



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Θέρμανση – ψύξη τριών κτηρίων με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Διπλωματική Εργασία
Αναστασιάδη Θωμά

Μανούτσογλου Εμμανουήλ, Καθηγητής ΜΗΧ.Ο.Π.
Καρύτσας Κωνσταντίνος, Προϊστάμενος Διεύθυνσης Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και
Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ)
Σπανουδάκης Νικόλαος, ΕΔΙΠ ΜΗΧ.Ο.Π.

ΧΑΝΙΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια τα κράτη στρέφονται στην αναζήτηση τεχνικών αξιοποίησης ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, προκειμένου να μειωθεί χρήση συμβατικών καυσίμων και να αντιμετωπιστεί η διαρκής άνοδος της τιμής τους αλλά κυρίως η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η εφαρμογή τριών συστημάτων ψύξης – θέρμανσης που χρησιμοποιούν γεωθερμικές αντλίες θερμότητας και καλούνται να υποστηρίξουν δύο μονοκατοικίες και ένα επαγγελματικό χώρο σε τρεις περιοχές της Ελλάδας. Οι περιοχές στις οποίες έγιναν οι εφαρμογές είναι η Θεσσαλονίκη, η Άρτα και η Κατερίνη.

Η μέθοδος που ακολουθείται για το σχεδιασμό του κάθε συστήματος περιλαμβάνει δύο βασικούς άξονες:

i. Υπολογισμός θερμικών απωλειών του κτιρίου. Στη μελέτη αυτή λαμβάνεται υπ' όψιν η περιοχή στην οποία είναι κατασκευασμένο το εκάστοτε κτίριο (κλιματικά δεδομένα περιοχής), τα δομικά στοιχεία, οι μονώσεις και τα κουφώματα του.

ii. Υπολογισμός διαστάσεων γεωεναλλάκτη.

Για την εκπόνηση του ερευνητικού μέρους ελήφθησαν υπ' όψιν μια σειρά παραδοχών:

i. Οι δυσμενέστερες κλιματικά συνθήκες περιλαμβάνουν την ημέρα του έτους κατά την οποία το χειμώνα επικρατεί η μικρότερη μέση ελάχιστη θερμοκρασία.

ii. Τα γεωθερμικά στοιχεία του εδάφους στο οποίο καλούμαστε να εγκαταστήσουμε τους αντίστοιχους γεωεναλλάκτες κάθε περιοχής λαμβάνονται από της μελέτες του ΚΑΠΕ.

Για την εκπόνηση του ερευνητικού μέρους χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω λογισμικά πακέτα:

i. ADAPTMANAGER

Χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη των θερμικών απωλειών των κτιρίων.

ii. MS Excel

Το σύνολο των αλγεβρικών υπολογισμών πραγματοποιήθηκε σε υπολογιστικά φύλλα excel.

iii. AYTOCAD

Χρησιμοποιήθηκε για την χάραξη των κυκλωμάτων της ενδοδαπέδιας θέρμανσης.

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή.....	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Νεότερη ιστορία της ενέργειας.....	7
1.3 Το ενεργειακό μέλλον και η γεωθερμία.....	9
2.Γεωθερμία.....	10
2.1 Γενικά.....	10
2.2 Γεωθερμικό πεδίο.....	11
2.3 Ευνοϊκές γεωθερμικές συνθήκες.....	12
2.4 Επιφανειακές εκδηλώσεις.....	15
2.5 Φαινόμενα που επηρεάζουν την κατανομή θερμότητας στο υπέδαφος.....	16
2.6 Ταξινόμηση γεωθερμικών συστημάτων.....	18
2.6.1 Κριτήριο ενθαλπίας.....	18
2.6.2 Κριτήριο γεωθερμικού μέσου.....	19
2.6.3 Κριτήριο μετάδοσης θερμότητας.....	20
2.6.4 Θερμά ξηρά πετρώματα.....	21
2.7 Γεωθερμικά μοντέλα.....	23
2.7.1 Θερμική ανωμαλία νησιωτικών τόξων.....	23
2.7.2 Οπισθότοξες περιοχές.....	24
2.7.3 Περιοχές με όξινο πλουτώνιο μαγματισμό.....	25
2.7.4 Περιοχές με ευνοϊκές καλυμμένες τεκτονικές δομές.....	25
2.7.5 Περιοχές μεγάλων ρηγμάτων.....	26
2.8 Γεωθερμία στην Ελλάδα.....	26
2.9 Η γεωθερμία ως ανανεώσιμη και αειφόρα πηγή ενέργειας.....	28
3.Χαρακτηριστικά των γεωθερμικών ρευστών.....	30
3.1 Σύσταση της υγρής φάσης.....	30
3.2 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γεωθερμικών νερών.....	31
3.3 Υδροθερμική εξαλλοίωση.....	32
3.4 Δειγματοληψία γεωθερμικών ρευστών.....	35
3.4.1 Γενικά.....	35
3.4.2 Μέθοδοι δειγματοληψίας σε γεωτρήσεις.....	36
3.5 Μεθοδολογία χημικών αναλύσεων των γεωθερμικών ρευστών.....	37
4.Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας.....	39
4.1 Εισαγωγή.....	39
4.2 Ιστορική αναδρομή γεωθερμικών εφαρμογών.....	40
4.3 Σύγχρονες γεωθερμικές εφαρμογές.....	42
4.3.1 Άμεση, χρήση της γεωθερμικής ενέργειας.....	42
4.3.1.1 Τηλεθέρμανση.....	45
4.3.1.2 Αντλίες θερμότητας.....	46
4.3.1.3 Γεωργία – Κτηνοτροφία.....	46
4.3.1.4 Υδατοκαλλιέργεια – Ιχθυοκαλλιέργεια.....	47
4.3.1.5 Βιομηχανία.....	47
4.3.1.6 Αφαλάτωση θαλασσινού νερού.....	48
4.3.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	48
4.4 Εφαρμογές στην Ελλάδα.....	51
5. Αντλίες θερμότητας.....	53
5.1 Ορισμός – Αρχές Λειτουργίας.....	53
5.1.1 Ορισμός αντλίας θερμότητας.....	53

5.1.2 Αρχές λειτουργίας - Βαθμός απόδοσης.....	54
5.2 Ψυκτικά ρευστά.....	60
5.3 Κατηγορίες αντλιών θερμότητας.....	62
5.4 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.....	63
5.4.1 Λειτουργία θέρμανσης.....	64
5.4.2 Λειτουργία ψύξης.....	64
5.5 Κατηγορίες γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.....	65
5.5.1 Γεωθερμικές αντλίες ανοικτού βρόχου.....	65
5.5.1.1 Θέματα ειδικού ενδιαφέροντος.....	66
5.5.1.1.1 Σημείο απόρριψης του νερού.....	66
5.5.1.1.2 Αντλία νερού.....	67
5.5.1.1.3 Ψύξη γεωθερμικού πεδίου.....	67
5.5.2 Γεωθερμικές αντλίες κλειστού βρόχου.....	67
5.5.2.1 Κάθετη διάταξη.....	68
5.5.2.2 Οριζόντια διάταξη.....	69
5.5.2.3 Θέματα ειδικού ενδιαφέροντος.....	69
5.5.2.3.1 Χαρακτηριστικά εδάφους.....	70
5.5.2.3.2 Διαστασιολόγηση κλειστού βρόχου.....	70
5.5.2.3.3 Αστοχίες εναλλάκτη κλειστού βρόχου.....	71
5.5.2.3.4 Ιδιότητες του υλικού του εναλλάκτη.....	71
5.5.2.3.5 Επιλογή ρευστού του εναλλάκτη κλειστού βρόχου.....	71
6. Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα αντλίας θερμότητας.....	72
6.1 Ανταγωνιστικότητα της γεωθερμικής ενέργειας.....	72
6.2 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα.....	73
6.3 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.....	74
6.4 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα γεωθερμικών εναλλακτών.....	75
7. Ερευνητικό.....	76
7.1 Εισαγωγή – Σκοπός.....	76
7.2 Μεθοδολογία – Παραδοχές.....	76
7.2.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών.....	77
7.2.1.1 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών.....	77
7.2.1.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	79
7.2.2 Μελέτη ενδοδαπέδιας.....	80
7.2.2.1 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών.....	80
7.2.2.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	82
7.2.3 Διαστασιολόγηση γεωθερμικού εναλλάκτη.....	83
7.2.4 Υπολογισμός θερμοενεργειακού φορτίου γεώτρησης.....	88
7.2.5 Διαστασιολόγηση δοχείου διαστολής.....	89
7.2.6 Τρόπος σύνδεσης και διαστασιολόγηση δοχείου αδρανείας.....	91
7.3 Μονοκατοικία στη Θεσσαλονίκη.....	92
7.3.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών.....	92
7.3.2 Μελέτη ενδοδαπέδιας θέρμανσης.....	94
7.3.3 Διαστασιολόγηση γεωθερμικού εναλλάκτη.....	98
7.3.4 Επιλογή γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.....	100
7.3.5 Δοχείο αδρανείας.....	101
7.3.6 Κυκλοφορητής.....	101
7.3.7 Δοχείο διαστολής.....	101
7.3.8 Υλικά ενδοδαπέδιας.....	101
7.3.8.1 Μορφόπλακα.....	101
7.3.8.2 Σωλήνας.....	102

7.3.8.3 Περιμετρική ταινία.....	102
7.3.8.4 Αρμός διαστολής.....	102
7.3.8.5 Συλλέκτες.....	102
7.3.8.6 Ίνες πολυπροπυλενίου.....	103
7.3.8.7 Ρευστοποίητης σκυροδέματος.....	103
7.3.8.8 Πίνακας διανομής.....	103
7.3.9 Παραγωγή ζεστού νερού.....	103
7.3.9.1 Boiler με αντλία θερμότητας.....	103
7.3.9.2 Ηλιακοί συλλέκτες.....	104
7.3.9.3 Ψηφιακός διαφορικός θερμοστάτης.....	104
7.3.9.4 Pump station.....	104
7.3.9.5 Δοχείο διαστολής.....	104
7.4 Μονοκατοικία στην Άρτα.....	104
7.4.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών.....	105
7.4.2 Μελέτη ενδοδαπέδιας θέρμανσης.....	106
7.4.3 Διαστασιολόγηση γεωθερμικού εναλλάκτη.....	109
7.4.4 Επιλογή γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.....	111
7.4.5 Δοχείο αδρανείας.....	111
7.4.6 Κυκλοφορητής.....	112
7.4.7 Δοχείο διαστολής.....	112
7.4.8 Υλικά ενδοδαπέδιας.....	112
7.4.8.1 Μορφόπλακα.....	112
7.4.8.2 Σωλήνας.....	112
7.4.8.3 Περιμετρική ταινία.....	113
7.4.8.4 Αρμός διαστολής.....	113
7.4.8.5 Συλλέκτες.....	113
7.4.8.6 Ίνες πολυπροπυλενίου.....	113
7.4.8.7 Ρευστοποίητης σκυροδέματος.....	113
7.4.8.8 Πίνακας διανομής.....	114
7.4.9 Παραγωγή ζεστού νερού.....	114
7.4.9.1 Boiler λεβητοστασίου.....	114
7.4.9.2 Ηλιακοί συλλέκτες.....	114
7.4.9.3 Ψηφιακός διαφορικός θερμοστάτης.....	114
7.4.9.4 Pump station.....	115
7.4.9.5 Δοχείο διαστολής.....	115
7.5 Επαγγελματικός χώρος στην Κατερίνη.....	115
7.5.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών.....	115
7.5.2 Υπολογισμός θερμοενεργειακού φορτίου γεώτρησης.....	117
7.5.3 Επιλογή γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.....	118
7.5.4 Δοχείο αδρανείας.....	118
7.5.5 Κυκλοφορητής.....	118
7.5.6 Δοχείο διαστολής.....	119
7.5.7 Fan coil.....	119
7.5.7.1 Τύπου κασέτας.....	119
7.5.7.2 Τύπου δαπέδου.....	120
Παράρτημα 1.....	121
Παράρτημα 2.....	172
Βιβλιογραφία	202

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η ενέργεια είναι άμεσα συνδεδεμένη με κάθε πτυχή της ζωής του ανθρώπου, είναι απαραίτητη για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων διαβίωσης, για το μαγείρεμα και την διατήρηση των τροφίμων για την μετακίνηση, την βιομηχανία (γενικά σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας). Στη σημερινή εποχή, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας προέρχεται από την εκμετάλλευση των ορυκτών καυσίμων, (λιγνίτης, πετρέλαιο και φυσικό αέριο), τα οποία αποτελούν άφθονες και φθηνές ενεργειακές πηγές.

Η εκμετάλλευση των ενεργειακών πηγών ξεκίνησε πολύ πριν τη βιομηχανική επανάσταση και την ανακάλυψη των ορυκτών καυσίμων. Για χιλιάδες χρόνια, η καύση του ξύλου χρησιμοποιούνταν από τον άνθρωπο για θέρμανση, φωτισμό και μαγείρεμα αργότερα για την εξόρυξη και κατεργασία μετάλλων, καθώς και για την κατασκευή συσκευών και οικοδομικών υλικών. Άλλες ενεργειακές πηγές, όπως ο αέρας και το τρεχούμενο νερό των ποταμών, χρησιμοποιήθηκαν για τη ναυσιπλοΐα και την επεξεργασία των σιτηρών αντίστοιχα.

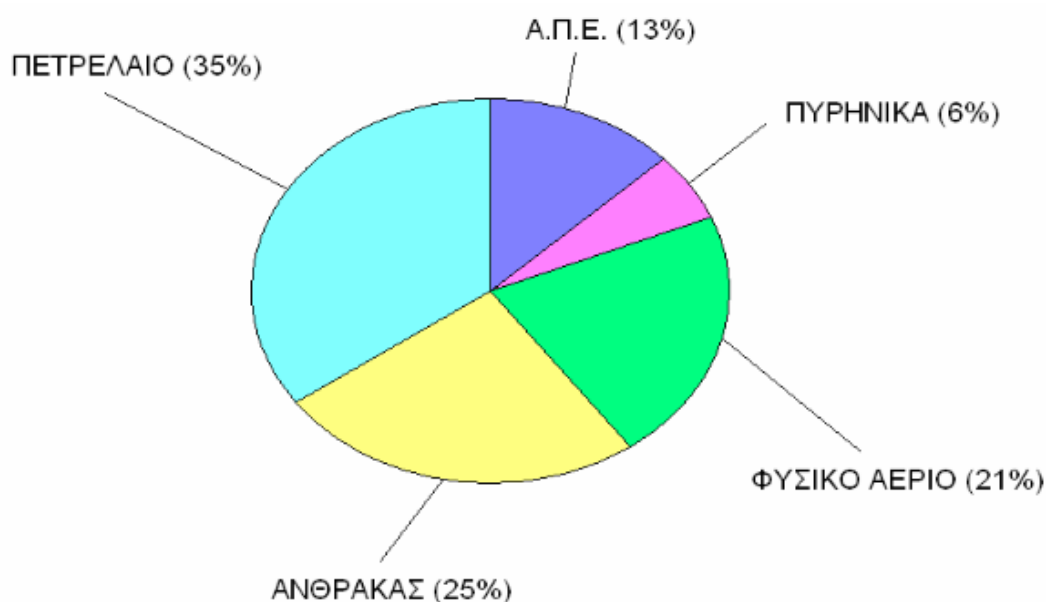
1.2 Νεότερη ιστορία της ενέργειας

Το τέλος του 19ου αιώνα και η αρχή του 20ου χαρακτηρίζονται από την ανάπτυξη του ηλεκτρισμού, της μηχανής εσωτερικής καύσης και τη χρήση του πετρελαίου. Στα μέσα του 20ου αιώνα αναπτύσσονται τα ηλεκτρικά δίκτυα, τα οποία καθιστούν εφικτή τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ακόμα και σε απομακρυσμένες περιοχές. Μια νέα πηγή, η πυρηνική, αναπτύσσεται μετά το 2ο παγκόσμιο πόλεμο συμβάλλοντας στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τη περίοδο αυτή τα ορυκτά καύσιμα ήταν άφθονα και φθηνά, ενώ ο άνθρωπος αγνοούσε παντελώς τις επιπτώσεις που είχε η καύση τους στο περιβάλλον.

Από το τέλος της δεκαετίας του 1960 άρχισαν να αναγνωρίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της βιομηχανικής ανάπτυξης και ιδιαίτερα της καύσης των ορυκτών καυσίμων και ο άνθρωπος άρχισε να ευαισθητοποιείται στο θέμα της προστασίας του περιβάλλοντος. Η ευαισθητοποίηση αυτή σε συνδυασμό με τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του 1970 οδήγησαν στην ανάπτυξη τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρισμού

μέσω της εκμετάλλευσης ενεργειακά ανανεώσιμων πηγών. Η πτώση όμως των τιμών του πετρελαίου τη δεκαετία του 1980 και του μεγαλύτερου μέρους της δεκαετίας του 1990 λειτούργησε ανασταλτικά στην ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών, καθώς συνέχισε να προωθείται για οικονομικούς λόγους η εκμετάλλευση των συμβατικών πηγών ενέργειας [1].

Στη σημερινή εποχή, τα ορυκτά καύσιμα καλύπτουν περίπου το 81% της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης. Μεταξύ αυτών το πετρέλαιο κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό (35%) και ακολουθεί ο άνθρακας (25%) με το φυσικό αέριο (21%). Το υπόλοιπο μερίδιο, όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.1, αντιστοιχεί στις ανανεώσιμες πηγές και τη πυρηνική ενέργεια με 13% και 6% αντίστοιχα [2].



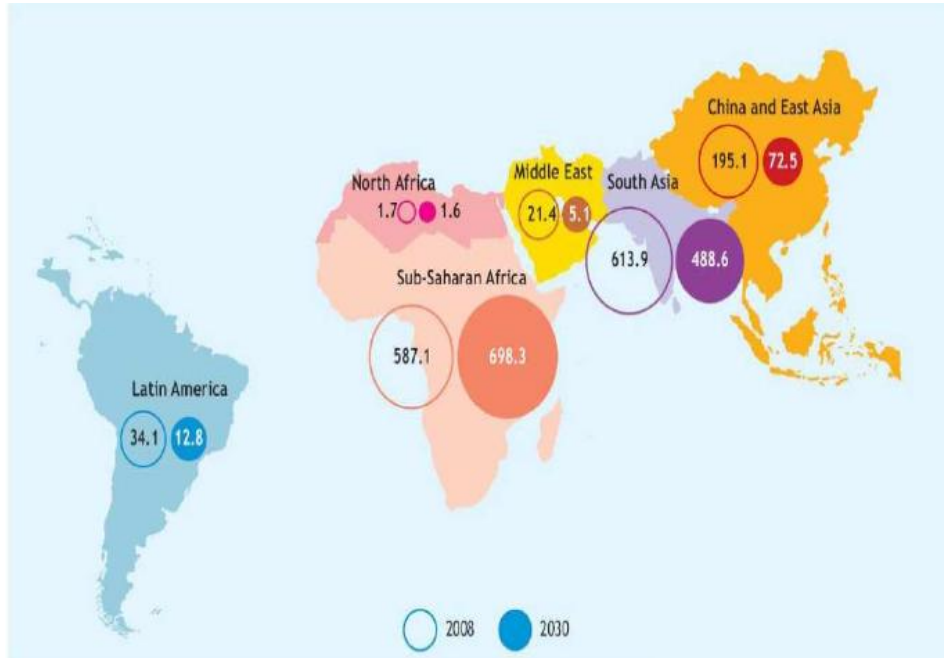
Σχήμα 1.1: Παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, σύμφωνα με στοιχεία του 2004

Η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση εικοσαπλασιάστηκε από το 1850 μέχρι σήμερα, δεκαπλασιάστηκε από το 1900 και τετραπλασιάστηκε από το 1950. Να σημειώσουμε βέβαια, ότι το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης, κατά τη τελευταία εκατονταετία, έγινε στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες, οι οποίες αποτελούν το 20% του παγκόσμιου πληθυσμού. Η ενεργειακή ζήτηση συνεχίζει ακόμα να αυξάνεται με υψηλούς ρυθμούς, καθώς όλο και περισσότερες χώρες εισέρχονται σε αναπτυξιακή τροχιά, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα όλο και μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού της γης να βελτιώνει το βιοτικό του επίπεδο.

[1] Αρθούρος Ζερβός, 2007. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

[2] <http://www.interacademycouncil.net>

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το γεγονός ότι το 2008, 1,5 δισεκατομμύριο άνθρωποι δεν είχαν πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια, ενώ ο αντίστοιχος αριθμός για το 2030 υπολογίζεται σε 1,3 δισεκατομμύρια (σχήμα 1.2) [3].



Σχήμα 1.2: Πληθυσμός ανά τον κόσμο χωρίς πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια για το έτος 2008 και πρόβλεψη για το 2030

1.3 Το ενεργειακό μέλλον και η γεωθερμία

Έχοντας ως δεδομένο, τους υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης και την ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση σε ενέργεια, ένα ενεργειακό μέλλον, το οποίο θα στηρίζεται στην εκμετάλλευση των ορυκτών καυσίμων, θα παρουσιάσει μια σειρά από προβλήματα για την ανθρωπότητα. Τα κυριότερα από αυτά, είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η μείωση των αποθεμάτων, τα υψηλά κόστη εξόρυξης και η άνιση κατανομή των ορυκτών καυσίμων. Η λύση είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και το σημαντικότερο, η εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούνται από την ηλιακή, την αιολική και την υδροδυναμική ενέργεια, τη βιομάζα και τη γεωθερμία.

[3] International Energy Agency, 2009. World energy outlook 2009

2. Γεωθερμία

2.1 Γενικά

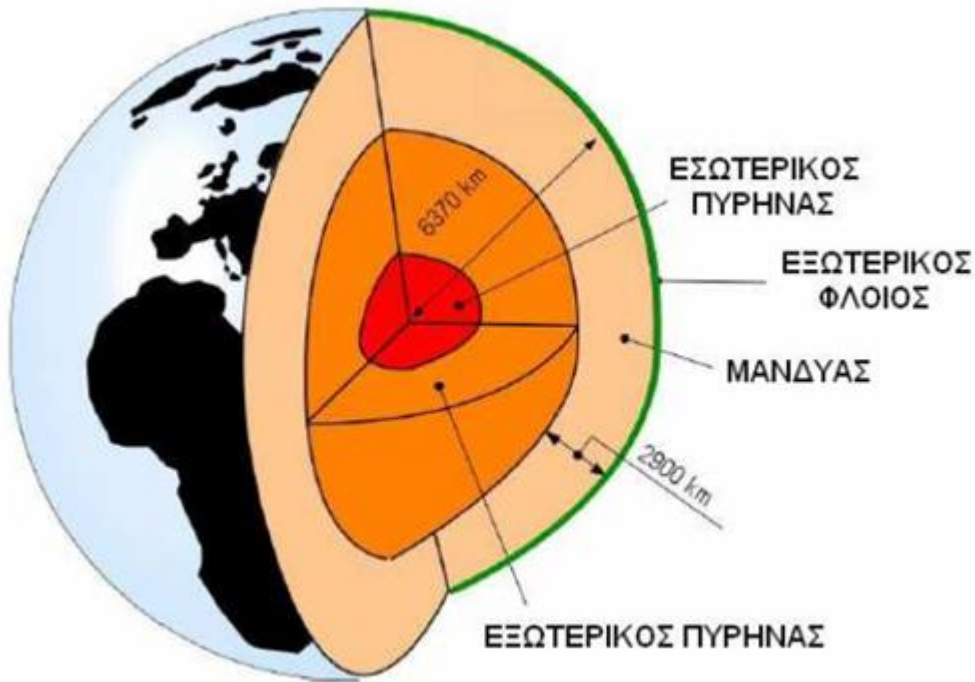
Ο όρος γεωθερμία αναφέρεται στον εφαρμοσμένο επιστημονικό κλάδο που περιλαμβάνει όλο το φάσμα της έρευνας, από τη μελέτη της γήινης ροής θερμότητας, τις συνθήκες κατανομής των θερμοκρασιών στο υπέδαφος, το μηχανισμό της κυκλοφορίας των υπόγειων θερμών ρευστών σε συνδυασμό με τις γεωλογικές συνθήκες, καθώς και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους, μέχρι τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των γεωθερμικών πεδίων.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία 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 θερμό φορτίο, εξασφαλίζουν ένα συγκριτικό οικονομικό αποτέλεσμα.

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 προτεραιότητα στη γεωθερμική έρευνα. 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 γεωθερμικές ανωμαλίες ή και χωρίς ανωμαλία. Με την προϋπόθεση ότι οι περιοχές αυτές διαθέτουν αξιόλογες ποσότητες ρευστών σε μικρά σχετικά βάθη (μέχρι 3000m).

Τα τελευταία χρόνια ο ρόλος που διαδραματίζει η γεωθερμία αυξάνεται συνεχώς και αυτό γιατί η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μια ουσιαστική ανεξάντλητη και οικονομική μορφή ενέργειας με πολλές και χρήσιμες εφαρμογές καθώς και με ήπιες ή σχεδόν μηδενικές επιπτώσεις στο περιβάλλον [1].

[1] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία



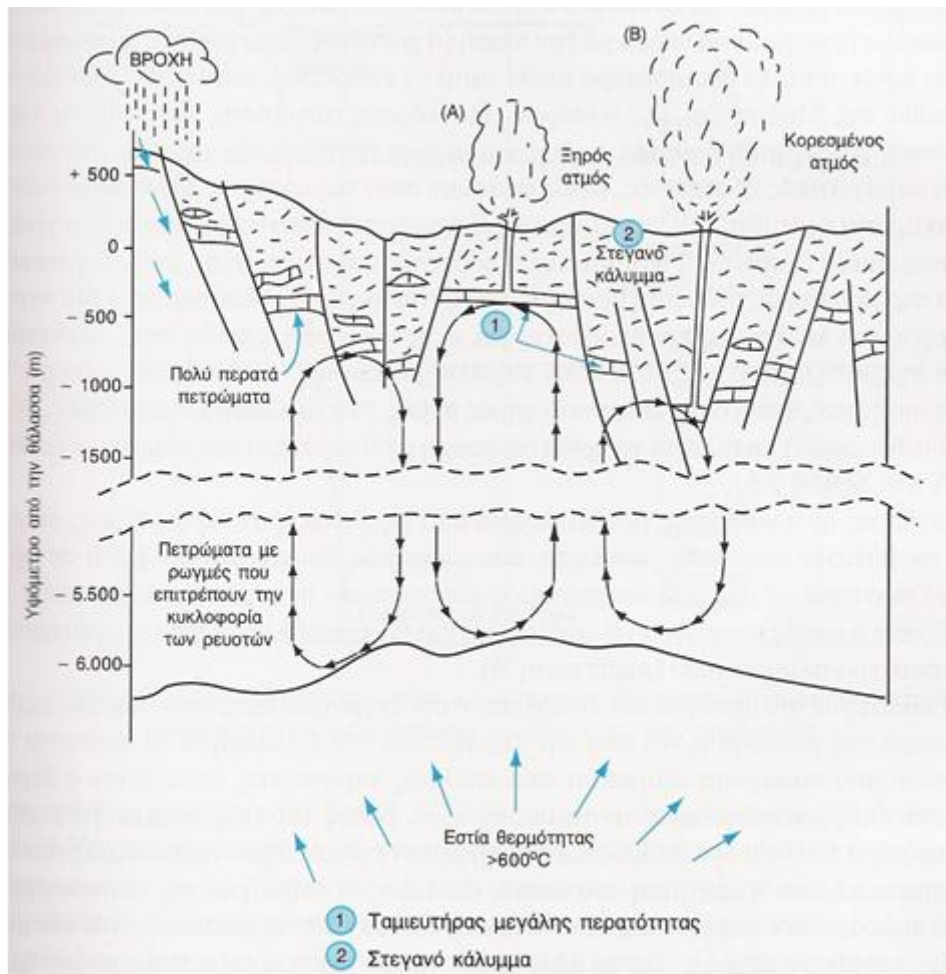
Σχήμα 2.1: Ο Φλοιός, ο Μανδύας και ο Πυρήνας της γης [2]

2.2 Γεωθερμικό πεδίο

Ένα γεωθερμικό πεδίο αποτελείται από τρία μέρη. Την πηγή θερμότητας, τον ταμιευτήρα και τα ρευστά, τα οποία είναι οι φορείς της θερμότητας. Η πηγή μπορεί να είναι είτε μια μαγματική διείσδυση η οποία έφθασε σε σχετικά μικρά βάθη, είτε η κανονική θερμική ροή της γης, που δημιουργεί όλο και θερμότερους σχηματισμούς όσο πηγαίνουμε στο βάθος. Ο ταμιευτήρας αποτελείται 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, σε υγρή ή αέρια φάση και συχνά περιέχουν σημαντικές ποσότητες διαλυμένων στερεών ουσιών και αερίων. Η κατάσταση των γεωθερμικών ρευστών εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία τους [3].

[2] <http://www.geothermal-energy.org>

[3] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία



Σχήμα 2.2: Σχηματική παράσταση ενός πρότυπου γεωθερμικού συστήματος

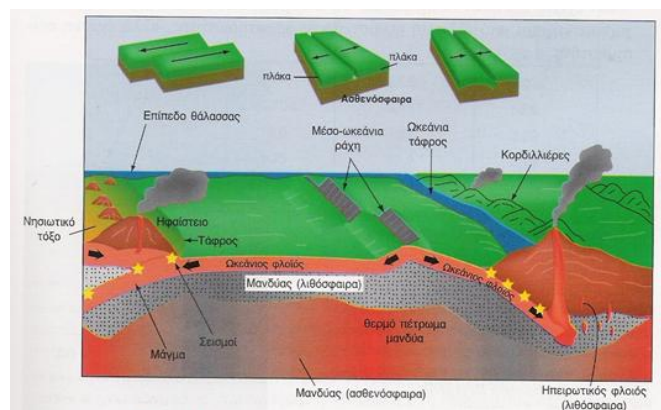
2.3 Ευνοϊκές γεωθερμικές συνθήκες

Στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για τη γεωθερμία συντελούν ορισμένα γεωδυναμικά και άλλα γεωλογικά-τεκτονικά φαινόμενα, έτσι ώστε να διευκολύνεται η ροή θερμότητας προς την επιφάνεια και να συσσωρεύεται με τη μορφή εγκλωβισμένων θερμών ρευστών κοντά σ' αυτήν. Χρειαζόμαστε λοιπόν θετικές ανωμαλίες θερμότητας.

Η φυσική συναγωγή (ανερχόμενα ρεύματα κίνησης λόγω διαφοράς θερμοκρασίας) του θερμού υλικού στο εσωτερικό της ασθενόσφαιρας δημιουργεί εκτατικές κινήσεις της λιθόσφαιρας, η οποία λεπταίνει και τεμαχίζεται, ενώ ο μανδύας ανέρχεται για να συμπληρώσει το κενό με αποτέλεσμα να επικρατούν (σε βάθος 5 km περίπου) θερμοκρασίες μέχρι και 120 °C (αντί των κανονικών 150 °C). Η συνακόλουθη πτώση πίεσης στο μανδύα προκαλεί το φαινόμενο της μερικής τήξης και δημιουργεί τα βασαλτικά μάγματα. Το φαινόμενο συνεχίζεται κατά μήκος ενός σχεδόν κατακόρυφου

επιπέδου, το οποίο στην επιφάνεια εμφανίζεται με τη μορφή ευθείας γραμμής (στο όριο μεταξύ των πλακών που απομακρύνονται μεταξύ τους) και δημιουργείται νέος βασालτικός φλοιός στην αξονική ζώνη, η οποία καλείται ζώνη μεγέθυνσης ή επέκτασης ή μέσο-ωκεάνια ράχη. Τεράστιες ποσότητες γεωθερμικής ενέργειας απελευθερώνονται σε αυτές τις ζώνες, όπου η θερμική ροή φτάνει μέχρι 1000 mW/m^2 .

Από την καταβύθιση μιας ψυχρής λιθοσφαιρικής πλάκας μέσα στη ζεστή ασθενόσφαιρα (περίπτωση σύγκλισης λιθοσφαιρικών πλακών), δημιουργούνται συνθήκες θερμικά θετικές πάνω από τα βαθύτερα τμήματα της βυθιζόμενης πλάκας. Η πλάκα αυτή κατεβαίνει με κλίση $30\text{-}35^\circ$ και σχηματίζει το επίπεδο Benioff. Πάνω από τις περιοχές που βρίσκονται σε οριζόντια απόσταση $150\text{-}200 \text{ km}$ από το όριο δημιουργούνται διάφορα ηφαίστεια ανδесиτικού τύπου. Η ενυδατωμένη λιθόσφαιρα υποβιβάζει το σημείο τήξης και λιώνει εν μέρει το γήινο μανδύα ή το κατερχόμενο υλικό του φλοιού. Το λιωμένο πέτρωμα ανεβαίνει προς τα πάνω, αλλά δε δημιουργεί πάντοτε ηφαίστεια, επειδή τις περισσότερες φορές δε φτάνει στην επιφάνεια της γης, αλλά σχηματίζει υπόγειες πλουτώνιες διεισδύσεις γρανιτοδιοριτικής σύστασης. Σε λιγότερο πιθανές περιπτώσεις καταλήγει στην επιφάνεια της γης και δημιουργεί ηφαιστειακό οικοδομήματα. Οι περιοχές αυτού του τύπου φτιάχνουν τα λεγόμενα ηφαιστειακά νησιωτικά τόξα ή τις κορδιλιέρες, όπου μεταφέρονται μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας προς την αντίστοιχη επιφανειακή περιοχή της γης. Στις οπισθότοξες περιοχές δημιουργούνται τεκτονικές συνθήκες εφελκυσμού και μεγάλων κανονικών ρηγμάτων, που επιτρέπουν με τη σειρά τους την άνοδο του λιωμένου πετρώματος (σπανιότερα) και συνηθέστερα τη μεταφορά προς τα πάνω μεγάλων ποσοτήτων θερμών ρευστών διαλυμάτων, τα οποία δημιουργούνται στο περιβάλλον της λιθόσφαιρας



Σχήμα 2.3: Μορφές μετατόπισης των λιθοσφαιρικών πλακών

Μία τελευταία περίπτωση που δημιουργεί ιδιαίτερα ευνοϊκές γεωθερμικές συνθήκες είναι η περίπτωση του μαγματισμού στο εσωτερικό των πλακών ηπειρωτικού ή ωκεάνιου τύπου, ο οποίος ονομάζεται μαγματισμός θερμών κηλίδων ή θερμών διογκώσεων. Τα ηφαίστεια σχηματίζουν συνήθως μια ευθεία γραμμή και δημιουργούνται στο βάθος των ωκεανών και σε ηπειρωτικό περιβάλλον, πάντα όμως στο εσωτερικό των λιθοσφαιρικών πλακών και όχι κοντά στα όρια τους. Τα ευθυγραμμισμένα αυτά ηφαίστεια σχηματίζονται σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν ρήγματα ή διαρρήξεις και παρουσιάζουν το φαινόμενο της προοδευτικής αλλαγής της ηλικίας τους από το ένα άκρο στο άλλο, και πάντα σε κατεύθυνση αντίθετη προς την κίνηση της λιθοσφαιρικής πλάκας.



Σχήμα2.4: Τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, στα οποία απαντούνται τα περισσότερα γεωθερμικά συστήματα

Η εξήγηση που δόθηκε στο φαινόμενο των υπο-ωκεάνιων ηφαιστειών στο εσωτερικό των πλακών είναι ότι σε μεγάλο βάθος του μανδύα αναπτύσσονται σταθερές μεταφορικές κινήσεις του, οι οποίες πιθανώς δημιουργούν μερικά σταθερά θερμά σημεία. Όταν ένα εσωτερικό τμήμα μιας λιθοσφαιρικής πλάκας μετατοπιζόμενο περνά πάνω από κάποιο τέτοιο σημείο, αποσπά βασαλτικό υγρό και δημιουργεί ένα ηφαίστριο που σιγά-σιγά κατασκευάζει το οικοδόμημά του. Η σταδιακή μετακίνηση της πλάκας προκαλεί και το συνεχή σχηματισμό νέων ηφαιστειακών κέντρων στην ίδια περίπου

ευθεία. Τα ανάλογα σημεία στο εσωτερικό ηπειρωτικών πλακών σχηματίζουν τις λεγόμενες ειδικές διογκώσεις του ηπειρωτικού φλοιού, σε περιοχές τελείως σταθερές από τεκτονική άποψη.

Γεωδυναμικά αίτια που συνδέονται με την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών δημιουργούν πολλές φορές εκλέπτυνση του φλοιού και επομένως θετική μεταβολή της γεωθερμικής βαθμίδας και τούτο προφανώς επειδή έχουμε μεγάλες σχετικά θερμοκρασίες σε μικρότερα βάθη. Είναι οι περιοχές των μεγάλων ή μικρότερων τεκτονικών ηπειρωτικών βυθισμάτων. Οι θερμικές ανωμαλίες σε αυτές τις περιπτώσεις δεν είναι πολύ μεγάλες, επειδή δεν έχουμε συνήθως μετακίνηση μαγματικών υλικών, αλλά διευκόλυνση ανόδου βαθύτερων ρευστών μέχρι την επιφάνεια της γης ή κοντά σε αυτή [4].

2.4 Επιφανειακές εκδηλώσεις

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 φυσικά φαινόμενα ή εκδηλώσεις τα κυριότερα των οποίων είναι:

- ο 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.

- ο Οι θερμές πηγές είναι φυσικές εξοδοί ζεστού νερού, κάτω από ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, με θερμοκρασία που προσεγγίζει το σημείο ζέσεως του νερού. Σε λίγες περιπτώσεις έχουν εντυπωσιακή παροχή, συνήθως όμως βγάζουν λίγο νερό επειδή το περισσότερο εγκλωβίζεται στο υπέδαφος.

- ο Οι θερμοπίδακες αποτελούν ειδική περίπτωση ζέουσων θερμών εκδηλώσεων και δημιουργούνται από την κυκλοφορία υπέρθερμων υπόγειων νερών σε μικρό βάθος. Αυτά τα νερά ανά τακτά χρονικά διαστήματα αποκτούν ικανή πίεση, ώστε να δημιουργηθεί μια σχεδόν περιοδική και εντυπωσιακή έκρηξη νερού και υδρατμών, τα οποία εκτινάσσονται σε αρκετές δεκάδες μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους.

- ο Οι ατμίδες είναι αναδύσεις υπέρθερμων ατμών και αερίων, που βγαίνουν από ρωγμές ή τρύπες του εδάφους χωρίς πίεση αλλά με εντυπωσιακή σταθερότητα.

[4] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

Σχηματίζονται όταν η παροχή του νερού είναι περιορισμένη και το νερό εξατμίζεται προτού φτάσει στην επιφάνεια της γης. Γύρω από τις ατμίδες 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 έχουν θερμοκρασία γύρω στους 100 °C. Τα αέρια που εξέρχονται μαζί με τον ατμό είναι κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα καθώς και διοξείδιο του θείου, υδρόθειο και μικρές ποσότητες άλλων ηφαιστειακών και μη αερίων.

ο Οι λεκάνες ιλύος σχηματίζονται όταν δεν υπάρχει μεγάλη ροή και πίεση του νερού μιας θερμής πηγής, ώστε να μεταφέρει μακριά τα αργιλοπηριτικά 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.

ο Τα θερμά εδάφη σχηματίζονται συνήθως από τη θερμική αγωγή των πετρωμάτων που παρεμβάλλονται μεταξύ μερικών σημείων της επιφάνειας της γης και των υποκείμενων αβαθών και πολύ θερμών ρευστών. Έχουν θερμοκρασίες που φτάνουν μέχρι και 100 °C στην επιφάνεια του εδάφους [5].

2.5 Φαινόμενα που επηρεάζουν την κατανομή θερμότητας στο υπέδαφος

Εκτός από τα γεωδυναμικά αίτια και τη δομή της λιθόσφαιρας υπάρχουν και άλλα φαινόμενα που επηρεάζουν την κατανομή των θερμοκρασιών στο υπέδαφος και μεταβάλλουν τη ροή θερμότητας στις διάφορες περιοχές της γης. Η ηλικία των σχηματισμών παίζει σημαντικό ρόλο, αφού η θερμική ροή μειώνεται με την τεκτονική ηλικία. Επίσης η φύση και η λιθολογία των πετρωμάτων του φλοιού συμβάλλει στη διαφοροποίηση της θερμότητας, εξαιτίας κυρίως της μεγαλύτερης ή μικρότερης περιεκτικότητας ραδιενεργών στοιχείων. Έτσι τα μαγματικά όξινα πετρώματα (π.χ. οι γρανίτες) έχουν αυξημένη παραγωγή θερμότητας, οι ασβεστόλιθοι μέτρια έως μικρή και οι βασάλτες ακόμη πιο μικρή (όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1 και Πίνακα 2.2) [6].

[5],[6] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

Περιοχή	Αριθμός μετρήσεων	Μέση θερμική ροή (mW/m ²)	Τυπική απόκλιση (mW/m ²)
Αφρική	612	61	30
Ασία	3144	63	33
Αυστραλία	58	68	26
Ευρώπη	3993	62	24
Β. Αμερική	4290	77	41
Ν. Αμερική	178	65	30
Πρώην Σοβιετική Ένωση	3532	52	20
Ελλάδα	40	58	26
Ιταλία	108	88	123
Ν. Ζηλανδία	124	86	59

Πίνακας 2.1: Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις μετρήσεων θερμικής ροής

	Μέση θερμική ροή (mW/m ²)	Αριθμός μετρήσεων
ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ		
Προκάμβριες Ασπίδες (shields)	38,6±7,1	26
Μετά-Προκάμβριες περιοχές όπου δεν εκδηλώθηκε ορογένεση	64,7±16,0	23
Μετά-Προκάμβριες περιοχές όπου εκδηλώθηκε ορογένεση	62,1±23,5	68
Περιοχές με καινοζωικής ηλικίας ηφαιστειότητα	90,7±19,3	11
Μέση ηπειρωτική τιμή έξω από τις γεωθερμικές περιοχές	60,0±23,5	128
Μέση ηπειρωτική τιμή μέσω των τιμών περιοχών έκτασης 556x556 km ²	59,2±21,8	51
ΩΚΕΑΝΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ		
Ωκεάνιες λεκάνες (basins)	53,7±22,2	275
Ωκεάνιες ράχες (ridges)	76,4±65,5	338
Τάφροι (trenches)	41,6±25,6	21
Ηπειρωτικές κρηπίδες (shelves)	71,8±44,1	281
Μέση τιμή ωκεάνιων περιοχών	67,2±49,5	915
Μέση τιμή μέσω των τιμών ωκεάνιων περιοχών έκτασης 556x556 km ²	59,6±32,7	338
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	66,3±47,8	1043
Παγκόσμια μέση τιμή μέσω των τιμών περιοχών έκτασης 556x556 km ²	60,0±31,5	389

Πίνακας 2.2: Μέσες τιμές θερμικής ροής

2.6 Ταξινόμηση γεωθερμικών συστημάτων

Η ταξινόμηση των γεωθερμικών συστημάτων γίνεται με διάφορα κριτήρια, όπως το είδος των γεωθερμικών πόρων, ο τύπος των γεωθερμικών ρευστών, η θερμοκρασία των ρευστών, το είδος της εστίας, ο τύπος των πετρωμάτων που φιλοξενούν τα ρευστά, αν στον ταμιευτήρα κυκλοφορούν ρευστά.

Μια πρώτη διάκριση των γεωθερμικών συστημάτων γίνεται συνήθως ανάλογα με τον τύπο του ρευστού. Τα συστήματα στα οποία το κυρίαρχο ρευστό είναι ο ατμός (συστήματα ατμού) και τα 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 περιεχόμενό τους.

2.6.1 Κριτήριο ενθαλπίας

Το πλέον συνηθισμένο κριτήριο για την ταξινόμηση των γεωθερμικών πόρων είναι αυτό που βασίζεται στην ενθαλπία των γεωθερμικών ρευστών, τα οποία λειτουργούν ως φορέας της θερμότητας μεταφέροντάς τη από τα βαθιά και θερμά πετρώματα προς την επιφάνεια. Η ενθαλπία, η οποία σε γενικές γραμμές θεωρείται ανάλογη της θερμοκρασίας, χρησιμοποιείται για να εκφράσει την περιεχόμενη θερμική ενέργεια των ρευστών και δίνει μια γενική εικόνα της ενεργειακής αξίας τους. Έτσι λοιπόν, οι γεωθερμικοί πόροι σύμφωνα κυρίως με το ενεργειακό τους περιεχόμενο αλλά και με τις πιθανές μορφές αξιοποίησής τους διακρίνονται σε χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας. Στον πίνακα 2.1 αναφέρονται οι χαρακτηριστικοί τρόποι ταξινόμησης, όπως αυτοί προτάθηκαν από διάφορους συγγραφείς. Είναι προφανές πως μια κοινώς αποδεκτή μέθοδος ταξινόμησης θα βοηθούσε στην αποφυγή συγχύσεων και παρεξηγήσεων. Όμως μέχρι να γίνει αυτό θα πρέπει κάθε φορά και κατά περίπτωση να δηλώνονται οι τιμές των θερμοκρασιών ή το εύρος τους, διότι όροι όπως χαμηλή,

ενδιάμεση ή υψηλή δεν έχουν πάντα την ίδια ερμηνεία και πολλές φορές είναι παραπλανητικοί [7]

	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]
Χαμηλής ενθαλπίας	<90	<125	<100	≤150	≤190
Μέσης ενθαλπίας	90-150	125-225	100-200	---	---
Υψηλής ενθαλπίας	>150	>225	>200	>150	>190

Πίνακας 2.3: Ταξινόμηση γεωθερμικών πόρων (°C)

2.6.2 Κριτήριο γεωθερμικού μέσου

Συχνά η ταξινόμηση των γεωθερμικών πόρων γίνεται με βάση τη σύσταση του γεωθερμικού μέσου, το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μίγμα υγρού και αέριου νερού. Σε αυτή τη περίπτωση λοιπόν, διακρίνονται δύο είδη γεωθερμικών πόρων, αυτοί στους οποίους το κυρίαρχο ρευστό είναι το νερό στην υγρή φάση (*liquid dominated systems*) και αυτοί στους οποίους το κυρίαρχο ρευστό είναι το νερό στην αέρια φάση (*vapour dominated systems* ή *dry steam systems*).

Στα γεωθερμικά συστήματα που κυριαρχεί η υγρή φάση του νερού, αυτή είναι που ελέγχει συνεχώς την πίεση. Μέσα στην υγρή αυτή φάση μπορεί να περιέχονται και κάποια αέρια με τη μορφή μικρών φυσαλίδων. Σε αυτά τα γεωθερμικά συστήματα οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 125°C έως 225°C και είναι τα πλέον συνηθισμένα παγκοσμίως. Ανάλογα με τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, μπορούν να παράγουν θερμό νερό, μίγμα υγρού και αέριου νερού, υγρό ατμό, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις ξηρό ατμό.

-
- [7] Γκαρδιάκος Χρήστος, 2010. Αξιοποίηση της γεωθερμίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
 [8] MUFFLER, P. and CATALDI, R., 1978. Methods for regional assessment of geothermal resources. *Geothermics*, 7, 53-89.
 [9] HOCHSTEIN, M.P., 1990. Classification and assessment of geothermal -resources. In: Dickson, M.H. and Fanelli, M., eds., *Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization*, UNITAR, New York, pp. 31-57.
 [10] BENDERITTER, Y. and CORMY, G., 1990. Possible approach to geothermal research and relative costs. In: Dickson, M.H. and Fanelli, M., eds., *Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization*, UNITAR, New York, pp. 59-69.
 [11] NICHOLSON, K., 1993. *Geothermal Fluids*. Springer Verlag, Berlin, XVIII - 264 pp.
 [12] AXELSSON, G. and GUNNLAUGSSON, E., 2000. Background: Geothermal utilization, management and monitoring. In: *Long-term monitoring of high- and low enthalpy fields under exploitation*, WGC 2000 Short Courses, Japan, 3- 10.

Στα συστήματα που κυριαρχεί η αέρια φάση του νερού, οι δύο φάσεις (υγρή και αέρια) συνήθως συνυπάρχουν στον ταμιευτήρα με την αέρια όμως να λειτουργεί ως η φάση που ελέγχει συνεχώς την πίεση. Αυτού του τύπου τα γεωθερμικά συστήματα είναι υψηλής θερμοκρασίας και κατά κύριο λόγο παράγουν ξηρό έως υπέρθερμο ατμό. Είναι κατά βάση σπάνια και τα πιο γνωστά αυτού του τύπου βρίσκονται στο Larderello της Ιταλίας και στο Geysers της Καλιφόρνια (Η.Π.Α.).

Οι όροι υγρός, ξηρός και υπέρθερμος ατμός, οι οποίοι χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά, χρειάζονται ίσως κάποιες επιπλέον επεξηγήσεις ώστε να αποσαφηνιστούν και να εντοπιστούν οι μεταξύ τους διαφορές. Για να γίνει όσο το δυνατόν απλούστερο και κατανοητό, θα χρησιμοποιήσουμε το παράδειγμα ενός δοχείου γεμάτο με νερό, μέσα στο οποίο η πίεση μπορεί να κρατηθεί σταθερή και ίση με 1atm (101,3kPa). Εάν θερμάνουμε το νερό, τότε μόλις φτάσει στη θερμοκρασία των 100°C (σημείο ζέσεως για πίεση ίση με 1atm) θα αρχίσει να βράζει και να περνά από την υγρή στην αέρια φάση. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα μέσα στο δοχείο, το υγρό και ο ατμός θα συνυπάρχουν, θα βρίσκονται δηλαδή σε θερμοδυναμική ισορροπία, αποτελώντας ουσιαστικά τον υγρό ατμό. Αν συνεχίσουμε να θερμαίνουμε το δοχείο, διατηρώντας την πίεση στη 1atm, το υγρό θα εξατμιστεί εντελώς και τελικά το δοχείο θα περιέχει μόνο ατμό. Ο ατμός αυτός αποκαλείται ξηρός ατμός. Επιπλέον, να αναφέρουμε ότι ο υγρός και ο ξηρός ατμός αποκαλούνται επίσης και κορεσμένοι ατμοί. Τέλος, αυξάνοντας κι άλλο τη θερμοκρασία, μέχρι τους 120°C για παράδειγμα και συνεχίζοντας να διατηρούμε την πίεση σταθερή, θα πάρουμε υπέρθερμο ατμό με υπερθέρμανση 20°C πάνω από τη θερμοκρασία ζέσεως στις συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης. Τα ίδια σε γενικές γραμμές φαινόμενα αλλά σε διαφορετικά μεγέθη και υπό διαφορετικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας λαμβάνουν χώρα και στο υπέδαφος [13].

2.6.3 Κριτήριο μετάδοσης θερμότητας

Ένας άλλος διαχωρισμός των γεωθερμικών πόρων είναι αυτός που βασίζεται στην κατάσταση ισορροπίας του ταμιευτήρα. Αυτός ο διαχωρισμός έχει ως κριτήριο τη κυκλοφορία του γεωθερμικού μέσου στο ταμιευτήρα και το μηχανισμό μεταφοράς της θερμότητας [14].

[13] Γκαρδιάκος Χρήστος, 2010. Αξιοποίηση της γεωθερμίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

[14] NICHOLSON, K., 1993. Geothermal Fluids. Springer Verlag, Berlin, XVIII - 264 pp

Στα δυναμικά συστήματα ο ταμιευτήρας τροφοδοτείται συνεχώς με νερό το οποίο και θερμαίνεται. Στη συνέχεια, ο ταμιευτήρας αποφορτίζεται είτε γιατί το θερμό ρευστό ανέβηκε μέχρι την επιφάνεια, είτε γιατί άρχισε να γεμίζει τους υδατοπερατούς υπόγειους σχηματισμούς. Η θερμότητα μεταφέρεται στο σύστημα μέσω του μηχανισμού της συναγωγής και της κυκλοφορίας του ρευστού. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει συστήματα τόσο υψηλής ($>150^{\circ}\text{C}$), όσο και χαμηλής ($<100^{\circ}\text{C}$) θερμοκρασίας.

Στα στατικά συστήματα, γνωστά και ως στάσιμα ή συστήματα αποθήκευσης, παρατηρείται ελάχιστη ή και μηδενική τροφοδοσία του ταμιευτήρα και η μεταφορά θερμότητας γίνεται μόνο με τη βοήθεια του μηχανισμού αγωγής. Αυτή είναι και η ειδοποιός διαφορά των στατικών από τα δυναμικά συστήματα. Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει τα χαμηλής θερμοκρασίας και τα γεωπεπιεσμένα συστήματα. Γεωπεπιεσμένα συστήματα έχουν προσδιοριστεί σε μεγάλες ιζηματογενείς λεκάνες (π.χ. στον Κόλπο του Μεξικού, Η.Π.Α.) σε βάθη 3-7km. Οι γεωπεπιεσμένοι ταμιευτήρες αποτελούνται από περατά ιζηματογενή πετρώματα που 26 βρίσκονται ανάμεσα σε αδιαπέρατα, χαμηλής αγωγιμότητας, στρώματα και περιέχουν πεπιεσμένο θερμό νερό που εγκλωβίστηκε εκεί κατά την περίοδο δημιουργίας των λεκανών και απόθεσης των ιζημάτων. Η πίεση του θερμού νερού υπερβαίνει κατά πολύ την υδροστατική και προσεγγίζει τη λιθοστατική [15].

Οι ταμιευτήρες αυτοί μπορούν να περιέχουν ποσότητες μεθανίου ή άλλων υδρογονανθράκων, οπότε μπορούν να παράγουν θερμική και υδραυλική ενέργεια (πεπιεσμένο θερμό νερό).

2.6.4 Θερμά Ξηρά Πετρώματα

Μια ιδιαίτερη κατηγορία γεωθερμικών πόρων αποτελούν τα θερμά ξηρά πετρώματα τα οποία μπορούν να περιγραφούν ως ένας θερμός γεωλογικός σχηματισμός. Η ειδοποιός διαφορά τους από τους υπόλοιπους γεωθερμικούς πόρους και από το τυπικό γεωθερμικό σύστημα είναι η απουσία γεωθερμικού μέσου και ταμιευτήρα.

Για την αξιοποίηση λοιπόν των θερμών ξηρών πετρωμάτων γίνεται, μέσω ειδικών γεωτρήσεων, τεχνητή εισαγωγή νερού με υψηλή πίεση σε ένα θερμό και συμπαγές πέτρωμα, το οποίο βρίσκεται σε μεγάλο βάθος. Η υψηλή πίεση του νερού προκαλεί στο πέτρωμα υδραυλική διάρρηξη.

[15] Γκαρδιάκος Χρήστος, 2010. Αξιοποίηση της γεωθερμίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το νερό διαπερνά τις τεχνητές διαρρήξεις και ερχόμενο σε επαφή με τις μεγάλες επιφάνειες θερμού πετρώματος αντλεί θερμότητα από αυτόν τον μεγάλο σε όγκο σχηματισμό, ο οποίος λειτουργεί ως ένας φυσικός ταμιευτήρας. Στη συνέχεια, ο ταμιευτήρας διαπερνάται από μια δεύτερη γεώτρηση μέσα από την οποία αντλείται το νερό που θερμάνθηκε. Συνοψίζοντας λοιπόν, το συγκεκριμένο γεωθερμικό σύστημα αποτελείται από την ειδική γεώτρηση που χρησιμοποιείται για την υδραυλική διάρρηξη, τον τεχνητό ταμιευτήρα ο οποίος τροφοδοτείται με κρύο νερό υψηλής πίεσης και από τη γεώτρηση άντλησης του θερμού νερού. Όλο αυτό το σύστημα μαζί με τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης στην επιφάνεια, όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 2.5, σχηματίζουν ένα κλειστό κύκλωμα [16].

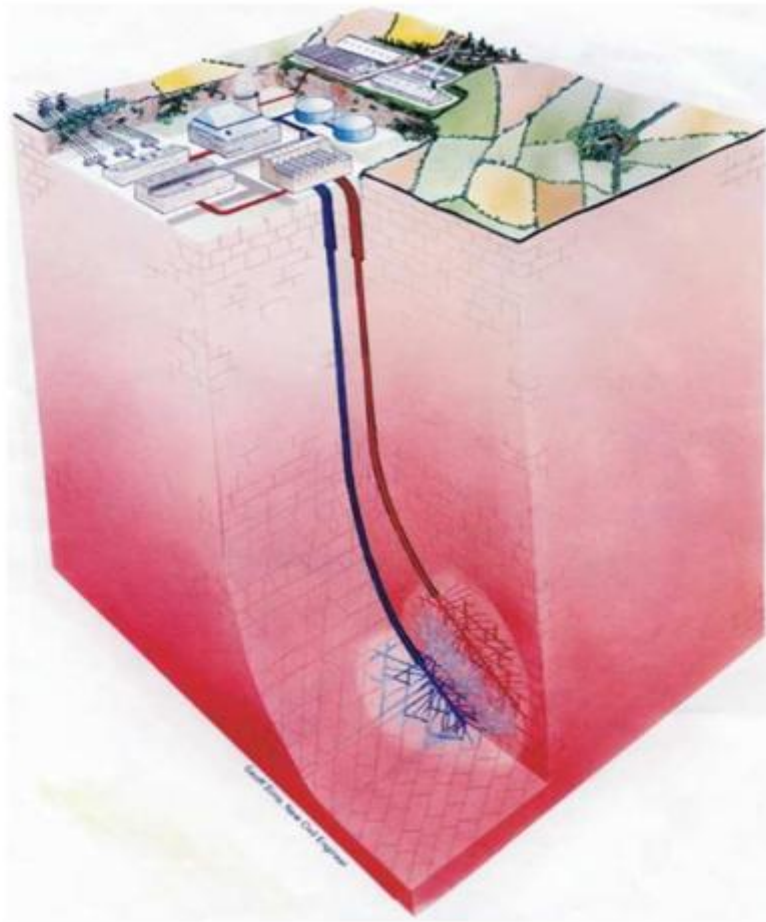
Οι πρώτες πειραματικές δοκιμές αξιοποίησης των θερμών ξηρών πετρωμάτων έγιναν το 1970 στο Los Alamos του Νέου Μεξικού (ΗΠΑ), το ερευνητικό πρόγραμμα του οποίου αποτέλεσε πρόδρομο και για άλλες παρόμοιες εφαρμογές σε διάφορες χώρες όπως την Αυστραλία, Γαλλία, Γερμανία, Ιαπωνία και τη Μεγάλη Βρετανία.

Οι εφαρμογές αυτές, αφού βέβαια μεσολάβησε μια περίοδος μειωμένου επιστημονικού ενδιαφέροντος ως προς τη αξιοποίηση των θερμών ξηρών πετρωμάτων, απέκτησαν νέα ώθηση. Η ώθηση αυτή οφείλεται στην ανακάλυψη ότι τα βαθιά πετρώματα έχουν ήδη κάποιες περιορισμένες φυσικές διαρρήξεις και στο ότι οι τεχνικές και η μεθοδολογία που πρέπει να χρησιμοποιηθεί εξαρτώνται κατά πολύ από τις τοπικές γεωλογικές συνθήκες.

Οι πιο εξελιγμένες επιστημονικά και τεχνολογικά έρευνες στον τομέα των θερμών ξηρών πετρωμάτων πραγματοποιήθηκαν στην Ιαπωνία και στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα της Αλσατίας (Γαλλία). Πολλά προγράμματα που ξεκίνησαν στην Ιαπωνία τη δεκαετία του 1980 (στις περιοχές Hijiori, Ogachi και Yunomori) είχαν σημαντική χρηματοδότηση από την ιαπωνική κυβέρνηση και τη βιομηχανία και κατέληξαν σε ενδιαφέροντα αποτελέσματα, τόσο από επιστημονική, όσο και από βιομηχανική άποψη. Το αντίστοιχο ευρωπαϊκό πρόγραμμα εφαρμόστηκε σε διάφορες φάσεις και περιέλαβε την κατασκευή δύο γεωτρήσεων, η μία εκ των οποίων έφτασε σε βάθος 5.060m. Οι υδραυλικές δοκιμές και μετρήσεις, όπως εξάλλου και οι γεωφυσικές έρευνες, κατέληξαν σε θετικά και πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα.

[16] GARNISH, J.D., ed., 1987. Proceedings of the First EEC/US Workshop on Geothermal Hot-Dry Rock Technology, Geothermics 16, 323-461

Έτσι λοιπόν, το ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα στο τομέα των θερμών ξηρών πετρωμάτων φαίνεται να είναι για την ώρα το πιο πετυχημένο [17].



Σχήμα 2.5: Σχηματική αναπαράσταση ενός συστήματος θερμών ξηρών πετρωμάτων [18]

2.7 Γεωθερμικά μοντέλα

Το σύνολο σχεδόν των γεωθερμικών περιοχών υψηλής ενθαλπίας της γης, στις οποίες η εκμετάλλευση και η έρευνα βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο, αναπτύσσονται σε περιοχές νησιωτικών τόξων ή πτυχωσιγενών οροσειρών. Οι περιοχές της κατηγορίας αυτής χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμική ροή. Άλλες περιοχές που παρουσιάζουν ενδιαφέρουσα θετική θερμική ανωμαλία είναι οι περιοχές των διογκώσεων στο εσωτερικό ηπειρωτικών περιοχών, οι περιοχές των ηπειρωτικών βυθισμάτων κ.α.

[17] TENZER, H., 2001. Development of hot dry rock technology. Bulletin Geo - Heat Center, 32, 4, 14-22

[18] <http://www.geothermal-energy.org>

Όταν λείπει η εστία θερμότητας με τη μορφή λιωμένου πετρώματος, τότε η θερμική ανωμαλία είναι πολύ μικρότερη ή και ανύπαρκτη. Έτσι σε περιοχές με εφελκυστικού τύπου τεκτονική, που δημιουργούν πρόσφατης ηλικίας λεκάνες, έχουμε μικρή θερμική ανωμαλία εξ' αιτίας των ανοικτών ρηγμάτων, που επιτρέπουν τη άνοδο βαθύτερης προέλευσης θερμικών ρευστών και τη μεταφορά προς τα πάνω σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας. Δημιουργούνται έτσι ευνοϊκές συνθήκες και εφόσον ικανοποιούνται και οι υπόλοιποι παράγοντες (κατάλληλος ταμιευτήρας, στεγανό κάλυμμα) έχουμε γεωθερμικά πεδία μέσης ή χαμηλής ενθαλπίας.

Οι περιοχές με χαμηλές τιμές θερμικής ροής είναι λιγότερο ευνοϊκές από γεωθερμική άποψη. Δεν αποκλείεται βέβαια να βρεθούν και εκεί επί μέρους περιοχές με ευνοϊκές γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες [19].

2.7.1 Θερμική ανωμαλία νησιωτικών τόξων

Η κυριότερη διεργασία στις περιοχές πλακών που συγκλίνουν είναι η ολίσθηση της ωκεάνιας λιθόσφαιρας κάτω από το νησιωτικό τόξο, κατά μήκος του επιπέδου Benioff, το οποίο αρχίζει από την ωκεάνια τάφρο. Σε ορισμένο βάθος πραγματοποιείται τήξη και δημιουργία μαγμάτων, η οποία έχει ως τελικό αποτέλεσμα τη μαζική μετανάστευση θερμότητας προς την επιφάνεια, η οποία διευκολύνεται από την άνοδο των μαγμάτων και τις μαγματικές μεταφορικές κινήσεις. Έτσι είναι δυνατόν να διακριθούν από την τάφρο προς το τόξο τρεις θερμικές ζώνες. Η πρώτη ζώνη (α) έχει χαμηλή θερμική ροή, επειδή εκεί υπάρχουν πολλά ψυχρά ωκεάνια ιζήματα. Η δεύτερη ζώνη (β) έχει ενδιάμεση τιμή θερμικής ροής και αποτελείται από ιζήματα, τα οποία είχαν συγκεντρωθεί εκεί προηγουμένως. Η τρίτη ζώνη (γ) χαρακτηρίζεται από υψηλή θερμική ροή, επειδή βρίσκεται επάνω από τις περιοχές όπου γίνεται η τήξη και δημιουργούνται μάγματα που ανεβαίνουν και φτάνουν κοντά ή και πάνω στην επιφάνεια. Έτσι σχηματίζονται τα ηφαιστειακά τόξα και διαδίδεται και στις δύο περιπτώσεις (πλουτωνισμού ή ηφαιστειότητας) θερμότητα με συναγωγή. Το πλάτος των τριών ζωνών δεν είναι σταθερό, επειδή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα βύθισης [20].

[19],[20] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

2.7.2 Οπισθότοξες περιοχές

Όταν απομακρυνθούμε από την περιοχή του ενεργού ηφαιστειακού νησιωτικού τόξου με κατεύθυνση προς τα πίσω έχουμε διαφορετικές τεκτονικές συνθήκες. Η εφελκυστικού τύπου τεκτονική κυριαρχεί πιθανόν ως αντίδραση στη συμπίεστική τεκτονική της περιοχής κοντά στη σύγκλιση των πλακών. Ως γνωστόν, η εφελκυστική τεκτονική προκαλεί τη δημιουργία μεγάλων και βαθιών ρηγμάτων, τα οποία είναι συνήθως φορείς ανερχόμενων θερμών ρευστών. Τα ρήγματα αυτά μεταφέρουν στην επιφάνεια ή σε αυτή, μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας και δημιουργούν αξιόλογες γεωθερμικές ανωμαλίες. Οι θερμικές ανωμαλίες φαίνεται ότι είναι περισσότερο έντονες κατά μήκος μεγάλων ρηγμάτων [21].

2.7.3 Περιοχές με όξινο πλουτώνιο μαγματισμό

Οι περιοχές με επιφανειακό ή υπόγειο όξινο πλουτώνιο μαγματισμό, οποιασδήποτε ηλικίας αλλά κυρίως τριτογενούς-τεταρτογενούς, παρουσιάζουν μία σημαντική θερμική ανωμαλία. Αυτό συμβαίνει λόγω της αυξημένης παρουσίας ραδιενεργών ορυκτών στη σύσταση των πετρωμάτων. Όταν πάνω από τα πλουτώνια πετρώματα υπάρχουν και οι υπόλοιπες ευνοϊκές συνθήκες (σχηματισμός με καλή υδροφορία και στεγανό κάλυμμα), δημιουργούνται ενδιαφέροντα γεωθερμικά πεδία χαμηλής και μέσης ενθαλπίας [22].

2.7.4 Περιοχές με ευνοϊκές καλυμμένες τεκτονικές δομές

Στις ζώνες με έντονη τεκτονική ρηγμάτων είναι δυνατόν να βρεθούν ευνοϊκές δομές μεσοζωικών ή παλαιοζωικών σχηματισμών, οι οποίες σήμερα καλύπτονται από νεογενή ή τεταρτογενή ιζήματα. Τα τελευταία ιζήματα περιέχουν συνήθως και στεγανά στρώματα σημαντικού πάχους, που αποτελούν έτσι πολύ καλό κάλυμμα των γεωθερμικών ρευστών. Σε σχηματισμούς καλής περατότητας όπως είναι οι καρστικοποιημένοι και διερρηγμένοι ασβεστόλιθοι, πορώδεις ψαμμίτες κ.α. σχηματίζονται συνήθως ρεύματα μεταφοράς θερμότητας συναγωγής, που εξισώνουν ουσιαστικά τις θερμοκρασίες μέσα σε αυτούς.

[21],[22] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

Έτσι τα υψηλότερα σημεία των σχηματισμών αυτών αποτελούν ευνοϊκές περιοχές σχηματισμού πολύ καλών γεωθερμικών πεδίων, αφού τα ρευστά εκεί έχουν σχετικά μεγάλες θερμοκρασίες σε μικρά βάθη [23].

2.7.5 Περιοχές μεγάλων ρηγμάτων

Τα μεγάλα και βαθιά ρήγματα τέμνουν πολλές φορές βαθείς και θερμούς υδροφόρους. Τα ρευστά εκεί, εξαιτίας κυρίως της θερμοκρασίας τους που τα κάνει ελαφρύτερα, τείνουν να ανέβουν προς την επιφάνεια δια μέσου των μεγάλων κατακόρυφων ρηγμάτων. Εάν η τεκτονική αλλά και η όλη γεωμετρία του κάθε ρήματος αφήνουν ανοικτή δίοδο, γίνεται δυνατή η άνοδος των γεωθερμικών ρευστών και ο σχηματισμός θερμών πηγών. Τις περισσότερες όμως φορές τα ρευστά δεν κατορθώνουν να φθάσουν μέχρι την επιφάνεια, εγκλωβίζονται κοντά σε αυτήν και σχηματίζουν γεωθερμικά πεδία στην περιοχή των ρηγμάτων ή πολύ κοντά σε αυτή [24].

2.8 Γεωθερμία στην Ελλάδα

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

Η έρευνα για αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας αρχικά αφορούσε μόνο τις περιοχές υψηλής ενθαλπίας. Στη Μήλο και Νίσυρο έχουν ανακαλυφθεί σπουδαία γεωθερμικά πεδία και έχουν γίνει βαθιές γεωτρήσεις έρευνας-παραγωγής. Στη Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325°C σε βάθος 1000m, και στη Νίσυρο 350 °C σε βάθος 1500m. Εκτός από τα πεδία της Μήλου και της Νισύρου, προέκυψαν ικανοποιητικά στοιχεία για πιθανά πεδία υψηλής ή μέσης ενθαλπίας στη Κίμωλο, Σαντορίνη, Κω, Λέσβο, Σαμοθράκη, Δέλτα του Νέστου κ.α.

[23],[24] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

Η αυξημένη ροή θερμότητας, λόγω της έντονης τεκτονικής και μαγματικής δραστηριότητας, δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες σε διάφορες περιοχές. Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα, κυρίως την ανατολική, βόρεια και αιγιακή χώρα. Τέτοιοι χώροι όπως η Θράκη, η Σαμοθράκη, η Λήμνος, η Χίος έχουν αποδεδειγμένα μεγάλα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας. Στην περιοχή του Δέλτα Νέστου έχουν εντοπισθεί δύο πολύ σημαντικά γεωθερμικά πεδία: στο Ερατεινό-Χρυσούπολης Καβάλας και στο Ν. Εράσμιο-Μαργάνων Ξάνθης. Νερά άριστης ποιότητας 70 °C σε πολύ οικονομικά βάθη [25].



Σχήμα 2.6: Χάρτης γεωθερμικών περιοχών της Ελλάδας

[25] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

2.9 Η γεωθερμία ως ανανεώσιμη και αειφόρα πηγή ενέργειας

Επειδή η γεωθερμική ενέργεια περιγράφεται ως ανανεώσιμη και αειφόρα, είναι σημαντικό να διαχωρίσουμε τις δύο αυτές έννοιες. Ο όρος ανανεώσιμη περιγράφει μια ιδιότητα του ενεργειακού πόρου, ενώ η αειφορία τον τρόπο με τον οποίο αυτός αξιοποιείται.

Το πιο σημαντικό κριτήριο για την κατάταξη της γεωθερμικής ενέργειας στις ανανεώσιμες πηγές είναι ο ρυθμός επαναφόρτισης του ενεργειακού συστήματος. Κατά την εκμετάλλευση λοιπόν ενός γεωθερμικού πόρου, η επαναφόρτίσή του επιτυγχάνεται με την αναπλήρωση του γεωθερμικού μέσου στον ταμιευτήρα στο ίδιο χρονικό διάστημα στο οποίο γίνεται η παραγωγή των θερμών ρευστών από τα αντίστοιχα φρεάτια παραγωγής. Αυτή ακριβώς η διαδικασία δικαιολογεί την ταξινόμηση της γεωθερμίας στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στην περίπτωση των θερμών ξηρών πετρωμάτων, η ενεργειακή φόρτιση ελέγχεται αποκλειστικά από την αγωγή θερμότητας, η οποία είναι μια ιδιαιτέρως αργή διαδικασία. Για το λόγο αυτό, ίσως θα έπρεπε τα συστήματα αυτά να κατατάσσονται στις πεπερασμένες πηγές ενέργειας [26].

Η αειφορία που αφορά την κατανάλωση ενός ενεργειακού πόρου εξαρτάται από το αρχικό του μέγεθος, το ρυθμό εκμετάλλευσης (παραγωγής ρευστών) και το ρυθμό κατανάλωσης. Η κατανάλωση μπορεί προφανώς να διατηρηθεί σταθερή για τη χρονική περίοδο κατά την οποία η επαναφόρτιση της πηγής είναι ταχύτερη ή ίση με την αποφόρτιση. Ο όρος «αειφόρος ανάπτυξη» χρησιμοποιείται από την Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης για να περιγράψει την ανάπτυξη η οποία ανταποκρίνεται στις ανάγκες της σημερινής γενιάς, χωρίς όμως να θέτει σε κίνδυνο την κάλυψη των αναγκών των μελλοντικών γενεών. Σε αυτό το πλαίσιο η αειφόρος ανάπτυξη δεν υποδηλώνει ότι κάθε δεδομένη πηγή ενέργειας πρέπει να αξιοποιείται με έναν εξολοκλήρου αειφόρο τρόπο, αλλά ότι θα πρέπει να βρεθεί ένα σχέδιο αντικατάστασης του πόρου που υφίσταται εκμετάλλευση, έτσι ώστε οι επόμενες γενιές να μπορούν να εξασφαλίσουν κατάλληλους ενεργειακούς πόρους, ανεξάρτητα με το αν ο συγκεκριμένος θα έχει εξαντληθεί.

[26] STEFANSSON,V., 2000. The renewability of geothermal energy. Proc. World Geothermal Energy, Japan. On CD-ROM

Με την έννοια αυτή, οι μελέτες που αφορούν την αειφόρα ανάπτυξη ενός συγκεκριμένου γεωθερμικού πεδίου θα πρέπει να προσανατολίζονται στην εξεύρεση τρόπων διατήρησης ενός σταθερού επιπέδου παραγωγής γεωθερμικής ισχύος σε εθνικό ή περιφερειακό πλαίσιο.

Αυτό βέβαια ισχύει τόσο για τις ηλεκτρικές (έμμεσες) όσο και για τις άμεσες χρήσεις και αφορά κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, για παράδειγμα μια περίοδο 300 ετών, όπου οι γεωθερμικοί πόροι που εξαντλούνται θα αντικαθίστανται από νέους [27].

[27] WRIGHT, P.M., 1998. The sustainability of production from geothermal resources. Bull. Geo-Heat Center, 19, 2, 9-12

3. Χαρακτηριστικά των γεωθερμικών ρευστών

3.1 Σύσταση της υγρής φάσης

Σχεδόν πάντα, τα γεωθερμικά νερά περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις διαλυμένων συστατικών, σε σχέση με τα κοινά υπόγεια νερά. Αν και το πρόβλημα της προέλευσης των διαλυμένων ουσιών στα γεωθερμικά νερά είναι ακόμη αμφιλεγόμενο, εντούτοις πιστεύεται ότι η σύσταση των γεωθερμικών νερών αποτελεί αντανάκλαση των αντιδράσεων του θερμού νερού με τα πετρώματα που το φιλοξενούν ή με τα πετρώματα από τα οποία διήλθε προτού φτάσει στον ταμιευτήρα. Οι διάφορες χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα επηρεάζονται από τη θερμοκρασία, την πίεση και την αλατότητα των νερών, καθώς και από τη σύσταση των πετρωμάτων.

Γενικά η σύσταση των γεωθερμικών νερών (όπως και των αερίων) ποικίλλει σημαντικά από πεδίο σε πεδίο. Επίσης, η σύσταση των νερών μπορεί να είναι διαφορετική από γεώτρηση σε γεώτρηση στο ίδιο πεδίο, ή μπορεί να αλλάζει με το χρόνο λόγω των διαφόρων φυσικών διεργασιών που συμβαίνουν στη διάρκεια της εκμετάλλευσης (μεταφορά θερμότητας μεταξύ ρευστών και πετρωμάτων, αραίωση με άλλα νερά, διείσδυση θαλασσινού νερού, συμπύκνωση λόγω απώλειας ατμού κ.α.). Η διαφοροποίηση της σύστασης με το χρόνο είναι τις περισσότερες φορές ποσοτική και όχι ποιοτική.

Οι συγκεντρώσεις των διαφόρων συστατικών στα γεωθερμικά νερά κυμαίνονται σε ευρεία περιοχή και ελέγχονται από τη θερμοκρασία του συστήματος, το είδος του πετρώματος του ταμιευτήρα και τη διαλυτότητά του, την εστία θερμότητας, την ηλικία του υδροθερμικού συστήματος, την ύπαρξη ανάμιξης με ψυχρά νερά (μετεωρικά ή θαλασσινά), το pH κ.α. Τα κυριότερα συστατικά που βρίσκονται στα γεωθερμικά νερά είναι:

- Κατιόντα: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Li^+ , Sr^+ , Mn^{2+} , Fe^{2+}
- Ανιόντα: Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , F^- , Br^-
- Χωρίς φορτίο: SiO_2 , As, B, NH_3 , αέρια

Αν και δεν υπάρχει κάποια γενικά αποδεκτή ταξινόμηση των γεωθερμικών νερών, συχνά τα γεωθερμικά νερά διαχωρίζονται σε σχέση με το κυρίαρχο ανιόν [1].

[1] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

3.2 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γεωθερμικών νερών

Οι δύο κυριότερες φυσικοχημικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό ενός γεωθερμικού νερού είναι η περιεκτικότητά τους σε άλατα και το pH.

Τα γεωθερμικά νερά περιέχουν συνήθως μεγάλη ποικιλία και σημαντικές ποσότητες διαλυμένων συστατικών, τα οποία μαζί αποτελούν το Σύνολο των Διαλυμένων Αλάτων (ΣΔΑ, *Total dissolved solids – TDS*).

Τα γεωθερμικά ρευστά, εξαιτίας της αυξημένης θερμοκρασίας τους, είναι λογικό να έχουν και αυξημένη ικανότητα διαλυτοποίησης των πετρωμάτων μέσα στα οποία κυκλοφορούν. Συνήθως, τα γεωθερμικά ρευστά χαμηλής θερμοκρασίας έχουν μικρότερο ΣΔΑ από ότι τα ρευστά σε υψηλή θερμοκρασία, αν και υπάρχουν εξαιρέσεις αυτού του κανόνα. Το ΣΔΑ εκφράζεται σε μονάδες mg/kg, mg/L (ή ppm) ή g/L. Οι τιμές του ΣΔΑ των γεωθερμικών ρευστών κυμαίνονται από λίγες δεκάδες μέχρι και εκατοντάδες χιλιάδες mg/L.

Το ΣΔΑ δίνει ένα μέτρο της ποσότητας των χημικών ουσιών που είναι διαλυμένα μέσα στα γεωθερμικά νερά, και συχνά αναφέρεται και ως αλατότητα. Η μέθοδος υπολογισμού του ΣΔΑ περιλαμβάνει την εξάτμιση του δείγματος και τη ζύγιση του στερεού υπολείμματος.

Το μέγεθος της αλατότητας προσεγγίζεται στο ύπαιθρο με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού, η τιμή της οποίας μπορεί να θεωρηθεί κατά προσέγγιση ανάλογη με το ΣΔΑ. Προσεγγιστικά ισχύει :

$$\text{ΣΔΑ (mg/L)} = (0,5 - 0,8) * \text{Ηλεκτρική αγωγιμότητα (}\mu\text{S/cm)}$$

Η αγωγιμότητα δεν αποτελεί καλό τρόπο χαρακτηρισμού των νερών υψηλής αλατότητας. Για αυτά τα νερά η μέτρηση της αγωγιμότητας θα πρέπει να γίνεται ύστερα από αραίωση με αποσταγμένο νερό.

Το pH ενός ρευστού, δηλαδή το μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητάς τους, μετριέται επίσης στην ύπαιθρο και η μέτρηση επαναλαμβάνεται στο εργαστήριο. Από τη μέτρηση του pH δίνονται σημαντικές πληροφορίες για την αρχική κατάσταση του ρευστού, ενώ επηρεάζει τη συμπεριφορά ορισμένων διαλυτών συστατικών, όπως του πυριτίου και του σιδήρου. Το pH καθορίζεται βασικά από την απώλεια του διοξειδίου του άνθρακα, αποτέλεσμα του οποίου είναι το διάλυμα να γίνει περισσότερο αλκαλικό. Το pH επηρεάζεται από την αλατότητα και τη θερμοκρασία του νερού, καθώς και από τη

ρυθμιστική ικανότητα των ορυκτών. Η αυξημένη αλατότητα των γεωθερμικών νερών επηρεάζει όλες τις φυσικές ιδιότητες των γεωθερμικών νερών, όπως την πυκνότητα, το ιξώδες, την ειδική θερμότητα, το σημείο ζέσεως κτλ [2].

3.3 Υδροθερμική εξαλλοίωση

Όπως έχει αναφερθεί καθώς τα γεωθερμικά ρευστά προχωρούν και κινούνται μέσα στους γεωλογικούς σχηματισμούς αντιδρούν χημικά με τα πετρώματα. Υδροθερμική εξαλλοίωση είναι ο όρος που αναφέρεται στις ορυκτολογικές μεταβολές που προκαλούνται στα πετρώματα από την αλληλεπίδραση με τα γεωθερμικά ρευστά. Ορισμένα ορυκτά των πετρωμάτων που αποτελούν τον ταμιευτήρα μπορεί να διαλύονται επιλεκτικά από τα ρευστά, ενώ ορισμένα άλατα μπορεί να κατακρημνίζονται από το διάλυμα. Ακόμη, ορισμένα χημικά στοιχεία από τα ρευστά μπορεί να αντικαταστήσουν κάποια άλλα στοιχεία σε ένα ορυκτό. Αυτές οι ορυκτολογικές χημικές αλλαγές στα πετρώματα του ταμιευτήρα μπορούν να προκαλέσουν μεταβολές του ελεύθερου χώρου στα πετρώματα, δηλαδή μπορούν να επηρεάσουν και να τροποποιήσουν την υδροπερατότητα και το πορώδες των πετρωμάτων. Προφανώς, αν το βάρος του πετρώματος, αυξάνει, αυτό θα γίνει εις βάρος των κενών του πετρώματος και κάτι τέτοιο θα προκαλέσει ελάττωση της υδροπερατότητας. Η μετατροπή ορισμένων ορυκτών λόγω του pH και της θερμοκρασίας σε άλλα του αργίλου δημιουργούν επίσης στεγανοποίηση του αρχικού πετρώματος, γεγονός που επιδρά σημαντικά στα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού πεδίου.

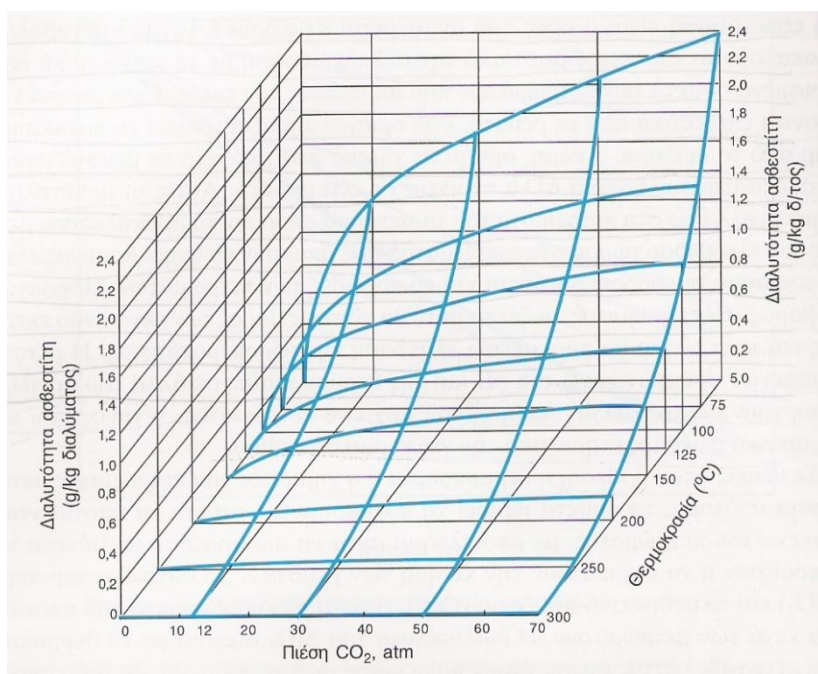
Σε θέσεις όπου η πίεση, η θερμοκρασία ή ο χημισμός του πετρώματος μεταβάλλονται απότομα, τα ορυκτά μπορεί να κατακρημνίζονται και να αποτίθενται στα διάκενα του πετρώματος, με αποτέλεσμα αυτά να αποφράζουν τα διάκενα και να εμποδίζουν ή να αποκλείουν την κίνηση των ρευστών. Το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) είναι τα κύρια ορυκτά που αποτίθενται στα κενά των πετρωμάτων. Η διαλυτότητα του SiO_2 αυξάνει με τη θερμοκρασία, ενώ οι μεταβολές της πίεσης έχουν πολύ μικρή άμεση επίδραση. Το SiO_2 μπορεί να κατακρημνίζεται και να αποτίθεται σε διάκενα (πόρους, ρωγμές και ανοικτά ρήγματα), σε περιοχές όπου λαμβάνει χώρα ελάττωση της θερμοκρασίας των ρευστών κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, αλλά και στην επιφάνεια, στα σημεία εκφόρτισης θερμών πηγών.

[2] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

Ο χαλαζιάς, το πιο συνηθισμένο πυριτικό ορυκτό, βρίσκεται σε φλέβες σε σύγχρονα γεωθερμικά συστήματα,

καθώς επίσης και σε κοιτάσματα, μερικά από τα οποία σχηματίζουν απολιθωμένα γεωθερμικά συστήματα.

Ο ασβεστίτης (όπως και ο αραγωνίτης) παρουσιάζει αντίστροφη (ή ανάδρομη) διαλυτότητα, δηλαδή η διαλυτότητά του μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα . Άλλα ανθρακικά ορυκτά (όπως ο δολομίτης, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), καθώς και θειϊκά ορυκτά (όπως ο ανυδρίτης, CaSO_4) δείχνουν παρόμοιες σχέσεις ανάδρομης διαλυτότητας με τη θερμοκρασία. Επιπλέον, η διαλυτότητα των ανθρακικών ορυκτών μειώνεται με την ελάττωση της μερικής πίεσης του CO_2 , όπως επίσης δείχνει το Σχήμα . Έτσι, καθώς τα ρευστά που είναι κορεσμένα σε διαλυμένα ανθρακικά πλησιάζουν στην επιφάνεια, ανθρακικά ορυκτά όπως ο ασβεστίτης, αποτίθενται ως αποτέλεσμα της απώλειας του CO_2 , το οποίο διαφεύγει από το διάλυμα με την ελάττωση της υδροστατικής πίεσης. Παράδειγμα τέτοιων αποθέσεων απαντώνται κατά μήκος ρηγμάτων στην περιοχή Νυμφόπετρας Θεσσαλονίκης, οι οποίες σχηματίστηκαν στο παλαιό πυθμένα της λίμνης.



Σχήμα 3.1: Διαλυτότητα του ανθρακικού ασβεστίου ως συνάρτηση του pH και της πίεσης του CO_2 , η οποία ελέγχει το pH του συστήματος

Τα διάφορα υδροθερμικά συστήματα βρίσκονται πάντα σε μια δυναμική κατάσταση. Δηλαδή, για οποιονδήποτε δεδομένο όγκο στοιχείου του ταμιευτήρα, η χημική σύσταση

του ρευστού σε εκείνον τον όγκο μεταβάλλεται αργά με το χρόνο, επιφέροντας μεταβολή στη σύσταση του πετρώματος, στο πορώδες και στην υδροπερατότητα. Εντούτοις, επειδή η ταχύτητα της κυκλοφορίας του ρευστού είναι ίσως μόνο λίγα εκατοστά ή λίγα μέτρα το χρόνο, στα περισσότερα υδροθερμικά συστήματα υπάρχει μια κατάσταση χημικής ισορροπίας ή σχεδόν ισορροπίας μεταξύ του ρευστού του ταμιευτήρα και των πετρωμάτων του ταμιευτήρα. Η έλλειψη ισορροπίας θα μπορούσε να εκληφθεί ως απόδειξη ταχείας κίνησης του ρευστού διαμέσου του ταμιευτήρα. Με τη συλλογή και ανάλυση δειγμάτων ρευστών από επιφανειακές πηγές και από γεωτρήσεις μπορούν να εκτιμηθούν τα χαρακτηριστικά των ρευστών στον ταμιευτήρα.

Όπως προαναφέρθηκε, η χημική σύσταση των γεωθερμικών ρευστών είναι αποτέλεσμα του τρόπου σχηματισμού τους. Τα φυσικά υπόγεια νερά είναι συνήθως σχεδόν ουδέτερα στο pH και ελαφρώς δισσάνθρακικά (περιέχουν ποσότητες όξινων ανθρακικών ιόντων, HCO_3^-) στο χαρακτήρα. Όταν τα νερά αυτά θερμαίνονται σε ένα γεωθερμικό σύστημα, τείνουν να γίνουν περισσότερο πλούσια σε NaCl . Εάν μέρος του ρευστού εξατμίζεται σε κάποιο βάθος, τότε τα μη συμπυκνώσιμα αέρια (π.χ. CO_2 , H_2S) διαχωρίζονται μέσα στη φάση του ατμού και μεταναστεύουν, ανεξάρτητα από το νερό, προς την επιφάνεια. Η φάση του πλούσιου σε αέρια ατμού μπορεί να συναντήσει απροσδόκητα στην πορεία του ψυχρό υπόγειο νερό, το οποίο και θερμαίνει [3].



Σχήμα 3.2: Ανθρακικές αποθέσεις από εκροή υπολίμνιων θερμών πηγών

[3] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

3.4 Δειγματοληψία γεωθερμικών ρευστών

3.4.1 Γενικά

Οι ιδιότητες των θερμών ρευστών που εκρέουν από φυσικές πηγές ή από γεωτρήσεις ενός γεωθερμικού πεδίου αντιστοιχούν σε μεγάλο βαθμό στα χαρακτηριστικά του υδρογεωλογικού συστήματος. Τα φυσικοχημικά και ισοτοπικά δεδομένα των γεωθερμικών ρευστών μπορούν να μας βοηθήσουν για:

- ο Την εκτίμηση της προέλευσης των ρευστών και του βαθμού ανάμιξης τους με άλλα νερά
- ο Την εκτίμηση της θερμοκρασίας του ταμιευτήρα (χημική γεωθερμομετρία).
- ο Τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ρευστών, απαραίτητων δεδομένων για την τεχνολογική αποτίμηση και σχεδιασμό των μεθόδων ανάκτησης της θερμότητας.
- ο Την πρόβλεψη της διαβρωτικότητας των ρευστών, της τάσης τους για δημιουργία επικαθίσεων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη διάθεσή τους.

Η αξιοπιστία και, επομένως, η χρησιμότητα των αναλύσεων των γεωθερμικών ρευστών εξαρτώνται σχεδόν αποκλειστικά από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των δειγμάτων και από την προσοχή με την οποία γίνεται αυτή η συλλογή. Υπάρχει πληθώρα μεθόδων για τη συλλογή δειγμάτων των ρευστών που εξέρχονται, είτε από διάφορες θερμές εκροές, είτε από γεωθερμικές γεωτρήσεις.

Στα δείγματα από τις φυσικές εκροές θα πρέπει να καταγράφονται όλα τα στοιχεία για την ταυτοποίηση των δειγμάτων (περιγραφή πηγής, όνομα πηγής, θέση στο χάρτη, θερμοκρασία, παροχή, έκλυση αερίων, ημερομηνία συλλογής κ.α.). Για τις γεωθερμικές γεωτρήσεις, οι τυπικές πληροφορίες που θα πρέπει να καταγράφονται είναι ο αριθμός του δείγματος, η ημερομηνία και ώρα συλλογής, η θερμοκρασία κ.α.

Οι όγκοι των δειγμάτων που πρέπει να συλλέγονται, εξαρτώνται από τη συγκέντρωση των συστατικών και από την ανάγκη για διήθηση και συντήρηση των δειγμάτων. Προτιμότερο είναι να συλλέγονται πολύ μεγαλύτεροι όγκοι δειγμάτων σε σχέση με τους όγκους που απαιτούνται θεωρητικά για την ανάλυση. Το υλικό των δοχείων συλλογής των υγρών προτιμάται να είναι πολυαιθυλένιο ή πολυπροπυλένιο.

Διάφορα είδη υγρών δειγμάτων απαιτούνται για τις αναλύσεις. Γενικά τρία είναι τα κυριότερα είδη:

- Ακατέργαστο δείγμα νερού για τον προσδιορισμό των ανιόντων και την ισοτοπική ανάλυση. Μέρος του δείγματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των σταθερών ισοτόπων των H, O, C και S.
- Ακατέργαστο δείγμα νερού, διηθημένο από μεμβράνη 0,45μm, για τον προσδιορισμό κατιόντων και πυριτικών. Για υγρά με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 60 °C απαιτείται κατάλληλη αραιώση με αποσταγμένο νερό, για να μην πολυμεριστούν τα πυριτικά κατά την ψύξη του δείγματος.
- Δείγμα νερού διηθημένο από μεμβράνη 0,45 ή 0,1μm και οξιτισμένο με πυκνό υδροχλωρικό οξύ για τον προσδιορισμό κατιόντων και ιχνοστοιχείων.

Τόσο για τα υγρά όσο και για τα αέρια δείγματα, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να επιδεικνύεται στην έγκαιρη μέτρηση ορισμένων παραμέτρων και ανάλυση ορισμένων συστατικών, τα οποία μπορούν να μεταβληθούν με την αλλαγή των συνθηκών ή με την αναμονή των δειγμάτων για ανάλυση. Τέτοια χαρακτηριστικά για τα υγρά δείγματα είναι το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής, η σκληρότητα, η αλκαλικότητα, η συγκέντρωση των θειούχων ιόντων κ.α. Συνήθως επιτόπου μετريέται και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού, η οποία αν και δε μεταβάλλεται σημαντικά με το χρόνο, αποτελεί αξιόπιστη εκτίμηση για τη συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων.

3.4.2 Μέθοδοι δειγματοληψίας σε γεωτρήσεις

Η συλλογή δειγμάτων από γεωθερμικές γεωτρήσεις για την ανάλυση της υγρής και της αέριας φάσης δεν αποτελεί εργασία ρουτίνας. Μερικές από τις δυσκολίες που συναντιούνται είναι η ύπαρξη διαφασικής ροής στις σωληνώσεις και η αλλαγή συνθηκών (και μερικές φορές της σύστασης) κατά μήκος των σωληνώσεων. Η σωστή περιγραφή της δειγματοληπτικής διαδικασίας πρέπει να περιλαμβάνει και μια σειρά από μη χημικά δεδομένα, όπως είναι η έκταση της εκτόνωσης του ρευστού, η θερμοκρασία, η πίεση και η παροχή των ρευστών, καθώς και το ιστορικό της γεώτρησης.

Συνήθως απαιτείται η συλλογή 2-8 υγρών ή αέριων δειγμάτων. Ορισμένα δείγματα συλλέγονται για να λύσουν τυχόν απορίες που έχουν δημιουργηθεί από την ανάλυση προηγούμενων δειγμάτων. Επίσης, μερικά δείγματα θα πρέπει να συλλεχθούν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, με σκοπό να βοηθήσουν στην αξιολόγηση των αλλαγών των χαρακτηριστικών της γεώτρησης με το χρόνο.

Κύριος στόχος ενός προγράμματος συλλογής και ανάλυσης δειγμάτων από κάποια γεωθερμική γεώτρηση είναι ο προσδιορισμός της σύστασης των ρευστών στον ταμιευτήρα και οι πιθανές αλλαγές στη σύσταση κατά τη διάρκεια των δοκιμών παραγωγής, έτσι ώστε να γίνει δυνατή η εκτίμηση, τόσο της θερμικής αξίας των ρευστών, όσο και της τάσης τους να δημιουργήσουν προβλήματα επικαθίσεων, διάβρωσης και ρύπανσης του περιβάλλοντος. Στην επιτυχία του παραπάνω σκοπού, κρίσιμο ρόλο παίζει η σωστή συντήρηση των δειγμάτων.

Αντιπροσωπευτική δειγματοληψία μπορεί να επιτευχθεί με μία από τις παρακάτω τεχνικές:

- Δειγματοληψία σε ατμοσφαιρικές ή άλλες συνθήκες από τις εξόδους ενός διαχωριστή. Είναι η πλέον αξιόπιστη μέθοδος δειγματοληψίας.
- Δειγματοληψία υπό πίεση από ορισμένα σημεία των επιφανειακών εγκαταστάσεων.
- Δειγματοληψία με τη βοήθεια μικρής δειγματοληπτικής σύστασης, που καταβιβάζεται στον ταμιευτήρα ή σε κάποιο συγκεκριμένο βάθος της γεώτρησης και συλλέγει δείγμα, αντιπροσωπευτικό των συνθηκών που επικρατούν εκεί. Εναλλακτικά, μπορεί να ληφθεί δείγμα από τον ταμιευτήρα με μικρό σωλήνα από αδρανές υλικό [4].

3.5 Μεθοδολογία χημικών αναλύσεων των γεωθερμικών ρευστών

Ο φυσικοχημικός χαρακτηρισμός ενός γεωθερμικού νερού συνήθως περιλαμβάνει τις παραμέτρους που συνοψίζονται στον Πίνακα 3.1.

Φυσικές ιδιότητες	Χημικές ιδιότητες
Πυκνότητα	pH
Θερμοκρασία	Οξύτητα/Αλκαλικότητα
Αιωρούμενα στερεά	Χλωρίοντα
Αγωγιμότητα	Θειούχα/Θειικά
Θολότητα	Αμμωνία
	Διαλυμένο οξυγόνο
	Ποιοτική ανάλυση κατιόντων και ανιόντων
	Συνολικά Διαλυμένα Άλατα (TDS)

Πίνακας 3.1: Φυσικοχημικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα γεωθερμικό νερό

[4] Μ. Φυτίκας Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμία

Τα συστατικά που συνήθως προσδιορίζονται σε ένα γεωθερμικό νερό, εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες:

- Κύρια διαλυμένα συστατικά, που περιλαμβάνουν τα Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} και SiO_2 , σε συγκεντρώσεις από μερικά mg/L μέχρι και 100.000 mg/L.
- Δευτερεύοντα διαλυμένα συστατικά, όπως Li^+ , Sr^+ , Mn^{2+} , Fe^{2+} , F^- , Br^- , NH_4^+ , NO_3^- και B, που συνήθως βρίσκονται σε πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τα κύρια συστατικά. Απαντώνται σε συγκεντρώσεις από 0,01mg/L μέχρι και 100 mg/L. Σε ειδικές μόνο περιπτώσεις, η συγκέντρωση ενός ή περισσότερων δευτερευόντων συστατικών μπορεί να φτάσει τις συγκεντρώσεις των κύριων συστατικών.
- Συστατικά σε ίχνη, όπως Ba, Zn, Pb, Cu, Mo, Cr, Rb, As, I και πολλά άλλα, η συγκέντρωση των οποίων βρίσκεται στην περιοχή των μg/L, αν και μερικές φορές μπορεί να φτάσει μέχρι και ορισμένα mg/L.

Ο προσδιορισμός των φυσικών ιδιοτήτων και η ανάλυση των συστατικών γίνεται τις περισσότερες φορές με γνωστές μεθόδους της βιβλιογραφίας. Η ανάλυση των περισσότερων συστατικών γίνεται από συντηρημένα δείγματα. Για αρκετά όμως συστατικά απαιτείται ο άμεσος προσδιορισμός της συγκέντρωσής τους στην ύπαιθρο ή σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά τη συλλογή στο εργαστήριο από μη συντηρημένα δείγματα. Τέτοια συστατικά είναι το διαλυμένο CO_2 , τα όξινα ανθρακικά ιόντα και η διαλυμένη αμμωνία.

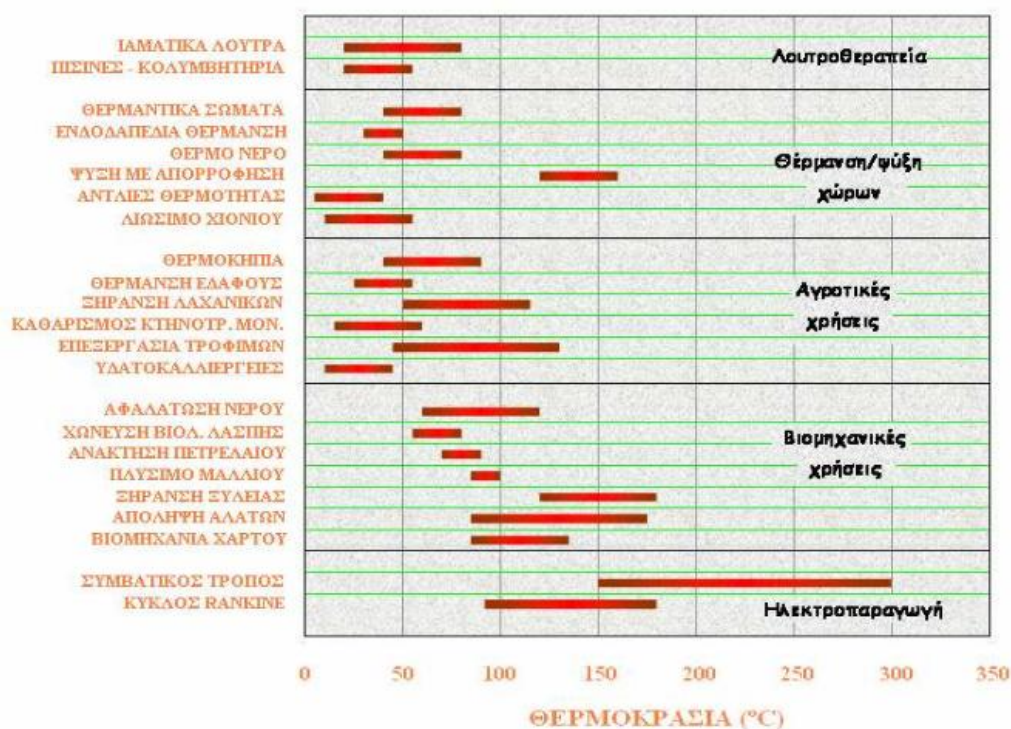
Συντηρημένα δείγματα υγρού μπορούν να χαρακτηρισθούν ως προς τη σύστασή τους, χρησιμοποιώντας πληθώρα μεθόδων. Οι συνηθέστερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι η φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης (AA), η ιοντική χρωματογραφία (IC), η φασματοσκοπία Επαγωγικού Συζευγμένου Πλάσματος (ICP), τα εκλεκτικά ηλεκτρόδια και οι διάφορες χρωματομετρικές, σταθμικές και υγρές μέθοδοι [5].

4. Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας

4.1 Εισαγωγή

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, στις άμεσες και στις ηλεκτροπαραγωγικές. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι εφαρμογές στις οποίες ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται τη θερμότητα του γεωθερμικού ρευστού άμεσα, αξιοποιώντας τη για διάφορες χρήσεις. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν τη γεωθερμία για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού πέζει σημαντικό ρόλο στον τρόπο εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας. Κάθε εφαρμογή αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών. Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζεται η αντιστοιχία μεταξύ γεωθερμικών εφαρμογών και θερμοκρασιακού εύρους του γεωθερμικού ρευστού [1].

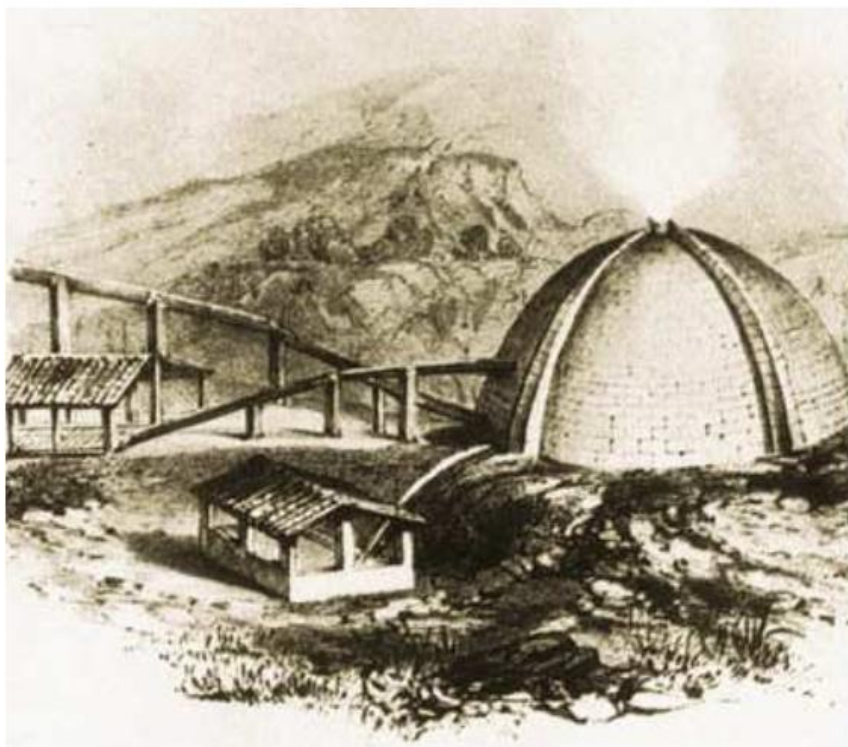


Σχήμα 4.1: Αντιστοιχία γεωθερμικών εφαρμογών με πεδίο θερμοκρασιών γεωθερμικού ρευστού

[1] Χ. Γκαρδιάκος, 2010. Αξιοποίηση της γεωθερμίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

4.2 Ιστορική αναδρομή γεωθερμικών εφαρμογών

Σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης ζωής οι πρακτικές εφαρμογές προηγούνται της επιστημονικής έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης. Η γεωθερμία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του φαινομένου αυτού. Ήδη από τις αρχές του 19ου αιώνα, λάμβανε χώρα η αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχόμενου των γεωθερμικών ρευστών. Εκείνη την περίοδο, στην Τοσκάνη της Ιταλίας, και συγκεκριμένα στην περιοχή του Larderello, λειτουργούσε μια χημική βιομηχανία για την παραγωγή βορικού οξέος μέσω των βοριούχων θερμών νερών που ανέβλυζαν από φυσικές πηγές ή αντλούνταν από ρηχές γεωτρήσεις. Η παραγωγή του βορικού οξέος γινόταν με εξάτμιση των βοριούχων νερών μέσα σε σιδερένιους λέβητες χρησιμοποιώντας ως καύσιμη ύλη ξύλα από τα κοντινά δάση. Το 1827 ο Francesco Larderel, ιδρυτής της βιομηχανίας αυτής, ανέπτυξε ένα σύστημα για τη χρήση της θερμότητας των βοριούχων ρευστών στη διαδικασία της εξάτμισης, σε αντίθεση με τη καύση ξύλων από τα διαρκώς αποψιλούμενα δάση της περιοχής που εφαρμοζόταν μέχρι εκείνη τη στιγμή (σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2: Η καλυμμένη «λιμνούλα», που χρησιμοποιούνταν κατά το πρώτο μισό του 19 ου αιώνα στην περιοχή του Larderello, για τη συλλογή των βοριούχων υδάτων και την παραγωγή βορικού οξέος [2]

[2] <http://www.geothermal-energy.org>

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

Μπορεί ο άνθρωπος να εκμεταλλευόταν τη γεωθερμία με διάφορους τρόπους από τις αρχές του 19 ου αιώνα, η πρώτη όμως απόπειρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω γεωθερμίας πραγματοποιήθηκε αρκετά αργότερα. Το 1904 λοιπόν, στο Larderello της Ιταλίας ο πρίγκιπας Piero Ginori Conti χρησιμοποίησε για το 52 σκοπό αυτό μια πειραματική διάταξη δικής του εφεύρεσης, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 4.3. Το εγχείρημα αυτό στέφθηκε από απόλυτη επιτυχία καταδεικνύοντας έτσι τη πραγματική βιομηχανική αξία της γεωθερμικής ενέργειας και σηματοδοτώντας την έναρξη μιας περιόδου αναζήτησης τεχνολογιών για την αξιοποίησή της σε ηλεκτροπαραγωγικές εφαρμογές.



Σχήμα 4.3: Ο πρίγκιπας Piero Ginori Conti και η πειραματική διάταξη που χρησιμοποίησε το 1904 για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της γεωθερμίας [3]

[3] <http://www.geothermal-energy.org>

Μερικά χρόνια αργότερα, το 1911, κατασκευάστηκε και τέθηκε σε λειτουργία στο Larderello της Ιταλίας ο πρώτος γεωθερμικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ μέχρι το 1942 η συνολική εγκατεστημένη γεωθερμική – ηλεκτρική ισχύς είχε φτάσει τα 128 MW. Πολύ σύντομα το παράδειγμα της Ιταλίας ακολούθησαν και άλλες χώρες. Στην Ιαπωνία το 1919 πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες γεωθερμικές γεωτρήσεις ενώ ακολούθησαν αντίστοιχες στη California (Η.Π.Α.) το 1921. Το 1958 τέθηκε σε λειτουργία ένας γεωθερμικός σταθμός παραγωγής στη Νέα Ζηλανδία, το 1959 στο Μεξικό, το 1960 στις Η.Π.Α. (11 MW) και ακολούθησαν πολλοί ακόμα σε διάφορες άλλες χώρες [4].

4.3 Σύγχρονες γεωθερμικές εφαρμογές

4.3.1 Άμεση, χρήση της γεωθερμικής ενέργειας

Στην εποχή μας και ιδιαίτερα τα τελευταία 20 χρόνια η μη – ηλεκτρική, ή αλλιώς άμεση, χρήση της γεωθερμικής ενέργειας έχει σημειώσει μεγάλη ανάπτυξη. Κατά τη διάρκεια του 1985, άμεσες εφαρμογές της γεωθερμίας καταγράφηκαν σε 24 χώρες, το 1995 σε 29 και το 2000 σε 58 χώρες. Η πιο συνηθισμένη άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα είναι οι αντλίες θερμότητας με ποσοστό 32%, ακολουθούν η λουτροθεραπεία και η θέρμανση πισινών με 30%, η θέρμανση χώρων με 20% (εκ των οποίων 83% είναι τηλεθέρμανση), οι αγροτικές χρήσεις με 8%, οι υδατοκαλλιέργειες με 6% και τέλος οι βιομηχανικές χρήσεις με 4% [5].

Στο πίνακα 4.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς εφαρμογών άμεσης αξιοποίησης της γεωθερμίας και η αντίστοιχη ενεργειακή παραγωγή και χρήση σε παγκόσμια κλίμακα για το έτος 2000 και 2010. Να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι όλα τα δεδομένα που αφορούν το 2010 και παρατίθενται πιο κάτω αναφέρονται σε στοιχεία που έχουν προκύψει από το πρώτο τρίμήνου του έτους.

[4] X. Γκαρδιάκος, 2010. Αξιοποίηση της γεωθερμίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

[5] MARY H. DICKSON and MARIO FANELLI, February 2004. What is Geothermal Energy?. Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR , Pisa, Italy

	2000		2010	
ΧΩΡΑ	ΙΣΧΥΣ (MW)	ΠΑΡΑΓΓΗ (TJ /ΕΤΟΣ)	ΙΣΧΥΣ (MW)	ΠΑΡΑΓΓΗ (TJ /ΕΤΟΣ)
Αίγυπτος	1	15	1	15
Αιθιοπία	-	-	2,2	42
Αλβανία	-	-	11	40
Αλγερία	100	1.586	56	1.723
Αργεντινή	25,7	449	307	3.907
Αρμενία	1	15	1	15
Αυστραλία	34,4	351	33	235
Αυστρία	255,3	1.609	663	3.728
Βιετνάμ	-	-	31	92
Βέλγιο	3,9	107	118	547
Βενεζουέλα	0,7	14	0,7	14
Βοσνία - Ερζεγοβίνη	-	-	22	255
Βουλγαρία	107,2	1.637	98	1.370
Βραζιλία	-	-	360	6.622
Γαλλία	326	4.895	1.345	12.929
Γερμανία	397	1.568	2.485	12.765
Γεωργία	250	6.307	25	659
Γουατεμάλα	4,2	117	2,3	56
Δανία	7,4	75	200	2.500
Εκουαδόρ	-	-	5,2	102
Ελβετία	547,3	2.386	1.061	7.715
Ελλάδα	57,1	385	135	938
Ελ Σαλβαδόρ	-	-	2	40
Εσθονία	-	-	63	356
Ηνωμένο Βασίλειο	2,9	21	187	850
Η.Π.Α.	3.766	20.302	12.611	56.552
Ιαπωνία	1.167	26.933	2.100	25.698
Ινδία	80	2.517	265	2.545
Ινδονησία	2,3	43	2,3	43
Ιορδανία	153,3	1.540	153	1.540
Ισλανδία	1.469	20.170	1.826	24.361
Ισπανία	-	-	141	684
Ισραήλ	63,3	1.713	82	2.193
Ιράν	-	-	42	1.064
Ιρλανδία	-	-	153	765
Ιταλία	325,8	3.774	867	9.941
Καναδάς	377,6	1.023	1.126	8.873

Κέννα	1,3	10	16	127
Κίνα	2.282	37.908	8.898	75.348
Κολομβία	13,3	266	14	287
Κόστα Ρίκα	-	-	1	21
Ν. Κορέα	35,8	753	229	1.955
Κροατία	113,9	555	67	469
Λετονία	-	-	1,6	32
Λευκορωσία	-	-	3,4	34
Λιθουανία	21	599	48	412
Μαρόκο	-	-	5	79
Μεξικό	164,2	3.919	156	4.023
Μογγολία	-	-	6,8	213
Νέα Ζηλανδία	307,9	7.081	393	9.552
Νεπάλ	1,1	22	2,7	74
Νορβηγία	6	32	3.300	25.200
Νότιος Αφρική	-	-	6	115
Νησιά Καραϊβικής	0,1	1	0,1	2,8
Ολλανδία	10,8	57	1.410	10.699
Ονδούρα	0,7	17	1,9	45
Ουγγαρία	472,7	4.086	655	9.767
Ουκρανία	-	-	11	119
Παπούα - Ν. Γουϊνέα	-	-	0,1	1
Π.Γ.Μ	81,2	510	47	601
Περου	2,4	49	2,4	49
Πολωνία	68,5	275	281	1.501
Πορτογαλία	5,5	35	28	386
Ρουμανία	152,4	2.871	153	1.265
Ρωσία	308,2	6.144	308	6.144
Σερβία	80	2.375	101	1.410
Σλοβακία	132,3	2.118	132	3.067
Σλοβενία	42	705	105	1.153
Σουηδία	377	4.128	4.460	45.301
Ταϊλάνδη	0,7	15	2,5	79
Τατζικιστάν	-	-	2,9	55
Τουρκία	820	15.756	2.084	36.886
Τσεχία	12,5	128	152	922
Τυνησία	23,1	201	44	364
Υεμένη	1	15	1	15
Φιλανδία	80,5	484	858	8.370

Φιλιππίνες	1	25	3,3	40
Χιλή	0,4	7	9,1	132
Σύνολο	15.145	190.699	50.584	438.087

Πίνακας 4.1: Άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας ανά τον κόσμο τα έτη 2000 και 2010. Εγκατεστημένη ισχύς (MW) και ενεργειακή χρήση (σε TJ/έτος) [6]

4.3.1.1 Τηλεθέρμανση

Η περιφερειακή θέρμανση οικισμών και πόλεων βρίσκει εφαρμογή σε πολλές χώρες. Με την εφαρμογή τηλεθέρμανσης με γεωθερμική ενέργεια δύνανται να δημιουργηθούν ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες εκμετάλλευσης διότι η παραγωγή θερμικής ενέργειας εξασφαλίζεται από εγκαταστάσεις χαμηλού κόστους κατασκευής, συντηρήσεως και, κυρίως, λειτουργίας.

Τα γεωθερμικά συστήματα τηλεθέρμανσης είναι έντασης κεφαλαίου, δηλαδή απαιτούν μεγάλα αρχικά κεφάλαια. Το κύριο κόστος αφορά την αρχική επένδυση για την κατασκευή των γεωτρήσεων παραγωγής και επανεισαγωγής, την αγορά των συστημάτων άντλησης και μεταφοράς των ρευστών, την κατασκευή των δικτύων και των σωληνώσεων, την προμήθεια του εξοπλισμού ελέγχου και παρακολούθησης των εγκαταστάσεων, την κατασκευή των σταθμών διανομής και των δεξαμενών αποθήκευσης. Παρόλα αυτά, τα λειτουργικά έξοδα, τα οποία αφορούν στην ενέργεια που καταναλώνεται για την άντληση των ρευστών, τη συντήρηση του συστήματος και η διαχείριση της εγκατάστασης, είναι σημαντικά μικρότερα σε σύγκριση με αυτά μιας συμβατικής μονάδας. Ένας κρίσιμος παράγοντας για τον υπολογισμό του αρχικού κόστους του συστήματος είναι η πυκνότητα του θερμικού φορτίου ή, αλλιώς, οι απαιτήσεις σε θέρμανση δια την επιφάνεια που καλύπτει η περιοχή που πρόκειται να θερμανθεί. Η υψηλή θερμική πυκνότητα καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα - σκοπιμότητα του έργου τηλεθέρμανσης, αφού το δίκτυο διανομής απορροφά μεγάλα κεφάλαια. Κάποια οικονομικά οφέλη θα μπορούσαν να προκύψουν από το συνδυασμό θέρμανσης και ψύξης σε περιοχές όπου οι κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν τέτοιες εφαρμογές. Ο συντελεστής φορτίου σε ένα τέτοιο σύστημα ψύξης – θέρμανσης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από αυτόν που αντιστοιχεί μόνο στη θέρμανση, και η τιμή της ενεργειακής μονάδας πρέπει να είναι κατά συνέπεια χαμηλότερη [7].

[6] <http://www.geothermal-energy.org/>, <http://www.geothermie.de/>

[7] Δ. Θύμιος, Ν. Κατινάς 2014. Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

4.3.1.2 Αντλίες Θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας, είναι μηχανήματα τα οποία αντλούν θερμότητα από μία δεξαμενή (αέρας περιβάλλοντος, υπόγεια νερά, λίμνη κλπ) προς ένα χώρο, μέσω ενός κύκλου εξάτμισης και συμπύκνωσης ενός εργαζόμενου μέσου, με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικό των αντλιών θερμότητας είναι η ικανότητά τους να παρέχουν τόσο ψύξη όσο και θέρμανση στο χώρο.

4.3.1.3 Γεωργία - Κτηνοτροφία

Οι αγροτικές εφαρμογές της γεωθερμίας συνίστανται κυρίως στις ανοικτές καλλιέργειες και τη θέρμανση θερμοκηπίων. Το θερμό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις ανοικτές καλλιέργειες για την άρδυσή τους και/ή τη θέρμανση του εδάφους. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της άρδευσης με χλιαρό νερό εντοπίζεται στο γεγονός ότι, για να επιτευχθεί κάποια αξιόλογη μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους θα πρέπει οι μεγάλες ποσότητες νερού να έχουν θερμοκρασία τόσο χαμηλή ώστε να μην προκαλούν ζημιές στις αρδευόμενες καλλιέργειες. Η βέλτιστη λύση φαίνεται ότι είναι ο συνδυασμός θέρμανσης εδάφους και άρδευσης. Η χημική σύσταση των γεωθερμικών νερών που χρησιμοποιούνται για άρδευση θα πρέπει να εξετάζεται και να παρακολουθείται προσεκτικά, ώστε να αποφεύγονται τυχόν βλαβερές συνέπειες.

Η πιο συνηθισμένη γεωθερμική εφαρμογή στον αγροτικό τομέα είναι η θέρμανση θερμοκηπίων, η οποία αναπτύχθηκε ιδιαίτερα σε πολλές χώρες. Η εκτός εποχής καλλιέργεια κηπουρικών, οπωρικών και ανθοκομικών προϊόντων ή η ανάπτυξή τους σε περιοχές με μη ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες, μπορεί σήμερα να βασιστεί σε μια ευρέως εφαρμοσμένη τεχνολογία.

Σε πολλές περιπτώσεις τα γεωθερμικά νερά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ακόμη επικερδέστερα, μέσα από τη συνδυασμένη χρήση τους σε κτηνοτροφικές μονάδες και γεωθερμικά θερμοκήπια. Η ενέργεια που χρειάζεται για τη θέρμανση μιας μονάδας εκτροφής ζώων είναι περίπου το 50% αυτής που απαιτείται για ένα θερμοκήπιο ίδιας επιφάνειας, οπότε η κλιμακωτή χρήση των γεωθερμικών ρευστών θεωρείται ενδεδειγμένη. Η εκτροφή ζώων σε ένα περιβάλλον ελεγχόμενης θερμοκρασίας συνεισφέρει στη βελτίωση της υγείας τους, ενώ η χρήση των θερμών ρευστών θα μπορούσε να επεκταθεί στον καθαρισμό και την εξυγίανση των χώρων τους, αλλά και στην ξήρανση των αποβλήτων τους [8].

4.3.1.4 Υδατοκαλλιέργεια - Ιχθυοκαλλιέργεια

Οι υδατοκαλλιέργειες, οι οποίες στην ουσία αποτελούν την ελεγχόμενη εκτροφή υδρόβιων οργανισμών, αποκτούν σήμερα ολοένα και μεγαλύτερη σπουδαιότητα σε παγκόσμιο επίπεδο, λόγω της αυξημένης ζήτησής τους στην αγορά. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας εκτροφής των ειδών αυτών είναι πολύ πιο σημαντικός σε σχέση με τα είδη που αναπτύσσονται στην ξηρά. Οι θερμοκρασίες που απαιτούνται για τα υδρόβια είδη κυμαίνονται κατά βάση μεταξύ 20 C και 30 oC. Το μέγεθος των εγκαταστάσεων εξαρτάται από την αρχική θερμοκρασία των ρευστών, τη θερμοκρασία που απαιτείται στις δεξαμενές εκτροφής και από τις θερμικές απώλειες των τελευταίων.

Η απαραίτητη θερμοκρασία στο νερό της δεξαμενής της ιχθυοκαλλιέργειας κυμαίνεται από 14 έως 30oC ανάλογα με το είδος της. Η ιχθυοκαλλιέργεια μπορεί να γίνει είτε μεμονωμένα με γεωθερμικά ρευστά σαν θερμαντικό μέσο, θερμοκρασίας 25 έως 35° C, είτε από το απορριπτόμενο νερό από τη θέρμανση θερμοκηπίων [9].

4.3.1.5 Βιομηχανία

Συγκεκριμένα παραδείγματα βιομηχανικών εφαρμογών είναι η εμφιάλωση νερού και ανθρακούχων ποτών, η παραγωγή χαρτιού, τμημάτων αυτοκινήτων, η ανάκτηση λαδιού, η παστερίωση γάλακτος, η χρήση στη βυρσοδεψία, η χημική ανάκτηση προϊόντων, η παραγωγή με διαχωρισμό του CO₂, η χρήση σε πλυντήρια, η ξήρανση γης διατόμων, η επεξεργασία πολτού και χαρτιού και η παραγωγή βορικών αλάτων και βορικού οξέος. Υπάρχουν επίσης εφαρμογές για χρήση των γεωθερμικών ρευστών χαμηλής θερμοκρασίας για λιώσιμο πάγου και αντιπαγετική προστασία πεζοδρομίων δρόμων και πλατειών, ως και σχέδια για τη διάλυση της ομίχλης σε κάποια αεροδρόμια [10].

[8],[9],[10] Δ. Θύμιος, Ν. Κατινάς 2014. Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

4.3.1.6 Αφαλάτωση θαλασσινού νερού

Αφαλάτωση θαλασσινού νερού με γεωθερμικά ρευστά σαν θερμαντικό μέσο δύνανται να επιτευχθεί με τη μέθοδο της πολυσταδιακής εξάτμισης εν κενώ. Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η αφαλάτωση πρέπει η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών να είναι τουλάχιστον 60 °C. Η θερμοκρασία απόρριψης σχεδιάζεται να είναι 40° C με 50° C [11].

4.3.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Μετά το 2^ο παγκόσμιο πόλεμο η αξιοποίηση της γεωθερμίας για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έγινε ελκυστική για πολλές χώρες, καθώς ήταν ανταγωνιστική ως προς άλλες μορφές ενέργειας και παρουσίαζε σημαντικά πλεονεκτήματα.

Ένας από τους πιο διαδεδομένους τρόπους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση γεωθερμίας αποτελεί η χρήση συμβατικών ατμοστρόβιλων. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην εκμετάλλευση γεωθερμικών ρευστών που έχουν υψηλές θερμοκρασίες τουλάχιστον 150°C. Η μονάδα λειτουργεί με συμπυκνωτές, όπου η πίεση διατηρείται συνεχώς σε χαμηλά επίπεδα ή χωρίς, οπότε γίνεται διάθεση του ατμού στην ατμόσφαιρα. Ο τύπος με ατμοστρόβιλους ατμοσφαιρικής εκτόνωσης είναι απλούστερος και φθηνότερος. Ο ατμός που έρχεται, είτε απευθείας από γεωτρήσεις που παράγουν ξηρό ατμό, είτε από γεωτρήσεις με υγρό ατμό αφού γίνει ο διαχωρισμός του νερού, περνά από τον ατμοστρόβιλο και στη συνέχεια απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Ένας άλλος τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί η χρήση δευτερεύοντος οργανικού ρευστού. Το γεωθερμικό ρευστό χρησιμοποιείται για τη θέρμανση σε έναν εναλλάκτη του δευτερεύοντος ρευστού (νερό και αμμωνία, ισοβουτάνιο, ισοπεντάνιο, CO₂ κτλ.) το οποίο έχει χαμηλότερο σημείο ζέσης σε σχέση με το νερό. Οι ατμοί του δευτερεύοντος ρευστού οδηγούνται αρχικά στον στρόβιλο και στη συνέχεια στον συμπυκνωτή. Τέλος, το ρευστό από τον συμπυκνωτή συμπιέζεται και επανεισάγεται πάλι στον εναλλάκτη θερμότητας.

Στον πίνακα 4.2 αναφέρονται οι χώρες που χρησιμοποιούν τη γεωθερμική ενέργεια για παραγωγή ηλεκτρισμού, η εγκατεστημένη γεωθερμική – ηλεκτρική ισχύς κάθε μίας για το 1990, 1995, 2000, 2005 και 2010 καθώς και η συνολική παγκόσμια ισχύς για τα έτη αυτά.

[11] Δ. Θύμιος, Ν. Κατινάς 2014. Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι ότι η εγκατεστημένη γεωθερμική – ηλεκτρική ισχύς στις αναπτυσσόμενες χώρες το 1995 και το 2000 αντιπροσώπευε αντίστοιχα το 38% και το 47% αντίστοιχα της συνολικής εγκατεστημένης γεωθερμικής ισχύος παγκοσμίως [12].

ΧΩΡΑ	1990 (MW)	1995 (MW)	2000 (MW)	2005 (MW)	2010 (MW)
Αργεντινή	0,67	0,67	---	---	---
Αυστραλία	---	0,17	0,17	0,2	1,1
Αυστρία	---	---	---	1,2	1,4
Αιθιοπία	---	---	8,52	7	7,3
Γαλλία	4,2	4,2	4,2	14,7	16
Γερμανία	---	---	---	0,2	6,6
Γουατεμάλα	---	33,4	33,4	33	52
Ελ Σαλβαδόρ	95	105	161	151	204
Η.Π.Α	2.774,6	2.816,7	2.228	2.544	3.903
Ιαπωνία	214,6	413,7	546,9	536	536
Ινδονησία	144,75	309,75	589,5	797	1.197
Ιταλία	545	631,7	785	790	843
Ισλανδία	44,6	50	170	322	575
Κένυα	45	45	45	127	167
Κόστα Ρίκα	---	55	142,5	163	166
Κίνα	19,2	28,78	29,17	28	24
Μεξικό	700	753	755	953	958
Νέα Ζηλανδία	283,2	286	437	435	628
Νικαράγουα	35	70	70	77	88
Παπούα - Ν. Γουϊνέα	---	---	---	39	56
Πορτογαλία	3	5	16	16	29
Ρωσία	11	11	23	79	82
Ταϊλάνδη	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Τουρκία	20,4	20,4	20,4	20,4	82
Φιλιππίνες	891	1.227	1.909	1.931	1.904
Σύνολο	5.831,52	6.866,77	7.974,06	9.064	10.715

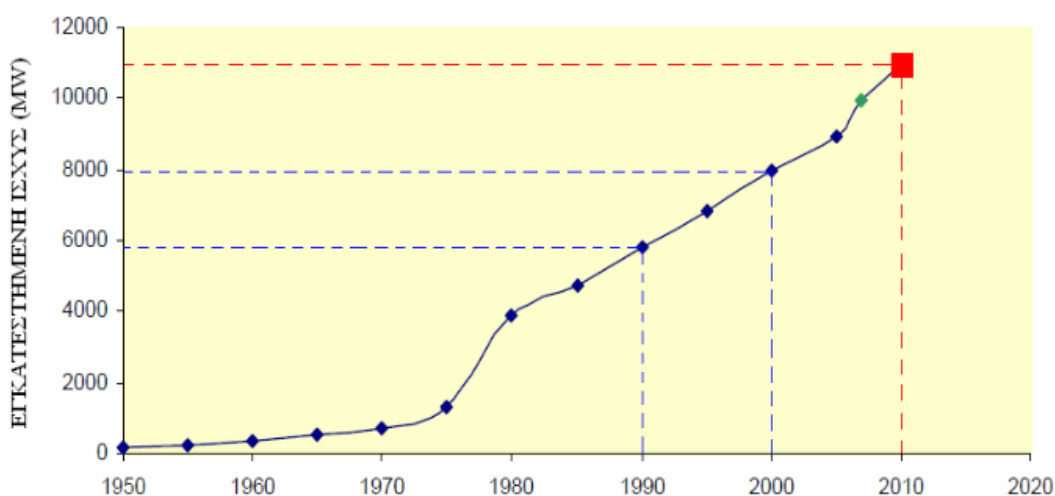
Πίνακας 4.2: Εγκατεστημένη γεωθερμική – ηλεκτρική ισχύς (MW) σε παγκόσμια κλίμακα, από το 1990 έως το 2010) [13]

[12] Τ. Μαχαίρα, Α. Σιμούλη 2009. Θέρμηση θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας.

[13] <http://www.geothermal-energy.org/>, <http://www.geothermie.de/>

Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας για ηλεκτροπαραγωγή στις αναπτυσσόμενες χώρες παρουσιάζει ενδιαφέρουσες τάσεις με το χρόνο. Μεταξύ των ετών 1975 και 1979 η εγκατεστημένη γεωθερμική ηλεκτρική ισχύς σε αυτές τις χώρες αυξήθηκε από 75 σε 462 MW. Στο τέλος της επόμενης πενταετίας (1984) έφτασε στα 1.495 MW παρουσιάζοντας ένα ρυθμό αύξησης κατά τη διάρκεια των δύο αυτών περιόδων 610% και 323% αντίστοιχα. Στα επόμενα 16 χρόνια, από το 1984 μέχρι το 2000, σημειώθηκε μια περαιτέρω αύξηση της τάξης του 150% [14]. Η αυξητική πορεία της παγκόσμιας εγκατεστημένης γεωθερμικής – ηλεκτρικής ισχύος διαμέσου των ετών φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα (σχήμα 4.4).

Αξίζει να σημειώσουμε ότι η γεωθερμική ενέργεια συμμετέχει σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο αρκετών περιοχών. Για παράδειγμα, το 2001 η ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε από γεωθερμικούς πόρους αντιπροσώπευε το 27% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας στις Φιλιππίνες, το 12,4 % στην Κένυα, το 11,4% στην Κόστα Ρίκα και το 4,3% στο Ελ Σαλβαδόρ.

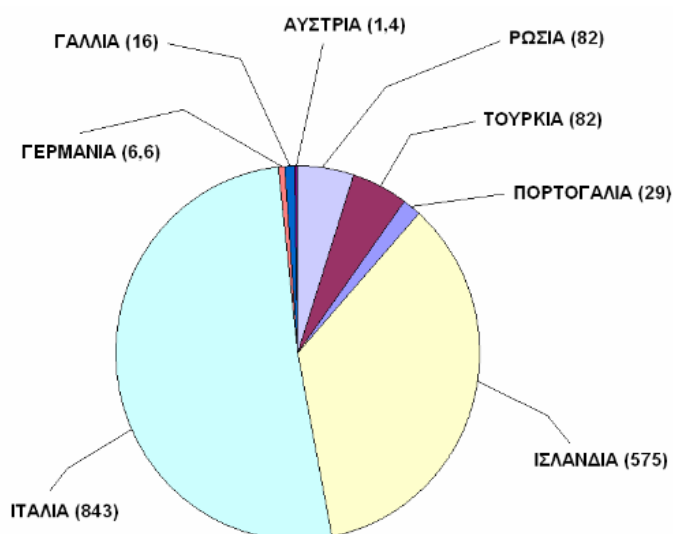


Σχήμα 4.4: Παγκόσμια εγκατεστημένη γεωθερμική – ηλεκτρική ισχύς από το 1950 έως το 2010 [15]

[14] MARY H. DICKSON and MARIO FANELLI, February 2004. What is Geothermal Energy?. Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR , Pisa, Italy

[15] Ruggero Bertani, Enel - International Division - Renewable Energy BusinessDevelopment – Via Dalmazia 15, 00198 Rome, Italy

Εξετάζοντας τον πίνακα 4.2, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι από τις 25 χώρες που αξιοποιούν τη γεωθερμία για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας οι 8 είναι ευρωπαϊκές και παρουσιάζονται ξεχωριστά στο σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5: Οι ευρωπαϊκές χώρες που παράγουν ηλεκτρισμό από γεωθερμία με την εγκατεστημένη ισχύ (MW) καθεμιάς για το έτος 2007

4.4 Εφαρμογές στην Ελλάδα

Η κυριότερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα σήμερα (εκτός από τη χρήση των ρευστών για λουτροθεραπευτικούς σκοπούς που αποτελεί παράδοση αιώνων) είναι η θέρμανση θερμοκηπίων, ιχθυοκαλλιέργειες, αφαλάτωση νερού και γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Στον Πίνακα 4.3. παρουσιάζεται η γεωθερμική χρήση στην Ελλάδα κατά το 2000, 2004, 2007.

Χρήση	Εγκατεστημένη ισχύς 2000 (MW)	Εγκατεστημένη ισχύς 2004 (MW)	Εγκατεστημένη ισχύς 2007 (MW)
Θέρμανση χώρων	1,1	1,2	1,4
Θέρμανση θερμοκηπίων	20,6	22,2	26,5
Υδατοκαλλιέργειες	0	9,3	9,3
Ξήρανση αγροτικών προϊόντων	4	0,3	0,8
Λουτροθεραπευτικές μονάδες	35	36,0	36
Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας	0,4	4,0	20
ΣΥΝΟΛΟ	61,1	73	94

Πίνακας 4.3: Γεωθερμική Χρήση στην Ελλάδα.

Παρατηρείται πολύ μεγάλη ανάπτυξη στη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας το 2007, αύξηση παρατηρείται επίσης στη θέρμανση θερμοκηπίων ενώ σε μικρότερο ποσοστό υπάρχει αύξηση στη θέρμανση χώρων και στην ξήρανση αγροτικών προϊόντων, η οποία έχει μειωθεί αρκετά από το 2000. Σταθερή παραμένει η χρήση για υδατοκαλλιέργειες και λουτροθεραπεία [16].

[16] Τ. Μαχαίρα, Α. Σιμούλη 2009. Θέρμηση θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας.

5. Αντλίες Θερμότητας

5.1 Ορισμός – Αρχές Λειτουργίας

Αντλία θερμότητας είναι μια μηχανή η οποία έχει τα ίδια κατασκευαστικά μέρη και τις ίδιες αρχές λειτουργίας με μία κοινή ψυκτική συσκευή. Ειδικότερα, όταν το ενδιαφέρον εστιάζεται στο ποσό της απορροφούμενης θερμότητας και στην ψύξη του χώρου η συσκευή ονομάζεται κλιματιστική συσκευή, ενώ αντίθετα όταν το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην απορριπτόμενη θερμότητα και στις εφαρμογές θέρμανσης τότε η ίδια μηχανή ονομάζεται αντλία θερμότητας [1].

5.1.1 Ορισμός Αντλίας Θερμότητας

Με τον όρο αντλία θερμότητας ονομάζουμε μία συσκευή η οποία αντλεί θερμότητα από μία πηγή χαμηλής θερμοκρασίας και τη μεταφέρει σε έναν αποδέκτη υψηλότερης θερμοκρασίας. Κατά τη χειμερινή περίοδο η αντλία θερμότητας μεταφέρει θερμότητα από το ψυχρό εξωτερικό περιβάλλον (ψυχρός αέρας) σε ένα χώρο, με σκοπό τη θέρμανσή του. Κατά τη καλοκαιρινή περίοδο η αντλία θερμότητας χρησιμοποιείται για τη μεταφορά θερμότητας από ένα χώρο προς τον θερμότερο εξωτερικό περιβάλλον, με σκοπό την ψύξη του χώρου. Συνήθως οι αντλίες θερμότητας είναι σχεδιασμένες κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται για ψύξη και θέρμανση με αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου.

Μία αντλία θερμότητας αποτελείται από τον συμπιεστή, τον συμπυκνωτή, τον εξατμιστή και την εκτονωτική βαλβίδα. Η μεταφορά της θερμότητας γίνεται με κατανάλωση μηχανικής ενέργειας για την λειτουργία του συμπιεστή της συσκευής. Η μηχανική αυτή ενέργεια προέρχεται είτε από ηλεκτρικό κινητήρα είτε από μία μηχανή εσωτερικής καύσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου). Το μηχανικό έργο που δαπανάται κατά την λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας χρησιμεύει για την μεταφορά θερμότητας, που ήδη υπάρχει σε μία πηγή ενέργειας (αέρας, νερό, έδαφος), και όχι για την παραγωγή θερμότητας. Ο βαθμός απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας κυμαίνεται από 2 έως 5, δηλαδή η αντλία θερμότητας παρέχει από 2 έως 5 φορές περισσότερη θερμότητα (kW_{th}) από την ηλεκτρική ενέργεια (kW_e) που καταναλώνει.

[1] Τ. Μαχαίρα, Α. Σιμούλη 2009. Θέρμανση θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας.

Αυτό συμβαίνει γιατί η θερμότητα που μεταφέρεται από την πηγή περιέχει τόσο το μηχανικό έργο όσο και τη θερμική ενέργεια που απορροφάται.

Η μεταφορά της θερμότητας γίνεται με τη βοήθεια των ψυκτικών ρευστών. Τα ψυκτικά ρευστά, ακολουθώντας μία κυκλική λειτουργία σε ένα θερμοδυναμικό κύκλο (ψυκτικός κύκλος), απορροφούν θερμότητα όταν εξατμίζονται και αποβάλλουν θερμότητα όταν συμπυκνώνονται. Τα ψυκτικά ρευστά έχουν την ιδιότητα να εξατμίζονται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να μπορούν να απορροφήσουν θερμότητα (από την πηγή) ακόμη και όταν η θερμοκρασία (π.χ. αέρας) είναι μικρότερη από τους 0°C. Βέβαια όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της πηγής θερμότητας τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός απόδοσης της αντλίας θερμότητας.

Αντλίες θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση, ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού μικρών χώρων (κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, μικρών ξενοδοχείων κ.λ.π.), ή μεγαλύτερων χώρων (νοσοκομείων, πολυκαταστημάτων, γραφείων, θερμοκηπίων, μεγάλων ξενοδοχειακών μονάδων, ζεστού νερού πισινών, σε συστοιχίες πολλών αντλιών θερμότητας ή με την χρήση μεγάλης ισχύος συσκευών). Επίσης συχνά εγκαθίστανται συστήματα με αντλίες θερμότητας, τα οποία παρέχουν συγχρόνως θέρμανση και ψύξη σε ένα κτήριο.

5.1.2 Αρχές λειτουργίας - Βαθμός απόδοσης

Η αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας είναι ίδια με αυτή που εφαρμόζεται στα κοινά ψυγεία, όπου η θερμότητα μεταφέρεται από τον χώρο του ψυγείου (~ 5°C) στον χώρο του περιβάλλοντος (~ 20°C) [2]. Οι αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται για θέρμανση μεταφέρουν θερμότητα από την πηγή (αέρα, έδαφος, νερό) σε έναν θερμαινόμενο χώρο, οι αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται για ψύξη μεταφέρουν θερμότητα από ένα χώρο που ψύχεται προς την πηγή. Συνήθως οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούνται τόσο για τη θέρμανση όσο και για την ψύξη ενός χώρου.

Η λειτουργία των αντλιών θερμότητας βασίζεται σε διάφορους ψυκτικούς κύκλους με επικρατέστερο αυτόν της συμπίεσης ατμών ενός ψυκτικού ρευστού. Για την λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας σύμφωνα με τον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμών είναι απαραίτητες οι παρακάτω συσκευές [3]:

[2], [3] Τ. Μαχαίρα, Α. Σιμούλη 2009. Θέρμηση θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας.

- α) ο συμπιεστής
- β) ο συμπυκνωτής
- γ) ο εξατμιστής
- δ) η εκτονωτική διάταξη
- ε) η τετράοδη βαλβίδα.

α) Συμπιεστής

Ο συμπιεστής είναι η πιο σημαντική συσκευή των συστημάτων που εργάζονται με βάση τον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης. Ο συμπιεστής αναρροφά τους ατμούς του ψυκτικού ρευστού από τον εξατμιστή και τους συμπιέζει σε υψηλή πίεση (η πίεση εξαρτάται από το ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται). Οι τύποι των συμπιεστών που συνήθως χρησιμοποιούνται σε αντλίες θερμότητας είναι οι φυγοκεντρικοί, οι κοχλιοτοί, οι παλινδρομικοί (εμβολοφόροι), οι σπειροειδείς καθώς και οι συμπιεστές τύπου τυμπάνου.

β) Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής είναι το τμήμα της αντλίας θερμότητας από το οποίο αποβάλλεται η θερμότητα. Ουσιαστικά ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού ρευστού και της πηγής/αποδέκτη θερμότητας. Κατά την θερμαντική λειτουργία, ο συμπυκνωτής αποδίδει θερμότητα στο μέσον ή το χώρο που πρέπει να θερμανθεί. Αντίστροφα κατά την ψυκτική λειτουργία ο συμπυκνωτής απορρίπτει θερμότητα στο εξωτερικό περιβάλλον. Στην πράξη αυτό γίνεται με την αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου και την εναλλαγή της λειτουργίας του συμπυκνωτή και του εξατμιστή. Οι συμπυκνωτές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τους αερόψυκτους και τους υδρόψυκτους.

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές κατασκευάζονται από χαλκοσωλήνες με εξωτερικά πτερύγια (από χαλκό ή αλουμίνιο), μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το ψυκτικό ρευστό. Τα πτερύγια αυξάνουν την επιφάνεια εναλλαγής έτσι ώστε να γίνεται ευκολότερα η αποβολή της θερμότητας. Ο αέρας κυκλοφορεί με την βοήθεια ανεμιστήρα (εξαναγκασμένη κυκλοφορία) κάτι που καθιστά τον συμπυκνωτή ιδιαίτερα θορυβώδη

και απόλυτα εξαρτημένο από την απαίτηση για συχνή συντήρηση (καθαρισμό, έλεγχο του ανεμιστήρα).

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές ψύχονται με την βοήθεια του νερού. Χρησιμοποιούνται στις αντλίες θερμότητας με πηγή/αποδέκτη θερμότητας το νερό (ανοιχτό κύκλωμα) ή το έδαφος (κλειστό κύκλωμα). Κατασκευάζονται και αυτοί από χαλκοσωλήνες όπως και οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές [4].

γ) Εξατμιστής

Ο εξατμιστής είναι το τμήμα που απορροφά θερμότητα από έναν χώρο ή ένα μέσον. Ο εξατμιστής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ ψυκτικού ρευστού και πηγής/αποδέκτη θερμότητας. Η απορρόφηση θερμότητας γίνεται με την εξάτμιση του ψυκτικού μέσου υπό σταθερή πίεση (η πίεση εξαρτάται από το ψυκτικό υγρό που χρησιμοποιείται). Οι εξατμιστές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τους αερόψυκτους και τους υδρόψυκτους (οι εξατμιστές κατασκευάζονται από χαλκοσωλήνες).

Υδρόψυκτοι εξατμιστές τοποθετούνται σε αντλίες θερμότητας που έχουν ως πηγή θερμότητας το νερό (αντλίες θερμότητας νερού - νερού ή εδάφους - νερού). Αερόψυκτοι εξατμιστές τοποθετούνται σε αντλίες θερμότητας με πηγή τον αέρα (αντλίες θερμότητας αέρα – αέρα ή αέρα νερού).

Κατά την λειτουργεί μίας αντλίας θερμότητας είναι πιθανόν να σχηματιστεί πάγος στην επιφάνεια των σωλήνων του εξατμιστή λόγω της λειτουργίας τους, (ρίχνουν την θερμοκρασία της πηγής θερμότητας σε πολύ χαμηλά επίπεδα). Συνέπεια της ύπαρξης πάγου στην επιφάνεια των σωλήνων είναι να εμποδίζεται η μετάδοση θερμότητας. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου στους υδρόψυκτους εξατμιστές κλειστού κυκλώματος χρησιμοποιείται διάλυμα αντιπηκτικού αντί για νερό, ενώ στους αερόψυκτους εξατμιστές ανοικτού κυκλώματος, όταν η θερμοκρασία της πηγής θερμότητας πέσει χαμηλά, ενεργοποιείται η διαδικασία της απόψυξης.

[4] Τ. Μαχαίρα, Α. Σιμούλη 2009. Θέρμηση θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας.

δ) Εκτονωτική Διάταξη

Η εκτονωτική διάταξη ρυθμίζει την ποσότητα του υγρού ψυκτικού ρευστού από τον συμπυκνωτή στον εξατμιστή και αλλάζει τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά του ψυκτικού ρευστού έτσι ώστε από υγρό υψηλής πίεσης στην έξοδό του, να μετατρέπεται σε μίγμα υγρού – ατμού σταθερής χαμηλής πίεσης.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι εκτονωτικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται στις αντλίες θερμότητας είναι η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα και ο τριχοειδής σωλήνας [5].

ε) Τετράοδη Βαλβίδα

Η τετράοδη βαλβίδα είναι η συσκευή μέσω της οποίας γίνεται η αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου από ψύξη σε θέρμανση. Η αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου γίνεται από το κεντρικό χειριστήριο ελέγχου που διαθέτει κάθε αντλία θερμότητας.

Εκτός από τις πέντε παραπάνω βασικές συσκευές, μία αντλία θερμότητας διαθέτει ανάλογα με την κατασκευή της και διάφορα άλλα εξαρτήματα και μηχανισμούς, για την καλύτερη ρύθμιση και την ασφαλή λειτουργία τους. Ενδεικτικότερα μπορούν να αναφερθούν:

- ο διαχωριστής λαδιού, ο οποίος τοποθετείται στην έξοδο του συμπιεστή και έχει ως σκοπό να διαχωρίσει το λάδι λίπανσης από τους υπέρθερμους ατμούς του ψυκτικού ρευστού
- το φίλτρο το οποίο χρησιμεύει για να συγκρατεί τα στερεά σωματίδια και τα ίχνη υδρατμού ή νερού που πιθανόν να υπάρχουν στο ψυκτικό ρευστό
- οι βαλβίδες αντεπιστροφής, που δεν επιτρέπουν τη ροή του ψυκτικού προς τη λάθος κατεύθυνση
- οι ρυθμιστές υψηλής και χαμηλής πίεσης
- οι διατάξεις αποπάγωσης
- τα αισθητήρια θερμοκρασίας
- οι ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου κ.ά.

[5] Τ. Μαχαίρα, Α. Σιμούλη 2009. Θέρμηση θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας.

Ως βαθμός απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας ορίζεται ο λόγος της ωφέλιμης ενέργειας προς την ενέργεια που δαπανάται.

$$\text{Βαθμός απόδοσης} = \frac{\text{Ενέργεια που λαμβάνεται}}{\text{Ενέργεια που δαπανάται}}$$

Για την λειτουργία θέρμανσης είναι:

$$\begin{aligned}\text{Βαθμός απόδοσης}_{\text{θέρμαν}} &= \frac{\text{Ενέργεια που δίνεται στο θερμενόμενο χώρο}}{\text{Ηλεκτρική ενέργεια για την κίνηση του συμπιεστή}} \\ &= \frac{Q_h}{W}\end{aligned}$$

Για την λειτουργία ψύξης είναι:

$$\begin{aligned}\text{Βαθμός απόδοσης}_{\text{ψύξης}} &= \frac{\text{Ενέργεια που αφαιρείται από τον ψυχρόμενο χώρο}}{\text{Ηλεκτρική ενέργεια για την κίνηση του συμπιεστή}} \\ &= \frac{Q_c}{W}\end{aligned}$$

Υπάρχουν δύο διαφορετικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του βαθμού απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας. Ο στιγμιαίος βαθμός απόδοσης COP (Coefficient of Performance) και ο εποχιακός βαθμός απόδοσης HSPF (Heating Seasonal Performance Factor). Ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μεγαλύτερος από τη μονάδα.

Ο στιγμιαίος βαθμός απόδοσης COP είναι ο πιο συνηθισμένος δείκτης για την επίδοση μιας αντλίας θερμότητας. Ως στιγμιαίος βαθμός απόδοσης ορίζεται ο λόγος της ωφέλιμης ισχύος σε (Watt) προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ισχύ σε (Watt). Οι τιμές του κυμαίνονται από 2 έως 4 για τις αντλίες θερμότητας με πηγή τον αέρα (αντλίες θερμότητας αέρα – νερού ή αέρα – αέρα). Για τις αντλίες θερμότητας με πηγή το νερό ή το έδαφος, η τιμή του κυμαίνεται συνήθως από 3 έως 5.

Στη χειμερινή λειτουργία ορίζεται ως:

$$COP_{\theta\epsilon\rho\mu\alpha\nu\sigma\eta\varsigma} = \frac{\text{Θερμική ισχύς συμπικνωτή (W)}}{\text{Ηλεκτρική ισχύς συμπιεστή (W)}} = \frac{qh}{W}$$

Για την περίπτωση της θερινής λειτουργίας (σε ψύξη), χρησιμοποιείται ο λόγος ενεργειακής απόδοσης EER (Energy Efficiency Ratio).

Ο λόγος ορίζεται ως:

$$EER_{\psi\upsilon\chi\eta\varsigma} = \frac{\text{Ψυκτική ισχύς συμπικνωτή (W)}}{\text{Ηλεκτρική ισχύς συμπιεστή (W)}} = \frac{qc}{W}$$

Οι δείκτες COP και EER βασίζονται σε εργαστηριακές μετρήσεις (οι δείκτες αυτοί μετριοούνται σε εξειδικευμένα εργαστήρια σύμφωνα με παγκόσμιες συνθήκες λειτουργίας) και δεν μπορούν να αποδώσουν τη συμπεριφορά μιας αντλίας θερμότητας σε μακρόχρονη λειτουργία. Αντίθετα ο εποχιακός βαθμός απόδοσης HSPF αποδίδει πιο ρεαλιστικά την συμπεριφορά μιας αντλίας θερμότητας σε εποχιακή βάση (εβδομάδα, μήνας, περίοδος).

Ο εποχιακός βαθμός απόδοσης HSPF είναι ο λόγος της συνολικής ωφέλιμης ενέργειας σε (kWh) προς την συνολικά καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε (kWh), η οποία μπορεί να περιλαμβάνει και την κατανάλωση βοηθητικής ενέργειας (π.χ. από ηλεκτρική αντίσταση, ανεμιστήρες εξατμιστή και συμπυκνωτή).

Για την περίπτωση της χειμερινής λειτουργίας ορίζεται ως:

$$HSPF_{\theta\epsilon\rho\mu\alpha\nu\sigma\eta\varsigma} = \frac{\text{Θερμική ενέργεια που αποδίδει ο συμπικνωτής (kWh)}}{\text{Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)}} = \frac{Qh}{W}$$

Επιπλέον χρησιμοποιείται και ο λόγος της εποχιακής ενεργειακής απόδοσης SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio)

Ο λόγος αυτός ορίζεται ως:

$$SEER_{\psi\upsilon\chi\eta\varsigma} = \frac{\text{Θερμική ενέργεια που απορροφά ο συμπυκνωτής (kWh)}}{\text{Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)}} = \frac{Q_c}{W}$$

5.2 Ψυκτικά ρευστά

Με τον όρο ψυκτικό ρευστό καλείται κάθε ουσία (σε υγρή ή αέρια μορφή) που χρησιμοποιείται στον κύκλο λειτουργίας των ψυκτικών μηχανών και των αντλιών θερμότητας, απορροφά θερμότητα από ένα μέσο ή ένα χώρο και την αποδίδει σε ένα άλλο μέσο ή χώρο. Η απορρόφηση της θερμότητας βασίζεται στην ατμοποίηση του ψυκτικού υγρού, η οποία γίνεται σε ένα στοιχείο ατμοποίησης (εξατμιστής). Η απόδοση της θερμότητας γίνεται με την συμπίκνωση των ατμών του ψυκτικού μέσου, η οποία γίνεται σε ένα στοιχείο συμπίκνωσης (συμπυκνωτής).

Η καταλληλότητα ενός ψυκτικού ρευστού για κάποια δεδομένη εφαρμογή, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Σε αυτούς περιλαμβάνονται οι θερμοδυναμικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες του καθώς και κάποιες απαιτήσεις ασφάλειας. Η σπουδαιότητα ή η φυσική σημασία κάθε χαρακτηριστικού μεταβάλλεται από εφαρμογή σε εφαρμογή και δεν υπάρχει το ιδανικό ψυκτικό ρευστό για όλες τις εφαρμογές.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα ψυκτικό ρευστό είναι:

α) Θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά

- Υψηλή λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης
- Χαμηλή θερμοκρασία βρασμού σε ατμοσφαιρική πίεση
- Χαμηλή θερμοκρασία πήξης
- Θετική πίεση εξάτμισης
- Σχετικά χαμηλή πίεση συμπίκνωσης

β) Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά

- Ικανοποιητική διαλυτότητα ελαίου
- Χαμηλή διαλυτότητα νερού
- Μικρό ειδικό όγκο
- Αδράνεια και χημική σταθερότητα

γ) Απαιτήσεις ασφάλειας

- Να μην είναι εύφλεκτο

- Να μην είναι δηλητηριώδες ή τοξικό
- Να μην είναι ερεθιστικό
- Να ανιχνεύεται εύκολα σε περίπτωση διαρροών.

Κάθε ψυκτικό ρευστό χαρακτηρίζεται με το σύμβολο R (Refrigerant), το οποίο ακολουθούν δύο ή τρεις αριθμοί. Στα συνηθισμένα ψυκτικά ρευστά οι αριθμοί αυτοί εκφράζουν τα άτομα φθορίου (F), υδρογόνου (H) και άνθρακα (C) στη χημική τους ένωση. Συνηθισμένα ψυκτικά μέσα είναι τα R12, R13, R22, R134a, R407a R410a κ.λ.π.

Αν εξαιρεθεί η αμμωνία, η οποία χρησιμοποιείται σε μεγάλες εγκαταστάσεις συντήρησης και κατάψυξης, τα υπόλοιπα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνται στις ψυκτικές και κλιματιστικές συσκευές καθώς και στις αντλίες θερμότητας προέρχονται από υδρογονάνθρακες, στους οποίους κάποια άτομα υδρογόνου (H) έχουν αντικατασταθεί από άτομα χλωρίου (Cl) ή φθορίου (F). Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται αλογονομένοι υδρογονάνθρακες και διακρίνονται ανάλογα με τη χημική τους σύσταση σε:

- χλωροφθοράνθρακες (CFC)
- υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC)
- υδροφθοράνθρακες (HFC)

Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) π.χ. R-12 (CCl_2F_2), R-115 (CClF_2CF_3) χρησιμοποιήθηκαν ως ψυκτικά ρευστά από την δεκαετία του 1930, κυρίως λόγω των θερμοδυναμικών τους ιδιοτήτων και της ασφάλειας στη χρήση τους. Η παραγωγή τους όμως στις αναπτυγμένες χώρες έχει περιορισθεί και έχει απαγορευθεί η τοποθέτησή τους στις νέες ψυκτικές/κλιματιστικές συσκευές. Αυτό συνέβη γιατί οι ουσίες αυτές όταν βρεθούν στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας διασπώνται και απελευθερώνουν χλώριο, το οποίο αντιδρά με το όζον (O_3) και το καταστρέφει.

Οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) π.χ. R-22 (CHClF_2), R-123 (CHCl_2CF_3) επίσης καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος, αλλά σε λιγότερο βαθμό από τους χλωροφθοράνθρακες (το R22 για παράδειγμα καταστρέφει το όζον της ατμόσφαιρας 20 φορές λιγότερο από το R12). Υπάρχουν περιορισμοί στη χρήση τους και έχει δρομολογηθεί η διαδικασία της σταδιακής αντικατάστασής τους, αλλά δεν έχει ακόμη διακοπεί η παραγωγή τους.

Οι υδροφθοράνθρακες (HFC) π.χ. R-32 (CH_2F_2), R-125 (CHF_2CF_3), R-134a (CH_2FCF_3) δεν καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος και έχουν πολλές από τις

επιθυμητές ιδιότητες των CFC και HCFC. Χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως ως υποκατάστατα των κλασικών ψυκτικών ρευστών. Έχουν όμως και αυτοί ένα μειονέκτημα. Εάν διαρρεύσουν στη ατμόσφαιρα, παραμένουν στα ανώτερα στρώματά της και παγιδεύουν την εκπεμπόμενη ακτινοβολία από τη γη (φαινόμενο του θερμοκηπίου). Για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ψυκτικών ρευστών, έχουν θεσπισθεί νόμοι καθώς και διαδικασίες για τη συλλογή, ανακύκλωση και αναγέννησή τους.

Τα ψυκτικά ρευστά τα οποία κυρίως χρησιμοποιούνται σήμερα σε ψυκτικές μονάδες, κλιματιστικές συσκευές και αντλίες θερμότητας είναι:

α) Το R-134a, το οποίο υποκαθιστά το R-12.

β) Το R-407a, το οποίο υποκαθιστά το R-22. Είναι μίγμα τριών ψυκτικών ρευστών (R-32, 23%, R-125, 25% και R134a, 52%), τα οποία είναι HFC και δεν συμβάλλουν στην τρύπα του όζοντος.

γ) Το R-410A, το οποίο επίσης υποκαθιστά το R-22. Είναι μίγμα δύο ψυκτικών ρευστών (R-32, 50% και R-125, 50%), τα οποία είναι HFC [6].

5.3 Κατηγορίες αντλιών θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας κατηγοριοποιούνται με βάση τα ακόλουθα στοιχεία:

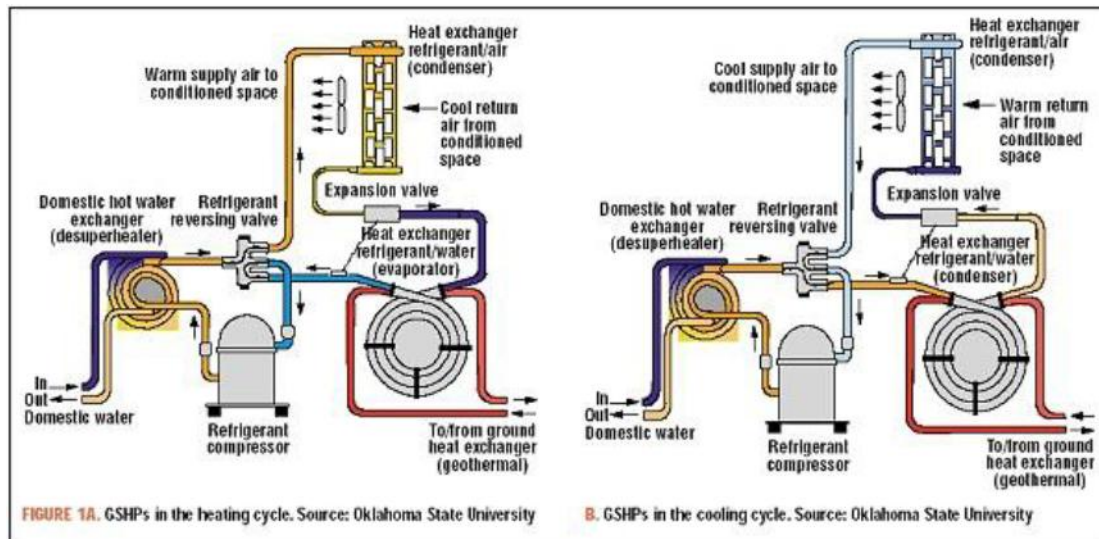
- i. Ανάλογα με το μέσο από το οποίο αντλείται η θερμότητα και στο μέσο με το οποίο αποβάλλεται θερμότητα:
 - Αντλίες θερμότητας αέρα – αέρα
 - Αντλίες θερμότητας αέρα – νερού
 - Αντλία θερμότητας νερού – νερού
 - Αντλία θερμότητας νερού – αέρα
 - Αντλία θερμότητας εδάφους – αέρα
 - Αντλία θερμότητας εδάφους – νερού

[6] Τ. Μαχαίρα, Α. Σιμούλη 2009. Θέρμηση θερμοκηπίου με χρήση γεωθερμίας.

- ii. Ανάλογα με το είδος της κινητήριας μηχανής:
 - Αντλίες θερμότητας με ηλεκτροκίνητους συμπιεστές
 - Αντλίες θερμότητας με συμπιεστές κινούμενους από μηχανές εσωτερικής καύσης
 - Αντλίες θερμότητας των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε τρίτη θερμική πηγή υψηλής θερμοκρασίας
- iii. Ανάλογα με τη θέση του συμπιεστή:
 - Ενιαίες με όλους τους μηχανισμούς σε κοινό κέλυφος (monobloc)
 - Διαιρούμενου τύπου (split)
- iv. Ανάλογα με τον τρόπο αναστροφής της λειτουργίας τους:
 - Σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Στην περίπτωση αυτή η ροή του εργαζόμενου μέσου είναι σταθερή και αλλάζει μόνο η θέση των μέσων προσαγωγής και απαγωγής θερμότητας.
 - Μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Στην περίπτωση αυτή έχουμε αναστροφή της ροής του ψυκτικού μέσου μέσω τρίοδης βαλβίδας.

5.4 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευές οι οποίες μεταφέρουν θερμότητα από μια πηγή χαμηλής θερμοκρασίας σε μια πηγή υψηλής θερμοκρασίας. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (αντλίες θερμότητας εδάφους – νερού και εδάφους – αέρα), ακολουθούν την αρχή λειτουργίας των συνήθων αντλιών θερμότητας με τη μόνη διαφορά στην επιλογή της ψυχρής πηγής, (στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να είναι το έδαφος, ή τα υπόγεια νερά). Οι πηγές αυτές διατηρούν σταθερή θερμοκρασία καθόλη τη διάρκεια του έτους με αποτέλεσμα ο συντελεστή συμπεριφοράς των αντλιών αυτών να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, γεγονός το οποίο οδηγεί στην εξοικονόμηση ενέργειας .



Σχήμα 5.1: Βασική δομή γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

5.4.1 Λειτουργία θέρμανσης

Το ψυκτικό ρευστό εισάγεται σε κατάσταση κορεσμένου ατμού στο συμπιεστή (compressor) ο οποίος το συμπιέζει μετατρέποντας το σε υπέρθερμο ατμό, υψηλής πίεσης.

Στη συνέχεια το ψυκτικό ρευστό στην κατάσταση του υπέρθερμου ατμού διέρχεται από τη τετράοδη βαλβίδα από την οποία οδηγείται στον συμπυκνωτή. Η θερμότητα που αποβάλλεται από τον συμπυκνωτή αξιοποιείται για τη θέρμανση του χώρου.

Κατόπιν το εργαζόμενο ρευστό σε υγρή μορφή, οδηγείται στην εκτονωτική βαλβίδα, υφίσταται στραγγαλισμό της πίεσης και μετά διέρχεται από τον εξατμιστή του θερμομεταφορικού ρευστού (το θερμομεταφορικό μέσο μπορεί να είναι νερό από γεώτρηση περίπτωση ανοικτού βρόχου ή κάποιο άλλο θερμομεταφορικό μέσο όπως διάλυμα γλυκόλης που κυκλοφορεί σε οριζόντιο ή κατακόρυφο εναλλάκτη στο έδαφος για απορρόφηση και μεταφορά θερμότητας περίπτωση κλειστού βρόχου). Κατά τη διέλευση του από τον εναλλάκτη (εξατμιστή) το εργαζόμενο μέσο απορροφά θερμότητα από το θερμομεταφορικό ρευστό. Στη συνέχεια εισάγεται στον συμπιεστή και ακολουθεί η παραπάνω διαδικασία από την αρχή.

5.4.2 Λειτουργία ψύξης

Το ψυκτικό ρευστό εισάγεται σε κατάσταση κορεσμένου ατμού στο συμπιεστή ο οποίος το συμπιέζει μετατρέποντάς το σε υπέρθερμο ατμό υψηλής πίεσης.

Στη συνέχεια το ψυκτικό ρευστό διέρχεται από τη τετράοδη βαλβίδα από την οποία οδηγείται στον συμπυκνωτή, (εναλλάκτη θερμομεταφορικού μέσο – ψυκτικού ρευστού). Για το θερμομεταφορικό μέσο ισχύει ότι περιγράφηκε και στην περίπτωση της θέρμανσης (παράγραφο 5.4.1). Κατά τη διέλευση του ψυκτικού ρευστού από το συγκεκριμένο εναλλάκτη (που λειτουργεί ως συμπυκνωτής), ένα μέρος της θερμότητας του αποβάλλεται στο θερμομεταφορικό μέσο οπότε το ψυκτικό ρευστό μεταβαίνει στη φάση του υγρού.

Μετά την έξοδο του από τον εναλλάκτη θερμότητας του θερμομεταφορικού μέσο το εργαζόμενο μέσο διέρχεται από την εκτονωτική βαλβίδα με αποτέλεσμα την μείωση της πίεσης του. Κατόπιν οδηγείται στον εξατμιστή απορροφώντας θερμότητα από το χώρο. Στη συνέχεια εισάγεται στον συμπιεστή και ακολουθείται η παραπάνω διαδικασία από την αρχή.

5.5 Κατηγορίες γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες :

- Γεωθερμικές αντλίες ανοικτού βρόγχου
- Γεωθερμικές αντλίες κλειστού βρόγχου

Οι παραπάνω δύο βασικές κατηγορίες χωρίζονται και σε υποκατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο απόρριψης του θερμομεταφορικού ρευστού στις γεωθερμικές αντλίες ανοικτού βρόγχου, ή της διάταξης του γεωεναλλάκτη στην δεύτερη κατηγορία.

5.5.1 Γεωθερμικές αντλίες ανοικτού βρόγχου

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας ανοικτού βρόγχου το νερό που χρησιμοποιούν ως θερμομεταφορικό ρευστό προέρχεται είτε από επιφανειακό είτε από υπόγειο ταμιευτήρα. Η ονομασία ανοικτός βρόχος αποδίδεται γιατί μετά την διέλευση του θερμομεταφορικού ρευστού από τον εναλλάκτη θερμότητας το ρευστό απορρίπτεται ελεύθερα στο περιβάλλον.

Στην κατηγορία αυτή αξιοποιείται το νερό το οποίο βρίσκεται σε υπόγειους ταμιευτήρες. Το πλέον συνηθισμένο σύστημα της κατηγορίας αυτής περιλαμβάνει

δύο φρεάτια σε ικανή απόσταση, από τα οποία το ένα χρησιμοποιείται για την άντληση νερού ενώ το δεύτερο για την απόρριψη.



Σχήμα 5.2: Χαρακτηριστική διάταξη γεωθερμικών αντλιών θερμότητας ανοικτού βρόχου

5.5.1.1 Θέματα ειδικού ενδιαφέροντος

Στη λειτουργία των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας ανοικτού βρόχου υπεισέρχονται ορισμένα ζητήματα τα οποία πρέπει να εξετάζονται διεξοδικά κατά την αξιολόγηση της σκοπιμότητάς τους [7].

5.5.1.1.1 Σημείο απόρριψης του νερού

Το πρόβλημα της επιφανειακής διάθεσης μπορεί να αποφευχθεί με την επανέγχυση των απορριπτόμενων νερών ή συμπυκνωμάτων πίσω στα έγκατα μέσω φρεάτων απόρριψης. Σε συστήματα ανοικτού βρόχου δύο φρεατίων μπορεί να παρατηρηθεί σταδιακή αύξηση της πίεσης πλευρικά του φρεατίου απόρριψης από την συνεχή τροφοδοσία του με νερό. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την αύξηση του μεγέθους του φρεατίου [Bloomquist, 1999]. Ένα ακόμη πρόβλημα είναι οι εναποθέσεις που σχηματίζονται στον πυθμένα των φρεατίων από φερτά υλικά. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την χρήση φίλτρων είτε με τον περιοδικό καθαρισμό του. Η απόθεση πυριτικού και ανθρακικών αλάτων μπορεί να προκαλέσει αποφράξεις στις σχισμές των πετρωμάτων, εάν δεν ικανοποιούνται οι κατάλληλες θερμοκρασιακές, χημικές και υδρολογικές συνθήκες στο βάθος απόρριψης [8].

[7],[8],[9]Ι. Παπαγεωργίου, 2010. Χρήση αντλίας θερμότητας για κλιματισμό χοιροστασίου.

5.5.1.1.2 Αντλία νερού

Οι αντλίες νερού που χρησιμοποιούνται για την άντληση νερού από τον ταμιευτήρα προς τον εναλλάκτη λειτουργούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα και σε ορισμένες περιπτώσεις σε δυσμενή περιβάλλοντα [Bloomquist, 1999]. Ο περιοδικός έλεγχός τους και η συντήρηση τους θεωρούνται επιβεβλημένες ενέργειες [9].

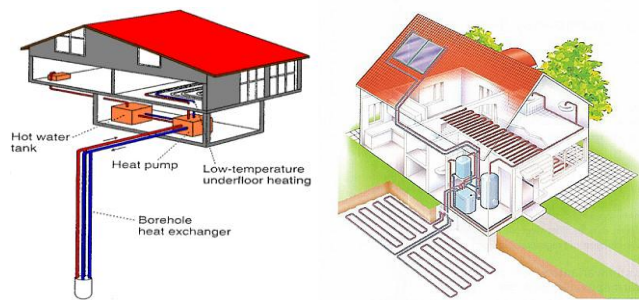
5.5.1.1.3 Ψύξη γεωθερμικού πεδίου

Το πρόβλημα της ψύξης του γεωθερμικού πεδίου μπορεί να παρατηρηθεί σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η θερμότητα που απάγεται από το έδαφος δεν αναπληρώνεται με ικανοποιητικό ρυθμό. Σε καταστάσεις όπως αυτές η θερμοκρασία στο τμήμα του εδάφους από το οποίο γίνεται η άντληση θερμότητας μειώνεται σταδιακά με αποτέλεσμα το έδαφος να παγώνει. Το φαινόμενο αυτό επιδρά αρνητικά στην απόδοση του συστήματος θέρμανσης. Τέτοιου είδους προβλήματα συναντώνται περισσότερο στα συστήματα που χρησιμοποιούν κατακόρυφους εναλλάκτες. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος χρησιμοποιούνται υλικά τα οποία εισάγονται στο έδαφος περιμετρικά των εναλλακτών με στόχο να ενισχύσουν τη θερμική του αγωγιμότητα και κατά συνέπεια να μεγιστοποιήσουν το ρυθμό αναπλήρωσης της θερμότητας στο έδαφος από την απώλεια που υφίστανται κατά την απαγωγή της από το σύστημα [10].

5.5.2 Γεωθερμικές αντλίες κλειστού βρόχου

Τα συστήματα κλειστού βρόχου αποτελούνται από ένα γεωεναλλάκτη θερμότητας ο οποίος αξιοποιεί το θερμικό δυναμικό του εδάφους. Στο γεωεναλλάκτη κυκλοφορεί το θερμομεταφορικό ρευστό το οποίο μπορεί να είναι νερό ή μίγμα νερού με γλυκόλη. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε κατακόρυφα και οριζόντια ανάλογα με τη διάταξη του εναλλάκτη.

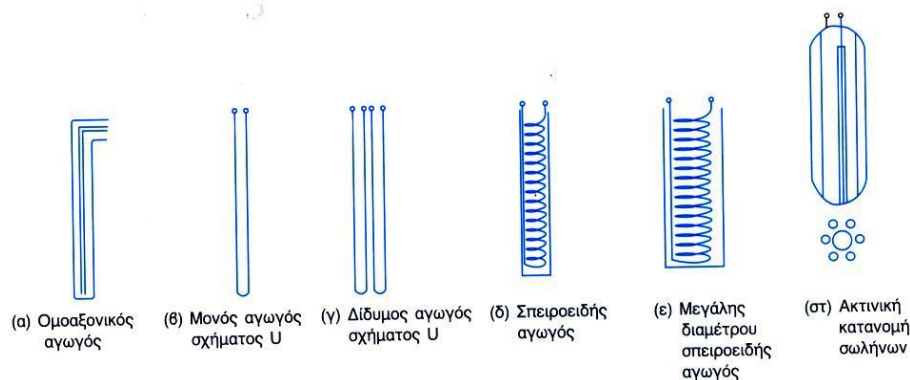
[9],[10] Ι. Παπαγεωργίου, 2010. Χρήση αντλίας θερμότητας για κλιματισμό χοιροστασίου.



Σχήμα 5.3: Χαρακτηριστική διάταξη γεωθερμικών αντλιών θερμότητας κλιστούν βρόχου

5.5.2.1 Κάθετη διάταξη

Τα συστήματα κάθετης διάταξης αποτελούνται από ένα ή περισσότερα ζεύγη σωληνώσεων διαμέτρου 20 – 40 mm από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας. Οι σωληνώσεις τοποθετούνται σε μια ή περισσότερες κατακόρυφες γεωτρήσεις μέγιστου βάθους 120 m. Οι γεωτρήσεις γεμίζονται στη συνέχεια από αδρανές υλικό. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι γεωτρήσεις πληρώνονται με υλικά τα οποία έχουν μεγάλη θερμική αγωγιμότητα για την διευκόλυνση της εναλλαγής θερμότητας μεταξύ της σωληνώσεως και του εδάφους. Τα ζεύγη των σωληνώσεων μπορεί να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν αγωγό σχήματος "U" σε σπειροειδή μορφή με σκοπό την αύξηση της επιφάνειας του εναλλάκτη.



Σχήμα 5.4: Τύποι εναλλακτών θερμότητας

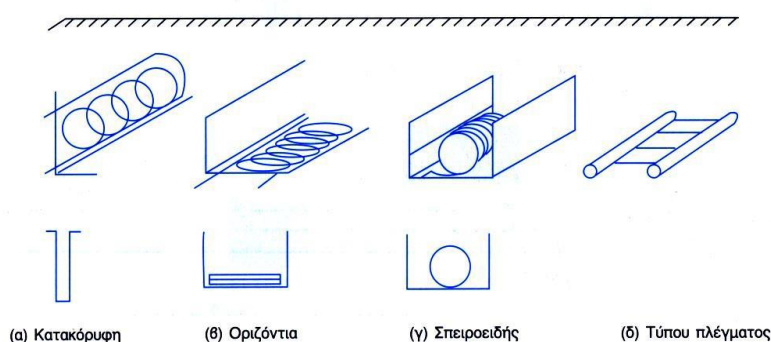
Το βάθος των γεωτρήσεων ποικίλλει από 15 – 100 μέτρα αναλόγως των συνθηκών, του κόστους και της εφαρμογής. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται περισσότερες από μια γεωτρήσεις οι αποστάσεις μεταξύ τους κυμαίνονται από 2 -3 μέτρα. Η μικρή απόσταση οφείλεται στην μικρή αλληλεπίδραση που υπάρχει μεταξύ

κάθε στήλης. Το γεγονός αυτό επιτρέπει πολλές φορές την ανάπτυξη μεγάλου αριθμού κάθετων σε περιορισμένη έκταση.

5.5.2.2 Οριζόντια διάταξη

Στα συστήματα οριζόντιας διάταξης χρησιμοποιούνται σωληνώσεις πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας που τοποθετούνται οριζοντίως σε μικρά βάθη 1 – 3 μέτρων και σε από την επιφάνεια του εδάφους (το βάθος του γεωεναλλάκτη μπορεί να ξεπεράσει τα 3 μέτρα εάν μας το επιβάλουν οι εδαφολογικές συνθήκες). Επίσης σε άλλες περιπτώσεις το βάθος του γεωεναλλάκτη μπορεί να είναι και 20 – 60 εκατοστά.

Το βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων οριζοντίου είναι το μικρότερο κόστος εγκατάστασης συγκρινόμενο με σύστημα κάθετης διάταξης . Μειονέκτημα είναι η μεγάλη επιφάνεια που απαιτείται.



Σχήμα 5.5: Τύποι εναλλακτών θερμότητας

5.5.2.3 Θέματα ειδικού ενδιαφέροντος

Όπως στα συστήματα ανοικτού βρόχου έτσι και στα αντίστοιχα συστήματα κλειστού βρόχου υπάρχουν ορισμένα ζητήματα τα οποία υπεισέρχονται στη λειτουργία τους [11].

[11]Ι. Παπαγεωργίου, 2010. Χρήση αντλίας θερμότητας για κλιματισμό χοιροστασίου.

5.5.2.3.1 Χαρακτηριστικά εδάφους

Τα χαρακτηριστικά του εδάφους στο χώρο που αναμένεται να εγκατασταθεί μια γεωθερμική αντλία κλειστού βρόχου είναι καθοριστικής σημασίας για την επιτυχή και κυρίως οικονομική λειτουργία του συστήματος. Το πρώτο στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν είναι το είδος του εδάφους. Οι βραχώδεις περιοχές παρουσιάζουν σημαντική δυσκολία στην εκσκαφή καθώς και στη διατήρηση της υγρασίας η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο. Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν είναι η κατανομή των θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του έτους στο υπεδάφιο χώρο εγκατάστασης του εναλλάκτη κλειστού βρόχου. Επιδίωξη είναι να τοποθετηθεί ο εναλλάκτης σε τέτοιο βάθος που να παρουσιάζει όσο το δυνατόν ηπιότερες θερμοκρασιακές αλλαγές μέσα στη διάρκεια του έτους. Ένα επιπλέον στοιχείο που πρέπει να εξετασθεί είναι το ποσοστό υγρασίας του εδάφους. Σε εδάφη με χαμηλή υγρασία ο συντελεστής συμπεριφοράς της αντλίας θα επηρεαστεί αρνητικά καθώς η εναλλαγή θερμότητας μέσω του εναλλάκτη δεν θα μπορεί να γίνει με ταχείς ρυθμούς. Αντιθέτως σε εδάφη κορεσμένα η ανταλλαγή θερμότητας είναι ευκολότερη. Σε περίπτωση που τα εδάφη είναι ξηρά απαιτείται η διαβροχή τους ώστε να υπάρχει το ανάλογο περιβάλλον που θα επιτρέπει ικανοποιητικούς ρυθμούς εναλλαγής θερμότητας. Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του εδάφους είναι η διεξαγωγή εργαστηριακών αναλύσεων σε δείγματα από την περιοχή που σχεδιάζεται εγκατάσταση ή η λήψη τιμών θερμοκρασίας για τη διάρκεια ενός τουλάχιστον τυπικού έτους. Μια τέτοια ενέργεια είναι ευκολότερη όταν πρόκειται για μικρά βάθη μέχρι 15 μέτρα. Σε περίπτωση που επιθυμούμε να γνωρίσουμε τα χαρακτηριστικά σε μεγάλα βάθη το κόστος λεπτομερών ελέγχων αναμένεται να είναι υψηλό. Ιδιαίτερη συμβολή μπορεί να προσφέρει η υφιστάμενη γεωλογική έρευνα που μπορεί να έχει γίνει στην περιοχή ενδιαφέροντος [12].

5.5.2.3.2 Διαστασιολόγηση κλειστού βρόχου

Η επιλογή του σχήματος, του μήκους και της διατομής του κλειστού βρόχου αποτελούν βασικά προβλήματα κατά τη μελέτη ενός συστήματος. Τα προβλήματα αυτά εξετάζονται παράλληλα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους με σκοπό να επιλέγουν οι άριστες διαστάσεις που θα επιτρέπουν την αποδοτική λειτουργία του συστήματος [13].

[12],[13] Ι. Παπαγεωργίου, 2010. Χρήση αντλίας θερμότητας για κλιματισμό χοιροστασίου.

5.5.2.3.3 Αστοχίες εναλλάκτη κλειστού βρόχου

Η αξιοπιστία του εναλλάκτη που αποτελεί τον κλειστό βρόχο παίζει με τη σειρά της καθοριστικό ρόλο στη σωστή λειτουργία του όλου συστήματος. Βασικό πρόβλημα στους εναλλάκτες κλειστού βρόχου αποτελούν οι διαρροές που εμφανίζονται συνήθως στις ενώσεις των τμημάτων των σωληνώσεων. Αιτία διαρροών μπορεί να είναι είτε η διαβρωτικότητα του εδάφους, είτε διάφορες κακοτεχνίες κατά την εγκατάσταση. Για την ενίσχυση της αξιοπιστίας απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός και ανάλυση όλων των πιθανών σεναρίων αστοχίας [14].

5.5.2.3.4 Ιδιότητες του υλικού του εναλλάκτη

Το υλικό κατασκευής του γεωθερμικού εναλλάκτη θερμότητας και θερμομεταφορικού μέσου θα πρέπει να επιλέγεται με βάση τη θερμική του αγωγιμότητα, την καταλληλότητα του για το εκάστοτε έδαφος στο οποίο θα τοποθετηθεί καθώς και με βάση τις μηχανικές του ιδιότητες και το κόστος του [15].

5.5.2.3.5 Επιλογή ρευστού του εναλλάκτη κλειστού βρόχου

Το ρευστό που χρησιμοποιείται στον εναλλάκτη των συστημάτων κλειστού βρόχου επιλέγεται ώστε να μπορεί να εναλλάσσει εύκολα θερμότητα με το έδαφος και κυρίως να μην παγώνει. Το πιο απλό μίγμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι άλμη (νερό κορεσμένο σε αλάτι). Συνήθως όμως χρησιμοποιούνται υγρά όπως διάλυμα αιθυλενογλυκόλης ή προπυλενογλυκόλης, με το ανάλογο σημείο πήξης. Χαρακτηριστικό αυτών των υγρών είναι το ότι το ιξώδες τους αυξάνεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες γεγονός το οποίο απαιτεί την κατανάλωση περισσότερου μηχανικού έργου από την αντλία που κινεί μέσα στον εναλλάκτη. Επιπλέον κριτήρια που υπεισέρχονται στην επιλογή του θερμομεταφορικού μέσου του εναλλάκτη είναι το κόστος τους και οι πιθανές περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις [16].

[14],[15],[16] Ι. Παπαγεωργίου, 2010. Χρήση αντλίας θερμότητας για κλιματισμό χοιροστασίου.

6. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αντλίας θερμότητας

6.1 Ανταγωνιστικότητα της γεωθερμικής ενέργειας

Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται εμπορικά σε μια κλίμακα εκατοντάδων MW για περισσότερο από τρεις δεκαετίες δεδομένου ότι διαθέτει διάφορα θετικά γνωρίσματα που την καθιστούν ανταγωνιστική προς τις συμβατικές πηγές ενέργειας και μερικές άλλες ΑΠΕ. Ειδικότερα:

- *Αποτελεί έναν τοπικό ενεργειακό πόρο που μπορεί να μειώσει τη ζήτηση για εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα.*
- *Έχει σημαντική θετική επίδραση στο περιβάλλον με την αντικατάσταση της καύσης των ορυκτών καυσίμων.*
- *Είναι αποδοτική και ανταγωνιστική με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.*
- *Οι γεωθερμικοί σταθμοί μπορούν να λειτουργούν συνεχώς, χωρίς εμπόδια που επιβάλλονται από τις καιρικές συνθήκες, αντίθετα από άλλες ΑΠΕ.*
- *Διαθέτει εγγενή ικανότητα αποθήκευσης και είναι καταλληλότερη για την κάλυψη της ζήτησης του φορτίου βάσης.*
- *Είναι μια αξιόπιστη και ασφαλής ενεργειακή πηγή που δεν απαιτεί αποθήκευση ή μεταφορά των καυσίμων.*

Επιπλέον, η νεότερη γενιά των γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής εκπέμπει μόνο 136 gr CO₂/kWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας κατά μέσο όρο, έναντι των 453 gr CO₂/kWh μιας μονάδας με καύσιμο φυσικό αέριο ή των 1042 gr CO₂/kWh από ένα θερμικό σταθμό άνθρακα. Αυτή τη στιγμή, οι ΑΠΕ με το μέγιστο δυναμικό και τις χαμηλότερες εκπομπές στην Ευρώπη, βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα, είναι η υδραυλική και η γεωθερμική ενέργεια. Ο συντελεστής διαθεσιμότητας της γεωθερμικής ενέργειας, δηλαδή το ποσοστό του χρόνου που μπορεί να παράγεται η ονομαστική ενέργεια, εξαρτάται από τη φύση της πηγής και κατά δεύτερο λόγο από τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού [1].

[1] Δ. Θύμιος, Ν. Κατινάς 2014. Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

6.2 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μια καθαρή μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, ιδιαίτερα όταν συγκρίνεται με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, με ελάχιστες έως μηδαμινές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευσή της. Ακόμη και όταν υπάρχουν κάποιες περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αυτές μπορούν πάντοτε να αντιμετωπισθούν με τη χρήση της τεχνολογίας. Τα κύρια πλεονεκτήματα της γεωθερμικής ενέργειας είναι:

- *Συνεχόμενη παροχή ενέργειας με υψηλό συντελεστή λειτουργίας.*
- *Μικρό λειτουργικό κόστος*
- *Δεν παράγει επικίνδυνα αέρια καύσης (CO₂, NO_x, SO₂ κ.λ.π.), ούτε σωματίδια, τέφρα ή καπνό.*
- *Συμβολή στην επίτευξη των στόχων της Ε.Ε. και του πρωτοκόλλου του Κιότο.*
- *Συμβολή στη μείωση της ενέργειας εξάρτησης μιας χώρας, με τον περιορισμό εισαγωγών ορυκτών καυσίμων.*
- *Προσφέρεται έτοιμη σαν θερμικό προϊόν.*
- *Αναπτύσσεται σε πεδινές περιοχές με άριστες συνθήκες αξιοποίησης στη σύγχρονη γεωργία, αγροτοβιομηχανία, ιχθυοκαλλιέργεια, αστικές και βιομηχανικές χρήσεις κ.λ.π.*

Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας συναντά ορισμένα βασικά προβλήματα τα οποία θα πρέπει να λυθούν ικανοποιητικά για την οικονομική εκμετάλλευσή αυτής της μορφής ενέργειας. Τα προβλήματα αυτά, που σχετίζονται άμεσα με την ιδιόζουσα χημική σύσταση των περισσότερων γεωθερμικών ρευστών:

- *Ο σχηματισμός επικαθίσεων σε κάθε επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το γεωθερμικό ρευστό.*
- *Η διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών.*
- *Εκπομπές τοξικών αερίων κυρίως υδρόθειο [2].*

[2] Δ. Θύμιος, Ν. Κατινάς 2014. Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

6.3 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη (24 ώρες τη μέρα, 365 μέρες το χρόνο) και ανεξάντλητη. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ) αξιοποιούν τις ιδιότητες θερμοεναλλαγής του νερού και την ήπια θερμοκρασία του εδάφους, η οποία παραμένει σχεδόν σταθερή όλο το χρόνο – ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες – και παρέχουν αποδοτική θέρμανση, κλιματισμό και ζεστό νερό χρήσης στα κτίρια. Η χρήση ΓΑΘ για θέρμανση και κλιματισμό έχει σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα από την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, 30% μικρότερο κόστος λειτουργίας από το καλύτερο αερόψυκτο σύστημα.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας:

- Αξίопιστη τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον χωρίς εκπομπές αέριων ρύπων.
- Άντληση δωρεάν ενέργειας από το υπέδαφος για θέρμανση και ψύξη, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.
- Εξοικονόμηση 75% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση και 40% για ψύξη.
- Μείωση των δαπανών του κτιρίου για θέρμανση και κλιματισμό από 25 – 75%.
- Χαμηλό κόστος συντήρησης.
- Απουσία θορύβου κατά την λειτουργία της εγκατάστασης.
- Απαιτείται μικρότερος χώρος για την εγκατάσταση του εξοπλισμού σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια σε σχέση με μία εγκατάσταση πετρελαίου ή φυσικού αερίου.
- Το 70 – 80% της ενέργειας παρέχεται από το περιβάλλον.
- Δεν απαιτείται δεξαμενή καυσίμου.
- Ένα μηχάνημα για δύο λειτουργίες (θέρμανση – ψύξη).
- Απουσία οσμών καυσαερίων.

Τα μειονεκτήματα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι:

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

6.4 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα γεωθερμικών εναλλακτών

Τα πλεονεκτήματα των γεωθερμικών εναλλακτών είναι τα εξής.

- Δεν αλλάζει η μορφολογία του εδάφους της περιοχής.
- Δεν υπάρχει περίπτωση της ψύξης του γεωθερμικού πεδίου.
- Δεν χρειάζεται υποβρύχια αντλία νερού.
- Δεν χρειάζεται γεώτρηση επαναισισαγωγής του γεωθερμικού ρευστού.
- Μικρότερο κόστος κατασκευής σε σύγκριση με γεωθερμία ανοικτού τύπου.

Τα μειονεκτήματα των γεωθερμικών εναλλακτών είναι τα εξής.

- Εφαρμογή σε μικρής κλίμακας project.
- Απαιτείται μεγάλη επιφάνεια στην περίπτωση οριζόντιας διάταξης.
- Πιθανώς να χρειαστεί μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων στην περίπτωση κάθετης διάταξης.

7 Ερευνητικό

7.1 Εισαγωγή – Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η εφαρμογή τριών συστημάτων ψύξης – θέρμανσης που χρησιμοποιούν γεωθερμικές αντλίες θερμότητας και καλούνται να υποστηρίξουν δύο μονοκατοικίες και ένα επαγγελματικό χώρο σε τρεις περιοχές της Ελλάδας. Οι περιοχές στις οποίες έγιναν οι εφαρμογές είναι η Θεσσαλονίκη, η Άρτα και η Κατερίνη.

7.2 Μεθοδολογία – Παραδοχές

Η μέθοδος που ακολουθείται για το σχεδιασμό του συστήματος περιλαμβάνει δύο βασικούς άξονες που έχουν ως εξής:

- i. Υπολογισμός θερμικών απωλειών του κτηρίου. Στη μελέτη αυτή λαμβάνεται υπ' όψιν η περιοχή στην οποία είναι κατασκευασμένο το εκάστοτε κτίριο (κλιματικά δεδομένα περιοχής), τα δομικά στοιχεία, οι μονώσεις και τα κουφώματα του.
- ii. Υπολογισμός διαστάσεων γεωεναλλάκτη.

Για την εκπόνηση του ερευνητικού μέρους ελήφθησαν υπ' όψιν μια σειρά παραδοχών τις οποίες παραθέτουμε παρακάτω:

- i. Οι δυσμενέστερες κλιματικά συνθήκες περιλαμβάνουν την ημέρα του έτους κατά την οποία το χειμώνα επικρατεί η μικρότερη μέση ελάχιστη θερμοκρασία.
- ii. Τα γεωθερμικά στοιχεία του εδάφους στο οποίο καλούμαστε να εγκαταστήσουμε τους αντίστοιχους γεωεναλλάκτες κάθε περιοχής λαμβάνονται από της μελέτες του ΚΑΠΕ.

Για την εκπόνηση του ερευνητικού μέρους χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω λογισμικά πακέτα:

- i. ADAPTMANAGER

Χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη των θερμικών απωλειών των κτηρίων.

ii. MS Excel

Το σύνολο των αλγεβρικών υπολογισμών πραγματοποιήθηκε σε υπολογιστικά φύλλα excel.

iii. AYTOCAD

Χρησιμοποιήθηκε για την χάραξη των κυκλωμάτων της ενδοδαπέδιας θέρμανσης.

7.2.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών

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)

7.2.1.1 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)

Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_o = k \times f \times (t_i - t_a) = \frac{F(t_i - t_a)}{1/k} \quad \text{σε W (ή Kcal/h)}$$

όπου:

Q_o : Απώλειες θερμότητας

F : Επιφάνεια του δομικού τμήματος m^2

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

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

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

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

β) Απώλειες λόγω προσανυξήσεων.

Οι προσανυξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

β1) προσανυξήση ZH την επίδραση του προσανατολισμού.

(ZH=-5 για N,NΔ,NA ZH=+5 για B,BΔ,BA και ZH=0 για Δ και Α)

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

β2.1) ZD για DIN77

Τιμή D

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

Πίνακας 7.1:

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

Επομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσανυξήσεις είναι:

$$Q_T = Q_o (1 + ZD + ZH) = Q_o \times Z$$

γ) Απώλειες αερισμού χώρου QL.

Οι απώλειες αερισμού QL υπολογίζονται εναλλακτικά:

γ1) από την σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό:

$$QL = V \times \rho \times c(t_i - t_a) \quad (\text{σε W})$$

όπου:

V: Όγκος εισερχομένου αέρα σε m³/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 χαραμιάδων (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός):

$$Q_L = \sum Q_{A_i}$$

όπου:

$$Q_{A_i} = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times ZG \quad \text{για κάθε άνοιγμα.}$$

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

α : Συντελεστής διείσδυσης αέρα

Σl : Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)

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

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

Δt : Διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς $^{\circ}\text{C}$)

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

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

$$Q_{\text{ολ}} = Q_T + Q_L$$

7.2.1.2 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 =Άνοιγμα, 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 συμπληρώνονται οι προσαυξήσεις και οι απώλειες αερισμού, με πλήρη ανάλυση.

7.2.2 Μελέτη ενδοδαπέδιας

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με το πρότυπο, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

- α) Πρότυπο EN 1264 2001
- β) Erlaeterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag
- γ) Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,
- δ) Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag
- ε) Θέρμανση δαπέδου με ζεστό νερό στα κτήρια, Μ. Παπαδόπουλος (ΤΕΕ)
- στ) Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό θερμάνσεων Garms/Pfeifer (ΤΕΕ)

7.2.2.1 Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών

α) Ακολουθείται η μέθοδος της μη σταθερής και ίδιας για όλα τα κυκλώματα Θερμοκρασιακής πτώσης του νερού, η οποία είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. Η εξισορρόπηση των τριβών στα κυκλώματα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ρυθμιστικών βαλβίδων.

β) Οι υπολογισμοί στα κυκλώματα γίνονται αναλυτικά με την βοήθεια των σχέσεων:

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

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

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{αριθμός Reynolds})$$

όπου:

Q: Παροχή σε m³/h

D: Εσωτερική διάμετρος σε m

V: Μέση ταχύτητα σε m/s

J: Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m

Δh: Απώλειες πίεσης σε m

L: Μήκος αγωγού σε m

λ: Συντελεστής τριβής

k: Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm

Re: Αριθμός Reynolds

ν: Ιξώδες νερού σε m²/sec

γ) Οι υπολογισμοί των μεγεθών των κυκλωμάτων δαπεδοθέρμανσης γίνονται με τη βοήθεια των σχέσεων

$$q_{fb} = \frac{Q_n}{A_{fb}}$$

$$t_{fb} = \left(\frac{q_{fb}}{a_{ges}} \right) + t_1$$

$$R_A = d_a + \left(\frac{2}{m} \times \operatorname{ar} \cosh z \right)$$

$$z = \frac{2}{3 \left(\frac{a_c}{k_c} \right) (t_{fb} - t_1) + 2K_b (t_1 - t_a) - (t_h - t_1)}$$

$$m = 0.45 \times \nu \frac{k_b + k_c}{\lambda_b} \times d_a$$

$$k_b = \frac{k_b}{k_b + k_c}$$

$$k_c = \frac{k_c}{k_b + k_c}$$

$$l = \frac{100}{R_A \times 100} \times A_{fb}$$

$$q_{des} = (t_h - t_a)k_b$$

όπου:

qfb: Πυκνότητα θερμορροής προς τα πάνω (W/m²)

Qn: Θερμικό φορτίο χωρίς απώλειες δαπέδου (W)

Afb: Επιφάνεια δαπέδου (m²)

tfb: Μέση θερμοκρασία επιφανείας δαπέδου (°C)

ages: Συντελεστής μετάβασης θερμότητας για θερμάνσεις επιφανειών (W /m² K)

l: Μήκος του σωλήνα στο κύκλωμα (m)

da: Διάμετρος σωλήνα (m)

ac: Συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την κάτω ακμή του σωλήνα έως την πάνω πλευρά του δαπέδου (W /m² K)

kc: Συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την πάνω ακμή του σωλήνα έως την πάνω πλευρά του δαπέδου (W /m² K)

kb: Συντελεστής μετάβασης θερμότητας από την κάτω ακμή του σωλήνα έως την κάτω πλευρά του δαπέδου (W /m² K)

ta: Θερμοκρασία χώρου κάτωθεν θερμαινομένου (°C)

th: Θερμοκρασία θερμαντικού μέσου (°C)

tl: Θερμοκρασία χώρου (°C)

λb: Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας του υλικού μεταξύ των σωλήνων (W/ m K)

RA: Απόσταση σωλήνων (m)

δ) Οι τριβές στα εξαρτήματα (γωνίες, ταφ, κρουνοί κλπ) κάθε κυκλώματος δικτύου υπολογίζονται με την σχέση:

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

όπου:

Σζ: Συνολική αντίσταση των εξαρτημάτων του κλάδου

ρ: Πυκνότητα νερού

7.2.2.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών στα κυκλώματα και τις κεντρικές στήλες παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα παρακάτω μεγέθη:

- Αριθμός Κυκλώματος
- Μήκος Σωλήνα Κυκλώματος (m)
- Συνολικό Μήκος (m)

- Φορτίο Κυκλώματος (Mcal/h ή w)
- Πτώση Θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)
- Παροχή Νερού (m^3/h)
- Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- Ταχύτητα Νερού (m/s)
- Τριβές Εξαρτημάτων (mYΣ)
- Στραγγαλισμός (mYΣ)
- Τριβές Σωληνώσεων (mYΣ)
- Ολική Τριβή (mYΣ)

α) Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε κύκλωμα κάποιας στήλης και συμβολίζεται με τον α/α της στήλης και του κυκλώματος, παρεμβάλλοντας τελεία "." (πχ. 1.2 σημαίνει στήλη 1, κύκλωμα 2).

β) Οι κεντρικές στήλες συμβολίζονται απλά με έναν α/α, πχ. 1 για την στήλη 1, 2 για την στήλη 2 κ.ο.κ.

γ) Τμήματα σωλήνων που συνδέουν δύο στήλες δίνονται με τους αριθμούς των στηλών παρεμβάλλοντας παύλα (-), πχ. 1-2.

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

- Χώρος που θερμαίνεται
- Φορτίο χώρου
- Επιφάνεια δαπέδου (m^2).
- Θερμοκρασία χώρου ($^{\circ}\text{C}$).
- Θερμοκρασία κάτω χώρου ($^{\circ}\text{C}$).
- Συντελεστής θερμοπερατότητας πάνω ($\text{w}/\text{m}^2\text{K}$)
- Συντελεστής θερμοπερατότητας κάτω ($\text{w}/\text{m}^2\text{K}$)
- Πυκνότητα θερμορροής (Mcal/hm^2)
- Θερμοκρασία επιφάνειας δαπέδου ($^{\circ}\text{C}$)
- Υπολοιπόμενη θερμική ισχύς (Mcal/h)
- Απόσταση σωλήνων RA (cm)

Πυκνότητα θερμορροής προς τα κάτω (Mcal/hm^2)

7.2.3 Διαστασιολόγηση γεωθερμικού εναλλάκτη

Η μελέτη για την κάλυψη των αναγκών ενός κτηρίου με γεωθερμική αντλία θερμότητας περιλαμβάνει σαν πρώτο βήμα τον υπολογισμό του απαιτούμενου βάθους των γεωτρήσεων που θα χρειαστούν (κάθετος εναλλάκτης) ή το μήκος των σωληνώσεων που θα απαιτηθούν (οριζόντιος εναλλάκτης). Οι εδαφολογικές ιδιότητες, δηλαδή η αγωγιμότητα και η θερμική διαχυτότητα πρέπει να προέλθουν είτε από μια δοκιμή στην περιοχή της εγκατάστασης είτε από μια ακριβή εκτίμηση. Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου βάθους και μήκους εφαρμόζεται η μεθοδολογία που προτείνει η ASHRAE (American Society of Heating , Refrigerating and Air Conditioning Engineers).

Αρχικά πρέπει να υπολογιστεί η μέση ετήσια ροή θερμότητας στο έδαφος:

$$Q_a = \frac{C_{fc} \times q_{lc} \times EFL_{hoursc} + C_{fh} \times q_{lh} \times EFL_{hoursh}}{T_a}$$

όπου:

q_{lc} : ψυκτικό φορτίο κτηρίου (Btu/h)

q_{lh} : θερμικό φορτίο κτηρίου (Btu/h)

EFL_{hoursc} : ισοδύναμες ώρες σε ολικό φορτίο ψύξης ετησίως

EFL_{hoursh} : ισοδύναμες ώρες σε ολικό φορτίο θέρμανσης ετησίως

c_{fc} : διορθωτικός συντελεστής που σχετίζεται με τον συντελεστή EER

c_{fh} : διορθωτικός συντελεστής που σχετίζεται με τον συντελεστή COP

T_a : το ετήσιο χρονικό διάστημα σε ώρες (8.760h)

Οι ισοδύναμες ώρες πλήρους φορτίου EFL_{hoursc} και EFL_{hoursh} μπορούν να περιγραφούν ως το ποσό ωρών που θα λειτουργούσε με πλήρες φορτίο ένα σύστημα σχεδιασμένο για το μέγιστο φορτίο θέρμανσης κατά τη διάρκεια ενός έτους. Υπολογίζεται:

$$EFL_{hoursc} = \frac{E_c}{q_{lc}} \quad \text{και} \quad EFL_{hoursh} = \frac{E_h}{q_{lh}}$$

όπου:

q_{lc} : ψυκτικό φορτίο κτηρίου (Btu/h)

q_{lh} : θερμικό φορτίο κτηρίου (Btu/h)

E_c : η ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε ψύξη

E_h : η ετήσια κατανάλωση ενέργειας σε θέρμανση

Οι διορθωτικοί συντελεστές c_{fc} και c_{fh} σχετίζονται με τους χαρακτηριστικούς συντελεστές EER και COP της αντλίας θερμότητας. Οι τιμές τους, βάση της μεθόδου της ASHRA, δίνονται παρακάτω.

EER	c_{fc}	COP	c_{fh}
11,00	1,31	3,00	0,75
13,00	1,26	3,50	0,77
15,00	1,23	4,00	0,80
17,00	1,20	4,50	0,82

Πίνακας 7.2: Διορθωτικοί συντελεστές

Η διάμετρος της σωλήνωσης έχει να κάνει με τη μεταφερόμενη ισχύ από το έδαφος προς τον θερμενόμενο χώρο. Η επιλογή της διαμέτρου είναι τέτοια, ώστε συναρτήσει της απαιτούμενης μεταφερόμενης παροχής εντός των σωληνώσεων, η ταχύτητα ροής να μην υπερβαίνει το $1 - 1,5 \text{ m/sec}$, ώστε να επιτυγχάνεται στρωτή ροή.

Η μεταφερόμενη θερμική ισχύς και η παροχή μάζας του εργαζόμενου μέσου σχετίζονται με τη σχέση:

$$q_{th} = \dot{m} \times C_v (t_{wo} - t_{wi})$$

όπου:

\dot{m} : η παροχή μάζας του νερού μέσα στη σωλήνωση

C_v : η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού ($4,184 \text{ KJoule/kg K}$)

t_{wi} : η θερμοκρασία εισόδου του νερού στο γεωθερμικό εναλλάκτη

t_{wo} : η θερμοκρασία εξόδου του νερού από το γεωθερμικό εναλλάκτη

Η παροχή όγκου υπολογίζεται:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

Η ταχύτητα ροής σχετίζεται με τη διατομή και τη διάμετρο της σωλήνωσης από τη σχέση:

$$u = \frac{4\dot{V}}{\pi \times D^2}$$

Από την ανωτέρω σχέση επιλέγεται η διάμετρος της σωλήνωσης ώστε η ταχύτητα ροής να μην υπερβαίνει το 1 – 1,5 m/sec.

Ο υπολογισμός του απαιτούμενου βάθους γεώτρησης γίνεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$L_h = \frac{q_a \times R_{ga} + (c_{fh} \times q_{ih}) \times (R_b + PLF_m \times R_{gm} + R_{gd} \times F_{sc})}{t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p}$$

όπου:

R_{ga} : ισοδύναμη θερμική αντίσταση εδάφους για ετήσιο παλμό (h ft °F/Btu)

R_{gm} : ισοδύναμη θερμική αντίσταση εδάφους για μηνιαίο παλμό (h ft °F/Btu)

R_{gd} : ισοδύναμη θερμική αντίσταση εδάφους για ημερήσιο παλμό (h ft °F/Btu)

R_b : θερμική αντίσταση σωλήνωσης γεώτρησης (h ft °F/Btu)

PLF_m : ο μηνιαίος συντελεστής μερικού φορτίου

F_{sc} : ο συντελεστής θερμικών απωλειών του κυκλώματος των σωληνώσεων

t_g : θερμοκρασία εδάφους (°F)

t_{wi} : η θερμοκρασία εισόδου του υγρού στη γεωθερμική αντλία (°F)

t_{wo} : η θερμοκρασία εξόδου του υγρού στη γεωθερμική αντλία (°F)

t_p : διορθωτικός συντελεστής για τη θερμοκρασία εδάφους λόγω της παρεμβολής παρακείμενων σωληνώσεων (°F)

$$R_{ga} = \frac{G_f - G_1}{k_g}, \quad R_{gm} = \frac{G_1 - G_2}{k_g} \quad \text{καί} \quad R_{gd} = \frac{G_2}{k_g}$$

όπου:

k_g : η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους (Btu / h ft °F)

G_1, G_2, G_f : συντελεστές που δίνονται από τη σχέση $G_i = 0,0769 \times \ln F_{oi} + 0,0901$

F_{oi} , (i=1, 2, f): αδιάστατοι αριθμοί Fourier

Ο αδιάστατος αριθμός Fourier σχετίζεται με τις θερμικές ιδιότητες του εδάφους, δίνεται από τη σχέση:

$$F_o = \frac{4a_g \times \tau}{d^2}$$

όπου:

a_g : η θερμική διαχυτότητα του εδάφους (ft²/ημέρα)

τ : χρονικός παλμός επίδρασης της θερμοκρασίας του εδάφους από γεωθερμικό εναλλάκτη (ημέρες)

d: η εσωτερική διάμετρος της σωλήνωσης του εναλλάκτη (ft)

Η θερμική αγωγιμότητα και η θερμική διαχυτότητα του εδάφους δίνεται από πίνακες.

Η θερμοκρασία του εδάφους δεν μένει σταθερή. Για τους οριζόντιους βρόχους, όπου ο σωλήνας είναι κοντά στην επιφάνεια, η επίγεια θερμοκρασία αλλάζει εποχιακά. Ο γεωθερμικός εναλλάκτης επηρεάζει τη θερμοκρασία του εδάφους ως εξής:

- *Μακροπρόθεσμη επίδραση: Αυτή είναι η αλλαγή στην επίγεια θερμοκρασία κατά τη διάρκεια πολλών ετών. Για παράδειγμα, η επίγεια θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί κατά 6 °F σε 10 έτη λόγω της θερμότητας που προστίθεται από τον εναλλάκτη.*
- *Ετήσια επίδραση. Κατά τη διάρκεια ενός έτους, το φορτίο θερμότητας σε ένα τομέα γεώτρησης θα αλλάξει και αυτό θα έχει επιπτώσεις στην επίγεια θερμοκρασία σε μηνιαία βάση.*
- *Βραχυπρόθεσμη επίδραση. Το πραγματικό ωριαίο φορτίο έχει επίσης επιπτώσεις στη δυνατότητα του τομέα των γεωτρήσεων να διαλύσει τη θερμότητα. Έτσι η επίγεια θερμοκρασία θα αλλάξει με το ωριαίο φορτίο.*

Επομένως οι τρεις αυτές χρονικές επιδράσεις πρέπει να υπολογιστούν, ώστε να ληφθούν υπ' όψη οι μακροπρόθεσμες αλλαγές θερμότητας στο χώμα που μπορούν να προκύψουν κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος και να βρεθεί έτσι επακριβώς το απαραίτητο μήκος σωλήνων. Έτσι εισάγονται οι τιμές αντίστασης R_{ga} (ετήσια), R_{gm} (μηνιαία) και R_{gd} (καθημερινή), που είναι υπολογισμένες με βάση τρεις διαφορετικούς παλμούς. Δεκαετής παλμός των 3.650 ημερών, μηνιαίο παλμό των 30 ημερών και δωρο παλμό του 25% της ημέρας. Οι τρεις αυτοί χρόνοι ορίζονται ως εξής:

- $T_1=3.650$ ημέρες
- $T_2= 3.650+30=3.680$ ημέρες
- $T_3=3.650+30+0,25=3.680,25$ ημέρες

Ο υπολογισμός του αριθμού Fourier για κάθε παλμό γίνεται:

$$F_{o1} = \frac{4a_g(\tau_f - \tau_1)}{d^2}, \quad F_{o2} = \frac{4a_g(\tau_f - \tau_2)}{d^2} \quad \text{και} \quad F_{of} = \frac{4a_g \times \tau_f}{d^2}$$

Ο μηνιαίος συντελεστής μερικού φορτίου εκφράζει το ποσοστό λειτουργίας της εγκατάστασης ως προς ισχύ και χρόνο, σε σχέση με τη διαρκή λειτουργία της σε ονομαστικό φορτίο.

Η θερμική αντίσταση της σωλήνωσης και της γεώτρησης είναι συνάρτηση αφενός του υλικού και του πάχους της σωλήνωσης και αφετέρου του υλικού πλήρωσης της γεώτρησης. Εκφράζει την αντίσταση στη μεταφορά θερμότητας από το ρευστό εντός του εναλλάκτη προς το έδαφος, διαμέσου της σωλήνωσης και της γεώτρησης (ο υπολογισμός της θερμικής αντίστασης σωλήνωσης – γεώτρησης γίνεται από πίνακες).

Ο συντελεστής θερμικών απωλειών του κυκλώματος των σωληνώσεων που εκφράζει τη θερμότητα που χάνεται μεταξύ των παρακείμενων σωληνώσεων στην ίδια γεώτρηση υπολογίζεται βάση πινάκων.

Η θερμοκρασία του εδάφους είναι ισχυρά εξαρτώμενη από τη γεωγραφική περιοχή της μελέτης. Έχει διαπιστωθεί ότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη θερμοκρασία σε μικρό σχετικά βάθος, συνήθως μέχρι τα 5 μέτρα, ενώ έχουν μηδενική επίδραση κάτω των 31 μέτρων. Η μεταβολή της θερμοκρασίας στα 2 μέτρα βάθος από την επιφάνεια του εδάφους δεν μεταβάλλεται περισσότερο από $\pm 2^{\circ}\text{C}$ κατά τη διάρκεια του έτους. Όλα αυτά εξαρτώνται βέβαια και από τις θερμοφυσικές ιδιότητες του υλικού του υπεδάφους.

Οι θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου του υγρού στο γεωθερμικό εναλλάκτη εξαρτώνται από τη ρύθμιση της αντλίας θερμότητας και από τη θερμοκρασία του εδάφους [1].

7.2.4 Υπολογισμός θερμοενεργειακού φορτίου γεώτρησης

Ο υπολογισμός του θερμοενεργειακού φορτίου της γεώτρησης γίνεται με δύο τρόπους.

Α΄ Τρόπος

$$Q = q \cdot \rho \cdot C_p \cdot T$$

Όπου:

q: η παροχή του ρευστού (m^3/h)

ρ : η πυκνότητα του ρευστού ($\rho = 994,1 \text{ kg/m}^3$)

C_p : ειδική θερμοχωρητικότητα του ρευστού (λαμβάνεται ως $4,177 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$).

T: διαφορά θερμοκρασιών εισόδου και απόρριψης νερού

[1] Κατσαπράκης Δημήτρης, 2014. Διαστασιολόγηση γεωθερμικού εναλλάκτη

B' Τρόπος

Η εγκαταστημένη ισχύς της μονάδας υπολογίζεται απ' ευθείας σε MWt από τη σχέση:

Εγκαταστημένη ισχύς = $m \cdot (T_i - T_{out}) \cdot 0.004184$ όπου

m: η μέγιστη παροχή γεωθερμικού νερού (kg/sec)

T_i: η θερμοκρασία εισόδου του γεωθερμικού νερού στη μονάδα (°C)

T_{out}: η θερμοκρασία απόρριψης του γεωθερμικού νερού (°C).

Υποβρύχια Αντλία

Για την επιλογή υποβρύχιας αντλίας πρέπει να ληφθούν υπόψη οι εξής παράγοντες:

- α) Η διάμετρος της αντλίας πρέπει να είναι μικρότερη από αυτή της γεώτρησης.
- β) Η παροχή της αντλίας πρέπει να είναι ίση με αυτή της γεώτρησης.
- γ) Η ισχύς της αντλίας πρέπει να ισούται με το άθροισμα της ισχύος που απαιτείται για την άντληση του γεωθερμικού ρευστού μέχρι την επιφάνεια της γης και την προσαγωγή του στον χώρο θέρμανσης.

7.2.5 Διαστασιολόγηση δοχείου διαστολής

Το δοχείο διαστολής χρησιμοποιείται σε ένα κλειστό σύστημα θέρμανσης για την παραλαβή του όγκου του νερού από την θερμική διαστολή κατά τη μετάδοση θερμότητας στο ρευστό, όπως και για την εξουδετέρωση του επιβλαβές για το σύστημα θέρμανσης «πλήγμα πίεσης» (που εμφανίζεται όταν η ροή του ρευστού σε έναν σωλήνα σταματήσει ξαφνικά απ' το κλείσιμο μιας βάνας). Το κλειστό δοχείο διαστολής έχει μεταλλικό εξωτερικό περίβλημα, μια ελαστική μεμβράνη στο εσωτερικό του και συνδέεται στο υδραυλικό κύκλωμα της θέρμανσης. Ο μισός όγκος του δοχείου είναι γεμάτος με νερό, ενώ ο υπόλοιπος (όγκος) είναι γεμάτος με αέρα. Τα δύο αυτά ρευστά χωρίζονται από την μεμβράνη που υπάρχει στο εσωτερικό του δοχείου. Η μεμβράνη τεντώνεται όταν ο όγκος του νερού αυξάνεται κατά την λειτουργία της θέρμανσης. Αυτή η επιμήκυνση εξισορροπείται από τον αέρα που γεμίζει τον εσωτερικό χώρο μεταξύ μεταλλικού τοιχώματος και μεμβράνης. Μετά τη

διαστολή του νερού στο κύκλωμα, ο αέρας ο οποίος έχει συμπιεσθεί ωθεί το νερό στο πρωτεύον κύκλωμα.

Η εξίσωση για τον υπολογισμό του ελάχιστου όγκου του δοχείου διαστολής είναι:

$$V_{VASO} = \frac{n}{1 - \frac{(P_i+1)}{(P_f+1)}}$$

Όπου:

V_{VASO} : ο όγκος του δοχείου διαστολής (lit)

P_f : η μέγιστη πίεση λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης (bar)

P_i : η πίεση του συστήματος θέρμανσης σε κατάσταση ηρεμίας (bar)

n : εσωτερικός όγκος του δοχείου ο οποίος υπολογίζεται:

$$n = e * C$$

Όπου:

e : ο συντελεστής διαστολής του νερού (ο οποίος εξαρτάται από την μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος και δίδεται στον παρακάτω πίνακα)

C : η συνολική χωρητικότητα του συστήματος (η οποία υπολογίζεται συνήθως με 15 lit για κάθε 1.000 Kcal/h ισχύος του συστήματος θέρμανσης).

Θερμοκρασία νερού	Συντελεστής διαστολής
0	0,00013
10	0,00025
20	0,00175
30	0,00426
40	0,00782
50	0,01207
55	0,01450
60	0,01704
65	0,01980
70	0,02269
75	0,02580
80	0,02899
85	0,03240
90	0,03590
95	0,03960
100	0,04343

Πίνακας 7.3: συντελεστής διαστολής του νερού

7.2.6 Τρόπος σύνδεσης και διαστασιολόγηση δοχείου αδρανείας

Η χρήση δοχείου αδρανείας σε ένα σύστημα θέρμανσης μειώνει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του νερού προσαγωγής προς τις εσωτερικές μονάδες του συστήματος (θερμαντικά σώματα, ενδοδαπέδια θέρμανση ή μονάδες fan coils) με αποτέλεσμα την γρηγορότερη θέρμανση του χώρου (σπιτιού, καταστήματος, ξενοδοχείου κ.α.). Επίσης, με την χρήση δοχείου αδρανείας επιτυγχάνεται η συντήρηση της θερμοκρασίας επιστροφών προς τις μονάδες θέρμανσης (αντλίες θερμότητας, λέβητες κ.α) με αποτέλεσμα την οικονομικότερη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης. Ακόμη είναι δυνατόν το δοχείο αδρανείας να παίζει τον ρόλο του «υδραυλικού διαχωριστή» για την εξασφάλιση της ανεξαρτησίας του φορτίου λειτουργίας της μονάδας θέρμανσης και του συστήματος διανομής.

Η σύνδεση του δοχείου αδρανείας με την μονάδα θέρμανσης και τις εσωτερικές μονάδες μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους.

- Το δοχείο συνδέεται σε σειρά με την γραμμή επιστροφών του νερού στην μονάδα θέρμανσης. Αυτή είναι η συνηθέστερη λύση για την ελαχιστοποίηση της διακυμάνσης της θερμοκρασίας των επιστρεφόμενων νερών στην μονάδα θέρμανσης και για τον περιορισμό των ωρών λειτουργίας του συμπιεστή.
- Το δοχείο συνδέεται σε σειρά με την γραμμή εξόδου του νερού από την μονάδα θέρμανσης. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η μείωση της διακυμάνσης της θερμοκρασίας στο σύστημα των εσωτερικών μονάδων.
- Το δοχείο συνδέεται παράλληλα με την μονάδα θέρμανσης και τις εσωτερικές μονάδες.

Ο τρόπος υπολογισμού του μεγέθους του δοχείου αδρανείας εξαρτάται από την μονάδα θέρμανσης. Στην περίπτωση της αντλίας θερμότητας (αέρα νερού ή νερού νερού) ο υπολογισμός του όγκου του δοχείου αδρανείας γίνεται:

$$V = (P_w * 19) - V_p$$

Όπου:

V: όγκος του δοχείου αδρανείας (lit)

P_w: ισχύς της αντλίας θερμότητας (kW)

V_p : όγκος νερού σε δίκτυο σωληνώσεων (lit)

7.3 Μονοκατοικία στη Θεσσαλονίκη

Στην Θεσσαλονίκη κοντά στο αεροδρόμιο και την Αμερικάνικη γεωργική σχολή εγκαταστάθηκε γεωθερμική αντλία θερμότητας για την θέρμανση και ψύξη του σπιτιού. Πρόκειται για μία διόροφη μονοκατοικία εμβαδού 360 τ.μ. στην αυλή της οποίας κατασκευάστηκε γεωθερμικός εναλλάκτης κλειστού τύπου κάθετης διάταξης. Προτιμήθηκε η γεωθερμία κλειστού τύπου λόγω του νομοθετικού πλαισίου που ισχύει στην Ελλάδα, προτιμήθηκε η κάθετη διάταξη του γεωθερμικού εναλλάκτη για την αξιοποίηση της θερμοκρασίας του εδάφους της περιοχής και κατ' επέκταση της μείωσης του κόστους θέρμανσης και ψύξης της οικίας.

7.3.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών

Με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος ADAPTMANAGER της εταιρίας 4M έγινε η μελέτη θερμικών απωλειών του κτηρίου. Η μελέτη θερμικών απωλειών έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία και τις παραδοχές που περιγράφονται στην παράγραφο 7.2.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία του κτιρίου που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης θερμικών απωλειών.

Πόλη	Θεσσαλονίκη
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	-7
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου (1-15)	3
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	2
Μεθοδολογία Υπολογισμού	EN 12831
Σύστημα Μονάδων	Watt

Πίνακας 7.4: Στοιχεία κτιρίου

Τα αποτελέσματα της μελέτης θερμικών απωλειών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (Στο παράρτημα υπάρχουν αναλυτικοί πίνακες με την μελέτη θερμικών απωλειών όλων των χώρων του σπιτιού).

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ (Watt)		
α/α	Θερμαινόμενος χώρος	Θερμικές απώλειες
Επίπεδο : Ισόγειο		
1	Χολ - Καθιστικό - Τραπεζαρία	12.309
2	Καθιστικό - Κουζίνα	3.106
3	Δωμάτιο	1.490
4	Λουτρό	548
5	Γραφείο	1.376
6	Wc	492
7	Βοηθητικός χώρος	0
8	Διάδρομος	490
9	Σκάλα	2.435
Άθροισμα Απωλειών Επιπέδου		22.247
Επίπεδο : Όροφος		
1	Δωμάτιο 1	1.713
2	Δωμάτιο 2	1.447
3	Δωμάτιο 3	1.906
4	Γκαρνταρόμπα	555
5	Λουτρό 1	2.018
6	Βοηθητικός χώρος	782
7	Λουτρό 2	666
8	Διάδρομος	204
Άθροισμα Απωλειών Επιπέδου		9.291
Άθροισμα Απωλειών Κτηρίου		31.538
Συνολικές Απώλειες Κτηρίου		35.768

Πίνακας 7.5: Αποτελέσματα μελέτης θερμικών απωλειών

Είδος Επιφανείας	Προσανατολισμός	Γενιόζων χώρος	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m²)	Αριθ. Επιφαν.	Συνολ. Επιφαν. (m²)	Αφαιρ. Επιφαν. (m²)	Επιφαν. Υπολ. (m²)	Συντελ. k (Watt/m²K)	Θερμ. νερικού χώρου (°C)	Συντελ. αέρος (Watt/m²K)	Καθ. Απώλ. (Watt)
1	T2	N	ΕΠ		15.9	4.5	71.55	1	71.55	15.84	55.71	0.52		1.000	898.0
2	A6	N	ΕΠ	α	3	2.2	6.60	2	13.20	13.20	3.72			1.000	1522
3	A9	N	ΕΠ	α	1.2	2.2	2.64	1	2.64	2.64	3.49			1.000	285.6
4	T2	A	ΕΠ		5	5	25.00	1	25.00	15.30	9.70	0.52		1.000	156.4
5	A4	A	ΕΠ	α	1.5	5.8	8.70	1	8.70		8.70	3.72		1.000	1003
6	A5	A	ΕΠ	α	1.5	4.4	6.60	1	6.60	6.60	3.72			1.000	761.1
7	T2	B	ΕΠ		2.9	6	17.40	1	17.40	2.50	14.90	0.52		1.000	240.2
8	A11	B	ΕΠ	α	1	2.5	2.50	1	2.50		2.50	5.82		1.000	451.1
9	E1	E	ΧΔΘ		10.1	6	60.60	1	60.60	60.60	1.74	20		0.000	
10	T2	B	ΕΠ		2.9	6	17.40	1	17.40	5.80	11.60	0.52		1.000	187.0
11	A13	B	ΕΠ	α	1	5.8	5.80	1	5.80		5.80	3.72		1.000	668.9
12	T2	Δ	ΕΠ		5	5	25.00	1	25.00	14.79	10.21	0.52		1.000	164.6
13	A7	Δ	ΕΠ	α	1.45	4.4	6.38	1	6.38		6.38	3.72		1.000	735.7
14	A8	Δ	ΕΠ	α	1.45	5.8	8.41	1	8.41		8.41	3.72		1.000	969.8

Σχήμα 7.1: Πρόγραμμα υπολογισμού θερμικών απωλειών

Για την κάλυψη των θερμικών απωλειών του σπιτιού κατασκευάστηκε ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανση η μελέτη του οποίου παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο.

7.3.2 Μελέτη ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος ADAPTMANAGER της εταιρίας 4M έγινε η μελέτη ενδοδαπέδιας του κτιρίου. Η μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία και τις παραδοχές που περιγράφονται στην παράγραφο 7.2.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία των σωληνώσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης θερμικών απωλειών.

Θερμοκρασία Νερού Προσαγωγής (°C)	45
Τύπος Σωλήνων Κεντρικής Στήλης	Ευθύγραμμοι γυμνοί Χαλκοσωλήνες TALOS
Τραχύτητα Σωλήνων Κεντρικής Στήλης (μm)	1.5
Τύπος Σωλήνων Κυκλωμάτων	Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο με φραγή οξυγόνου
Τραχύτητα Σωλήνων Κυκλωμάτων (μm)	6
Απόσταση Σωλήνων στα Κυκλώματα RA (cm)	15
Σζ Εξαρτημάτων Κεντρικών Σωλήνων	1.5
Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου	3
Σύστημα Μονάδων	KWatt
Γεωδαιτικό ύψος κτιρίου σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας	0
Αναλυτικός υπολογισμός περιεχόμενου νερού	1

Πίνακας 7.6: Στοιχεία Δικτύου

Τα αποτελέσματα της μελέτης ενδοδαπέδιας παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες

Χολ - Καθιστικό - Τραπεζαρία

Αριθμός Κυκλ.	Θερμ. Χώρος	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Επιφάνεια Δαπέδου m ²	Θερμοκρ. Χώρου °C	Θερμ.Χ. Κάτ.Θερμ. °C	Συντ.Θερμ. Αντ. πρ.Πάνω m ² K/W	Συντ.Θερμ. ρ. πρ.Κάτω W/m ² K	Πυκν. Θ/ροής (Mcal/h/m ²)	Μέση Θ. Επ.Δαπ. °C	Υπολ. Θερμ.Ισχ. (KWatt)	Απόστ. Σωλ. RA cm	Πυκν.Θ. Πρ.Κάτω (KWatt/m ²)
1.101	2.1	0.385	3.4	20	20	0.02	0.45	0.113	30.26	0.076	7.5	0.004
1.102	2.1	0.375	3.6	20	20	0.02	0.45	0.104	29.54	0.048	7.5	0.004
1.103	2.1	12.31	3.65	20	20	0.02	0.45	3.373	353.9	11.98	7.5	0.004
1.104	2.1	0.425	4.1	20	20	0.02	0.45	0.104	29.50	0.052	7.5	0.004
1.105	2.1	0.445	4.2	20	20	0.02	0.45	0.106	29.68	0.063	7.5	0.004
1.106	2.1	0.445	5.9	20	20	0.02	0.45	0.075	27.19		7.5	0.003
1.107	2.1	0.425	4.1	20	20	0.02	0.45	0.104	29.50	0.052	7.5	0.004
1.108	2.1	0.445	2.4	20	20	0.02	0.45	0.185	35.85	0.227	7.5	0.004
1.109	2.1	0.445	4.6	20	20	0.02	0.45	0.097	28.95		7.5	0.004
1.110	2.1	0.385	4	20	20	0.02	0.45	0.096	28.91		7.5	0.004
1.111	2.1	0.395	4.1	20	20	0.02	0.45	0.096	28.92		7.5	0.004
1.112	2.1	0.385	4	20	20	0.02	0.45	0.096	28.91		7.5	0.004
1.113	2.1	0.465	4.5	20	20	0.02	0.45	0.103	29.48	0.056	7.5	0.004
1.114	2.1	0.465	4.8	20	20	0.02	0.45	0.097	28.96		7.5	0.004
1.115	2.1	0.445	4.8	20	20	0.02	0.45	0.093	28.62		7.5	0.004
1.116	2.1	0.465	3.48	20	20	0.02	0.45	0.134	31.90	0.149	7.5	0.004
1.117	2.1	0.465	2.7	20	20	0.02	0.45	0.172	34.87	0.220	7.5	0.004
1.118	2.1	0.445	3.78	20	20	0.02	0.45	0.118	30.63	0.101	7.5	0.004

Πίνακας 7.7: Υπολογισμοί Μεγεθών Κυκλωμάτων Ενδοδαπέδιας Κεντρικής Θέρμανσης

Ισόγειο

Αριθμός Κυκλ.	Θερμ. Χώρος	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Επιφάνεια Δαπέδου m ²	Θερμοκρ. Χώρου °C	Θερμ.Χ. Κάτ.Θερμ. °C	Συντ.Θερμ. Αντ. πρ.Πάνω m ² K/W	Συντ.Θερμ. ρ. πρ.Κάτω W/m ² K	Πυκν. Θ/ροής (Mcal/h/m ²)	Μέση Θ. Επ.Δαπ. °C	Υπολ. Θερμ.Ισχ. (KWatt)	Απόστ. Σωλ. RA cm	Πυκν.Θ. Πρ.Κάτω (KWatt/m ²)
2.201	2.2	0.385	3.4	20	20	0.02	0.45	0.113	30.26	0.076	7.5	0.004
2.202	2.2	0.385	4	20	20	0.02	0.45	0.096	28.91		7.5	0.004
2.203	2.2	1.1	8.26	20	20	0.02	0.45	0.133	31.87	0.349	15	0.004
2.204	2.2	1.1	11.8	20	20	0.02	0.45	0.093	28.66		15	0.004
2.205	2.2	0.105	5.1	20	20	0.02	0.45	0.021	22.15		15	0.001
2.206	2.2	0.3	3.2	20	20	0.02	0.45	0.094	28.71		15	0.004
2.301	2.3	0.515	5.45	20	20	0.02	0.45	0.094	28.77		7.5	0.004
2.302	2.3	0.75	7.8	20	20	0.02	0.45	0.096	28.90		15	0.004
2.303	2.3	0.6	5.3	20	20	0.02	0.45	0.113	30.26	0.118	15	0.004
2.304	2.3	0.2	2.1	20	20	0.02	0.45	0.095	28.83		15	0.004
2.401	2.4	0.581	2.47	20	20	0.02	0.45	0.235	39.40	0.257	7.5	0.006
2.501	2.5	0.67	6.9	20	20	0.02	0.45	0.097	28.98		15	0.004
2.502	2.5	0.645	5.9	20	20	0.02	0.45	0.109	29.95	0.109	15	0.004
2.601	2.6	0.512	2.34	20	20	0.02	0.45	0.219	38.25	0.205	7.5	0.006
2.701	2.7	0.27	2.86	20	20	0.02	0.45	0.094	28.76		15	0.004
2.801	2.8	0.595	7	20	20	0.02	0.45	0.085	27.99		15	0.004
2.802	2.8	0.4	3.8	20	20	0.02	0.45	0.105	29.63	0.055	15	0.004
2.901	2.9	0.57	5.88	20	20	0.02	0.45	0.097	28.96		7.5	0.004
2.902	2.9	0.45	4.68	20	20	0.02	0.45	0.096	28.90		15	0.004

Πίνακας 7.8: Υπολογισμοί Μεγεθών Κυκλωμάτων Ενδοδαπέδιας Κεντρικής Θέρμανσης

Όροφος

Αριθμός Κυκλ.	Θερμ. Χώρος	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Επιφάνεια Δαπέδου m ²	Θερμοκρ. Χώρου °C	Θερμ.Χ. Κάτ.Θε ρμ. °C	Συντ.Θε ρ. Αντ. πρ.Πάνω m ² K/W	Συντ.Θε ρ. πρ.Κάτω W/m ² K	Πυκν. Θ/ροής (Mcal/h/m ²)	Μέση Θ. Επ.Δαπ. °C	Υπολ. Θερ.Ισχ. (KWatt)	Απόστ. Σωλ. RA cm	Πυκν.Θ. Πρ.Κάτω (KWatt/m ²)
3.101	3.1	0.375	3.9	20	20	0.02	0.45	0.096	28.90		7.5	0.004
3.102	3.1	0.96	9.23	20	20	0.02	0.45	0.104	29.53	0.121	15	0.004
3.201	3.2	0.375	3.9	20	20	0.02	0.45	0.096	28.90		7.5	0.004
3.202	3.2	0.96	9.23	20	20	0.02	0.45	0.104	29.53	0.121	15	0.004
3.301	3.3	0.525	5.45	20	20	0.02	0.45	0.096	28.92		7.5	0.004
3.302	3.3	1.25	11.8	20	20	0.02	0.45	0.106	29.68	0.177	15	0.004
3.401	3.4	0.629	10	20	20	0.02	0.45	0.063	26.11		15	0.003
3.501	3.5	2.1	5.4	20	20	0.02	0.45	0.389	49.22	1.391	7.5	0.006
3.601	3.6	0.412	2.52	20	20	0.02	0.45	0.163	34.21	0.183	15	0.004
3.701	3.7	0.8	6.3	20	20	0.02	0.45	0.127	31.37		7.5	0.006
3.801	3.8	0.9	9.5	20	20	0.02	0.45	0.095	28.79		15	0.004
3.802	3.8	0.4	4.5	20	20	0.02	0.45	0.089	28.31		15	0.004

Πίνακας 7.9: Υπολογισμοί Μεγεθών Κυκλωμάτων Ενδοδαπέδιας Κεντρικής Θέρμανσης

Ενδοδαπέδιο - [C:\MICAL\CU\καυζός (Κασσάρι,βίλ) - [Φύλλο Υπολογισμού]

Αρχεία Στοιχεία Εμφάνιση Φύλλο Υπολογισμού Παράθυρα Βιβλιοθήκες Βοήθεια

<

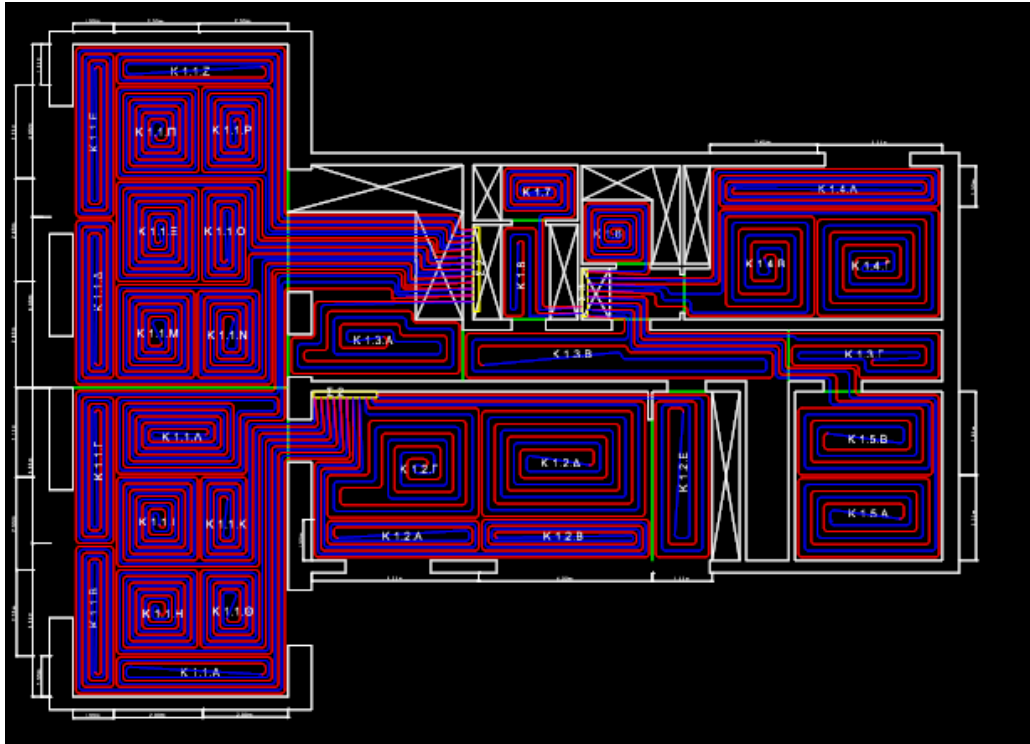
Σχήμα 7.2: Πρόγραμμα υπολογισμού ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Για την τοποθέτηση των σωλήνων της δαπεδοθέρμανσης θα τηρηθεί η παρακάτω διαδικασία :

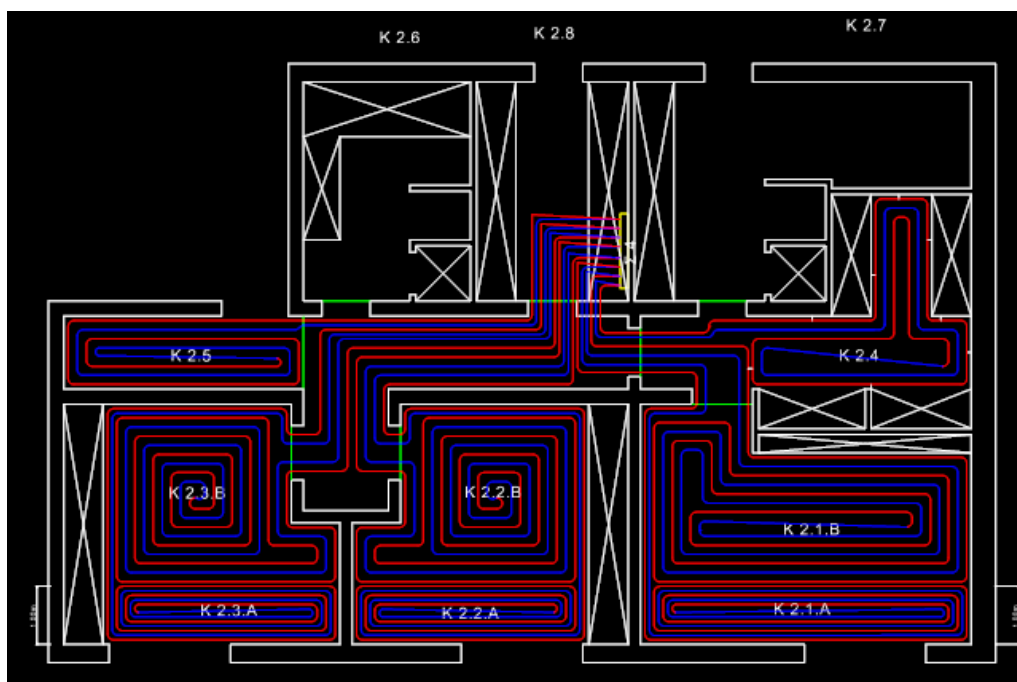
Πάνω στη (μπετονένια) πλάκα του δαπέδου απλώνεται ένα μονωτικό υλικό σε τέτοιο πάχος, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης κτηρίων. Στη συνέχεια και προς τα πάνω τοποθετούνται: ένα φύλλο πολυαιθυλαινίου πάχους 0.4 mm για φράγμα υδρατμών, κατάλληλα στηρίγματα για να στερεωθεί σε αυτό ο σωλήνας, ο σωλήνας "πλεγμένος" σε σχήμα κοχλία (σαλιγκαριού όπως συνηθίζεται να λέγεται), ένα γαρμπιλόδεμα ορισμένης σύνθεσης χονδρόκοκκης

άμμου (0-4mm) λεπτόκοκκου γαρμπιλιού (εως 8mm), τσιμέντου, νερού και ενός πρόσθετου πλαστικοποιητή (γαλακτώματος). και τέλος επένδυση με την επιθυμητή δαπεδόστρωση του χώρου, πχ. (πλακάκι, μάρμαρο, ξύλινο παρκέτο κλπ.)

Το μέγεθος και η απόσταση τοποθέτησης των σωλήνων δαπεδοθέρμανσης φαίνεται στα σχέδια και το επισυναπτόμενο ειδικό έντυπο.



Σχήμα 7.3: Κυκλώματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης ισογείου κατοικίας



Σχήμα 7.4: Κυκλώματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης ορόφου κατοικίας

7.3.3 Διαστασιολόγηση γεωθερμικού εναλλάκτη

Με τη βοήθεια των τύπων που περιγράφονται στην παράγραφο 7.2 γίνεται η διαστασιολόγηση του γεωθερμικού εναλλάκτη. Τα δεδομένα της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι:

Ψυκτικό φορτίο κτηρίου q_{lc} : 25,00 kW ή 85.303,55 Btu/h

Θερμικό φορτίο κτηρίου q_{lh} : 35,768 kW ή 122.045,49 Btu/h

Ισοδύναμες ώρες σε ολικό φορτίο ψύξης ετησίως EFL_{hoursc} : 1100 h

Ισοδύναμες ώρες σε ολικό φορτίο θέρμανσης ετησίως EFL_{hoursh} : 1100 h

Διορθωτικός συντελεστής που σχετίζεται με τον συντελεστή EER c_{fc} : 1,26 (από πίνακα 10.2)

Διορθωτικός συντελεστής που σχετίζεται με τον συντελεστή COP c_{fh} : 0,82 (από πίνακα 10.2)

Ετήσιο χρονικό διάστημα σε ώρες T_a : 8.760h

Η μέση ετήσια ροή θερμότητας στο έδαφος:

$$Q_a = \frac{c_{fc} \times q_{lc} \times EFL_{hoursc} + c_{fh} \times q_{lh} \times EFL_{hoursh}}{T_a} = 12.566,78 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού C_v : 4,184 KJoule/kg K

Η διαφορά της θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου του νερού στο γεωθερμικό εναλλάκτη $t_{wo} - t_{wi}$: 4 °F

Η παροχή μάζας του νερού μέσα στη σωλήνωση

$$\dot{m} = \frac{Q_a}{C_v (t_{wo} - t_{wi})} = \frac{2.137 \text{ kg}}{\text{sec}}$$

Η παροχή όγκου υπολογίζεται:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = 0.002137 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Θερμοκρασία εδάφους t_g : 68 °F

Θερμοκρασία εισόδου του υγρού στη γεωθερμική αντλία t_{wi} : 60 °F

Θερμοκρασία εξόδου του υγρού στη γεωθερμική αντλία t_{wo} : 54,5 °F

Διορθωτικός συντελεστής t_p : 2,5 °F (από πίνακα)

Θερμική αντίσταση σωλήνωσης γεώτρησης R_b : 0,11 h ft °F/Btu (από πίνακες)

Μηνιαίος συντελεστής μερικού φορτίου PLF_m : 0,21 (από πίνακα)

Συντελεστής θερμικών απωλειών του κυκλώματος των σωληνώσεων F_{sc} : 1,03 (από πίνακα)

T_1 =3.650 ημέρες

T_2 = 3.650+30=3.680 ημέρες

T_3 =3.650+30+0,25=3.680,25 ημέρες

Οι αδιάστατοι αριθμοί Fourier:

$$F_{o1} = \frac{4a_g(\tau_f - \tau_1)}{d^2} = 12.075,87$$

$$F_{o2} = \frac{4a_g(\tau_f - \tau_2)}{d^2} = 99,800$$

$$F_{of} = \frac{4a_g \times \tau_f}{d^2} = 1.469.164,848$$

Θερμική αγωγιμότητα του εδάφους k_g : 1,3599 Btu / h ft °F

Θερμική διαχυτότητα του εδάφους a_g : 1,1 ft²/ημέρα

Εσωτερική διάμετρος της σωλήνωσης του εναλλάκτη d : 0,1049 ft

Οι συντελεστές

$$G_1 = 0,0769 \times \ln F_{o1} + 0,0901 = 0,81288$$

$$G_2 = 0,0769 \times \ln F_{o2} + 0,0901 = 0,444084$$

$$G_f = 0,0769 \times \ln F_{of} + 0,0901 = 1,18209$$

Ισοδύναμη θερμική αντίσταση εδάφους για ετήσιο παλμό

$$R_{ga} = \frac{G_f - G_1}{k_g} = 0,2714 \text{ h ft } ^\circ\text{F/Btu}$$

Ισοδύναμη θερμική αντίσταση εδάφους για μηνιαίο παλμό

$$R_{gm} = \frac{G_1 - G_2}{k_g} = 0,27117 \text{ h ft } ^\circ\text{F/Btu}$$

Ισοδύναμη θερμική αντίσταση εδάφους για ημερήσιο παλμό

$$R_{gd} = \frac{G_2}{k_g} = 0,3265 \text{ h ft } ^\circ\text{F/Btu}$$

Ο υπολογισμός του απαιτούμενου βάθους γεώτρησης

$$L_h = \frac{q_a \times R_{ga} + (c_{fh} \times q_{ih}) \times (R_b + PLF_m \times R_{gm} + R_{gd} \times F_{sc})}{t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p} = 7.010,658 \text{ ft} \quad \text{ή}$$

2.136,848 m

Σε κάθε γεώτρηση τοποθετούνται 2 ζεύγη σωληνώσεων, επομένως το βάθος της γεώτρησης είναι 1.024,47 m. Το βάθος κάθε γεώτρησης δεν ξεπερνάει τα 100 m, συνεπώς ο αριθμός των γεωτρήσεων είναι 11. Η συνολική παροχή όγκου λόγω της

ύπαρξης έντεκα διπλών γεωτρήσεων υπολογίζεται από τον τύπο: $\dot{V}_{\beta\rho} = \frac{\dot{V}}{11}$
 $= 0,0001942 \text{ m}^3/\text{sec}.$

Η απόσταση των γεωτρήσεων μεταξύ τους είναι 5m. Χρησιμοποιούνται σωλήνες πολυαιθυλενίου PE 100 με διατομή Φ32x3.0, ανά 10m τοποθετείται αποστάτης, ο οποίος διασφαλίζει την παραλληλότητα των σωλήνων και την ασφαλέστερη τοποθέτησή τους. Χρησιμοποιείται βαρίδιο που προσαρμόζεται στο ακροσωλήνιο. Ταυτόχρονα με τη διάταξη των σωληνώσεων, κατεβαίνει στη γεώτρηση και ο κεντρικός σωλήνας που απαιτείται για το γέμισμα της με θερμοαγώγιμο μίγμα, ως την επιφάνεια χωρίς κενά και παγίδευση αέρα. Με την πλήρωση της γεώτρησης, αποτρέπεται η εισχώρηση μολυσματικών υλικών και η μη επιτρεπτή άντληση υπόγειων υδάτων. Εξασφαλίζεται η αρτιότερη εναλλαγή θερμότητας με το υπέδαφος. Τα ζεύγη σωληνώσεων των κατακόρυφων εναλλακτών συνδέονται παράλληλα σε συλλέκτη. Ο συλλέκτης συνδέεται με την γεωθερμική αντλία. Το δίκτυο δοκιμάζεται σε πίεση 1,5 φορές της πίεσης λειτουργίας του συστήματος.

7.3.4 Επιλογή γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

Σύμφωνα με τις απαιτούμενες ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη προτείνεται η εγκατάσταση μίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας με θερμική ισχύς 40 kW και σε ψύξη 30 kW. Το σύστημα της ΓΑΘ διαθέτει δύο πλακοηδείς εναλλάκτες νερού – ψυκτικού υγρού, ένα για το πρωτεύον και έναν για το δευτερεύον δίκτυο. Ακόμη διαθέτει δύο κυκλοφορητές, έναν για την κυκλοφορία του ρευστού στον γεωθερμικό εναλλάκτη και έναν για την κυκλοφορία του νερού στους χώρους του

κτηρίου. Επίσης ένα συμπιεστή ψυκτικού υγρού R 410 A για τη μεταφορά της θερμότητας από το ένα κύκλωμα στο άλλο (πρωτεύον – δευτερεύον).

7.3.5 Δοχείο αδρανείας

Το δοχείο αδρανείας λειτουργεί ως ταμιευτήρας που αποθηκεύει θερμό νερό στην περίπτωση θέρμανσης. Όταν η ζήτηση των θερμικών φορτίων είναι μικρή το δοχείο αδρανείας εξαλείφει τις μικρές σε χρονική διάρκεια εκκινήσεις της αντλίας θερμότητας και τροφοδοτεί την εγκατάσταση με τα αναγκαία φορτία από τον ταμιευτήρα. Αποτελεί ίσως τη βέλτιστη λύση στην εξοικονόμηση της ενέργειας όταν αυτό εφαρμοστεί σωστά στην συνολική εγκατάσταση. Προτείνεται δοχείο αδρανείας χωρητικότητας 1000 λίτρων.

7.3.6 Κυκλοφορητής

Αντλία κυκλοφορίας θα πρέπει να τοποθετηθεί στο δίκτυο σωληνώσεων του δευτερεύοντος κλειστού κυκλώματος. Προτείνεται αντλία κυκλοφορίας τεχνολογίας inverter μια για κάθε κεντρικό πίνακα διανομής (στη συγκεκριμένη περίπτωση 4 αντλίες) ονομαστικής παροχής $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$

7.3.7 Δοχείο διαστολής

Το υποσύστημα της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιεί ως ασφαλιστικό σύστημα το δοχείο διαστολής. Αυτό είναι ένα κλειστό δοχείο χαλύβδινου κελύφους και περιέχει μια ελαστική μεμβράνη διαχωρισμού του νερού και του υπό πίεση αερίου (άζωτο). Το δοχείο αυτό ενδείκνυται για κλειστές εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης χώρων. Προτείνεται δοχείο διαστολής χωρητικότητας 100 λίτρων.

7.3.8 Υλικά ενδοδαπέδιας

7.3.8.1 Μορφόπλακα

Πλάκα διογκωμένης πολυστερίνης με φραγή υδρατμών με πυκνότητα θερμομόνωσης 30 kg/m^3 , διαστάσεων $135 \times 75 \times 4,5 \text{ cm}$. Δίνει τη δυνατότητα για διάστρωση κυκλωμάτων 75, 150 ή 225 mm. Η μορφόπλακα φέρει εγκοπές που

επιτρέπουν την απόλυτη εφαρμογή των σωλήνων. Λόγω της γεωμετρίας της επιτρέπει την κάλυψη του σωλήνα από θερμομοπετόν και την απορρόφηση και την απαγωγή όλου του θερμικού φορτίου που αυτός μεταφέρει.

7.3.8.2 Σωλήνας

Σωλήνας πολυαιθυλενίου αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες, Φ17x2.0 με φραγή οξυγόνου. Τον σωλήνα χαρακτηρίζει η ιδιαίτερη ευκαμψία του και το γεγονός ότι υπερκαλύπτει τις θερμοκρασιακές απαιτήσεις λειτουργίας της συγκεκριμένης εγκατάστασης. Η δε φραγή προστατεύει και αυξάνει τον χρόνο ζωής των μεταλλικών μερών της εγκατάστασης.

7.3.8.3 Περιμετρική ταινία

Κατασκευάζεται από αφρώδες παλαιοθυλένιο, φέρει φιλμ (το οποίο τοποθετείται πάνω στις μορφόπλακες για στεγανότητα σε σχέση με το μπετόν) και αυτοκόλλητο για τη στήριξή της.

7.3.8.4 Αρμός διαστολής

Τοποθετείται στα προκαθορισμένα σημεία που έχουμε επιλέξει από τη μελέτη και στα κατοκασία από τις εσωτερικές πόρτες του κτιρίου ώστε να απορροφά τις συστολές και διαστολές του θερμομοπετόν.

7.3.8.5 Συλλέκτες

Πρόκειται για διανομέα τύπου μπάρας, χωρίς ενώσεις, επινικελωμένο, ορειχάλκινο, ονομαστικής διαμέτρου 1''. Ο συλλέκτης προσαγωγής φέρει άλεν για τις ρυθμίσεις των παροχών των κυκλωμάτων, ενώ ο συλλέκτης επιστροφής διαθέτει βαλβίδες ηλεκτροθερμικών κινητήρων. Για την τέλεια εξισορρόπηση του συστήματος της θέρμανσης χρησιμοποιούνται οι ειδικοί μαστοί προσαγωγής και επιστροφής στους οποίους προσαρμόζονται θερμόμετρα. Οι συλλέκτες διαθέτουν ρεκόρ σύνδεσης πλαστικής σωλήνας διατομής 17x2.

7.3.8.6 Ίνες πολυπροπυλενίου

Ενισχύουν το σκυρόδεμα αποτρέποντας την δημιουργία ρωγμών και αυξάνοντας τις μηχανικές αντοχές σε εφελκυσμό και θλίψη, με αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι αντοχές του θερμομοπετόν, αποτρέποντας προβλήματα από θερμοκρασιακές μεταβολές.

7.3.8.7 Ρευστοποίησης σκυροδέματος

Βελτιώνει την σύνθεση του θερμομοπετόν, αυξάνοντας τις αντοχές, τη στεγανότητα και τη ρευστότητά του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ευκολότερη άντληση και χύτευσή του.

7.3.8.8 Πίνακας διανομής

Πίνακας μεταλλικός, κατάλληλος για εντοιχισμό, κατασκευασμένος από γαλβανιζέ λαμαρίνα πάχους 1mm και βαμμένος με ηλεκτροστατική βαφή. Ρυθμίζεται σε ύψος έως και τα 815mm.

7.3.9 Παραγωγή ζεστού νερού

Για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης του σπιτιού προτείνεται η χρήση boiler λεβητοστασίου με αντλία θερμότητας αέρα νερού σε συνδυασμό με ηλιακή υποβοήθηση.

7.3.9.1 Boiler με αντλία θερμότητας

Boiler με αντλία θερμότητας χωρητικότητας 300 lit. Ψυκτικού υγρού αντλίας θερμότητας R134A.

Το boiler με αντλία θερμότητας είναι μία συσκευή φιλική προς το περιβάλλον η οποία εξοικονομεί χρήματα και ενέργεια. Η αντλία θερμότητας η οποία είναι τοποθετημένη σε μία αποθήκη νερού εκμεταλλεύεται την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και με την βοήθεια ηλεκτρικής ενέργειας ζεσταίνει το νερό σε θερμοκρασία 55°C. Προκειμένου να ζεσταθεί το νερό το 70% της ενέργειας που απαιτείται λαμβάνεται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και το υπόλοιπο 30%

από ηλεκτρική ενέργεια. Επειδή το boiler με αντλία θερμότητας εκμεταλλεύεται την θερμοκρασία του περιβάλλοντος ψύχει τον χώρο στον οποίο είναι τοποθετημένο.

7.3.9.2 Ηλιακοί συλλέκτες

Επιλεκτικοί συλλέκτες 2 τετραγωνικών μέτρων με βάση κεραμοσκεπής. Οι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούνται από φύλλο χαλκού και αλουμινίου και σωλήνες χαλκού συγκολλημένες με σύστημα ultrasonic, με επιλεκτική επιφάνεια κατεργασίας τιτανίου. Το νέο πλαίσιο με διπλά τοιχώματα προσφέρει καλύτερη θερμομόνωση και καλύτερη θερμική αντοχή.

7.3.9.3 Ψηφιακός διαφορικός θερμοστάτης

Ο ψηφιακός διαφορικός θερμοστάτης ηλιακών λειτουργεί με μικροεπεξεργαστή, διαθέτει απόλυτη ακρίβεια και λειτουργεί με τεχνολογία SMT. Περιέχει διαφορικό θερμοστάτη ηλιακών, αισθητήριο θερμοκρασίας νερού σε boiler, αισθητήριο θερμοκρασίας νερού ηλιακών συλλεκτών και δυνατότητα σύνδεσης με δεύτερη πηγή ενέργειας (στη συγκεκριμένη περίπτωση αντλία θερμότητας).

7.3.9.4 Pump station

Περιλαμβάνει έναν κυκλοφορητή για την κυκλοφορία των νερών των ηλιακών συλλεκτών στο boiler, βαλβίδα ασφαλείας 6 bar, εξαεριστήρα κλειστού κυκλώματος, θερμόμετρο προσαγωγής και επιστροφής υγρού κλειστού κυκλώματος ηλιακών συλλεκτών, παροχόμετρο ροής, βαλβίδα αντεπιστροφής, μανόμετρο πίεσης κλειστού κυκλώματος, βαλβίδα πλήρωσης και εκκένωσης

7.3.9.5 Δοχείο διαστολής

Δοχείο διαστολής 24 lit για την σωστή λειτουργία του συστήματος των ηλιακών συλλεκτών

7.4 Μονοκατοικία στην Άρτα

Στην Άρτα εγκαταστάθηκε γεωθερμική αντλία θερμότητας για την θέρμανση και ψύξη του σπιτιού. Πρόκειται για μία διώροφη μονοκατοικία εμβαδού 160 τ.μ. στην

αυλή της οποίας κατασκευάστηκε γεωθερμικός εναλλάκτης κλειστού τύπου οριζόντιας διάταξης. Προτιμήθηκε η γεωθερμία κλειστού τύπου λόγω του νομοθετικού πλαισίου που ισχύει στην Ελλάδα, προτιμήθηκε η οριζόντια διάταξη του γεωθερμικού εναλλάκτη λόγω της μεγάλης έκτασής της αυλής της κατοικίας.

7.4.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών

Με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος ADAPTMANAGER της εταιρίας 4M έγινε η μελέτη θερμικών απωλειών του κτηρίου. Η μελέτη θερμικών απωλειών έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία και τις παραδοχές που περιγράφονται στην παράγραφο 7.2.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία του κτηρίου που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης θερμικών απωλειών.

Πόλη	Άρτα
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	-5
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου (1-15)	3
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	2
Μεθοδολογία Υπολογισμού	EN 12831
Σύστημα Μονάδων	Watt

Πίνακας 7.10: Στοιχεία κτηρίου

Τα αποτελέσματα της μελέτης θερμικών απωλειών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (Στο παράρτημα υπάρχουν αναλυτικοί πίνακες με την μελέτη θερμικών απωλειών όλων των χώρων του σπιτιού).

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ (Watt)		
α/α	Θερμενόμενος χώρος	Θερμικές απώλειες
Επίπεδο : Ισόγειο		
1	Δωμάτιο	1.182
2	Λουτρό	314
3	Πλυσταριό	753
4	Κουζίνα	1.882
5	Σαλόνι – Τραπεζαρία	3.373
Άθροισμα Απωλειών Επιπέδου		7.504
Επίπεδο : Όροφος		
1	Δωμάτιο 1	1.224
2	Δωμάτιο 2	941
3	Δωμάτιο 3	868
4	Λουτρό	575
5	Γκαρνταρόμπα	523
6	Διάδρομος	523
Άθροισμα Απωλειών Επιπέδου		4.654
Άθροισμα Απωλειών Κτηρίου		12.158
Συνολικές Απώλειες Κτηρίου		17.768

Πίνακας 7.11: Αποτελέσματα μελέτης θερμικών απωλειών

Για την κάλυψη των θερμικών απωλειών του σπιτιού κατασκευάστηκε ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανση η μελέτη του οποίου παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο.

7.4.2 Μελέτη ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος ADAPTMANAGER της εταιρίας 4M έγινε η μελέτη ενδοδαπέδιας του κτηρίου. Η μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία και τις παραδοχές που περιγράφονται στην παράγραφο 7.2.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία των σωληνώσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης θερμικών απωλειών.

Θερμοκρασία Νερού Προσαγωγής (°C)	45
Τύπος Σωλήνων Κεντρικής Στήλης	Χαλκοσωλήνας Ευθύγραμμος
Τραχύτητα Σωλήνων Κεντρικής Στήλης (μm)	1.5
Τύπος Σωλήνων Κύκλωμάτων	Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο με φραγή οξυγόνου
Τραχύτητα Σωλήνων Κύκλωμάτων (μm)	6
Απόσταση Σωλήνων στα Κυκλώματα RA (cm)	15
Σζ Εξαρτημάτων Κεντρικών Σωλήνων	1.5
Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου	2
Σύστημα Μονάδων	KWatt
Γεωδαιτικό ύψος κτιρίου σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας	0
Αναλυτικός υπολογισμός περιεχόμενου νερού	1

Πίνακας 7.12: Στοιχεία Δικτύου

Τα αποτελέσματα της μελέτης ενδοδαπέδιας παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες

Ισόγειο

Αριθμός Κυκλ.	Θερμ. Χώρος	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Επιφάνεια Δαπέδου m ²	Θερμοκρ. Χώρου °C	Θερμ.Χ. Κάτ.Θερμ. °C	Συντ.Θερμ. Αντ. πρ.Πάνω m ² K/W	Συντ.Θερμ. πρ.Κάτω W/m ² K	Πυκν. Θ/ροής (Mcal/h/ m ²)	Μέση Θ. Επ.Δαπ. °C	Υπολ. Θερμ.Ισχ. (KWatt)	Απόστ. Σωλ. RA cm	Πυκν.Θ. Πρ.Κάτω (KWatt/ m ²)
1.1.1	1.1	0.375	3.9	20	20	0.02	0.45	0.096	28.90		15	0.004
1.1.2	1.1	0.755	7.8	20	20	0.02	0.45	0.097	28.95		15	0.004
1.2	1.2	0.3	3.12	20	20	0.02	0.45	0.096	28.90		15	0.004
1.3	1.3	0.72	5	20	20	0.02	0.45	0.144	32.71		7.5	0.007
1.4.1	1.4	0.9	9.36	20	20	0.02	0.45	0.096	28.90		15	0.004
1.4.2	1.4	0.9	9.36	20	20	0.02	0.45	0.096	28.90		15	0.004
1.5.1	1.5	0.395	4.1	20	20	0.02	0.45	0.096	28.92		7.5	0.004
1.5.2	1.5	0.68	7.1	20	20	0.02	0.45	0.096	28.87		7.5	0.004
1.5.3	1.5	1.05	11	20	20	0.02	0.45	0.095	28.84		15	0.004
1.5.4	1.5	1.1	11.7	20	20	0.02	0.45	0.094	28.73		15	0.004

Πίνακας 7.13: Υπολογισμοί Μεγεθών Κυκλωμάτων Ενδοδαπέδιας Κεντρικής Θέρμανσης

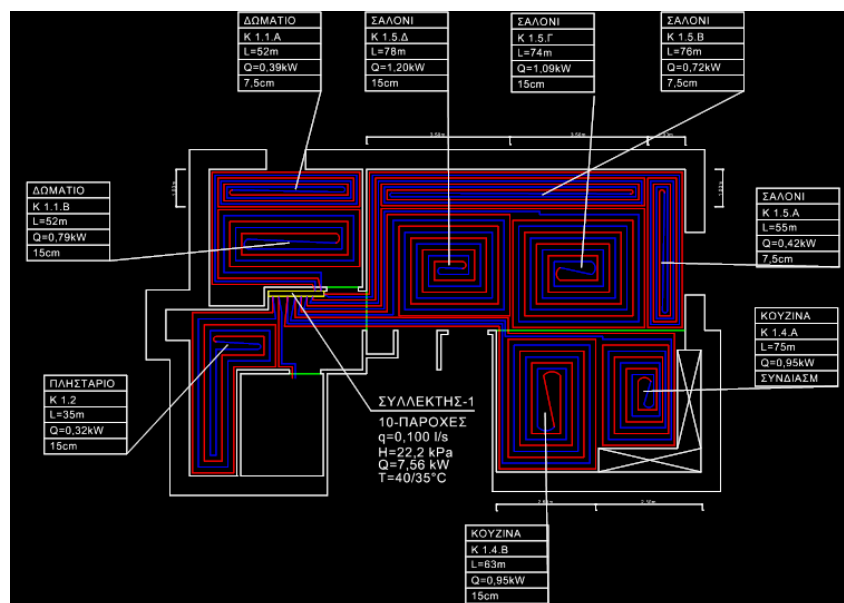
Όροφος

Αριθμός Κυκλ.	Θερμ. Χώρος	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Επιφάνεια Δαπέδου m ²	Θερμοκρ. Χώρου °C	Θερμ.Χ. Κάτ.Θερμ. °C	Συντ.Θερμ. Αντ. πρ.Πάνω m ² K/W	Συντ.Θερμ. πρ.Κάτω W/m ² K	Πυκν. Θ/ροής (Mcal/h/ m ²)	Μέση Θ. Επ.Δαπ. °C	Υπολ. Θερμ.Ισχ. (KWatt)	Απόστ. Σωλ. RA cm	Πυκν.Θ. Πρ.Κάτω (KWatt/ m ²)
2.1.1	2.1	0.32	3.4	20	20	0.02	0.45	0.094	28.74		15	0.004
2.1.2	2.1	0.85	8.8	20	20	0.02	0.45	0.097	28.94		15	0.004
2.2	2.2	0.9	9.6	20	20	0.02	0.45	0.094	28.71		15	0.004
2.3	2.3	0.83	8.7	20	20	0.02	0.45	0.095	28.84		15	0.004
2.4	2.4	0.55	4	20	20	0.02	0.45	0.138	32.21		7.5	0.006
2.5	2.5	0.5	5.7	20	20	0.02	0.45	0.088	28.21		15	0.004
2.6	2.6	0.5	5.8	20	20	0.02	0.45	0.086	28.09		15	0.004

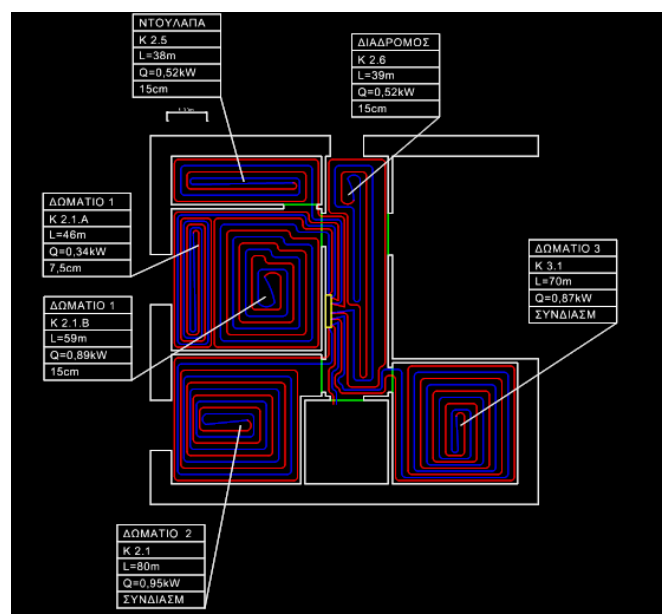
Πίνακας 7.14: Υπολογισμοί Μεγεθών Κυκλωμάτων Ενδοδαπέδιας Κεντρικής Θέρμανσης

Για την τοποθέτηση των σωλήνων της δαπεδοθέρμανσης θα τηρηθεί η παρακάτω διαδικασία :

Πάνω στη (μπετονένια) πλάκα του δαπέδου απλώνεται ένα μονωτικό υλικό σε τέτοιο πάχος, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού θερμομόνωσης κτιρίων. Στη συνέχεια και προς τα πάνω τοποθετούνται: ένα φύλλο πολυαιθυλαινίου πάχους 0.4 mm για φράγμα υδρατμών, κατάλληλα στηρίγματα για να στερεωθεί σε αυτό ο σωλήνας, ο σωλήνας "πλεγμένος" σε σχήμα κοχλία (σαλιγκαριού όπως συνηθίζεται να λέγεται), ένα γαρμπιλόδεμα ορισμένης σύνθεσης χονδρόκοκκης άμμου (0-4mm) λεπτόκοκκου γαρμπιλιού (εως 8mm), τσιμέντου, νερού και ενός πρόσθετου πλαστικοποιητή (γαλακτώματος). και τέλος επένδυση με την επιθυμητή δαπεδόστρωση του χώρου, πχ. (πλακάκι, μάρμαρο, ξύλινο παρκέτο κλπ.)



Σχήμα 7.5: Κυκλώματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης ισόγειου κατοικίας



Σχήμα 7.6: Κυκλώματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης ορόφου κατοικίας

Το μέγεθος και η απόσταση τοποθέτησης των σωλήνων δαπεδοθέρμανσης φαίνεται στα σχέδια και το επισυναπτόμενο ειδικό έντυπο.

7.4.3 Διαστασιολόγηση γεωθερμικού εναλλάκτη

Με τη βοήθεια των τύπων που περιγράφονται στην παράγραφο 11.2 γίνεται η διαστασιολόγηση του γεωθερμικού εναλλάκτη. Τα δεδομένα της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι:

Ψυκτικό φορτίο κτηρίου q_{lc} : 12,00 kW ή 40.945,70 Btu/h

Θερμικό φορτίο κτηρίου q_{lh} : 17,768 kW ή 60.626,94 Btu/h

Ισοδύναμες ώρες σε ολικό φορτίο ψύξης ετησίως EFL_{hoursc} : 1100 h

Ισοδύναμες ώρες σε ολικό φορτίο θέρμανσης ετησίως EFL_{hoursh} : 1100 h

Διορθωτικός συντελεστής που σχετίζεται με τον συντελεστή EER c_{fc} : 1,26 (από πίνακα 10.2)

Διορθωτικός συντελεστής που σχετίζεται με τον συντελεστή COP c_{fh} : 0,82 (από πίνακα 10.2)

Ετήσιο χρονικό διάστημα σε ώρες T_a : 8.760h

Η μέση ετήσια ροή θερμότητας στο έδαφος:

$$Q_a = \frac{c_{fc} \times q_{lc} \times EFL_{hoursc} + c_{fh} \times q_{lh} \times EFL_{hoursh}}{T_a} = 6.242, \frac{637 \text{ Btu}}{\text{h}}$$

Ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού C_v : 4,184 KJoule/kg K

Η διαφορά της θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού στο γεωθερμικό εναλλάκτη $t_{wo} - t_{wi}$: 4 °F

Η παροχή μάζας του νερού μέσα στη σωλήνωση

$$\dot{m} = \frac{q_{lh}}{C_v (t_{wo} - t_{wi})} = \frac{2.137 \text{ kg}}{\text{sec}}$$

Η παροχή όγκου υπολογίζεται:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = 0.002137 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Θερμοκρασία εδάφους t_g : 68 °F

Θερμοκρασία εισόδου του υγρού στη γεωθερμική αντλία t_{wi} : 62 °F

Θερμοκρασία εξόδου του υγρού στη γεωθερμική αντλία t_{wo} : 55°F

Διορθωτικός συντελεστής t_p : 2,5 °F (από πίνακα)

Θερμική αντίσταση σωλήνωσης γεώτρησης R_b : 0,11 h ft °F/Btu (από πίνακες)

Μηνιαίος συντελεστής μερικού φορτίου PLF_m : 0,21 (από πίνακα)

Συντελεστής θερμικών απωλειών του κυκλώματος των σωληνώσεων F_{sc} : 1,03 (από πίνακα)

T_1 =3.650 ημέρες

T_2 = 3.650+30=3.680 ημέρες

T_3 =3.650+30+0,25=3.680,25 ημέρες

Οι αδιάστατοι αριθμοί Fourier:

$$F_{o1} = \frac{4a_g(\tau_f - \tau_1)}{d^2} = 13.173,68$$

$$F_{o2} = \frac{4a_g(\tau_f - \tau_2)}{d^2} = 108,873$$

$$F_{of} = \frac{4a_g \times \tau_f}{d^2} = 1.602.725,289$$

Θερμική αγωγιμότητα του εδάφους k_g : 1,3830 Btu / h ft °F

Θερμική διαχυτότητα του εδάφους a_g : 1,2 ft²/ημέρα

Εσωτερική διάμετρος της σωλήνωσης του εναλλάκτη d : 0,1049 ft

Οι συντελεστές

$$G_1 = 0,0769 \times \ln F_{o1} + 0,0901 = 0,8195$$

$$G_2 = 0,0769 \times \ln F_{o2} + 0,0901 = 0,4507$$

$$G_f = 0,0769 \times \ln F_{of} + 0,0901 = 1,18878$$

Ισοδύναμη θερμική αντίσταση εδάφους για ετήσιο παλμό

$$R_{ga} = \frac{G_f - G_1}{k_g} = 0.2669 \text{ h ft } ^\circ\text{F/Btu}$$

Ισοδύναμη θερμική αντίσταση εδάφους για μηνιαίο παλμό

$$R_{gm} = \frac{G_1 - G_2}{k_g} = 0.26665 \text{ h ft } ^\circ\text{F/Btu}$$

Ισοδύναμη θερμική αντίσταση εδάφους για ημερήσιο παλμό

$$R_{gd} = \frac{G_2}{k_g} = 0.3259 \text{ h ft } ^\circ\text{F/Btu}$$

Ο υπολογισμός του μήκους σωληνώσεων γεωεναλλάκτη

$$L_h = \frac{q_a \times R_{ga} + (c_{fh} \times q_{ih}) \times (R_b + PLF_m \times R_{gm} + R_{gd} \times F_{sc})}{t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p} = 3.970,085 \text{ ft} \quad \text{ή}$$

1.210,08 m

Στον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου ανοίγεται τάφρος για την εγκατάσταση δικτύου σωληνώσεων σε βάθος 1,50m. Εγκαθίστανται τα κυκλώματα του γεωεναλλάκτη, από σωλήνα πολυαιθυλενίου PE 100 διατομής Ø 25x2,3. Το συνολικό μήκος του κάθε κυκλώματος του γεωεναλλάκτη είναι 100 m, επομένως απαιτούνται 13 κυκλώματα για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του κτιρίου. Το δίκτυο δοκιμάζεται σε πίεση 1,5 φορές της πίεσης λειτουργίας του συστήματος.

7.4.4 Επιλογή γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

Σύμφωνα με τις απαιτούμενες ανάγκες του κτηρίου σε θέρμανση και ψύξη προτείνεται η εγκατάσταση μίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας με θερμική ισχύ 20 kW και σε ψύξη 15 kW. Το σύστημα της ΓΑΘ διαθέτει δύο κυλινδρικούς εναλλάκτες νερού – ψυκτικού υγρού, ένα για το πρωτεύον και έναν για το δευτερεύον δίκτυο. Ακόμη διαθέτει δύο αντλίες inline (κυκλοφορητές), μία για την κυκλοφορία του ρευστού στον γεωθερμικό εναλλάκτη και μία για την κυκλοφορία του νερού στους χώρους του κτηρίου. Επίσης ένα συμπιεστή ψυκτικού υγρού R 410 A για τη μεταφορά της θερμότητας από το ένα κύκλωμα στο άλλο (πρωτεύον – δευτερεύον).

7.4.5 Δοχείο αδρανείας

Το δοχείο αδράνειας λειτουργεί ως ταμιευτήρας που αποθηκεύει θερμό νερό στην περίπτωση θέρμανσης. Όταν η ζήτηση των θερμικών φορτίων είναι μικρή το δοχείο αδράνειας εξαλείφει τις μικρές σε χρονική διάρκεια εκκινήσεις της αντλίας θερμότητας και τροφοδοτεί την εγκατάσταση με τα αναγκαία φορτία από τον

ταμιευτήρα. Αποτελεί ίσως τη βέλτιστη λύση στην εξοικονόμηση της ενέργειας όταν αυτό εφαρμοστεί σωστά στην συνολική εγκατάσταση. Προτείνεται δοχείο αδρανείας χωρητικότητας 400 λίτρων.

7.4.6 Κυκλοφορητής

Αντλία κυκλοφορίας θα πρέπει να τοποθετηθεί στο δίκτυο σωληνώσεων του δευτερεύοντος κλειστού κυκλώματος. Προτείνεται αντλία κυκλοφορίας τεχνολογίας inverter μια για κάθε κεντρικό πίνακα διανομής (στη συγκεκριμένη περίπτωση 2 αντλίες) ονομαστικής παροχής 3,5 m³/h

7.4.7 Δοχείο διαστολής

Το υποσύστημα της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιεί ως ασφαλιστικό σύστημα το δοχείο διαστολής. Αυτό είναι ένα κλειστό δοχείο χαλύβδινου κελύφους και περιέχει μια ελαστική μεμβράνη διαχωρισμού του νερού και του υπό πίεση αερίου (άζωτο). Το δοχείο αυτό ενδείκνυται για κλειστές εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης χώρων. Προτείνεται δοχείο διαστολής χωρητικότητας 50 λίτρων.

7.4.8 Υλικά ενδοδαπέδιας

7.4.8.1 Μορφόπλακα

Πλάκα διογκωμένης πολυστερίνης με φραγή υδρατμών με πυκνότητα θερμομόνωσης 30kg/m³ , διαστάσεων 135x75x4,5 cm. Δίνει τη δυνατότητα για διάστρωση κυκλωμάτων 75, 150 ή 225 mm. Η μορφόπλακα φέρει εγκοπές που επιτρέπουν την απόλυτη εφαρμογή των σωλήνων. Λόγω της γεωμετρίας της επιτρέπει την κάλυψη του σωλήνα από θερμομοπετόν και την απορρόφηση και την απαγωγή όλου του θερμικού φορτίου που αυτός μεταφέρει.

7.4.8.2 Σωλήνας

Σωλήνας πολυαιθυλενίου αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες, Φ17x2.0 με φραγή οξυγόνου. Τον σωλήνα χαρακτηρίζει η ιδιαίτερη ευκαμψία του και το γεγονός ότι υπερκαλύπτει τις θερμοκρασιακές απαιτήσεις λειτουργίας της συγκεκριμένης

εγκατάστασης. Η δε φραγή προστατεύει και αυξάνει τον χρόνο ζωής των μεταλλικών μερών της εγκατάστασης.

7.4.8.3 Περιμετρική ταινία

Κατασκευάζεται από αφρώδες παλαιοθυλένιο, φέρει φιλμ (το οποίο τοποθετείται πάνω στις μορφόπλακες για στεγανότητα σε σχέση με το μπετόν) και αυτοκόλλητο για τη στήριξή της.

7.4.8.4 Αρμός διαστολής

Τοποθετείται στα προκαθορισμένα σημεία που έχουμε επιλέξει από τη μελέτη και στα κατοκάσια από τις εσωτερικές πόρτες του κτιρίου ώστε να απορροφά τις συστολές και διαστολές του θερμομπετόν.

7.4.8.5 Συλλέκτες

Πρόκειται για διανομέα τύπου μπάρας, χωρίς ενώσεις, επινικελωμένο, ορειχάλκινο, ονομαστικής διαμέτρου 1''. Ο συλλέκτης προσαγωγής φέρει άλεν για τις ρυθμίσεις των παροχών των κυκλωμάτων, ενώ ο συλλέκτης επιστροφής διαθέτει βαλβίδες ηλεκτροθερμικών κινητήρων. Για την τέλεια εξισορρόπηση του συστήματος της θέρμανσης χρησιμοποιούνται οι ειδικοί μαστοί προσαγωγής και επιστροφής στους οποίους προσαρμόζονται θερμόμετρα. Οι συλλέκτες διαθέτουν ρεκόρ σύνδεσης πλαστικής σωλήνας διατομής 17x2.

7.4.8.6 Ίνες πολυπροπυλενίου

Ενισχύουν το σκυρόδεμα αποτρέποντας την δημιουργία ρωγμών και αυξάνοντας τις μηχανικές αντοχές σε εφελκυσμό και θλίψη, με αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι αντοχές του θερμομπετόν, αποτρέποντας προβλήματα από θερμοκρασιακές μεταβολές.

7.4.8.7 Ρευστοποίησης σκυροδέματος

Βελτιώνει την σύνθεση του θερμομπετόν, αυξάνοντας τις αντοχές, τη στεγανότητα και τη ρευστότητά του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ευκολότερη άντληση και χύτευσή του.

7.4.8.8 Πίνακας διανομής

Πίνακας μεταλλικός, κατάλληλος για εντοιχισμό, κατασκευασμένος από γαλβανιζέ λαμαρίνα πάχους 1mm και βαμμένος με ηλεκτροστατική βαφή. Ρυθμίζεται σε ύψος έως και τα 815mm.

7.4.9 Παραγωγή ζεστού νερού

Για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης του σπιτιού προτίνετε η χρήση boiler λεβητοστασίου σε συνδυασμό με ηλιακή υποβοήθηση.

7.4.9.1 Boiler λεβητοστασίου

Boiler λεβητοστασίου 200 λίτρων το οποίο είναι κατασκευασμένο από υψηλής ποιότητας χαλυβδοελάσματα συγκολλημένα εν θερμώ. Εσωτερικά η προστασία της δεξαμενής γίνεται με επικάλυψη σμάλτου διπλής υάλωσης και κατεργασία στους 860 °C. Παρέχεται σε κατακόρυφη διάταξη και είναι εξοπλισμένο με αναμονές για όλες τις απαραίτητες υδραυλικές συνδέσεις και δύο σερμπαντίνες για σύνδεση με ηλιακούς συλλέκτες και με την αντλία θερμότητας. Διαθέτη μόνωση από πολυουρεθάνη 4 cm.

7.4.9.2 Ηλιακοί συλλέκτες

Επιλεκτικοί συλλέκτες 2 τετραγωνικών μέτρων με βάση κεραμοσκεπής. Οι ηλιακοί συλλέκτες αποτελούνται από φύλλο χαλκού και αλουμινίου και σωλήνες χαλκού συγκολλημένες με σύστημα ultrasonic, με επιλεκτική επιφάνεια κατεργασίας τιτανίου. Το νέο πλαίσιο με διπλά τοιχώματα προσφέρει καλύτερη θερμομόνωση και καλύτερη θερμική αντοχή.

7.4.9.3 Ψηφιακός διαφορικός θερμοστάτης

Ο ψηφιακός διαφορικός θερμοστάτης ηλιακών λειτουργεί με μικροεπεξεργαστή, διαθέτει απόλυτη ακρίβεια και λειτουργεί με τεχνολογία SMT. Περιέχει διαφορικό θερμοστάτη ηλιακών, αισθητήριο θερμοκρασίας νερού σε boiler, αισθητήριο

θερμοκρασίας νερού ηλιακών συλλεκτών και δυνατότητα σύνδεσης με δεύτερη πηγή ενέργειας (στη συγκεκριμένη περίπτωση αντλία θερμότητας).

7.4.9.4 Pump station

Περιλαμβάνει έναν κυκλοφορητή για την κυκλοφορία των νερών των ηλιακών συλλεκτών στο boiler, βαλβίδα ασφαλείας 6 bar, εξαεριστήρα κλειστού κυκλώματος, θερμόμετρο προσαγωγής και επιστροφής υγρού κλειστού κυκλώματος ηλιακών συλλεκτών, παροχόμετρο ροής, βαλβίδα αντεπιστροφής, μανόμετρο πίεσης κλειστού κυκλώματος, βαλβίδα πλήρωσης και εκκένωσης

7.4.9.5 Δοχείο διαστολής

Δοχείο διαστολής 24 lit για την σωστή λειτουργία του συστήματος των ηλιακών συλλεκτών

7.5 Επαγγελματικός χώρος στη Κατερίνη

Στην Κατερίνη, κοντά στο σιδηροδρομικό σταθμό εγκαταστάθηκε γεωθερμική αντλία θερμότητας για την θέρμανση και ψύξη του επαγγελματικού χώρου. Πρόκειται για ένα διώροφο κτίσμα εμβαδού 1.500 τ.μ. στην αυλή του οποίου ορύχθηκαν δύο γεωτρήσεις (η μια για άντληση νερού βάθους 135 m και η δεύτερη για υπανεισαγωγή του νερού στο έδαφος). Προτιμήθηκε η γεωθερμία ανοικτού τύπου γιατί στην περιοχή δεν υπάρχει γεωθερμικό πεδίο (σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία η άδεια για ανόρυξη γεώτρησης για χρήση του νερού που αντλείται σε γεωθερμική αντλία θερμότητας παραχωρείται από την νομαρχιακή περιφέρεια της περιοχής).

7.5.1 Υπολογισμός θερμικών απωλειών

Με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος ADAPTMANAGER της εταιρίας 4M έγινε η μελέτη θερμικών απωλειών του κτηρίου. Η μελέτη θερμικών απωλειών έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία και τις παραδοχές που περιγράφονται στην παράγραφο 7.2.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία του κτιρίου που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της μελέτης θερμικών απωλειών.

Πόλη	Κατερίνη
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	-5
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτηρίου (1-15)	2
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Μεθοδολογία Υπολογισμού	EN 12831
Σύστημα Μονάδων	Watt

Πίνακας 7.15: Στοιχεία κτηρίου

Τα αποτελέσματα της μελέτης θερμικών απωλειών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (Στο παράρτημα υπάρχουν αναλυτικοί πίνακες με την μελέτη θερμικών απωλειών όλων των χώρων του σπιτιού).

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ (Watt)		
α/α	Θερμεινόμενος χώρος	Θερμικές απώλειες
Επίπεδο : Ισόγειο		
1	ΓΡΑΦΕΙΟ	2.967
2	ΛΟΓΙΣΤΗΡΙΟ	1.296
3	ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΕΥΘΙΝΣΗΣ	1.038
4	ΤΜΗΜΑ ΠΡΟΓΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ	1.692
5	ΑΠΟΘΗΚΗ	8.448
6	ΑΠΟΘΗΚΗ ΧΟΝΔΡΙΚΟΥ ΕΜ	6.025
7	ΕΙΣΟΔΟΣ	889
Άθροισμα Απωλειών Επιπέδου		22.355
Επίπεδο : Όροφος		
1	ΓΡΑΦΕΙΟ 1	2.063
2	ΓΡΑΦΕΙΟ 2	2.063
3	ΓΡΑΦΕΙΟ 3	2.063
4	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	889
5	ΑΡΧΕΙΟ	1.692
6	ΑΠΟΘΗΚΗ	782
7	ΓΕΝΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΗ	6.190
8	ΧΩΡΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	14.448
Άθροισμα Απωλειών Επιπέδου		30.180

Άθροισμα Απωλειών Κτηρίου	52.545
Συνολικές Απώλειες Κτηρίου	70.000

Πίνακας 7.16: Αποτελέσματα μελέτης θερμικών απωλειών

Για την κάλυψη των θερμικών απωλειών του κτηρίου τοποθετήθηκαν εσωτερικές μονάδες νερού με ανεμιστήρα (fan coils) διαφόρων τύπων (δαπέδου και οροφής κασέτα). Η θερμική ισχύς των μονάδων επιλέχθηκαν να καλύπτουν της θερμικές απώλειες του κάθε χώρου.

7.5.2 Υπολογισμός θερμοενεργειακού φορτίου γεώτρησης

Με τη βοήθεια των τύπων που περιγράφονται στην παράγραφο 7.2 γίνεται ο υπολογισμός θερμοενεργειακού φορτίου της γεώτρησης. Τα δεδομένα της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι:

Παροχή του νερού q : 25 m³/h

Πυκνότητα του νερού ρ : 1000 kg/ m³

Ειδική θερμοχωρητικότητα του ρευστού C_p : 4,184 kJ/ kg *K

Διαφορά θερμοκρασιών εισόδου και απόρριψης νερού T : 5 °C

$$Q = q \cdot \rho \cdot C_p \cdot T = 145,27 \text{ kW}$$

Η γεώτρηση άντλησης είναι διατομής 6 ιντσών και βάθους 135m. Η υποβρύχια αντλία είναι διατομής 5 ιντσών και έχει μέγιστη δυνατότητα άντλησης νερού 25 m³/h . Η κάθετη σωλήνα της γεώτρησης που συνδέει την υποβρύχια αντλία μερί την επιφάνεια του εδάφους είναι γαλβανιζέ διατομής 5 ιντσών και η σωλήνα που συνδέει την γεώτρηση με την αντλία θερμότητας είναι πολυαιθυλενίου PE 100 διατομής Ø 110x18,4.

Η γεώτρηση επαναεισαγωγής διατομής 5 ιντσών και βάθους 135m, η κάθετη σωλήνα της γεώτρησης είναι γαλβανιζέ διατομής 5 ιντσών και η σωλήνα που συνδέει την γεώτρηση με την αντλία θερμότητας είναι πολυαιθυλενίου PE 100 διατομής Ø 110x18,4.

Η απόσταση των γεωτρήσεων (γεώτρηση άντλησης και επανασισαγωγής) είναι 50 m, η απόσταση των γεωτρήσεων επιλέχθηκε να είναι αυτή ώστε να αποφευχθεί η μείωση της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού που αντλήται.

7.5.3 Επιλογή γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

Σύμφωνα με τις απαιτούμενες ανάγκες του κτηρίου σε θέρμανση και ψύξη προτείνεται η εγκατάσταση μίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας με θερμική ισχύς 100 kW και σε ψύξη 75 kW. Το σύστημα της ΓΑΘ διαθέτει τέσσερις κυλινδρικούς εναλλάκτες νερού – ψυκτικού υγρού, δύο για το πρωτεύον και δύο για το δευτερεύον δίκτυο. Επίσης διαθέτει δύο συμπιεστές ψυκτικού υγρού R 410 A για τη μεταφορά της θερμότητας από το ένα κύκλωμα στο άλλο (πρωτεύον – δευτερεύον). Η υποβρύχια αντλία χρησιμεύει στη μεταφορά του υπόγειου νερού από το έδαφος στους δύο εναλλάκτες του πρωτεύοντος δικτύου.

7.5.4 Δοχείο αδρανείας

Το δοχείο αδράνειας λειτουργεί ως ταμιευτήρας που αποθηκεύει θερμό νερό στην περίπτωση θέρμανσης. Όταν η ζήτηση των θερμικών φορτίων είναι μικρή το δοχείο αδράνειας εξαλείφει τις μικρές σε χρονική διάρκεια εκκινήσεις της αντλίας θερμότητας και τροφοδοτεί την εγκατάσταση με τα αναγκαία φορτία από τον ταμιευτήρα. Αποτελεί ίσως τη βέλτιστη λύση στην εξοικονόμηση της ενέργειας όταν αυτό εφαρμοστεί σωστά στην συνολική εγκατάσταση. Προτείνονται δύο δοχεία αδρανείας χωρητικότητας 1000 λίτρων το καθένα.

7.5.5 Κυκλοφορητής

Αντλία κυκλοφορίας θα πρέπει να τοποθετηθεί στο δίκτυο σωληνώσεων του δευτερεύοντος κλειστού κυκλώματος. Προτείνεται αντλία κυκλοφορίας τεχνολογίας inverter μια για κάθε όροφο του κτηρίου ονομαστικής παροχής 5,8 m³/h

7.5.6 Δοχείο διαστολής

Το υποσύστημα της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιεί ως ασφαλιστικό σύστημα το δοχείο διαστολής. Αυτό είναι ένα κλειστό δοχείο χαλύβδινου κελύφους και περιέχει μια ελαστική μεμβράνη διαχωρισμού του νερού και του υπό πίεση αερίου (άζωτο). Το δοχείο αυτό ενδείκνυται για κλειστές εγκαταστάσεις θέρμανσης και ψύξης χώρων. Προτείνεται δοχείο διαστολής χωρητικότητας 250 λίτρων.

7.5.7 Fan coil

Για την θέρμανση και ψύξη των χώρων του κτηρίου κατασκευάστηκε δισωλήνιο σύστημα θέρμανσης. Σε κάθε χώρο του κτηρίου τοποθετήθηκαν θερμαντικά σώματα νερού με ανεμιστήρα (fan coil). Τα χαρακτηριστικά των fan coil παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

7.5.7.1 Τύπου κασέτας

Οι κασέτες νερού (fan coil) είναι μία λύση για εφαρμογές κλιματισμού με νερό σε γραφείων. Οι κασέτες νερού τοποθετούνται στην ψευδοροφή έχουν πολύ χαμηλό ύψος 29,5 mm και διανέμουν τον κλιματιζόμενο αέρα μέσω του διακοσμητικού τους πάνελ σε κατευθύνσεις. Οι μονάδες φέρουν στοιχείο νερού 2 σειρών από χάλκινους σωλήνες με ειδικά διαμορφωμένα πτερύγια αλουμινίου. Οι υδραυλικές συνδέσεις είναι ορειχάλκινες, στο άνω δε μέρος του στοιχείου υπάρχει εξαεριστικό. Οι μονάδες είναι εξοπλισμένες με αντλία συμπυκνωμάτων για την ανύψωση των συμπυκνωμάτων σε υψηλότερο σημείο με διαθέσιμο μανομετρικό μέχρι 500mm για την διευκόλυνση της αποχέτευσης. Η αντλία είναι εξωτερικά μονωμένη με ειδικό ηχομονωτικό υλικό.

Τα fan coils διαθέτουν:

- Διακόπτη ON OFF
- Διακόπτη χειμώνας / θέρος / αυτόματη λειτουργία
- Θερμοστάτη χώρου
- Διακόπτη τριών ταχυτήτων
- Ενδεικτικές λυχνίες λειτουργίας
- Τρίοδη βάνα

7.5.7.2 Τύπου δαπέδου

Τα fan coil δαπέδου είναι μία λύση για εφαρμογές κλιματισμού με νερό σε γραφείων. Τα fan coil τοποθετούνται στο δάπεδο έχουν πολύ μικρό πάχος 130 mm και διανέμουν τον κλιματιζόμενο αέρα μέσω των ενσωματωμένων περσίδων τους. Οι μονάδες φέρουν στοιχείο νερού μιας σειράς από χάλκινους σωλήνες με ειδικά διαμορφωμένα περύγια αλουμινίου. Οι υδραυλικές συνδέσεις είναι ορειχάλκινες,. Η λειτουργία των ανεμιστήρων ροής με την νέα τεχνολογία κατεύθυνσης αέρα, κάνουν το fan coil νερού εξαιρετικά αθόρυβο(25dB).

Τα fan coils διαθέτουν:

- Διακόπτη ON OFF
- Διακόπτη χειμώνας / θέρος / αυτόματη λειτουργία
- Θερμοστάτη χώρου
- Διακόπτη τριών ταχυτήτων
- Ενδεικτικές λυχνίες λειτουργίας
- Τρίοδη βάνα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Μελέτη θερμικών απωλειών κατοικίας Θεσσαλονίκης

Εξ. Τοίχοι	Περιγραφή	Συντ. k (Watt/m ² K) Εξωτερικών Τοίχων
T1	Τοιχίο 10cm Μόν. 5cm Διακ. Πλ.	0.58
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	0.52

Πίνακας 1.1: Τυπικά στοιχεία εξωτερικών τοίχων

Εσ. Τοίχοι	Περιγραφή	Συντ. k (Watt/m ² K) Εσωτερικών Τοίχων
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	1.74

Πίνακας 1.2: Τυπικά στοιχεία εσωτερικών τοίχων

Οροφές	Περιγραφή	Συντ. k (Watt/m ² K) Οροφών
O1	Στέγη Μονωμένη-Κεραμίδια Γαλλ.	0.44
O2	Οροφή Σκυροδέματος 14cm Αμόν.	3.26

Πίνακας 1.3: Τυπικά στοιχεία οροφών

Δάπεδα	Περιγραφή	Συντ. k (Watt/m ² K) Δαπέδων
Δ1	Δαπ.Μαρμ.σε Εδαφος Μόνωση 5cm	0.60
Δ2	Δαπ.Μαρμ.σε Pilotis Αμόνωτο	2.59

Πίνακας 1.4: Τυπικά στοιχεία δαπέδων

Ανοίγματα	Περιγραφή	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Συντ.k (Watt/m ² K) Ανοιγμάτων	Συντ.α	Φύλλα
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	0.8	1.2	3.72	1.2	
A2	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2	2.5	3.72	1.2	
A3	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	5	2.5	3.72	1.2	
A4	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	1.5	5.8	3.72	1.2	
A5	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	1.5	4.4	3.72	1.2	
A6	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	3	2.2	3.72	1.2	
A7	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	1.45	4.4	3.72	1.2	
A8	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	1.45	5.8	3.72	1.2	
A9	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	1.2	2.2	3.49	2.0	
A10	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	0.9	2.5	5.82	1.2	
A11	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	1	2.5	5.82	1.2	
A12	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	0.9	2.2	3.49	4.0	
A13	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	1	5.8	3.72	1.2	
A14	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	1.1	5.8	3.72	1.2	
A15	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2	2.4	3.72	1.2	
A16	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	0.5	2.4	3.72	1.2	
A17	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	0.9	1.1	3.72	1.2	
A18	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2	1.1	3.72	1.2	

Πίνακας 1.5: Τυπικά στοιχεία κουφωμάτων

Επίπεδο : Ισόγειο Χώρος : Χολ - Καθιστικό – Τραπεζαρία

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
α/α	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	55.71	0.52	1.000	28.97		
A6	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	13.20	3.72	1.000	49.10		
A9	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	2.64	3.49	1.000	9.21		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	9.70	0.52	1.000	5.04		
A4	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	8.70	3.72	1.000	32.36		
A5	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	6.60	3.72	1.000	24.55		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	14.90	0.52	1.000	7.75		
A11	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	2.50	5.82	1.000	14.55		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	11.60	0.52	1.000	6.03		
A13	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	5.80	3.72	1.000	21.58		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	10.21	0.52	1.000	5.31		
A7	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	6.38	3.72	1.000	23.73		
A8	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	8.41	3.72	1.000	31.29		
O1	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	79.50	0.44	1.000	34.98		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					294.5		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	15.9	1.000	7.95		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	5	1.000	2.50		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	5	1.000	2.50		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	2.9	1.000	1.45		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	2.9	1.000	1.45		

T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	15.9	1.000	7.15		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	5	1.000	2.25		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	5	1.000	2.25		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	2.9	1.000	1.31		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	2.9	1.000	1.31		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	15.9	1.000	9.54		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	3	1.000	1.20		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	3	1.000	1.20		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.5	1.000	0.60		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	4.4	1.000	1.76		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	4.4	1.000	1.76		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.5	1.000	0.60		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		

T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.45	1.000	0.58		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	4.4	1.000	1.76		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	4.4	1.000	1.76		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.45	1.000	0.58		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1	1.000	0.40		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1	1.000	0.40		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.88		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						370.1	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	bu	$A_k \cdot U_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K					0.88		

Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος						
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)		
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak · Uequiv,k (W/K)	
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00	
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1 · fg2 · Gw	
		1.45				
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$					0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία						
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij · Ak · Uk (W/K)	
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	60.60	1.74	0.00	
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K					370.1	
Θερμοκρασιακά δεδομένα						
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θe	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)		θint,i-θe	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W					11471	
Προσαύξηση %						
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση						11471
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού						
Όγκος δωματίου			Vi	m³	397.5	
Εξωτερική θερμοκρασία			θe	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία			θint,i	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής			nmin,i	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής			Vmin,i	m³/h	198.8	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa			n50	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης			e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους			ε		1.00	
Παροχή αέρα Διείσδυσης			Vinf,i	m³/h	79.50	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς			Vi	m³/h	198.8	

Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	27.03	
Διαφορά θερμοκρασιών	$\theta_{int-\theta_e}$	°C	31	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	837.9	837.9
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης				
Συντελεστής επαναθέρμανσης	fRH	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου	Ai	m ²	79.50	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W		12309

Πίνακας 1.6: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Ισόγειο Χώρος : Καθιστικό - Κουζίνα

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
α/α	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	10.64			10.05		
A2	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	5.00	α		2		
A3	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	12.50	α		5		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					70.63		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	10.45	1.000	4.70		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	10.45	1.000	6.27		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.95	1.000	2.37		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.95	1.000	2.37		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5	1.000	2.00		

	παράθυρα)						
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					1.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \Sigma k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						93.98	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ (W/K)		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	11.06			3.95		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K					6.21		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	b_u	$\Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K					1.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$						6.21	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
		250.0	85.00	5.88			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		$fg1$	$fg2$	G_w	$fg1 \cdot fg2 \cdot G_w$		
		1.45	0.255	1.00			
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot G_w$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	XΔΘ		0.00		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	XΔΘ		0.00		
Δ2	Δαπ.Μαρμ.σε Pilotis Αμόνωτο	0.000	XΔΘ		0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \Sigma k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						100.2	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θ_e	°C	-11		

Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}$	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W				3106	
Προσαύξηση %					
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση					3106
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού					
Όγκος δωματίου5.8	V_i	m ³	111.2		
Εξωτερική θερμοκρασία5.8	θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία1	$\theta_{int,i}$	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής2.5	$n_{min,i}$	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής2.5	$V_{min,i}$	m ³ /h	55.58		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa1.2	n_{50}	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης2.2	e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους2.2	ε		1.00		
Παροχή αέρα Διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	22.23		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	55.58		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	7.56		
Διαφορά θερμοκρασιών U_k (W/m ² K)	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	31		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	234.3		234.3
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης					
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m ²	23		
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	39.70		
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00		0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού					
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W			3341

Πίνακας 1.7: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Ισόγειο Χώρος : Δωμάτιο

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
α/α	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	10.08			3.6		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	10.98			6.05		
A2	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	5.00	α		2		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	0.96	α		0.8		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					33.12		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
T1-	Γωνίες κηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενη στο έδαφος	0.45	3.6	1.000	1.62		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενη στο έδαφος	0.45	6.05	1.000	2.72		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.6	1.000	2.16		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	6.05	1.000	3.63		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.8	1.000	0.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.8	1.000	0.32		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K					0.32		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk						48.07	

$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$							
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	b_u	$\Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K					0.32		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
		250.0	85.00	5.88			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg_1	fg_2	G_w	$fg_1 \cdot fg_2 \cdot G_w$		
		1.45	0.255	1.00			
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg_1 \cdot fg_2 \cdot G_w$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	XΔΘ		0.00		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	XΔΘ		0.00		
Δ2	Δαπ.Μαρμ.σε Pilotis Αμόνωτο	0.000	XΔΘ		0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \Sigma k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						48.07	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i}$	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						1490	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							1490

Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού				
Όγκος δωματίου 5.8	V_i	m ³	60.98	
Εξωτερική θερμοκρασία 5.8	θ_e	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία 1	$\theta_{int,i}$	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής 2.5	$n_{min,i}$	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής 2.5	$V_{min,i}$	m ³ /h	30.49	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa 1.2	n_{50}	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης 2.2	e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους 2.2	ε		1.00	
Παροχή αέρα Διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	12.20	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	30.49	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	4.15	
Διαφορά θερμοκρασιών U_k (W/m ² K)	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	31	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	128.6	128.6
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης				
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	21.78	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W		1619

Πίνακας 1.8: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Ισόγειο Χώρος : Λουτρό

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	5.48			2.3		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	0.96	α		0.8		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					6.42		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	2.3	1.000	1.03		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	2.3	1.000	1.38		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	2.3	1.000	1.38		

Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	2.3	1.000	1.38		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.8	1.000	0.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.8	1.000	0.32		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.32		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						13.20	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	bu	$A_k \cdot U_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	lk (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.9	0.061	0.02		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	0.061	0.05		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	0.061	0.05		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K					0.05		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot bu + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$						0.13	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
		250.0	85.00	5.88			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1 · fg2 · Gw		
		1.45	0.300	1.00			
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$fij \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E10.00						0.00	

ΕΙ Εσωτερική τοιχοποιία 10						0.060	XΔΘ0.00
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.060	XΔΘ		0.00		
A12	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	0.060	XΔΘ	α	0.00		
Δ2	Δαπ.Μαρμ.σε Pilotis Αμόνωτο	0.060	XΔΘ		0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k_{fij} \cdot A_k \cdot U_k$						3.29	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						16.61	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i}$	°C	22		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	33		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						548	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							548.1
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου				V_i	m ³	14.81	
Εξωτερική θερμοκρασία 5.8				θ_e	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία 5.8				$\theta_{int,i}$	°C	22	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής 1				$n_{min,i}$	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής 2.5				$V_{min,i}$	m ³ /h	7.41	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa 2.5				n_{50}	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης 1.2				e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους 2.2				ε		1.00	
Παροχή αέρα Διείσδυσης 2.2				$V_{inf,i}$	m ³ /h	2.96	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς				V_i	m ³ /h	7.41	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)				$H_{v,i}$	W/K	1.01	
Διαφορά θερμοκρασιών				$\theta_{int} - \theta_e$	°C	33	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)				$\Phi_{v,i}$	W	33.24	33.24
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης				f_{RH}	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου				A_i	m ²	5.29	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης				$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00

Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες		ΦHL,i	W	581.4

Πίνακας 1.9: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Ισόγειο Χώρος : Γραφείο

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	11.06			3.95		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	4.66			3.45		
A2	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	5.00	A		2		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum Ak \cdot Uk \cdot ek$ W/K					26.77		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	3.95	1.000	1.78		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	3.45	1.000	1.55		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.95	1.000	2.37		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.45	1.000	2.07		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.5	1.000	1.00		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum \Psi k \cdot lk \cdot ek$ W/K					1.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum Ak \cdot Uk \cdot ek + \sum \Psi k \cdot lk \cdot ek$						38.18	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	11.06			3.95		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum Ak \cdot Uk \cdot bu$ W/K					6.21		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum \Psi k \cdot lk \cdot bu$ W/K					1.00		

Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ + $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					6.21	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος						
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2· Ag/P (m)		
		250.0	85.00	5.88		
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)	
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00	
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw	
		1.45	0.255	1.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$					0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία						
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)	
E10.00					0.00	
Δ2Δαπ.Μαρμ.σε Pilotis Αμόνωτο					0.000	XΔΘ0 .00
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K					44.39	
Θερμοκρασιακά δεδομένα						
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θe	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)		θint,i-θe	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W					1376	
Προσαύξηση %						
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση						1376
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού						
Όγκος δωματίου			Vi	m³	38.16	548.1
Εξωτερική θερμοκρασία			θe	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία			θint,i	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής			nmin,i	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής5.8			Vmin,i	m³/h	19.08	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa5.8			n50	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισηςl			e		0.02	

Συντελεστής διόρθωσης ύψους2.5	ε		1.00	
Παροχή αέρα Διείσδυσης2.5	$V_{inf,i}$	m ³ /h	7.63	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς1.2	V_i	m ³ /h	19.08	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)2.2	$H_{v,i}$	W/K	2.59	
Διαφορά θερμοκρασιών2.2	$\theta_{int-\theta_e}$	°C	31	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	80.43	80.43
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης				
Συντελεστής επαναθέρμανσης	fRH	W/m ²	23	33.24
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	13.63	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W		1457

Πίνακας 1.10: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Ισόγειο Χώρος : Wc

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	5.90			2.45		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	0.96	A		0.8		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					6.64		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	2.45	1.000	1.10		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	1.3	1.000	0.78		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	1.3	1.000	0.78		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	2.45	1.000	1.47		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.8	1.000	0.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.8	1.000	0.32		

Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.32		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					12.37		
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	b_u	$\Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ (W/K)		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.9	0.061	0.02		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	0.061	0.05		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	0.061	0.05		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K					0.05		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					0.13		
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
		250.0	85.00	5.88			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		$fg1$	$fg2$	G_w	$fg1 \cdot fg2 \cdot G_w$		
		1.45	0.300	1.00			
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot G_w$					0.00		
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E10.00					0.00		
E1Εσωτερική τοιχοποιία 10					0.060		XΔΘ0.00
E10.00					0.00		
A120.00					44.39		
Δ2Δαπ.Μαρμ.σε Pilotis Αμόνωτο					0.060		XΔΘ0.00
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					2.40		
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K					14.90		
Θερμοκρασιακά δεδομένα							

Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}$	°C	22		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	33		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W				492	
Προσαύξηση %					
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση					491.9
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού					
Όγκος δωματίου	V_i	m ³	8.92		
Εξωτερική θερμοκρασία 5.8	θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία 5.8	$\theta_{int,i}$	°C	22		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής 1	$n_{min,i}$	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής 2.5	$V_{min,i}$	m ³ /h	4.46		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa 2.5	n_{50}	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης 1.2	e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους 2.2	ε		1.00		
Παροχή αέρα Διεϊσδυσης 2.2	$V_{inf,i}$	m ³ /h	1.78		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	4.46		80.43
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	0.61		
Διαφορά θερμοκρασιών	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	33		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	20.01		20.01
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης					
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m ²	23		
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	3.18		
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00		0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού					
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W			512.0

Πίνακας 1.11: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Ισόγειο Χώρος : Βοηθητικός χώρος

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\Sigma_k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.00		

Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	bu	$A_k \cdot U_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K						0.00	
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	lk (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K						0.00	
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot bu + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
		250.0	85.00	5.88			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K						0.00	
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	$fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$		
		1.45	0.255	1.00			
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	F_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	XΔΘ		0.00		
E1						0.00	
E10.00						0.13	
E1Εσωτερική τοιχοποιία 10						0.000	XΔΘ0.00
Δ2Δαπ.Μαρμ.σε Αμόνωτο	Pilotis	0.000	XΔΘ		0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						0.00	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			Θe	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			θint,i-Θe	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						0	

Προσαύξηση %					
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση					0.00
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού					
Όγκος δωματίουΧΔΘ	Vi	m ³	15.09		
Εξωτερική θερμοκρασίαΧΔΘ	θe	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία	θint,i	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής	nmin,i	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής	Vmin,i	m ³ /h	7.55		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Paθe	n50	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισηςθint,i	e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψουςθint,i-θe	ε		1.00		
Παροχή αέρα Διείσδυσης	Vinf,i	m ³ /h	3.02		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	Vi	m ³ /h	7.55		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	Hv,i	W/K	1.03	491.9	
Διαφορά θερμοκρασιών	θint-θe	°C	31		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	Φv,i	W	31.81	31.81	
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης					
Συντελεστής επαναθέρμανσης5.8	fRH	W/m ²	23		
Εμβαδό δαπέδουI	Ai	m ²	5.39		
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	ΦRH,i	W	0.00	0.00	
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού					
Συνολικές θερμικές απώλειες	ΦHL,i	W			31.81

Πίνακας 1.12: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Ισόγειο Χώρος : Διάδρομος

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	1.11			1.2		
A10	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	2.25	A		0.9		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					13.68		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.9	1.000	0.36		

T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.88		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						15.80	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	bu	$A_k \cdot U_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K					0.88		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot bu + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
		250.0	85.00	5.88			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	$fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$		
		1.45	0.255	1.00			
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$fij \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E10.00						0.00	
E10.00						0.00	
E1Εσωτερική τοιχοποιία 10						0.000	XΔΘ0.00
Δ20.000			XΔΘ		0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k fij \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						15.80	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			Θe	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			θint,i-Θe	°C	31		

Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad W$				490	
Προσαύξηση %					
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση				489.5	
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού					
Όγκος δωματίου	V_i	m^3	50.23		
Εξωτερική θερμοκρασία θ_e	θ_e	$^{\circ}C$	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία $\theta_{int,i}$	$\theta_{int,i}$	$^{\circ}C$	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής $\theta_{int,i} - \theta_e$	$n_{min,i}$	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής	$V_{min,i}$	m^3/h	25.12		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n_{50}	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02	491.9	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00		
Παροχή αέρα Διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m^3/h	10.05	31.81	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m^3/h	25.12		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	3.42		
Διαφορά θερμοκρασιών 5.8	$\theta_{int} - \theta_e$	$^{\circ}C$	31		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	105.9	105.9	
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης					
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m^2	23		
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m^2	17.94	31.81	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00	
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού					
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W		595.4	

Πίνακας 1.13: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Ισόγειο Χώρος : Σκάλα

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	$A_k (m^2)$	$U_k (W/m^2K)$	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	9.14			3.65		
A14	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό	12.76	α		1.1		

	πλαίσιο)						
O1	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	13.14			3.65		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων		$\Sigma k \cdot A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K			58.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
O1-	Οροφή ή δώμα κτιρίου	0.5	3.65	1.000	1.83		
T1-	Γωνίες κτιρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.45	3.65	1.000	1.64		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.65	1.000	2.19		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.6	1.000	2.16		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.6	1.000	2.16		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.1	1.000	0.44		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.1	1.000	0.44		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	5.8	1.000	2.32		

Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					2.32		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					78.56		
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	bu	$A_k \cdot U_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K					2.32		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot bu + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$					0.00		
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	$fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$					0.00		
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	F_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E10.00					490		
E10.000			ΧΔΘ		0.00		
E1						489.5	
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0.00		
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K					78.56		
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			Θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i}$	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i} - \Theta_e$	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \Theta_e)$ W					2435		
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση						2435	

Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού				
Όγκος δωματίου	V_i	m ³	78.84	
Εξωτερική θερμοκρασία	θ_e	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία 5.8	$\theta_{int,i}$	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής	$n_{min,i}$	1/h	0.5	105.9
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής	$V_{min,i}$	m ³ /h	39.42	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n_{50}	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00	31.81
Παροχή αέρα Διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	15.77	0.00
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	39.42	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	5.36	
Διαφορά θερμοκρασιών	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	31	595.4
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	166.2	166.2
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης				
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	13.14	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W		2601

Πίνακας 1.14: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Όροφος Χώρος : Δωμάτιο 1

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	7.94			4.55		
A15	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	4.80	A		2		
T2	Τούβλο Διακ.	11.06			3.95		

	Δρομικός Μον. 5cm						
O1	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	17.97			3.95		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					35.65		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	4.55	1.000	2.28		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	3.95	1.000	1.98		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
Δ2-	Εξώστες (μπαλκόνια)	0.95	4.55	1.000	4.32		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	4.55	1.000	2.73		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.95	1.000	2.37		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.95	1.000	2.37		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.4	1.000	0.96		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.4	1.000	0.96		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.96		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \Sigma k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						55.25	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$		

	Στοιχείο				(W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K					0.96		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k A_k \cdot U_k \cdot bu + \Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		$fg1$	$fg2$	G_w	$fg1 \cdot fg2 \cdot G_w$		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot G_w$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	F_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E10.00						490	
E10.000			ΧΔΘ		0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \Sigma k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						55.25	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i}$	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						1713	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							1713
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου				V_i	m ³	50.32	
Εξωτερική θερμοκρασία				θ_e	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία				$\theta_{int,i}$	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής 5.8				$n_{min,i}$	1/h	0.5	

Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής	$V_{min,i}$	m ³ /h	25.16	105.9
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n50	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00	
Παροχή αέρα διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	10.06	31.81
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	25.16	0.00
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	3.42	
Διαφορά θερμοκρασιών	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	31	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	106.1	106.1
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης				
Συντελεστής επαναθέρμανσης	fRH	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου	Ai	m ²	17.97	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W		1819

Πίνακας 1.15: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Όροφος Χώρος : Δωμάτιο 2

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	7.94			4.55		
A15	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	4.80	A		2		
O1	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	17.97			3.95		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων		Σk Ak·Uk·ek	W/K		29.90		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
O1-	Οροφή ή	0.5	4.55	1.000	2.28		

	δώμα κτηρίου						
Δ2-	Εξώστες (μπαλκόνια)	0.95	4.55	1.000	4.32		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	4.55	1.000	2.73		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.95	1.000	2.37		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.95	1.000	2.37		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.4	1.000	0.96		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.4	1.000	0.96		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi k \cdot l k \cdot e k$ W/K					0.96		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A k \cdot U k \cdot e k + \sum k \Psi k \cdot l k \cdot e k$						46.69	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	$A k$ (m ²)	$U k$ (W/m ² K)	$b u$	$A k \cdot U k \cdot b u$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A k \cdot U k \cdot b u$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	$l k$ (m)	$b u$	$\Psi k \cdot l k \cdot b u$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi k \cdot l k \cdot b u$ W/K					0.96		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A k \cdot U k \cdot b u + \sum k \Psi k \cdot l k \cdot b u$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		$A g$ (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A g / P$ (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	$U k$ (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	$A k$ (m ²)	$A k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		$f g 1$	$f g 2$	$G w$	$f g 1 \cdot f g 2 \cdot G w$		
		1.45					

Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	$A_k (m^2)$	$U_k (W/m^2K)$	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	ΧΔΘ		0.00		
E10.00						0.00	
E1 Εσωτερική τοιχοποιία 10						0.000	ΧΔΘ0.00
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						46.69	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i}$	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						1447	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							1447
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου				V_i	m ³	50.32	1713
Εξωτερική θερμοκρασία				θ_e	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία				$\theta_{int,i}$	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής				$n_{min,i}$	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής				$V_{min,i}$	m ³ /h	25.16	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa				n_{50}	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης 5.8				e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους				ε		1.00	105.9
Παροχή αέρα Διείσδυσης				$V_{inf,i}$	m ³ /h	10.06	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς				V_i	m ³ /h	25.16	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)				$H_{v,i}$	W/K	3.42	
Διαφορά θερμοκρασιών				$\theta_{int} - \theta_e$	°C	31	31.81
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)				$\Phi_{v,i}$	W	106.1	106.1
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης				f_{RH}	W/m ²	23	106.1
Εμβαδό δαπέδου				A_i	m ²	17.97	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης				$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00

Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	ΦHL,i	W		1553

Πίνακας 1.16: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Όροφος Χώρος : Δωμάτιο 3

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	9.26			5.45		
A15	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	4.80	A		2		
A16	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	1.20	A		0.5		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	8.82			3.15		
O1	Στέγη Μονωμένη-Κεραμίδια Γαλλ.	17.17			3.15		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων		Σk Ak·Uk·ek W/K			39.28		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	5.45	1.000	2.72		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	3.15	1.000	1.58		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		

Δ2-	Εξώστες (μπαλκόνια)	0.95	5.45	1.000	5.18		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	5.45	1.000	3.27		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.15	1.000	1.89		
Δ2-	Ενδιάμεσα δάπεδα	0.6	3.15	1.000	1.89		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.4	1.000	0.96		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.4	1.000	0.96		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.5	1.000	0.20		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.4	1.000	0.96		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.4	1.000	0.96		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi k \cdot l k \cdot e k$ W/K					0.96		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A k \cdot U k \cdot e k + \sum k \Psi k \cdot l k \cdot e k$						61.49	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	$A k$ (m ²)	$U k$ (W/m ² K)	$b u$	$A k \cdot U k \cdot b u$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A k \cdot U k \cdot b u$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	$l k$ (m)	$b u$	$\Psi k \cdot l k \cdot b u$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi k \cdot l k \cdot b u$ W/K					0.96		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A k \cdot U k \cdot b u + \sum k \Psi k \cdot l k \cdot b u$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							

Υπολογισμός του B		Ag (m ²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m ² K)	Uequiv,k (W/m ² K)	Ak (m ²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων Σk Ak·Uequiv,k W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος Ht,ig = (Σk Ak·Uequiv,k)·fg1·fg2·Gw						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
E10.000			ΧΔΘ		0.00		
E10.00						1447	
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία Ht,ij = Σk fij·Ak·Uk						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας Ht,i = Ht,ie + Ht,iue + Ht,ig + Ht,ij W/K						61.49	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θe	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			θint,i-θe	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας Φt,i = Ht,i·(θint,i - θe) W						1906	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							1906
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου				Vi	m ³	48.07	105.9
Εξωτερική θερμοκρασία				θe	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία				θint,i	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής				nmin,i	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής				Vmin,i	m ³ /h	24.03	31.81
Αριθμός εναλλαγών/Ω στα 50 Pa				n50	1/h	5	106.1
Συντελεστής θωράκισης				e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους				ε		1.00	
Παροχή αέρα διείσδυσης				Vinf,i	m ³ /h	9.61	106.1
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς				Vi	m ³ /h	24.03	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)				Hv,i	W/K	3.27	0.00
Διαφορά θερμοκρασιών				θint-θe	°C	31	

Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{V,i}$	W	101.3	101.3
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης				
Συντελεστής επαναθέρμανσης	fRH	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου	Ai	m ²	17.17	1819
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W		2007

Πίνακας 1.17: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Όροφος Χώρος : Γκαρνταρόμπα

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	9.79			3.85		
A17	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	0.99	A		0.9		
O1	Στέγη Μονωμένη-Κεραμίδια Γαλλ.	8.85			3.85		
O1	Στέγη Μονωμένη-Κεραμίδια Γαλλ.	3.78			3.15		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k Ak \cdot Uk \cdot ek$ W/K					14.32		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	lk (m)	ek	$\Psi_k \cdot lk \cdot ek$ (W/K)		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	3.95	1.000	1.98		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.9	1.000	0.36		

T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.9	1.000	0.36		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.1	1.000	0.44		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.1	1.000	0.44		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.44		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						17.89	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	bu	$A_k \cdot U_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	lk (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K					0.44		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot bu + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	$fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$fij \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
ΕΙΕσωτερική τοιχοποιία 10						0.000	ΧΔΘ0.00
ΕΙΕσωτερική τοιχοποιία 10		0.000	ΧΔΘ		0.00		
ΕΙΕσωτερική τοιχοποιία 10		0.000	ΧΔΘ		0.00		
E1	Εσωτερική	0.000	ΧΔΘ		0.00		

	τοιχοποιία 10						
E1					0.00		
E1Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	ΧΔΘ			0.00		
E1Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	ΧΔΘ			0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k_{fij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						17.89	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	θ_e	°C		-11			
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}$	°C		20			
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C		31			
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						555	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							555.1
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου	V_i	m ³		35.28			
Εξωτερική θερμοκρασία	θ_e	°C		-11			
Εσωτερική θερμοκρασία	$\theta_{int,i}$	°C		20			1906
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής	$n_{min,i}$	1/h		0.5			
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής	$V_{min,i}$	m ³ /h		17.64			
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n_{50}	1/h		5			105.9
Συντελεστής θωράκισης	e			0.02			
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε			1.00			
Παροχή αέρα Διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h		7.06			
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h		17.64			31.81
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K		2.40			106.1
Διαφορά θερμοκρασιών	$\theta_{int} - \theta_e$	°C		31			
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W		74.37			74.37
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m ²		23			0.00
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²		12.60			
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W		0.00			0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού							
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W					629.4

Πίνακας 1.18: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Όροφος Χώρος : Λουτρό 1

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	11.09			5.55		
A18	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2.20	A		2		
A10	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	2.25	A		0.9		
A12	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (ξύλινο πλαίσιο)	1.98	A		0.9		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	4.90			1.75		
O1	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	4.03			1.75		
O1	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	11.70			3.6		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων		Σk Ak·Uk·ek	W/K			43.43	
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	5.55	1.000	2.78		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	1.75	1.000	0.88		
T1-	Γωνίες	0.15	2.8	1.000	0.42		

	κτηρίου						
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	2.8	1.000	0.42		
Δ2-	Εξώστες (μπαλκόνια)	0.95	5.55	1.000	5.27		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.1	1.000	0.44		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.1	1.000	0.44		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.8	1.000	0.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi k \cdot l k \cdot e k$ W/K					0.88		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A k \cdot U k \cdot e k + \sum k \Psi k \cdot l k \cdot e k$						57.75	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	$A k$ (m ²)	$U k$ (W/m ² K)	$b u$	$A k \cdot U k \cdot b u$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A k \cdot U k \cdot b u$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	$l k$ (m)	$b u$	$\Psi k \cdot l k \cdot b u$ (W/K)		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.9	0.061	0.02		
E1-	Ανοίγματα	0.4	2.2	0.061	0.05		

	(θύρες παράθυρα)	—						
E1-	Ανοίγματα (θύρες παράθυρα)	—	0.4	2.2	0.061	0.05		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \Psi k \cdot l k \cdot b u$ W/K						0.05		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k A k \cdot U k \cdot b u + \Sigma k \Psi k \cdot l k \cdot b u$						0.13		
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος								
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)				
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)			
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\Sigma k A k \cdot U_{equiv,k}$ W/K						0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw			
		1.45						
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\Sigma k A k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						0.00		
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία								
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)			
E10.00						555		
E10.060			ΧΔΘ		0.00			
E1							555.1	
E1Εσωτερική τοιχοποιία 100.060ΧΔΘ0.00								
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \Sigma k f_{ij} \cdot A k \cdot U k$						3.29		
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						61.17		
Θερμοκρασιακά δεδομένα								
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θe	°C	-11			
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	22			
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			θint,i-θe	°C	33			
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						2018		
Προσαύξηση %								
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							2018	
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού								
Όγκος δωματίου				Vi	m³	43.68	106.1	

Εξωτερική θερμοκρασία	θ_e	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία	$\theta_{int,i}$	°C	22	74.37
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής	$n_{min,i}$	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής	$V_{min,i}$	m ³ /h	21.84	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n_{50}	1/h	5	0.00
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00	0.00
Παροχή αέρα διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	8.74	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	21.84	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	2.97	629.4
Διαφορά θερμοκρασιών	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	33	1819
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	98.02	98.02
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης				
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m ²	23	2007
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	15.60	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W		2117

Πίνακας 1.19: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Όροφος Χώρος : Βοηθητικός χώρος

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	4.75			2.5		
A10	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	2.25	A		0.9		
O1	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	9.00			2.5		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					19.53		

Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	2.5	1.000	1.25		
Δ2-	Εξώστες (μπαλκόνια)	0.95	2.5	1.000	2.38		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.8	1.000	0.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.88		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						25.24	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	b_u	$\Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K					0.88		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg_1	fg_2	G_w	$fg_1 \cdot fg_2 \cdot G_w$		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg_1 \cdot fg_2 \cdot G_w$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							

Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f _{ij}	A _k (m ²)	U _k (W/m ² K)	f _{ij} ·A _k ·U _k (W/K)		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	ΧΔΘ		0.00		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	0.000	ΧΔΘ		0.00		
E1					0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία H _{t,ij} = Σk f _{ij} ·A _k ·U _k						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας H _{t,i} = H _{t,ie} + H _{t,iue} + H _{t,ig} + H _{t,ij} W/K						25.24	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θ _e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θ _{int,i}	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			θ _{int,i} -θ _e	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας Φ _{t,i} = H _{t,i} ·(θ _{int,i} - θ _e) W						782	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							782.2
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου ΧΔΘ				V _i	m ³	25.20	
Εξωτερική θερμοκρασία ΧΔΘ				θ _e	°C	-11	
Εσωτερική θερμοκρασία ΧΔΘ				θ _{int,i}	°C	20	555.1
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής ΧΔΘ				n _{min,i}	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής				V _{min,i}	m ³ /h	12.60	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa				n ₅₀	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης				e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους θ _e				ε		1.00	
Παροχή αέρα Διείσδυσης θ _{int,i}				V _{inf,i}	m ³ /h	5.04	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς θ _{int,i} -θ _e				V _i	m ³ /h	12.60	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)				H _{v,i}	W/K	1.71	
Διαφορά θερμοκρασιών				θ _{int} -θ _e	°C	31	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)				Φ _{v,i}	W	53.12	53.12
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης				f _{RH}	W/m ²	23	106.1
Εμβαδό δαπέδου				A _i	m ²	9.00	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης				Φ _{RH,i}	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού							

Συνολικές θερμικές απώλειες	ΦΗL _i	W		835.3
-----------------------------	------------------	---	--	-------

Πίνακας 1.20: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Όροφος Χώρος : Λουτρό 2

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός Μον. 5cm	6.74			2.75		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	0.96	A		0.8		
O1	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	9.90			2.75		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων		Σk Ak·Uk·ek W/K			11.43		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
O1-	Οροφή ή δώμα κτηρίου	0.5	2.75	1.000	1.37		
Δ2-	Εξώστες (μπαλκόνια)	0.95	2.75	1.000	2.61		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.8	1.000	0.32		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T2-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K					0.48		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk Ψk·lk·ek						16.70	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							

Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
E1					3.6		
E1	Εσωτερική τοιχοποιία 10	10.08			3.6		
E1					2.75		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k Ak \cdot Uk \cdot bu$ W/K					2.93		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	0.9	0.061	0.02		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	0.061	0.05		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	0.061	0.05		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \Psi k \cdot lk \cdot bu$ W/K					0.05		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k Ak \cdot Uk \cdot bu + \Sigma k \Psi k \cdot lk \cdot bu$						3.06	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\Sigma k Ak \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\Sigma k Ak \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
A120.060			ΧΔΘ	α	0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \Sigma k f_{ij} \cdot Ak \cdot Uk$						0.42	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						20.18	

Θερμοκρασιακά δεδομένα					
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}$	°C	22		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	33		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W				666	
Προσαύξηση %					
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση					666.0
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού					
Όγκος δωματίου	V_i	m ³	0.00		
Εξωτερική θερμοκρασία	θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία	$\theta_{int,i}$	°C	22		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής θ_e	$n_{min,i}$	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής $\theta_{int,i}$	$V_{min,i}$	m ³ /h	0.00		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa $\theta_{int,i}-\theta_e$	n_{50}	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00		
Παροχή αέρα διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	0.00		53.12
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	0.00		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	0.00		
Διαφορά θερμοκρασιών	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	33		106.1
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	0.00		0.00
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης					
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m ²	23		
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	0.00		835.3
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00		0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού					
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W			666.0

Πίνακας 1.21: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Όροφος Χώρος : Διάδρομος

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
T2	Τούβλο Διακ. Δρομικός	3.36			1.2		

	Μον. 5cm						
O1	Στέγη Μονωμένη- Κεραμίδια Γαλλ.	10.98			1.2		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					6.58		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$					6.58		
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	b_u	$\Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					0.00		
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg_1	fg_2	G_w	$fg_1 \cdot fg_2 \cdot G_w$		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg_1 \cdot fg_2 \cdot G_w$					0.00		
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E1					0.00		
E10.00						3.06	
E1Εσωτερική τοιχοποιία 10						0.000	ΧΔΘ0.00
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	

Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K				6.58	
Θερμοκρασιακά δεδομένα					
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	Θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}$	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	31		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W				204	
Προσαύξηση %					
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση					204.0
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού					
Όγκος δωματίου	V_i	m ³	30.74		
Εξωτερική θερμοκρασία	θ_e	°C	-11		
Εσωτερική θερμοκρασία θ_e	$\theta_{int,i}$	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής $\theta_{int,i}$	$n_{min,i}$	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής $\theta_{int,i} - \theta_e$	$V_{min,i}$	m ³ /h	15.37		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n_{50}	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00		666.0
Παροχή αέρα διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	6.15		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	15.37		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	2.09		
Διαφορά θερμοκρασιών	$\theta_{int} - \theta_e$	°C	31		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	64.81		64.81
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης					
Συντελεστής επαναθέρμανσης $\theta_{int,i} - \theta_e$	f_{RH}	W/m ²	23		
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	10.98		
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00		0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού					
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W			268.8

Πίνακας 1.22: Υπολογισμοί απωλειών θερμοπερατότητας

Όνομα χώρου	V_i	θ_e	$\theta_{int,i}$	$\theta_{int} - \theta_e$	V_i	$H_{v,i}$	$\Phi_{v,i}$
	m ³	°C	°C	°C	m ³ /h	W/K	W
Χώλ	- 397.5	-7	20	31	79.50	27.03	837.9
Καθιστικό	-						
Τρ							

Καθιστικό - Κουζίνα	111.2	-7	20	31	22.23	7.56	234.3
Δωμάτιο	60.98	-7	20	31	12.20	4.15	128.6
Λουτρό	14.81	-7	22	33	2.96	1.01	33.24
Γραφείο	38.16	-7	20	31	7.63	2.59	80.43
Wc	8.92	-7	22	33	1.78	0.61	20.01
Βοηθητικός χώρος	15.09	-7	20	31	3.02	1.03	31.81
Διάδρομος	50.23	-7	20	31	10.05	3.42	105.9
Σκάλα	78.84	-7	20	31	15.77	5.36	166.2
Δωμάτιο 1	50.32	-7	20	31	10.06	3.42	106.1
Δωμάτιο 2	50.32	-7	20	31	10.06	3.42	106.1
Δωμάτιο 3	48.07	-7	20	31	9.61	3.27	101.3
Γκαρνταρομπα	35.28	-7	20	31	7.06	2.40	74.37
Λουτρό 1	43.68	-7	22	33	8.74	2.97	98.02
Βοηθητικός χώρος	25.20	-7	20	31	5.04	1.71	53.12
Λουτρό 2	0.00	-7	22	33	0.00	0.00	0.00
Διάδρομος	30.74	-7	20	31	6.15	2.09	64.81
Σύνολο	2717						2242

Πίνακας 1.23: Μελέτη ενδοδαπέδιας θέρμανσης κατοικίας Θεσσαλονίκης

Σαλόνι κατοικίας

Αριθμός Κυκλ.	Μήκ.Σωλ. στο Κύκλ. Μ	Μήκ.Σωλ. Πρ.&Επιστ. στο Κύκλ. (m)	Μήκος Σωλήνα m	Φορτίο Κυκλώμ. (KWatt)	Πτώση Θερμ. °C	Παροχή Νερού m³/h	Διάμετρος Σωλήνα mm	Ταχύτητα Νερού m/s	Τριβές Εξαρτ. mYΣ	Στραγγαλ. mYΣ	Τριβές Σωλήνων mYΣ	Ολικές Τριβές mYΣ
1.101	45.33		45.33	0.323	28.08	0.010	17x2	0.024	0.000	0.198	0.009	0.207
1.102	48.00		48.00	0.342	28.08	0.010	17x2	0.026	0.000	0.196	0.011	0.207
1.103	48.67		48.67	0.347	28.08	0.011	17x2	0.026	0.000	0.196	0.011	0.207
1.104	54.67		54.67	0.390	28.08	0.012	17x2	0.029	0.000	0.192	0.015	0.207
1.105	56.00		56.00	0.399	28.08	0.012	17x2	0.030	0.000	0.191	0.016	0.207
1.106	78.67		78.67	0.465	31.81	0.013	17x2	0.031	0.000	0.183	0.023	0.207
1.107	54.67		54.67	0.390	28.08	0.012	17x2	0.029	0.000	0.192	0.015	0.207
1.108	32.00		32.00	0.228	28.08	0.007	17x2	0.017		0.203	0.004	0.207
1.109	61.33		61.33	0.465	26.67	0.015	17x2	0.037	0.000	0.182	0.024	0.207
1.110	53.33		53.33	0.403	26.79	0.013	17x2	0.032	0.000	0.190	0.017	0.207

1.111	54.67		54.67	0.413	26.77	0.013	17x2	0.033	0.000	0.189	0.018	0.207
1.112	53.33		53.33	0.403	26.79	0.013	17x2	0.032	0.000	0.190	0.017	0.207
1.113	60.00		60.00	0.428	28.08	0.013	17x2	0.032	0.000	0.188	0.019	0.207
1.114	64.00		64.00	0.486	26.64	0.016	17x2	0.039	0.000	0.179	0.027	0.207
1.115	64.00		64.00	0.465	27.64	0.015	17x2	0.036	0.000	0.183	0.024	0.207
1.116	46.40		46.40	0.331	28.08	0.010	17x2	0.025	0.000	0.197	0.010	0.207
1.117	36.00		36.00	0.257	28.08	0.008	17x2	0.019	0.000	0.202	0.005	0.207
1.118	50.40		50.40	0.359	28.08	0.011	17x2	0.027	0.000	0.195	0.012	0.207
1				6.894		0.214	Φ 22	0.409	0.013		0.000	0.013

Πίνακας 1.24: Υπολογισμοί Σωληνώσεων Ενδοδαπέδιας Κεντρικής Θέρμανσης

Ισόγειο κατοικίας												
Αριθμ ός Κυκλ.	Μήκ.Σ ωλ. στο Κύκλ. Μ	Μήκ.Σ ωλ. Πρ.&Ε πιστ. στο Κύκλ. (m)	Μήκος Σωλήν α m	Φορτί ο Κυκλώ μ. (KWatt)	Πτώση Θερμ. °C	Παροχ ή Νερού m ³ /h	Διάμετ ρος Σωλήν α mm	Ταχύτ ητα Νερού m/s	Τριβές Εξαρτ. mΥΣ	Στρα γγαλ. mΥΣ	Τριβές Σωλήν ων mΥΣ	Ολικές Τριβές mΥΣ
2.201	45.33		45.33	0.323	27.63	0.010	17x2	0.025	0.000	0.193	0.009	0.203
2.202	53.33		53.33	0.403	26.34	0.013	17x2	0.032	0.000	0.186	0.017	0.203
2.203	55.07		55.07	0.785	22.36	0.030	17x2	0.074	0.002	0.132	0.069	0.203
2.204	78.67		78.67	1.151	21.66	0.046	17x2	0.113	0.004		0.199	0.203
2.205	34.00		34.00	0.110	43.39	0.002	17x2	0.005		0.202	0.001	0.203
2.206	21.33		21.33	0.314	21.51	0.013	17x2	0.031	0.000	0.196	0.006	0.203
2.301	72.67		72.67	0.539	26.76	0.017	17x2	0.043	0.001	0.166	0.036	0.203
2.302	52.00		52.00	0.785	20.79	0.033	17x2	0.080	0.002	0.127	0.074	0.203
2.303	35.33		35.33	0.504	22.36	0.019	17x2	0.048	0.001	0.181	0.021	0.203
2.304	14.00		14.00	0.209	21.06	0.009	17x2	0.021	0.000	0.201	0.002	0.203
2.401	32.93		32.93	0.339	17.88	0.016	17x2	0.040	0.000	0.188	0.015	0.203
2.501	46.00		46.00	0.701	20.50	0.029	17x2	0.072	0.002	0.146	0.055	0.203
2.502	39.33		39.33	0.561	22.36	0.022	17x2	0.053	0.001	0.174	0.028	0.203
2.601	31.20		31.20	0.321	17.88	0.015	17x2	0.038	0.000	0.190	0.013	0.203
2.701	19.07		19.07	0.282	21.31	0.011	17x2	0.028	0.000	0.198	0.005	0.203
2.801	46.67		46.67	0.622	24.12	0.022	17x2	0.055	0.001	0.167	0.035	0.203
2.802	25.33		25.33	0.361	22.36	0.014	17x2	0.034	0.000	0.194	0.009	0.203
2.901	78.40		78.40	0.596	26.17	0.020	17x2	0.048	0.001	0.154	0.048	0.203
2.902	31.20		31.20	0.471	20.79	0.020	17x2	0.048	0.001	0.183	0.019	0.203
2				9.377		0.361	Φ 22	0.475	0.017		0.000	0.017

Πίνακας 1.25: Υπολογισμοί Σωληνώσεων Ενδοδαπέδιας Κεντρικής Θέρμανσης

Όροφος κατοικίας

Αριθμ ός Κυκλ.	Μήκ.Σ ωλ. στο Κύκλ. Μ	Μήκ.Σ ωλ. Πρ.&Ε πιστ. στο Κύκλ. (m)	Μήκος Σωλήν α m	Φορτί ο Κυκλώ μ. (KWatt)	Πτώση Θερμ. °C	Παροχ ή Νερού m³/h	Διάμετ ρος Σωλήν α mm	Ταχύτ ητα Νερού m/s	Τριβές Εξαρτ. mΥΣ	Στρα γγαλ. mΥΣ	Τριβές Σωλήν ων mΥΣ	Ολικές Τριβές mΥΣ
3.101	52.00		52.00	0.392	25.91	0.013	17x2	0.032	0.000	0.190	0.016	0.207
3.102	61.53		61.53	0.878	21.91	0.035	17x2	0.085	0.002	0.108	0.097	0.207
3.201	52.00		52.00	0.392	25.91	0.013	17x2	0.032	0.000	0.190	0.016	0.207
3.202	61.53		61.53	0.878	21.91	0.035	17x2	0.085	0.002	0.108	0.097	0.207
3.301	72.67		72.67	0.549	25.87	0.018	17x2	0.045	0.001	0.167	0.040	0.207
3.302	78.67		78.67	1.122	21.91	0.044	17x2	0.108	0.004	0.017	0.187	0.207
3.401	66.67		66.67	0.658	30.28	0.019	17x2	0.046	0.001	0.168	0.038	0.207
3.501	72.00		72.00	0.741	17.43	0.037	17x2	0.090	0.002	0.080	0.125	0.207
3.601	16.80		16.80	0.240	21.91	0.009	17x2	0.023	0.000	0.204	0.003	0.207
3.701	84.00		84.00	0.837	18.48	0.039	17x2	0.096	0.003	0.042	0.162	0.207
3.801	63.33		63.33	0.941	20.76	0.039	17x2	0.096	0.003	0.082	0.122	0.207
3.802	30.00		30.00	0.418	22.51	0.016	17x2	0.039	0.000	0.193	0.013	0.207
3				8.046		0.317	Φ 22	0.417	0.013		0.000	0.013

Πίνακας 1.26: Υπολογισμοί Σωληνώσεων Ενδοδαπέδιας Κεντρικής Θέρμανσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Μελέτη θερμικών απωλειών επαγγελματικού χώρου στην Κατερίνη

Εξ. Τοίχοι	Περιγραφή	Συντ. k (Watt/m ² K) Εξωτερικών Τοίχων
T1	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 50 mm	0.49
T2	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 80 mm	0.30

Πίνακας 2.1: Τυπικά Στοιχεία - Εξ. Τοίχοι

Εσ. Τοίχοι	Περιγραφή	Συντ. k (Watt/m ² K) Εσωτερικών Τοίχων
E1	Γυψοσανίδα	1.74

Πίνακας 2.2: Τυπικά Στοιχεία - Εσ. Τοίχοι

Οροφές	Περιγραφή	Συντ. k (Watt/m ² K) Οροφών
O1	Panel	0.55
O2	Οροφή Σκυροδέματος 14cm Αμόν.	3.26

Πίνακας 2.3: Τυπικά Στοιχεία - Οροφές

Δάπεδα	Περιγραφή	Συντ. k (Watt/m ² K) Δαπέδων
Δ1	Δαπ.Μαρμ.σε Εδαφος Αμόνωτο	2.47
Δ2	Δαπ.Μαρμ.σε Pilotis Αμόνωτο	2.59

Πίνακας 2.4: Τυπικά Στοιχεία - Δάπεδα

Ανοίγματα	Περιγραφή	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Συντ.k (Watt/m ² K) Ανοιγμάτων	Συντ.α	Φύλλα
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	1.2	2	3.72	1.2	2
A2	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	1	2.2	5.82	4.0	
A3	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	3.3	3.5	5.82	4.0	
A4	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	2.2	2	5.82	4.0	

Πίνακας 2.5: Τυπικά Στοιχεία - Ανοίγματα

Επίπεδο : Επίπεδο 1 Χώρος : 1
Ονομασία Χώρου ΓΡΑΦΕΙΟ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T1	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 50 mm	25.20	0.49	1.000	12.35		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	4.80	3.72	1.000	17.86		
T1	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 50 mm	17.51	0.49	1.000	8.58		
A2	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	2.20	5.82	1.000	12.80		
T1	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 50 mm	10.50	0.49	1.000	5.14		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2.40	3.72	1.000	8.93		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					65.66		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	3	1.000	0.45		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	3	1.000	0.45		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	10	1.000	6.00		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	6.57	1.000	3.94		
T1-	Υποστυλώματα (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματα (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα	0.4	1.2	1.000	0.48		

	(θύρες – παράθυρα)						
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1	1.000	0.40		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.40		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						93.54	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	bu	$A_k \cdot U_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	lk (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K					0.40		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot bu + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
		860.0	0.00	6.00			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Δ1	Δαπ.Μαρμ.σε Εδαφος Αμόνωτο	2.47	0.527	50.00	26.35		
Δ1	Δαπ.Μαρμ.σε Εδαφος Αμόνωτο	2.47	0.527	21.50	11.33		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					37.68		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1 · fg2 · Gw		
		1.45	0.192	1.00	0.278		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot fg1 \cdot fg2) + Gw$						10.49	

$A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$							
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E1	Γυψοσανίδα	0.000	15.00	1.74	0.00		
E1	Γυψοσανίδα	0.000	6.81	1.74	0.00		
E1	Γυψοσανίδα	0.000	15.00	1.74	0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						104.0	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θ_e	°C	-5			
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		$\theta_{int,i}$	°C	20			
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)		$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	25			
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						2601	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							2601
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου				V_i	m ³	215.1	
Εξωτερική θερμοκρασία				θ_e	°C	-5	
Εσωτερική θερμοκρασία				$\theta_{int,i}$	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής				$n_{min,i}$	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής				$V_{min,i}$	m ³ /h	107.5	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa				n_{50}	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης				e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους				ε		1.00	
Παροχή αέρα Διείσδυσης				$V_{inf,i}$	m ³ /h	43.02	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς				V_i	m ³ /h	107.5	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)				$H_{v,i}$	W/K	14.63	
Διαφορά θερμοκρασιών				$\theta_{int} - \theta_e$	°C	25	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)				$\Phi_{v,i}$	W	365.7	365.7
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης				f_{RH}	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου				A_i	m ²	71.70	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης				$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού							
Συνολικές θερμικές απώλειες				$\Phi_{HL,i}$	W		2967

Πίνακας 2.6: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 1 Χώρος : 2
Ονομασία Χώρου ΛΟΓΙΣΤΗΡΙΟ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T1	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 50 mm	24.54			8.98		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2.40	α		1.2		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					20.95		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	8.98	1.000	5.39		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk Ψk·lk·ek						36.10	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·bu W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών Σk Ψk·lk·bu W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων Ht,iue = Σk Ak·Uk·bu + Σk Ψk·lk·bu						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
		860.0	0.00	6.00			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Δ1	Δαπ.Μαρμ.σε Εδαφος Αμόνοτο		0.527	44.90	23.66		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων Σk Ak·Uequiv,k W/K					23.66		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45	0.192	1.00	0.278		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος Ht,ig = (Σk						6.59	

$A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$							
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E10.00						93.54	
E1Γυψοσανίδα						0.000	XΔΘ0.00
E1	Γυψοσανίδα	0.000	XΔΘ		0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						42.69	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θ_e		°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		$\theta_{int,i}$		°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)		$\theta_{int,i} - \theta_e$		°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						1067	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							1067
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου f_{g2}				V_i	m ³	134.7	
Εξωτερική θερμοκρασία 0.192				θ_e	°C	-5	
Εσωτερική θερμοκρασία				$\theta_{int,i}$	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής				$n_{min,i}$	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής A_k (m ²)				$V_{min,i}$	m ³ /h	67.35	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa 15.00				n_{50}	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης 6.81				e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους 15.00				ϵ		1.00	
Παροχή αέρα Διείσδυσης				$V_{inf,i}$	m ³ /h	26.94	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς				V_i	m ³ /h	67.35	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)				$H_{v,i}$	W/K	9.16	
Διαφορά θερμοκρασιών θ_e				$\theta_{int} - \theta_e$	°C	25	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)				$\Phi_{v,i}$	W	229.0	229.0
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης				f_{RH}	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου				A_i	m ²	44.90	2601
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης				$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού							
Συνολικές θερμικές απώλειες				$\Phi_{HL,i}$	W		1296

Πίνακας 2.7: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 1 Χώρος : 3

Ονομασία Χώρου ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΕΥΘΙΝΣΗΣ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
T1	PANEL τοίχου Ψ. θαλάμων 50 mm	16.44			6.28		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2.40	A		1.2		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					16.99		
Κωδικός	Θερμική	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$		

	γέφυρα				(W/K)		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	6.28	1.000	3.77		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						30.52	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	bu	$A_k \cdot U_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot bu + \sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
		860.0	0.00	6.00			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Δ1	Δαπ.Μαρμ.σε Έδαφος Αμόνωτο		0.527	31.40	16.55		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					16.55		
Διορθωτικοί παράγοντες		$fg1$	$fg2$	Gw	$fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$		
		1.45	0.192	1.00	0.278		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						4.61	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
E10.00						93.54	
E1Γυψοσανίδα						0.000	XΔΘ0.00
E1	Γυψοσανίδα	0.000	XΔΘ		0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						35.13	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θ_e	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i}$	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						878	

Προσαύξηση %					
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση					878.0
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού					
Όγκος δωματίου V_{g2}	V_i	m ³	94.20		
Εξωτερική θερμοκρασία $\theta_{e,192}$	θ_e	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία	$\theta_{int,i}$	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής	$n_{min,i}$	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής A_{k,m^2}	$V_{min,i}$	m ³ /h	47.10		
Αριθμός Εναλλαγών/ Ω στα 50 Pa 15.00	n_{50}	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης 6.81	e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους 15.00	ε		1.00		
Παροχή αέρα Διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	18.84		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	47.10		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	6.41		
Διαφορά θερμοκρασιών θ_e	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	25		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	160.1		160.1
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης					
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m ²	23		
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	31.40		2601
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00		0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού					
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W			1038

Πίνακας 2.8: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 1 Χώρος : 4

Ονομασία Χώρου ΤΜΗΜΑ ΠΡΟΓΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
T1	PANEL τοίχου Ψ. θαλάμων 50 mm	20.40			7.6		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2.40	A		1.2		
T1	PANEL τοίχου Ψ. θαλάμων 50 mm	12.60			5		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2.40	A		1.2		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					34.03		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
T1-	Γωνίες κτηρίου	0.15	3	1.000	0.45		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	5	1.000	3.00		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα	0.6	7.6	1.000	4.56		

	στο έδαφος						
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi k \cdot l k \cdot e k$ W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A k \cdot U k \cdot e k + \sum \Psi k \cdot l k \cdot e k$						54.36	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A k \cdot U k \cdot bu$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\sum k \Psi k \cdot l k \cdot bu$ W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \sum k A k \cdot U k \cdot bu + \sum k \Psi k \cdot l k \cdot bu$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
		860.0	0.00	6.00			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Δ1Δαπ.Μαρμ.σε Εδαφος Αμόνωτο							0.52738.0020. 03
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k A k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					20.03		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45	0.192	1.00	0.278		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k A k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						5.58	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
E10.000			XΔΘ		0.00		
E10.00						878	
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία						0.00	

$H_{t,ij} = \sum k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K					59.94	
Θερμοκρασιακά δεδομένα						
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	θ_e	°C	-5			
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}$	°C	20			
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	25			
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W					1498	
Προσαύξηση %						
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση						1498
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού						
Όγκος δωματίου	V_i	m ³	114.0			
Εξωτερική θερμοκρασία	θ_e	°C	-5			
Εσωτερική θερμοκρασία	$\theta_{int,i}$	°C	20			
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής	$n_{min,i}$	1/h	0.5			
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής θ_e	$V_{min,i}$	m ³ /h	57.00			
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n_{50}	1/h	5			160.1
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02			
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00			
Παροχή αέρα Διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	22.80			
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	57.00			2601
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	7.75			0.00
Διαφορά θερμοκρασιών	$\theta_{int} - \theta_e$	°C	25			
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	193.8			193.8
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης						
Συντελεστής επαναθέρμανσης	f_{RH}	W/m ²	23			
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	38.00			
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00			0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού						
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W				1692

Πίνακας 2.9: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 1 Χώρος : 5
Ονομασία Χώρου ΑΠΟΘΗΚΗ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
T1	PANEL τοίχου Ψ. θαλάμων 50 mm	60.00			20		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	7.20	A		1.2		
T1	PANEL τοίχου Ψ. θαλάμων 50 mm	45.00			15		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	7.20	A		1.2		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					105.0		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		

T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	20	1.000	12.00		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	15	1.000	9.00		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ	1.2	3	1.000	3.60		

	α (εξωτερικά)						
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\Sigma k \Psi k \cdot l k \cdot e k$ W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \Sigma k A k \cdot U k \cdot e k + \Sigma k \Psi k \cdot l k \cdot e k$						173.8	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	$A k$ (m ²)	$U k$ (W/m ² K)	bu	$A k \cdot U k \cdot b u$ (W/K)		
E144.70					14.9		
A33.3						1498	
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A k \cdot U k \cdot b u$ W/K					58.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	$\Psi k \cdot l k \cdot b u$ (W/K)		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	3.3	0.400	0.53		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	3.3	0.400	0.53		
E1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	3.5	0.400	0.56		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \Psi k \cdot l k \cdot b u$ W/K					0.56		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k$						59.62	

$Ak \cdot Uk \cdot bu + \sum k \cdot \Psi k \cdot lk \cdot bu$							
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
		860.0	0.00	6.00			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Δ10.527				298.0	157.0	1.00	
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\sum k Ak \cdot Uequiv,k$ W/K					157.0		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45	0.192	1.00	0.278		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $Ht,ig = (\sum k Ak \cdot Uequiv,k) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						43.72	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
ΕΙΓυψοσανίδα0.000ΧΔΘ0.00							
ΕΙΧΔΘ					0.00	23	
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $Ht,ij = \sum k fij \cdot Ak \cdot Uk$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $Ht,i = Ht,ie + Ht,iue + Ht,ig + Ht,ij$ W/K						277.1	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θe	°C	-5			
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θint,i	°C	20			
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)		θint,i-θe	°C	25			
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi t,i = Ht,i \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						6928	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							6928
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου			Vi	m³	894.0		
Εξωτερική θερμοκρασία			θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία			θint,i	°C	20		0.00
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής			nmin,i	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής			Vmin,i	m³/h	447.0		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa			n50	1/h	5		2967
Συντελεστής θωράκισης			e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους			ε		1.00		
Παροχή αέρα Διείσδυσης			Vinf,i	m³/h	178.8		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς			Vi	m³/h	447.0		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)			Hv,i	W/K	60.79		
Διαφορά θερμοκρασιών			θint-θe	°C	25		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)			Φv,i	W	1520		1520
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης			fRH	W/m²	23		
Εμβαδό δαπέδου			Ai	m²	298.0		
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης			ΦRH,i	W	0.00		0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού							
Συνολικές θερμικές απώλειες			ΦHL,i	W			8448

Πίνακας 2.10: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 1 Χώρος : 6

Ονομασία Χώρου ΑΠΟΘΗΚΗ ΧΟΝΔΡΙΚΟΥ ΕΜ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek		

	Στοιχείο				(W/K)		
T1	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 50 mm	36.60			13		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2.40	A		1.2		
T1	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 50 mm	25.20			10		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	4.80	A		1.2		
T1	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 50 mm	32.20			13		
A1	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό πλαίσιο)	2.40	A		1.2		
A4	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	4.40	A		2.2		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					107.4		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
T1-	Γωνίες κτιρίου	0.15	3	1.000	0.45		
T1-	Γωνίες κτιρίου	0.15	3	1.000	0.45		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	10	1.000	6.00		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	13	1.000	7.80		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		

T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
T1-	Υποστυλώματ α (εξωτερικά)	1.2	3	1.000	3.60		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	13	1.000	7.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	1.2	1.000	0.48		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\Sigma k \cdot \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \Sigma k \cdot A_k \cdot U_k \cdot e_k + \Sigma k \cdot \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						164.3	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	bu	$A_k \cdot U_k \cdot bu$ (W/K)		

ΕΙΓυψοσανίδα						30.0010	
A4	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	4.40	A		2.2		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k \cdot A_k \cdot U_k \cdot bu$ W/K					31.12		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	bu	$\Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \cdot \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$ W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k \cdot A_k \cdot U_k \cdot bu + \Sigma k \cdot \Psi_k \cdot l_k \cdot bu$						31.12	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
		860.0	0.00	6.00			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
$\Delta 168.51$						59.62	
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\Sigma k \cdot A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					68.51		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45	0.192	1.00	0.278		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\Sigma k \cdot A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$						19.07	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \Sigma k \cdot f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						214.5	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			Θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			θint,i-θe	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						5362	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							5362
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίουθint,i				Vi	m3	390.0	
Εξωτερική θερμοκρασίαθint,i-θe				θe	°C	-5	
Εσωτερική θερμοκρασία				θint,i	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής				nmin,i	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής				Vmin,i	m3/h	195.0	6928
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa				n50	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης				e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους				ε		1.00	
Παροχή αέρα Διείσδυσης				Vinf,i	m3/h	78.00	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς				Vi	m3/h	195.0	0.00
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)				Hv,i	W/K	26.52	
Διαφορά θερμοκρασιών				θint-θe	°C	25	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)				Φv,i	W	663.0	663.0
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης				fRH	W/m²	23	
Εμβαδό δαπέδου				Ai	m²	130.0	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης				ΦRH,i	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού							
Συνολικές θερμικές απώλειες				ΦHL,i	W		6025

--	--	--	--	--	--	--	--

Πίνακας 2.11: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 1 Χώρος : 7

Ονομασία Χώρου ΕΙΣΟΔΟΣ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
T1	PANEL ΤΟΙΧΟΥ Ψ. ΘΑΛΑΜΩΝ 50 mm	3.10			2.5		
A4	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	4.40	A		2.2		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					27.13		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
Δ1-	Πλάκα εδραζόμενα στο έδαφος	0.6	2.5	1.000	1.50		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2.2	1.000	0.88		
T1-	Ανοίγματα (θύρες – παράθυρα)	0.4	2	1.000	0.80		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk Ψk·lk·ek						31.19	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·bu W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών Σk Ψk·lk·bu W/K					0.80		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων Ht,iue = Σk Ak·Uk·bu + Σk Ψk·lk·bu						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m ²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
		860.0	0.00	6.00			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m ² K)	Uequiv,k (W/m ² K)	Ak (m ²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Δ1	Δαπ.Μαρμ.σε Εδαφος Αμόνωτο		0.527	12.50	6.59		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων Σk Ak·Uequiv,k W/K					6.59		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45	0.192	1.00	0.278		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος Ht,ig = (Σk Ak·Uequiv,k)·fg1·fg2·Gw						1.83	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό	fij	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	fij·Ak·Uk		

	Στοιχείο				(W/K)		
E1	Γυψοσανίδα	0.000	XΔΘ		0.00		
E1	Γυψοσανίδα	0.000	XΔΘ		0.00		
E1	Γυψοσανίδα	0.000	XΔΘ		0.00		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						33.02	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θ_e	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i}$	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						826	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							825.5
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου				V_i	m ³	37.50	
Εξωτερική θερμοκρασία U_k (W/m ² K)				θ_e	°C	-5	
Εσωτερική θερμοκρασία				$\theta_{int,i}$	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής				$n_{min,i}$	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής				$V_{min,i}$	m ³ /h	18.75	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Palk (m)				n_{50}	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης				e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους				ε		1.00	
Παροχή αέρα Διείσδυσης				$V_{inf,i}$	m ³ /h	7.50	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς P (m)				V_i	m ³ /h	18.75	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού) 0.00				$H_{v,i}$	W/K	2.55	
Διαφορά θερμοκρασιών $U_{equiv,k}$ (W/m ² K)				$\theta_{int} - \theta_e$	°C	25	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)				$\Phi_{v,i}$	W	63.75	63.75
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης 0.192				f_{RH}	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου				A_i	m ²	12.50	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης				$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού							
Συνολικές θερμικές απώλειες				$\Phi_{HL,i}$	W		889.3

Πίνακας 2.12: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 2 Χώρος : 1
Ονομασία Χώρου ΓΡΑΦΕΙΟ 1

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K						0.00	
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K						0.00	
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K						0.00	
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	b_u	$\Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ (W/K)		

Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K					0.00	
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$					0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος						
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)		
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)	
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00	
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw	
		1.45				
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg1 \cdot fg2 \cdot Gw$					0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία						
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)	
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \Sigma k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$					0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K					0.00	
Θερμοκρασιακά δεδομένα						
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		Θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)		θint,i-θe	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W					0	
Προσαύξηση %						
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση						0.00
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού						
Όγκος δωματίου		Vi	m³	0.00		
Εξωτερική θερμοκρασία		θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία		θint,i	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής		nmin,i	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής		Vmin,i	m³/h	0.00		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa		n50	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης		e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους		ε		1.00		825.5
Παροχή αέρα Διείσδυσης		Vinf,i	m³/h	0.00		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς		Vi	m³/h	0.00		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)		Hv,i	W/K	0.00		
Διαφορά θερμοκρασιών		θint-θe	°C	25		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)		Φv,i	W	0.00		0.00
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης						
Συντελεστής επαναθέρμανσης		fRH	W/m²	23		
Εμβαδό δαπέδου		Ai	m²	0.00		
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης		ΦRH,i	W	0.00		0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού						
Συνολικές θερμικές απώλειες			ΦHL,i	W		0.00

Πίνακας 2.13: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 2 Χώρος : 2
Ονομασία Χώρου ΓΡΑΦΕΙΟ 2

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον		
--	--	--

Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk Ψk·lk·ek						0.00	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·bu W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών Σk Ψk·lk·bu W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων Ht,iue = Σk Ak·Uk·bu + Σk Ψk·lk·bu						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων Σk Ak·Uequiv,k W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος Ht,ig = (Σk Ak·Uequiv,k)·fg1·fg2·Gw						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία Ht,ij = Σk fij·Ak·Uk						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας Ht,i = Ht,ie + Ht,iue + Ht,ig + Ht,ij W/K						0.00	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		Θe	°C	-5			
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θint,i	°C	20			
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)		θint,i-Θe	°C	25			
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας Φt,i = Ht,i·(θint,i - Θe) W						0	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							0.00
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου			Vi	m³	0.00		
Εξωτερική θερμοκρασία			Θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία			θint,i	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής			nmin,i	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής			Vmin,i	m³/h	0.00		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa			n50	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης			e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους			ε		1.00	825.5	
Παροχή αέρα Διείσδυσης			Vinf,i	m³/h	0.00		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς			Vi	m³/h	0.00		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)			Hv,i	W/K	0.00		
Διαφορά θερμοκρασιών			θint-Θe	°C	25		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)			Φv,i	W	0.00	0.00	
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης			fRH	W/m²	23		

Εμβαδό δαπέδου	Ai	m ²	0.00	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	ΦRH,i	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	ΦHL,i	W		0.00

Πίνακας 2.14: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 2 Χώρος : 3

Ονομασία Χώρου ΓΡΑΦΕΙΟ 3

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk Ψk·lk·ek						0.00	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·bu W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών Σk Ψk·lk·bu W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων Ht,iue = Σk Ak·Uk·bu + Σk Ψk·lk·bu						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m ²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m ² K)	Uequiv,k (W/m ² K)	Ak (m ²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων Σk Ak·Uequiv,k W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος Ht,ig = (Σk Ak·Uequiv,k)·fg1·fg2·Gw						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία Ht,ij = Σk fij·Ak·Uk						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας Ht,i = Ht,ie + Ht,iue + Ht,ig + Ht,ij W/K						0.00	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			Θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			θint,i-θe	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας Φt,i = Ht,i·(θint,i - θe) W						0	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							0.00
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου			Vi	m ³	0.00		
Εξωτερική θερμοκρασία			θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία			θint,i	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής			nmin,i	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής			Vmin,i	m ³ /h	0.00		

Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n50	l/h	5	
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00	825.5
Παροχή αέρα Διείσδυσης	Vinf,i	m ³ /h	0.00	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	Vi	m ³ /h	0.00	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	Hv,i	W/K	0.00	
Διαφορά θερμοκρασιών Uk (W/m ² K)	θint-θe	°C	25	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	Φv,i	W	0.00	0.00
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης				
Συντελεστής επαναθέρμανσης lk (m)	fRH	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου	Ai	m ²	0.00	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	ΦRH,i	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	ΦHL,i	W		0.00

Πίνακας 2.15: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 2 Χώρος : 4
Ονομασία Χώρου ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K						0.00	
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K						0.00	
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk Ψk·lk·ek						0.00	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·bu W/K						0.00	
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών Σk Ψk·lk·bu W/K						0.00	
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων Ht,iue = Σk Ak·Uk·bu + Σk Ψk·lk·bu						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m ²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m ² K)	Uequiv,k (W/m ² K)	Ak (m ²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων Σk Ak·Uequiv,k W/K						0.00	
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος Ht,ig = (Σk Ak·Uequiv,k)·fg1·fg2·Gw						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία Ht,ij = Σk fij·Ak·Uk						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας Ht,i = Ht,ie + Ht,iue + Ht,ig + Ht,ij W/K						0.00	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			Θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	20		

Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	W			0	
Προσαύξηση %					
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση					0.00
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού					
Όγκος δωματίου	V_i	m ³	0.00		
Εξωτερική θερμοκρασία	θ_e	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία $\theta_{e,i}$	$\theta_{int,i}$	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής $\theta_{int,i}$	$n_{min,i}$	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής $\theta_{int,i}-\theta_e$	$V_{min,i}$	m ³ /h	0.00		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n_{50}	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00		825.5
Παροχή αέρα Διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	0.00		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	0.00		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	0.00		
Διαφορά θερμοκρασιών U_k (W/m ² K)	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	25		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	0.00		0.00
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης					
Συντελεστής επαναθέρμανσης l_k (m)	f_{RH}	W/m ²	23		
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	0.00		
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00		0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού					
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W			0.00

Πίνακας 2.16: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 2 Χώρος : 5
Ονομασία Χώρου ΑΡΧΕΙΟ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \Sigma k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	b_u	$\Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg_1	fg_2	Gw	$fg_1 \cdot fg_2 \cdot Gw$		

	1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\sum k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$						0.00
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία						
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	$A_k (m^2)$	$U_k (W/m^2K)$	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k (W/K)$	
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \sum k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						0.00
Θερμοκρασιακά δεδομένα						
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θ_e	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		$\theta_{int,i}$	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)		$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						0
Προσαύξηση %						
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση						0.00
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού						
Όγκος δωματίου			V_i	m ³	0.00	
Εξωτερική θερμοκρασία			θ_e	°C	-5	
Εσωτερική θερμοκρασία θ_e			$\theta_{int,i}$	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής $\theta_{int,i}$			$n_{min,i}$	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής $\theta_{int,i} - \theta_e$			$V_{min,i}$	m ³ /h	0.00	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa			n_{50}	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης			e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους			ϵ		1.00	825.5
Παροχή αέρα Διείσδυσης			$V_{inf,i}$	m ³ /h	0.00	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς			V_i	m ³ /h	0.00	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)			$H_{v,i}$	W/K	0.00	
Διαφορά θερμοκρασιών $U_k (W/m^2K)$			$\theta_{int} - \theta_e$	°C	25	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)			$\Phi_{v,i}$	W	0.00	0.00
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης						
Συντελεστής επαναθέρμανσης $l_k (m)$			f_{RH}	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου			A_i	m ²	0.00	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης			$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού						
Συνολικές θερμικές απώλειες			$\Phi_{HL,i}$	W		0.00

Πίνακας 2.17: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 2 Χώρος : 6

Ονομασία Χώρου ΑΠΟΘΗΚΗ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον						
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	$A_k (m^2)$	$U_k (W/m^2K)$	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k (W/K)$	
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K						0.00
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	$\Psi_k (W/mK)$	$l_k (m)$	e_k	$\Psi_k \cdot l_k \cdot e_k (W/K)$	
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών $\sum k \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$ W/K						0.00
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον $H_{t,ie} = \sum k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_k \cdot l_k \cdot e_k$						0.00
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους						
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	$A_k (m^2)$	$U_k (W/m^2K)$	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u (W/K)$	
Συνολικό Δομικών Στοιχείων $\sum k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K						0.00

Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψ_k (W/mK)	l_k (m)	b_u	$\Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών $\Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$ W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων $H_{t,iue} = \Sigma k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \Sigma k \Psi_k \cdot l_k \cdot b_u$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		A_g (m ²)	P (m)	$B' = 2 \cdot A_g / P$ (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	U_k (W/m ² K)	$U_{equiv,k}$ (W/m ² K)	A_k (m ²)	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων $\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg_1	fg_2	G_w	$fg_1 \cdot fg_2 \cdot G_w$		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος $H_{t,ig} = (\Sigma k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot fg_1 \cdot fg_2 \cdot G_w$						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	f_{ij}	A_k (m ²)	U_k (W/m ² K)	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ (W/K)		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία $H_{t,ij} = \Sigma k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας $H_{t,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ig} + H_{t,ij}$ W/K						0.00	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		θ_e	°C	-5			
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)		$\theta_{int,i}$	°C	20			
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)		$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	25			
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ W						0	
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							0.00
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου			V_i	m ³	0.00		
Εξωτερική θερμοκρασία			θ_e	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία θ_e			$\theta_{int,i}$	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής $\theta_{int,i}$			$n_{min,i}$	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής $\theta_{int,i} - \theta_e$			$V_{min,i}$	m ³ /h	0.00		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa			n_{50}	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης			e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους			ϵ		1.00	825.5	
Παροχή αέρα Διείσδυσης			$V_{inf,i}$	m ³ /h	0.00		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς			V_i	m ³ /h	0.00		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)			$H_{v,i}$	W/K	0.00		
Διαφορά θερμοκρασιών U_k (W/m ² K)			$\theta_{int} - \theta_e$	°C	25		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)			$\Phi_{v,i}$	W	0.00	0.00	
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης l_k (m)			f_{RH}	W/m ²	23		
Εμβαδό δαπέδου			A_i	m ²	0.00		
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης			$\Phi_{RH,i}$	W	0.00	0.00	
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού							
Συνολικές θερμικές απώλειες			$\Phi_{HL,i}$	W		0.00	

Πίνακας 2.18: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 2 Χώρος : 7

Ονομασία Χώρου ΓΕΝΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΗ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον		
--	--	--

Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk Ψk·lk·ek					0.00		
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·bu W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών Σk Ψk·lk·bu W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων Ht,iue = Σk Ak·Uk·bu + Σk Ψk·lk·bu					0.00		
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων Σk Ak·Uequiv,k W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος Ht,ig = (Σk Ak·Uequiv,k)·fg1·fg2·Gw					0.00		
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία Ht,ij = Σk fij·Ak·Uk					0.00		
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας Ht,i = Ht,ie + Ht,iue + Ht,ig + Ht,ij W/K					0.00		
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			Θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			θint,i-Θe	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας Φt,i = Ht,i·(θint,i - Θe) W					0		
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση						0.00	
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου				Vi	m3	0.00	
Εξωτερική θερμοκρασία				Θe	°C	-5	
Εσωτερική θερμοκρασία				θint,i	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής				nmin,i	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής				Vmin,i	m3/h	0.00	
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa				n50	1/h	5	
Συντελεστής θωράκισης				e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους				ε		1.00	825.5
Παροχή αέρα Διείσδυσης				Vinf,i	m3/h	0.00	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς				Vi	m3/h	0.00	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)				Hv,i	W/K	0.00	
Διαφορά θερμοκρασιών				Uk (W/m²K)	θint-Θe	°C	25
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)				Φv,i	W	0.00	0.00
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης							
Συντελεστής επαναθέρμανσης				κlk (m)	fRH	W/m²	23

Εμβαδό δαπέδου	Ai	m ²	0.00	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	ΦRH,i	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	ΦHL,i	W		0.00

Πίνακας 2.19: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 2 Χώρος : 8

Ονομασία Χώρου ΧΩΡΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk Ψk·lk·ek					0.00		
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·bu W/K					0.00		
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών Σk Ψk·lk·bu W/K					0.00		
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων Ht,iue = Σk Ak·Uk·bu + Σk Ψk·lk·bu					0.00		
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m²K)	Uequiv,k (W/m²K)	Ak (m²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων Σk Ak·Uequiv,k W/K					0.00		
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος Ht,ig = (Σk Ak·Uequiv,k)·fg1·fg2·Gw					0.00		
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m²)	Uk (W/m²K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία Ht,ij = Σk fij·Ak·Uk					0.00		
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας Ht,i = Ht,ie + Ht,iue + Ht,ig + Ht,ij W/K					0.00		
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			Θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	20		
Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)			θint,i-θe	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας Φt,i = Ht,i·(θint,i - θe) W					0		
Προσαύξηση %							
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση							0.00
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού							
Όγκος δωματίου				Vi	m3	0.00	
Εξωτερική θερμοκρασία				θe	°C	-5	
Εσωτερική θερμοκρασία				θint,i	°C	20	
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής				nmin,i	1/h	0.5	
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής				Vmin,i	m3/h	0.00	

Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n50	l/h	5	
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02	
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00	825.5
Παροχή αέρα Διείσδυσης	Vinf,i	m ³ /h	0.00	
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	Vi	m ³ /h	0.00	
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	Hv,i	W/K	0.00	
Διαφορά θερμοκρασιών Uk (W/m ² K)	θint-θe	°C	25	
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	Φv,i	W	0.00	0.00
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης				
Συντελεστής επαναθέρμανσης lk (m)	fRH	W/m ²	23	
Εμβαδό δαπέδου	Ai	m ²	0.00	
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	ΦRH,i	W	0.00	0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού				
Συνολικές θερμικές απώλειες	ΦHL,i	W		0.00

Πίνακας 2.20: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Επίπεδο : Επίπεδο 2 Χώρος : 9
Ονομασία Χώρου ΧΩΡΟΣ

Θερμικές απώλειες απ' ευθείας στο περιβάλλον							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	ek	Ak·Uk·ek (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·ek W/K						0.00	
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	ek	Ψk·lk·ek (W/K)		
Συνολικές απώλειες θερμικών γεφυρών Σk Ψk·lk·ek W/K						0.00	
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών απευθείας στο περιβάλλον Ht,ie = Σk Ak·Uk·ek + Σk Ψk·lk·ek						0.00	
Θερμικές απώλειες προς μη θερμαινόμενους χώρους							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	bu	Ak·Uk·bu (W/K)		
Συνολικό Δομικών Στοιχείων Σk Ak·Uk·bu W/K						0.00	
Κωδικός	Θερμική γέφυρα	Ψk (W/mK)	lk (m)	bu	Ψk·lk·bu (W/K)		
Συνολικό Θερμικών Γεφυρών Σk Ψk·lk·bu W/K						0.00	
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών διαμέσου μη θερμαινόμενων χώρων Ht,iue = Σk Ak·Uk·bu + Σk Ψk·lk·bu						0.00	
Θερμικές απώλειες προς το έδαφος							
Υπολογισμός του B		Ag (m ²)	P (m)	B'=2·Ag/P (m)			
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	Uk (W/m ² K)	Uequiv,k (W/m ² K)	Ak (m ²)	Ak·Uequiv,k (W/K)		
Σύνολο των ισοδύναμων δομικών στοιχείων Σk Ak·Uequiv,k W/K						0.00	
Διορθωτικοί παράγοντες		fg1	fg2	Gw	fg1·fg2·Gw		
		1.45					
Συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών προς το έδαφος Ht,ig = (Σk Ak·Uequiv,k)·fg1·fg2·Gw						0.00	
Θερμικές απώλειες προς θερμαινόμενους χώρους σε διαφορετική θερμοκρασία							
Κωδικός	Δομικό Στοιχείο	fij	Ak (m ²)	Uk (W/m ² K)	fij·Ak·Uk (W/K)		
Συνολικός συντελ. θερμικών απωλειών προς γειτονικό χώρο, θερμαινόμενο σε άλλη θερμοκρασία Ht,ij = Σk fij·Ak·Uk						0.00	
Συνολικός συντελεστής απωλειών θερμοπερατότητας Ht,i = Ht,ie + Ht,iue + Ht,ig + Ht,ij W/K						0.00	
Θερμοκρασιακά δεδομένα							
Εξωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			Θe	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία (σχεδιασμού)			θint,i	°C	20		

Διαφορά θερμοκρασίας (σχεδιασμού)	$\theta_{int,i}-\theta_e$	°C	25		
Συνολικές απώλειες θερμοπερατότητας $\Phi_{t,i} = H_{t,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$	W			0	
Προσαύξηση %					
Συνολικές Απώλειες Θερμοπερατότητας με προσαύξηση					0.00
Υπολογισμοί Απωλειών Αερισμού					
Όγκος δωματίου	V_i	m ³	0.00		
Εξωτερική θερμοκρασία	θ_e	°C	-5		
Εσωτερική θερμοκρασία	$\theta_{int,i}$	°C	20		
Ελάχιστες εναλλαγές αέρα υγιεινής	$n_{min,i}$	1/h	0.5		
Ελάχιστη παροχή αέρα υγιεινής	$V_{min,i}$	m ³ /h	0.00		
Αριθμός Εναλλαγών/Ω στα 50 Pa	n_{50}	1/h	5		
Συντελεστής θωράκισης	e		0.02		
Συντελεστής διόρθωσης ύψους	ε		1.00		825.5
Παροχή αέρα Διείσδυσης	$V_{inf,i}$	m ³ /h	0.00		
Επιλεγμένη τιμή για υπολογισμούς	V_i	m ³ /h	0.00		
Συντελεστής θερμικών απωλειών αερισμού (σχεδιασμού)	$H_{v,i}$	W/K	0.00		
Διαφορά θερμοκρασιών U_k (W/m ² K)	$\theta_{int}-\theta_e$	°C	25		
Θερμικές απώλειες αερισμού (σχεδιασμού)	$\Phi_{v,i}$	W	0.00		0.00
Υπολογισμοί Ικανότητας Ανάκτησης Θέρμανσης					
Συντελεστής επαναθέρμανσης ζ_{lk} (m)	f_{RH}	W/m ²	23		
Εμβαδό δαπέδου	A_i	m ²	0.00		
Ικανότητα Ανάκτησης Θέρμανσης	$\Phi_{RH,i}$	W	0.00		0.00
Συνολικές Απώλειες Σχεδιασμού					
Συνολικές θερμικές απώλειες	$\Phi_{HL,i}$	W			0.00

Πίνακας 2.21: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

Όνομα χώρου	V_i	θ_e	$\theta_{int,i}$	$\theta_{int}-\theta_e$	V_i	$H_{v,i}$	$\Phi_{v,i}$
	m ³	°C	°C	°C	m ³ /h	W/K	W
ΓΡΑΦΕΙΟ	215.1	-5	20	25	43.02	14.63	365.7
ΛΟΓΙΣΤΗΡΙΟ	134.7	-5	20	25	26.94	9.16	229.0
ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΕΥΘΙΝΣΗΣ	94.20	-5	20	25	18.84	6.41	160.1
ΤΜΗΜΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ	114.0	-5	20	25	22.80	7.75	193.8
ΑΠΟΘΗΚΗ	894.0	-5	20	25	178.8	60.79	1520
ΑΠΟΘΗΚΗ ΧΟΝΔΡΙΚΟΥ ΕΜ	390.0	-5	20	25	78.00	26.52	663.0
ΕΙΣΟΔΟΣ	37.50	-5	20	25	7.50	2.55	63.75
ΓΡΑΦΕΙΟ 1	0.00	-5	20	25	0.00	0.00	0.00
ΓΡΑΦΕΙΟ 2	0.00	-5	20	25	0.00	0.00	0.00
ΓΡΑΦΕΙΟ 3	0.00	-5	20	25	0.00	0.00	0.00
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	0.00	-5	20	25	0.00	0.00	0.00
ΑΡΧΕΙΟ	0.00	-5	20	25	0.00	0.00	0.00
ΑΠΟΘΗΚΗ	0.00	-5	20	25	0.00	0.00	0.00
ΓΕΝΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΗ	0.00	-5	20	25	0.00	0.00	0.00
ΧΩΡΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	0.00	-5	20	25	0.00	0.00	0.00
ΧΩΡΟΣ	0.00	-5	20	25	0.00	0.00	0.00

Σύνολο	2580						3195

Πίνακας 2.22: Υπολογισμοί Απωλειών Θερμοπερατότητας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ

1. Αρθούρος Ζερβός, 2007. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
2. Ανδρίτσος, Ν. Καραμπελας και Μ. Φυτίκας, 1999. Η αξιοποίηση της γεωθερμίας στην Ελλάδα: παρούσα κατάσταση, τεχνικά προβλήματα και προοπτικές.
3. Ανδρίτσος, Ν. Γ. Καρυδάκης, Ι. Διαμαντής και Κ. Παπακωνσταντίνου, 2002. Συσχέτιση των περιοχών ροής σε γεωθερμικές γεωτρήσεις με επιτόπιες μετρήσεις του ρυθμού ροής των ρευστών.
4. Γ. Καρυδάκης, 2003. Γεωθερμικά Πεδία Χαμηλής Ενθαλπίας Β. Ελλάδας. Τεχνική Γεωτρήσεων, Μηχανική Ταμιευτήρων και Διφασική Ροή Γεωθερμικών Πεδίων.
5. Π. Κάτσης, 1992. Προβλήματα εναποθέσεων και διάβρωσης κατά την εκμετάλλευση ελληνικών γεωθερμικών πεδίων.
6. Ε. Παπάζογλου, Σ. Κυρίτση και Χ. Σούτερ, 1987. Θέρμανση Θερμοκηπίων – Αντλίες Θερμότητας.
7. Μ. Φυτίκας, 1991. Μαθήματα Γεωθερμίας.
8. Μ. Φυτίκας, Ν. Ανδρίτσος, 2004. Γεωθερμικοί Πόροι, Γεωθερμικά Ρευστά, Εφαρμογές, Περιβάλλον.
9. Γκαρδιάκος Χρήστος, 2010. Αξιοποίηση της Γεωθερμίας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
10. Μαχαίρα Τάνια, Σιμούλη Άσπα, 2009. Θέρμανση θερμοκηπίου με χρήση Γεωθερμίας.
11. Παπαγεωργίου Ι. Φ., 2010. Χρήση Αντλίας Θερμότητας για κλιματισμό χοιροστασίου αξιοποιώντας τη γεωθερμία.
12. Χαραλαμπίδης Ι., 2012. Θέρμανση – ψύξη βιοκλιματικού οικισμού Σοφάδων «το πλίνθινο χωριό» με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. Τεχνικοοικονομική μελέτη και σύγκριση αποδοτικότητας σε σχέση με συμβατικά καύσιμα.
13. Αβραμίδου Νίκη, 2011. Γεωθερμία.
14. Τσίτση Μ., Καίκη Π., 2001. Χρησιμοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας στη θέρμανση και ψύξη με αντλίες θερμότητας.
15. Τραγανός Γ., Θανασούλης Κ. Αναζήτηση γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας για ενδεχόμενη οικιακή και βιομηχανική θέρμανση στα νότια και νοτιοανατολικά προάστια της Θεσσαλονίκης.

16. Βρέλλης Γ., Βέκιος Π., Ευθυμιόπουλος Θ., και Σπυρίδωνος Ε. Τελική μελέτη Γεωθερμικού πεδίου Συκιών Άρτας.
17. Καβουρίδης Θ., Παπαδέας Γ. Αποτελέσματα Γεωθερμικής Έρευνας περιοχής Ληλάντιου πεδίου νομού Εύβοιας.
18. Κατσαπράκης Α. Διαστασιολόγηση γεωθερμικού ενελλάκτη.
19. BULLARD, E.C., 1965. Historical introduction to terrestrial heat flow. In : Lee, W.H.K., ed. Terrestrial Heat Flow, Amer. Geophys. U n., Geophys. Mon. Ser., 8, pp.1-6
20. LUBIMOVA, E.A., 1968. Thermal history of the E arth. In: The Earth's Crust and Upper Mantle, Amer. Geophys. Un., Geophys. Mon Ser., 13, pp.63-77
21. STACEY, F.D. and LOPER, D.E., 1988. Thermal hi story of the Earth: a corollary concerning nonlinear mantle rheology. Ph ys. Earth. Planet. Inter. 53, 167-174
22. MJARMSTEAD, H.C.H., 1983. Geothermal Energy. E. & F. N. Spon, London, 404 pp
23. NICHOLSON, K., 1993. Geothermal Fluids. Springer Verlag, Berlin, XVIII - 264 pp
24. GARNISH, J.D., ed., 1987. Proceedings of the First EEC/US Workshop on Geothermal Hot-Dry Rock Technology, Geothermics 16, 323-461
25. TENZER, H., 2001. Development of hot dry rock technology. Bulletin Geo - Heat Center, 32, 4, 14-22
26. STEFANSSON,V., 2000. The renewability of geothermal energy. Proc. World Geothermal Energy, Japan. On CD-ROM
27. WRIGHT, P.M., 1998. The sustainability of production from geothermal resources. Bull. Geo-Heat Center, 19, 2, 9-12
28. MARY H. DICKSON and MARIO FANELLI, February 2004. What is Geothermal Energy?. Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR , Pisa, Italy
29. Ruggero Bertani, Enel - International Division - Renewable Energy BusinessDevelopment – Via Dalmazia 15, 00198 Rome, Italy
30. International Energy Agency, 2009. World energy outlook 2009
31. <http://www.interacademycouncil.net>
32. <http://www.geothermal-energy.org>
33. <http://www.geothermie.de>
34. <http://www.interplast.gr>

35. <http://www.cres.gr>