

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (Α.Μ. 4939)

ΓΚΟΣΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Α.Μ. 4937)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΦΙΑΜΕΓΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία η οποία συντάχθηκε για το Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην εγκατάσταση Συστήματος Θέρμανσης σε κατοικία στα Μέγαρα Αττικής, με χρήση της Γεωθερμικής Ενέργειας.

Στην αρχή γίνεται λεπτομερή αναφορά στην ταξινόμηση των γεωθερμικών συστημάτων και ιδιαίτερα στην Αβαθή Γεωθερμία, όπως επίσης και για τις χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας. Εν συνεχεία πραγματοποιείται μελέτη θερμικών απωλειών, μελέτη εγκατάστασης των fan coil, όπως επίσης και μελέτη του γεωεναλλάκτη με χρήση εξειδικευμένου λογισμικού. Τέλος αναφέρονται λεπτομερώς όλα τα εξαρτήματα τα οποία αποτελούν την εγκατάσταση του συστήματος όπως επίσης και ένα λεπτομερές οικονομικό σχέδιο του Γεωθερμικού Συστήματος και σύγκριση αυτού με ένα κλασικό σύστημα θέρμανσης καυστήρα πετρελαίου.

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Χρήστο Φιαμέγκο Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας, για τις πολύτιμες συμβουλές του και καθοδηγήσεις του κατά την πραγματοποίηση της Πτυχιακής Εργασίας. Επίσης ευχαριστούμε θερμά τον κ. Ιωάννη Στεργίου Μηχανολόγο Μηχανικό, για τις πολύτιμες συμβουλές του πάνω στην εγκατάσταση του γεωθερμικού συστήματος. Επιπρόσθετα ευχαριστούμε θερμά τον κ. Κωνσταντίνο Κάρκα Μηχανολόγο Μηχανικό, για τις συμβουλές του επάνω στην διεξαγωγή της μελέτης θερμικών απωλειών της οικείας και της μελέτης εγκατάστασης των fan coil. Τέλος ευχαριστούμε θερμά τον Δρ Ευάγγελο Οικονομόπουλο Χημικό-Περιβαλλοντολόγο, για τις πολύτιμες συμβουλές του επάνω στην σύνταξη της Πτυχιακής Εργασίας.

Καστάνης Ιωάννης

Γκοσδής Γεώργιος

Φεβρουάριος 2010

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στη μελέτη και στην εγκατάσταση Γεωθερμικού Συστήματος για θέρμανση κατοικίας, με χρήση κλιματιστικών μονάδων εξαναγκασμένης ροής αέρα (fan coil units).

Η Πτυχιακή Εργασία διαχωρίζεται σε δέκα Κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην Γεωθερμική Ενέργεια όπως επίσης και στις επιφανειακές εκδηλώσεις αυτής, στη Γη.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερή αναφορά στα γεωθερμικά συστήματα τα οποία διαχωρίζονται και ταξινομούνται όπως επίσης αναφέρεται αναλυτικά ο διαχωρισμός των γεωθερμικών ρευστών.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά συγκεκριμένα στην Αβαθή Γεωθερμία όπου δίνονται παραδείγματα μετρήσεων της θερμοκρασίας σε βάθος 1μέτρου και 15μέτρων, οι οποίες απεικονίζονται σε διαγράμματα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται οι χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας. Ακολουθεί λεπτομερή αναφορά στα συστήματα μεταφοράς των γεωθερμικών ρευστών όπου εκεί αναφέρονται τα υλικά από τα οποία αποτελούνται οι σωληνώσεις και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η μόνωση των σωληνώσεων. Τέλος γίνεται αναφορά στους εναλλάκτες θερμότητας, στα θερμαντικά μέσα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια γεωθερμική εγκατάσταση για θέρμανση χώρων όπως επίσης γίνεται λεπτομερή αναφορά στις Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας αλλά και με πιο τρόπο αυτές, μπορούν να συνδεθούν με το υπέδαφος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο μελετώνται αναλυτικά οι θερμικές απώλειες της κατοικίας με χρήση εξειδικευμένου λογισμικού της εταιρίας 4M όπου ακολουθούν πίνακες υπολογισμών. Ακολουθεί η μελέτη εγκατάστασης των fan coil της κατοικίας όπου αναφέρονται αναλυτικά οι διατομές των σωληνώσεων, το μήκος σωληνώσεων όπως επίσης και οι μονάδες fan coil που θα χρησιμοποιηθούν με τη βοήθεια του λογισμικού της εταιρίας 4M. Τέλος

μελετάται το υπεδάφιο κύκλωμα των σωληνώσεων με χρήση εξειδικευμένου λογισμικού της εταιρίας Gaia Geothermal.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερή αναφορά στις προδιαγραφές εγκατάστασης των fan coil, οι οποίες πρέπει να ακολουθούνται πιστά έτσι ώστε η εγκατάσταση να είναι επιτυχής.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται τα επιμέρους τμήματα της γεωθερμικής εγκατάστασης τα οποία αποτελούν το κύκλωμα των fan coil αλλά και το υπεδάφιο κύκλωμα. Συγκεκριμένα αναφέρονται οι σωληνώσεις οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην κατοικία αλλά και στο υπεδάφιο κύκλωμα, οι κυκλοφορητές οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν και στα δύο κυκλώματα, η αντλία θερμότητας η οποία θα χρησιμοποιηθεί κτλ. Τέλος γίνεται λεπτομερή αναφορά στο τρόπο τοποθέτησης και εγκατάστασης των υπεδάφιων σωληνώσεων.

Στο όγδοο κεφάλαιο αναπτύσσεται ένα οικονομικό σχέδιο το οποίο αποτελείται από το κόστος των μονάδων εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα, το κόστος του υπεδάφιου κυκλώματος και το κόστος του μηχανοστασίου. Τέλος γίνεται οικονομική σύγκριση του γεωθερμικού συστήματος θέρμανσης με ένα κλασικό σύστημα θέρμανσης καυστήρα πετρελαίου.

Στο ένατο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην αειφορία της γεωθερμικής ενέργειας και στα περιβαλλοντικά οφέλη της.

Στο δέκατο κεφάλαιο αναφέρεται η ισχύουσα νομοθεσία για την Γεωθερμική Ενέργεια όπως αυτή ορίζεται από το Ελληνικό Κράτος.

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα Πτυχιακή Εργασία είναι: α) μια γεωθερμική εγκατάσταση είναι μακροπρόθεσμα πιο οικονομική από μια συμβατική και β) μια γεωθερμική εγκατάσταση ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι φιλική προς το περιβάλλον.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Επιφανειακές εκδηλώσεις θερμότητας της γης και γεωθερμική ενέργεια.....	6
2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	13
3. ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ.....	20
4. ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	25
4.1 Διαχωρισμός χρήσεων γεωθερμικής ενέργειας.....	25
4.2 Άμεσες χρήσεις.....	27
4.3 Συστήματα μεταφοράς γεωθερμικών ρευστών.....	34
4.3.1 Σωληνώσεις μεταφοράς των γεωθερμικών νερών.....	34
4.3.1.1 Μεταλλικά υλικά.....	36
4.3.1.2 Μη-μεταλλικά υλικά.....	38
4.3.1.3 Θερμοπλαστικά.....	38
4.3.1.4 Ελαστομερή.....	41
4.3.1.5 Θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά.....	41
4.3.2 Εναλλάκτες θερμότητας.....	42
4.3.2.1 Εναλλάκτης πλακών.....	43
4.3.2.2 Εναλλάκτης αυλών και κελύφους.....	45

4.3.2.3	Εναλλάκτης ρευστοστερεάς κλίνης.....	46
4.3.2.4	Υπόγειος εναλλάκτης.....	47
4.4	Θέρμανση χώρων.....	49
4.5	Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.....	52
4.5.1	Εισαγωγή	52
4.5.2	ΓΑΘ συνδεδεμένες με το υπέδαφος.....	55
4.5.3	ΓΑΘ που λειτουργούν με υπόγεια νερά.....	61
4.5.4	ΓΑΘ που λειτουργούν με επιφανειακά νερά.....	65

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ

ΚΤΙΡΙΟ	66
5.1 Μελέτη θέρμανσης / Υπολογισμός θερμικών απωλειών.....	66
5.1.1 Εισαγωγή.....	67
5.1.2 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών.....	67
5.1.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	70
5.2 Μελέτη fan coil.....	81
5.2.1 Εισαγωγή.....	82
5.2.2 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών.....	82
5.2.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	84
5.2.4 Τεχνική περιγραφή εγκατάστασης fan coil.....	92
5.2.4.1 Γενικά.....	92
5.2.4.2 Θερμαντικό συγκρότημα.....	93
5.2.4.3 Αντλία.....	93
5.2.4.4 Δοχείο διαστολής.....	93
5.2.4.5 Μονάδες fan coil.....	94
5.2.4.6 Σωλήνες.....	94
5.2.4.7 Δοκιμή.....	94
5.3 Μελέτη γεωεναλλάκτη.....	96

5.3.1 Επιλογή αντλίας θερμότητας.....	97
5.3.2 Εισαγωγή επιπρόσθετων παραμέτρων.....	99
5.3.2.1 Χαρακτηριστικά εδάφους.....	99
5.3.2.2 Επιλογή υγρού κυκλοφορίας.....	100
5.3.2.3 Χαρακτηριστικά σωληνώσεων και διαστασιολόγηση του υπόγειου εναλλάκτη.....	101
5.3.2.4 Χρόνος ζωής συστήματος.....	103
5.3.3 Εξαγωγή τελικών αποτελεσμάτων.....	103
5.3.4 Υπολογισμός κυκλοφορητή.....	104
5.3.5 Υπολογισμός δοχείου διαστολής.....	107
6. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ FAN COILS.....	108
6.1 Σωληνώσεις.....	108
6.1.1 Μαύροι σιδηροσωλήνες (Φ-1/2" μέχρι Φ-2").....	108
6.1.2 Γαλβανισμένοι σιδηροσωλήνες.....	108
6.1.3 Γαλβανισμένοι χαλυβδοσωλήνες.....	109
6.1.4 Χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή (manasmann).....	109
6.1.5 Χαλκοσωλήνες.....	110
6.1.6 Συλλέκτες.....	111
6.1.7 Σπειρώματα.....	112
6.2 Εξοπλισμός δικτύου σωληνώσεων.....	112
6.2.1 Βάνες.....	112
6.2.1.1 Σφαιρικοί διακόπτες (ball valves).....	112
6.2.1.2 Βάνες χυτοσιδηρές σφηνοειδείς.....	113
6.2.1.3 Βάνες χυτοσιδηρές τύπου "πεταλούδας".....	114
6.2.1.4 Βάνες χυτοχαλύβδινες.....	114
6.2.1.5 Ρυθμιστικές δικλείδες (globe valves).....	114
6.2.2 Κρουνοί εκκένωσης.....	115

6.2.3 Αυτόματο εξαεριστικό τύπου "πλωτήρα".....	116
6.2.3.1 Εξαεριστικά μηχανοστασίου.....	116
6.2.4 Βαλβίδα αντεπιστροφής.....	116
6.2.5 Φίλτρα νερού.....	118
6.2.6 Τρίοδοι χειροκίνητοι δικλείδες.....	118
6.3 Εξαρτήματα δικτύου σωληνώσεων.....	119
6.3.1 Ρακόρ.....	119
6.3.2 Φλάντζες.....	119
6.3.3 Εύκαμπτοι αντιδονητικοί σωλήνες.....	120
6.3.4 Διαστολικοί σύνδεσμοι.....	120
6.3.4.1 Αξονικά.....	120
6.3.4.2 Μηχανικής σύζευξης.....	121
6.3.5 Χιτώνια σωλήνων.....	121
6.4 Όργανα ελέγχου ροής.....	121
6.4.1 Τρίοδες ηλεκτροκίνητες βαλβίδες αναλογικής δράσης (three-way modulating valves).....	121
6.4.2 Τρίοδες ηλεκτροκίνητες βαλβίδες δράσης on-off.....	123
6.4.3 Ηλεκτροκίνητες τρίοδες βαλβίδες δύο θέσεων με ενσωματωμένο υδροστάτη θέρους-χειμώνα FCU ενός στοιχείου (three-way two position valve with built-in summer winter aquastat).....	123
6.4.4 Δίοδες ηλεκτροκίνητες βαλβίδες δύο θέσεων.....	123
6.4.5 Δικλείδα ρύθμισης διαφορικής πίεσης.....	124
6.4.6 Μανόμετρα.....	124
6.4.7 Θερμόμετρα.....	125
6.4.8 Ηλεκτρικοί διακόπτες ροής (flow switches).....	126
6.4.9 Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (solenoid valves).....	126
6.5 Μονάδες FCU.....	126

6.5.1 Τοπικές κλιματιστικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείων (FCU).....	126
6.5.1.1 Τμήμα ανεμιστήρων-ηλεκτροκινητήρων.....	127
6.5.1.2 Φίλτρο.....	128
6.5.1.3 Τμήμα στοιχείων.....	128
6.5.1.4 Λεκάνη συγκέντρωσης συμπυκνωμένων υδρατμών..	129
6.5.1.5 Διάφορα εξαρτήματα, όργανα ρύθμισης και ελέγχου της λειτουργία της συσκευής.....	129
6.5.1.6 Στόμια	130
6.5.2 Εγκατάσταση των συσκευών ανεμιστήρα-στοιχείου.....	131
6.6 Μόνωση σωληνώσεων.....	132
6.7 Δοχείο διαστολής.....	134
6.7.1 Ανοιχτό δοχείο διαστολής.....	134
6.7.2 Κλειστό δοχείο διαστολής.....	134
6.8 Αντλητικά συγκροτήματα, κυκλοφορητές “in line” κτλ.....	135
6.8.1 Κυκλοφορητές	135
6.8.2 Αντλητικά συγκροτήματα.....	138
7. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ.....	141
7.1 Εισαγωγή.....	141
7.2 Επιμέρους τμήματα κυκλώματος.....	141
7.2.1 Κλιματιστικές μονάδες Fan Coils.....	142
7.2.2 Σωληνώσεις μεταφοράς νερού στο κύκλωμα του σπιτιού.....	144
7.2.3 Σωληνώσεις μεταφοράς νερού προς το υπεδάφιο κύκλωμα	148
7.2.4 Αντλία θερμότητας Νερού-Νερού.....	159
7.2.5 Κυκλοφορητής.....	165
7.2.6 Διακόπτης ροής.....	169

7.2.7	Θερμόμετρο.....	170
7.2.8	Μειωτής πίεσης.....	171
7.2.9	Μανόμετρο.....	173
7.2.10	Φίλτρο νερού.....	173
7.2.11	Βάνα συρταρωτή.....	174
7.2.12	Αυτόματο εξαεριστικό.....	175
7.2.13	Δοχείο αδρανείας.....	177
7.2.14	Δοχείο διαστολής.....	179
7.3	Τοποθέτηση υπεδάφίων σωληνώσεων.....	181
7.3.1	Υπόγεια εγκατάσταση σωληνώσεων πολυαιθυλενίου.....	183
7.3.2	Σύνδεση σωληνώσεων πολυαιθυλενίου.....	186
7.3.2.1	Θερμική συγκόλληση.....	186
7.3.2.2	Μετωπική συγκόλληση.....	187
8.	ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	189
8.1	Εισαγωγή.....	189
8.2	Κοστολόγηση συστήματος.....	190
8.2.1	Fan Coil Units.....	190
8.2.2	Οριζόντιο Σύστημα.....	191
8.2.3	Μηχανοστάσιο.....	192
8.2.4	Συνολικό κόστος κλειστού κυκλώματος οριζόντιας διάταξης.....	193
8.3	Κοστολόγηση συστήματος καυστήρα πετρελαίου.....	194
8.4	Εξοικονόμηση ενέργειας.....	196
8.4.1	Σύγκριση κόστους γεωθερμικού συστήματος με σύστημα καυστήρα πετρελαίου.....	198
9.	ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	200

9.1 Εισαγωγή.....	200
9.2 Αειφορία και ανανεωσιμότητα της γεωθερμίας.....	201
9.3 Περιβαλλοντικά οφέλη.....	204
10. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ.....	207
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	211
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	213
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	215
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	216

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες βρίσκεται σε διαρκή εξέλιξη ένας συνεχής διάλογος μεταξύ πολιτών, κυβερνήσεων, διεθνών οργανισμών και ενώσεων που αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος και συγκεκριμένα στην κλιματική αλλαγή, στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, στην αραίωση του όζοντος, στις εκπομπές CO₂ κτλ. Στα πλαίσια αυτού του διαλόγου αυξήθηκαν επανειλημμένα και επί μακρόν σε αρκετά μέρη της γης οι γενεσιουργές αιτίες των φαινομένων αυτών και προτάθηκαν διάφοροι πιθανοί τρόποι επίλυσης των προβλημάτων. Αποτέλεσμα αυτών των διαβουλεύσεων είναι η υπογραφή πρωτοκόλλων όπως π.χ. το πρωτόκολλο του Κιότο ή του Ρίο Ντε Τζανέιρο, με τα οποία οι κυβερνήσεις των κρατών δεσμεύτηκαν για την υιοθέτηση μέτρων, με στόχο την ανάσχεση της επαπειλούμενης περιβαλλοντικής καταστροφής και κλιματικής αλλαγής. Μια σημαντική δράση στα πλαίσια αυτών των μέτρων ήταν και η προώθηση τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον που εκμεταλλεύονται τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως την ηλιακή, την αιολική και τη γεωθερμική.

Αν και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο από τα πρώτα στάδια της ζωής του στη γη και για αιώνες, εντούτοις στις δεκαετίες που ακολούθησαν τη βιομηχανική επανάσταση, οπότε το κόστος χρήσης του άνθρακα και στη συνέχεια του πετρελαίου ήταν χαμηλό, η τεχνολογία εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών παρέμενε στάσιμη και πρακτικά σε νηπιακό στάδιο.

Οι πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 1970, με την αξιοσημείωτη αύξηση των τιμών της ενέργειας που προκάλεσαν, έδωσαν το έναυσμα για την

έρευνα και την εκμετάλλευση εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικότερα των ανανεώσιμων σε συνδυασμό με την περιβαλλοντική αφύπνιση της κοινωνίας στην αμέσως επόμενη δεκαετία, τις απαιτήσεις για μείωση της εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα και τη νομοθετική επιβολή περιοριστικών μέτρων. Με την τεχνολογική βελτίωση συσκευών και διεργασιών, αποτέλεσαν σημαντικό παράγοντα για τη διάδοση της χρήσης των φιλικών προς το περιβάλλον μορφών ενέργειας.

Μια άκρως ανανεώσιμη, πλήρως εναλλακτική και φιλικότατη προς το περιβάλλον ενέργεια, με ποικίλες εφαρμογές σε αρκετές χώρες και με αρκετές εφαρμογές τα τελευταία χρόνια και στην Ελλάδα, είναι και η αβαθής γεωθερμική ενέργεια.

Ο όρος *Γεωθερμία* (Geothermics) αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία στον εφαρμοσμένο επιστημονικό κλάδο που περιλαμβάνει όλο το φάσμα της έρευνας, από τη μελέτη της γήινης ροής θερμότητας, τις συνθήκες κατανομής των θερμοκρασιών στο υπέδαφος, το μηχανισμό της κυκλοφορίας των υπογείων θερμών ρευστών σε συνδυασμό με τις γεωλογικές συνθήκες, καθώς και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους, μέχρι τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των γεωθερμικών πεδίων με κατάλληλες παραγωγικές γεωτρήσεις.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια φυσική, ήπια και σε σημαντικό βαθμό ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς επιφανειακούς ή υπόγειους ατμούς με ή χωρίς αέρια σε θερμά νερά ή σε μίγματα των παραπάνω, καθώς και σε θερμά ξηρά πετρώματα. Η εκμετάλλευση της ενέργειας αυτής είναι εφικτή μόνο υπό την προϋπόθεση ότι οι γεωλογικές συνθήκες, σε συνδυασμό με το θερμικό φορτίο, εξασφαλίζουν ένα συγκριτικό οικονομικό αποτέλεσμα. Γεωθερμική ενέργεια περιέχεται και σε θερμά-ξηρά πετρώματα σε μεγάλα βάθη, σε γεωπεπιεσμένους σχηματισμούς και σε λιωμένα πετρώματα (μάγματα), αλλά είναι δύσκολη η αξιοποίηση αυτής της ενέργειας με τα σημερινά οικονομοτεχνικά δεδομένα.

Αντίθετα αναπτύσσεται συνεχώς της **αβαθούς γεωθερμίας**, από ρηχά ρευστά ή πετρώματα, έστω και αν έχουν μικρή θερμοκρασία.

Αβαθής γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η αποθηκευμένη σε μορφή θερμότητας ενέργεια του φλοιού της γης, σε βάθη έως 200 μέτρα και θερμοκρασία του γεωλογικού σχηματισμού έως 25 °C. Η ενέργεια αυτή προέρχεται εν μέρει τουλάχιστον από την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τη γήινη επιφάνεια. Από την ανάλυση του ισοζυγίου της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας στην ατμόσφαιρα της γης προκύπτει πως το 51% αυτής απορροφάται από το έδαφος και τους υδρολογικούς σχηματισμούς (θάλασσες, λίμνες κτλ.). Αν και από πολλούς χαρακτηρίζεται ως ο φτωχός συγγενής της γεωθερμίας, η οποία αφορά γεωθερμικά πεδία χαμηλής (25-90 °C) και υψηλής (άνω των 90 °C) θερμοκρασίας, που συχνά φτάνουν και τους 500 °C, η αβαθής γεωθερμία είναι διαθέσιμη και εκμεταλλεύσιμη παντού, και μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας π.χ. την ηλιακή.

Κυριότερος στόχος της Γεωθερμίας είναι ο εντοπισμός και η μελέτη των γεωθερμικών περιοχών, δηλαδή των περιοχών εκείνων που παρουσιάζουν θετικές θερμικές ανωμαλίες και ευνοϊκές γενικά συνθήκες για την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας.

Σε μερικές περιοχές της γης παρατηρούνται ασυνήθιστα υψηλές τιμές της θερμικής ροής, δηλαδή της μετάδοσης της θερμότητας από το εσωτερικό προς την επιφάνεια. Αυτές οι περιοχές, με θετική θερμική ανωμαλία, έχουν βεβαίως προτεραιότητα στη γεωθερμική έρευνα και αξιοποίηση. Όμως, με τις σημερινές τεχνολογικές εξελίξεις και σε συνδυασμό με την ολοένα αυξανόμενη τιμή της ενέργειας, την ορατή προοπτική εξάντλησης των συμβατικών καυσίμων και την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, γίνονται ενδιαφέρουσες και περιοχές με μικρότερες θερμικές ανωμαλίες ή και χωρίς καμία ανωμαλία. Αρκεί οι περιοχές αυτές να διαθέτουν αξιόλογες ποσότητες ρευστών σε μικρά σχετικά βάθη, μέχρι

3000m. Το βάθος αυτό θεωρείται γενικά ως το μέγιστο βάθος των γεωτρήσεων Γεωθερμίας με τα σημερινά οικονομικά δεδομένα.

Περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένη θερμική ροή είναι συνήθως οι περιοχές ενεργού μαγματισμού, δηλαδή όπου υπάρχουν λιωμένα πετρώματα σε μικρά σχετικά βάθη. Εκμεταλλεύσιμες όμως γεωθερμικές συνθήκες μπορεί να υπάρχουν και σε άλλες περιοχές, αρκεί να είναι ευνοϊκές οι γεωλογικές συνθήκες, σε συνδυασμό με ενδιαφέροντες κλιματολογικούς και χωροταξικούς παράγοντες (π.χ. περιοχές πυκνοκατοικημένες ή βιομηχανικά ανεπτυγμένες, με αυξημένες ανάγκες σε θερμική ενέργεια κτλ.). Οι ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες μπορεί να επιτρέψουν τη δημιουργία υπόγειων ταμειυτήρων θερμών ρευστών σε ικανοποιητικές ποσότητες και θερμοκρασίες.

Τα τελευταία χρόνια, ο ρόλος που διαδραματίζει η Γεωθερμία αυξάνεται συνεχώς, αφού η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μια ουσιαστικά ανεξάντλητη και οικονομική μορφή ενέργειας, με πολλές και χρήσιμες εφαρμογές, καθώς και με ήπιες ή σχεδόν μηδενικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η εγκατεστημένη ισχύς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την εκμετάλλευση γεωθερμικών πεδίων υψηλής θερμοκρασίας (> 150 °C) αυξήθηκε από 3887 MWe το 1980 στα 7974 MWe το 2000 και αναμένεται να ξεπεράσει τα 15000 MWe το 2010. Βεβαίως, το γεγονός ότι τα γεωθερμικά ρευστά δε μεταφέρονται μακριά από τον τόπο παραγωγής τους αποτελεί βασικό περιοριστικό παράγοντα και συντελεί στην αποθάρρυνση των ανεπτυγμένων χωρών να επενδύσουν σε αυτό το χώρο, επειδή τα γεωθερμικά ρευστά πρέπει να αξιοποιηθούν επί τόπου, στις περιοχές και τις χώρες που τα διαθέτουν.

Παρόλα αυτά η εγκατάσταση συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας (ground source/coupled heat pumps), παρουσιάζει αρκετά μεγάλη δυναμική τα τελευταία χρόνια. Είναι χαρακτηριστικά τα αποτελέσματα του Παγκόσμιου Συνέδριου Γεωθερμίας το 2005 (WGC 2005) σύμφωνα με τα οποία μεταξύ 2000 και 2005 υπήρξε συνολική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος κατά 198% (24% ετησίως) και αντίστοιχη αύξηση 272% στις εγκαταστάσεις (30% ετησίως). Από

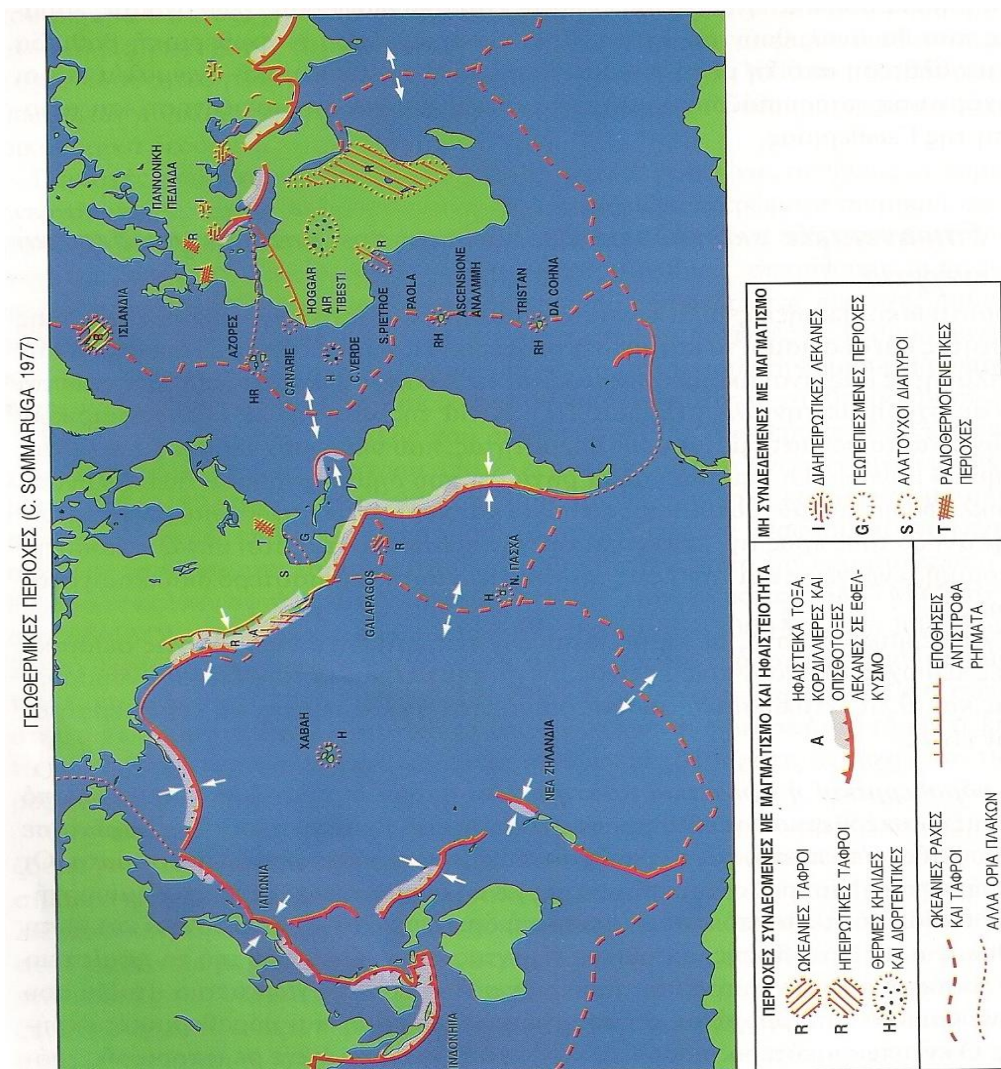
τα ίδια στοιχεία υπολογίζεται πως ο παγκόσμιος συνολικός αριθμός εγκατεστημένων μονάδων ξεπερνά το 1.700.000.

Οι γνώσεις μας για τον πλανήτη γη είναι ουσιαστικά επιφανειακές και ότι γνωρίζουμε για το εσωτερικό του, προέρχεται από έμμεσες πληροφορίες. Υποθέτουμε βάσιμα ότι η γη είναι θερμή στο εσωτερικό της. Αυτό αποδεικνύεται περίτρανα από τα λιωμένα πετρώματα (μάγματα), θερμοκρασίας μέχρι και 1200 °C, τα οποία φθάνουν στην επιφάνεια με τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Λιγότερο εντυπωσιακές, αλλά επίσης ενδεικτικές της θερμότητας του εσωτερικού της γης, είναι οι υδροθερμικές εκρήξεις, οι θερμοπίδακες υπέρθερμου νερού (geysers), οι ατμίδες, τα θερμά εδάφη, οι θερμές πηγές και οι λεκάνες ιλύος.

Είναι εδώ και αιώνες γνωστό ότι η θερμοκρασία σε μεταλλευτικές στοές, βαθιά πηγάδια κτλ. είναι υψηλότερη της επιφανειακής και παραμένει σταθερή στο χρόνο. Η πρώτη φορά που μετρήθηκε με θερμοόμετρο η θερμοκρασία στο εσωτερικό της γης ήταν το 1740, σε ένα ορυχείο κοντά στο Belfort της Γαλλίας. Εμείς σήμερα μετράμε τη θερμοκρασία της γης κυρίως μέσα σε γεωτρήσεις και γνωρίζουμε ότι η θερμοκρασία αυξάνει με το βάθος, με μέσο ρυθμό 1°C για κάθε 30 m ή καλύτερα 30 °C ανά Km. Ο ρυθμός αυτός αύξησης της θερμοκρασίας της γης με το βάθος καλείται *γεωθερμική βαθμίδα*. Η γεωθερμική βαθμίδα δεν είναι βέβαια σταθερή σε όλα τα σημεία του πλανήτη, επειδή επηρεάζεται από διάφορους γεωλογικούς παράγοντες. Στις περιοχές, όπου η γεωθερμική βαθμίδα είναι μεγαλύτερη από τη μέση γήινη, έχουμε θετική γεωθερμική ανωμαλία και οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αναζήτηση και αξιοποίηση της Γεωθερμίας.

1.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΓΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το εντυπωσιακότερο φυσικό φαινόμενο της γήινης θερμότητας είναι οι ηφαιστειακές εκρήξεις και το καταστρεπτικότερο οι σεισμοί. Αυτά τα φαινόμενα αποδεικνύουν ότι ο πλανήτης μας είναι ακόμα ζωντανός, με τις λιθοσφαιρικές πλάκες να κινούνται η μια σε σχέση με την άλλη (Σχήμα 1.1).

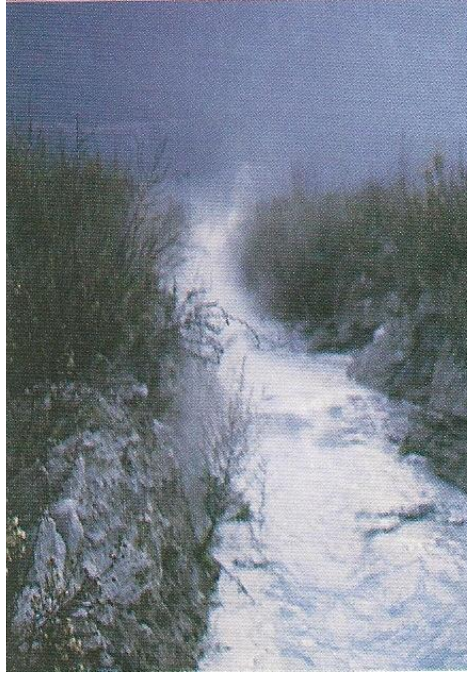


Σχήμα 1.1: Τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, στα οποία απαντούν τα περισσότερα γεωθερμικά συστήματα . (Γ. Καρυδάκης, Γεωθερμική Ενέργεια, Εκδόσεις Αθλότυπο)

Αιτία της κίνησης των λιθосφαιρικών πλακών είναι τα ρεύματα μεταφοράς θερμότητας, που υπάρχουν σε πολλές περιοχές του γήινου μανδύα. Οι σεισμοί και τα ρήγματα που δημιουργούνται διευκολύνουν την κυκλοφορία του μάγματος προς τα πάνω και κυρίως των γεωθερμικών ρευστών και την άνοδό τους προς την επιφάνεια της γης, μεταφέροντας έτσι μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας και κάνοντας την ενέργεια αυτή περισσότερο διαθέσιμη στον άνθρωπο.

Τα γεωθερμικά ρευστά, με τη βοήθεια των τεκτονικών κινήσεων στις σεισμικά ενεργές περιοχές, φθάνουν πολλές φορές μέχρι την επιφάνεια του εδάφους, δημιουργώντας και άλλα εντυπωσιακά φαινόμενα ή εκδηλώσεις, τα κυριότερα των οποίων είναι :

- Οι *υδροθερμικοί ή φρεατικοί κρατήρες*, οι οποίοι σχηματίζονται ύστερα από «έκρηξη» υπέρθερμων γεωθερμικών ρευστών που βρίσκονται εγκλωβισμένα σε μικρό βάθος υπό πίεση, και τα οποία ανατινάζουν τα υπερκείμενα πετρώματα.
- Οι *θερμές πηγές (hot springs)* είναι φυσικές έξοδοι ζεστού νερού, κάτω από ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, με θερμοκρασία που προσεγγίζει το σημείο ζέσεως του νερού. Σε λίγες περιπτώσεις έχουν εντυπωσιακή παροχή (ποσότητα νερού στο χρόνο), συνήθως όμως βγάζουν λίγο νερό, επειδή το περισσότερο εγκλωβίζεται στο υπέδαφος «περιμένοντας» τις γεωθερμικές γεωτρήσεις. Οι πηγές των Θερμοπυλών είναι εντυπωσιακές και, τουλάχιστον, ενεργές από την εποχή του Λεωνίδα, συνεχίζουν να ρέουν και σήμερα με σημαντική παροχή (περίπου $1000 \text{ m}^3/\text{h}$), κάτι που καταδεικνύει την ανανεωσιμότητα του ενεργειακού πόρου, το γεγονός δηλαδή ότι οι πηγές συνεχίζουν να υφίστανται συνεχώς για 2500 τουλάχιστον χρόνια (Σχήμα 1.2).
- Οι *θερμοπίδακες (geysers)* αποτελούν ειδική περίπτωση ζέουσων θερμών εκδηλώσεων και δημιουργούνται από την κυκλοφορία υπέρθερμων υπόγειων νερών σε μικρό βάθος. Αυτά τα νερά κάθε τόσο



Σχήμα 1.2: Φωτογραφία των θερμών πηγών στις Θερμοπόλεις (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

αποκτούν ικανή πίεση, ώστε να δημιουργηθεί μια σχεδόν περιοδική και εντυπωσιακή μερικές φορές έκρηξη νερού και υδρατμών, τα οποία εκτινάσσονται σε αρκετές δεκάδες μέτρα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, όπως φαίνεται και στις φωτογραφίες των Σχημάτων 1.3 και 1.4. Οι θερμοπίδακες είναι ένα ιδιαίτερα σπάνιο φαινόμενο και παρατηρούνται σε ενεργές ηφαιστειακά περιοχές. Δεν έχουν καταγραφεί περισσότεροι από 1000 θερμοπίδακες σε όλο τον κόσμο στις Η.Π.Α., τη Ρωσική Δημοκρατία, τη Ν. Ζηλανδία, την Ισλανδία και τη Χιλή.

- Οι *ατιμίδες (fumaroles)* είναι αναδύσεις υπέρθερμων ατμών και αερίων, που βγαίνουν από ρωγμές ή τρύπες του εδάφους χωρίς πίεση, αλλά με εντυπωσιακή σταθερότητα. Σχηματίζονται όταν η παροχή του νερού είναι περιορισμένη και το νερό εξατμίζεται προτού φτάσει στην επιφάνεια της γης. Γύρω από τις ατιμίδες αποτίθενται διάφορα άλατα και ορυκτά, που περιέχονται στα φυσικά θερμά ρευστά. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις η θερμοκρασία των αερίων φτάνει τους 600 °C, αν και συνήθως τα αέρια



Σχήμα 1.3



Σχήμα 1.4

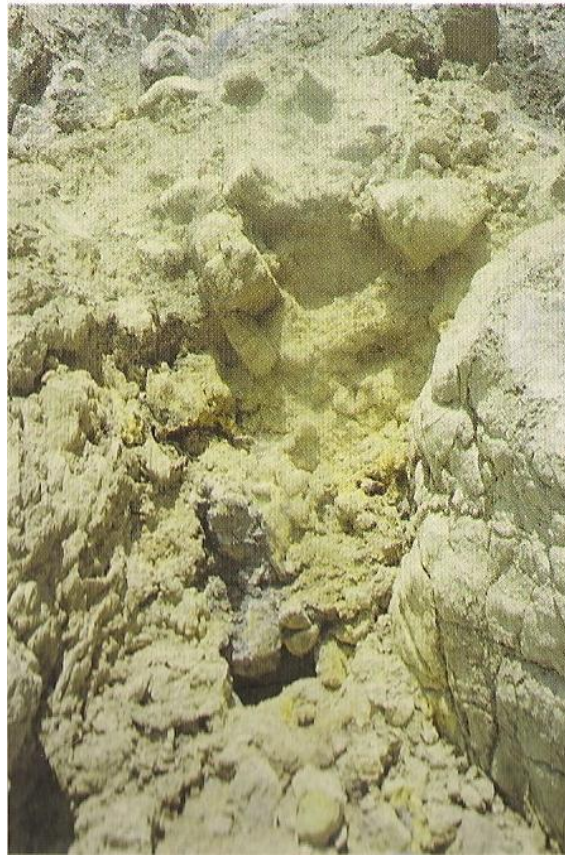
Σχήμα 1.3: Ο θερμοπίδακας Old Faithful στο Yellowstone National Park, Η.Π.Α. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

Σχήμα 1.4: Ο θερμοπίδακας Strokkur στην Ισλανδία, δίπλα στο περίφημο Geysir. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

έχουν θερμοκρασία γύρω στους 100 °C. Τα αέρια που εξέρχονται μαζί με τον ατμό είναι κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα και δευτερευόντως το διοξείδιο του θείου, το υδρόθειο και μικρές ποσότητες άλλων ηφαιστειακών και μη αερίων. Οι ατμίδες που εκπέμπουν σημαντικές ποσότητες υδροθείου ονομάζονται θειωνίες (soifataras, Σχήμα 1.5) ενώ οι ατμίδες που περιέχουν μόνο διοξείδιο του άνθρακα καλούνται μοφέτες (mofettes).

- Οι *λεκάνες ιλύος* (mud pools) σχηματίζονται όταν δεν υπάρχει μεγάλη ροή και πίεση του νερού μιας θερμής πηγής, ώστε να μεταφέρει μακριά τα αργιλοπυριτικά σωματίδια που συμπαρασύρονται από το νερό. Αυτά συσσωρεύονται στην έξοδο ή τη «λεκάνη» της θερμικής εκδήλωσης, ενώ

οι υδρατμοί, μαζί με τα μη συμπυκνώσιμα αέρια, συσσωρεύονται στην επιφάνεια της πηκτής ιλύος και «σκάνε» με χαρακτηριστικό ήχο (Σχήμα 1.6). Οι θερμικοί αυτοί σχηματισμοί αποτελούν ενδιάμεσο τύπο μεταξύ ζέουσας θερμής πηγής και ατμίδας.



Σχήμα 1.5: Χαρακτηριστική θειωνία με αποθέσεις αυτοφυούς θείου στη Νίσυρο. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

- Τα *θερμά εδάφη* (hot grounds) σχηματίζονται συνήθως από τη θερμική αγωγή των πετρωμάτων (μη περατών γεωλογικών σχηματισμών), που παρεμβάλλονται μεταξύ μερικών σημείων της επιφάνειας της γης και των υποκειμένων αβαθών και πολύ θερμών ρευστών. Έχουν θερμοκρασίες που φτάνουν και 100 °C στην επιφάνεια του εδάφους.

Η γεωθερμική βαθμίδα της γης, τουλάχιστον στα πρώτα 10Km που μπορούμε να ελέγξουμε άμεσα, κυμαίνεται από 5 μέχρι 70 °C/Km, με μέση τιμή στους 30 °C/Km. Οι περιοχές που διαθέτουν γεωθερμική βαθμίδα μεγαλύτερη



Σχήμα 1.6: Λεκάνη ιλύος (mud pool) στο Yelloestone National Park, Η.Π.Α.

(Μ. Φοτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

από τη μέση γήινη είναι πολλές στον πλανήτη μας και οι περισσότερες βρίσκονται στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών (Σχήμα 1.1).

Ένα συνηθισμένο γεωθερμικό πεδίο αποτελείται από τρία κύρια μέρη : μια πηγή θερμότητας, έναν ταμιευτήρα και τα ρευστά, τα οποία είναι οι φορείς της θερμότητας. Η πηγή θερμότητας μπορεί να είναι είτε μια μαγματική διείδυση (με θερμοκρασίες 600-1200 °C), η οποία έφθασε σε σχετικά μικρά βάθη (3-10Km), είτε η κανονική θερμική ροή της γης, που δημιουργεί όλο και θερμότερους σχηματισμούς όσο πηγαίνουμε στο βάθος. Ο ταμιευτήρας αποτελείται ουσιαστικά από ένα σύστημα θερμών διαπερατών πετρωμάτων, που επιτρέπουν την εύκολη κυκλοφορία ή τον εγκλωβισμό των κυκλοφορούντων ρευστών, τα οποία απάγουν θερμότητα. Τα γεωθερμικά ρευστά είναι νερά μετεωρικής ή επιφανειακής προέλευσης (και σπάνια μαγματικής), σε υγρή ή αέρια φάση και συχνά περιέχουν σημαντικές ποσότητες διαλυμένων στερεών

ουσιών και αερίων. Η κατάσταση των γεωθερμικών ρευστών εξαρτάται προφανώς από την πίεση και τη θερμοκρασία τους.

Σήμερα αξιοποιείται μόνο ένα μικρό μέρος της γεωθερμικής ενέργειας, η λεγόμενη «ενέργεια της γης» ή υδροθερμική ενέργεια, με τη μορφή θερμών ρευστών. Μια κατηγορία γεωθερμικής ενέργειας, που βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο, είναι η λεγόμενη ενέργεια των θερμών ξηρών πετρωμάτων. Νερό οδηγείται τεχνητά από την επιφάνεια της γης, μέσω γεώτρησης(-εων) εισαγωγής μέχρι τα θερμά, ξηρά και χωρίς νερά πετρώματα, σε βάθος που μπορεί να υπερβαίνει τα 5000m. Μετά τη θέρμανση του εκεί, το νερό επιστρέφει στην επιφάνεια μέσω άλλης ή άλλων παραγωγικών γεωτρήσεων. Η τεχνική βιωσιμότητα τέτοιων συστημάτων έχει αποδειχθεί πειραματικά, το κόστος τους όμως είναι αρκετά υψηλό με τα σημερινά τεχνολογικά και οικονομικά δεδομένα. Υπάρχουν βέβαια και άλλες μορφές γεωθερμικής ενέργειας, η οποία αυτή τη στιγμή, με τα τεχνικά και οικονομικά μέσα που διαθέτει η ανθρωπότητα, δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν. Οι μορφές αυτές είναι γεωπεπιεσμένη ενέργεια, δηλαδή η ενέργεια από το νερό υψηλής αλατότητας που βρίσκεται σε σχετικά μεγάλα βάθη σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία και περιέχει σημαντικές ποσότητες διαλυμένου μεθανίου, και η ενέργεια του μάγματος.

Τελευταία, έχει διαδοθεί σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες ή τεχνική της εκμετάλλευσης της θερμότητας των πετρωμάτων σε πολύ μικρά βάθη (1-100m), με τη βοήθεια είτε αβαθών γεωτρήσεων ή μικρών εκσκαφών στην «αυλή» του καταναλωτή και τη χρήση **αντλιών θερμότητας**. Η μέθοδος αυτή της αξιοποίησης της **αβαθούς γεωθερμίας** μπορεί να εφαρμοστεί οπουδήποτε υπάρχει ανάγκη τόσο για **θέρμανση** το χειμώνα, όσο και **κλιματισμό** το καλοκαίρι, επειδή πρακτικά ακόμα σε πολύ μικρό βάθος, η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του έτους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

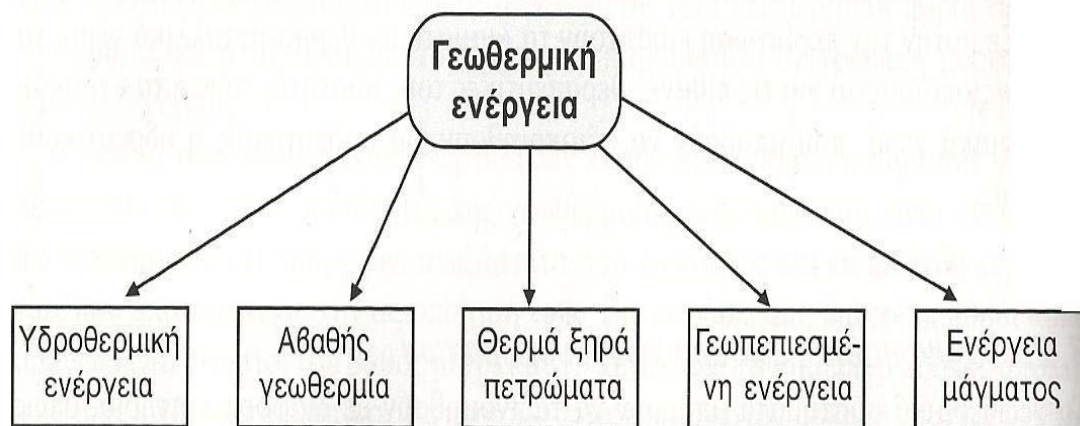
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η ταξινόμηση των γεωθερμικών συστημάτων μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια, όπως είναι το είδος των γεωθερμικών πόρων, ο τύπος και η θερμοκρασία των ρευστών, ο τύπος πετρώματος που φιλοξενεί τα ρευστά, το είδος της εστίας θερμότητας, αν κυκλοφορούν ή όχι ρευστά στον ταμιευτήρα κ.ά. Σε σχέση με το είδος των γεωθερμικών πόρων διακρίνονται πέντε κατηγορίες συστημάτων (Σχήμα 2.1):

- Τα **υδροθερμικά συστήματα** ή **πόροι**, δηλαδή τα φυσικά υπόγεια θερμά ρευστά, τα οποία βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες, θερμαίνονται από μια εστία θερμότητας και συχνά εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης με τη μορφή θερμών εκδηλώσεων. Τα συστήματα αυτά συχνά ταυτίζονται με το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών πεδίων, αφού σήμερα ουσιαστικά είναι τα μόνα συστήματα που αξιοποιούνται. Μια άλλη ονομασία που δίνεται σε αυτά τα συστήματα είναι *συστήματα συναγωγής* ή *δυναμικά συστήματα*, επειδή η θερμότητα μεταδίδεται κυρίως με το μηχανισμό της συναγωγής. Υπάρχουν βεβαίως και ορισμένα *συστήματα αγωγής* ή *στατικά συστήματα*, που αποτελούνται συνήθως από νερά υψηλής αλατότητας, με θερμοκρασία 60-150 °C και σε κανονική πίεση, παγιδευμένα σε βάθος 2-4 Km, και τα οποία έχουν θερμανθεί με το μηχανισμό της αγωγής. Τυπικό παράδειγμα αποτελεί η Παννονική λεκάνη, η οποία έχει τύχει σημαντικής αξιοποίησης.
- Μια πολλά υποσχόμενη κατηγορία γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να θεωρηθεί η λεγόμενη **αβαθής γεωθερμία** (earth energy), κατά την οποία λαμβάνονται ποσότητες ενέργειας από μικρά βάθη με την ανακυκλοφορία

νερού σε κλειστές υδροφόρες ή «ξηρές» γεωτρήσεις ή σε ρηχές επιφάνειες εδάφους/πετρωμάτων.

- Τα **γεωπεπιεσμένα συστήματα**, τα οποία αποτελούνται από ρευστά εγκλεισμένα σε μεγάλο βάθος, βρίσκονται περιορισμένα από μη περατά πετρώματα και η πίεσή τους υπερβαίνει την υδροστατική. Συγκαταλέγονται στα στατικά συστήματα και συνυπάρχουν με υδρογονάνθρακες (κυρίως αερίου).
- Τα συστήματα **βαθιών θερμών-ξηρών πετρωμάτων**, δηλαδή τα θερμά πετρώματα σε βάθος από 3 μέχρι 10 Km χωρίς φυσική κυκλοφορία ρευστών, από τα οποία μπορεί να ανακτηθεί ενέργεια χρησιμοποιώντας νερό που διοχετεύεται από την επιφάνεια μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων, και ανακτάται θερμότερο με τη μορφή νερού ή ατμού μέσω άλλων γεωτρήσεων.
- Τα **μαγματικά συστήματα** αναφέρονται στην απόληψη θερμότητας με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύσεις, που βρίσκονται σε μικρό σχετικά βάθος.



Σχήμα 2.1: Μορφές γεωθερμικής ενέργειας (Γ. Καρυδάκης, Γεωθερμική Ενέργεια, Εκδόσεις Αθλότυπο)

Η ποιο πάνω ταξινόμηση γεωθερμικών συστημάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1, στον οποίο αναφέρονται και οι τυπικές θερμοκρασίες των απαντώμενων ή παραγόμενων ρευστών.

Μία πρώτη διάκριση των υδροθερμικών συστημάτων γίνεται συνήθως ανάμεσα στα συστήματα, στα οποία το κυρίαρχο ρευστό είναι ο ατμός (*συστήματα ατμού*) και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στην ηλεκτροπαραγωγή, και στα συστήματα στα οποία κυρίαρχο ρευστό είναι το θερμό νερό (*συστήματα θερμού νερού*).

Το συνηθέστερο κριτήριο για την ταξινόμηση των υδροθερμικών συστημάτων νερού βασίζεται στην ενθαλπία των γεωθερμικών ρευστών, τα οποία είναι και οι φορείς της θερμότητας στην επιφάνεια της γης από τα θερμά βαθιά πετρώματα. Η ενθαλπία των ρευστών, ΔH , η οποία μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη της θερμοκρασίας τους, χρησιμοποιείται για να εκφράσει το θερμικό περιεχόμενο τους. Οι γεωθερμικοί πόροι ταξινομούνται συνήθως για λόγους ευκολίας σε ρευστά **χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας ή θερμοκρασίας**, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1. Υψηλής ενθαλπίας ορίζονται τα ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 150 °C, μέσης ενθαλπίας τα ρευστά με θερμοκρασία από 90 °C μέχρι 150 °C, και χαμηλής ενθαλπίας τα νερά με θερμοκρασία μικρότερη από 90 °C. Ο λόγος αυτής της ταξινόμησης είναι ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος δεν είναι πάντα οικονομικά αποδεκτή για θερμοκρασίες ρευστών μικρότερες από 150 °C. Με το δυαδικό κύκλο βέβαια μπορεί να χρησιμοποιηθούν ρευστά σε χαμηλότερη θερμοκρασία, μέχρι και 85 °C. Επίσης, η ταξινόμηση των ρευστών χαμηλής ενθαλπίας μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι τα πεδία με αυτές τις θερμοκρασίες είναι πολυάριθμα και αξιοποιούνται για πολλαπλούς σκοπούς (η λουτροθεραπεία εδώ και χιλιετίες).

Τα συστήματα νερού είναι τα συνηθέστερα και, ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που επικρατούν, μπορούν να παραγάγουν *θερμό νερό* (σε θερμοκρασίες < 100 °C) ή *μίγμα νερού-ατμού* (διφασικά συστήματα). Η

Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση των γεωθερμικών συστημάτων. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

Τύπος Συστημάτων	Χαρακτηριστικά	Θερμοκρ.(°C)
1.ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ 1α. Συστήματα συναγωγής Α) Συστήματα που περιέχουν ατμό Β) Συστήματα που περιέχουν θερμό νερό i) Υψηλής Θερμοκρασίας ii) Μέσης Θερμοκρασίας iii) Χαμηλής Θερμοκρασίας 1β. Συστήματα αγωγής	Περατοί σχηματισμοί με φυσική κυκλοφορία ρευστών Κλειστά κυκλώματα συναγωγής, ατμοί παγιδευμένοι από στεγανά καλύμματα, T>200 °C, μέχρι 1.5Km Κλειστά ή ανοικτά κυκλώματα συναγωγής, μέχρι τα 3Km Σχεδόν οριζόντιοι υδροφόροι με τοπική αποστράγγιση ψυχρού νερού ή κυκλοφορία θερμού νερού υπό πίεση Όπως προηγούμενο, με χαμηλότερη θερμοκρασία νερού, με μικρή ή καθόλου πίεση Μη-περατοί σχηματισμοί, με μεγάλο πορώδες και περατότητα, σε βάθος 1,3Km με εγκλωβισμένα νερά	 ~240 >150 90-150 <90 60-150
2. ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	Από 1m βάθος μέχρι 100m, με ή χωρίς νερό	<40
3. ΘΕΡΜΑ-ΞΗΡΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ	Μη περατοί σχηματισμοί πετρωμάτων χωρίς φυσική κυκλοφορία ρευστών. Τεχνητή κυκλοφορία νερών με σύστημα δύο τουλάχιστον γεωτρήσεων	

Πίνακας 2.1: (συνέχεια)

Τύπος Συστημάτων	Χαρακτηριστικά	Θερμοκρ.(°C)
4. ΓΕΩΠΕΠΙΕΣΜΕΝΑ	Έγκλειστα υδροφόρα στρώματα υπό μεγάλη πίεση, παρουσία υδρογονανθράκων (συστήματα αγωγής)	150-200
5. ΜΑΓΜΑΤΙΚΑ	Η θερμοκρασία >500 °C σε μερικά χιλιόμετρα βάθους λόγω μαγματικών διεισδύσεων	>500

Θερμική εστία των συστημάτων αυτών είναι συνήθως λιωμένο ή πρόσφατα στερεοποιημένο πέτρωμα που βρίσκεται σε βάθος από 3 μέχρι 10 Km. Η μεταφορά της θερμότητας επιτελείται με συναγωγή υπογείων ρευστών. Ισοτοπικές μελέτες έχουν δείξει ότι το μεγαλύτερο μέρος του νερού και του ατμού που παράγονται είναι μετεωρικής ή επιφανειακής προέλευσης. Τα κυκλοφορούντα ρευστά συνήθως εμπλουτίζονται σε NaCl και σε άλλα στοιχεία, με σύγχρονη μείωση της συγκέντρωσης ορισμένων στοιχείων όπως του Mg. Η πίεση και η θερμοκρασία των περισσότερων συστημάτων νερού βρίσκονται στην καμπύλη του σημείου ζέσεως σε σχέση με το βάθος, αν και σποραδικά πραγματοποιείται και τοπική εξάτμηση.

Ένα σύστημα θερμού νερού αποκτά οικονομικό ενδιαφέρον για άμεσες χρήσεις όταν ο ταμιευτήρας του βρίσκεται το πολύ σε βάθος 2 Km, εφόσον η παροχή του νερού είναι ικανοποιητική (μεγαλύτερη από 100m³/h) και εάν η περιεκτικότητα σε άλατα είναι σχετικά χαμηλή (μικρότερη από 50g/L). Τα γνωστότερα γεωθερμικά συστήματα θερμού νερού που αξιοποιούνται σε άμεσες χρήσεις βρίσκονται στη λεκάνη του Παρισιού στη Γαλλία, η Παννονική λεκάνη στην Ουγγαρία, το Klamath Falls στις Η.Π.Α. και στην κοιλάδα του ποταμού Πάδου στην Ιταλία.

Περίπου το 90% των υδροθερμικών συστημάτων που αξιοποιούνται (σε σχέση με τη θερμότητα που λαμβάνεται) είναι συστήματα μίγματος νερού-

ατμού. Τα νερά αυτά περιέχουν μεγάλες ποσότητες διαλυμένων αλάτων (από 1 μέχρι και 350g/L), τα οποία προκαλούν προβλήματα επικαθίσεων και διάβρωσης στις εγκαταστάσεις και κάνουν απαραίτητη την επανεισαγωγή των νερών στον ταμιευτήρα. Μερικά από τα σπουδαιότερα πεδία μίγματος νερού-ατμού είναι: Latera (Ιταλία), Kizildere (Τουρκία), Azores (Πορτογαλία), Krafla (Ισλανδία), Hatchobaru (Ιαπωνία), Puna (Χαβάη), Salton Sea (Καλιφόρνια), Steamboat (Νεβάδα), Wairakei (Νέα Ζηλανδία), Miravalles (Κόστα Ρίκα) και Cerro Prieto και Los Azufres (Μεξικό). Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν και τα πεδία Μήλου και Νισύρου.

Στα συστήματα ατμού, νερό και ατμός συνυπάρχουν στον ταμιευτήρα, αν και στην επιφάνεια εξέρχεται μόνο ξηρός ή υπέρθερμος ατμός, που περιέχει και μικρές ποσότητες μη συμπυκνώσιμων αερίων. Τα συστήματα αυτά είναι γενικά σπάνια και αρκετά από αυτά έχουν αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος, όπως για παράδειγμα τα πεδία Larderello και Monte Amiata (Ιταλία), The Geysers (Η.Π.Α.), Kamojang και Darajat (Ινδονησία) και Matsukawa (Ιαπωνία). Λόγω φυσικής συναγωγής, νερά συνήθως υψηλής αλατότητας ανέρχονται σε συγκεκριμένο βάθος, όπου λαμβάνει χώρα εξάτμιση. Ο παραγόμενος ατμός κινείται προς πάνω μέσα από ρωγμές και μπορεί να γίνει υπέρθερμος σε επαφή με τα θερμά πετρώματα. Πιστεύεται ότι στα συστήματα αυτά, τα πετρώματα έχουν μικρή διαπερατότητα, επειδή προφανώς σε διαφορετική περίπτωση τα νερά σε παρακείμενους σχηματισμούς θα κατέκλυζαν τον ταμιευτήρα. Οι θερμοκρασίες και οι ενθαλπίες του ατμού από τα πεδία ατμού ποικίλουν αρκετά, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.2. Στον ίδιο πίνακα παρουσιάζονται και θερμοκρασίες και ενθαλπίες των ρευστών από τα κυριότερα πεδία μίγματος νερού-ατμού, που αξιοποιούνται στην παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος.

Πίνακας 2.2: Θερμοκρασίες ταμιευτήρα και ενθαλπίες ρευστών από πεδία υψηλής θερμοκρασίας. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

Γεωθερμικό Πεδίο	Θερμοκρασία στην κεφαλή, °C (μέγιστη θερμοκρασία ταμιευτήρα, °C)	Μέγιστη ενθαλπία (KJ/Kg)
Συστήματα Ατμού		
The Geysers (Η.Π.Α.)	273 (310)	3000
Larderello	200 (420)	3100
Monte Amiata (Ιταλία)	170 (344)	2600
Matsukawa (Ιαπωνία)	220	
Kamojang (Ινδονησία)	175 (248)	2780
Συστήματα Νερού-Ατμού		
Wairakei (Νέα Ζηλανδία)	230 (290)	1175
Broadlands (Νέα Ζηλανδία)	255 (326)	1175
Imperial Valley (Η.Π.Α.)	160 (370)	1000
Cerro Prieto (Μεξικό)	300 (388)	2430
Los Azufres (Μεξικό)	175 (300)	2700
Momotombo (Νικαράγουα)	210 (327)	2700
Tiwi (Φιλιππίνες)	273 (309)	2800
Hatchobaru (Ιαπωνία)	250 (308)	2250
Krafla (Ισλανδία)	205 (344)	2680
Μήλος	225 (320)	
Νίσυρος	240 (350)	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Οι περιοχές με χαμηλές τιμές θερμικής ροής, όπως είναι αυτές της δυτικής Ελλάδας αλλά και άλλες, είναι λιγότερο ευνοϊκές από γεωθερμική άποψη. Δεν αποκλείεται βέβαια να βρεθούν και εκεί επιμέρους περιοχές με ευνοϊκές γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες. Ήδη έχουν εντοπισθεί ορισμένες τέτοιες περιοχές, όπως η περιοχή στις Συκιές της Άρτας, στην Κόνιτσα (Καβάσιλα, Αμάραντος), στην περιοχή γύρω από το αεροδρόμιο της Ανδραβίδας κτλ. Στις περιοχές αυτές φαίνεται να σχηματίζονται γεωθερμικά πεδία χαμηλής σχετικά θερμοκρασίας, μέχρι 46 °C, σε πολύ μικρά βάθη. Οποσδήποτε όμως το θερμοκρασιακό ύψος των πεδίων στη Δυτική Ελλάδα είναι περιορισμένο.

Χαμηλή γεωθερμική βαθμίδα παρουσιάζει ολόκληρη η Πελοπόννησος, εξαιτίας της κυριαρχίας στην επιφάνεια και το υπέδαφος των ασβεστολιθικών, ιδιαίτερα υδροπερατών σχηματισμών, μέσα στους οποίους κατεισδύουν σημαντικές ποσότητες μετεωρικών νερών, τα οποία δεν προστατεύονται γενικά από στεγανό γεωλογικό κάλυμμα. Έτσι, η γεωθερμική βαθμίδα είναι πολύ χαμηλή και δεν αναμένεται η ύπαρξη αξιόλογων γεωθερμικών πεδίων σε μικρά σχετικά βάθη. Το ίδιο περίπου συμβαίνει σε όλο το μήκος του Ελληνικού ιζηματογενούς τόξου, που καταλήγει στην Κρήτη και τα νότια Δωδεκάνησα. Στις δύο τελευταίες περιοχές, μαζί με τα Ιόνια νησιά, ο μη ευνοϊκός συνδυασμός δημιουργείται και από τη γειτνίαση προς την Ελληνική τάφρο, η οποία αποτελεί το όριο των λιθοσφαιρικών πλακών Αφρικής-Ευρασίας.

Επίσης, περιοχές μη ευνοϊκές σχηματίζονται εκεί όπου δεν υπάρχει κατάλληλος περατός γεωλογικός σχηματισμός που να αναλάβει το ρόλο του γεωθερμικού ταμιευτήρα (βάθη μέχρι 3000m). Είναι π.χ. η περίπτωση των

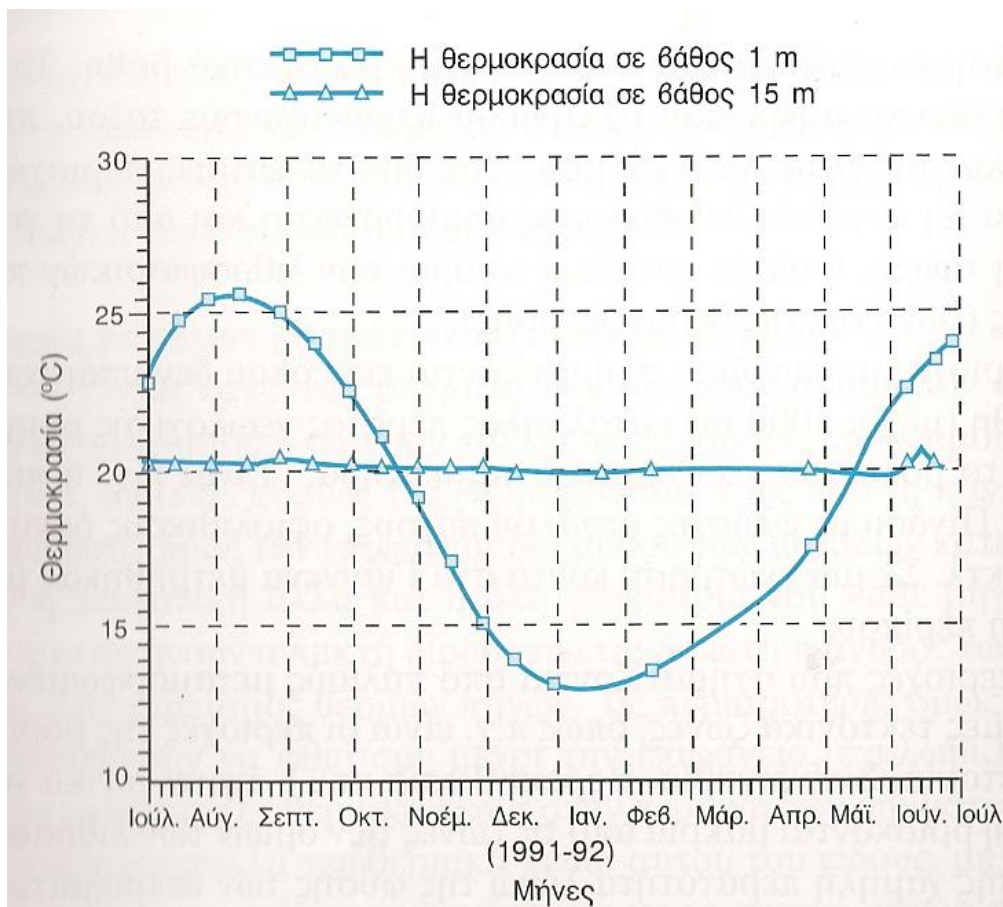
περιοχών της Πίνδου με φλύσχεις μεγάλου πάχους, οφιολιθικούς όγκους τεραστίων διαστάσεων κτλ. Σε μία γεώτρηση κοντά στα Γιάννενα μετρήθηκαν μόλις 25 °C σε βάθος 1500 m περίπου.

Τέλος οι περιοχές που σχηματίζονται από παλιούς μεταμορφωμένους σχηματισμούς σε ήρεμες τεκτονικά ζώνες, όπως π.χ. είναι οι περιοχές της βόρειας Ευρώπης (Μεγάλη Βρετανία, Σκανδιναβία, Βόρεια Ρωσία κτλ.), έχουν γενικά χαμηλή θερμική ροή, επειδή βρίσκονται μακριά από τις ζώνες των ορίων των λιθοσφαιρικών πλακών, και επίσης χαμηλή περατότητα λόγω της φύσης των πετρωμάτων (εκτός από τις περιοχές με πρόσφατες ιζηματογενείς αποθέσεις).

Με βάση πολυάριθμες μετρήσεις που έχουν γίνει στο υπέδαφος διαφόρων σημείων του κόσμου, έχει διαπιστωθεί ότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη θερμοκρασία σε μικρό σχετικά βάθος, συνήθως μέχρι τα 15 m. Από εκεί και κάτω, η μεταβολή της θερμοκρασίας υπακούει μόνο στους κανόνες της γεωθερμικής βαθμίδας, δηλαδή αυξάνεται σταθερά με το βάθος και με μέσο ρυθμό της τάξης του 1 °C/30m, που είναι η *μέση ή ομαλή γεωθερμική βαθμίδα*. Τα ρηχά γεωθερμικά ρευστά ή η θερμική ενέργεια των πετρωμάτων που βρίσκονται σε πολύ μικρά βάθη (μέχρι 100 m περίπου) έχει οριστεί ως **αβαθής γεωθερμία**.

Έχει αποδειχθεί με μετρήσεις ότι, η μεταβολή της θερμοκρασίας στα 2 m βάθους από την επιφάνεια του εδάφους στην Ελβετία δε μεταβάλλονται περισσότερο από ± 2 °C κατά τη διάρκεια του χρόνου και η θερμοκρασία ουσιαστικά σταθεροποιείται στα 10 μόλις μέτρα βάθους, για να αρχίσει από εκεί και κάτω η άνοδος με το ρυθμό της γεωθερμικής βαθμίδας. Αντίστοιχες μετρήσεις στη χώρα μας δείχνουν την ίδια τάση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1, όπου έχουν καταγραφεί για ένα χρόνο οι θερμοκρασίες εδάφους σε βάθος 1m και 15 m στο Κορωπί Αττικής. Έτσι, μπορούμε να επιχειρήσουμε με επιτυχία είτε την απόληψη της θερμικής ενέργειας από τα πετρώματα σε βάθος 1-3 m, με κυκλοφορία ρευστών σε οριζόντιους σωλήνες τοποθετημένους μέσα στη γη,

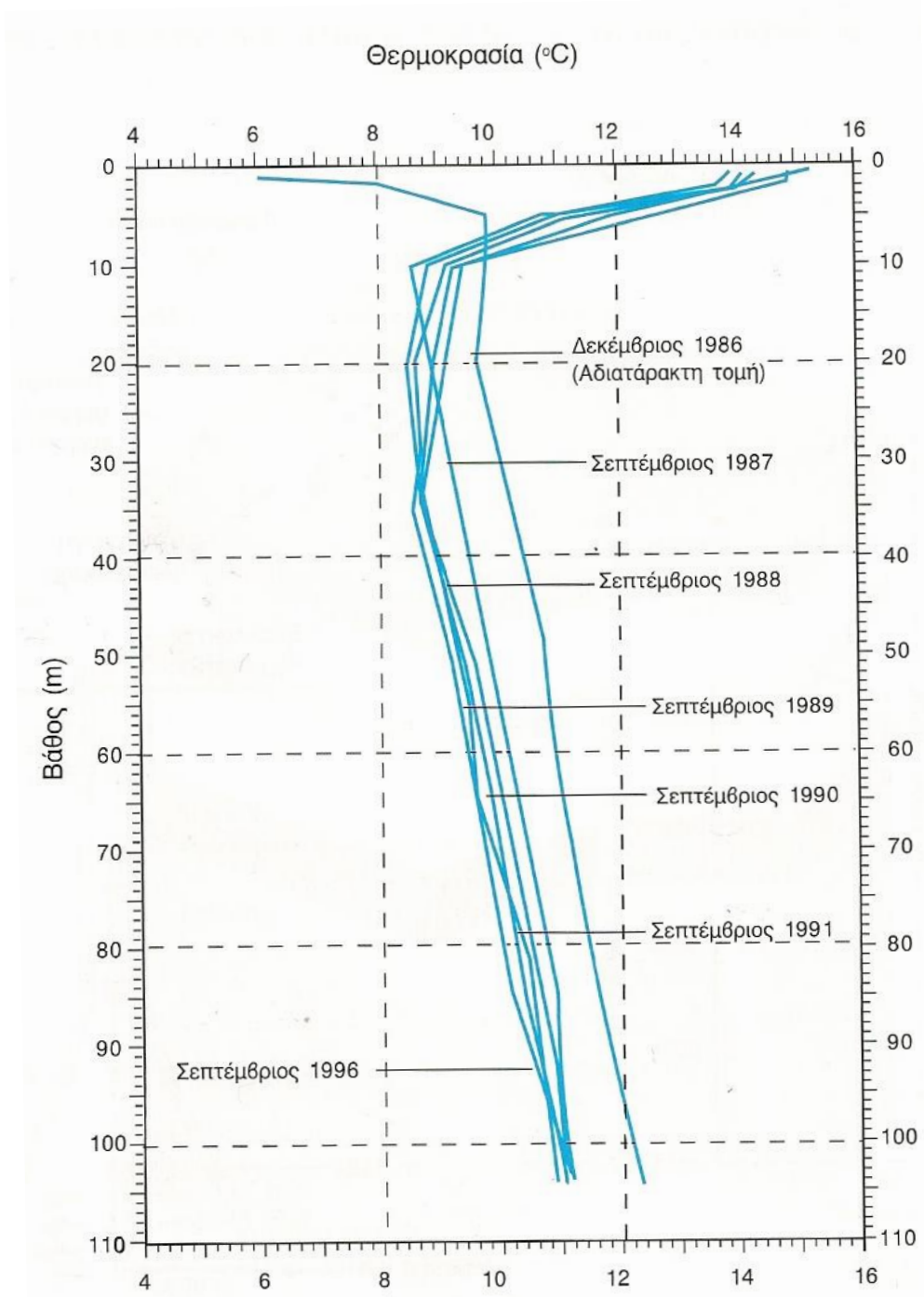
είτε την απόληψη ενέργειας των πετρωμάτων σε βάθος 100 m περίπου, με ένα πυκνό δίκτυο γεωτρήσεων που θα έχουν οριζόντια απόσταση μεταξύ τους μόλις 2 m. Έχει πράγματι αποδειχθεί ότι η απόληψη της υπερδαφικής ενέργειας από τα τοιχώματα και τον πυθμένα μιας στεγνής γεώτρησης δεν επηρεάζει θερμικά τα πετρώματα σε ακτίνα μεγαλύτερη των 2 m.



Σχήμα 3.1: Μετρήσεις θερμοκρασίας εδάφους σε βάθος 1 m και 15 m στο Κορωπί Αττικής. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

Ύστερα από συστηματικές και ακριβείς μετρήσεις θερμοκρασιών κάθε μισή ώρα και για 5 συνεχή χρόνια σε γεώτρηση βάθους 105 m, με περίπου κανονική βαθμίδα κοντά στη Ζυρίχη, στην οποία γεώτρηση γινόταν

εκμετάλλευση σε όλο αυτό το διάστημα, προέκυψαν πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα (Σχήμα 3.2). Παρατηρήθηκε αρχικά μείωση της θερμοκρασίας



Σχήμα 3.2 Κατανομές της υπερδάρφιας θερμοκρασίας σε οριζόντια απόσταση ενός μέτρου από γεώτρηση μέσα στην οποία λειτουργεί εναλλάκτης θερμότητας. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

κατά 0,8 °C σε όλο το μήκος της γεώτρησης κατά το πρώτο έτος. Στη συνέχεια, επιτεύχθηκε πλήρης θερμική ισορροπία. Η «ψύξη» πλευρικά της γεώτρησης δε μεταδίδεται ουσιαστικά πέραν των 2 m.

Στους γεωθερμικούς πόρους της αβαθούς γεωθερμίας πρέπει να προστεθούν και οι ρηχοί πόροι, δηλ. οι υδροφόροι ορίζοντες με μικρή θερμοκρασία (βάση της μέσης γεωθερμικής βαθμίδας) και βάθους μικρότερου των 100 m. Οι υδροφόροι των γεωτρήσεων αυτών μπορούν να τύχουν εκμετάλλευσης με οικονομικό τρόπο από μόνοι τους ή σε συνδυασμό με τα «ρηγά» ξηρά πετρώματα και με τη χρήση της τεχνολογίας των αντλιών θερμότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

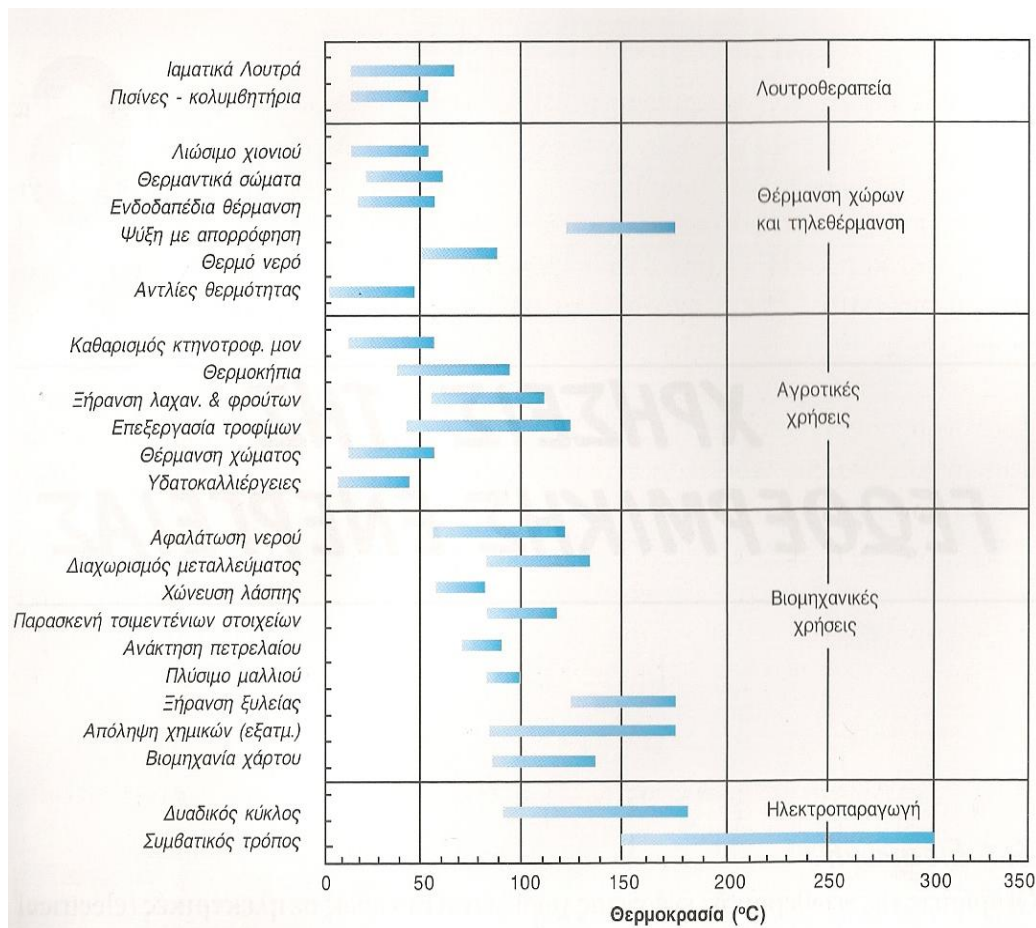
4.1 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι γεωθερμικές χρήσεις χωρίζονται συνήθως σε **ηλεκτρικές** και σε **άμεσες**. Στη δεύτερη κατηγορία γίνεται εκμετάλλευση της θερμότητας των ρευστών χωρίς να παραχθεί ενδιάμεσα ηλεκτρική ενέργεια. Οι κυριότερες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας παρουσιάζονται συνοπτικά στο Σχήμα 4.1, το οποίο αποτελεί τροποποίηση του διαγράμματος Lindal. Στο διάγραμμα αυτό καταγράφονται παραδείγματα χρήσεων, δοκιμασμένων και πιθανών, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας των ρευστών. Οι περισσότερο καθιερωμένες εφαρμογές είναι η θέρμανση χώρων, οι ιχθυοκαλλιέργειες, η ξήρανση αγροτικών προϊόντων και η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 150 °C χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος, ενώ οι άμεσες χρήσεις καλύπτουν όλη την κλίμακα θερμοκρασιών.

Αν και η συνολική ενεργειακή χρήση της γεωθερμίας είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις παγκόσμιες ανάγκες (μόλις το 0,5%), για ορισμένες χώρες ο ρόλος της γεωθερμίας είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Έτσι, π.χ. για την Ισλανδία, το 50% της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας της χώρας προέρχεται από τα γεωθερμικά ρευστά (και ένα άλλο 18% από την υδροηλεκτρική ενέργεια), ενώ στις Φιλιππίνες το 22% της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτεται από τη γεωθερμική ενέργεια.

Όσον αφορά στο κόστος της παραγόμενης θερμότητας, η γεωθερμική ενέργεια ανταγωνίζεται ικανοποιητικά το πετρέλαιο και τον άνθρακα. Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος κεφαλαίου

(για την αρχική έρευνα και ανάπτυξη των πεδίων), ενώ από την άλλη μεριά το κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι περιορισμένο. Επίσης, ο τεχνολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την αξιοποίηση της γεωθερμίας είναι τις περισσότερες φορές δοκιμασμένος σε άλλες τεχνολογικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, στην ανόρυξη των βαθιών γεωτρήσεων χρησιμοποιείται τεχνολογία με πολλά στοιχεία δανεισμένα από την τεχνολογία των γεωτρήσεων πετρελαίου. Για τις ρηχότερες γεωτρήσεις και για νερά χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται η τεχνολογία των υδρογεωτρήσεων, προσαρμοσμένη στη γεωθερμία.

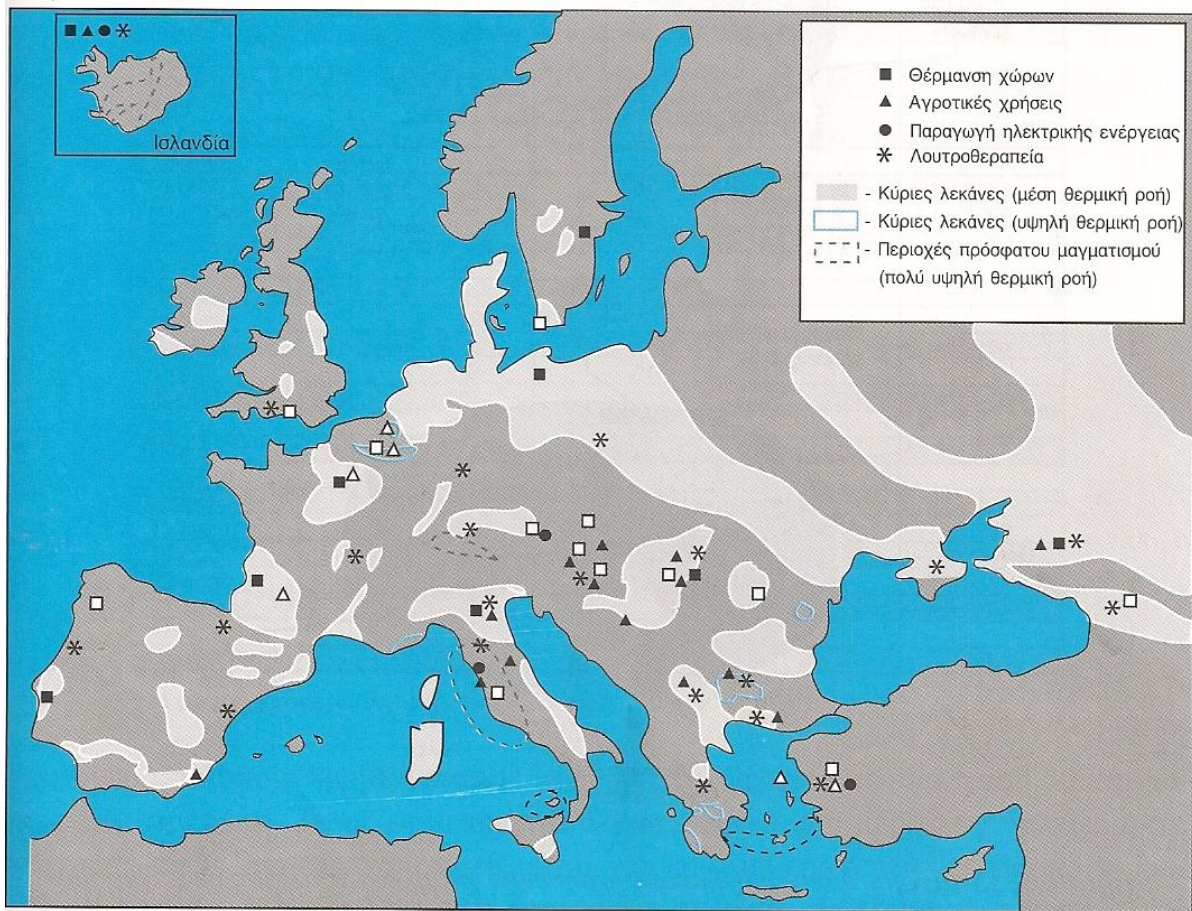


Σχήμα 4.1: Το τροποποιημένο διάγραμμα Lindal. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

4.2 ΑΜΕΣΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ

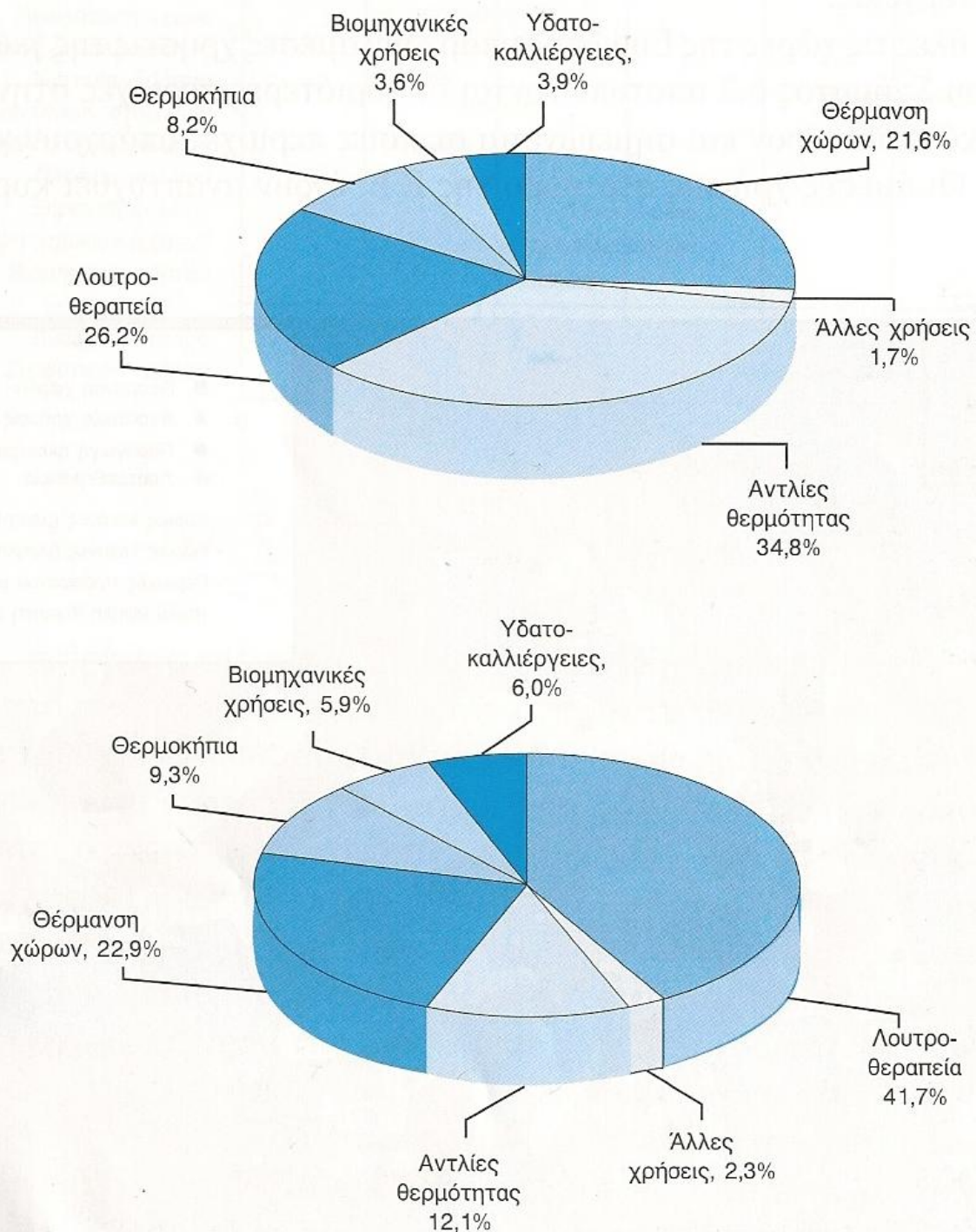
Οι άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες: θέρμανση χώρων, αγροτικές χρήσεις, υδατοκαλλιέργειες, βιομηχανικές χρήσεις, λουτροθεραπεία (και πισίνες) και αντλίες θερμότητας. Η εγκατεστημένη θερμική ισχύς των γεωθερμικών μονάδων μέσης και χαμηλής θερμοκρασίας σε 58 χώρες στον κόσμο (Πίνακας 4.1) ανήλθε το έτος 2000 στα 15 MWt, σημειώνοντας αύξηση κατά 75% σε σχέση με το 1995. Η ενεργειακή χρήση στην ίδια χρονιά ανήλθε σε 191 GJ/έτος σημειώνοντας αύξηση 69% σε σχέση με το 1995 ή 11% σε ετήσια βάση. Η τιμή αυτής της ενεργειακής παραγωγής αντιστοιχεί σε 4,3 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΠΠ) ανά έτος. Συγκριτικά σημειώνεται ότι εξοικονομούνται περίπου 20 εκατ. ΤΠΠ/έτος από την αξιοποίηση άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Σχεδόν σε όλες τις χώρες της Ευρώπης υπάρχουν άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας. Στο χάρτη του Σχήματος 4.2 αποτυπώνονται οι κυριότερες περιοχές στην Ευρώπη με γεωθερμικό ενδιαφέρον και σημειώνεται σε ποιες περιοχές υπάρχουν γεωθερμικές χρήσεις. Οι άμεσες χρήσεις στο χώρο της Ε.Ε. έχουν αναπτυχθεί κυρίως στην Ιταλία, τη Γαλλία, τη Γερμανία και τη Σουηδία, αν και το είδος των χρήσεων ποικίλει από χώρα σε χώρα, εξαιτίας των γεωλογικών και κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε κράτος, της ενεργειακής κατάστασης, του νομικού πλαισίου προώθησης των Α.Π.Ε. κτλ. Έτσι, στη Γαλλία τα γεωθερμικά ρευστά χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση χώρων, στην Ιταλία επικρατούν οι αγροτικές χρήσεις και η λουτροθεραπεία, ενώ στη Γερμανία και τη Σουηδία οι μόνες άμεσες χρήσεις είναι ουσιαστικά οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Στην υπόλοιπη Ευρώπη, η Ισλανδία, η Γεωργία, η Ρωσική Δημοκρατία και η Ουγγαρία κατέχουν τα πρωτεία στη θέρμανση χώρων.



Σχήμα 4.2: Οι κυριότερες γεωθερμικές περιοχές και χρήσεις στην Ευρώπη. (Γ. Καρυδάκης, Γεωθερμική Ενέργεια, Εκδόσεις Αθλότυπο)

Στην Ουγγαρία η γεωθερμία χρησιμοποιείται κυρίως για τη θέρμανση θερμοκηπίων, ενώ στην Ισλανδία για θέρμανση οικιών. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε ολόκληρη την πόλη του Reykjavik η θέρμανση των κτιρίων γίνεται με ζεστό νερό, το οποίο θερμαίνεται με γεωθερμική ενέργεια σε απόσταση 30Km μακριά από την πόλη. Τέλος σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της γεωθερμικής ενέργειας στην Ιαπωνία χρησιμοποιείται για λουτροθεραπευτικούς σκοπούς, ενώ στην Κίνα και τη Ν. Ζηλανδία η βασική χρήση είναι η θέρμανση χώρων και οι βιομηχανικές χρήσεις.



Σχήμα 4.3: Κατανομή των γεωθερμικών χρήσεων χαμηλής ενθαλπίας σε παγκόσμιο επίπεδο, (α) με την εγκατεστημένη ισχύ και (β) με την πραγματική ενεργειακή χρήση. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η κατανομή των διαφόρων χρήσεων (αναφορικά με την εγκατεστημένη ισχύ των γεωθερμικών μονάδων και την ενεργειακή χρήση) το έτος 2000 δίνεται στο Σχήμα 4.3. Η θέρμανση χώρων περιλαμβάνει την παραγωγή θερμού νερού για θέρμανση χώρων (εκτός από θερμοκήπια) και την τηλεθέρμανση οικισμών. Η κατηγορία της λουτροθεραπείας περιλαμβάνει

Πίνακας 4.1: Εγκατεστημένη ισχύς και παραγωγή ενέργειας σε άμεσες χρήσεις γεωθερμίας και σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού στον κόσμο κατά το 2000.

(Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

	Άμεσες Χρήσεις		Παραγωγή Ηλεκτρισμού	
	Εγκατεστημένη Ισχύς, MW	Ετήσια παραγωγή, GWh	Εγκατεστημένη Ισχύς, MW	Ετήσια παραγωγή, GWh
Αιθιοπία			8,5	30
Αλγερία	100	441		
Αργεντινή	26	125		
Αυστρία	255	447	1*	2
Βουλγαρία	107	455		
Γαλλία	326	1360	4,2	25
Γερμανία	397	436		
Γεωργία	250	1752		
Γουατεμάλα	4	33	33,4	216
Ελ Σαλβαντόρ			161	800
Ελβετία	547	663		
Ελλάδα	57	107		
Η.Π.Α.	3766	5640	2228	15470
Ιαπωνία	1167	7482	547	3532
Ινδία	80	700		
Ινδονησία	2	12	590	4575
Ιορδανία	153	428		
Ισλανδία	1469	5603	170	1138

Πίνακας 4.1: (συνέχεια)

	Άμεσες Χρήσεις		Παραγωγή Ηλεκτρισμού	
	Εγκατεστημένη Ισχύς, MW	Ετήσια παραγωγή,GWh	Εγκατεστημένη Ισχύς, MW	Ετήσια παραγωγή,GWh
Ισραήλ	63	476		
Ιταλία	326	1048	785	4400
Καναδάς	378	284		
Κένυα			45	367
Κίνα	2282	10531	29,2	100
Κόστα Ρίκα			143	592
Κροατία	164	154		
Μεξικό	104	1089	755	5680
Νέα Ζηλανδία	308	1967	437	2268
Νικαράγουα			70	583
Ουγγαρία	473	1135		
Π.Δ.Γ.Μ.	81	142		
Πολωνία	69	76		
Πορτογαλία	6	10	16	94
Ρουμανία	152	797		
Ρωσική Δημοκρατία	307	1703	23	85
Σερβία	80	660		
Σλοβακία	132	588		
Σουηδία	377	1147		
Τουρκία	820	4377	20,4	120
Τυνησία	23	56		
Φιλανδία	81	134		
Φιλιππίνες			1909	9181
Άλλες Χώρες	91	722		
Σύνολο	15145	52976	7975	49261

και τις πισίνες που θερμαίνονται με γεωθερμικό νερό, ενώ στις βιομηχανικές χρήσεις το λιώσιμο του χιονιού σε δρόμους, πεζοδρόμια κτλ.

Μεγάλη ποικιλία γεωθερμικών εγκαταστάσεων βρίσκονται σε λειτουργία, είτε λειτούργησαν για μικρό είτε για μεγάλο χρονικό διάστημα στο παρελθόν. Μερικές χαρακτηριστικές χρήσεις γεωθερμικών νερών χαμηλής-μέσης θερμοκρασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2: Μερικές τυπικές άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

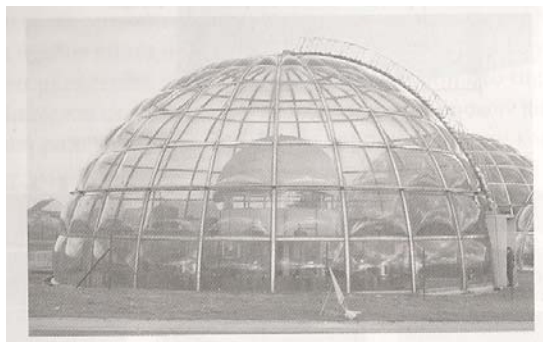
ΧΩΡΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΧΟΛΙΑ
Ιαπωνία	Ξήρανση ρυζιού	1800Kg ρυζιού/ημέρα
Ουγγαρία	Θέρμανση και καθαρισμός κτηνοτροφικών μονάδων	Χρησιμοποιούνται 25 γεωτρήσεις, με ισχύ 8 MW
Ισλανδία	Ξήρανση φυκιών	Νερό 100 °C
Ν. Ζηλανδία	Πλύσιμο και Ξήρανση ξυλείας. Λειτουργία κλιβάνου	Και σε άλλες χώρες (Ισλανδία)
Ν. Ζηλανδία (Wairakei)	Θέρμανση Κτιρίων και θερμοκηπίων	Νερό 120 °C σε εναλλάκτες αυλών και κελύφους
Η.Π.Α. (Καλιφόρνια)	Παραγωγή ξηρού πάγου CO ₂	Περιοχή Salton Sea
Φιλιππίνες	Ξήρανση σιτηρών	Γεωθερμικός ατμός θερμαίνει ξηραντήριο περιστρεφόμενου κλιβάνου
Φιλιππίνες	Απόληψη άλατος από θαλασσινό νερό	Αλάτι τριών ποιοτήτων
Ιταλία (Larderello)	Ανάκτηση βορικού οξέος	Χρήση 30 ton/h ατμού
Μεξικό (Η.Π.Α.)	Καλλιέργεια μανιταριών	Χρήση 2 ton/h νερού 130 °C, και 56 ton/h νερού 103 °C, αντίστοιχα
Σλοβακία	Ιχθυοκαλλιέργεια χελιών	Νερό 42 °C, χρήση εναλλάκτη

Πίνακας 4.2: (συνέχεια)

ΧΩΡΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΧΟΛΙΑ
Ιαπωνία	Απόσταξη και ζυθοποιία	Μικρή μονάδα
Διάφορες Χώρες	Πλύσιμο και ξήρανση μαλλιού	

Ένα τυπικό γεωθερμικό σύστημα χαμηλής θερμοκρασίας, ανεξάρτητα από το είδος της εφαρμογής, αποτελείται συνήθως από τέσσερα υποσυστήματα:

- ❖ Το *σύστημα παραγωγής*, που περιλαμβάνει την παραγωγική γεώτρηση, την αντλία παραγωγής και τις συσκευές στην κεφαλή της γεώτρησης.
- ❖ Το *σύστημα μεταφοράς* των γεωθερμικών ρευστών, από την κεφαλή της γεώτρησης μέχρι το σύστημα εφαρμογής.
- ❖ Το *σύστημα εφαρμογής* (σύστημα εναλλαγής της θερμότητας) μαζί με το σύστημα διανομής της γεωθερμικής ενέργειας (κυκλοφορητές, συστήματα ρύθμισης, σωληνώσεις κτλ.). Συχνά, σε σχετικά μεγάλες εφαρμογές τηλεθέρμανσης τα συστήματα εφαρμογής βρίσκονται συγκεντρωμένα σε μια κεντρική εγκατάσταση, στην οποία οδηγούνται τα γεωθερμικά ρευστά από διάφορες γεωτρήσεις της περιοχής. Φωτογραφία του κτηρίου των κεντρικών μηχανολογικών εγκαταστάσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.4: Οι κεντρικές μηχανολογικές εγκαταστάσεις του συστήματος τηλεθέρμανσης στην πόλη Meaux της Γαλλίας. (Γ. Καρυδάκης, Γεωθερμική Ενέργεια, Εκδόσεις Αθλότυπο)

❖ Το σύστημα διάθεσης των ρευστών, μετά τη χρήση.

Σπάνια, προστίθεται ένα πέμπτο σύστημα, το σύστημα αντιμετώπισης των αυξημένων αναγκών κατά τις ώρες αιχμής.

4.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

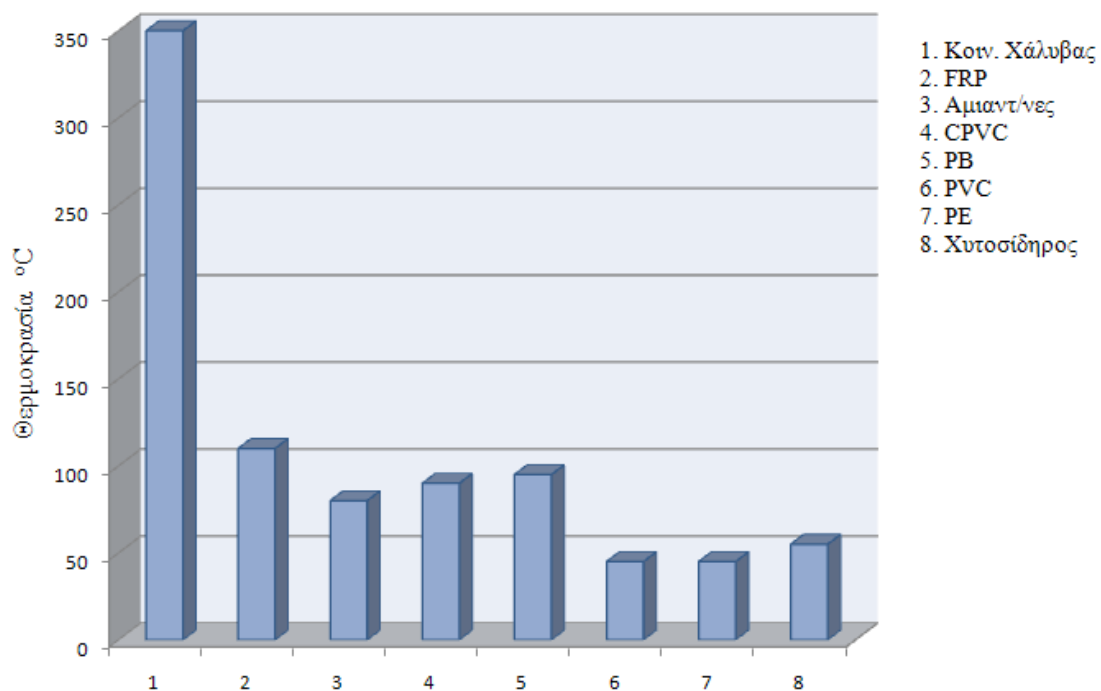
4.3.1 Σωληνώσεις μεταφοράς των γεωθερμικών νερών

Η θέση όπου γίνεται η εγκατάσταση των σωληνώσεων βρίσκεται σε ορισμένη απόσταση από τη θέση χρήσης των θερμών νερών. Κατά συνέπεια, απαιτείται σύστημα μεταφοράς του νερού, το οποίο σχεδιαστικά μοιάζει αρκετά με τα συστήματα μεταφοράς πόσιμου νερού. Για τα συστήματα θέρμανσης χώρων και για άλλες χρήσεις γεωθερμικών νερών χαμηλής ενθαλπίας, το κόστος μεταφοράς των νερών αποτελεί μαζί με το κόστος της εκσκαφής τη σημαντικότερη επιβάρυνση στο πάγιο κεφάλαιο της εγκατάστασης και συχνά φτάνει στο 60% της συνολικής επένδυσης. Για το λόγο αυτό, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να επιλεγθεί το καταλληλότερο υλικό σωληνώσεων και θερμομόνωσης με το μικρότερο κόστος. Σημαντικό ρόλο στην οικονομικότητα μιας εγκατάστασης παίζει και η διάμετρος των αγωγών. Αγωγοί μικρής διαμέτρου είναι προφανώς φθηνότεροι από αγωγούς μεγαλύτερης διαμέτρου και με μικρότερο κόστος εγκατάστασης, από την άλλη μεριά όμως αυξάνουν σημαντικά τις αντλητικές απαιτήσεις του συστήματος.

Πολυάριθμοι είναι οι παράγοντες που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στον τελικό σχεδιασμό του συστήματος μεταφοράς του γεωθερμικού νερού, αν και ο πλέον σημαντικός παράγοντας είναι η ασφάλεια, ιδιαίτερα όταν στους αγωγούς μεταφέρεται γεωθερμικό ρευστό υψηλής θερμοκρασίας. Κυριότεροι παράγοντες είναι το υλικό των σωληνώσεων, η διάμετρος των σωληνώσεων, η παροχή και η θερμοκρασία του νερού, η αντοχή σε εφελκυσμό, η έκθεση σε ακτινοβολία UV,

η μόνωση ή όχι των σωληνώσεων, η μέθοδος σύνδεσης των σωληνώσεων, η τοποθέτηση των σωληνώσεων υπόγεια ή επιφανειακά, η χημική σύσταση του νερού και οι αντλητικές απαιτήσεις (πτώση πίεσης στο σύστημα).

Μεγάλος αριθμός υλικών, με ευρεία διαφοροποίηση στο κόστος και την αντοχή, έχουν χρησιμοποιηθεί ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά των γεωθερμικών νερών. Η θερμοκρασία των νερών και η χημική σύστασή τους είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες για την επιλογή του υλικού των σωληνώσεων, αν και το κόστος θεωρείται ο κρίσιμότερος. Πάντως, ο γενικός κανόνας είναι ότι το κόστος των υλικών γίνεται υψηλότερο, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία των νερών. Στο Σχήμα 4.5 δίνεται η ανώτερη θερμοκρασία κυκλοφορίας νερού για κάθε υλικό.



Σχήμα 4.5: Ανώτατες θερμοκρασίες κυκλοφορίας νερού για κάθε υλικό (FRP: θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη, CPVC: χλωριωμένο PVC, PB: πολυβουτυλένιο, PVC: πολυβιλυνοχλωρίδιο, PE: πολυαιθυλένιο). (Trastic Enterprises, Πλαστικοί Σωλήνες και Εξαρτήματα, Τεχνικό Φυλλάδιο).

Ιστορικά, το είδος των σωληνώσεων που χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο στις χρήσεις της γεωθερμίας χαμηλής θερμοκρασίας στις Η.Π.Α. μέχρι το 1990 ήταν οι αμιαντοσωλήνες. Το υλικό αυτό δεν είχε ιδιαίτερα προβλήματα με τη χημική σύσταση των περισσότερων γεωθερμικών νερών και παρουσίαζε σχετικά χαμηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης. Όμως, η αρνητική επίδραση των ινών αμιάντου στην υγεία του ανθρώπου έχει οδηγήσει στη διακοπή της χρήσης αυτού του υλικού. Επίσης, καταγράφηκε η χρήση χαλύβδινων αγωγών, πλαστικών αγωγών και αγωγών θερμοσκληρυνόμενης ρητίνης με ενίσχυση με ίνες. Αυτή η τάση έχει αλλάξει κατά την τελευταία εικοσαετία, με επικράτηση των πλαστικών αγωγών. Στην Ευρώπη, το κυριότερο υλικό των σωληνώσεων φαίνεται πως είναι ακόμη ο κοινός χάλυβας, με παράλληλη χρήση οργανικών αναστολέων διάβρωσης. Στην Ισλανδία χρησιμοποιούνται κυρίως προμονωμένοι χαλύβδινοι αγωγοί, ενώ σε σχετικά μικρές εφαρμογές (μικρή πίεση λειτουργίας) και θερμοκρασίες μικρότερες από 80 °C χρησιμοποιούνται αγωγοί πολυπροπυλενίου. Το μεγαλύτερο σύστημα σωληνώσεων μεταφοράς γεωθερμικού νερού στον κόσμο υπάρχει στην Ισλανδία, με μήκος 37 Km.

Τα διάφορα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για κατασκευή σωληνώσεων σε γεωθερμικές εφαρμογές μπορούν να καταταγούν σε *μεταλλικά* και σε *μη-μεταλλικά υλικά*.

4.3.1.1 Μεταλλικά Υλικά

Ο κοινός χάλυβας και ο όλκιμος χυτοσίδηρος είναι τα κύρια μεταλλικά υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στη γεωθερμία, αν και ο δεύτερος έχει αναφερθεί ελάχιστα. Το πρόβλημα της έντονης διάβρωσης αποτελεί το κυριότερο μειονέκτημα της χρήσης μεταλλικών υλικών. Αντίθετα, η ελκυστικότητα των μεταλλικών υλικών έγκειται στο γεγονός ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 200 °C και στη σημαντική αντοχή τους.

Ο κοινός χάλυβας είναι υλικό που έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα, βρίσκεται διαθέσιμο σε κάθε μέρος της γης και σε διάφορες ονομαστικές διαμέτρους (D), από 5mm μέχρι και 2m. Η πιο κοινή μέθοδος σύνδεσης των μεγαλύτερων σωληνώσεων (για $D > 50\text{mm}$) είναι η συγκόλληση, ενώ για τις μικρότερες διαμέτρους, οι σωλήνες μπορούν να είναι βιδωτοί.

Το πρόβλημα της διάβρωσης της εσωτερικής επιφάνειας των μεταλλικών σωληνώσεων από το γεωθερμικό νερό και της εξωτερικής από το έδαφος, καθιστά απαγορευτική τη χρήση τους στη γεωθερμία. Βέβαια, ορισμένα μέτρα για την εξωτερική διάβρωση μπορεί να ληφθούν, όπως επικάλυψη με πίσσα ενισχυμένη με ίνες και εφαρμογή καθοδικής προστασίας. Εκτός από την ομοιόμορφη διάβρωση, ο κοινός χάλυβας είναι ιδιαίτερα επιρρεπής στην τρηματική διάβρωση, λόγω κυρίως της παρουσίας χλωριόντων στα γεωθερμικά νερά. Στην περίπτωση όπου οι σωλήνες κοινού χάλυβα είναι τοποθετημένοι στο χώμα, θα πρέπει να επενδυθούν εξωτερικά με προστατευτικές επικαλύψεις, επειδή το νερό που κυκλοφορεί στο υπέδαφος περιέχει πάντοτε λίγο οξυγόνο και μπορεί να προκληθούν σοβαρά προβλήματα.

Τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευασθεί και χρησιμοποιούνται στη χημική βιομηχανία (και μερικές φορές στη γεωθερμία) σωληνώσεις από χάλυβα που είναι επενδεδυμένες εσωτερικά με πλαστικό, ή με άλλα υλικά που δε διαβρώνονται (π.χ. τσιμεντοκονία). Τα πλαστικά υλικά επένδυσης που χρησιμοποιούνται είναι το πολυπροπυλένιο (PP, χρησιμοποιείται για εφαρμογές μέχρι περίπου τους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$), το φθοριούχο πολυβινυλιδένιο (PVDF, μέχρι τους $135\text{ }^{\circ}\text{C}$) και το πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE, μέχρι τους $232\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ιδιαίτερη σημασία για την αξιοποίηση της γεωθερμίας αποκτά η επικάλυψη των σωλήνων από χυτοσίδηρο ή κοινό χάλυβα με στρώματα σκληρυνόμενων ρητινών (π.χ. εποξειδικών). Έτσι, συνδυάζεται η μηχανική αντοχή των σωληνώσεων με την προστασία τους από τη διαβρωτική δράση των γεωθερμικών νερών. Επενδεδυμένοι με πλαστικό, τσιμεντοκονία ή άλλο υλικό σωλήνες, βρίσκονται σε διαμέτρους από $\Phi 25$ μέχρι και $\Phi 300\text{ mm}$. Προς το παρόν, το κόστος τους

είναι υψηλό για τις περισσότερες γεωθερμικές εφαρμογές. Θα πρέπει να τονιστεί ότι ορισμένες φορές έχει παρατηρηθεί αποκόλληση της προστατευτικής στιβάδας, κυρίως από απότομες μεταβολές θερμοκρασίας.

4.3.1.2 Μη-μεταλλικά Υλικά

Τα μη-μεταλλικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη γεωθερμία (για σωληνώσεις, παρεμβύσματα, φλάντζες κλπ.) είναι ουσιαστικά τα πλαστικά. Τα κεραμικά υλικά μπορεί να έχουν στο μέλλον εφαρμογή στη γεωθερμία, αλλά αυτή τη στιγμή θέματα αντοχής και κόστους τα κάνουν απαγορευτικά. Το κυριότερο, βέβαια, πλεονέκτημα των πλαστικών σωλήνων είναι ότι δε διαβρώνονται. Τα πλαστικά υλικά διακρίνονται σε *θερμοπλαστικά*, *θερμοσκληρυνόμενα* και *ελαστομερή*. Παρακάτω, επιχειρείται μια σύντομη περιγραφή των υλικών αυτών, με έμφαση στα πλαστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές γεωθερμικών νερών θερμοκρασίας 40-80 °C.

4.3.1.3 Θερμοπλαστικά

Τα θερμοπλαστικά υλικά ή πολυμερή έχουν χρησιμοποιηθεί συστηματικά στην κατασκευή σωληνώσεων και διαφόρων εξαρτημάτων. Μειονεκτήματα των πολυμερών, και εν γένει όλων των πλαστικών, είναι η μείωση της αντοχής τους σε εφελκυσμό (όπως παρουσιάζεται τον Πίνακα 4.3) και της διάρκειας της ζωής τους, με αύξηση της θερμοκρασίας. Έτσι, η ανώτατη επιτρεπτή πίεση λειτουργίας των πολυμερικών σωληνώσεων (συνάρτηση της αντοχής σε εφελκυσμό και του πάχους των σωληνώσεων) μειώνεται αισθητά με την αύξηση της θερμοκρασίας, κάτι που θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στη φάση του σχεδιασμού της εγκατάστασης.

Τα κυριότερα θερμοπλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα γεωθερμικά συστήματα είναι:

- *Πολυπροπυλένιο (PP)*. Η μέγιστη θερμοκρασία χρήσης του υλικού αυτού θεωρητικά είναι 105 °C. Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 75 °C, η

μηχανική αντοχή του είναι μικρή για να χρησιμοποιηθεί μόνο του. Παρόλα αυτά, η αντοχή του δε μειώνεται αισθητά με το χρόνο (για μία περίοδο περίπου 10 ετών) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε γεωθερμικές εγκαταστάσεις που δεν απαιτούν μεγάλη πίεση. Υπάρχει σε δύο τύπους: το ομοπολυμερές (PP-H), το οποίο είναι σκληρότερο, και το συμπολυμερές (PP-C), το οποίο είναι περισσότερο εύκαμπτο. Το τελευταίο αποτελεί συνδυασμό πολυπροπυλενίου-πολυαιθυλενίου. Αν και γενικά οι σωλήνες PP κατασκευάζονται σε διαμέτρους 10-1000mm και πάχος τοιχώματος 2-40mm, στην Ελλάδα κυκλοφορούν σωληνώσεις με μέγιστη διάμετρο 64mm, με κύρια εφαρμογή στις κεντρικές θερμάνσεις. Ο Πίνακας 4.4 παρουσιάζει την προσδοκώμενη ζωή του υλικού και τη μέγιστη επιτρεπτή πίεση λειτουργίας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας λειτουργίας. Τέλος, το PP είναι ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία και γι' αυτό μπορεί να μείνει εκτεθειμένο στην ατμόσφαιρα.

- *Πολυαιθυλένιο (PE)*. Το PE είναι ένα φθινό υλικό, σχετικά εύκαμπτο και στην Ελλάδα διατίθεται σε σωληνώσεις από Φ16mm έως Φ630mm και για ανώτατες πιέσεις λειτουργίας 32 bar (στους 20 °C). Ανάλογα με την πυκνότητά του το PE διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες: χαμηλής, μέσης και υψηλής πυκνότητας. Οι σωληνώσεις PE μπορούν να εγκατασταθούν επιφανειακά, υπεδάφια ή ακόμη και υποθαλάσσια. Ο μόνος κίνδυνος που μπορεί να προκύψει είναι η τοποθέτησή τους σε εδάφη που περιέχουν υδρογονάνθρακες, οι οποίοι έχουν την τάση να μαλακώνουν τα τοιχώματα του αγωγού. Η ανώτατη επιτρεπτή θερμοκρασία λειτουργίας του, είναι μόλις 60 °C, αλλά η χρήση του περιορίζεται και από τη σημαντική πτώση της ανώτατης πίεσης λειτουργίας. Όταν στο σύστημα υπάρχουν μεγάλες πιέσεις, το πλεονέκτημα κόστους του υλικού μειώνεται σημαντικά από την ανάγκη για μεγάλα πάχη των σωληνώσεων. Η σύνδεση των σωληνώσεων PE γίνεται με αυτογενή θερμική συγκόλληση.

Πίνακας 4.3: Μείωση της αντοχής σε εφελκυσμό τριών θερμοπλαστικών υλικών που χρησιμοποιούνται στη γεωθερμία, αναφορικά με την αντοχή τους στους 20 °C. (X. Αθανάσιος, Συστήματα Γεωθερμίας Ergon, Ενημερωτικό Φυλλάδιο).

Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C)	PVC	PE	PP
20	1.00	1.00	1.00
30	0.80	0.90	0.95
40	0.56	0.72	0.84
50	0.38	0.58	0.74
60	0.22	0.44	0.64
70	δ.σ.	0.23	0.52
80	δ.σ.	δ.σ.	0.25

δ.σ.: δεν συνιστάται

Πίνακας 4.4: Προσδοκώμενη ζωή του αγωγού PP και μέγιστη επιτρεπτή πίεση λειτουργίας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας λειτουργίας. (X. Αθανάσιος, Συστήματα Γεωθερμίας Ergon, Ενημερωτικό Φυλλάδιο).

Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C)	Διάρκεια ζωής (έτη)	Ανώτατη Πίεση Λειτουργίας (bar)
20	50	25
40	50	21
60	50	15
80	10	7

- *Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC).* Το PVC είναι ένα σκληρό θερμοπλαστικό υλικό για εφαρμογές χαμηλής θερμοκρασίας. Μέγιστη θερμοκρασία χρήσης είναι οι 60 °C, ενώ η μέγιστη πίεση λειτουργίας των σωλήνων περιορίζεται δραματικά με τη θερμοκρασία (Πίνακας 4.3). Το PVC επηρεάζεται σημαντικά από την υπερϊώδη ακτινοβολία και παρουσιάζει επιφανειακή οξείδωση όταν εκτίθεται στον ήλιο (απαιτείται κάλυψη με

προστατευτικά επιστρώματα). Κατασκευάζονται σωληνώσεις με ονομαστική διάμετρο από 5 μέχρι και 1000mm. Ο συνηθέστερος τρόπος σύνδεσης είναι η κόλληση με διαλυτικό μέσο και η συγκόλληση με θέρμανση μέχρι τήξεως. Το PVC έχει χρησιμοποιηθεί σε μικρό βαθμό διεθνώς, κυρίως στον κλάδο επιστροφής του γεωθερμικού νερού. Παρόλα αυτά στην Ελλάδα είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο υλικό γεωθερμικών αγωγών.

4.3.1.4 Ελαστομερή

Τα ελαστομερή στη γεωθερμία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξαρτημάτων, παρεμβυσμάτων και φλαντζών, καθώς και για την προστασία ηλεκτρικών καλωδίων και μεταλλικών σωληνώσεων. Τα ελαστομερή υλικά παρουσιάζουν και αυτά το πρόβλημα της γήρανσης, κάτι όμως που δεν επηρεάζει τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά. Μεγάλος είναι ο αριθμός των ελαστομερών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Μερικά από αυτά είναι: το ισοπρένιο μέθυλο-βουταδένιο (φυσικό λάστιχο, Latex), το μονομερές του αιθυλενο-προπυλενοδιένιου (EPDM, Santoprene), τα πολυσιλοξάνια και πολυμεθυλοσιλοξάνια (σιλικόνες), το πολυχλωροπρένιο, το συμπολυμερές βουταδενιο-ακρυλονιτρίλιο (νιτρίλιο) και τα φθοριωμένα ελαστομερή (PTFE, Viton).

4.3.1.5 Θερμοσκληρυνόμενα Πλαστικά

Οι σωλήνες από τα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά φέρονται στο εμπόριο με το όνομα *RTRP* (*reinforced thermosetting resin pipe* – σωλήνες θερμοσκληρυνόμενης ρητίνης ενισχυμένοι με ίνες) ή *FRP* (*fiberglass reinforced plastic*). Τα υλικά αυτά σε διεθνή κλίμακα είναι από τα πλέον χρησιμοποιούμενα μη-μεταλλικά υλικά σε γεωθερμικές εφαρμογές χαμηλής ενθαλπίας. Είναι αξιοσημείωτο ότι στις Η.Π.Α., το 18% των σωληνώσεων σε τέτοιες εφαρμογές ήταν από FRP.

Οι πλέον διαδεδομένες ρητίνες είναι οι εποξικές, οι πολυεστερικές και οι βινυλεστερικές. Οι εποξικές ρητίνες, αν και αντιπροσωπεύουν το 5% περίπου των ρητινών του εμπορίου, κατέχουν σχεδόν το 100% της γεωθερμικής αγοράς. Το ενισχυτικό υλικό (ίνες) προσθέτει μηχανική αντοχή, στερεότητα και σκληρότητα στις ρητίνες, ενώ συγχρόνως βελτιώνει τη θερμική συμπεριφορά τους.

Μειονεκτήματα των FRP είναι τα μέτρια μηχανικά χαρακτηριστικά και η ευαισθησία τους σε γήρανση λόγω υγρασίας. Η γήρανση επιτελείται συνήθως σε χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 10 ετών, κυρίως με την απομάκρυνση της ρητίνης και τη θραύση της διεπιφάνειας ρητίνης/ίνας. Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο με την παρουσία ατμού.

Οι σωλήνες FRP βρίσκονται σχετικά εύκολα στο εμπόριο, σε διαμέτρους όμως μεγαλύτερες των 60mm. Ο κυριότερος τρόπος σύνδεσης είναι η κόλληση. Οι ενισχυμένες ρητίνες χρησιμοποιούνται επίσης στη γεωθερμία ως υλικό κάλυψης του μονωτικού στρώματος στην εξωτερική πλευρά των σωλήνων μεταφοράς του γεωθερμικού νερού.

4.3.2 Εναλλάκτες Θερμότητας

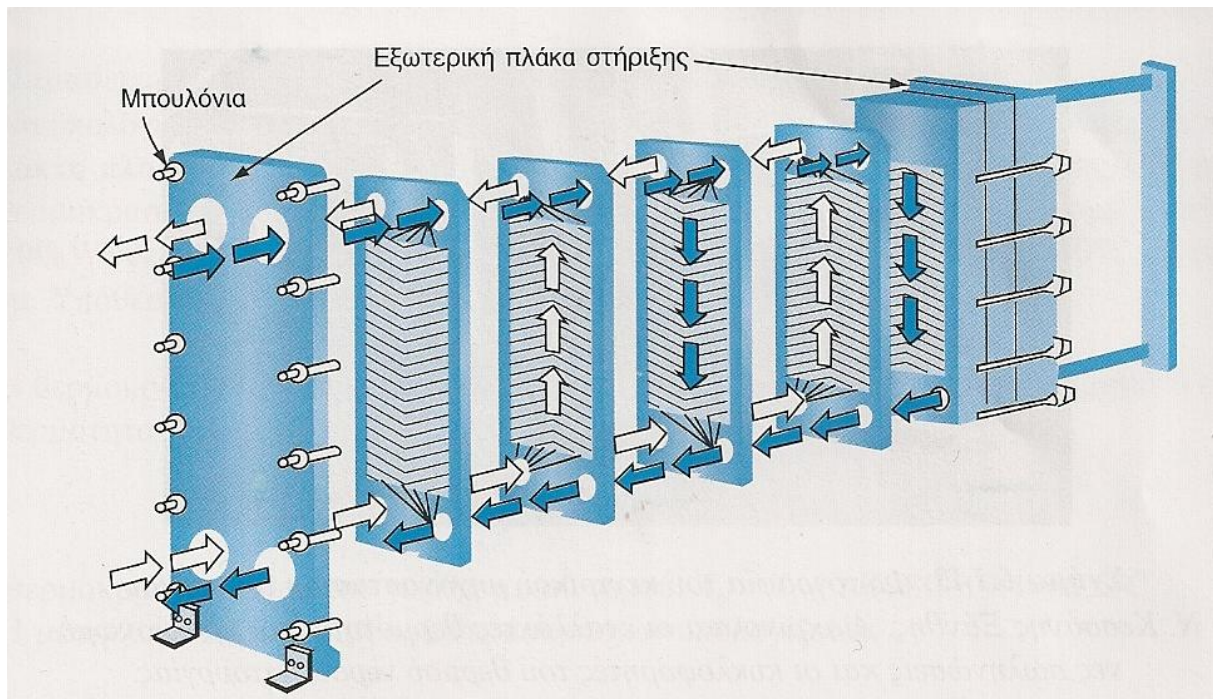
Στις περισσότερες γεωθερμικές εφαρμογές απαιτείται η μεταφορά της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών σε ένα ρευστό λειτουργίας (κυρίως γλυκό νερό) μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Βεβαίως, το ρευστό λειτουργίας μπορεί να είναι ο αέρας, όπως στα αερόθερμα που συζητιούνται παρακάτω. Σε κάθε σύστημα εναλλαγής θερμότητας επιλέγονται ο τύπος του εναλλάκτη, οι συνθήκες λειτουργίας του (θερμοκρασίες εισόδου-εξόδου, πτώση πίεσης), η επιφάνειά του, το υλικό κατασκευής και οι μέθοδοι για τον έλεγχο της διάβρωσης και των επικαθίσεων. Οι εναλλάκτες θερμότητας αποτελούν το σπουδαιότερο τμήμα μιας μονάδας χαμηλής ενθαλπίας μετά τη γεώτρηση.

Οι κυριότεροι τύποι εναλλακτών που χρησιμοποιούνται στα γεωθερμικά συστήματα είναι: ο εναλλάκτης πλακών, ο εναλλάκτης αυλών και κελύφους, ο εναλλάκτης ρευστοστερεάς κλίνης και ο υπόγειος εναλλάκτης.

4.3.2.1 Εναλλάκτης Πλακών

Ο εναλλάκτης πλακών (plate heat exchanger) αποτελείται ουσιαστικά από μια σειρά μεταλλικών πλακών, οι οποίες συγκρατούνται μεταξύ τους είτε με μπουλόνια και τη μεσολάβηση φλαντζών (φλαντζωτοί, gasketed) είτε με συγκόλληση (συγκολλημένοι, brazed). Στο Σχήμα 4.6 απεικονίζεται σχηματικά ένας φλαντζωτός εναλλάκτης πλακών, καθώς και η ροή του ψυχρού και του θερμού ρεύματος σε αντιροή στις δύο πλευρές κάθε πλάκας. Οι φλάντζες τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επιτρέπεται η ανάμιξη των δύο ρευστών σε περίπτωση αστοχίας της σύνδεσης.

Οι περισσότεροι εναλλάκτες πλακών είναι συσκευές που λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (μικρότερες από 150 °C) και πιέσεις (μικρότερες συνήθως από 10 bar) από ότι οι εναλλάκτες αυλών και κελύφους. Από την άλλη μεριά, λόγω του έντονου τυρβώδους πεδίου που αναπτύσσεται μέσα στους εναλλάκτες πλακών και της μεγάλης επιφάνειάς τους, οι εναλλάκτες αυτοί επιτυγχάνουν καλύτερη διαφορά θερμοκρασιών ανάμεσα στα δύο ρεύματα (θερμοκρασία προσέγγισης μέχρι και 2 °C) και υψηλότερο συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, με αποτέλεσμα να καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο όγκο (π.χ. 1,5×1×1 m για παροχή 150 m³/h), αν και παρουσιάζουν αυξημένη πτώση πίεσης. Άλλα συγκριτικά πλεονεκτήματά τους είναι η δυνατότητα επέκτασης, με την προσθήκη επιπλέον πλακών, και η δυνατότητα να ανοιχτούν εύκολα και να καθαριστούν ή να γίνει αντικατάσταση φθαρμένων πλακών ή φλαντζών.

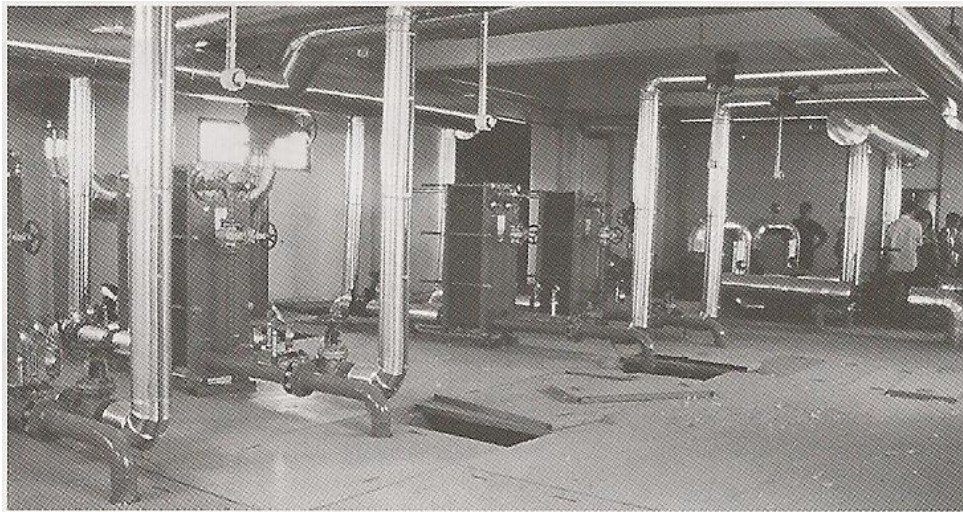


Σχήμα 4.6: Σχηματική απεικόνιση εναλλάκτη πλακών. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

Η επιλογή των υλικών σε έναν εναλλάκτη πλακών επικεντρώνεται στην επιλογή του υλικού των πλακών και του υλικού των φλαντζών. Η δυνατότητα χρήσης διαφόρων υλικών για τις πλάκες με μεγάλη αντοχή στη διάβρωση, αποτελεί σημαντικό προσόν των εναλλακτών πλακών. Τα υλικά πλακών που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι: ανοξείδωτοι χάλυβες 304, 316 και 317, τιτάνιο, ταντάλιο, Incoloy, Hastelloy, Monel κ.α. Οι περισσότεροι κατασκευαστές χρησιμοποιούν ως βασικό υλικό τους ανοξείδωτους χάλυβες 304 και 316. Το τιτάνιο χρησιμοποιείται με άριστα αποτελέσματα σε ρευστά υψηλής αλατότητας ή όταν θερμαίνονται νερά από πισίνες που περιέχουν ελεύθερο χλώριο, με κόστος όμως διπλάσιο ή τριπλάσιο από τον ανοξείδωτο χάλυβα. Σε αρκετές εγκαταστάσεις έχουν χρησιμοποιηθεί εναλλάκτες πλακών από τιτάνιο, όπως παρουσιάζεται το Σχήμα 4.7. Πολλά υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί και για τις φλάντζες: στυρένιο-βουταδιένιο (Buna S), ακρυλονιτρίλιο-βουταδιένιο (Buna

N), νεοπρένιο, Viton κ.α. Το Buna N είναι το συνηθέστερο υλικό, ενώ το Viton το ανθεκτικότερο και με το μεγαλύτερο κόστος.

Οι συγκολλημένοι εναλλάκτες πλακών εξαλείφουν την παρουσία των φλαντζών και των μπουλονιών, έχουν απλούστερο σχεδιασμό και μικρότερο κόστος. Από την άλλη μεριά, δεν μπορούν να επεκταθούν και δε μπορούν να ανοιχτούν για καθαρισμό. Επίσης, επειδή το συγκολλητικό υλικό είναι συνήθως χαλκός, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά περιέχουν αμμωνία ή υδρόθειο, σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 1-2 ppm.

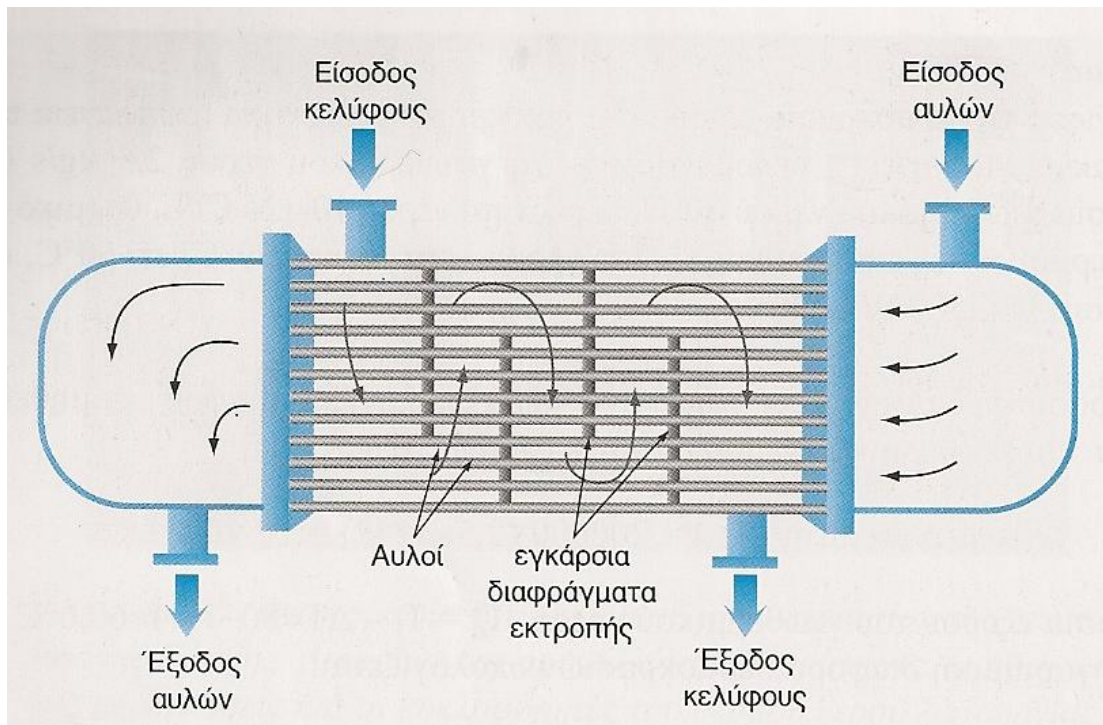


Σχήμα 4.7: Φωτογραφία κεντρικού μηχανοστασίου. Διακρίνονται οι εναλλάκτες θερμότητας, οι προ-μονωμένες σωληνώσεις και οι κυκλοφορητές του θερμού νερού λειτουργίας. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

4.3.2.2 Εναλλάκτης Αυλών και Κελύφους

Ο εναλλάκτης αυλών και κελύφους (shell-and-tube heat exchanger) είναι ο πλέον συνηθισμένος τύπος εναλλάκτη στη χημική βιομηχανία. Δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος στις γεωθερμικές εφαρμογές χαμηλής ενθαλπίας, αν και συχνά χρησιμοποιείται ως συμπυκνωτής στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο εναλλάκτης αυτός αποτελείται ουσιαστικά από σειρά παράλληλων

αγωγών (αυλών), στους οποίους κυκλοφορεί το ένα ρευστό (το γεωθερμικό συνήθως) σε μονή ή διπλή διαδρομή. Οι αυλοί περικλείονται από ένα μεταλλικό κέλυφος, στο οποίο κυκλοφορεί το άλλο ρευστό (Σχήμα 4.8). Πλεονεκτήματα του εναλλάκτη αυτού είναι ότι υπάρχει σε μεγάλη επιλογή και ότι μπορεί να λειτουργήσει σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις.



Σχήμα 4.8: Σχηματική απεικόνιση εναλλάκτη αυλών-και-κελύφους. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

4.3.2.3 Εναλλάκτης Ρευστοστερεάς Κλίνης

Ο εναλλάκτης ρευστοστερεάς κλίνης (fluidized-bed heat exchanger) έχει χρησιμοποιηθεί σε πιλοτικό στάδιο στην Ισλανδία και αλλού, επειδή αποτρέπει τη δημιουργία επικαθίσεων. Ουσιαστικά, ο εναλλάκτης αυτός είναι ένας κατακόρυφος εναλλάκτης αυλών και κελύφους, στον οποίο σωματίδια (π.χ. μικρά σφαιρίδια από ανοξείδωτο χάλυβα) σχηματίζουν μια ρευστοστερεά κλίνη

μέσα στους αυλούς (ή μέσα στο κέλυφος), από τους οποίους διέρχεται το γεωθερμικό νερό. Τα σωματίδια ανακυκλοφορούν στον εναλλάκτη και αφαιρούν τις επικαθίσεις με την πρόσκρουσή τους στα τοιχώματα.

4.3.2.4 Υπόγειος Εναλλάκτης

Ο υπόγειος εναλλάκτης (downhole heat exchanger) τοποθετείται κατευθείαν μέσα στην οπή της γεώτρησης, χωρίς να χρειασθεί άντληση των ρευστών στην επιφάνεια και επιλογή της μεθόδου διάθεσής τους. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι η περιορισμένη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να ανακτηθεί. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται βασικά από την υδροπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών και το συνολικό πάχος τους στην τομή της γεώτρησης. Στα πλεονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται το μικρό κόστος συντήρησης και λειτουργίας της μονάδας και το περιβαλλοντικό όφελος.

Οι υπόγειοι εναλλάκτες χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση μικρών οικισμών ή μεμονωμένων κατοικιών, θερμοκηπίων κτλ. Εφαρμογές των εναλλακτών αυτών υπάρχουν στις Η.Π.Α., τη Νέα Ζηλανδία, την Τουρκία, τη Ρωσική Δημοκρατία κ.α. Δοκιμαστικές εφαρμογές και μετρήσεις έγιναν με επιτυχία στη χώρα μας, στο Σουσάκι Κορινθίας και τον Πολιχνίτο Λέσβου. Πρακτικά συστήματα υπόγειων εναλλακτών λειτουργούν με επιτυχία σε 2-3 μεμονωμένα σπίτια της Μήλου.

Ένα κοινό σχήμα υπόγειου εναλλάκτη συνίσταται από ένα σύστημα σωλήνων (μεταλλικών ή πλαστικών) με $\Phi 25-50\text{mm}$ που εισάγονται στη γεώτρηση σε σχήμα U. Μέσα σε αυτούς τους αγωγούς κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα γλυκό νερό με κυκλοφορητή ή με φυσική συναγωγή. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί το νερό του δικτύου πόλης σε μονή διαδρομή μέσα στον υπόγειο εναλλάκτη για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Η εναλλαγή θερμότητας γίνεται κατά μήκος ολόκληρης της επιφάνειας επαφής του υπόγειου εναλλάκτη με το νερό της γεώτρησης, το οποίο κρυστώνοντας γίνεται βαρύτερο και μετακινείται προς τα κάτω, ενώ μέσα στο

σηματισμό του ταμιευτήρα αυτό θερμαίνεται και ανέρχεται (φυσική συναγωγή). Επειδή η κίνηση του νερού της γεώτρησης είναι περιορισμένη με τη φυσική συναγωγή, έχουν επινοηθεί διάφορα συστήματα ενίσχυσης του πεδίου συναγωγής, όπως για παράδειγμα η τοποθέτηση διάτρητου σωλήνα μέσα στη γεώτρηση.

Το υλικό των μεταλλικών σωλήνων επιλέγεται με βάση την αντοχή του στη διάβρωση. Προσοχή πρέπει να δοθεί στη γαλβανική διάβρωση μεταξύ του υπογείου εναλλάκτη και του τοιχώματος της γεώτρησης, καθώς και στη διάβρωση στην επιφάνεια νερού/αέρα, η οποία επιφάνεια παρουσιάζει συνήθως εποχιακή μεταβολή. Η παρουσία ηλεκτρικών ρευμάτων διασποράς (stray currents) μπορεί να προκαλέσει έντονη τοπική διάβρωση και γι' αυτό επιβάλλεται η χρήση πλαστικών συνδετικών τμημάτων στο ανώτερο τμήμα της γεώτρησης, όπου και η επιφάνεια της στάθμης του νερού. Οι επιψευδαργυρωμένοι σωλήνες για τους υπόγειους εναλλάκτες δε συνιστώνται, αφού χάνουν την αντιδιαβρωτική τους ιδιότητα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 55 °C. Καλά θερμικά αποτελέσματα επιτυγχάνονται και με μη μεταλλικούς σωλήνες (π.χ. από fiberglass, από πολυβουτυλένιο ή από άλλα πολυμερικά υλικά). Οι σωλήνες στην επιφάνεια πρέπει να είναι θερμικά μονωμένοι σε όλο το μήκος τους.

Η διάρκεια ζωής των υπογείων εναλλακτών εξαρτάται βασικά από το είδος του υλικού των σωλήνων και τη διαβρωτικότητα των γεωθερμικών νερών. Η μέση διάρκειά τους είναι 15 χρόνια, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτούνταν αντικατάσταση των σωλήνων κάθε 3-5 χρόνια.

Ύστερα από την αρχική απόληψη θερμότητας από τη γεώτρηση ενός συστήματος υπογείου εναλλάκτη, ένα τμήμα του «κρύου» νερού συναγωγής απομακρύνεται, με την ταυτόχρονη είσοδο ποσότητας «νέου» θερμού νερού. Ο λόγος του νερού συναγωγής που απομακρύνεται ως προς το «νέο» νερό που εισέρχεται καλείται βαθμός ανάμιξης (mixing ratio). Σημειώνεται ότι όσο

μεγαλύτερος είναι ο βαθμός ανάμιξης, τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα του νέου νερού στο πεδίο συναγωγής.

Οι βαθμοί ανάμιξης ποικίλουν σημαντικά, ακόμη και στον ίδιο ταμιευτήρα, και εξαρτώνται βασικά από την υδροπερατότητά του. Ο βαθμός ανάμιξης κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 0,94, αλλά προς το παρόν δεν υπάρχει ικανοποιητική συσχέτισή του με την περατότητα των πετρωμάτων. Πολύ προσεγγιστικά, ο βαθμός ανάμιξης είναι 0,5 σε λάβες, 0,8 σε αδρομερείς χάλικες και 0,9 σε αργιλούχο άμμο.

Υπάρχουν και άλλοι τύποι συστημάτων υπόγειου εναλλάκτη:

- Πολλαπλοί κοντοί σωλήνες σχήματος U με κεντρικό διανομέα και συλλεκτήρα τοποθετούνται μέσα στη γεώτρηση στη θέση του ανώτερου τμήματος της κυριότερης υδροφορίας.
- Πλαστικοί σωλήνες που παίρνουν το σχήμα περιτυλιγμένης σερπαντίνας τοποθετούνται γύρω από τον άξονα συγκράτησής τους μέσα στον ταμιευτήρα, με στόχο να αυξηθεί η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας.
- Συνδυασμός αντλιών θερμότητας και υπογείου εναλλάκτη στην ίδια γεώτρηση.
- Συνδυασμός υπογείου εναλλάκτη και μερικής άντλησης νερών από την ίδια γεώτρηση.

4.4 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ

Οι τελικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης χώρων είναι ακριβώς ίδιες με τις συσκευές που χρησιμοποιούνται με άλλα συστήματα θέρμανσης, όπως φυσικό αέριο και πετρέλαιο. Συχνά όμως, στα κτήρια που θερμαίνονται με γεωθερμικά νερά οι τελικές συσκευές λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, εξαιτίας της μικρότερης

θερμοκρασίας των διαθέσιμων γεωθερμικών νερών (π.χ. μικρότερη από 60 °C) ή επειδή απαιτείται η χρήση εναλλάκτη θερμότητας.

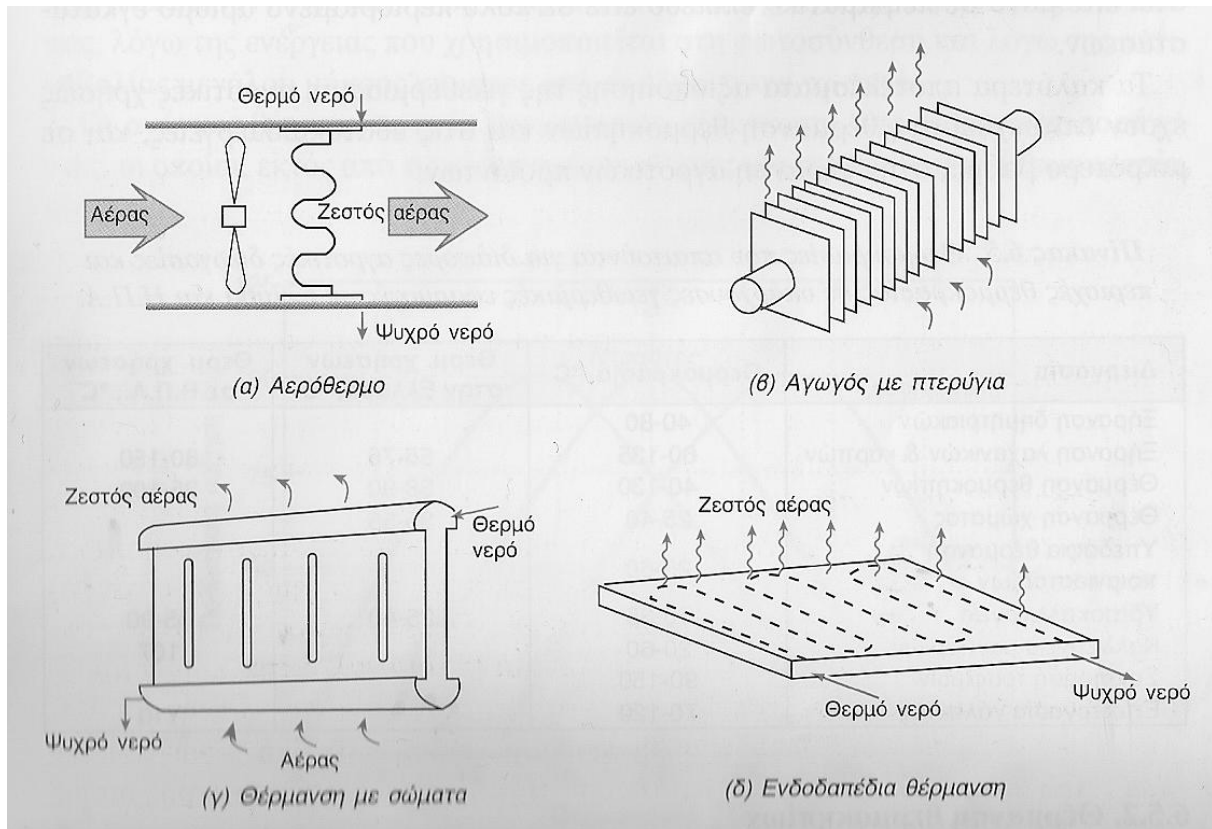
Η θέρμανση των χώρων στα κτήρια επιτελείται με τη διέλευση του γεωθερμικού νερού (ή του νερού λειτουργίας που θερμάνθηκε από γεωθερμικό ρευστό) μέσω των *εναλλακτών θερμότητας αέρα-υγρού* (converters), κάτι που γίνεται και με τα συμβατικά θερμαντικά σώματα. Χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι τέτοιων εναλλακτών, οι κυριότεροι των οποίων, όπως απεικονίζεται σχηματικά στο Σχήμα 4.9, είναι:

- Οι εναλλάκτες που λειτουργούν με *ροή αέρα (εξαναγκασμένη συναγωγή)*
- Οι εναλλάκτες που λειτουργούν με *φυσική συναγωγή*
- Οι εναλλάκτες που λειτουργούν με *ακτινοβολία* (σωλήνες τοποθετημένοι στο πάτωμα, σε τοίχους ή στην οροφή)

Οι εναλλάκτες που λειτουργούν με εξαναγκασμένη ροή αέρα (κοινώς αερόθερμα – fan coils) αποτελούνται ουσιαστικά από σειρές χάλκινων αγωγών μικρής διαμέτρου, συνδεδεμένων μεταξύ τους με αγωγούς σχήματος U, μέσα από τους οποίους διέρχεται το γεωθερμικό νερό ή το νερό λειτουργίας. Στους χάλκινους αγωγούς βρίσκονται προσκολλημένα φύλλα (πτερύγια) αλουμινίου, σε απόσταση περίπου 3mm το ένα από το άλλο. Ο αέρας που πρόκειται να θερμανθεί με τη διέλευση του ανάμεσα από τα φύλλα αλουμινίου, μπορεί να προέλθει είτε από μια κεντρική μονάδα και σύστημα αγωγών διανομής του αέρα (στα μεγάλα κτήρια), είτε από μεμονωμένο ανεμιστήρα είτε από συμπιεστή. Μια μέση ταχύτητα του αέρα μέσα στο αερόθερμο είναι 2 m/s. Τα αερόθερμα ενδείκνυται για θερμοκρασίες νερών από 35 °C μέχρι 60 °C.

Τα κοινά θερμαντικά σώματα απαιτούν θερμοκρασία του νερού τουλάχιστον 65 °C και, ως εκ τούτου, δεν προσφέρονται για γεωθερμική θέρμανση. Αντίθετα, μπορεί να χρησιμοποιηθούν αγωγοί με πτερύγια, οι οποίοι καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο και απαιτούν υψηλότερες θερμοκρασίες

νερού από ότι τα αερόθερμα. Έχουν όμως το πλεονέκτημα να μην απαιτούν κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος.



Σχήμα 4.9: Εναλλάκτες αέρα-υγρού : α) με εξαναγκασμένη ροή, β) και γ) με φυσική συναγωγή και δ) με ακτινοβολία. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα)

Η ενδοδαπέδια θέρμανση με ακτινοβολία είναι κατάλληλη για αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα για βιομηχανικά πατώματα, τα οποία δεν έχουν ιδιαίτερη κάλυψη. Στην τελευταία περίπτωση και για όχι ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις θέρμανσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν νερά ακόμη και 35 °C.

Στις περισσότερες εφαρμογές θέρμανσης χώρων με γεωθερμία απαιτείται εγκατάσταση που θα ικανοποιεί τις αυξημένες ανάγκες αιχμής για κάποιο χρονικό διάστημα (π.χ. δεξαμενή αποθήκευσης θερμού νερού ή αύξηση της

θερμοκρασίας του νερού λειτουργίας με χρήση συμβατικών καυσίμων) και σύστημα ελέγχου.

Στη θέρμανση χώρων με γεωθερμία περιλαμβάνεται και η θέρμανση θερμού νερού, πισινών ή κολυμβητηρίων, άμεσα ή έμμεσα με γεωθερμικό νερό. Η θέρμανση του θερμού νερού είναι προτιμότερο να γίνεται σε ένα δεύτερο εναλλάκτη, που θα εκμεταλλεύεται την έξοδο του γεωθερμικού νερού από τον εναλλάκτη θέρμανσης χώρων.

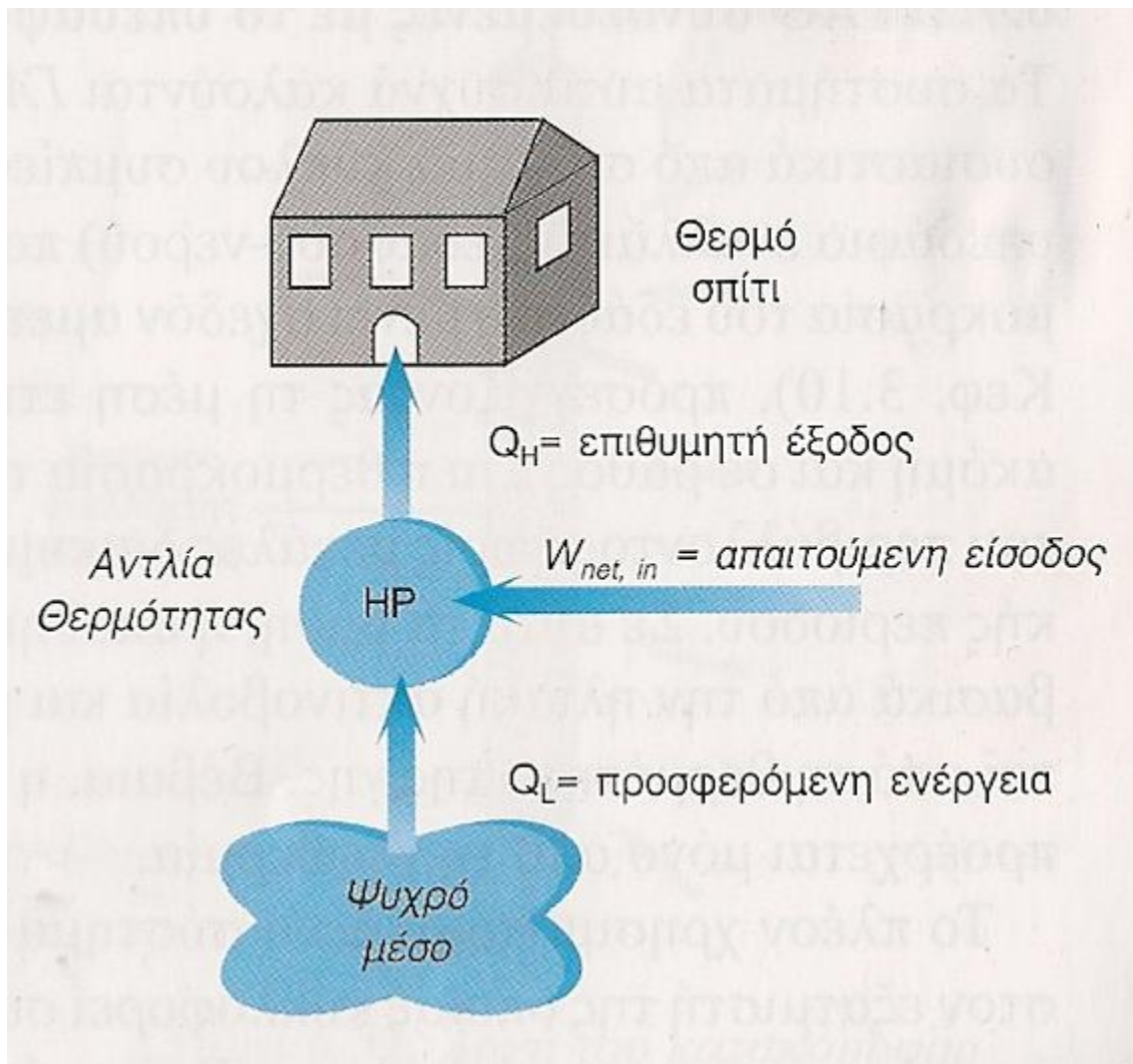
4.5 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

4.5.1. Εισαγωγή

Γενικά, η **αντλία θερμότητας** (heat pump) είναι μια συσκευή που έχει την ικανότητα να μεταφέρει θερμότητα από ένα μέσο με χαμηλή θερμοκρασία σε ένα άλλο μέσο με υψηλότερη θερμοκρασία. Αυτό πραγματοποιείται με απορρόφηση θερμότητας από μια πηγή χαμηλής σχετικά θερμοκρασίας (όπως είναι το υπόγειο ή το επιφανειακό νερό, ο εξωτερικός αέρας κτλ.) και τη μεταφορά της θερμότητας αυτής σε ένα θερμότερο μέσο, όπως είναι το νερό ή ο αέρας, το οποίο και χρησιμοποιείται για παράδειγμα για τη θέρμανση μιας οικίας ή ενός θερμοκηπίου.

Τα βασικά εξαρτήματα μιας αντλίας θερμότητας περιλαμβάνουν το συμπιεστή, τον συμπυκνωτή, τον εξατμιστή, τη βαλβίδα εκτόνωσης και βέβαια την πηγή ενέργειας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αντλία θερμότητας είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να αντιστρέφει την ψυκτική και θερμαντική λειτουργία, επιτρέποντας τη χρήση της ίδιας συσκευής τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση.

Στην αντλία θερμότητας, θερμότητα από το «ψυχρό» μέσο μεταφέρεται σε χαμηλή θερμοκρασία T_0 (Σχήμα 4.10). Μηχανικό έργο, W_{net} , προσφέρεται



Σχήμα 4.10: Γενική αρχή της αντλίας θερμότητας. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

για τη μεταφορά της θερμότητας σε υψηλότερη θερμοκρασία T_H . Ισχύει λοιπόν η σχέση (εξ. 4.1).

$$Q_H = Q_L + W_{net} \quad (4.1)$$

όπου: Q_H = Επιθυμητή έξοδος

Q_L = Προσφερόμενη ενέργεια

W_{net} = Απαιτούμενη είσοδος

Η σωστή λειτουργία της αντλίας θερμότητας (στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει η θερμική ικανότητα της συσκευής) εκφράζεται από το *συντελεστή απόδοσης* (COP, coefficient of performance), ο οποίος ορίζεται από την ακόλουθη σχέση (εξ. 4.2).

$$\text{COP} = Q_H / W_{\text{net}} \quad (4.2)$$

όπου: Q_H = Επιθυμητή έξοδος

W_{net} = Απαιτούμενη είσοδος

Στις αντλίες θερμότητας ο συντελεστής COP κυμαίνεται από 1,5 μέχρι και περισσότερο από 6 και, προφανώς, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο περισσότερο οικονομική γίνεται η χρήση της αντλίας.

Η πιο συνηθισμένη πηγή ενέργειας για τις αντλίες θερμότητας είναι ο *ατμοσφαιρικός αέρας* (συστήματα αέρα-αέρα, τα κοινά κλιματιστικά), με σοβαρό μειονέκτημα όμως ότι δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά σε θερμοκρασίες μικρότερες των 5 °C. Τα τελευταία 30 χρόνια βρίσκουν όλο και περισσότερες εφαρμογές οι αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν για πηγή θερμότητας το έδαφος και το νερό (υπόγειο ή επιφανειακό) και ονομάζονται **γεωθερμικές αντλίες θερμότητας** (ΓΑΘ). Όπως έχει αναφερθεί και στο Κεφάλαιο 3, η μορφή της ενέργειας αυτής καλείται **αβαθής γεωθερμία**. Οι ΓΑΘ δεν παρουσιάζουν προβλήματα, ακόμη και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, όπως συμβαίνει με τις αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα. Τα υπόγεια νερά και το έδαφος, ως πηγές θερμότητας, υπερτερούν σημαντικά σε σχέση με τον αέρα, επειδή έχουν καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια του έτους σταθερή θερμοκρασία. Μειονέκτημα των νερών είναι ότι η διαθεσιμότητά τους είναι συνήθως περιορισμένη.

Οι αντλίες θερμότητας γνωρίζουν πραγματική άνθηση τα τελευταία χρόνια, σημειώνοντας ετήσια αύξηση σχεδόν μεγαλύτερη του 10%. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη των ΓΑΘ σημειώθηκε στις Η.Π.Α. και τη Δυτική

Ευρώπη (Γερμανία, Ελβετία, Σουηδία), στην οποία έχουν ήδη εγκατασταθεί περισσότερες από 360.000 μονάδες με συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύ 3280 MWt. Στις Η.Π.Α. υπάρχουν σήμερα εγκατεστημένες περίπου 500.000 μονάδες ΓΑΘ, με μέση δυναμικότητα 12 KW. Από αυτές τις μονάδες, ποσοστό 46% είναι κατακόρυφα κλειστά συστήματα, ποσοστό 38% οριζόντια κλειστά συστήματα και 16% ανοιχτά συστήματα.

Τα κύρια συστήματα με τα οποία λειτουργούν οι ΓΑΘ είναι *οι αντλίες που λειτουργούν με υπόγεια νερά* (ground water open loop), σχετικά ψυχρά (10-15 °C), ή και κάπως θερμότερα (20-35 °C), *οι αντλίες που λειτουργούν με επιφανειακά νερά* (surface water) και *οι αντλίες που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος* (ground coupled).

Η επιλογή του ψυκτικού μέσου στις ΓΑΘ εξαρτάται από τη θερμοκρασιακή περιοχή λειτουργίας της συσκευής. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του ψυκτικού μέσου είναι :

- να μην είναι τοξικό, διαβρωτικό ή εύφλεκτο υγρό.
- να είναι σταθερό στις θερμοκρασίες εφαρμογής και να διατίθεται σε χαμηλό κόστος.

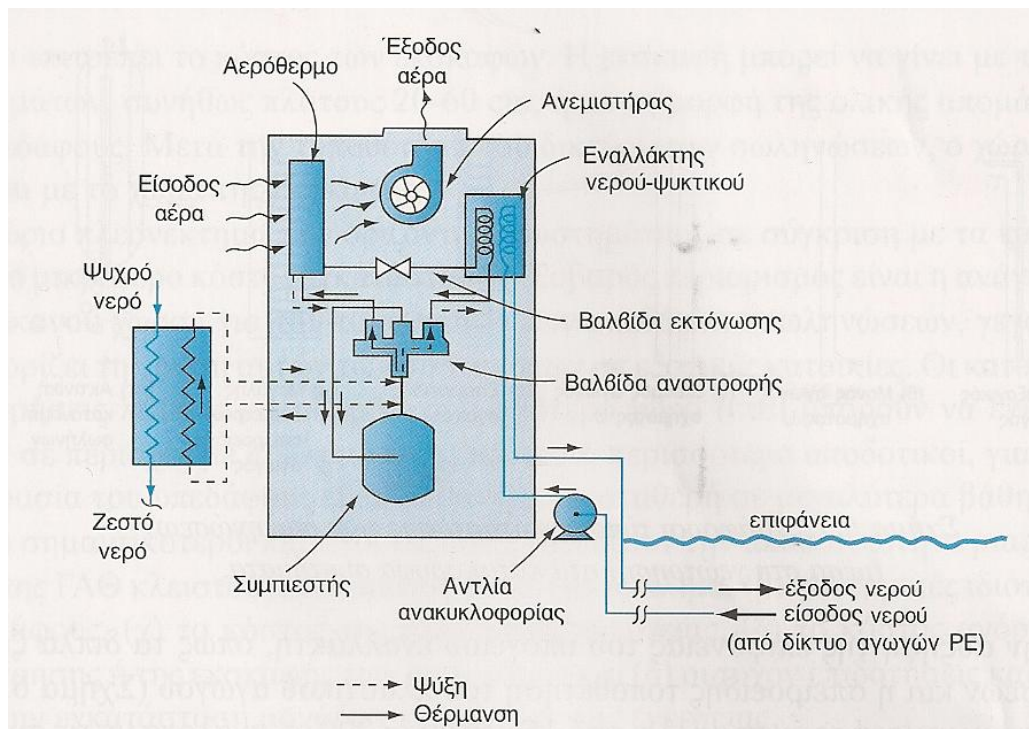
Τα χαρακτηριστικά αυτά τα πληρούσαν ιδανικά οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), των οποίων όμως η χρήση έχει απαγορευτεί με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ. Ψυκτικά που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι το R17a, R134a, R407c, R410 κ.ά.

4.5.2 ΓΑΘ συνδεδεμένες με το υπέδαφος

Τα συστήματα αυτά συχνά καλούνται *ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος* και αποτελούνται ουσιαστικά από σύστημα κύκλου συμπίεσης ατμών, το οποίο είναι συνδεδεμένο με υπεδάφιο εναλλάκτη (εδάφους-νερού) που βρίσκεται θαμμένος στο έδαφος. Η θερμοκρασία του εδάφους μένει σχεδόν αμετάβλητη σε βάθος 5m προσεγγίζοντας τη μέση ετήσια θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, ενώ ακόμη και σε βάθος 2m η θερμοκρασία του εδάφους αποκρίνεται στη

θερμοκρασία του περιβάλλοντος χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις, με καθυστέρηση ορισμένης χρονικής περιόδου. Σε αυτά τα βάθη, η αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους προέρχεται βασικά από την ηλιακή ακτινοβολία και μόνο ένα μικρό ποσοστό (2-3%) προέρχεται από τη θερμότητα της γης. Βέβαια, η θερμότητα σε βάθη μεγαλύτερα από 15 m προέρχεται μόνο από τη γεωθερμία.

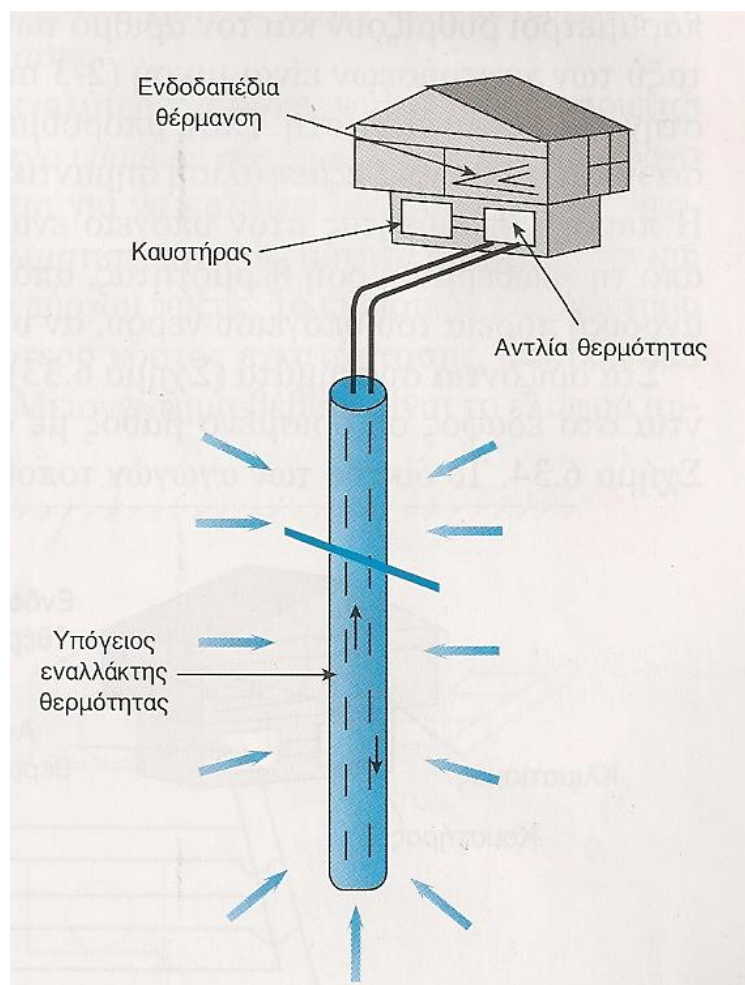
Το πλέον χρησιμοποιούμενο σύστημα είναι μια αντλία θερμότητας νερού-νερού, στον εξατμιστή της οποίας κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα (συχνά υπο πίεση) νερό ή νερό με αντιψυκτικό διάλυμα (Σχήμα 4.11). Βέβαια, για τη λειτουργία της αντλίας για παραγωγή ψύξης το καλοκαίρι, το υγρό του κλειστού κυκλώματος διέρχεται μέσα από το συμπυκνωτή. Το υγρό αυτό απορροφά θερμότητα από το έδαφος στη διάρκεια του χειμώνα και απορρίπτει θερμότητα σε αυτό στη διάρκεια του καλοκαιριού. Ως αντιψυκτικά χρησιμοποιούνται οι γλυκόλες (αιθύλενο- και προπύλενο-γλυκόλη), το χλωριούχο ασβέστιο, το οξικό κάλιο κ.ά.



Σχήμα 4.11: Γεωθερμική αντλία θερμότητας κλειστού κυκλώματος. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

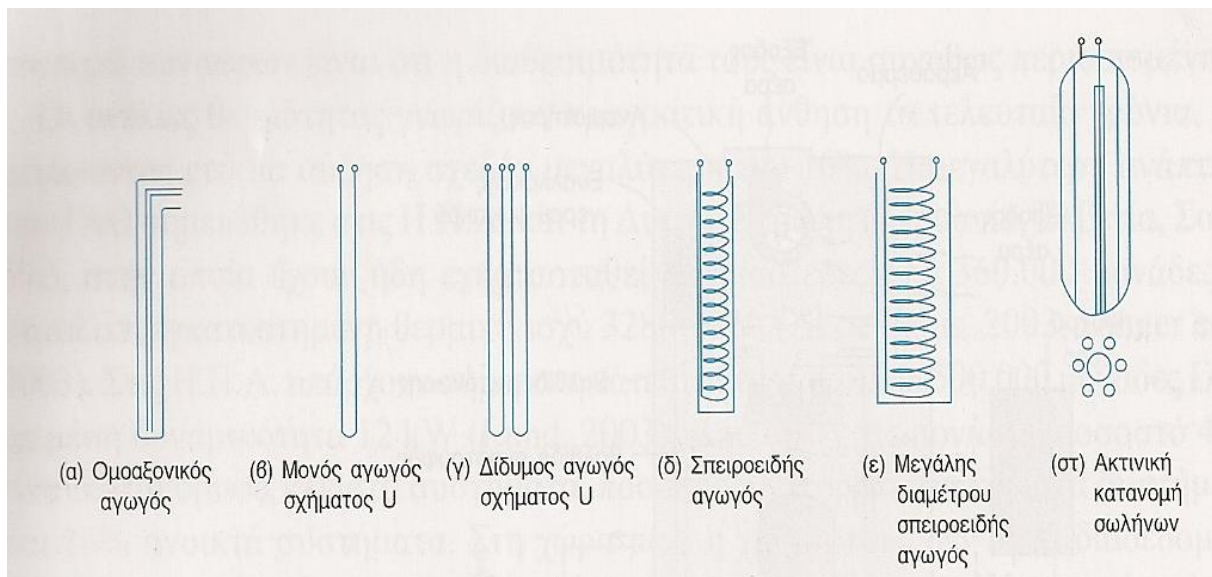
Τα συστήματα ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος διαχωρίζονται περαιτέρω σε *κάθετα* και *οριζόντια*, ανάλογα με τη γεωμετρία του υπόγειου εναλλάκτη.

Τα κάθετα συστήματα αποτελούνται συνήθως από ένα ζεύγος σωληνώσεων μικρής διαμέτρου (20-40mm) από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), που τοποθετείται συνήθως σε μια ή περισσότερες κατακόρυφες γεωτρήσεις (Σχήμα 4.12), το εσωτερικό των οποίων γεμίζεται εν συνεχεία από στερεό υλικό.



Σχήμα 4.12: Αρχή του κατακόρυφου συστήματος ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος με χρήση υπόγειου εναλλάκτη θερμότητας (ομοαξονικός διπλός πλαστικός σωλήνας). (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

Το ζεύγος των σωληνώσεων είναι συνδεδεμένο με θερμοκόλληση στο κάτω άκρο σχηματίζοντας αγωγό σχήματος U. Εκτός από αυτό το σχήμα έχουν εφαρμοστεί και άλλες γεωμετρίες, με σκοπό την αύξηση της επιφάνειας του υπόγειου εναλλάκτη, όπως τα διπλά ζεύγη σωληνώσεων και η σπειροειδής τοποθέτηση του πλαστικού αγωγού (Σχήμα 4.13). Το βάθος των γεωτρήσεων ποικίλλει από 15 μέχρι και 200 m, ανάλογα με τις συνθήκες, το κόστος διάτρησης και τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου. Οι πιο πάνω παράμετροι ρυθμίζουν και τον αριθμό των γεωτρήσεων.



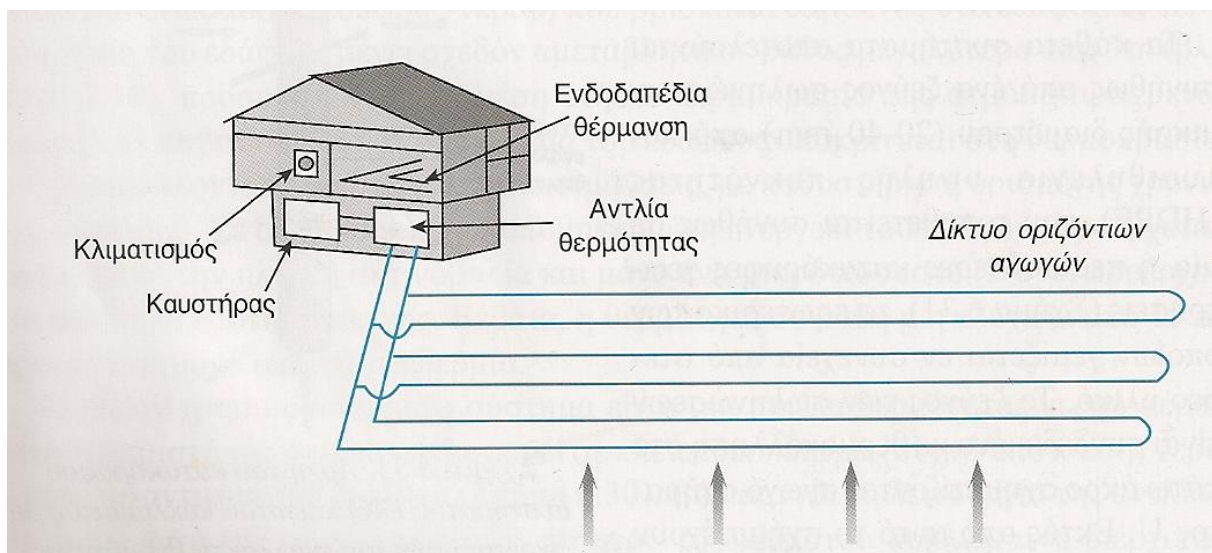
Σχήμα 4.13: Διάφοροι τύποι εγκατάστασης των σωληνώσεων (μέσα στη γεώτρηση) στα κατακόρυφα συστήματα.. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των γεωτρήσεων είναι μικρή (2-3 m), επειδή η επίδραση της μιας γεώτρησης στην άλλη είναι ελάχιστη. Έτσι, μπορούμε να έχουμε μεγάλη πύκνωση των γεωτρήσεων και, επομένως, εξασφάλιση σημαντικών ποσοτήτων θερμότητας σε μικρό χώρο. Η παροχή θερμότητας στον υπόγειο εναλλάκτη προέρχεται από διάφορες πηγές, από τη

γεωθερμική ροή θερμότητας, από αγωγή σε οριζόντιο επίπεδο και από την ανοδική πορεία του υπόγειου νερού, αν υπάρχει.

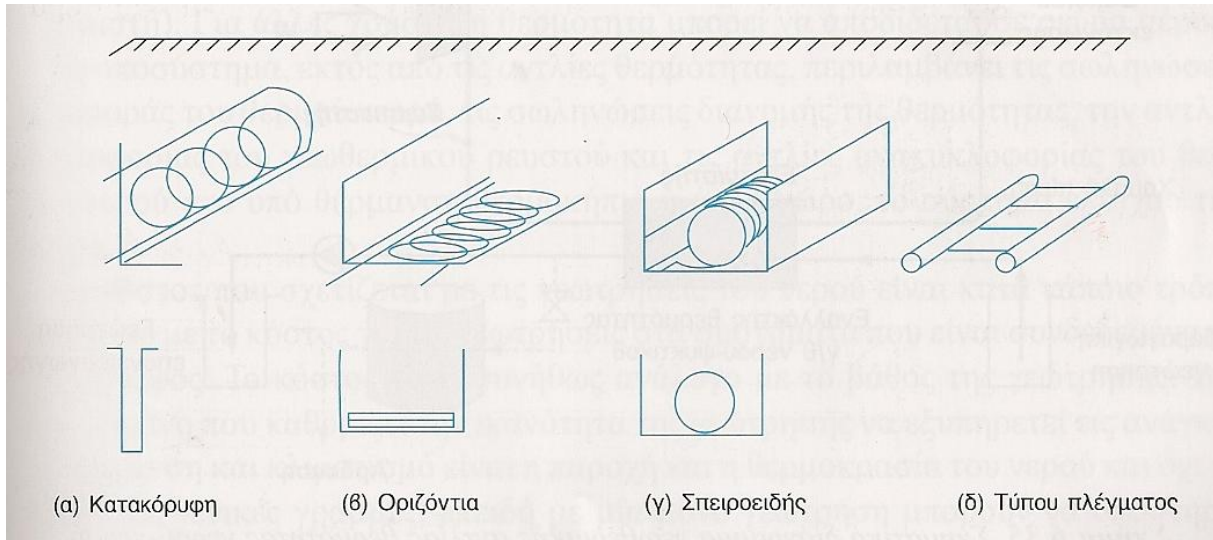
Στα οριζόντια συστήματα (Σχήμα 4.14), οι σωληνώσεις PE τοποθετούνται οριζόντια στο έδαφος σε ορισμένο βάθος με διάφορες γεωμετρίες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.15. Το δίκτυο των αγωγών τοποθετείται σε βάθος 1-2 m, ή και βαθύτερα, αν το επιτρέπει το κόστος των εκσκαφών. Η εκσκαφή μπορεί να γίνει με τη μορφή ορυγμάτων, συνήθως πλάτους 20-60 cm, ή με τη μορφή της ολικής απομάκρυνσης του εδάφους. Μετά την τοποθέτηση του δικτύου των σωληνώσεων, ο χώρος καλύπτεται με το χώμα της εκσκαφής.

Κύριο πλεονέκτημα των οριζόντιων συστημάτων, σε σύγκριση με τα κάθετα, είναι το μικρότερο κόστος εγκατάστασης. Σοβαρός περιορισμός είναι η ανάγκη ύπαρξης ικανού χώρου για την τοποθέτηση των υπεδάφινων σωληνώσεων, γεγονός που περιορίζει τη χρήση αυτών των συστημάτων σε εξοχικές κατοικίες. Οι κατακόρυφες γεωτρήσεις πάντως καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο (έτσι μπορούν να εγκατασταθούν σε περιοχές με πολλά κτήρια)



Σχήμα 4.14: Αρχή του συστήματος ΓΑΘ με χρήση οριζόντιου κυκλώματος αγωγών. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

και είναι περισσότερο αποδοτικοί, γιατί η θερμοκρασία του υπεδάφους είναι περισσότερο σταθερή σε μεγαλύτερα βάθη.



Σχήμα 4.15: Διάφοροι τύποι εγκατάστασης των σωληνώσεων α) στα κατακόρυφα συστήματα και β) στα οριζόντια συστήματα. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα μιας εγκατάστασης ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος είναι :

- το κλίμα
- οι θερμικές ιδιότητες του υπεδάφους
- το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας
- το κόστος ανόρυξης της γεώτρησης ή της εκσκαφής των ορυγμάτων
- οι τυχόν επιδοτήσεις και κίνητρα για την εγκατάσταση μονάδων εξοικονόμησης ενέργειας.

Η αξιοσημείωτη ανάπτυξη του αριθμού των ΓΑΘ στον κόσμο και οι τεχνολογικές βελτιώσεις που έχουν γίνει τα τελευταία 20-30 χρόνια, είχαν ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του κόστους εγκατάστασης.

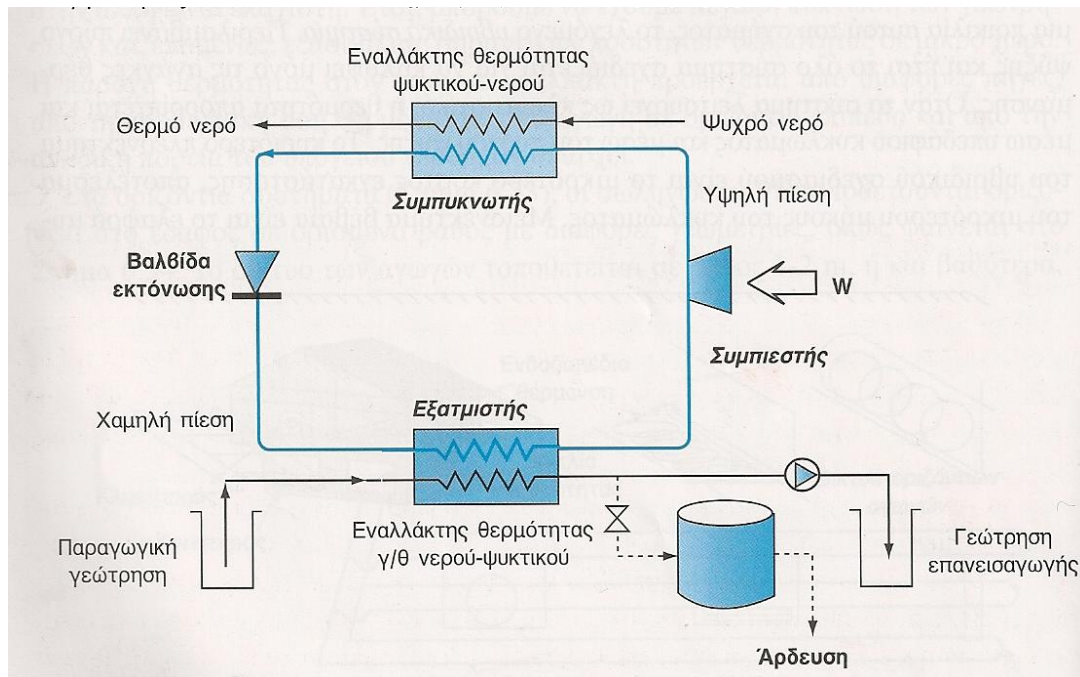
Για μεγάλα κτηριακά συγκροτήματα με μεγαλύτερες ανάγκες ψύξης χρησιμοποιείται μια ποικιλία αυτού του σχήματος το λεγόμενο *υβριδικό σύστημα*. Περιλαμβάνει πύργο ψύξης και έτσι όλο το σύστημα σχεδιάζεται για να καλύψει μόνο τις ανάγκες θέρμανσης. Όταν το σύστημα λειτουργεί ως κλιματιστικό, η θερμότητα απορρίπτεται και μέσω υπεδάφιου κυκλώματος και μέσω του πύργου ψύξης. Το κυριότερο πλεονέκτημα του υβριδικού σχεδιασμού είναι το μικρότερο κόστος εγκατάστασης, αποτέλεσμα του μικρότερου μήκους του κυκλώματος. Μειονέκτημα βέβαια είναι το ελαφρά αυξημένο λειτουργικό κόστος λόγω της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τις αντλίες και τους ανεμιστήρες του πύργου ψύξης και το κόστος της επεξεργασίας του νερού.

4.5.3 ΓΑΘ που λειτουργούν με υπόγεια νερά

Στα συστήματα αυτά (που καλούνται και συστήματα ανοικτού κυκλώματος), η συλλογή και η απόρριψη της θερμότητας επιτυγχάνεται με τη διέλευση υπόγειου νερού μέσω ενός εναλλάκτη, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.16. Το υπόγειο νερό μπορεί να προέρχεται από γεωτρήσεις, από πηγάδια ή και από εγκαταλειμμένα ορυχεία.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση γεωθερμικού νερού χαμηλής θερμοκρασίας (<35 °C), το οποίο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άμεσες χρήσεις, παρά μόνο σε θέρμανση εδάφους και σε υδατοκαλλιέργειες. Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα θέρμανσης, όταν στη μονάδα του εξατμιστή εισέρχεται νερό προερχόμενο από γεωθερμική γεώτρηση. Λόγω του υψηλότερου κόστους εγκατάστασης μιας ΓΑΘ σε σχέση με τα ανταγωνιστικά συστήματα, δε συνίσταται η κάλυψη του συνολικού θερμικού φορτίου κάποιας εφαρμογής με αντλίες θερμότητας, αλλά μόνο μέρος των αναγκών (συνήθως 60-70% της μέγιστης τιμής). Έτσι, το σύστημα θέρμανσης χώρων θα πρέπει να αποτελείται από δύο ανεξάρτητα μεταξύ τους υποσυστήματα : τα υποσυστήματα με την αντλία θερμότητας και το υποσύστημα με μονάδα παραγωγής θερμικής ενέργειας με τη χρήση λέβητα

πετρελαίου, φυσικού αερίου, υγραερίου ή βιομάζας. Τα δύο συστήματα έχουν κοινό σύστημα μεταφοράς και διανομής θερμότητας στο εσωτερικό των κτηρίων ή των θερμοκηπίων.



Σχήμα 4.16: Σχηματικό διάγραμμα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας νερού – νερού για θέρμανση θερμοκηπίου. (Μ. Φυτίκας, Ν Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις Τζιολα).

Το γεωθερμικό ρευστό χαμηλής ενθαλπίας οδηγείται με τη βοήθεια υποβρύχιας ως επί το πλείστον αντλίας στον εξατμιστή των αντλιών θερμότητας. Ο εξατμιστής των αντλιών θερμότητας είναι στην ουσία ένας εναλλάκτης νερού-ψυκτικού μέσου, στον οποίο το ψυκτικό μέσο απορροφά θερμότητα και εξατμίζεται. Το γεωθερμικό νερό εξέρχεται με μικρότερη θερμοκρασία και είτε διατίθεται σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες είτε οδηγείται με γεώτρηση επανεισαγωγής στον ταμιευτήρα.

Μέσω του συμπιεστή της αντλίας θερμότητας, οι ατμοί του ψυκτικού μέσου οδηγούνται στη μονάδα του συμπυκνωτή, όπου συμπυκνώνονται από το «ψυχρότερο» μέσο θέρμανσης του χώρου. Στην ενέργεια η οποία παραλαμβάνεται από το γεωθερμικό νερό προστίθεται και το έργο του συμπιεστή του ψυκτικού μέσου και αποδίδεται από τη μονάδα συμπύκνωσης (δευτερεύον κύκλωμα) στο νερό, το οποίο οδηγείται τελικά στο βρόγχο θέρμανσης του θερμοκηπίου ή της οικίας. Αυτή η διεργασία έχει τελικά ως αποτέλεσμα το νερό στην έξοδο της αντλίας θερμότητας (στο συμπυκνωτή) να έχει σημαντικά μεγαλύτερη τιμή από την τιμή στην είσοδο της (στον εξατμιστή). Για άλλες χρήσεις η θερμότητα μπορεί να αποδίδεται σε ρεύμα αέρος.

Το υποσύστημα, εκτός από τις αντλίες θερμότητας, περιλαμβάνει τις σωληνώσεις μεταφοράς του θερμού νερού, τις σωληνώσεις διανομής της θερμότητας, την αντλία κυκλοφορίας του γεωθερμικού ρευστού και τις αντλίες ανακυκλοφορίας του θερμού νερού στο υπό θέρμανση θερμοκήπιο ή άλλο χώρο, το σύστημα ελέγχου της ροής κ.α.

Το κόστος που σχετίζεται με τις γεωτρήσεις του νερού είναι κατά κάποιο τρόπο παρόμοιο με το κόστος για τις γεωτρήσεις στα συστήματα που είναι συνδεδεμένα με το υπέδαφος. Το κόστος είναι συνήθως ανάλογο με το βάθος της γεώτρησης. Βέβαια, εκείνο που καθορίζει την ικανότητα της γεώτρησης να εξυπηρετεί τις ανάγκες σε θέρμανση και κλιματισμό είναι η παροχή και η θερμοκρασία του νερού και όχι το μήκος. Σε γενικές γραμμές, επειδή με μια μόνο γεώτρηση μπορούν να υποστηριχθούν αρκετά μεγάλες επιφάνειες, φαίνεται ότι για μικρές και απομονωμένες κατοικίες τα συστήματα αυτά έχουν πλεονεκτήματα.

Για την άντληση των γεωθερμικών νερών χρησιμοποιούνται κυρίως υποβρύχιες αντλίες, με κινητήρες 3600 rpm. Η υψηλή ταχύτητα των αντλιών αυτών τις κάνει περισσότερο ευάλωτες στη μηχανική διάβρωση σε σχέση με τις στροβιλαντλίες με άξονα, σε περίπτωση που στο αντλούμενο νερό υπάρχει

άμμος. Σε συνθήκες άντλησης μικρών ποσοτήτων νερού, η απόδοση των υποβρύχιων αντλιών είναι χαμηλή (30-40%), σε αντίθεση με τις αντλίες με άξονα, που διατηρούν σχετικά υψηλές αποδόσεις και σε χαμηλές παροχές νερού.

Οι εναλλάκτες νερού-ψυκτικού μέσου είναι τις περισσότερες φορές τύπου πλακών και κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα 304 (όταν η συγκέντρωση των χλωριόντων είναι μικρότερη από 150 ppm) ή από 316 (για μέγιστη συγκέντρωση χλωριόντων μέχρι 350 ppm). Για νερά με υψηλότερες συγκεντρώσεις χλωριόντων απαιτούνται πλάκες από τιτάνιο. Ο σχεδιασμός του εναλλάκτη γίνεται με βάση την πτώση πίεσης (που επηρεάζει το κόστος άντλησης – λειτουργικό κόστος) και του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας (που επηρεάζει την επιφάνεια του εναλλάκτη – πάγιο κόστος). Οι τυπικές παροχές των ρευστών μέσα στον εναλλάκτη είναι 0,045-0,055 L/(s KW) για την πλευρά του γεωθερμικού νερού.

Οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες του γεωθερμικού νερού επιτρέπουν για τη μεταφορά τους τη χρήση σωληνώσεων από PE, PP, ακόμη και από PVC. Τέλος, κάποια προσοχή απαιτείται στο σχεδιασμό της γεώτρησης επανεισαγωγής, όπου απαιτείται μεγαλύτερη επιφάνεια φίλτρων (περίπου διπλάσια) σε σχέση με την παραγωγική γεώτρηση.

Οι ΓΑΘ ανοικτού κυκλώματος παρουσιάζουν τα εξής σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις κοινές κλιματιστικές μονάδες αέρα-αέρα.

- Καταναλώνουν μικρότερη ηλεκτρική ενέργεια.
- Αξιοποιούν τη γήινη θερμότητα σε σχετικά μικρά βάθη, από συστήματα που είναι περισσότερο αξιόπιστα και σταθερά σε σχέση με τον ατμοσφαιρικό αέρα.
- Δεν απαιτούν επιπλέον θερμότητα σε περίπτωση πολύ χαμηλής εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Έχουν απλούστερο σχεδιασμό και χαμηλότερο κόστος συντήρησης.

Το κυριότερο μειονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι το μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης. Το κόστος μιας ΓΑΘ σχετίζεται ασφαλώς με το απαιτούμενο θερμικό φορτίο, την ποιότητα και τη θερμοκρασία του γεωθερμικού νερού, την πτώση πίεσης στον εναλλάκτη και τη θερμοκρασία του νερού (ή του αέρα) που εξέρχεται από το συμπυκνωτή. Γενικά, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του εξερχόμενου νερού, τόσο μικρότερο είναι το COP που επιτυγχάνεται, με συνέπεια το μεγαλύτερο κόστος της μονάδας. Ένα άλλο μειονέκτημα που αντιμετωπίζει αυτή η τεχνολογία είναι ότι είναι «νέα» τεχνολογία (σε αντίθεση με τις αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα) και ότι πρέπει να συνδυαστεί με την ανόρυξη μίας ή περισσοτέρων γεωτρήσεων.

4.5.4 ΓΑΘ που λειτουργούν με επιφανειακά νερά

Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνονται στις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας λόγω κυρίως της ομοιότητας τους με τα συστήματα ΓΑΘ ανοικτού κυκλώματος. Τα συστήματα με επιφανειακά νερά μπορεί να είναι είτε ανοικτού τύπου (χρήση των επιφανειακών νερών όπως στους πύργους ψύξης) είτε κλειστού τύπου, δηλαδή το δίκτυο των σωληνώσεων βρίσκεται εμβαπτισμένο στη λίμνη, το ποτάμι ή τη θάλασσα. Τα δεύτερα συστήματα αποτελούν τη μοναδική βιώσιμη επιλογή σε περίπτωση που η θερμοκρασία των επιφανειακών νερών πέφτει κάτω από τους 7 °C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ

5.1 ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ / ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών

Εργοδότης : *A.T.E.I. ΠΑΤΡΑΣ*
: *ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ*
:
Έργο : *ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ*
: *ΣΕ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ*
:
Θέση : *ΜΕΓΑΡΑ ΑΤΤΙΚΗΣ*
:
Ημερομηνία : *ΙΟΥΛΙΟΣ 2009*
Μελετητές : *ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ*
: *ΓΚΟΣΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ*
:
Παρατηρήσεις :
:

5.1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 TOTEE, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

- α) *Erlaeterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag*
- β) *Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,*
- γ) *Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag*
- δ) *Κεντρικές Θερμάνσεις, Β. Σελλούντος*
- ε) *Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό θερμάνσεων Garms/Pfeifer (TEE)*

5.1.2 Παραδοχές και 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 (τοίχοι, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ)
- β) Απώλειες λόγω προσauξήσεων.
- γ) Απώλειες αερισμού χώρου Q_L .

α) Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση (εξ. 5.1):

$$Q_o = kx f x (t_i - t_a) = F (t_i - t_a) / 1/k \text{ σε } w \text{ (ή Kcal/h)} \quad (5.1)$$

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 Α)

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 5.1:

β2.1) Z_D για DIN77

Τιμή D

Πίνακας 5.1

<i>Τρόπος Λειτουργίας</i>	<i>0.1-0.29</i>	<i>0.30-0.69</i>	<i>0.70-1.49</i>
<i>0 ώρες διακοπής</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>
<i>8-12 ώρες διακοπής</i>	<i>20</i>	<i>15</i>	<i>15</i>
<i>12-16 ώρες διακοπής</i>	<i>30</i>	<i>25</i>	<i>20</i>

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 (εξ. 5.2):

$$Q_T = Q_o (1 + Z_D + Z_H) = Q_o \times Z \quad (5.2)$$

γ) Οι απώλειες αερισμού Q_L υπολογίζονται εναλλακτικά:

γ1) από την σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό (εξ. 5.3):

$$Q_L = V \times \rho \times c (t_i - t_a) \text{ (σε w)} \quad (5.3)$$

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 (εξ. 5.4) (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός):

$$Q_L = \Sigma Q A_i, \quad (5.4)$$

όπου: $Q A_i = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z_T$ 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 ϵ_{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 , (εξ. 5.5) δηλαδή:

$$Q_{ολ} = Q_T + Q_L \quad (5.5)$$

Όπου $Q_{ολ}$ = Σύνολο των θερμικών απωλειών

Q_T = θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις

Q_L = Απώλειες λόγω χαραμιάδων

5.1.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται πινακοποιημένα ως εξής:

α) Στο επάνω μέρος του πίνακα παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία που έχουν απώλειες από θερμοπερατότητα με τα χαρακτηριστικά τους. Οι στήλες του πίνακα αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη:

- Είδος στοιχείου (πχ. T =τοίχος, A =Ανοιγμα, O =οροφή Δ =Δάπεδο)
- Προσανατολισμός

- Πάχος
- Μήκος
- Ύψος ή πλάτος
- Επιφάνεια
- Αριθμός όμοιων επιφανειών
- Συνολική Επιφάνεια
- Συντελεστής k
- Διαφορά Θερμοκρασίας Δt
- Καθαρές Θερμικές Απώλειες

β) στο κάτω μέρος του Πίνακα 5.2 συμπληρώνονται οι προσαυξήσεις και οι απώλειες αερισμού, με πλήρη ανάλυση. Τέλος στον Πίνακα 5.3 φαίνονται τα τυπικά στοιχεία του κτιρίου.

Πίνακας 5.2: Στοιχεία Κτιρίου

Πόλη	Μέγαρα
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	0
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	16
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1-15)	1
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Μεθοδολογία Υπολογισμού	DIN77
Σύστημα Μονάδων	Kcal/h

Πίνακας 5.3: Τυπικά Στοιχεία

Εξωτ. Τοίχοι Οροφές	Συντ.κ (Kcal/m ² h c) Τοίχων Οροφών	Εσωτ. Τοίχοι Δάπεδα	Συντ.κ (Kcal/m ² h c) Εσ.Τοίχω ν Δαπέδων	Ανοίγμ.	Πλάτος (m)	Υψος (m)	Συντ.κ (Kcal/m ² h c) Ανοιγμάτ ων	Συντ.α	Φύλλα
T1	0.58	E1		A1	1.4	2.2	3.20	1.5	
T2	0.58	E2		A2	1.4	1.2	3.20	1.5	
T3	0.58	E3		A3	1.3	2.2	3.20	1.5	
T4	0.58	E4		A4	1	0.6	3.20	1.5	
T5	0.58	E5		A5	1	0.6	3.20	1.5	
T6	0.58	E6		A6	0.8	2.2	3.20	1.5	
T7	0.58	E7		A7	1	1.2	3.20	1.5	
T8	0.58	E8		A8	0.9	2.2	5.00	1.5	
T9	0.58	Δ1	0.52	A9	1.2	1.2	3.20	1.5	
T10	0.58	Δ2		A10	1.6	2.2	3.20	1.5	
T11	0.58	Δ3		A11	1.1	2.2	5.00	1.5	
O1	0.47	Δ4		A12					
O2		Δ5		A13					
O3		Δ6		A14					

Επίπεδο : 1 Χώρος : 1 Ονομασία Χώρου ΥΠΝΟΔΩΜ.-1

Πίνακας 5.4: Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφαν.	Συνολ. Επιφαν. (m ²)	Αφαιρ. Επιφαν. (m ²)	Επιφάν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Kcal/m ² hc)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Kcal/h)
T1	Δ		0.25	4.95	3	14.85	1	14.85	3.08	11.77	0.58	20.00	136.5
A1	Δ	α	0.3	1.4	2.2	3.08	1	3.08		3.08	3.20	20.00	197.1
T2	B		0.25	4.5	3	13.50	1	13.50	1.68	11.82	0.58	20.00	137.1
A2	B	α		1.4	1.2	1.68	1	1.68		1.68	3.20	20.00	107.5
O1	O		0.3	4.95	4.5	22.27	1	22.27		22.27	0.47	20.00	209.3
Δ1			0.3	4.95	4.5	22.27	1	22.27		22.27	0.52	10.00	115.8

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 903

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 20% 181

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 1084

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 194.2

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.58

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=Vχρ_xc_xΔt = 1163

Ογκος Χώρου V = 4.95x4.50x3= 67

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 2441

Επίπεδο : 1 Χώρος : 2 Ονομασία Χώρου ΥΠΝΟΔΩΜ.-2

Πίνακας 5.5: Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφανείας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφαν.	Συνολ. Επιφαν. (m ²)	Αφαιρ. Επιφαν. (m ²)	Επιφαν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Kcal/m ² hc)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Kcal/h)
T3	B		0.25	3.9	3	11.70	1	11.70	2.86	8.84	0.58	20.00	102.5
A3	B	α		1.3	2.2	2.86	1	2.86		2.86	3.20	20.00	183.0
T4	A		0.25	3.9	3	11.70	1	11.70		11.70	0.58	20.00	135.7
O1	O		0.3	3.9	3.9	15.21	1	15.21		15.21	0.47	20.00	143.0
Δ1			0.3	3.9	3.9	15.21	1	15.21		15.21	0.52	10.00	79.09

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 643

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 20 % 129

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 772

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 109.6

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.58

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=Vχρ_xc_xΔt = 794.0

Ογκος Χώρου V = 3.9x3.9x3= 46

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 1676

Επίπεδο : 1 Χώρος : 3 Ονομασία Χώρου W.C.

Πίνακας 5.6: Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφαν.	Συνολ. Επιφαν. (m ²)	Αφαιρ. Επιφαν. (m ²)	Επιφαν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Kcal/m ² hc)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Kcal/h)
T5	A		0.25	2	3	6.00	1	6.00	0.60	5.40	0.58	20.00	62.64
A4	A	α		1	0.6	0.60	1	0.60		0.60	3.20	20.00	38.40
O1	O		0.3	2	2.65	5.30	1	5.30		5.30	0.47	20.00	49.82
Δ1			0.3	2	2.65	5.30	1	5.30		5.30	0.52	10.00	27.56

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 178

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 20 % 36

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 214

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 50.11

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.58

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=Vχρ_ρc_χΔt = 276.7

Ογκος Χώρου V = 2x2.65x3= 16

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 541

Επίπεδο : 1 Χώρος : 4 Ονομασία Χώρου ΜΠΑΝΙΟ

Πίνακας 5.7: Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφαν.	Συνολ. Επιφαν. (m ²)	Αφαιρ. Επιφαν. (m ²)	Επιφαν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Kcal/m ² hc)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Kcal/h)
T6	A		0.25	2.4	3	7.20	1	7.20	0.60	6.60	0.58	20.00	76.56
A5	A	α		1	0.6	0.60	1	0.60		0.60	3.20	20.00	38.40
O1	O		0.3	2.4	2.65	6.36	1	6.36		6.36	0.47	20.00	59.78
Δ1			0.3	2.4	2.65	6.36	1	6.36		6.36	0.52	10.00	33.07

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 208

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 20 % 42

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 249

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 50.11

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.58

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=VxρxcxΔt = 332.0

Ογκος Χώρου V = 2.4x2.65x3= 19

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 631

Επίπεδο : 1 Χώρος : 5 Ονομασία Χώρου ΚΟΥΖΙΝΑ

Πίνακας 5.8: Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφαν.	Συνολ. Επιφαν. (m ²)	Αφαιρ. Επιφαν. (m ²)	Επιφαν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Kcal/m ² hc)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Kcal/h)
T7	A		0.25	5.5	3	16.50	1	16.50		16.50	0.58	20.00	191.4
T8	N		0.25	5.35	3	16.05	1	16.05	2.96	13.09	0.58	20.00	151.8
A6	N	α		0.8	2.2	1.76	1	1.76		1.76	3.20	20.00	112.6
A7	N	α		1	1.2	1.20	1	1.20		1.20	3.20	20.00	76.80
T9	Δ		0.25	1.7	3	5.10	1	5.10	1.98	3.12	0.58	20.00	36.19
A8	Δ	α		0.9	2.2	1.98	1	1.98		1.98	5.00	20.00	198.0
O1	O		0.3	5.5	3.9	21.45	1	21.45		21.45	0.47	20.00	201.6
Δ1			0.3	5.5	3.9	21.45	1	21.45		21.45	0.52	10.00	111.5
O1	O		0.3	1.7	1.13	1.92	1	1.92		1.92	0.47	20.00	18.05
Δ1			0.3	1.7	1.13	1.92	1	1.92		1.92	0.52	10.00	9.98

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 1108

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 20 % 222

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 1330

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 260.0

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.58

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=Vχρ_xc_xΔt = 1148

Ογκος Χώρου V = 5.5x4x3= 66

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{0λ} = Q_T + Q_L = 2738

Επίπεδο : 1 Χώρος : 6 Ονομασία Χώρου ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ

Πίνακας 5.9: Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφανείας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφαν.	Συνολ. Επιφαν. (m ²)	Αφαιρ. Επιφαν. (m ²)	Επιφαν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Kcal/m ² hc)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Kcal/h)
T10	N		0.25	3.7	3	11.10	1	11.10	1.44	9.66	0.58	20.00	112.1
A9	N	α		1.2	1.2	1.44	1	1.44		1.44	3.20	20.00	92.16
T11	Δ		0.25	7.2	3	21.60	1	21.60	5.94	15.66	0.58	20.00	181.7
A10	Δ	α		1.6	2.2	3.52	1	3.52		3.52	3.20	20.00	225.3
A11	Δ	α		1.1	2.2	2.42	1	2.42		2.42	5.00	20.00	242.0
O1	O		0.3	7.2	4.5	32.40	1	32.40		32.40	0.47	20.00	304.6
Δ1			0.3	7.2	4.5	32.40	1	32.40		32.40	0.52	10.00	168.5

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 1326

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 20 % 265

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 1592

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=α_xΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 297.5

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.58

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=Vχρ_xc_xΔt = 1691

Ογκος Χώρου V = 7.2x4.5x3= 97

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 3580

Επίπεδο : 1 Χώρος : 7 Ονομασία Χώρου ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ

Πίνακας 5.10: Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Υψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφαν.	Συνολ. Επιφαν. (m ²)	Αφαιρ. Επιφαν. (m ²)	Επιφαν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Kcal/m ² hc)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Kcal/h)
Ο1	Ο		0.3	5.17	1.1	5.69	1	5.69		5.69	0.47	20.00	53.49
Δ1			0.3	5.17	1.1	5.69	1	5.69		5.69	0.52	10.00	29.59

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 83

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 20 % 17

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 100

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) =

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.58

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=Vχρ_ρc_xΔt = 296.9

Ογκος Χώρου V = 5.17x1.1x3= 17

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 397

Κυκλώματα - Σώματα - Ιδιοκτησίες

Επ.α/α	Ονομασία Χώρου	QΘ	Αρ.Κυκλ/τος	Αρ.Σώματος Ιδιοκ.
	Kcal/h			
1	1 ΥΠΝΟΔΩΜ.-1	2441		
1	2 ΥΠΝΟΔΩΜ.-2	1676		1A
1	3 W.C.	541		1A
1	4 ΜΠΑΝΙΟ	631		1A
1	5 ΚΟΥΖΙΝΑ	2738		1A
1	6 ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	3580		1A
1	7 ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	397		1A
	Συνολικές Απώλειες	12003		

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ (Kcal/h)

Επίπεδο : 1

1ΥΠΝΟΔΩΜ.-1	:	2441
2ΥΠΝΟΔΩΜ.-2	:	1676
3 W.C.	:	541
4ΜΠΑΝΙΟ	:	631
5ΚΟΥΖΙΝΑ	:	2738
6ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	:	3580
7ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	:	397

Συνολικές Απώλειες Επιπέδου : 12003 (Kcal/h)

Συνολικές Απώλειες Κτιρίου : 12003 (Kcal/h) ή 14 (KW)

5.2 ΜΕΛΕΤΗ FAN COILS

ΜΕΛΕΤΗ FAN COIL

(Υπολογισμός Εγκατ/σης Με Fan Coils)

Εργοδότης : *A.T.E.I. ΠΑΤΡΑΣ*
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Έργο : *ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ FAN COILS*
ΣΕ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ

Θέση : *ΜΕΓΑΡΑ ΑΤΤΙΚΗΣ*

Ημερομηνία : *ΙΟΥΛΙΟΣ 2009*

Μελετητές : *ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ*
ΓΚΟΣΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

5.2.1 Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη βασίζεται στην Ashrae και στην ακόλουθη βιβλιογραφία:

α) Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik

β) VDI Kuehlstregeln, VDI 2078

γ) Αερισμός και Κλιματισμός Κ. Λέφα

δ) Carrier Handbook of Air Conditioning System Design

ε) ASHRAE Handbook of Systems

στ) ASHRAE Handbook of Equipment

5.2.2 Παραδοχές και 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 (εξ.5.6, εξ. 5.7, εξ. 5.8, εξ. 5.9):

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \quad (\text{εξίσωση συνέχειας}) \quad (5.6)$$

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (\text{εξίσωση Darcy}) \quad (5.7)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{εξίσωση Colebrook}) \quad (5.8)$$

$$\text{Re} = \frac{VD}{\nu} \quad (\text{αριθμός Reynolds}) \quad (5.9)$$

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 (εξ. 510):

$$J = \frac{1}{2} \Sigma \zeta \rho V^2 \quad (5.10)$$

όπου:

$\Sigma \zeta$: 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.

5.2.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών του δικτύου παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα παρακάτω μεγέθη της μορφής:

- ✓ Τμήμα δικτύου
- ✓ Μήκος τμήματος (m)
- ✓ Φορτίο FCU (Kcal/h ή w ή Kbtu/h)
- ✓ Διαφορά Θερμοκρασίας Δt ($^{\circ}\text{C}$)
- ✓ Παροχή Νερού (m^3/h)
- ✓ Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- ✓ Ταχύτητα Νερού (m/s)

- ✓ Συνολική αντίσταση εξαρτημάτων Σζ
- ✓ Τριβή Εξαρτημάτων (mYΣ)
- ✓ Τριβή Σωληνώσεων (mYΣ)
- ✓ Ολική Τριβή Τμήματος (mYΣ)

Κάθε τμήμα δικτύου συμβολίζεται με την αρίθμηση των κόμβων του παρεμβάλλοντας τελεία (.) πχ. 1.2 το τμήμα ανάμεσα στους κόμβους 1 και 2.

α) περίπτωση κλασσικού δικτύου: τα μήκη των σωλήνων είναι διπλάσια (περιλαμβάνουν και τις επιστροφές) και τα εξαρτήματα διπλά.

β) περίπτωση αντεπιστροφής (reverse return): παρουσιάζεται το δίκτυο της προσαγωγής κανονικά και της επιστροφής χωριστά. Στα τμήματα επιστροφής αντί για τελείες παρεμβάλλονται παύλες (πχ. τμήμα 4-7). Στον παρακάτω Πίνακα 5.11 φαίνονται τα στοιχεία του δικτύου.

Πίνακας 5.11: Στοιχεία Δικτύου

Θερμοκρασία Νερού (°C)	50
Διαφορά Θερμοκρασίας Μονάδων FC (°C)	5
Τύπος Κύριου Σωλήνα	Χαλκοσωλήνας
Συντ. Τραχύτητας Κύριου Σωλήνα (μm)	1.5
Τύπος Δευτερεύοντος Σωλήνα	Χαλκοσωλήνας
Συντ. Τραχύτητας Δευτερεύοντος Σωλήνα (μm)	1.5
Σύστημα Μονάδων	KWatt

Πίνακας 5.12: Υπολογισμοί Σωληνώσεων Fan Coils

Τμ. Δικτ.	Μήκος Σωλήνα (m)	Φορτίο FC (KWatt)	Διαφορά Θερμοκρ. (°C)	Παροχή Νερού (m³/h)	Τύπος Σωλήνα	Διάμ. Σωλήνα (mm)	Ταχ. Νερού (m/s)	Σζ Εξαρτημ .	Τριβ. Εξ/FC (mYΣ)	Τριβές Σωλην. (mYΣ)	Ολικές Τριβές (mYΣ)
1.2	2.01			0.495	K	DN28	0.076	8.000	0.002	0.003	0.005
2.3	2.52	1.173	5	0.202	Δ	DN15	0.036	2.500	0.373	0.001	0.375
2.4	12.30			0.293	K	DN28	0.045	6.000	0.001	0.007	0.008
4.5	4.81	0.276	5	0.048	Δ	DN15	0.008	2.500	0.030	0.000	0.030
4.6	2.80			0.245	K	DN28	0.038	6.000	0.000	0.001	0.002
6.7	1.52	0.332	5	0.057	Δ	DN15	0.010	2.500	0.041	0.000	0.041
6.8	4.06			0.188	K	DN28	0.029	6.000	0.000	0.001	0.001
8.9	1.62	0.277	5	0.048	Δ	DN15	0.008	5.500	0.030	0.000	0.030
8.10	6.60	0.811	5	0.140	Δ	DN15	0.025	2.900	0.196	0.002	0.198
1.2'	10.80			0.497	K	DN28	0.077	8.000	0.002	0.015	0.017
2'.3'	1.30	0.840	5	0.145	Δ	DN15	0.026	2.900	0.208	0.000	0.209
2'.4'	8.25			0.352	K	DN28	0.054	6.000	0.001	0.006	0.007
4'.5'	1.31	0.840	5	0.145	Δ	DN15	0.026	5.500	0.208	0.000	0.209
4'.6'	7.15	1.199	5	0.207	Δ	DN15	0.037	2.900	0.388	0.003	0.391

Πίνακας 5.13: Υπολογισμοί Μονάδων Fan Coils

Τμ. Δικτ.	Κλιματ. Χώρος	Φορτ. Χώρου (KWatt)	Θερμ. Εισ. Νερού (°C)	Διαφορά Θερμοκρ · (°C)	Παροχή Νερού (m ³ /h)	Είδος Μονάδας FC	Αποδ. Φορτίο FC (KWatt)
1.2					0.495		
2.3	1.2	3.18	50	5	0.202	FC-03-2R	3.839
2.4					0.293		
4.5	1.7	0.46	50	5	0.048	FC-02-1R	1.629
4.6					0.245		
6.7	1.5	0.73	50	5	0.057	FC-02-1R	1.629
6.8					0.188		
8.9	1.6	0.63	50	5	0.048	FC-02-1R	1.629
8.10	1.4	1.95	50	5	0.140	FC-02-2R	2.670
1.2'					0.497		
2'.3'	1.1	4.16	50	5	0.145	FC-04-2R	5.416
2'.4'					0.352		
4'.5'	1.1	4.16	50	5	0.145	FC-04-2R	5.416
4'.6'	1.3	2.83	50	5	0.207	FC-03-2R	3.839

Πίνακας 5.14: Χώροι - Μονάδες Fan Coils

Τμ. Δικτ.	A/A Επιπέδο υ	A/A Χώρου	Όνομ. Χώρου	Φορτ. Χώρου (KWatt)	Είδος Μονάδας FC	Αποδ. Φορτίο FC (KWatt)
2.3	1	2	ΚΟΥΖΙΝΑ	3.18	FC-03-2R	3.839
4.5	1	7	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	0.46	FC-02-1R	1.629
6.7	1	5	ΜΠΑΝΙΟ	0.73	FC-02-1R	1.629
8.9	1	6	WC	0.63	FC-02-1R	1.629
8.10	1	4	ΥΠΝΟΔΩΜ. - 2	1.95	FC-02-2R	2.670
2'.3'	1	1	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	4.16	FC-04-2R	5.416
4'.5'	1	1	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	4.16	FC-04-2R	5.416
4'.6'	1	3	ΥΠΝΟΔΩΜ. - 1	2.83	FC-03-2R	3.839

Έλεγχοι Πτώσης Θερμοκρασιών στα Fan Coils

Δεν υπάρχουν Fan Coils με πτώση θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 10 °C

Έλεγχοι Ταχυτήτων στις Σωληνώσεις

Δεν υπάρχουν σωληνώσεις με ταχύτητα ρευστού εκτός ορίων

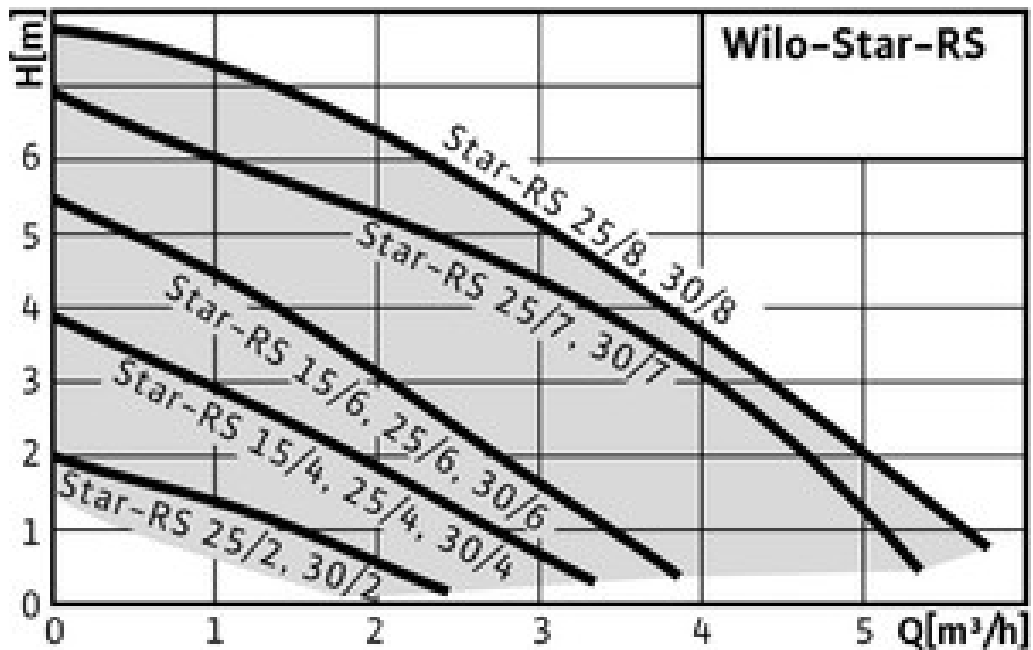
Πίνακας 5.15: Υπολογισμός Θερμικού Συγκροτήματος

Υπολογισμός Θερμικού Συγκροτήματος	
Θερμικό Φορτίο (KWatt)	14
Ετεροχρονισμός	0.95
Τύπος Ψυκτ. Συγκροτήματος που Επιλέγεται	WATERFURNACE VERSATEC V060W
Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	0
Διάμετρος Σωλ. Τροφοδοσίας Συλλεκτών	FBSP 1"
Κόστος	
Υπολογισμός Πύργου Ψύξης (για Υδρόψυκτο Σύστημα)	
Θερμοκρασία Εισερχόμενου Νερού (°C)	
Θερμοκρασία Εξερχόμενου Νερού (°C)	
Θερμοκρασία Υγρού Θερμομ. Αέρα (°C)	
Αποδιδόμενο Φορτίο (KWatt)	
Παροχή Νερού (l/h)	
Ποσότητα Αέρα (m ³ /h)	
Ισχύς Κινητήρα	
Κόστος	

Πίνακας 5.16: Υπολογισμός Κυκλοφορητή 1 (Διάγραμμα 5.1)

Παροχή Νερού στο Συγκρότημα Q (m ³ /h)	2.72
Συντελεστής C (Τριβών Ψυκτικού Συγκροτήματος (mΥΣ)	0.07
Τριβές Δικτύου (4% × 40m) (mΥΣ)	1.6
Προσαύξηση 50% για εξαρτήματα (mΥΣ)	0.8
$\Delta\rho = C \times (Q)^2$ (mΥΣ)	0.52
Μανομετρικό Υ (mΥΣ)	2.92
Τύπος Αντλίας που Επιλέγεται	WILO RS-30/7
Μέγεθος	133x93.5x180 (mm)
Παροχή	4.2 m ³ /h
Μανομετρικό Υψος	3.9 ΜΥΣ
Ισχύς Κινητήρα	11 W
Ηλεκτρικά Δεδομένα	0.4A - 220V - 2000n

Διάγραμμα 5.1 (www.wilo.gr)



Πίνακας 5.17: Υπολογισμός Ασφαλιστικού

Επιλογή Κλειστού Δοχείου Διαστολής	
Θερμοκρασία Προσαγωγής Νερού t_v (°C)	50
Θερμοκρασία Επιστροφής Νερού t_r (°C)	45
Μέση Θερμοκρασία Λειτουργίας $t_m = (t_v+t_r)/2$ (°C)	47.5
Στατική Πίεση Εγκατάστασης P_A (bar)	0.3
Τελική Πίεση Εγκατ. $P_E = P_A + 0.7$ (bar)	1
Συντελεστής Διαστολής A_f	0.01105
Περιεχόμενο Νερό στο Σύστημα V_s (l) Δοχείο Αδρανείας = 500 l Σωληνώσεις = 25 l Fan Coil = 15 l Αντλία Θερμότητας = 20 l	560
Η Διαστολή του Νερού είναι $V_A = A_f \times V_s$ (l)	6.19
Ελάχ. Όγκος Δοχ. Διαστολής $V_N = (P_E + 1) \times V_A / (P_E - P_A)$ (l)	17.68
Επιλέγεται Κλειστό Δοχείο Διαστολής	REFLEX N 18
Χωρητικότητα Δοχείου Διαστολής (l)	18lt/3bar
Άλλα Χαρακτηριστικά	-----

Πίνακας 5.18: Υπολογισμός Δοχείου Αδρανείας

Επιλογή Δοχείου Αδρανείας	
Q αντλίας θερμότητας (Kcal/h)	13760
Καθυστέρηση Επανεκκίνησης του Συμπιεστή t_a (h)	1/6
Θερμοκρασία Προσαγωγής Νερού t_v (°C)	50
Θερμοκρασία Επιστροφής Νερού t_r (°C)	45
Διαφορά Θερμοκρασίας $\Delta t = t_v - t_r$ (°C)	5
Όγκος Δοχείου Αδρανείας $V_a = (Q \times t_a) / \Delta t$ (l)	459
Επιλέγεται Δοχείο Αδρανείας (l)	SICC PS 500

Διάμετρος Σωλήνα	Μήκος
Χαλκοσωλήνας DN28	40.22
Χαλκοσωλήνας DN15	26.83

Είδος Μονάδας FCU (<i>interklima</i>)	Ποσότητα
FC-02-1R	3.00
FC-02-2R	1.00
FC-03-2R	2.00
FC-04-2R	2.00

ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ	Ποσότητα
Θερμικό Συγκρότημα WATERFURNACE VERSATEC V060W	1.00
Κυκλοφορητής WILO RS 30/7	1.00
Ασφαλιστικό REFLEX N 18	1.00
Δοχείο Αδρανείας SICC PS 500 lt	1.00

5.2.4 Τεχνική περιγραφή εγκατάστασης Fan Coils

5.2.4.1 Γενικά

Για την παραπάνω μελέτη λήφθηκε υπόψη επιθυμητή θερμοκρασία θερμαινόμενων χώρων ίση με 20°C. Η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού θα είναι ίση με 50°C

5.2.4.2 Θερμαντικό Συγκρότημα

Το ψυκτικό συγκρότημα θα έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Θερμικό Φορτίο	:14 KW
Εξωτερική Θερμοκρασία	:0 °C
Διάμετρος Σωλήνα	:FBSP 1"

5.2.4.3. Αντλία

Για την κυκλοφορία του νερού θα τοποθετηθεί αντλία στην επιστροφή. Η αντλία πρέπει να έχει παροχή ίση με 2.72 m³/h. Επίσης θα πρέπει να έχει μανομετρικό ύψος Η ίσο με 2.92 Μ.Υ.Σ. Προτείνεται αντλία με τα παρακάτω στοιχεία:

Τύπος	: WILO RS-30/7
Μέγεθος	: 133x93.5x180 (mm)
Παροχή	: 4.2 m ³ /h
Μανομετρικό	: 3.9 ΜΥΣ
Ισχύς Κινητήρα	: 11 W
Ηλεκτρικά δεδομ.	: 0.42A - 220V - 1700n

5.2.4.4 Δοχείο Διαστολής

Επιλέγεται Δοχείο Διαστολής με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:
Το δοχείο διαστολής που εκλέγεται είναι REFLEX N 18 και έχει χωρητικότητα ίση με 18lt/3bar.

5.2.4.5 Μονάδες Fan Coils

Οι μονάδες θα είναι χαλύβδινες, εγχώριας προέλευσης. 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.

5.2.4.6 Σωλήνες

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, ή αυτά που διέρχονται από τις πλάκες των ορόφων θα περιτυλιχθούν με ειδικό ρυτιδωτό χαρτί.

Στην αρχή κάθε κατακόρυφης στήλης θα τοποθετηθεί βάνα με κρουνό κένωσης ανάλογης διαμέτρου.

5.2.4.7 Δοκιμή

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.

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

Οποιαδήποτε τροποποίηση της μελέτης αυτής μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μετά από τη σύμφωνη γνώμη του συντάκτη της μελέτης.

Ο Συντάξας

ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΓΚΟΣΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

5.3 ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘΕΝΑΛΛΑΚΤΗ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΕΩΘΕΝΑΛΛΑΚΤΗ

Τεχνική περιγραφή εγκατάστασης Γεωθερμικού Εναλλάκτη Κλειστού (Οριζοντίου) Κυκλώματος.

Ground Loop Design Horizontal Design Project

Εργοδότης : *ΑΤΕΙ Πάτρας Τμήμα Μηχανολογίας*

Έργο : *Εγκατάσταση Fan Coil Σε Μονοκατοικία*

Μελετητές: *Καστάνης Ιωάννης & Γκοσδής Γεώργιος*

Ημερομηνία: *21/7/2009*

Θέση: *Μέγαρα Αττικής*

Για τον υπολογισμό του Γεωθερμικού Εναλλάκτη χρησιμοποιήθηκε εξειδικευμένο λογισμικό της εταιρίας **Gaia Geothermal**. Το λογισμικό της εταιρίας το οποίο ονομάζεται **Ground Loop Design** δέχεται κάποιες παραμέτρους βάσει των οποίων υπολογίζει τον τύπο της Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας, το μήκος των σωληνώσεων, τη διάμετρο των σωληνώσεων, τον αριθμό των κλάδων, το ρευστό (νερό) που ρέει μέσα στις σωληνώσεις κ.τ.λ.

Οι παράμετροι οι οποίοι δέχεται το λογισμικό για την επιλογή της αντλίας θερμότητας είναι οι εξής :

Θερμικά Φορτία : **14 KW**

Ψυκτικά Φορτία : -

Βάσει των παραπάνω παραμέτρων το λογισμικό επιλέγει την κατάλληλη Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας. Το μόνο που απαιτείται είναι να επιλέξουμε τον κατασκευαστή και τον τύπο της αντλίας. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέγουμε αντλία θερμότητας τύπου νερού-νερού.

Κατασκευαστής Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας :

WaterFurnace

5.3.1 Επιλογή Αντλίας Θερμότητας

Μετά την εισαγωγή των παραπάνω παραμέτρων, στο εξειδικευμένο λογισμικό Ground Loop Design, το ίδιο το λογισμικό επιλέγει αυτόματα την αντλία θερμότητας και παρουσιάζει ένα πίνακα με τα μέγιστα ημερήσια φορτία (Πίνακας 5.19), έναν άλλο πίνακα (Πίνακας 5.20, Πίνακας 5.21) με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας και τέλος έναν πίνακα (Πίνακας 5.22) με την θερμοκρασία προσαγωγής του νερού από το υπεδάφιο κύκλωμα στην αντλία θερμότητας.

Πίνακας 5.19: Μέγιστα ημερήσια φορτία

ΜΕΓΙΣΤΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΦΟΡΤΙΑ	
ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (KW)	ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (KW)
14	-

Πίνακας 5.20: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας θερμότητας

ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	
Κωδικός :	V060W
Αριθμός Μονάδων :	1
Κατασκευαστής	WaterFurnace
Σειρά :	Versatec Water to Water
Τύπος Αντλίας :	Water to Water

Πίνακας 5.21: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας θερμότητας

	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (συνέχεια)	
	Ψύξη	Θέρμανση
Θερμική Ισχύς (KW) :	13.2	16
Ηλεκτρική Ισχύς (KW) :	3.65	4.25
COP :	3.6	3.8
Παροχή Νερού (L/min)	45.2	45.2
Μερικός Συντ. Φορτίου :	0.90	0.87

Προσαγωγή νερού στην Αντλία από το κύκλωμα των Fan Coil (°C):	12.8	45
Παροχή Νερού (L/s) :	53.0	53.0

Πίνακας 5.22: Θερμοκρασία προσαγωγής νερού από το υπεδάφιο κύκλωμα στην αντλία θερμότητας

	Ψύξη	Θέρμανση
Είσοδος νερού από το υπεδάφιο κύκλωμα (°C):	16.0	16.0

5.3.2 Εισαγωγή Επιπρόσθετων Παραμέτρων

Μετά επιτυχή επιλογή της αντλίας θερμότητας, πρέπει να εισάγουμε στο λογισμικό, διάφορους παραμέτρους οι οποίοι είναι απαραίτητοι για την σωστή διεξαγωγή των αποτελεσμάτων έτσι ώστε η εγκατάσταση να είναι επιτυχής. Οι παράμετροι αυτοί είναι : Χαρακτηριστικά εδάφους, τεχνικά χαρακτηριστικά σωληνώσεων και ο αριθμός των κλάδων, το υγρό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί και τέλος ο χρόνος ζωής του συστήματος.

5.3.2.1 Χαρακτηριστικά Εδάφους

Η θερμοκρασία του εδάφους όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια βάσει μελετών και πειραμάτων είναι σταθερή όλο το χρόνο σε βάθος 1.2m από την επιφάνεια του εδάφους και κυμαίνεται περίπου στους 16 °C. Εισάγοντας στο λογισμικό την θερμοκρασία του εδάφους αυτό από μόνο του κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς και εκτυπώνει τον παρακάτω Πίνακα 5.23.

Πίνακας 5.23: Χαρακτηριστικά εδάφους

Χαρακτηριστικά Εδάφους		
Θερμοκρασία Εδάφους :	16 °C	
Θερμική Αγωγιμότητα :	1.30 W/(m·K)	
Τοπική Θερμοκρασία Αέρα :	7.1 °C	
Ακραία Ημέρα του Έτους :	Χειμώνας	Καλοκαίρι
	34	225

5.3.2.2 Επιλογή Υγρού Κυκλοφορίας

Το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υγρό κυκλοφορίας μέσα στις σωληνώσεις του εναλλάκτη σε περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία του εδάφους παραμένει σε μέτρια επίπεδα. Στην προκειμένη περίπτωση το έδαφος έχει θερμοκρασία περίπου 16 °C. Για λόγους όμως ασφαλείας θα χρησιμοποιηθεί διάλυμα νερού με αντιψυκτικό. Το λογισμικό εφόσον έχει δεχτεί σαν παράμετρο υγρού κυκλοφορίας το νερό, εκτυπώνει τα παρακάτω αποτελέσματα στον παρακάτω Πίνακα 5.24.

Πίνακας 5.24: Χαρακτηριστικά Υγρού Κυκλοφορίας

Χαρακτηριστικά Υγρού Κυκλοφορίας	
Παροχή :	11.4 (L/min)/3.5Kw
Υγρό :	Νερό με αντιψυκτικό
Ειδική Θερμότητα (Cp) :	4.182 kJ/(K·kg)
Πυκνότητα ρ :	999.6 kg/ m ³

5.3.2.3 Χαρακτηριστικά Σωληνώσεων και Διαστασιολόγηση του Υπόγειου Εναλλάκτη

Η επιλογή του υλικού σωλήνωσης είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα διότι στην αγορά κυκλοφορούν διάφοροι τύποι σωληνώσεων από διάφορα υλικά. Στο Κεφάλαιο 4.3.1 έχει γίνει λεπτομερή αναφορά στα υλικά των σωληνώσεων όπου βάσει αυτών θα επιλέξουμε το Πολυαιθυλένιο, διότι είναι το πιο διαδεδομένο και κατάλληλο για τη σωλήνωση του γεωθερμικού εναλλάκτη κλειστού κυκλώματος. Το λογισμικό, εφόσον γίνει επιλογή του υλικού του σωλήνα και βάσει των παραπάνω παραμέτρων (έδαφος, υγρό κυκλοφορίας κτλ.) επιλέγει την διάμετρο και τον τύπο του σωλήνα στον παρακάτω Πίνακα 5.25.

Πίνακας 5.25: Χαρακτηριστικά σωλήνα

Επιλογή Σωλήνα	
Υλικό σωλήνα :	Πολυαιθυλένιο
Θερμική Αγωγιμότητα :	0.090 m·K/W
Διάμετρος Σωλήνα :	1 in. (25mm) – SDR11

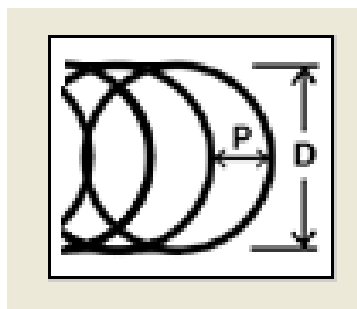
Η διαστασιολόγηση του υπόγειου εναλλάκτη είναι επίσης ένα πολύ σοβαρό θέμα διότι εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, σοβαρότερος των οποίων είναι ο υπάρχων εκμεταλλεύσιμος χώρος του οικοπέδου όπως επίσης και το κόστος της εγκατάστασης. Το σύστημα το οποίο θα εγκαταστήσουμε καλείται ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος. Το σύστημα αυτό διαχωρίζεται σε κάθετα και οριζόντια συστήματα όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 4.5.2. Στην προκειμένη περίπτωση θα επιλέξουμε το ΓΑΘ οριζοντίου κλειστού κυκλώματος διότι το οικόπεδο στο οποίο θα γίνει η εγκατάσταση είναι αρκετά μεγάλο με αποτέλεσμα να υπερκαλύπτει όλες τις προβλεπόμενες ανάγκες της εγκατάστασης. Εφόσον μέσα στο λογισμικό επιλέξουμε τον τύπο του κλειστού

συστήματος (Οριζόντιο), το αμέσως επόμενο βήμα είναι να επιλέξουμε την γεωμετρία, τον αριθμό των κλάδων του εναλλάκτη και το βάθος στο οποίο θα τοποθετηθεί μέσα στο έδαφος. Βάσει των παραπάνω παραμέτρων το λογισμικό εκτυπώνει τον παρακάτω πίνακα αποτελεσμάτων (Πίνακας 5.26).

Πίνακας 5.26: Τεχνικά χαρακτηριστικά εναλλάκτη

Χαρακτηριστικά Εναλλάκτη	
Γεωμετρία :	Σπειροειδής
Τύπος συστήματος :	Οριζόντιο
Βήμα (P) :	25cm
Διάμετρος (D) :	91cm

Η γεωμετρία του εναλλάκτη όπως επίσης η διάμετρος και το βήμα του φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1: Γεωμετρία υπόγειου εναλλάκτη (Ground loop design, Λογισμικό υπολογισμού υπόγειου εναλλάκτη).

Ο εναλλάκτης θα τοποθετηθεί σε βάθος 1.2m με αριθμό κλάδων 6 στο σύνολο (Πίνακας 5.27). Οι κλάδοι είναι πολύ σημαντικοί, διότι όπως θα αποδειχθεί και στα παρακάτω τελικά αποτελέσματα του λογισμικού, το μήκος

του σωλήνα είναι πάρα πολύ μεγάλο, της τάξης των χιλιομέτρων. Με την εισαγωγή των κλάδων διαχωρίζεται το συνολικό μήκος του σωλήνα με αποτέλεσμα να μειώνεται ο απαραίτητος χώρος εκσκαφής στο οικόπεδο κάτι το οποίο θα καθιστούσε την εγκατάσταση, εάν δεν εισάγαμε κλάδους, πολύ δαπανηρή. Ο αριθμός των κλάδων καθορίζεται από τον μηχανικό και επιλέγεται βάση της κρίσης του.

Πίνακας 5.27: Διαμόρφωση υπόγειου εναλλάκτη

Διαμόρφωση του Εναλλάκτη μέσα στο Έδαφος	
Αριθμός Κλάδων :	6
Βάθος :	1.2m

5.3.2.4 Χρόνος Ζωής Συστήματος

Η παρούσα μελέτη υπολογίσθηκε και συντάθηκε, για χρόνο ζωής του συστήματος, 20 ετών. Μετά την πάροδο των 20 ετών θα πρέπει να γίνει αντικατάσταση του υγρού, το οποίο κυκλοφορεί στις υπεδάφειες σωληνώσεις του συστήματος, με νέο.

5.3.3 Εξαγωγή Τελικών Αποτελεσμάτων

Το λογισμικό έχοντας λάβει στο εσωτερικό του όλες τις παραπάνω απαραίτητες παραμέτρους και έχοντας προηγουμένως επιλέξει μαζί με την βοήθειά μας την κατάλληλη αντλία θερμότητας του συγκεκριμένου κατασκευαστή (WaterFurnace), εξάγει τα παρακάτω τελικά αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.28).

Πίνακας 5.28: Τελικά αποτελέσματα

Πίνακας Τελικών Αποτελεσμάτων		
	Ψύξη	Θέρμανση
Συνολικό Μήκος Κλάδων (m) :	-	122.2
Αριθμός Κλάδων :	-	6
Μήκος Ενός Κλάδου (m) :	-	20.4
Συνολικό Μήκος Σωλήνα (m) :	-	1632.1
Μήκος Σωλήνα Ενός Κλάδου (m):	-	272
Συνολική επιφάνεια κάλυψης γεωεναλλάκτη (m ²)	-	612
Προσαγωγή νερού στην αντλία από το υπεδάφιο κύκλωμα (°C) :	-	16.0
Επιστροφή του νερού στο υπεδάφιο κύκλωμα (°C) :	-	11.0
Θερμική Ισχύς (KW) :	-	16
Μέγιστη Ηλεκτρική Ισχύς (KW) :	-	4.25
COP :	-	3.8

5.3.4 Υπολογισμός Κυκλοφορητή

Για να κυκλοφορήσει το νερό, το οποίο βρίσκεται μέσα στις υπεδάφειες σωληνώσεις, χρειάζεται την βοήθεια ενός κυκλοφορητή. Η σωστή επιλογή του κυκλοφορητή θα γίνει βάσει των χαρακτηριστικών της ροής (παροχή και πτώση

πίεσης) μέσα στο υπεδάφιο κύκλωμα. Τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά της αντλίας νερού (κυκλοφορητής) δίνονται από τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.29).

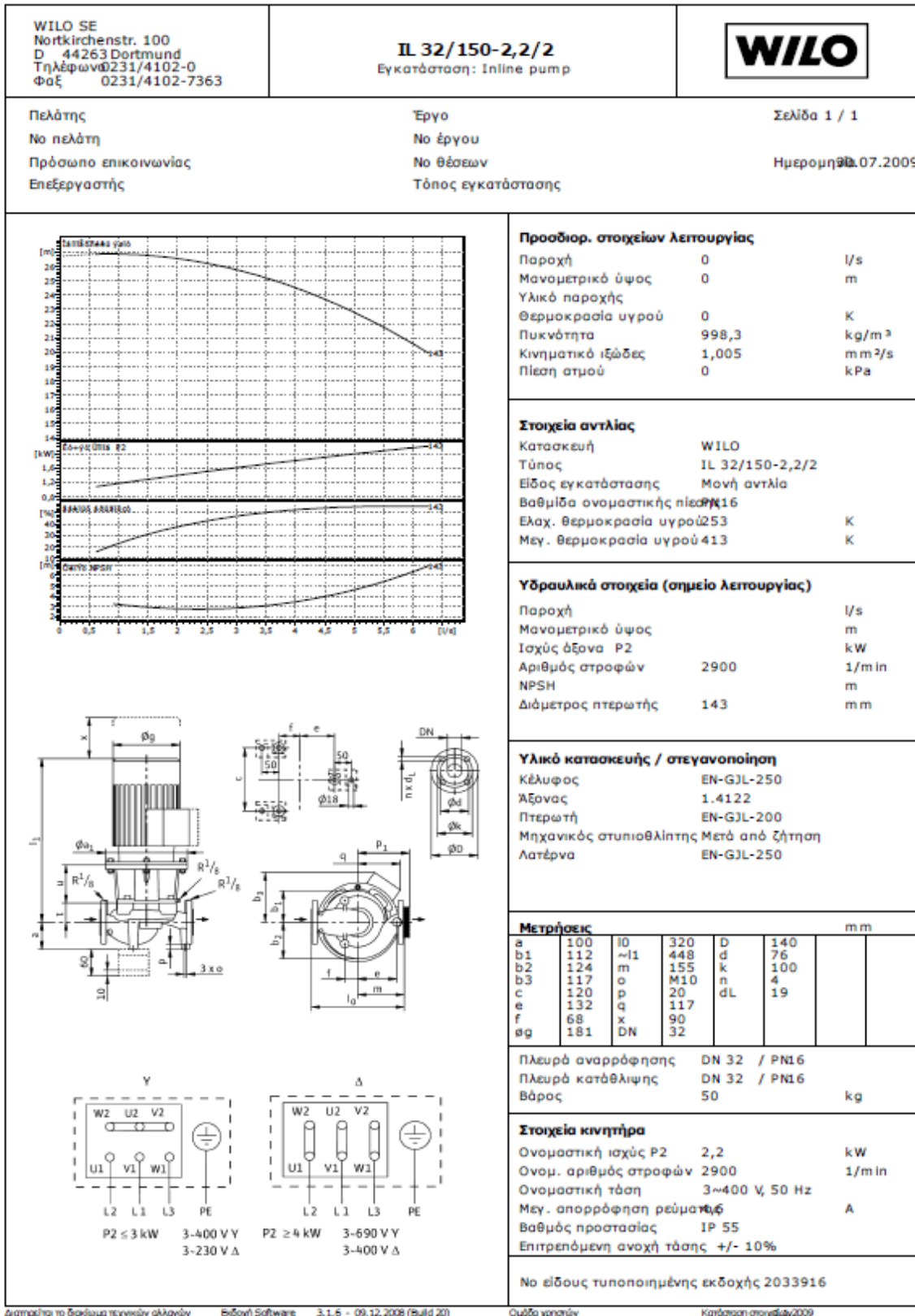
Πίνακας 5.29: Τεχνικά χαρακτηριστικά κυκλοφορητή

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αντλίας Νερού	
Ηλεκτρική Ισχύς (KW) :	2.1
Μανομετρικό (Μ.Υ.Σ.) :	15.2
Παροχή (L/min) :	378.5
Βαθμός Απόδοσης (%) :	80.0

Βάσει των παραπάνω χαρακτηριστικών επιλέγεται κυκλοφορητής **WILO CRONOLINE-IL 32/150-2.2/2** (Σχήμα 5.2). Τα χαρακτηριστικά του κυκλοφορητή δίνονται από το παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5.3).



Σχήμα 5.2: Κυκλοφορητής Wilo Cronoline- IL 32/150-2.2/2 (www.wilo.gr)



Διαγράφη για δοκιμαστικούς αλλαγών

Βίδογ(η) Software 3.1.6 - 09.12.2008 (Build 20)

Ομάδα χρηστών

Κατάσταση στοιχείων 2009

Σχήμα 5.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά κυκλοφορητή (www.wilo.gr)

5.3.5 Υπολογισμός δοχείου διαστολής

Το δοχείο διαστολής το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στο υπεδάφιο κύκλωμα υπολογίζεται από τον παρακάτω Πίνακα 5.30.

Πίνακας 5.30: Υπολογισμός δοχείου διαστολής

Θερμοκρασία Προσαγωγής Νερού (°C)	16
Θερμοκρασία Επιστροφής Νερού (°C)	11
Μέση Θερμοκρασία Νερού (°C)	13.5
Στατική Πίεση PA (bar)	0
Τελική Πίεση PE = PA + 0.7 (bar)	0.7
Συντελεστής Διαστολής Af	0.00089
Περιεχόμενο Νερό στο Κύκλωμα Vs (l)	800
Η Διαστολή του Νερού είναι: VA = Vs × Af (l)	0.712
Ελάχιστος Όγκος Δοχ. Διαστολής VN = (PE+1)×VA/(PE-PA) (l)	1.73
Επιλέγεται Κλειστό Δοχείο Διαστολής	Reflex N 12
Χωρητικότητα Δοχείου Διαστολής (l)	12lt/3bar

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ FAN COILS

6.1 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

6.1.1 Μαύροι σιδηροσωλήνες (Φ-1/2" μέχρι Φ-2")

Τα χαρακτηριστικά των μαύρων σιδηροσωλήνων θα είναι σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς DIN-2440 (St.33 κατά DIN-1626), κατάλληλοι για πίεση λειτουργίας 10atm και θερμοκρασία νερού μέχρι 120oC (ISO MEDIUM, βαρείς, πράσινη ετικέτα).

Οι σωληνώσεις θα είναι με ραφή και οι συνδέσεις τους ή οι διακλαδώσεις θα γίνονται με ειδικά κοχλιωτά εξαρτήματα (σύνδεσμοι, ταυ, σταυροί κτλ), από μαλακό χυτοσίδηρο (temperguss) με ενισχυμένα χείλη στις εσωτερικές κοχλιώσεις (κορδονάτα), σύμφωνα με DIN-2950.

Τα χρησιμοποιούμενα υλικά στεγανότητας στις συνδέσεις με κοχλίωση πρέπει να έχουν την απαιτούμενη αντοχή στην θερμοκρασία και λοιπές ιδιότητες του διερχόμενου ρευστού.

6.1.2 Γαλβανισμένοι σιδηροσωλήνες

Θα είναι σύμφωνα με το DIN-2440 από χάλυβα St.33 κατά DIN-1626, κατάλληλοι για λειτουργία σε πίεση 10atm και θερμοκρασία νερού μέχρι 120oC, iso medium, βαρείς, πράσινη ετικέτα.

Οι σωληνώσεις θα είναι με ραφή, οι συνδέσεις δε αυτών θα γίνονται με βίδωμα ειδικών εξαρτημάτων (συνδέσμων, ταυ, σταυρούς κτλ), από μαλακό χυτοσίδηρο (temperguss), επίσης γαλβανισμένα με ενισχυμένα χείλη στις εσωτερικές κοχλιώσεις (κορδονάτα), σύμφωνα με DIN-2950. Χρησιμοποιούνται μέχρι διαμέτρου σωλήνα Φ-2".

Τα χρησιμοποιούμενα υλικά στεγανότητας στις συνδέσεις με κοχλίωση πρέπει να έχουν την απαιτούμενη αντοχή στην θερμοκρασία και λοιπές ιδιότητες του διερχόμενου ρευστού.

6.1.3 Γαλβανισμένοι χαλυβδοσωλήνες

Χρησιμοποιούνται για μεγέθη DN-65 και μεγαλύτερα, κατά DIN-2440. Τα εξαρτήματα σύνδεσης θα είναι με κοχλιώσεις, ήτοι λυόμενοι σύνδεσμοι του τύπου "φλαντζών", χαλύβδινοι, σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς DIN-2632, με παρέμβυσμα στεγανότητας ανάλογα με το από την σωλήνωση διερχόμενο υγρό και συνδεόμενα με τους σωλήνες με συγκόλληση.

Η ραφή συγκόλλησης των φλαντζών θα υποστεί ψυχρό γαλβάνισμα για αποφυγή οξειδωσης.

6.1.4 Χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή (manasmann)

Τόσο οι χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή, όσο και τα χαλύβδινα εξαρτήματά των (συστολές, καμπύλες, ταυ κτλ), θα είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς DIN-2449 (St.00 κατά DIN-1626) για πίεση λειτουργίας 25atm και θερμοκρασία μέχρι 120oC.

Οι αλλαγές διευθύνσεων, οι διακλαδώσεις και οι συστολές θα γίνονται πάντοτε με ειδικά χαλύβδινα συγκολλητά εξαρτήματα κατά DIN-2615, DIN-2605, από χάλυβα St.00 κατά DIN-1629.

Οι συνδέσεις των σωλήνων μεταξύ τους και με τα εξαρτήματα θα γίνονται πάντα με ηλεκτροσυγκόλληση. Η αλλαγή διεύθυνσης θα γίνεται με ειδικά χαλύβδινα εξαρτήματα (γωνίες, καμπύλες) ή με καμπύλωση του σωλήνα "εν θερμώ", χωρίς ρυτίδωση των τοιχωμάτων ή αλλοίωση της διατομής.

Οι διακλαδώσεις θα γίνονται με ειδικά εξαρτήματα ή με συγκόλληση του σε διακλάδωση σωλήνα (άνοιγμα οπής με εργαλείο στον κύριο σωλήνα,

διαμόρφωση με εκτονωτικό εργαλείο "χειλέων" στην κυκλική οπή με διάμετρο ίση με την διάμετρο του σε διακλάδωση σωλήνα.

Τα χρησιμοποιούμενα παρεμβύσματα στεγανότητας στις φλάντζες πρέπει να έχουν την απαιτούμενη αντοχή στην θερμοκρασία και λοιπές ιδιότητες του διερχόμενου ρευστού.

6.1.5 Χαλκοσωλήνες

Οι χαλκοσωλήνες, μέχρι και διαμέτρου Φ-54mm, θα είναι σύμφωνα με το DIN-1786/1969 και για μεγαλύτερες διαμέτρους με το DIN-1754/1969, δηλαδή ημίσκληροι ελαφράς κατηγορίας. Θα είναι κατασκευασμένες από χαλκό φωσφορούχο deoxidised, αρσενικούχο ή μη αρσενικούχο, που θα είναι καθαρός, λείος και χωρίς ελαττώματα. Οι σωλήνες θα είναι solid draw, και σε καμία περίπτωση δεν θα είναι επανατραβηγμένοι (redraw).

Θα προμηθευτούν σε κατάσταση as draw (όπως παρήχθησαν) και θα είναι σε ευθεία μήκη, με τα άκρα τους καθαρά και ορθογωνισμένα ως προς τον άξονα του σωλήνα.

Το πάχος των σωληνώσεων σε κάθε σημείο δεν θα μεταβάλλεται από το προδιαγραφόμενο περισσότερο από +/-10% για ονομαστικές διαμέτρους μέχρι Φ-108mm και από +/-12.5% για μεγαλύτερες.

Οι σωλήνες θα έχουν υποστεί δοκιμές, μηχανικές όχι παραμορφωτικές, σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς.

Τα εξαρτήματα θα είναι είτε τριχοειδούς συγκόλλησης, είτε με συμπίεση βιδωτά ή φλαντζωτά, σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς. Οι καμπύλες θα κατασκευαστούν από υλικό των ιδίων προδιαγραφών με το παρακείμενο σωλήνα και θα συγκολληθούν είτε με ασημοκόλληση, είτε με χαλκοκόλληση.

Οι φλάντζες θα είναι από κρατέρωμα χυτευτό και κατάλληλες για χαλκοκόλληση επί του σωλήνα. Φλάντζες μέχρι Φ-78mm μπορούν να συνδεθούν με το σωλήνα με τριχοειδή κόλληση ή με συμπίεση.

Οι ενώσεις χαλκοσωλήνων με χαλύβδινους σωλήνες ή στοιχεία (πχ. boiler κτλ.), θα γίνονται με κατάλληλους συνδέσμους, που θα είναι της έγκρισης της επίβλεψης, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα ηλεκτρόλυσης και οι ενώσεις αυτές θα είναι οπωσδήποτε επισκέψιμες.

Στους σωλήνες θα πρέπει να αναγράφεται η διάμετρος, το πάχος τοιχώματος, τις προδιαγραφές που πληρούν (πχ. DIN κτλ.).

6.1.6 Συλλέκτες

Όπου τοποθετούνται γαλβανισμένοι συλλέκτες, μετά την κατασκευή τους θα υφίστανται γαλβάνισμα εν θερμό. Κατά το γαλβάνισμα θα ληφθεί ειδικά μέριμνα για την προστασία των κοχλιοτομημένων άκρων των αναχωρήσεων των συλλεκτών.

Οι συλλέκτες του ζεστού και του κρύου νερού θα κατασκευασθούν από χαλυβδοσωλήνα χωρίς ραφή, με ημισφαιρικούς πυθμένες και θα έχουν μήκος αυτό που χρειάζεται για να χωρούν οι αναχωρήσεις (έξοδοι) κατά DIN-2617. Θα φέρουν τις αντίστοιχες προς τις συνδεόμενες σωληνώσεις υποδοχές με φλάντζες που θα προσαρμόζονται στον κύριο συλλέκτη με συγκόλληση τεμαχίων σωλήνων διαμέτρου ίσης με τη διάμετρο της αντίστοιχης γραμμής, αφού πρώτα γίνει διάνοιξη της κατάλληλης οπής.

Κάθε συλλέκτης θα φέρει υποδοχή για την τοποθέτηση θερμομέτρου εμφάντισης και μανόμετρου με κρουνό και θα συνοδεύεται από τις πρόσθετες φλάντζες, κοχλίες και παρεμβύσματα που χρειάζονται.

Οι συλλέκτες θα μονωθούν εξωτερικά, σύμφωνα με αυτά που καθορίζονται στο εδάφιο για τις "Μονώσεις σωληνώσεων".

Η διάμετρος των χαλυβδοσωλήνων χωρίς ραφή από τους οποίους θα κατασκευασθούν οι συλλέκτες καθορίζεται στα σχέδια της μελέτης.

6.1.7 Σπειρώματα

Τα σπειρώματα των σωλήνων θα είναι σύμφωνα προς τους κανονισμούς DIN-2999 με κώνο 1:16. Τα σπειρώματα θα διανοίγονται με καινούργια "μαχαίρια", αφού προηγουμένως έχει "βουρτσισθεί" καλά ο σωλήνας στη θέση διάνοιξης του σπειρώματος. Μετά τη διάνοιξη του σπειρώματος θα απομακρύνονται προσεκτικά τα ρινίσματα.

6.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Τα όργανα διακοπής, ρύθμισης, αντεπιστροφής κλπ, θα είναι κατάλληλα για τις πιέσεις και θερμοκρασίες των δικτύων που εξυπηρετούν. Μέχρι διαμέτρου Φ-2" θα είναι από χυτό φωσφορούχο μπρούτζο (rot guss) ή σφυρήλατο ορείχαλκο (forged brass) με σπείρωμα κλάσης πίεσης ND-10, κατά DIN-2401 και από διάμετρο Φ-2 1/2" και άνω θα είναι από φαιό χυτοσίδηρο (gray guss) με φλάντζες κλάσης πίεσης ND-10 κατά DIN-2401. Τα αποφρακτικά όργανα θα είναι σφαιρικές δικλείδες (ball valves) μέχρι Φ-2" και συρταρωτές δικλείδες (gate valves) από Φ-2 1/2" (DN-65mm) και άνω.

Μέχρι διαμέτρου Φ-4" θα τοποθετηθούν συνήθεις σφαιροειδής δικλείδες, ενώ για μεγαλύτερες διαμέτρους χυτοχαλύβδινες σφηνοειδείς δικλείδες. Αναλυτική προδιαγραφή κάθε οργάνου παρατίθεται στην συνέχεια.

6.2.1 Βάνες

6.2.1.1 Σφαιρικοί διακόπτες (ball valves)

Οι διακόπτες θα είναι σφαιρικοί και θα αποτελούνται από τα παρακάτω τμήματα:

α. σώμα διακόπτη από φωσφορούχο ορείχαλκο (με αντοχή σε εφελκυσμό μεγαλύτερη από 2000kgf/cm²).

β. βαλβίδα σφαιρική, ορειχάλκινη, με παρέμβυσμα στεγανότητας από "φίμπερ" ή ισοδύναμο υλικό.

γ. στέλεχος βαλβίδας, ορειχάλκινο, με ενισχυμένη βάση με TFE.

Οι διακόπτες θα συνδέονται στους σωλήνες με κοχλιώσεις (βιδωτά άκρα). Θα είναι κατάλληλοι για πίεση λειτουργίας 10atm και θερμοκρασία νερού μέχρι 120oC, για διαμέτρους από Φ-3/8" μέχρι Φ-3/4". Οι εμφανείς διακόπτες θα έχουν επιχρωμιωμένο σώμα και λαβή. Ενδεικτικοί τύποι: Kitazawa (Ιαπωνία), Crane, Jenkins bros (ΗΠΑ).

6.2.1.2 Βάνες χυτοσιδηρές σφηνοειδείς

Τοποθετούνται σε σωλήνες από DN-65 μέχρι και DN-125. Θα είναι με φλάντζες και κατασκευασμένες με σώμα από χυτοσίδηρο, με συμπαγή σφήνα από ανοξείδωτο χάλυβα και καλύπτρα από χυτοσίδηρο.

Οι δίοδοι άκρων του σώματος και οι συμπαγείς σωλήνες των εδρών θα είναι κυκλικές και η διάμετρός τους δεν θα είναι μικρότερη από το ονομαστικό μέγεθος της δικλείδας.

Τα φλαντζωτά άκρα των δικλείδων θα είναι τυποποιημένα για μέγιστη πίεση 10bar στη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας που θα χρησιμοποιηθούν.

Οι έδρες του σώματος θα είναι ένθετες υπό μορφή δακτυλίων καλά προσαρμοσμένων, για να αποκλείεται η χαλάρωση πίσω από το δακτύλιο.

Οι συμπαγείς σφήνες θα έχουν οδηγούς για να εξασφαλίζουν ευθυγράμμιση και αντοχή στην εφαρμοζόμενη από το υγρό πίεση.

Οι οδηγοί θα είναι λείοι, ευθυγραμμισμένοι και θα εξασφαλίζουν τις προσόψεις της σφήνας να μην έρχονται σε επαφή με τις έδρες του σώματος μέχρι λίγο πριν το σημείο τερματισμού. Όταν η δικλείδα είναι κλειστή, η σφήνα θα βρίσκεται ψηλά στις έδρες του σώματος για να αποτραπεί φθορά. Θα προμηθευτούν σφήνες με κατάλληλο τρόπο στερέωσης στο στέλεχος και θα προσαρμόζονται στον τύπο του χρησιμοποιούμενου στελέχους.

Οι χειροσφόνδυλοι θα είναι ακτινωτού τύπου και θα είναι έτσι προσαρμοσμένοι, ώστε, ενώ κρατούνται με ασφάλεια στην θέση τους κατά την ομαλή λειτουργία, θα μπορούν να αντικατασταθούν όταν είναι ανάγκη.

Όπου είναι πρακτικά δυνατόν, οι στεφάνες των χειροσφονδύλων θα είναι σημειωμένες με ένα βέλος στη διεύθυνση κλεισίματος με την ένδειξη "κλειστό". Η διεύθυνση κλεισίματος θα είναι "δεξιόστροφη", όπως κοιτάμε το χειροσφόνδυλο από πάνω.

6.2.1.3 Βάνες χυτοσιδηρές τύπου "πεταλούδας"

Τοποθετούνται σε σωλήνες από DN-150 και άνω. Το σώμα και η κεφαλή θα είναι κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο. Το διάφραγμα θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα, θα κινείται σταθερά στο κέντρο της υποδοχής του και κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εφάπτεται στις παρειές της υποδοχής μόνον όταν κλείσει η δικλείδα.

Οι παρειές της υποδοχής θα είναι επενδεδυμένες με φωσφορούχο ορείχαλκο. Η όλη κατασκευή θα είναι κατάλληλη για πίεση λειτουργίας 10atm και θερμοκρασία νερού 120oC. Κατά τα λοιπά ισχύουν όσα αναφέρονται στην προδιαγραφή "Βάνες χυτοσιδηρές σφηνοειδείς".

6.2.1.4 Βάνες χυτοχάλυβδινες

Το σώμα και η κεφαλή θα είναι κατασκευασμένα από χυτοχάλυβα. Το συρταρωτό σφηνοειδές διάφραγμα θα είναι επίσης από χυτοχάλυβα και θα κινείται σταθερά στο κέντρο της υποδοχής του, ώστε να εφάπτεται στις επενδεδυμένες με ορείχαλκο παρειές του μόνο όταν η δικλείδα κλείσει. Πίεση λειτουργίας και διακοπής 10atm για θερμοκρασία νερού μέχρι 120oC.

6.2.1.5 Ρυθμιστικές δικλείδες (globe valves)

Θα είναι τύπου "ατμοφράκτη" με αφαιρετή χειρολαβή, ώστε μετά την ρύθμιση να παραμένει σταθερή η ροή.

Μέχρι διαμέτρου Φ-2" θα είναι ορειχάλκινες με σπείρωμα, σφαιρικές, με ανυψούμενο βάκτρο με ορειχάλκινη έδρα. Από DN-65 και άνω θα είναι φλαντζωτές, χυτοσιδηρές, σφαιρικού τύπου, με αντικαθιστώμενη έδρα και συνδετικούς δίσκους.

Οι έδρες του σώματος θα είναι είτε αυτοτελείς με το σώμα, είτε ένθετες με τη μορφή αντικαθιστωμένων δακτυλίων, στέρα προσαρμοσμένων για την παρεμπόδιση χαλάρωσης ή διαρροής από το δακτύλιο. Η μορφή της επιφάνειας έδρασης θα ανταποκρίνεται στον τύπο των χρησιμοποιούμενων δίσκων.

Ο δίσκος θα είναι ενιαίος, τύπου πώματος ή αντικαθιστώμενος, προσαρμοσμένος σε ένα συγκρατήρα δίσκων. Οι δίσκοι θα είναι εφοδιασμένοι με επαρκή μέσα για την στερέωση στο στέλεχος (ή βάκτρο). Ο δίσκος του πώματος θα είναι ίδιας μορφής, ώστε η σχέση ποσοστού ανοίγματος με το ποσοστό ροής να είναι περίπου γραμμική.

Το μπρούντζινο εξάρτημα για χυτοσιδηρές δικλείδες θα περιλαμβάνει την κατασκευή από μπρούντζο του στελέχους (ή βάκτρου), δίσκων από ένα τεμάχιο, αντικαθιστωμένου τύπου δίσκων και δακτυλίων της έδρας του σώματος.

Οι ρυθμιστικές δικλείδες θα είναι σημειωμένες με δείκτη, που θα δείχνει το ποσοστό ανοίγματος της δικλείδας. Διπλές ρυθμιστικές δικλείδες θα έχουν επιπλέον προσαρμοσμένο ένα μηχανισμό ασφάλισης, για να παρεμποδισθεί το άνοιγμα της δικλείδας πέρα από αυτό, που έχει ρυθμιστεί. Οι δικλείδες θα μπορούν να κλείσουν με το μηχανισμό ασφάλισης κατά την λειτουργία για σκοπούς απομόνωσης. Πίεση λειτουργία και διακοπής 10atm.

6.2.2 Κρουνοί εκκένωσης

Θα είναι ορειχάλκινοι με αφαιρετή χειρολαβή. Προς την πλευρά της εκκένωσης θα φέρουν σπείρωμα και πώμα, έτσι ώστε μετά την αφαίρεση του πώματος να μπορεί να κοχλιωθεί εύκαμπτος σωλήνας για σύνδεση με την αποχέτευση, πλύσιμο δαπέδων κτλ.

6.2.3 Αυτόματο εξαεριστικό τύπου "πλωτήρα"

Θα είναι διαμέτρου Φ -3/8", εφοδιασμένα με βαλβίδα αντεπιστροφής τύπου "ελατηρίου", ώστε και μετά την αφαίρεση του εξαεριστικού από το δίκτυο, η βαλβίδα να στεγανοποιεί την υποδοχή του πλωτήρα.

Το εξαεριστικό θα έχει κατάλληλο στόμιο, που επιτρέπει την έξοδο του αέρα χωρίς την δημιουργία αντίθλιψης, ενώ ο μεταλλικός πλωτήρας θα φράσει στεγανά το στόμιο, ευθύς ως η στάθμη του νερού ανέβει στο χώρο του πλωτήρα, μετά την απομάκρυνση του αέρα.

Το σώμα του εξαεριστικού θα είναι ορειχάλκινο, ενώ ο μεταλλικός πλωτήρας θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα και κατάλληλα σχεδιασμένος, ώστε να αποκλείει την διαρροή νερού από το σύστημα. Το εξαεριστικό θα είναι κατάλληλο για πίεση λειτουργίας τουλάχιστον 8atm. Τα αυτόματα εξαεριστικά θα τοποθετούνται πάντα σε συνδυασμό με χειροκίνητο εξαεριστικό (δικλείδα), διαμέτρου Φ -1/2", με κάλυμμα ασφάλειας.

6.2.3.1 Εξαεριστικά μηχανοστασίου

Μέσα στο μηχανοστάσιο λόγω, των μεγάλων διατομών των σωληνώσεων, τα ψηλότερα σημεία των διαφόρων σωληνώσεων θα συνδεθούν με σωλήνα Φ -1/2" με κατάλληλη λεκάνη συγκέντρωσης που θα συνδέεται με την αποχέτευση. Ακριβώς πάνω από την λεκάνη και σε ύψος όχι μεγαλύτερο από 1,5m θα υπάρχουν βάνες με τις οποίες θα μπορεί να γίνει ο εξαερισμός των γραμμών. Ο σωλήνας εξαερισμού Φ -1/2" θα συνδέεται με τις κεντρικές σωληνώσεις μέσω τεμαχίου σιδηροσωλήνα Φ -1 1/2" μήκους 20cm για τη συγκέντρωση του αέρα μέσα στο τεμάχιο αυτό (μπουκάλα).

6.2.4 Βαλβίδα αντεπιστροφής

Θα είναι μέχρι διαμέτρου Φ -2" ταλαντευόμενου σύρτη (swing), αξονικής μετατόπισης με ελατήριο, κατασκευασμένες εξολοκλήρου από φωσφορούχο ορείχαλκο και συνδεόμενες στο δίκτυο με σπείρωμα. Για δίκτυα

διαμέτρου άνω των Φ-2" οι βαλβίδες θα είναι χυτοσιδηρές, φλαντζωτές, ανυψούμενου τύπου, κατασκευασμένες από χυτοσίδηρο με ορειχάλκινη έδρα. Οι βαλβίδες θα είναι κατάλληλες για οριζόντια ή κάθετη τοποθέτηση και η λειτουργία τους δεν πρέπει να παρουσιάζει πλήγμα ή θόρυβο.

Η επιφάνεια των ακραίων διόδων του σώματος δεν θα είναι μικρότερη από την επιφάνεια ενός κύκλου, αντίστοιχης διαμέτρου με το ονομαστικό μέγεθος της δικλείδας. Αυτή η επιφάνεια θα αφορά την επιφάνεια για το μέσο ροής μεταξύ των άκρων του σώματος για δικλείδες ταλαντευόμενου τύπου με μικρές διαστάσεις από πρόσοψη σε πρόσοψη. Αυτή η επιφάνεια μπορεί να μειωθεί σε 85% της επιφάνειας των ακραίων μερών του σώματος.

Οι δικλείδες με σπείρωμα θα έχουν άκρα με εσωτερικό σπείρωμα, μορφής εξαγώνου ή οκταγώνου, ή θα έχουν άκρα κυκλικά, με (4) ή πλέον πλευρικές προεξοχές. Τα σπειρώματα θα είναι παράλληλα ή κωνικά.

Τα φλαντζωτά άκρα των δικλείδων θα είναι τυποποιημένα για μέγιστη πίεση 10bar στην μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Οι φλάντζες θα είναι σε ορθή γωνία και ομόκεντρες με τον άξονα της εσωτερικής διαμέτρου. Οι προσόψεις της φλάντζας θα έχουν διατηρηθεί με οπές κοχλιών γύρω από το κέντρο.

Οι έδρες του σώματος θα είναι αυτοτελείς μαζί με το σώμα, ή θα είναι ένθετες υπό μορφή αντικαθιστωμένων δακτυλίων, προσαρμοσμένων με ασφάλεια για να παρεμποδισθεί η χαλάρωση ή η διαρροή από το δακτύλιο.

Η μορφή της επιφάνειας έδρασης θα ανταποκρίνεται στον τύπο του χρησιμοποιούμενου μηχανισμού ελέγχου. Για δικλείδες ταλαντευόμενου τύπου (swing), η θέση, ή η γωνία της έδρας του σώματος, θα είναι καθορισμένη για να επιτυγχάνεται το κλείσιμο και να παρεμποδίζεται ο θόρυβος. Η ανύψωση ή η ταλάντωση (swing) του μηχανισμού αντεπιστροφής από την έδρα θα είναι επαρκής για να δώσει μια επιφάνεια μέσου ροής όχι

μικρότερη από την προδιαγραφόμενη. Οι δίσκοι ταλαντευόμενου τύπου θα είναι είτε αυτοτελείς, είτε χωριστής κατασκευής από την άρθρωση.

Οι δίσκοι ανυψούμενου τύπου θα οδηγούνται από κάτω ή και επάνω από την έδρα του σώματος. Ο άνω οδηγός, όπου χρησιμοποιείται, μπορεί να σχηματιστεί σαν δοχείο απόσβεσης (dashpot). Τα έμβολα ανυψούμενου τύπου θα έχουν μια πρόσοψη εδράνου στο κάτω άκρο.

6.2.5 Φίλτρα νερού

Για διαμέτρους μεγαλύτερες από Φ-11/2" το φίλτρο θα είναι χυτοσίδηρο, φλαντζωτό και θα φέρει στο κάτω μέρος διάταξη αφαίρεσης του εσωτερικού ηθμού, χωρίς να χρειαστεί να αφαιρεθεί το φίλτρο από το δίκτυο, ενώ θα είναι εφοδιασμένο με κρουνό εκκένωσης Φ-3/4" για την περιοδική εκκένωση των ιζημάτων και ακαθαρσιών, χωρίς να αφαιρεθεί ο ηθμός. Ο ηθμός θα είναι ορειχάλκινος 20mesh, ήτοι θα φέρει οπές Φ-0.84mm και ελεύθερη επιφάνεια (ανοίγματα) 44,5%.

Για διαμέτρους μέχρι Φ-11/2" θα χρησιμοποιηθεί φίλτρο από φωσφορούχο ορείχαλκο (με αντοχή σε εφελκυσμό μεγαλύτερο από 2000kgf/cm²), τύπου "Y", συνδεδεμένο στο δίκτυο με σπείρωμα, εφοδιασμένο με διάταξη αφαίρεσης του ηθμού, χωρίς να αφαιρεθεί από το δίκτυο και με ορειχάλκινο ηθμό, όπως παραπάνω αναφέρεται. Η όλη κατασκευή θα είναι κατάλληλη για πίεση λειτουργίας 10atm και θερμοκρασία νερού μέχρι 120οC.

6.2.6 Τρίοδοι χειροκίνητοι δικλείδες

Το σώμα και η κεφαλή θα είναι κατασκευασμένα από φωσφορούχο ορείχαλκο (με αντοχή σε εφελκυσμό μεγαλύτερο από 2000kgf/cm²) για διαμέτρους μέχρι Φ-2" και από χυτοσίδηρο ή χυτοχάλυβα για μεγαλύτερες διαμέτρους.

Ο δίσκος της βαλβίδας και η έδρα της θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα υψηλής αντοχής στην οξείδωση. Η όλη κατασκευή και τα

παρεμβύσματα θα είναι κατάλληλα για πίεση λειτουργίας 10atm και θερμοκρασία νερού 120oC.

6.3 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

6.3.1 Ρακόρ

Τοποθετούνται μέχρι διαμέτρου Φ-2" και θα είναι τύπου με κωνική έδραση, μαύρα ή γαλβανισμένα, ανάλογα με το δίκτυο σωληνώσεων στο οποίο τοποθετούνται, κατά DIN-2950, κατάλληλα για πίεση λειτουργίας 10atm και θερμοκρασία νερού μέχρι 120oC, από μαλακό, malleable, χυτοσίδηρο.

6.3.2 Φλάντζες

Οι φλάντζες για χαλυβδοσωλήνες μέχρι και DN-50mm, ή και για γαλβανισμένους σιδηροσωλήνες, θα είναι από σφυρήλατο χάλυβα, μηχανοεπεξεργασμένο στην επιφάνειά του και κατάλληλες για βιδωτούς σωλήνες (DIN-2556).

Οι φλάντζες για σωλήνες DN-65 και πάνω, θα είναι από σφυρήλατο χάλυβα, μηχανοεπεξεργασμένο στην επιφάνειά του και κατάλληλες για συγκόλληση στους σωλήνες (DIN-2576).

Οι φλάντζες, θα είναι σύμφωνες με το DIN-17100 St.37, ή άλλους ισοδύναμους διεθνείς κανονισμούς. Φλάντζες προοριζόμενες για σύνδεση με τεμάχια του εξοπλισμού θα είναι της ίδιας κατηγορίας, σε ότι αφορά τους κανονισμούς, με την φλάντζα που έχει επάνω του ο εξοπλισμός.

Όλες οι φλαντζωτές συνδέσεις θα είναι εφοδιασμένες με κατάλληλα παρεμβύσματα πάχους 1,5mm με βάση τον αμίαντο. Η σύσφιγξη θα επιτυγχάνεται με χαλύβδινα μπουλόνια και περικόχλια με εξαγωνική κεφαλή. Πίεση λειτουργίας των φλαντζών 10atm και θερμοκρασία νερού 120oC.

6.3.3 Εύκαμπτοι αντιδονητικοί σωλήνες

Θα είναι ελαστικοί, συμπαγείς, κατάλληλοι για τις θερμοκρασίες του ζεστού και του κρύου νερού, και θα αντέχουν σε πίεση λειτουργίας 8atm. Οι φλάντζες των ελαστικών σωλήνων είναι ενσωματωμένες στην ελαστική μάζα του σωλήνα. Ενδεικτικός τύπος: GRV-PN-10 της Wilo.

6.3.4 Διαστολικοί σύνδεσμοι

Στις σωληνώσεις μεγάλου μήκους όπου υπάρχει περίπτωση κατά την έναρξη και στάση λειτουργίας να εμφανιστούν σημαντικές αυξομειώσεις του μήκους των σωληνώσεων λόγω συστολοδιαστολών, πρέπει να προβλεφθούν διατάξεις παραλαβής των συστολοδιαστολών, ώστε να αποκλείεται η εμφάνιση επικίνδυνων τάσεων στους σωλήνες.

Τέτοιες διατάξεις είναι:

- η διαμόρφωση του άξονα των σωληνώσεων σε "Ω"-μέγα".
- η μετατόπιση του άξονα του σωλήνα με κάμψη (στις μικρές διαμέτρους σωλήνων).
- με χαλύβδινα διαστολικά.

Και στις τρεις περιπτώσεις πρέπει να γίνει κατάλληλη αγκύρωση των σωληνώσεων σε ορισμένα σημεία, ώστε οι μετακινήσεις να παραλαμβάνονται στις επιθυμητές θέσεις.

Ειδικά τα διαστολικά είναι:

6.3.4.1 Αξονικά

Θα είναι χυτοσιδηρά, τηλεσκοπικά, μήκους διαστολής 100mm για πίεση λειτουργίας 15atm και θερμοκρασία μέχρι 200°C. Το σώμα των διαστολικών, αρσενικό, θηλυκό και στυπιοθλίπτης, θα είναι από άριστης ποιότητας χυτοσίδηρο. Οι δακτύλιοι τριβής θα είναι από ορείχαλκο.

Θα είναι ανοξείδωτα, με σπείρωμα μέχρι τη διάμετρο των Φ-2", ή φλαντζωτά, από διάμετρο Φ-65mm και πάνω, θα περιλαμβάνουν ανοξείδωτους εσωτερικούς χιτώνες και πτυσσόμενες διατάξεις. Στα κανονικά τους όρια λειτουργία θα παραλαμβάνουν την συνολική κίνηση διαστολής μεταξύ δύο σημείων αγκύρωσης.

6.3.4.2 Μηχανικής σύζευξης

Αποτελούνται από ένα κεντρικό μανδύα, τερματικές φλάντζες, στεγανωτικούς ελαστικούς δακτυλίους σφηνοειδούς σχήματος και κοχλίες με περικόχλια. Τα κύρια εξαρτήματα θα κατασκευαστούν από υψηλής ποιότητας μαλακό χυτοσίδηρο, μέχρι μεγέθους Φ-90mm, και από χάλυβα για μεγαλύτερες διαμέτρους. Όλοι οι κοχλίες και τα περικόχλια θα είναι γαλβανισμένα. Οι στεγανοποιητικοί δακτύλιοι θα είναι κατάλληλοι για τον τύπο του υγρού, την θερμοκρασία και την πίεση λειτουργίας.

6.3.5 Χιτώνια σωλήνων

Τα χιτώνια που περιβάλλουν τους σωλήνες κατά την διέλευσή τους μέσω τοίχων, δαπέδων, οροφών κτλ, θα είναι από γαλβανισμένο σωλήνα ή από εγκεκριμένο υλικό PVC.

6.4 ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΟΗΣ

6.4.1 Τρίοδες ηλεκτροκίνητες βαλβίδες αναλογικής δράσης (three-way modulating valves)

Οι ηλεκτρικές τρίοδες βαλβίδες αναλογικής δράσης θα είναι τύπου ανάμιξης (mixing valve), αναμιγνύουν το νερό παροχής με το νερό επιστροφής, για την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας του νερού.

Ο χαρακτηριστικός συντελεστής ροής C_v της βαλβίδας και η αντίστοιχη πτώση πίεσης του νερού σ' αυτήν θα πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη από την

πτώση πίεσης στο στοιχείο που εξυπηρετεί. Ο ηλεκτροκινητήρας της βαλβίδας θα είναι κατάλληλος για ρεύμα 50Hz και τάση αντίστοιχης των αυτοματισμών.

Η τρίοδη ηλεκτροκίνητη βάνα θα είναι τυποποιημένων διαστάσεων. Θα είναι χυτοσίδηρη ή ορειχάλκινη, για περίπτωση που το νερό περιέχει οξειδωτικά ή διαβρωτικά υλικά.

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- μέγιστη επιτρεπτή πίεση: 6atm.
- διαφορική πίεση: 2atm.
- θερμοκρασία λειτουργίας: από 30oC μέχρι 120oC.
- στεγανοποίηση: με δακτύλιο "O"-ring.
- φλάντζες: σύμφωνα με BS-4504, DIN-2531.
- γωνία περιστροφής: 90o.
- λίπανση: τα κινητά μέρη της βάνας που έρχονται σ'επαφή με το νερό λιπαίνονται με ειδικό γράσσο, αδιάλυτο στο νερό.

Οι βάνες αποτελούνται από τα παρακάτω τμήματα:

- σώμα.
- περιστρεφόμενο ρότορα.
- εσωτερικό δακτύλιο στεγανότητας.
- παρέμβυσμα καλύμματος.
- κάλυμμα με κλίμακα, πλάκα κλίμακας με βίδες.
- δακτύλιος "O"-ring.
- τριγωνική φλάντζα.
- χειρολαβή.

Αυτοματισμός τριόδων βανών:

Η τρίοδη βάνα θα κινείται από "σερβομοτέρ". Ο έλεγχος θα γίνεται από ηλεκτρονικό πίνακα. Θα έχει δυνατότητα λήψης θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου από δύο (2) τουλάχιστον θερμοστάτες εσωτερικού χώρου και ένα (1) θερμοστάτη εξωτερικού χώρου.

6.4.2 Τρίοδες ηλεκτροκίνητες βαλβίδες δράσης on-off

Οι ηλεκτροκίνητες τρίοδες βαλβίδες on-off θα είναι όμοιες με εκείνες της προδιαγραφής "Τρίοδες ηλεκτροκίνητες βαλβίδες αναλογικής δράσης", με την διαφορά, ότι κατά την λειτουργία οι βαλβίδες θα έχουν την δυνατότητα δύο (2) μόνο θέσεων.

6.4.3 Ηλεκτροκίνητες τρίοδες βαλβίδες δύο θέσεων με ενσωματωμένο υδροστάτη θέρους-χειμώνα FCU ενός στοιχείου (three-way two position valve with built-in summer winter aquastat)

Οι ηλεκτρικές τρίοδες βαλβίδες δύο θέσεων είναι τύπου εναλλαγής της φοράς ροής με την βοήθεια ενσωματωμένου θερμοστάτη νερού (υδροστάτη), κατάλληλες για τοποθέτηση στις τοπικές κλιματιστικές συσκευές τύπου FCU ενός στοιχείου. Οι βαλβίδες θα αποτελούνται από μικρό ηλεκτροκινητήρα και από ορειχάλκινη βαλβίδα στρεπτής σφαίρας. Οι βαλβίδες θα είναι εφοδιασμένες με χειροκίνητη διάταξη ανοίγματος σε περίπτωση διακοπής ρεύματος (man-open-auto).

Στην αυτόματη λειτουργία ο μοχλός θα βρίσκεται στην θέση "auto" και στην ψύξη, θερμοκρασία νερού κάτω από 15οC, η βαλβίδα θα λειτουργεί με την επαφή θέρους του υδροστάτη, ενώ όταν η θερμοκρασία του νερού περάσει τους 30οC, που συμβαίνει τον χειμώνα, τότε η βαλβίδα θα λειτουργεί με την επαφή χειμώνα του υδροστάτη. Ενδεικτικός τύπος: Honeywell VO-44/220V/50Hz.

6.4.4 Δίοδες ηλεκτροκίνητες βαλβίδες δύο θέσεων

Οι δίοδες ηλεκτροκίνητες βαλβίδες δύο θέσεων χρησιμοποιούνται στο δίκτυο στα σημεία που απαιτείται αυτόματη διακοπή της ροής. Οι βαλβίδες πρέπει να παρουσιάζουν στεγανότητα στην θέση "κλειστή" για θερμοκρασίες νερού από 30οC μέχρι 120οC και διαφορική πίεση 3bar.

Ο χρόνος μεταλλαγής από την θέση "on" στην θέση "off" δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 90sec. Οι κινητήρες των βαλβίδων θα είναι κατάλληλοι για ρεύμα 50Hz και τάση αντίστοιχης με την τάση των αυτοματισμών.

6.4.5 Δικλείδα ρύθμισης διαφορικής πίεσης

Η δικλείδα θα είναι με μεταλλικό περίβλημα, μορφής φουσαρμόνικας, μιας έδρας και με ενσωματωμένο φίλτρο. Το σώμα θα είναι από χυτοσίδηρο, κατάλληλο για πίεση 10bar, ίδιου μεγέθους με τις φλάντζες εισαγωγής και εξαγωγής, με έδρα δικλείδας από ανοξείδωτο χάλυβα και κώνο από ορείχαλκο αλουμινίου-νικελίου. Το στοιχείο ρύθμισης θα είναι από χυτοσίδηρο, το βάκτρο από ορείχαλκο με τσιμούχα διπλού "O"-ring, με ενδιάμεσο θάλαμο λίπανσης.

Η φουσαρμόνικα (bellow), με σύσταση υψηλής πρόσφυσης και ποιότητας, θα είναι πλήρης, με συστήματα αισθητηρίων πίεσης και με όλα τα παρελκόμενα.

6.4.6 Μανόμετρα

Μανόμετρα θα εγκατασταθούν στην αναρρόφηση και την κατάθλιψη όλων των αντλιών, στην είσοδο και έξοδο των μεταλλακτών, των συμπυκνωτών (condensers) και εξατμιστών (evaporators) των ψυκτικών συγκροτημάτων κτλ, σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης.

Τα μανόμετρα θα είναι ορειχάλκινα Φ-100mm με αναμονή διατομής Φ-1/2" με αρσενικό σπείρωμα και θα συνοδεύονται από κρουνό απομόνωσης και εξαερισμού. Η κλίμακα θα επιλεγεί έτσι, ώστε οι ενδείξεις των μετρήσεων να βρίσκονται στην περιοχή 1/4-3/4 της κλίμακας με ακρίβεια +/- 2%.

Μανόμετρα θα τοποθετηθούν:

- στην είσοδο και έξοδο του κρύου νερού στα στοιχεία των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων.

- στην είσοδο και έξοδο του ζεστού νερού στα στοιχεία θέρμανσης και τα στοιχεία μεταθέρμανσης των μονάδων.
- σε νευραλγικές θέσεις του δικτύου, στις οποίες η γνώση της πίεσης θα συντελέσει στην ορθή ρύθμιση του δικτύου.

6.4.7 Θερμόμετρα

Στις παρακάτω αναφερόμενες θέσεις θα εγκατασταθούν θερμόμετρα υδραργυρικά, τύπου εμβάπτισης, ευθέα ή γωνιακά, ανάλογα με τη θέση εγκατάστασής τους, "βιομηχανικού" τύπου, με κλίμακα περίπου 20cm. Τα θερμόμετρα θα βρίσκονται μέσα σε επιχρωμιωμένη ή επινικελωμένη ορειχάλκινη θήκη με κατάλληλη σχισμή μπροστά για την ανάγνωση των μετρήσεων. Τα θερμόμετρα θα είναι τύπου που να μπορούν να αποχωρίζονται από τη βάση τους (separable sockets) χωρίς να απαιτείται η διακοπή της ροής. Σε περίπτωση εγκατάστασης θερμομέτρων σε μονωμένα δίκτυα τότε θα τοποθετούνται στα δίκτυα αυτά κατάλληλοι λαιμοί για την εγκατάσταση των θερμομέτρων έξω από τη μόνωση.

Θερμόμετρα θα τοποθετηθούν:

- στην είσοδο και έξοδο του νερού στους εξατμιστές των ψυκτικών συγκροτημάτων.
- στην είσοδο και έξοδο του νερού στους συμπυκνωτές.
- στην είσοδο και έξοδο του νερού στο λέβητα ζεστού νερού ή μεταλλάκτη.
- στην είσοδο του νερού στους συλλέκτες των αντλιών.
- στους συλλέκτες επιστροφών του νερού από κάθε ζώνη.

Θα εγκατασταθούν αναμονές θερμομέτρων στις παρακάτω θέσεις:

- στην είσοδο και έξοδο του κρύου νερού κάθε κλιματιστικής μονάδας.
- στην είσοδο και έξοδο του ζεστού νερού κάθε κλιματιστικής μονάδας.

- στις θέσεις εγκατάστασης του αισθητήριου στοιχείου των οργάνων αυτόματης ρύθμισης της θερμοκρασίας.

Σε σωληνώσεις μικρότερες των Φ-2" στη θέση εγκατάστασης της αναμονής θα αυξάνεται η διάμετρος στο επόμενο μεγαλύτερο μέγεθος για να αποφύγουμε τη διαταραχή της ροής.

Τα θερμόμετρα που θα τοποθετηθούν σε δίκτυα ψυχρού νερού θα έχουν κλίμακα από -30οC μέχρι +50οC τουλάχιστον, ενώ εκείνα που θα τοποθετηθούν σε κοινά δίκτυα θερμού-ψυχρού νερού θα έχουν κλίμακα από -10οC μέχρι +120οC τουλάχιστον.

6.4.8 Ηλεκτρικοί διακόπτες ροής (flow switches)

Θα ελέγχουν την ροή του νερού με πτερύγια διαφόρων διαστάσεων, ώστε να είναι δυνατή η εγκατάσταση του διακόπτη σε δίκτυα διαμέτρου Φ-1 1/2" και πάνω. Ο διακόπτης θα διαθέτει "κλειστή - ανοικτή" επαφή ικανότητας 5A/220V τουλάχιστον.

6.4.9 Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (solenoid valves)

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες θα είναι ορειχάλκινες και κατάλληλες για ρεύμα 50Hz και τάση ανάλογη με τις απαιτήσεις των αυτοματισμών.

Η πτώση πίεσης μέσα στην βαλβίδα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2mWS για την παροχή των υγραντών των κλιματιστικών μονάδων.

6.5 ΜΟΝΑΔΕΣ FCU

6.5.1 Τοπικές κλιματιστικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείων (FCU)

Οι τοπικές κλιματιστικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου θα είναι κατάλληλες για εμφανή ή αφανή εγκατάσταση, σύμφωνα με τα σχέδια και θα περιλαμβάνουν τα κατωτέρω:

- α. κέλυφος (μόνο για τις εμφανείς μονάδες).
- β. στοιχείο.
- γ. λεκάνη συμπυκνωμάτων.
- δ. συγκρότημα ανεμιστήρα-ηλεκτροκινητήρα.
- ε. φίλτρο.
- ζ. διάφορα ειδικά εξαρτήματα, σύμφωνα με τα σχέδια.

Οι τοπικές κλιματιστικές μονάδες θα είναι κατασκευής γνωστού εργοστασίου, πρακτικά αθόρυβης λειτουργίας. Προβλέπονται τέσσερα μεγέθη μονάδων, χαρακτηριζόμενα από την συνολική παροχή τους σε αέρα.

Κάθε μέγεθος όλων των προαναφερομένων τύπων πρέπει να έχει τουλάχιστον τις δεδομένες στον πίνακα ψυκτικές και θερμαντικές αποδόσεις στις ακόλουθες συνθήκες λειτουργίας:

α. λειτουργία σε ηλεκτρικό δίκτυο 220V/50Hz/1Φ.

β. χειμερινή λειτουργία:

- θερμοκρασία αέρα εισόδου: 72oF.
- παροχή θερμού νερού: η μισή του ψυχρού.
- θερμοκρασία νερού εισόδου: 180oF.

γ. θερινή λειτουργία:

- θερμοκρασία αέρα εισόδου: 78oF ξθ, 65oF υθ.
- θερμοκρασία νερού εισόδου: 45oF.
- θερμοκρασία νερού εξόδου: 55oF.
- μέγιστη ολική πτώση πίεσης του νερού: 10mΣN.

6.5.1.1 Τμήμα ανεμιστήρων-ηλεκτροκινητήρων

Αυτό θα φέρει έναν ή περισσότερους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες, διπλού πλάτους πτερυγίων, διπλής αναρρόφησης, σε κοινό άξονα, απ' ευθείας συνεζευγμένους με τον ηλεκτροκινητήρα. Οι ανεμιστήρες θα έχουν εμπρός κεκλιμένα πτερύγια. Οι ανεμιστήρες μαζί με τον άξονα θα είναι επιμελώς

ζυγοσταθμισμένοι μετά την κατασκευή τους, ώστε να εξασφαλίζεται λειτουργία τελείως απαλλαγμένη κραδασμών και θορύβου (μέγιστος αριθμός στροφών 1450rpm. Ο ηλεκτροκινητήρας πρέπει να είναι κατάλληλος για παρεμβολή σε δίκτυο 220V/50Hz/1Φ, θα ελέγχεται από διακόπτη τουλάχιστον δύο (2) ταχυτήτων και θα φέρει ενσωματωμένη θερμική προστασία έναντι υπερθέρμανσης. Η συσκευή θα φέρει τριπολική σειρίδα (εύκαμπτο καλώδιο) για την τροφοδότησή της από ρευματοδότη, που προβλέπεται κοντά στην θέση εγκατάστασής της.

6.5.1.2 Φίλτρο

Το φίλτρο θα είναι μεταλλικό (αλουμινένιο) ή πλαστικό, τύπου καθοριζόμενου, πάχους τουλάχιστον 1", θα βρίσκεται δε σε θέση που θα εξασφαλίζει την δίοδο μέσα του ολόκληρης της ποσότητας του αέρα. Το φίλτρο πρέπει να αφαιρείται εύκολα για καθαρισμό.

Ειδικά, όσον αφορά τις οριζόντιες μη εμφανείς μονάδες, η τοποθέτηση του φίλτρου θα είναι δυνατή πίσω από το στόμιο ανακυκλοφορίας του αέρα στην ψευδοροφή. Το στόμιο θα ανοίγει με άρθρωση (μεντεσέ) προς τα κάτω για την εξαγωγή του φίλτρου.

6.5.1.3 Τμήμα στοιχείων

Η συσκευή θα φέρει δύο (2) στοιχεία, που θα λειτουργούν με ζεστό και κρύο νερό αντίστοιχα ή ένα (1) στοιχείο, που το καλοκαίρι θα λειτουργεί σαν ψυκτικό, το δε χειμώνα σαν θερμικό.

Κάθε στοιχείο θα είναι κατασκευασμένο από χάλκινους σωλήνες Φ-3/8" με πτερύγια από αλουμίνιο. Τα πτερύγια θα είναι συνεχή σε όλα το μήκος του στοιχείου, θα έχουν δε προσαρμοσθεί πάνω στους σωλήνες με μηχανική εκτόνωση για εξασφάλιση άριστου συντελεστή μετάδοσης θερμότητας. Το στοιχείο θα είναι εφοδιασμένο με διάταξη αυτόματου εξαερισμού (αυτόματο εξαεριστικό).

Κατάλληλη μόνωση θα προφυλάσσει τις εξωτερικές επιφάνειες του τμήματος έναντι εφίδρωσης από την συμπύκνωση των υδρατμών. Πίεση δοκιμής του στοιχείου 15atm.

6.5.1.4 Λεκάνη συγκέντρωσης συμπυκνωμένων υδρατμών

Η μονάδα θα φέρει κάτω από το ψυκτικό στοιχείο και σε όλη την έκτασή του λεκάνη, στην οποία θα συγκεντρώνονται τα συμπυκνώματα των υδρατμών που έρχονται σε επαφή με το στοιχείο.

Η λεκάνη θα είναι κατασκευασμένη από ισχυρό χαλυβδοέλασμα και θα προστατεύεται έναντι διαβρώσεων με ισχυρή αντιοξειδωτική βαφή. Επίσης θα είναι ισχυρά μονωμένη για αποφυγή εφίδρωσης στην εξωτερική της επιφάνεια. Επίσης, δύναται να είναι από πλαστική ύλη.

Στην ίδια λεκάνη κατάλληλα διαμορφωμένη, ή σε άλλη μικρότερη, θα συγκεντρώνονται τα συμπυκνώματα των υδρατμών που έρχονται σ'επαφή με τις δικλείδες, ακάλυπτα τεμάχια σωληνώσεων, συνδέσμων κτλ.

Η λεκάνη, ή οι λεκάνες, θα είναι κατάλληλα διατεταγμένη, ώστε με φυσική ροή τα συμπυκνώματα να ρέουν προς οπή επαρκών διαστάσεων που θα φέρει στόμιο για την σύνδεση με την αποχέτευση.

6.5.1.5 Διάφορα εξαρτήματα, όργανα ρύθμισης και ελέγχου της λειτουργία της συσκευής

Για την ρύθμιση και τον αυτόματο έλεγχο της λειτουργίας της η μονάδα θα είναι εφοδιασμένη με τα εξής:

A) διακόπτη τουλάχιστον δύο (2) ταχυτήτων και θέσης "εκτός" του ηλεκτροκινητήρα του ανεμιστήρα. Για τις οριζόντιες μη εμφανείς μονάδες, ο διακόπτης θα φέρεται μαζί με τον θερμοστάτη σε κοινή μεταλλική θέση perrn B-I, που θα είναι κατάλληλη για τοποθέτηση σε τοίχο και σε θέση που θα υποδειχθεί από την επίβλεψη, ώστε ο έλεγχος της λειτουργίας της μονάδας να γίνεται εύκολα από τους ευρισκόμενους στον κλιματιζόμενο χώρο. Ο

διακόπτης των κατακόρυφων μονάδων, εμφανών και μη, θα είναι τοποθετημένος επί του σώματος της μονάδας.

B) διπλό θερμοστάτη, ήτοι θερμοστάτη με δύο (2) επαφές διπλής ενεργίας με "νεκρή περιοχή" (dead spot) ανάμεσά τους, ώστε κατά την μετάπτωση από την ψύξη στην θέρμανση και αντίστροφα να μεσολαβεί ένα διάστημα χωρίς θέρμανση ή ψύξη. Αυτός ο θερμοστάτης θα είναι εγκαταστημένος πάνω στην μονάδα με τον βολβό του στο ρεύμα του αέρα ανακυκλοφορίας.

Γ) δύο αποφρακτικές χειροκίνητες δικλείδες και δύο ρακόρ σύνδεσης της συσκευής στο καθένα δίκτυο σωληνώσεων.

Δ) δύο βολβίδες, από μία για τα δύο στοιχεία, που θα ρυθμίζονται από τον διπλό θερμοστάτη.

Ε) τάση 24Vdc από τον αντίστοιχο πίνακα του ορόφου για την τροφοδοσία των οργάνων αυτοματισμού (θερμοστάτης, δύοδες κτλ).

Ζ) τρίοδο ηλεκτροκίνητη βαλβίδα (εφόσον απαιτείται).

6.5.1.6 Στόμια

A) Στόμια παροχής και ανακυκλοφορίας. Κάθε συσκευή θα συνοδεύεται από στόμιο παροχής αέρα και στόμιο ανακυκλοφορίας. Το στόμιο παροχής θα είναι ορθογωνικής διατομής, τυποποιημένο προϊόν ανεγνωρισμένου εργοστασίου, πλάτους 10cm έως 15cm και μήκους ανάλογα με την παροχή του FCU, που εξυπηρετεί. Θα φέρει δύο σειρές ρυθμιζόμενων πτερυγίων. Η εξωτερική πλευρά θα είναι οριζόντια και η εσωτερική κατακόρυφη. Το στόμιο θα είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο και θα φέρει ανοδίωση της αρεσκείας της επίβλεψης. Το στόμιο θα είναι αρίστης εμφάνισης και δεν θα φέρει στρεβλώσεις ή κακώσεις, τα δε πτερύγια θα κινούνται ελεύθερα.

Επίσης το στόμιο θα φέρει ελαστικό κορδόνι για την στεγανή εφαρμογή του, η δε στερέωση του στομίου θα είναι δυνατόν να γίνει και με λαμαρινόβιδες.

Β) Στόμιο λήψης νωπού (εξωτερικού) αέρα. Κάθε συσκευή με λήψη νωπού αέρα θα συνοδεύεται και από στόμιο λήψης εξωτερικού αέρα, που θα τοποθετηθεί στην εξωτερική επιφάνεια του εξυπηρετούμενου χώρου. Το στόμιο θα είναι από αλουμίνιο, εφοδιασμένο με σταθερές περσίδες, κεκλιμένες για την αποφυγή εισροής νερού βροχής και εσωτερικό προστατευτικό πλέγμα για έντομα κτλ. Όλες οι επιφάνειες του στομίου θα είναι ανοδικά οξειδωμένες, με χρώμα της επιλογής της επίβλεψης.

Γ) Διάφραγμα, "ντάμπερ", εξωτερικού αέρα. Το άνοιγμα της συσκευής για την λήψη του νωπού αέρα θα είναι εφοδιασμένο με διάφραγμα ρύθμισης της παροχής του αέρα, κινούμενου με εύκαμπτο στέλεχος χειριζόμενο με λαβή, τοποθετημένη στο εσωτερικό του κελύφους της συσκευής.

Δ) Στάθμη θορύβου. Ο θόρυβος θα είναι μικρός, και σε καμία περίπτωση η τιμή του δεν θα υπερβαίνει την τιμή NC-45 (noise criterion curve) κατά ARI-443-66 "Standart for sound rating of room fan coil air conditioners".

6.5.2 Εγκατάσταση των συσκευών ανεμιστήρα-στοιχείου

Οι συσκευές θα εγκατασταθούν στις θέσεις που σημειώνονται στα σχέδια η δε εγκατάστασή τους νοείται ότι περιλαμβάνει γενικά τα εξής:

- την σύνδεση των στοιχείων με τις σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής ζεστού και κρύου νερού με χάλκινα τεμάχια σωλήνων και τα εξαρτήματά τους.
- την σύνδεσή τους με τις αναμονές αποχέτευσης με γαλβανισμένο σωλήνα Φ-3/4" και λυόμενο σύνδεσμο ή χαλκοσωλήνα αντίστοιχης διαμέτρου.
- την σύνδεση με τα ηλεκτρικά δίκτυα 220V και 24V.
- την ανάρτηση της συσκευής από την οροφή, τοίχο, δοκάρι κτλ., μέσω αντιδονητικών στηριγμάτων και την οριζοντίωσή της.
- την επίτοιχη εγκατάσταση του διακόπτη ταχυτήτων και του θερμοστάτη χώρου.

6.6 ΜΟΝΩΣΗ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Όλες οι σωληνώσεις ζεστού νερού, κρύου νερού και νερού συμπύκνωσης θα μονωθούν κατάλληλα, όπως περιγράφεται παρακάτω, μετά την αποπεράτωση της δοκιμής στεγανότητας και τη βαφή των σωληνώσεων με δύο στρώσεις γραφιτούχου μίνιου. Η μόνωση θα συνεχίζεται μέσα από τους τοίχους, τις οροφές και τους οδηγούς σωλήνων. Οι κατά μήκος και εγκάρσιες ραφές θα πρέπει να είναι απόλυτα στεγανές.

Τα στηρίγματα των κατακόρυφων σωληνώσεων που εφάπτονται απευθείας στην επιφάνεια του σωλήνα θα μονωθούν κατάλληλα και θα σφραγιστούν με όμοιο τρόπο, όπως και οι σωληνώσεις για την αποφυγή συμπυκνωμάτων. Στα σημεία στήριξης των οριζόντιων σωληνώσεων θα παρεμβάλλονται μεταξύ στηρίγματος και σωλήνωσης τεμάχιο μόνωσης και σωλήνα από PVC, μήκους τουλάχιστον 30cm, που θα είναι συμμετρικά διατεταγμένα ως προς το στήριγμα.

Σαν μονωτικό υλικό θα χρησιμοποιηθεί για σωληνώσεις με ονομαστική διάμετρο μέχρι Φ-4" κοχύλια από αφρώδες πολυαιθυλένιο (τύπου frexep) με ενσωματωμένη διάταξη στεγανοποίησης της κατά μήκος ραφής τους από ειδικό "φερμουάρ" με τριπλό χείλος στεγανοποίησης, χωρίς να χρειάζεται η χρησιμοποίηση κόλλας για την συγκόλληση της κατά μήκος ραφής.

Επίσης, αντί κοχυλιού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτοιμος, εύκαμπτος μονωτικός σωλήνας σε σωλήνες που ακόμα δεν έχουν τοποθετηθεί.

Σαν μονωτικό υλικό για σωληνώσεις με ονομαστική διάμετρο μεγαλύτερη των Φ-4" θα χρησιμοποιηθεί "πάπλωμα" από αφρώδες πολυαιθυλένιο (τύπου frexep) με πάχος, όπως καθορίζεται παρακάτω.

Το υλικό της μόνωσης όταν καίεται δεν θα εκλύει δηλητηριώδη αέρια και η φλόγα του θα είναι αυτοσβεννύμενη (κλάση B1) σύμφωνα με DIN-4102. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού υλικού (λ) θα είναι σύμφωνα με το DIN-52613, στους 10oC: 0,035w/mK

(=0.030kcal/mhoC) και στους 200oC: 0,036w/moK (=0,031kcal/hoC) και θα αποδεικνύεται από πιστοποιητικό αναγνωρισμένου οργανισμού ελληνικού ή ξένου, αρμόδιου για την εκτέλεση μετρήσεων και τη χορήγηση των σχετικών πιστοποιητικών.

Επίσης, το υλικό θα είναι άοσμο και απρόσβλητο από υγρασία, λάδια, λίπη, βενζίνη και συνήθη οξέα και θα έχει τα κάτωθι τεχνικά χαρακτηριστικά:

- συντελεστής αντίστασης στους υδρατμούς: 5,000 στα 10mm.
- συντελεστής διαπερατότητας υδρατμού: 0,00003gr/mh Torr.
- αντοχή σε θερμοκρασία: από -30oC μέχρι +110oC.
- ειδικό βάρος: περίπου 30kg/m³.

Οι εγκάρσιες ραφές θα συγκολλούνται με ειδική συγκολλητική ουσία, που θα προμηθεύσει το εργοστάσιο κατασκευής και οι εγκάρσιοι αρμοί θα επικαλύπτονται με δύο στρώσεις από την ίδια ουσία.

Στις σωληνώσεις ψυκτικού νερού πρέπει το κάθε κοχύλι να κολλιέται με το επόμενο και με τον σωλήνα στα τελευταία 5,0cm, για να αποφευχθεί η δημιουργία συμπυκνωμάτων. Η κόλλα πρέπει να έχει βάση το νεοπρένιο

Οι σωληνώσεις που βρίσκονται μέσα στο μηχανοστάσιο και σε ύψος μέχρι 2m, καθώς και αυτές στην ύπαιθρο θα φέρουν έξω από την μόνωση, για την μηχανική προστασία της, επικάλυψη από λαμαρίνα αλουμινίου πάχους 0,6mm. Η επικάλυψη θα αποτελείται από φύλλα λαμαρίνας κατάλληλα κυλινδρισμένα σε διάμετρο ίση με την διάμετρο της εξωτερικής επιφάνεια της μόνωσης. Οι εγκάρσιες συνδέσεις θα γίνονται με προσαρμογή των τεμαχίων μέσα σε κατάλληλες αυλακώσεις (αρσενικές και θηλυκές) που θα έχουν στα άκρα τους. Η στερέωση μεταξύ των τμημάτων της επικάλυψης θα γίνεται με κοχλίες (λαμαρινόβιδες) ισχυρά επικαδμιωμένες, κατάλληλες για υπαίθρια εγκατάσταση, αφού παρεμβληθούν πλαστικά (ροδέλες) στεγανότητας.

Με τις ίδιες μονώσεις θα μονωθούν και όλες οι βάνες, φίλτρα και βαλβίδες αντεπιστροφής κρύου νερού, κατά τρόπο ώστε να είναι δυνατός ο

χειρισμός τους χωρίς να προκληθούν βλάβες στη μόνωση. Ειδικότερα όσα από τα παραπάνω όργανα βρίσκονται σε ύψος χαμηλότερο από 2m, θα έχουν προστατευτικό κάλυμμα από λαμαρίνα αλουμινίου πάχους 0,6mm. Τα κάλυμμα θα είναι αφαιρετό και θα φέρει προς τούτο κατάλληλους λυόμενους σφιγκτήρες.

Εάν χρησιμοποιηθούν κοχύλια χωρίς "φερμουάρ" και για το "πάπλωμα" (πλάκες) οι κατά μήκος ραφές, οι εγκάρσιες κτλ., θα συγκολληθούν με κατάλληλη κόλλα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, παράλληλα δε θα τοποθετηθούν ανά 15cm δακτύλιοι από πλαστική αυτοκόλλητη ταινία.

6.7 ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

6.7.1 Ανοιχτό δοχείο διαστολής

Το ανοικτό δοχείο διαστολής θα κατασκευαστεί από γαλβανισμένη λαμαρίνα. Στο Α θα καταλήγουν οι σωλήνες ασφάλειας και ο σωλήνας πλήρωσης της εγκατάστασης με νερό.

6.7.2 Κλειστό δοχείο διαστολής

Το Κ θα πληρεί τους γερμανικούς κανονισμούς DIN-4751/2. Το Κ θα είναι τύπου μεμβράνης και θα αποτελείται από κατάλληλο δοχείο, σφαιρικό ή κυλινδρικό, γεμισμένο με άζωτο με πίεση ανάλογη με το στατικό ύψος της εγκατάστασης, πίεση λειτουργίας 5atm και πίεση δοκιμής 6atm. Το Κ θα αποτελείται από:

- χαλύβδινο κέλυφος.
- ελαστική μεμβράνη μεγάλης αντοχής από butyl καουτσούκ, με δυνατότητα αντικατάστασης.
- στόμιο επίσκεψης και στερέωσης της μεμβράνης.
- αναμονή σύνδεσης με την εγκατάσταση με τεμάχιο με φλάντζες για τον ευχερή έλεγχο και σύνδεση του Κ--.

- βαλβίδα εκκένωσης.
- μανόμετρο περιοχής ένδειξης 0-10bar τοποθετημένο στον κώδωνα με παρεμβολή βαλβίδας αντεπιστροφής.

Η τελική επιλογή του μεγέθους του K θα γίνει από τον ανάδοχο, σύμφωνα με την περιεκτικότητα της εγκατάστασης σε νερό και την τελική πίεση στο K--. Επιλογή του K-- με βάση την ισχύ του λέβητα δεν θα γίνει αποδεκτή.

Κάθε K θα συνοδεύεται από σύστημα αυτόματης πλήρωσης και βαλβίδα ασφάλειας (μόνο για δίκτυα ζεστού νερού), ρυθμισμένη σε πίεση κατά 1bar μεγαλύτερη από την τελική πίεση λειτουργίας.

6.8 ΑΝΤΛΗΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ, ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ "IN LINE" ΚΤΛ.

6.8.1 Κυκλοφορητές

Για την κυκλοφορία του νερού στους διάφορους κλάδους σωληνώσεων, προβλέπονται αντλίες κυκλοφορίας τύπου "κυκλοφορητή" (in line) κατάλληλες για εγκατάσταση απευθείας στις σωληνώσεις.

Θα είναι κατάλληλοι για κυκλοφορία νερού θερμοκρασίας 3-110oC με στατική πίεση τουλάχιστον 12bar και για τοποθέτηση με οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα περιστροφής.

Ο κυκλοφορητής δύναται να αποτελείται από μία (1) μονοβάθμια αντλία-ηλεκτροκινητήρα ή και από δύο (2) μονοβάθμιες αντλίες-ηλεκτροκινητήρες τοποθετημένες σένα σώμα. Στην περίπτωση δύο αντλιών-ηλεκτροκινητήρων, μπορούν να λειτουργήσουν και οι δύο μαζί ή η μία ανεξάρτητα από την άλλη (εφεδρεία 100%). Στο στόμιο κατάθλιψης υπάρχει ένα "κλαπέτο", που σε περίπτωση λειτουργίας της μιας αντλίας απομονώνει αυτόματα το στόμιο της άλλης.

Οι κυκλοφορητές θα αποτελούνται από φυγόκεντρη αντλία συνεζευγμένη απευθείας με ελαστικό σύνδεσμο με στεγανό τριφασικό ή μονοφασικό ηλεκτροκινητήρα, κατάλληλο για λειτουργία σε ηλεκτρικό δίκτυο 380/220V/50Hz/3Φ με δυνατότητα να αποδίδει πλήρη ισχύ σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 40oC. Ο ηλεκτροκινητήρας των κυκλοφορητών θα είναι τριφασικός (3Φ), ασύγχρονος, βραχυκυκλωμένου δρομέα, ενώ για ισχύς μέχρι 0,75HP μπορεί να είναι μονοφασικός (1Φ). Και στις δύο περιπτώσεις η προστασία θα είναι IP-44. Οι μονοφασικοί κινητήρες θα προστατεύονται από υπερφόρτωση, που είναι αδύνατη, όταν το μεταφερόμενο υγρό έχει ειδικό βάρος 1kgr/dm³ και ιξώδες 1oE.

Η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα θα καλύπτει την μέγιστη απορροφημένη ισχύ από την αντλία κατά τις μεταβολές παροχής και μανομετρικού ύψους. Οι στροφές δεν θα υπερβαίνουν τις 1450rpm.

Ο κυκλοφορητής θα είναι υδρολίπαντος με την αντλία προσαρμοσμένη στον άξονα του κινητήρα χωρίς στυπιοθλίπτη, με ένδειξη της φοράς περιστροφής. Κυκλοφορητές παροχής άνω των 30m³/h θα έχουν κινητήρες 1450rpm.

Η σύνδεση των κυκλοφορητών με τις σωληνώσεις θα γίνεται με φλάντζες, κοχλίες και παρεμβύσματα ή ρακόρ, για μικρούς κυκλοφορητές (η είσοδος και η έξοδος του μεταφερόμενου υγρού από τον κυκλοφορητή θα είναι σε μια ευθεία, ώστε να είναι δυνατή η απευθείας σύνδεσή του στις σωληνώσεις).

Το κέλυφος της αντλίας θα είναι χυτοσιδηρούν GG-25, η περωτή από χυτοσίδηρο ή ορείχαλκο ή και από ειδικό πλαστικό, πχ. βακελίτης, και ο άξονας από ανοξείδωτο χάλυβα με μεγάλη διάμετρο για λειτουργία χωρίς ταλαντώσεις. Ο άξονας της περωτής και ο άξονας του κινητήρα θα εδράζονται σε δύο (2) αυτολίπαντους τριβείς ολίσθησης, ο ένας εκ των οποίων θα μπορεί να δέχεται και αξονικές φορτίσεις κατά μια κατεύθυνση.

Η ηλεκτρική εγκατάσταση των αντλιών θα κατασκευασθεί στεγανή, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και θα αρχίζει από τον αντίστοιχο πίνακα κίνησης. Οι τελικές συνδέσεις των ηλεκτρικών γραμμών με τους ηλεκτροκινητήρες θα είναι εύκαμπτες και θα προστατεύονται μέσα σε εύκαμπτο χαλύβδινο σωλήνα. Η ηλεκτρική εγκατάσταση θα περιλαμβάνει και τις αναγκαίες γραμμές και συνδέσεις για την ένταξη των αντλιών στο σύστημα αυτοματισμού και τις γραμμές τροφοδότησης.

Ο τριφασικός ηλεκτροκινητήρας θα συνοδεύεται από αυτόματο διακόπτη προστασίας του κινητήρα με επαφές αέρα, εφοδιασμένο με τρεις (3) διμεταλλικούς αποζεύκτες υπερέντασης, με σύστημα ακροδεκτών σύνδεσης κυκλώματος τηλεχειρισμού για αυτόματο ξεκίνημα και σταμάτημα από μακρυνά, μέσω υδροστάτη, όλα συναρμολογημένα μέσα σε μεταλλικό ή πλαστικό στεγανό κιβώτιο.

Η λειτουργία των κυκλοφορητών πρέπει να είναι τελείως αθόρυβη και οι προδιαγραφόμενες παροχές και μανομετρικά ύψη πρέπει να επιτυγχάνονται για λειτουργία σε ρεύμα 50Hz.

Ο κυκλοφορητής τοποθετείται απευθείας στο δίκτυο μέσω των ειδικών αντιδονητικών συνδέσμων. Σε κάθε κυκλοφορητή θα τοποθετηθεί μανόμετρο με διακόπτες για την εναλλάξ ένδειξη των πιέσεων αναρρόφησης και κατάθλιψης με το ίδιο όργανο, προκειμένου να προσδιορίζεται η ροή του νερού από την χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας και το μανομετρικό ύψος από το διάγραμμα παροχή-μανομετρικό.

Οι παροχές όλων των κυκλοφορητών δίνονται στα σχέδια και το τεύχος υπολογισμών της μελέτης, όπου ταυτόχρονα καθορίζονται και τα μανομετρικά ύψη. Το σημείο λειτουργίας του κυκλοφορητή πάνω στη χαρακτηριστική καμπύλη του κυκλοφορητή πρέπει να εξασφαλίζει σταθερή παροχή για μεγάλες μεταβολές της υδραυλικής αντίστασης του δικτύου σωληνώσεων.

Ο ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να ελέγξει τα στοιχεία αυτά με την επίβλεψη και να τα τροποποιήσει, εφόσον υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις από τη μελέτη.

Στην τιμή του κυκλοφορητή περιλαμβάνεται και η προμήθεια και η εγκατάσταση του θερμοστάτη, καθώς και η ηλεκτρική γραμμή που τον συνδέει. Επίσης, περιλαμβάνεται και η αξία της ηλεκτρικής γραμμής τροφοδοσίας του κυκλοφορητή.

6.8.2 Αντλητικά συγκροτήματα

Τα αντλητικά συγκροτήματα θα αποτελούνται από φυγόκεντρες αντλίες συνδεδεμένες με ηλεκτροκινητήρα μέσω ελαστικού συνδέσμου, επάνω σε κοινή βάση από μορφοσίδηρο. Η διάμετρος της περωτής κάθε αντλίας δε θα είναι μεγαλύτερη του 85% της μέγιστης διαμέτρου περωτής για την οποία είναι υπολογισμένο το κέλυφος (σώμα) της αντλίας.

Το κέλυφος των αντλιών θα είναι χυτοσιδηρούν. Η περωτή θα είναι κατασκευασμένη από φωσφορούχο ορείχαλκο, στατικά και δυναμικά ζυγοσταθμισμένη, και θα στεγανοποιείται στην αναρρόφηση με αντικαθιστάμενο ορειχάλκινο δακτύλιο, παρεμβαλλόμενο μεταξύ περωτής και κελύφους. Ο άξονας θα είναι ανοξειδωτος και θα φέρεται σε δύο (2) έδρανα με ένσφαιρους τριβείς (το ένα έδρανο θα είναι κατάλληλο και για αξονικές ωθήσεις).

Το μανομετρικό ύψος που σημειώνεται στα σχέδια και το τεύχος υπολογισμών της μελέτης των εγκαταστάσεων κλιματισμού, είναι αυτό που υπολογίσθηκε από τον μελετητή βάσει των στοιχείων μηχανημάτων, στοιχείων (coils) κλπ, που είχε υπόψη ο μελετητής. Ο ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να υπολογίσει το μανομετρικό ύψος με βάση τις πτώσεις πίεσης στον πύργο ψύξης, στοιχεία, συμπυκνωτές, ψύκτη, οριστικές διαδρομές σωληνώσεων κλπ, που πρόκειται να εγκαταστήσει και θα

υποβάλει τους τελικούς υπολογισμούς για έγκριση πριν από την παραγγελία των αντλιών.

Κάθε αντλία θα συνοδεύεται από ηλεκτροκινητήρα προστασίας IP-44 με σταθερό αριθμό στροφών. Αντλία και ηλεκτροκινητήρας θα εδράζονται σε κοινή μεταλλική βάση και θα συνδέονται μεταξύ τους μέσω ελαστικού συνδέσμου. Η ισχύς των ηλεκτροκινητήρων των αντλιών θα είναι κατά 20% τουλάχιστο μεγαλύτερη από την απαιτούμενη για την κίνηση των αντλιών, οπωσδήποτε δε 0,55kw έστω και αν αρκεί μικρότερη ισχύς και μεγίστης ονομαστικής ταχύτητας 1450rpm.

Το σώμα κάθε αντλίας θα είναι υπολογισμένο για πίεση λειτουργίας τουλάχιστο ίση προς το άθροισμα στατικού και δυναμικού ύψους και τουλάχιστον 10bar για υγρά θερμοκρασίας 105oC. Οι στυπιοθλίπτες θα είναι ορειχάλκινοι με "μπουλόνια" από ανοξείδωτο χάλυβα και κατάλληλοι για τη θερμοκρασία και πίεση 105oC, 10bar, του υγρού. Πίεση δοκιμής 15bar.

Τα αντλητικά συγκροτήματα θα εγκατασταθούν πάνω σε βάση από σκυρόδεμα που θα έχει τέτοια κλίση (στα σημεία βεβαίως όπου δεν εδράζονται οι αντλίες), έτσι ώστε οποιαδήποτε ποσότητα νερού συγκεντρωθεί από διαρροές στυπιοθλιπτών να μπορεί να φεύγει προς κατάλληλη αποχέτευση. Οι δικλείδες που θα τοποθετηθούν στην κατάθλιψη κάθε αντλίας θα είναι ρυθμιστικές (διακόπτες, globe valves), ενώ αυτές που θα τοποθετηθούν στην αναρρόφηση θα είναι αποφρακτικές συρταρωτές (βάννες, gate valves) ή σφαιρικές δικλείδες (ball valves).

Η βάση από σκυρόδεμα θα επικαθήσει σε αντικραδασμική πλάκα από φελλό πάχους 5cm κατ' ελάχιστον. Η σύνδεση των αντλιών με τα δίκτυα θα γίνεται μέσω εύκαμπτου συνδέσμου. Σε κάθε αντλία θα τοποθετηθεί μανόμετρο με διακόπτες για την μέτρηση εναλλάξ των πιέσεων κατάθλιψης και αναρρόφησης, με σκοπό τον έλεγχο της ροής και τον προσδιορισμό αυτής από την χαρακτηριστική καμπύλη της αντλίας.

Το σημείο λειτουργίας της αντλίας πρέπει να βρίσκεται στην περιοχή υψηλών βαθμών απόδοσης και σε καμία περίπτωση κάτω από 60%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε λεπτομερώς τα επιμέρους τμήματα της Γεωθερμικής Εγκατάστασης όπως επίσης και το πώς θα τοποθετηθούν οι υπεδάφειες σωληνώσεις σε βάθος 1.2m μέσα στο έδαφος.

7.2 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Η εγκατάσταση αποτελείται από τα παρακάτω επιμέρους τμήματα.

- Κλιματιστικές Μονάδες Fan Coils
- Σωληνώσεις Μεταφοράς Νερού Στο Κύκλωμα Του Σπιτιού
- Σωληνώσεις Μεταφοράς Νερού Προς Το Υπεδάφιο Κύκλωμα
- Αντλία Θερμότητας Νερού-Νερού
- Κυκλοφορητής
- Διακόπτης Ροής (Flow Switch)
- Θερμόμετρο
- Μειωτής Πίεσης
- Μανόμετρο
- Φίλτρο Νερού
- Βάνα Συρταρωτή
- Αυτόματο Εξαεριστικό
- Δοχείο Αδρανείας
- Δοχείο Διαστολής

7.2.1 Κλιματιστικές μονάδες Fan Coils

Οι κλιματιστικές μονάδες εξαναγκασμένης ροής αέρα (Fan Coils) που θα χρησιμοποιηθούν στο κτίριο θα είναι της εταιρίας **Interklima**. Η επιλογή των κατάλληλων κλιματιστικών έγινε βάση των Θερμικών φορτίων της οικίας. Τα fan coil απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.1).

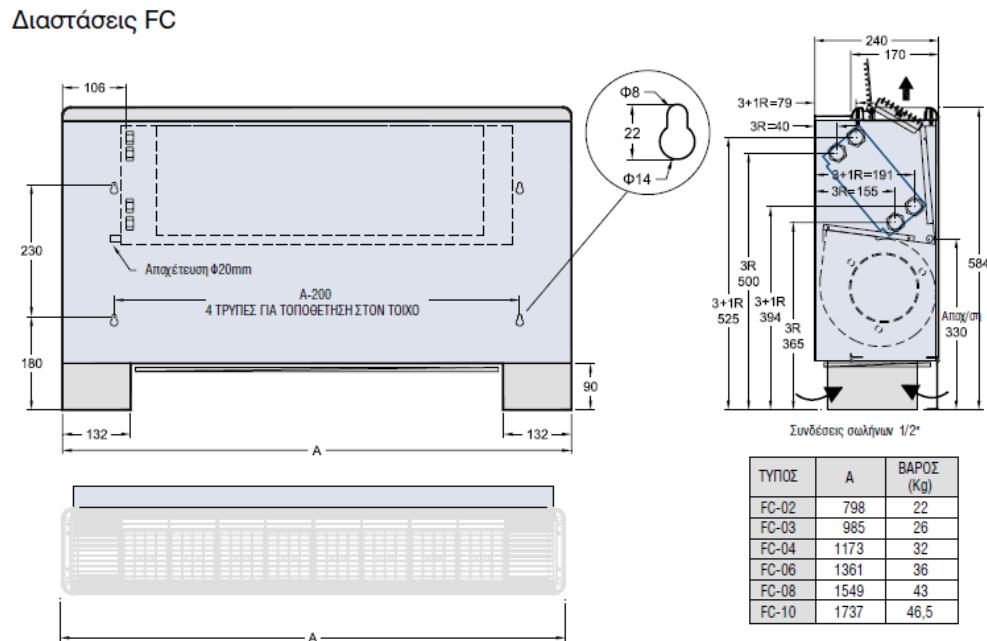


Σχήμα 7.1: Κλιματιστική μονάδα Fan Coil της εταιρίας Interklima.
(www.interklima.gr)

Το συγκεκριμένο μοντέλο της εταιρίας ανήκει στην κατηγορία FC-Δαπέδου για φανερή τοποθέτηση. Η συσκευή διαθέτει περσίδες τετραπλής κατεύθυνσης του αέρα, διακόπτη τριών ταχυτήτων, θερμοστάτη βολβού και διακόπτη χειμώνα-θέρους. Η συσκευή στηρίζεται σε διπλά πόδια (εσωτερικά και εξωτερικά) ή αναρτάται στον τοίχο με τη βοήθεια ειδικών υποδοχών. Βάσει των θερμικών φορτίων επιλέχθηκαν τα κατάλληλα κλιματιστικά από το κατάλογο της Interklima με θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου $T_{\Xi\Theta} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Τέλος η θερμοκρασία εισόδου του νερού θα είναι 50 °C και η διαφορά θερμοκρασίας του νερού θα είναι $\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

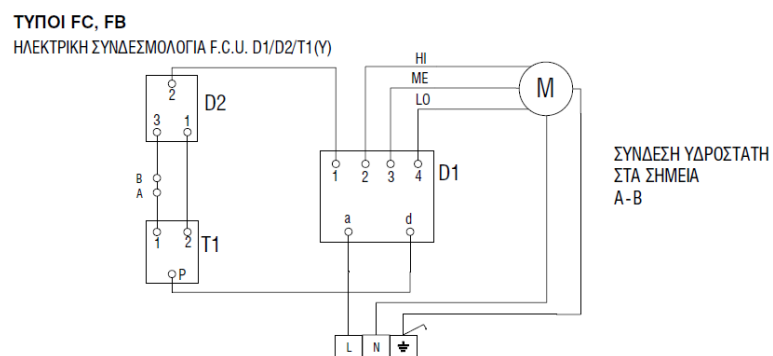
Οι διαστάσεις του μοντέλου FC δίνονται από το παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.2).



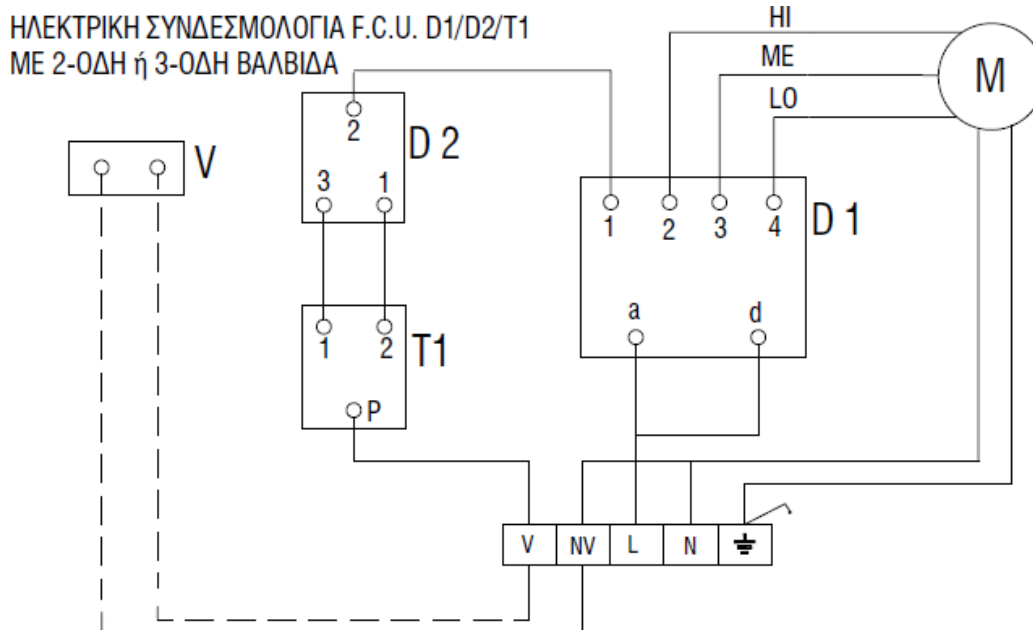
Σχήμα 7.2: Διαστάσεις μοντέλου FC της εταιρίας Interklima.

(www.interklima.gr)

Η ηλεκτρολογική σύνδεση των κλιματιστικών μονάδων δίνεται από τα παρακάτω ηλεκτρικά διαγράμματα (Σχήμα 7.3, Σχήμα 7.4, Σχήμα 7.5).

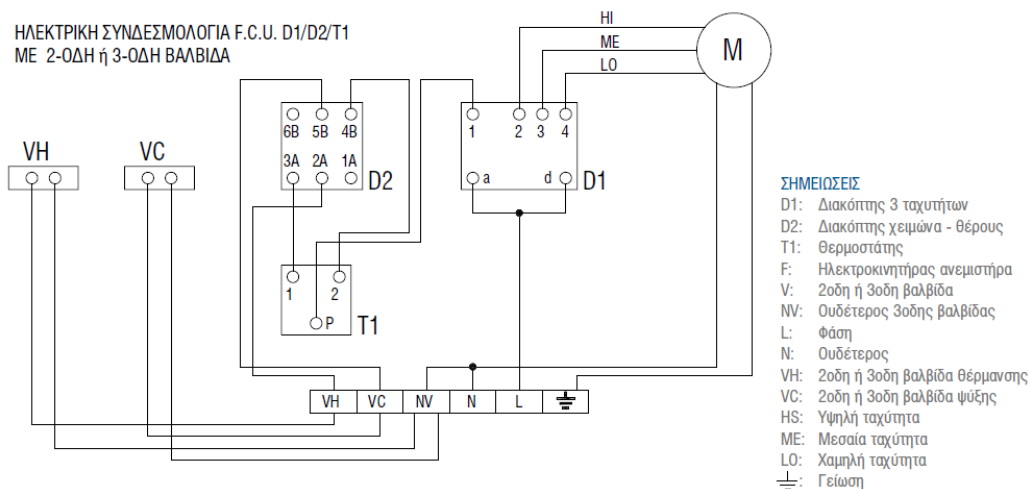


Σχήμα 7.3: Ηλεκτρική συνδεσμολογία FC. (www.interklima.gr)



Σχήμα 7.4: Ηλεκτρική συνδεσμολογία με 2-οδη ή 3-οδη βαλβίδα.

(www.interklima.gr)



Σχήμα 7.5: Ηλεκτρική συνδεσμολογία με 2-οδη ή 3-οδη βαλβίδα

(σημειώσεις). (www.interklima.gr)

7.2.2 Σωληνώσεις μεταφοράς νερού στο κύκλωμα του σπιτιού

Οι σωλήνες οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν στο κύκλωμα των Fan Coil μέσα στο κτίριο θα είναι της εταιρίας Talos της σειράς Ecutherm. Οι εργοστασιακά μονωμένοι χαλκοσωλήνες Talos Ecutherm, είναι προϊόν προηγμένης τεχνολογίας, υψηλής προστιθέμενης αξίας και υπερέρχουν

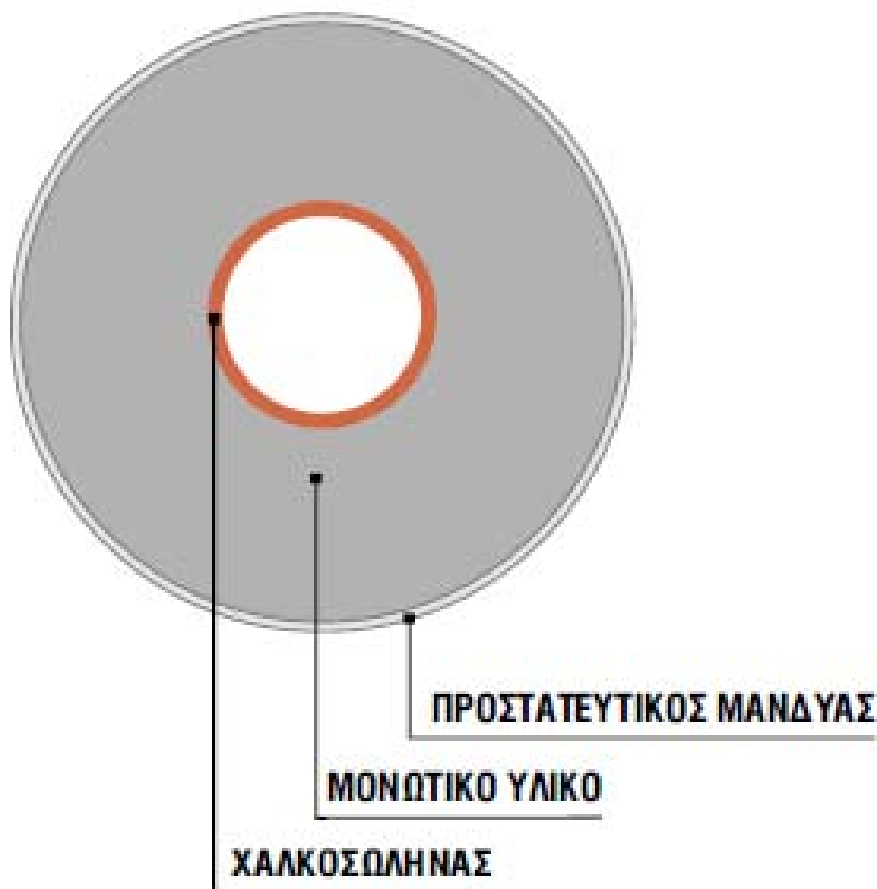
σημαντικά σε αποτελεσματικότητα συγκρινόμενοι με τους παραδοσιακούς τρόπους μόνωσης. Συνδυάζοντας τα μοναδικά πλεονεκτήματα αντοχής και διάρκειας του χαλκού με την εργοστασιακή μόνωση υψηλής απόδοσης προσφέρουν μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

Το μονωτικό υλικό των χαλκοσωλήνων Talos Ecutherm (PE-X) (Σχήμα 7.6 και Σχήμα 7.7) είναι προϊόν εξέλασης υψηλής ποιότητας πολυαιθυλενίου



Σχήμα 7.6: Χαλκοσωλήνας με μονωτικό υλικό (Talos χαλκοσωλήνες, Κτιριακές Υδραυλικές Εγκαταστάσεις, Τεχνικό Φυλλάδιο)

(PEF), κατάλληλα διογκωμένου και δικτυωμένου έτσι ώστε να σχηματίζονται κλειστού τύπου μικροκυψελίδες. Οι χρησιμοποιούμενες ύλες για την παραγωγή του διογκωμένου μονωτικού είναι χαμηλής πυκνότητας PEF χωρίς HCFC και ινώδη υλικά. Το δικτυωμένο μονωτικό υλικό καλύπτεται εξωτερικά από προστατευτικό μανδύα πολυαιθυλενίου, ο οποίος προσδίδει βελτιωμένα λειτουργικά και αισθητικά χαρακτηριστικά.



Σχήμα 7.7: Τομή χαλκοσωλήνα με μονωτικό υλικό (Talco χαλκοσωλήνες, Κτιριακές Υδραυλικές Εγκαταστάσεις, Τεχνικό Φυλλάδιο)

Οι κλειστού τύπου μικροκυψελίδες της μόνωσης σε συνδυασμό με τον προστατευτικό εξωτερικό μανδύα δημιουργούν ένα ενιαίο φράγμα αντίστασης προσδίδοντας τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά για κάθε εφαρμογή, όπως θέρμανση, κλιματισμό και ποικίλες υδραυλικές εγκαταστάσεις.

Οι χαλκοσωλήνες Talos Ecutherm ως προς τις μονωτικές ιδιότητες, την αντοχή στη φωτιά, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τις χημικές ιδιότητες, παράγονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές των περισσότερων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς σύμφωνα και με άλλες διεθνείς προδιαγραφές. Οι χαλκοσωλήνες έχουν χαμηλό συντελεστή λ που προσδίδει τη θερμική αγωγιμότητα και πολύ καλό συντελεστή μ που προσδίδει την αντίσταση στην διαπερατότητα υδρατμών και νερού.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά μόνωσης των σωληνώσεων παρατίθενται από τον παρακάτω Πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά μόνωσης (Talos χαλκοσωλήνες, Κτιριακές Υδραυλικές Εγκαταστάσεις, Τεχνικό Φυλλάδιο)

ΥΛΙΚΟ PEF	PE-X
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ, DIN 53420, ASTM D 1667	30-33 Kg/m ³
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ (λ) ΚΑΤΑ ASTM C 335	0,035 W/m-K
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΥΔΡΑΤΜΟΥΣ-ΝΕΡΟ (μ) ΚΑΤΑ DIN 52615	≥ 12.000
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	-80°C έως +110°C
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΦΩΤΙΑ	DIN 4102 B2, BS 476, NF P 92 501-M1
ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΤΑ ASTM 543-56 T	Πολύ καλή
ΗΧΟΜΟΝΩΣΗ ΚΑΤΑ DIN 4109:300-2500Hz	$\approx 60\%$

Οι διάμετροι των σωληνώσεων που θα χρησιμοποιηθούν στο κύκλωμα των Fan Coil είναι DN 28mm για τους κεντρικούς κλάδους και DN 15mm για τους δευτερεύοντες κλάδους. Βάση των παραπάνω επιλέγονται από τον κατάλογο της εταιρίας Talos για τους κεντρικούς κλάδους ευθύγραμμοι σκληροί σωλήνες όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.2 και για τους δευτερεύοντες κλάδους επιλέγονται ρόλοι μαλακοί όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.3.

Πίνακας 7.2: Ευθύγραμμοι σκληροί σωλήνες (Talco χαλκοσωλήνες, Κτιριακές Υδραυλικές Εγκαταστάσεις, Τεχνικό Φυλλάδιο)

Διάμετρος χ πάχος d x s (mm)	Εσωτερική διάμετρος d εσωτ. (mm)	Ονομαστικό βάρους χαλκού (kg/m)	Εξωτερική επιφάνεια (m ² /m)	Όγκος πλήρωσης (l/m)	Συσκευασία		Μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας (bar)
					Ευθύγραμμο μήκη	Τεμάχια ανά δέμα	
28x0,80	26,4	0,609	0,087	0,547	3μετρα	200	43
28x0,90	26,2	0,682	0,087	0,539	3μετρα	200	48
28x1,00	26,0	0,087	0,087	0,531	4μετρα	200	54
28x1,50	25,0	0,087	0,087	0,491	4μετρα	60	82
35x1,00	33,0	0,950	0,110	0,856	3μετρα	100	43
35x1,50	32,0	1,410	0,110	0,804	4μετρα	50	65
35x2,00	31,0	1,844	0,110	0,754	4μετρα	50	88
42x1,00	40,0	1,148	0,131	1,256	3μετρα	90	35
42x1,20	39,6	1,368	0,131	1,231	3μετ & 4μετ	90	43
42x1,50	39,0	1,700	0,131	1,193	4μετρα	40	54
54x1,00	52,0	1,484	0,170	2,123	3μετρα	60	27
54x1,20	51,6	1,771	0,170	2,090	3μετ & 4μετ	60	33
54x1,50	51,0	2,202	0,170	2,042	4μετρα	60	41
54x2,00	50,0	2,906	0,170	1,962	4μετρα	30	56
64x2,00	60,0	3,467	0,201	2,827	3μετρα	25	47
76,1x2,00	72,1	4,144	0,239	4,083	3μετρα	20	39
88,9x2,00	84,9	4,859	0,279	5,661	4μετρα	15	33
108x2,50	103,0	7,375	0,339	8,332	4μετρα	10	34

Πίνακας 7.3: Μαλακοί ρόλοι (Talco χαλκοσωλήνες, Κτιριακές Υδραυλικές Εγκαταστάσεις, Τεχνικό Φυλλάδιο)

Εξωτερική διάμετρος χαλκοσωλήνα	mm	6	8	10	12	15	16	18	22
Πάχος τοιχώματος χαλκοσωλήνα	mm	0,80	0,80	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ολική εξωτερική διάμετρος με μόνωση πάχους 9 mm	mm	24	26	28	30	33	34	36	40
Μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας	bar	142	102	80	84	66	61	54	44

7.2.3 Σωληνώσεις μεταφοράς νερού προς το υπεδάφιο κύκλωμα

Οι σωλήνες που θα τοποθετηθούν κάτω από το έδαφος, οι οποίες θα αποτελούν το υπόγειο εναλλάκτη, θα είναι της εταιρίας Trastic Enterprises LTD και θα αποτελούνται από Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας HDPE 3^{ης} γενιάς. Ανάλογα με τις συνθήκες πολυμερισμού προκύπτει μια ποικιλία πρώτης ύλης με

διαφορετική δομή και διαφορετικές ιδιότητες. Οι κυριότερες κατηγορίες PE είναι :

- Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας HDPE
- Πολυαιθυλένιο Μέσης Πυκνότητας MDPE
- Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας LDPE

Οι τρεις κατηγορίες PE σε κατάλληλες ποιότητες, χρώμα και «ανοιγμένη αντοχή» χρησιμοποιούνται από την «Trastic Enterprises LTD» για την παραγωγή αντίστοιχων σωλήνων για την εφαρμογή και τον σκοπό που προορίζονται, έτσι ώστε να υπερκαλύπτουν τις απαιτήσεις τόσο των Ελληνικών (ΕΛΟΤ), όσο και των Διεθνών (DIN – CEN – ISO) προδιαγραφών. Οι σωλήνες πολυαιθυλενίου συνδυάζουν εξαιρετικά πλεονεκτήματα όπως μικρή αντίσταση τριβής, άριστο συντελεστή υδραυλικότητας, μικρό βάρος με συνεπακόλουθες επιπτώσεις στο κόστος μεταφοράς και εγκατάστασης, αξιόλογη ευκαμψία, τεράστια αντοχή σε κρούση, καλύτερη συμπεριφορά στο υδραυλικό πλήγμα, άριστη αντοχή στις χημικές δράσεις κλπ.

Οι κατηγορίες των σωλήνων ανάλογα με τον σκοπό εφαρμογής που παράγει η «Trastic Enterprises LTD» φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.4: Κατηγορίες σωλήνων (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)

ΕΙΔΟΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΚΛΑΣΗ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
ΣΥΜΠΑΓΗΣ (Compact)	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΝΕΡΟΥ-ΑΕΡΙΟΥ	20-630	6-10-12,5 16-20-25 32 ATM	DIN 8074/8075 ή EN 12201 ή ISO /DIS 4427
ΣΥΜΠΑΓΗΣ (Compact)	ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ	110-630	2,5-3,2-4- 5-6-10 ATM	8074-8075 EN 12201 ISO/DIS 4427
ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΗΣ (Corrugated)	ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ - ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	110-500	2-4-6,3- 8- KN/m ²	ELOT 1169 DIN 16961
Ελικοειδής	ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗ	600-1500		ELOT 1169 DIN 16961 ISO 9971

Τα κυριότερα φυσικά χαρακτηριστικά δίνονται στον κατώτερο Πίνακα 7.5

Πίνακας 7.5: Φυσικά χαρακτηριστικά πλαστικών σωλήνων (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΜΟΝΑΔΑ	MDPE PE 80	HDPE PE 63	HDPE PE 80	HPPE PE 100
Ειδ. Πυκνότητα m ³	gr/cm ³	0,93- 0,941	>0,93	0,95- 0,965	0,95- 0,965
Μέτρο Ελαστικότητας 230 °C	MPa	1.000	1.200	1.200	1.300
Συντελεστής Γραμμικής Διαστολής	m/m °C	2X10 ⁻⁴	1,3X10 ⁻⁴	1,3X10 ⁻⁴	1,3X10 ⁻⁴
Θερμική Αγωγιμότητα	W/m °C	0,38	0,45	0,45	0,43

Οι σωλήνες PE έχουν τον μικρότερο συντελεστή τραχύτητας-τριβής (K=0.01 για εσωτερική διάμετρο μέχρι 200mm – K = 0.05 για μεγαλύτερες διαμέτρους) σε σχέση με όλα τα άλλα υλικά σωληνώσεων, (πλαστικά ή συμβατικά), με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν τις μικρότερες υδραυλικές και αντίστοιχα ενεργειακές απώλειες. Επιπρόσθετα, οι σωλήνες PE παρουσιάζουν τις λιγότερες εσωτερικές εναποθέσεις-επικαθήσεις αλάτων από όλα τα άλλα είδη σωλήνων, πράγμα που έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας που κατά κανόνα τα νερά είναι αποθετικά έως έντονα αποθετικά.

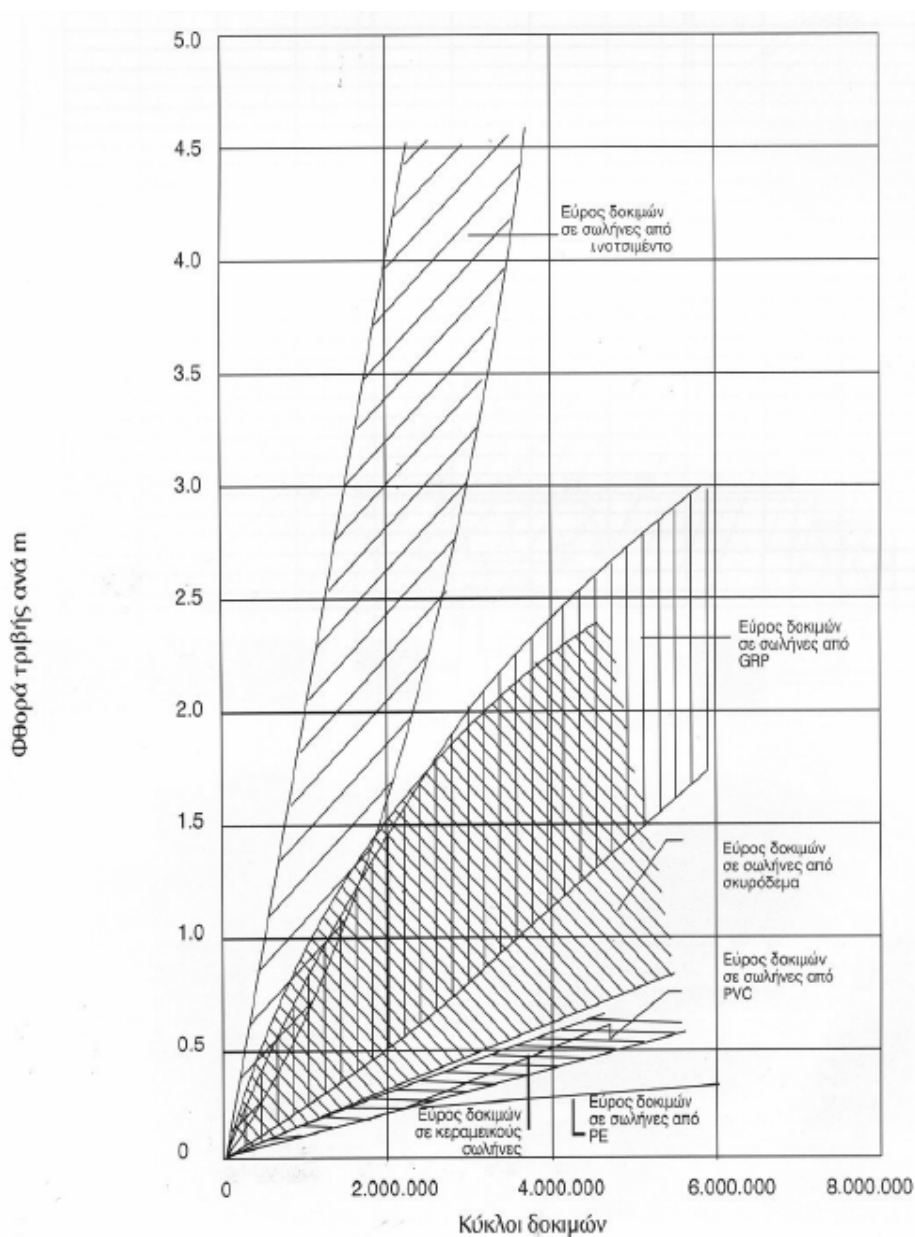
Οι σωλήνες πολυαιθυλενίου παρουσιάζουν την μεγαλύτερη αντοχή σε απόβρωση από όλα τα είδη σωληνώσεων (πλαστικά ή συμβατικά). Στο Διάγραμμα 7.1, δίνονται τα αποτελέσματα δοκιμών φθοράς σε απόβρωση σε σωλήνες διαφόρων υλικών κατά Darmstalt.

Η ιδιότητα αυτή έχει τεράστια πρακτική σημασία σε περιπτώσεις μεταφοράς ρευστών με υψηλή περιεκτικότητα φερτής ύλης (άμμο, λίθους, στερεά κατάλοιπα αποβλήτων κλπ.), όπου όλα σχεδόν τα συμβατικά υλικά ή είναι τελείως ακατάλληλα ή καταστρέφονται ταχύτατα.

Οι σωλήνες πολυαιθυλενίου έχουν πολύ μεγάλη αντοχή σε κρούση, γι' αυτό δεν προβλέπεται σε καμία γνωστή προδιαγραφή δοκιμή κρούσης. Η

ιδιότητα αυτή έχει τεράστια σημασία στην πρακτική εφαρμογή τόσο κατά τον χειρισμό, όσο και κατά την εγκατάσταση και κυρίως κατά την επίχωση των σωλήνων όπου, σε σωλήνες άλλων υλικών, προκαλούνται είτε εμφανείς, είτε αφανείς ρηγματώσεις με σοβαρότατες επιπτώσεις στο κόστος και στην λειτουργία του δικτύου.

Διάγραμμα 7.1: Αποτελέσματα δοκιμών φθοράς σε απόβρωση (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)



Η μεγάλη ακαμψία που χαρακτηρίζει τους σωλήνες πολυαιθυλενίου έχει σαν αποτέλεσμα την εύκολη και γρήγορη εγκατάστασή τους, την παράκαμψη εμποδίων και την παρακολούθηση καμπυλών με αντίστοιχη μείωση των απαιτούμενων ειδικών τεμαχίων σύνδεσης ακόμη και σε δύσκολα και ιδιόμορφα εδάφη. Κυρίως όμως λόγω της ιδιότητας αυτής οι σωλήνες πολυαιθυλενίου παρουσιάζουν άριστη συμπεριφορά σε περιοχές με ασταθή εδάφη, σε περιπτώσεις εδαφικών καθιζήσεων αλλά και κυρίως έναντι του σεισμού, φαινόμενο σύνηθες στη χώρα μας με την γνωστή υψηλή σεισμικότητα. Στους Πίνακες 7.6 και 7.7 φαίνεται η καμπτική ικανότητα του σωλήνα σε σχέση με τον λόγο της ονομαστικής διαμέτρου προς το πάχος του (SDR), καθώς και με την θερμοκρασία.

Πίνακας 7.6: Καμπτική ικανότητα του σωλήνα σε σχέση με την ονομαστική διάμετρο. (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)

SDR	Ακτίνα κάμψης R σε πολλαπλάσιο της d.
41	50d
33	40d
26	30d
17	20d
11	20d
7,4	20d

Πίνακας 7.7: Καμπτική ικανότητα του σωλήνα σε σχέση με την θερμοκρασία. (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)

Θερμοκρασία	PN10	PN6	PN4
20°	=20d	=30d	=45d
10°	=35d	=45d	=60d
0°	=50d	=60d	=75d

Στον Πίνακα 7.8 δίνεται η μείωση της ονομαστικής πίεσης λειτουργίας ενός σωλήνα PE σε σχέση με το χρόνο ζωής των σωλήνων και την θερμοκρασία λειτουργίας.

Οι σωλήνες πολυαιθυλενίου έχουν γενικά άριστη συμπεριφορά και υψηλή αντοχή σε μεγάλο αριθμό χημικών ουσιών. Στον Πίνακα 7.9 δίνεται η συμπεριφορά του πολυαιθυλενίου σε διάφορες χημικές ουσίες και σε διάφορες συγκεντρώσεις και θερμοκρασίες.

Πίνακας 7.8: Μείωση της ονομαστικής πίεσης λειτουργίας σε σχέση με το χρόνο ζωής και θερμοκρασίας. (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)

Θερμοκρασία (°C)	Έτη λειτουργίας	1	2	3	4	5	6
		PN 2.5	PN 3.2	PN 4	PN 6	PN 10	PN 16
		Επιτρεπτή πίεση λειτουργίας					
10	1	3.4	4.3	5.4	8	13.7	21.4
	5	3.2	4.1	5.1	7.7	12.8	20.5
	10	3.2	4	5	7.6	12.6	20.2
	25	3.1	3.9	4.9	7.3	12.2	19.5
	50	3	3.8	4.8	7.2	12	19.2
20	1	2.9	3.6	4.6	6.8	11.4	18.2
	5	2.7	3.5	4.3	6.5	10.8	17.3
	10	2.7	3.4	4.2	6.4	10.6	17
	25	2.6	3.3	4.2	6.2	10.4	16.6
	50	2.5	3.2	4	6	10	16
30	1	2.5	3.1	3.9	5.9	9.8	15.7
	5	2.4	3	3.8	5.6	9.4	15
	10	2.3	2.9	3.7	5.5	9.2	14.7
	25	2	2.5	3.1	4.7	7.8	12.5
	50	1.7	2.2	2.7	4.1	6.8	10.9
40	1	2.1	2.7	3.4	5	8	13.4
	5	1.8	2.3	2.9	4.3	7.2	11.5
	10	1.6	2	2.5	3.7	6.2	9.9
	25	1.3	1.7	2.1	3.1	5.2	8.3
	50	1.2	1.5	1.8	2.8	4.6	7.4
50	1	1.7	2.2	2.7	4.1	6.8	10.9
	5	1.2	1.5	1.9	2.9	4.8	7.7
	10	1.1	1.3	1.7	2.5	4.2	6.7
	15	1	1.3	1.6	2.4	4	6.4
60	1	1.2	1.5	1.9	2.9	4.8	7.7
	5	-	1.1	1.4	2	3.4	5.4
70	1	-	1	1.3	1.9	3.2	5.1

Πίνακας 7.9: Συμπεριφορά PE σε διάφορες χημικές ουσίες. (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)

ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)		
			20	40	60
Αέρια απαγωγής περιέχονται		LDPE	---	---	---
διοξείδιο άνθρακος		HDPE	---	---	---
διοξείδιο θείου	χ.σ.	LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
θειικό οξύ		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
μονοξειδίο άνθρακος		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
νιτρώδεις ατμού	ίχνη	LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
υδροφθόριο	ίχνη	LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
υδροχλώριο		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
λιθέρια ελαία		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Αιθυλική αλκαόλη	96%	LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Ακετόνη	100%	LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Ακετόνη	ίχνη	LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Άλμη κεκορεσμένη		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Αμμωνία αέρια		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Αμμωνία υγρή	100%	LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Άμυλο		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Ανθρακικό νάτριο		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Βενζίνη		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Βενζόλιο		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Βόρακας		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Βορικό κάλιο	υ.δ. 1%	LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Βορικό οξύ		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Βουτανόλη		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Βρωμιούχο κάλιο		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Γαλακτικό οξύ		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Γλυκερίνη		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Γλυκόζη		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Δεξτρίνη	υ.δ.κ. 18%	LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---
Διαιθυλαθέρας		LDPE	---	---	---
		HDPE	---	---	---

Πίνακας 7.9: συνέχεια

ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)		
			20	40	60
Διθειάνθρακας		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Διθειώδες νάτριο	α.υ.δ.	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Διοξειδίο άνθρακος		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Διοξειδίο θείου		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Διχλωροαιθάνιο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Διχλωροαιθυλένιο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Διχρωμικό κάλιο	υ.δ. 40%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Έλαια ζωικά-φυτικά		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Έλαια μετασχηματιστών		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Θειικά άλατα διαφ. μετάλλων		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Θεικό οξύ	υ.δ. 40%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Θεικό οξύ	98%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Θεικό οξύ	ατμίζον	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Θειώδες οξύ		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Καυστικό κάλιο (ποτάσσα)		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Καυστικό νάτριο (σόδα)		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Κετόνες		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Κιτρικό οξύ		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Λιπαρά οξέα		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Μεθανόλη		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Μελάσσα		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Μπύρα		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Μυρμηγκικό οξύ		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Νάφθα		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Ναφθαλίνη		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Νιτρικά άλατα διαφ. μετάλλων		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Νιτρικό οξύ	υ.δ. 25%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Νιτρικό οξύ	υ.δ. 50%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Νιτροβενζόλιο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Νιτρώδεις ατμοί		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-

Πίνακας 7.9: συνέχεια

ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)		
			20	40	60
Όζον		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Οξεικό οξύ	α.δ. 10%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Οξεικό οξύ	υ.δ. 100%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Οξεικός αιθυλεστέρας		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Οξεικός ανυδρίτης		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Όξος εμπορίου		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Ορυκτέλαια		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Ουρία	υ.δ. 33%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Παραφινέλαιο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Πετρελαϊκός αιθέρας		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Πετρέλαιο αργό		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Πετρέλαιο ντήζελ		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Προπανάλη		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Προπυλενογλυκόζη		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Πυριτικό νάτριο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Στεατικό οξύ		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Στυπτηρίες		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Ταννικό οξύ	υ.δ. 10%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Τερεβινθέλαιο (νέφτι)		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Τετραχλωράνθρακας		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Τετραχλωροαιθάνιο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Τολουόλιο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Τριχλωριούχος σίδηρος		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Τριχλωροαιθυλένιο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Τρυγικό οξύ		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Υδράργυρος		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Υδροβρώμιο	50%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Υδρογόνο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Υδρόθειο		LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-
Υδροχλωρικό οξύ	υ.δ. 36%	LDPE	-	-	-
		HDPE	-	-	-

Πίνακας 7.9: συνέχεια

ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)		
			20	40	60
Υδροχλώριο αέριο, ξηρό ή υγρό		LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Υπερμαγγανικό κάλιο	υ.δ.κ.	LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Υπεροξειδίο υδρογόνου	υ.δ. 30%	LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Υπεροξειδίο υδρογόνου	υ.δ. 90%	LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Υπερχλωρικό οξύ	υ.δ. 20%	LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Υποχλωριώδες ασβέστιο		LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Υποχλωριώδες νάτριο (χλωρίνη)		LDPE	-	-	-
		HDPE	—	—	—
Φαινόλη		LDPE	-	-	-
		HDPE	—	—	—
Φορμαλδεύδη	υ.δ. 40%	LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Φοσφωρικό οξύ	υ.δ. 25%	LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Φοσφωρικό οξύ	υ.δ. 50%	LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Φοσφωρικό οξύ	υ.δ. 85%	LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Φωτογρ. γαλακτωμ. στερεωτ.		LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Χλώριο αέριο ξηρό		LDPE	-	-	-
		HDPE	—	—	—
Χλωριοξεικό οξύ		LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Χλωριούχα άλατα διαφ. μετάλλων		LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Χλωριούχο μεθυλένιο		LDPE	—	—	—
		HDPE	-	-	-
Χλωριώδες νάτριο	υ.δ. 50%	LDPE	-	-	-
		HDPE	—	—	—
Χλωροφόρμιο		LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Χρωμικό οξύ	υ.δ. 50%	LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—
Χυμοί φρούτων		LDPE	—	—	—
		HDPE	—	—	—

————— : Αντοχή Πλήρης
 — — — — — : αντοχή περιορισμένη
 καμία ένδειξη : δεν συνίσταται
 - : δεν υπάρχουν στοιχεία
 υ.δ : υδατικό διάλυμα
 υ.δ.κ. : υδατικό διάλυμα κεκορεσμένο
 χ.σ : χαμηλή συγκέντρωση

Η εταιρία Trastic Enterprises παράγει τους σωλήνες PE όπου οι διαστάσεις, η πίεση λειτουργίας και το πεδίο εφαρμογής τους φαίνεται στον Πίνακα 7.10 που ακολουθεί, όπου καλύπτουν όλες τις κλάσεις και τους τύπους που συνήθως απαιτούνται τόσο κατά DIN 8074/807, όσο και κατά EN 12201-2.

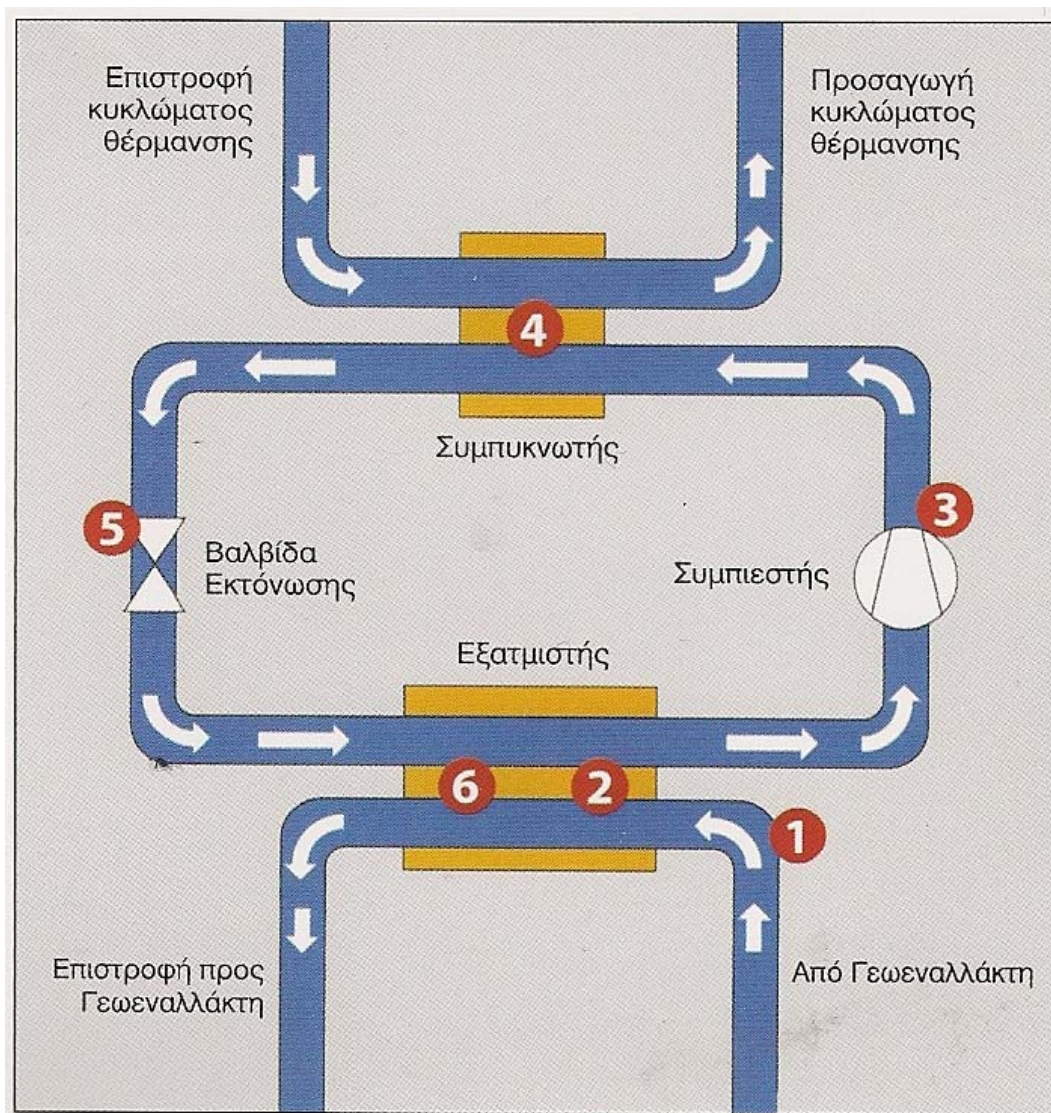
Πίνακας 7.10: Σωλήνες υπόγειων δικτύων νερού από PE 3^{ης} γενιάς (σ 80, MRS 10, RE 100) κατά EN 12201-2. (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)

Πίεση λειτουργίας atm	PN 10		PN 12,5		PN 16		PN 20		PN 25		PN 32	
	Πάχος τοιχώματος	Βάρος	Πάχος τοιχώματος	Βάρος	Πάχος τοιχώματος	Βάρος	Πάχος τοιχώματος	Βάρος	Πάχος τοιχώματος	Βάρος	Πάχος τοιχώματος	Βάρος
mm	Mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m
16							2.0	0.08	2.3	0.10	3.0	0.12
20					2.0	0.11	2.3	0.13	3.0	0.16	3.4	0.17
25			2.0	0.14	2.3	0.15	3.0	0.20	3.5	0.23	4.2	0.27
32	2.0	0.19	2.4	0.22	3.0	0.27	3.6	0.32	4.4	0.38	5.4	0.44
40	2.4	0.28	3.0	0.35	3.7	0.42	4.5	0.50	5.5	0.59	6.7	0.69
50	3.0	0.44	3.7	0.54	4.6	0.65	5.6	0.77	6.9	0.92	8.3	1.08
63	3.8	0.70	4.7	0.86	5.8	1.04	7.1	1.24	8.6	1.46	10.5	1.71
75	4.5	1.00	5.6	1.22	6.8	1.45	8.4	1.75	10.3	2.07	12.5	2.42
90	5.4	1.44	6.7	1.75	8.2	2.10	10.1	2.52	12.3	2.97	15.0	3.49
110	6.6	2.14	8.1	2.59	10.0	3.11	12.3	3.74	15.1	4.45	18.3	5.20
125	7.4	2.73	9.2	3.34	11.4	4.04	14.0	4.84	17.1	5.73	20.8	6.70
140	8.3	3.43	10.3	4.18	12.7	5.05	15.7	6.07	19.2	7.2	23.3	8.41
160	9.5	4.47	11.8	5.45	14.6	6.61	17.9	7.90	21.9	9.37	26.6	11.0
180	10.7	5.66	13.3	6.92	16.4	8.36	20.1	9.99	24.6	11.8	29.9	13.9
200	11.9	6.98	14.7	8.49	18.2	10.3	22.4	12.4	27.4	14.7	33.2	17.1
225	13.4	8.86	16.6	10.8	20.5	13.0	25.2	15.6	30.8	18.5	37.4	21.7
250	14.8	10.9	18.4	13.3	22.7	16.0	27.9	19.2	34.2	22.9	41.5	26.7
315	18.7	17.3	23.2	21.1	28.6	25.5	35.2	30.6	43.1	36.3	52.3	42.5
355	21.1	22.0	26.1	26.7	32.2	32.3	39.7	38.8	48.5	46.0		
400	23.7	27.8	29.4	33.9	36.3	41.0	44.7	49.3	54.7	58.5		
450	26.7	35.2	33.1	43.0	40.9	52.0	50.3	62.4	61.5	74.0		
500	29.7	43.5	36.8	53.0	45.4	64.1	55.8	76.8				
560	33.2	54.5	41.2	66.5	50.8	80.3						
630	37.4	69.0	46.3	84.0	57.2	101.8						

7.2.4 Αντλία θερμότητας Νερού-Νερού

Η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας η οποία θα χρησιμοποιηθεί στο κτίριο θα είναι της εταιρίας **Waterfurnace**. Το μοντέλο της αντλίας θερμότητας επιλέχθηκε από το λογισμικό Ground Loop Design και είναι της σειράς **Versatec V060W**. Η συγκεκριμένη αντλία θερμότητας είναι τύπου Νερού-Νερού.

Η αρχή λειτουργίας της ΓΑΘ είναι η εξής (Σχήμα 7.8):



Σχήμα 7.8: Αρχή λειτουργίας ΓΑΘ (Χ. Αθανάσιος, Συστήματα Γεωθερμίας Ergon, Ενημερωτικό φυλλάδιο)

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

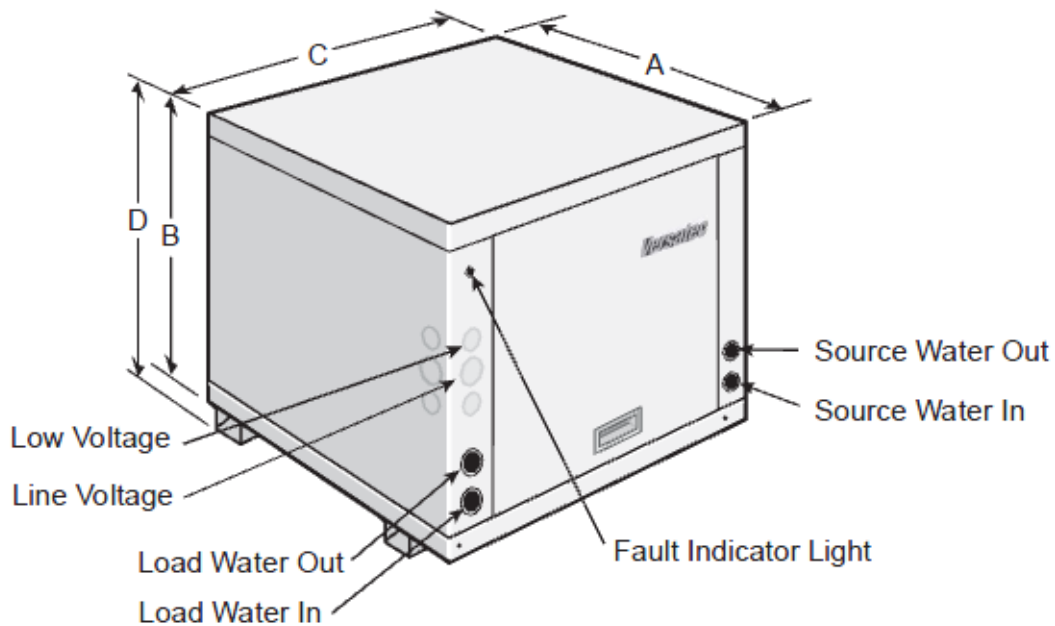
Η αντλία θερμότητας Νερού-Νερού φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.9).



Σχήμα 7.9 Γεωθερμική αντλία θερμότητας Waterfurnace – Versatec/V060W
(Waterfurnace, Versatec Water to Water Heat Pumps, Installation Manual)

Οι διαστάσεις της αντλίας θερμότητας φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.10)

Physical Dimensions



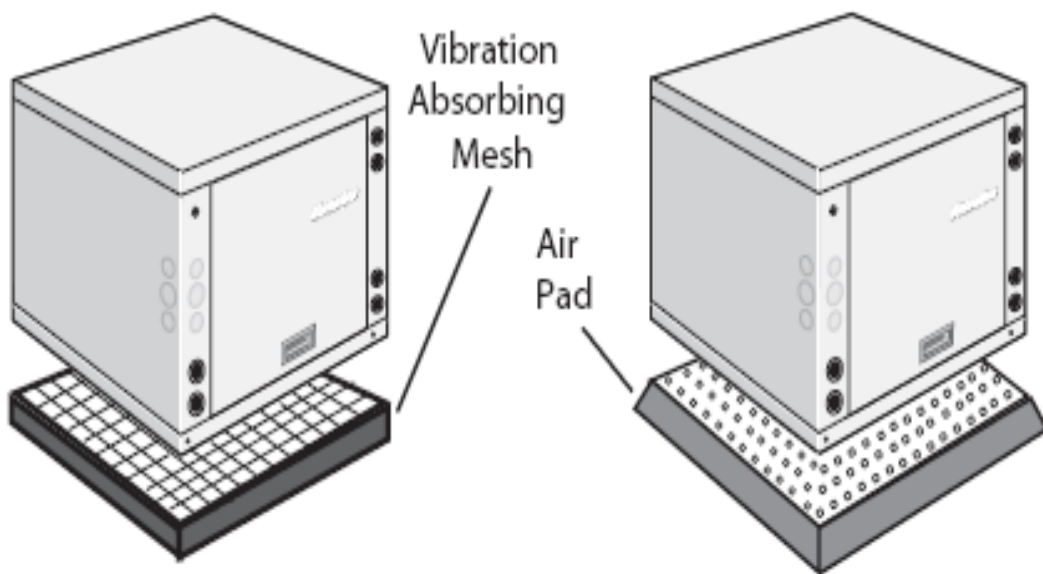
MODEL	A	B	C	D	Water Connections	
					Load	Source
V036W	30.5 [77.5]	23.5 [59.7]	30.5 [77.5]	- -	0.75 [1.9]	0.75 [1.9]
V060W	30.5 [77.5]	23.5 [59.7]	30.5 [77.5]	- -	1 [2.54]	1 [2.54]
V080W	30 [76.2]	23.5 [59.7]	37.75 [95.9]	24.25 [61.6]	1.25 [3.2]	1.25 [3.2]
V120W	30 [76.2]	23.5 [59.7]	37.75 [95.9]	24.25 [61.6]	1.25 [3.2]	1.25 [3.2]

Σχήμα 7.10: Διαστάσεις Αντλίας Θερμότητας. Όλες οι διαστάσεις δίνονται σε ίντσες (cm). (Waterfurnace, Versatec Water to Water Heat Pumps, Installation Manual)

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας πρέπει να τοποθετηθεί σε μια μαλακή βάση τέτοια ώστε να απορροφά τους κραδασμούς της μονάδας κατά τη

λειτουργία της και όχι απευθείας στο έδαφος. Η επιφάνεια της βάσης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια της αντλίας θερμότητας διότι θα πρέπει να υπάρχει σταθερότητα αυτής όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.11).

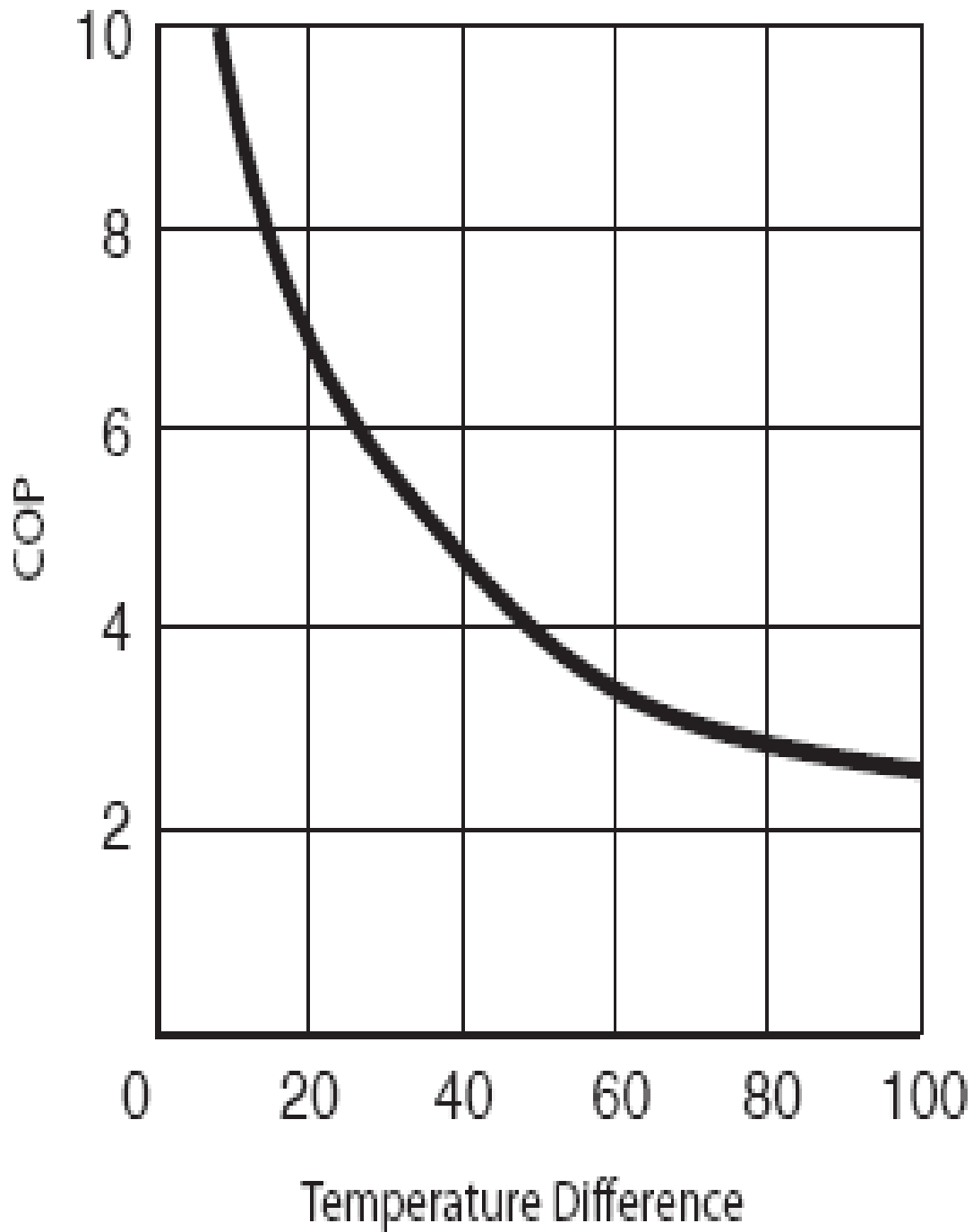
Figure 1: Unit Mounting



Σχήμα 7.11: Υπόδειξη στήριξης της αντλίας θερμότητας. (Waterfurnace, Versatec Water to Water Heat Pumps, Installation Manual)

Ο συντελεστής απόδοσης ή επιτευξιμότητας COP της αντλίας θερμότητας μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τη διαφορά θερμοκρασίας ΔT . Αν π.χ. στην αντλία θερμότητας προσάγεται νερό από το υπεδάφιο κύκλωμα των σωληνώσεων στους 32°F (0°C) και η αντλία θερμότητας πρέπει να προσάγει το νερό στο δίκτυο σωληνώσεων του κτιρίου στους 130°F (54.4°C) τότε η διαφορά θερμοκρασίας $\Delta T = 98^{\circ}\text{F}$ (54.4°C) και ο $\text{COP} = 2.5$. Αν μεταβάλλουμε την ΔT στους 60°F ο COP μεταβάλλεται στο 3.8, έχουμε δηλαδή

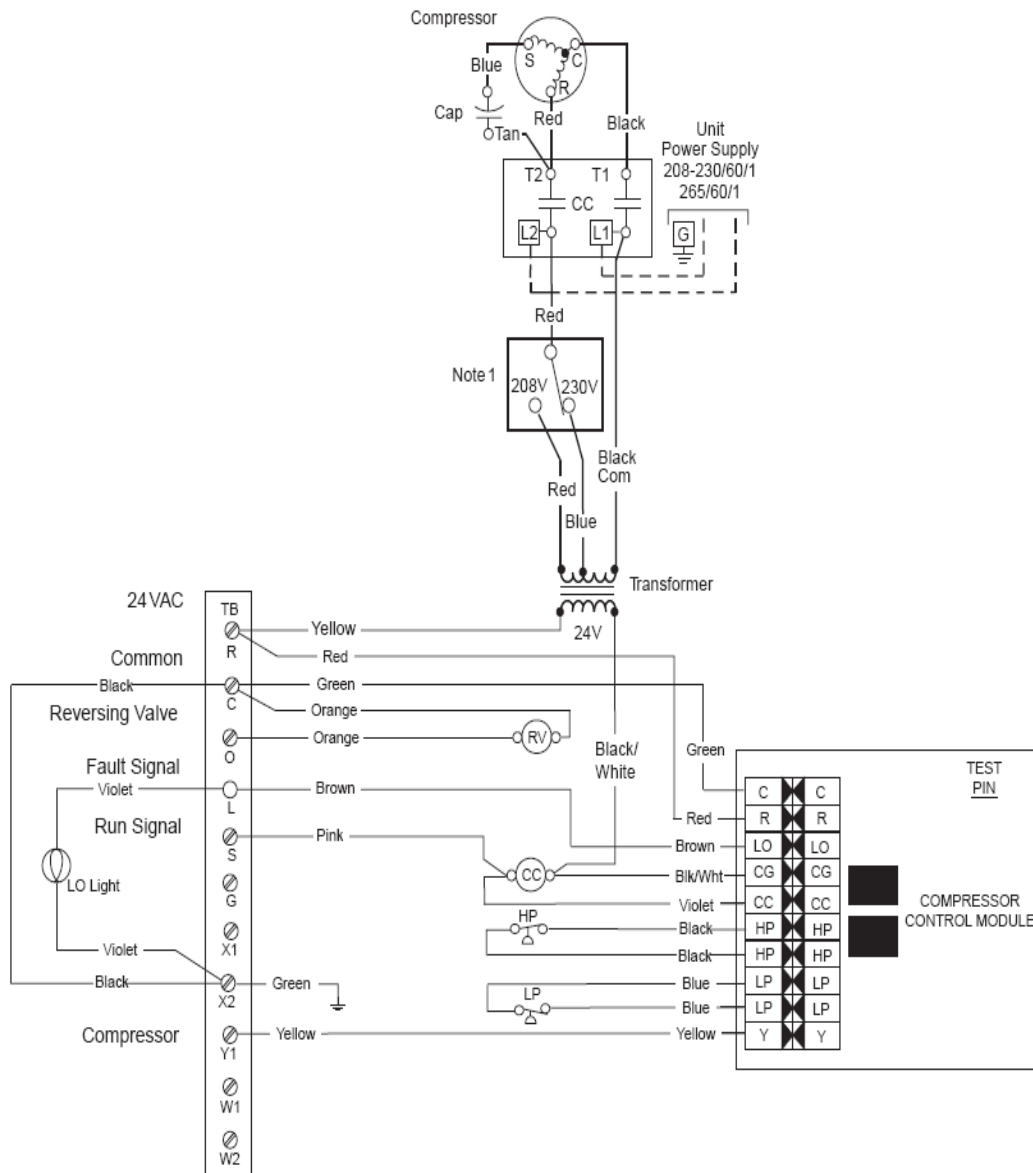
μα αύξηση του COP άνω του 50%. Η σχέση του COP ως προς τη διαφορά θερμοκρασίας ΔT φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.12).



Σχήμα 7.12: Διάγραμμα COP συναρτήσει της διαφοράς θερμοκρασίας ΔT .
(Waterfurnace, Versatec Water to Water Heat Pumps, Installation Manual)

Η ηλεκτρολογική σύνδεση της αντλίας θερμότητας δίνεται από το παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.13).

Versatec Series Water-to-Water - 208-230/60/1
97P641-16 8/21/02



Σχήμα 7.13: Ηλεκτρολογική σύνδεση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.
 (Waterfurnace, Versatec Water to Water Heat Pumps, Installation Manual)

7.2.5 Κυκλοφορητής

Ο κυκλοφορητής ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για την κυκλοφορία του νερού στους διάφορους κλάδους των σωληνώσεων στο κύκλωμα των Fan Coil θα είναι της εταιρίας WILO της σειράς Star RS 30/7 όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.14. Ο κυκλοφορητής ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για την κυκλοφορία του νερού στο υπεδάφιο κύκλωμα θα είναι της εταιρίας WILO της σειράς Cronoline-IL όπου το σχήμα του και τα χαρακτηριστικά του αναφέρονται στο Υποκεφάλαιο 5.3.4.



Σχήμα 7.14: Κυκλοφορητής Wilo Star Rs (www.wilo.gr)

Ο κυκλοφορητής Wilo Star RS είναι κυκλοφορητής υγρού ρότορα με βιδωτή σύνδεση όπως επίσης και προεπιλέξιμες βαθμίδες στροφών για προσαρμογή της απόδοσης. Οι ιδιαιτερότητες και τα πλεονεκτήματά του παρατίθενται παρακάτω.

- Ενδείκνυται για κάθε τρόπο τοποθέτησης με οριζόντιο άξονα. Κουτί ακροδεκτών σε θέση 3-6-9-12 του ρολογιού.
- Τρεις προεπιλέξιμες βαθμίδες στροφών για προσαρμογή του φορτίου.
- Απλή και ασφαλής συναρμολόγηση χάρη στην πρακτική θέση του κλειδιού στο κέλυφος της αντλίας.
- Απλοποιημένη ηλεκτρική εγκατάσταση χάρη στο ηλεκτρικό κουτί με αφαιρούμενη και αμφίπλευρα αξιοποιήσιμη σύνδεση καλωδίου. Γρήγορη σύνδεση με ακροδέκτες ελατηρίου.

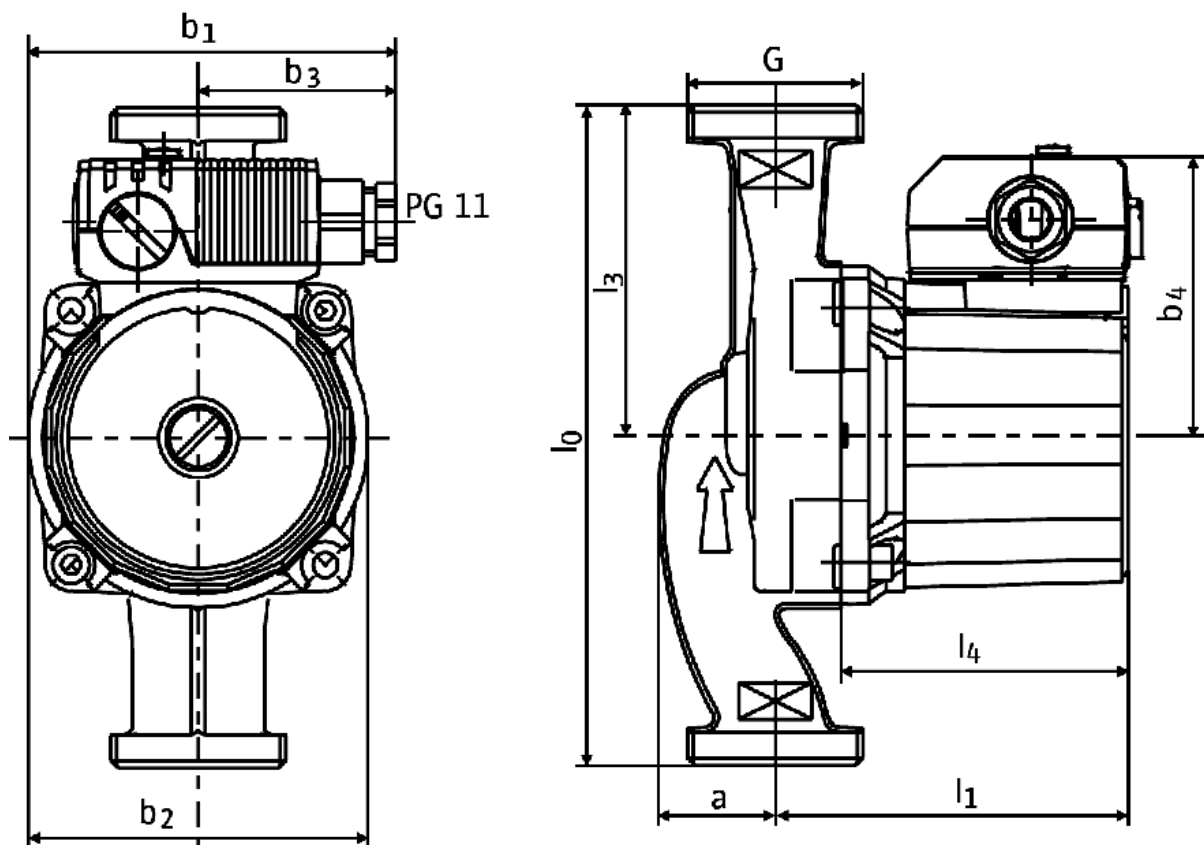
Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

- Επιτρεπόμενο εύρος θερμοκρασίας -10°C έως $+110^{\circ}\text{C}$.
- Ηλεκτρική σύνδεση 1~230 V, 50 Hz
- Βαθμός προστασίας IP 54
- Σύνδεση με ρακόρ Rp $\frac{1}{2}$, Rp 1 ή Rp 1 $\frac{1}{4}$
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας 10 Bar

Τα υλικά κατασκευής του κυκλοφορητή είναι τα εξής:

- Κέλυφος αντλίας : Χυτοσίδηρος
- Πτερωτή : Συνθετικό υλικό
- Άξονας : Ανοξείδωτος χάλυβας
- Έδρανα : Άνθρακας εμποτισμένος με μέταλλο

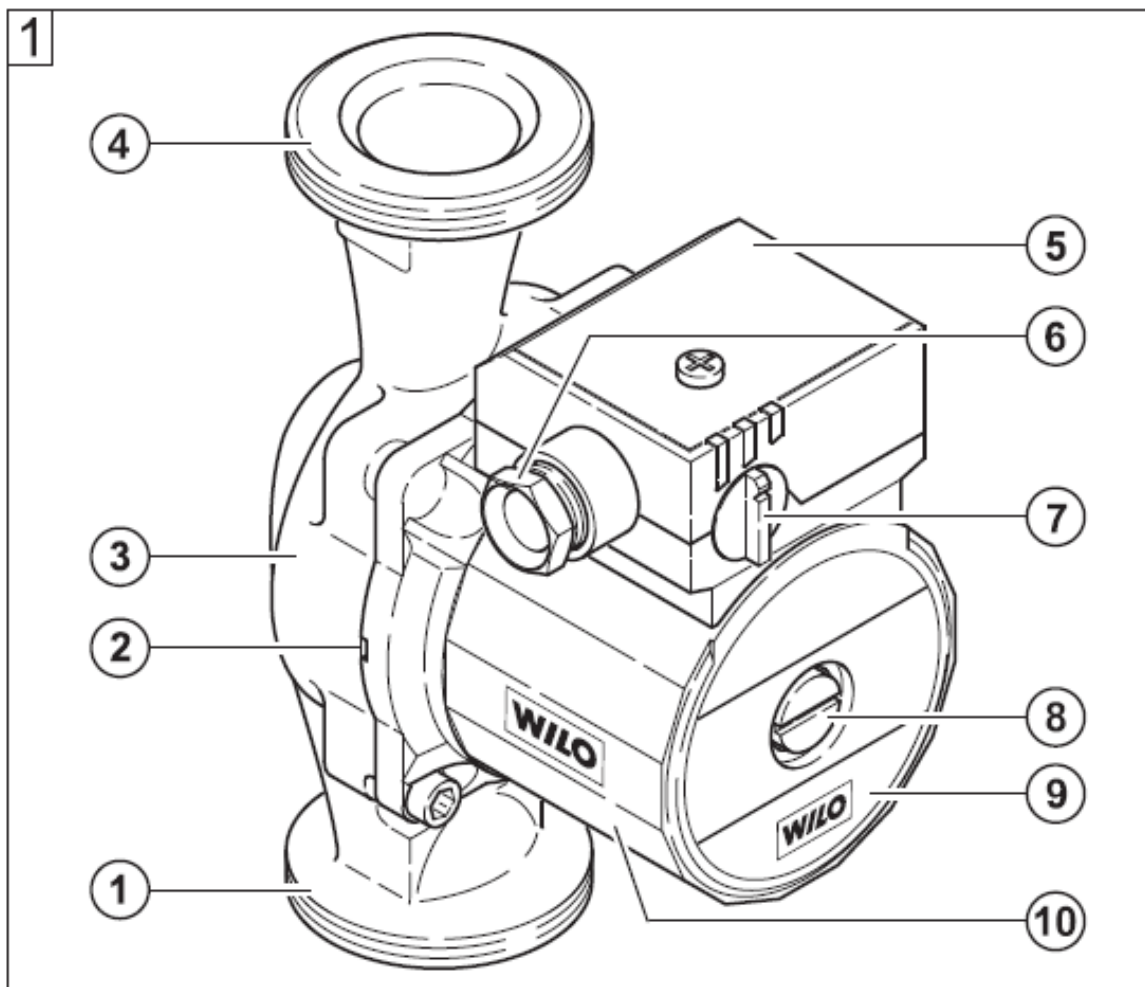
Οι διαστάσεις του κυκλοφορητή φαίνονται στο παρακάτω Σχήμα 7.15



Διαστάσεις [mm]	
a	32
b1	101
b2	93,5
b3	54
b4	79
l4	91
l0	180
l1	109
l3	90
l4	91

Σχήμα 7.15: Διαστάσεις κυκλοφορητή Wilo Star RS (www.wilo.gr)

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.16) φαίνεται αναλυτικότερα τα επιμέρους τμήματα του κυκλοφορητή.



Επεξηγήσεις εννοιών (εικόνα 1)

- 1 Στόμιο αναρρόφησης
- 2 Αποκομιδή συμπυκνωμάτων
- 3 Κέλυφος κυκλοφορητή
- 4 Στόμιο κατάθλιψης
- 9 Πινακίδα
- 5 Κιβώτιο ηλεκτρικών συνδέσεων
- 6 Εισαγωγή καλωδίου
- 7 Διακόπτης στροφών
- 8 Εξαέρωση
- 8 Εξαέρωση
- 10 Κέλυφος κινητήρα

Σχήμα 7.16: Επιμέρους τμήματα κυκλοφορητή (www.wilo.gr)

7.2.6 Διακόπτης ροής

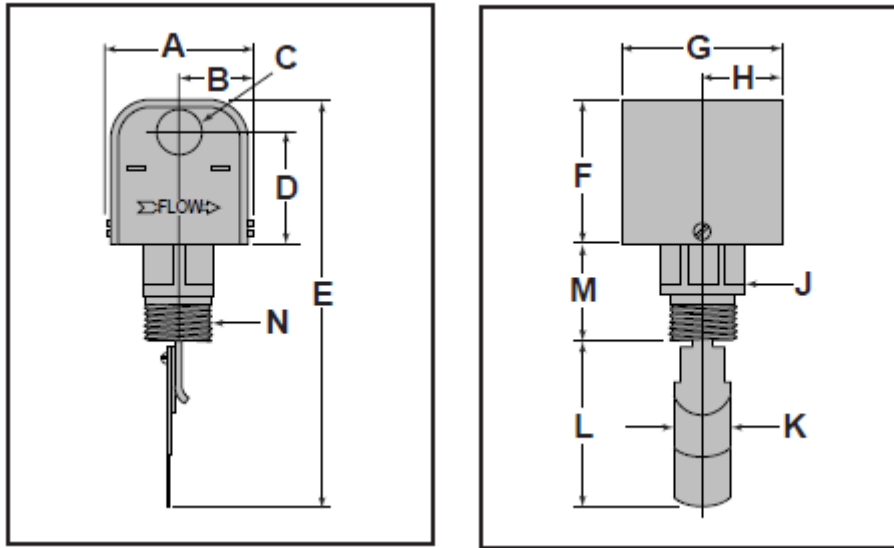
Ο διακόπτης ροής που θα χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα των Fan Coil θα είναι της εταιρίας McDonnell & Miller. Η αρχή λειτουργίας του είναι η εξής : Ο διακόπτης ροής νερού είναι εφοδιασμένος με ένα μεταλλικό έλασμα τοποθετημένο στη ροή του νερού. Όταν υπάρχει ροή νερού η κίνηση του ελάσματος κλείνει μια ηλεκτρική επαφή. Όταν διακοπεί η ροή νερού η παραπάνω ηλεκτρική επαφή ανοίγει. Τέλος ο διακόπτης ροής συνδέεται με το κύκλωμα αυτοματισμού του ψύκτη για να τον προστατεύει έναντι έλλειψης ροής νερού.

Ο διακόπτης ροής υγρού απεικονίζεται σχηματικά από το παρακάτω Σχήμα 7.17.



Σχήμα 7.17: Ηλεκτρομαγνητικός διακόπτης ροής υγρού (www.cryssafidis.com)

Οι διαστάσεις του διακόπτη ροής υγρού φαίνονται από το παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.18).



Dimensions, in. (mm)

A	B	C	D	E	F	G
3 (76)	1½ (38)	7/8 (22)	27/32 (56)	87/16 (211)	215/16 (75)	33/8 (86)

H	J	K	L	M	N
111/16 (43)	17/16 (37)	17/8 (29)	37/16 (87)	27/16 (52)	NPT 1

Σχήμα 7.18: Διαστάσεις σε in. (mm) (www.cryssafidis.com)

7.2.7 Θερμόμετρο

Το θερμόμετρο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα των Fan Coil θα είναι της εταιρίας Pintossi+c (Σχήμα 7.19). Σκοπός του είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού το οποίο θα προσάγεται στο κύκλωμα των Fan Coil μέσα στο κτίριο.



Σχήμα 7.19: Θερμόμετρο αποστάσεως κυκλικό (Tiemme Reccorderie, Τιμοκατάλογος Προϊόντων 2008, Τιμοκατάλογος)

7.2.8 Μειωτής πίεσης

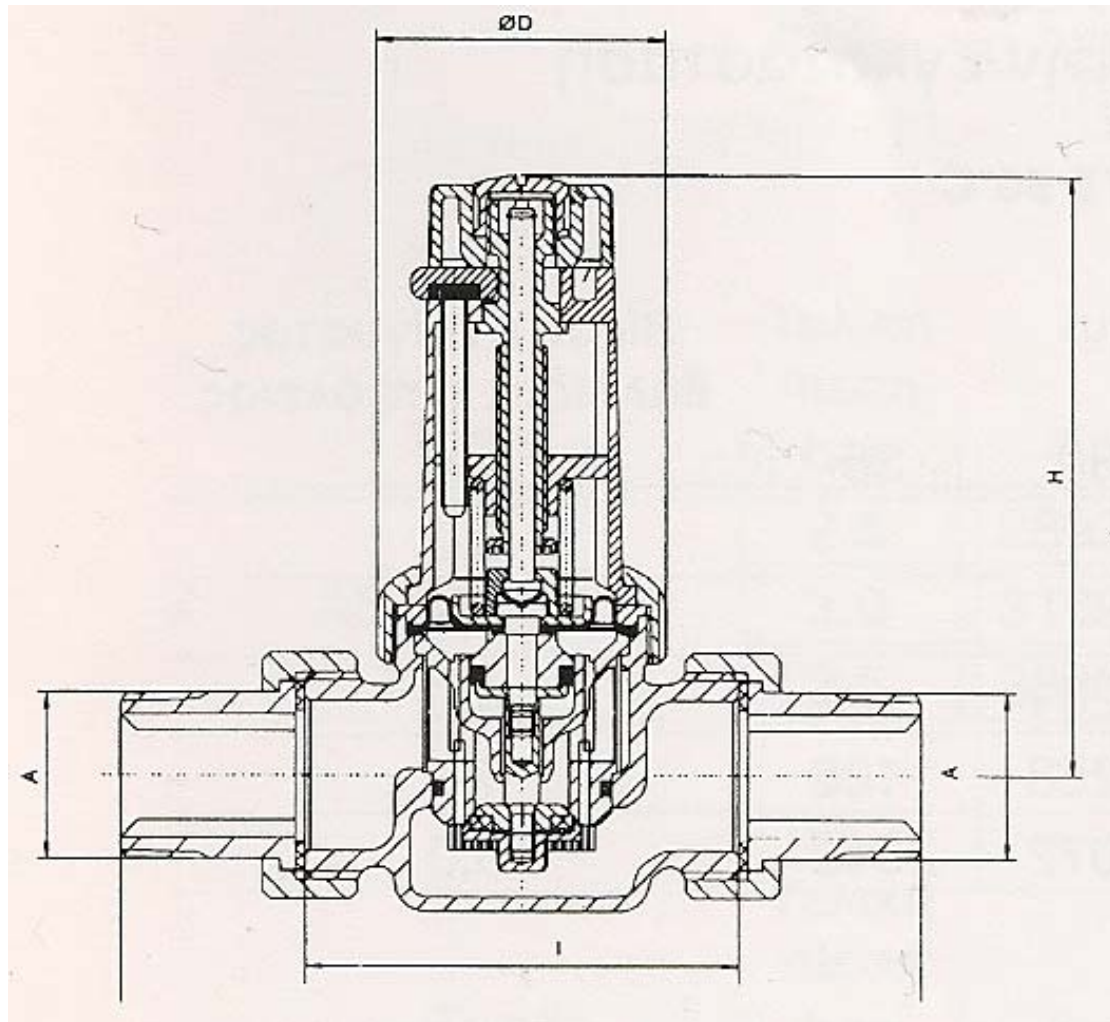
Ο μειωτής πίεσης νερού (αυτόματος πλήρωσης) που θα χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα των Fan Coil θα είναι της εταιρίας SYR (Σχήμα 7.20). Ο αυτόματος πλήρωσης χρησιμεύει για απλοποίηση της πλήρωσης των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης και ειδικά των εγκαταστάσεων με κλειστό δοχείο διαστολής.

Ο αυτόματος πλήρωσης προσαρμόζεται απευθείας στο σύστημα θέρμανσης. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση και εύκαμπτος σωλήνας. Η πίεση του αυτόματου πλήρωσης ρυθμίζεται περίπου 0.2-0.7 bar πάνω από την στατική πίεση της εγκατάστασης. Όταν προκύψει αυτή η πίεση, κλείνουμε τον αυτόματο πλήρωσης και παρεμποδίζεται έτσι μια ανεξέλεγκτη και απαγορευμένη αύξηση της πίεσης στην εγκατάσταση θέρμανσης και επομένως αποκλείεται το άνοιγμα της βαλβίδας ασφαλείας. Η βαλβίδα αντεπιστροφής, που είναι ενσωματωμένη στον αυτόματο πλήρωσης, παρεμποδίζει την επιστροφή του νερού της εγκατάστασης θέρμανσης προς το δίκτυο πόλης στην περίπτωση που η πίεση του δικτύου πόλης γίνει μικρότερη από την πίεση της εγκατάστασης θέρμανσης.



Σχήμα 7.20: Αυτόματος πλήρωσης (Reflex, Μειωτής Πίεσης Νερού, Τεχνικό Φυλλάδιο)

Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.21) φαίνεται σχηματικά σε τομή ο αυτόματος πλήρωσης όπως επίσης και οι διαστάσεις του.



	A	d [mm]	Μέγιστη παροχή για εγκαταστάσεις κατά DIN 1988		DVGW	L [mm]	L1 [mm]	I [mm]	H [mm]	ØD [mm]
			Κατοικίες [m ³ /h]	Συν. εγκ/σεις [m ³ /h]						
DN 15	G½	15	1,8	1,8	0992	132	106	75	123	58
DN 20	G¾	22	2,9	3,3	0993	143	117	75	123	58
DN 25	G1	28	4,7	5,4	0994	161	135	87	121	58
DN 32	G 1¼	35	7,2	8,6	0550	190	170	105	121	74
DN 40	G 1½	42	8,3	13,7	0848V	220	205	130	188	80(SW)
DN 50	G 2	54	13	21,2	0849V	255	240	140	184	80(SW)

Σχήμα 7.21: Αυτόματος πλήρωσης σε τομή (Reflex, Μειωτής Πίεσης Νερού, Τεχνικό Φυλλάδιο)

7.2.9 Μανόμετρο

Τα μανόμετρα που θα χρησιμοποιηθούν στο κύκλωμα των Fan Coil θα είναι της εταιρίας Tiemme Raccorderie όπου σκοπό έχουν την ένδειξη της πίεσης του κυκλώματος. Τα μανόμετρα θα είναι ακτινικά με κλίμακα 0-6 bar όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.22.



Σχήμα 7.22: Ακτινικό μανόμετρο (Tiemme Raccorderie, Τιμοκατάλογος Προϊόντων 2008, Τιμοκατάλογος)

7.2.10 Φίλτρο νερού

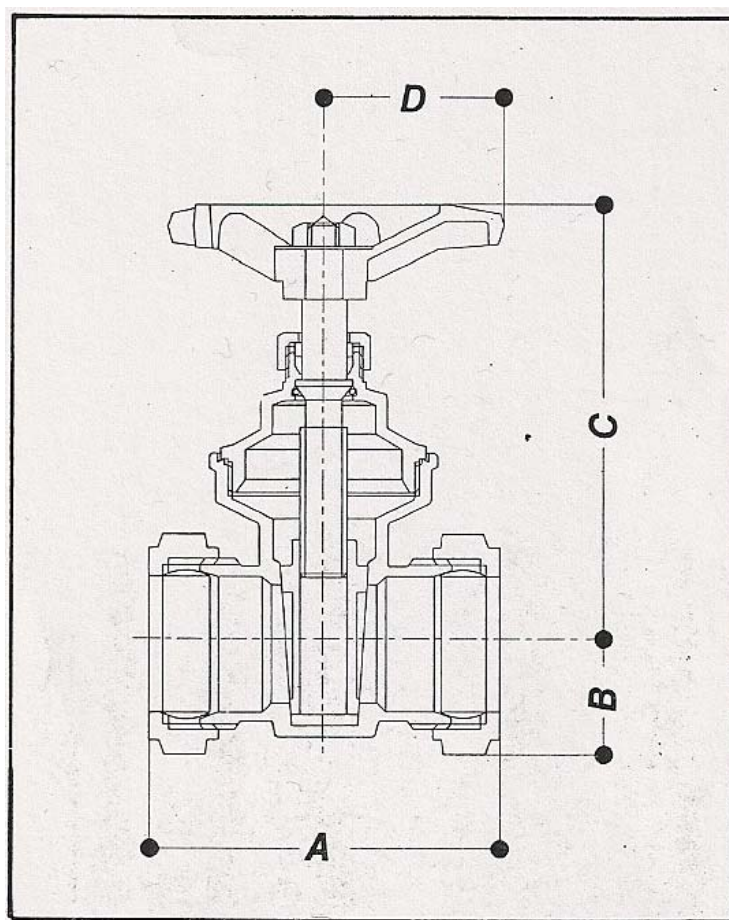
Τα φίλτρα νερού που θα χρησιμοποιηθούν στο κύκλωμα των Fan Coil (Σχήμα 7.23) θα είναι της εταιρίας Tiemme Raccorderie, όπου σκοπό έχουν να φιλτράρουν το νερό το οποίο μπορεί να έχει τυχόν μικρά σωματίδια όπως π.χ. κόκκους άμμου κτλ., έτσι ώστε να μην προκληθεί καμία ζημιά στο κύκλωμα από τυχόν εισροή βρωμιών π.χ. κατά την είσοδο του νερού μέσα στον κυκλοφορητή. Τα φίλτρα νερού τα οποία θα χρησιμοποιηθούν θα έχουν ικανότητα φιλτραρίσματος 100μ με μέγιστη πίεση λειτουργίας 25 bar και μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας 95 °C.



Σχήμα 7.23: Φίλτρο νερού (Tiemme Raccorderie, Τιμοκατάλογος Προϊόντων 2008, Τιμοκατάλογος)

7.2.11 Βάνα συρταρωτή

Οι συρταρωτές βάνες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στο κύκλωμα των Fan Coil θα είναι της εταιρίας UMB όπου σκοπό έχουν την αποκοπή του δικτύου σε τυχόν βλάβη αυτού και αντικατάσταση ενός εξαρτήματος από το δίκτυο. Οι βάνες θα είναι χειροκίνητες όπου η θερμοκρασία λειτουργίας τους είναι από $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Παρακάτω στο Σχήμα 7.24 φαίνεται η συρταρωτή βάνα σε τομή.



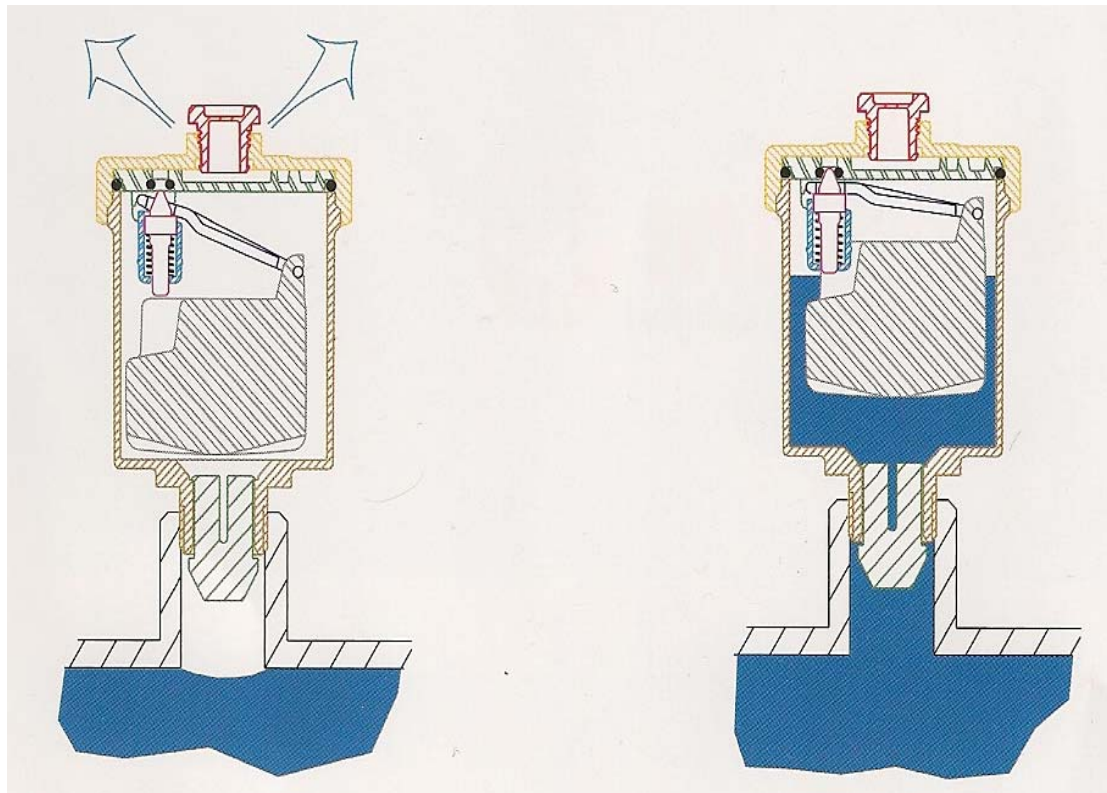
	A	B	C	D
15	58	12	69	29,5
22	68	16	79	36
28	70	19	94	36

Σχήμα 7.24: Χειροκίνητη βάνα συρταρωτή σε τομή (www.cryssafidis.com)

7.2.12 Αυτόματο εξαεριστικό

Στα κλειστά συστήματα θέρμανσης, κατά την διάρκεια λειτουργίας τους, παράγονται διάφορα αέρια μείγματα από αέρα, υδρογόνο, οξυγόνο που αν δεν αποβληθούν επιφέρουν κακή λειτουργία. Οι πιο ενοχλητικές επιπτώσεις είναι ο θόρυβος της εγκατάστασης, προβλήματα κυκλοφορίας του νερού, που επιφέρουν ανισσοροπίες στην θέρμανση των χώρων, καθώς και οξείδωση και γήρανση των σωληνώσεων και των εξαρτημάτων. Για την λύση των παραπάνω προβλημάτων χρησιμοποιείται η αυτόματη βαλβίδα εξαερισμού.

Οι αυτόματες βαλβίδες εξαερισμού οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στο κύκλωμα των Fan Coil θα είναι της εταιρίας Giacomini της σειράς R99. Η λειτουργία της βαλβίδας αυτόματου εξαερισμού (Σχήμα 7.25) είναι πολύ απλή και βασίζεται στο αξίωμα της άνωσης των βυθισμένων σωμάτων σε ένα υγρό.



Σχήμα 7.25: Αρχή λειτουργίας αυτόματης βαλβίδας εξαερισμού (Giacomini, Αυτόματη βαλβίδα εξαερισμού, Τεχνικό Φυλλάδιο)

Όταν στο βαρελάκι της βαλβίδας δεν υπάρχει συσσωρευμένος αέρας, το φλοτέρ είναι σε υπερυψωμένη θέση και διαμέσου του μηχανισμού κρατάει το βελονοειδές κλείστρο, κλειστό. Όταν υπάρχει συσσωρευμένος αέρας μέσα στο βαρελάκι, το χαμήλωμα του φλοτέρ, επιφέρει το άνοιγμα του κλείστρου και επομένως την εκκένωση, που διαρκεί έως την επαναφορά στις αρχικές συνθήκες. Στη φάση γεμίσματος της εγκατάστασης, αφού δεν υπάρχει νερό στο βαρελάκι, το φλοτέρ βρίσκεται εντελώς χαμηλά επιτρέποντας έτσι στον αέρα να διαφεύγει γρήγορα.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αυτόματης βαλβίδας εξαερισμού, η αυτόματη βαλβίδα εξαερισμού (Σχήμα 7.26) όπως επίσης και το διάγραμμα της παροχής αέρα εκκένωσης σε λίτρα ανά ώρα σε κανονικές συνθήκες σε σχέση με την σχετική πίεση της εγκατάστασης εκφρασμένης σε bar (Σχήμα 7.27), φαίνονται παρακάτω.

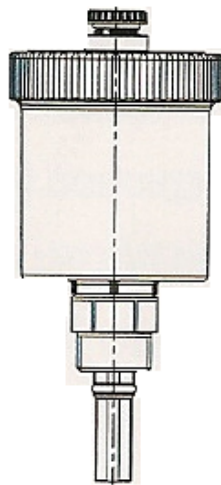
Τεχνικά στοιχεία

Ονομαστική πίεση λειτουργίας 0,7 Mpa (7 bar)

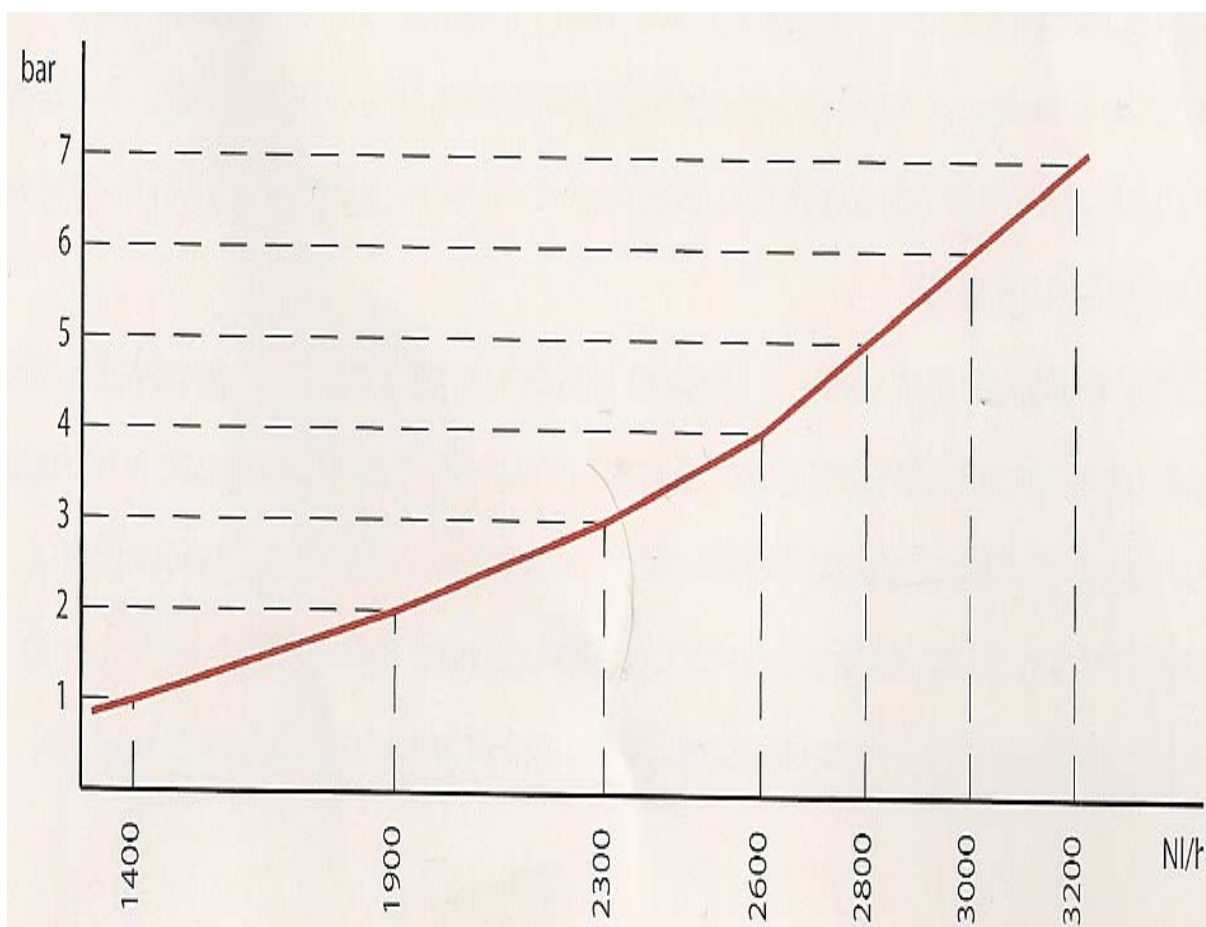
Μέγιστη πίεση δοκιμής 1,4 Mpa (14 bar)

Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας 120°C

Ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας -10°C



Σχήμα 7.26: Αυτόματη βαλβίδα εξαερισμού (Giacomini, Αυτόματη βαλβίδα εξαερισμού, Τεχνικό Φυλλάδιο)



Σχήμα 7.27 Παροχή αέρα εκκένωσης σε λίτρα ανά ώρα σε κανονικές συνθήκες σε σχέση με την σχετική πίεση της εγκατάστασης εκφρασμένης σε bar.

(Giacomini, Αυτόματη βαλβίδα εξαερισμού, Τεχνικό Φυλλάδιο)

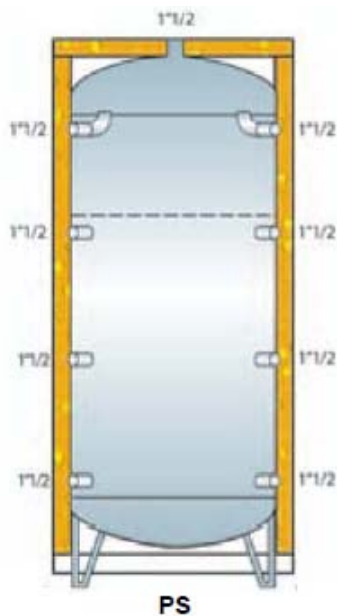
7.2.13 Δοχείο αδρανείας

Το δοχείο αδρανείας το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα των Fan Coil θα είναι της εταιρίας SICC της σειράς PS 500 lt (Σχήμα 7.28). Το δοχείο αδρανείας PS είναι δοχείο για την αποθήκευση ζεστού νερού για συστήματα θέρμανσης και έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί με λέβητα, αντλία θερμότητας, εξωτερικό εναλλάκτη ή οποιαδήποτε άλλη εξωτερική πηγή παραγωγής ζεστού νερού. Το δοχείο αδρανείας PS διαθέτει μόνωση από υψηλής ποιότητας σκληρή πολυουρεθάνη πάχους 70mm για ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών.



Σχήμα 7.28: Δοχείο αδρανείας PS (SICC, Δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού για συστήματα θέρμανσης, Τεχνικό Φυλλάδιο)

Οι διαστάσεις του δοχείου αδρανείας φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7.29).



ΤΥΠΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ (PSR)	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	
		ΔΙΑΜ. mm	ΥΨΟΣ mm
500	2,30	650	1.895
800	3,00	790	1.990
1.000	2,30	790	2.190
1.500	3,00	950	2.500
2.000	-	1.100	2.550

Σχήμα 7.29: Διαστάσεις δοχείου αδρανείας PS (SICC, Δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού για συστήματα θέρμανσης, Τεχνικό Φυλλάδιο)

7.2.14 Δοχείο διαστολής

Το δοχείο διαστολής το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στο κύκλωμα των Fan Coil θα είναι της εταιρίας Reflex της σειράς N κλειστού τύπου (Σχήμα 7.30). Σκοπός του δοχείου διαστολής είναι η παραλαβή των διαστολών του νερού λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του. Επίσης, σε περίπτωση που το δίκτυο θέρμανσης για κάποιο λόγο μείνει χωρίς νερό, αναλαμβάνει να συμπληρώσει με το περιεχόμενό του.



Σχήμα 7.30: Κλειστό δοχείο διαστολής Reflex N (Reflex Winkelmann, Δοχείο Διαστολής, Τεχνικό Φυλλάδιο)

Τα δοχεία διαστολής διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες: ανοιχτού τύπου και κλειστού τύπου. Στην πλειοψηφία των σύγχρονων κατασκευών έχει επικρατήσει η τοποθέτηση κλειστών δοχείων διαστολής λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν. Τα δοχεία αυτά χωρίζονται σε δυο μέρη από μια κατάλληλη μεμβράνη. Στον έναν χώρο βρίσκεται αέριο (άζωτο) κατάλληλης πίεσης ενώ στον άλλο εισέρχεται το νερό το οποίο διαστέλλεται. Στο επάνω μέρος του δοχείου υπάρχει βαλβίδα από την οποία μπορούμε να αυξήσουμε την πίεση του αερίου που βρίσκεται μέσα στο δοχείο. Εάν η μεμβράνη που διαχωρίζει τους δυο θαλάμους έχει διαρροή, το δοχείο

καθίσταται ανενεργό και θα πρέπει να αλλαχθεί. Αυτό όμως μπορεί εύκολα να ελεγχθεί εφόσον ανοίξουμε στιγμιαία την βαλβίδα του δοχείου. Εάν εκρεύσει νερό, η μεμβράνη έχει καταστραφεί. Ο έλεγχος αυτός δεν πρέπει να γίνεται συνεχώς και αλόγιστα καθώς σταδιακά η πίεση του αερίου θα μειωθεί και το δοχείο θα καταστεί αναποτελεσματικό.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7.11) φαίνονται οι διαστάσεις και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κλειστού δοχείου διαστολής. Για τις ανάγκες τις εγκατάστασης θα επιλεγεί κλειστό δοχείο διαστολής Reflex N χωρητικότητας 18 λίτρων όπως επίσης και κλειστό δοχείο διαστολής Reflex N χωρητικότητας 12 λίτρων για το υπεδάφιο κύκλωμα.

Πίνακας 7.11: Τεχνικά χαρακτηριστικά δοχείου διαστολής (Reflex Winkelmann, Δοχείο Διαστολής, Τεχνικό Φυλλάδιο)

Όγκος δοχείου (λίτρα)	Πίεση Λειτουργίας max (bar)	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)			Βάρος kg
		σύνδεση	διάμετρος	ύψος	
N 12	3	R 3/4	272	315	2,6
N 18	3	R 3/4	308	360	3,5
N 25	3	R 3/4	308	480	4,6
N 35	3	R 3/4	376	465	5,4
N 50	6	R 3/4	441	495	12,5
N 80	6	R 1"	512	570	17,0
N 100	6	R 1"	512	680	20,5
N 140	6	R 1"	512	890	28,6
N 200	6	R 1"	634	785	36,7
N 250	6	R 1"	634	915	45,0
N 300	6	R 1"	634	1085	52,0
N 400	6	R 1"	740	1075	65,0
N 500	6	R 1"	740	1295	79,0
N 600	6	R 1"	740	1530	85,0

7.3 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΠΕΔΑΦΙΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Για την τοποθέτηση των σωληνώσεων πολυαιθυλενίου για το υπεδάφιο κύκλωμα, αρχικά θα πρέπει να σκαφτούν 6 χαντάκια όπου το καθένα θα έχει βάθος 1.2 μέτρα, πλάτος 1 μέτρο και μήκος 21 μέτρα όπως επίσης το κάθε χαντάκι θα έχει απόσταση από το άλλο, 6 μέτρα.

Όπως έχει υπολογιστεί στο παραπάνω Κεφάλαιο 5.3, το μήκος της σωλήνας σε κάθε χαντάκι θα πρέπει να είναι ίσο με 272 μέτρα. Για λόγους εξοικονόμησης χώρου, η σωλήνα πολυαιθυλενίου θα διαμορφωθεί σε σπειροειδή διάταξη. Επειδή όμως, η σωλήνα πολυαιθυλενίου δεν διατίθεται στο εμπόριο σε σπειροειδή διάταξη, θα πρέπει εμείς να την διαμορφώσουμε κατάλληλα. Η σπειροειδής διάταξη της σωλήνας θα έχει διάμετρο 91cm με βήμα 25cm μέσα στο χαντάκι όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.31 και 7.32.



Σχήμα 7.31: Τοποθέτηση υπεδάφίων σωλήνων σε σπειροειδή διάταξη (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)

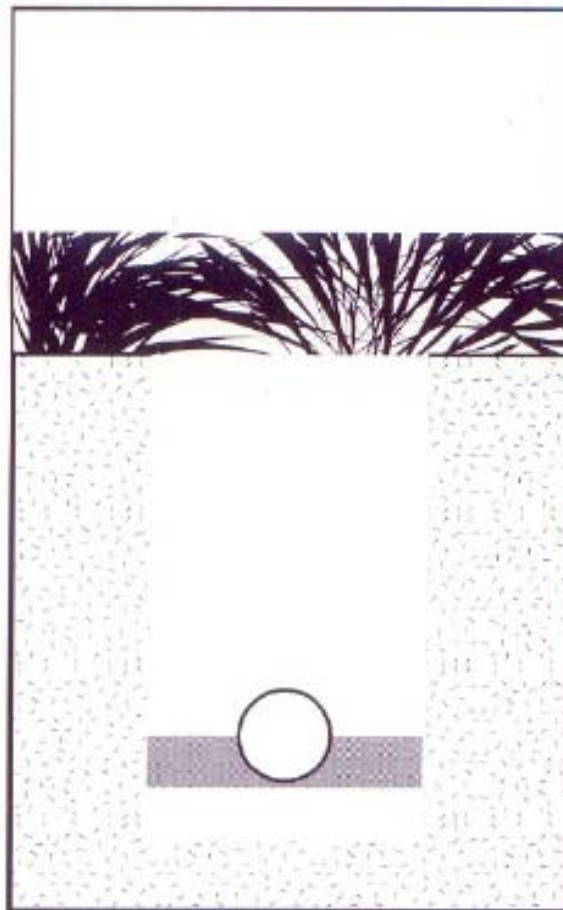


Σχήμα 7.32: Τοποθέτηση υπεδάφιων σωληνώσεων σε σπειροειδή διάταξη
(www.s-v.gr/cms/geothermalphotos.html)

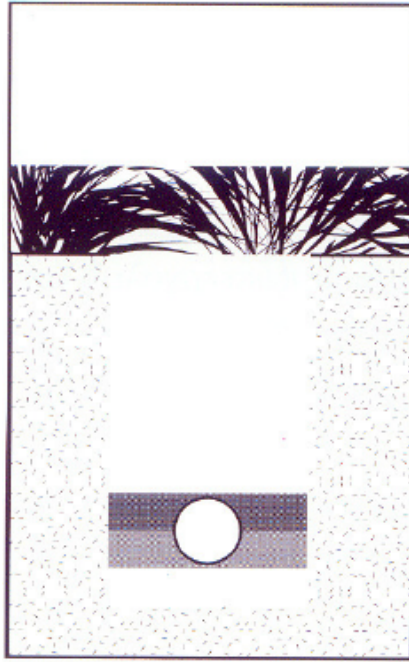
7.3.1 Υπόγεια εγκατάσταση σωληνώσεων πολυαιθυλενίου

Για την υπόγεια εγκατάσταση των σωληνώσεων πολυαιθυλενίου αρχικά θα πρέπει ο πυθμένας του σκάμματος να είναι επίπεδος και απαλλαγμένος από πέτρες ή άλλα ξένα αντικείμενα. Για την καλύτερη έδραση των σωλήνων, πρέπει ο πυθμένας να στρώνεται με άμμο σε πάχος 10-15cm και να συμπυκνώνεται.

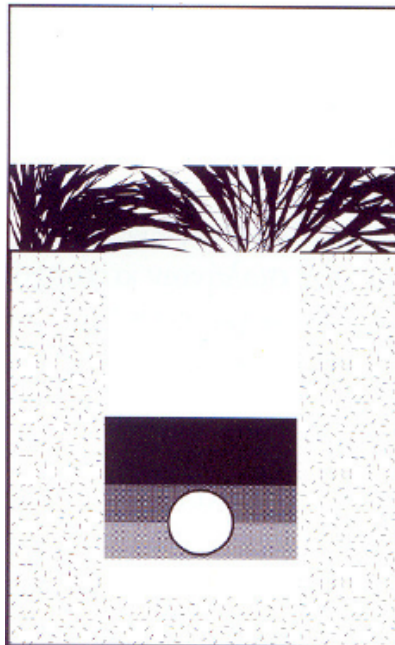
Οι βασικές αρχές που φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 7.33, Σχήμα 7.34, Σχήμα 7.35, Σχήμα 7.36, Σχήμα 7.37 και Σχήμα 7.38) πρέπει να τηρούνται έτσι ώστε να έχουμε μια άριστη εγκατάσταση των σωλήνων.



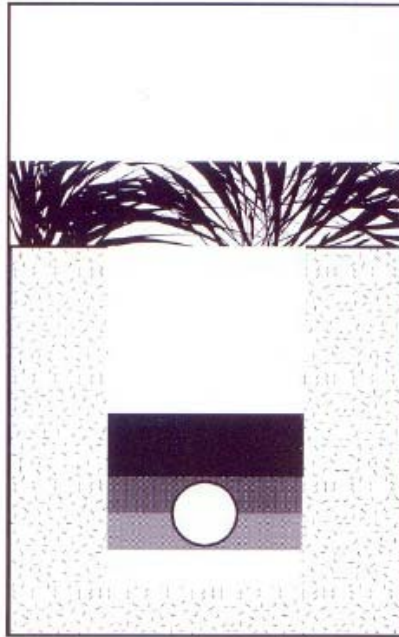
Σχήμα 7.33: Πλευρική επιχωμάτωση με τα χέρια μέχρι τη μέση της διαμέτρου του αγωγού και συμπύκνωση με κτυπήματα του ποδιού (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)



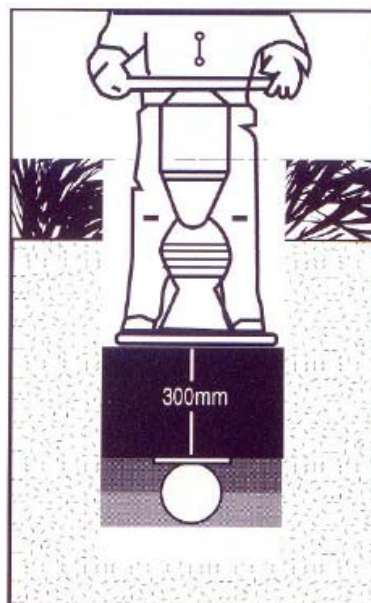
Σχήμα 7.34: Επιχωμάτωση μέχρι την κορυφή του σωλήνα με τα χέρια και συμπύκνωση ξανά με κτυπήματα του ποδιού (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)



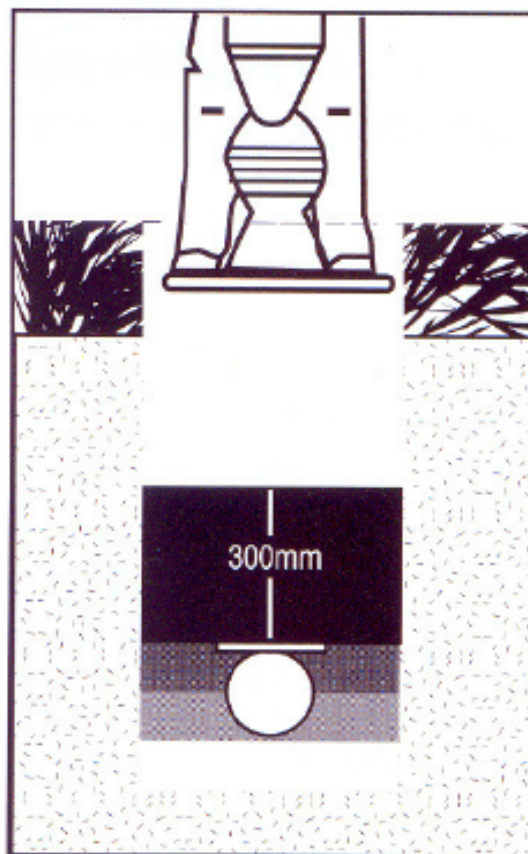
Σχήμα 7.35: Μπορεί να τοποθετηθεί και να συμπυκνωθεί με τη χρήση ειδικού μηχανήματος ένα στρώμα 3A μέχρι 150mm από την άνω επιφάνεια του σωλήνα, συμπιέζοντας μόνο εκατέρωθεν αυτού (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)



Σχήμα 7.36: Επιχωμάτωση μέχρι 150mm πάνω από την κορυφή όπου μπορεί να τοποθετηθεί μονομιάς ελεύθερη ροή κοκκώδης υλικού (3A) (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)



Σχήμα 7.37: Για το υπόλοιπο της επιχωμάτωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν υλικά εκσκαφής τα οποία θα τοποθετηθούν και θα συμπυκνωθούν σε στρώματα όχι παχύτερα από 250mm και όχι ακριβώς πάνω από την κορυφή του σωλήνα, αλλά αφού γεμισθεί πρώτα ένα ύψος 300mm (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)



Σχήμα 7.38: Η επιχωμάτωση και η συμπύκνωση μπορεί να ολοκληρωθεί με στρώματα ανάλογα με το απαιτούμενο τελείωμα της επιφάνειας (Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό φυλλάδιο)

7.3.2 Σύνδεση σωληνώσεων πολυαιθυλενίου

Οι σωλήνες πολυαιθυλενίου συνδέονται είτε με αυτογενή θερμική συγκόλληση, είτε με μηχανική σύνδεση.

7.3.2.1 Θερμική συγκόλληση

Για την αυτογενή θερμική συγκόλληση, η συγκόλληση δύο σωλήνων ή ενός σωλήνα και ενός εξαρτήματος από PE, επιτυγχάνεται με τη δημιουργία νέων δεσμών μεταξύ των μορίων του PE σε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας τήξεως στους 220 °C. Έτσι εξασφαλίζεται μια πλήρης ομογενής σωλήνωση με απόλυτη και αξιόπιστη στεγανότητα της σύνδεσης. Ελαχιστοποιείται η χρησιμοποίηση μεταλλικών στοιχείων και στοιχείων από ελαστικό και

αποφεύγονται διαβρώσεις και βιοαποσύνθεση και οι συνεπακόλουθες διαρροές.

Είναι επίσης εφικτή η συγκόλληση παροχής σε δίκτυο νερού ή αερίου σε λειτουργία με την βοήθεια της «ηλεκτροσυγκολλούμενης σέλλας παροχής». Τέλος υπάρχουν δύο μέθοδοι θερμικής συγκόλλησης PE. Η μετωπική συγκόλληση (Butt Fusion Welding) και η ηλεκτροσυγκόλληση (Electrofusion Welding).

7.3.2.2 Μετωπική συγκόλληση

Για την μετωπική συγκόλληση, βασικό ρόλο για την σωστή ποιότητα συγκόλλησης παίζει η σωστή προετοιμασία των σωλήνων και εξαρτημάτων προς συγκόλληση, που νοείται ότι πρέπει να έχουν το ίδιο πάχος τοιχωμάτων. Για την εργασία αυτή χρησιμοποιείται ειδική συσκευή με σιαγώνες σύσφιξης των άκρων των σωλήνων, υδραυλικά μετακινούμενες. Τα άκρα των σωλήνων κατεργάζονται με ειδικό εργαλείο και καθαρίζονται με ασετόν καλά, από σκόνη, λιπαρές ουσίες, υγρασία ή ξένα σώματα. Εν συνεχεία τοποθετούνται στις σιαγώνες της μηχανής και ελέγχεται η αξονική ευθυγράμμιση, έτσι ώστε να μην υπάρχει ορατή διαφορά ή σκαλοπάτι μεταξύ τους. Ενδεχόμενη απόκλιση δεν πρέπει να ξεπερνά το 10% του πάχους του προς συγκόλληση σωλήνων και όχι περισσότερο από 2mm. Η περίπτωση μεγαλύτερης απόκλισης πρέπει να αντιμετωπισθεί είτε με αύξηση της πίεσης των σφιγκτήρων με τα περικόχλια, είτε με απελευθέρωση και επαναπροσαρμογή των σωλήνων.

Τα άκρα των σωλήνων ή θερμαίνονται συγχρόνως με ειδική πλάκα «διπλής όψης» για συγκεκριμένο χρόνο, ή και πίεση, ανάλογα με τη διάμετρο των σωλήνων. Η ειδική αυτή θερμαντική πλάκα πριν και μετά την χρήση πρέπει να καθαρίζεται καλά και να φυλάσσεται στην θήκη για προστασία της επικάλυψης της από τεφλόν. Υπολογίζουμε την ελάχιστη πίεση P_t που απαιτείται για την έλξη του βάρους του σωλήνα που βρίσκεται στην πλευρά του κινητού μέρους του σφιγκτήρα ώστε να πλησιάζουν μεταξύ τους οι σφιγκτήρες

και την προσθέτουμε πάντα στις τιμές της πίεσης που αναγράφονται στους πίνακες της θερμαντικής πλάκας.

Βασική σημασία επίσης για την άριστη ποιότητα συγκόλλησης έχει η θερμοκρασία του περιβάλλοντος που δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τους +40 °C και μικρότερη από τους -5 °C, χωρίς μεγάλη σχετική υγρασία και ρεύματα αέρος που μπορούν να επηρεάσουν και να αλλοιώσουν σημαντικά τις θερμοκρασίες συγκόλλησης που εφαρμόζουμε. Η θερμαντική πλάκα πρέπει να εγγυάται ομοιόμορφη θερμοκρασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει λεπτομερή κοστολόγηση του έργου όπου η παρούσα κοστολόγηση αναφέρεται στην εγκατάσταση γεωθερμικού συστήματος θέρμανσης μέσω μονάδων εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα (Fan Coil Units). Ο συνολικός θερμαινόμενος χώρος της κατοικίας ανέρχεται στα 110m².

Η συνολική εγκατάσταση αποτελείται από μια γεωθερμική αντλία θερμότητας (ΓΑΘ), ένα δοχείο αδρανείας, ένα κεντρικό κυκλοφορητή για την προσαγωγή του νερού στον κλιματιζόμενο χώρο, έναν κυκλοφορητή για την κυκλοφορία του νερού στο υπεδάφιο κύκλωμα, το δίκτυο χαλκοσωληνώσεων, το δίκτυο σωληνώσεων πολυαιθυλενίου και τέλος τον τρόπο μετάδοσης της θερμότητας στον χώρο, ήτοι τις μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα.

Η θέρμανση της εγκατάστασης θα επιτυγχάνεται μέσω μονάδων Fan Coils δαπέδου. Το κάθε fan coil ελέγχεται από θερμοστάτη τοίχου που παρέχει αυτονομία θέρμανσης, έλεγχο προσαγωγής του αέρα, ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου και την On/Off λειτουργία της μονάδος.

Η παρούσα κοστολόγηση δεν συμπεριλαμβάνει τις ηλεκτρολογικές παροχές από τη ΔΕΗ στο χώρο του μηχανοστασίου, την παροχή ρεύματος στις μονάδες Fan Coil και τις χωματουργικές εργασίες. Τέλος στις τιμές δεν συμπεριλαμβάνεται η υδραυλική εργασία εντός και εκτός της κατοικίας.

8.2 ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

8.2.1 Fan Coil Units

Πίνακας 8.1

Περιγραφή	Τύπος	Ποσότητα	Κόστος/Τεμ (€)	Ολικό Κόστος (€)
Fan Coil Εξωτερικού Τύπου με στοιχείο 2 σειρών της εταιρίας Interklima	FC02	1	270.00	270.00
Fan Coil Εξωτερικού Τύπου με στοιχείο 2 σειρών της εταιρίας Interklima	FC03	2	290.00	580.00
Fan Coil Εξωτερικού Τύπου με στοιχείο 2 σειρών της εταιρίας Interklima	FC04	2	330.00	660.00
Fan Coil Εξωτερικού Τύπου με στοιχείο 1 σειράς της εταιρίας Interklima	FC02	3	250.00	750.00
Ποδαράκια στήριξης μονάδων	-----	8	13.00	104.00
Συνολικό Κόστος (€):				2260.00
Στις τιμές δεν περιλαμβάνονται οι εργασίες του υδραυλικού για την εγκατάσταση των Fan Coil				

8.2.2 Οριζόντιο Σύστημα

Πίνακας 8.2

Περιγραφή	Τύπος	Ποσότητα	Κόστος/Τεμ (€)	Ολικό Κόστος (€)
Σωλήνα πολυαιθυλενίου Trastic διαμέτρου Dn 25mm		1632.1m	0.48	783.00
Κυκλοφορητής Wilo IL 32/150-2.2/2		1	866.00	866.00
Κεντρικός Διανομέας Σωληνώσεων		1	220	220.00
Δοχείο Διαστολής Reflex 12lt	N	1	34.00	34.00
Διακόπτης Ροής Mcdonnell & Miller	FS4-3	1	113.00	113.00
Θερμόμετρο Pintossi+c	-----	1	9.00	9.00
Μειωτής Πίεσης SYR	-----	1	30.00	30.00
Μανόμετρο Tiemme Raccorderie	-----	4	6.00	24.00
Φίλτρο Νερού Tiemme Raccorderie	-----	2	60.00	120.00
Βάνα Συρταρωτή UMB	-----	5	4.00	20.00
Αυτόματο Εξαεριστικό Giacomini	R99	2	50.00	100.00
Συνολικό Κόστος (€):				2319.00
Στις τιμές δεν περιλαμβάνονται οι χωματουργικές εργασίες				

8.2.3 Μηχανοστάσιο

Πίνακας 8.3

Περιγραφή	Τύπος	Ποσότητα	Κόστος/Τεμ (€)	Ολικό Κόστος (€)
Χαλκοσωλήνας ευθύγραμμος διαμέτρου DN 28mm	-----	41m	6.30	258.30
Χαλκοσωλήνας ρόλος διαμέτρου DN 15mm	-----	27m	3.40	91.80
Αντλία Θερμότητας Νερού-Νερού Waterfurnace Versatec	V060W	1	4500.00	4500.00
Κυκλοφορητής Wilo Star RS	30/70	1	115	115.00
Διακόπτης Ροής Mcdonnell & Miller	FS4-3	1	113.00	113.00
Θερμόμετρο Pintossi+c	-----	1	9.00	9.00
Μειωτής Πίεσης SYR	-----	1	30.00	30.00
Μανόμετρο Tiemme Raccorderie	-----	4	6.00	24.00
Φίλτρο Νερού Tiemme Raccorderie	-----	2	60.00	120.00
Βάνα Συρταρωτή UMB	-----	5	4.00	20.00
Αυτόματο Εξαεριστικό Giacomini	R99	2	50.00	100.00
Δοχείο Αδρανείας SICC 500lt	PS	1	900.00	900.00
Δοχείο Διαστολής Reflex 18lt	N	1	37.00	37.00
Ηλεκτρολογικός Πίνακας Μηχανοστασίου	Mitsubishi	1	1350.00	1350.00

Πίνακας 8.3: (συνέχεια)

Περιγραφή	Τύπος	Ποσότητα	Κόστος/Τεμ (€)	Ολικό Κόστος (€)
Ταύ	28mm	15	5.58	83.70
Ηλεκτρολογική/Υδραυλική Σύνδεση Μηχανοστασίου	-----	-----	2500.00	2500.00
Συνολικό Κόστος (€):				10251.80

8.2.4 Συνολικό κόστος κλειστού κυκλώματος οριζόντιας διάταξης

Πίνακας 8.4

Περιγραφή Επιμέρους Κόστους	Κόστος (€)
Επιμέρους Κόστος Fan Coil Untis	2260.00
Επιμέρους Κόστος Γεωσυλλέκτη Κλειστού Κυκλώματος / Οριζόντιας Διάταξης	2319.00
Επιμέρους Κόστος Μηχανοστασίου Κλειστού Κυκλώματος / Οριζόντιας Διάταξης	10251.80
Τελικό Κόστος(€):	14830.80

8.3 ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Πίνακας 8.5

Περιγραφή	Ποσότητα	Κόστος/Τεμ (€)	Ολικό Κόστος (€)
Ευθύγραμμος σωλήνας χαλκού Φ35*1.00	12m	8.15	97.82
Επενδεδυμένος σωλήνας χαλκού 16*1 ECOTHERM	120m	3.56	427.56
Συλλέκτης σωλήνα 1 ¼*5	2	16.83	33.66
Μόνωση Λευκή 9*35 ISOPIPE	12	1.11	13.31
Σώμα Πάνελ V&N 11- 600-720	1	48.74	48.74
Σώμα Πάνελ V&N 11- 600-920	1	62.18	62.18
Σώμα Πάνελ V&N 11- 900-600	1	53.78	53.78
Σώμα Πάνελ V&N 33- 600-1000	1	169.83	169.83
Σώμα Πάνελ V&N 33- 600-1200	1	203.36	203.36
Σώμα Πάνελ V&N 33- 600-1320	1	224.37	224.37
Σώμα Πάνελ V&N 33- 900-720	1	159.66	159.66
Σώμα Πάνελ V&N 33- 900-920	1	204.20	204.20
Δοχείο Διαστολής 50lt με βάση	1	50.84	50.84

Πίνακας 8.5: (συνέχεια)

Περιγραφή	Ποσότητα	Κόστος/Τεμ (€)	Ολικό Κόστος (€)
Βαλβίδα ασφαλείας 3/4 CALEFFI	1	12.61	12.61
Θερμοστ. Χώρου RAA 30.26 SIEMENS	1	25.21	25.21
Υδροστάτης επαφής IMIT	1	12.61	12.61
Ράβδος Μαγνησίου 1 1/4	1	16.81	16.81
Αυτομ. Πλήρωσης 1/2 FAR 210	1	29.41	29.41
Ηλεκτρομαγν. Βαλβ. Πετρελ. 1/2	1	33.61	33.61
Λέβητας SEC 32 Lamborghini	1	588.24	588.24
Καυστήρας Πετρελ. RG-1 Riello	1	285.72	285.72
Κτκλοφορητής RS 30/70 Wilo	1	126.05	126.05
Φίλτρο Πετρελαίου 3/8 N3 GCM	1	12.61	12.61
Διακ. Μονός Εξ. Βρογχ. Micro-Form	8	15.97	127.73
Ρακόρ Χαλκού Φ15-Φ16- Φ18	26	0.88	22.94
Σωληνάκι Χρωμέ 90cm	8	3.07	24.54

Πίνακας 8.5: (συνέχεια)

Περιγραφή	Ποσότητα	Κόστος/Τεμ (€)	Ολικό Κόστος (€)
Διακ. Ρυθμιστικ. 1/2 Brass-Form	10	4.24	42.44
Ανοξείδωτη Καπνοδόχος 4m	1	300	300
Έξοδα εγκατάστασης υδραυλικού	-----	1500	1500
Έξοδα Καυστηρετζή για άναμμα καυστήρα	-----	150	150
Τελικό Κόστος (€)			5059.84

8.4 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η εκτίμηση του κόστους λειτουργίας που ακολουθεί, είναι βασισμένη στα τελευταία οικονομικά στοιχεία. Δίδεται η ωριαία κατανάλωση και εξοικονόμηση της ενέργειας, ενώ αναφέρονται οι συνολικές βαθμομέρες που προτείνονται από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ) για ολόκληρη την Ελληνική επικράτεια.

Στην εκτίμηση που ακολουθεί γίνεται αναφορά σε ολόκληρη την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, ανεξαρτήτως αυτόνομων τμημάτων και ετεροχρονισμού της λειτουργίας της εγκατάστασης.

Υποθέσεις :

- Μια συνεχόμενη ώρα λειτουργίας για κάθε περίπτωση
- Αγορά πετρελαίου θέρμανσης 0.60 € / λίτρο
- Θερμογόνος δύναμη πετρελαίου 10250 Kcal/Kg

- Αγορά φυσικού αερίου 0.536 € / m³
- Θερμογόνος δύναμη φυσικού αερίου 8285 Kcal/ m³
- Συντελεστής απόδοσης καυστήρα 90%
- Πυκνότητα πετρελαίου 0.83 Kg / λίτρο
- Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας 0.12 € / KWώρα για ολόκληρη τη δίμηνη κατανάλωση
- Θερμοκρασία παροχής νερού κυκλοφορίας 16 °C (κλειστό κύκλωμα)
- Βαθμομηρές θέρμανσης – Μέγαρα 1240 ώρες ανά έτος

Πίνακας 8.6: Εξοικονόμηση Χρημάτων Στη Θέρμανση (www.aidengineering.com)

Περιγραφή	Κόστος (€/ώρα)	TEE 18.3 °C	TEE 20-22 °C
Κλειστό Γεωθερμικό Σύστημα (απαραίτητη η κατανάλωση ρεύματος στον κυκλοφορητή του γεωσυλλέκτη). Θερμική Ικανότητα ΓΑΘ 16 KW με συντελεστή απόδοσης COP 3.8 και συνολική κατανάλωση 4.25 KW	0,51 €	632,40 €/έτος	758,88 €/έτος
Σύστημα καυστήρα πετρελαίου ισοδύναμης ενεργειακής απόδοσης – χωρίς προσαύξηση στο λέβητα για να επιτύχουμε ισοδύναμες αποδόσεις (14000 Kcal/h)	1,18 €	1463.20 €/έτος	1755,84 €/έτος
Σύστημα καυστήρα φυσικού αερίου ισοδύναμης ενεργειακής απόδοσης – χωρίς προσαύξηση στο λέβητα για να επιτύχουμε ισοδύναμες αποδόσεις (14000 Kcal/h)	1,08 €	1339,20 €/έτος	1607,04 €/έτος

8.4.1 Σύγκριση κόστους γεωθερμικού συστήματος με σύστημα καυστήρα πετρελαίου

Από τους παραπάνω υπολογισμούς κόστους βλέπουμε ότι η εγκατάσταση ενός γεωθερμικού συστήματος κοστίζει **14830.80 €** ενώ η εγκατάσταση ενός συμβατικού συστήματος καυστήρα πετρελαίου κοστίζει **5059.84 €**.

Η παρακάτω ανάλυση θα γίνει υποθέτοντας ότι το σύστημα θέρμανσης θα λειτουργεί για 8 ώρες την ημέρα και για 5 μήνες το χρόνο, δηλαδή 150 ημέρες το χρόνο. Με βάση την παραπάνω παραδοχή προκύπτουν οι παρακάτω εξισώσεις (εξ. 8.1, εξ. 8.2) συνολικού κόστους συναρτήσει των ωρών λειτουργίας για καθένα από τα παραπάνω συστήματα θέρμανσης.

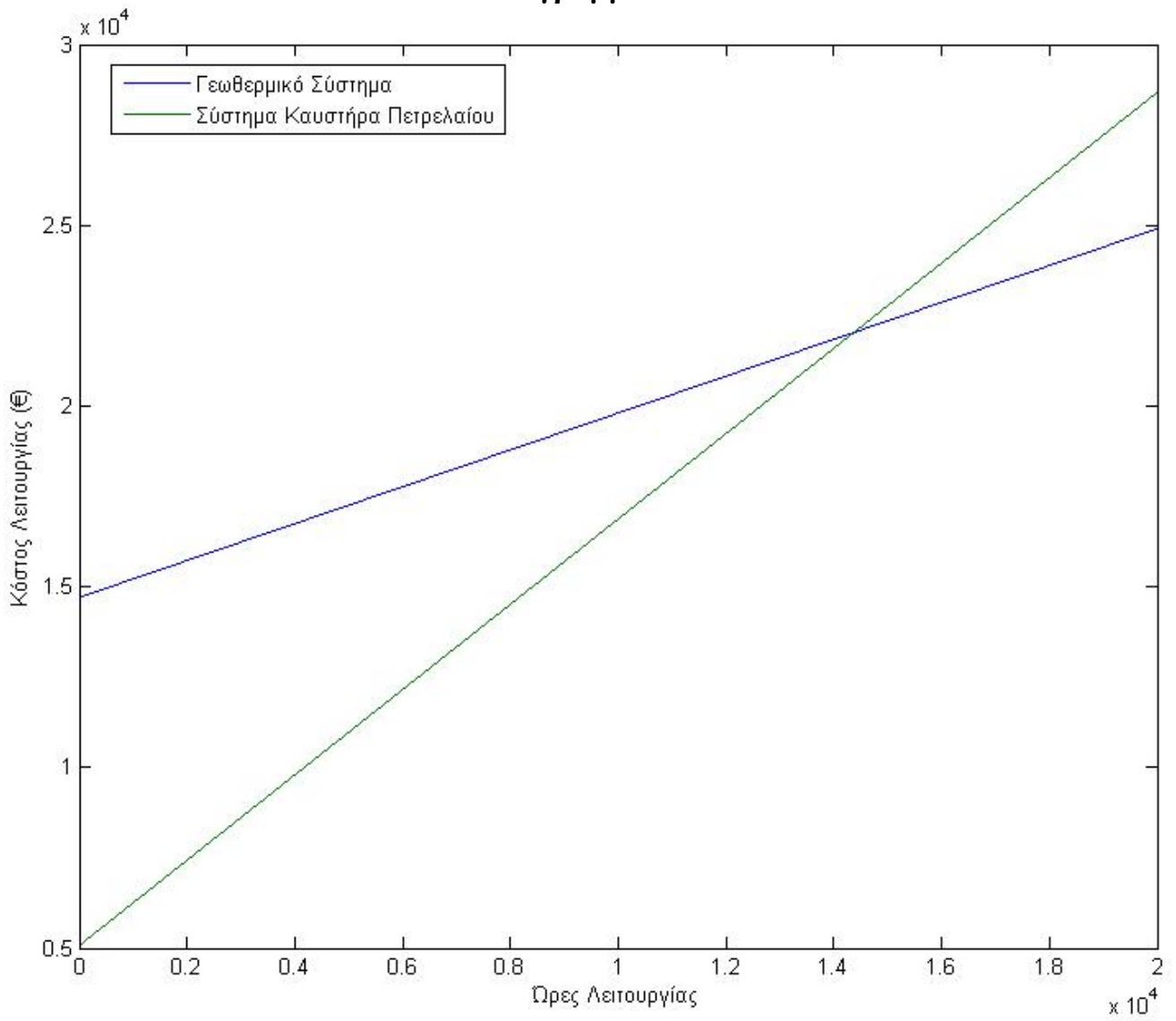
$$C_1(h) = 14830.80 + 0.51 \cdot h \quad (8.1)$$

$$C_2(h) = 5059.84 + 1.18 \cdot h \quad (8.2)$$

Η γραφική παράσταση των εξισώσεων φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 8.1).

Παρατηρούμε ότι μετά τις 14583 ώρες λειτουργίας το γεωθερμικό σύστημα θέρμανσης έχει αποσβέσει το αρχικό κόστος εγκατάστασης που είναι αρκετά μεγαλύτερο από το κόστος εγκατάστασης ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης (καυστήρα πετρελαίου). Επομένως με την παραδοχή ότι θα λειτουργεί για 5 μήνες το χρόνο και για 8 ώρες κάθε ημέρα, η απόσβεση θα γίνει σε περίπου **12 χρόνια**.

Διάγραμμα 8.1



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση της γεωθερμίας, όπως επίσης και των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι σίγουρο ότι θα συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και των άλλων περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Μερικές από τις επιπτώσεις αυτές είναι η οξίνιση των επιφανειακών νερών, η επίδραση των εκπεμπόμενων (αιθάλης, ενώσεων θείου κτλ.) στην υγεία των ανθρώπων και των ζώων, η φθορά στα υλικά και ιδιαίτερα στα μνημεία της πολιτιστικής μας κληρονομιάς κ.ά. Από την άλλη μεριά, η γεωθερμική ενέργεια, όπως και κάθε μορφή ενέργειας, είναι συνδεδεμένη με ορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως είναι οι εκπομπές CO₂ και άλλων επιβλαβών αερίων (π.χ. υδρόθειου), η υδάτινη και θερμική ρύπανση και η χρήση γης.

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η ανάδειξη της γεωθερμικής ενέργειας ως μορφής ενέργειας αρκετά φιλικότερης προς το περιβάλλον συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα, χωρίς να αποσιωπούνται οι κατά περίπτωση αρνητικές συνέπειες της χρήσης της. Επίσης, αναφέρονται οι σχετικά εύκολες λύσεις για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων που μπορούν να φτάσουν μέχρι σχεδόν το μηδενισμό τους. Τέλος, αναλύεται συνοπτικά η έννοια της ανανεωσιμότητας της γεωθερμικής ενέργειας, στο βαθμό και τον τρόπο που αυτό μπορεί να επιτευχθεί.

9.2 ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Η επιστημονική κοινότητα ταξινομεί συνήθως τη γεωθερμία ως *ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (ΑΠΕ)*. Αν και αυτή η ταξινόμηση ισχύει εδώ και δεκαετίες, συχνά διατυπώνονται κάποια ερωτηματικά, καθώς και η άποψη ότι με αυστηρά επιστημονικά κριτήρια η γεωθερμική ενέργεια δεν αποτελεί πάντα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Μία έννοια συνδεδεμένη με την ανανεωσιμότητα ενός ενεργειακού πόρου είναι η *αειφορία* (sustainability). Επειδή συχνά επικρατεί σύγχυση, είναι ανάγκη να διευκρινιστούν αυτές οι δύο έννοιες. Η ανανεωσιμότητα αποτελεί ιδιότητα του ενεργειακού πόρου, ενώ η αειφορία περιγράφει τον τρόπο με το οποίο χρησιμοποιείται οποιοσδήποτε φυσικός πόρος.

Η αειφορία σχετίζεται με την ορθολογική διαχείριση των πόρων, τη διάθεση τους με προσιτό κόστος στον άνθρωπο και χαρακτηρίζεται από κάποια μορφή ισορροπίας. Ο όρος <<αειφορία>> είναι δανεισμένος από την επιστήμη της δασολογίας και περιλαμβάνει σειρά πρακτικών, πολιτικών και τεχνολογιών, με τις οποίες προσπαθούμε να καλύψουμε τις ενεργειακές μας ανάγκες με το λιγότερο περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό κόστος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των διεργασιών και, κυρίως, με την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ανανεωσιμότητα ενός ενεργειακού πόρου σημαίνει ότι η οποιαδήποτε ποσότητα ενέργειας που λαμβάνεται από το συγκεκριμένο πόρο, η ίδια ποσότητα αναπληρώνεται κατά το ίδιο χρονικό διάστημα. Οι γεωθερμικοί πόροι, μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: πόροι που παράγονται από συστήματα, τα οποία τροφοδοτούνται με ενέργεια από την άνοδο του μάγματος (και ακολούθως του νερού), αλλά και από τη συνεχή θερμική ροή από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια, και στα λεγόμενα στατικά συστήματα, όπου η ενέργεια είναι αποθηκευμένη σε θερμά υπόγεια πετρώματα ή σε εγκλεισμένους ταμιευτήρες. Ο ρυθμός και η δυνατότητα ενεργειακής

επαναφόρτισης ενός γεωθερμικού συστήματος αποτελεί το κρίσιμο κριτήριο στην ταξινόμηση ενός πεδίου ως ανανεώσιμου ή όχι. Σε όλες τις πρακτικές περιπτώσεις, κάποιος βαθμός τοπικής εξάντλησης των πόρων (στο συγκεκριμένο πεδίο/ταμιευτήρα) σίγουρα συμβαίνει κατά την αξιοποίηση του πόρου, όταν για παράδειγμα ο ταμιευτήρας των γεωθερμικών ρευστών δεν <<επικοινωνεί>> με την επιφάνεια του εδάφους, παρά σε μακρινή απόσταση και ο ρυθμός επανατροφοδοσίας και θέρμανσης των ρευστών του δεν είναι ίσος με το ρυθμό άντλησης αυτών.

Κατά την εκμετάλλευση των υδροθερμικών συστημάτων, η επανατροφοδοσίας της ενέργειας επιτυγχάνεται με τη φυσική αναπλήρωση του νερού στον ταμιευτήρα, στο ίδιο χρονικό διάστημα στο οποίο γίνεται η παραγωγή των ρευστών. Τα συστήματα είναι και τα πιο κοινά από αυτά που αποτελούν στόχο των γεωθερμικών ερευνών και τυχαίνουν εκμετάλλευσης σε μεγάλο ποσοστό. Από την άλλη μεριά, στα ξηρά-θερμά πετρώματα και σε μερικούς θερμούς, αλλά εγκλεισμένους, ταμιευτήρες σε ιζηματογενείς λεκάνες, η ενεργειακή επαναφόρτιση ελέγχεται από την αγωγή θερμότητας μια ιδιαίτερα αργή διεργασία. Με μέση θερμική διαχυτότητα των πετρωμάτων $10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$, ο ρυθμός θερμικής αγωγής είναι αρκετά αργός για να γίνει δυνατή η επαναφόρτιση ενός εξαντλημένου ταμιευτήρα. Συνεπώς, μπορεί να λεχθεί ότι τα τελευταία γεωθερμικά συστήματα κατατάσσονται στις σχετικά πεπερασμένες ενεργειακές πηγές. Υπάρχει βέβαια κ η ακραία περίπτωση των εντελώς κλειστών ταμιευτήρων, οπότε η εκμετάλλευση με άντληση των ρευστών θα οδηγήσει κάποια στιγμή στην πρακτική εκκένωση του ταμιευτήρα.

Η συνειδητοποίηση της ανάγκης για χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τις περεταίρω προώθησής τους από μεγάλο τμήμα της κοινωνίας προέρχεται από τους παρακάτω λόγους :

- Οι ΑΠΕ διαθέτουν σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο).

- Οι ΑΠΕ είναι διαθέσιμες λιγότερο ή περισσότερο σε όλες σχεδόν τις περιοχές της γης, είναι δηλαδή περισσότερο (δίκαια) κατανεμημένες απ' ό,τι τα συμβατικά καύσιμα, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους και των κινδύνων από τη μεταφορά των καυσίμων.
- Οι πόροι αυτοί, παρόλη τη μικρή συγκέντρωση που τους χαρακτηρίζει, είναι τεράστιοι και ανεξάντλητοι.

Είναι γεγονός βέβαια, ότι με τις παρούσες τεχνικό-οικονομικές συνθήκες, οι ΑΠΕ δεν μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας στο εγγύς μέλλον. Μπορούν όμως να υποκαταστήσουν μερικά τα συμβατικά καύσιμα, με άμεσες συνέπειες στην ανακούφιση των περιβαλλοντικών πιέσεων από τη χρήση τους και την επιμήκυνση του χρόνου εξάντλησής τους. Δεν είναι τυχαίο ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως πρωταρχικό στόχο για το 2010 τη κάλυψη του 12% των ενεργειακών της αναγκών από τις ΑΠΕ, από το σημερινό ποσοστό που βρίσκεται στο 6%. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο τοποθετείται και ο διπλασιασμός της παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας ανάμεσα στο 1995 και το 2010. Είναι ενδεικτικό ότι ο στόχος αυτός τείνει να επιτευχθεί ήδη από το 2005, κυρίως από τη μεγάλη ανάπτυξη των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και όχι από τη σημαντική χρήση των υδροθερμικών πόρων, όπως είχε προβλεφθεί το 1995.

Σε αντίθεση με άλλες ΑΠΕ, όπως η ηλιακή, η αιολική ενέργεια και η βιομάζα, οι οποίες προωθούνται συστηματικά μέσω διαφόρων προγραμμάτων και ομάδες πίεσης, η γεωθερμική ενέργεια έχει υποτιμηθεί κατά τη γνώμη μας, ιδιαίτερα στη χώρα μας από παρανοήσεις σε σχέση με τη φύση, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το μέγεθος των γεωθερμικών πόρων, τη κατανομή τους στο χώρο και τα χαρακτηριστικά της ανανεωσιμότητάς τους.

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται η μόνη αξιόλογη πηγή ενέργειας που δεν εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα απ' τον ήλιο. Μόνο που θα πρέπει να αντλείται από οικονομικά βάθη και με τέτοιο ρυθμό ώστε να ανανεώνεται. Υπάρχει και ένα μικρό τμήμα της γεωθερμίας, η αβαθής γεωθερμία, η οποία αντλεί

θερμότητα ή ψύξη από το έδαφος και σε μικρό βάθος, αφού η θερμοκρασία του εδάφους δεν επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια κάθε περιοχής της γης κάτω από τα 15 μέτρα βάθους.

9.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Η γεωθερμική ενέργεια, σε οποιαδήποτε μορφή, παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Συγκρινόμενη ακόμη κ με τις άλλες ΑΠΕ, η γεωθερμία δεν υστερεί σε περιβαλλοντικά οφέλη. Αυτό βέβαια έρχεται σε προφανή αντίθεση με την εντύπωση που κυριαρχεί ότι ορισμένες ΑΠΕ (π.χ. φωτοβολταϊκά, αιολική ενέργεια) δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον. Η εντύπωση αυτή μεταβάλλεται όταν κανείς συνυπολογίσει τις επιπτώσεις οποιοσδήποτε μορφής ενέργειας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας, αλλά και την επιβάρυνση στο περιβάλλον από την κατασκευή και την λειτουργία των μονάδων.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

Συνεχής παροχή ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη 24 ώρες την ημέρα 365 μέρες το χρόνο, σε αντίθεση με άλλες ΑΠΕ (αιολική, ηλιακή, κύματα-παλίρροιες), οι οποίες δεν μπορούν να παρέχουν συνεχώς ενέργεια και η χρήση τους προϋποθέτει αξιόπιστες τεχνολογίες αποθήκευσης της ενέργειας. Έτσι, δεν είναι τυχαίο ότι οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος έχουν *συντελεστή αξιοποίησης* που μπορεί να φτάσει και το 90%. Για σύγκριση, ο συντελεστής αξιοποίησης μιας υδροηλεκτρικής μονάδας ανέρχεται μέχρι 70% ενώ για ηλιακές και αιολικές μονάδες κυμαίνεται μεταξύ 20% και 35%. Ακόμη, η γεωθερμία διακρίνεται από υψηλό *δείκτη διαθεσιμότητας* της τάξης του 90%. Ο δείκτης αυτός δηλώνει το ποσοστό του χρόνου στον οποίο η μονάδα λειτουργεί στην ονομαστική της ισχύ. Για τις άμεσες χρήσεις της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας, ο δείκτης λειτουργίας είναι

αρκετά μικρότερος και, προφανώς, αντιστοιχεί με τη ζήτηση της γεωθερμικής ενέργειας. Τέλος, η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας στο θέμα της αβαθούς γεωθερμίας, καθιστά δυνατή της πρακτικά οπουδήποτε και όλες τις εποχές του έτους (σε συνδυασμό με την ψύξη).

Μικρό λειτουργικό κόστος. Αν και το κόστος παγίων είναι σημαντικά αυξημένο σε σχέση και με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, το λειτουργικό κόστος των γεωθερμικών μονάδων είναι σχεδόν μηδαμινό, ή αρκετά μικρότερο από τις άλλες μορφές ενέργειας, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των αντλιών θερμότητας.

Εκπομπές στο περιβάλλον. Οι εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα είναι σημαντικά μικρότερες από τις εκπομπές που προκύπτουν από την καύση των συμβατικών καυσίμων, ενώ τονίζεται ιδιαίτερα ότι δεν εκπέμπονται καθόλου σωματίδια.

Απαιτήσεις γης. Οι γεωθερμικές μονάδες καταλαμβάνουν σχετικά μικρή έκταση γης. Κύριος λόγος γι αυτό είναι ότι δεν απαιτούν αποθηκευτικούς χώρους, όπως συμβαίνει με ορισμένες ΑΠΕ (βιομάζα, υδροηλεκτρικά) και με τα συμβατικά καύσιμα.

Μικρές ανάγκες για μεταφορά υλικών. Από την στιγμή της αποπεράτωσης της κατασκευής της μονάδας δεν απαιτείται μεταφορά υλικών ή καυσίμων, σε αντίθεση με τις μονάδες με συμβατικά καύσιμα, στις οποίες υπάρχει πάντοτε ο κίνδυνος ατυχημάτων (ανάφλεξη καυσίμων, διαρροές, πετρελαιοκηλίδες κτλ.) και επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από την κίνηση των μεταφορικών μέσων.

Αξιόπιστη και ασφαλής ενεργειακή πηγή. Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται 24 ώρες την ημέρα, με γνωστή και καθιερωμένη τεχνολογία.

Συμβολή στην επίτευξη των στόχων της Λευκής Βίβλου της Ε.Ε και του Πρωτοκόλλου του Κιότο, με τον περιορισμό των εκπομπών CO² και των άλλων αερίων.

Τοπική μορφή ενέργειας. Η ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας σε μια περιοχή οδηγεί και στην οικονομική ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής, αφού παρέχει φθηνή ενέργεια και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας.

Συμβολή στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας, με τον περιορισμό των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Για την γεωθερμική ενέργεια και την αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού στην Ελλάδα ψηφίστηκε ο Νόμος 3175/2003 (Αρ. ΦΕΚ 207Α΄/29.8.2003), ο οποίος αντικατέστησε τον προηγούμενο νόμο 1475/84.

Συνοπτικά ο νέος νόμος περιλαμβάνει τις εξής διατάξεις που αφορούν την γεωθερμία:

- Το γεωθερμικό δυναμικό χαρακτηρίζεται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία συμβάλλει στην αιεφόρο ανάπτυξη και το γενικό συμφέρον των πολιτών. Για την αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού (Γ.Δ) και για πρακτικούς λόγους χρησιμοποιούνται οι διατάξεις του μεταλλευτικού κώδικα (Ν.Δ. 210/73).
- Ως Γ.Δ θεωρούνται οι γηγενείς φυσικοί ατμοί, τα θερμά νερά και η θερμότητα των γεωλογικών σχηματισμών που υπερβαίνουν τους 25 °C.
- Για τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας (25-90°C) η αρμοδιότητα ανήκει στις περιφέρειες που ανήκουν, ενώ για τα πεδία με θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 90°C αρμόδιο είναι το υπουργείο ανάπτυξης.
- Εισάγεται ο όρος της διαχείρισης του γεωθερμικού πεδίου για την παραγωγική εξόρυξη των ρευστών, την ορθολογική αξιοποίηση των διαφόρων προϊόντων κτλ., την διανομή και ελεύθερη διάθεση τους σε τρίτους και για κάθε είδους χρήσιμες εφαρμογές.
- Το δικαίωμα έρευνας και διαχείρισης του Γ.Δ ανήκει στο δημόσιο. Στα βεβαιωμένα πεδία εκμισθώνεται το δικαίωμα διαχείρισης σ τρίτους ύστερα από πλειοδοτικό διαγωνισμό για 25 χρόνια και δυνατότητα μονομερούς παράτασης από το μισθωτή για 5 χρόνια ακόμα.

- Για τους χώρους κ πεδία που δεν έχουν ερευνηθεί εκμισθώνεται το δικαίωμα έρευνας, πάλι με διαγωνισμό ,για 5 χρόνια, με δικαίωμα παράτασης για άλλα 2. Εφόσον η έρευνα καταλήξει θετικά, παρέχεται στο μισθωτή και το δικαίωμα διαχείρισης χωρίς νέο διαγωνισμό.
- Οι ειδικότεροι όροι και οι διαδικασίες της εκμίσθωσης θα ρυθμίζονται με απόφαση του υπουργού ανάπτυξης. Η εκμίσθωση και η διαχείριση των πεδίων χαμηλής θερμοκρασίας διενεργείται σύμφωνα με τον μεταλλευτικό κώδικα.
- Ο μισθωτής υποχρεώνεται σε κατάθεση εγγυητικών επιστολών εκπλήρωσης των όρων της σύμβασης και στην εκτέλεση των ερευνητικών προγραμμάτων και των οικονομοτεχνικών μελετών. Επίσης καταβάλει στο δημόσιο αναλογικό μίσθωμα βάσει του μεταλλευτικού κώδικα (5 ή 10% της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας) και εφοδιάζεται με τις προβλεπόμενες διοικητικές άδειες και εγκρίσεις.
- Το 30% του εισπραττόμενου μισθώματος προορίζεται για τους ΟΤΑ, στην περιοχή των οποίων βρίσκεται το πεδίο.
- Ο μισθωτής δικαιούται να διαχειρίζεται το γεωθερμικό πεδίο στο πλαίσιο της μελέτης και να διαθέτει ελεύθερα τα προϊόντα, παραπροϊόντα και υποπροϊόντα του πεδίου. Ακόμη, μπορεί να καταλαμβάνει προσωρινών εδάφη με την διαδικασία του Μεταλλευτικού κώδικα.
- Τα δικαιώματα εκμίσθωσης μπορούν να εκχωρηθούν σε τρίτους μόνο ύστερα από έγκριση του δημοσίου.
- Με απόφαση του υπουργού ανάπτυξης θεσπίζεται Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών.
- Απαγορεύεται η έρευνα, διαχείριση, εκμετάλλευση γεωθερμικών πεδίων χωρίς το σχετικό δικαίωμα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Γ.Δ. επιτρέπεται μόνο ύστερα από διαγωνισμό και την έκδοση άδειας παραγωγής σύμφωνα με τις διατάξεις του ν. 2773/1999 (ΦΕΚ286Α΄,

<<Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακή πολιτικής και λοιπές διατάξεις>>).

- Αντιμετωπίζεται και η δυνατότητα θέρμανσης-ψύξης χώρων με εκμετάλλευση της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών με θερμοκρασίες <math><25^{\circ}\text{C}</math> (αβαθής γεωθερμίας), για την οποία αρμόδια είναι η νομαρχιακή αυτοδιοίκηση.
- Δικαιώματα έρευνας ή εκμετάλλευσης Γ.Δ. που έχουν παραχωρηθεί μέχρι την έκδοση του νόμου αυτού, παραμένουν ισχυρά με τους ίδιους όρους. Επέκταση αυτών μπορεί να γίνει μόνο με τις διαδικασίες του νέου νόμου.
- Επιτρέπεται η εγκατάσταση, διαχείριση και εκμετάλλευση του δικτύου διανομής θερμικής ενέργειας σε τρίτους ύστερα από άδεια του υπουργείου ανάπτυξης και γνωμάτευση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας.

Οι κυριότεροι νεωτερισμοί και βελτιώσεις που εισάγονται με το νέο νόμο είναι:

- Ίση αντιμετώπιση των υποψηφίων μισθωτών του Γ.Δ. ύστερα από διαγωνισμό, οι όροι του οποίου είναι διοικητικά ίδιοι και η πλειοδοσία προκύπτει από τα στοιχεία, τις μελέτες και τις ικανότητες των υποψηφίων.
- Προκήρυξη διαγωνισμού με πρωτοβουλία τις δημόσιας αρχής, που αφορούν σε ενιαία κατά το δυνατόν γεωθερμικά πεδία (και όχι κατατεμαχισμένα) και για κάθε πεδίο χωριστά. Οι ειδικοί όροι των διαγωνισμών και η διαδικασία εκμίσθωσης ρυθμίζονται από την απόφαση του Υ.Α. και είναι ενιαίοι.
- Ο διαχειριστής πεδίου θα πρέπει να έχει τα τεχνικά προσόντα και να μπορεί να προβεί στις αναγκαίες επενδύσεις, ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη υποδομή για παραγωγή και διάθεση σε τρίτους έτοιμης ενέργειας (θερμικής ή ηλεκτρικής).

Αποφασιστικό ρόλο για την ανάπτυξη των εφαρμογών της γεωθερμικής ενέργειας στη χώρα πιστεύεται ότι θα παίξουν οι κατάλληλοι διαχειριστές των βεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων, τα οποία είναι αρκετά και το βεβαιωμένο δυναμικό τους ανέρχεται σε πολλές εκατοντάδες MW.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η γεωθερμία είναι ένας ενεργειακός πόρος ο οποίος στην Ελλάδα μέχρι την παρούσα χρονική περίοδο δεν έχει προσελκύσει το επενδυτικό ενδιαφέρον. Αυτό συμβαίνει διότι το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι αρκετά μεγάλο (περίπου τρεις φορές το κόστος μιας συμβατικής εγκατάστασης καυστήρα πετρελαίου).

Παρόλα αυτά με βάση τη μελέτη που πραγματοποιήσαμε βλέπουμε ότι υπάρχει θετική προοπτική για την ανάπτυξη γεωθερμικών εγκαταστάσεων ακόμα και σε μια θερμή χώρα όπως είναι η Ελλάδα. Και αυτό διότι είδαμε ότι με τα σημερινά δεδομένα της παγκόσμιας οικονομίας μπορεί να γίνει απόσβεση σε ένα, ναί μεν μεγάλο, αλλά όχι υπερβολικό χρονικό διάστημα (12 έτη).

Με μια όμως πιο μακροπρόθεσμη σκέψη μπορούμε να δούμε και κάποια ακόμα πλεονεκτήματα της γεωθερμίας. Μελετώντας την ιστορική διακύμανση των τιμών του πετρελαίου παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει κάποια σταθερότητα στην τιμή του με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να κάνουμε μακροπρόθεσμες σκέψεις. Αυτό σε συνδυασμό με την σημερινή οικονομική κρίση και τις συνεχείς εντάσεις μεταξύ των χωρών της Μέσης Ανατολής, καθιστά κάθε επένδυση πάνω στο πετρέλαιο επίφοβη. Αυτό φαίνεται επίσης και από τη διεθνή τάση που επικρατεί προς την ανεξάρτηση από το πετρέλαιο. Η γεωθερμία δίνει μια επιμέρους λύση του προβλήματος.

Επίσης μια αρνητική πτυχή της χρήσης πετρελαίου είναι ότι τα αποθέματά του δεν είναι ανεξάντλητα. Ακόμα και οι πιο αισιόδοξες έρευνες δείχνουν ένα σχετικά σύντομο τέλος στη διάρκεια ζωής του «μαύρου χρυσού». Έτσι η στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κρίνεται απαραίτητη. Η γεωθερμία είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτό το σκοπό. Παρόλο που ένα μειονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ότι δεν είναι «πλούσιες» ενεργειακά, μια

γεωθερμική εγκατάσταση μπορεί να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης ενός κτιρίου.

Σχετικά με τις εκπομπές ρύπων είναι προφανές ότι μια γεωθερμική εγκατάσταση είναι πολύ πιο φιλική προς το περιβάλλον σε σχέση με μια συμβατική. Μια γεωθερμική εγκατάσταση έχει ανάγκη μόνο από ηλεκτρικό ρεύμα για να λειτουργήσει (ανεξάρτητη πλήρως από κατανάλωση πετρελαίου). Επομένως οι μόνοι ρύποι που εκπέμπει είναι αυτοί που εκπέμπονται κατά την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτοί οι ρύποι είναι σημαντικοί αλλά αρκετά λιγότεροι από τους ρύπους μιας συμβατικής εγκατάστασης. Καθώς τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια πληθαίνουν και μειώνονται τα κλασσικά εργοστάσια παραγωγής ρεύματος τα οποία καταναλώνουν λιγνίτη, πετρέλαιο κτλ. θα μειώνονται ακόμα περισσότερο οι ρύποι μιας γεωθερμικής εγκατάστασης.

Τέλος η μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε μας έδειξε ότι η κατασκευή μιας γεωθερμικής εγκατάστασης είναι σχετικά σύνθετη και δαπανηρή. Αυτοί είναι και οι τομείς οι οποίοι χρήζουν βελτίωσης στο μέλλον. Τα κέρδη όμως μετά από μια τέτοια εγκατάσταση υπερκαλύπτουν τα αρχικά μειονεκτήματα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Σε αυτό το παράρτημα παρατίθενται κάποιες προτάσεις έτσι ώστε η γεωθερμική εγκατάσταση να είναι ακόμα πιο αποδοτική και συμφέρουσα σε βάθος χρόνου.

- **Βελτιστοποίηση εγκατάστασης**

Η ηλεκτρική κατανάλωση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας εξαρτάται από τη θερμοκρασία του υπεδάφιου νερού που προσάγεται σε αυτή. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ανακυκλοφορίας, τόσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής απόδοσης της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και κατά συνέπεια μειώνεται η ηλεκτρική κατανάλωση που απαιτείται. Ο συνδυασμός γεωθερμικού συστήματος με φωτοβολταϊκά συστήματα, παρέχει αυτή τη δυνατότητα με στόχο τη μείωση κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος με τη χρήση φωτοβολταϊκών και γεωθερμικών συστημάτων υπάρχει πλήρης ανεξαρτησία από την αγορά ηλεκτρικού ρεύματος και πετρελαίου.

- **Ζεστό νερό χρήσης**

Για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε μια γεωθερμική εγκατάσταση, χρησιμοποιείται ένα Boiler διπλής ή τριπλής ενέργειας. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας αδυνατεί να παράγει θερμό νερό υψηλότερο των 55 °C, με αποτέλεσμα το υψηλότερο θερμοκρασίας νερό που απαιτείται στο boiler να παράγεται από ηλεκτρική αντίσταση.

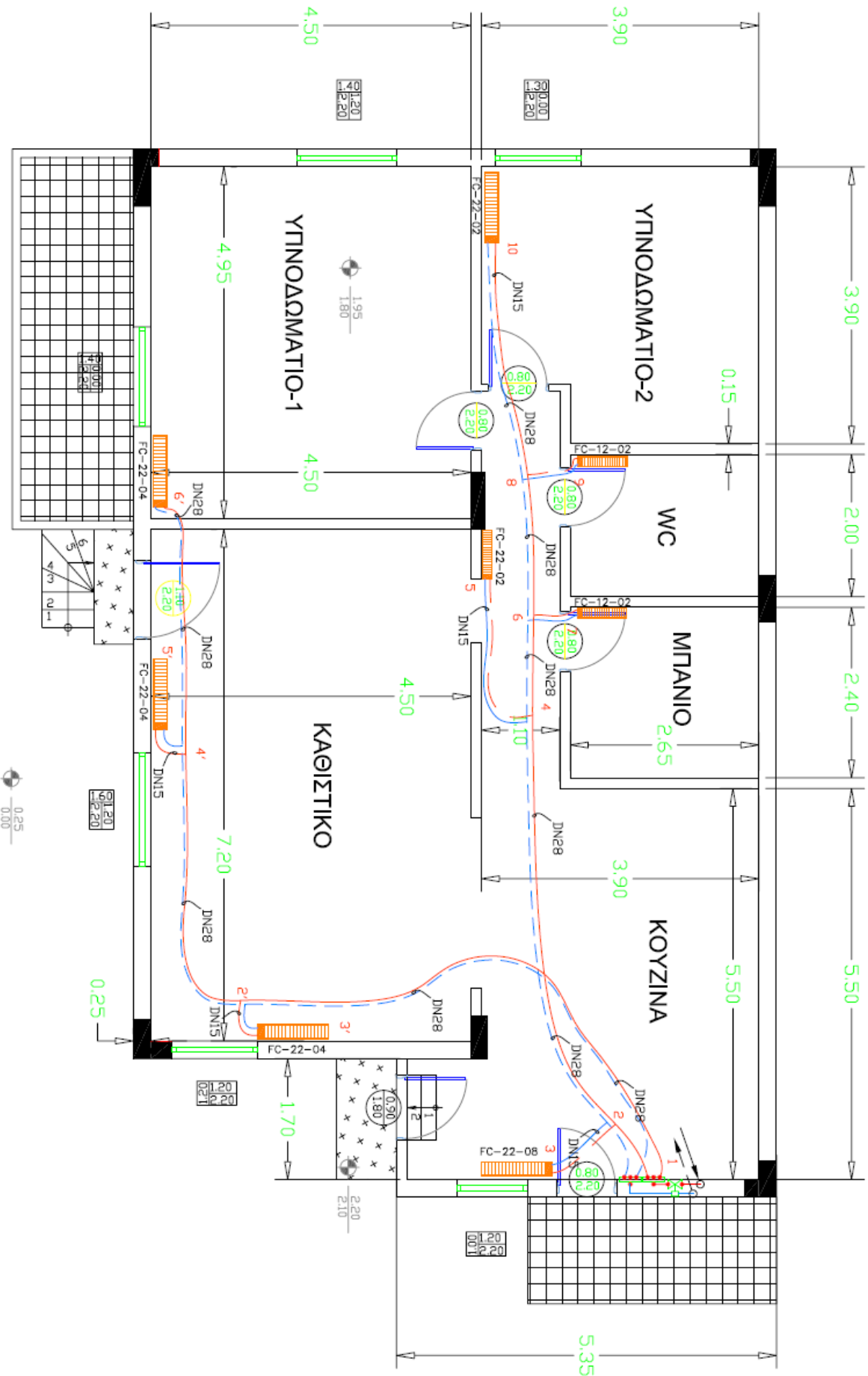
- **Ενδοδαπέδια θέρμανση**

Στην συγκεκριμένη γεωθερμική εγκατάσταση, η θέρμανση των εσωτερικών χώρων επιτυγχάνεται με τη χρήση μονάδων ανακυκλοφορίας αέρα (fan coil units). Υπάρχει όμως και εναλλακτική λύση για τη θέρμανση των

εσωτερικών χώρων της οικίας με τη χρήση ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Αναλυτικότερα τοποθετούνται σωληνώσεις πολυαιθυλενίου σε όλο το μήκος του δαπέδου σε διάταξη μαιάνδρου όπου μέσα σε αυτές κυκλοφορεί ζεστό νερό θερμοκρασίας 35-45 °C. Αποτέλεσμα αυτής της χρήσης είναι η βέλτιστη κατανομή της θέρμανσης στο χώρο, με θερμοκρασία δαπέδου να κυμαίνεται περίπου στους 27°C.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζονται τα μηχανολογικά σχέδια τα οποία δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες της πτυχιακής εργασίας όπου σκοπό έχουν την καλύτερη κατανόηση της εγκατάστασης από τον αναγνώστη. Συγκεκριμένα τα σχέδια αποτελούνται από την κάτοψη του κτιρίου πάνω στην οποία φαίνονται οι διαδρομές των σωληνώσεων μέχρι να καταλήξουν στα fan coil units (Σχέδιο Π1), την κάτοψη του μηχανοστασίου όπου εκεί διακρίνεται η διάταξη της αντλίας θερμότητας και των άλλων μηχανολογικών εξαρτημάτων (Σχέδιο Π2), την διάταξη των σωληνώσεων του δικτύου και των μηχανολογικών εξαρτημάτων (Σχέδιο Π3) και τέλος την κάτοψη του γεωεναλλάκτη (Σχέδιο Π4).



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ:	Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ	
ΕΡΓΟ:	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ FAN COILS ΣΕ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	
ΘΕΣΗ:	ΜΕΓΑΡΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:	ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ & ΓΚΟΣΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΚΑΤΟΨΗ - ΣΗΜΕΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1/50	Π1
ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:		
ΣΦΡΑΓΙΔΑ:	ΥΠΟΓΡΑΦΗ:	

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ:

**A.T.E.I. ΠΑΤΡΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΕΡΓΟ:

**ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ FAN COILS ΣΕ
ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ**

ΘΕΣΗ:

ΜΕΓΑΡΑ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΜΕΝΕΤΗΤΗΣ:

**ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
&
ΓΚΟΣΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:

ΚΑΤΟΨΗ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ

ΑΡΙΘΜΟΣ
ΣΧΕΔΙΟΥ

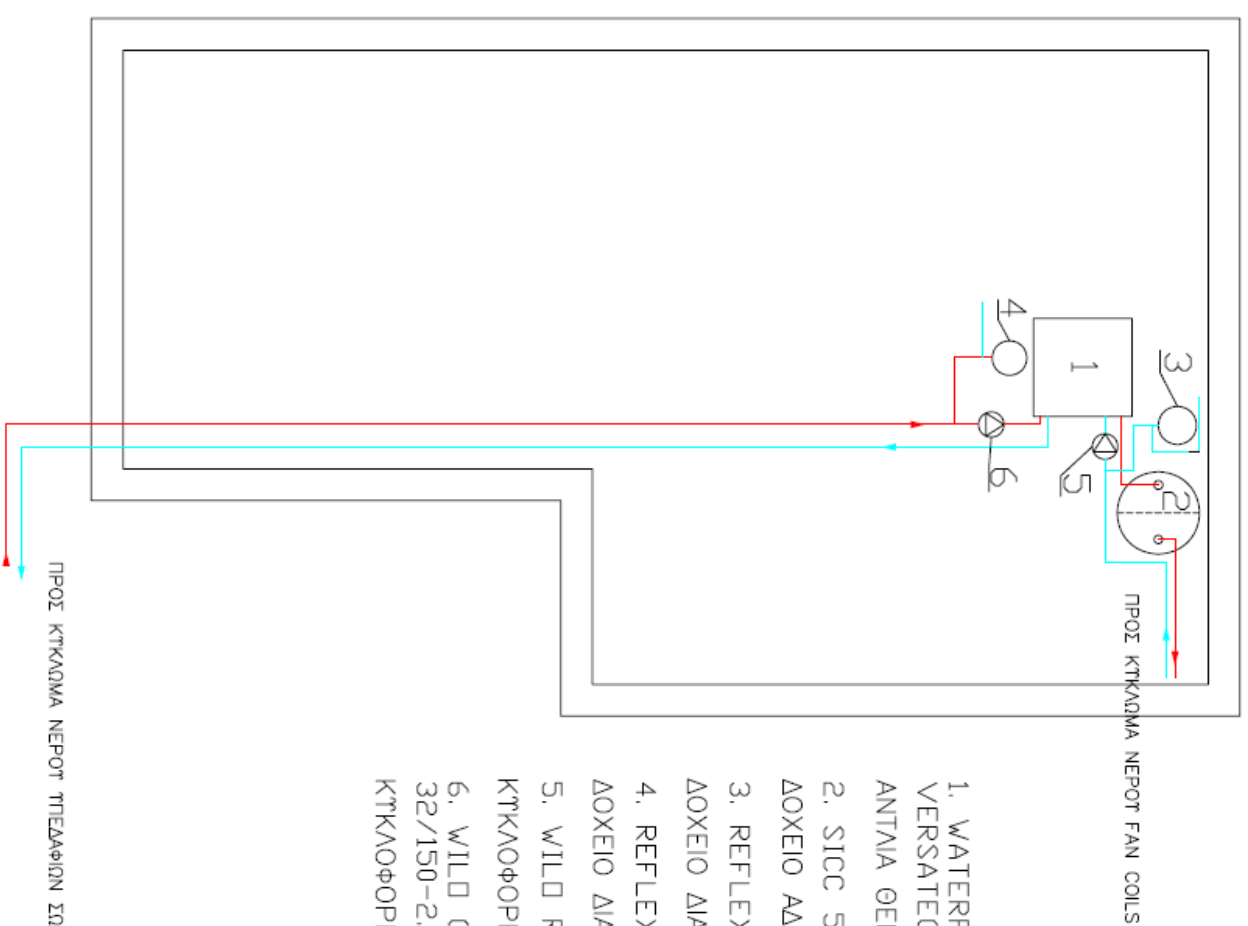
Π2

ΚΑΙΜΑΚΑ: **1/50**

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΝΕΤΗΣ:

ΣΦΡΑΓΙΔΑ:

ΥΠΟΓΡΑΦΗ:



1. WATERFURNACE
VERSATEC V060W
ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ – ΝΕΡΟΥ

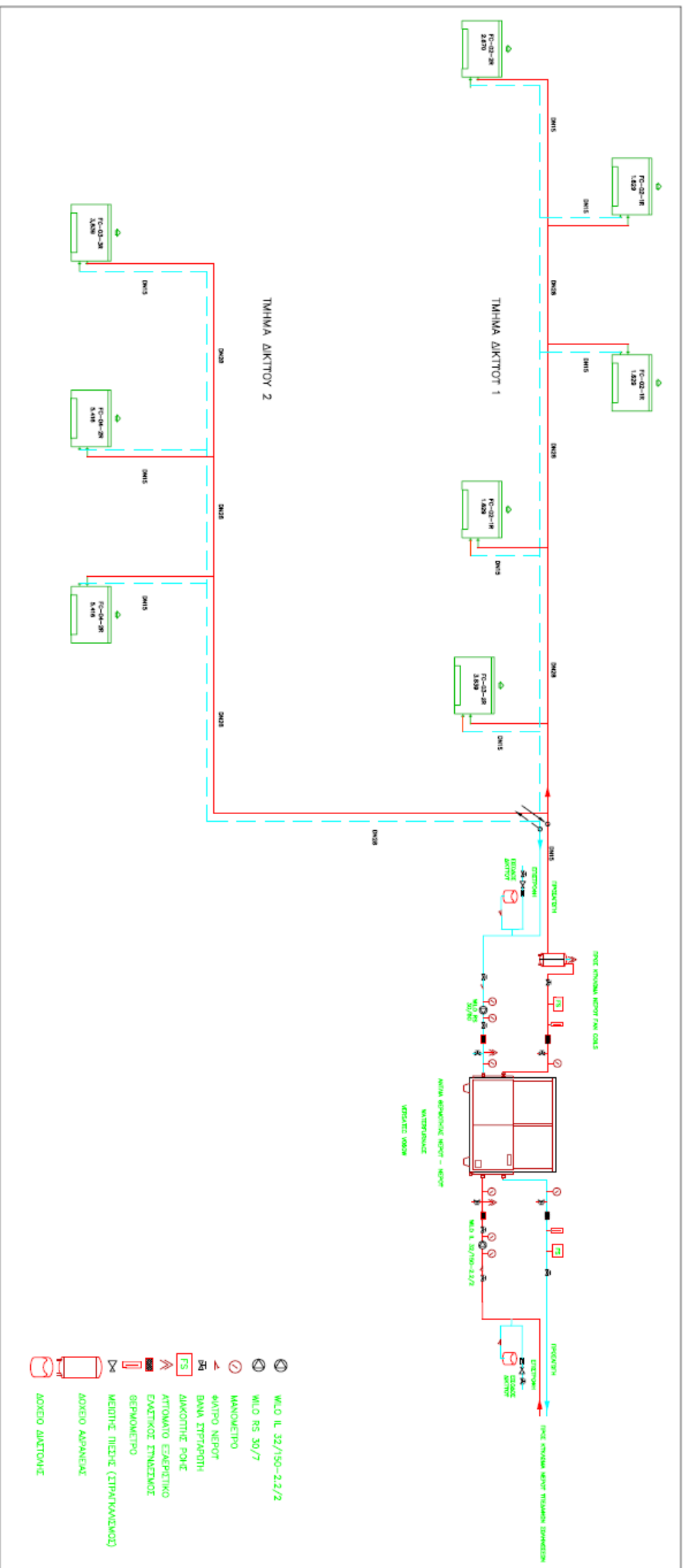
2. SICC 500 Lt
ΔΟΧΕΙΟ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ

3. REFLEX N 18 Lt
ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΩΣΗΣ

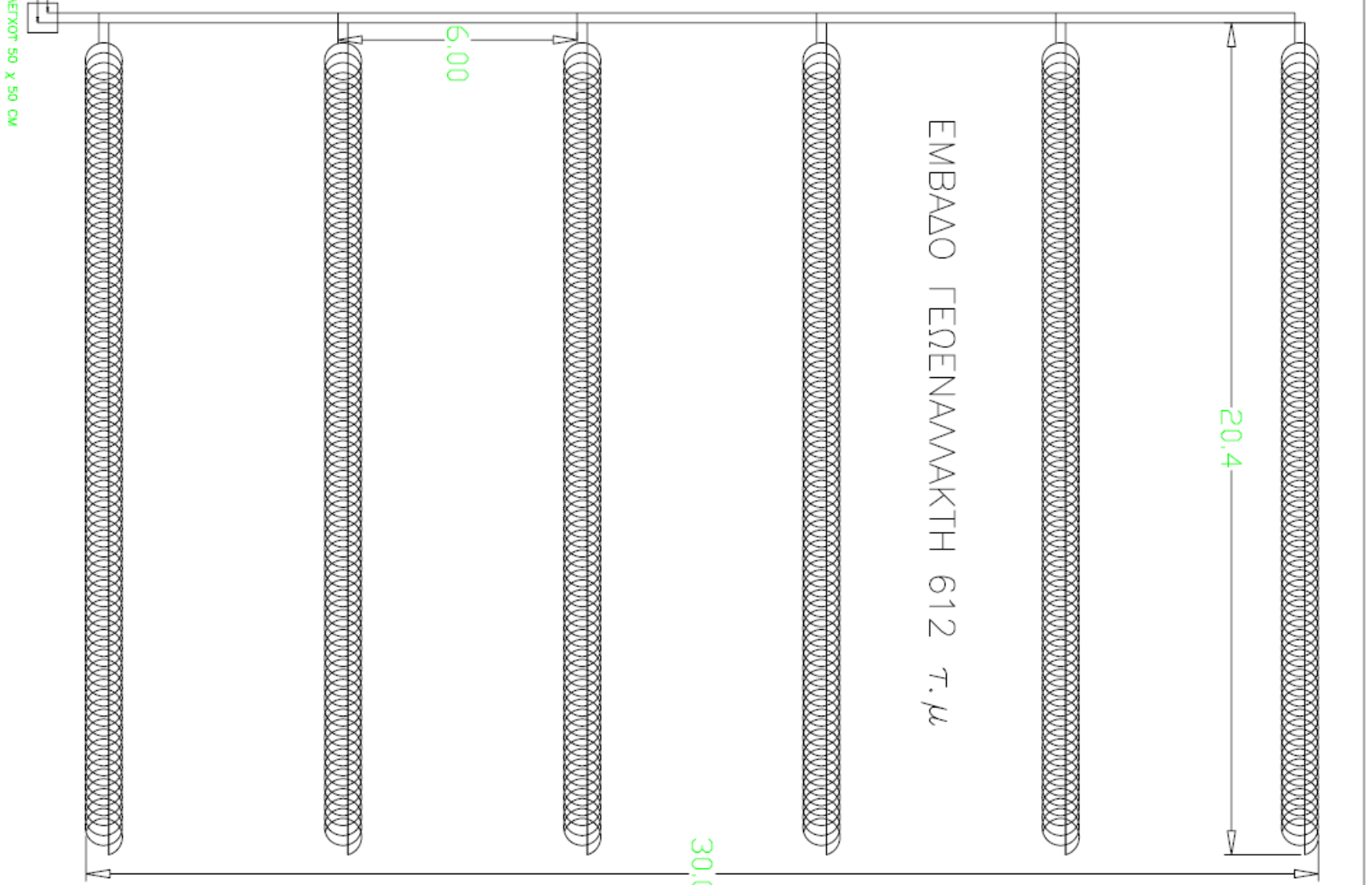
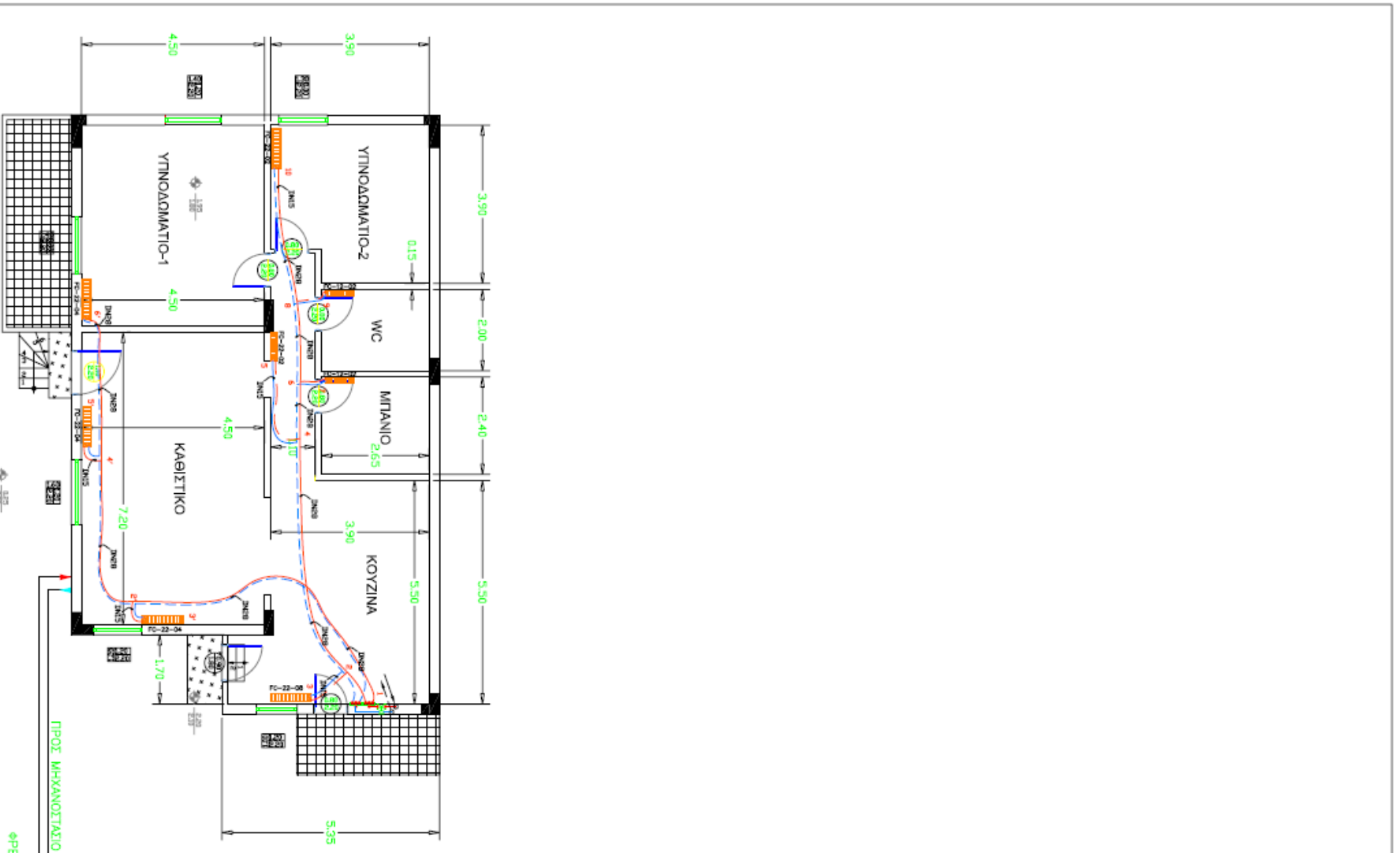
4. REFLEX N 12 Lt
ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΩΣΗΣ

5. WILD RS 30 / 7
ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ

6. WILD CRNDLINE IL
32/150-2.2/2
ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ:		Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ	
ΕΡΓΟ:		ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ	
ΘΕΣΗ:		ΜΕΓΑΡΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:		ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ & ΓΚΟΖΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:		ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΩΛΗΝΟΣΕΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ Π3
ΚΑΙΝΑΚΑ:		1/50	
ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:		ΣΦΡΑΓΙΔΑ	
ΣΦΡΑΓΙΔΑ:		ΤΥΠΟΓΡΑΦΗ:	



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ:		Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ	
ΕΡΓΟ:		ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ FAN COILS ΣΕ ΜΟΝΟΚΑΤΟΙΚΙΑ	
ΘΕΣΗ:	ΜΕΓΑΡΑ ΑΤΤΙΚΗΣ		
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:	ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ & ΓΚΟΣΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ		
ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ:	ΚΑΤΟΥΠΗ ΓΕΦΕΝΑΜΑΚΤΗ	ΑΡΧΙΘΕΤΗΣ:	ΕΥΧΑΙΟΥ
ΚΑΙΜΑΚΑ:	1/50	ΠΛΑΝΟ:	Π4
ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:		ΣΦΡΑΓΙΣ:	ΥΠΟΓΡΑΦΗ:

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Γ. Καρυδάκης, Γεωθερμική Ενέργεια, Εκδόσεις Αθλότυπο, Αθήνα, 2005
2. Μ.Φυτίκας, Ν. Ανδρίτσος, Γεωθερμία, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη, 2004
3. Χ. Αθανάσιος, Συστήματα Γεωθερμίας Ergon, Ενημερωτικό φυλλάδιο από την έκθεση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας «Photovoltaic 2009» στο εκθεσιακό κέντρο ΜΕΚ Παιανίας, 2009
4. Ν. Ψαρράς, AID – Engineering Γεωθερμία, Ενημερωτικό φυλλάδιο από την έκθεση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας «Photovoltaic 2009» στο εκθεσιακό κέντρο ΜΕΚ Παιανίας, 2009
5. Giacomini, Αυτόματη Βαλβίδα Εξαερισμού, Τεχνικό Φυλλάδιο, 2008
6. Talos χαλκοσωλήνες, Κτιριακές υδραυλικές εγκαταστάσεις, Τεχνικό Φυλλάδιο, 2009
7. Trastic Enterprises, Πλαστικοί σωλήνες και εξαρτήματα από PE, Τεχνικό Φυλλάδιο, 2009
8. Sicc, Δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού για συστήματα θέρμανσης, Τεχνικό Φυλλάδιο, 2009
9. Reflex Winkelmann, Δοχείο διαστολής, Τεχνικό Φυλλάδιο, 2009
10. Reflex, Μειωτές πίεσης νερού, Τεχνικό Φυλλάδιο, 2007
11. Tiemme Reccorderie, Κατάλογος προϊόντων 2008, Τιμοκατάλογος προϊόντων, 2008
12. Wilo Hellas, Κυκλοφορητές Wilo, Τεχνικό Φυλλάδιο, 2008
13. Μ. Βραχόπουλος, Κανονική – Αβαθής Γεωθερμία, Ενημερωτικό Φυλλάδιο, 2009
14. Μ. Ρόκκος, Εναλλακτικές Πηγές Ενέργειας Για Οικιακή Χρήση, Ενημερωτικό Φυλλάδιο, 2008

15. Γεωκλιματιστική, Γεωθερμικά Συστήματα Ψύξης-Θέρμανσης, Ενημερωτικό Φυλλάδιο, 2008
16. Δ. Μενδρινός, Κ. Καρύτσας, Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας, Ενημερωτικό Φυλλάδιο, 2008

Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

1. Andrew D. Chiasson, Advances In Modeling Of Ground-Source Heat Pump Systems, 1999
2. McQuay, Geothermal Heat Pump, Design Manual, 2002
3. RETscreen International, Ground Source Heat Pump Project, 2004
4. Ashrae Journal, Closed-Loop Ground-Coupled Heat Pump Systems, 2006
5. WaterFurnace, Versatec Water To Water Heat Pumps, Installation Manual, 2006

Ιστοσελίδες στο Διαδίκτυο

1. www.waterfurnace.com
2. www.geoexchange.com
3. www.aidengineering.com
4. www.tallos.gr
5. www.gaigeo.com
6. www.4m.gr
7. www.geocities.com
8. www.texnikos.gr
9. www.retscreen.net
10. www.theodosoudis.gr
11. www.wilo.gr
12. www.tee.gr
13. www.chryssafidis.com
14. www.interklima.gr
15. www.s-v.gr/cms/geothermalphotos.html