οι αντλίες θερμότητας διαχωρίζονται σε αέρα-αέρα, αέρα-νερού.

Η αντλία θερμότητας είναι μια ψυκτική μονάδα. Κάθε ψυκτικός μηχανισμός (ψυγείο, καταψύκτης) μεταφέρει θερμότητα από ένα χώρο και αποβάλλει αυτή την θερμότητα σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η μόνη διαφορά μεταξύ της αντλίας θερμότητας και της ψυκτικής μονάδας είναι το επιθυμητό αποτέλεσμα, το οποίο για την ψυκτική μονάδα, είναι η ψύξη και για την αντλία θερμότητας είναι η θέρμανση. Επιπλέον οι αντλίες θερμότητας μπορούν να παρέχουν θέρμανση ή ψύξη στο χώρο

Στην ορολογία των αντλιών θερμότητας, η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας στην οποία απορροφάται η θερμότητα (θερμοκρασία πηγής) και της θερμοκρασίας στην οποία η θερμότητα αποδίδεται (θερμοκρασία χώρου απόθεσης) αναφέρεται ως “ανύψωση”. Όσο μεγαλύτερη είναι η ανύψωση, τόσο μεγαλύτερη είναι η εισαγόμενη ενέργεια που απαιτείται από την αντλία θερμότητας. Αυτό είναι σημαντικό, επειδή αποτελεί πλεονέκτημα όσον αφορά στην απόδοση των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας σε σχέση με τις αντλίες θερμότητας με πηγή τον αέρα.

4.3 Κατηγορίες Αντλιών Θερμότητας

Ανάλογα με το μέσο που αντλείται και το μέσο που αποβάλλεται η θερμότητα, οι αντλίες θερμότητας χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

2. Αέρα - Αέρα (A - A)
3. Εδάφους - Αέρα (E - A)
4. Αέρα - Νερού {A - N}
5. Νερού - Νερού {N - N}
6. Εδάφους - Νερού (E - N)
7. Νερού - Αέρα (N - A)

i. Ανάλογα με το είδος της κινητήριας μηχανής, οι αντλίες θερμότητας κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες:

- Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές
- Συμπιεστές κινούμενοι από μηχανές εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, ατμός, αέριο)
- Συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης (θερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας).

ii. Ανάλογα με τη θέση των διαφόρων μηχανισμών της αντλίας θερμότητας, διακρίνουμε δύο κατηγορίες:

- Ενιαίες ή αυτόνομες (COMPACT): όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος
- Διαιρούμενες (SPIT): ο συμπυκνωτής είναι ανεξάρτητος του υπόλοιπου συστήματος

iii. Ανάλογα με τον τρόπο εναλλαγής της λειτουργίας των στοιχείων τους οι αντλίες θερμότητας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Σταθερού κυκλώματος (Σ.Κ.) ψυκτικού μέσου: Η ροή του ψυκτικού μέσου διατηρείται σταθερή και αλλάζει η θέση των μέσων προσαγωγής ή απαγωγής της θερμότητας
- Μεταβλητού κυκλώματος (Μ.Κ.) ψυκτικού μέσου: Γίνεται αναστροφή της ροής του ψυκτικού μέσου.

1) Αντλία θερμότητας αέρα-αέρα

Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος αντλίας και χρησιμοποιείται ευρύτατα για την θέρμανση και ψύξη κατοικιών, γραφείων και μικρών εμπορικών καταστημάτων. Κατά την θερμαντική λειτουργία, ο εξατμιστής απορροφά θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα του περιβάλλοντος και την απορρίπτει μέσω του συμπυκνωτή στον αέρα του χώρου που θερμαίνεται (εσωτερικός αέρας). Γενικά, στην περίπτωση της θέρμανσης ο βαθμός επίδοσης COP(Coefficient of Performance) της αντλίας αέρα-αέρα εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος όσο και από τη θερμοκρασία του αέρα που θερμαίνεται.

Η τιμή του COP αυξάνεται α) με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και β) με τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα.

Με την αντιστροφή του λειτουργικού της κύκλου η αντλία θερμότητας μπορεί να ψύξει τον αέρα του χώρου. Στην περίπτωση αυτή ο συμπυκνωτής γίνεται εξατμιστής, απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό αέρα και την απορρίπτει με την βοήθεια του εξατμιστή, που γίνεται συμπυκνωτής, στο εξωτερικό περιβάλλον. Ο βαθμός επίδοσης COP στην περίπτωση της ψύξης εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα που ψύχεται και από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η τιμή του COP αυξάνεται:

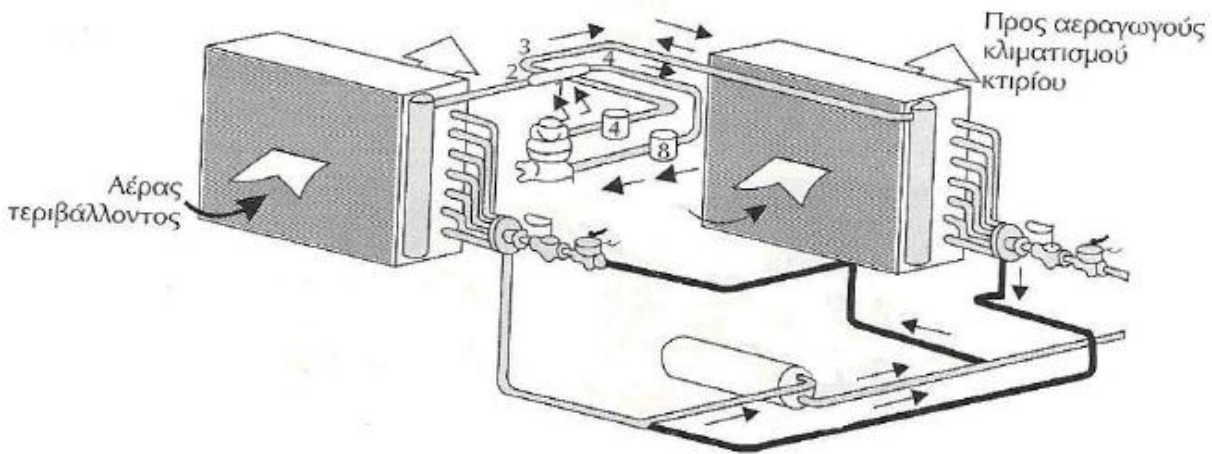
- όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του ψυχομένου αέρα
- όσο η θερμοκρασία περιβάλλοντος μειώνεται.

Η πιο χαρακτηριστική εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι οι κλιματιστικές συσκευές για την ψύξη των χώρων κατά τους θερινούς μήνες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για θέρμανση.

Το κύριο μειονέκτημα των αντλιών θερμότητας αυτού του τύπου είναι, ότι κατά την διάρκεια του χειμώνα και ειδικότερα στις μέρες που η θερμοκρασία του

περιβάλλοντος κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, η απόδοσή τους μειώνεται δραστικά με αποτέλεσμα να αδυνατούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες θέρμανσης.

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό τοποθετούνται ηλεκτρικές αντιστάσεις, που χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματική πηγή θερμικής ενέργειας. Οι αντιστάσεις αυτές τοποθετούνται στην μονάδα διαχείρισης του αέρα και ενεργοποιούνται αυτόματα και σταδιακά καθώς η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέφτει.



Εικόνα 4.3 αντλία θερμότητας αέρα/αέρα

2) Αντλίες θερμότητας εδάφους-αέρα

Έχουν λειτουργικά και κατασκευαστικά το ίδιο πρωτεύον κύκλωμα με τις αντλίες θερμότητας εδάφους/νερού. Στο δευτερεύον κύκλωμά τους όμως αντί του υδρόψυκτου εναλλάκτη (συμπυκνωτή/εξατμιστή), υπάρχει ανεμιστήρας και αερόψυκτος συμπυκνωτής/εξατμιστής, που τροφοδοτούν με θερμό ή ψυχρό αέρα το δίκτυο αεραγωγών κλιματισμού του κτιρίου.

3) Αντλίες θερμότητας αέρα-νερού

Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα κεντρικού κλιματισμού μεγάλων κτιρίων, όπου είναι απαραίτητος ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε κάθε κλιματιστική ζώνη. Επίσης εγκαθίστανται και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή θερμού και ψυχρού νερού.

Η άντληση και η απόρριψη θερμότητας από τον εξωτερικό αέρα, γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και στην αντλία θερμότητας αέρα/αέρα, δηλαδή με αερόψυκτο συμπυκνωτή/εξατμιστή. Στο δευτερεύον κύκλωμα, δηλαδή στην πλευρά του νερού, υπάρχει υδρόψυκτος εναλλάκτης που τροφοδοτεί το δίκτυο σωληνώσεων με θερμό/ψυχρό νερό.

Στην περίπτωση της θέρμανσης ενός χώρου η αντλία θερμότητας αέρα-νερού απορροφά θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα και θερμαίνει νερό σε μία εγκατάσταση κλιματισμού. Ο

βαθμός επίδοσης εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος όσο και από τη θερμοκρασία του νερού που θερμαίνεται στο συμπυκνωτή.

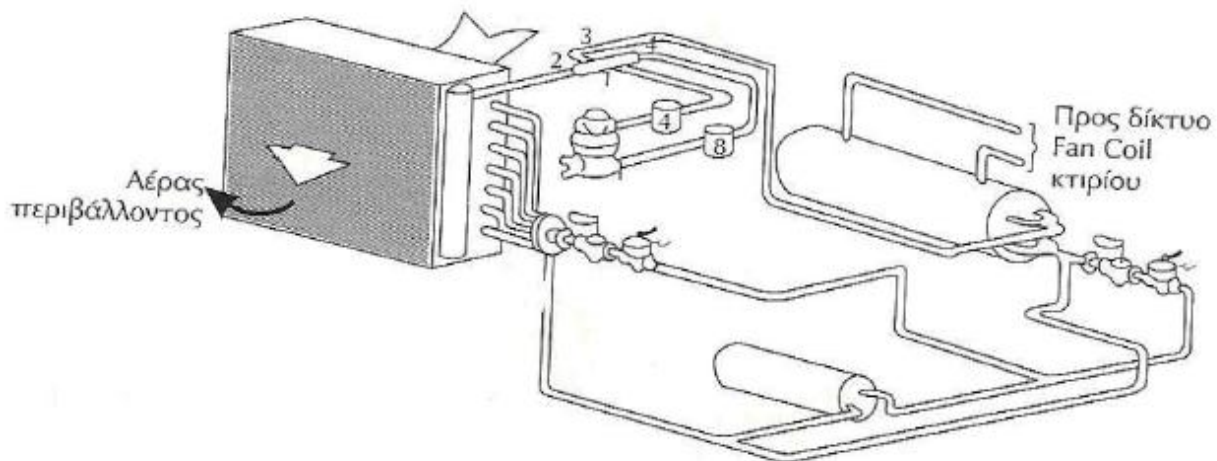
Η τιμή του COP αυξάνεται:

- i) με την αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.
- ii) με τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού.

Με την αντιστροφή του κύκλου λειτουργίας, η αντλία θερμότητας ψύχει το νερό της εγκατάστασης και απορρίπτει τη θερμότητα στον εξωτερικό αέρα. Ο βαθμός επίδοσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού που ψύχεται στον εξατμιστή και από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η τιμή του COP αυξάνεται:

- i) όσο η θερμοκρασία του ψυχρού νερού είναι μεγαλύτερη
- ii) όσο η θερμοκρασία περιβάλλοντος μειώνεται.

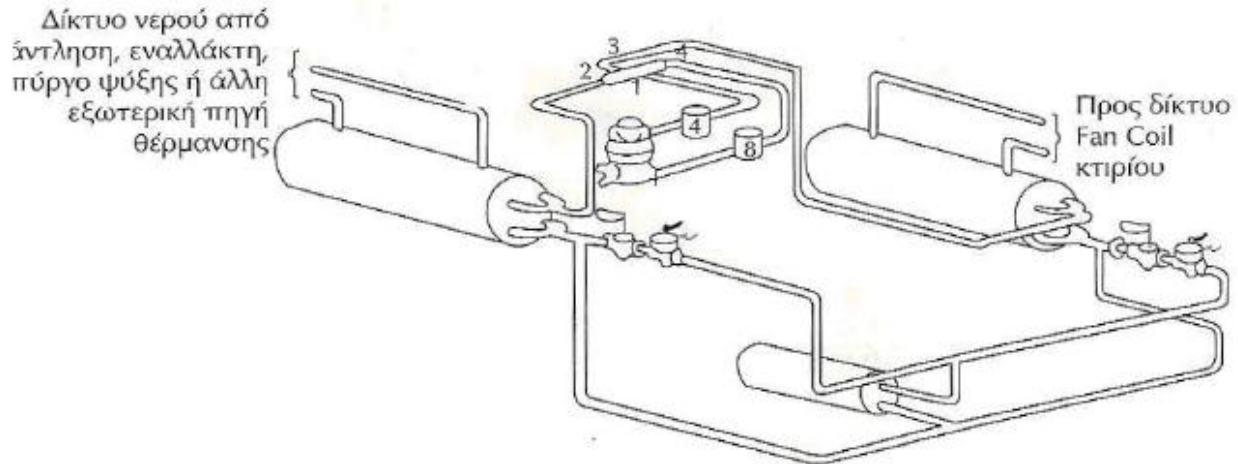


Εικόνα 4.3.1 αντλία θερμότητας αέρα/νερού

4) Αντλίες θερμότητας νερού-νερού

Χρησιμοποιούν το νερό ως πηγή/αποδέκτη θερμότητας, τόσο στη θερμαντική όσο και στην ψυκτική τους λειτουργία. Το πρωτεύον κύκλωμα τροφοδοτείται με νερό από το περιβάλλον ενώ το δευτερεύον συνδέεται με τοπικές μονάδες ανεμιστήρα/στοιχείου (Fan-coil units) ή με

στοιχεία κεντρικών κλιματιστικών μονάδων. Το θερμό/ψυχρό νερό του δευτερεύοντος κυκλώματος εξασφαλίζει τις επιθυμητές συνθήκες κλιματισμού κάθε χώρου.



Εικόνα 4.3.2 αντλία θερμότητας νερού /νερού

5) Αντλίες θερμότητας εδάφους-νερού

Χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους (θερμοχωρητικότητα εδάφους) για τον κλιματισμό δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων κάθε μεγέθους. Για να επιτευχθεί αυτό κατασκευάζεται στο έδαφος ένα κλειστό δίκτυο πλαστικών σωλήνων, που ονομάζεται γεωεναλλάκτης, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αποσκληρυμένο νερό ή διάλυμα νερού/αντιπηκτικού. Με την βοήθεια του γεωεναλλάκτη ο εξατμιστής/συμπυκνωτής του πρωτεύοντος κυκλώματος της αντλίας θερμότητας απορροφά ή απορρίπτει θερμότητα στο έδαφος.

Κατά αντίστοιχο τρόπο, ανάλογα με το είδος του συνεργαζόμενου γεωεναλλάκτη, οι αντλίες θερμότητας εδάφους διακρίνονται σε τρεις τύπους:

1) ανοιχτού κυκλώματος

2) κλειστού κυκλώματος, στις οποίες ένα δευτερεύον κύκλωμα με αντιπηκτικό

διάλυμα ή νερό συνδέει το έδαφος με το κύκλωμα ψυκτικού μέσου της Α.Θ.

3) απευθείας εκτόνωσης, στις οποίες το ψυκτικό μέσο της Α.Θ. κυκλοφορεί στις σωληνώσεις του εδάφους (στην περίπτωση αυτή ο γεωεναλλάκτης κατασκευάζεται από σωλήνες χαλκού).

Τα συστήματα αντλιών θερμότητας εδάφους/νερού παρουσιάζουν σήμερα υψηλά ποσοστά εγκατάστασης σε προηγμένες Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Γερμανία, η Ελβετία, η Σουηδία, αλλά χώρες της Αμερικανικής ηπείρου όπως οι Η.Π.Α και ο Καναδάς. Το γεγονός αυτό οφείλεται στους υψηλότερους βαθμούς επίδοσης που παρουσιάζουν σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους αντλιών θερμότητας, αλλά και στην φιλικότερη προς το περιβάλλον συμπεριφορά που εκφράζεται με την μειωμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα.

6) Αντλίες θερμότητας νερού-αέρα

Χρησιμοποιούν το νερό, ως πηγή και αποδέκτη θερμότητας, και τον αέρα για να μεταφέρουν ή να παράγουν θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο. Οι συσκευές αυτού του τύπου τροφοδοτούνται με νερό μέσω κατάλληλου δικτύου και συνδέονται με δίκτυο αεραγωγών, για την προσαγωγή/απαγωγή του αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους. Η εναλλαγή του κύκλου λειτουργίας της αντλίας από ψύξη σε θέρμανση, γίνεται με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου μέσω τετράοδης βαλβίδας.

Ως πηγή/αποδέκτης θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο υπεδαφικό όσο και επιφανειακό νερό, καθώς και απόνερα. Η χρήση των απόνερων γίνεται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, με την προϋπόθεση ότι εξασφαλίζεται η καθαρότητα του νερού για την αποφυγή διαβρώσεων ή οξειδώσεων στα μηχανικά μέρη της αντλίας θερμότητας. Οι εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας νερού/αέρα χρησιμοποιούν νερό πηγής, λίμνης, ποταμού ή σπανιότερα θάλασσας για την προσαγωγή/απαγωγή θερμότητας.

Στην περίπτωση που γίνεται χρήση θαλασσινού νερού, μεταξύ της πηγής και της αντλίας θερμότητας παρεμβάλλεται ένας εναλλάκτης θερμότητας που εξασφαλίζει προστασία από διάβρωση.

Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντλία θερμότητας ειδικής κατασκευής, με μεταλλικά μέρη που αντέχουν στην διάβρωση. Στις περιπτώσεις αυτές το κόστος είναι αρκετά υψηλό, γι' αυτό οι εγκαταστάσεις αυτές είναι συνήθως μεγάλου μεγέθους.

4.4 Αντλία Θερμότητας Με Θέρμανση Δαπέδου

Μία εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης καλύπτει απόλυτα τις ανάγκες, κατοικιών, σχολείων, δημόσιων κτηρίων, επαγγελματικών χώρων, ξενοδοχείων, υπόγειων κατασκευών κλπ χωρίς όμως να περιορίζεται εκεί το εύρος των εφαρμογών της . Λόγω της ομοιόμορφης και οριζόντιας κατανομής θερμότητας από το δάπεδο προς την οροφή, επιτρέπει την θέρμανση χώρων με μεγάλο ύψος οροφής όπως βιομηχανικές εγκαταστάσεις , εκκλησίες και λοιπές εγκαταστάσεις.

Η ενδοδαπέδια θέρμανση, λειτουργεί με νερό χαμηλής θερμοκρασίας, από 30°C έως 45°C που κυκλοφορεί σε σωλήνες εγκιβωτισμένους στο δάπεδο. Το ζεστό νερό μεταφέρει θερμότητα στο θερμομπετόν που περιβάλλει τους πλαστικούς σωλήνες και στη συνέχεια το δάπεδο ακτινοβολεί θερμότητα. Αυτό σημαίνει ότι αυτή η μορφή θέρμανσης χρησιμοποιεί σαν θερμαντικό σώμα το δάπεδο και αυτό ακριβώς είναι το χαρακτηριστικό που προσδίδει στην ενδοδαπέδια θέρμανση την πλειοψηφία των πλεονεκτημάτων που εμφανίζει.

Η θέρμανση του χώρου πραγματοποιείται με ακτινοβολία θερμότητας από το δάπεδο, και διαχέεται ομοιόμορφα από τα πόδια προς το κεφάλι, προσφέροντας μία αίσθηση θερμικής θαλπωρής. Προσφέρει πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος γιατί λειτουργεί σε χαμηλές θερμοκρασίες, με συνέπεια την χαμηλή κατανάλωση καυσίμου.

Το σύστημα αυτό είναι σημαντικά οικονομικότερο, φιλικό προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα πολύ αποδοτικό, αφού η επιφάνεια των σωμάτων ενός αντίστοιχου συστήματος, έχει αντικατασταθεί στην δαπεδοθέρμανση, με την επιφάνεια όλου του δαπέδου, με συνέπεια την μεγάλη αύξηση της θερμαντικής ισχύς. Απαλλάσσοντας το κτήριο από τα εμφανή θερμαντικά σώματα, επιτρέπει την εκμετάλλευση όλων των χώρων με λειτουργικό τρόπο προσφέροντας ένα καλαίσθητο αρχιτεκτονικό αποτέλεσμα.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, απαλλάσσουν από την ξηρότητα του αέρα του χώρου και δίνουν ένα πραγματικά υγιεινό περιβάλλον. Επιπλέον, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών το σύστημα αυτό δεν δημιουργεί ρεύματα αέρα κι έτσι δεν υπάρχουν φαινόμενα όπως μαυρίσματα στους τοίχους ή μεταφορά σωματιδίων και μικροβίων.

Ορισμένοι από τους παράγοντες που συμβάλλουν στην απόσβεση του κόστους μιας εγκατάστασης ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι:

- Η μειωμένη κατανάλωση καυσίμων, που προαναφέρθηκε (πάνω από 30%).
- Το μειωμένο κόστος κτηριακής συντήρησης
- Το μηδενικό κόστος συντήρησης και αντικατάστασης θερμαντικών σωμάτων

- Αύξηση του χρόνου ζωής του καυστήρα ο οποίος λειτουργεί λιγότερες ώρες.

Το σύστημα δαπεδοδροσισμού λειτουργεί εκμεταλλευόμενο το ήδη υπάρχον δίκτυο σωληνώσεων τις ενδοδαπέδιας θέρμανσης . Είναι ένα λειτουργικό σύστημα που προσφέρει άνεση, απορροφώντας ομοιόμορφα θερμότητα από όλες τις κατευθύνσεις. Όταν αναφερόμαστε στην έννοια του δροσισμού εννοούμε ότι μετατρέπουμε το δάπεδο σε μια τεράστια ψυχρή επιφάνεια. Η θερμοκρασία νερού προσαγωγής του δροσισμού στις σωληνώσεις είναι 18°C – 20°C, ενώ η θερμοκρασία του δαπέδου είναι 20°C - 22°C. Με την λειτουργία του δροσισμού επιτυγχάνουμε μείωση της θερμοκρασίας του χώρου 4°C– 6°C

Η πηγή ενέργειας που τροφοδοτεί μία εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης – δροσισμού είναι η αντλία θερμότητας αέρα-νερού. Ο δροσισμός θα μπορούσε να τεθεί σε λειτουργία πολύ αργότερα από την ενδοδαπέδια θέρμανση αρκεί κατά την εγκατάσταση του συστήματος να έχει ληφθεί μέριμνα για τοποθέτηση τερματικών μονάδων νερού στο χώρο, οι οποίες θα εξυπηρετήσουν στην αφύγρανση του κατά τη λειτουργία του δαπεδοδροσισμού, καθώς και των σωλήνων προσαγωγής και επιστροφής κρύου νερού για την τροφοδοσία τους και του σχετικού συστήματος αυτονομίας.

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

Για εξωτερική θερμοκρασία: 4°C	Θερμοκρασία νερού (°C)	Ενέργεια καταναλισκόμενη από Αντλία Θερμότητας^(*) (KW)	Ενέργεια ωφέλιμη από Αντλία Θερμότητας^(*) (KW)	Βαθμός απόδοσης COP
Θέρμανση Δαπέδου <i>BionikKomfort</i> με τριχοειδείς σωλήνες	28°-32°C	3,41	11,88	3,49
Κλασσική Θέρμανση Δαπέδου (μορφή στρώσης σαλίγκαρος)	45°C	4,51	11,63	2,6

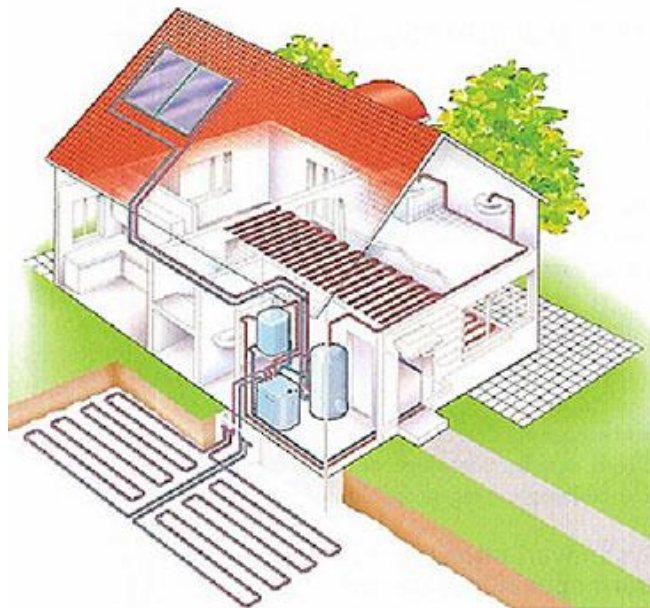
Πίνακας 4.4 βαθμός απόδοσης (COP)αντλιών θερμότητας σε διάφορα συστήματα θέρμανσης δαπέδου

4.5 Εφαρμογές Αντλιών Θερμότητας

Οι Αντλίες Θερμότητας μπορούν να εγκατασταθούν σε νέα ή παλιά κτίρια και μπορούν να συνδεθούν με τα υπάρχοντα θερμοκρασιακά σώματα, με ενδοδαπέδια θέρμανση καθώς και με σώματα Fan Coils . Επίσης δεν χρειάζεται η αφαίρεση του καυστήρα πετρελαίου αφού μπορούν να συνδυαστούν. Επίσης μπορούν να συνδεθούν για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και κόστους, με ηλιακά panels αλλά και να χρησιμοποιούν το οικιακό παραγόμενο ρεύμα από τα φωτοβολταϊκά.

Η αντλία θερμότητας συνδυάζεται άριστα με όλες τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας:

1. Συνδυασμός με φωτοβολταϊκά ώστε να είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητη και να λειτουργεί εντελώς χωρίς κόστος.
2. Συνδυασμός με ηλιοθερμικά ώστε να επιτυγχάνεται προθέρμανση στην εισόδο του θερμοκρασιακού ρευστού εξοικονομώντας επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια.
3. Συνδυασμός με υπάρχον λέβητα ή λέβητα βιομάζας. Ο λέβητας λειτουργεί μόνο τις μέρες με εξαιρετικά δυσμενείς θερμοκρασίες περιβάλλοντος με για ελάχιστο χρόνο, όσο είναι αρκετό για να επιτύχει απλή προθέρμανση στο θερμοκρασιακό ρευστό της αντλίας θερμότητας.
4. Συνδυασμός με γεωθερμικό σύστημα για υποβοήθηση σε δροσισμό το καλοκαίρι και θέρμανση το χειμώνα.



Εικόνα4.5 συνδυασμός αντλίας θερμότητας με άλλες Α.Π.Ε

Κεφάλαιο 5^ο

Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

5.1 Προδιαγραφές Γ.ΑΘ

Η αντλία θερμότητας μπορεί να:

- είναι καναλάτη
- αναστρέψιμη
- τοπικά ελέγξιμη
- είναι ικανή να συμπυκνώνει με έξοδο συμπυκνωτή 50 °C, ώστε να είναι δυνατή ταυτόχρονη παραγωγή κλιματισμού και ζεστού νερού (το καλοκαίρι)
- είναι ικανή να λειτουργεί με είσοδο εξατμιστή 25°C (υψηλή εξάτμιση), ώστε να είναι δυνατή η διασύνδεση στο ίδιο δίκτυο νερού ορισμένων Α/Θ σε λειτουργία θέρμανσης και άλλων Α/Θ σε λειτουργία ψύξης
- έχει υψηλή διαθέσιμη στατική πίεση αεραγωγών
- παρουσιάζει υψηλό EER με στόχο την εξοικονόμηση της απορροφούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το συμπιεστή (πχ περίπου 15)
- περιέχει ψυκτικό R407C (οδηγία EC 2037/2000 ,29-06-2000, L-144)

Το σημαντικότερο γεγονός είναι ότι η προσφερόμενη ενέργεια είναι περιβαλλοντικά καθαρή, απεριόριστα ανανεώσιμη και εξοικονομεί το 50% έως 60% της ενέργειας, που θα κατανάλωνε η μονάδα για τη λειτουργία και τη συντήρησή της, χρησιμοποιώντας μόνο ηλεκτρική ενέργεια ή άλλα συμβατικά μέσα θέρμανσης. Η εγκατάσταση του προαναφερόμενου γεωθερμικού συστήματος ψύξης-θέρμανσης (και παροχής θερμού νερού) στηρίζεται σε ένα λεπτομερή σχεδιασμό που θα περιλαμβάνει, εκτός από τις αντλίες θερμότητας, και εφεδρικό εξοπλισμό, τον εναλλάκτη γεωθερμικής επαφής. Ειδικότερα για γήινους εναλλάκτες θερμότητας, αυτοί αποτελούν ένα κλειστό κύκλωμα νερού τοποθετημένο μέσα σε μια γεώτρηση ή μέσα σε

οριζόντιες τάφρους και τροφοδοτούν την αντλία θερμότητας με νερό σταθερής θερμοκρασίας 14-18° C περίπου.

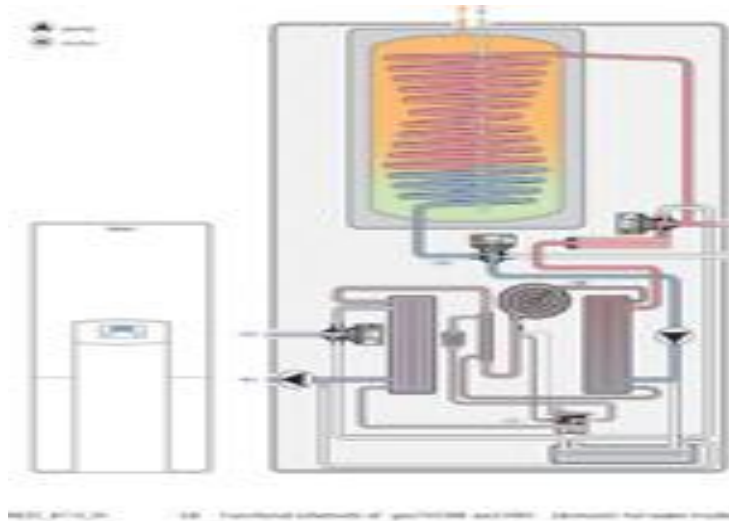
Μια εγκατάσταση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας συνδεδεμένη με σύστημα με γήινο εναλλάκτη θερμότητας [κατακόρυφος μέχρι βάθους 20-40 m (αποκαλούμενος και ως γεωθερμικός πάσσαλος) οριζόντιο μέσα σε τάφρο βάθους μέχρι 2 m ή μέσα σε μικρές γεωτρήσεις βάθους μέχρι 40 m] μπορεί να προσφέρει σε ένα κτίριο, σε οποιοδήποτε γεωγραφικό σημείο και αν βρίσκεται, ενέργεια για θέρμανση, δροσισμό και ζεστό νερό. Στην ουσία προσλαμβάνεται η υπεδαφική θερμότητα με τον κατάλληλα υπολογισμένο μηχανισμό (ρυθμός άντλησης, μήκος σωληνώσεων κλπ.) και προσφέρεται στον εξατμιστή ή τον συμπυκνωτή μίας αντλίας θερμότητας.

5.2 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας και ο τρόπος λειτουργίας της

Η αντλία θερμότητας λειτουργεί ως μια μηχανή που μπορεί να μεταφέρει θερμότητα από ένα ψυχρό χώρο σε ένα θερμό. Συγκεκριμένα, η γεωθερμική αντλία θερμότητας χρησιμοποιεί τη θερμότητα που περικλείουν τα υπόγεια νερά, τα νερά των λιμνών και της θάλασσας, ή ακόμα και τη θερμότητα που περικλείει το χώμα. Έχει επαληθευτεί το γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Υπολογίζεται ότι η θερμοκρασία στον πυρήνα της γης φτάνει κοντά στους 5.500°C, παραπλήσια δηλαδή με την θερμοκρασία της επιφάνειας του ηλίου.

Ακόμα και σε βάθος 3 μέτρων από την επιφάνεια της γης παρατηρούνται σταθερές θερμοκρασίες της τάξεως των 10-16°C καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ενώ η θερμοκρασία κάτω από την επιφάνεια ανεβαίνει κατά 3°C κάθε 100 μέτρα βάθους κατά μέσο όρο. Αυτή ακριβώς τη σταθερή θερμοκρασία του εδάφους εκμεταλλεύονται και οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας που, κατά μια έννοια, μεταφέρουν μέσω σωληνώσεων τη θερμότητα του εδάφους μέσα στην αντλία και την χρησιμοποιούν για να αποδώσουν θέρμανση ή ψύξη στο κτίριο, καταναλώνοντας ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια.

Το χειμώνα, που το έδαφος είναι θερμότερο από τα κτίρια στην επιφάνεια, το υγρό που κυκλοφορεί στις σωληνώσεις απορροφά αυτή τη θερμότητα και τη χρησιμοποιεί στο θερμικό κύκλο της αντλίας. Το καλοκαίρι, που το έδαφος είναι δροσερότερο, γίνεται η αντίστροφη διαδικασία, η αντλία μεταφέρει θερμότητα από τα κτίρια στο έδαφος.



Εικόνα 5.2 αρχή λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

5.3 Συστήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας

Τα γεωθερμικά συστήματα αξιοποιούν την σταθερή θερμοκρασία, η οποία υπάρχει στο έδαφος, αντικαθιστώντας πλήρως τη χρήση πετρελαίου ή άλλου καυσίμου. Συνοπτικά η λειτουργία ενός γεωθερμικού συστήματος περιγράφεται ως εξής:

- Θέρμανση. Για τις ανάγκες θέρμανσης, το σύστημα αντλεί θερμότητα από το έδαφος και την αποθέτει στον χώρο.
- Ψύξη. Για τις ανάγκες ψύξης, το σύστημα απάγει την θερμότητα του χώρου και ταυτόχρονα μεταδίδει την θερμοκρασία του εδάφους σε αυτόν.

Με λίγα λόγια, το σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας πραγματοποιεί μια εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του εδάφους και των εσωτερικών χώρων.

Ένα σωστά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο σύστημα ΓΑΘ καταναλώνει γύρω στο 25-30% της ενέργειας που αποδίδει, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ παράλληλα λειτουργεί με τουλάχιστον 30% υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από αυτή του καλύτερου συστήματος μιας αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα λόγω:

- Της χρήσης νερού δεδομένου ότι το νερό έχει πολύ καλύτερες ιδιότητες μετάδοσης θερμότητας από τον αέρα.
- Της σταθερής θερμοκρασίας, που παρέχεται από τους γεωεναλλάκτες στη ΓΑΘ, η οποία είναι υψηλότερη από τις ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος σε περιπτώσεις αιχμών του θερμικού

φορτίου, και χαμηλότερη από τις ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος σε περιπτώσεις αιχμών του ψυκτικού φορτίου. Γενικά, θεωρείται ότι η θερμοκρασία του εδάφους σε μερικά μέτρα βάθος παραμένει σταθερή (ή σχεδόν σταθερή) καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, περίπου στους 15-17 βαθμούς, ανεξαρτήτως των εξωτερικών καιρικών συνθηκών.

Ένα σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας αποτελείται από τρία μέρη:

Σύστημα οριζόντιου γεωεναλλάκτη

Ένας κατάλληλος χώρος του οικοπέδου σκάβεται σε 1,20 – 1,50 μ βάθος, όπου διαστρώνονται οριζόντια τα κυκλώματα σωληνώσεων, μέσα στα οποία κυκλοφορεί διάλυμα νερού με αντιψυκτικό υγρό το οποίο οδηγείται στη γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Αυτά τα κυκλώματα αποτελούν το γεωεναλλάκτη, το μέγεθος του οποίου προσδιορίζεται από τη μελέτη εγκατάστασης ανάλογα με τις ανάγκες κάθε κατοικίας.



Εικόνα 5.3 σύστημα οριζόντιου γεωεναλλάκτη

Σύστημα κατακόρυφου γεωεναλλάκτη

Εδώ τα κυκλώματα σωληνώσεων βυθίζονται γύρω στα 30 έως 100 μέτρα κάθετα στο υπέδαφος και το διάλυμα νερού με αντιψυκτικό υγρό οδηγείται στη γεωθερμική αντλία θερμότητας με την ίδια αρχή όπως και στον οριζόντιο γεωεναλλάκτη.

Ο κατακόρυφος γεωεναλλάκτης απαιτεί λίγο χώρο και είναι ως σύστημα πιο κατάλληλο για περιπτώσεις εκσυγχρονισμού θέρμανσης με αντλίες θερμότητας, αφού δε χρειάζεται σκάψιμο όλου του ήδη διαμορφωμένου κήπου.



Εικόνα5..3.1 σύστημα κατακόρυφου γεωεναλλάκτη

Σύστημα Υδατοσυλλέκτη

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται δύο πηγάδια. Από το πρώτο αντλείται το νερό και οδηγείται στην αντλία θερμότητας, όπου αφού παραληφθεί η ενέργεια διοχετεύεται πίσω στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω του δεύτερου πηγαδιού. Είναι ιδανικά λύση σε περίπτωση ύπαρξης υπόγειων νερών.



Εικόνα 5.3.2 σύστημα υδατοσυλλέκτη

5.4 Απόδοση (COP) Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας

Ένα σύστημα γεωεναλλάκτη είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος είναι:

- ο σχεδιασμός συστήματος
- η αποδοτικότητα της αντλίας θερμότητας
- η ποιότητα εγκατάστασης

- το επίπεδο θερμοκρασίας στο σύστημα διανομής θερμότητας
- οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου
- οι κλιματικές συνθήκες στο σημείο τοποθέτησης της αντλίας θερμότητας

Οι ΓΑΘ, όπως όλοι οι άλλοι τύποι αντλιών θερμότητας, βαθμονομούνται σύμφωνα με το συντελεστή απόδοσης (COP), ο οποίος προσδιορίζει την ενέργεια που το σύστημα παράγει σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιεί. Τα περισσότερα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας έχουν COP 3-5. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μία μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει το σύστημα, 3-5 μονάδες παρέχονται ως θερμότητα.

Ένας καυστήρας ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι 78-95% αποδοτικός, ενώ μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 300% -500%. Τα συστήματα γεωεναλλακτών πρακτικά δεν χρειάζονται συντήρηση.

Με ορθή εγκατάσταση ο γεωεναλλάκτης θα λειτουργεί για πολλές δεκαετίες. Τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος, η αντλία θερμότητας, οι κυκλοφορητές και το εσωτερικό σύστημα διανομής της θερμότητας βρίσκονται εντός του κτιρίου προστατευμένα από τις εξωτερικές συνθήκες. Συνήθως οι περιοδικοί έλεγχοι για τη σωστή λειτουργία είναι η μόνη απαραίτητη συντήρηση.

5.5 Μη Ενεργειακά Οφέλη Από Τη Χρήση Των Γ.Α.Θ

Οι Γ.Α.Θ εξουδετερώνουν τον θόρυβο και τον εμφανή <<ενοχλητικό εξοπλισμό>> που συνήθως είναι τοποθετημένος εξωτερικά ή στο δώμα. Τα εξαρτήματα τοποθετούνται υπόγεια ή εσωτερικά. Το σύστημα προστατεύεται από τις καιρικές συνθήκες και δεν χρειάζεται σχεδόν καθόλου συντήρηση. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό σε μέρη όπου προκαλείται μεγάλη διάβρωση π.χ κοντά στην θάλασσα όπου την διάρκεια ζωής του εξωτερικού εξοπλισμού μειώνει το αλάτι.

Καθώς η θερμοκρασία μέσα στο έδαφος είναι πολύ πιο σταθερή από τη θερμοκρασία του αέρος, το σύστημα μπορεί γενικά να λειτουργεί με χαμηλότερη αναλογία πίεσης από το συμπιεστή και μικρότερη θερμική και μηχανική καταπόνηση. Η σχετικά υψηλή θερμοκρασία του εδάφους αποτρέπει τη δημιουργία πάγου στη σπείρα του εξατμιστήρα και δεν χρειάζεται κύκλος απόψυξης. Έτσι αποφεύγεται η έναρξη μετά την απόψυξη, που είναι η πιο κρίσιμη φάση για το συμπιεστή της αντλίας θερμότητας.

Τα συστήματα αυτά που αντλούν από τη θερμότητα του εδάφους, εφόσον προστατεύονται από το περιβάλλον και έχουν ήπιες συνθήκες λειτουργίας, είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα και έχουν διάρκεια ζωής 25 έως 30 χρόνια. Το γεγονός αυτό συμβάλλει στο χαμηλό κόστος του κύκλου ζωής τους.

5.6 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Από την Χρήση Των Γ.Α.Θ

Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη 24 ώρες τη μέρα, 365 μέρες το χρόνο. Οι ΓΑΘ αξιοποιούν τις ιδιότητες θερμοεναλλαγής του νερού και την ήπια θερμοκρασία του εδάφους, η οποία παραμένει σχεδόν σταθερή όλο το χρόνο, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες και παρέχουν αποδοτική θέρμανση, κλιματισμό και ζεστό νερό χρήσης στα κτίρια. Η χρήση ΓΑΘ για θέρμανση και κλιματισμό έχει σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα από την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, 30% μικρότερο κόστος λειτουργίας από το καλύτερο αερόψυκτο σύστημα, κόστος συντήρησης μόλις το 1/3 από αυτό ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης – κλιματισμού και σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (25-30 έτη).

5.6.1 Πλεονεκτήματα των Γ.Α.Θ

- + Αξιόπιστη τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον χωρίς εκπομπές αέριων ρύπων
- + Αντληση δωρεάν ενέργειας από το υπέδαφος για θέρμανση και ψύξη κτιρίων, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.
- + Εξοικονόμηση 75% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση και 40% για δροσισμό-ψύξη ενός κτιρίου.
- + Μείωση των δαπανών της κατοικίας για θέρμανση και κλιματισμό από 25-75% .
- + Χαμηλό κόστος συντήρησης εγκατάστασης και εξοπλισμού. Τα ΓΑΘ δεν παρουσιάζουν βλάβες μετά από παρατεταμένη χρήση όπως ορισμένα συμβατικά συστήματα.
- + Απουσία θορύβου κατά την λειτουργία της εγκατάστασης
- + Παρέχουν υψηλής ποιότητας άνεση στους εσωτερικούς χώρους
- + Απαιτείται μικρότερος χώρος για την εγκατάσταση του εξοπλισμού σε σχέση με το συμβατικό λεβητοστάσιο. Δεν απαιτείται λέβητας, δεξαμενή πετρελαίου, ή καπνοδόχος, ενώ δεν απαιτείται αερόψυκτος ψύκτης για τον κλιματισμό του κτιρίου
- + Μεγαλύτερη ασφάλεια σε σχέση με μία εγκατάσταση πετρελαίου ή φυσικού αερίου.

5.6.2 Μειονεκτήματα Των Γ.Α.Θ

- Το αρχικό κόστος ενός γεωθερμικού συστήματος είναι υψηλότερο από αυτό των συμβατικών συστημάτων, η αγορά του όμως μπορεί να ενισχυθεί από κρατική χορηγία.
- Σε κλειστά κυκλώματα υπάρχει δυσκολία επισκευής μιας διαρροής.
- Για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα απαιτείται μεγάλη παροχή καθαρού νερού
- Κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων δημιουργείται λάσπη, η οποία θα πρέπει να ξηραθεί και να απομακρυνθεί από το χώρο ανέγερσης της κατοικίας

5.7 Οικονομική Απόσβεση Των Γ.Α.Θ

Η συνολική δαπάνη κεφαλαίου ενός συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας αποτελείται από τη δαπάνη για τον εξοπλισμό δηλ. τη μονάδα της αντλίας θερμότητας, τη δαπάνη για τις σωληνώσεις της υπόγειας σπείρας και την εγκατάσταση, τη δαπάνη για το σύστημα διανομής και το αντίστοιχο κόστος εγκατάστασης. Τα έξοδα για τον ανταλλακτήρα θερμότητας στο έδαφος καθώς και οι γεωτρήσεις ή οι εκσκαφές που απαιτούνται για την εγκατάστασή του αποτελούν συνήθως το 20% – 50% της συνολικής επένδυσης. Οι γεωτρήσεις και οι εκσκαφές ορυγμάτων γενικά κοστίζουν πολύ περισσότερο από την εγκατάσταση σωλήνων και για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να μεγιστοποιηθεί η εξαγωγή θερμότητας ανά μονάδα μήκους. Συνιστάται ιδιαίτερα η χρήση προηγμένων συστημάτων όπως σωλήνων σπιδάλ.

Οι τοπικές γεωλογικές συνθήκες επηρεάζουν καθοριστικά το κόστος για τις γεωτρήσεις ή τις εκσκαφές ορυγμάτων. Για την κάθετη εγκατάσταση πρέπει προηγουμένως να έχει γίνει μία γεώτρηση μικρής διαμέτρου για να διαπιστωθεί η ακριβής σύνθεση του εδάφους σε μεγαλύτερο βάθος. Αυτό φυσικά αυξάνει το συνολικό κόστος της εγκατάστασης.

Η εγκατάσταση σωλήνων πολυαιθυλενίου μέσα σε ορύγματα για την οριζόντια διάταξη κοστίζει συνήθως από 6 έως 12 € ανά μέτρο, μπορεί μάλιστα να κοστίζει και λιγότερο για νέα ξενοδοχεία, όταν τα μηχανήματα εκσκαφής βρίσκονται ήδη επιτόπου. Το συνολικό κόστος για μία κάθετη εγκατάσταση συμπεριλαμβανομένων των υλικών, των γεωτρήσεων και της πλήρωσης είναι

συνήθως στις Ηνωμένες Πολιτείες και τις Σκανδιναβικές Χώρες 40 – 70 € ανά μέτρο. Ωστόσο, καθώς για τις κάθετες εγκαταστάσεις χρειάζεται εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό, το οποίο δεν υπάρχει σε όλες τις χώρες, δεν είναι δυνατόν να δοθούν ακριβείς τιμές για όλες τις περιοχές της Μεσογείου. Γενικά η μέση δαπάνη της ίδιας της αντλίας θερμότητας μπορεί να εκτιμηθεί ότι ανέρχεται σε 300 €/kW, αλλά σίγουρα υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην αγορά. Το συνολικό κόστος της επένδυσης εξαρτάται πολύ από διάφορες παραμέτρους και πρέπει να υπολογίζεται ειδικά για κάθε συγκεκριμένη εγκατάσταση.

Η εξοικονόμηση των δαπανών για την ενέργεια και ως εκ τούτου, η περίοδος απόσβεσης εξαρτάται από το σχετικό κόστος του φυσικού αερίου ή άλλων καυσίμων. Οι αντλίες θερμότητας υπόγειας σύζευξης λειτουργούν με μέση απόδοση (COP- Coefficient of Performance = Συντελεστής Απόδοσης) που μπορεί να φθάνει το 4,5. Έτσι, εάν το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος για την ίδια θερμική ενέργεια είναι λιγότερο από το τετραπλάσιο του κόστους άλλων καυσίμων, τα συστήματα αντλιών θερμότητας υπόγειας σύζευξης καθίστανται ιδιαίτερα ανταγωνιστικά.

Μία μελέτη που διεξήχθη στις ΗΠΑ δείχνει ότι το κόστος συντήρησης ενός συστήματος με αντλία θερμότητας υπόγειας σύζευξης είναι κατά μέσο όρο περίπου το ένα τρίτο του αντίστοιχου κόστους του συμβατικού συστήματος ψύξης και θέρμανσης. Κατά συνέπεια, σε σύγκριση με ένα κλασσικό αερόψυκτο σύστημα, το σύστημα με αντλία θερμότητας υπόγειας σύζευξης έχει χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής, παρότι η αρχική δαπάνη είναι σχεδόν διπλάσια. Η περίοδος απόσβεσης μίας συγκεκριμένης εγκατάστασης είχε εκτιμηθεί σε 7 έως 9 χρόνια.

Κεφάλαιο 6^ο

Υπολογισμοί Ενεργειακών Αναγκών Μιας Τυπικής Κατοικίας

6.1 Μελέτη Ψυκτικών Φορτίων

Ως «ψυκτικό φορτίο» ορίζεται το ποσό της θερμότητας, το οποίο πρέπει να αφαιρεθεί από το κτίριο, ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία ή οι οποιεσδήποτε άλλες ειδικές απαιτήσεις που έχουν επιλεγεί, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού θέρους

Η παρούσα μελέτη για τα ψυκτικά φορτία έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού adapt/fcalc της 4M και σύμφωνα με την μεθοδολογία Carrier, ακολουθώντας επίσης τις οδηγίες της 2425/86 TOTEE. Δεν κρίθηκε απαραίτητο να γίνει παρουσίαση υπολογισμών με το χέρι λόγω της πληθώρας υπολογισμών τους, αλλά και γιατί κυρίως σήμερα οι βασικοί υπολογισμοί για τις θερμικές απώλειες γίνονται με τη χρήση υπολογιστή.

6.1.1 Παραδοχές & κανόνες υπολογισμών

Ακολουθώντας πιστά την Carrier, το ψυκτικό φορτίο (ή θερμικό κέρδος) ενός χώρου προκύπτει από το άθροισμα των φορτίων που οφείλονται στις ακόλουθες αιτίες:

6.1.2 Εξωτερικοί τοίχοι

$$Q_i = K \times A \times Dt_{ei}$$

όπου:

Q_i : Το φορτίο κατά την ώρα i

i : Οι ώρες της ημέρας

K : Θερμική αγωγιμότητα τοίχου

A : Το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου

Dt_{ei} : Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για την ώρα i

Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά παίρνεται από πίνακες ανάλογα με το βάρος του τοίχου και τον προσανατολισμό του. Οι τιμές του πίνακα 1 διορθώνονται σύμφωνα με συντελεστή διόρθωσης (υπολογίζεται από τον πίνακα 4 σύμφωνα με την ημερήσια διακύμανση και τη διαφορά της εξωτερικής θερμοκρασίας στις 3μμ του υπολογιζόμενου μήνα από τη θερμοκρασία χώρου) και το χρώμα του τοίχου.

Για σκούρο χρώμα:

$$Dt_{ei} = (Dt_{em\ i} + D)$$

για ενδιάμεσο χρώμα:

$$Dt_{ei} = 0.78 \times (Dt_{em\ i} + D) + 0.22 \times (Dt_{es\ i} + D)$$

για ανοικτό χρώμα:

$$Dt_{ei} = 0.55 \times (Dt_{em\ i} + D) + 0.45 \times (Dt_{es\ i} + D)$$

όπου:

D: Ο συντελεστής διόρθωσης τοίχων

$D_{t_{emi}}$: Ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά ανάλογα με τον προσανατολισμό και το βάρος, για τοίχο εκτεθειμένο σε ήλιο

$D_{t_{esi}}$: Ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά από πίνακα, ανάλογα με το βάρος, για τοίχο σκιασμένο (Βόρειος προσανατολισμός)

Αν ο τοίχος είναι σκιασμένος, τότε το σκιασμένο τμήμα του τοίχου υπολογίζεται με ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά ($D_{t_{esi}} + D$) ενώ το υπόλοιπο τμήμα με την θερμοκρασιακή διαφορά που αναφέρθηκε παραπάνω δηλαδή:

$$Q_i = (K \times D_{t_{ei}} \times R_e) + (K \times (D_{t_{esi}} + D) \times R_{es})$$

όπου:

R_e : Επιφάνεια εκτεθειμένη στον ήλιο

R_{es} : Σκιασμένη επιφάνεια

6.1.3 Οροφές

Ο υπολογισμός των φορτίων από οροφές είναι αντίστοιχος με τον υπολογισμό των εξωτερικών τοίχων, χρησιμοποιώντας διαφορετικό πίνακα ισοδύναμων θερμοκρασιακών διαφορών.

6.1.4 Εσωτερικοί τοίχοι

Ο υπολογισμός των φορτίων από εσωτερικούς τοίχους προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου με το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου και με την ισοδύναμη διαφορά θερμοκρασίας για κάθε ώρα.

$$Q_i = K \times A \times D_{ti}$$

όπου:

- Q_i : Το φορτίο κατά την ώρα i
 i : Οι ώρες της ημέρας 8πμ-6μμ
 K : Θερμική αγωγιμότητα τοίχου
 A : Το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου
 Dt_i : Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά σε μη κλιματιζόμενους χώρους για την ώρα i

6.1.5 Δάπεδα

Τα φορτία από τα δάπεδα υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q = K \times A \times Dt$$

όπου:

- Q : Το υπολογιζόμενο φορτίο
 K : Η θερμική αγωγιμότητα του δαπέδου
 A : Το εμβαδόν της επιφάνειας του δαπέδου
 Dt : Η διαφορά της θερμοκρασίας του κλιματιζόμενου χώρου από τη θερμοκρασία εδάφους (θεωρείται σταθερή)

6.1.6 Ανοίγματα

Τα φορτία από τα ανοίγματα προκύπτουν από το άθροισμα των φορτίων από θερμική αγωγιμότητα και των φορτίων από ακτινοβολία.

$$Q_i = Q_{ki} + Q_{ai}$$

όπου:

- Q_i : Το συνολικό φορτίο από τα ανοίγματα κατά την ώρα i

Q_{ki} : Το φορτίο λόγω θερμικής αγωγιμότητας κατά την ώρα i

Q_{ai} : Το φορτίο λόγω ακτινοβολίας κατά την ώρα i

Το φορτίο λόγω θερμικής αγωγιμότητας (Q_{ki}) δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_{ki} = K \times A \times D_{ti}$$

όπου:

i : Οι ώρες της ημέρας

K : Η θερμική αγωγιμότητα του ανοίγματος

A : Το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος

D_{ti} : Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για αγωγιμότητα ανοιγμάτων κατά την ώρα i .

Ο υπολογισμός της ισοδύναμης θερμοκρασιακής διαφοράς για αγωγιμότητα ανοιγμάτων (D_{ti}) αναφέρεται αναλυτικά στα γενικά στοιχεία της μελέτης.

Το φορτίο λόγω ακτινοβολίας προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της επιφάνειας του ανοίγματος με το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό τζάμι διορθωμένο κατά τους απαραίτητους συντελεστές:

$$Q_{ai} = (A \times D_i \times ES_{out\ i} \times E_{Sin} \times S_1 \times S_2 \times (1 + (A_t \times 0.007 / 300)) \times (1 + ((19.5 - T_{adp}) \times 0.005 / 4))) + (A \times D_{es\ i} \times (1 - ES_{out\ i}) \times E_{Sin} \times S_1 \times S_2 \times (1 + (A_t \times 0.007 / 300)) \times (1 + ((19.5 - T_{adp}) \times 0.005 / 4)))$$

όπου:

i : Οι ώρες της ημέρας 8πμ-6μμ

A : Το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος

D_i : Το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό τζάμι, για τον δοθέντα προσανατολισμό

D_{esi} : Το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό σκιασμένο τζάμι (βόρειος προσανατολισμός)

E_{Souti} : Ο συντελεστής εξωτερικής σκίασης

E_{sin} : Ο συνολικός συντελεστής για ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από τζάμια με ή χωρίς μηχανισμό σκίασης

$S1$: Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από το πλαίσιο του ανοίγματος. Έχει τιμή 1 για τζάμια με ξύλινο πλαίσιο και 1.17 για τζάμια χωρίς πλαίσιο ή μεταλλικό πλαίσιο

$S2$: Συντελεστής που εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι ομίχλης. Έχει τιμή 1 για περιοχή χωρίς ομίχλη και τιμή 0.90 για περιοχή με ομίχλη

A_t : Το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται το κτίριο

T_{adp} : Η τιμή του σημείου δρόσου

6.1.7 Φορτία φωτισμού

Τα θερμικά κέρδη λόγω φωτισμού υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$q_{\text{tot}} = q_{c,\theta} + q_{r,\theta} = (q_{t,\theta} \times C_p) + R_p \times (r_0 \times q_{r,\theta} + r_1 \times q_{r,\theta-1} + \dots + r_{23} \times q_{r,\theta-23})$$

όπου:

$$q_{t,\theta}: \quad q_\theta \times L_c \times H_{c,\theta}$$

$$q_{r,\theta}: \quad q_{t,\theta} \times R_p$$

$$q_\theta: \quad \text{Φορτίο φωτισμού ανά ώρα } \theta$$

$$L_c: \quad \text{Συντελεστής φωτισμού}$$

$$H_{c,\theta} \quad \text{Ετεροχρονισμός ανά ώρα } \theta$$

R_p, C_p : Ποσοστό ακτινοβολών και μεταγωγικών θερμικών κερδών.

r_0, r_1, \dots : Συντελεστές ακολουθίας ακτινοβολίας

Τα θερμικά κέρδη του προηγούμενου βήματος χωρίζονται σε δύο μέρη, το ακτινοβολών και το μεταγωγικό κομμάτι. Ο διαχωρισμός γίνεται με χρήση του ενδεικτικού πίνακα της ASHRAE που ένα μέρος του φαίνεται και παρακάτω:

Ακτινοβολών (%) R_p	Μεταγωγικό C_p (%)	
100	0	Εκπεμπόμενη ηλιακή ενέργεια χωρίς εσωτερική σκίαση
63	37	Ανοίγματα με εσωτερική σκίαση
63	37	Απορροφημένη ηλιακή ενέργεια (από εξωτερική σκίαση)
0	100	Προσαγωγή και απόρριψη αέρα
56	44	Άτομα καθισμένα σε θέατρο. Πολύ ελαφρά εργασία
52	48	Εργασία γραφείου, όρθιοι, ελαφρά εργασία, περπάτημα.
88	12	Υπολογιστής
63	37	Οθόνη
78	22	Αντιγραφικό

6.1.8 Υπολογισμός φορτίων ατόμων

Το θερμικό φορτίο από τα άτομα διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι παρακάτω:

$$Q_{ai} = \sum_{j=1}^k F_{aj} * N_{ji}$$

$$Q_{li} = \sum_{j=1}^k F_{lj} * N_{ji}$$

όπου:

Q_{ai} : Το αισθητό φορτίο από τα άτομα την ώρα i

Q_{li} : Το λανθάνον φορτίο από τα άτομα την ώρα i

j : Ο τύπος βαθμού ενεργητικότητας των ατόμων σύμφωνα με τον πίνακα της Carrier.

F_{aj} : Το αισθητό φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j που εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του χώρου.

F_{lj} : Το λανθάνον φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j . Εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του χώρου.

N_{ji} : Ο αριθμός των ατόμων βαθμού ενεργητικότητας j που βρίσκονται στο χώρο κατά την ώρα i .

Ειδικότερα, ανάλογα με τον βαθμό ενεργητικότητας και την εσωτερική θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου, τα λανθάνοντα και αισθητά φορτία λαμβάνονται από τον ακόλουθο πίνακα:

ΒΑΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΤΟΜΩΝ	Αισθητά και Λανθάνοντα Φορτία (σε Kcal/h) ανάλογα με εσωτερική θερμοκρασία χώρου									
	T=23.5		T=24.5		T=25.5		T=26.5		T=27.5	
	A	Λ	A	Λ	A	Λ	A	Λ	A	Λ
Καθισμένοι σε ακινησία	60	26	56	30	52	34	48	38	44	52
Καθισμένοι σε ελαφρά εργασία	64	39	59	44	55	48	50	53	46	57
Καθισμένοι, τρώγοντας	76	69	70	75	65	80	60	85	55	90
Δουλειά Γραφείου	76	54	70	60	65	65	60	70	55	75
Ιστάμενοι ή περπατώντας αργά	90	70	83	77	77	83	71	89	65	95
Καθιστική εργασία (Εργοστάσιο)	100	98	93	105	86	112	79	119	73	125
Ελαφρά εργασία (Εργοστάσιο)	100	160	93	167	86	174	79	181	73	187
Μέτριος Χορός	120	202	111	211	103	219	95	227	87	235
Βαριά εργασία (Εργοστάσιο)	165	240	153	252	142	263	131	274	121	284
Βαριά εργασία (Γυμναστήριο)	187	263	173	277	160	290	147	303	135	315

6.1.9 Φορτία συσκευών

Όπως το φορτίο από τα άτομα έτσι και το φορτίο από τις συσκευές διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι παρακάτω:

$$Q_a = (\sum_{j=1}^k F_{aj} * N_j) + Q_1$$

$$Q_1 = (\sum_{j=1}^k F_{1j} * N_j) + Q_2$$

όπου:

Q_a: Το συνολικό αισθητό φορτίο από συσκευές

Q_l: Το συνολικό λανθάνον φορτίο από συσκευές

j: Ο τύπος της συσκευής σύμφωνα με τον πίνακα

F_{aj}: Το αισθητό φορτίο μίας συσκευής τύπου j

F_{lj}: Το λανθάνον φορτίο μίας συσκευής τύπου j

N_j: Ο αριθμός των συσκευών τύπου j που λειτουργούν στο χώρο

Q₁: Συνολικό αισθητό φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στους πίνακες

Q₂: Συνολικό λανθάνον φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στους πίνακες

Ειδικότερα, τα θερμικά κέρδη για τις διάφορες Συσκευές (σε kcal/h), λαμβάνονται από τον ακόλουθο πίνακα:

ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	Αισθητό Φορτίο	Λανθάνον Φορτίο
	(kcal/h)	(kcal/h)
Μικρή αερίου	500	125
Μεγάλη αερίου	1500	400
Ηλεκτρική 300 W	400	200
Ηλεκτρική 1 KW	600	150
Ηλεκτρική 2 KW	1200	300
Ηλεκτρική 4 KW	2000	800
Κινητήρας 1/4 HP	200	-
Κινητήρας 1 HP	700	-
Κινητήρας 5 HP	3000	-

6.1.10 Φορτία από χαραμάδες

Τα φορτία αυτά λαμβάνονται υπόψη μόνο όταν δεν υπάρχουν στο χώρο εναλλαγές αέρα από κλιματιστικές συσκευές και υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_i = (\sum_{j=1}^n P_j * a_j * b) * D_{t_i}$$

όπου:

Q_i : Το συνολικό φορτίο από χαραμάδες την ώρα i

P_j : Η περίμετρος του ανοίγματος j

n : Ο αριθμός των ανοιγμάτων

a_j : Ο συντελεστής διείσδυσης του αέρα για το άνοιγμα j . Εξαρτάται από τον τύπο του ανοίγματος

b : Συντελεστής που εξαρτάται από την έκθεση του κτιρίου σε ανέμους, το λόγο της επιφάνειας των εξωτερικών ανοιγμάτων προς την επιφάνεια των εσωτερικών ανοιγμάτων και τη θέση του ανοιγμάτων. Η τιμή του κυμαίνεται από 0.24 έως 1.6

D_{t_i} : Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i

6.1.11 Αερισμός

Ο υπολογισμός αυτός αφορά την εισαγωγή εξωτερικού αέρα για αερισμό των κλιματιζόμενων χώρων. Το φορτίο του αερισμού διακρίνεται σε αισθητό και σε λανθάνον, και υπολογίζεται από τους παρακάτω τύπους:

$$Q_{a_i} = 0.29 \times V \times n \times D_{t_i}$$

$$Q_{l_i} = 0.71 \times V \times n \times D_g$$

όπου:

Q_{a_i} : Το αισθητό φορτίο αερισμού την ώρα i

Q_{l_i} : Το λανθάνον φορτίο αερισμού την ώρα i

V : Ο όγκος του χώρου

n : Ο αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα

D_{t_i} : Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i

D_g : Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική απόλυτη υγρασία. Η διαφορά αυτή θεωρείται σταθερή για όλες τις ώρες υπολογισμού.

6.1.12 Θερμοκρασιακά στοιχεία

Ημερομηνία	Μεγ. Θερμοκρασία (°C)	Διακύμανση (°C)
23 Ιουλ.	33.7	13.1
24 Αυγ.	33.3	13.0
Υψόμετρο (m)	:	0
Περιοχή με Ομίχλη (1:Ναί 2:Όχι)	:	2
Πόλη	:	Πάτρα
Εσωτερική Υγρασία (%)	:	50
Εξωτερική Υγρασία (%)	:	46
Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	:	26
Διαφορά (T) Εξωτ. – (T) Μη Κλιμ. Χώρων (°C)	:	5
Διαφορά (T) Εδάφους – (T) Εσωτερική (°C)	:	-5
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1 - 15)	:	4
Τυπικό Ύψος Επιπέδου (m)	:	3
Συστ. Μονάδων	:	Watt

Μεθοδολογία

: Carrier

Διόρθωση Εξωτ. Θερμοκρασίας Για Το 24ωρο (23 Ιουλ.):

Ώρες : 8πμ 9πμ 10πμ 11πμ 12πμ 1μμ 2μμ 3μμ 4μμ 5μμ 6μμ

Διόρθωση D.B. : -8.6 -7.2 -5.7 -4.3 -2.8 -1.7 -0.5 0.0 -0.5 -1.1 -1.7

Διορθ. Εξωτ. Θερμ. : 25.1 26.5 28.0 29.4 30.9 32.0 33.2 33.7 33.2 32.6 32.0

ΔΤ Παραθύρων : -0.9 0.5 2.0 3.4 4.9 6.0 7.2 7.7 7.2 6.6 6.0

ΔΤ Μη Κλιμ. Χώρων : -5.9 -4.5 -3.0 -1.6 -0.1 1.0 2.2 2.7 2.2 1.6 1.0

Συντελεστής Διόρθωσης (23 Ιούλ.) : -1.45

6.1.13 Τυπικά στοιχεία κτιρίου - εξωτερικοί τοίχοι

Εξ. Τοίχοι	Περιγραφή	Τύπος	Τύπος	Τύπος	Συντ. k Kcal/m ² hc Τοίχων Οροφών	Βάρος kg/m ²	Χρώμα
		ASHRAE CLTD	ASHRAE TFM	ASHRAE RTS			
T1							
T2	Διπλή εξωτερική τοιχοποιία	C	G4	17	0.415	300	2
T3	Τοιχοποιία σε επαφή με Μ.Θ.Χ.				0.715	100	2
T4	Δοκός/υποστυ- λωμα/τοίχωμα σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	B	H2	31	0.792	500	2
T5	Τοιχία χωρίς θερμομόνωση	B	H10	35	3.165	500	2

T6	Τοιχία χωρίς θερμομόνωση σε επαφή με Φ.Ε.	B	H10	35	3.953	500	2
T7	Εξωτερική δοκός/υποστώλωμα/τοίχωμα	B	H2	31	0.432	500	2
T8							
T9	Τοίχοι συρομένων 36	C	G10	17	0.346	300	2

6.1.14 Τυπικά στοιχεία κτιρίου - εσωτερικοί τοίχοι

Εσ. Τοίχοι	Περιγραφή	Συντ. k Kcal/m ² hc Εσ. Τοίχων Δαπέδων
E1	Τοιχοποιία σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	0.715
E2	Τοίχος δρομικός	2.043
E3		
E4		
E5		
E6		
E7	Εξωτερική δοκός/υποστώλωμα/τοίχωμα	0.432

6.1.15 Τυπικά στοιχεία κτιρίου – οροφές

Οροφές	Περιγραφή	Τύπος ASHRAE CLTD	Τύπος ASHRAE TFM	Τύπος ASHRAE RTS	Συντ. Κ Kcal/m ² hc Τοίχων Οροφών	Βάρος kg/m ²	Χρώμα
Ο1	Συμβατικό δώμα	C	G8	17	0.395	200	1.2
Ο2	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	4	8	18	0.44	50	

6.1.16 Τυπικά στοιχεία κτιρίου – δάπεδα

Δάπεδα	Περιγραφή	Συντ. κ Kcal/m ² hc Εσ. Τοίχων Δαπέδων
Δ1		
Δ2	Δάπεδο σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	0.369
Δ3	Δάπεδο σε επαφή με Φ.Ε.	0.599
Δ4	Δάπεδο χωρίς θερμομόνωση σε επαφή με Φ.Ε.	1.853

6.1.17 Τυπικά στοιχεία κτιρίου – ανοίγματα

Ανοίγμ.	Περιγραφή	Πλάτ. (m)	Ύψος (m)	Συντ.κ Kcal/m ² hc Ανοιγμάτων	Συντ. Τζαμ.	Ειδ. Πλαισ	Συντ.α
A1	Απλό κοινό τζάμι (μεταλλικό ισ.πλαίσιο 7.5cm)	1.40	1.00	6.000	0.58		
A2	Απλό κοινό τζάμι (μεταλλικό ισ.πλαίσιο 7.5cm)	1.80	1.00	6.000	0.60		
A3	Απλό κοινό τζάμι (μεταλλικό ισ.πλαίσιο 7.5cm)	0.70	1.00	6.000	0.51		
A4	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	2.60	2.40	5.810	0.00	2	
A5	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	1.40	2.40	3.000	0.44		
A6	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	1.80	1.40	3.000	0.45		
A7	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.40	1.40	3.000	0.33		
A8	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.40	1.40	3.000	0.33		
A9	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.70	1.00	3.000	0.40		
A10	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	2.45	2.40	3.000	0.49		
A11	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	1.00	2.20	3.480	0.00	1	
A12	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	1.00	2.40	5.810	0.00	2	
A13	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.90	2.40	3.000	0.47		
A14	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	1.40	1.10	3.000	0.41		

A15	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.80	0.70	3.000	0.38		
A16	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	1.00	1.10	5.810	0.00	2	
A17	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.80	1.20	3.000	0.33		

6.1.18 Συνολικά ψυκτικά φορτία (Watt)

Οι τιμές που επιλέγονται για τα συνολικά ψυκτικά φορτία του κάθε χώρου είναι οι μέγιστες, δηλ. την ημέρα και ώρα που έχουμε τα περισσότερα κέρδη. Οι οποίες μέρες είναι η 23^η Ιουλίου και η 24^η Αυγούστου, ενώ η ώρα είναι η 3 μμ.

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ

1 ΣΑΛΟΝΙ-ΚΟΥΖΙΝΑ	:	2.349
2 ΧΩΛ	:	741
3 Υ/Δ1	:	1.344
4 Υ/Δ2	:	1.374
Άθροισμα Φορτίων Επιπέδου	:	5.808

Επίπεδο : ΟΡΟΦΟΣ

1 ΣΑΛΟΝΙ-ΚΟΥΖΙΝΑ	:	3.404
2 Υ/Δ1	:	420
3 Υ/Δ2	:	828
Άθροισμα Φορτίων Επιπέδου	:	4.652

Συνολικές Φορτίων Κτιρίου : 10.460 W = 10,46 kW

6.2 Μελέτη Θέρμανσης – Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών

Ως «**θερμική απώλεια**» ορίζεται το ποσό θερμότητας που πρέπει να προστεθεί στο κτίριο ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους ή θερμοκρασία που έχει επιλεγεί και να πληρούνται οι συνθήκες ευεξίας, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα.

Οι μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων σχεδιασμού είναι αυτή του Γερμανικού Κανονισμού DIN 4701 και η μεθοδολογία υπολογισμού κατά ASHRAE, η οποία περιέχεται στο ASHRAE Handbook of Fundamentals.

Η παρούσα μελέτη για τις θερμικές απώλειες έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού adapt/fcalc της 4M και σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 TOTEE. Δεν κρίθηκε απαραίτητο να γίνει παρουσίαση υπολογισμών με το χέρι λόγω της πληθώρας υπολογισμών τους, αλλά και γιατί κυρίως σήμερα οι βασικοί υπολογισμοί για τις θερμικές απώλειες γίνονται με τη χρήση υπολογιστή.

6.2.1 Παραδοχές & κανόνες υπολογισμών

Με βάση το DIN 4701, οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

- α)** Απώλειες θερμοπερατότητας Q_o , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τοιχοί, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ)
- β)** Απώλειες λόγω προσαυξήσεων.
- γ)** Απώλειες αερισμού χώρου Q_L .

α) Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_o = k \cdot F \cdot (t_i - t_a) = \frac{F(t_i - t_a)}{1/k} \text{ σε w (ή Kcal/h)}$$

όπου:

Q_o : Απώλειες θερμότητας

F : Επιφάνεια του δομικού τμήματος m^2

k : Συντελεστής θερμοπερατότητας $W/m^2 K$ (ή $Kcal/m^2 K$)

$1/k$: Αντίσταση θερμοπερατότητας σε $m^2 K/W$

t_i : Θερμοκρασία χώρου σε $^{\circ}C$

t_a : Θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε $^{\circ}C$

β) Οι προσαυξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

β1) προσαύξηση Z_H την επίδραση του προσανατολισμού.

($Z_H = -5$ για N, NΔ, NA $Z_H = +5$ για B, BΔ, BA και $Z_H = 0$ για Δ και A)

β2) προσαύξηση $Z_U + Z_A = Z_D$ διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων (στο DIN 4701/83 αγνοείται ο συντελεστής Z_U). Η προσαύξηση Z_D προσδιορίζεται με βάση το $D = Q_o / (F_{ges} \times \Delta t)$, όπου F_{ges} η συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο, και τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με τον πίνακα:

β2.1) Z_D για DIN77

Τιμή D

Τρόπος Λειτουργίας	0.1-0.29	0.30-0.69	0.70-1.49
0 ώρες διακοπής	7	7	7

8-12 ώρες διακοπής	20	15	15
12-16 ώρες διακοπής	30	25	20

β2.2) Ο συντελεστής Z_D για το DIN83 μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του D περίπου γραμμικά (βλ. καμπύλη Z_D για το DIN83) παίρνοντας τιμές από το 0 μέχρι το 13.

Επομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις είναι:

$$Q_T = Q_o (1 + Z_D + Z_H) = Q_o \times Z$$

γ) Οι απώλειες αερισμού Q_L υπολογίζονται εναλλακτικά:

γ1) Από την σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό:

$$Q_L = V \times \rho \times c (t_i - t_a) \text{ (σε w)}$$

όπου:

V: Όγκος εισερχομένου αέρα σε m^3/s

c: Ειδική θερμότητα του αέρα σε $kJ/g K$

ρ : Πυκνότητα του αέρα σε kg/m^3

γ2) Από την σχέση υπολογισμού απωλειών λόγω χαραμάδων (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός):

$$Q_L = \Sigma Q A_i, \text{ όπου:}$$

$$Q A_i = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z_{\Gamma} \text{ για κάθε άνοιγμα.}$$

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

α : Συντελεστής διείσδυσης αέρα

Σl : Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)

R: Συντελεστής διεισδυτικότητας (στο DIN 4701/83 ορίζεται ο συντελεστής r).

H: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης (στο DIN 4701/83 ο συντελεστής H προσαυξάνεται αυτόματα για ύψος πάνω από 10 m σύμφωνα με τον συντελεστή e_{GA}).

Δt : Διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς °C)

Z_T : Συντελεστής γωνιακών παραθύρων (στην περίπτωση γωνιακών παραθύρων παίρνει την τιμή 1.2 αντί της κανονικής 1)

δ) Το τελικό σύνολο των θερμικών απωλειών δεν είναι παρά το άθροισμα των Q_T και Q_L , δηλαδή:

$$Q_{ολ} = Q_T + Q_L$$

6.2.2 Στοιχεία κτιρίου

Πόλη	Πάτρα
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	-1
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1-15)	4
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Μεθοδολογία Υπολογισμού	EN 12831
Σύστημα Μονάδων	Watt

6.2.3 Τυπικά στοιχεία - εξωτερικοί τοίχοι

Εξ. Τοίχοι	Περιγραφή	Συντ. Κ (Watt/m ² K) Εξωτερικών Τοίχων
T1		
T2	Διπλή εξωτερική τοιχοποιία	0.415
T3	Τοιχοποιία σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	0.715
T4	Δοκός/υποστύλωμα/τοίχωμα σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	0.792
T5	Τοιχία χωρίς θερμομόνωση	3.165
T6	Τοιχία χωρίς θερμομόνωση σε επαφή με Φ.Ε.	3.953
T7	Εξωτερική δοκός/υποστύλωμα/τοίχωμα	0.432
T8		
T9	Τοίχοι συρομένων 36	0.346

6.2.4 Τυπικά στοιχεία - εσωτερικοί τοίχοι

Εσ. Τοίχοι	Περιγραφή	Συντ. Κ (Watt/m ² K) Εσωτερικών Τοίχων
E1	Τοιχοποιία σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	0.715
E2	Τοίχος δρομικός	2.043
E3		
E4		
E5		
E6		
E7	Εξωτερική δοκός/υποστύλωμα/τοίχωμα	0.432

6.2.5 Τυπικά στοιχεία – οροφές

Οροφές	Περιγραφή	Συντ. Κ (Watt/m ² K) Οροφών
O1	Συμβατικό δώμα	0.395
O2	Οροφή σε εσοχή	0.397

6.2.6 Τυπικά στοιχεία - δάπεδα

Δάπεδα	Περιγραφή	Συντ. Κ (Watt/m ² K) Δαπέδων
Δ1		
Δ2	Δάπεδο σε επαφή με Μ.Θ.Χ.	0.369
Δ3	Δάπεδο σε επαφή με Φ.Ε.	0.599
Δ4	Δάπεδο χωρίς θερμομόνωση σε επαφή με Φ.Ε.	1.853

6.2.7 Τυπικά στοιχεία – ανοίγματα

Ανοίγματα	Περιγραφή	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Συντ.κ (Watt/m ² K) Ανοιγμάτων	Συντ.α	Φύλλα
A1	Απλό κοινό τζάμι (μεταλλικό ισ.πλαίσιο 7.5cm)	1.40	1.00	6.073		1
A2	Απλό κοινό τζάμι (μεταλλικό ισ.πλαίσιο 7.5cm)	1.80	1.00	6.043		1

A3	Απλό κοινό τζάμι (μεταλλικό ισ.πλαίσιο 7.5cm)	0.70	1.00	6.212		1
A4	Άνοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	2.60	2.40	5.810		1
A5	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	1.40	2.40	2.430		2
A6	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	1.80	1.40	2.405		2
A7	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.40	1.40	2.831		1
A8	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.40	1.40	2.831		1
A9	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.70	1.00	2.572		1
A10	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	2.45	2.40	2.226		2
A11	Άνοιγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	1.00	2.20	3.480		1
A12	Άνοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	1.00	2.40	5.810		1
A13	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.90	2.40	2.324		1
A14	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	1.40	1.10	2.550		2
A15	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.80	0.70	2.633		1
A16	Άνοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	1.00	1.10	5.810		1
A17	Διπλό διακένου 12mm (ισ.πλαίσιο 7.5cm+μεμβράνη)	0.80	1.20	2.849		2

6.2.8 Συνολικές απωλειών χώρων (Watt)

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ

1 ΣΑΛΟΝΙ-ΚΟΥΖΙΝΑ	:	1.616
2 ΧΩΛ	:	395
3 Υ/Δ1	:	777
4 Υ/Δ2	:	696
5 ΛΟΥΤΡΟ	:	500
Άθροισμα Φορτίων Επιπέδου	:	3.984

Επίπεδο : ΟΡΟΦΟΣ

1 ΣΑΛΟΝΙ-ΚΟΥΖΙΝΑ	:	2.378
2 ΧΩΛ	:	58
3 Υ/Δ1	:	627
4 Υ/Δ2	:	971
5 ΛΟΥΤΡΟ	:	247
Άθροισμα Φορτίων Επιπέδου	:	4.281

Συνολικές Απώλειες Κτιρίου : 8.265 Watt = 8,27 kW

6.3 Υπολογισμός Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας (Γ.Α.Θ.)

6.3.1 Γεωθερμικές αντλίες για θέρμανση – ψύξη – ζεστό νερό χρήσης

Νέα κτίρια και κατοικίες

Σε νέες κατοικίες ή κτίρια κάθε χρήσης, οι αντλίες θερμότητας είναι μονόδρομος με βάση όλα τα πιθανά κριτήρια: οικονομία, άνεση, ευκολία χρήσης. Η Climaveneta διαθέτει μοντέλα για κάθε χώρο, από 50 έως 1500 τετραγωνικά.

Το εμπόδιο

Το μεγαλύτερο εμπόδιο για την εγκατάσταση αντλιών θερμότητας σε νέα κτίρια και σπίτια είναι... στο μυαλό μας: η διστακτικότητα και η έλλειψη ενημέρωσης των ιδιωτών, αλλά και των μηχανικών, που το μόνο που ξέρουν είναι ο "παλιός καλός λέβητας". Οφείλουμε λοιπόν να μη μένουμε προσκολλημένοι στο παρελθόν, διότι θα το πληρώνουμε ακριβά και θα το μετανιώνουμε κάθε μέρα στο μέλλον!

Τα οικονομικά

Με μικρό επιπλέον κόστος, που αντιστοιχεί:

- στην αγορά μίας αντλίας θερμότητας, αντί για λέβητα και δεξαμενή
- στην εγκατάσταση fan coils αντί για σώματα καλοριφέρ

κερδίζετε:

- ψύξη για το καλοκαίρι, δηλαδή γλιτώνετε και το κόστος αγοράς κλιματιστικών σε κάθε δωμάτιο
- φθηνό ζεστό νερό κάθε μέρα, όλη μέρα, δηλαδή γλιτώνετε και το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ηλιακού και ηλεκτρικού θερμοσίφωνα για το χειμώνα.

Η αίσθηση θερμότητας

Η έλλειψη αντικειμενικής ενημέρωσης οδηγεί και σε παρεξηγήσεις που έχουν να κάνουν με το πόσο... ευχάριστη είναι η θέρμανση από την αντλία θερμότητας. Η απάντηση είναι μία: η αίσθηση είναι κορυφαία, καλύτερη ακόμα και από το καλοριφέρ, με μεγαλύτερη και ταχύτερη διάχυση της θερμότητας στο χώρο και χωρίς κανένα από τα αρνητικά φαινόμενα που παρουσιάζουν τα κλιματιστικά, οι υπέρυθρες, τα τζάκια κ.λπ. Εάν επιλεγθεί μάλιστα η λύση των κρυφών αεραγωγών, μπορούμε να έχουμε επίσης αερισμό, εξαερισμό και φιλτράρισμα του αέρα.

Το αισθητικό θέμα

Κάποιους ιδιώτες, αλλά και αρχιτέκτονες, ενδιαφέρουν και τα θέματα αισθητικής. Οι αντλίες θερμότητας είναι καλύτερες και εκεί:

- ένα μόνο μηχάνημα μικρών διαστάσεων σε εξωτερικό χώρο

- ελάχιστη κατάληψη χώρου εσωτερικά, με μοντέρνα fan coils (slim) μικρότερων διαστάσεων από σώματα καλοριφέρ, ενδοδαπέδια σωλήνωση ή τελείως κρυφούς αεραγωγούς.

6.3.2 Διαστασιολόγηση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

Σύμφωνα με τις μελέτες μας, τα φορτία είναι 8,27 kw στην θέρμανση και 10,46 kw στη ψύξη. Εάν υπολογίσουμε και ένα ποσοστό της τάξης των 15 %, σε περίπτωση που θέλουμε να καλύψουμε και τις ανάγκες της οικείας για ζεστό νερό χρήσης, θα χρειαστούμε μονάδα αποδόσεως 9,51 kw.

Από τη σειρά BWR MTD της εταιρίας Climaveneta θα επιλέξουμε για την εφαρμογή μας το μοντέλο 0041 t, τριφασικής παροχής ρεύματος.

Η επιλεγμένη μονάδα αποδίδει 11,8 kw στην θέρμανσης και 12,2 kw στην ψύξη, υπό τις εξής συνθήκες:

- **Συνθήκες μέτρησης Ψύξη:** Νερό εξατμιστή ψύξης 12°C / 7°C.
- **Συνθήκες μέτρησης Θέρμανση:** Νερό συμπυκνωτή θέρμανσης 30°C / 35°C

Παρατηρούμε ότι η μονάδα μας καλύπτει πλήρως (100 %) τα ψυκτικά φορτία κατά το θέρος και τις απώλειες κατά τον χειμώνα. Εάν αξιοποιήσουμε την μονάδα και για ζεστό νερό χρήσης, επίσης μας καλύπτει σχεδόν στο 100 %. Οι αντλίες θερμότητας κάνουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας όταν έχουν συνεχή λειτουργία. Έχουν τη λογική ότι δουλεύουν μια φορά στο maximum, καλύπτοντας μια φορά τις απώλειες από τοιχοποιεία, δάπεδο, οροφή, ανοίγματα κλπ., και όταν επιτύχουν την επιθυμητή θερμοκρασία του θερμοστάτη χώρου, ρίχνουν τις στροφές τους και την απόδοσή τους, συντηρώντας απλά τη θερμοκρασία.

Μικρότερου μεγέθους μονάδα, θα μπορούσαμε να είχαμε επιλέξει και στην περίπτωση που βασιζόμασταν στον ετεροχρονισμό των χώρων, χρησιμοποιώντας τοπικούς θερμοστάτες. Επειδή όμως, δεν μπορούμε να γνωρίζουμε ποια θα είναι η χρήση σε μια οικεία, καθώς και ότι δεν αντιλαμβάνονται όλοι οι άνθρωποι τους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας, επιλέγουμε μονάδα που να μας καλύπτει στο 100 % τις απώλειες μας.

6.3.3 Χαρακτηριστικά της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

- Λειτουργίες: - Ψύξη και Ζεστά νερά χρήσης
- Θέρμανση και Ζεστά νερά χρήσης
- Ζεστά νερά χρήσης
- Ειδικά σχεδιασμένη για γεωθερμικά συστήματα με αντιστροφή στον ψυκτικό κύκλο.
- Κορυφαίος Ενεργειακά βαθμός απόδοσης.
- Απλοποιημένη εγκατάσταση λόγω των ενσωματωμένων ψυχοστασίων.
- Παραγωγή ψυχρού και ζεστού νερού έως 55οC
- Ενεργειακή κλάση A
- Λειτουργία σε οποιαδήποτε εξωτερική θερμοκρασία

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ:

- Σκελετός και βάση από γαλβανισμένο εν θερμώ χάλυβα με φινίρισμα εποξικής βαφής πούδρας.
- Υψηλής απόδοσης πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 316 με χαμηλές πτώσεις πίεσης, εξοπλισμένοι με θερμομαντική αντίσταση για αντιπαγωγική προστασία.
- Ερμητικοί συμπιεστές scroll, εξοπλισμένοι με θερμομαντική αντίσταση ψυκτελαίου και θερμική προστασία.
- Ηχομονωμένα πάνελ για μείωση της στάθμης θορύβου.
- Ελαστικά αντικραδασμικά στήριξης.
- Ομαλός εκκινητής (soft-starter) για τα μονοφασικά μοντέλα 230V/1/50Hz (ms).
- Ρελέ ελέγχου αλληλουχίας φάσεων για τα τριφασικά μοντέλα.
- Το ενσωματωμένο υδραυλικό κύκλωμα περιλαμβάνει:
- Κυκλοφορητή μεταβλητής παροχής για τα μοντέλα 0011 - 0061 και φυγοκεντρική αντλία μεταβλητής παροχής για τα μοντέλα 0071 - 0121 (κύκλωμα κατανάλωσης).
- Κυκλοφορητή μεταβλητής παροχής για τα μοντέλα 0011 - 0031, φυγοκεντρική αντλία μεταβλητής παροχής για τα μοντέλα 0041 - 0121 στο δευτερεύον κύκλωμα (για γεωθερμικά συστήματα με κατακόρυφους ή οριζόντιους κλειστούς βρόχους).
- Βαλβίδα ασφαλείας.
- Δοχείο διαστολής.
- Διάταξη χειροκίνητης πλήρωσης.
- Μανόμετρο.
- Εξαεριστικό.
- Κρουνό εκκένωσης και στα δύο υδραυλικά κυκλώματα (κατανάλωσης – δευτερεύον).
- Διαφορικό πρεσσοστάτη και στα δύο υδραυλικά κυκλώματα (κατανάλωσης δευτερεύον).

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		0031 ms	0041 ms	0041 t	0061 t	0071 t	0091 t	0101 t	0121 t
Θερμαντική απόδοση	kW	9,2	11,7	12,2	16	19,8	23	26,5	33,3
Απορροφούμενη ισχύς	kW	2,35	2,8	2,8	3,5	4,4	4,9	5,8	7,3
COP Eurovent		3,92	4,18	4,36	4,57	4,5	4,69	4,57	4,56
Ψυκτική απόδοση	kW	8,8	11,3	11,8	15,7	19,8	22,9	26	33,4
Απορροφούμενη ισχύς	kW	2,6	3,2	3,19	4	5,1	5,8	6,8	8,4
EER Eurovent		3,38	3,53	3,7	3,93	3,88	3,95	3,82	3,98
ESEER		3,95	3,9	4,08	4,51	4,4	4,61	4,33	4,37
Ηλεκτρική παροχή	V-Ph-Hz	230-1-50	230-1-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50
Στάθμη θορύβου	dB(A)	39	44	44	45	51	51	55	55
Διαστάσεις (mm) :	Μήκος	680	680	680	680	680	680	680	680
	Ύψος	1105	1105	1105	1105	1105	1105	1105	1105
	Πλάτος	845	845	845	845	845	845	845	845
Βάρος σε λειτουργία	kg	195	210	210	225	240	245	250	270
Συνθήκες: Νερό συμπυκνωτή Θέρμανσης : 30°/35 °C Νερό εξατμιστή Ψύξης : 12°/7 °C									

- 1) Νερό είσοδος - έξοδος 30/35°C (συστήματος), Νερό είσοδος-έξοδος 0°C / -3°C (πηγής)
- 2) Η Συνολική απορροφούμενη ισχύς έχει υπολογιστεί σύμφωνα με το Eurovent
- 3) Κρύο νερό είσοδος - έξοδος 23/18°C , Νερό γεωεναλλάκτη είσοδος-έξοδος 30°C / 35°C
- 4) Ζεστό νερό είσοδος - έξοδος 40/45°C, Νερό γεωεναλλάκτη είσοδος-έξοδος 0°C / -3°C
- 5) Κρύο νερό είσοδος - έξοδος 12/7°C , Νερό γεωεναλλάκτη είσοδος-έξοδος 30°C / 35°C
- 6) Σύμφωνα με το ISO 9614 & Eurovent 8./1.
- 7) Μετρημένη σε απόσταση περίπου 1 μέτρου από τις εξωτερικές διαστάσεις της μονάδας

6.4 Υπολογισμός Τερματικών Μονάδων Fan Coil

Στην εφαρμογή μας θα χρησιμοποιήσουμε θα χρησιμοποιήσουμε σώματα εξαναγκα-σμένης κυκλοφορίας αέρα (fan coils).

6.4.1 Παραδοχές & κανόνες υπολογισμών

Η επιλογή διατομής σωλήνα σε κάποιο τμήμα δικτύου γίνεται δεδομένης της παροχής και με περιορισμό για την ταχύτητα. Ειδικότερα, οι υπολογισμοί γίνονται με βάση τα παρακάτω:

α) Οι παροχές στα τμήματα που καταλήγουν σε μονάδες Fan Coils καθορίζονται από την απόδοση των Fan Coils σύμφωνα με τους πίνακες ή τα διαγράμματα του κατασκευαστή, για τις αντίστοιχες συνθήκες θερμοκρασιών περιβάλλοντος, νερού κλπ. Η διατομή του σωλήνα θα επιλεγεί με βάση την παροχή για την δυσμενέστερη ώρα (δηλαδή την μέγιστη παροχή).

β) Οι παροχές αθροίζονται στους κόμβους (διακλαδώσεις) του δικτύου.

γ) Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς είναι:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \quad (\text{εξίσωση συνέχειας})$$

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (\text{εξίσωση Darcy})$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{εξίσωση Colebrook})$$

$$\text{Re} = \frac{VD}{\nu} \quad (\text{αριθμός Reynolds})$$

όπου:

Q: Παροχή σε m³/h

D: Εσωτερική διάμετρος σε m

V: Μέση ταχύτητα σε m/s

J: Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m

Δh: Απώλειες πίεσης σε m

L: Μήκος αγωγού σε m

λ: Συντελεστής τριβής

k: Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm

Re: Αριθμός Reynolds

ν: Ιξώδες νερού σε m²/sec

δ) Οι τριβές στα εξαρτήματα (γωνίες, ταυ, κρουνοί κλπ) κάθε τμήματος του δικτύου υπολογίζονται με την σχέση:

$$J = \frac{1}{2} \sum \zeta \rho V^2$$

όπου:

Σζ: Συνολική αντίσταση των εξαρτημάτων του κλάδου

ρ: Πυκνότητα νερού

Η πτώση πίεσης μέσα σε κάθε μονάδα FCU, υπολογίζεται αναλυτικά, με βάση την χαρακτηριστική του αντίσταση ζ που δίνει ο κατασκευαστής και την παραπάνω σχέση.

6.4.2 Παράμετροι ψύξης - στοιχεία δικτύου

Θερμοκρασία Νερού (°C)	8
Διαφορά Θερμοκρασίας Μονάδων FC (°C)	5
Τύπος Κύριου Σωλήνα	Χαλκοσωλήνας ευθύγραμμος
Συντ. Τραχύτητας Κύριου Σωλήνα (μm)	1.5
Τύπος Δευτερεύοντος Σωλήνα	Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο με φραγή οξυγόνου
Συντ. Τραχύτητας Δευτερεύοντος Σωλήνα (μm)	6
Σύστημα Μονάδων	KWatt
Αναλυτικός υπολογισμός περιεχόμενου νερού	1

6.4.3 Παράμετροι θέρμανσης - στοιχεία δικτύου

Θερμοκρασία Προσαγωγής Νερού (°C)	45
Διαφορά Θερμοκρασίας Σωμάτων (°C)	10
Τύπος Κύριων Σωλήνων	Χαλκοσωλήνας Ευθύγραμμος
Τραχύτητα Κύριων Σωλήνων (μm)	1.5
Τύπος Δευτερευόντων Σωλήνων	Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο με φραγή οξυγόνου
Τραχύτητα Δευτερευόντων Σωλήνων (μm)	6
Σύστημα Μονάδων	KWatt

6.4.4 Σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (fan coils)

Το σύστημα Σωμάτων Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας - (Fan Coils) είναι ένα σύστημα από εσωτερικές μονάδες που μεταφέρει την θερμότητα ή την ψύξη στους διάφορους χώρους μέσω της τροφοδοσίας τους με νερό κατάλληλης θερμοκρασίας.

Πλεονεκτήματα:

- Μικρότερο κόστος
- Αποτελεσματικότητα, δηλαδή ικανοποιεί τις απαιτήσεις του χρήστη στην άμεση ζήτηση
- Προσφέρει άνεση και δίνει τη δυνατότητα της εφαρμογής ενός βοηθητικού συστήματος αερισμού

Σε κτίρια προσωρινής διαμονής, όπως και σε χώρους συνάθροισης κοινού, τα Σώματα Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας (Fan Coils) αποτελούν μια καλή και αξιόπιστη λύση, όπως είναι και η μοναδική λύση για υφιστάμενα κτίρια που θα ήθελαν ένα καλύτερο τρόπο ψύξης από τις τοπικές κλιματιστικές μονάδες, χωρίς να γίνει εκτεταμένη ανακατασκευή του κτιρίου.



Εικόνα 14.1.: Μοντέλο FWV της εταιρείας Daikin

2 Προδιαγραφές

2-1 Τεχνικά χαρακτηριστικά - (2 σωλήνες)				FWV02DATN 6V3/TN6V3	FWV03DATN 6V3/TN6V3	FWV04DATN 6V3/TN6V3	FWV05DATN 6V3/TN6V3	FWV06DATN 6V3/TN6V3	FWV08DATN 6V3/TN6V3	FWV10DATN 6V3/TN6V3	
Απόδοση ψύξης	Συνολική απόδοση	Υψ.	kW	1,54 (1)	2,09 (1)	2,93 (1)	4,33 (1)	4,77 (1)	6,71 (1)	8,02 (1)	
		Όνομ.	kW	1,24 (1)	1,81 (1)	2,38 (1)	3,27 (1)	3,87 (1)	5,27 (1)	6,24 (1)	
		Χαμηλή	kW	1,04 (1)	1,45 (1)	1,76 (1)	2,51 (1)	3,17 (1)	3,97 (1)	4,11 (1)	
	Αισθητή απόδοση	Υψ.	kW	1,20 (1)	1,51 (1)	2,11 (1)	3,15 (1)	3,65 (1)	4,91 (1)	5,96 (1)	
		Όνομ.	kW	0,97 (1)	1,31 (1)	1,70 (1)	2,45 (1)	2,92 (1)	3,83 (1)	4,63 (1)	
		Χαμηλή	kW	0,79 (1)	1,05 (1)	1,26 (1)	1,80 (1)	2,32 (1)	2,84 (1)	3,05 (1)	
Απόδοση θέρμανσης	2 σωλήνων	Υψ.	kW	2,14 (2)	2,57 (2)	3,81 (2)	5,83 (2)	6,36 (2)	7,83 (2)	10,08 (2)	
		Μέτρια	kW	1,73 (2)	2,18 (2)	3,06 (2)	4,30 (2)	5,21 (2)	6,23 (2)	7,80 (2)	
		Χαμηλή	kW	1,43 (2)	1,79 (2)	2,28 (2)	3,29 (2)	4,24 (2)	4,77 (2)	5,24 (2)	
Ισχύς εισόδου	Υψ.	W	37	53	56	98		137	175		
	Όνομ.	W	28	36	43	61	68	104	130		
	Χαμηλή	W	21	24	29	38	47	76	90		
Περβλήμα	Χρώμα	Πλαστικό και μεταλλικό RAL9010									
	Υλικό	Πλαστικό γαλβανισμένο μέταλλο									
Διαστάσεις	Μονάδα	Ύψος	mm	584							
		Πλάτος	mm	774	984	1.194		1.404			
		Βάθος	mm	226							
				251							
Βάρος	Μονάδα	kg	19	20	25	30	31	41			
	Βάρος λειτουργίας	kg	-								
Εναλλάκτης θερμότητας	Σειρές	Ποσότητα	2		3						
	Στάδια	Ποσότητα	10						12		
	Βήμα πριγίου	mm	1,8	1,8		1,8	1,8		2,1		
	Εμβαδόν πρόσφυσης	m ²	0,086		0,138	0,191		0,292			
	Όγκος νερού	l	0,5	0,7	1	1,4		2,1			
Ροή νερού	Ψύξη	l/h	265	369	504	745	820	1.154	1.343		
	Θέρμανση	l/h	265	359	504	745	820	1.154	1.343		
Πίεση πίεσης νερού	Ψύξη	kPa	13		11	12	14	12	19		
	Θέρμανση	kPa	9	11	9		10	9	16		
Ανεμιστήρας	Τύπος	Φυλακωμένος, πολλαπλών πριγίων, διπλής αναρρόφησης									
	Ποσότητα	1			2						
	Ταχύτητα ροής αέρα	Υψ.	m ³ /ώρα	319	344	442	706	786	1.011	1.389	
		Μέτρια	m ³ /ώρα	233	271	341	497	605	771	1.022	
		Χαμηλή	m ³ /ώρα	178	211	241	361	470	570	642	
Διαθέσιμη πίεση	Υψ.	Pa	-								
Κινητήρας ανεμιστήρα	Ταχύτητα	Διαβάθμισεις	3 (υψηλή, μεσαία, χαμηλή)								
	Μοντέλο	Επαγγελματικό σύστημα κλειστού τύπου, μόνωση κλάσης Β, θερμική ασφάλεια περιέλιξης									
Στάθμη ηχητικής ισχύος	Υψ.	dBA	45	50	47	52	56	58	64		
	Όνομ.	dBA	39	44	41	43	49	51	57		
	Χαμηλή	dBA	33	36	33	35	43	44	48		
Συνδέσεις σωληνώσεων	Συμμετρικών	Εξ.Διάμ.	16								
Μονωτικό υλικό	Αυτοαβενόμνο, Κατηγορία 1										
Αντιραδασμική μόνωση	Ελαστικός διακόλλος για κινητήρα ανεμιστήρα										
Φίλτρο αέρα	Πλαστικό										
Συνδέσεις νερού	Στάθμη εναλλάκτης θερμότητας	ln	12				34				
Σημειώσεις	(1)Ψύξη: 4 σωλήνες αέρας 27°CDB, 19°CWB, νερό εισόδου 7°C, νερό αναχώρησης 12°C										
	(2)Θέρμανση: 4 σωλήνες αέρας 20°CDB, νερό προσαγωγής 50°C, ταχύτητα ροής νερού δισαμείνεται κατά την ψύξη										
	(3)Ροή αέρα σε 0Pa ESP										

2 Προδιαγραφές

2-2 Τεχνικά χαρακτηριστικά - (4 σωλήνες)				FWV04DAFN 0V3/FV0V3	FWV05DAFN 0V3/FV0V3	FWV06DAFN 0V3/FV0V3	FWV08DAFN 0V3/FV0V3	FWV09DAFN 0V3/FV0V3	FWV10DAFN 0V3/FV0V3				
Απόδοση ψύξης	Συνολική απόδοση	Υψ.	KW	1,46 (1)	1,90 (1)	2,67 (1)	4,33 (1)	4,67 (1)	6,64 (1)	7,88 (1)			
		Όνομ.	KW	1,24 (1)	1,62 (1)	2,30 (1)	3,27 (1)	3,81 (1)	5,23 (1)	6,16 (1)			
		Χαμηλή	KW	0,99 (1)	1,36 (1)	1,73 (1)	2,48 (1)	3,11 (1)	3,93 (1)	4,07 (1)			
	Αισθητή απόδοση	Υψ.	KW	1,14 (1)	1,51 (1)	2,07 (1)	3,15 (1)	3,57 (1)	4,85 (1)	5,85 (1)			
		Όνομ.	KW	0,97 (1)	1,25 (1)	1,66 (1)	2,45 (1)	2,87 (1)	3,80 (1)	4,57 (1)			
		Χαμηλή	KW	0,75 (1)	1,10 (1)	1,34 (1)	1,78 (1)	2,28 (1)	2,82 (1)	3,02 (1)			
Απόδοση θέρμανσης	2 σωλήνων	Υψ.	KW	1,90 (2)	2,10 (2)	3,08 (2)	5,05 (2)	5,30 (2)	7,91 (2)	9,30 (2)			
		Μέτρια	KW	1,70 (2)	1,78 (2)	2,66 (2)	4,25 (2)	4,65 (2)	6,83 (2)	7,95 (2)			
		Χαμηλή	KW	1,50 (2)	1,56 (2)	2,18 (2)	3,80 (2)	4,04 (2)	5,69 (2)	6,12 (2)			
Ισχύς εισόδου	Υψ.	W	37	53	56	96	137	175					
	Όνομ.	W	28	36	43	61	68	104	130				
	Χαμηλή	W	21	24	29	38	47	76	90				
Περίβλημα	Χρώμα	584											
	Υλικό	774			984			1.194		1.404			
Διαστάσεις	Μονάδα	Ύψους	mm	226									
		Πλάτους	mm	20	21	26	32	33	44				
		Βάθους	mm	-									
Βάρος	Μονάδα	kg	Πλαστικό και μεταλλικό RAL9010										
	Βάρος λειτουργίας	kg	Πλαστικό γαλβανισμένο μέταλλο										
Εναλλάκτης θερμότητας	Σειρές	Ποσότητα	2	3									
	Ετάδια	Ποσότητα	10							12			
	Βήμα παραγίου	mm	1,8	1,6			1,6	1,6	2,1				
	Εμβαδόν πρόσασης	m ²	0,086		0,136	0,191		0,292					
	Όγκος νερού	l	0,5	0,7	1	1,4		2,1					
Ροή νερού	Ψύξη	l/h	1										
	Θέρμανση	l/h	8						10				
Πίεση πίεσης νερού	Ψύξη	kPa	1,6										
	Θέρμανση	kPa	0,068		0,11	0,152		0,243					
Ανεμιστήρας	Τύπος	0,2									0,3	0,4	0,6
	Ποσότητα	Φύλακτρικός, πολυκαπών πρυγίλκ, δαπλής αναρράφησης											
	Ταχύτητα ροής αέρα	Υψ.	m ³ /ώρα	1							2		
		Μέτρια	m ³ /ώρα	307	327	431	690	763	998	1.362			
		Χαμηλή	m ³ /ώρα	225	261	332	490	593	765	1.007			
Διαβάση πίεση	Υψ.	Pa	174	205	238	356	460	565	636				
Κινητήρας ανεμιστήρα	Ταχύτητα	Διαβάσεις	-										
Επίπεδο ηχητικής ισχύος	Μοντέλο	3 (υψηλή, μεσαία, χαμηλή)											
	Υψ.	dB(A)	Επαγγελματικό σύστημα κλειστού τύπου, μόνωση κλάσης Β, θερμική ασφάλεια περιέλιξης										
	Όνομ.	dB(A)	45	50	47	52	56	58	64				
Συνδέσεις σωληνώσεων	Χαμηλή	dB(A)	39	44	41	43	49	51	57				
	Συμπλοκαρισμάτων	Εξ.Διάμ.	mm	33	36	33	35	43	44	48			
Μονωτικό υλικό				251	327	494	745	803	1.142	1.355			
Αντιραδαριακή μόνωση				196	182	266	396	465	694	816			
Φίλτρο αέρα				13		11	12	14	12	19			
Συνδέσεις νερού	Επίπεδο εναλλάκτης θερμότητας	h	7	8	5	10		8	9				
Σημειώσεις	Αυτοβενθόνισμα, Κατηγορία 1												
	Ελαστικός δακτύλιος για κινητήρα ανεμιστήρα												
	Πλαστικό												
Συνδέσεις νερού	Επίπεδο εναλλάκτης θερμότητας	h	12							34			
Σημειώσεις	(1)Ψύξη 4 σωλήνες: αέρας 27°CDB, 19°CWB, νερό εισόδου 7°C, νερό αναχώρησης 12°C												
	(2)Θέρμανση: 4 σωλήνες: αέρας 20°CDB, νερό προσαγωγής 50°C, ταχύτητα ροής νερού 1/2 διαμέτρου κατά την ψύξη												
	(3)Ροή αέρα σε 0Pa ESP												

2 Προδιαγραφές

2-3 Ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά - (2 σωλήνες, 4 σωλήνες)		FWV01DATN 8V3TV8V3	FWV02DATN 8V3TV8V3	FWV03DATN 8V3TV8V3	FWV04DATN 8V3TV8V3	FWV06DATN 8V3TV8V3	FWV08DATN 8V3TV8V3	FWV10DATN 8V3TV8V3	
Τροφοδοσία ισχύος	Φάση	1							
	Συχνότητα	50							
	Τάση	230							
Ρεύμα εισόδου	Υψ.	A	0,17	0,24	0,25	0,44	0,43	0,60	0,76
	Μέτρια	A	0,13	0,16	0,20	0,29	0,31	0,46	0,58
	Χαμηλή	A	0,10	0,11	0,14	0,19	0,22	0,34	0,41
Απαιτούμενη διατομή καλωδίου	mm ²	1							
Απαιτούμενες ασφάλειες	A	0,5					1	2	
Σημειώσεις	(4)Η καταπόνηση ρεύματος για τη μηχανική βελβίδα είναι 5W (κορυφή). Αυτό γίνεται μόνο κατά το άναμμα.								

Για την δική μας εφαρμογή, έχουμε την επιλογή των μονάδων fan coil ως εξής ανά χώρο:

Για το ισόγειο:

ΧΩΡΟΣ	ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΕΠΙΛΟΓΗ FAN COIL	ΤΕΜΑΧΙΑ
ΣΑΛΟΝΙ	1.223 W	1.058 W	FWV01DTN	ENA (1)
ΚΟΥΖΙΝΑ	1.126 W	558 W	FWV01DTN	ENA (1)
ΧΩΛ	741 W	395 W	FWV01DTN	ENA (1)
ΔΩΜΑΤΙΟ 1	1.344 W	777 W	FWV02DTN	ENA (1)
ΔΩΜΑΤΙΟ 2	1.374 W	696 W	FWV02DTN	ENA (1)

Για τον όροφο:

ΧΩΡΟΣ	ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΕΠΙΛΟΓΗ FAN COIL	ΤΕΜΑΧΙΑ
ΣΑΛΟΝΙ - ΚΟΥΖΙΝΑ	3.404 W	2.378 W	FWV02DTN	ΔΥΟ (2)
ΔΩΜΑΤΙΟ 1	420 W	627 W	FWV01DTN	ΕΝΑ (1)
ΔΩΜΑΤΙΟ 2	828 W	971 W	FWV01DTN	ΕΝΑ (1)

6.5 Επιλογή εναλλάκτη γεωθερμίας

Εμείς θα χρησιμοποιήσουμε κατακόρυφο γεωεναλλάκτη κλειστού κυκλώματος, λόγω περιορισμένης έκτασης χώρου, καταλληλότητας για όλα τα εδάφη, καλύτερης και σταθερής απόδοσης. Ο κατακόρυφος γήινος εναλλάκτης διανοίγονται στο οικόπεδο μια ή περισσότερες τυφλές γεωτρήσεις βάθους 50-100m, όπου τοποθετούνται κατακόρυφα σωλήνες, σχηματίζοντας κλειστό κύκλωμα.

Αποτελείται από το γεωθερμικό συλλέκτη (προσαγωγής και επιστροφής) και σωλήνα δικτυωμένου πολυαιθυλενίου PE ή ακτινοδικτυωμένο πολυαιθυλένιο PE Xa, διπλού U σε διατομές:

Φ25X2.3mm, Φ32X2.9mm & Φ40X3.7mm

Επιλέγουμε **Φ32X2.9mm**, Οι συγκεκριμένες κατασκευές δίνουν 55-80 W/μέτρο βάθους γεώτρησης. Τα μέγιστα φορτία μας είναι 10,46 kW για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα μέγιστα φορτία μας, έχουμε

$$10460/(80W/m)=131 \text{ m βάθος γεώτρησης}$$

Λόγω ότι το μέγιστο βάθος γεώτρησης είναι συνήθως 100 m, θα μοιράσουμε το βάθος γεώτρησης μας (131 m) σε μικρές γεωτρήσεις.

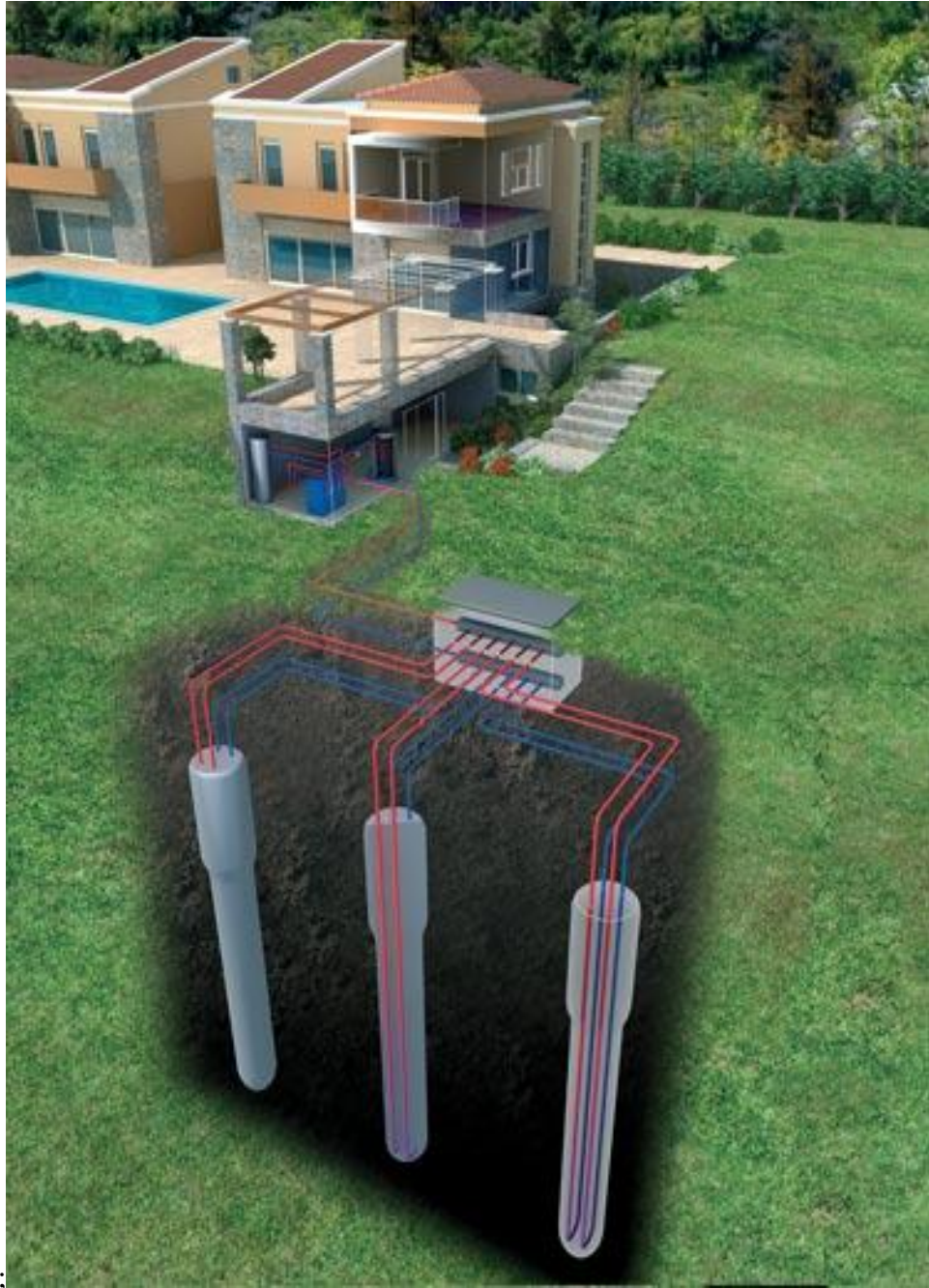
Όπως προαναφέραμε η κάθε γεώτρηση παίρνει δυο στρώσεις κυκλωμάτων, άρα για να τον υπολογισμό των γεωτρήσεων θα χρησιμοποιήσουμε τα μισά μετρά σωλήνα.

$$131/2= 65,5\text{m}$$

Άρα θα κάνουμε μια γεώτρηση στα 70 m

$$70\text{m}*2*80\text{W}=11200\text{W}$$

Άρα μας καλύπτει την οικία για θέρμανση και ψύξη και για ζεστό νερό χρήσης και στη συνέχεια η ανανεώσιμη ενέργεια από το υπέδαφος συλλέγεται μέσω του διαλύματος (μίγμα νερού με αντιψυκτικό), που κυκλοφορεί στο κλειστό κύκλωμα σωλήνων του γήινου εναλλάκτη και τη μεταφέρει στην αντλία θερμότητας



Εικονα 6.5: Κατακόρυφο γεωεναλλάκτη κλειστού κυκλώματος

Κεφάλαιο 7^ο

Τεχνική Περιγραφή Έργου

7.1 Γενικά για την μελέτη

Για την παραπάνω μελέτη λήφθηκε υπόψη επιθυμητή θερμοκρασία θερμαινόμενων χώρων ίση με 26 °C.

7.2 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (Γ.Α.Θ.)

Για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού χρήσης επιλέχθηκε γεωθερμική αντλία θερμότητας της εταιρίας Climaveneta, πιο συγκεκριμένα **το μοντέλο 0041 t**, τριφασικής παροχής ρεύματος.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ		0031 ms	0041 ms	0041 t	0061 t	0071 t	0091 t	0101 t	0121 t
Θερμαντική απόδοση	kW	9,2	11,7	12,2	16	19,8	23	26,5	33,3
Απορροφούμενη ισχύς	kW	2,35	2,8	2,8	3,5	4,4	4,9	5,8	7,3
COP Eurovent		3,92	4,18	4,36	4,57	4,5	4,69	4,57	4,56
Ψυκτική απόδοση	kW	8,8	11,3	11,8	15,7	19,8	22,9	26	33,4
Απορροφούμενη ισχύς	kW	2,6	3,2	3,19	4	5,1	5,8	6,8	8,4
EER Eurovent		3,38	3,53	3,7	3,93	3,88	3,95	3,82	3,98
ESEER		3,95	3,9	4,08	4,51	4,4	4,61	4,33	4,37
Ηλεκτρική παροχή	V-Ph-Hz	230-1-50	230-1-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50	400-3N-50
Στάθμη θορύβου	dB(A)	39	44	44	45	51	51	55	55
Διαστάσεις (mm) :	Μήκος	680	680	680	680	680	680	680	680
	Ύψος	1105	1105	1105	1105	1105	1105	1105	1105
	Πλάτος	845	845	845	845	845	845	845	845
Βάρος σε λειτουργία	kg	195	210	210	225	240	245	250	270
Συνθήκες: Νερό συμπυκνωτή Θέρμανσης : 30° /35 °C Νερό εξατμιστή Ψύξης : 12° /7 °C									

8) Νερό είσοδος - έξοδος 30/35°C (συστήματος), Νερό είσοδος-έξοδος 0°C / -3°C (πηγής)

9) Η Συνολική απορροφούμενη ισχύς έχει υπολογιστεί σύμφωνα με το Eurovent

- 10) Κρύο νερό είσοδος - έξοδος 23/18°C , Νερό γεωεναλλάκτη είσοδος-έξοδος 30°C / 35°C
- 11) Ζεστό νερό είσοδος - έξοδος 40/45°C, Νερό γεωεναλλάκτη είσοδος-έξοδος 0°C / -3°C
- 12) Κρύο νερό είσοδος - έξοδος 12/7°C , Νερό γεωεναλλάκτη είσοδος-έξοδος 30°C / 35°C
- 13) Κ = Κυκλοφορητής , Φ = Φυγοκεντρική αντλία
- 14) Σύμφωνα με το ISO 9614 & Eurovent 8./1.
- 15) Μετρημένη σε απόσταση περίπου 1 μέτρου από τις εξωτερικές διαστάσεις της μονάδας

7.3 Αντλίες-κυκλοφορητές

7.3.1 Δίκτυο Ισογείου

Για την κυκλοφορία του νερού θα τοποθετηθεί αντλία στη προσαγωγή. Η αντλία πρέπει να έχει παροχή ίση με 1.487m³/h.

Επίσης θα πρέπει να έχει μανομετρικό ύψος Η ίσο με 2.852Μ.Υ.Σ..

Προτείνεται αντλία με τα παρακάτω στοιχεία:

Τύπος : WILO TOP-S 30/7

Μέγεθος : 154x180x235 (mm)

Παροχή : 7.5 m³/h

Μανομετρικό : 6.9 ΜΥΣ

Ισχύς Κινητήρα : 90 W

Ηλεκτρικά δεδομ. : 0.88A - 230V - 2550n

7.3.2 Δίκτυο ορόφου

Για την κυκλοφορία του νερού θα τοποθετηθεί αντλία στη προσαγωγή επιστροφής. Η αντλία πρέπει να έχει παροχή ίση με 1.568 m³/h.

Επίσης θα πρέπει να έχει μανομετρικό ύψος Η ίσο με 2.845Μ.Υ.Σ..

Προτείνεται αντλία με τα παρακάτω στοιχεία:

Τύπος : WILO TOP-S 30/7

Μέγεθος : 154x180x235 (mm)

Παροχή : 7.5 m³/h

Μανομετρικό : 6.9 ΜΥΣ

Ισχύς Κινητήρα : 90 W

Ηλεκτρικά δεδομ. : 0.88A - 230V - 2550n

7.4 Δοχεία διαστολής

7.4.1 Δίκτυο ισογείου

Επιλέγεται Δοχείο Διαστολής με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Το δοχείο διαστολής που εκλέγεται είναι REFLEX 35 N και να έχει χωρητικότητα ίση με 35lt/3bar.

7.4.2 Δίκτυο ορόφου

Επιλέγεται Δοχείο Διαστολής με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Το δοχείο διαστολής που εκλέγεται είναι REFLEX 35 N και έχει χωρητικότητα ίση με 35lt/3bar.

7.5 Δοχείο αδρανείας

Για τη δημιουργία θερμικής αδρανείας στο σύστημα καθώς και την αποφυγή συνεχών επανεκκινήσεων των Heat Pump θα τοποθετηθεί σε κάθε δίκτυο δοχείο αδρανείας

χωρητικότητα $V=150\text{lt}$ που θα εξασφαλίζει 10 λεπτά μεταξύ δύο διαδοχικών εκκινήσεων της μονάδας.

$$V = P \times t / 4.18 \times \Delta\theta$$

7.6 Τερματικές μονάδες Fan Coils

Οι μονάδες θα είναι χαλύβδινες, με ανεμιστήρα τριών τουλάχιστον ταχυτήτων. Θα τοποθετηθούν με επιμέλεια και θα συνδεθούν στο δίκτυο του νερού. Το είδος και το μέγεθος των μονάδων φαίνεται στα σχέδια και το επισυναπτόμενο ειδικό έντυπο.

Ενδεικτικός τύπος: Daikin FWV.

7.7 Δίκτυο σωληνώσεων

Οι σωλήνες του δικτύου θα τοποθετηθούν σύμφωνα με τα σχέδια. Τα οριζόντια τμήματά τους θα παρουσιάζουν κλίση 1/100 έως 5/100. Τα τμήματα των σωλήνων που βρίσκονται μέσα στο δάπεδο θα βρίσκονται εντός πλαστικού σπειροειδούς σωλήνα ανάλογης διαμέτρου.

Όλες οι σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής νερού, θα μονωθούν για την αποφυγή απωλειών θερμότητας. Η μόνωση των σωλήνων θα γίνει με μονωτικούς σωλήνες τύπου Armaflex, πάχους σύμφωνα με τη TOTEE 20701-1/2010. Στην αρχή κάθε κατακόρυφης στήλης θα τοποθετηθεί βάννα με κρουνό κένωσης ανάλογης διαμέτρου.

7.8 Δοκιμή εγκατάστασης

Μετά την αποπεράτωση του δικτύου των σωληνώσεων και πριν από την τοποθέτηση των μονάδων fcu θα τεθεί το δίκτυο υπό υπερπίεση 8 ατμοσφαιρών για τρεις συνεχείς ώρες.

Εφόσον δεν παρουσιαστεί καμία διαρροή, θα τοποθετηθούν τα fan coils. Θα γεμίσει με νερό, θα κλείσουν τα ελεύθερα άκρα των σωλήνων και θα τεθεί το δίκτυο με υπερπίεση 4 ατμοσφαιρών επί δύο συνεχείς ώρες. Σε περίπτωση κάποιας διαρροής, η οποία μπορεί να διαπιστωθεί εύκολα από την πτώση πίεσης που σημειώνεται στο μανόμετρο, θα επισκευαστεί η σχετική ατέλεια, θα αντικατασταθούν τα ελαττωματικά εξαρτήματα και η δοκιμή θα επαναληφθεί. Έπειτα θα τεθεί η

εγκατάσταση σε λειτουργία υπό συνθήκες πλήρους λειτουργίας με παράλληλο έλεγχο της στεγανότητας των ενώσεων και παρεμβασμάτων κατά τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.

7.9 Οικονομική Ανάλυση –Συμπεράσματα

Το μέλλον είναι στις αντλίες θερμότητας αλλά ο περισσότερος κόσμος θα αργήσει να τις ανακαλύψει. Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης είναι υψηλό και θα τρώαζε τον καθένα, αλλά η εξοικονόμηση χρημάτων που επιτυγχάνεται με τα συστήματα αυτά –της τάξεως του 60% και άνω- θα υποχρεώσουν ίσως πολλούς να διερευνήσουν συντόμως την συγκεκριμένη αγορά.

Τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Η διαφορά ενός συστήματος τύπου αντλίας θερμότητας, είτε χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία του αέρα (αντλία αέρα/νερού) είτε τους εδάφους (γεωθερμική αντλία) για να μεταφέρει τη θερμότητα, είναι πως λειτουργεί πολύ πιο αποτελεσματικά και εξοικονομεί περισσότερη ενέργεια. Πληρώνετε μόνο ένα μικρό ποσό ρεύματος, αλλά πρόκειται για μία επένδυση που αποδίδει.

Και αυτό διότι οι αντλίες θερμότητας χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό απόδοσης (COP), ο οποίος για τις αντλίες αέρα-νερού κυμαίνεται από 2,5 έως 3 ενώ στην περίπτωση των γεωθερμικών αντλιών (νερού – νερού) μπορεί να φτάσει και το 5.

Αυτό σημαίνει ότι μία αντλία αέρα – νερού με COP=3, για κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει, αποδίδει 3 kWh θερμικής ενέργειας. Ειδικά εάν το σύστημα λειτουργεί αρκετές ώρες με το νυχτερινό τιμολόγιο το κόστος πέφτει σημαντικά, ενώ μεγάλη εξοικονόμηση μπορούμε να επιτύχουμε στην περίπτωση που η αντλία συνδυαστεί με ενδοδαπέδια θέρμανση αντί για σώματα καλοριφέρ.

Για να δούμε όμως στην πράξη τι εξοικονόμηση μπορούμε να έχουμε εάν χρησιμοποιήσουμε μία αντλία θερμότητας αέρα – νερού για τη θέρμανσή μας, αξίζει να κάνουμε μία σύγκριση με το πετρέλαιο, για ένα σπίτι πχ 100 τ.μ με ετήσιες ανάγκες θέρμανσης 7.000 kWh.

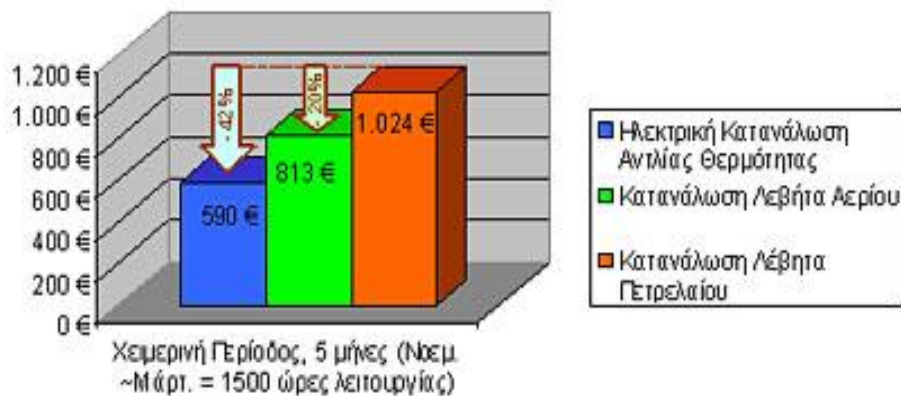
Για να πάρει το συγκεκριμένο σπίτι τις 7.000 kWh θερμικής ενέργειας, απαιτούνται περίπου 945 λίτρα πετρελαίου, τα οποία θεωρώντας μία μέση φετινή τιμή στα 1,3 ευρώ, έχουν κόστος περίπου 1.229 ευρώ.

Στην περίπτωση της αντλίας θερμότητας τώρα, εάν θεωρήσουμε συντελεστή απόδοσης ίσο με 3, οι 7.000 kWh θερμικής ενέργειας απαιτούν την κατανάλωση 2.333 περίπου kWh ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες θεωρώντας μέσο κόστος 0,18 ευρώ/kWh (πρόκειται για μία ενδεικτική τιμή για το ρεύμα καθώς αυτή επηρεάζεται από παράγοντες όπως πχ αν χρησιμοποιούμε νυχτερινό τιμολόγιο κάποιες ώρες ή από το σε ποια κλίμακα κατανάλωσης ανήκουμε), έχουν συνολικό κόστος 490 ευρώ.

Το κόστος για μία μέση αντλία θερμότητας κυμαίνεται από 6.000 ευρώ έως 8.000 ευρώ, δηλ. πρόκειται για ένα σύστημα αρκετά ακριβότερο τόσο από τους παραδοσιακά συστήματα πετρελαίου, φυσικού αερίου όσο και από τα νέα σχετικά συστήματα όπως αυτά που καίνε πέλλετ. Ωστόσο, βάσει του παραπάνω παραδείγματος μπορεί κανείς εύκολα να συμπεράνει ότι η απόσβεση του αρχικού κόστους γίνεται αρκετά γρήγορα. Ειδικά εάν πρόκειται για νέα κατοικία,

οι άνθρωποι του χώρου εκτιμούν ότι η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας είναι η πλέον συμφέρουσα λύση.

Τα αποτελέσματα του κόστους λειτουργίας κάθε συστήματος απεικονίζονται στο πίνακα που αφορά το κόστος θέρμανσης κατοικίας 100τμ:



Τα αποτελέσματα δείχνουν την σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας των αντλιών θερμότητας σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα κεντρικής θέρμανσης.

Αν λάβει κανείς υπόψη του ότι το μέσο κόστος εγκατάστασης ενός κεντρικού συστήματος κλιματισμού κυμαίνεται από 4.000€~8.000€, έναντι 3.000~4.000€ ενός κεντρικού συστήματος θέρμανσης, μπορεί το διαφορικό κόστος επένδυσης να αποσβεστεί σε **2~6 έτη από την οικονομία λειτουργίας της αντλίας θερμότητας**. Τα παραπάνω αποτελέσματα βελτιώνονται αισθητά όταν ένα τέτοιο σύστημα λειτουργεί σε περιοχή με υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος όπως οι νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας.

Βιβλιογραφία

- 1) **LUND, J. W., and BOYD, T. L., 2001.** Direct use of geothermal energy in the U.S. – 2001. Geothermal Resources Council Transactions, **25**, 57-60.

- 2) Θέρμανση – Κλιματισμός / Τόμος Α, Β. Σελλούντος

- 3) Θέρμανση – Κλιματισμός / Τόμος Β, Β. Σελλούντος

- 4) Αρβανίτης Απ., Καβουρίδης Θ., Χατζηγιάννης Γ., «Νέες προοπτικές για την ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα», Αθήνα 12-13/11/2008, 13^ο Εθνικό Συνέδριο Ενέργειας, «Ενέργεια και Ανάπτυξη 2008».

- 5) Καρύτσας Κ., Μενδρινός Δ. «Αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση». 10^ο Εθνικό Συνέδριο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας. Θεσσαλονίκη, 15-17 Απριλίου 2004

- 6) Καρύτσας Κ., Μενδρινός Δ.(2005) Γεωθερμία και Γεωθερμικές Αντλίες-Εμπειρία ΚΑΠΕ ,Αθήνα

- 7) Φυτίκας Μ., Μαθήματα γεωθερμίας, Α.Π.Θ, 1990

- 8) Καράγιωργας Μιχ., ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ, Σημειώσεις στο Μάθημα «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΨΥΞΗΣ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ», Μάιος 2002.

- 9) **INTERNATIONAL GEOTHERMAL ASSOCIATION, 2001.** Report of the IGA to the UN Commission on Sustainable Development, Session 9 (CSD-9), New York, April.

Διαδικτυακοί σύνδεσμοι

- <http://www.cres.gr>
- <http://www.γεωθερμια.gr>
- <http://www.allaboutenergy.gr>
- <http://www.climaveneta-economy.gr/>
- <http://www.energia.gr>
- <http://www.econews.gr>
- <http://www.ypeka.gr>
- <http://www.boudouri.gr/sistim.php>
- <http://www.tmltd.gr>
- <http://www.eneroots.gr>
- <http://www.geoenergia.gr/geo.html>
- <http://www.γεωθερμια.com>
- <http://www.subsystem.gr>
- <http://www.energize.gr>
- <http://sieline.gr>

Παράρτημα Α Σχέδια Οικίας

A.1 Κάτοψη ισογείου

