

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΑΚΚΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΤΣΟΝΤΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, Α.Μ.: 6201

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη απόδοσης γεωθερμικής αντλίας θερμότητας σε κτίριο με σχεδόν μηδενική ενεργειακή κατανάλωση. Η θερμότητα από το εσωτερικό της Γης δημιουργεί επιφανειακά φαινόμενα. Η θερμότητα παράγεται κυρίως από τη ραδιενεργή διάσπαση του καλίου, του θορίου και του ουρανίου στον φλοιό και τον μανδύα της Γης και επίσης από την τριβή που δημιουργείται κατά μήκος των περιθωρίων των ηπειρωτικών πλακών. Η επακόλουθη ετήσια χαμηλής ποιότητας ροή θερμότητας στην επιφάνεια κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ 50 και 70 milliwatt (mW) ανά τετραγωνικό μέτρο παγκοσμίως. Τα GHP έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των πιο συμβατικών συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Ένα σύστημα GHP αποτελείται από έναν εναλλάκτη θερμότητας (ένα βρόχο από σωλήνες θαμμένους στο έδαφος) και μια αντλία. Ο εναλλάκτης θερμότητας μεταφέρει θερμική ενέργεια μεταξύ του εδάφους και του αέρα στην επιφάνεια μέσω ενός ρευστού που κυκλοφορεί μέσω των σωλήνων. Το υγρό που χρησιμοποιείται είναι συχνά νερό ή συνδυασμός νερού και αντιψυκτικού. Κατά τους θερμότερους μήνες, η θερμότητα από τον θερμό αέρα μεταφέρεται στον εναλλάκτη θερμότητας και στο ρευστό. Είναι φανερό λοιπόν πως το κόστος επένδυσης που θα επιβαρυνθεί ο καταναλωτής για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος πρόκειται να αποσβεστεί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα λόγω της υψηλής εξοικονόμησης που παρουσιάζει στη λειτουργία του. Αξίζει τον κόπο λοιπόν να διερευνηθεί και αυτή η εναλλακτική λύση, που συνδυάζει και θέρμανση αλλά και ψύξη για το σπίτι, αφού υπό προϋποθέσεις, υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστεί και σε ήδη κτισμένα σπίτια.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ, ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ,
ΚΤΙΡΙΑ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (NZEB)

ABSTRACT

The subject of this work is the study of the efficiency of a geothermal heat pump in a building with almost zero energy consumption. The heat from inside the Earth creates surface phenomena. The heat is produced mainly by the radioactive decay of potassium, thorium and uranium in the Earth's crust and mantle and also by the friction created along the margins of the continental plates. The consequent annual low quality surface heat flux is on average between 50 and 70 milliwatt (mW) per square meter worldwide. GHPs have many advantages over most conventional heating and air conditioning systems. A GHP system consists of a heat exchanger (a loop of pipes buried in the ground) and a pump. The heat exchanger transfers heat energy between the ground and the air to the surface through a fluid circulating through the pipes. The liquid used is often water or a combination of water and antifreeze. During the warmer months, heat from the hot air is transferred to the heat exchanger and to the fluid. It is therefore obvious that the investment costs that will be borne by the consumer for the installation of such a system will be amortized in a very short time due to the high savings it presents in its operation. It is therefore worth exploring this alternative, which combines both heating and cooling for the house, since under certain conditions, it is possible to apply in already built houses.

KEY WORDS: GEOTHERMAL ENERGY, GEOTHERMAL HEAT PUMP,
NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS (NZEB)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ABSTRACT	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	9
1.1. Ηλιακή ενέργεια	9
1.2. Αιολική ενέργεια	10
1.3. Υδροηλεκτρική ενέργεια	18
1.4. Παλιρροιακή ενέργεια	20
1.5. Γεωθερμική ενέργεια.....	22
1.6. Ενέργεια βιομάζας.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 –ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	30
2.1. Ορισμός.....	30
2.2. Χρήσεις.....	31
2.2.1. Άμεσες χρήσεις.....	31
2.2.2. Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.....	32
2.2.3. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	34
2.3. Ιστορία.....	36
2.4. Εξαγωγή	38
2.5. Εξάντληση.....	39
2.6. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οικονομικό κόστος.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	42
3.1. Εισαγωγή.....	42
3.2. Τύποι συστημάτων γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.....	42
3.2.1. Συστήματα κλειστού βρόχου.....	43
3.2.2. Οριζόντιο σύστημα.....	43
3.2.3. Κατακόρυφο σύστημα.....	44
3.2.4. Σύστημα Λίμνης.....	44
3.2.5. Σύστημα ανοιχτού βρόχου.....	45

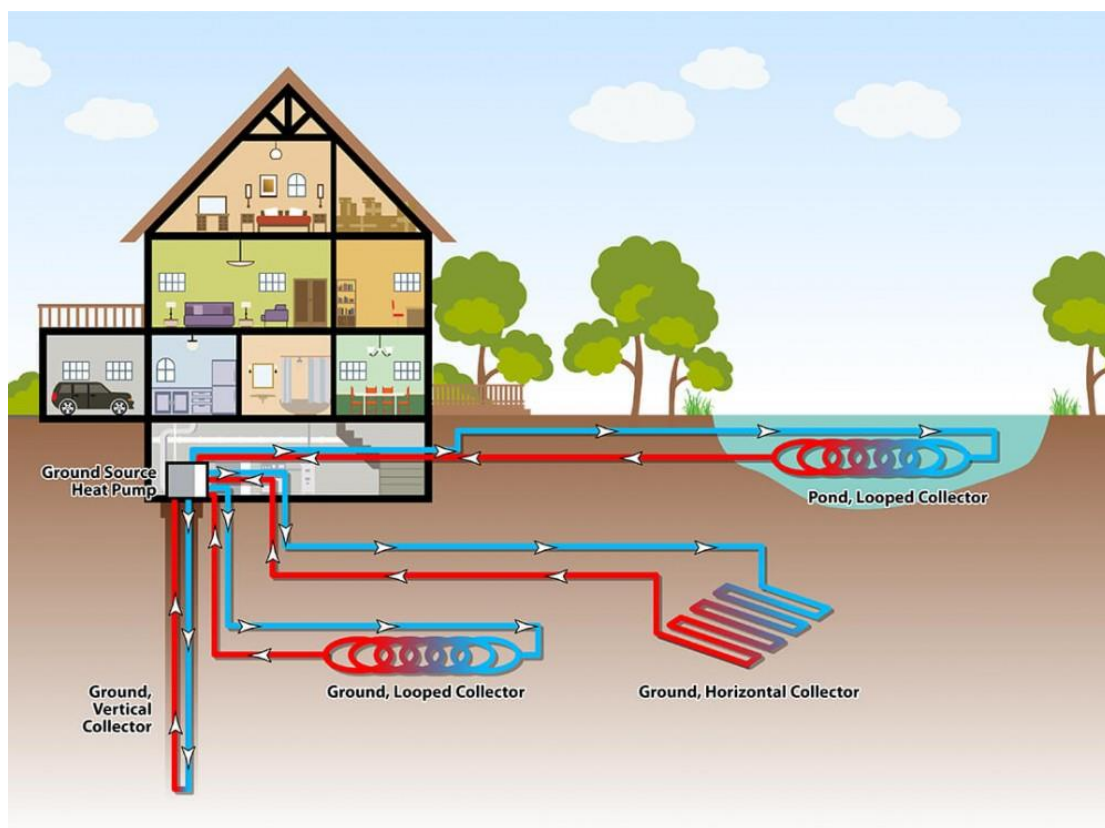
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

3.2.6. Υβριδικά συστήματα	45
3.3. Αερόψυκτες & υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας	46
3.4. Τεχνολογία inverter	49
3.5. Αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών	50
3.6. Διαιρούμενες και μονομπλόκ αντλίες θερμότητας.....	52
3.7. Θερμική ισχύς, COP.....	52
3.8. Πίνακας με μέγιστες θερμικές ισχύς	53
3.9. Ενισχυτική λειτουργία (Back-up).....	54
3.10. Βαθμός απόδοσης COP	55
3.11. Αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας.....	56
3.12. Ετήσιο κόστος λειτουργίας.....	58
3.13. Ενεργειακή κατάταξη μίας αντλίας θερμότητας	58
3.14. Υδραυλικός διαχωριστής.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΚΤΙΡΙΑ NZEB	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΜΕΛΕΤΗ	63
5.1. Εισαγωγή.....	63
5.2. Προϋποθέσεις.....	65
5.3. Υπολογισμοί.....	68
5.3.1. Απώλειες.....	68
5.3.2. Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών	68
5.3.3. Παρουσίαση αποτελεσμάτων	71
5.3.5. Διαστασιολόγηση	83
5.3.6. Υπολογισμοί συστήματος.....	84
5.3.7. Οικονομοτεχνική Μελέτη.....	90
5.3.8. Σύγκριση.....	92
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	97

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αρχή του γεωθερμικού κλιματισμού είναι εξαιρετικά απλή. Με βάση το γεγονός ότι μερικά μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή στους 18 βαθμούς Κελσίου.

Εάν εκμεταλλευτούμε τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και υπογείου, τα δωμάτια μπορούν να θερμανθούν το χειμώνα και αντίστοιχα να ψυχθούν το καλοκαίρι. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Η θερμότητα που μεταδίδεται μέσω ενός δικτύου σωλήνων που είναι είτε σε οριζόντια διάταξη και σε χαμηλό βάθος, είτε σε κατακόρυφη διάταξη όπου είναι απαραίτητο για την κατασκευή μιας γεώτρησης. Μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι συνήθως περίπου το 25-30% των αποδόσεων ενέργειας, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε υβριδικά συστήματα με ηλιακή θέρμανση.



Εικόνα 1. Χρήση της γεωθερμίας σε περιβάλλον κατοικίας

Στα χαρακτηριστικά της γεωθερμικής ενέργειας (χαμηλή θερμοκρασία) συγκαταλέγονται τα ακόλουθα:

- Σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους θέρμανσης - ψύξης, είναι 50-70% πιο αποτελεσματική στη θέρμανση και 20-40% στην ψύξη
- Δωρεάν ζεστό νερό το καλοκαίρι
- Σταθερό και ανθεκτικό
- Μία μονάδα για θέρμανση και ψύξη
- Καλύτερη άνεση
- Πολύ αθόρυβη λειτουργία
- Φιλική προς το περιβάλλον
- Ανεξάντλητη

Για τη λειτουργία ανοιχτών συστημάτων απαιτείται ένας υδροφορέας (για παράδειγμα, πηγάδια, λίμνη, θάλασσα, ποτάμι κ.λπ.). Ένα ανοιχτό γεωθερμικό σύστημα αποτελείται από δύο πηγάδια γεώτρησης (παραγωγή ή άντληση νερού πίσω στον υδροφορέα από τον οποίο προήλθε).



Εικόνα 2. Κλειστό γεωθερμικό σύστημα

Τα κλειστά συστήματα χωρίζονται σε οριζόντια και κάθετα. Ένα κλειστό σύστημα αποτελείται από πλαστικούς εύκαμπτους σωλήνες που είτε απορροφούν είτε μεταδίδουν τη θερμότητα στο έδαφος και μια αντλία θερμότητας. Τα οριζόντια κλειστά συστήματα είναι τα ευκολότερα εγκατεστημένα γεωθερμικά συστήματα, αλλά απαιτούν. Οι σωλήνες τοποθετούνται ένα μέτρο κάτω από το έδαφος σε σειρά ή παράλληλα. Η κύρια πηγή ενέργειας σε αυτά τα συστήματα είναι η ακτινοβολία του ήλιου στην επιφάνεια της γης. Γι 'αυτό δεν πρέπει να καλύψουμε το σημείο των κεφαλίδων με σκυρόδεμα ή φυτά που δημιουργούν σκίαση. Τα κάθετα κλειστά συστήματα βασίζονται στη θερμοκρασία του εδάφους που σε ένα ορισμένο βάθος παραμένει σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, παρά τις συνθήκες επιφάνειας. Σε

κάθετο σύστημα, τοποθετούμε σωλήνες πολυαιθυλενίου ή πολυπροπυλενίου. Η γεωλογική σύνθεση και οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους είναι πολύ σημαντικές για αυτό το σύστημα. Ο σχεδιασμός ενός ατομικού συστήματος είναι εύκολος, αλλά όταν πρέπει να σχεδιάσουμε ένα σύστημα σε περιοχή που είναι ήδη εγκατεστημένα τέτοια συστήματα, πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή στη θερμική ικανότητα του εδάφους. Η γεωθερμική μπορεί να λειτουργήσει με διάφορες εσωτερικές εγκαταστάσεις συστήματος (φινιρίσματος, καλοριφέρ, ζεστό νερό) και ιδανικά με την ενδοδαπέδια θέρμανση. Ο συνδυασμός του γεωθερμικού συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης έχει την υψηλότερη απόδοση και τη χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1. Ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ακτινοβολία από τον Ήλιο ικανή να παράγει θερμότητα, να προκαλεί χημικές αντιδράσεις ή να παράγει ηλεκτρισμό. Το συνολικό ποσό του ηλιακού ενεργειακού συμβάντος στη Γη υπερβαίνει κατά πολύ τις τρέχουσες και αναμενόμενες ενεργειακές απαιτήσεις του κόσμου. Εάν αξιοποιηθεί καταλλήλως, αυτή η εξαιρετικά διασκορπισμένη πηγή έχει τη δυνατότητα να ικανοποιήσει όλες τις μελλοντικές ενεργειακές ανάγκες. Τον 21^ο αιώνα η ηλιακή ενέργεια αναμένεται να γίνει όλο και πιο ελκυστική ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας λόγω του ανεξάντλητου εφοδιασμού της και του μη ρυπογόνου χαρακτήρα της, σε πλήρη αντίθεση με τα πεπερασμένα ορυκτά καύσιμα άνθρακα, πετρέλαιο και φυσικό αέριο.

Ο Ήλιος είναι μια εξαιρετικά ισχυρή πηγή ενέργειας και το φως του ήλιου είναι μακράν η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας που λαμβάνεται από τη Γη, αλλά η έντασή του στην επιφάνεια της Γης είναι στην πραγματικότητα αρκετά χαμηλή. Αυτό οφείλεται ουσιαστικά στην τεράστια ακτινωτή εξάπλωση της ακτινοβολίας από τον μακρινό Ήλιο. Μια σχετικά μικρή επιπλέον απώλεια οφείλεται στην ατμόσφαιρα και τα σύννεφα της Γης, τα οποία απορροφούν ή διασκορπίζουν έως και το 54% του εισερχόμενου ηλιακού φωτός. Το φως του ήλιου που φτάνει στο έδαφος αποτελείται από σχεδόν 50% ορατό φως, 45% υπέρυθη ακτινοβολία και μικρότερες ποσότητες υπεριώδους και άλλες μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Το δυναμικό για ηλιακή ενέργεια είναι τεράστιο, καθώς περίπου 200.000 φορές η συνολική ημερήσια ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο λαμβάνεται καθημερινά από τη Γη με τη μορφή ηλιακής ενέργειας. Δυστυχώς, αν και η ίδια η ηλιακή ενέργεια είναι δωρεάν, το υψηλό κόστος της συλλογής, μετατροπής και αποθήκευσής της περιορίζει την εκμετάλλευσή της σε πολλά μέρη. Η ηλιακή

ακτινοβολία μπορεί να μετατραπεί είτε σε θερμική ενέργεια (θερμότητα) είτε σε ηλεκτρική ενέργεια, αν και η πρώτη είναι πιο εύκολο να επιτευχθεί.

1.2. Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια έχει χρησιμοποιηθεί όσο οι άνθρωποι έχουν βάλει πανιά απέναντι στον άνεμο. Για περισσότερες από δύο χιλιετίες, οι μηχανές με ανεμογεννήτριες έχουν κόκκους εδάφους και αντλούν νερό. Η αιολική ενέργεια ήταν ευρέως διαθέσιμη και δεν περιοριζόταν στις τράπεζες των ρέων ταχείας ροής, ή αργότερα, απαιτώντας πηγές καυσίμων. Οι αντλίες με αιολικούς αγωγούς αποστραγγίσανε τις πόλεις της Ολλανδίας και σε άνυδρες περιοχές, όπως η αμερικανική μεσοδυτική ή η αυστραλιανή χώρα, οι ανεμογεννήτριες παρείχαν νερό για κτηνοτρόφους και ατμομηχανές.

Ο πρώτος ανεμόμυλος που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάστηκε στη Σκωτία τον Ιούλιο του 1887 από τον καθηγητή James Blyth του κολλεγίου Anderson's, στην Γλασκόβη (πρόδρομος του Πανεπιστημίου Strathclyde). Η υπερσύγχρονη ανεμογεννήτρια 10 μέτρων που είχε τοποθετηθεί στον κήπο του εξοχικού σπιτιού του στο Marykirk στο Kincardineshire, χρησιμοποιήθηκε για τη φόρτιση των συσσωρευτών που ανέπτυξε ο Γάλλος Camille Alphonse Faure, για να τροφοδοτήσει τον φωτισμό στο εξοχικό σπίτι καθιστώντας το έτσι το πρώτο σπίτι στον κόσμο που έχει ηλεκτρική παροχή από την αιολική ενέργεια. Ο Blyth προσέφερε την πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια στους κατοίκους της Marykirk για να φωτίσει τον κεντρικό δρόμο, ωστόσο, εκείνοι απέρριψαν την προσφορά καθώς σκέφτηκαν ότι η ηλεκτρική ενέργεια ήταν «το έργο του διαβόλου». Παρόλο που αργότερα κατασκεύασε μια ανεμογεννήτρια για την παροχή ενέργειας έκτακτης ανάγκης στο τοπικό Lunatic Infirmary και Dispensary Asylum, της Montrose, η εφεύρεση ποτέ δεν πήρε σάρκα και οστά δεδομένου ότι η τεχνολογία δεν θεωρήθηκε ότι είναι οικονομικά βιώσιμη.

Στην άλλη άκρη του Ατλαντικού, στο Κλίβελαντ του Οχάιο σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε μια χειροποίητη μηχανή το χειμώνα του 1887-1888 από τον Charles F. Brush. Κατασκευάστηκε στο σπίτι του και λειτούργησε από το 1886 έως το 1900.

Η ανεμογεννήτρια Brush είχε έναν ρότορα 17 μέτρων σε διάμετρο και τοποθετήθηκε σε έναν πύργο 18 μέτρων. Αν και μεγάλο με βάση τα σημερινά πρότυπα, το μηχανήμα λειτουργούσε μόνο στις 12 kW. Το συνδεδεμένο δυναμό χρησιμοποιήθηκε είτε για τη φόρτιση μιας τράπεζας μπαταριών είτε για τη λειτουργία έως και 100 λαμπτήρων πυρακτώσεως, τριών λαμπτήρων τόξου και διαφόρων κινητήρων στο εργαστήριο του Brush.

Με την ανάπτυξη της ηλεκτρικής ενέργειας, η αιολική ενέργεια βρήκε νέες εφαρμογές στον φωτισμό κτιρίων εκτός από την κεντρική ισχύ. Κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα αναπτύχθηκαν μικροί αιολικοί σταθμοί κατάλληλοι για αγροκτήματα ή κατοικίες και μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες χρησιμότητας που θα μπορούσαν να συνδεθούν με ηλεκτρικά δίκτυα για την εξ' αποστάσεως χρήση ενέργειας. Οι σημερινές γεννήτριες που λειτουργούν με αιολική ενέργεια λειτουργούν σε κάθε κλίμακα μεγέθους μεταξύ μικροσκοπικών σταθμών για τη φόρτιση μπαταριών σε απομονωμένες κατοικίες, έως και αιολικών πάρκων ανοικτής θάλασσας που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για παροχή στα εθνικά ηλεκτρικά δίκτυα.

Η αιολική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια του αέρα, που ονομάζεται επίσης άνεμος. Η συνολική αιολική ενέργεια που ρέει μέσα από μια φανταστική επιφάνεια με εμβαδό A κατά τη διάρκεια του χρόνου t είναι:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(Avt\rho)v^2 = \frac{1}{2}At\rho v^3,$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα του αέρα, v είναι η ταχύτητα του ανέμου, Avt είναι ο όγκος του αέρα που διέρχεται από το A (το οποίο θεωρείται κάθετο προς την κατεύθυνση του ανέμου). Συνεπώς, η $Avt\rho$ είναι η μάζα m που διέρχεται από το " A ". Σημειώνουμε ότι $\frac{1}{2}\rho v^2$ είναι η κινητική ενέργεια του κινούμενου αέρα ανά μονάδα όγκου.

Η ισχύς είναι ενέργεια ανά μονάδα χρόνου, οπότε η αιολική ενέργεια που προσπίπτει στο A (π.χ. ισούται με την περιοχή του δρομέα μιας ανεμογεννήτριας) είναι:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2}A\rho v^3$$

Επομένως, η αιολική ενέργεια σε ανοιχτό ρεύμα αέρα είναι ανάλογη της τρίτης ισχύος της ταχύτητας του ανέμου. η διαθέσιμη ισχύς αυξάνεται οκταπλασιάζοντας όταν η ταχύτητα του ανέμου διπλασιάζεται. Επομένως, οι ανεμογεννήτριες για ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο πρέπει να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές σε μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου.

Ο άνεμος είναι η κίνηση του αέρα στην επιφάνεια της Γης, επηρεασμένη από περιοχές υψηλής πίεσης και χαμηλής πίεσης. Η παγκόσμια αιολική κινητική ενέργεια ήταν κατά μέσο όρο 1,50 MJ / m² κατά την περίοδο 1979 έως 2010, 1,31 MJ / m² στο Βόρειο Ημισφαίριο με 1,70 MJ / m² στο νότιο ημισφαίριο. Η ατμόσφαιρα λειτουργεί ως θερμικός κινητήρας, απορροφώντας θερμότητα σε υψηλότερες θερμοκρασίες, απελευθερώνοντας θερμότητα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η διαδικασία είναι υπεύθυνη για την παραγωγή κινητικής αιολικής ενέργειας σε ρυθμό 2,46 W/ m², διατηρώντας έτσι την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας έναντι της διαρροής τριβής.

Μέσω της εκτίμησης των αιολικών πόρων είναι δυνατή η παροχή εκτιμήσεων για το δυναμικό αιολικής ενέργειας παγκοσμίως, ανά χώρα ή περιοχή ή για συγκεκριμένο τόπο. Μια συνολική εκτίμηση του δυναμικού αιολικής ενέργειας είναι διαθέσιμη μέσω του παγκόσμιου αιολικού ανέμου που παρέχει το Τεχνικό Πανεπιστήμιο της Δανίας σε συνεργασία με την Παγκόσμια Τράπεζα. Σε αντίθεση με τους «στατικούς» άτλαντες αιολικών πόρων οι οποίοι υπολογίζουν τις μέσες εκτιμήσεις της ταχύτητας του ανέμου και της πυκνότητας ισχύος κατά τη διάρκεια πολλών ετών, εργαλεία όπως το Renewables.ninja παρέχουν προσομοιώσεις χρόνου ταχύτητας ανέμου και ισχύος από διαφορετικά μοντέλα ανεμογεννητριών ωριαία ανάλυση. Λεπτομερέστερες εκτιμήσεις σχετικά με το δυναμικό των αιολικών πόρων μπορούν να ληφθούν από εξειδικευμένους εμπορικούς προμηθευτές και πολλοί από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές αιολικής ενέργειας θα διατηρήσουν τις δυνατότητες εσωτερικής μοντελοποίησης.

Η συνολική ποσότητα οικονομικά ανακτήσιμης ισχύος που διατίθεται από τον άνεμο είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την παρούσα χρήση ανθρώπινης ενέργειας από όλες τις πηγές. Ο Axel Kleidon του Ινστιτούτου Max Planck στη Γερμανία πραγματοποίησε έναν υπολογισμό "από πάνω προς τα κάτω" σχετικά με την

ποσότητα της αιολικής ενέργειας που υπάρχει, ξεκινώντας με την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία που οδηγεί τους ανέμους δημιουργώντας διαφορές θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι θα μπορούσε να εξαχθεί κάπου μεταξύ 18 TW και 68 TW.

Η Cristina Archer και ο Mark Z. Jacobson παρουσίασαν μια εκτίμηση "από τη βάση προς την κορυφή", η οποία σε αντίθεση με την Kleidon βασίζονται σε πραγματικές μετρήσεις ταχύτητας ανέμου και διαπίστωσαν ότι υπάρχουν 1700 TW αιολικής ενέργειας σε υψόμετρο 100 μέτρων πάνω από ξηρά και θάλασσα. Από αυτό, "μεταξύ 72 και 170 TW θα μπορούσαν να εξαχθούν με πρακτικό και οικονομικά ανταγωνιστικό τρόπο". Αργότερα υπολόγισαν 80 TW. Ωστόσο, η έρευνα στο Πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ υπολογίζει κατά μέσο όρο 1 Watt/ m² και χωρητικότητα 2-10 MW / km² για αιολικά πάρκα μεγάλης κλίμακας, υποδηλώνοντας ότι αυτές οι εκτιμήσεις των συνολικών παγκόσμιων αιολικών πόρων είναι πολύ υψηλές κατά ένα συντελεστή περίπου 4.

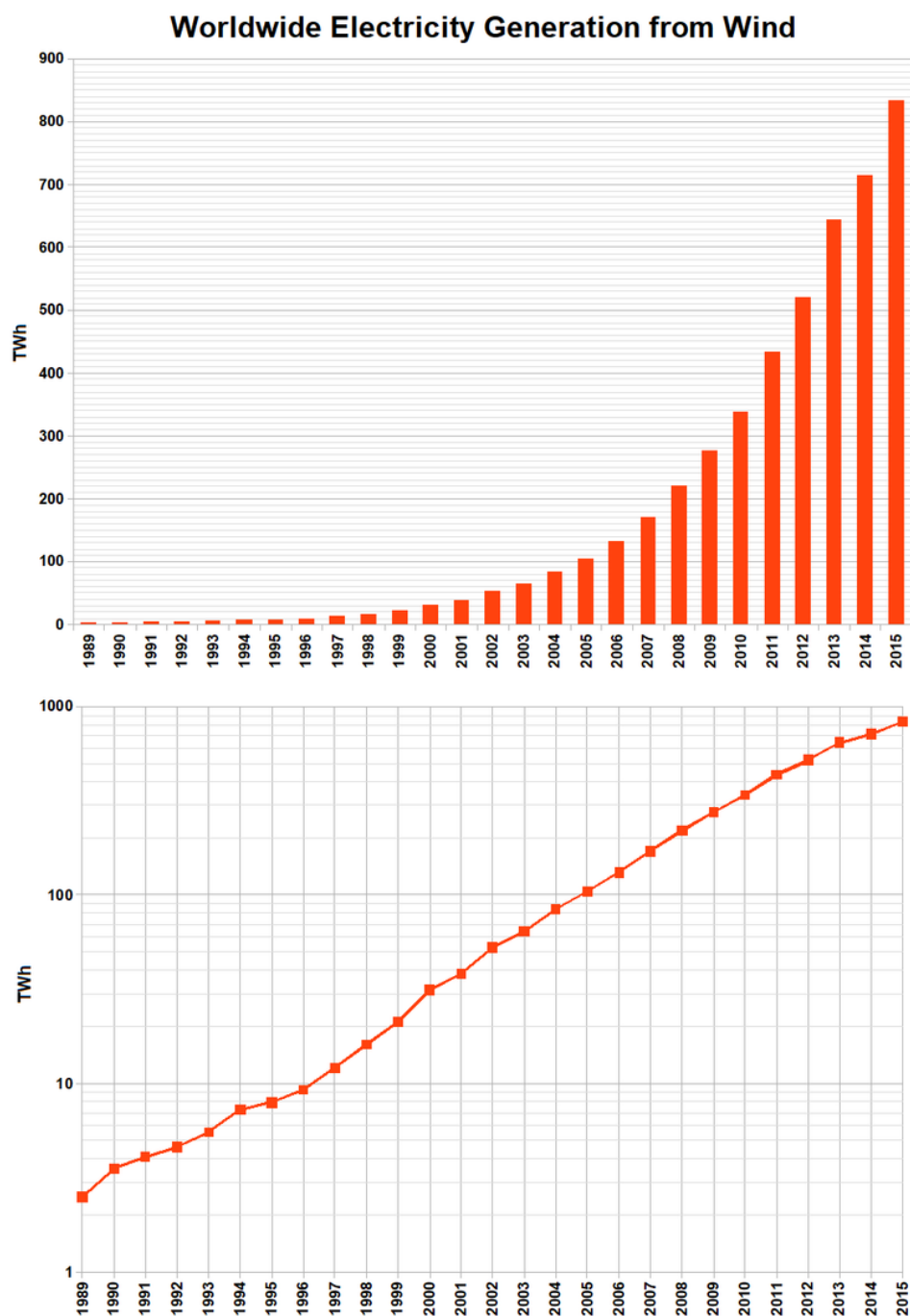
Η ισχύς του ανέμου ποικίλλει και μια μέση τιμή για μια δεδομένη τοποθεσία δεν δείχνει μόνη της την ποσότητα ενέργειας που θα μπορούσε να παράγει εκεί ένας ανεμογεννήτριας.

Για να εκτιμηθούν οι υποψήφιες περιοχές παραγωγής αιολικής ενέργειας, μια συνάρτηση κατανομής πιθανότητας ταιριάζει συχνά με τα παρατηρούμενα δεδομένα ταχύτητας ανέμου. Οι διαφορετικές τοποθεσίες θα έχουν διαφορετικές κατανομές ταχύτητας ανέμου. Το μοντέλο Weibull αντικατοπτρίζει πιστά την πραγματική κατανομή των ωριαίων/ δεκάλεπτων ταχυτήτων ανέμου σε πολλές τοποθεσίες. Ο παράγοντας Weibull είναι συχνά κοντά στο 2 και επομένως η διανομή Rayleigh μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λιγότερο ακριβές, αλλά απλούστερο μοντέλο.

Από το 2015, υπάρχουν πάνω από 200.000 ανεμογεννήτριες που λειτουργούν, με συνολική ονομαστική χωρητικότητα 432 GW παγκοσμίως. Η Ευρωπαϊκή Ένωση πέρασε 100 GW ονομαστική ικανότητα τον Σεπτέμβριο του 2012, ενώ οι Ηνωμένες Πολιτείες υπερέβησαν τα 75 GW το 2015 και η ικανότητα σύνδεσης της Κίνας με το δίκτυο πέρασε 145 GW το 2015. Το 2015, η αιολική ενέργεια αποτελούσε το 15,6%

της εγκατεστημένης ισχύος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και δημιούργησε περίπου το 11,4% της ισχύος της.

Η παγκόσμια ικανότητα παραγωγής αιολικής ενέργειας υπερδιπλασιάστηκε μεταξύ 2000 και 2006, διπλασιάζοντας περίπου κάθε τρία χρόνια. Οι Ηνωμένες Πολιτείες πρωτοστάτησαν σε αιολικά πάρκα και οδήγησαν τον κόσμο σε εγκατεστημένη ισχύ στη δεκαετία του 1980 και στη δεκαετία του 1990. Το 1997, η εγκατεστημένη ισχύς στη Γερμανία ξεπέρασε τις Ηνωμένες Πολιτείες και οδήγησε μέχρι να ξεπεράσει και πάλι τις Ηνωμένες Πολιτείες το 2008. Η Κίνα επεκτείνει ταχέως τις αιολικές εγκαταστάσεις της στα τέλη της δεκαετίας του 2000 και πέρασε τις Ηνωμένες Πολιτείες το 2010 για να γίνει παγκόσμιος ηγέτης. Από το 2011, 83 χώρες σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν αιολική ενέργεια σε εμπορική βάση.



Σχήμα 1. Παγκόσμια παραγωγή αιολικής ενέργειας μέχρι το 2015

Η πραγματική ποσότητα ηλεκτρικής ισχύος που παράγει ο άνεμος υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την χωρητικότητα του πινακίδας με τον συντελεστή χωρητικότητας, ο οποίος ποικίλλει ανάλογα με τον εξοπλισμό και την τοποθεσία. Οι εκτιμήσεις των συντελεστών ικανότητας για τις αιολικές εγκαταστάσεις κυμαίνονται μεταξύ 35% και 44%.

Πίνακας 1. Κορυφαίες χώρες παραγωγής αιολικής ενέργειας το 2015

Χώρα	Παραγωγή αιολικής ενέργειας (TWh)
ΗΠΑ	190.7
Κίνα	185.8
Γερμανία	78.9
Ισπανία	48.1
Ινδία	42.8
Ηνωμένο Βασίλειο	40.3
Καναδάς	26.2
Βραζιλία	21.6
Γαλλία	21.2
Σουηδία	16.3
Υπόλοιπο του κόσμου	161.7
Σύνολο	833.6

Η διείσδυση της αιολικής ενέργειας είναι το κλάσμα της ενέργειας που παράγεται από τον άνεμο σε σχέση με τη συνολική παραγωγή. Η διείσδυση της αιολικής ενέργειας στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2015 ήταν 3,5%.

Δεν υπάρχει γενικά αποδεκτό μέγιστο επίπεδο διείσδυσης αέρα. Το όριο για ένα συγκεκριμένο δίκτυο θα εξαρτηθεί από τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις παραγωγής, τους μηχανισμούς τιμολόγησης, την ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας, τη διαχείριση της ζήτησης και άλλους παράγοντες. Ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας θα περιλαμβάνει ήδη δυναμικό δημιουργίας και μετάδοσης αποθεμάτων για να επιτρέψει την αποτυχία του εξοπλισμού. Αυτή η αποθεματική ικανότητα μπορεί επίσης να χρησιμεύσει για να αντισταθμίσει την ποικίλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τους αιολικούς σταθμούς. Μελέτες έχουν δείξει ότι το 20% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να ενσωματωθεί με ελάχιστες δυσκολίες. Αυτές οι μελέτες αφορούσαν τοποθεσίες με γεωγραφικά διασκορπισμένα αιολικά πάρκα, κάποιο βαθμό διανεμόμενης ενέργειας ή υδροηλεκτρική ενέργεια με χωρητικότητα αποθήκευσης, διαχείριση ζήτησης και διασυνδεδεμένα με ένα μεγάλο δίκτυο που επιτρέπει την εξαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όταν χρειάζεται. Πέρα από το επίπεδο του 20%, υπάρχουν λίγα τεχνικά όρια, αλλά οι οικονομικές συνέπειες γίνονται πιο σημαντικές. Οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις συνεχίζουν να μελετούν τις επιπτώσεις της μεγάλης κλίμακας διείσδυσης της παραγωγής αιολικής ενέργειας στη σταθερότητα και την οικονομία του συστήματος.

Η διείσδυση της αιολικής ενέργειας μπορεί να καθοριστεί για διαφορετική χρονική περίοδο, αλλά συχνά αναφέρεται ετησίως. Η απόκτηση του 100% από τον άνεμο απαιτεί ετήσια ουσιαστική αποθήκευση ή ουσιαστική διασύνδεση με άλλα συστήματα που ενδέχεται να έχουν ήδη σημαντική αποθήκευση. Σε μηνιαία, εβδομαδιαία, ημερήσια ή ωριαία βάση ή λιγότερο αιολική ενέργεια μπορεί να παρέχει έως και 100% της τρέχουσας χρήσης, ενώ τα υπόλοιπα αποθηκεύονται ή εξάγονται. Επομένως, η εποχιακή βιομηχανία θα μπορούσε να επωφεληθεί από τον υψηλό άνεμο και τους χρόνους χρήσης, όπως τη νύχτα, όταν η παραγωγή ανέμου μπορεί να υπερβεί την κανονική ζήτηση. Η βιομηχανία αυτή μπορεί να περιλαμβάνει την παραγωγή πυριτίου, αλουμινίου, χάλυβα ή φυσικού αερίου και υδρογόνου και με τη χρήση μελλοντικής μακροπρόθεσμης αποθήκευσης για τη διευκόλυνση της ενέργειας κατά 100% από μεταβλητές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα σπίτια μπορούν επίσης να προγραμματιστούν για να δέχονται επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια κατόπιν ζήτησης,

για παράδειγμα με την απομακρυσμένη ενεργοποίηση των θερμοστάτων του θερμοσίφωνα.

Στην Αυστραλία, το κράτος της Νότιας Αυστραλίας παράγει περίπου το ήμισυ της ικανότητας αιολικής ενέργειας του έθνους. Μέχρι το τέλος του 2011, η αιολική ενέργεια στη Νότια Αυστραλία, που υπερασπίστηκε ο πρωθυπουργός (και ο υπουργός Κλιματικής Αλλαγής) Mike Rann, έφτασε το 26% της ηλεκτρικής ενέργειας του κράτους, εξουδετερώνοντας τον άνθρακα για πρώτη φορά. Σε αυτό το στάδιο, η Νότια Αυστραλία, με μόνο το 7,2% του πληθυσμού της Αυστραλίας, είχε 54% της εγκατεστημένης δυναμικότητας της Αυστραλίας.

1.3. Υδροηλεκτρική ενέργεια

Οι άνθρωποι έχουν μακρά ιστορία χρήσης της δύναμης του νερού που ρέει σε ρέματα και ποτάμια για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια ήταν μια από τις πρώτες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μέχρι το 2019, η υδροηλεκτρική ενέργεια ήταν η μεγαλύτερη πηγή συνολικής ετήσιας παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Το 2020, η υδροηλεκτρική ενέργεια αντιπροσώπευε περίπου το 7,3% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ 1 και το 37% της συνολικής παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας κλίμακας χρησιμότητας. Το μερίδιο της υδροηλεκτρικής ενέργειας στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει μειωθεί με την πάροδο του χρόνου, κυρίως λόγω της αύξησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από άλλες πηγές.

Η κατανόηση του κύκλου νερού είναι σημαντική για την κατανόηση της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Ο κύκλος του νερού έχει τρία βήματα:

- Η ηλιακή ενέργεια θερμαίνει το νερό στην επιφάνεια των ποταμών, των λιμνών και των ωκεανών, γεγονός που προκαλεί την εξάτμιση του νερού.
- Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε σύννεφα και πέφτουν ως βροχόπτωση - βροχή και χιόνι.

- Η βροχόπτωση συλλέγεται σε ρέματα και ποτάμια, τα οποία αδειάζουν σε ωκεανούς και λίμνες, όπου εξατμίζεται και ξεκινά ξανά τον κύκλο.

Το ύψος της βροχόπτωσης που απορροφά σε ποτάμια και ρέματα σε μια γεωγραφική περιοχή καθορίζει την ποσότητα νερού που διατίθεται για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Οι εποχιακές διακυμάνσεις της βροχόπτωσης και οι μακροπρόθεσμες αλλαγές στα πρότυπα νετού, όπως η ξηρασία, μπορούν να έχουν μεγάλες επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Επειδή η πηγή υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι νερό, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί συνήθως βρίσκονται πάνω ή κοντά σε μια πηγή νερού. Ο όγκος της ροής του νερού και η αλλαγή στην ανύψωση - ή πτώση, και συχνά αναφέρεται ως κεφαλή - από το ένα σημείο στο άλλο καθορίζουν την ποσότητα της διαθέσιμης ενέργειας στο κινούμενο νερό. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η ροή του νερού και όσο υψηλότερη είναι η κεφαλή, τόσο περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παράγει μια μονάδα υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Στα εργοστάσια υδροηλεκτρικής ενέργειας το νερό ρέει μέσω ενός σωλήνα ή πένας, στη συνέχεια σπρώχνει και περιστρέφει τις λεπίδες σε έναν στρόβιλο για να περιστρέψει μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι συμβατικές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν:

Συστήματα Run-of-the-River, όπου η δύναμη του ρεύματος του ποταμού ασκεί πίεση σε μια τουρμπίνα. Οι εγκαταστάσεις μπορεί να έχουν ένα πλέγμα στην πορεία του νερού για να εκτρέψουν τη ροή του νερού σε υδροστρόβιλους.

Συστήματα αποθήκευσης, όπου το νερό συσσωρεύεται σε δεξαμενές που δημιουργούνται από φράγματα σε ρέματα και ποτάμια και απελευθερώνεται μέσω υδροστροβίλων, όπως απαιτείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας των ΗΠΑ έχουν φράγματα και δεξαμενές αποθήκευσης.

Οι εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας με αντλία αποθήκευσης είναι ένας τύπος υδροηλεκτρικού συστήματος αποθήκευσης όπου το νερό αντλείται από μια πηγή νερού έως μια δεξαμενή αποθήκευσης σε υψηλότερο υψόμετρο και απελευθερώνεται

από την άνω δεξαμενή για να τροφοδοτήσει υδροστρόβιλους που βρίσκονται κάτω από την άνω δεξαμενή. Η ηλεκτρική ενέργεια για άντληση μπορεί να τροφοδοτείται από υδροστρόβιλους ή από άλλους τύπους σταθμών παραγωγής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων ορυκτών καυσίμων ή πυρηνικών σταθμών. Συνήθως αντλούν νερό στην αποθήκευση όταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και το κόστος παραγωγής, και / ή όταν οι τιμές χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας είναι σχετικά χαμηλές και απελευθερώνουν το αποθηκευμένο νερό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις περιόδους αιχμής της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, όταν οι τιμές χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας είναι σχετικά υψηλές. Τα υδροηλεκτρικά συστήματα αντλίας-αποθήκευσης χρησιμοποιούν γενικά περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για την άντληση νερού στις άνω δεξαμενές αποθήκευσης νερού από ό, τι παράγουν με το αποθηκευμένο νερό. Επομένως, οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης με αντλία έχουν καθαρά αρνητικά υπόλοιπα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

1.4. Παλιρροιακή ενέργεια

Η παλιρροιακή ενέργεια είναι μια μορφή υδροηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπει την ενέργεια που λαμβάνεται από τις παλίρροιες σε χρήσιμες μορφές ισχύος, όπως η ηλεκτρική ενέργεια. Οι παλίρροιες δημιουργούνται από τη βαρυτική επίδραση του φεγγαριού και του ήλιου στη γη προκαλώντας κυκλική κίνηση των θαλασσών. Ένα από τα πλεονεκτήματα της αξιοποίησης της ισχύος από παλιρροιακές περιοχές και παλιρροιακές ροές σε σχέση με άλλες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας είναι ότι η διαδικασία είναι απολύτως προβλέψιμη.

Η παλιρροιακή ενέργεια παράγεται από το κύμα των ωκεανών κατά την άνοδο και την πτώση των παλιρροιών. Η παλιρροιακή ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα, οι μηχανικοί ανέπτυξαν τρόπους να χρησιμοποιούν την παλιρροιακή κίνηση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές όπου υπάρχει σημαντική παλιρροιακή περιοχή - η διαφορά στην περιοχή μεταξύ της παλίρροιας και της χαμηλής παλίρροιας. Όλες οι μέθοδοι χρησιμοποιούν

ειδικές γεννήτριες για τη μετατροπή της παλιρροιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η παλιρροιακή παραγωγή ενέργειας είναι ακόμη στα σπάργαλα. Η ποσότητα ισχύος που παρήχθη μέχρι στιγμής ήταν μικρή. Υπάρχουν πολύ λίγοι παλιρροιακοί σταθμοί εμπορικού μεγέθους που λειτουργούν στον κόσμο. Το πρώτο βρισκόταν στο La Rance της Γαλλίας. Η μεγαλύτερη εγκατάσταση είναι ο παλιρροιακός σταθμός Sihwa Lake Tidal στη Νότια Κορέα. Οι Ηνωμένες Πολιτείες δεν έχουν παλιρροιακά φυτά και μόνο λίγες τοποθεσίες όπου η παλιρροιακή ενέργεια θα μπορούσε να παραχθεί σε λογική τιμή. Η Κίνα, η Γαλλία, η Αγγλία, ο Καναδάς και η Ρωσία έχουν πολύ περισσότερες δυνατότητες να χρησιμοποιήσουν αυτόν τον τύπο ενέργειας.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, υπάρχουν νομικές ανησυχίες σχετικά με την υποβρύχια ιδιοκτησία γης και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι επενδυτές δεν είναι ενθουσιώδεις για την παλιρροιακή ενέργεια, επειδή δεν υπάρχει ισχυρή εγγύηση ότι θα κερδίσει χρήματα ή θα ωφελήσει τους καταναλωτές. Οι μηχανικοί εργάζονται για να βελτιώσουν την τεχνολογία των παραγόμενων παλιρροιακών πηγών ενέργειας για να αυξήσουν την ποσότητα ενέργειας που παράγουν, να μειώσουν τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και να βρουν έναν τρόπο να κερδίσουν κέρδη για τις εταιρείες ενέργειας.

Οι τεχνολογίες παλιρροιακής εμβέλειας χρησιμοποιούν την κάθετη διαφορά ύψους μεταξύ παλίρροιας και χαμηλής παλίρροιας. Τα έργα έχουν τη μορφή παλιρροιακών φραγμάτων ή λιμνοθαλασσών που χρησιμοποιούν στροβίλους στο φράγμα ή τη λιμνοθάλασσα για να παράγουν ηλεκτρισμό καθώς η παλίρροια πλημμυρίζει σε δεξαμενή. Όταν η παλίρροια έξω από το φράγμα υποχωρεί, το συγκρατημένο νερό μπορεί στη συνέχεια να απελευθερωθεί μέσω στροβίλων, που παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Οι παλιρροιακές γεννήτριες αντλούν ενέργεια από ρεύματα νερού με παρόμοιο τρόπο με τις ανεμογεννήτριες που αντλούν ενέργεια από ρεύματα αέρα. Ωστόσο, επειδή το νερό είναι 832 φορές πιο πυκνό από τον αέρα, το δυναμικό για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μια μεμονωμένη παλιρροιακή τουρμπίνα μπορεί να είναι μεγαλύτερο από εκείνο μιας παρόμοιας ονομαστικής τουρμπίνας. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί

τρόποι για να λάβουμε παλιρροιακή ενέργεια: παλιρροιακές ροές, φράγματα και παλιρροιακές λιμνοθάλασσες.

Για τους περισσότερους παραγωγούς παλιρροιακής ενέργειας, οι στρόβιλοι τοποθετούνται σε παλιρροιακές ροές. Ένα παλιρροιακό ρεύμα είναι ένα ταχέως ρέον σώμα νερού που δημιουργείται από παλίρροιες. Ο στρόβιλος είναι μια μηχανή που παίρνει ενέργεια από μια ροή υγρού. Αυτό το υγρό μπορεί να είναι αέρας (άνεμος) ή υγρό (νερό). Επειδή το νερό είναι πολύ πιο πυκνό από τον αέρα, η παλιρροιακή ενέργεια είναι πιο ισχυρή από την αιολική ενέργεια. Σε αντίθεση με τον άνεμο, οι παλίρροιες είναι προβλέψιμες και σταθερές. Όταν χρησιμοποιούνται παλιρροιακές γεννήτριες, παράγουν ένα σταθερό, αξιόπιστο ρεύμα ηλεκτρικής ενέργειας.

Η τοποθέτηση των στροβίλων σε παλιρροιακές ροές είναι περίπλοκη, επειδή τα μηχανήματα είναι μεγάλα και διαταράσσουν την παλίρροια που προσπαθούν να εκμεταλλευτούν. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορεί να είναι σοβαρές, ανάλογα με το μέγεθος του στροβίλου και τη θέση της παλιρροιακής ροής. Οι στρόβιλοι είναι πιο αποτελεσματικοί στα ρηγά νερά. Αυτό παράγει περισσότερη ενέργεια και επιτρέπει στα πλοία να περιηγούνται στους στροβίλους. Οι λεπίδες τουρμπίνας της παλιρροιακής γεννήτριας στρέφονται επίσης αργά, γεγονός που βοηθά τη θαλάσσια ζωή να αποφύγει την παγίδευση στο σύστημα.

Ο πρώτος παλιρροιακός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος στον κόσμο κατασκευάστηκε το 2007 στο Strangford Lough της Βόρειας Ιρλανδίας. Οι τουρμπίνες τοποθετούνται σε στενό μεταξύ του κολπίσκου Strangford Lough και της Ιρλανδικής Θάλασσας. Η παλίρροια μπορεί να κινηθεί στα 4 μέτρα (13 πόδια) ανά δευτερόλεπτο κατά μήκος του στενού.

1.5. Γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμία αποτελεί ένα τομέα της γεωφυσικής που μελετά τη θερμική κατάσταση και την ιστορία του εσωτερικού της γης. Η ηλιακή θερμότητα διεισδύει μόνο στα ανώτατα στρώματα του φλοιού της γης. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του ημερήσιου εδάφους εκτείνονται σε βάθος 1,2-1,5 m. ετήσιες παραλλαγές, έως 10-20

m. Η θερμότητα που σχετίζεται με την ηλιακή ακτινοβολία δεν διεισδύει περαιτέρω, αν και έχει διαπιστωθεί μια τακτική αύξηση της θερμοκρασίας με αυξανόμενο βάθος, υποδεικνύοντας την ύπαρξη πηγών θερμότητας μέσα στη γη. Η θερμότητα ρέει συνεχώς από τα βάθη στην επιφάνεια της γης και διασκορπίζεται στον περιβάλλοντα χώρο. Η πυκνότητα της ροής θερμότητας δίνεται από το προϊόν της γεωθερμικής κλίσης και τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Ένα σημαντικό μέρος της ροής θερμότητας είναι η ραδιογενής θερμότητα - δηλαδή, η θερμότητα εξελίχθηκε κατά την διάσπαση των ραδιενεργών στοιχείων που υπάρχουν στη γη.

Η θερμοκρασία του εσωτερικού της γης εντός των ορίων της ξηρής γης καθορίζεται απευθείας σε άξονες και γεωτρήσεις μέσω ηλεκτρικών θερμομέτρων. Τα όργανα για την καταγραφή της θερμικής κλίσης χρησιμοποιούνται για μετρήσεις στον πυθμένα του ωκεανού. Οι εργαστηριακές μετρήσεις γίνονται για τον προσδιορισμό της θερμικής αγωγιμότητας των πετρωμάτων και οι μετρήσεις δείχνουν ότι η αλλαγή θερμοκρασίας με βάθος σε διάφορα σημεία κυμαίνεται από 0,006 έως 0,15 deg / m. Η πυκνότητα της ροής θερμότητας είναι πιο σταθερή και συνδέεται στενά με την τεκτονική δομή. Πολύ σπάνια εκτείνεται πέρα από τα όρια των 0,025 έως 0,1 watt ανά τετραγωνικό μέτρο (W / m^2) ή 0,6-2,4 μικροκαλίων ανά ($cm^2 \cdot sec$) [$\mu cal / (cm^2 \cdot sec)$] οι μεμονωμένες τιμές επιτυγχάνουν 0,3 W / m^2 [$8 \mu cal / (cm^2 \cdot sec)$]. Οι προκαταρκτικές κρυσταλλικές ασπίδες χαρακτηρίζονται από χαμηλές τιμές [έως 0,04 W / m^2 , ή 0,9 $\mu cal / (cm^2 \cdot sec)$]; πλατφόρμες, με μεσαίες τιμές [0,05-0,06 W / m^2 , ή 1,1-1,5 $\mu cal / (cm^2 \cdot sec)$] · και τεχνικά ενεργές περιοχές (κορυφογραμμές μεσαίου ωκεανού, ρήξεις και περιοχές σύγχρονης ορθογένεσης), με υψηλές τιμές [0,07-0,1 W / m^2 , ή 1,7-2,6 $\mu cal / (cm^2 \cdot sec)$]. Κατά μέσο όρο, οι ωκεανοί, οι ήπειροι και η γη δίνουν τις ίδιες τιμές. Περίπου 0,05 W / m^2 ή 1,2 $\mu cal / (cm^2 \cdot sec)$ Ωστόσο, αυτός ο αριθμός δεν είναι πολύ αξιόπιστος, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της γης δεν έχει ακόμη εξεταστεί.

Η θερμοκρασία της γης μπορεί να μετρηθεί απευθείας σε βάθος λίγων χιλιομέτρων. Παρακάτω, η θερμοκρασία υπολογίζεται έμμεσα από τη θερμοκρασία των ηφαιστειακών λαβών και από ορισμένα γεωφυσικά δεδομένα. Σε βάθη άνω των 400 km, μπορούν να επιτευχθούν μόνο πιθανά όρια θερμοκρασίας. Εδώ θεωρείται ότι η θερμοκρασία του στρώματος Gutenberg είναι κοντά στο σημείο τήξης και ότι κάτω από αυτό το σημείο τήξης αυξάνεται (λόγω της αύξησης της πίεσης) γρηγορότερα

από την πραγματική θερμοκρασία, και ότι στα όρια του πυρήνα της γης το υλικό του εσωτερικού παραμένει συμπαγές, αν και ο πυρήνας (εκτός από τον υπο-πυρήνα) είναι λιωμένος. Τα πιθανά όρια θερμοκρασίας για διάφορα βάθη δίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 2. Πιθανά όρια θερμοκρασίας για διάφορα βάθη

<i>Βάθος (km)</i>	<i>Θερμοκρασία (°C)</i>
50	700-800
100	900-1300
500	1500-2000
1,000	1700-2500
2,900 (Όριο του πυρήνα)	2000-4700
6,371 (κέντρο της γης)	2200-5000

Έτσι, η γεωθερμική κλίση μειώνεται πολύ με το βάθος. Η ενέργεια της συνολικής ροής θερμότητας που προέρχεται από τη γη είναι περίπου $2,5 \times 10^{13}$ W, που είναι περίπου 30 φορές μεγαλύτερη από αυτήν όλων των σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο, αλλά 4.000 φορές μικρότερη από την ποσότητα θερμότητας που λαμβάνει η γη από τον ήλιο. Κατά συνέπεια, η θερμότητα που προέρχεται από το εσωτερικό της γης δεν επηρεάζει το κλίμα.

Μια εξήγηση της θερμικής ιστορίας της γης απαιτεί δεδομένα σχετικά με το αρχικό περιεχόμενο του ραδιενεργού υλικού των διαφόρων κελυφών της γης, για τις μετατοπίσεις τους από τη μία γεωσφαιρία στην άλλη, για τις ενέργειες και τους ρυθμούς αποσύνθεσης, για την ηλικία της γης, για την ποσότητα θερμότητα που λαμβάνεται από τον πλανήτη κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του, και για την ποσότητα θερμότητας που εξελίχθηκε και απορροφήθηκε στις διάφορες μηχανικές, φυσικές και χημικές διεργασίες στο εσωτερικό της γης. Θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας, η ειδική θερμότητα του υλικού του

εσωτερικού και η θερμοκρασία και η πίεση σε διάφορα βάθη και στην επιφάνεια της γης.

Οι εκτιμώμενες τιμές καθιστούν δυνατή τη σκιαγράφιση μιας τέτοιας εικόνας της θερμικής ιστορίας της γης. Αμέσως μετά τον σχηματισμό του πλανήτη από ένα σύμπλεγμα μετεωρικών σωμάτων, η εσωτερική του θερμοκρασία ήταν πιθανώς 700 ° -2000 ° C. Οι υπολογισμοί για τη γη με την υπόθεση ότι ένας πυριτικός πυρήνας δείχνουν ότι, εκτός από τον πυρήνα και πιθανώς το στρώμα Gutenberg, δεν λιώθηκε ποτέ. Το βαθύ εσωτερικό της γης θερμαίνεται αργά (κατά μερικούς βαθμούς σε 107 χρόνια), ενώ τα ανώτερα στρώματά του (αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα) ψύχονται ακόμη πιο αργά.

Η γεωθερμική έρευνα έχει μεγάλη θεωρητική σημασία για διάφορους τύπους γήινων μελετών. Ο ρόλος του είναι ιδιαίτερα μεγάλος στην κατασκευή και αξιολόγηση τεκτονικών υποθέσεων. Για παράδειγμα, τα γεωθερμικά δεδομένα έρχονται σε αντίθεση με την υπόθεση θερμικής συστολής και άλλες υποθέσεις που υποδηλώνουν ότι η απώλεια θερμότητας της γης είναι πολύ μεγαλύτερη από τις παρατηρούμενες τιμές. Οι γεωθερμικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται επίσης πρακτικά. βοηθούν στην αναζήτηση πετρελαίου και ορυκτών και στην προετοιμασία για τη χρήση της θερμότητας της γης για βιομηχανικούς και οικιακούς σκοπούς.

1.6. Ενέργεια βιομάζας

Η βιομάζα είναι οργανική, που σημαίνει ότι κατασκευάζεται από υλικό που προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς, όπως φυτά και ζώα. Τα πιο κοινά υλικά βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την ενέργεια είναι φυτά, ξύλο και απόβλητα. Αυτά ονομάζονται πρώτες ύλες βιομάζας. Η ενέργεια της βιομάζας μπορεί επίσης να είναι μια μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Η βιομάζα περιέχει ενέργεια που προέρχεται πρώτα από τον ήλιο: Τα φυτά απορροφούν την ενέργεια του ήλιου μέσω της φωτοσύνθεσης και μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό σε θρεπτικά συστατικά (υδατάνθρακες).

Η ενέργεια από αυτούς τους οργανισμούς μπορεί να μετατραπεί σε χρησιμοποιήσιμη ενέργεια μέσω άμεσων και έμμεσων μέσων. Η βιομάζα μπορεί να καεί για να δημιουργήσει θερμότητα (άμεση), να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια (άμεση) ή να μεταποιηθεί σε βιοκαύσιμα (έμμεση).

Θερμική μετατροπή

Η βιομάζα μπορεί να καεί με θερμική μετατροπή και να χρησιμοποιηθεί για ενέργεια. Η θερμική μετατροπή συνεπάγεται τη θέρμανση της πρώτης ύλης βιομάζας για την καύση, την αφυδάτωση ή τη σταθεροποίησή της. Οι πιο γνωστές πρώτες ύλες βιομάζας για θερμική μετατροπή είναι πρώτες ύλες όπως τα αστικά στερεά απόβλητα (MSW) και απορρίμματα από χαρτοποιίες ή ξυλεία.

Διαφορετικοί τύποι ενέργειας δημιουργούνται μέσω της άμεσης πυροδότησης, της ταυτόχρονης πυροδότησης, της πυρόλυσης, της αεριοποίησης και της αναερόβιας αποσύνθεσης.

Ωστόσο, πριν από την καύση της βιομάζας, πρέπει να στεγνώσει. Αυτή η χημική διαδικασία ονομάζεται torrefaction. Κατά τη διάρκεια της αντιδράσεως, η βιομάζα θερμαίνεται στους περίπου 200 ° έως 320 ° Κελσίου (390 ° έως 610 ° Fahrenheit). Η βιομάζα στεγνώνει τόσο εντελώς ώστε να χάνει την ικανότητα να απορροφά υγρασία ή να σαπίζει. Χάνει περίπου το 20% της αρχικής του μάζας, αλλά διατηρεί το 90% της ενέργειας του. Η χαμένη ενέργεια και η μάζα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τροφοδοτήσουν τη διαδικασία αντιπαράθεσης.

Κατά τη διάρκεια της αντιδράσεως, η βιομάζα γίνεται ξηρό, μαυρισμένο υλικό. Στη συνέχεια συμπιέζεται σε μπρικέτες. Οι μπρικέτες βιομάζας είναι πολύ υδρόφοβες, που σημαίνει ότι απωθούν το νερό. Αυτό καθιστά δυνατή την αποθήκευσή τους σε υγρές περιοχές. Οι μπρικέτες έχουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και καίγονται εύκολα κατά την άμεση ή ταυτόχρονη καύση.

Άμεση πυροδότηση και συν-πυρκαγιά

Οι περισσότερες μπρικές καίγονται άμεσα. Ο ατμός που παράγεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πυροδότησης τροφοδοτεί μια τουρμπίνα, η οποία γυρίζει μια γεννήτρια και παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ή τη θέρμανση κτιρίων.

Η βιομάζα μπορεί επίσης να πυροδοτηθεί ή να καεί με ορυκτά καύσιμα. Η βιομάζα συγκαταλέγεται συνήθως σε εγκαταστάσεις άνθρακα. Η από κοινού εξουδετέρωση εξαλείφει την ανάγκη για νέα εργοστάσια επεξεργασίας βιομάζας. Η ταυτόχρονη καύση διευκολύνει επίσης τη ζήτηση άνθρακα. Αυτό μειώνει την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου που απελευθερώνονται με καύση ορυκτών καυσίμων.

Πυρόλυση

Η πυρόλυση είναι μια σχετική μέθοδος θέρμανσης βιομάζας. Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης, η βιομάζα θερμαίνεται στους 200 ° έως 300 ° C (390 ° έως 570 ° F) χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Αυτό την αποτρέπει από την καύση και προκαλεί χημική μεταβολή της βιομάζας.

Η πυρόλυση παράγει ένα σκοτεινό υγρό που ονομάζεται έλαιο πυρόλυσης, ένα συνθετικό αέριο που ονομάζεται syngas, και ένα στερεό υπόλειμμα που ονομάζεται βιοχάρες. Όλα αυτά τα συστατικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ενέργεια.

Το έλαιο πυρόλυσης, που μερικές φορές ονομάζεται βιο-έλαιο ή βιο-αργό, είναι ένας τύπος πίσσας. Μπορεί να καεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και χρησιμοποιείται επίσης ως συστατικό σε άλλα καύσιμα και πλαστικά. Επιστήμονες και μηχανικοί μελετούν το λάδι πυρόλυσης ως πιθανή εναλλακτική λύση έναντι του πετρελαίου.

Τα Syngas μπορούν να μετατραπούν σε καύσιμα (όπως συνθετικό φυσικό αέριο). Μπορεί επίσης να μετατραπεί σε μεθάνιο και να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του φυσικού αερίου.

Το Biochar είναι ένας τύπος άνθρακα. Το Biochar είναι ένα πλούσιο σε άνθρακα στερεό που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στη γεωργία. Το Biochar εμπλουτίζει το έδαφος και το αποτρέπει από την έκπλυση φυτοφαρμάκων και άλλων θρεπτικών ουσιών σε απορροή. Το Biochar είναι επίσης ένας εξαιρετικός νεροχύτης. Οι νεροχύτες άνθρακα είναι δεξαμενές για χημικές ουσίες που περιέχουν άνθρακα, συμπεριλαμβανομένων των αερίων του θερμοκηπίου.

Αεριοποίηση

Η βιομάζα μπορεί επίσης να μετατραπεί άμεσα σε ενέργεια μέσω αεριοποίησης. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αεριοποίησης, μια πρώτη ύλη βιομάζας (συνήθως MSW) θερμαίνεται σε περισσότερους από 700 ° C (1.300 ° F) με ελεγχόμενη ποσότητα οξυγόνου. Τα μόρια διασπώνται και παράγουν syngas και σκωρία.

Το Syngas είναι ένας συνδυασμός υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα. Κατά τη διάρκεια της αεριοποίησης, το syngas καθαρίζεται από θείο, σωματίδια, υδράργυρο και άλλους ρύπους. Το καθαρό syngas μπορεί να καεί για θερμότητα ή ηλεκτρικό ρεύμα, ή να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα μεταφοράς, χημικά και λιπάσματα.

Η σκωρία σχηματίζεται ως υαλώδες, λιωμένο υγρό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή βότσαλων, τσιμέντου ή ασφάλτου.

Βιομηχανικές μονάδες αεριοποίησης κατασκευάζονται σε όλο τον κόσμο. Η Ασία και η Αυστραλία κατασκευάζουν και λειτουργούν τα περισσότερα εργοστάσια, αν και ένα από τα μεγαλύτερα εργοστάσια αεριοποίησης στον κόσμο βρίσκεται υπό κατασκευή στο Stockton-on-Tees της Αγγλίας. Αυτό το εργοστάσιο θα μπορεί τελικά να μετατρέψει περισσότερους από 350.000 τόνους MSW σε αρκετή ενέργεια για να τροφοδοτήσει 50.000 σπίτια.

Αναερόβια αποσύνθεση

Η αναερόβια αποσύνθεση είναι η διαδικασία κατά την οποία μικροοργανισμοί, συνήθως βακτήρια, διασπώνται υλικό απουσία οξυγόνου. Η αναερόβια αποσύνθεση είναι μια σημαντική διαδικασία σε χώρους υγειονομικής ταφής, όπου η βιομάζα συνθλίβεται και συμπιέζεται, δημιουργώντας ένα αναερόβιο (ή φτωχό σε οξυγόνο) περιβάλλον.

Σε ένα αναερόβιο περιβάλλον, η βιομάζα αποσυντίθεται και παράγει μεθάνιο, το οποίο είναι μια πολύτιμη πηγή ενέργειας. Αυτό το μεθάνιο μπορεί να αντικαταστήσει τα ορυκτά καύσιμα.

Εκτός από τους χώρους υγειονομικής ταφής, η αναερόβια αποσύνθεση μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε αγροκτήματα και κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις. Η κοπριά και άλλα ζωικά απόβλητα μπορούν να μετατραπούν ώστε να ικανοποιούν βιώσιμα τις ενεργειακές ανάγκες της φάρμας.

Βιοκαύσιμα

Η βιομάζα είναι η μόνη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας που μπορεί να μετατραπεί σε υγρά βιοκαύσιμα όπως αιθανόλη και βιοντίζελ. Το βιοκαύσιμο χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία οχημάτων και παράγεται με αεριοποίηση σε χώρες όπως η Σουηδία, η Αυστρία και οι Ηνωμένες Πολιτείες.

Η αιθανόλη παράγεται με ζύμωση βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, όπως ζαχαροκάλαμο, σιτάρι ή καλαμπόκι. Το βιοντίζελ παρασκευάζεται από το συνδυασμό αιθανόλης με ζωικό λίπος, ανακυκλωμένο μαγειρικό λίπος ή φυτικό έλαιο.

Τα βιοκαύσιμα δεν λειτουργούν τόσο αποτελεσματικά όσο η βενζίνη. Ωστόσο, μπορούν να αναμειχθούν με βενζίνη για την αποτελεσματική τροφοδοσία οχημάτων και μηχανημάτων και δεν απελευθερώνουν τις εκπομπές που σχετίζονται με τα ορυκτά καύσιμα.

Η αιθανόλη απαιτεί στρέμματα καλλιεργήσιμων εκτάσεων για την καλλιέργεια βιοκαλλιεργειών (συνήθως καλαμπόκι). Περίπου 1.515 λίτρα (400 γαλόνια)

αιθανόλης παράγεται από ένα στρέμμα καλαμποκιού. Ωστόσο, αυτή η έκταση δεν είναι στη συνέχεια διαθέσιμη για καλλιέργεια καλλιεργειών για τρόφιμα ή άλλες χρήσεις. Η καλλιέργεια αρκετού καλαμποκιού για αιθανόλη δημιουργεί επίσης πίεση στο περιβάλλον λόγω της έλλειψης διαφοροποίησης στη φύτευση και της υψηλής χρήσης φυτοφαρμάκων.

Η αιθανόλη έχει γίνει ένα δημοφιλές υποκατάστατο ξύλου σε τζάκια κατοικιών. Όταν καίγεται, εκπέμπει θερμότητα με τη μορφή φλογών και υδρατμών αντί καπνού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 –ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

2.1. Ορισμός

Η θερμότητα από το εσωτερικό της Γης δημιουργεί επιφανειακά φαινόμενα όπως ροές λάβας, θερμοπίδακες, φουμάρες, θερμές πηγές και γλάστρες λάσπης. Η θερμότητα παράγεται κυρίως από τη ραδιενεργή διάσπαση του καλίου, του θορίου και του ουρανίου στον φλοιό και τον μανδύα της Γης και επίσης από την τριβή που δημιουργείται κατά μήκος των περιθωρίων των ηπειρωτικών πλακών. Η επακόλουθη ετήσια χαμηλής ποιότητας ροή θερμότητας στην επιφάνεια κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ 50 και 70 milliwatt (mW) ανά τετραγωνικό μέτρο παγκοσμίως. Αντίθετα, η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία που χτυπά την επιφάνεια της Γης παρέχει 342 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο ετησίως (βλ. ηλιακή ενέργεια). Η γεωθερμική θερμική ενέργεια μπορεί να ανακτηθεί και να αξιοποιηθεί για ανθρώπινη χρήση και είναι διαθέσιμη οπουδήποτε στην επιφάνεια της Γης. Η εκτιμώμενη ενέργεια που μπορεί να ανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί στην επιφάνεια είναι $4,5 \times 10^6$ exajoules, ή περίπου $1,4 \times 10^6$ terawatt-έτη, που ισοδυναμεί με περίπου τρεις φορές την ετήσια κατανάλωση όλων των τύπων ενέργειας στον κόσμο.

Η ποσότητα της χρησιμοποιήσιμης ενέργειας από γεωθερμικές πηγές ποικίλλει ανάλογα με το βάθος και τη μέθοδο εξόρυξης. Η αύξηση της θερμοκρασίας των πετρωμάτων και άλλων υλικών υπόγεια είναι κατά μέσο όρο 20–30 °C (36–54 °F)

ανά χιλιόμετρο (0,6 μίλια) βάθους παγκοσμίως στο ανώτερο τμήμα της λιθόσφαιρας, και αυτός ο ρυθμός αύξησης είναι πολύ υψηλότερος στα περισσότερα. Οι γνωστές γεωθερμικές περιοχές της Γης. Κανονικά, η εξαγωγή θερμότητας απαιτεί ένα ρευστό (ή ατμό) για να φέρει την ενέργεια στην επιφάνεια. Ο εντοπισμός και η ανάπτυξη γεωθερμικών πόρων μπορεί να είναι δύσκολη. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους πόρους υψηλής θερμοκρασίας που απαιτούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τέτοιοι πόροι συνήθως περιορίζονται σε μέρη του κόσμου που χαρακτηρίζονται από πρόσφατη ηφαιστειακή δραστηριότητα ή βρίσκονται κατά μήκος των ορίων των πλακών ή εντός των καυτών σημείων του φλοιού. Παρόλο που υπάρχει συνεχής πηγή θερμότητας στη Γη, ο ρυθμός εξαγωγής των θερμαινόμενων ρευστών και ατμού μπορεί να υπερβεί τον ρυθμό αναπλήρωσης και, επομένως, η χρήση του πόρου πρέπει να γίνεται με βιώσιμο τρόπο.

2.2. Χρήσεις

Η χρήση γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: εφαρμογές άμεσης χρήσης, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (GHP) και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

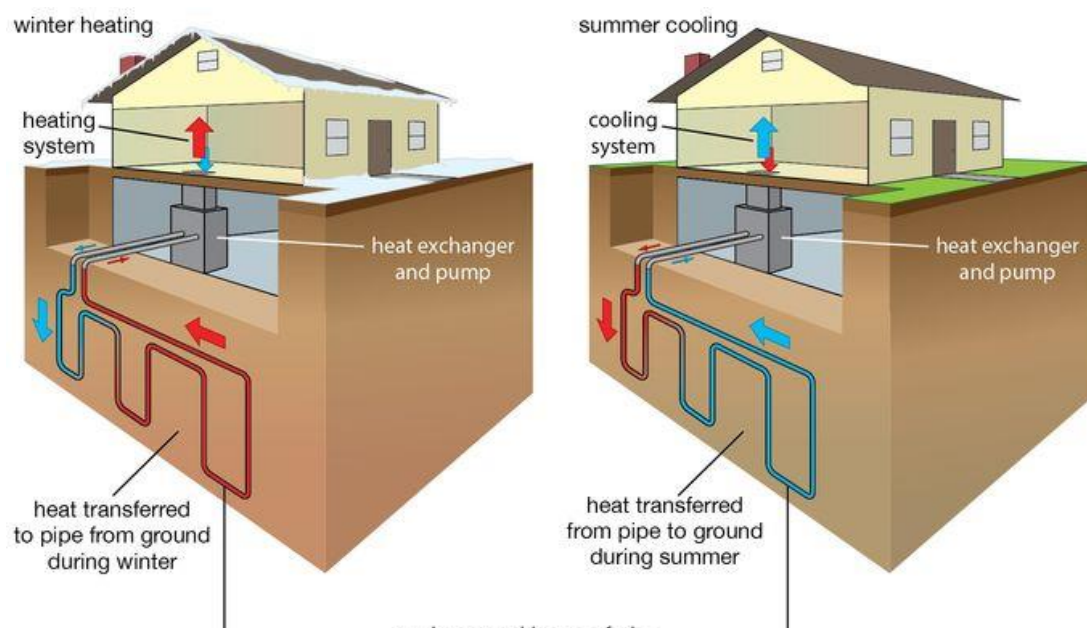
2.2.1. Άμεσες χρήσεις

Πιθανώς το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο σύνολο εφαρμογών περιλαμβάνει την άμεση χρήση θερμαινόμενου νερού από το έδαφος χωρίς την ανάγκη ειδικού εξοπλισμού. Όλες οι εφαρμογές άμεσης χρήσης χρησιμοποιούν γεωθερμικούς πόρους χαμηλής θερμοκρασίας, οι οποίοι κυμαίνονται μεταξύ περίπου 50 και 150 °C (122 και 302 °F). Τέτοιο γεωθερμικό νερό και ατμός χαμηλής θερμοκρασίας έχουν χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση μεμονωμένων κτιρίων, καθώς και ολόκληρων συνοικιών όπου πολλά κτίρια θερμαίνονται από μια κεντρική πηγή τροφοδοσίας. Επιπλέον, πολλές πισίνες, λουτρικές (θεραπευτικές) εγκαταστάσεις σε ιαματικά λουτρά, θερμοκήπια και λίμνες υδατοκαλλιέργειας σε όλο τον κόσμο έχουν θερμανθεί με γεωθερμικούς πόρους. Άλλες άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής

ενέργειας περιλαμβάνουν το μαγείρεμα, τις βιομηχανικές εφαρμογές (όπως η ξήρανση φρούτων, λαχανικών και ξυλείας), την παστερίωση του γάλακτος και την τήξη χιονιού μεγάλης κλίμακας. Για πολλές από αυτές τις δραστηριότητες, το ζεστό νερό χρησιμοποιείται συχνά απευθείας στο σύστημα θέρμανσης ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με έναν εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος μεταφέρει θερμότητα όταν υπάρχουν προβληματικά ορυκτά και αέρια όπως το υδρόθειο αναμεμιγμένα με το ρευστό.

2.2.2. Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (GHP) εκμεταλλεύονται τις σχετικά σταθερές συνθήκες μέτριας θερμοκρασίας που εμφανίζονται στα πρώτα 300 μέτρα (1.000 πόδια) της επιφάνειας για να θερμαίνουν τα κτίρια το χειμώνα και να τα ψύχουν το καλοκαίρι. Σε αυτό το τμήμα της λιθόσφαιρας, τα πετρώματα και τα υπόγεια ύδατα εμφανίζονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 5 και 30 °C (41 και 86 °F). Σε μικρότερα βάθη, όπου βρίσκονται τα περισσότερα GHP, όπως σε απόσταση 6 μέτρων (περίπου 20 πόδια) από την επιφάνεια της Γης, η θερμοκρασία του εδάφους διατηρεί μια σχεδόν σταθερή θερμοκρασία από 10 έως 16 °C (50 έως 60 °F). Κατά συνέπεια, αυτή η θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση των κτιρίων κατά τους ψυχρότερους μήνες του έτους, όταν η θερμοκρασία του αέρα πέφτει κάτω από αυτή του εδάφους. Ομοίως, κατά τους θερμότερους μήνες του έτους, ο θερμός αέρας μπορεί να αντληθεί από ένα κτίριο και να κυκλοφορήσει υπόγεια, όπου χάνει μεγάλο μέρος της θερμότητάς του και επιστρέφει.



Εικόνα 3. Λειτουργία οικιακής αντλίας θερμότητας για καλοκαιρινή ψύξη και θέρμανση χειμώνα.

Ένα σύστημα GHP αποτελείται από έναν εναλλάκτη θερμότητας (ένα βρόχο από σωλήνες θαμμένους στο έδαφος) και μια αντλία. Ο εναλλάκτης θερμότητας μεταφέρει θερμική ενέργεια μεταξύ του εδάφους και του αέρα στην επιφάνεια μέσω ενός ρευστού που κυκλοφορεί μέσω των σωλήνων. Το υγρό που χρησιμοποιείται είναι συχνά νερό ή συνδυασμός νερού και αντιψυκτικού. Κατά τους θερμότερους μήνες, η θερμότητα από τον θερμό αέρα μεταφέρεται στον εναλλάκτη θερμότητας και στο ρευστό. Καθώς κινείται μέσα από τους σωλήνες, η θερμότητα διαχέεται στα βράχια, το έδαφος και τα υπόγεια ύδατα. Η αντλία αντιστρέφεται κατά τους ψυχρότερους μήνες. Η θερμική ενέργεια που αποθηκεύεται στο σχετικά ζεστό έδαφος αυξάνει τη θερμοκρασία του ρευστού. Στη συνέχεια, το υγρό μεταφέρει αυτήν την ενέργεια στην αντλία θερμότητας, η οποία θερμαίνει τον αέρα μέσα στο κτίριο.

Τα GHP έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των πιο συμβατικών συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Είναι πολύ αποδοτικά, καταναλώνουν 25–50 τοις εκατό λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τα συγκρίσιμα συμβατικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης και παράγουν λιγότερη ρύπανση. Η μείωση της χρήσης ενέργειας που σχετίζεται με τα GHP μπορεί να μεταφραστεί σε μείωση έως και 44 τοις εκατό στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τις αντλίες θερμότητας με πηγή

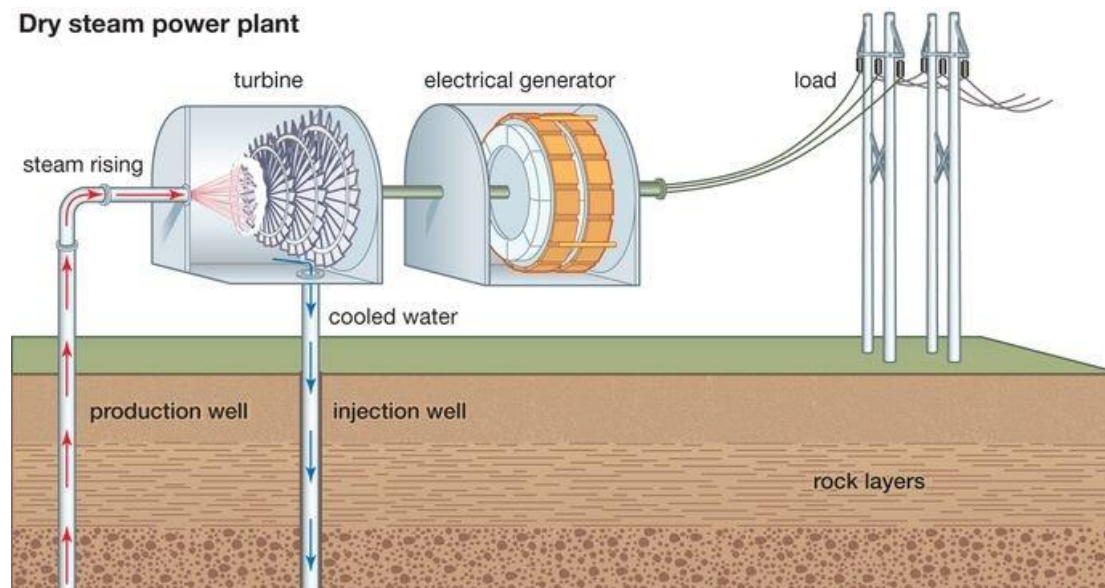
αέρα (οι οποίες μεταφέρουν θερμότητα μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα). Επιπλέον, σε σύγκριση με συστήματα θέρμανσης με ηλεκτρική αντίσταση (που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα) σε συνδυασμό με τυπικά συστήματα κλιματισμού, τα GHP μπορούν να παράγουν έως και 72 τοις εκατό λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

2.2.3. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Ανάλογα με τη θερμοκρασία και τη ροή του ρευστού (ατμού), η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι γεωθερμικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με τρεις τρόπους. Παρά τις διαφορές τους στο σχεδιασμό, και τα τρία ελέγχουν τη συμπεριφορά του ατμού και τον χρησιμοποιούν για την κίνηση ηλεκτρικών γεννητριών. Δεδομένου ότι η περίσσεια υδρατμών στο τέλος κάθε διαδικασίας συμπυκνώνεται και επιστρέφει στο έδαφος, όπου επαναθερμαίνεται για μελλοντική χρήση, η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται μια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.

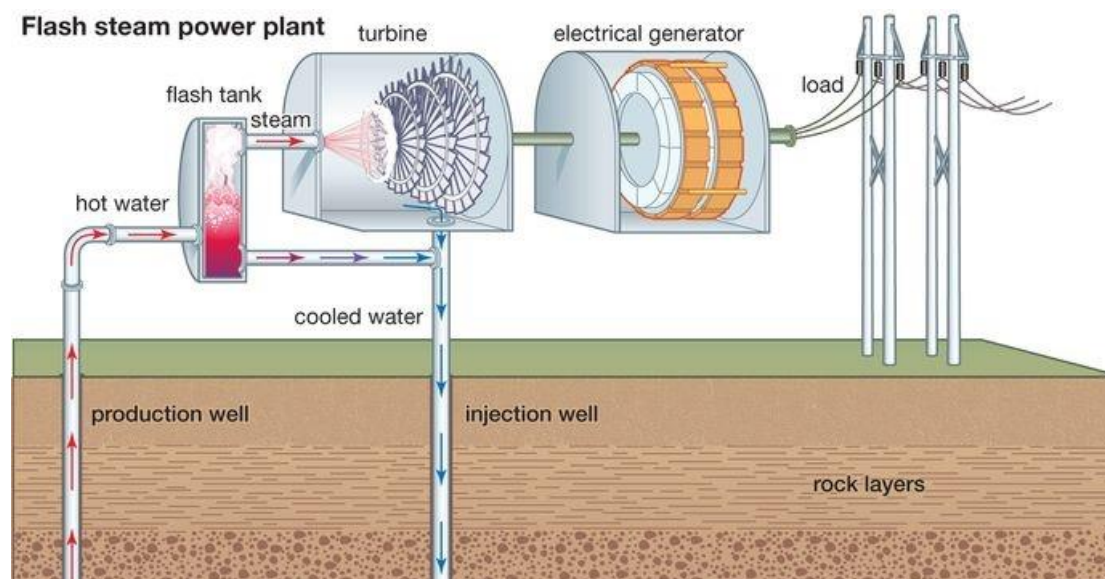
Ορισμένοι γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής απλώς συλλέγουν ανερχόμενο ατμό από το έδαφος. Σε τέτοιες λειτουργίες «ξηρού ατμού», οι θερμαινόμενοι υδρατμοί διοχετεύονται απευθείας σε έναν στρόβιλο που οδηγεί μια ηλεκτρική γεννήτρια. Άλλοι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, κατασκευασμένοι γύρω από τα σχέδια ατμού φλας και δυαδικού κύκλου, χρησιμοποιούν ένα μείγμα ατμού και θερμαινόμενου νερού («υγρός ατμός») που εξάγεται από το έδαφος για να ξεκινήσει η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Dry steam power plant



Εικόνα 4. Παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας ξηρού ατμού.

Στα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής με ατμό flash, το νερό υψηλής θερμοκρασίας υπό πίεση αντλείται από κάτω από την επιφάνεια σε δοχεία στην επιφάνεια, που ονομάζονται δεξαμενές λάμψης, όπου η ξαφνική μείωση της πίεσης προκαλεί το υγρό νερό να «αναβρασθήνει» ή να εξατμίζεται σε ατμό. Στη συνέχεια, ο ατμός χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του σετ τουρμπίνας-γεννήτριας. Αντίθετα, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής δυαδικού κύκλου χρησιμοποιούν ατμό που διοχετεύεται από ένα δευτερεύον λειτουργικό ρευστό (όπως αμμωνία και υδρογονάνθρακες) που περιέχεται σε έναν κλειστό βρόχο σωλήνων για την τροφοδοσία του σετ στροβίλου-γεννήτριας. Σε αυτή τη διαδικασία, το γεωθερμικά θερμαινόμενο νερό αντλείται μέσω ενός διαφορετικού σετ σωλήνων και μεγάλο μέρος της ενέργειας που αποθηκεύεται στο θερμαινόμενο νερό μεταφέρεται στο λειτουργικό ρευστό μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας. Το υγρό εργασίας στη συνέχεια εξατμίζεται. Αφού ο ατμός από το λειτουργικό ρευστό περάσει μέσα από τον στρόβιλο, επανασυμπυκνώνεται και διοχετεύεται πίσω στον εναλλάκτη θερμότητας.



Εικόνα 5. Παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας με ατμό flash.

Η ηλεκτρική ενέργεια συνήθως απαιτεί νερό που θερμαίνεται πάνω από 175 °C (347 °F) για να είναι οικονομική. Σε γεωθερμικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν τον Organic Rankine Cycle (ORC), έναν ειδικό τύπο τεχνολογίας δυαδικού κύκλου που χρησιμοποιεί πηγές θερμότητας χαμηλότερης θερμοκρασίας (όπως η καύση βιομάζας και η βιομηχανική απόβλητη θερμότητα), θερμοκρασίες νερού τόσο χαμηλές όσο 85–90 °C (185). –194 °F) μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

2.3. Ιστορία

Η γεωθερμική ενέργεια από φυσικές πησίνες και ιαματικές πηγές έχει χρησιμοποιηθεί από καιρό για μαγείρεμα, μπάνιο και ζεστασιά. Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι ιθαγενείς της Αμερικής χρησιμοποιούσαν τη γεωθερμική ενέργεια για το μαγείρεμα ήδη πριν από 10.000 χρόνια. Στην αρχαιότητα, οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν λουτρά που θερμαίνονται με θερμές πηγές και παραδείγματα γεωθερμικής θέρμανσης χώρου χρονολογούνται τουλάχιστον από τη ρωμαϊκή πόλη της Πομπηίας κατά τον 1ο αιώνα μ.Χ. Τέτοιες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας αρχικά περιοριζόνταν σε τοποθεσίες όπου ήταν προσβάσιμο ζεστό νερό και ατμός. Αν και το πρώτο σύστημα τηλεθέρμανσης στον κόσμο εγκαταστάθηκε στο Chaudes-Aigues της Γαλλίας τον

14ο αιώνα, μόλις στα τέλη του 19ου αιώνα άλλες πόλεις, καθώς και οι βιομηχανίες, άρχισαν να συνειδητοποιούν τις οικονομικές δυνατότητες των γεωθερμικών πόρων. Η γεωθερμική θερμότητα παραδόθηκε στις πρώτες κατοικίες στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1892, στη λεωφόρο Warm Springs στο Boise του Αϊντάχο, και το μεγαλύτερο μέρος της πόλης χρησιμοποιούσε γεωθερμική θερμότητα μέχρι το 1970. Το μεγαλύτερο και πιο διάσημο γεωθερμικό σύστημα τηλεθέρμανσης βρίσκεται στο Ρέικιαβικ της Ισλανδίας, όπου το 99 τοις εκατό της πόλης λάμβανε γεωθερμικό νερό για θέρμανση χώρων ξεκινώντας από τη δεκαετία του 1930. Οι πρώτες βιομηχανικές εφαρμογές άμεσης χρήσης περιλάμβαναν την εξαγωγή βορικών ενώσεων από γεωθερμικά ρευστά στο Larderello της Ιταλίας, στις αρχές του 19ου αιώνα.

Η πρώτη γεωθερμική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έγινε επίσης στο Larderello, με την ανάπτυξη μιας πειραματικής μονάδας το 1904. Η πρώτη εμπορική χρήση αυτής της τεχνολογίας έγινε εκεί το 1913 με την κατασκευή μιας μονάδας που παρήγαγε 250 κιλοβάτ (kW). Γεωθερμικοί σταθμοί τέθηκαν σε λειτουργία στη Νέα Ζηλανδία ξεκινώντας το 1958 και στους Geysers στη βόρεια Καλιφόρνια το 1960. Τα ιταλικά και αμερικανικά εργοστάσια ήταν εγκαταστάσεις ξηρού ατμού, όπου οι δεξαμενές χαμηλής διαπερατότητας παρήγαγαν μόνο ατμό. Στη Νέα Ζηλανδία, ωστόσο, το νερό υψηλής θερμοκρασίας και υψηλής πίεσης αναδύεται φυσικά ως μείγμα που αποτελείται από 80 τοις εκατό υπερθερμασμένο νερό και 20 τοις εκατό ατμό. Ο ατμός που προέρχεται απευθείας από το έδαφος χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας αμέσως. Αποστέλλεται στο εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής μέσω σωλήνων. Αντίθετα, το υπερθερμασμένο νερό από το έδαφος διαχωρίζεται από το μείγμα και αναβλύζει σε ατμό. Τα περισσότερα γεωθερμικά εργοστάσια επί του παρόντος είναι αυτού του τελευταίου τύπου «υγρού ατμού».

Μέχρι το 2015 περισσότερες από 80 χώρες χρησιμοποιούσαν γεωθερμική ενέργεια, είτε άμεσα είτε σε συνδυασμό με GHP, με ηγέτες την Κίνα, την Τουρκία, την Ισλανδία, την Ιαπωνία, την Ουγγαρία και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς για άμεση χρήση το 2015 ήταν περίπου 73.290 μεγαβάτ θερμικής (MWt) με χρήση περίπου 163.273 γιγαβατώρες ετησίως (587.786 τερατζούλες ετησίως), παράγοντας έναν ετήσιο συντελεστή χρήσης—την ετήσια ενέργεια που παράγεται από το εργοστάσιο (σε megawatt- ώρες) διαιρούμενη με την

εγκατεστημένη ισχύ του σταθμού (σε μεγαβάτ [MW]) πολλαπλασιαζόμενη επί 8.760 ώρες—28 τοις εκατό στη λειτουργία θέρμανσης.

Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε 24 χώρες στις αρχές του 21ου αιώνα, με ηγέτες τις Ηνωμένες Πολιτείες, τις Φιλιππίνες, την Ινδονησία, το Μεξικό, τη Νέα Ζηλανδία και την Ιταλία. Το 2016 η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ήταν περίπου 13.400 MW, παράγοντας περίπου 75.000 γιγαβατώρες ετησίως για συντελεστή χρησιμοποίησης 71 τοις εκατό (που ισοδυναμεί με 6.220 ώρες λειτουργίας πλήρους φορτίου ετησίως). Πολλά γεωθερμικά πεδία έχουν συντελεστές χρήσης περίπου 95 τοις εκατό (που ισοδυναμεί με 8.322 ώρες λειτουργίας πλήρους φορτίου ετησίως), τον υψηλότερο για οποιαδήποτε μορφή ανανεώσιμης ενέργειας. Το "απόβλητο" υγρό από το εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιείται συχνά για εφαρμογές χαμηλότερης θερμοκρασίας, όπως ο κύκλος πυθμένα σε μια μονάδα δυαδικού κύκλου, πριν εγχυθεί ξανά στη δεξαμενή. Τέτοιες κλιμακωτές χρήσεις μπορούν να βρεθούν στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Ισλανδία και τη Γερμανία.

2.4. Εξαγωγή

Η γεωθερμική ενέργεια βρίσκεται καλύτερα σε περιοχές με υψηλές θερμικές κλίσεις. Αυτές οι κλίσεις εμφανίζονται σε περιοχές που επηρεάζονται από πρόσφατο ηφαιστειακό, σε περιοχές που βρίσκονται κατά μήκος των ορίων των πλακών (όπως κατά μήκος του Δακτυλίου της Φωτιάς του Ειρηνικού) ή σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από λεπτό φλοιό (καυτά σημεία) όπως το Εθνικό Πάρκο Yellowstone και τα νησιά της Χαβάης. Οι γεωθερμικές δεξαμενές που σχετίζονται με αυτές τις περιοχές πρέπει να διαθέτουν πηγή θερμότητας, επαρκή επαναφόρτιση νερού, δεξαμενή με επαρκή διαπερατότητα ή σφάλματα που επιτρέπουν στα ρευστά να ανεβαίνουν κοντά στην επιφάνεια και αδιαπέραστο καπάκι για να αποτρέπεται η διαφυγή της θερμότητας. Επιπλέον, τέτοιες δεξαμενές πρέπει να είναι οικονομικά προσβάσιμες (δηλαδή εντός του εύρους των γεωτρήσεων).

Το θερμαινόμενο ρευστό από μια γεωθερμική πηγή αντλείται από γεωτρήσεις, μερικές φορές σε βάθος έως και 9.100 μέτρα (περίπου 30.000 πόδια), και εξάγεται με άντληση ή με φυσική αρτεσιανή ροή (όπου το βάρος του νερού το αναγκάζει να βγει στην επιφάνεια). Έπειτα, το νερό και ο ατμός διοχετεύονται με σωλήνες στο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή μέσω μονωμένων αγωγών - οι οποίοι μπορούν να θαφτούν ή να τοποθετηθούν πάνω από το έδαφος - για χρήση σε εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης. Γενικά, οι αγωγοί σταθμών ηλεκτροπαραγωγής περιορίζονται σε μήκος περίπου 1,6 km (1 μίλι) για να ελαχιστοποιηθεί η απώλεια θερμότητας στον ατμό. Ωστόσο, έχουν εγκατασταθεί αγωγοί άμεσης χρήσης που εκτείνονται σε αρκετές δεκάδες χιλιόμετρα με απώλεια θερμοκρασίας μικρότερη από 2–5 °C (3,6–9 °F), ανάλογα με τον ρυθμό ροής. Οι πιο οικονομικά αποδοτικές εγκαταστάσεις βρίσκονται κοντά στον γεωθερμικό πόρο για την ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής μεγάλων αγωγών. Στην περίπτωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το κόστος μπορεί να συγκρατηθεί με την τοποθέτηση της εγκατάστασης κοντά σε γραμμές ηλεκτρικής μεταφοράς για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά.

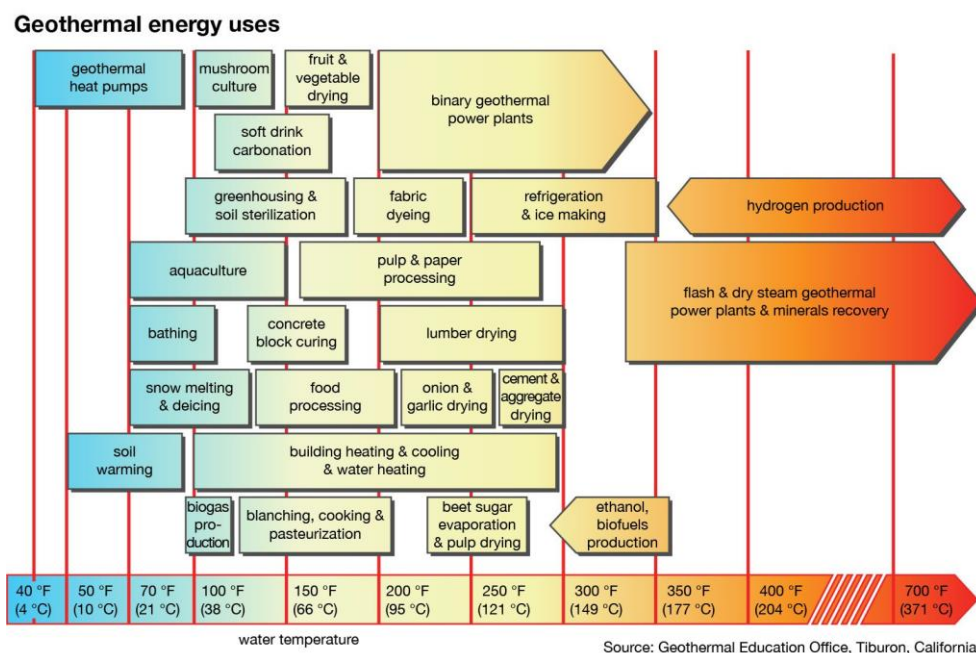
2.5. Εξάντληση

Οι γεωθερμικοί πόροι μπορούν να εξαντληθούν εάν ο ρυθμός εξαγωγής θερμότητας υπερβαίνει το ρυθμό φυσικής επαναφόρτισης θερμότητας. Κανονικά, οι γεωθερμικοί πόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για 20 έως 30 χρόνια. Ωστόσο, η παραγωγή ενέργειας μπορεί να μειωθεί με την πάροδο του χρόνου, καθιστώντας τη συνεχιζόμενη ανάπτυξη αντιοικονομική. Από την άλλη πλευρά, η γεωθερμική ηλεκτρική ενέργεια παράγεται συνεχώς από το γεωθερμικό πεδίο Larderello από τις αρχές του 1900 και στους Geysers από το 1960. Αν και υπήρξε μείωση και στα δύο αυτά πεδία, αυτό το πρόβλημα έχει εν μέρει ξεπεραστεί με τη διάνομιξη νέων γεωτρήσεων και με επαναφόρτιση της παροχής νερού. Στους Geysers, η ηλεκτρική ισχύς μειώθηκε από 1.800 MW σε περίπου 1.000 MW, αλλά περίπου 200 MW δυναμικότητας επιστράφηκαν τοποθετώντας το πεδίο κάτω από έναν χειριστή και κατασκευάζοντας αγωγούς για την παροχή λυμάτων για την επαναφόρτιση της δεξαμενής. Έργα όπως το σύστημα τηλεθέρμανσης του Ρέικιαβικ λειτουργούν από τη

δεκαετία του 1930 με μικρή αλλαγή στην παραγωγή και το σύστημα γεωθερμικής θέρμανσης του Ινστιτούτου Τεχνολογίας του Όρεγκον λειτουργεί από τη δεκαετία του 1950 χωρίς καμία αλλαγή στην παραγωγή. Έτσι, με σωστή διαχείριση, οι γεωθερμικοί πόροι μπορούν να είναι βιώσιμοι για πολλά χρόνια και μπορούν ακόμη και να ανακάμψουν εάν η χρήση διακοπεί για κάποιο χρονικό διάστημα.

2.6. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οικονομικό κόστος

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της γεωθερμικής ανάπτυξης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν τις αλλαγές στη χρήση γης που σχετίζονται με την εξερεύνηση και την κατασκευή εγκαταστάσεων, τη ρύπανση του θορύβου και της όρασης, την απόρριψη νερού και αερίων, την παραγωγή δυσάρεστων οσμών και την καθίζηση του εδάφους. Οι περισσότερες από αυτές τις επιπτώσεις, ωστόσο, μπορούν να μετριαστούν με την τρέχουσα τεχνολογία, έτσι ώστε οι γεωθερμικές χρήσεις να μην έχουν περισσότερο από έναν ελάχιστο αντίκτυπο στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, οι καταρράκτες Klamath στο Όρεγκον έχουν περίπου 600 γεωθερμικά πηγάδια για θέρμανση χώρων κατοικιών.



Εικόνα 6. Διάγραμμα διαφόρων χρήσεων γεωθερμικής ενέργειας που εμφανίζεται σύμφωνα με τη θερμοκρασία του νερού του γεωθερμικού πόρου.

Η πόλη έχει επίσης επενδύσει σε ένα σύστημα τηλεθέρμανσης και ένα σύστημα τήξης χιονιού στο κέντρο της πόλης, και παρέχει θέρμανση σε τοπικές επιχειρήσεις. Ωστόσο, κανένα από τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την παροχή και την παροχή γεωθερμικής ενέργειας δεν είναι ορατό στην πόλη.

Επιπλέον, τα GHP έχουν πολύ ελάχιστη επίδραση στο περιβάλλον, επειδή κάνουν χρήση ρηχών γεωθερμικών πόρων σε απόσταση 100 μέτρων (περίπου 330 πόδια) από την επιφάνεια. Τα GHP προκαλούν μόνο μικρές αλλαγές θερμοκρασίας στα υπόγεια ύδατα ή στα πετρώματα και στο έδαφος στο έδαφος. Σε συστήματα κλειστού βρόχου η θερμοκρασία του εδάφους γύρω από τις κάθετες γεωτρήσεις είναι ελαφρώς αυξημένη ή μειωμένη. η κατεύθυνση της αλλαγής της θερμοκρασίας καθορίζεται από το εάν στο σύστημα κυριαρχεί η θέρμανση (που θα συνέβαινε στις ψυχρότερες περιοχές) ή η ψύξη (που θα συνέβαινε στις θερμότερες περιοχές). Με ισορροπημένα φορτία θέρμανσης και ψύξης, οι θερμοκρασίες εδάφους θα παραμείνουν σταθερές. Ομοίως, τα συστήματα ανοιχτού βρόχου που χρησιμοποιούν υπόγεια ύδατα ή νερό λίμνης θα είχαν πολύ μικρή επίδραση στη θερμοκρασία, ειδικά σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλές ροές υπόγειων υδάτων.

Συγκρίνοντας τα οφέλη της γεωθερμικής ενέργειας με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το κύριο πλεονέκτημα της γεωθερμικής ενέργειας είναι ότι το βασικό της φορτίο είναι διαθέσιμο 24 ώρες την ημέρα, 7 ημέρες την εβδομάδα, ενώ η ηλιακή και η αιολική είναι διαθέσιμα μόνο περίπου το ένα τρίτο του χρόνου. Επιπλέον, το κόστος της γεωθερμικής ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ 5 και 10 λεπτών ανά κιλοβατώρα, το οποίο μπορεί να είναι ανταγωνιστικό με άλλες πηγές ενέργειας, όπως ο άνθρακας. Το κύριο μειονέκτημα της ανάπτυξης της γεωθερμικής ενέργειας είναι το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης για την κατασκευή των εγκαταστάσεων και των υποδομών και ο υψηλός κίνδυνος απόδειξης των πόρων. (Συχνά βρίσκονται γεωθερμικοί πόροι σε πετρώματα χαμηλής διαπερατότητας και οι δραστηριότητες εξερεύνησης συχνά ανοίγουν «στεγνές» τρύπες—δηλαδή τρύπες που παράγουν ατμό σε πολύ χαμηλές ποσότητες για να αξιοποιηθούν οικονομικά.) Ωστόσο, μόλις αποδειχθεί ο πόρος, το ετήσιο κόστος του καυσίμου (δηλαδή του ζεστού νερού και του ατμού) είναι χαμηλό και τείνει να μην κλιμακώνεται σε τιμή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

3.1. Εισαγωγή

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (GHPs), μερικές φορές αναφέρονται ως GeoExchange, αντλίες θερμότητας, γείωσης ή νερού, χρησιμοποιούνται από τα τέλη της δεκαετίας του 1940. Χρησιμοποιούν τη σταθερή θερμοκρασία της γης ως μέσο ανταλλαγής αντί της εξωτερικής θερμοκρασίας αέρα. Αν και πολλά μέρη της χώρας βιώνουν εποχιακές ακραίες θερμοκρασίες - από την καυτή ζέστη το καλοκαίρι έως το μηδέν κρύο το χειμώνα - μερικά πόδια κάτω από την επιφάνεια της γης, το έδαφος παραμένει σε σχετικά σταθερή θερμοκρασία. Ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, οι θερμοκρασίες εδάφους κυμαίνονται από 7 ° C έως 21 ° C. Όπως μια σπηλιά, αυτή η θερμοκρασία του εδάφους είναι πιο ζεστή από τον αέρα πάνω από το χειμώνα και πιο δροσερή από τον αέρα το καλοκαίρι. Το GHP το εκμεταλλεύεται αυτό, ανταλλάσσοντας θερμότητα με τη γη μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας εδάφους.

Όπως συμβαίνει με οποιαδήποτε αντλία θερμότητας, οι γεωθερμικές και οι αντλίες θερμότητας πηγής νερού μπορούν να θερμάνουν, να κρυώσουν και, εάν υπάρχει, να τροφοδοτήσουν το σπίτι με ζεστό νερό. Ορισμένα μοντέλα γεωθερμικών συστημάτων είναι διαθέσιμα με συμπιεστές δύο ταχυτήτων και μεταβλητούς ανεμιστήρες για περισσότερη άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας. Σχετικά με τις αντλίες θερμότητας πηγής αέρα, είναι πιο ήσυχες, διαρκούν περισσότερο, χρειάζονται λίγη συντήρηση και δεν εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα. Μια αντλία θερμότητας διπλής πηγής συνδυάζει μια αντλία θερμότητας πηγής αέρα με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας. Αυτές οι συσκευές συνδυάζουν το καλύτερο και των δύο συστημάτων. Οι αντλίες θερμότητας διπλής πηγής έχουν υψηλότερη βαθμολογία απόδοσης από τις μονάδες πηγής αέρα, αλλά δεν είναι τόσο αποτελεσματικές όσο οι γεωθερμικές μονάδες. Το κύριο πλεονέκτημα των συστημάτων διπλής πηγής είναι ότι κοστίζουν πολύ λιγότερο από την εγκατάσταση μιας γεωθερμικής μονάδας και λειτουργούν σχεδόν επίσης. Παρόλο που η τιμή εγκατάστασης ενός γεωθερμικού συστήματος μπορεί να είναι αρκετές φορές μεγαλύτερη από ένα σύστημα πηγής αέρα με την ίδια χωρητικότητα θέρμανσης και ψύξης, τα πρόσθετα έξοδα αποδίδονται για εξοικονόμηση ενέργειας σε 5 έως 10 χρόνια. Η διάρκεια ζωής του συστήματος εκτιμάται έως και 24 χρόνια για τα εσωτερικά εξαρτήματα και 50+ χρόνια για το βρόχο γείωσης. Υπάρχουν περίπου 50.000 γεωθερμικές αντλίες θερμότητας στις Ηνωμένες Πολιτείες κάθε χρόνο.

3.2. Τύποι συστημάτων γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

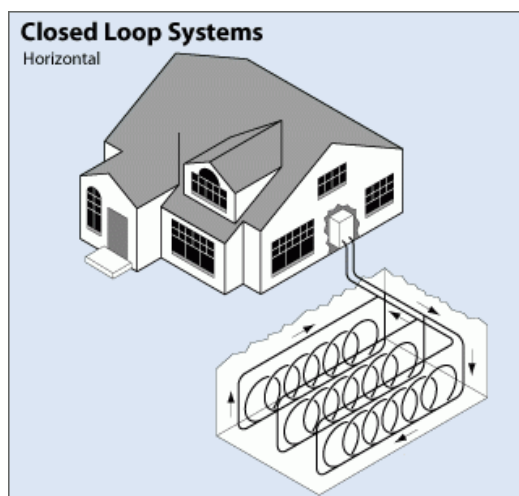
Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι συστημάτων επίγειου βρόχου. Τρία από αυτά - οριζόντια, κάθετα και λίμνη / λίμνη - είναι συστήματα κλειστού βρόχου. Ο τέταρτος τύπος συστήματος είναι η επιλογή ανοιχτού βρόχου. Ποιο από αυτά είναι καλύτερα εξαρτάται από το κλίμα, τις συνθήκες του εδάφους, τη διαθέσιμη γη και το κόστος τοπικής εγκατάστασης στον ιστότοπο. Όλες αυτές οι προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές οικιστικών και εμπορικών κτιρίων.

3.2.1. Συστήματα κλειστού βρόχου

Οι περισσότερες γεωθερμικές αντλίες θερμότητας κλειστού βρόχου κυκλοφορούν ένα αντιψυκτικό διάλυμα μέσω ενός κλειστού βρόχου - συνήθως κατασκευασμένο από πλαστικό σωλήνα - που θάβεται στο έδαφος ή βυθίζεται σε νερό. Ένας εναλλάκτης θερμότητας μεταφέρει θερμότητα μεταξύ του ψυκτικού στην αντλία θερμότητας και του αντιψυκτικού διαλύματος στον κλειστό βρόχο. Ο βρόχος μπορεί να είναι σε οριζόντια, κάθετη ή διαμόρφωση λίμνης. Μία παραλλαγή αυτής της προσέγγισης, που ονομάζεται άμεση ανταλλαγή, δεν χρησιμοποιεί εναλλάκτη θερμότητας και αντ' αυτού αντλεί το ψυκτικό μέσω σωλήνων χαλκού που είναι θαμμένοι στο έδαφος σε οριζόντια ή κάθετη διαμόρφωση. Τα συστήματα άμεσης ανταλλαγής απαιτούν μεγαλύτερο συμπιεστή και λειτουργούν καλύτερα σε υγρά εδάφη (μερικές φορές απαιτούν επιπλέον άρδευση για να διατηρηθεί το έδαφος υγρό), αλλά θα πρέπει να αποφεύγετε την εγκατάσταση σε εδάφη διαβρωτικά στη σωλήνωση χαλκού. Επειδή αυτά τα συστήματα κυκλοφορούν ψυκτικά μέσα στο έδαφος, οι τοπικοί περιβαλλοντικοί κανονισμοί ενδέχεται να απαγορεύουν τη χρήση τους σε ορισμένες περιοχές.

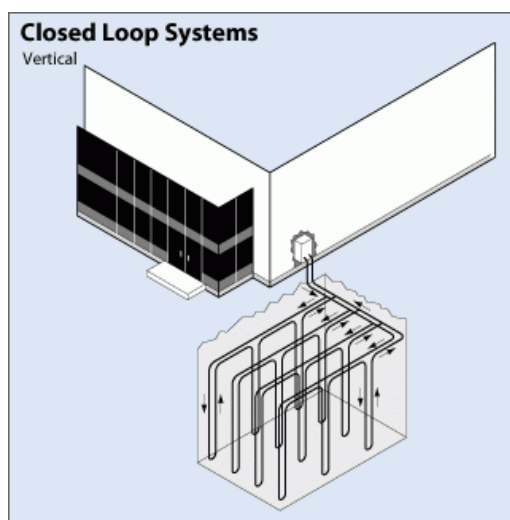
3.2.2. Οριζόντιο σύστημα

Αυτός ο τύπος εγκατάστασης είναι γενικά πιο αποδοτικός από άποψη κόστους για οικιακές εγκαταστάσεις, ιδιαίτερα για νέες κατασκευές όπου υπάρχει επαρκής γη. Απαιτεί χαρακώματα βάθους τουλάχιστον τεσσάρων ποδιών. Οι πιο συνηθισμένες διατάξεις χρησιμοποιούν δύο σωλήνες, ο ένας θαμμένος στα έξι πόδια και ο άλλος στα τέσσερα πόδια, ή δύο σωλήνες τοποθετημένοι δίπλα-δίπλα στα πέντε πόδια στο έδαφος σε μια τάφρο πλάτους δύο ποδιών. Η μέθοδος Slinky looping pipe επιτρέπει περισσότερους σωλήνες σε μικρότερη τάφρο, γεγονός που μειώνει το κόστος εγκατάστασης και καθιστά δυνατή την οριζόντια εγκατάσταση σε περιοχές που δεν θα ήταν με συμβατικές οριζόντιες εφαρμογές.



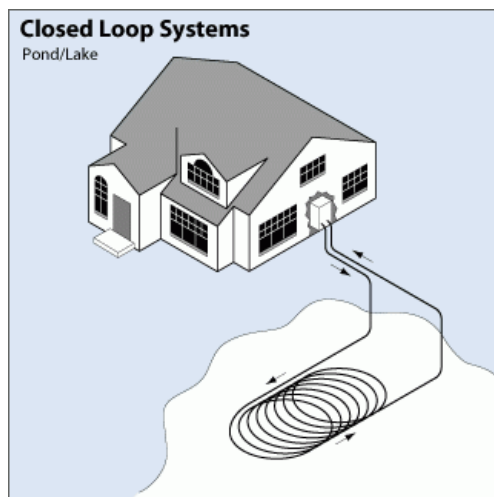
3.2.3. Κατακόρυφο σύστημα

Τα μεγάλα εμπορικά κτίρια και τα σχολεία χρησιμοποιούν συχνά κατακόρυφα συστήματα, επειδή η έκταση που απαιτείται για οριζόντιους βρόχους θα ήταν απαγορευτική. Κατακόρυφοι βρόχοι χρησιμοποιούνται επίσης όταν το έδαφος είναι πολύ ρηχό για χαρακώματα και ελαχιστοποιούν την ενόχληση στον υπάρχοντα εξωραϊσμό. Για ένα κατακόρυφο σύστημα, ανοίγονται τρύπες (περίπου τέσσερις ίντσες σε διάμετρο) με διάμετρο περίπου 20 πόδια και βάθος 100 έως 400 πόδια. Σε αυτές τις τρύπες πηγαίνουν δύο σωλήνες που συνδέονται στο κάτω μέρος με μια στροφή U για να σχηματίσουν έναν βρόχο. Οι κάθετοι βρόχοι συνδέονται με οριζόντιο σωλήνα (δηλαδή, πολλαπλή), τοποθετούνται σε χαρακώματα και συνδέονται με την αντλία θερμότητας στο κτίριο.



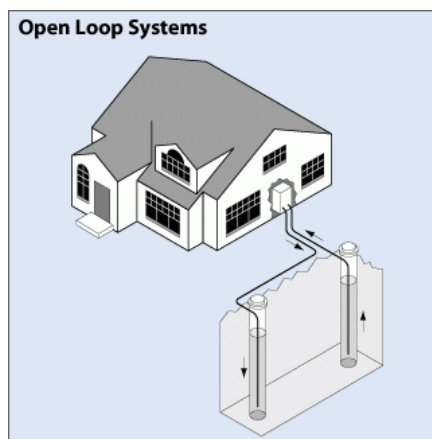
3.2.4. Σύστημα Λίμνης

Εάν η τοποθεσία διαθέτει επαρκή υδάτινη μάζα, αυτή μπορεί να είναι η επιλογή χαμηλότερου κόστους. Ένας σωλήνας τροφοδοσίας διοχετεύεται υπόγεια από το κτίριο στο νερό και τυλίγεται σε κύκλους τουλάχιστον οκτώ πόδια κάτω από την επιφάνεια για να αποφευχθεί η κατάψυξη. Τα πηνία πρέπει να τοποθετούνται μόνο σε πηγή νερού που πληροί τα ελάχιστα κριτήρια όγκου, βάθους και ποιότητας.



3.2.5 Σύστημα ανοιχτού βρόχου

Αυτός ο τύπος συστήματος χρησιμοποιεί καλά ή επιφανειακά νερά ως υγρό ανταλλαγής θερμότητας που κυκλοφορεί απευθείας μέσω του συστήματος GHP. Μόλις κυκλοφορήσει μέσω του συστήματος, το νερό επιστρέφει στο έδαφος μέσω του πηγαδιού, ενός πηγαδιού επαναφόρτισης ή εκφόρτισης επιφάνειας. Αυτή η επιλογή είναι προφανώς πρακτική μόνο όταν υπάρχει επαρκής παροχή σχετικά καθαρού νερού και πληρούνται όλοι οι τοπικοί κώδικες και κανονισμοί σχετικά με την απόρριψη υπόγειων υδάτων.



3.2.6. Υβριδικά συστήματα

Τα υβριδικά συστήματα που χρησιμοποιούν πολλούς διαφορετικούς γεωθερμικούς πόρους ή έναν συνδυασμό γεωθερμικού πόρου με εξωτερικό αέρα (δηλαδή, έναν πύργο ψύξης), είναι μια άλλη επιλογή τεχνολογίας. Οι υβριδικές προσεγγίσεις είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές όταν οι ανάγκες ψύξης είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις ανάγκες θέρμανσης. Όπου το επιτρέπει η τοπική γεωλογία, η "σωστή στήλη στέκεται" είναι μια άλλη επιλογή. Σε αυτήν την παραλλαγή ενός συστήματος ανοιχτού βρόχου, τρυπάται ένα ή περισσότερα βαθιά κάθετα φρεάτια. Το νερό

αντλείται από το κάτω μέρος μιας όρθιας στήλης και επιστρέφεται στην κορυφή. Κατά τη διάρκεια περιόδων αιχμής θέρμανσης και ψύξης, το σύστημα μπορεί να εξαερώσει ένα μέρος του νερού επιστροφής αντί να επαναεγχύσει όλα, προκαλώντας εισροή νερού στη στήλη από τον περιβάλλοντα υδροφόρο. Ο κύκλος εξαέρωσης ψύχει τη στήλη κατά την απόρριψη θερμότητας, τη θερμαίνει κατά την εξαγωγή θερμότητας και μειώνει το απαιτούμενο βάθος διάτρησης.

3.3. Αερόψυκτες & υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν ως μηχανές άντλησης ενέργειας από το περιβάλλον για την παραγωγή θέρμανσης.

Αυτό σημαίνει ότι καταναλώνουν ένα πολύ μικρό ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας (περίπου το 20%-40% της ονομαστικής τους ισχύος), ενώ αντλούν την υπόλοιπη ενέργεια από το περιβάλλον.

Ανάλογα με τον τρόπο άντλησης της θερμότητας χαρακτηρίζονται

- σε αερόψυκτες μονάδες (αντλούν θερμότητα από τον αέρα) ή
- υδρόψυκτες - γεωθερμικές μονάδες (αντλούν θερμότητα από τη γη)

Λόγω της συναλλαγής τους με το περιβάλλον, ο βαθμός απόδοσής τους δεν είναι σταθερός, αλλά επηρεάζεται από τις θερμοκρασιακές συνθήκες του περιβάλλοντος.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί η αντλία θερμότητας καθορίζει την αξιοπιστία της και την υψηλή αποδοτικότητά της.

Οι αντλίες θερμότητας υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας (βαθμός απόδοσης > 3,3) εντάσσονται στις ανανεώσιμες μορφές παραγωγής θερμότητας και αποτελούν καθαρή μορφή θέρμανσης με χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Πρωτογενής ενέργεια και αντλία θερμότητας

Στον παρακάτω πίνακα συγκρίνεται η μετατροπή των τριών βασικών καυσίμων σε θερμότητα. Τα καύσιμα είναι:

- ηλεκτρική ενέργεια

- πετρέλαιο
- φυσικό αέριο

Για την ηλεκτρική ενέργεια έχουμε δύο τρόπους μετατροπής:

- ηλεκτρική ενέργεια με άμεση μετατροπή π.χ. ηλεκτρική θερμάστρα (Electric heating)
- ηλεκτρική ενέργεια που τροφοδοτεί αντλία θερμότητας (electr. HP)

Για κάθε καύσιμο έχουμε τρεις στήλες:

- Αριστερά είναι η πρωτογενής ενέργεια του καυσίμου δηλ. η ενέργεια που επιβαρύνει το περιβάλλον.
- Στη μέση είναι η αποδιδόμενη ενέργεια του καυσίμου που εξαρτάται από το βαθμό απόδοσης της συσκευής μετατροπής π.χ λέβητας για το πετρέλαιο.
- και δεξιά είναι η καταναλισκόμενη ενέργεια για τη θέρμανση της οικίας. Ορίζεται 100% για όλα τα καύσιμα.

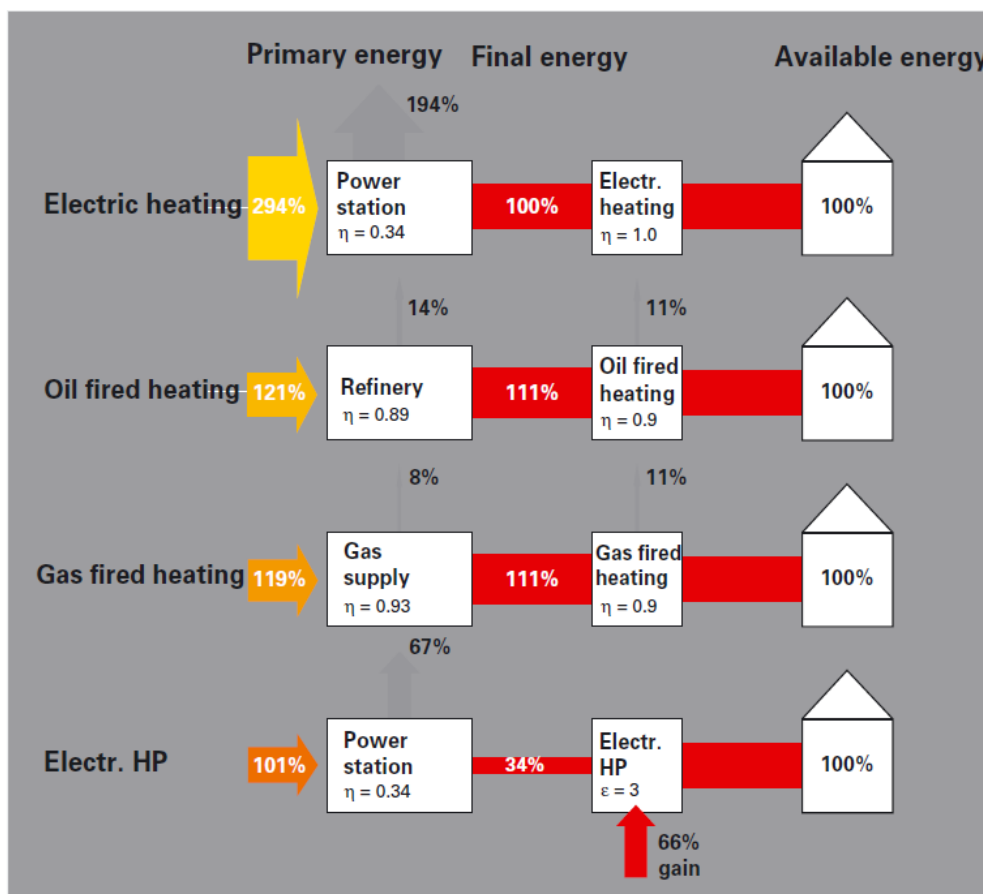
Άμεση μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε θέρμανση

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στους θερμικούς σταθμούς παραγωγής με την καύση λιγνίτη, πετρελαίου, φυσικού αερίου κ.ά. είναι η πιο σπάταλη ενέργεια για το περιβάλλον, διότι ο βαθμός απόδοσης των σταθμών παραγωγής μαζί με τις απώλειες μεταφοράς είναι $\eta = 0,34$ δηλαδή πολύ χαμηλός.

Έτσι, για να παράγουμε 1 kWh θερμότητας θα επιβαρύνουμε το περιβάλλον με $1/0,34 = 2,94$ kWh.

Μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε θέρμανση με αντλία θερμότητας

Η ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτεί μία αντλία θερμότητας με συντελεστή συμπεριφοράς $COP = 3$. Για 1 kWh θερμότητας θα επιβαρύνουμε το περιβάλλον με 1,01 kWh.



Με βάση τον πίνακα, η ηλεκτρική ενέργεια όταν μετατρέπεται σε θερμότητα με τη βοήθεια αντλίας θερμότητας με συντελεστή συμπεριφοράς $COP > 3$ αφήνει το μικρότερο ενεργειακό αποτύπωμα στο περιβάλλον.

Κατάταξη λειτουργίας

Η κλάση λειτουργίας μίας αντλίας θερμότητας είναι συνάρτηση:

- της εξωτερικής θερμοκρασίας π.χ DB/WB : 7/6°C
- της θερμοκρασίας εισόδου/εξόδου του νερού
- του συντελεστή συμπεριφοράς COP που αντιστοιχεί στις παραπάνω θερμοκρασίες

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε πώς βρίσκουμε την ενεργειακή κλάση μίας αντλίας θερμότητας.

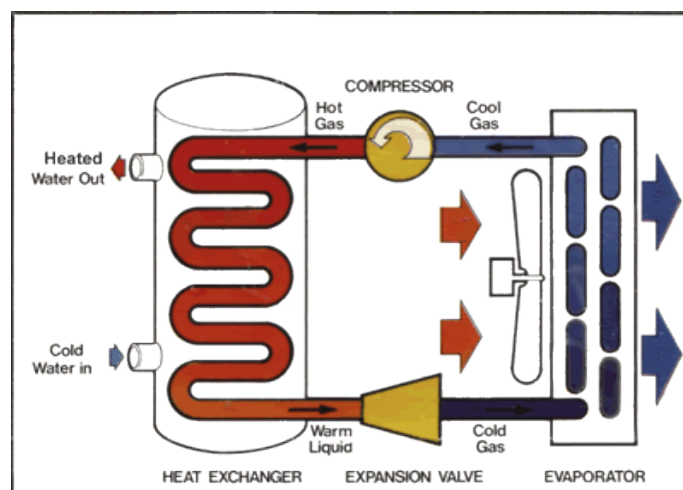
Performance class	Ambient temperature DB/WB: 7 / 6 °C	
	Inlet/outlet water temperature: 30 / 35 °C	Inlet/outlet water temperature: 40 / 45 °C
A	4.05 < COP	3.20 < COP
B	4.05 ≥ COP > 3.90	3.20 ≥ COP > 3.00
C	3.90 ≥ COP > 3.75	3.00 ≥ COP > 2.80
D	3.75 ≥ COP > 3.60	2.80 ≥ COP > 2.60
E	3.60 ≥ COP > 3.45	2.60 ≥ COP > 2.40
F	3.45 ≥ COP > 3.30	2.40 ≥ COP > 2.20
G	3.30 ≥ COP	2.20 ≥ COP

3.4. Τεχνολογία inverter

Η τεχνολογία inverter επιτρέπει στην αντλία να μεταβάλλει την απόδοσή της, διατηρώντας σταθερή ονομαστική ικανότητα θέρμανσης ακόμα και όταν η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι πολύ χαμηλή.

Επιπλέον με τη χρήση inverter εξασφαλίζεται αθόρυβη λειτουργία των αντλιών θερμότητας ακόμα και στη μέγιστη ισχύ τους.

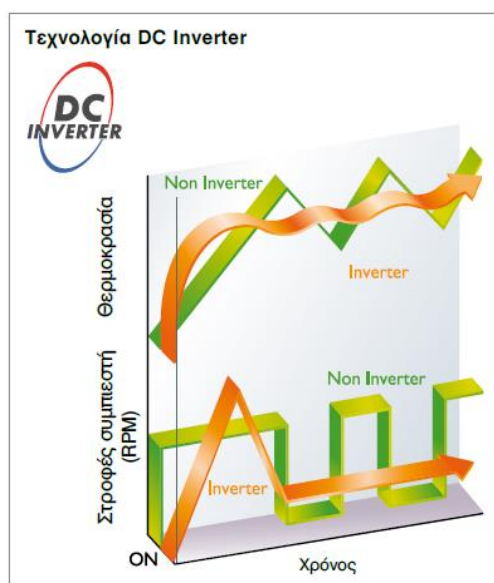
Η καρδιά μιας αντλίας θερμότητας είναι ο συμπιεστής. Ο συμπιεστής περιστρέφεται με τη βοήθεια ενός ασύγχρονου επαγωγικού -συνήθως τετραπολικού- κινητήρα. Πριν από την ύπαρξη των inverters ο κινητήρας τροφοδοτείτο άμεσα με το AC ρεύμα συχνότητας 50 Hz και συνεπώς περιστρέφετο με ταχύτητα λίγο μικρότερη των 1500 rpm.



Έτσι δεν υπήρχε η δυνατότητα να ρυθμίσουμε τις στροφές του. Παράλληλα υπήρχε το πρόβλημα με το υψηλό ρεύμα εκκίνησης που χαρακτηρίζει τους ασύγχρονους κινητήρες.

Ο DC inverter παρεμβάλλεται μεταξύ της AC πηγής -μονοφασικής ή τριφασικής- και του κινητήρα και κάνει τα εξής:

- Πρώτα μετατρέπει το AC ρεύμα των 50 Hz σε DC με τη βοήθεια ενός ανορθωτή.
- Κατόπιν μετατρέπει το DC σε AC ρεύμα μεταβλητής συχνότητας από περίπου 5 Hz μέχρι περίπου 50 Hz.
- Το ρυθμιζόμενης συχνότητας ρεύμα τροφοδοτεί τον επαγωγικό κινητήρα και αυτός περιστρέφεται με ταχύτητα ανάλογη της συχνότητας.



3.5. Αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών

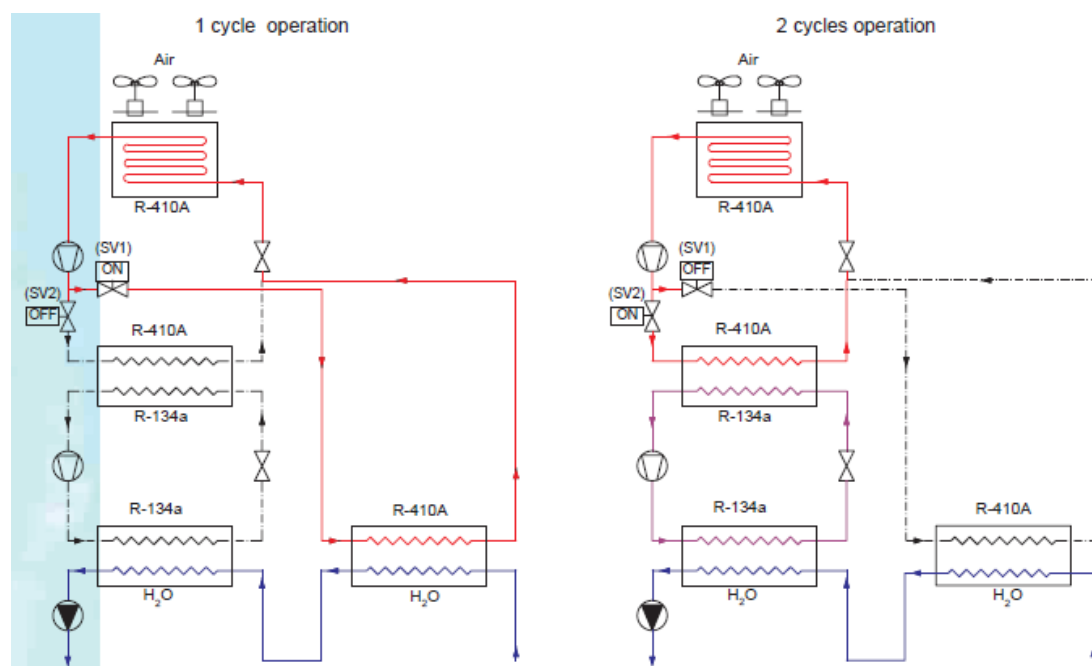
Ονομάζονται οι αντλίες που μπορούν να παράγουν ζεστό νερό θερμοκρασίας έως 80°C για τη θέρμανση χώρων με θερμαντικά σώματα.

Η καινοτομία στις αντλίες αυτές έγκειται στη δυνατότητα λειτουργίας ενός ή δύο ψυκτικών κύκλων (smart cascade) ανάλογα με τις συνθήκες (εσωτερικές και εξωτερικές) και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Το σύστημα ελέγχου της μονάδας επεξεργάζεται τις εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν καθώς και τις απαιτήσεις του χώρου και αποφασίζει αν θα λειτουργήσει με έναν ή δύο κύκλους έχοντας σαν βασικό κριτήριο τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας.

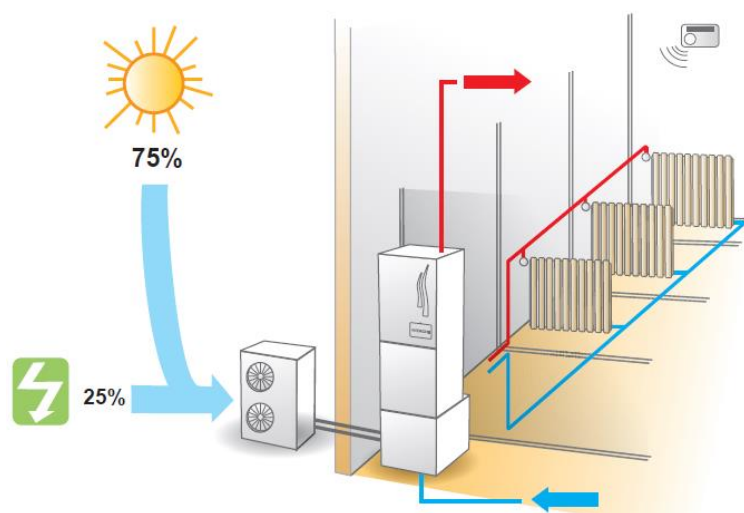
Με βάση τα παραπάνω και μέσω των inverter συμπιεστών και ανεμιστήρων επιτυγχάνει:

- την απαιτούμενη θερμοκρασία ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες
- τη σταθερή διατήρηση της απόδοσής του ακόμη και με θερμοκρασία περιβάλλοντος -15°C
- τη μέγιστη δυνατή απόδοση με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας
- αντικατάσταση του λέβητα σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις χωρίς καμία αλλαγή και χωρίς την απαίτηση βοηθητικής πηγής ενέργειας



3.6. Διαιρούμενες και μονομπλόκ αντλίες θερμότητας

Η αντλία αποτελείται από μία μονάδα εγκατεστημένη εξωτερικά, χωρίς να καταλαμβάνει χώρο στο εσωτερικό της οικίας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με την υπάρχουσα λύση θέρμανσης.



3.7. Θερμική ισχύς, COP

Η θερμική ισχύς (heating capacity) μίας αντλίας θερμότητας αέρα/νερού εξαρτάται από:

- την εξωτερική θερμοκρασία
- τη θερμοκρασία εισόδου/εξόδου του νερού

Παρακάτω βλέπουμε τον πίνακα με τις ονομαστικές αποδόσεις των τυπικών αντλιών θερμότητας της σειράς YUTAKI S80 της Hitachi

Στον πίνακα αυτό βλέπουμε τη θερμική ισχύ της αντλίας θερμότητας για συγκεκριμένες συνθήκες εξωτερικού αέρα και συγκεκριμένες θερμοκρασίας εισόδου/εξόδου του νερού.

Διαπιστώνουμε ότι το COP έχει τη μέγιστη τιμή για:

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

- θερμοκρασία εξωτερικού αέρα (DB/WB) 7/6°C
- θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος 30/35°C

Yutaki S80	Εσωτερική μονάδα		RWH-4.0FS(V)NFE	RWH-5.0FS(V)NFE	RWH-6.0FS(V)NFE
	Εξωτερική μονάδα		RAS-4H(V)RNME-AF	RAS-5H(V)RNME-AF	RAS-6H(V)RNME-AF
Θερμική ισχύς	Θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος: 30/35 °C Εξωτερική θερμοκρασία (DB/WB): 7/6 °C	kW	(Ονομ./μέγ.) 10,0/13,5	(Ονομ./μέγ.) 12,0/16,5	(Ονομ./μέγ.) 14,0/18,0
	COP (Ονομαστικό)	-	4,36	4,27	4,05
	Θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος: 40/45 °C Εξωτερική θερμοκρασία (DB/WB): 7/6 °C	kW	(Ονομ./μέγ.) 10,0/13,5	(Ονομ./μέγ.) 12,0/16,5	(Ονομ./μέγ.) 14,0/18,0
	COP (Ονομαστικό)	-	3,45	3,42	3,32
	Θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος: 47/55 °C Εξωτερική θερμοκρασία (DB/WB): 7/6 °C	kW	(Ονομ./μέγ.) 10,0/13,5	(Ονομ./μέγ.) 12,0/16,5	(Ονομ./μέγ.) 14,0/18,0
	COP (Ονομαστικό)	-	3,04	3,02	3,01
	Θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος: 55/65 °C Εξωτερική θερμοκρασία (DB/WB): 7/6 °C	kW	(Ονομ./μέγ.) 10,0/13,5	(Ονομ./μέγ.) 12,0/16,5	(Ονομ./μέγ.) 14,0/18,0
	COP (Ονομαστικό)	-	2,56	2,56	2,51
	Θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος: 70/80 °C Εξωτερική θερμοκρασία (DB/WB): 7/6 °C	kW	(μέγ.) 13,5	(μέγ.) 16	(μέγ.) 18
	Θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος: 40/45 °C Εξωτερική θερμοκρασία (DB/WB): -7/-8 °C	kW	(μέγ.) 13	(μέγ.) 16	(μέγ.) 17,8
	COP (Ονομαστικό)	-	2,30	2,30	2,25
	Θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος: 47/55 °C Εξωτερική θερμοκρασία (DB/WB): -7/-8 °C	kW	(μέγ.) 13,5	(μέγ.) 16	(μέγ.) 17,8
	COP (Ονομαστικό)	-	2,15	2,15	2,10
	Θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος: 55/65 °C Εξωτερική θερμοκρασία (DB/WB): -7/-8 °C	kW	(μέγ.) 13,2	(μέγ.) 15,8	(μέγ.) 17,4
	COP (Ονομαστικό)	-	2,00	1,91	1,81
	Θερμοκρασία νερού είσοδος/έξοδος: 70/80 °C Εξωτερική θερμοκρασία (DB/WB): -7/-8 °C		(μέγ.) 12,3	(μέγ.) 15,2	(μέγ.) 17,2

3.8. Πίνακας με μέγιστες θερμικές ισχύς

Για να μπορεί ο μελετητής μηχανικός να επιλέξει την αντλία θερμότητας θα πρέπει να διαθέτει πίνακα με τις μέγιστες θερμικές ισχύς για πολύ περισσότερες συνθήκες από αυτές που είχαμε παραπάνω. Έτσι ο κατασκευαστής δίνει και τον παρακάτω πίνακα:

4.2 Maximum heating capacity tables

System	Water outlet temp. (°C)	Ambient temperature (°C WB)													
		-20	-15	-10	-8	-5	0	2	5	6	10	11	15	20	
		CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)	CAP (kW)
RWH-4.0FS(V) NFE + RAS-4H(V) RNME-AF	80	11.2	11.7	12.1	12.3	12.5	12.9	13.1	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
	75	11.4	11.9	12.3	12.5	12.7	13.1	13.3	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
	70	11.6	12.1	12.5	12.7	12.9	13.2	13.4	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
	65	11.7	12.2	12.6	12.8	13.0	13.4	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
	60	11.9	12.4	12.8	13.0	13.2	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
	55	12.2	12.6	13.0	13.2	13.4	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
	50	12.5	12.8	13.2	13.4	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
	45	12.7	13.1	13.4	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
	40	7.3	8.3	9.3	9.8	10.5	11.9	12.4	12.7	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
35	7.8	8.9	10.0	10.5	11.2	12.4	12.9	13.2	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5		

EMRQ-A

Capacity table (100% Connection ratio)

Nominal	Ta	LW [°C]		LW [°C]		LW [°C]		LW [°C]	
		45		55		65		75	
		HC	PI	HC	PI	HC	PI	HC	PI
EMRQ8*	-19	18,3	7,95	18,2	8,41	18,4	9,68	18,7	11,3
	-17	19,4	8,12	19,4	8,62	19,5	9,96	19,9	11,7
	-15	20,6	8,28	20,5	8,82	20,6	10,2	21,0	12,1
	-7	22,4	7,84	22,4	8,57	22,4	9,92	22,4	11,5
	-3	22,4	7,25	22,4	7,93	22,4	9,24	22,4	10,8
	1	22,4	6,77	22,4	7,43	22,4	8,75	22,4	10,3
	3	22,4	6,79	22,4	7,42	22,4	8,66	22,4	10,1
	7	22,4	6,37	22,4	6,98	22,4	8,18	22,4	9,63
	11	22,4	5,89	22,4	6,53	22,4	7,72	22,4	9,15
	15	22,4	5,46	22,4	6,08	22,4	7,29	22,4	8,67
EMRQ10*	-19	23,0	10,0	22,9	10,6	23,1	12,2	23,7	14,5
	-17	24,4	10,3	24,3	10,9	24,5	12,7	25,1	14,9
	-15	25,8	10,6	25,7	11,2	25,9	13,1	26,4	15,4
	-7	28,0	10,2	28,0	11,0	28,0	12,7	28,0	14,7
	-3	28,0	9,30	28,0	10,2	28,0	11,8	28,0	13,7
	1	28,0	8,52	28,0	9,39	28,0	11,0	28,0	12,9
	3	28,0	8,20	28,0	9,07	28,0	10,6	28,0	12,6
	7	28,0	7,64	28,0	8,49	28,0	10,1	28,0	12,0
	11	28,0	7,55	28,0	8,36	28,0	9,87	28,0	11,7
	15	28,0	7,12	28,0	7,85	28,0	9,35	28,0	11,1

Symbols

HC Heating capacity [kW]
PI Power input [kW]
LW Leaving water temperature
EW Entering water temperature

Conditions

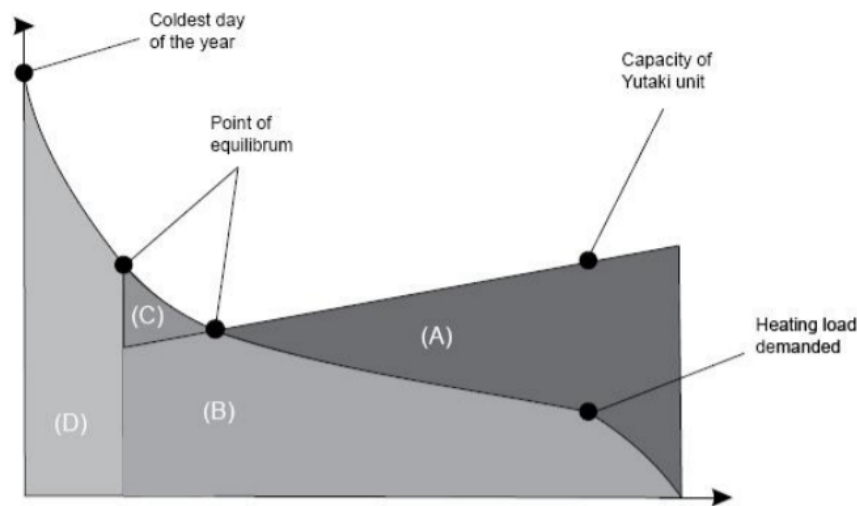
- ΔT: (Leaving water temperature - Entering water temperature)
- No pump power input is included
- Table is valid for system combination with only 2HP indoor units. Influence of 3HP unit: see Indoor unit type power consumption
- Equivalent piping length = 7,5m
- Ta < 0°C: RH=75%
- Ta > 0°C: RH=85%
- Grey zones are for indicative reference only. There is no guarantee for capacity. They indicate non-selection area.

3.9. Ενισχυτική λειτουργία (Back-up)

Η αποδοτικότητα μίας αντλίας θερμότητας είναι αντιστρόφως ανάλογη με την εξωτερική θερμοκρασία. Έτσι, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέφτει κάτω από τους 0°C, η αποδοτικότητά της μειώνεται και θα πρέπει ο σχεδιαστής του συστήματος θέρμανσης να εξασφαλίζει τη θερμική άνεση του κτηρίου, είτε αυξάνοντας την ονομαστική ισχύ της μονάδας, είτε σχεδιάζοντας υποστηρικτικά συστήματα θέρμανσης σε ενισχυτική λειτουργία (Back-up).

Συνήθως εφαρμόζεται σύστημα ενίσχυσης της θέρμανσης είτε με ηλεκτρικές αντιστάσεις, είτε με εγκατάσταση βοηθητικού λέβητα πετρελαίου ή αερίου ως back-up.

Στα υφιστάμενα σπίτια, είναι δυνατό να διατηρηθεί ο υπάρχων λέβητας -εάν είναι σε καλή κατάσταση- σε υποστηρικτική λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Ο λέβητας ενεργοποιείται βοηθητικά τις πιο κρύες ημέρες του έτους.



NOTE

- (A) Πλεόνασμα ισχύος Μονάδας YUTAKI
- (B) Ισχύς καλυπτόμενη από την Α/Θ YUTAKI
- (C) Ισχύς καλυπτόμενη από ηλ. αντιστάσεις
- (D) Ισχύς καλυπτόμενη από boiler

3.10. Βαθμός απόδοσης COP

Ο βαθμός απόδοσης είναι ένα μέτρο της αποδοτικότητας της αντλίας θερμότητας σε τυπικές συνθήκες λειτουργίας.

Μία αντλία θερμότητας που λειτουργεί με COP 4 σημαίνει ότι παρέχει 4 kWh θερμικής ενέργειας, καταναλώνοντας 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι αποδόσεις πιστοποιούνται από ανεξάρτητους φορείς πιστοποίησης όπως η Eurovent.

Η υψηλή εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να προκύψει επίσης και από τον προηγμένο έλεγχο της λειτουργίας της αντλίας θερμότητας και τη διαχείριση των επιμέρους λειτουργιών του υδραυλικού τμήματος της εγκατάστασης.

3.11. Αντιστάθμιση εξωτερικής θερμοκρασίας

Όταν ο μελετητής μηχανικός υπολογίζει τις θερμικές απώλειες (θερμικό φορτίο) μίας οικοδομής, λαμβάνει υπόψη τη δυσμενέστερη εξωτερική θερμοκρασία. Με βάση αυτό το φορτίο και τη θερμοκρασία εξόδου του νερού από το λέβητα π.χ 80°C, διαστασιολογεί την εγκατάσταση θέρμανσης δηλαδή:

- τα θερμαντικά σώματα
- του σωλήνες
- κ.λπ.

Στη διάρκεια όμως του χειμώνα, η εξωτερική θερμοκρασία λίγες φορές θα πέσει τόσο χαμηλά, συνεπώς η θερμοκρασία εξόδου του νερού από το λέβητα δε χρειάζεται να είναι 80°C αλλά χαμηλότερη.

Στα κλασσικά συστήματα θέρμανσης με λέβητα αυτό το πετυχαίνουμε με συστήματα αντιστάθμισης που αποτελούνται από:

- το αισθητήριο της εξωτερικής θερμοκρασίας
- την ηλεκτροκίνητη τρίοδη ή τετράοδη βάννα στην έξοδο του λέβητα
- τον ελεγκτή θέρμανσης

Και τώρα ερχόμαστε στην αντλία θερμότητας.

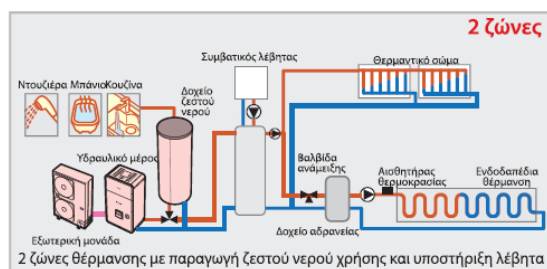
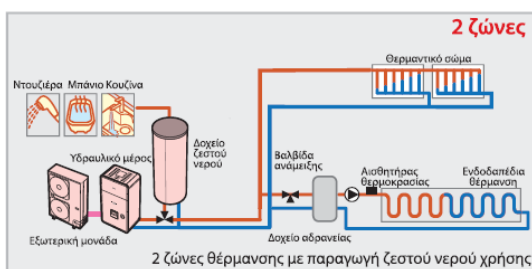
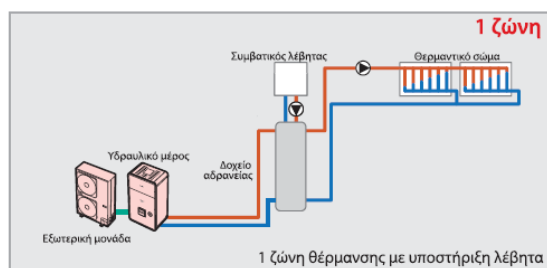
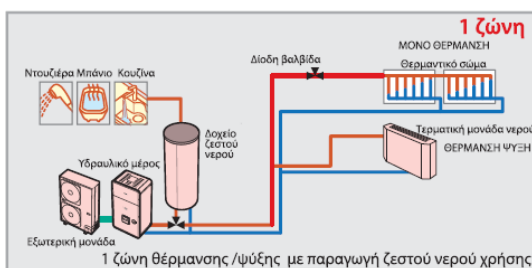
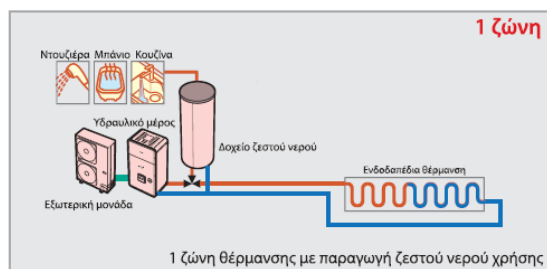
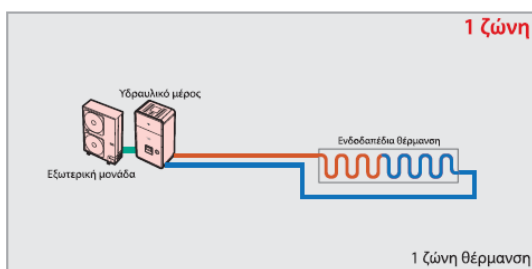
Όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία εξόδου νερού στο υδραυλικό κύκλωμα θέρμανσης, τόσο υψηλότερος είναι ο βαθμός απόδοσης της αντλίας θερμότητας.

Το υδραυλικό τμήμα της εγκατάστασης μέσω συστήματος αυτοματισμού ελέγχει τη θερμοκρασία εξόδου της αντλίας θερμότητας με στόχο να την μεταβάλλει ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία.

Έτσι, η αντλία θερμότητας παρέχει πολύ ζεστό νερό μόνο όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι πολύ χαμηλή για να εξασφαλίσει την απαιτούμενη άνεση του χώρου, ενώ όσο το εξωτερικό περιβάλλον γίνεται ηπιότερο ρυθμίζει αναλογικά τη θερμοκρασία προσαγωγής για να εξασφαλίσει την άνεση με σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται με τον καλύτερο τρόπο οι εφαρμογές που μπορεί να έχει μια αντλία θερμότητας:

- θέρμανση δαπέδου
- θέρμανση με κλασσικά σώματα (υφιστάμενη εγκατάσταση)
- ζεστό νερό χρήσης



3.12. Ετήσιο κόστος λειτουργίας

Η πιο οικονομική λύση είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας.

ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ					
Σύστημα θέρμανσης	Βαθμός Απόδοσης	Είδος και τιμή		Ευρο/ παραγόμενι kWh	Ετήσιο κόστος θέρμανσης κατοικίας με θερμομαντικές ανάγκες 15.000 kWh
Ενεργειακά Τζάκια φυσικής κυκλοφορίας αέρα ή νερού	0,7	Ξύλο	0,18€/Kgr	0,05€	750€
Λέβητας Ξυλείας	0,7	Ξύλο	0,18€/Kgr	0,05€	750€
Λέβητας Βιομάζας (Pellet)	0,85	Pellet	0,28€/Kgr	0,06€	900 €
Λέβητας Φυσικού Αερίου	0,9	Φ. Αέριο	0,09€/kWh	0,09€	1.350,00€
Λέβητας Πετρελαίου	0,85	Πετρέλαιο	1,40€/lt	0,14€	2.100€
Ηλεκτρικοί Λέβητες - Αερόθερμα	1	Ηλ. Ενέργεια	0,18€/kWh	0,18€	2.700€
Θερμοσυσσωρευτές (με νυχτερινό ρεύμα)	1	Ηλ. Ενέργεια	0,07€/kWh	0,07€	1.050€
Αερόψυκτες Αντλίες Θερμότητας / SCOP	5,6	Ηλ. Ενέργεια	0,18€/kWh	0,035€	525€
Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας	6	Ηλ. Ενέργεια	0,18€/kWh	0,03€	450€

3.13. Ενεργειακή κατάταξη μίας αντλίας θερμότητας

Η Ε.Ε. αντιλαμβάνεται ότι η ενεργειακή απόδοση και η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω των αντλιών θερμότητας αποτελούν κλειδιά στην επίτευξη του ενεργειακού στόχου του 2020, για τη βιώσιμη ανάπτυξη της Ευρώπης και την προστασία του πλανήτη.

Στην αγορά είναι ήδη διαθέσιμα αρκετά κλιματιστικά και αντλίες θερμότητας υψηλής ενεργειακής κλάσης, που χρησιμοποιούν φιλικότερα ψυκτικά μέσα, έχουν εξαιρετικά υψηλό βαθμό απόδοσης και καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια.

Ταυτόχρονα, η Ε.Ε. εισάγει ένα βελτιωμένο σύστημα σήμανσης της ενεργειακής κλάσης των ηλεκτρικών συσκευών όπου οι καταναλωτές θα αντιλαμβάνονται ευκολότερα πόση ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνουν οι οικιακές συσκευές τους.

Οι νέοι κανονισμοί της Ε.Ε. αφορούν τις κλιματιστικές μονάδες με ψυκτική ή θερμομαντική ικανότητα μέχρι 12 kW. Αυτά είναι κυρίως κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου (split), που λειτουργούν ως αντλίες θερμότητας, παράγοντας θερμό ή κρύο αέρα στον εσωτερικό χώρο, αντλώντας ενέργεια από το εξωτερικό περιβάλλον.

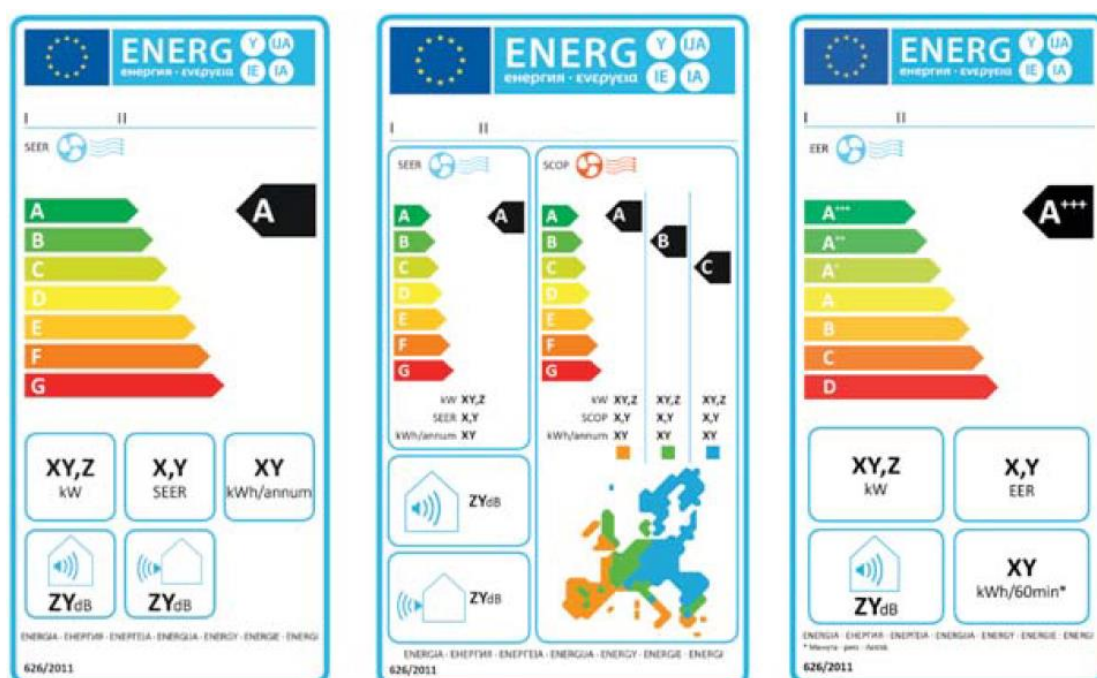
Από την 1η Ιανουαρίου 2013, το σύστημα ενεργειακής σήμανσης περιλαμβάνει τις ενεργειακές κλάσεις από A - Z και σταδιακά θα επεκταθεί έως το 2019 με την εξέλιξη της τεχνολογίας και στις ενεργειακές κλάσεις A+ έως και A+++.

αντλίες θερμότητας που λειτουργούν σε θέρμανση η αξιολόγηση της ενεργειακής κλάσης γίνεται με βάση την κλιματική ζώνη στην Ευρώπη που είναι εγκατεστημένη η μονάδα (για την Ελλάδα ισχύουν 4 κλιματικές ζώνες με βάση τον ΚΕΝΑΚ).

Ο νέος τρόπος ενεργειακής σήμανσης και κατηγοριοποίησης της κατανάλωσης σε ενεργειακές κλάσεις επιτρέπει στις πιο αποδοτικές μονάδες να κατηγοριοποιούνται ως κατηγορία ενεργειακής κλάσης A+++ από την 1η Ιανουαρίου 2013.

Η αναθεωρημένη σήμανση της κατανάλωσης ενέργειας των κλιματιστικών μονάδων που τέθηκε σε ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2013:

- Αριστερά: Κλιματιστικές μονάδες ψύξης
- Μέση: Αντλίες θερμότητας για ψύξη & θέρμανση
- Δεξιά: Κλιματιστικές μονάδες δικτύου αεραγωγών

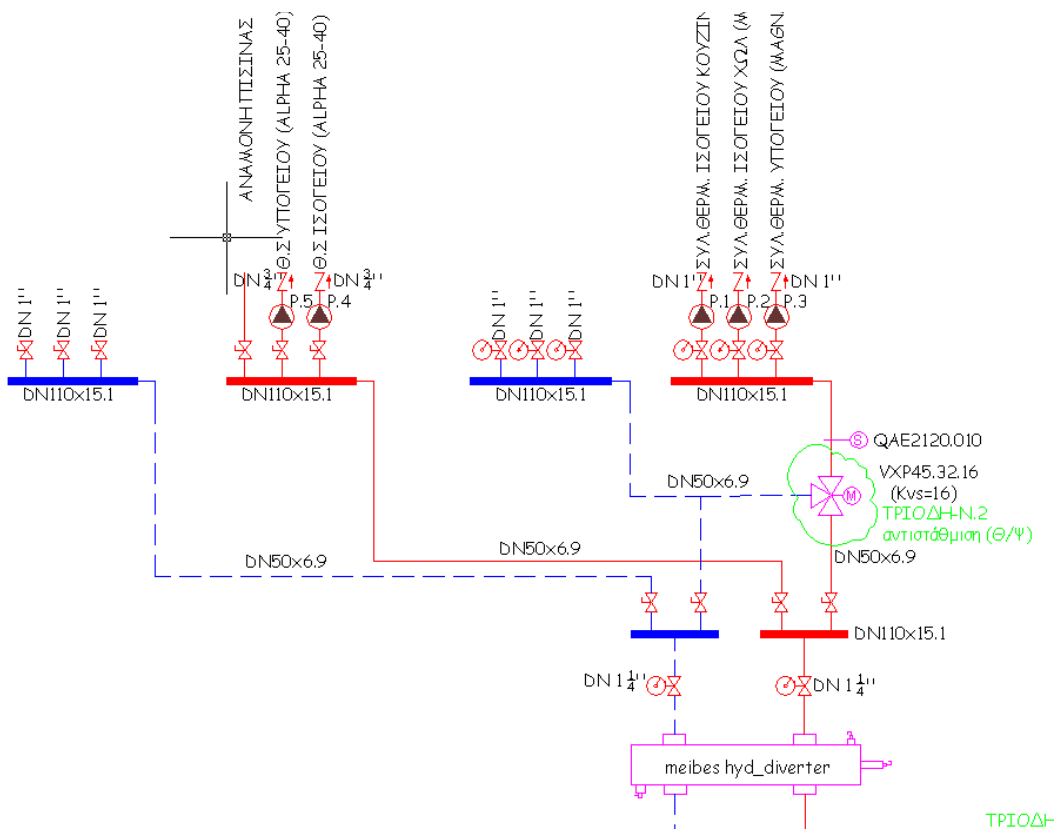
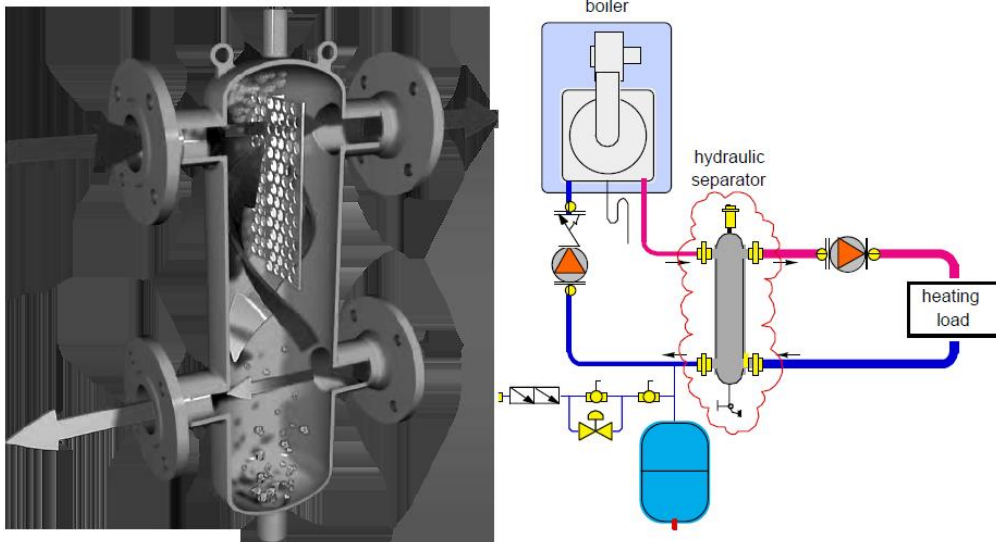


3.14. Υδραυλικός διαχωριστής

Χρησιμοποιείται στο υδραυλικό μέρος της εγκατάστασης θέρμανσης όταν υπάρχει και θερμοαντλία ZNX. Δίνει προτεραιότητα στη θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

δηλαδή το ζεστό νερό που παράγει η αντλία θερμότητας θερμαίνει ζεστό νερό χρήσης που υπάρχει στη δεξαμενή αποθήκευσης. Κατόπιν κατευθύνει το ζεστό νερό στη θέρμανση των χώρων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΚΤΙΡΙΑ NZEB

Ένα κτίριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nearly zero energy building) είναι ένα κτίριο πολύ υψηλής απόδοσης, που δεν απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας για να λειτουργήσει. Το ποσό ενέργειας που χρειάζεται για να λειτουργήσει συνήθως το καλύπτει από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και όχι από συμβατικές πηγές ενέργειας. Τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (nZEB) πρέπει να διαθέτουν δομικά στοιχεία υψηλών ενεργειακών προδιαγραφών, Η/Μ εγκαταστάσεις ιδιαίτερα υψηλής ενεργειακής απόδοσης και ένα σημαντικό μερίδιο της κατανάλωσης τους ενέργειας θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε τοπικό επίπεδο. Ο συγκεκριμένος τύπος κτιρίου (Nearly Zero Energy Buildings – N ZEB) ουσιαστικά θα πρέπει να εξασφαλίζει ιδανικές συνθήκες διαβίωσης -τόσο κατά τη διάρκεια του χειμώνα όσο και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού- με ελάχιστη ή μηδενική συμβατική θέρμανση και ψύξη και πολύ χαμηλή κατανάλωση ρεύματος.

Ένα κτίριο για να χαρακτηρίζεται ως Κτίριο Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας , πρέπει να κατατάσσεται:

1. τουλάχιστον στην ενεργειακή κατηγορία A, αν είναι νέο κτίριο,
2. τουλάχιστον στην ενεργειακή κατηγορία B+, αν είναι υφιστάμενο κτίριο.

Ο δείκτης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας είναι αυτός που προκύπτει από την εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK).

Σύμφωνα με την υπουργική απόφαση τα κανονιστικά μέτρα που προβλέπονται είναι τα εξής:

1. Υποχρεωτική κάλυψη αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης (ZNX) στα νέα κτίρια με κατ' ελάχιστον 60 % κάλυψη των αναγκών από ηλιοθερμικά συστήματα.
2. Αύξηση συντελεστή δόμησης για τα Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (κατά 5% σε κτίρια ενεργειακής κατηγορίας A+ και αύξηση του συντελεστή δόμησης κατά 10% στην περίπτωση όπου το κτίριο επιτυγχάνει ιδιαίτερα υψηλό βαθμό ενεργειακής απόδοσης με πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση κάτω των 10kWh/τ.μ./έτος).

3. Συμψηφισμός δαπανών για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωση Ενέργειας με τα ποσά του ειδικού προστίμου που προβλέπονται και έως το ποσοστό 50% του προβλεπόμενου ειδικού προστίμου για αυθαίρετη δόμηση, εφόσον οι παρεμβάσεις επιφέρουν αναβάθμιση του κτηρίου κατά μία τουλάχιστον ενεργειακή κατηγορία ή ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας μεγαλύτερη από το 30% της κατανάλωσης του κτηρίου αναφοράς.
4. Ορίζεται Ενεργειακός Υπεύθυνος στα κτίρια του δημοσίου.
5. Προβλέπεται αύξηση στους συντελεστές απόσβεσης των στοιχείων του ενεργητικού των επιχειρήσεων των συναφών με την ενεργειακή απόδοση δαπανών στα κτίρια των επιχειρήσεων (π.χ. σε επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης σε Ξενοδοχεία).
6. Τέλος αναμένεται να προκηρυχθούν στοχευμένα προγράμματα σε μονοκατοικίες, κτίρια του στενού δημόσιου τομέα (ιδιόκτητα και μακροχρόνιας χρήσης) και κτίρια τριτογενούς τομέα, και μεταξύ άλλων σε επίπεδο οικοδομικού τετραγώνου ή περιοχής, καθώς και σε ενεργειακές κοινότητες, με την αξιοποίηση των Επιχειρήσεων Ενεργειακών Υπηρεσιών (E.E.Y. – E.S.CO.s).

Στο πλαίσιο αυτό, με το άρθρο 9 του ν.4122/2013 του υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας εγκρίθηκε και τέθηκε σε εφαρμογή το Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των Κτιρίων Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας, σύμφωνα με το οποίο από 1.1.2021, όλα τα νέα κτίρια πρέπει να είναι Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωση Ενέργειας, ενώ για τα νέα κτίρια του δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή τίθεται σε ισχύ από 1.1.2019.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΜΕΛΕΤΗ

5.1. Εισαγωγή

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έχουν ιδιαίτερα οικονομική λειτουργία, χρησιμοποιούν την θερμική ενέργεια του εδάφους για να αποδώσουν το θερμικό ή ψυκτικό τους έργο.

Η θερμοκρασία στα ανώτερα στρώματα της γης παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ο βαθμός απόδοσης τους είναι αρκετά υψηλός, κυμαίνεται από $3.5 \leq COP \leq 6$ και είναι ανεξάρτητος από την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε KW ηλεκτρικής ισχύος που καταναλώνουν οι μονάδες, αποδίδουν σταθερά από 3.5 ως 6 KW θερμικού ή ψυκτικού φορτίου.

Το στοιχείο που πρέπει να δώσει κανείς έμφαση προκειμένου να επιλέξει τη λύση της γεωθερμίας είναι η σχέση κόστους κτήσης προς απόσβεση. Όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση ενός κτιρίου και οι ανάγκες του π.χ ξενοδοχείο, τόσο γρηγορότερα γίνεται η απόσβεση του συστήματος. Αντίθετα σε μικρές κατοικίες έως 400 τ.μ. σε περιοχές με ήπιους χειμώνες ή θερμά καλοκαίρια, η γεωθερμία δεν ενδείκνυται σαν συμφέρουσα επιλογή.

Στην Ελλάδα η μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας του υπεδάφους σε βάθος >2 μέτρων, είναι της τάξης των 16-20°C. Αντίστοιχα, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος το καλοκαίρι μπορεί να φτάσει και τους 40-42°C, ενώ το χειμώνα τους 0-5°C. Αυτή ακριβώς τη διαφορά θερμοκρασίας, μεταξύ του εξωτερικού αέρα του περιβάλλοντος και του υπεδάφους εκμεταλλευόμαστε με τη χρήση Γεωθερμικού συστήματος για να ψύξουμε ή να θερμάνουμε το κτήριο και να μειώσουμε την εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ ώστε να εξοικονομήσουμε ενέργεια.

Οι Αντλίες Θερμότητας Εδάφους/Νερού χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη σταθερή θερμοκρασία του εδάφους και μας είναι αδιάφορη η θερμοκρασιακή μεταβολή του περιβάλλοντος χειμώνα – καλοκαίρι. Αυτές οι μοντέρνες εγκαταστάσεις θέρμανσης απορροφούν μέχρι και 75% της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης από την αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια

του εδάφους. Το υπόλοιπο 25% το παίρνουμε με την μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας και έτσι πετυχαίνουμε θερμική άνεση 100%.

Στην μελέτη μας θα χρησιμοποιήσουμε αντλία θερμότητας εδάφους/νερού για θέρμανση και ψύξη. Τα χαρακτηριστικά της αναφέρονται παρακάτω:

Ειδικός μονωμένος χώρος για τους συμπιεστές και πάνω σε βάση για τους κραδασμούς. Πληροί τις αυξημένες απαιτήσεις της οδηγίας EN 14511 για υψηλές αποδόσεις. Στάθμη ηχητικής πίεσης στα 10m απόσταση από πλευρά εξαγωγής 60dB. Βελτιστοποιημένη λειτουργία για θέρμανση και ψύξη μέσω μιας εξωτερικής τετράοδης βαλβίδας. Επιπρόσθετος εναλλάκτης για υψηλότερη θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης στην θέρμανση και ανάκτηση θερμότητας στη ψύξη. Υψηλή ασφάλεια λειτουργίας με επιτήρηση του ψυκτικού κύκλου από αισθητήρια, ενσωματωμένος μετρητής θερμικής ενέργειας (με ένδειξη της κατανάλωσης θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης στο WPM). Εσώκλειστος αισθητήρας εξωτερικής θερμοκρασίας και αισθητήρας αντεπιστροφής. Ηλεκτρονικός ομαλός εκκινητής για ρεύμα εκκίνησης ενσωματωμένος. Δυνατότητα παροχής ζεστού νερού χρήσης. Συμπεριλαμβάνεται ο ηλεκτρονικός εγκέφαλος WPM για έλεγχο του συστήματος σε οθόνη LCD (π.χ. εξωτερική θερμοκρασία-αντιστάθμιση, κυκλοφορητές, τρίοδες βάνες αναμεικτικές, θερμοκρασίες ζεστού νερού χρήσης -προσαγωγής -επιστροφής , σύνδεση με PC-Modem).

Θερμοκρασία προσαγωγής νερού: Θέρμανση 55°C / Ψύξη 7°C.

Θερμοκρασιακά όρια λειτουργίας στο έδαφος: -5°C μέχρι 25°C.

Εσωτερική τοποθέτηση, Τάση 3/PE~400V/50Hz, Ψ/Y R404A

5.2. Προϋποθέσεις

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

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

Εξετάζοντας τις επιλογές που έχουμε σχετικά με την αντικατάσταση ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης σε ένα υφιστάμενο κτίριο, διαπιστώνουμε ότι σε κάποιες περιπτώσεις κάτι τέτοιο είναι εφικτό και εύκολο. Αυτό κυρίως ισχύει όταν στο εσωτερικό του σπιτιού είναι ήδη εγκατεστημένη ενδοδαπέδια θέρμανση ή και μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα [fan coil units]. Στην περίπτωση αυτή λοιπόν, απλώς καταργείται και απομακρύνεται η υφιστάμενη συμβατική πηγή ενέργειας και στη θέση της τοποθετείται μια γεωθερμική αντλία θερμότητας αντίστοιχης ισχύος. Η συμβατική πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται ήδη στο κτίριο, μπορεί να είναι είτε ένας λέβητας πετρελαίου, είτε λέβητας φυσικού αερίου ή και αντλία θερμότητας αέρος – νερού. Σε κάθε περίπτωση, είναι συμφέρον να αντικατασταθεί το συμβατικό σύστημα με ένα σύστημα γεωθερμίας. Η γεωθερμία ως γνωστόν ορίζεται ως 100% ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η συνηθέστερη περίπτωση όμως, είναι ο συνδυασμός ενός συμβατικού λέβητα πετρελαίου με κλασικά σώματα καλοριφέρ. Σε αυτήν την περίπτωση λοιπόν, για να γίνει η εφαρμογή, θα πρέπει να

ελεγχθεί το εσωτερικό δίκτυο για να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι δυνατόν να συνεργαστεί με ένα γεωθερμικό σύστημα κλιματισμού. Αυτό που επηρεάζει τη λειτουργία του συστήματος, είναι ο τρόπος διασύνδεσης των σωμάτων καλοριφέρ. Ο μόνος τρόπος να συνδυαστεί το γεωθερμικό σύστημα με ένα δίκτυο καλοριφέρ χωρίς επεμβάσεις στο εσωτερικό δίκτυο, είναι να είναι συνδεδεμένα παράλληλα, δηλαδή να καταλήγουν σε κολλεκτέρ με ξεχωριστές σωληνώσεις. Τότε εύκολα καταργείται ο λέβητας, ώστε να συνδεθεί η γεωθερμική αντλία θερμότητας με το εσωτερικό δίκτυο. Σε περίπτωση που τα σώματα είναι συνδεδεμένα σε σειρά, που είναι και το πιο σύνηθες, τότε το γεωθερμικό σύστημα δε μπορεί να αποδώσει και χρειάζονται επεμβάσεις στο εσωτερικό δίκτυο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, λόγω των αυξημένων επεμβάσεων που απαιτούνται εσωτερικά του κτιρίου, ίσως είναι ασύμφορη οικονομικά μια τέτοια εφαρμογή, εκτός κι αν ο χρήστης του κτιρίου είναι διατεθειμένος να προχωρήσει σε κάποια ανακαίνιση. Γενικά σε κάθε περίπτωση, είναι πιθανόν τα υφιστάμενα σώματα καλοριφέρ κατά τη σύνδεση τους με τη γεωθερμία να παρουσιάσουν λίγο μεγαλύτερη αδράνεια δηλαδή να υπάρχει μια μικρή καθυστέρηση της θέρμανσης του κτιρίου μετά την ενεργοποίηση του συστήματος, και αυτό είναι ένα μειονέκτημα που παρουσιάζεται με αυτή την εφαρμογή. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να ελαττωθεί με τη βοηθητική λειτουργία μερικών μονάδων fan coil units. Με την εγκατάσταση των fan coil units θα μπορούσαμε να εξασφαλίσουμε στην περίπτωση αυτή και τη μερική ή ολική ψύξη του κτιρίου και να εκμεταλλευτούμε πλήρως της δυνατοτήτες του γεωθερμικού συστήματος κλιματισμού.

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

τεχνητή ανακυκλοφορία νερού σε σωληνώσεις ενταφιασμένες στο υπέδαφος. Ο τύπος του κλειστού κυκλώματος που θα εφαρμοστεί εξαρτάται από το διαθέσιμο περιβάλλοντα χώρο. Ένα οριζόντιο σύστημα με σπειρωτή διαμόρφωση των σωλήνων απαιτεί εξωτερικό χώρο, δηλ. περίπου τόσα τετραγωνικά, όσα είναι και ο χώρος που θα κλιματιστεί. Δηλαδή για ένα κτίριο 100 τετραγωνικών θα χρειαζόμασταν περίπου τόσο χώρο εξωτερικά για ένα οριζόντιο κύκλωμα, το οποίο τοποθετείται στο 1,2 – 1,5 m. Υπάρχει και η λύση του «κωνικού» συστήματος όπου χρειαζόμαστε περίπου το μισό περιβάλλοντα χώρο από ό,τι σε ένα οριζόντιο σύστημα, και διαμορφώνουμε τις σωληνώσεις σε μορφή κώνου, ώστε να τοποθετηθούν σε μεγαλύτερο βάθος – περίπου 3,5 m – και να εξοικονομήσουμε χώρο σε πλάτος. Τέλος, στην περίπτωση ύπαρξης ελάχιστου περιβάλλοντος χώρου, τότε θα πρέπει να γίνει κάθετο σύστημα δηλαδή να αναπτυχθεί ο γεωσυλλέκτης σε βάθος. Θα πρέπει να γίνουν οπές βάθους 80-100 μέτρων. Ο αριθμός των απαραίτητων οπών καθορίζεται σύμφωνα με τα υπολογιζόμενα φορτία θέρμανσης – ψύξης του κτιρίου, και τοποθετούνται περιμετρικά του κτιρίου.

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

να διερευνηθεί και αυτή η εναλλακτική λύση, που συνδυάζει και θέρμανση αλλά και ψύξη για το σπίτι, αφού υπό προϋποθέσεις, υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστεί και σε ήδη κτισμένα σπίτια.

Στην παρούσα μελέτη λόγω του ότι το κτίριο βρίσκεται σε έδαφος που το νερό είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια, θα γίνουν δύο γεωτρήσεις, μία για την απορροή του νερού και μία για την επιστροφή του. Θα γίνει υπολογισμός απωλειών ώστε να επιλέξουμε την κατάλληλη αντλία.

5.3. Υπολογισμοί

5.3.1. Απώλειες

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 TOTEE.

5.3.2. Παραδοχές και κανόνες υπολογισμών

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

α) Απώλειες θερμοπερατότητας Q_o , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τοίχοι, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ)

β) Απώλειες λόγω προσανξήσεων.

γ) Απώλειες αερισμού χώρου Q_L .

α) Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$F(t_i - t_a)$$

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

όπου:

Q_o : Απώλειες θερμότητας

F : Επιφάνεια του δομικού τμήματος m^2

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

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

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

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

β) Οι προσαυξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

β1) προσαύξηση Z_H την επίδραση του προσανατολισμού.

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

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

β2.1) Z_D για DIN77

Τιμή D

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

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

Επομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις είναι:

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

γ) Οι απώλειες αερισμού Q_L υπολογίζονται εναλλακτικά:

γ1) από την σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό:

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

όπου:

V: Όγκος εισερχομένου αέρα σε m³/s

c: Ειδική θερμότητα του αέρα σε kJ/g K

ρ: Πυκνότητα του αέρα σε kg/m³

γ2) από την σχέση υπολογισμού απωλειών λόγω χαραμιάδων (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός):

$$Q_L = \Sigma Q A_i, \text{ όπου:}$$

$$Q A_i = \alpha \cdot \Sigma l \cdot R \cdot H \cdot \Delta t \cdot Z_T \text{ για κάθε άνοιγμα.}$$

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 ε_{GA}).

Δt: Διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς °C)

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

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

$$Q_{ολ} = Q_T + Q_L$$

5.3.3. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται πινακοποιημένα ως εξής:

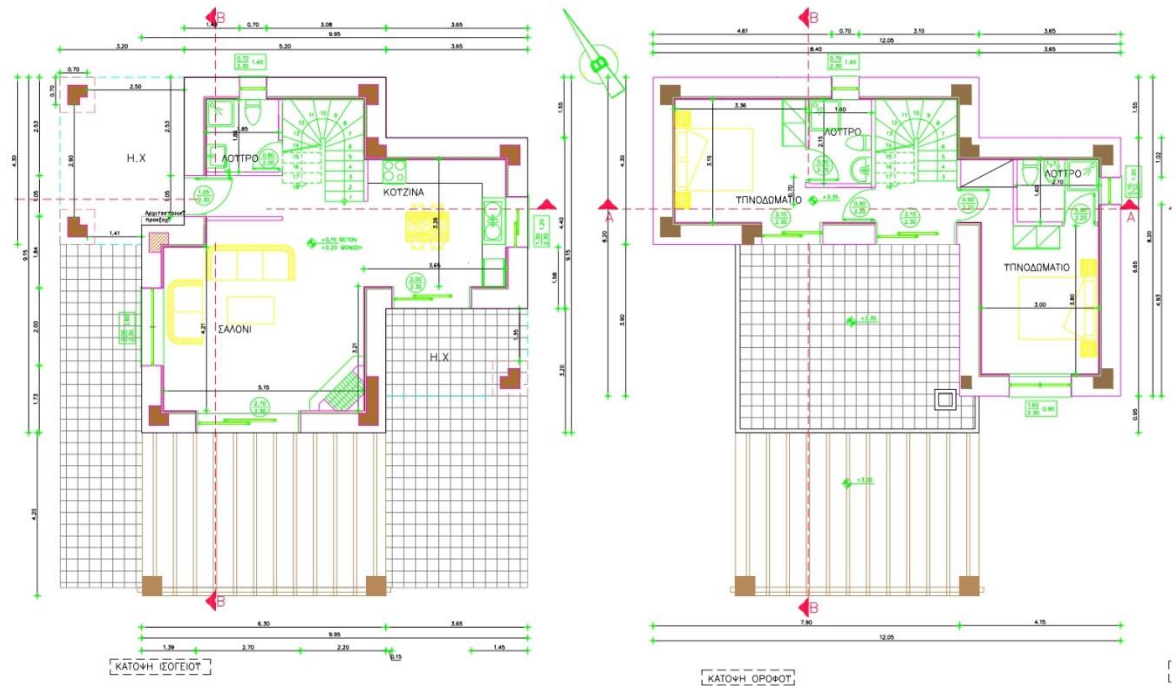
α) Στο επάνω μέρος του πίνακα παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία που έχουν απώλειες από θερμοπερατότητα με τα χαρακτηριστικά τους. Οι στήλες του πίνακα αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη:

- Είδος στοιχείου (πχ. **T**=τοίχος, **A**=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 προσανυξήσεις και οι απώλειες αερισμού, με πλήρη ανάλυση.

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται η κάτοψη του εξεταζόμενου κτιρίου:



Υπολογισμός Θερμικών απωλειών για

Περιοχή: Κλιματική ζώνη Α - Υψόμετρο Περιοχής: Κάτω από 500 μέτρα

Επιθυμητή Θερμοκρασία: 20 °C

Έτος Κατασκευής: 2018

Ύψος Ορόφου: 3 m

Θέση - Πυκνότητα Δόμησης: Στην ύπαιθρο

Μόνωση Τοίχων: Πλημμελής Μόνωση

Βόρεια Πλευρά σε επαφή με: Αέρα

Νότια Πλευρά σε επαφή με: Αέρα

Ανατολική Πλευρά σε επαφή με: Αέρα

Δυτική Πλευρά σε επαφή με: Αέρα

Μόνωση Δαπέδου: Πλημελής - 3εκ.

Οροφή σε επαφή με: Εξωτερικό αέρα

Μόνωση Οροφής: Πλημελής - 7εκ.

Πόρτες - Μπαλκονόπορτες:5

Παράθυρα:4

Τύπος Κουφωμάτων: Πλαίσιο Αλουμινίου

Τύπος Τζαμιών: Διπλά τζάμια

Συντελεστής Ασφαλείας Υπολογισμών:5%

Στοιχεία Κτιρίου

Πόλη	Χανιά (ΚΕΝΑΚ)
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	6.8
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	7
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1-15)	2
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Μεθοδολογία Υπολογισμού	DIN77
Σύστημα Μονάδων	Watt

Πίνακας 2: Τυπικά Στοιχεία

Δομικό στοιχείο	Φύλλο ελέγχου	U[W/(m ² K)]	U _{max} [W/(m ² K)] [Πίνακας 1]
Δοκ.Υποστ. 30 [Πέτρα 20 - Μπετον 30 - Γυψοσανίδα]	1.1	0.468	0.55
Εξωτ. Τοιχοποιία 50 [Πέτρα]-FIBRAN - Γυψοσανίδα	1.2	0.409	0.55
Οροφή 20 [Πλακάκι]	2.1	0.412	0.45
Οροφή 20 - Κροκάλα	2.2	0.448	0.45
Δαπ. Πλάκα 20 (Πλακάκι) [Πυλωτή]	2.3	0.449	0.45
Δαπ. Πλάκα 20 (Πλακάκι) [Φ.Ε.]	4.1	0.751	1.10

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Δομικό στοιχείο	U [W/(m ² K)]	Εμβαδό A [m ²]	Μέσο βάθος έδρασης z [m]	U' [W/(m ² K)]
Δ1	0.751	69.460	0.0	0.430

A/α κουφώματος	Πλάτος ανοίγματος [m]	Ύψος ανοίγματος [m]	Εμβαδό κουφώματος [m ²]	U κουφώματος [W/(m ² K)]	U max [W/(m ² K)]
1	2.00	1.50	3.00	1.952	2.8
2	2.70	2.30	6.21	2.014	
3	2.00	2.30	4.60	2.148	
4	1.30	1.10	1.43	2.216	
5	0.70	0.90	0.63	2.237	
6	1.57	2.30	3.61	2.289	
7	2.10	2.30	4.83	2.124	
8	1.60	1.40	2.24	2.058	
9	0.70	1.00	0.70	2.205	
10	0.70	0.90	0.63	2.237	

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 1
 Ονομασία Χώρου ΣΑΛΟΝΙ

Είδος Επιφάν ειας	Προ σανατ ολισμó ς	Αφαι ρου μενη	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφ άνεια (m ²)	Αριθ. Επιφαν ·	Συνολ. Επιφαν · (m ²)	Αφαιρ. Επιφαν · (m ²)	Επιφαν · Υπολ. (m ²)	Συντελ · k (Watt/ m ² K)	Διαφορ · Θερμο κ. (°C)	Καθ. Απόλ. (Watt)
T2	NA		3.75	3.40	12.75	1	12.75	6.31	6.44	0.409	13.20	34.77
T1	NA	A	3.75	0.60	2.25	1	2.25		2.25	0.468	13.20	13.90
T1	NA	A	1.45	2.80	4.06	1	4.06		4.06	0.468	13.20	25.08
T2	NA		2.10	3.40	7.14	1	7.14	4.79	2.35	0.409	13.20	12.69
T1	NA	A	2.10	0.60	1.26	1	1.26		1.26	0.468	13.20	7.78
T1	NA	A	0.57	2.80	1.60	1	1.60		1.60	0.468	13.20	9.88
T1	NA	A	0.69	2.80	1.93	1	1.93		1.93	0.468	13.20	11.92
T2	BA		2.70	3.40	9.18	1	9.18	3.58	5.60	0.409	13.20	30.23
T1	BA	A	2.70	0.60	1.62	1	1.62		1.62	0.468	13.20	10.01
T1	BA	A	0.70	2.80	1.96	1	1.96		1.96	0.468	13.20	12.11
T2	BΔ		1.30	3.40	4.42	1	4.42	2.41	2.01	0.409	13.20	10.85
A10	BΔ	A	1.05	2.30	2.41	1	2.41		2.41	2.80	13.20	89.07
T2	BA		1.10	3.40	3.74	1	3.74	2.38	1.36	0.409	13.20	7.34
T1	BA	A	0.70	3.40	2.38	1	2.38		2.38	0.468	13.20	14.70
T2	BΔ		5.35	3.40	18.19	1	18.19	10.13	8.06	0.409	13.20	43.51
A2	BΔ	A	2.00	1.50	3.00	1	3.00		3.00	2.80	13.20	110.9
T1	BΔ	A	5.35	0.60	3.21	1	3.21		3.21	0.468	13.20	19.83
T1	BΔ	A	0.70	2.80	1.96	1	1.96		1.96	0.468	13.20	12.11
T1	BΔ	A	0.70	2.80	1.96	1	1.96		1.96	0.468	13.20	12.11
T2	NΔ		6.30	3.40	21.42	1	21.42	13.91	7.51	0.409	13.20	40.54
A8	NΔ	A	2.70	2.30	6.21	1	6.21		6.21	2.80	13.20	229.5
T1	NΔ	A	6.30	0.60	3.78	1	3.78		3.78	0.468	13.20	23.35
T1	NΔ	A	0.70	2.80	1.96	1	1.96		1.96	0.468	13.20	12.11

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

T1	NΔ	A	0.70	2.80	1.96	1	1.96		1.96	0.468	13.20	12.11
Δ1	Δ		1	45.55	45.55	1	45.55		45.55	0.751	13.00	444.7
Δ2	E		1	15.91	15.91	1	15.91		15.91	1.916	13.00	396.3
O1	O		1	28.05	28.05	1	28.05		28.05	0.412	13.20	152.5

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 1800
 Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 540
 Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 5
 Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 25
 $D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t) = 1800 / (407.6 \times 13) = 0.33$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 2340

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=α_xΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 294.7
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.6
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9
 Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=V_{ch}ρ_cα_vΔt = 344.7
 Όγκος χώρου V = 45.55x1x3.40= 155
 Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 0.50

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 2979

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 2
 Ονομασία Χώρου **ΚΟΥΖΙΝΑ**

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάν. (m ²)	Επιφάν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Watt/m ² K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απόλ. (Watt)
T2	NΔ		4.15	3.40	14.11	1	14.11	7.09	7.02	0.409	13.20	37.90
A7	NΔ	A	2.00	2.30	4.60	1	4.60		4.60	2.80	13.20	170.0
T1	NΔ	A	4.15	0.60	2.49	1	2.49		2.49	0.468	13.20	15.38
T2	NA		4.40	3.40	14.96	1	14.96	6.00	8.96	0.409	13.20	48.37
A9	NA	A	1.30	1.10	1.43	1	1.43		1.43	2.80	13.20	52.85
T1	NA	A	4.40	0.60	2.64	1	2.64		2.64	0.468	13.20	16.31
T1	NA	A	0.69	2.80	1.93	1	1.93		1.93	0.468	13.20	11.92
T2	BA		4.15	3.40	14.11	1	14.11	5.91	8.20	0.409	13.20	44.27
T1	BA	A	4.15	0.60	2.49	1	2.49		2.49	0.468	13.20	15.38
T1	BA	A	0.70	2.80	1.96	1	1.96		1.96	0.468	13.20	12.11
T1	BA	A	0.52	2.80	1.46	1	1.46		1.46	0.468	13.20	9.02
Δ1	Δ		1	18.35	18.35	1	18.35		18.35	0.751	13.00	179.2
Δ2	E		1	18.32	18.32	1	18.32		18.32	1.916	13.00	456.3
O1	O		1	0.03	0.03	1	0.03		0.03	0.412	13.20	0.16

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀

1069

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Συνολική Προσαύξηση $ZD+ZH = 30 \%$	321
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού $ZH =$	5
Προσαύξηση λόγω διακοπών $ZD =$	25
$D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)= 1069/ (168.3 \times 13) = 0.48$	
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T=Q_0 \times (1+ZD+ZH)$	1390
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L=\Sigma Q_{Ai}$ ($Q_{Ai}=\alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z\Gamma$) =	166.6
Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου $H =$	0.6
Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) =	0.9
Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων $Z\Gamma =$	1
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L=V \times \rho \times c \times \Delta t =$	138.9
Όγκος χώρου $V = 18.35 \times 1 \times 3.40 =$	62
Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα $n =$	0.50
ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L =$	1695

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 3
 Ονομασία Χώρου WC_ΙΣΟΓΕΙΟ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάν. (m ²)	Επιφάν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Watt/m ² K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T2	BA		2.50	3.40	8.50	1	8.50	2.13	6.37	0.409	13.20	34.39
A3	BA	A	0.70	0.90	0.63	1	0.63		0.63	2.80	13.20	23.28
T1	BA	A	2.50	0.60	1.50	1	1.50		1.50	0.468	13.20	9.27
T2	BΔ		2.50	3.40	8.50	1	8.50		8.50	0.409	13.20	45.89
Δ1	Δ		1	6.15	6.15	1	6.15		6.15	0.751	13.00	60.04
Δ2	E		1	6.15	6.15	1	6.15		6.15	1.916	13.00	153.2

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 326

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 98

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 5

Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 25

$$D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)= 326/ (60.9 \times 13) = 0.41$$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 424

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 39.79

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.6

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=VxρxcxΔt = 46.55

Όγκος χώρου V = 6.15x1x3.40= 21

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 0.50

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 510

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Επίπεδο : Α ΟΡΟΦΟΣ Χώρος : 1
 Ονομασία Χώρου ΔΩΜΑΤΙΟ_ΑΡΙΣΤΕΡΟ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάν. (m ²)	Επιφάν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Watt/m ² K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απόλ. (Watt)
T2	NΔ		5.65	3.20	18.08	1	18.08	10.12	7.96	0.409	13.20	42.97
A5	NΔ	A	1.57	2.30	3.61	1	3.61		3.61	2.80	13.20	133.4
T1	NΔ	A	5.65	0.60	3.39	1	3.39		3.39	0.468	13.20	20.94
T1	NΔ	A	0.70	2.60	1.82	1	1.82		1.82	0.468	13.20	11.24
T1	NΔ	A	0.50	2.60	1.30	1	1.30		1.30	0.468	13.20	8.03
T2	NA		2.10	3.20	6.72	1	6.72	4.53	2.19	0.409	13.20	11.82
T1	NA	A	2.10	0.60	1.26	1	1.26		1.26	0.468	13.20	7.78
T1	NA	A	0.57	2.60	1.48	1	1.48		1.48	0.468	13.20	9.14
T1	NA	A	0.69	2.60	1.79	1	1.79		1.79	0.468	13.20	11.06
T2	BA		2.70	3.20	8.64	1	8.64	3.44	5.20	0.409	13.20	28.07
T1	BA	A	2.70	0.60	1.62	1	1.62		1.62	0.468	13.20	10.01
T1	BA	A	0.70	2.60	1.82	1	1.82		1.82	0.468	13.20	11.24
T2	BA		3.20	3.20	10.24	1	10.24	3.74	6.50	0.409	13.20	35.09
T1	BA	A	3.20	0.60	1.92	1	1.92		1.92	0.468	13.20	11.86
T1	BA	A	0.70	2.60	1.82	1	1.82		1.82	0.468	13.20	11.24
T2	BΔ		4.30	3.20	13.76	1	13.76	6.22	7.54	0.409	13.20	40.71
T1	BΔ	A	4.30	0.60	2.58	1	2.58		2.58	0.468	13.20	15.94
T1	BΔ	A	0.70	2.60	1.82	1	1.82		1.82	0.468	13.20	11.24
T1	BΔ	A	0.70	2.60	1.82	1	1.82		1.82	0.468	13.20	11.24
Δ2	E		1	14.47	14.47	1	14.47		14.47	1.916	13.00	360.4
O3	Π		1	13.21	13.21	1	13.21		13.21	1.928	13.20	336.2
O2	O		1	27.69	27.69	1	27.69		27.69	0.448	13.20	163.7

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 1303

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 391

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 5

Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 25

$D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)= 1303/ (239.0 \times 13) = 0.41$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 1694

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl xR xH xΔt xZΓ) = 96.25

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.6

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=V x ρ x c x Δt = 197.2

Όγκος χώρου V = 27.69x1x3.20= 89

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 0.50

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{0λ} = Q_T + Q_L = 1988

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Επίπεδο : Α ΟΡΟΦΟΣ Χώρος : 2
 Ονομασία Χώρου ΛΟΥΤΡΟ_ΑΡΙΣΤΕΡΟ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάν. (m ²)	Επιφάν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Watt/m ² K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απόλ. (Watt)
T2	BA		1.70	3.20	5.44	1	5.44	1.65	3.79	0.409	13.20	20.46
A3	BA	A	0.70	0.90	0.63	1	0.63		0.63	2.80	13.20	23.28
T1	BA	A	1.70	0.60	1.02	1	1.02		1.02	0.468	13.20	6.30
Δ2	E		1	4.73	4.73	1	4.73		4.73	1.916	13.00	117.8
O2	O		1	4.73	4.73	1	4.73		4.73	0.448	13.20	27.97

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 196

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 59

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 5

Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 25

$D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)= 196/ (46.1 \times 13) = 0.32$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 255

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=αxΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 39.79

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.6

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=V_xρ_xc_xΔt = 33.69

Όγκος χώρου V = 4.73x1x3.20= 15

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 0.50

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 328

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Επίπεδο : Α ΟΡΟΦΟΣ Χώρος : 3
 Ονομασία Χώρου ΔΩΜΑΤΙΟ_ΔΕΞΙΟ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάν. (m ²)	Επιφάν. Υπολ. (m ²)	Συντελεστής k (Watt/m ² K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απόλ. (Watt)
T2	NA		2.25	3.20	7.20	1	7.20	3.17	4.03	0.409	13.20	21.76
T1	NA	A	2.25	0.60	1.35	1	1.35		1.35	0.468	13.20	8.34
T1	NA	A	0.70	2.60	1.82	1	1.82		1.82	0.468	13.20	11.24
T2	NA		2.20	3.20	7.04	1	7.04	1.32	5.72	0.409	13.20	30.88
T1	NA	A	2.20	0.60	1.32	1	1.32		1.32	0.468	13.20	8.15
T2	BA		1.45	3.20	4.64	1	4.64	2.22	2.42	0.409	13.20	13.07
T1	BA	A	1.45	0.60	0.87	1	0.87		0.87	0.468	13.20	5.37
T1	BA	A	0.52	2.60	1.35	1	1.35		1.35	0.468	13.20	8.34
T2	NΔ		2.20	3.20	7.04	1	7.04	6.15	0.89	0.409	13.20	4.80
A6	NΔ	A	2.10	2.30	4.83	1	4.83		4.83	2.80	13.20	178.5
T1	NΔ	A	2.20	0.60	1.32	1	1.32		1.32	0.468	13.20	8.15
T2	BΔ		3.90	3.20	12.48	1	12.48	3.82	8.66	0.409	13.20	46.75
T1	BΔ	A	3.90	0.60	2.34	1	2.34		2.34	0.468	13.20	14.46
T1	BΔ	A	0.57	2.60	1.48	1	1.48		1.48	0.468	13.20	9.14
T2	NΔ		4.15	3.20	13.28	1	13.28	8.03	5.25	0.409	13.20	28.34
A1	NΔ	A	1.60	1.40	2.24	1	2.24		2.24	2.80	13.20	82.79
T1	NΔ	A	4.15	0.60	2.49	1	2.49		2.49	0.468	13.20	15.38
T1	NΔ	A	0.57	2.60	1.48	1	1.48		1.48	0.468	13.20	9.14
T1	NΔ	A	0.70	2.60	1.82	1	1.82		1.82	0.468	13.20	11.24
Δ2	E		1	14.85	14.85	1	14.85		14.85	1.916	13.00	369.9
O3	Π		1	8.22	8.22	1	8.22		8.22	1.928	13.20	209.2
O2	O		1	24.19	24.19	1	24.19		24.19	0.448	13.20	143.0

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 1238

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 371

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 5

Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 25

$D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)= 1238/ (209.6 \times 13) = 0.45$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ $Q_T=Q_0 \times (1+ZD+ZH)$ 1609

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ $Q_L=\sum Q_{Ai}$ ($Q_{Ai}=\alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times ZI$) = 184.0

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.6

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZI = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ $Q_L=V \times n \times \Delta t =$ 172.3

Όγκος χώρου V = 24.19x1x3.20= 77

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 0.50

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ $Q_{ολ} = Q_T + Q_L =$ 1966

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Επίπεδο : Α ΟΡΟΦΟΣ Χώρος : 4
 Ονομασία Χώρου ΛΟΥΤΡΟ_ΔΕΞΙΟ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m ²)	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m ²)	Αφαιρούμενη Επιφάν. (m ²)	Επιφάν. Υπολ. (m ²)	Συντελ. k (Watt/m ² K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T2	NA		2.20	3.20	7.04	1	7.04	3.81	3.23	0.409	13.20	17.44
A4	NA	A	0.70	1.00	0.70	1	0.70		0.70	2.80	13.20	25.87
T1	NA	A	2.20	0.60	1.32	1	1.32		1.32	0.468	13.20	8.15
T1	NA	A	0.69	2.60	1.79	1	1.79		1.79	0.468	13.20	11.06
T2	BA		2.70	3.20	8.64	1	8.64	3.44	5.20	0.409	13.20	28.07
T1	BA	A	2.70	0.60	1.62	1	1.62		1.62	0.468	13.20	10.01
T1	BA	A	0.70	2.60	1.82	1	1.82		1.82	0.468	13.20	11.24
Δ2	E		1	6.04	6.04	1	6.04		6.04	1.916	13.00	150.4
O2	O		1	6.04	6.04	1	6.04		6.04	0.448	13.20	35.72

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q₀ 298

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 89

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 5

Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 25

$D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)= 298/ (57.1 \times 13) = 0.40$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q_T=Q₀ x (1+ZD+ZH) 387

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q_L=ΣQ_{Ai} (Q_{Ai}=α_xΣl_xR_xH_xΔt_xZΓ) = 42.28

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.6

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q_L=V_xρ_xc_xΔt = 43.02

Όγκος χώρου V = 6.04x1x3.20= 19

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 0.50

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q_{ολ} = Q_T + Q_L = 473

Θερμικές Απώλειες

Σαλόνι: 2979 Watt

Κουζίνα: 1695 Watt

WC_ισογειο: 510 Watt

Δωμάτιο αριστερό: 1988 Watt

Λουτρό αριστερό: 328 Watt

Δωμάτιο Δεξιό: 1966 Watt

Λουτρό δεξιό: 473 Watt

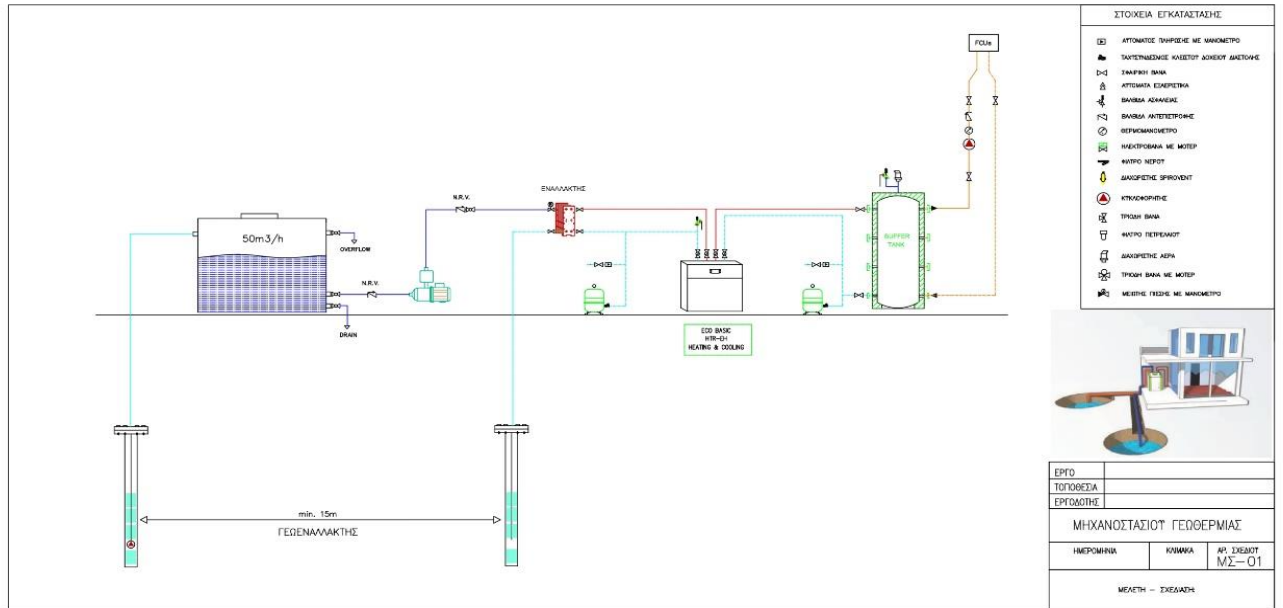
Συνολικές Απώλειες

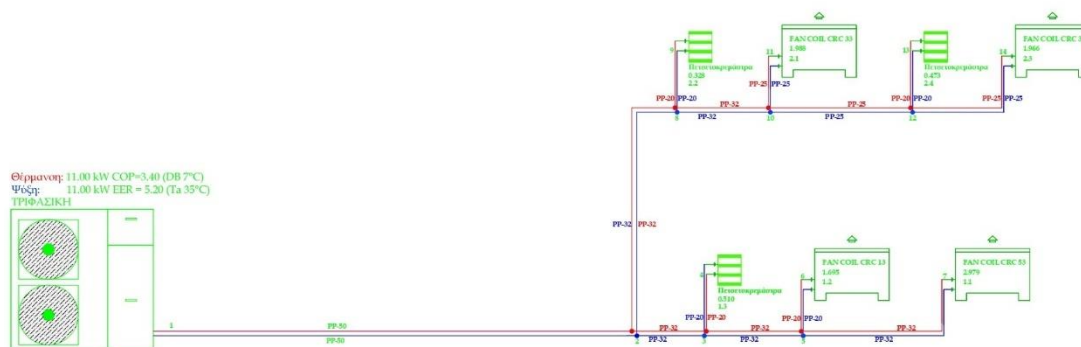
9939

Άρα είμαστε έτοιμοι να υπολογίσουμε και να διαστασιολογήσουμε το σύστημα που θα τροφοδοτεί το κτίριο μας με ΓΑΘ.

5.3.5. Διαστασιολόγηση

Παρακάτω απεικονίζετε το κατακόρυφο διάγραμμα διαστασιολόγησης του συστήματος τόσο πριν την είσοδο στην κατοικία όσο και μετά εσωτερικά.





5.3.6. Υπολογισμοί συστήματος

Η βασική κατάταξη του κεντρικού συστήματος κλιματισμού έχει γίνει με κριτήριο τον τρόπο και τα μέσα με τα οποία μπορούμε να επιτύχουμε την τελική διαμόρφωση των επιθυμητών συνθηκών εσωκλίματος στον κλιματιζόμενο χώρο. Τις συνθήκες ανέσεως διαμορφώνουν η θερμοκρασία, η υγρασία, η καθαρότητα και η ταχύτητα του αέρα, ο θόρυβος κ.α. Με την εγκατάσταση του κεντρικού κλιματισμού γίνεται προσπάθεια τουλάχιστον ρυθμίσεως της θερμοκρασίας, όπου είναι δυνατό και επιθυμητό, ακολουθώντας τα κριτήρια μεγέθους και εκτάσεως που συσχετίζουν δηλαδή, την θέση της μονάδος θερμότητας, με τον κλιματιζόμενο χώρο και την έκταση.

Ο τρόπος με τον οποίο έχει επιλεγεί να γίνει το σύστημα κλιματισμού στην μελέτη μας, είναι μόνο με νερό με το οποίο μπορούμε να επιτύχουμε τον δροσισμό ή την θέρμανση ενός χώρου, με την βοήθεια τοπικών συσκευών στις οποίες προσάγετε ζεστό ή κρύο νερό, που παρασκευάζετε σε κεντρική εγκατάσταση. Η ψύξη, η θέρμανση, η ύγρανση, η αφύγρανση, ο καθαρισμός (φιλτράρισμα) και η ανανέωση του αέρα των χώρων, θα γίνετε από της τερματικές μονάδες (τοπικές) μονάδες, οι οποίες θα μπορούν να παραλαμβάνουν θερμαντικό και ψυκτικό στοιχείο

εξαναγκασμένης ροής αέρα. Οι τερματικές αυτές μονάδες είναι περισσότερο γνωστές ως FAN COILS (F.C).

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

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

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

Αξιοσημείωτο είναι ότι, χρησιμοποιώντας την διάταξη των “χαμηλών θερμοκρασιών” για την κάλυψη των αναγκών του κλιματισμού (θέρμανση – ψύξη) με το σύστημα των fan coils και της αντλίας θερμότητας πέραν των υψηλών επιπέδων άνεσης που παρέχει καθ’όλη την διάρκεια του χρόνου, του χαμηλού κόστους λειτουργίας, σε σχέση με ένα συμβατικό σύστημα, την εξοικονόμηση ενέργειας και τους μειωμένους ρύπους CO₂ συμαντικό είναι η ευκολία στην εγκατάσταση μίας που τα “παρελκόμενα” της εγκατάστασης, κυκλοφοριτής, δοχείο διαστολής, κ.λ.π., περιλαμβάνοντε στην διάταξη της αντλίας θερμότητας χωρίς έτσι να απαιτείται επιπλέον χώρος για την ανάπτυξη τους εντός του κτιρίου.

Επίσης, όπως αυτό φαίνεται στα συνημμένα σχέδια, οι χρησιμοποιούμενες μονάδες FCU καλύπτουν απόλυτα και τις ανάγκες των φορτίων της θέρμανσης (βλ. συνημ. Σχέδια Κατόψεων).Ο έλεγχος της θερμοκρασίας των κλιματιζόμενων χώρων θα επιτυγχάνετε με την βοήθεια θερμοστάτη χώρου και τρίωδης βαλβίδος που θα ρυθμίζει την παροχή νερού και ταυτόχρονα με διακόπτη επιλογής ταχύτητας του ανεμιστήρα (συνήθως 3 βαθμίδες) που βρίσκετε στην τοπική μονάδα ανεμιστήρα-στοιχείου. Οι παραπάνω συσκευές που αναφερόμαστε είναι οικονομικές και λειτουργικές για τους διαθέσιμους χώρους τους οποίους θέλουμε να ψύξουμε.

Στην μελέτη κλιματισμού είναι απαραίτητη η γνώση της σχετικής θεωρίας, όπως και η πραγματική χρήση των λεγόμενων ‘ψυχομετρικών διαγραμμάτων’, τα οποία αποτυπώνουν αυτές της μεταβολές και επιταχύνουν τους υπολογισμούς, σε συνδυασμό με τους πίνακες των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών του αέρα. Συνοπτικά, όπως είδαμε και παραπάνω αναλύσαμε με λίγα λόγια τι είναι τα F.C. και τα κατασκευαστικά του στοιχεία. Στην συνέχεια θα αναλύσουμε τον τρόπο και τα βήματα που θα ακολουθηθούν για την ολοκλήρωση της μελέτης. Ως προγράμματα, χρησιμοποιήθηκαν το πρόγραμμα μελετών της 4M, όπου έγιναν ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων και η επιλογή των F.C.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΜΟΝΑΔΩΝ FAN COILS

Τμήμα Δικτύου	Θερμάνομος Χώρος	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Θερμοκρασία Χώρου (°C)	Θερμοκρασία Εισερχόμενου Νερού (°C)	Διαφορά Θερμοκρασίας (°C)	Παροχή Νερού (m³/h)	Φορτίο Q60 (KWatt)	Θερμαντικό Σώμα	Αποδόμνο Φορτίο Q60 (KWatt)
1.2						1.505			
2.3						0.688			
3.4	1.3	0.510	20	50	5	0.088	1.439	VOGEL&N OOT (1800)	1.628
3.5						0.600			
5.6	1.1	2.979	20	50	5	0.512	8.408	SABIANA CRC 53	10.52
5.7	1.3	0.510	20	50	5	0.088	1.439	SABIANA CRC 13	3.299
2.8						0.817			
8.9	2.2	0.328	20	50	5	0.056	0.926	VOGEL&N OOT (100)	1.012
8.10						0.761			
10.11	2.1	1.988	20	50	5	0.342	5.611	SABIANA CRC 33	6.831
10.12						0.419			
12.13	2.4	0.473	20	50	5	0.081	1.335	VOGEL&N OOT (1800)	1.628
12.14	2.3	1.966	20	50	5	0.338	5.549	SABIANA CRC 33	6.831

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ FAN COILS

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα (m)	Φορτίο Σώματος (KWatt)	Διαφορά Θερμοκρασίας (°C)	Παροχή Νερού (m³/h)	Είδος Σωλήνα	Διάμετρος Σωλήνα	Ταχύτητα Νερού (m/s)	Σς Εξαρτημάτων	Τριβές Εξαρτημάτων (mYΣ)	Τριβές Σωλήνα (mYΣ)	Ολική Τριβή (mYΣ)
1.2	38			1.505	K	PP-50	0.320			0.123	0.123
2.3	4			0.688	K	PP-32	0.452			0.04	0.04

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

				8						8	8
3.4	2	0.510	5	0.088	Δ	PP-20	0.178			0.010	0.010
3.5	7			0.600	Κ	PP-32	0.394			0.066	0.066
5.6	14	2.979	5	0.512	Δ	PP-32	0.337			0.100	0.100
5.7	6	0.510	5	0.088	Δ	PP-20	0.178			0.029	0.029
2.8	8			0.817	Κ	PP-32	0.537			0.131	0.131
8.9	2	0.328	5	0.056	Δ	PP-20	0.114			0.005	0.005
8.10	6			0.761	Κ	PP-32	0.500			0.086	0.086
10.11	7	1.988	5	0.342	Δ	PP-25	0.439			0.122	0.122
10.12	6			0.419	Κ	PP-25	0.538			0.150	0.150
12.13	6	0.473	5	0.081	Δ	PP-20	0.165			0.026	0.026
12.14	8	1.966	5	0.338	Δ	PP-25	0.434			0.137	0.137

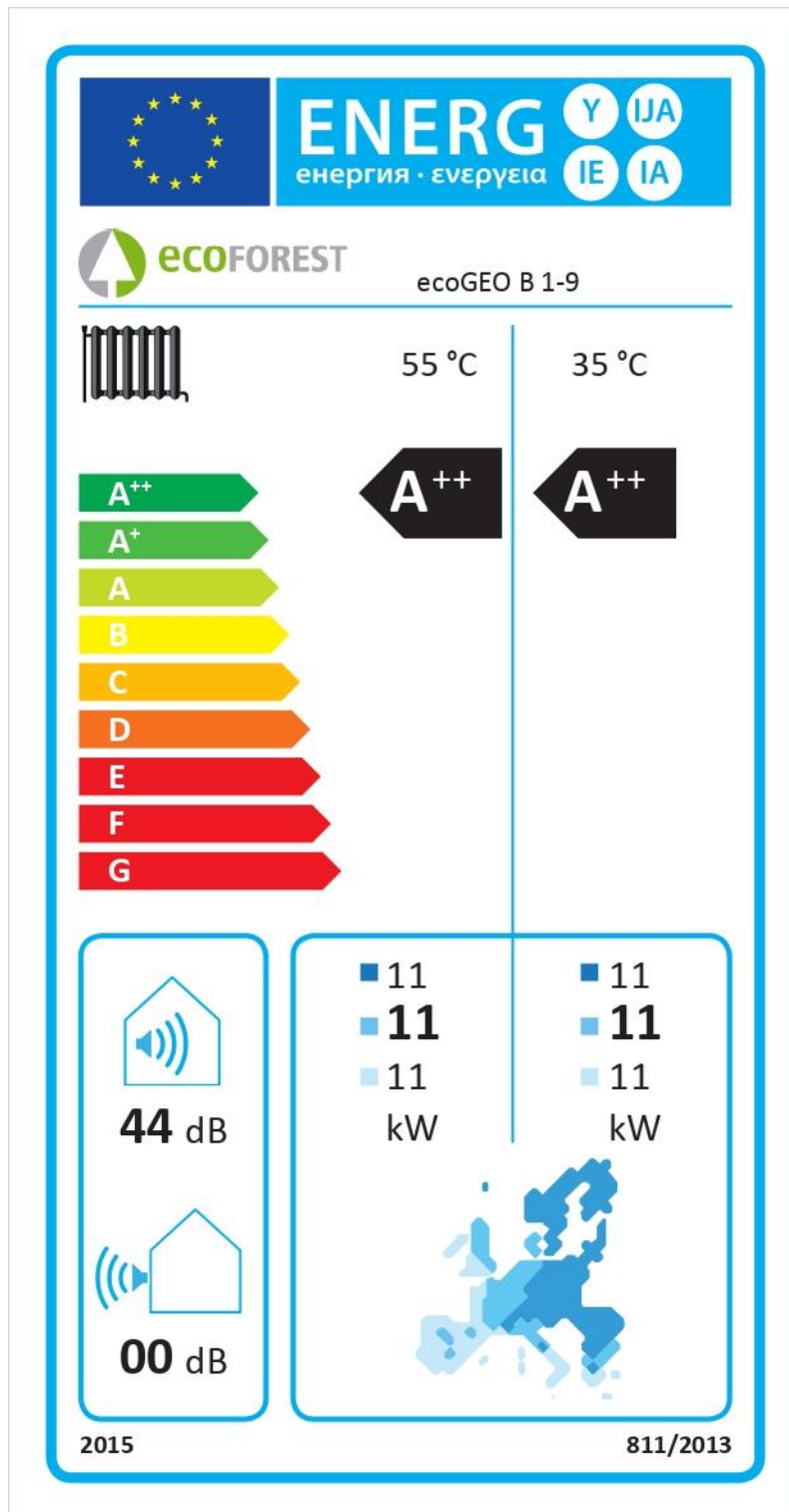
Κατάσταση Χώρων - Σωμάτων Δισωλήνιας Θέρμανσης

Τμήμα Δικτύου	A/A Επιπέδου	A/A Χώρου	Όνομασία Χώρου	Φορτίο Σώματος (KWatt)	Φορτίο Q60 (KWatt)	Θερμαντικό Σώμα	Αποδιδόμενο Φορτίο Q60 (KWatt)
3.4	1	3	WC_ΙΣΟΓΕΙΟ	0.510	1.439	VOGEL&NOT (1800)	1.628
5.6	1	1	ΣΑΛΟΝΙ	2.979	8.408	SABIANA CRC 53	10.52
5.7	1	3	WC_ΙΣΟΓΕΙΟ	0.510	1.439	SABIANA CRC 13	3.299
8.9	2	2	ΛΟΥΤΡΟ_ΑΡΙΣΤΕΡΟ	0.328	0.926	VOGEL&NOT (100)	1.012
10.11	2	1	ΔΩΜΑΤΙΟ_ΑΡΙΣΤΕΡΟ	1.988	5.611	SABIANA CRC 33	6.831
12.13	2	4	ΛΟΥΤΡΟ_ΔΕΞΙΟ	0.473	1.335	VOGEL&NOT (1800)	1.628
12.14	2	3	ΔΩΜΑΤΙΟ_ΔΕΞΙΟ	1.966	5.549	SABIANA CRC 33	6.831

Υπολογισμός Ασφαλιστικού

Επιλογή Κλειστού Δοχείου Διαστολής	
Θερμοκρασία Προσαγωγής Νερού t_v (°C)	50
Θερμοκρασία Επιστροφής Νερού t_r (°C)	45
Μέση Θερμοκρασία Λειτουργίας $t_m=(t_v+t_r)/2$ (°C)	47.5
Στατική Πίεση Εγκατάστασης P_A (bar)	0.45
Τελική Πίεση Εγκατάστασης $P_E=P_A+0.7$ (bar)	1.15
Συντελεστής Διαστολής A_f	0.0121
Τύπος Θερμαντικών Σωμάτων	2
Περιεχόμενο Νερό στο Σύστημα V_s (l)	75.27
Η Διαστολή του Νερού είναι $V_A = A_f \times V_s$ (l)	0.91
Ελάχιστος Όγκος Δοχείου Διαστολής $V_N=(P_E+1) \times V_A/(P_E-P_A)$ (l)	2.80
Εκλέγεται Κλειστό Δοχείο Διαστολής	REFLEX 80 N
Χωρητικότητα Δοχείου Διαστολής (l)	80lt/3.00bar
Επιλογή Βαλβίδας Ασφαλείας	
Επιλέγεται Βαλβίδα Ασφαλείας	1/2"
Ονομαστική Πίεση Βαλβίδας Ασφαλείας $P_{BA}=P_A+1.6$ (bar)	

Επομένως για την κάλυψη των αναγκών ZNX και θέρμανσης ψύξης θα επιλεγεί η ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ INVERTER Ecoforest ecoGEO Basic 1-9 (B3/1-9) - 400V ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ : 20% - 100% ΘΕΡΜΑΝΣΗ : 1,3-11,0KW ΨΥΞΗ : 1,4-11KW ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗ : A+++ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ η_s : 195% ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ HTR ΚΑΙ ΗΛ.ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ : Υ 1060 X Π 600 X Β 710 (mm)



5.3.7. Οικονομοτεχνική Μελέτη

Για να εγκαταστήσουμε το σύστημα πρέπει να εκτιμήσουμε και τα κέρδη που θα φέρει και τον χρόνο απόσβεσης του. Στη συνέχεια θα την συγκρίνουμε με αντλία θερμότητας αέρος νερού και με τον λέβητα πετρελαίου και ύστερα υπολογίζουμε τα κέρδη της εγκατάστασης μας ως εξής.

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
 ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Σύγκριση κόστους καάλωσης ενέργειας		Πετρέλαιο-Αντλίες Θερμότητας			
Ενεργειακές ανάγκες	Ενεργειακές ανάγκες Qa σε KW για θέρμανση	=	131,8 m ²	0,075 kW/m ²	= 9,885 kW
			Επιφάνεια	Απώλειες	Ισχύς
Ετήσια ενεργειακή ανάγκη	Ετήσια ενεργειακή ανάγκη f. Qa σε kWh/a για θέρμανση	=	9,885 kW*	1260 h/a	= 12455,1 kWh/a
			Ισχύς	Ετήσιες ώρες λειτουργίας	Σύνολο ισχύος
	Ετήσιες ώρες λειτουργίας για θέρμανση π.χ. 1260 h/a				
Ανάγκες Πετρελαίου	Ανάγκες Πετρελαίου σε lit. / Έτος	=	12455 kWh/a	Ετήσια ενεργειακή ανάγκη Qa	= 1454 l/a
			10,08 *	0,85	Λίτρα πετρελαίου
	Κατώτατο θερμαντικό αποτέλεσμα				
	Κατώτατο θερμαντικό αποτέλεσμα πετρελαίου = 10,08 kWh/l				
	Ετήσιος βαθμός απόδοσης π.χ. = 0,85				
A/Θ αέρος-νερού	Ενεργειακή ανάγκη A/Θ σε kWh/a	=	12455 kWh/a	Ετήσια ενεργειακή ανάγκη Qa	= 4772 kWh/a
			2,61	Ετήσιος βαθμός απόδοσης λειτουργίας	KW για την A/Θ
A/Θ εδάφους-νερού	Ενεργειακή ανάγκη A/Θ σε kWh/a	=	12455 kWh/a	Ετήσια ενεργειακή ανάγκη Qa	= 2768 kWh/a
			4,50	Ετήσιος βαθμός απόδοσης λειτουργίας	KW για την A/Θ
Υπολογισμός κόστους	Κόστος Πετρελαίου για λειτουργία λέβητα	=	1454 l/a *	1,22 €/l	= 1773 €/a
			Ανάγκες Πετρ.	Τιμή Πετρελαίου	
	Τιμή ρεύματος για λειτουργία A/Θ Αέρος-νερού	=	4772 kWh/a	0,21 €/kWh	= 1002 €/a
			Ενεργειακή ανάγκη A/Θ	Τιμή ρεύματος	
	Τιμή ρεύματος για λειτουργία A/Θ Εδάφους-νερού	=	2768 kWh/a	0,21 €/kWh	= 581 €/a
			Ενεργειακή ανάγκη A/Θ	Τιμή ρεύματος	
	Διαφορά κόστους λειτουργίας A/Θ αέρος/νερού και πετρέλαιο	=	1773 €/a	1002 €/a	= 771 €/a
			Κόστος Πετρελαίου	Κόστος ρεύματος A/Θ	Εξοικονόμηση / έτος
	Διαφορά κόστους λειτουργίας A/Θ εδάφους/νερού και πετρέλαιο	=	1773 €/a	581 €/a	= 1192 €/a
			Κόστος Πετρελαίου	Κόστος ρεύματος A/Θ	Εξοικονόμηση / έτος
	Διαφορά κόστους λειτουργίας A/Θ εδάφους/νερού και νερού/νερού	=	1002 €/a	581 €/a	= 421 €/a
			Κόστος ρεύματος A/	Κόστος ρεύματος A/Θ	Εξοικονόμηση / έτος

5.3.8. Σύγκριση

Η άνοδος της τιμής του πετρελαίου και η αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος από την καύση (ιδιαίτερα σε αστικό περιβάλλον που είναι ιδιαίτερα επιβαρημένο σε ρύπους) επιβάλλουν την επανεξέταση του συμβατικού τρόπου θέρμανσης των κτιρίων και την επιλογή λύσεων που εξοικονομούν ενέργεια & πόρους από το περιβάλλον.

Ο λόγος που η θέρμανση με χρήση αντλιών θερμότητας είναι σημαντικά οικονομικότερος από τη συμβατική θέρμανση με καύση οφείλεται στην άντληση θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον.

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται δεν μετατρέπεται σε θερμική, (όπως συμβαίνει στις ηλεκτρικές θερμάστρες) αλλά χρησιμοποιείται για την κίνηση ενός ηλεκτρικού συμπιεστή και την άντληση θερμότητας από & προς το περιβάλλον.

Ο λόγος της αντλούμενης θερμικής ενέργειας προς την απορροφούμενη ηλεκτρική ενέργεια, δηλαδή ο βαθμός αποδοτικότητας COP (Coefficient of performance) στις σύγχρονες αντλίες θερμότητας κυμαίνεται από 2,5 έως 4, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται (Inverter – hi-efficiency heat exchangers – control) & τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Η χώρα μας βρίσκεται σε μια γεωγραφική περιοχή όπου η θέρμανση μέσω της άντλησης θερμότητας μπορεί να καλύψει πλήρως τις ανάγκες θέρμανσης σε όλη την Ελλάδα.

Για να ποσοτικοποιήσουμε την οικονομικότητα της χρήσης των αντλιών θερμότητας ας δούμε το ακόλουθο παράδειγμα, που αφορά το μέσο κτίριο στην Ελλάδα, με επιφάνεια 90 τετρ. μέτρα και θερμικές απώλειες 10 kW.

Παρατηρούμε ότι με την χρήση των αντλιών θερμότητας για θέρμανση έχουμε οικονομία έως και 200% σε σχέση με συμβατικό λεβητοστάσιο με καύση πετρελαίου!!

Εύκολα αντιλαμβανόμαστε την σημασία επιλογής μιας κλιματιστικής μονάδας με υψηλό βαθμό απόδοσης & ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗ A, που ενώ έχει υψηλότερο κόστος αγοράς, εξασφαλίζει πολύ χαμηλότερο ετήσιο κόστος λειτουργίας.

Ειδικότερα αν η μέση ετήσια ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση ενός κτιρίου είναι 8000 ~ 9000 kWh/έτος (που ισοδυναμεί με ετήσια κατανάλωση πετρελαίου 1000 λίτρα), το ετήσιο κόστος λειτουργίας ενός συστήματος θέρμανσης με χρήση αντλίας θερμότητας και βαθμό αποδοτικότητας COP 4,5 είναι 581 €. Από την άλλη πλευρά μια αντλία θερμότητας με χαμηλό βαθμό COP 2,6 θα έχει σχεδόν διπλάσιο ετήσιο κόστος ήτοι 1002 €.

Ελάχιστα έως καθόλου αν υπολογίσουμε ότι το υψηλότερο κόστος αγοράς αντλιών θερμότητας με υψηλό COP/EER αποσβένεται σε λιγότερο από 5 πέντε έτη, από την εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους που προσφέρει σε σχέση με την ίδια ισχύος μονάδα με χαμηλό COP/ EER (ακόμα και αν είναι 30%~40% φθηνότερη).

Ειδικά σχεδιασμένα μηχανήματα με συμπιεστές περιστροφικού τύπου scroll και οικολογικό ψυκτικό R410A, έχουν βελτιστοποιηθεί για την λειτουργία σε θέρμανση και επιτυγχάνουν υψηλό βαθμό απόδοσης COP 3,5 έως 4,06.

Οι μονάδες είναι ικανές να παράγουν ζεστό νερό θερμοκρασίας έως 50°C για την ενδοδαπέδια θέρμανση σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος έως τους -20°C. Οι αποδόσεις τους κυμαίνονται από 6,2kW~16kW και είναι ιδανικές για κτίρια από 50~200 τ.μ. Για μεγαλύτερες εφαρμογές, χρησιμοποιούνται σε συστοιχία και μπορούν να ικανοποιήσουν αξιόπιστα τα αυξημένα ψυκτικά & θερμικά φορτία.

Σήμερα οι αντλίες θερμότητας αέρος νερού είναι 40% πιο οικονομικές στην λειτουργία τους έναντι της χρήσης λέβητα πετρελαίου και από 20~25% πιο οικονομικές στην λειτουργία τους έναντι της χρήσης λέβητα φυσικού αερίου.

Έχει αποδειχθεί ότι διατηρώντας την θερμοκρασία ενός κτιρίου σταθερή όλο το 24ώρο, με την συνεχόμενη λειτουργία της θέρμανσης επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας και καλύτερο επίπεδο άνεσης στους χώρους.

Με την χρήση του νυχτερινού τιμολογίου της ΔΕΗ, συνιστάται η 24ώρη λειτουργία των μηχανημάτων αυτών, που βελτιστοποιεί την άνεση των χώρων με σταθερή θερμοκρασία όλο το 24ώρο και αυξάνει περαιτέρω την οικονομία χρήσης (έως και 40%).

Ταυτόχρονα με τις αντλίες θερμότητας εξασφαλίζεται και ο δροσισμός του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με την χρήση του ενδοδαπέδιου υδραυλικού δικτύου.

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΣΧΕΔΟΝ
ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (NZEB)

Ο κλιματισμός σε χώρους με έντονη ακτινοβολία που παρουσιάζουν μεγάλα ψυκτικά φορτία μπορεί να ενισχυθεί με την χρήση τερματικών μονάδων νερού (fan coil units).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αβαθής γεωθερμία -η ενέργεια που προέρχεται από μικρό βάθος και εκμεταλλεύεται τη θερμότητα των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών και υδάτων (επιφανειακών και υπογείων)- χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη χώρων και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Η χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (ΓΑΘ) για θέρμανση και ψύξη χώρων κερδίζει όλο και περισσότερους ακολούθους στη χώρα μας, καθώς πρόκειται για μία λύση που οδηγεί στην πλήρη απεξάρτηση από το πετρέλαιο.

Η σχετική τεχνολογία έχει αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό που πλέον ο καταναλωτής μπορεί να βρει κάθε τύπο αντλίας θερμότητας, σε οποιοδήποτε κόστος και απόδοση επιθυμεί. Πρόκειται για την οικονομικότερη μέθοδο θέρμανσης. Σύμφωνα με το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, οι αντλίες θερμότητας πετυχαίνουν μείωση κόστους μέχρι και 60% σε σχέση με το πετρέλαιο. Λειτουργούν απορροφώντας θερμική ενέργεια από το περιβάλλον (ακόμη και σε θερμοκρασίες υπό το μηδέν) και την αποδίδουν στο σπίτι ή την επιχείρηση που χρειάζεται θέρμανση. Παρέχουν επίσης ζεστό νερό για τις ανάγκες ενός νοικοκυριού. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησής τους είναι εξαιρετικά χαμηλό και προσαρμόζονται εύκολα στις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις θέρμανσης (σώματα καλοριφέρ, ενδοδαπέδια κλπ.).

Οι ΓΑΘ εξασφαλίζουν μεγαλύτερη οικονομία σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης (εξοικονόμηση 60-74% σε σχέση με το πετρέλαιο και 50-60% σε σχέση με το φυσικό αέριο). Είναι 100% αυτόνομα συστήματα (δεν χρειάζονται ορυκτά καύσιμα για να λειτουργήσουν), ενώ εκτός από θέρμανση παράγουν και ζεστό νερό χρήσης χωρίς επιπλέον κόστος. Μπορούν να εγκατασταθούν τόσο σε νέες οικοδομές όσο και σε υπάρχουσες κατοικίες και έχουν εύκολη τοποθέτηση και γρήγορη εγκατάσταση (η εξωτερική μονάδα εγκαθίσταται ακόμη και σε μπαλκόνι, εξοικονομώντας χώρο και χωρίς να απαιτείται λεβητοστάσιο ή δεξαμενή καυσίμων). Συνήθως διατηρείται το υπάρχον σύστημα θέρμανσης – δροσισμού (ενδοδαπέδια θέρμανση ή καλοριφέρ / fan coils) και υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού με το ήδη υπάρχον λεβητοστάσιο ή με ηλιακά συστήματα για υποστήριξη θέρμανσης. Επιπρόσθετα χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, αθόρυβη

λειτουργία, ενώ είναι εξαιρετικά ασφαλείς στη χρήση τους, λόγω της απουσίας καύσης και αποθήκευσης κάποιας εύφλεκτης ύλης.

Τα συστήματα ΓΑΘ αξιοποιούν την πρακτικά σταθερή θερμοκρασία του εδάφους, υπογείων και επιφανειακών υδάτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Έτσι επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση των αντλιών θερμότητας έναντι των αντίστοιχων συμβατικών συστημάτων με εξοικονόμηση ενέργειας έως και 80%. Οι ΓΑΘ μπορούν να είναι εγκατεστημένες είτε σε μεμονωμένα κτίρια οποιοδήποτε μεγέθους για θέρμανση/ψύξη και παροχή ζεστού νερού χρήσης καθώς και σε μονάδες Τηλεθέρμανσης/Τηλεψύξης με ΓΑΘ.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι διαδεδομένες σε όλο τον κόσμο - παγκοσμίως είναι εγκατεστημένες πάνω από 3.000.000 μονάδες- και ιδιαίτερα σε χώρες όπως οι ΗΠΑ, η Σουηδία, η Αυστρία, η Ελβετία, η Γερμανία και η Γαλλία, όπου έχει αναπτυχθεί και καθιερωθεί η αντίστοιχη τεχνολογία και πρακτικές, και όπου συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας λειτουργούν αξιόπιστα επί σειρά δεκαετιών. Η αβαθής γεωθερμία είναι διαθέσιμη και εκμεταλλεύσιμη παντού ανεξάρτητα από την ύπαρξη γεωθερμικού δυναμικού.

Τα συστήματα ΓΑΘ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα εφαρμογών όπως κτίρια γραφείων, οικίες, πολυκατοικίες, αθλητικά κέντρα, κολυμβητήρια, θερμοκήπια κτλ. Το κόστος για μία γεωθερμική αντλία θερμότητας κυμαίνεται από 6.000 ευρώ έως 8.000 ευρώ. Πρόκειται δηλαδή για ένα σύστημα αρκετά ακριβότερο τόσο από τα συμβατικά συστήματα πετρελαίου, φυσικού αερίου όσο και από τα νέα σχετικά συστήματα όπως αυτά που καίνε pellet. Όμως, λόγω των μεγάλων πλεονεκτημάτων που περιλαμβάνει η χρήση των ΓΑΘ, διασφαλίζεται η γρήγορη απόσβεση του αρχικού κόστους εγκατάστασης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. M. Harterich, B. Leopold, H. Frey, 2014, Τεχνικό σχέδιο-Για τεχνικούς θερμικών εγκαταστάσεων, πετρελαίου και αερίων καυσίμων, Αθήνα: Εκδοτικός Όμιλος Ίων
2. Ma• S. Peters, Klaus D. Timmerhaus, Ronald E. West, 2006, Σχεδιασμός και οικονομική μελέτη εγκαταστάσεων για μηχανικούς(5η έκδοση), Θεσσαλονίκη: ΤΖΙΟΛΑΣ
3. Παπακώστας, Τσιλιγκιρίδης, Κυριάκης, 2005, Βαθμομέρες Θέρμανσης 50 Ελληνικών Πόλεων, (Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, IV, τεύχ. 1-2)
4. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε, 2010
5. Τεχνικός Κατάλογος Tiemme για εγκαταστασεις Θέρμανσης και ΑΠΕ, 2014
6. Χαρόνης Παναγιώτης, 2003, Μηχανολογικές εγκαταστάσεις κτιρίων (τόμος 1), Αθήνα
7. Weiss, W., Solar Heating Systems - Status and Recent Technology Developments, ISES Solar World Congress, Goeteborg, Sweden, 2003.
8. Argiriou et al, Active solar space heating of residential buildings in northern Hellas- a case study, Energy and Buildings, 1996, p215-221.
9. International Energy Agency –IEA, Solar Combisystems, Solar Heating & Cooling Programme <http://www.iea-shc.org>

ΔΙΑΔΙΑΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Υπολογισμός θερμικών απωλειών κατά DIN 4701/77

<http://www.4m.gr/support/webhelpapol/methodgen.htm>

<https://www.gaiadrill.gr/%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AF%CE%B1/%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82/>

https://www.daikin.gr/el_gr/product-group/ground-source-heat-pump.html

<https://www.eneroots.gr/el/geothermia/avathis-geothermia-tropos-leitourgias>

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B1_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%CF%82

<https://ecopress.gr/ktiria-schedon-midenikis-energiakis/>

<http://psypenep.gr/wp-content/uploads/2019/03/%CE%A3%CE%AF%CF%84%CE%B1-%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%AF%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B1-%CE%9A%CF%84%CE%AF%CF%81%CE%B9%CE%B1-%CE%A3%CF%87%CE%B5%CE%B4%CF%8C%CE%BD-%CE%9C%CE%B7%CE%B4%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82-%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%BB%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82.pdf>