



**ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
INTERNATIONAL HELLENIC UNIVERSITY**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:
ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Ακαδημαϊκό έτος: 2022 – 2023

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ**

Όλγα Αφεντουλίδου

A.M.38

Επιβλέπων: Νικόλαος Α. Τσοχατζίδης, Δρ. Χημ. Μηχανικός

ΣΕΡΡΕΣ, 2023

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας κ. Νικόλαο Α. Τσοχατζίδα για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, κατά τη διάρκεια της συγγραφής της καθώς και για την βοήθεια στην επιλογή του θέματος.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την εταιρεία Γεωενέργεια Ι.Κ.Ε. και συγκεκριμένα τον Μηχανολόγο Μηχανικό κ. Ιωάννη Σαββίδη για την βοήθεια που μου παρείχε για την προσκόμιση στοιχείων και εν γένει για την παροχή τεχνικών γνώσεων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αδιάκοπη ηθική και ψυχολογική στήριξη που μου έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Η μόλυνση του περιβάλλοντος, η αύξηση της ενεργειακής ζήτησης τα τελευταία χρόνια καθώς και οι μειωμένες πηγές των ορυκτών καυσίμων, έχουν οδηγήσει την ανθρωπότητα στην αναζήτηση νέων μορφών ενέργειας. Όπως είναι προφανές, η εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες λύσεις στα παραπάνω προβλήματα. Η γεωθερμική ενέργεια συγκεκριμένα αποτελεί μία από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ανανεώσιμης ενέργειας με πολύ υψηλά οικονομικά οφέλη.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή συστήματος αβαθούς γεωθερμίας σε μια κατοικία για θέρμανση και ψύξη, με χρήση γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Για την ενεργειακή ανάλυση καθώς και για τον σχεδιασμό χρησιμοποιείται το λογισμικό RETScreen Expert το οποίο είναι ένα σύστημα λογισμικού διαχείρισης καθαρής ενέργειας για τη ανάλυση σκοπιμότητας έργων ενεργειακής απόδοσης, ανανεώσιμης πηγής ενέργειας καθώς και την ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης.

Abstract

The pollution of the environment, the increase in energy demand in recent years as well as the reduced sources of fossil fuels, have caused humanity to search for new forms of energy. As is obvious, the introduction of renewable sources in the global energy balance is one of the most important solutions to the above problems. Geothermal energy in particular is one of the most environmentally friendly sources of renewable energy with very high economic benefits.

The purpose of this thesis is the application of a shallow geothermal system in a house for heating and cooling, using a geothermal heat pump. RETScreen Expert software is used for energy analysis as well as design which is a clean energy management software system for energy efficiency, renewable energy project feasibility analysis as well as energy efficiency analysis.

Περιεχόμενα	
Κατάλογος Σχημάτων.....	7
Κατάλογος Εικόνων.....	8
Εισαγωγή.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	13
1.1 Γεωθερμική ενέργεια-Βασικά στοιχεία και έννοιες.....	13
1.2 Γεωθερμικά πεδία.....	18
1.2.1 Γεωθερμικά πεδία στην Ελλάδα.....	21
1.3 Γεωθερμικό σύστημα ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος-γεωθερμικοί εναλλάκτες.....	26
1.3.1 Σύστημα κλειστού κυκλώματος.....	26
1.3.2 Σύστημα ανοικτού κυκλώματος.....	30
1.4 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα της γεωθερμικής ενέργειας.....	31
1.5 Το μέλλον της γεωθερμικής ενέργειας.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	35
2.1 Εισαγωγή.....	35
2.2 Αντλίες θερμότητας.....	36
2.2.1 Εισαγωγή.....	36
2.2.2 Τύποι αντλιών θερμότητας.....	37
2.3 Συστήματα αντλιών θερμότητας.....	39
2.4 Κύριοι τύποι αντλιών θερμότητας επίγειας πηγής.....	41
2.5 Οφέλη των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.....	48
2.6 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έναντι των συμβατικών αντλιών θερμότητας.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: RETSCREEN EXPERT.....	52
3.1 Παρουσίαση RETScreenExxpert.....	52
3.2 Εγκατάσταση λογισμικού σε Η/Υ.....	54
3.3 Επεξήγηση προγράμματος.....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ ΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ RETSCREENEXPERT.....	64
4.1 Εισαγωγή.....	64
4.2 Περιγραφή κατοικίας.....	65
4.3 Εφαρμογή του μοντέλου στην κατοικία.....	66
Συμπεράσματα.....	86
Βιβλιογραφικές αναφορές	87
Διαδικτυακές αναφορές	88

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Διαφορές μεταξύ αντλίας θερμότητας πηγής αέρος με γεωθερμική αντλία θερμότητας στο κόστος λειτουργίας (πηγή: https://whelveenergy.gr/pleonektimata-geothermikou-systimaton/)	50
Σχήμα 2: Διαφορές μεταξύ αντλίας θερμότητας πηγής αέρος με γεωθερμική αντλία θερμότητας στην διάρκεια ζωής (πηγή: https://whelveenergy.gr/pleonektimata-geothermikou-systimaton/)	50
Σχήμα 3: Διαφορές μεταξύ αντλίας θερμότητας πηγής αέρος με γεωθερμική αντλία θερμότητας στο θόρυβο (πηγή: https://whelveenergy.gr/pleonektimata-geothermikou-systimaton/)	51
Σχήμα 4: Διαφορές μεταξύ αντλίας θερμότητας πηγής αέρος με γεωθερμική αντλία θερμότητας στο περιβαλλοντικό αντίκτυπο (πηγή: https://whelveenergy.gr/pleonektimata-geothermikou-systimaton/).....	51

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Εικόνα που απεικονίζει τους συναγωγικούς (υδροθερμικούς) πόρους.....	15
Εικόνα 2: Θερμότητα εντός του Φλοιού της Γης	16
Εικόνα 3: Επιβεβαιωμένα και πιθανά γεωθερμικά πεδία της Ελλάδας σύμφωνα με τον Νόμο 3175/2003	22
Εικόνα 4: Μοντέλο από το πεδίο στις Συκιές Άρτας (Βέκιος Π., 2007) Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
Εικόνα 5: Οριζόντιο σύστημα κλειστού κυκλώματος (πηγή: https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps).....	27
Εικόνα 6: Κάθετο σύστημα κλειστού κυκλώματος (πηγή: https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps).....	28
Εικόνα 7: Σύστημα λίμνης κλειστού κυκλώματος (πηγή: https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps).....	29
Εικόνα 8: Σύστημα ανοικτού κυκλώματος (πηγή: https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps).....	30
Εικόνα 9: Βασική διάταξη του συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, συμπεριλαμβανομένου του αποθερμαντήρα. (πηγή: Self, S. J., Reddy, B. V., & Rosen, M. A. (2013). Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options. Applied energy, 101, 341-348.)	40
Εικόνα 10: Οριζόντια αντλία θερμότητας εδάφους (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermal heat pumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.).....	42
Εικόνα 11: Οριζόντια αντλία θερμότητας εδάφους τύπου ‘slinky’ (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermal heat pumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.).....	43
Εικόνα 12: Αντλία θερμότητας υπογείου νερού με επανέγχυση (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermal heat pumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.).....	44
Εικόνα 13: Αντλία θερμότητας υπογείου νερού με επιφανειακή απόρριψη (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermal heat pumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.)	45
Εικόνα 14: Σύστημα αντλίας θερμότητας άμεσου επιφανειακού νερού (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermal heat pumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.)	46

Εικόνα 15: Έμμεσο σύστημα αντλίας θερμότητας επιφανειακών υδάτων (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermal heat pumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.)	47
Εικόνα 16: RetscreenExpert	52
Εικόνα 17 : Λήψη λογισμικού.....	54
Εικόνα 18 : Επιλογή γλώσσας λογισμικού	55
Εικόνα 19: Έναρξη εγκατάστασης προγράμματος.....	55
Εικόνα 20: Επιλογή τοποθεσίας λογισμικού.....	56
Εικόνα 21: Εγκατάσταση προγράμματος σε εξέλιξη.....	56
Εικόνα 22: Επιτυχής εγκατάσταση προγράμματος.....	57
Εικόνα 23: Αρχική σελίδα λογισμικού.....	57
Εικόνα 24: Κώδικας χρωμάτων.....	58
Εικόνα 25: Δεδομένα επιλεγμένης τοποθεσίας.....	59
Εικόνα 26: Ραβδόγραμμα κλιματικών δεδομένων της επιλεγμένης τοποθεσίας.....	60
Εικόνα 27: Τύπος εγκατάστασης.....	60
Εικόνα 28: Ενεργειακό μοντέλο.....	61
Εικόνα 29: Ανάλυση κόστους.....	61
Εικόνα 30: Ανάλυση εκπομπών.....	61
Εικόνα 31: Οικονομική ανάλυση.....	62
Εικόνα 32: Ανάλυση επικινδυνότητας και κινδύνου- Ανάλυση ευαισθησίας.....	62
Εικόνα 33: Ανάλυση επικινδυνότητας και κινδύνου-Ανάλυση επικινδυνότητας.....	63
Εικόνα 34: Κάτοψη 1 ^{ου} ορόφου.....	65
Εικόνα 35: Υδραυλικό σχέδιο εγκατάστασης.....	66
Εικόνα 36: Αναλυτή εικονικής ενέργειας.....	67
Εικόνα 37: Τοποθεσία εγκατάστασης.....	68
Εικόνα 38: Διάγραμμα κλιματικών δεδομένων ανά μήνα.....	69
Εικόνα 39: Εγκατάσταση.....	69
Εικόνα 40: Επιλογή συστήματος.....	70
Εικόνα 41: Ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα.....	70
Εικόνα 42: Θερμικό φορτίο.....	71
Εικόνα 43: Ψυκτικό φορτίο.....	72
Εικόνα 44: Χαρακτηριστικά φορτίου βασικής περίπτωσης.....	72
Εικόνα 45: Διάγραμμα χαρακτηριστικών φορτίου συστήματος βασικής περίπτωσης.....	73
Εικόνα 46: Χαρακτηριστικά φορτίου προτεινόμενου σεναρίου.....	73

Εικόνα 47: Διάγραμμα φορτίου συστήματος προτεινόμενης περίπτωσης.....	74
Εικόνα 48: Εξοπλισμός ψύξης.....	74
Εικόνα 49: Εξοπλισμός θέρμανσης.....	75
Εικόνα 50: Χαρακτηριστικά συστήματος.....	76
Εικόνα 51: Περίληψη συστήματος.....	76
Εικόνα 52: Ανάλυση κόστους-αρχικό κόστος.....	78
Εικόνα 53: Ανάλυση κόστους- ετήσια κόστη.....	78
Εικόνα 54: Ετήσια εξοικονόμηση.....	79
Εικόνα 55: Περιοδικά κόστη.....	79
Εικόνα 56: Ανάλυση εκπομπών.....	80
Εικόνα 57: Ανάλυση εκπομπών βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού.....	80
Εικόνα 58: Οικονομική ανάλυση (α).....	81
Εικόνα 59: Οικονομική ανάλυση (β).....	82
Εικόνα 60: Ετήσια χρηματοροή.....	83
Εικόνα 61: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών.....	84
Εικόνα 62: Ανάλυση επικινδυνότητας.....	85
Εικόνα 63: Διάγραμμα συχνότητας κινδύνου.....	85

Εισαγωγή

Το όνομα "γεωθερμική" προέρχεται από τα ελληνικά γράμματα "γεω" και "θερμική", που σημαίνουν "γη" και "θερμότητα", αντίστοιχα. Οι φυσικοί πόροι όπως η ηλιοφάνεια, ο άνεμος, το νερό και η γεωθερμική θερμότητα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρησιμοποιώντας τεχνικές μηχανικής που μπορούν να συλλέξουν την ενέργεια και να τη μετατρέψουν σε μια πιο εύχρηστη μορφή. Η θερμότητα που αποθηκεύεται στη γη χρησιμοποιείται για την παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας. Αυτή η γεωθερμική ενέργεια δημιουργήθηκε κατά την αρχική ανάπτυξη του πλανήτη, μέσω της ραδιενεργού αποσύνθεσης των ορυκτών και μέσω της απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας κοντά στην επιφάνεια.

Η γεωθερμική ενέργεια, η οποία κυριολεκτικά μεταφράζεται σε «θερμότητα της γης», συνεπάγεται την εκμετάλλευση της έντονης θερμότητας που δημιουργείται κάτω από τη γη για τη θέρμανση του νερού και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (όπως ιαματικές πηγές, ξήρανση ξυλείας ή υδατοκαλλιέργεια). Η θερμοκρασία του εδάφους κοντά στην επιφάνεια, η οποία χρησιμοποιείται ως πηγή σταθερών θερμοκρασιών για θέρμανση και ψύξη κτιρίων, αναφέρεται μερικές φορές ως γεωθερμική. Οι υδροθερμικές διεργασίες είναι ένα άλλο όνομα για γεωθερμικές χρήσεις που χρησιμοποιούν νερό που θερμαίνεται υπόγεια^[1].

Η γεωθερμική ενέργεια παράγεται από τη θερμότητα της Γης. Το νερό χρησιμοποιείται συνήθως ως φορέας θερμότητας ενώ αφαιρεί ενέργεια από το έδαφος. Το επιφανειακό νερό, συνήθως το νερό της βροχής, εισέρχεται στο φλοιό σε βάθος και ανταλλάσσει θερμότητα με τα πετρώματα επειδή ο φλοιός είναι εξαιρετικά σπασμένος και διαπερατός στα υγρά. Η αγωγιμότητα και η μεταφορά είναι οι δύο κύριοι τρόποι με τους οποίους μεταφέρεται η θερμότητα μέσα. Η μεταφορά θερμότητας είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική εάν υπάρχουν πολλά κατάγματα στα πετρώματα και τα κυκλοφορούντα υγρά είναι άφθονα. Αυτή η κατάσταση μπορεί εύκολα να αξιοποιηθεί με τη διάτρηση φρεατίων για την απελευθέρωση των θερμών υγρών στην επιφάνεια. Θεωρητικά, οι γεωθερμικοί πόροι της Γης είναι περισσότερο από επαρκείς για να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας, αλλά μόνο ένα πολύ μικρό μέρος μπορεί να εξορυχθεί κερδοφόρα. Η βαθιά γεώτρηση και εξερεύνηση πόρων είναι εξαιρετικά δαπανηρή. Οι προβλέψεις γεωθερμικής ενέργειας βασίζονται σε τεκμήρια σχετικά με την τεχνολογία, το ενεργειακό κόστος, τα

κυβερνητικά κίνητρα και την κίνηση των ορίων των πλακών. Μια καλά εδραιωμένη και ακόμη νέα εμπορική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η γεωθερμική ενέργεια διακρίνεται από έναν υψηλό συντελεστή φορτίου, γεγονός που σημαίνει ότι, σε σύγκριση με άλλες πηγές όπως οι αιολικοί και ηλιακοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, η εγκατεστημένη ισχύς της παράγει πολύ περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια ετησίως. Οι γεωθερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής παράγουν σταθερή απόδοση που δεν επηρεάζεται από τις καιρικές ή κλιματικές συνθήκες, με αποτέλεσμα τους υψηλούς συντελεστές χωρητικότητας που κυμαίνονται από 60% έως 90%, καθιστώντας την τεχνολογία ιδανική για την παραγωγή ενέργειας βασικού φορτίου^[2].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 Γεωθερμική ενέργεια-Βασικά στοιχεία και έννοιες

Η γεωθερμική ενέργεια είναι ένας τύπος "θερμικής ενσωματωμένης" ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας χωρίς μετατροπή, καθιστώντας την, κατά κάποιο τρόπο, ανώτερη από άλλες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να είναι πιο πρακτική για χρήση σε ορισμένες περιπτώσεις και μπορεί να λειτουργήσει καλά ως «φιλοφρόνηση» σε άλλες μορφές ενέργειας. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μειώνει την ανάγκη για ορυκτά καύσιμα.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που υπάρχει στα θερμαινόμενα πετρώματα και το ρευστό που διαρρέει σε ρωγμές πετρωμάτων και ρωγμές στο φλοιό της γης. Βαθιά μέσα στη γη, η ραδιενεργή αποσύνθεση την αναγκάζει να γίνει ζεστό νερό, ατμός ή ξηρά πετρώματα.

Γεωθερμική ενέργεια είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη θερμική ενέργεια που παράγεται και αποθηκεύεται στην επιφάνεια της γης. Θεωρείται πολύ οικονομική πηγή ενέργειας και φιλική προς το περιβάλλον. Με αυτή την τεχνική, μπορεί να παραχθεί ενέργεια χρησιμοποιώντας τον ατμό και το ζεστό νερό που παράγεται κάτω από την επιφάνεια της γης. Στον πυρήνα της γης, 4.000 μίλια κάτω από την επιφάνεια, παράγεται γεωθερμική ενέργεια. Η διαδικασία συμβαίνει λόγω της αργής διάσπασης ραδιενεργών σωματιδίων, της έντονης θερμότητας που παράγεται μέσα στο έδαφος και του γεγονότος ότι εμφανίζεται σε όλα τα πετρώματα. Σε 24 χώρες σε όλο τον κόσμο, η γεωθερμική ενέργεια παράγεται με ρυθμό περίπου 10.715 μεγαβάτ (MW).

Αν και η χρήση γεωθερμικής ενέργειας δεν επηρεάζεται σημαντικά από την κλιματική αλλαγή, η ευρεία υιοθέτησή της θα μπορούσε να έχει σημαντική επίδραση στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ως αντικατάσταση ή αύξηση της δυναμικότητας για τις τρέχουσες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής και θέρμανσης που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα.

Οι θερμοκρασίες και τα βάθη των ταμιευτήρων στα γεωθερμικά συστήματα όπως χρησιμοποιούνται σήμερα συμβαίνουν σε ποικίλα γεωλογικά πλαίσια. Πολλά υδροθερμικά συστήματα υψηλής θερμοκρασίας (>180°C) βρίσκονται κατά μήκος των τεκτονικών ορίων των πλακών (καταβύθιση, ρήξη, εξάπλωση ή μετατροπή

ρηγμάτων), καθώς και θερμά σημεία στο φλοιό και τον μανδύα. Συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας (100 °C) και ενδιάμεσης θερμοκρασίας (100 έως 180 °C) μπορούν επίσης να βρεθούν σε ηπειρωτικά περιβάλλοντα όπου η διάσπαση ραδιενεργών ισοτόπων ενισχύει τη ροή θερμότητας του εδάφους ή όπου οι υδροφορείς φορτίζονται με ζεστό νερό που ρέει μέσα από βαθιά διεισδυτικές ζώνες ρηγμάτων.

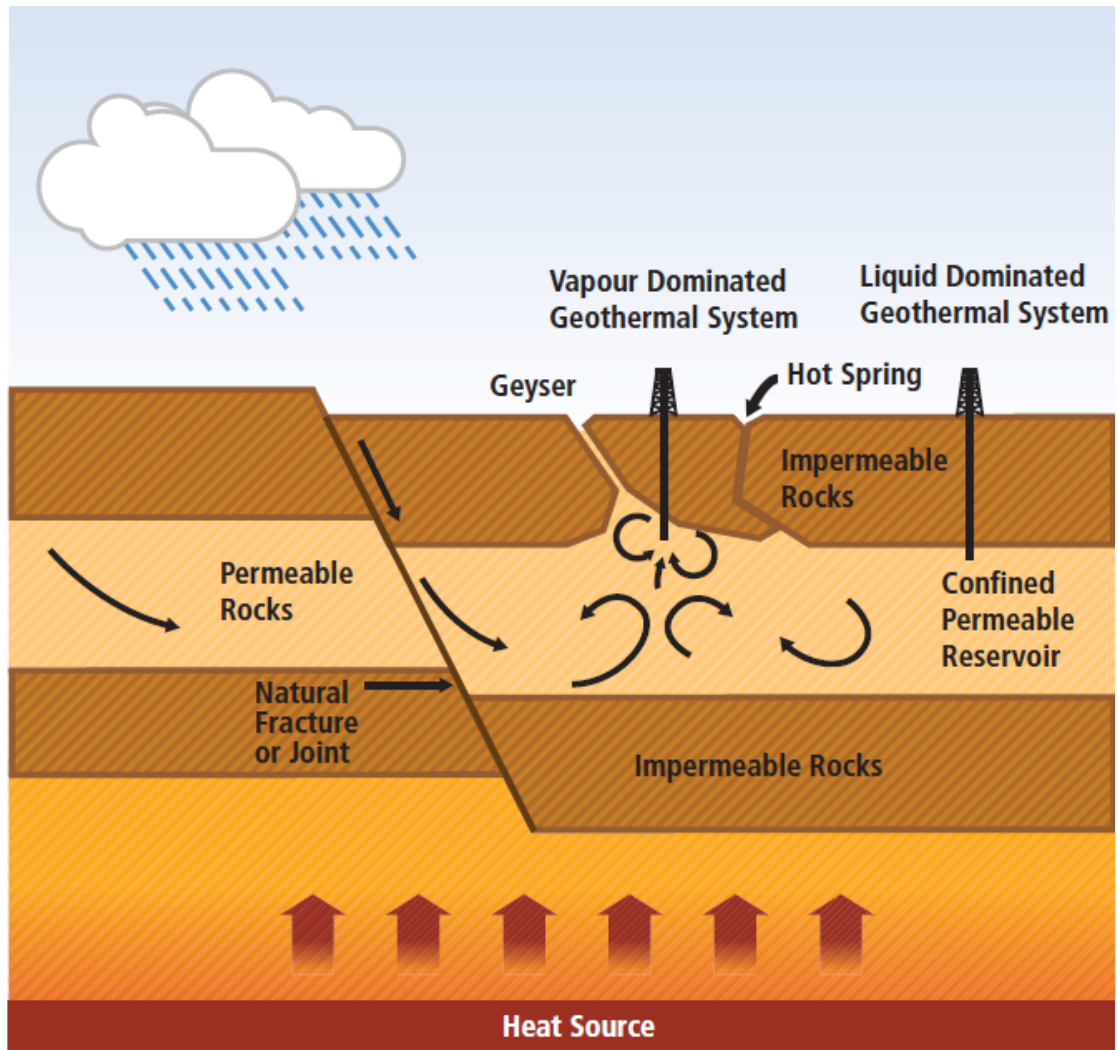
Τα συστήματα μεταφοράς (υδροθερμικά), τα αγωγίμα συστήματα και οι βαθείς υδροφορείς είναι τρεις κατηγορίες για γεωθερμικούς πόρους. Τόσο τα συστήματα που κυριαρχούνται από υγρά όσο και από αμούς είναι υδροθερμικά. Σε βάθη συνήθως μεγαλύτερα από 3 χιλιόμετρα, οι βαθείς υδροφορείς περιλαμβάνουν ρέον νερό σε πορώδη μέσα ή ζώνες θραύσης, αλλά στερούνται εστιασμένης πηγής μαγματικής θερμότητας. Τα συστήματα σε υδροστατική πίεση και τα συστήματα σε πιέσεις υψηλότερες από τις υδροστατικές είναι περαιτέρω διαιρέσεις τους (γεωπίεση).

Οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης γεωθερμικών ενεργειακών πόρων μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την άμεση χρήση θερμότητας και τη συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας σε εφαρμογές συμπαραγωγής. Η άμεση χρήση περιλαμβάνει την τεχνολογία γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (Geothermal Heat Pumps). Τα μόνα γεωθερμικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα για άμεση χρήση και εμπορική εκμετάλλευση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα υδροθερμικά συστήματα (ηπειρωτικού υποτύπου).

Οι θερμές πηγές χρησιμοποιήθηκαν για τελετουργικό ή καθημερινό μπάνιο κατά τη Μέση Παλαιολιθική περίοδο και η βιομηχανική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας ξεκίνησε στην Ιταλία με την απόκτηση βορικού οξέος από τη γεωθερμική ζώνη Larderello, όπου παρήχθησαν τα πρώτα κιλοβάτ γεωθερμικής ηλεκτρικής ενέργειας το 1904 και εγκαταστάθηκε η πρώτη εμπορική γεωθερμική μονάδα ισχύος 250 kWe το 1913.

Η γεωθερμική ενέργεια κατηγοριοποιείται ως ανανεώσιμος πόρος επειδή η θερμότητα που εξάγεται από έναν ενεργό ταμιευτήρα αναπληρώνεται συνεχώς με φυσική παραγωγή θερμότητας, αγωγιμότητα και μεταφορά από κοντινές θερμότερες περιοχές και τα εξαγόμενα γεωθερμικά ρευστά ξαναγεμίζονται με φυσική επαναφόρτιση και με έγχυση των εξαντλημένων (ψυχρών) υγρών. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει συναγωγικούς τέτοιους πόρους (Εικόνα 1). Κατά τη διάρκεια της

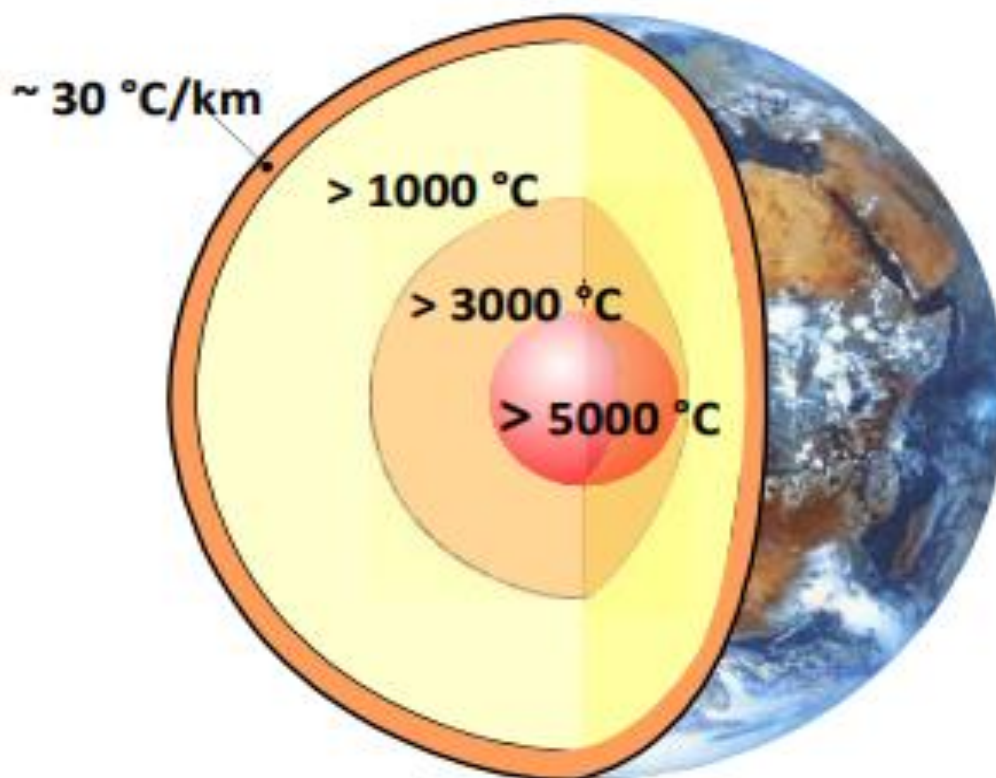
οικονομικής ζωής της υπάρχουσας υποδομής, τα γεωθερμικά πεδία λειτουργούν συνήθως με ρυθμούς παραγωγής που οδηγούν σε τοπικές μειώσεις της πίεσης ή και της θερμοκρασίας μέσα στον ταμιευτήρα. Καθώς σταματά η εκχύλιση, αυτές οι ψυχρότερες ζώνες χαμηλότερης πίεσης ξαναγεμίζονται στη συνέχεια από τις γύρω περιοχές^[3].



Εικόνα 1: Σχήμα που απεικονίζει τους συναγωγικούς (υδροθερμικούς) πόρους

Η τεράστια περιεκτικότητα σε θερμότητα του εσωτερικού της γης, η οποία σταδιακά ψύχεται είναι το θεμέλιο για τη γεωθερμική ενέργεια. Αμέτρητα δισεκατομμύρια

χρόνια πριν, ο Φλοιός της Γης (Εικόνα 2) έχει θερμανθεί από την ψύξη θερμών, ρηχών μαγματικών σωμάτων ή τη ραδιενεργή αποσύνθεση φυσικών ισοτόπων. Ο πόρος είναι εκτεταμένος και διάχυτος και ως εκ τούτου έχει υψηλό δυναμικό χρήσης. Σε βάθος περίπου 18-20 μέτρων, η θερμοκρασία της γης γίνεται σταθερή και ίση με τη μέση θερμοκρασία του αέρα μετά από σύντομες καθημερινές (μερικά εκατοστά) και εποχιακές (μερικά μέτρα) αλλαγές. Κάτω από αυτό το βάθος, ουσιαστικά γίνεται βαθύτερο (γεωθερμική κλίση).



Εικόνα 2: Θερμότητα εντός του Φλοιού της Γης

Η αύξηση της θερμοκρασίας ανάλογα με το βάθος, τα ηφαίστεια, οι θερμοπίδακες καθώς και οι θερμές πηγές κ.λπ., είναι κατά μία έννοια η ορατή ή απτή έκφραση της θερμότητας στο εσωτερικό της Γης. Αυτή η θερμότητα προκαλεί και άλλα φαινόμενα που είναι λιγότερο διακριτά από τον άνθρωπο, αλλά τέτοιου μεγέθους που η Γη έχει συγκριθεί με μια τεράστια «θερμική μηχανή». Η θερμότητα που απελευθερώνεται στο διάστημα από το εσωτερικό της Γης μέσω μιας μονάδας επιφάνειας σε μια μονάδα χρόνου είναι γνωστή ως ροή θερμότητας στην επιφάνεια του πλανήτη. Οι μονάδες είναι milliwatts ανά τετραγωνικό μέτρο (mW/m^2). Η γεωθερμική κλίση και η θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων συνδυάζονται για να παράγουν τη ροή θερμότητας. Η τυπική ροή θερμότητας είναι $40\text{-}90 \text{ mW}/\text{m}^2$.

Η συνολική παγκόσμια παραγωγή είναι πάνω από $4^{10^{13}}\text{W}$, δηλαδή τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την τρέχουσα παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας των 10^{13}W . Ως εκ τούτου, η θερμική ενέργεια της Γης είναι τεράστια, αλλά μόνο ένα μικρό μέρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο. Ένας γεωθερμικός πόρος δεν μπορεί να παραχθεί μόνο από πηγή θερμότητας. Τα γεωθερμικά συστήματα λειτουργούν μεταφέροντας νερό στον ανώτερο φλοιό της Γης, ο οποίος, σε μια μικρή περιοχή, μεταφέρει θερμότητα από μια πηγή θερμότητας σε μια ψύκτρα, συνήθως την ελεύθερη επιφάνεια^[4].

1.2 Γεωθερμικά πεδία

Η θερμοκρασία είναι ένας ζωτικός δείκτης της ποιότητας του πόρου και χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, χρησιμεύει ως το κύριο συστατικό των περισσότερων συστημάτων κατηγοριοποίησης. Τα γεωθερμικά συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας (<90°C), μέτριας θερμοκρασίας (90 έως 150°C) και υψηλής θερμοκρασίας (>150°C) έχουν χωριστεί σε αυτές τις τρεις κατηγορίες θερμοκρασιών. Οι πόροι που κυριαρχούνται από ατμούς ή υγρά υπάρχουν και οι δύο σε περιβάλλοντα υψηλής θερμοκρασίας. Όλα τα συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας κυριαρχούνται από υγρά, ενώ τα υγρά κυριαρχούν σχεδόν εξ ολοκλήρου σε συστήματα μέτριας θερμοκρασίας. Και οι τρεις κατηγορίες θερμοκρασίας είναι κατάλληλες για εφαρμογές άμεσης χρήσης, αλλά σε γενικές γραμμές, τα συστήματα που λειτουργούν σε μέτριες και υψηλές θερμοκρασίες είναι αποδεκτά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν υπάρχουν επαρκώς χαμηλές θερμοκρασίες για την ψύξη του υγρού που χρησιμοποιείται σε μια δυαδική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα στο ανώτερο άκρο του εύρους χαμηλών θερμοκρασιών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας^[5].

Έχουν προταθεί αρκετά συστήματα θερμικής κατηγοριοποίησης, με την πλειοψηφία να επικεντρώνεται στην ομαδοποίηση των γεωθερμικών πόρων σε ένα συγκρίσιμο σύνολο τριών ή, πιο απλά, δύο ταξινομήσεων που περιγράφουν την αύξηση της θερμοκρασίας των γεωθερμικών πόρων (ή ενθαλπία) από χαμηλή σε υψηλή. Τα όρια θερμοκρασίας/ενθαλπίας ορίζονται σε κάθε περίπτωση σε θερμοκρασίες που θεωρούνται σχετικές από θερμοδυναμική ή οικονομική χρήση. Ο Sanyal (2005) ανέπτυξε μια σειρά διαιρέσεων εστιάζοντας στα όρια θερμοκρασίας που είναι σημαντικά για τον γεωθερμικό προγραμματιστή, η οποία ήταν η πιο σημαντική βελτίωση αυτής της μεθόδου. Το όριο στους 100°C, για παράδειγμα, συνδέεται με το σημείο βρασμού του νερού, αλλά το όριο στους 190°C συνδέεται με την αυτορρέουσα ικανότητα των γεωθερμικών φρεατίων (σε αντίθεση με την απαίτηση άντλησης υγρών ταμιευτήρων).

Παρακάτω, γίνεται μία σύντομη παρουσίαση για την κάθε κατηγορία ξεχωριστά.

Κατηγορία 1 (λιγότερο από 100°C): Κανένας γεωθερμικός σταθμός παραγωγής ενέργειας δεν έχει αναπτυχθεί ή μπορεί να παραχθεί εμπορικά με βάση έναν ψύκτη πόρων μεγαλύτερο από 100°C. Το σημείο βρασμού του νερού σε ατμοσφαιρική πίεση, το οποίο είναι 100°C, όντας είναι ένα λογικό χαμηλότερο όριο για την παραγωγή ενέργειας από ένα γεωθερμικό ρευστό. Επομένως, ένας πόρος αυτής της κατηγορίας είναι κατάλληλος μόνο για μη ηλεκτρικές χρήσεις.

Κατηγορία 2 (100°C έως λιγότερο από 150°C): Το υγρό νερό χρησιμοποιείται ως κινητή ρευστή φάση σε αυτές τις δεξαμενές. Μόνο τρία έργα γεωθερμικής ενέργειας, συνολικής ισχύος περίπου 6 MWe, έχουν τεθεί σε λειτουργία στις Ηνωμένες Πολιτείες μέχρι στιγμής. Τα έργα αυτά έχουν αποδειχθεί μόνο μέτρια εμπορικά βιώσιμα. Η παραγωγικότητα ενός τέτοιου πόρου θα ήταν μεταξύ 2 και 4 MWe, ή λιγότερο από 5 MWe. Τα φρεάτια άντλησης και η παραγωγή ενέργειας δυαδικού κύκλου απαιτούνται για τη χρήση γεωθερμικών πόρων σε αυτό το εύρος θερμοκρασιών. Η παραγωγή ενέργειας από πόρους σε αυτό το εύρος θερμοκρασιών είναι κατεξοχήν εμπορική σήμερα λόγω των τεράστιων εξελίξεων που επιτεύχθηκαν στις αντλίες downhole και στην τεχνολογία παραγωγής ενέργειας δυαδικού κύκλου τα τελευταία 20 χρόνια. Ο περιορισμός θερμοκρασίας 150°C μπορεί να ρυθμιστεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση έως και 10°C.

Κατηγορία 3 (150°C έως λιγότερο από 190°C): Υγρό νερό είναι η κινητή ρευστή φάση σε αυτές τις δεξαμενές. Η τελευταία θερμοκρασία είναι το ανώτατο όριο λειτουργίας. Το γεωθερμικό νερό στο μεγαλύτερο μέρος αυτού του εύρους θερμοκρασιών πρέπει να αντλείται επειδή το υγρό στερείται επαρκούς ενέργειας για αυτο-ροή με εμπορικό ρυθμό. Ορισμένα εμπορικά έργα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν εκτελεστεί με τη χρήση γεωθερμικών πόρων στην περιοχή 150° έως 190°C τα τελευταία 20 χρόνια. Ωστόσο, εάν η ικανότητα ροής του ταμιευτήρα είναι επαρκής, τα φρεάτια μπορούν είτε να αντλούνται είτε να αυτό-ρέονται στο υψηλότερο άκρο αυτού του εύρους θερμοκρασιών. Ένας πόρος αυτού του είδους θα είχε παραγωγικότητα μικρότερη από 7 MWe, με τυπικό εύρος 3 έως 6 MWe. Η υψηλότερη τάση ατμών σε υψηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να μειώσει τη διαθέσιμη αναρρόφηση πίεσης στο σημείο όπου η άντληση γίνεται λιγότερο επιθυμητή από την αυτο-ροή, παρόλο που οι εμπορικές αντλίες μπορεί μια μέρα να αντέξουν θερμοκρασίες υψηλότερες από 190°C. Συνεπώς, το όριο των 190°C για το εύρος αυτό καθορίζεται με μεγάλη σαφήνεια.

Κατηγορία 4 (190°C έως λιγότερο από 230°C): Οι 230°C επιλέγονται ως το ανώτερο όριο θερμοκρασίας πόρου, καθώς είναι χαμηλότερο από την ελάχιστη θερμοκρασία του πόρου εκκίνησης που βρίσκεται σε δεξαμενές με σύνθεση που κυριαρχείται από ατμούς σε όλο τον κόσμο. Λόγω των ξεχωριστών ιδιοτήτων τους, οι δεξαμενές που κυριαρχούνται από ατμούς έχουν ταξινομηθεί ως διαφορετική κατηγορία. Ως αποτέλεσμα, αυτή η κατηγορία είναι μάλλον καλά περιορισμένη επειδή οι δεξαμενές στην περιοχή 190 έως 230 ° C θα πρέπει να έχουν υγρό νερό ως κινητή ρευστή φάση. Επειδή θα ήταν πολύ ζεστά για να αντλήσουν, τα πηγάδια για αυτήν την τάξη πρέπει να αυτό-ρέουν. Εξαιτίας αυτού, η παραγωγικότητα των φρεατίων αυτής της κατηγορίας ποικίλλει σημαντικά, συχνά πέφτει μεταξύ 3 και 12 MWe.

Κατηγορία 5 (230°C έως λιγότερο από 300°C): Πέραν των 230°C, αναμένεται ότι ο ταμιευτήρας μπορεί τελικά να χωριστεί σε δύο φάσεις κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης. Είναι αρκετά αυθαίρετο να οριστεί το επόμενο υψηλότερο όριο θερμοκρασίας στους 300°C. η αλλαγή του ίσως έως και 20°C δεν θα αλλάξει την κατηγοριοποίηση. Η ικανότητα ροής δεξαμενής και ο κορεσμός ατμού, τα οποία μαζί με τα σχετικά χαρακτηριστικά διαπερατότητας της δεξαμενής, καθορίζουν το κλάσμα ατμού στην κινητή ρευστή φάση, επηρεάζουν την παραγωγικότητα των φρεατίων για αυτή την κατηγορία πόρων καθώς και τις κατηγορίες 6 και 7 οι οποίες αναφέρονται κάτωθι. Για τα πεδία των κατηγοριών 5 έως 7, έχουν αναφερθεί μεμονωμένες παραγωγικότητες φρεατίων έως και 50 MWe.

Κατηγορία 6 (πάνω από 300 °C): Αυτές οι δεξαμενές παρουσιάζουν ταχεία ανάπτυξη κορεσμού ατμού στη δεξαμενή και κλάσματος ατμού στην κινητή ρευστή φάση κατά την εκμετάλλευση. Είναι συνήθως δύσκολο να γίνουν οποιουδήποτε είδους αξιόπιστες προβλέψεις σχετικά με το πόσο καλά θα λειτουργούσαν αυτές οι δεξαμενές, ιδιαίτερα η εξέλιξη της ενθαλπίας παραγωγής. Η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία για την κατηγορία αυτή (374,1°C) μπορεί να θεωρηθεί ως η κρίσιμη θερμοκρασία του νερού. Για διάφορους φυσικούς λόγους, είναι απίθανο μια θερμοκρασία ουσιαστικά υψηλότερη από την κρίσιμη να βρεθεί σε ένα παραγωγικό πηγάδι.

Κατηγορία 7 (Πεδία Ατμού): Η αρχική θερμοκρασία και πίεση (περίπου 240 °C και 33,5bar-a) που εμφανίζονται από όλα αυτά τα πεδία σε όλο τον κόσμο,

συμπεριλαμβανομένων των Kamojang (Ινδονησία), Geysers (Καλιφόρνια), Lardarello (Ιταλία), Matsukawa (Ιαπωνία), Darajat (Ινδονησία) κ.λπ., τα καθιστούν μια ειδική κατηγορία πόρων που πρέπει να αναγνωρισθεί. Επιπλέον, η ενθαλπία του πόρου σε αυτόν τον τομέα είναι 2.800 kJ/kg, που είναι η υψηλότερη ενθαλπία που μπορεί να έχει ο κορεσμένος ατμός. Αν και περιστασιακά παράγεται υπερθερμασμένος ατμός στο φρεάτιο, μια διάχυτα υπερθερμασμένη δεξαμενή ατμού είναι φυσικά απίθανη, επομένως ένας πόρος κλάσης 7 προσφέρει κανονικά την πιο προσιτή ενέργεια ανά μονάδα ρευστής μάζας οποιασδήποτε κατηγορίας. Επομένως, τα φρεάτια δυναμικότητας 30 έως 50 MWe είναι συχνά σε αυτά τα πεδία^[6].

1.2.1 Γεωθερμικά πεδία στην Ελλάδα

Τα πεδία θεωρούνται "αποδεδειγμένα" όταν οι παράμετροί τους είναι γνωστές με επίπεδο εμπιστοσύνης μεγαλύτερο από 90% και "πιθανά" όταν αυτό το επίπεδο είναι μεταξύ 70% και 90%. Τα υπόλοιπα πεδία ταξινομούνται ως "άγνωστες" ή "ανεξερεύνητες" τοποθεσίες. Για τις τρεις ομάδες και για τις αντλίες θερμότητας επίγειας πηγής, υπάρχουν ξεχωριστές διαδικασίες για την αδειοδότηση πεδίου.

Υπάρχουν 23 "επιβεβαιωμένα" και "δυνητικά" πεδία γνωστά (Εικόνα 3), συμπεριλαμβανομένων δύο με υψηλή ενθαλπία.



Εικόνα 3: Επιβεβαιωμένα και πιθανά γεωθερμικά πεδία της Ελλάδας σύμφωνα με τον Νόμο 3175/2003

Το ηφαιστειακό τόξο του Νοτίου Αιγαίου περιέχει τα υψηλά πεδία ενθαλπίας, τα οποία συνδέονται με το Πλειόκαινο με την ηφαιστειότητα του Τεταρτογενούς στα νησιά Μήλο και Νίσυρο. Το πιθανό δυναμικό τους υπερβαίνει τα 250 MWe, ενώ το εκμεταλλεύσιμο δυναμικό τους υπερβαίνει τα 25 MWe υφιστάμενης ηλεκτρικής ισχύος. Οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από 350°C. Προς το παρόν δεν χρησιμοποιούνται. Η ΔΕΗ ετοιμάζεται να πραγματοποιήσει γεωτρήσεις σε μια ακόμη πολλά υποσχόμενη περιοχή κοντά στην Άργενος της Λέσβου. Σε όλο το έθνος, υπάρχουν είκοσι ένα χαμηλά πεδία ενθαλπίας που είναι γνωστό ή ύποπτο ότι υπάρχουν. Τριτογενείς ηφαιστειακές ζώνες, βαθιά κυκλοφορία νερού κατά μήκος δομών τεκτονικών βυθισμάτων και περιοχές με διαπεριφερειακούς εξαισιστήρες είναι οι γεωλογικές ρυθμίσεις. Περισσότεροι από 200.000 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου θα μπορούσαν να παράγονται ετησίως από αυτούς. Μόνο ένα μικρό μέρος αυτών (περίπου το 20% του δυναμικού) χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης της λουτρολογίας (χρησιμοποιώντας το 50% αυτών σε περισσότερα από 60 ιαματικά λουτρά), της θέρμανσης σε θερμοκήπια, ορισμένων αλιευμάτων, της θέρμανσης χώρων, της ξήρανσης λαχανικών και εξειδικευμένων υδατοκαλλιεργειών όπως τα φύκια σπιρουλίνας. Υπάρχουν περισσότερες από πενήντα θερμές πηγές που είναι γνωστό ότι υπάρχουν σε όλο το έθνος, επομένως τα «μη εξερευνημένα ή ανεξερευνητα» πεδία είναι μελλοντικές ευκαιρίες.

Οι αντλίες θερμότητας επίγειας πηγής είναι ένας κλάδος που αναπτύσσεται γρήγορα. Έχουν τοποθετηθεί πολλές δεκάδες μονάδες, κυρίως σε σπίτια, κατά τα έτη 2006 και 2007, και ο αριθμός αυξάνεται συνεχώς.

Σύμφωνα με το νόμο 3175/2003, το Ινστιτούτο Γεωλογίας και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) είναι υπεύθυνο για τις δραστηριότητες εξερεύνησης. Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 15 ετών, η γεωθερμική εξερεύνηση ήταν μέτρια ενεργή χάρη στη συγχρηματοδότηση από την ΕΕ και την ελληνική κυβέρνηση. Ένας προϋπολογισμός 4 εκατομμυρίων ευρώ ειδικά για τα έτη 2002 έως 2008 είχε προβλεφθεί για εξερεύνηση. Δέκα πεδία χαμηλής θερμοκρασίας έχουν βρεθεί και διερευνηθεί μέχρι στιγμής προκειμένου να συγκεντρωθούν οι απαραίτητες ποσοτικές και γεωμετρικές πληροφορίες για την ταξινόμησή τους ως αποδεδειγμένα και πιθανά πεδία.

Παρακάτω γίνεται μία σύντομη εξήγηση ανακαλυφθέντων πεδίων όπου δεν είχαν δηλωθεί ποτέ τους.

Μακεδονία

Πεδίο Βόλβης: Το πεδίο Βόλβης βρίσκεται στη δυτική όχθη της λίμνης Βόλβης στη Βόρεια Ελλάδα, βορειοανατολικά της Θεσσαλονίκης. Η γεώτρηση ενός μικρού αριθμού γεωτρήσεων για εξερεύνηση είχε ως αποτέλεσμα την ανακάλυψη ενός θερμού υδροφόρου ορίζοντα μεταξύ 100 και 200 μέτρων κάτω από την επιφάνεια. Η παροχή είναι μεγαλύτερη από 400 m³/h, με μέση θερμοκρασία 31 έως 55°C.

Η γεώτρηση δύο επιτυχημένων γεωτρήσεων ολοκλήρωσε την εξερεύνηση του κοιτάσματος του Ακροποτάμου. Αυτό το σημαντικό πεδίο έχει ρυθμό ροής άνω των 150 m³/h, θερμοκρασία 83°C και σημαντική περιεκτικότητα σε CO₂.

Κεντρική Ελλάδα

Πεδίο Νίκαιας: Το πεδίο βρίσκεται κοντά στα χωριά Καρυές και Νίκαια και βρίσκεται νότια της πόλης της Λάρισας. Ο θερμός υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος έχει θερμοκρασία 40°C, βρίσκεται σε βάθος 350m. Δεν έχει γίνει ακόμα δοκιμή άντλησης.

Πεδίο Δαμάστας: Πολλές ιαματικές πηγές λειτουργούν στο SperchiosGraben από την αρχαιότητα. Ένα νέο γεωθερμικό πεδίο στο χωριό Δαμάστα ανακαλύφθηκε μέσω γεωθερμικής εξερεύνησης πέρα από τη ζώνη προστασίας των ιαματικών λουτρών. Ένα παραγωγικό πηγάδι βάθους 150 μέτρων άνοιξε όταν συνάντησε έναν ζεστό υδροφόρο ορίζοντα 42 μοιρών με ρυθμό ροής άνω των 40 m³/h.

Πεδία Αιδηψού και Γιάλτρας: Από τις αρχές του 20ου αιώνα λειτουργούν πολλές ιαματικές πηγές στη βόρεια ευβοϊκή πόλη της Αιδηψού. Δύο γεωθερμικά πεδία βρέθηκαν κατά τη διάρκεια της γεωθερμικής εξερεύνησης στις περιοχές της Γιάλτρας και της Αιδηψού.

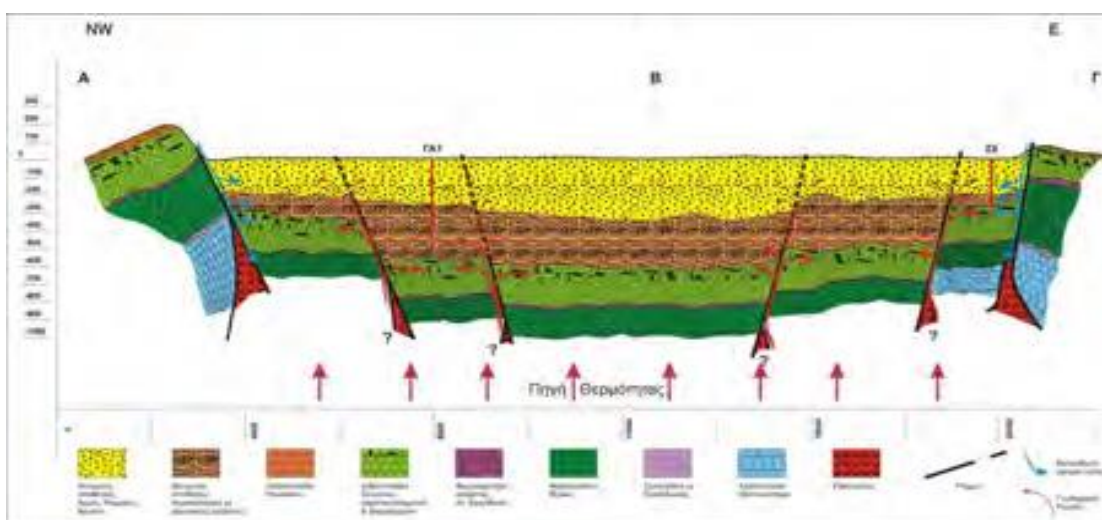
Το χωριό με το ίδιο όνομα δεν απέχει πολύ από το πεδίο Γιάλτρα. Σε βάθη έως και 250 μέτρων, έχουν βυθιστεί δύο πηγάδια εξερεύνησης και ένα πηγάδι παραγωγής. Σε βάθος μεταξύ 70 και 250 μέτρων, βρέθηκε ο γεωθερμικός υδροφόρος ορίζοντας με θερμοκρασία μεταξύ 36 και 42 βαθμών Κελσίου και ρυθμό ροής άνω των 40 m³/h.

Ένα πηγάδι βάθους 350 μέτρων βυθίστηκε στην περιοχή της Αιδηψού και εκεί βρέθηκε ζεστό νερό (80°C). Προκειμένου να βρεθούν υψηλότερες θερμοκρασίες (>100°C) και υψηλές ταχύτητες ροής για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η εξερεύνηση θα συνεχιστεί σε βαθύτερο επίπεδο.

Δυτική Ελλάδα

Πεδίο Αντιρρίου: Ο διαπισρισμός των ανυδριτών οδήγησε στην ανακάλυψη του πεδίου του Αντιρρίου στη δυτική περιοχή της κεντρικής Ελλάδας. Με τη γεώτρηση ενός ακόμη γόνιμου πηγαδιού, η εξερεύνηση ολοκληρώθηκε το 2004. Αυτό το πηγάδι έφτασε στον θερμό υδροφόρο ορίζοντα σε βάθος 200 μέτρων. Ο ρυθμός ροής είναι μεγαλύτερος από 90 m³/h και η θερμοκρασία είναι 35°C.

Πεδίο Συκιές Άρτας: Γεωθερμικό πεδίο στην περιοχή αυτή (Εικόνα 4) βρέθηκε το 2000, και πρόσφατα έχει οριοθετηθεί. Ο θερμός υδροφόρος ορίζοντας ανακαλύφθηκε από την επιτυχή γεώτρηση ενός κερδοφόρου πηγαδιού σε βάθος 250-300m, με θερμοκρασία 48°C και παροχή 100 m³/h.



Εικόνα 4: Μοντέλο από το πεδίο στις Συκιές Άρτας (Βέκιος Π., 2007)

Νησιά Αιγαίου

Το γεωθερμικό πεδίο Νένητα βρέθηκε στη Χίο πριν από αρκετά χρόνια. Σε βάθος 340 μέτρων, το 2005 σκάφτηκε ένα παραγωγικό πηγάδι που παρήγαγε περίπου 100 m³/h σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 80°C. Το γεωθερμικό πεδίο των Θυμαίων ανακαλύφθηκε πρόσφατα, κοντά στην πόλη της Χίου. Σκάφτηκε ένα κερδοφόρο πηγάδι και σε βάθος 150m και βρέθηκε ένας υδροφόρος ορίζοντας με θερμοκρασία 30°C και ρυθμό ροής περίπου 100 m³/h^[7].

1.3 Γεωθερμικό σύστημα ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος-γεωθερμικοί εναλλάκτες

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι συστημάτων. Τρία από αυτά είναι συστήματα κλειστού κυκλώματος όπου σε αυτό συγκαταλέγονται το οριζόντιο, το κατακόρυφο και η λίμνη. Η επιλογή ανοιχτού κυκλώματος είναι ο τέταρτος τύπος συστήματος.

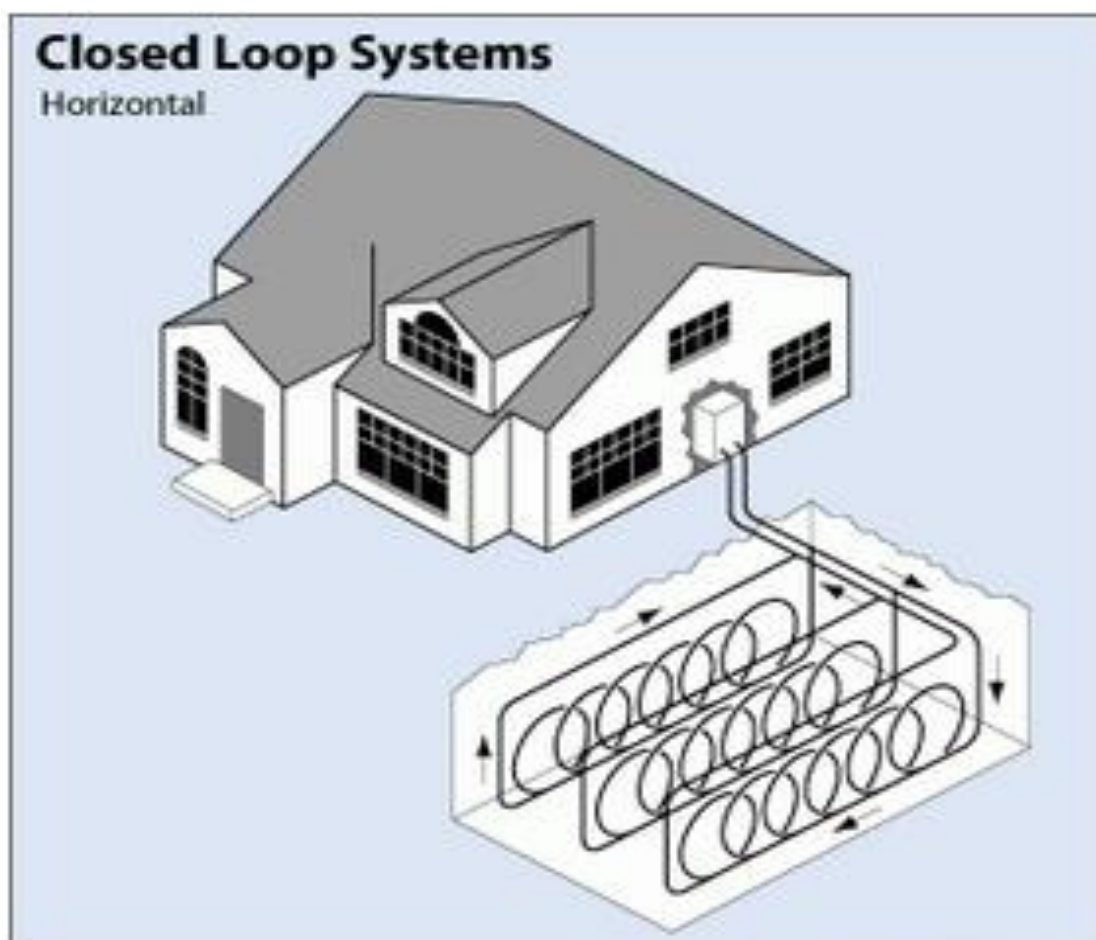
1.3.1 Σύστημα κλειστού κυκλώματος

Η πλειοψηφία των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας κλειστού κυκλώματος κυκλοφορούν ένα αντιψυκτικό διάλυμα μέσω ενός κυκλώματος που θάβεται στο έδαφος ή βυθίζεται στο νερό και συχνά κατασκευάζεται από σωλήνες πλαστικού τύπου υψηλής πυκνότητας. Μεταξύ του ψυκτικού μέσου της αντλίας θερμότητας και του αντιψυκτικού διαλύματος στο κλειστό κύκλωμα, ένας εναλλάκτης θερμότητας μεταφέρει θερμότητα.

Ένα είδος συστήματος κλειστού κυκλώματος, γνωστό ως άμεση ανταλλαγή, αντλεί το ψυκτικό μέσο μέσω σωλήνων χαλκού που θάβεται στο έδαφος είτε σε οριζόντιο είτε σε κατακόρυφο προσανατολισμό αντί να χρησιμοποιεί εναλλάκτη θερμότητας. Αν και θα πρέπει να αποφεύγεται η εγκατάσταση συστημάτων άμεσης ανταλλαγής σε εδάφη που θα διαβρώσουν τους σωλήνες χαλκού, τα καταφέρνουν καλύτερα σε υγρά εδάφη και περιστασιακά απαιτούν πρόσθετη άρδευση για να διατηρήσουν το έδαφος υγρό. Οι τοπικοί περιβαλλοντικοί νόμοι ενδέχεται να απαγορεύουν τη χρήση αυτών των συστημάτων σε ορισμένες περιοχές, καθώς κυκλοφορούν ψυκτικό μέσο μέσω της γης.

1.3.1.1 Οριζόντιο σύστημα κλειστού κυκλώματος

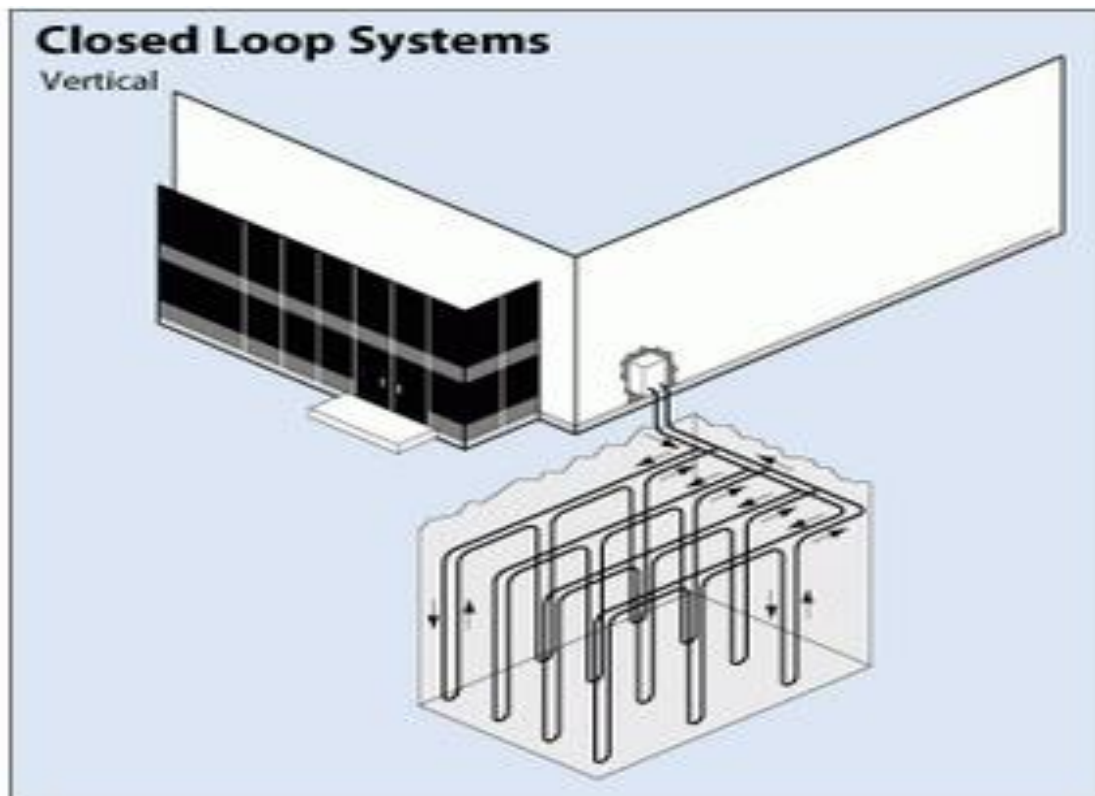
Στις εγκαταστάσεις των οικιών, ιδίως η νέα ανάπτυξη όπου υπάρχει επαρκής γη, είναι συνήθως οι πιο αποδοτικές από άποψη κόστους για αυτόν τον τύπο εγκατάστασης. Οι τάφροι που έχουν βάθος τουλάχιστον 4ft είναι απαραίτητες. Οι δύο πιο δημοφιλείς διαμορφώσεις περιλαμβάνουν είτε δύο σωλήνες, ο ένας θαμμένος σε βάθος 6ft και ο άλλος σε βάθος 4ft, είτε δύο σωλήνες, τοποθετημένοι δίπλα-δίπλα σε βάθος 5ft σε μια τάφρο πλάτους 2ft. Περισσότεροι σωλήνες μπορούν να χωρέσουν σε μια μικρότερη τάφρο βρόχου σωλήνων, γεγονός που μειώνει το κόστος εγκατάστασης και επιτρέπει την οριζόντια εγκατάσταση σε μέρη όπου διαφορετικά δεν θα ήταν εφικτό. Ένα οριζόντιο σύστημα κλειστού κυκλώματος απεικονίζεται παρακάτω (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Οριζόντιο σύστημα κλειστού κυκλώματος (πηγή: <https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps>)

1.3.1.2 Κάθετο σύστημα κλειστού κυκλώματος

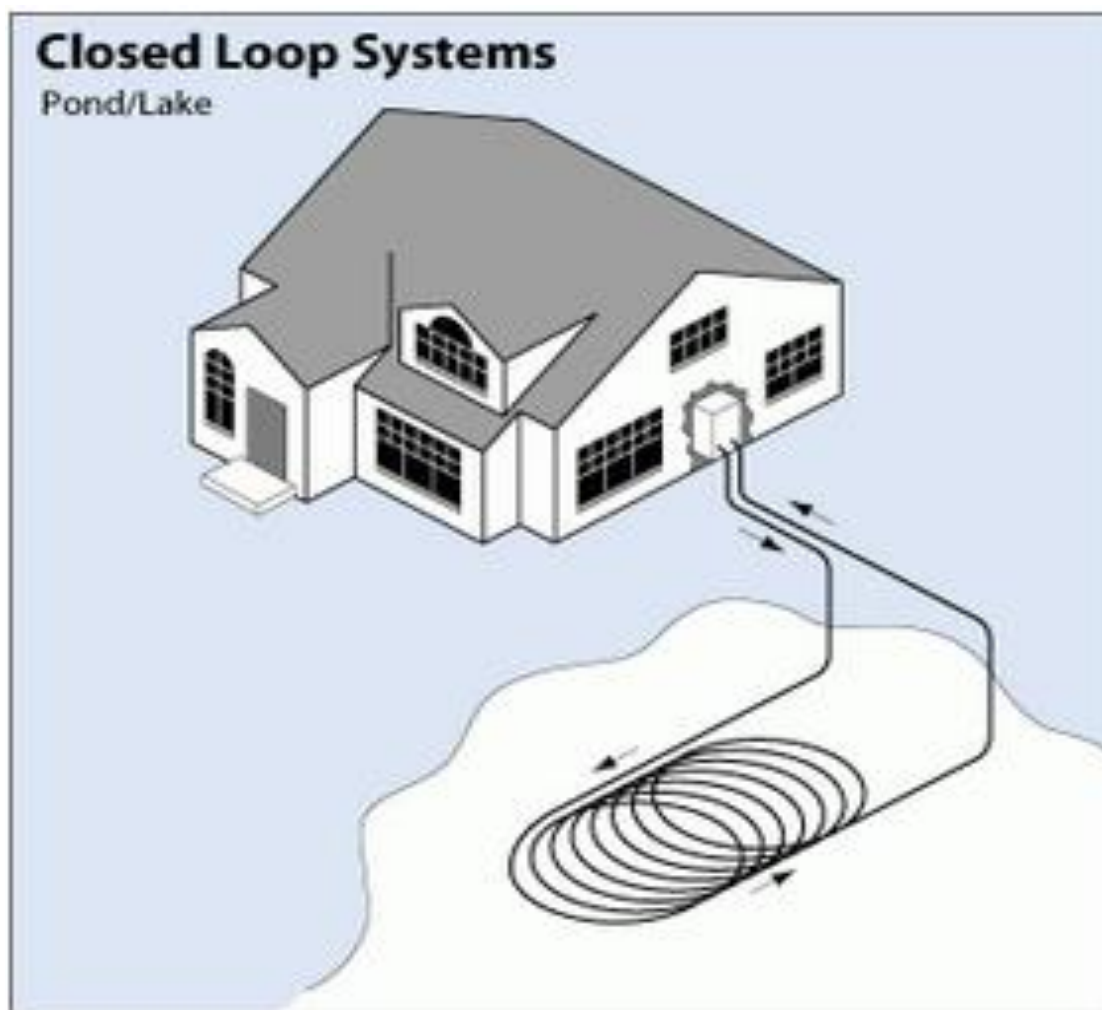
Τα κάθετα συστήματα (Εικόνα 6) χρησιμοποιούνται συχνά σε μεγάλα εμπορικά κτίρια και εκπαιδευτικά ιδρύματα, καθώς οι οριζόντιοι βρόχοι θα απαιτούσαν αδικαιολόγητα μεγάλη έκταση γης. Όταν το έδαφος είναι πολύ ρηχό για εκσκαφή, χρησιμοποιούνται επίσης κατακόρυφοι βρόχοι, καθώς προκαλούν τη μικρότερη δυνατή διαταραχή στον υπάρχοντα εξωραϊσμό. Για ένα κατακόρυφο σύστημα, οι τρύπες τρυπιούνται σε απόσταση μεταξύ 20ft μεταξύ τους και 100 έως 400ft βάθος, με διάμετρο περίπου τεσσάρων ιντσών. Η απόδοση αυξάνεται με την εισαγωγή δύο σωλήνων στην οπή και την έγχυση τους μαζί στο κάτω μέρος για να σχηματίσουν ένα κύκλωμα. Ο οριζόντιος σωλήνας που συνδέει τα κάθετα κυκλώματα, γνωστός και ως πολλαπλός, τοποθετείται στους τάφρους και συνδέεται με την αντλία θερμότητας του κτιρίου.



Εικόνα 6: Κάθετο σύστημα κλειστού κυκλώματος (πηγή: <https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps>)

1.3.1.3 Σύστημα «λίμνη» κλειστού κυκλώματος

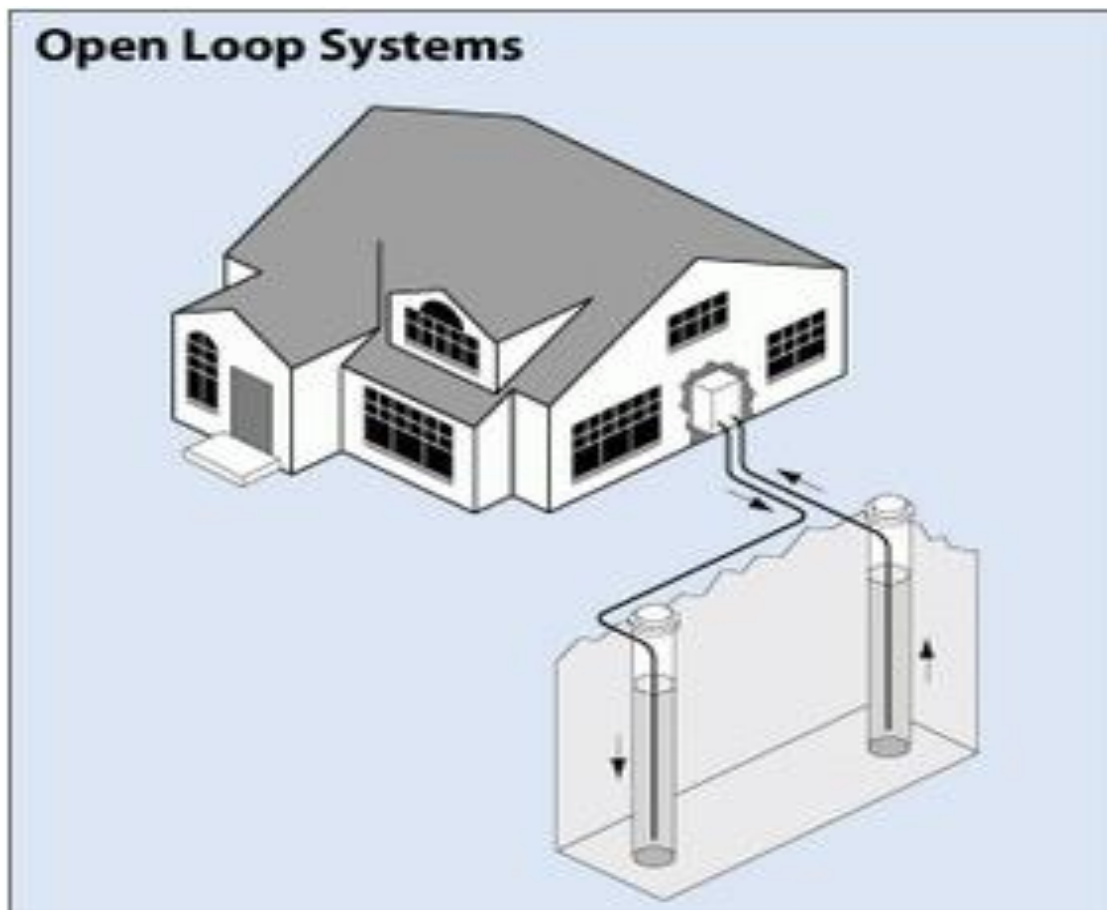
Ένα σύστημα λίμνης (Εικόνα 7) μπορεί να είναι η φθηνότερη επιλογή εάν η τοποθεσία έχει αρκετά μεγάλο σώμα νερού. Για να αποφευχθεί η ψύξη, ένας σωλήνας γραμμής τροφοδοσίας θάβεται υπόγεια και τυλίγεται σε κύκλους σε βάθος τουλάχιστον 8ft από την επιφάνεια. Μόνο πηγές νερού που πληρούν τα ελάχιστα πρότυπα όγκου, βάθους και ποιότητας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τα πηνία.



Εικόνα 7: Σύστημα λίμνης κλειστού κυκλώματος (πηγή: <https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps>)

1.3.2 Σύστημα ανοικτού κυκλώματος

Ως μέσο ανταλλαγής θερμότητας που ρέει απευθείας μέσω του συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας σε αυτό το είδος συστήματος, χρησιμοποιείται νερό φρεατίου ή επιφανειακού σώματος. Το νερό επιστρέφει στο έδαφος μέσω του φρεατίου, ενός φρεατίου επαναφόρτισης ή της επιφανειακής εκκένωσης μετά την ολοκλήρωση του κυκλώματός του μέσω του συστήματος. Ένα τέτοιο σύστημα απεικονίζεται παρακάτω (Εικόνα 8). Θα πρέπει να είναι αυτονόητο ότι αυτή η εναλλακτική λύση είναι εφαρμόσιμη μόνο σε τοποθεσίες με επαρκή παροχή σχετικά καθαρού νερού και όπου η απόρριψη υπόγειων υδάτων συμμορφώνεται πλήρως με όλους τους τοπικούς νόμους και κανονισμούς.



Εικόνα 8: Σύστημα ανοικτού κυκλώματος (πηγή: <https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps>)

1.4 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα της γεωθερμικής ενέργειας

Μερικά από τα οφέλη της γεωθερμίας, σύμφωνα με την Energy Informative (2020), μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται συνήθως ως φιλική προς το περιβάλλον. Η χρήση γεωθερμικής ενέργειας έχει μερικές επιβλαβείς επιπτώσεις, αν και είναι ελάχιστες σε σύγκριση με τη ρύπανση που προκαλείται από τη χρήση παραδοσιακών πηγών καυσίμων. Μια γεωθερμική μονάδα παραγωγής ενέργειας έχει αμελητέο αποτύπωμα άνθρακα. Κάθε μεγαβατώρα (MWh) ενέργειας που παράγεται από έναν τυπικό γεωθερμικό σταθμό παραγωγής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση 122 κιλών διοξειδίου του άνθρακα, ή 1/8 από τις εκπομπές άνθρακα που σχετίζονται με μια τυπική μονάδα παραγωγής ενέργειας από άνθρακα.
- Οι γεωθερμικοί ταμιευτήρες ξαναγεμίζονται με φυσικό τρόπο και προέρχονται από φυσικούς πόρους. Ως εκ τούτου, η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Αειφόρος είναι ένας ακόμη όρος που εφαρμόζεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και τα ορυκτά καύσιμα, η γεωθερμική ενέργεια είναι ένας πόρος που μπορεί να υποστηρίξει το δικό της ποσοστό κατανάλωσης. Τα γεωθερμικά μας αποθέματα περιέχουν ενέργεια που, σύμφωνα με τους επιστήμονες, θα διαρκέσει στην πραγματικότητα για δισεκατομμύρια χρόνια.
- Τεράστιες δυνατότητες: Η ποσότητα ενέργειας που αποθηκεύεται στη γη είναι πολύ μεγαλύτερη από τα περίπου 15 terawatts (TW) ενέργειας που καταναλώνονται παγκοσμίως κάθε χρόνο. Δυστυχώς, μόνο ένα μικρό ποσοστό του συνολικού δυναμικού μπορεί να χρησιμοποιηθεί επειδή η πλειοψηφία των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι ασύμφορη. Οι ρεαλιστικές εκτιμήσεις για το δυναμικό των γεωθερμικών σταθμών κυμαίνονται από 0,035 έως 2 TW. Πάνω από 10.715 μεγαβάτ (MW) ενέργειας παράγονται πλέον από γεωθερμικές μονάδες παγκοσμίως, πολύ μακριά από την εγκατεστημένη ισχύ των 28.000 MW της γεωθερμικής θέρμανσης.
- Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια αξιόπιστη πηγή ενέργειας και είναι σταθερή. Με εκπληκτική ακρίβεια, μπορεί να προβλεφθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενός γεωθερμικού σταθμού. Με την ηλιακή και την αιολική

ενέργεια, από την άλλη πλευρά, ο καιρός έχει μικρή επίδραση στην ποσότητα ενέργειας που παράγεται. Έτσι, οι γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής είναι αρκετά καλοί στην κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων βασικού φορτίου. Η πραγματική ισχύς των γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής προσεγγίζει τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ λόγω του υψηλού συντελεστή ισχύος τους. Το 2005, η μέση παγκόσμια παραγωγή ισχύος ήταν 73% (συντελεστής δυναμικότητας) της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος, ωστόσο έχει αποδειχθεί ότι φτάνει το 96%.

- Εξαιρετική πηγή ενέργειας για Θέρμανση και Ψύξη: Η γεωθερμία απαιτεί νερό με θερμοκρασία τουλάχιστον 150°C για να περιστρέψει τις τουρμπίνες και να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Μια διαφορετική στρατηγική είναι να επωφεληθούμε από την (πολύ μέτρια) διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφανειακών και εδαφικών πηγών. Σε γενικές γραμμές, η γη είναι πιο ανθεκτική στις εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας από τον αέρα. Έτσι, μια γεωθερμική αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιήσει το έδαφος ως ψύκτρα ή πηγή μόλις λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια, όπως κάνει μια ηλεκτρική αντλία θερμότητας.

Η γεωθερμική ενέργεια έχει τα ακόλουθα μειονεκτήματα, σύμφωνα με την Energy Informative(2020):

- Περιβαλλοντικές ανησυχίες: Το εσωτερικό της γης είναι άφθονο με αέρια θερμοκηπίου, μερικά από τα οποία διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα και την επιφάνεια. Γύρω από τις εγκαταστάσεις γεωθερμικής ενέργειας, αυτοί οι ρύποι είναι συνήθως πιο διαδεδομένοι. Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου και διοξειδίου του πυριτίου είναι κοινές σε εγκαταστάσεις γεωθερμικής ενέργειας και η ίδια η δεξαμενή μπορεί να έχει επίπεδα δηλητηριωδών βαρέων μετάλλων όπως υδράργυρο, αρσενικό και βόριο.
- Η κατασκευή εγκαταστάσεων γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να έχει αντίκτυπο στη σταθερότητα του εδάφους. Στην πραγματικότητα, τόσο η Γερμανία όσο και η Νέα Ζηλανδία έχουν δει καθίζηση-κίνηση της επιφάνειας της γης, ως αποτέλεσμα γεωθερμικών εγκαταστάσεων ενέργειας. Η υδραυλική ρωγμάτωση, απαραίτητο συστατικό της δημιουργίας σταθμών παραγωγής ενέργειας ενισχυμένου γεωθερμικού συστήματος (EGS), μπορεί να προκαλέσει σεισμούς. Σεισμός μεγέθους Ρίχτερ 3,4 Ρίχτερ σημειώθηκε στην

Ελβετία τον Ιανουάριο του 1997 ως αποτέλεσμα της κατασκευής γεωθερμικού σταθμού.

- **Κόστος:** Το κόστος των εμπορικών μονάδων γεωθερμίας είναι υψηλό. Η γεώτρηση και η εξερεύνηση νέων ταμιευτήρων έχουν απότομο τίμημα (συνήθως το ήμισυ του κόστους). Για μια γεωθερμική μονάδα ισχύος 1 μεγαβάτ (MW) , το συνολικό κόστος κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 2 και 7 εκατομμυρίων δολαρίων. Η πλειονότητα των γεωθερμικών πόρων δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί οικονομικά, τουλάχιστον όχι με την τρέχουσα κατάσταση της τεχνολογίας, το ποσό των επιδοτήσεων και το κόστος της ενέργειας.
- **Ανησυχίες βιωσιμότητας:** Κατά τη διάρκεια χιλιάδων ετών, το νερό της βροχής διαρρέει σε γεωθερμικούς ταμιευτήρες μέσω της επιφάνειας της γης. Σύμφωνα με μελέτες, εάν το υγρό λαμβάνεται γρηγορότερα από ό,τι παρέχεται, οι δεξαμενές μπορεί να αδειάσουν. Όταν έχει χρησιμοποιηθεί η θερμική ενέργεια (η ηλεκτρική ενέργεια έχει παραχθεί από τον στρόβιλο), μπορούν να καταβληθούν προσπάθειες για την άντληση υγρού πίσω στη γεωθερμική δεξαμενή. Η γεωθερμική ηλεκτρική ενέργεια είναι βιώσιμη εάν οι ταμιευτήρες διαχειρίζονται σωστά^[8].

1.5 Το μέλλον της γεωθερμικής ενέργειας

Μία από τις κύριες ανησυχίες σχετικά με την ανάπτυξη βελτιωμένων/ κατασκευασμένων γεωθερμικών συστημάτων (EGS) είναι ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί η γεωθερμική ενέργεια στο μέλλον. Τα βελτιωμένα γεωθερμικά συστήματα ορίζονται από τους Testeretal. ως «βελτιωμένοι ταμιευτήρες που έχουν σχεδιαστεί για να εξάγουν οικονομικά θερμότητα από γεωθερμικούς πόρους χαμηλής διαπερατότητας ή/και πορώδους». Τα βελτιωμένα Γεωθερμικά Συστήματα κυκλοφορούν νερό από την επιφάνεια μέσω θραυσμάτων που δημιουργούν ή έχουν πρόσβαση προκειμένου να ανακτήσουν θερμική ενέργεια από το υπέδαφος. Με την επαφή με θερμό πέτρωμα στο υπέδαφος, το εγχύομενο νερό θερμαίνεται και στη συνέχεια παράγεται πίσω στην επιφάνεια μέσω φρεατίων παραγωγής.

Η εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας, σύμφωνα με τον Bronicki, μπορεί να απελευθερώσει χιλιάδες μεγαβάτ ενέργειας. Για παράδειγμα, πιστεύεται ότι το τεχνικό δυναμικό για τα βελτιωμένα γεωθερμικά συστήματα στις Ηνωμένες Πολιτείες

είναι 100 GWe, το οποίο είναι περισσότερο από 30 φορές το σύνολο της εγκατεστημένης γεωθερμικής ικανότητας της χώρας από σήμερα. Αν και η τεχνολογία των βελτιωμένων γεωθερμικών συστημάτων δεν χρησιμοποιείται ευρέως, υπάρχουν μερικές παραγωγικές μονάδες σε λειτουργία, όπως η Soultz-sous-Forêts στη Γαλλία. Στους 200°C, γρανιτικά πετρώματα θεμελίωσης από ένα δυαδικό φυτό 3 MWe δημιουργούν ενέργεια.

Ένα νέο έργο γεωθερμικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής θερμοκρασίας αναμένεται να κοστίζει το 40% της συνολικής τιμής της γεώτρησης. Εξετάζονται διάφορες τεχνολογίες για την επιτάχυνση της γεώτρησης (μείωση των χρόνων γεώτρησης), την ενίσχυση της απόδοσης της γεώτρησης, την ευκολότερη ενεργοποίηση της γεώτρησης σε μεγαλύτερα βάθη και τη μείωση του κόστους γεώτρησης. Μεταξύ αυτών των τεχνολογιών είναι τεχνικές όπως η διάτρηση πλάσματος, η διάτρηση με λέιζερ και η διάτρηση παλμών. Όλες αυτές οι τεχνολογίες δεν έχουν ακόμη διατεθεί στην αγορά.

Η δυνατότητα αξιοποίησης της ενέργειας στο νερό που «συμπιέζεται» με πετρέλαιο από πετρελαιοπηγές είναι επίσης πιθανό να λάβει περισσότερη προσοχή στο μέλλον. Πολλές ώριμες πετρελαιοπηγές δημιουργούν μεγάλες ποσότητες νερού καθώς γερνούν (πολύ περισσότερο νερό παρά λάδι). Οι Liu et al. παρέχουν μια διαδικασία διαλογής για την αξιολόγηση της δυνατότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου (όσον αφορά τον ρυθμό ροής, τη θερμοκρασία φρεατίων, την κοπή νερού, τη θερμοκρασία του ταμειυτήρα, τη διαπερατότητα, το πορώδες κ.λπ.). Σύμφωνα με μια μελέτη περίπτωσης από τους Liu et al., ένα μόνο πηγάδι στο κοίτασμα πετρελαίου Villafortunae-Trecate μπορεί να παράγει 25 GWh ηλεκτρικής ενέργειας σε μια περίοδο δέκα ετών, με καθαρή παρούσα αξία έως και ένα εκατομμύριο ευρώ^[9].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.1 Εισαγωγή

Οι αντλίες θερμότητας είναι ικανές να παράγουν θερμότητα αποτελεσματικά, οικονομικά και με ελάχιστη ρύπανση. Από το 1800, η ιδέα των αντλιών θερμότητας έχει γίνει κατανοητή και οι εμπορικές εφαρμογές υπάρχουν εδώ και σχεδόν 60 χρόνια. Παρόμοια με τα ψυγεία, οι αντλίες θερμότητας μεταφέρουν θερμική ενέργεια από ένα μέσο χαμηλότερης σε υψηλότερη θερμοκρασία. Η χρησιμοποιήσιμη θερμότητα, συχνά σε θερμοκρασία κατάλληλη για τη διατήρηση ενός άνετου κλίματος μέσα σε ένα χώρο, είναι το τελικό αποτέλεσμα μιας αντλίας θερμότητας. Το γεγονός ότι οι αντλίες θερμότητας μεταδίδουν περισσότερη θερμική ενέργεια από όση απαιτείται για τη λειτουργία τους είναι ένα από τα πιο δελεαστικά χαρακτηριστικά τους.

Τα τρία βασικά συστήματα που απαρτίζουν τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (GHPs), γνωστές και ως αντλίες θερμότητας επίγειας πηγής (GSHPs), τα ενεργειακά συστήματα γης, τις αντλίες θερμότητας GeoExchange, τις αντλίες θερμότητας σε σύνδεση εδάφους και τα συστήματα επίγειας πηγής, είναι τα εξής:

- Γεωθερμική αντλία θερμότητας: Αλλάζει τη θερμοκρασία του εδάφους και μεταφέρει θερμότητα μεταξύ των κτιρίων.
- Σύνδεση γείωσης: Επιτρέπει την εξαγωγή θερμότητας από τη γείωση για χρήση στη μονάδα αντλίας θερμότητας μέσω βρόχου εναλλάκτη θερμότητας.
- Σύστημα διανομής θερμότητας εντός κτιρίου που ρυθμίζει τη θερμοκρασία.

Λόγω της ικανότητάς τους να δεσμεύουν και να επαναχρησιμοποιούν θερμική ενέργεια από τη γη, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να θεωρηθούν ως βιώσιμη τεχνολογία. Βασικά λειτουργούν ως εποχιακό σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε περιοχές όπου τα ετήσια φορτία θέρμανσης και ψύξης είναι σχεδόν ισορροπημένα. Παράγονται μεγαλύτερες κλίσεις θερμοκρασίας και η γη χρησιμοποιείται ως ψύκτρα ή πηγή σε σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό όπου υπάρχει σημαντική ετήσια ανισορροπία στη θερμότητα που απορρίπτεται και λαμβάνεται από τη γη. Η διάκριση μεταξύ μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας και άλλων

συστημάτων γεωθερμικής ενέργειας που βασίζονται μόνο στη γεωθερμική πηγή θερμότητας στα πετρώματα και τα ρευστά του φλοιού της γης είναι ωστόσο σημαντική και στα δύο σενάρια.

Η χρήση της αντλίας θερμότητας διακρίνει ένα σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας από ένα γνήσιο σύστημα γεωθερμίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι δύσκολο ή ανέφικτο να χρησιμοποιηθεί το έδαφος ως πηγή θερμότητας ή καταβόθρα στα βάθη που χρησιμοποιούνται συνήθως στα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας επίγειας πηγής χωρίς τη βοήθεια αντλίας θερμότητας. Ο περιορισμός αυτός προκύπτει από το γεγονός ότι μια σημαντική ποσότητα ανταλλαγής θερμότητας είναι συνήθως ανέφικτη λόγω του ότι η θερμοκρασία της γης είναι πολύ κοντά στη θερμοκρασία στην οποία πρέπει να παρέχεται θέρμανση ή ψύξη χώρου. Σε πιο βόρειες περιοχές, όπου υπόγεια ύδατα ή ύδατα από βαθιές λίμνες μπορεί να είναι διαθέσιμα σε θερμοκρασίες κάτω των 10°C και μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας για κλιματισμό, αυτός ο περιορισμός δεν ισχύει. Αυτά τα συστήματα με βάση το νερό έχουν χρησιμοποιηθεί για μια ποικιλία αναγκών ψύξης κτιρίων^[10].

2.2 Αντλίες θερμότητας

2.2.1 Εισαγωγή

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η αντλία θερμότητας (HeatPump) έχει εξελιχθεί σε μια εξελιγμένη τεχνολογία. Ωστόσο, δεν χρησιμοποιείται τόσο ευρέως όσο θα μπορούσε ή θα έπρεπε να είναι. Δεδομένου ότι μόνο ένα μικρό ποσοστό από τους μεγάλους κατασκευαστές συστημάτων ψύξης προσφέρουν αντλίες θερμότητας μεγάλης κλίμακας, η αρχική τιμολόγηση, ο σχεδιασμός του συστήματος και η ενσωμάτωση εξακολουθούν να είναι δύσκολα ζητήματα. Για να μειωθεί η καθαρή κατανάλωση ενέργειας και, κατά συνέπεια, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η ενέργεια πρέπει να χρησιμοποιείται αποτελεσματικά σε διαδικασίες όπως η τηλεψύξη και η θέρμανση, η ξήρανση και η συμπαραγωγή. Η εξοικονόμηση ενέργειας θα αποτελέσει κορυφαίο ζήτημα εταιρικής και κοινωνικής ευθύνης σε πολλές βιομηχανικές δραστηριότητες ως αποτέλεσμα της τελικής εφαρμογής ενός φόρου άνθρακα/ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα. Οι αντλίες θερμότητας έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν σημαντικά τα αέρια του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα τις

εκπομπές CO₂, όταν χρησιμοποιούνται για θέρμανση χώρων και παραγωγή θερμότητας σύμφωνα με πραγματικές μελέτες. Ο τύπος της αντλίας θερμότητας, το ενεργειακό μείγμα και η απόδοση ισχύος οδήγησης που χρησιμοποιείται έχουν αντίκτυπο στο πόσο φιλικό είναι το περιβάλλον. Η χρήση κάθε πηγής απορριπτόμενης θερμότητας που μπορεί να ανακτηθεί και να μετατραπεί σε πολύτιμα προϊόντα είναι μια σημαντική στρατηγική για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης πολλών βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Η αντλία θερμότητας, η οποία έχει τη δυνατότητα να ανακτήσει θερμική ενέργεια που διαφορετικά θα εξατλούνταν στο περιβάλλον και να τη διοχετεύσει σε τοποθεσίες όπου μπορεί να μετατραπεί για να παράγει χρήσιμα αποτελέσματα όπως η παραγωγή ζεστού νερού και για την παροχή θερμότητας στις κατοικίες ή ακόμα και για τον ευγενή σκοπό της αφαλάτωσης, γίνεται ένα κρίσιμο σύστημα θερμότητας για τη διευκόλυνση αυτής της προσέγγισης.

Προκειμένου να καταστούν οι αντλίες θερμότητας πιο ενεργειακά αποδοτικές, αναπτύσσοντας παράλληλα νέα υβριδικά συστήματα που αυξάνουν την απόδοση του συστήματος συνολικά, οι ερευνητικές δραστηριότητες επεκτείνονται καθώς συνεχίζουν να ανακαλύπτουν νέες εφαρμογές σε διάφορους κλάδους που σχετίζονται με την ενέργεια. Υπάρχουν διάφορα είδη αντλιών θερμότητας. Μερικοί χρειάζονται εξωτερική μηχανική βοήθεια, ενώ άλλοι χρειάζονται εξωτερική θερμική ενέργεια. Υπάρχουν διάφορες εφαρμογές για εμπορικές αντλίες θερμότητας που βασίζονται στον κύκλο συμπίεσης ατμών ή στον κύκλο απορρόφησης σε πολλούς τομείς. Ενώ αναπτύσσονται γρήγορα, οι νέες τεχνολογίες των αντλιών θερμότητας, όπως ο κύκλος προσρόφησης ή ο κύκλος χημικής αντίδρασης δεν έχουν ακόμη βρει ευρεία βιομηχανική χρήση^[11].

2.2.2 Τύποι αντλιών θερμότητας

A. Αντλία θερμότητας πηγής αέρα (με αεραγωγούς)

Η αντλία θερμότητας πηγής αέρα με αεραγωγούς, χρησιμοποιεί τον εξωτερικό αέρα για τη θέρμανση και την ψύξη μιας δομής. Όταν μια αντλία θερμότητας βρίσκεται στη λειτουργία θέρμανσης, αντλεί θερμότητα από τον εξωτερικό αέρα και τη μετακινεί σε εσωτερικούς χώρους, όπου διασκορπίζεται μέσω του αγωγού που υπάρχει ήδη σε ένα σπίτι. Η διαδικασία αντιστρέφεται στη λειτουργία ψύξης και η αντλία θερμότητας μετακινεί θερμότητα από το εσωτερικό του σπιτιού προς τα έξω.

B. Αντλία θερμότητας ψυχρού κλίματος

Μια αντλία θερμότητας ψυχρού κλίματος (ColdClimateHeatPump) λειτουργεί παρόμοια με μια συμβατική αντλία θερμότητας πηγής αέρα με αεραγωγούς, αλλά έχει σχεδιαστεί για να παρέχει περισσότερη θερμότητα σε ψυχρότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, χρησιμοποιώντας λιγότερη εφεδρική θερμότητα.

Γ. Υβριδική αντλία θερμότητας

Ένα τυπικό σύστημα υβριδικής αντλίας θερμότητας πηγής αέρα είναι παρόμοια με πολλούς τρόπους. Η μόνη διάκριση είναι ότι ένας κλιβανος αερίου χρησιμεύει ως η κύρια πηγή θερμότητας, σε αντίθεση με τις ηλεκτρικές ταινίες θέρμανσης. Σε οποιοδήποτε περιβάλλον και τόσο για νέες κατασκευές όσο και για μετασκευές, τα υβριδικά συστήματα είναι αποτελεσματικά. Η αντλία θερμότητας μετακινεί ζεστό αέρα έξω από το σπίτι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Λειτουργεί παρόμοια με ένα κεντρικό κλιματιστικό. Μια αντλία θερμότητας μπορεί να παρέχει επαρκή θέρμανση σε κάπως ψυχρές συνθήκες την άνοιξη και το φθινόπωρο, αλλά καθώς οι εξωτερικές θερμοκρασίες μειώνονται, η τυπική αντλία θερμότητας χάνει απόδοση και χωρητικότητα. Όταν είναι κάτω από 4,5°C, ο φούρνος αερίου ενεργοποιείται για να ζεστάνει γρήγορα το σπίτι. Ανάλογα με τη θερμοκρασία μέσα στο σπίτι, το σύστημα έχει ρυθμιστεί ώστε να εναλλάσσεται αυτόματα μεταξύ της χρήσης της αντλίας θερμότητας και του κλιβάνου.

Δ. Αντλία θερμότητας αέρα-νερού

Η θερμική ενέργεια από τον εξωτερικό αέρα μετατρέπεται σε νερό από μια αντλία θερμότητας αέρα-νερού, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τη θέρμανση ή την ψύξη εσωτερικών χώρων χρησιμοποιώντας ακτινοβόλα δάπεδα, οροφές ή τοίχους, fancoils ή άλλες τερματικές μονάδες. Επιπλέον, τα συστήματα μπορούν να θερμάνουν το οικιακό νερό που διατηρείται σε μονωμένη έμμεση δεξαμενή. Τα συστήματα αποτελούνται από μια εσωτερική μονάδα υδροξειδίου και μια εξωτερική μονάδα αντλίας θερμότητας αέρα-νερού. Το υδροκιβώτιο στεγάζει μια υψηλής απόδοσης, διπλής ηλεκτρικά μετακινούμενης μονάδας σωλήνα αντλίας κινητήρα μαζί με ένα ενσωματωμένο δοχείο αδρανείας, διανομέα καλωδίωσης και διεπαφή χρήστη, ενώ το εξωτερικό τμήμα της αντλίας θερμότητας μπορεί να περιλαμβάνει τεχνολογία

μετατροπέα, ανεμιστήρα μεταβλητής ταχύτητας και αθόρυβη λειτουργία. Ο σχεδιασμός που μοιάζει με συσκευή προσφέρει μείωση 50% στο χρόνο εγκατάστασης.

2.3 Συστήματα αντλιών θερμότητας

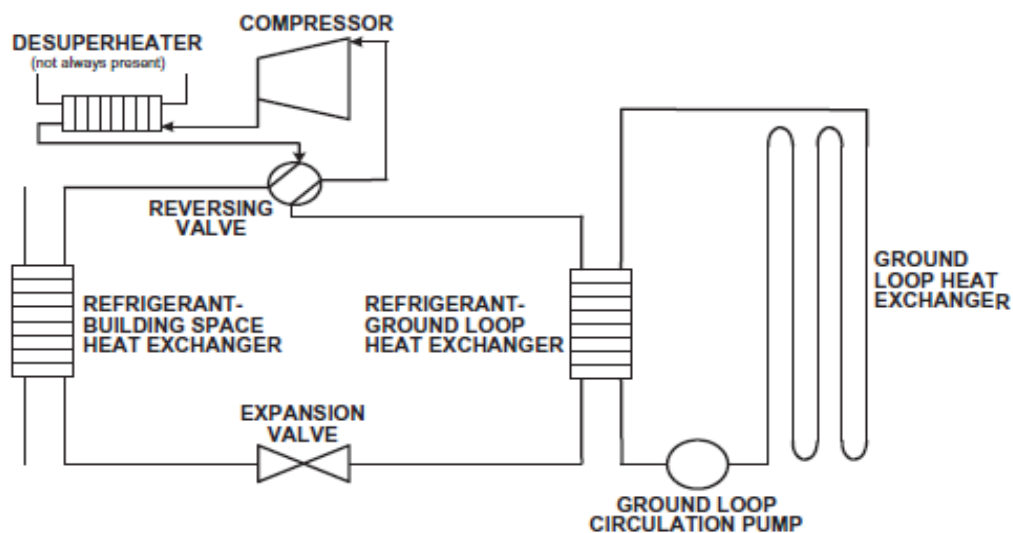
Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται σε αντλίες θερμότητας για την τροφοδοσία των συμπιεστών που κάνουν την εντατική λειτουργία της συγκέντρωσης και μεταφοράς θερμικής ενέργειας. Ο κύκλος ψύξης συμπίεσης ατμών είναι το βασικό λειτουργικό σύστημα για αντλίες θερμότητας. Η επιλογή ψυκτικού μέσου για το υγρό λειτουργίας της αντλίας θερμότητας εξαρτάται από τα συνολικά χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του συστήματος της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Ρυθμίζοντας την πίεση και τη θερμοκρασία μέσω συμπίεσης και διαστολής, μια γεωθερμική αντλία θερμότητας μεταφέρει θερμική ενέργεια μεταξύ της γης και του θερμαινόμενου χώρου. Μια αντλία θερμότητας έχει πέντε κύρια μέρη: έναν συμπιεστή, μια βαλβίδα εκτόνωσης, μια βαλβίδα αντεπιστροφής και δύο εναλλάκτες θερμότητας. Άλλα μικρά εξαρτήματα όπως ανεμιστήρες, σωλήνες και ελεγκτές είναι επίσης παρόντα και βοηθούν στη λειτουργία. Παρακάτω περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας για θέρμανση:

- Ο εξατμιστής λαμβάνει θερμική ενέργεια που λαμβάνεται από τη γη.
- Το ψυχρό ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον εξατμιστή μέσα στη μονάδα αντλίας θερμότητας σε κατάσταση υγρού ατμού. Η θερμοκρασία αυξάνεται ελαφρώς καθώς η θερμότητα μεταφέρεται από τη σύνδεση γείωσης στο ψυκτικό μέσο, προκαλώντας το βρασμό και μετατροπή του σε ατμό χαμηλής πίεσης.
- Όταν ο ατμός εισέρχεται σε έναν ηλεκτροκίνητο συμπιεστή, η πίεση αυξάνεται, δημιουργώντας έναν ατμό με υψηλή πίεση και θερμοκρασία.
- Ατμός με υψηλή θερμοκρασία εισέρχεται στον συμπυκνωτή. Η μετάδοση θερμότητας από το ψυκτικό στο κτίριο προκαλείται από την υψηλότερη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου από τον περιβάλλοντα χώρο. Κατά τη διαδικασία ψύξης και συμπύκνωσης, το ψυκτικό μέσο παράγει υγρό υψηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας.

- Ένα θερμό υγρό ρέει μέσω μιας βαλβίδας εκτόνωσης, η οποία μειώνει την πίεση και μειώνει τη θερμοκρασία του. Για να ξεκινήσει ένας νέος κύκλος, το ψυκτικό εισέρχεται στον εξατμιστή.

Πολλά συστήματα διαθέτουν λειτουργία ψύξης που απορρίπτει τη θερμική ενέργεια στο έδαφος αφαιρώντας την από ένα χώρο. Μια βαλβίδα αντεπιστροφής χρησιμοποιείται για τη μετατόπιση του υγρού στον κύκλο προς την άλλη κατεύθυνση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ψύξης. Οι εναλλάκτες θερμότητας εναλλάσσονται, με τον εναλλάκτη θερμότητας του κτιρίου να λειτουργεί ως εξατμιστής και τον εναλλάκτη θερμότητας σύνδεσης γείωσης ως συμπυκνωτή.

Ένας αποθερμαντήρας ή βοηθητικός εναλλάκτης θερμότητας, χρησιμοποιείται μερικές φορές σε συστήματα για την παροχή θερμότητας σε μια δεξαμενή ζεστού νερού (Εικόνα 9). Βρίσκεται στην έξοδο του συμπιεστή και χρησιμοποιεί τεχνολογία μεταφοράς θερμότητας για να μειώσει ή να εξαλείψει εντελώς την ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση του νερού μεταφέροντας θερμότητα από συμπιεσμένους ατμούς σε νερό που ρέει μέσω δεξαμενής ζεστού νερού.



Εικόνα 9: Βασική διάταξη του συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, συμπεριλαμβανομένου του αποθερμαντήρα. (πηγή: Self, S. J., Reddy, B. V., & Rosen, M. A. (2013). Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options. Applied energy, 101, 341-348.)

Η ενεργειακή απόδοση ή ο ποσοστιαίος λόγος της παραγόμενης ενέργειας προϊόντος προς την κινητήρια ενέργεια εισροής, χρησιμοποιείται συνήθως για τη μέτρηση της αξίας.

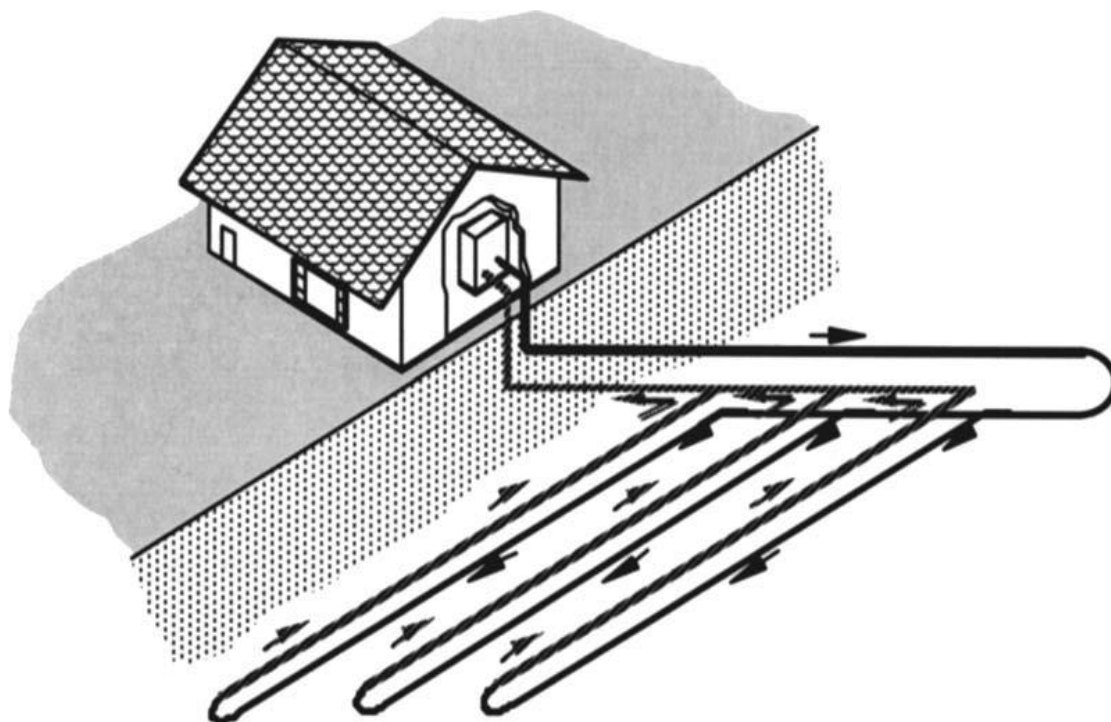
Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, οι αντλίες θερμότητας έχουν ενεργειακή απόδοση που είναι μεγαλύτερη από 100% επειδή παράγουν περισσότερη θερμότητα προϊόντος από ό, τι καταναλώνουν στην κινητήρια ενέργεια. Ο όρος συντελεστής απόδοσης (COP), ο οποίος χρησιμοποιείται για τις αντλίες θερμότητας και ορίζεται ως ο λόγος της θερμικής ενέργειας του προϊόντος προς την κινητήρια ενέργεια εισόδου, αποφεύγει αυτή την ασάφεια. Το τυπικό εύρος COP για γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι 3 έως 6, με την τιμή να εξαρτάται από τα μεγέθη του συστήματος, τις ποιότητες γης, τα βάθη εγκατάστασης, το περιφερειακό κλίμα και άλλους παράγοντες^[12].

2.4 Κύριοι τύποι αντλιών θερμότητας επίγειας πηγής

Οι αντλίες θερμότητας εδάφους (Ground Coupled Heat Pumps), οι αντλίες θερμότητας υπόγειου νερού (Ground Water Heat Pumps) και οι αντλίες θερμότητας επιφανειακού νερού (Surface Water Heat Pumps) είναι οι τρεις κύριες κατηγορίες αντλιών θερμότητας επίγειας πηγής. Παρακάτω αναφέρονται περισσότερες πληροφορίες σχετικά με καθένα από αυτά.

Οι αντλίες θερμότητας που συνδέονται με το έδαφος "συνδέουν" τα συστήματα αντλιών θερμότητας με το έδαφος θάβοντας κλειστά κυκλώματα σωλήνων που ανταλλάσσουν θερμότητα μαζί του. Ένα υγρό συνήθως νερό ή ένα αντιψυκτικό διάλυμα με βάση το νερό, κυκλοφορεί σε υπόγεια κυκλώματα σωλήνων για να πραγματοποιήσει αυτή τη διαδικασία ανταλλαγής θερμότητας. Τα υπόγεια κυκλώματα σωλήνων αποτελούνται είτε από κάθετες είτε από οριζόντιες συστοιχίες σωλήνων ειδικού σκοπού πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας που λειτουργούν ως εναλλάκτες θερμότητας με τη γη (Εικόνα 10). Απλά δημιουργώντας τρύπες στη γη και τοποθετώντας ένα "u-tube" στην τρύπα θα δημιουργήσει κάθετους εναλλάκτες θερμότητας. Σε αντίθεση με τη γεώτρηση για ένα τυπικό πηγάδι νερού αυτή η μορφή γεώτρησης συχνά δεν απαιτεί τόσο εξελιγμένα εργαλεία ή μεθόδους γεώτρησης. Εκτός από την απαίτηση λιγότερης γης, η κατακόρυφη σύζευξη εδάφους έχει επίσης τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: Προσαρμοστικότητα στις περισσότερες τοποθεσίες και σταθερές ή βαθιές θερμοκρασίες εδάφους με καλύτερη δυνατότητα ανταλλαγής

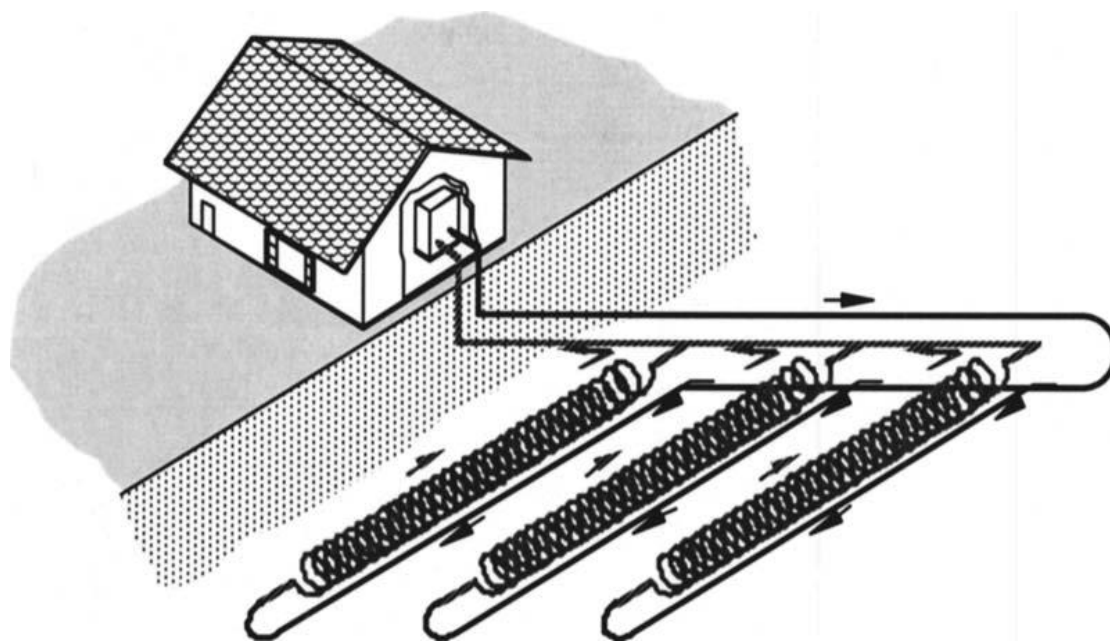
θερμότητας με υπόγεια ύδατα. Η ανάγκη για εξειδικευμένο γεωτρύπανο και εγκατάσταση, οι σημαντικές αυξήσεις κόστους και τα προβλήματα με ορισμένους γεωλογικούς σχηματισμούς είναι μερικά μειονεκτήματα της κατακόρυφης σύζευξης εδάφους.



Εικόνα10: Οριζόντια αντλία θερμότητας εδάφους (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermal heat pumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.)

Τα εργαλεία εκσκαφής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκσκαφή τάφρων στις οποίες μπορούν να εισαχθούν οριζόντιοι εναλλάκτες θερμότητας. Είτε ένας μόνο σωλήνας είτε μια ομάδα σωλήνων μπορεί να τοποθετηθεί στις τάφρους. Το χαμηλότερο κόστος είναι το κύριο όφελος των οριζόντιων συστημάτων. Αυτό οφείλεται κυρίως στις λιγότερες απαιτήσεις για εξειδικευμένες γνώσεις και εργαλεία, καθώς και στη μειωμένη ασάφεια στις συνθήκες του υπεδάφους. Η χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής θερμότητας με τα υπόγεια ύδατα και οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στα κανονικά βάθη ταφής είναι τα μειονεκτήματα της οριζόντιας σύζευξης εδάφους.

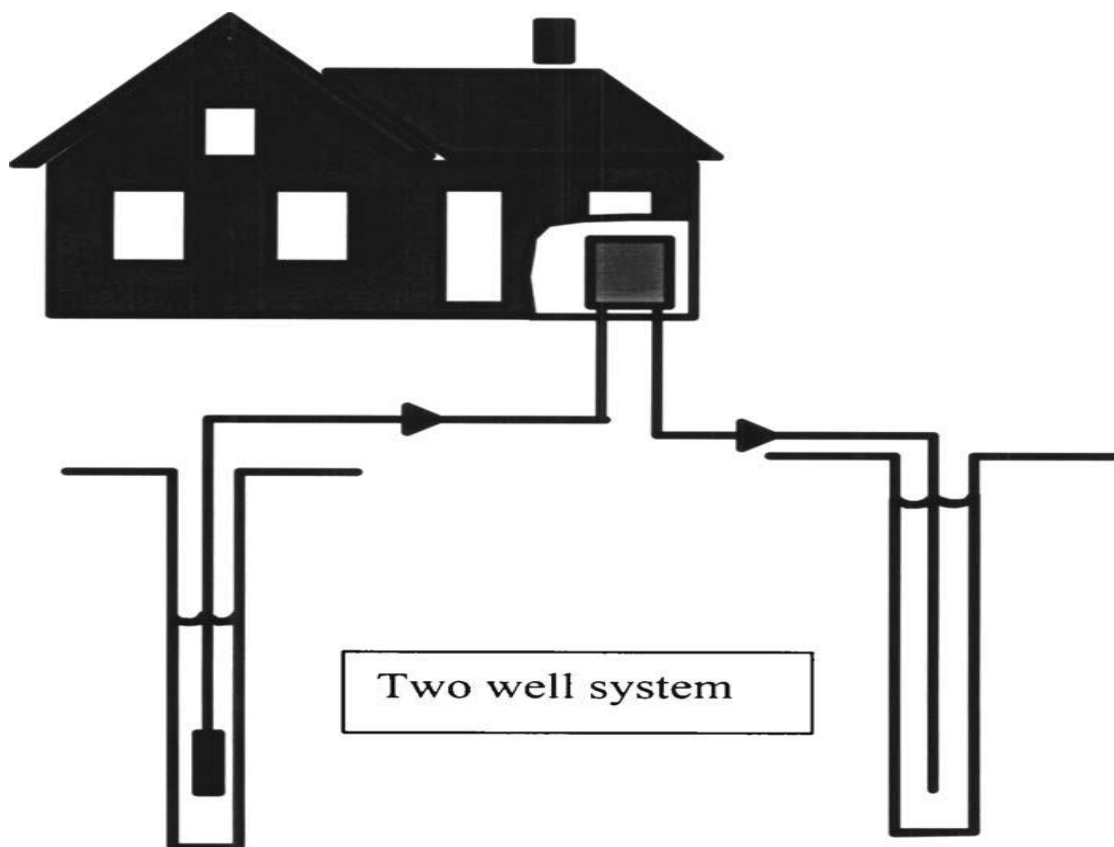
Η μέθοδος "slinky" (Εικόνα 11) είναι ένας εναλλακτικός τρόπος εγκατάστασης ενός οριζόντιου εναλλάκτη θερμότητας. Ένας μεγάλος λάκκος σκάβεται χρησιμοποιώντας μπουλντόζα, εκσκαφέα, τσάπα ή φορτωτή όταν χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη τεχνική. Αντί να είναι αποσυνδεδεμένα τα πλαστικά πηνία σωληνώσεων απλώνονται σε σχήμα στριμμένου παιχνιδιού. Πριν τα πηνία συνδεθούν μεταξύ τους για να διατηρηθεί η σωστή απόσταση, χρησιμοποιείται συνήθως ένα εξάρτημα για την επίτευξη ομοιόμορφης απόστασης πηνίου.



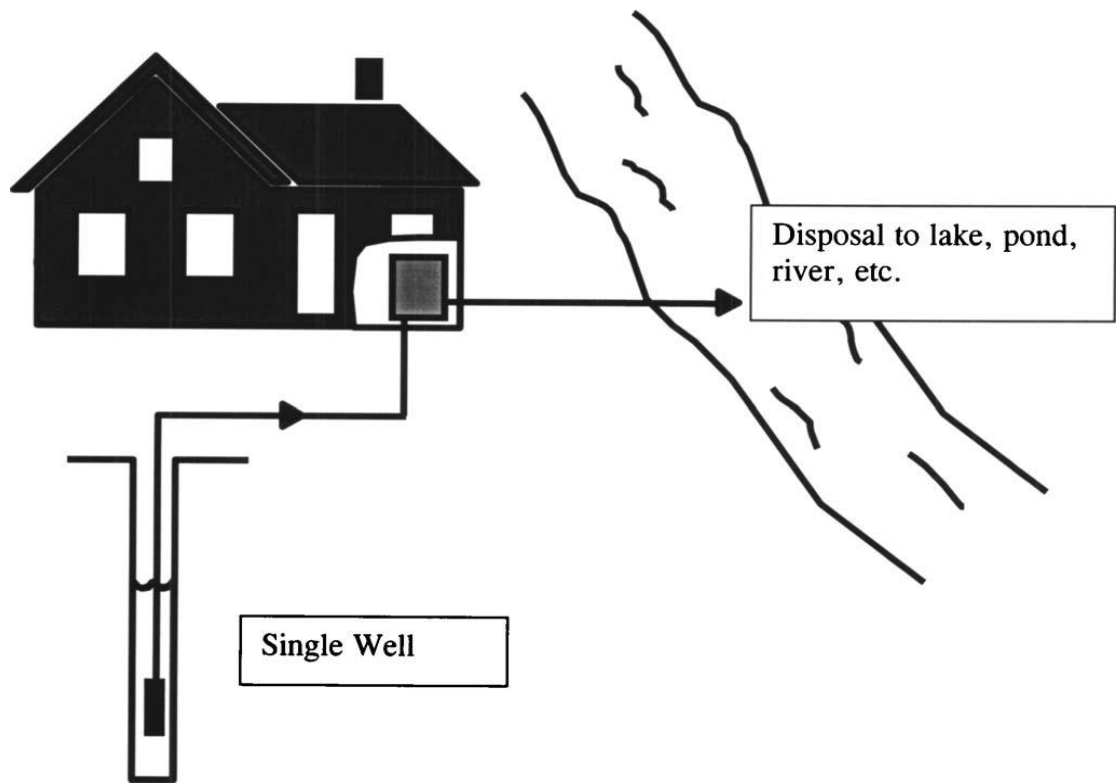
Εικόνα 11: Οριζόντια αντλία θερμότητας εδάφους τύπου 'slinky' (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermalheatpumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38)

Ο πρώτος τύπος αντλίας θερμότητας επίγειας πηγής είναι αντλία θερμότητας υπόγειου νερού. Αυτά τα συστήματα αντλούν νερό από το έδαφος, το θερμαίνουν και είτε το επιστρέφουν στη γη (Εικόνα 12) είτε το απορρίπτουν στην επιφάνεια (Εικόνα 13), ανάλογα με τις περιστάσεις. Τις περισσότερες φορές, ιδιαίτερα σε πιο σύνθετες εφαρμογές, αυτά τα συστήματα έχουν το χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης. Δυστυχώς, η προσβασιμότητα των υπόγειων υδάτων περιορίζει τη χρήση τους. Η ποιότητα του νερού είναι λιγότερο ανησυχητική για τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις από ό,τι θα πίστευε κανείς, επειδή οι εναλλάκτες θερμότητας χρησιμοποιούνται για

να διαχωρίσουν τις αντλίες θερμότητας από τα υπόγεια ύδατα. Είναι δυνατή η παροχή ενός κεντρικού εναλλάκτη θερμότητας για μια ολόκληρη δομή, συχνά τύπου πλάκας και πλαισίου που μπορεί εύκολα να καθαριστεί εάν είναι απαραίτητο, διαχωρίζοντας τις αντλίες θερμότητας από τα υπόγεια ύδατα. Το κλειδί για την επίλυση προβλημάτων με τα συστήματα αντλιών θερμότητας υπόγειου νερού είναι να αποφευχθεί η επαφή των υπόγειων υδάτων με το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα. Αρκετά πρώιμα συστήματα αντλιών θερμότητας υπόγειου νερού απέτυχαν πρόωρα ως αποτέλεσμα της αποτυχίας αναγνώρισης αυτού του ζητήματος και παροχής ενός απομονωμένου εναλλάκτη θερμότητας.

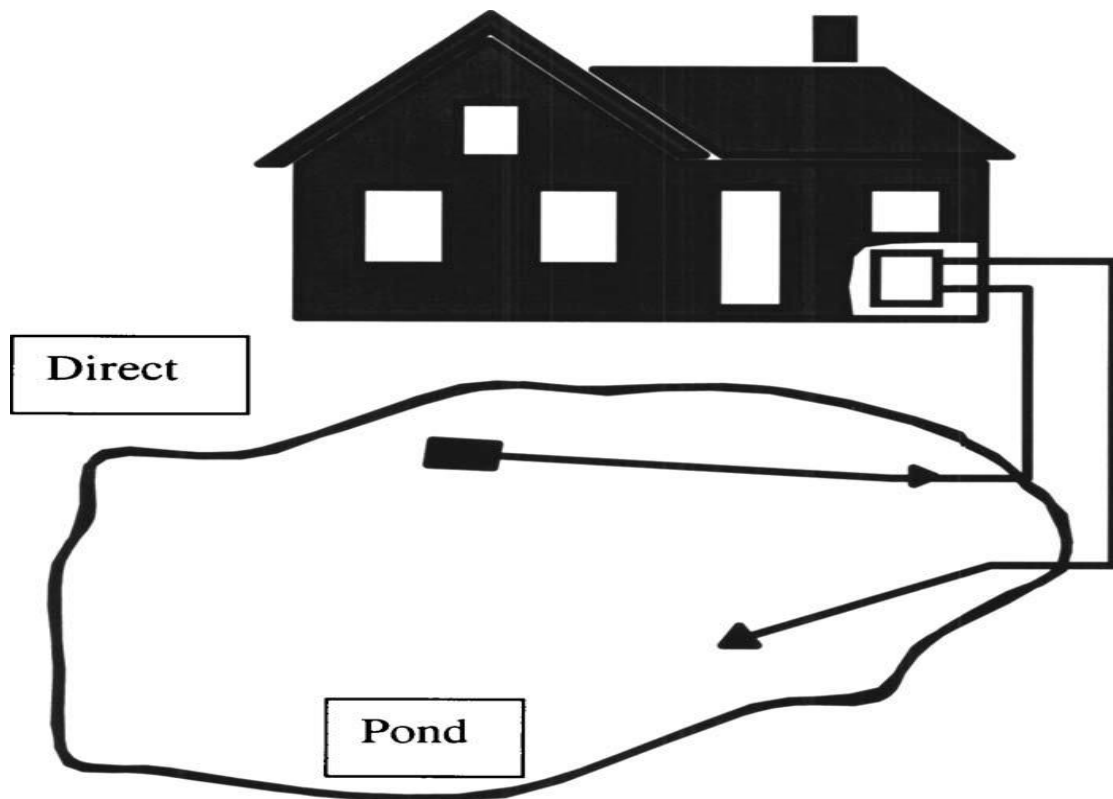


Εικόνα 12: Αντλία θερμότητας υπογείου νερού με επανέγχυση (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermalheatpumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.)

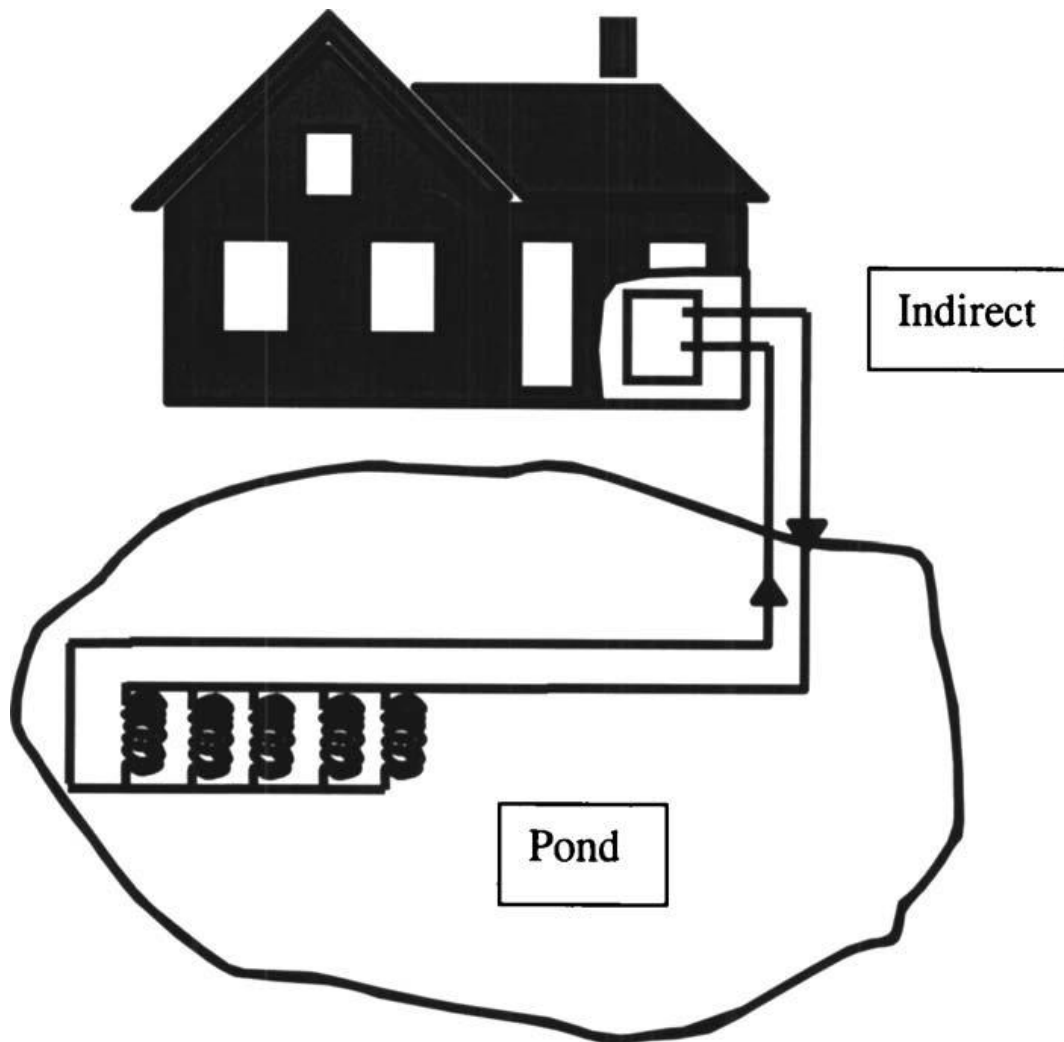


Εικόνα 13: Αντλία θερμότητας υπόγειου νερού με επιφανειακή απόρριψη (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermalheatpumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.)

Οι αντλίες θερμότητας επιφανειακών υδάτων εκχυλίζουν ή απελευθερώνουν θερμότητα σε συστήματα επιφανειακών υδάτων. Αυτό μπορεί μερικές φορές να επιτευχθεί απευθείας με σωληνώσεις νερού από το υδάτινο σώμα προς και από την αντλία θερμότητας (Εικόνα 14), αλλά μπορεί επίσης να επιτευχθεί με «σύζευξη», η οποία απαιτεί τη χρήση πλαστικών σωλήνων ειδικού σκοπού που βυθίζονται στο υδάτινο σώμα (Εικόνα 15).



Εικόνα 14: Σύστημα αντλίας θερμότητας άμεσου επιφανειακού νερού (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermalheatpumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.)



Εικόνα15: Έμμεσο σύστημα αντλίας θερμότητας επιφανειακών υδάτων (πηγή: Phetteplace, G. (2007). Geothermalheatpumps. Journal of Energy Engineering, 133(1), 32-38.)

Η αντλία θερμότητας άμεσης επέκτασης επίγειας πηγής είναι μια άλλη ποικιλία συστήματος αντλιών θερμότητας επίγειας πηγής. Αντί να χρησιμοποιεί νερό ή αντιψυκτικό διάλυμα ως ενδιάμεσο υγρό μεταφοράς θερμότητας, το σύστημα άμεσης διαστολής της αντλίας θερμότητας επίγειας πηγής αντλεί ψυκτικό απευθείας στις σωληνώσεις που είναι θαμμένες στο έδαφος. Ένα σύστημα αντλίας θερμότητας

επίγειας πηγής που χρησιμοποιεί νερό ή αντιψυκτικό διάλυμα ως ενδιάμεσο υγρό μεταφοράς θερμότητας μπορεί να μην είναι τόσο αποτελεσματικό όσο ένα σύστημα αντλίας θερμότητας άμεσης διαστολής. Ωστόσο, σε αντίθεση με μια αντλία θερμότητας επίγειας πηγής, δεν έχει το προφανές πλεονέκτημα ότι περιέχει ολόκληρο το ψυκτικό φορτίο που περιέχεται στην εργοστασιακά κατασκευασμένη συσκευή. Οι αντλίες θερμότητας άμεσης επέκτασης επίγειας πηγής έχουν μόνο λίγες χρήσεις μέχρι σήμερα και είναι άγνωστο πώς αυτό το σύστημα θα επηρεάσει το περιβάλλον.

2.5 Οφέλη των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Το γεγονός ότι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας καταναλώνουν 25% έως 50% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης ή ψύξης είναι το κύριο πλεονέκτημά τους. Αυτό μεταφράζεται σε μια γεωθερμική αντλία θερμότητας που μεταφέρει τρεις μονάδες θερμότητας από τη γη χρησιμοποιώντας μία μονάδα ενέργειας. Σε σύγκριση με τις αντλίες θερμότητας πηγής αέρα και την ηλεκτρική θέρμανση αντίστασης που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τον κανονικό εξοπλισμό κλιματισμού, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και τις σχετικές εκπομπές έως και 44% και 72%, αντίστοιχα, σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (GHPs) είναι ιδιαίτερα αποδοτικές σε υγρά περιβάλλοντα επειδή διατηρούν εσωτερική σχετική υγρασία περίπου 50%. Αυτό βελτιώνει τον έλεγχο της υγρασίας.

Τα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε νέες κατασκευές όσο και σε μετασκευές, επιτρέποντας μεγαλύτερη σχεδιαστική ελευθερία. Επίσης, το υλικό μπορεί να καταλαμβάνει λιγότερο χώρο από ένα τυπικό σύστημα HVAC, απελευθερώνοντας έτσι χώρο για άλλες χρήσεις. Τα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας είναι επίσης εξαιρετικά στον κλιματισμό χώρου "ζώνης", ο οποίος επιτρέπει είτε την θέρμανση είτε την ψύξη διαφορετικές "ζώνες" του σπιτιού, σε διάφορες θερμοκρασίες.

Τα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας διαθέτουν εγγυήσεις για τις υπόγειες σωληνώσεις 25 έως 50 ετών και οι αντλίες θερμότητας διαρκούν συχνά 20 χρόνια ή περισσότερο. Τα εξαρτήματα τα οποία βρίσκονται εντός της κατοικίας είναι

επίσης εύκολα προσβάσιμα, γεγονός που αυξάνει το επίπεδο άνεσης και διασφαλίζει ότι η συντήρηση ολοκληρώνεται εγκαίρως.

Καθώς οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας δεν διαθέτουν εξωτερικές μονάδες συμπύκνωσης όπως κλιματιστικά, δεν χρειάζεται να υπάρξει οποιαδήποτε ανησυχία σχετικά με τον θόρυβο που προέρχεται από το εξωτερικό του σπιτιού. Οι χρήστες συχνά δεν γνωρίζουν ότι ένα σύστημα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας δύο ταχυτήτων είναι σε λειτουργία λόγω του πόσο αθόρυβο είναι μέσα σε ένα σπίτι.

2.6 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έναντι των συμβατικών αντλιών θερμότητας

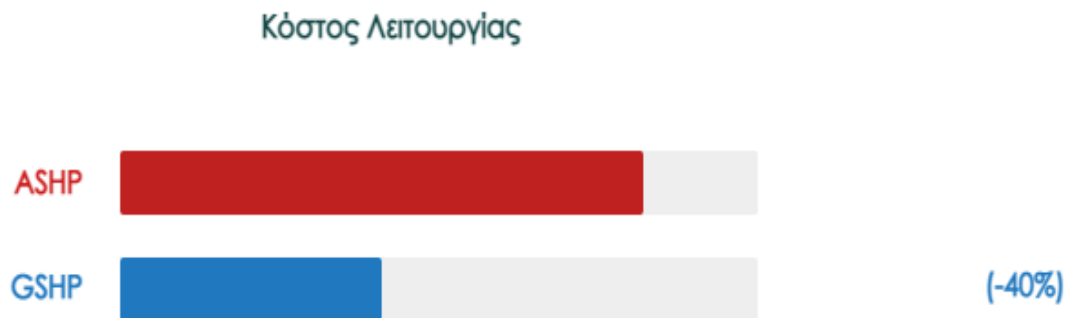
Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούν τις σχετικά σταθερές θερμοκρασίες εδάφους, οι οποίες είναι πολύ πιο ομοιόμορφες από τις θερμοκρασίες του αέρα, για να παράγουν θερμότητα που είναι σημαντικά πιο ενεργειακά αποδοτική ακόμη και από τις συμβατικές αντλίες θερμότητας, παρά το γεγονός ότι λειτουργούν πανομοιότυπα. Συγκρίνοντας τα γεωθερμικά συστήματα με τα συστήματα συμβατικών αντλιών θερμότητας, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί κατά περίπου 25% έως 50%. Τις πιο κρύες νύχτες του χειμώνα, οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας φτάνουν σε σημαντική απόδοση (300%-600%).

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να θερμαίνουν, να ψύχουν και, εάν είναι εξοπλισμένες, να τροφοδοτούν το σπίτι με ζεστό νερό, όπως και κάθε άλλη αντλία θερμότητας. Για πρόσθετη άνεση και ενεργειακή απόδοση, ορισμένα μοντέλα γεωθερμικών συστημάτων διαθέτουν μεταβλητούς ανεμιστήρες και συμπιεστές δύο ταχυτήτων. Οι αντλίες αυτές, ξεπερνούν τις συμβατικές αντλίες θερμότητας όσον αφορά το επίπεδο θορύβου, τη διάρκεια ζωής, την ευκολία συντήρησης και την ανεξαρτησία από τη θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος.

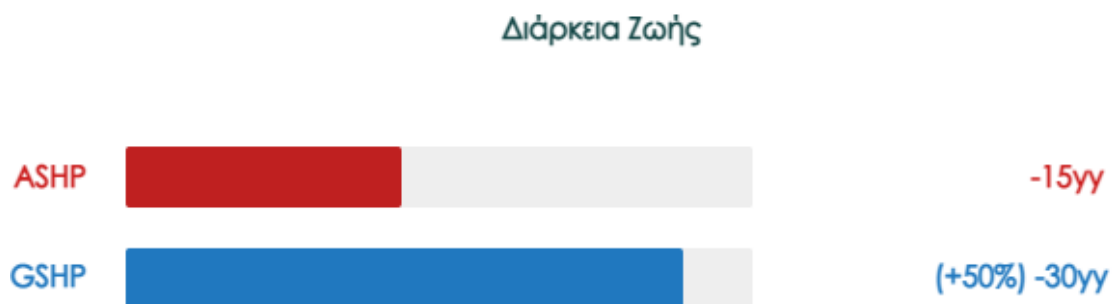
Μια αντλία θερμότητας διπλής πηγής συνδυάζει μια γεωθερμική αντλία θερμότητας με μία αντλία θερμότητας πηγής αέρα. Οι αντλίες θερμότητας διπλής πηγής είναι πιο αποδοτικές από τις συμβατικές μονάδες πηγής αέρα, αν και υπολείπονται των γεωθερμικών συστημάτων όσον αφορά την απόδοση. Το βασικό πλεονέκτημα των

συστημάτων διπλής πηγής είναι ότι είναι πολύ λιγότερο δαπανηρά στην εγκατάσταση από μια μεμονωμένη γεωθερμική μονάδα, ενώ αποδίδουν σχεδόν εξίσου καλά^[1e].

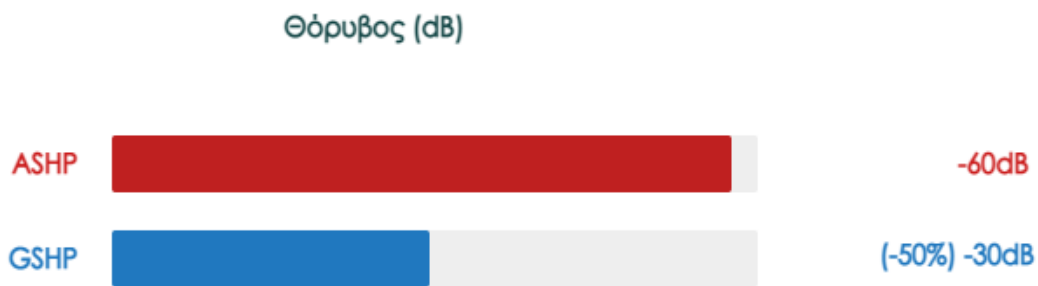
Σύμφωνα με συγκρίσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε πεδία στην περιοχή της Κρήτης^[2e], παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα σχήματα στα οποία εμφανίζονται διαφορές μεταξύ μίας αντλίας θερμότητας πηγής αέρος (Air SourceHeatPump-ASHP) με μία γεωθερμική αντλία θερμότητας (GroundSourceHeatPump-GSHP):



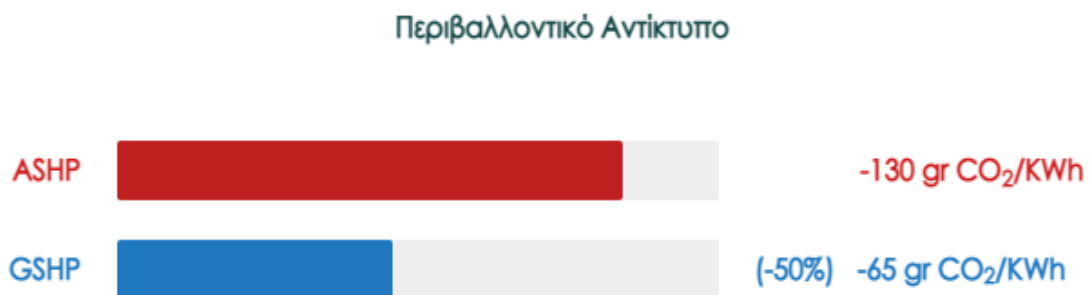
Σχήμα 1: Διαφορές μεταξύ αντλίας θερμότητας πηγής αέρος με γεωθερμική αντλία θερμότητας στο κόστος λειτουργίας (πηγή: <https://whelveenergy.gr/pleonektimata-geothermikon-systimaton/>)



Σχήμα 2: Διαφορές μεταξύ αντλίας θερμότητας πηγής αέρος με γεωθερμική αντλία θερμότητας στην διάρκεια ζωής (πηγή: <https://whelveenergy.gr/pleonektimata-geothermikon-systimaton/>)



Σχήμα 3: Διαφορές μεταξύ αντλίας θερμότητας πηγής αέρος με γεωθερμική αντλία θερμότητας στο θόρυβο (πηγή: <https://whelveenergy.gr/pleonektimata-geothermikon-systimaton/>)



Σχήμα 4: Διαφορές μεταξύ αντλίας θερμότητας πηγής αέρος με γεωθερμική αντλία θερμότητας στο περιβαλλοντικό αντίκτυπο (πηγή: <https://whelveenergy.gr/pleonektimata-geothermikon-systimaton/>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: RETSCREEN EXPERT

3.1 Συνοπτική παρουσίαση RETScreen Expert

Το Λογισμικό Διαχείρισης Καθαρής Ενέργειας, το οποίο για συντομία αναφέρεται ως RETScreen, είναι ένα εργαλείο για την ανάλυση των έργων ενεργειακής απόδοσης, ανανεώσιμης ενέργειας και συμπαραγωγής ενέργειας, καθώς και για την ανάλυση της εν εξελίξει ενεργειακής απόδοσης. Δίνει την δυνατότητα σε επαγγελματίες να εντοπίσουν, εκτιμήσουν και βελτιστοποιήσουν την τεχνική και οικονομική βιωσιμότητα των έργων καθαρής ενέργειας, μέσω της νοημοσύνης των αποφάσεων, η οποία επιτρέπει εύκολα, στους αρμόδιους που λάβουν αποφάσεις, να μετρούν και να επαληθεύουν την πραγματική απόδοση των εγκαταστάσεών τους και τους βοηθά να εντοπίζουν νέες ευκαιρίες εξοικονόμησης ή και παραγωγής ενέργειας. Το RETScreen κυκλοφόρησε πρώτη φορά το 1998 και τελεί υπό την εποπτεία και την οικονομική ενίσχυση του Ερευνητικού Κέντρου Canmet ENERGY Varennes του Natural Resources Canada, ενός τμήματος της Κυβέρνησης του Καναδά, αλλά η ομάδα συνεργάζεται με πλήθος άλλων κυβερνητικών και πολυμερών οργανισμών από το βιομηχανικό και ακαδημαϊκό χώρο^[3e].



Εικόνα16: RETScreenExpert

Η επικαιροποιημένη έκδοση του RETScreen είναι το RETScreen Expert(Εικόνα 16), το οποίο κυκλοφόρησε το 2016, όταν παρουσιάστηκε στη Διυπουργική Επιτροπή Καθαρής Ενέργειας στο Σαν Φρανσίσκο. Το RETScreen Expert παρέχεται δωρεάν και παρέχει πρόσβαση στο σύνολο των λειτουργιών του, σε αντίθεση με τις

προηγούμενες εκδόσεις του RETScreen (RETScreen Έκδοση 4, RETScreenPlus και RETScreenSuite). Το RETScreen Expert περιέχει βιβλιοθήκες με βάσεις δεδομένων κλιματολογικών συνθηκών από επίγειους σταθμούς και δορυφορικά δεδομένα της NASA, βάσεις δεδομένων αναφοράς, κόστους, δεδομένων έργων, προϊόντων και μια υδρολογική βάση δεδομένων. Ουσιαστικά, το RETScreen Expert, χρησιμοποιεί αρχικά πρότυπα για την αποτίμηση των έργων και προσφέρει την δυνατότητα ανάλυσης χαρτοφυλακίου^[4e].

Το λογισμικό χρησιμοποιείται παγκοσμίως για την υλοποίηση έργων καθαρής ενέργειας και πιο συγκεκριμένα έχει χρησιμοποιηθεί στα εξής:

- για την βελτίωση του EmpireStateBuilding στην Νέα Υόρκη, ώστε να είναι ενεργειακά αποδοτικό,
- σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις στον Καναδά,
- στην βιομηχανία αιολικής ενέργειας στην Ιρλανδία,
- για την βελτιστοποίηση της βιοενέργειας της ManitobaHydro (εταιρεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου στην επαρχία της Manitoba του Καναδά),
- για την παρακολούθηση της ενεργειακής απόδοσης σε σχολεία στο Οντάριο (επαρχία του Καναδά),
- για την ενεργειακή διαχείριση σε πανεπιστημιούπολεις,
- για την αποτίμηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στο Τορόντο του Καναδά,
- για την ανάλυση της ηλιακής θέρμανσης αέρα στις εγκαταστάσεις της Πολεμικής Αεροπορίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (ΗΠΑ) και
- για τις δημοτικές εγκαταστάσεις και την βελτίωση αυτών σε εγκαταστάσεις ενεργειακής απόδοσης σε δήμους του Οντάριο.

Ωστόσο η χρήση του λογισμικού έχει και διδακτικό και ερευνητικό χαρακτήρα καθώς χρησιμοποιείται σε πολλά πανεπιστήμια και κολλέγια, παγκοσμίως.

Σύμφωνα με την Διεθνή Ακαδημία Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, το RETScreen Expert έχει, μέχρι στιγμής, παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

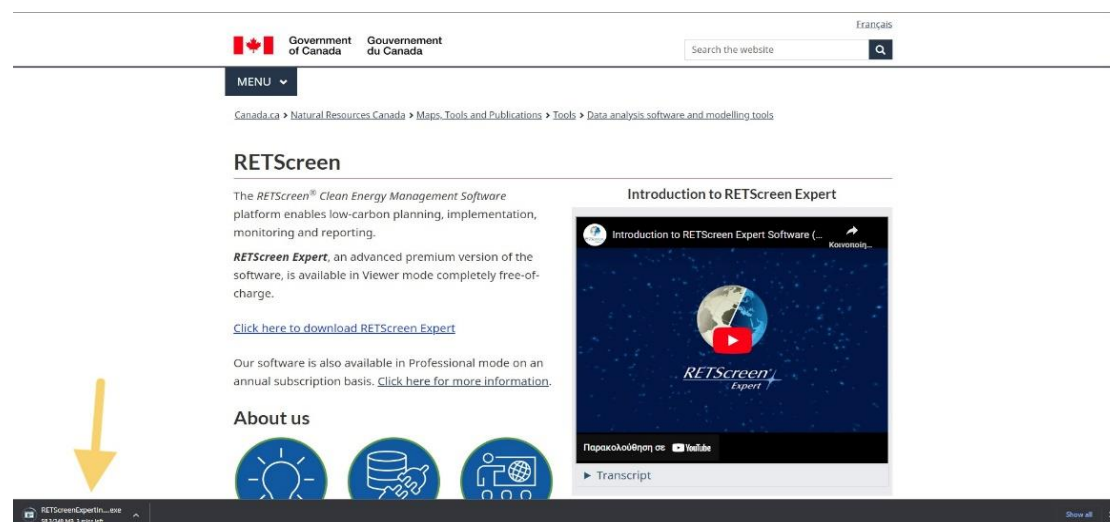
- Μεγάλη μείωση του κόστους και του χρόνου για τον εντοπισμό και την αποτίμηση πιθανών επενδύσεων καθαρής ενέργειας,

- Άμεση εξοικονόμηση χρημάτων από τους χρήστες άνω των 20 δισεκατομμυρίων δολαρίων έως το τέλος του 2022 και
- Επιτεύχθηκε μείωση των εκπομπών τουλάχιστον 50MT CO₂ ανά έτος στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου[5e].

Το RETScreen Expert χρησιμοποιήθηκε για επενδύσεις έργων τουλάχιστον 100 δισεκατομμυρίων δολαρίων και ουσιαστικά συνείσφερε στην ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας, στην μείωση των αερίων θερμοκηπίου και της ρύπανσης και στην ενεργειακή ασφάλεια.

3.2 Εγκατάσταση λογισμικού σε Η/Υ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το λογισμικό RETScreen Expert διατίθεται δωρεάν, για όποιον επιθυμεί να το χρησιμοποιήσει, μέσω της ιστοσελίδας NaturalResourcesCanada.



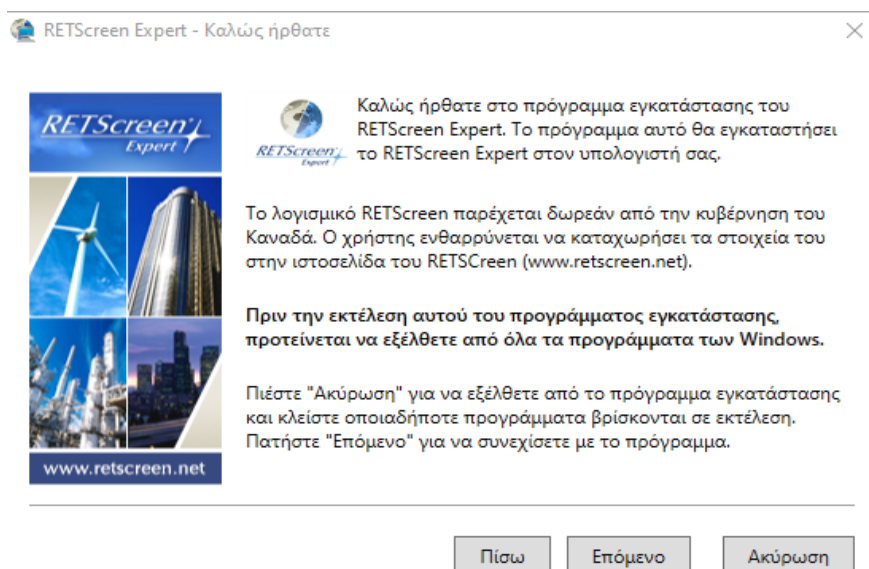
Εικόνα17: Λήψη λογισμικού

Αφού ολοκληρωθεί η λήψη του λογισμικού (Εικόνα 17), τότε το αρχείο θα ανοίξει και θα πρέπει να επιλεγεί η γλώσσα που επιθυμεί ο χρήστης. Για την εργασία αυτή θα επιλεγεί η ελληνική γλώσσα(Εικόνα 18).

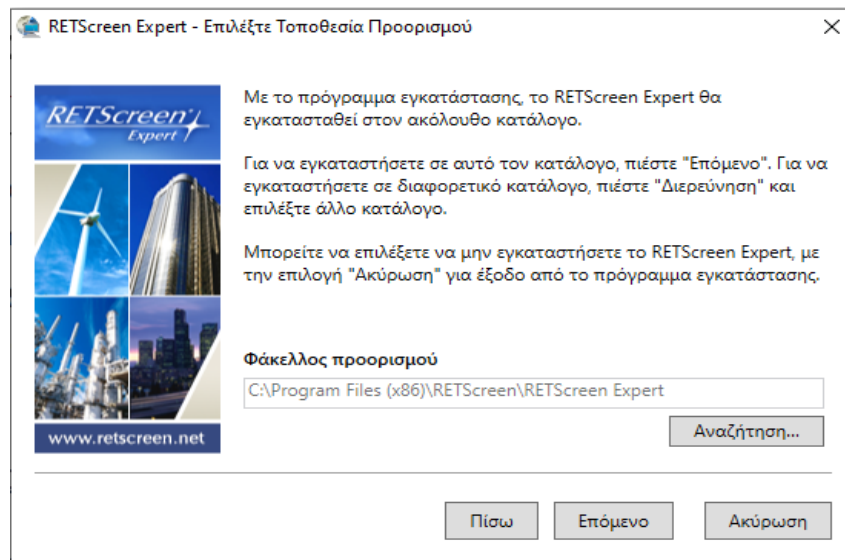


Εικόνα18: Επιλογή γλώσσας λογισμικού

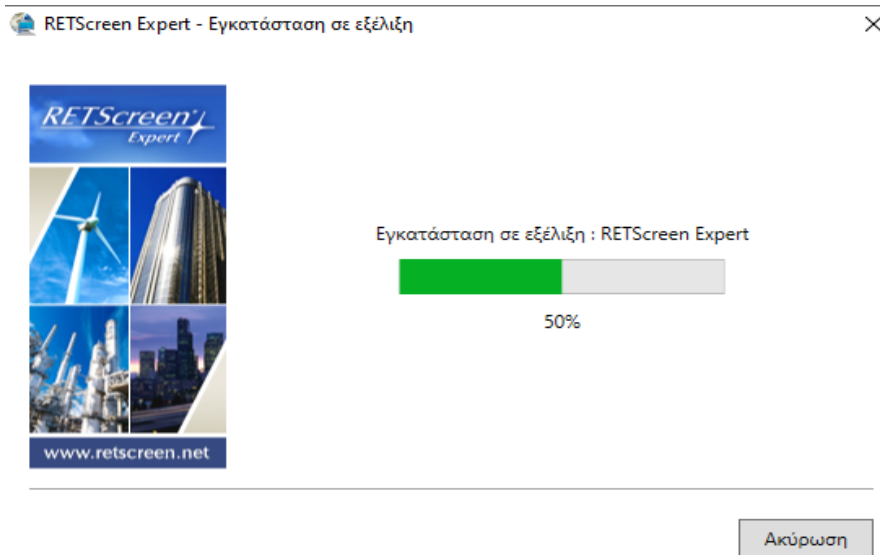
Αφού επιλεγεί η επιθυμητή γλώσσα, εμφανίζεται το παράθυρο, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 19 και αφού ο χρήστης προχωρήσει στο επόμενο βήμα και συμφωνήσει με του όρους της Άδειας Χρήσης, τότε το πρόγραμμα εγκατάστασης επιλέγει μια τοποθεσία στον υπολογιστή, ώστε να εγκατασταθεί (Εικόνα 20). Αν ο χρήστης επιθυμεί να εγκατασταθεί σε άλλη τοποθεσία το πρόγραμμα, τότε μπορεί να αλλάξει χειροκίνητα τον φάκελο προορισμού και να προχωρήσει στο επόμενο βήμα, το οποίο είναι η εγκατάσταση (Εικόνα 21).



Εικόνα 19: Έναρξη εγκατάστασης προγράμματος



Εικόνα 20: Επιλογή τοποθεσίας προορισμού



Εικόνα 21: Εγκατάσταση προγράμματος σε εξέλιξη

Η εγκατάσταση του προγράμματος ολοκληρώνεται επιτυχώς, εμφανίζοντας το παράθυρο που απεικονίζεται στην Εικόνα 22 και πατώντας την επιλογή Τερματισμός.



✔ Το RETScreen Expert, εγκαταστάθηκε επιτυχώς.

Πως γίνεται η εκκίνηση χρήσης του RETScreen ?

Μπορείτε να ξεκινήσετε το RETScreen Expert, επιλέγοντας τα εγκατεστημένα εικονίδια στην επιφάνεια εργασίας ή στο μενού των αρχείων προγραμμάτων.

Πως γίνεται η απεγκατάσταση του RETScreen ?

Μπορείτε να απεγκαταστήσετε το RETScreen International χρησιμοποιώντας το παράθυρο "Προσθήκη/Αφαίρεση Προγραμμάτων" στον Πίνακα Ελέγχου.

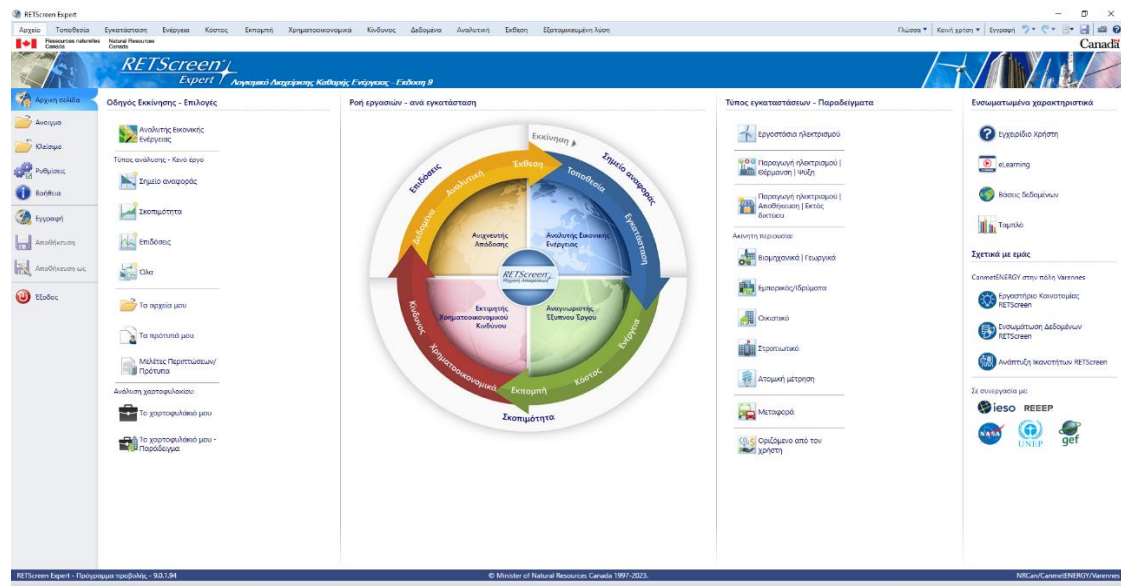
Πιέστε "Τερματισμός" για να ολοκληρωθεί η εγκατάσταση και να εξέλθετε του προγράμματος εγκατάστασης.

Τερματισμός

Εικόνα 22: Επιτυχής εγκατάσταση προγράμματος

3.3 Επεξήγηση προγράμματος

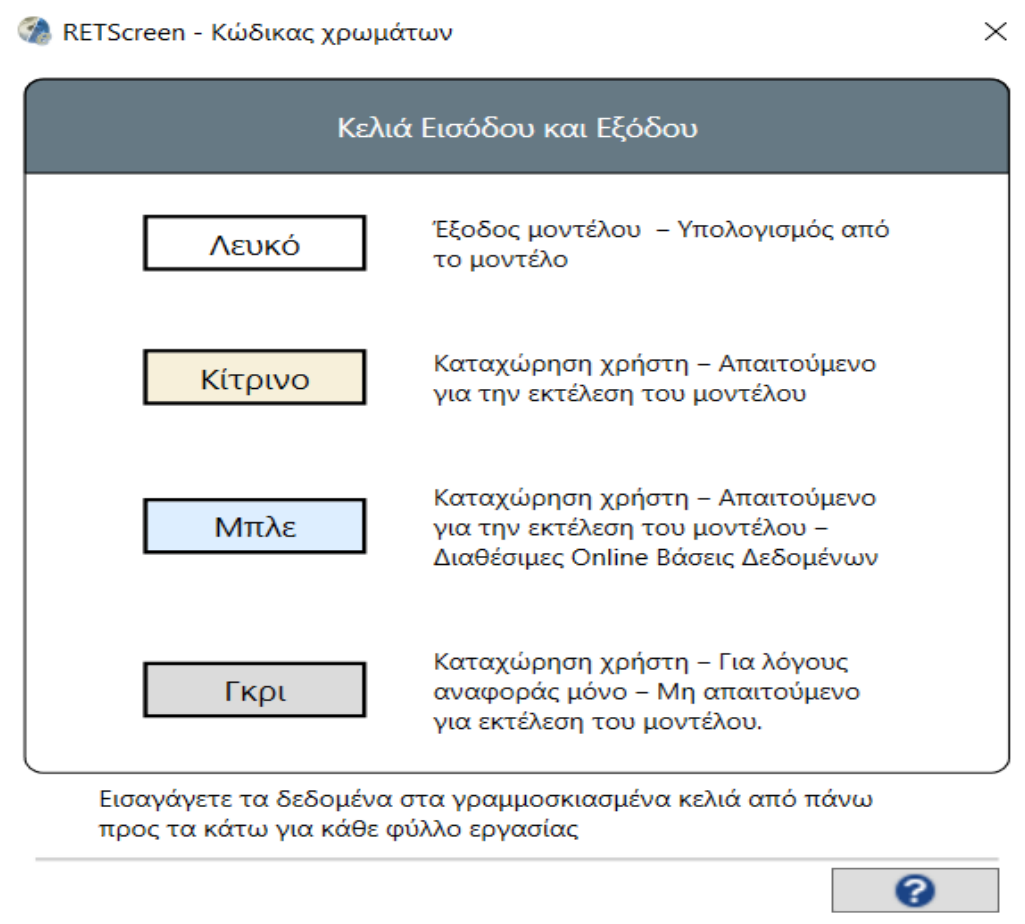
Αφού πραγματοποιηθεί η επιτυχής εγκατάσταση του προγράμματος RETScreenExpert και ο χρήστης ανοίξει το πρόγραμμα, θα εμφανιστεί η αρχική σελίδα του προγράμματος, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 23.



Εικόνα 23: Αρχική σελίδα λογισμικού

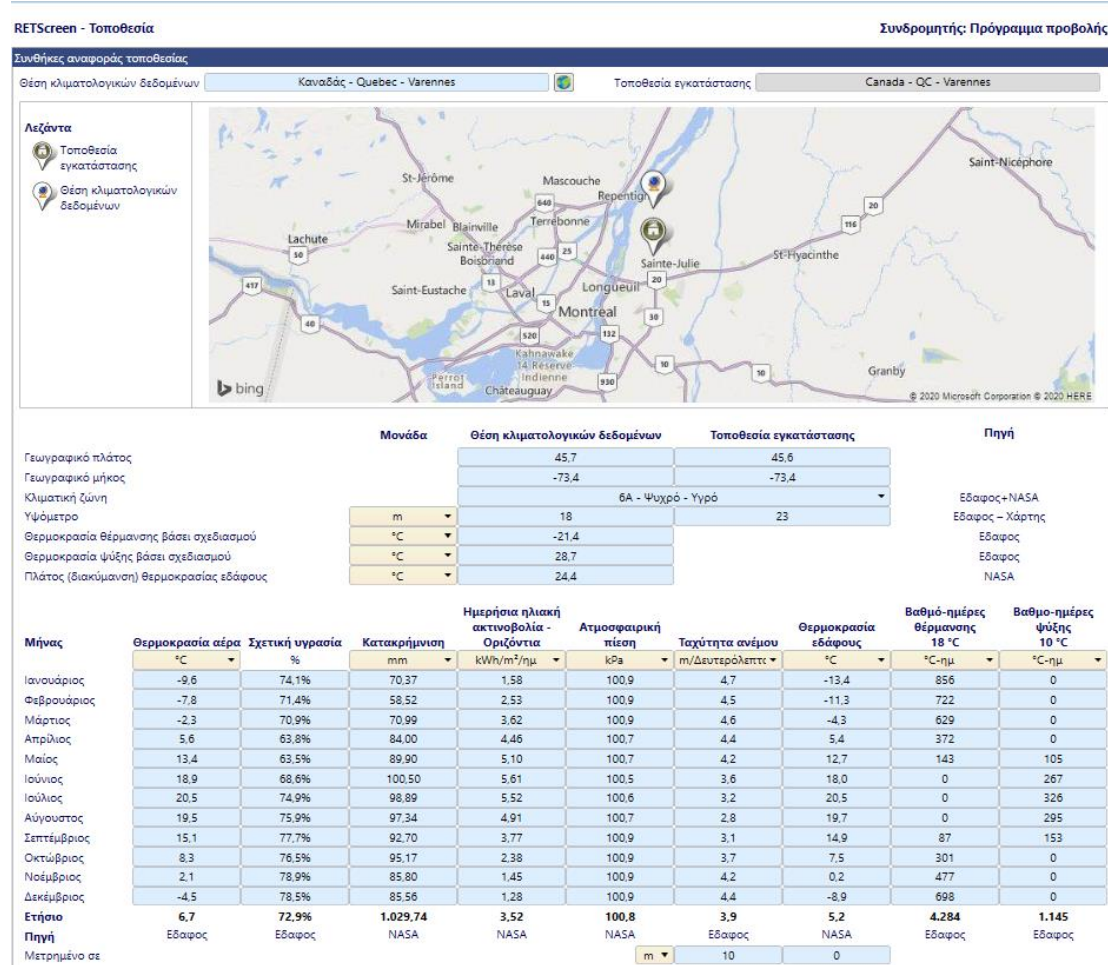
Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τέσσερις (4) τύπους κελιών, οι οποίοι διαφοροποιούνται ανάλογα τον χρωματισμό τους(Εικόνα 24) . Αυτοί οι τύποι είναι οι εξής:

- Λευκός χρωματισμός κελιών, όπου σημαίνει ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι υπολογισμένα από το ίδιο το λογισμικό,
- Κίτρινος χρωματισμός κελιών, όπου σημαίνει ότι ο χρήστης εισάγει δεδομένα και πρέπει να «τρέξει» το λογισμικό για να προκύψουν αποτελέσματα,
- Μπλε χρωματισμός κελιών, όπου σημαίνει ότι ο χρήστης εισάγει δεδομένα και πρέπει να «τρέξει» το λογισμικό για την εξαγωγή αποτελεσμάτων, αλλά έχει διαθέσιμες και τις βάσεις δεδομένων του προγράμματος και
- Γκρι χρωματισμός κελιών, όπου σημαίνει ότι ο χρήστης εισάγει δεδομένα, τα οποία εξυπηρετούν μόνο για αναφορά και όχι για να λειτουργήσει το λογισμικό με αυτά.

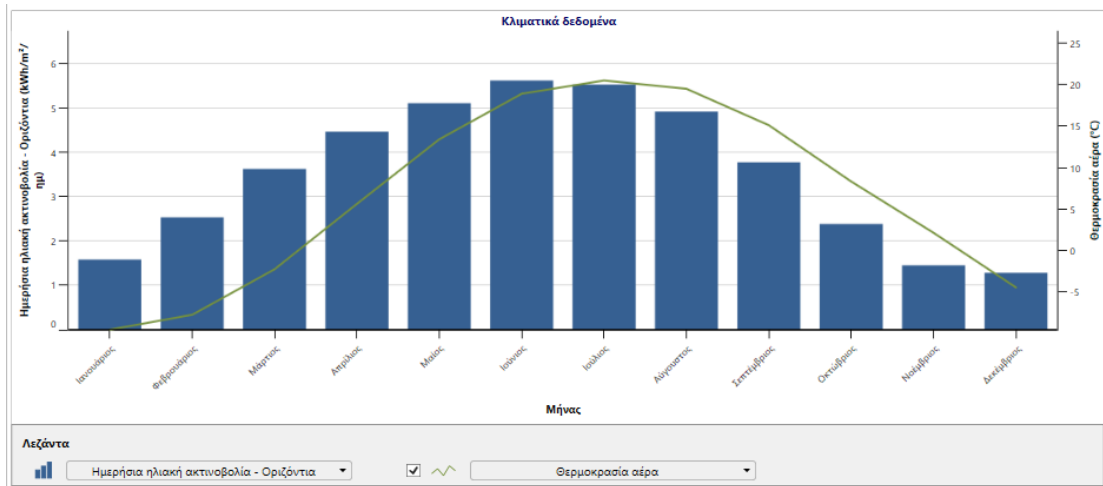


Εικόνα 24: Κώδικας χρωμάτων

Η έναρξη της εκάστοτε μελέτης που πραγματοποιείται μέσω του RETScreenExpert, ξεκινάει με την τοποθεσία στην οποία θέλει ο επενδυτής να κατασκευάσει την εγκατάσταση. Το λογισμικό διαθέτει βάση δεδομένων, όπου αναφέρονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες της τοποθεσίας, η κλιματική ζώνη, το υψόμετρο και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην τοποθεσία αυτή σε ετήσια βάση, όπως απεικονίζονται στις Εικόνα 25 και Εικόνα 26.

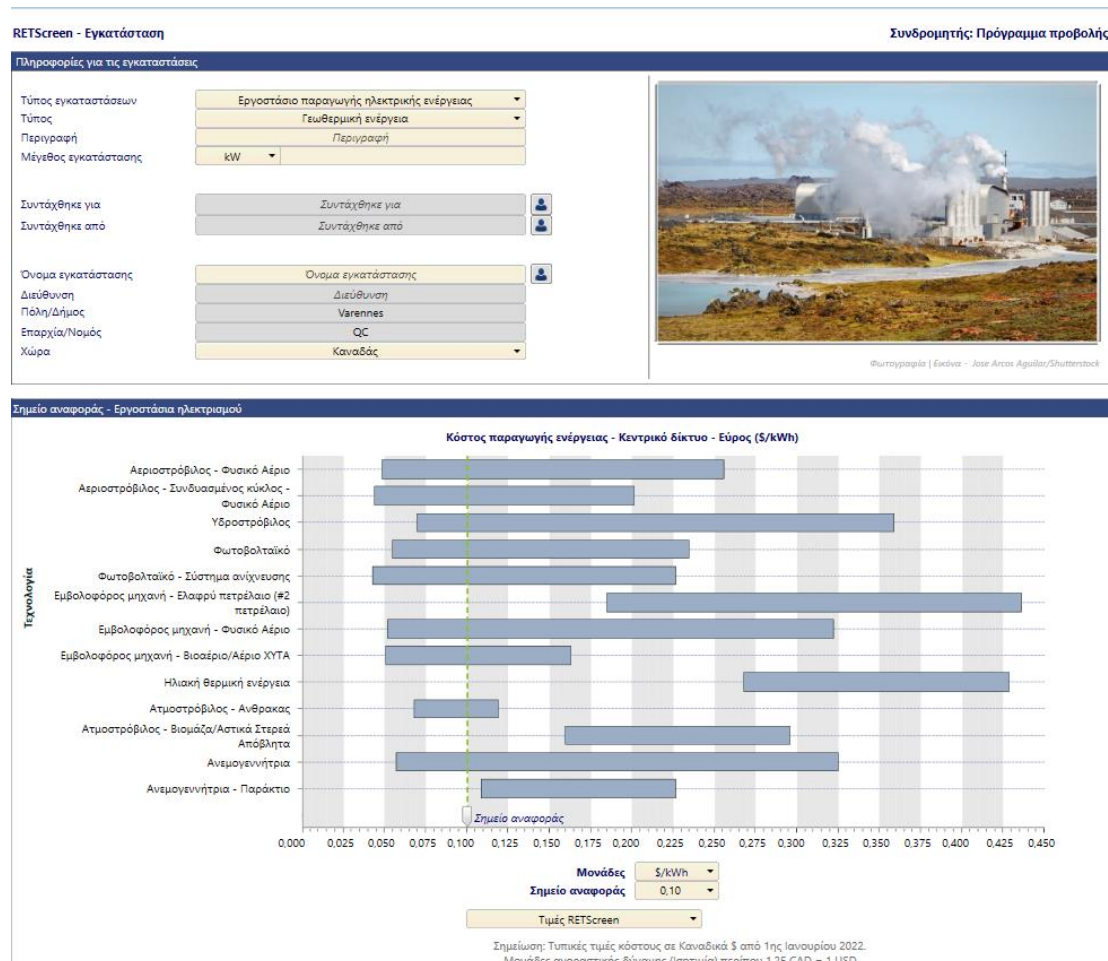


Εικόνα 25: Δεδομένα επιλεγμένης τοποθεσίας



Εικόνα 26: Ραβδόγραμμα κλιματικών δεδομένων της επιλεγμένης τοποθεσίας

Το επόμενο βήμα της μελέτης είναι η εγκατάσταση, όπου το λογισμικό δίνει επιλογές για το τι εγκατάσταση θέλει να κατασκευάσει ο επενδυτής (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Τύπος εγκατάστασης

Μετά την επιλογή της εγκατάστασης, γίνεται η εισαγωγή των παραμέτρων, οι οποίοι διαφοροποιούνται ανάλογα τον τύπο της εγκατάστασης. Παραδείγματα παραμέτρων που μπορούν να εισαχθούν είναι το ενεργειακό μοντέλο (Εικόνα 28), η ανάλυση κόστους (Εικόνα 29), η ανάλυση εκπομπών (Εικόνα 30), η οικονομική ανάλυση (Εικόνα 31) και η ανάλυση επικινδυνότητας και κινδύνου (Εικόνα 32 και 33).

Εικόνα 28: Ενεργειακό μοντέλο

Εικόνα 29: Ανάλυση κόστους

Εικόνα 30: Ανάλυση εκπομπών

RETScreen - Οικονομική Ανάλυση			Συνοδωμένης: Πρόγραμμα προβολής		
Οικονομικοί Παράμετροι			Κόστος / Αποθκεύσεις / Έσοδα		
Γενικά			Αρχικά κόστη		
Κυλιόμενος φόρος κόστους καυσίμου		2%	-		
Τιμή πληρωσιμότητας	%	2%	Συνολικά αρχικά κόστη \$ 0		
Επιτόκιο αναγωγής	%	9%	Ετήσια χρηματοροφή - Έτος 1		
Ποσοστό επανεπένδυσης	%	9%	Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους		
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	20	Πληρωμές χρέους - 15 έτη		
Χρηματοδότηση			Συνολικά ετήσια κόστη		
Κινητρα και επιχορηγήσεις	\$	0	Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα		
Τοκοχρεολύσιο	%	70%	Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ		
Χρέος	\$	0	Λοιπά έσοδα (έξοδα)		
Μετοχή	\$	0	Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα		
Επιτόκιο δανεισμού	%	7%	Καθαρή ετήσια ταμειακή ροή - Έτος 1		
Περίοδος χρέους	έτος	15	\$ 0		
Πληρωμές χρέους	\$/έτος	0	\$ 0		
Ανάλυση φόρου εισοδήματος			Οικονομική Βιωσιμότητα		
			(IRR) προ φόρου - μετοχές % Αρνητικό		
			MIRR προ φόρου - μετοχές %		
			(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία % Αρνητικό		
			MIRR προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία %		
			Απλή αποπληρωμή έτος άμεσο		
			Αποπληρωμή Μετοχών έτος άμεσο		
			Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) \$ 0		
			Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής \$/έτος 0		
			Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		
			Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		
			Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ \$/tn CO ₂ Χωρίς έκπτωση		
Ετήσια έσοδα					
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ					
Μικτή μείωση ΑΤΘ	tn CO ₂ /έτος	0			
Μικτή μείωση ΑΤΘ - 20 έτη	tn CO ₂	0			
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ	\$	0			
Λοιπά έσοδα (έξοδα)					

Εικόνα 31: Οικονομική ανάλυση

RETScreen - Ανάλυση Επικινδυνότητας και Κινδύνου		Συνοδωμένης: Πρόγραμμα προβολής				
Ανάλυση ευαισθησίας						
Εκτέλεση ανάλυσης σε	Αποπληρωμή Μετοχών					
Εύρος ευαισθησίας	25%					
Κατώφλι	7		έτος			
- Κατάργηση ανάλυσης						
Τοκοχρεολύσιο		Καμία				
%		0.0%				
53%	-25.0%	άμεσο				
61%	-12.5%	άμεσο				
70%	0.0%	άμεσο				
79%	12.5%	άμεσο				
88%	25.0%	άμεσο				
- Κατάργηση ανάλυσης						
Τοκοχρεολύσιο		Καμία				
%		0.0%				
53%	-25.0%	άμεσο				
61%	-12.5%	άμεσο				
70%	0.0%	άμεσο				
79%	12.5%	άμεσο				
88%	25.0%	άμεσο				
- Κατάργηση ανάλυσης						
Τοκοχρεολύσιο		Επιτόκιο δανεισμού %				
%		5.25%	6.13%	7.00%	7.88%	8.75%
53%	-25.0%	-25.0%	-12.5%	0.0%	12.5%	25.0%
		άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
		άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
		άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
		άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
		άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
		άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
- Κατάργηση ανάλυσης						
Περίοδος χρέους		Επιτόκιο δανεισμού %				
έτος		5.25%	6.13%	7.00%	7.88%	8.75%
11	-25.0%	-25.0%	-12.5%	0.0%	12.5%	25.0%
13	-12.5%	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
15	0.0%	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
17	12.5%	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
19	25.0%	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο	άμεσο
+ Προσθήκη ανάλυσης						

Εικόνα 32: Ανάλυση επικινδυνότητας και κινδύνου - Ανάλυση ευαισθησίας

Ανάλυση επικινδυνότητας

Εκτέλεση ανάλυσης σε

Αριθμός συνδυασμών

Τυχαιά τιμή

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή	Εύρος(+/-)	Ελάχιστο	Μέγιστο
Τοκοχρεολύσιο	%	70.0%	<input center;"="" text"="" text-align:="" type="text" value="25%</td> <td>11</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p style="/> Επίπτωση - Αποπληρωμή Μετοχών <p style="text-align: center;">Λείπουν δεδομένα</p> <hr/> <p>Μέσο <input type="text" value="έτος"/></p> <p>Επίπεδο κινδύνου % <input type="text" value="10%"/></p> <p>Ελάχιστο επίπεδο εμπιστοσύνης <input type="text" value="έτος"/></p> <p>Μέγιστο επίπεδο εμπιστοσύνης <input type="text" value="έτος"/></p> <p style="text-align: center;">Κατανομή - Αποπληρωμή Μετοχών</p>		

Εικόνα 33: Ανάλυση επικινδυνότητας και κινδύνου - Ανάλυση επικινδυνότητας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘΕΡΙΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ ΤΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ RETSSCREEN EXPERT

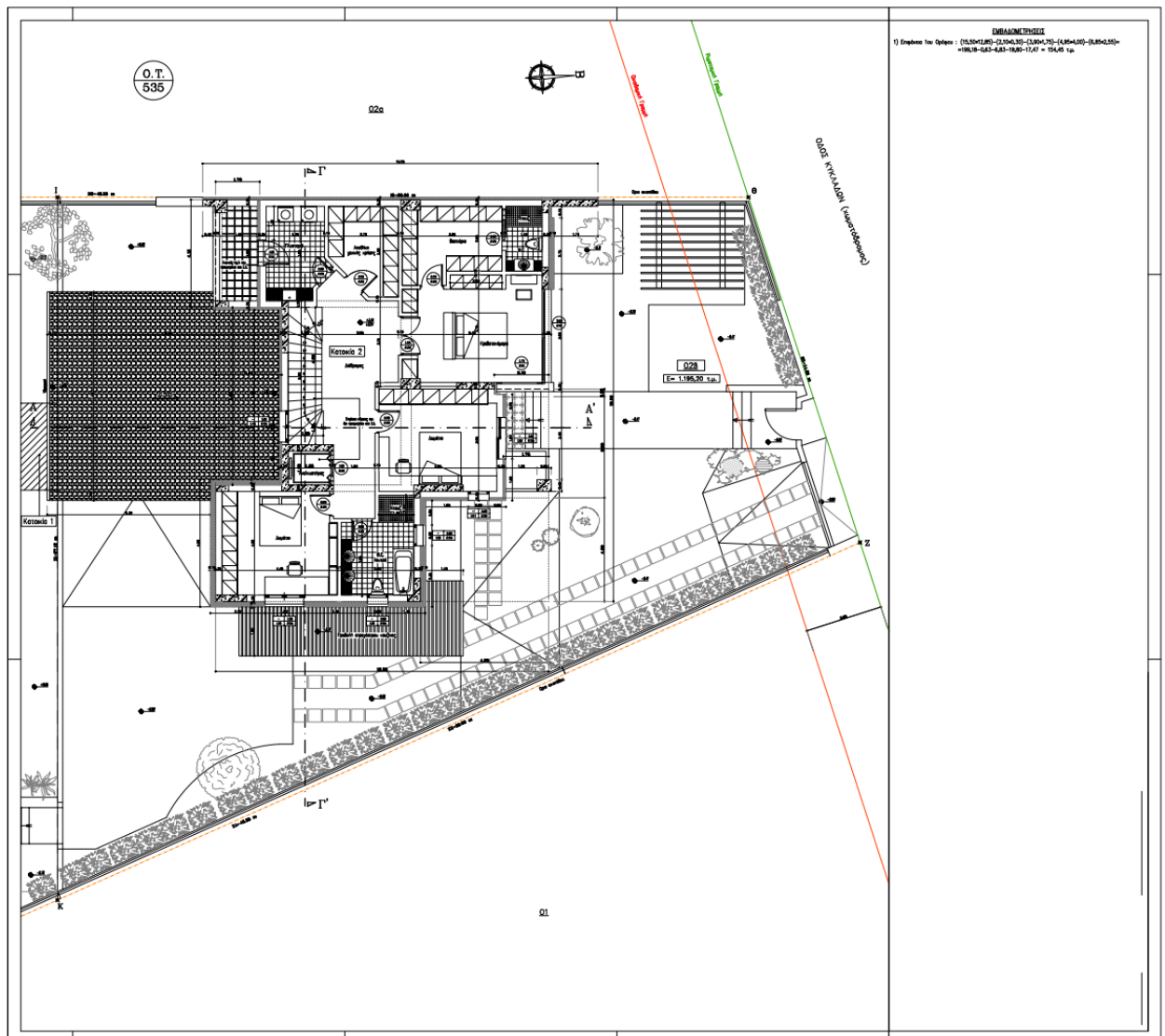
4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η μελέτη για ένα σύστημα αβαθούς γεωθερμίας σε μια μονοκατοικία 300 m² που βρίσκεται στην περιοχή των Γιαννιτσών. Αυτή η μελέτη θα πραγματοποιηθεί για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες και ψύξη/δροσισμός κατά τους καλοκαιρινούς μήνες του κτιρίου με ένα σύστημα αβαθούς γεωθερμίας με γεωθερμικό εναλλάκτη κλειστού κυκλώματος και με την χρήση αντλίας θερμότητας. Θα χρησιμοποιήσουμε το κάθετο σύστημα γεωθερμικού εναλλάκτη κατά το οποίο θα πρέπει να γίνουν γεωτρήσεις ώστε να μπουκωθούν σωληνώσεις για την απαγωγή θερμότητας από το έδαφος. Αξιοποιούμε αυτό το σύστημα εναλλάκτη γιατί δεν έχουμε μεγάλη επιφάνεια γης που να χρειάζεται για το οριζόντιο εναλλάκτη. Επίσης η χρήση του κάθετου συστήματος έχει και ένα μεγάλο πλεονέκτημα το οποίο είναι το ότι σε λίγο μεγαλύτερα βάθη, η θερμοκρασία του εδάφους παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και ίση με τον μέσο όρο των χειμερινών και θερινών μέσων θερμοκρασιών της ατμόσφαιρας.

Η θέρμανση και ο δροσισμός της κατοικίας επιτυγχάνεται με ενδοδαπέδια θέρμανση. Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι ένα σύστημα θέρμανσης με μορφή ακτινοβολίας στο οποίο η θερμική ενέργεια προέρχεται από το εσωτερικό του δαπέδου. Αφού θερμομονωθεί το δάπεδο από κάτω, απλώνεται ένα σύστημα σωλήνων οι οποίοι μεταφέρουν το ζεστό νερό σε όλη του την επιφάνεια. Έτσι, το δάπεδο θερμαίνεται σιγά σιγά και ακτινοβολεί τη θερμότητα στον αέρα. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται ομοιόμορφη θέρμανση του αέρα από το δάπεδο προς την οροφή και δεν γίνεται συγκέντρωση της θέρμανσης κοντά στα σώματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η υψηλότερη θερμοκρασία του χώρου να είναι ακριβώς στο σημείο που θέλουμε, δηλαδή στο δάπεδο την ίδια ώρα που η χαμηλή θερμοκρασία βρίσκεται στην οροφή (εκεί που η θερμότητα δεν μας χρησιμεύει σε τίποτα) εξασφαλίζοντας έτσι μείωση σπατάλης ενέργειας. [6ε]

4.2 Περιγραφή κατοικίας

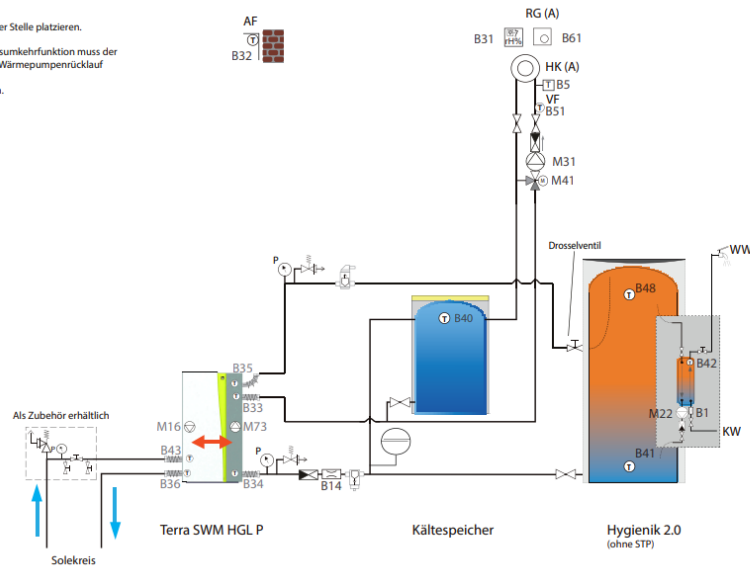
Η κατοικία για την οποία θα γίνει η μελέτη είναι 300m². Για την θέρμανση και ψύξη του κτιρίου υπολογίζουμε όλα τα σημεία του σπιτιού που είναι 250 m² αντίστοιχα. Παρακάτω παρατίθεται το σχέδιο της κάτοψης του κτιρίου και συγκεκριμένα ο πρώτος όροφος (Εικόνα 34) μαζί με το υδραυλικό σχέδιο της εγκατάστασης (Εικόνα 35).



Εικόνα 34: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου

Achtung!
-Taufpunktwächter an geeigneter Stelle platzieren.

-Bei Wärmepumpen mit Prozessumkehrfunktion muss der Strömungswächter B14 in den Wärmepumpenrücklauf horizontal eingebaut werden. Dieser ist als Zubehör erhältlich.

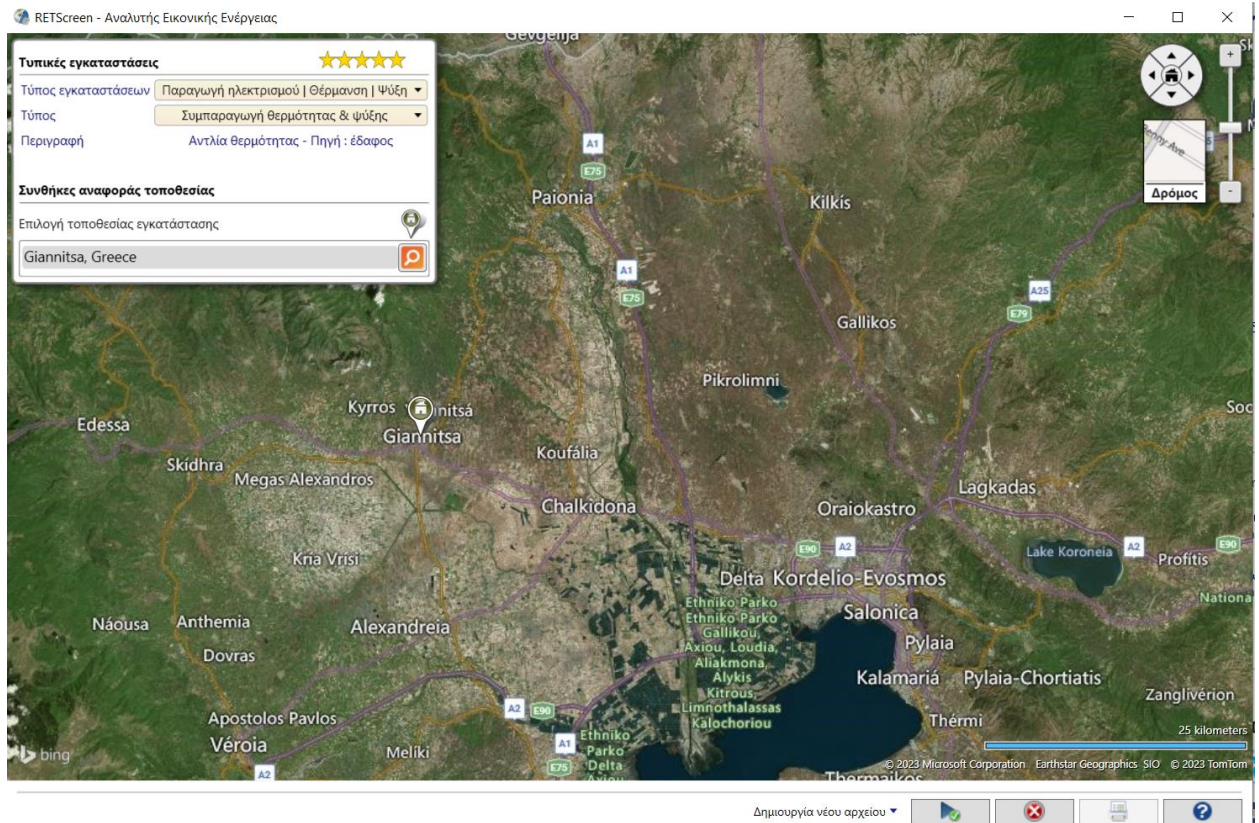


Bei diesem Schema handelt es sich nur um einen unverbindlichen Vorschlag zur Einbindung einer IDM Wärmepumpe in das Heizsystem. Dieses Schemata dient lediglich zur Veranschaulichung und ersetzt keine fachgerechte Planung der ausführenden Firmen. Seitens IDM Energiesysteme kann keine Haftung für das Funktionieren des Gesamtsystems übernommen werden. Die allgemeinen Hinweise für IDM-Anlagenschemen sind zu berücksichtigen!

Εικόνα 35: Υδραυλικό σχέδιο εγκατάστασης

4.3 Εφαρμογή του μοντέλου στην κατοικία

Στην πρώτη καρτέλα η οποία ονομάζεται Αρχείο επιλέγουμε την Αρχική Σελίδα και στον Οδηγό Εκκίνησης- Επιλογές, ανοίγουμε τον Αναλυτή Εικονικής Ενέργειας έτσι ώστε να συμπληρώσουμε τον Τύπο αλλά και την Τοποθεσία της Εγκατάστασης όπως φαίνεται και παρακάτω (Εικόνα 36). Πιο συγκεκριμένα, στον Τύπο Εγκαταστάσεων επιλέγουμε την Παραγωγή Ηλεκτρισμού| Θέρμανση| Ψύξη και στον Τύπο, Συμπαγωγή Θερμότητας και Ψύξης και αυτόματα από το Πρόγραμμα συμπληρώνεται η Περιγραφή η οποία είναι Αντλία Θερμότητας- Πηγή: Έδαφος. Τέλος, επιλέγουμε την τοποθεσία της εγκατάστασης που στην περίπτωσή μας είναι τα Γιαννιτσά.



Εικόνα 36: Αναλυτή εικονικής ενέργειας

Στη συνέχεια, προχωράμε στην δεύτερη καρτέλα η οποία ονομάζεται Τοποθεσία (Εικόνα 37). Εδώ δεν συμπληρώνουμε κάτι διότι έχουν βγει αυτόματα από το πρόγραμμα, η τοποθεσία της εγκατάστασης και η θέση των κλιματικών δεδομένων ανά μήνα τα οποία φαίνονται ξεκάθαρα στο διάγραμμα της παρακάτω (Εικόνα 38) εικόνας.

Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας

Θέση κλιματολογικών δεδομένων: Ελλάδα - Trikala

Τοποθεσία εγκατάστασης: Greece - Central Macedonia - Pélia

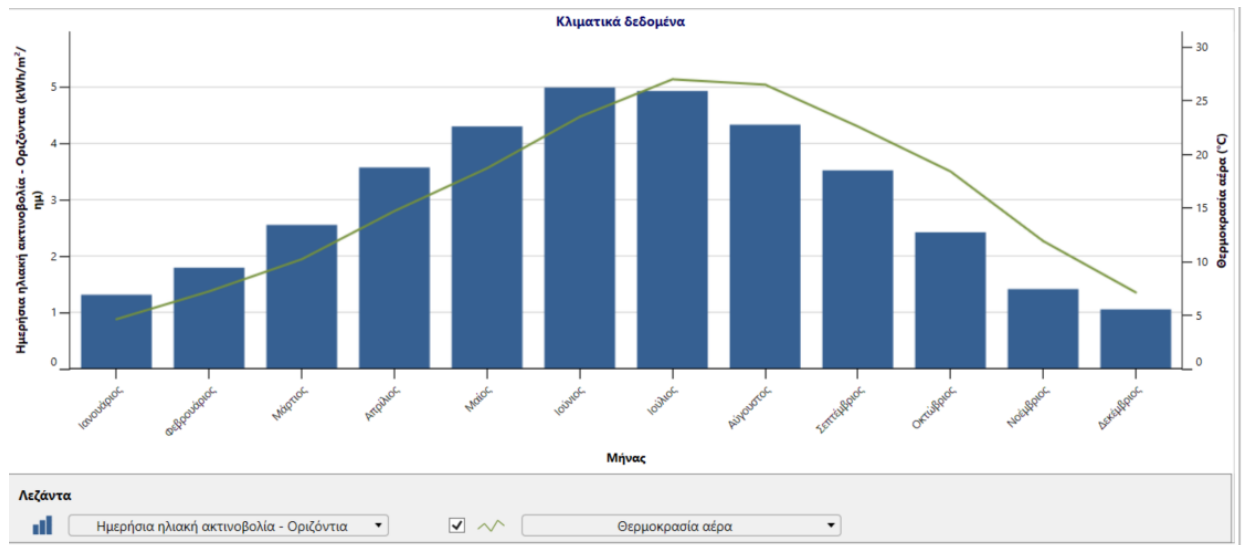
Λεζάντα

- Τοποθεσία εγκατάστασης
- Θέση κλιματολογικών δεδομένων

Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Τοποθεσία εγκατάστασης	Πηγή
Γεωγραφικό πλάτος	40.6	40.8	Εδαφος+NASA
Γεωγραφικό μήκος	22.5	22.4	
Κλιματική ζώνη	3A - Θερμό - Υγρό		Εδαφος - Χάρτης
Υψόμετρο	1	53	
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	-3.0		Εδαφος
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	34.3		Εδαφος
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	22.6		NASA

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα		Σχετική υγρασία %	Κατακρήμνιση mm	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια		Ατμοσφαιρική πίεση kPa	Ταχύτητα ανέμου m/Δευτερόλεπτο	Θερμοκρασία εδάφους		Βαθμό-ημέρες θέρμανσης 18 °C	Βαθμό-ημέρες ψύξης 10 °C
	°C	°C			kWh/m ² /ημ	°C			°C			
Ιανουάριος	4.6	78.0%	40.30	1.31	98.3	2.8	2.7	415	0			
Φεβρουάριος	7.2	70.0%	41.72	1.79	98.2	2.9	4.0	302	0			
Μάρτιος	10.2	65.0%	39.99	2.55	98.1	2.8	7.5	242	6			
Απρίλιος	14.7	62.0%	41.70	3.57	97.8	2.7	12.5	99	141			
Μαΐος	18.7	59.0%	48.05	4.30	97.9	2.4	18.6	0	270			
Ιούνιος	23.5	51.0%	36.90	4.99	97.9	2.4	24.4	0	405			
Ιούλιος	27.0	44.0%	27.90	4.93	97.8	2.3	27.8	0	527			
Αύγουστος	26.5	45.0%	23.87	4.33	97.9	2.2	27.3	0	512			
Σεπτέμβριος	22.6	55.0%	33.90	3.52	98.1	2.3	21.8	0	378			
Οκτώβριος	18.4	65.0%	48.98	2.42	98.4	2.4	15.1	0	260			
Νοέμβριος	11.9	75.0%	57.00	1.41	98.3	2.6	8.6	183	57			
Δεκέμβριος	7.1	81.0%	57.97	1.05	98.3	2.7	3.7	338	0			
Ετήσιο	16.1	62.5%	498.28	3.02	98.1	2.5	14.6	1.580	2.556			
Πηγή	Εδαφος	Εδαφος	NASA	Εδαφος	NASA	NASA	NASA	Εδαφος	Εδαφος			
Μετρημένο σε	m		10	0								

Εικόνα 37: Τοποθεσία εγκατάστασης



Εικόνα 38: Διάγραμμα κλιματικών δεδομένων ανά μήνα

Στην παρακάτω εικόνα, η οποία είναι η τρίτη καρτέλα του προγράμματος, συμπληρώνουμε από ποιον και για ποιον συντάχθηκε το πρόγραμμα και την ονομασία του έργου (Εικόνα 39).

RETScreen - Εγκατάσταση Συνδρομητής: Πρόγραμμα προβολής

Πληροφορίες για τις εγκαταστάσεις

Τύπος εγκαταστάσεων: Παραγωγή ηλεκτρισμού | Θέρμανση | Ψύξη

Τύπος: Συμπαρογωγή θερμότητας & ψύξης

Περιγραφή: Αντλία θερμότητας - Πηγή: έδαφος

Συντάχθηκε για: Geoenergia IKE

Συντάχθηκε από: Ολίνα Αφεντουλίδου

Όνομα εγκατάστασης: Μελέτη Εγκατάστασης Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας σε Κτίριο

Διεύθυνση: Giannitsa

Πόλη/Δήμος: Pélia

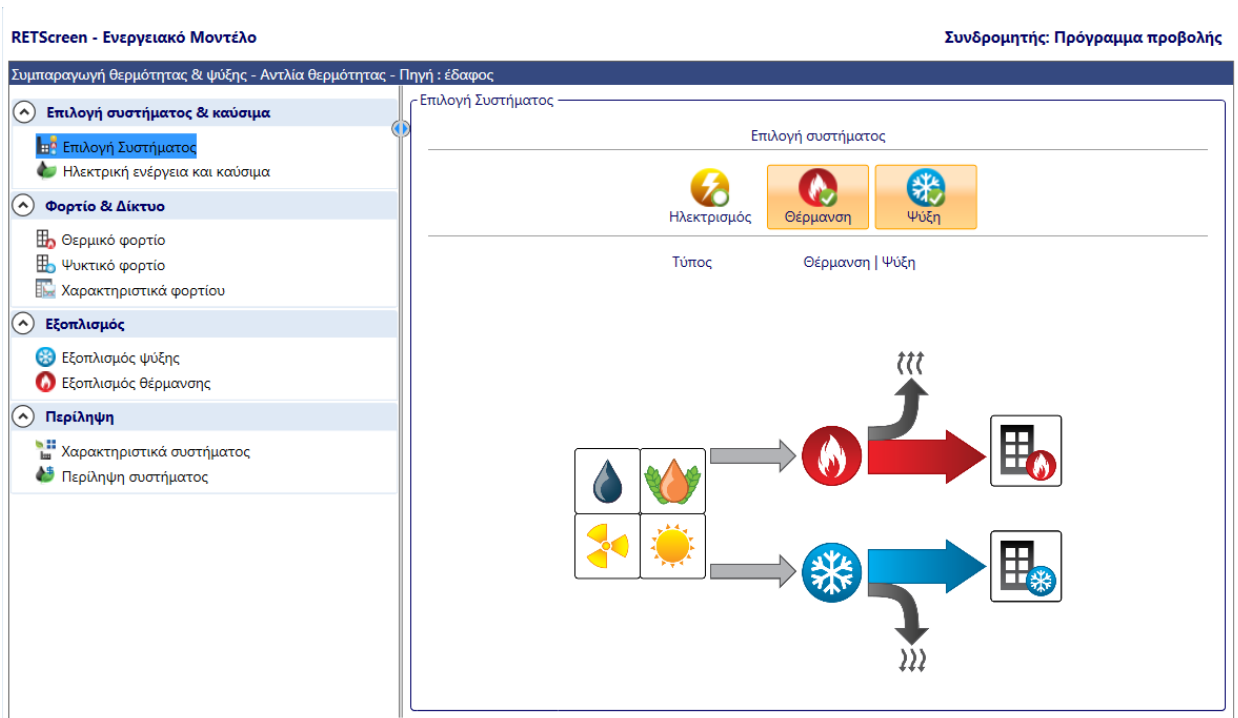
Επαρχία/Νομός: Central Macedonia

Χώρα: Ελλάδα

Φωτογραφία | Εικόνα - RETScreen

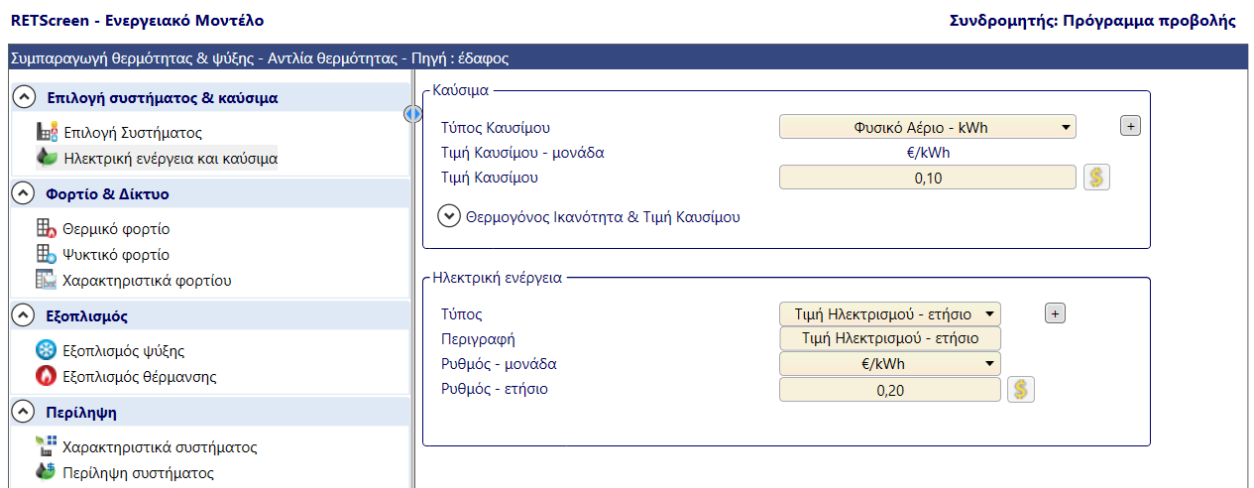
Εικόνα 39: Εγκατάσταση

Στην τέταρτη καρτέλα, η οποία ονομάζεται Ενεργειακό Μοντέλο, στην επιλογή συστήματος επιλέγουμε την θέρμανση και ψύξη. (Εικόνα 40)



Εικόνα 40: Επιλογή συστήματος

Στη συνέχεια, στην ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα (Εικόνα 41), επιλέγουμε αρχικά τον τύπο καυσίμου και την τιμή του όπου είναι φυσικό αέριο και 0,10€/kwh και τέλος την ηλεκτρική ενέργεια 0,20€/kwh.



Εικόνα 41: Ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα

Στο Φορτίο και Δίκτυο, αφού επιλέξουμε μεμονωμένο κτίριο και ζήτηση θέρμανσης χώρου (Εικόνα 42), δίνουμε την θερμαινόμενη επιφάνεια του κτιρίου η οποία είναι 250m². Σύμφωνα με συγκεκριμένες τιμές που υπάρχουν στους πίνακες του προγράμματος επιλέγουμε την τιμή 250% για την εποχιακή απόδοση, αντίστοιχα 15% για την ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης και 15% για τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης τελικής χρήσης. Το φορτίο θέρμανσης του κτιρίου τα οποία σύμφωνα με τον κανονισμό είναι 80W/m² σε κατοικίες φτιαγμένες μετά το 1980 και το κόστος μέτρων ενεργειακής απόδοσης τελικής χρήσης είναι 4€/m² σύμφωνα με τις ανάγκες του κτιρίου και μας υπολογίζει μόνο του το πρόγραμμα τα υπόλοιπα πεδία.

RETScreen - Ενεργειακό Μοντέλο Συδρομητής: Πρόγραμμα προβολής

Συμπαράγωγή θερμότητας & ψύξης - Αντλία θερμότητας - Πηγή: έδαφος

Επιλογή συστήματος & καύσιμα

- Επιλογή Συστήματος
- Ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα

Φορτίο & Δίκτυο

- Θερμικό φορτίο
- Ψυκτικό φορτίο
- Χαρακτηριστικά φορτίου

Εξοπλισμός

- Εξοπλισμός ψύξης
- Εξοπλισμός θέρμανσης

Περίληψη

- Χαρακτηριστικά συστήματος
- Περίληψη συστήματος

Θερμικό φορτίο

- Μεμονωμένο κτίριο
- Μεμονωμένο κτίριο - πολλαπλές ζώνες
- Πολλαπλά κτίρια

Τύπος φορτίου

- Ζήτηση θέρμανσης χώρου
- Ζήτηση διεργασίας θέρμανσης

Μεμονωμένο κτίριο - θέρμανση χώρων

Σύστημα θέρμανσης βασικής περίπτωσης

Θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδου του κτιρίου	m ²	250
Τύπος Καυσίμου		Τιμή Ηλεκτρισμού - ετήσιο
Εποχιακή απόδοση	%	250%
Υπολογισμός φορτίου θέρμανσης		
Φορτίο θέρμανσης για κτίριο	W/m ²	80
Ζήτηση βάσης οικιακού ζεστού νερού θέρμανσης	%	15%
Συνολική απαίτηση θέρμανσης	MWh	34,6
Συνολική αιχμή φορτίου θέρμανσης	kW	20
Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια	MWh	13,8
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,20
Κόστος καυσίμου	€	2.768
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης προτεινόμενης περίπτωσης		
Μέτρα ενεργειακής απόδοσης τελικής χρήσης	%	15%
Κόστος μέτρων ενεργειακής απόδοσης τελικής χρήσης	€	4
Καθαρή αιχμή φορτίου θέρμανσης	kW	17
Καθαρή ζήτηση θέρμανσης	MWh	29,4

Εικόνα 42: Θερμικό φορτίο

Στην ίδια καρτέλα συμπληρώνουμε και τα στοιχεία για το σύστημα ψύξης (Εικόνα 43), όπως την ψυχόμενη επιφάνεια η οποία είναι 250m², τον συντελεστή επίδοσης τον οποίο σύμφωνα με τους πίνακες του προγράμματος τον βάζουμε 3. Επίσης το φορτίο ψύξης για το κτίριο το βάζουμε 40W/m² σύμφωνα με τους κανονισμούς για απώλειες του κτιρίου, τη ψύξη ανεξάρτητη καιρού 10% σύμφωνα με τους πίνακες του προγράμματος και τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης τελικής χρήσης 15% αντίστοιχα. Τέλος το κόστος μέτρων ενεργειακής απόδοσης τελικής χρήσης είναι 1,60€/m², σύμφωνα με τις ανάγκες του κτιρίου και μας υπολογίζει και πάλι τα υπόλοιπα πεδία αυτόματα το πρόγραμμα.

Συμπαράγωγη θερμότητας & ψύξης - Αντλία θερμότητας - Πηγή : έδαφος

Επιλογή συστήματος & καύσιμα

- Επιλογή Συστήματος
- Ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα

Φορτίο & Δίκτυο

- Θερμικό φορτίο
- Ψυκτικό φορτίο
- Χαρακτηριστικά φορτίου

Εξοπλισμός

- Εξοπλισμός ψύξης
- Εξοπλισμός θέρμανσης

Περίληψη

- Χαρακτηριστικά συστήματος
- Περίληψη συστήματος

Ψυκτικό φορτίο

- Μεμονωμένο κτίριο
- Μεμονωμένο κτίριο - πολλαπλές ζώνες
- Πολλαπλά κτίρια

Τύπος φορτίου

- Ζήτηση ψύξης χώρων
- Ζήτηση διεργασιών ψύξης

Μεμονωμένο κτίριο - ψύξη χώρων

Σύστημα ψύξης βασικής περίπτωσης

Ψυχόμενη επιφάνεια δαπέδου για το κτίριο m² 250

Τύπος Καυσίμου Τιμή Ηλεκτρισμού - ετήσιο

Συντελεστής απόδοσης - εποχιακός kW/kW 3

Υπολογισμός φορτίου ψύξης

Φορτίο ψύξης για κτίριο W/m² 40

Ψύξη ανεξάρτητη καιρού % 10%

Συνολική ζήτηση ψύξης MWh 29

Συνολικό φορτίο αιχμής ψύξης kW 10

Κατανάλωση καυσίμου - ετήσια MWh 9,7

Τιμή Καυσίμου €/kWh 0,20

Κόστος καυσίμου € 1,935

Μέτρα ενεργειακής απόδοσης προτεινόμενης περίπτωσης

Μέτρα ενεργειακής απόδοσης τελικής χρήσης % 15%

Κόστος μέτρων ενεργειακής απόδοσης τελικής χρήσης € 1,60

Καθαρή αιχμή φορτίου ψύξης kW 8,5

Καθαρή ζήτηση ψύξης MWh 24,7

Εικόνα 43: Ψυκτικό φορτίο

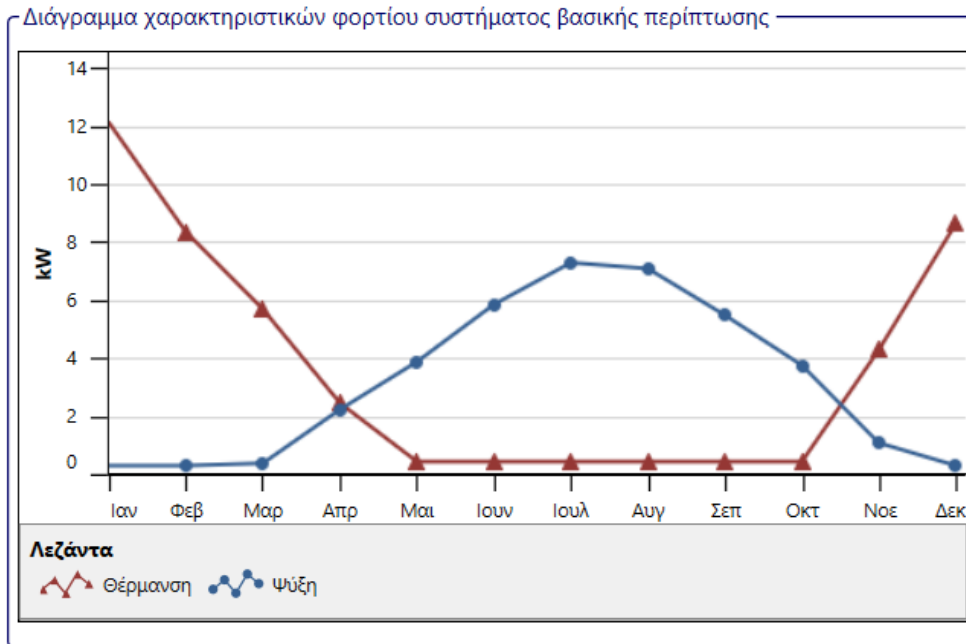
Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 44) έχουμε τα μηνιαία φορτία και την ετήσια αιχμή φορτίου βασικής περίπτωσης ,που βγαίνουν σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα.

Χαρακτηριστικά φορτίου βασικής περίπτωσης

Μήνας	Μέσο φορτίο ψύξης	Μέσο φορτίο θέρμανσης
	kW	kW
Ιανουάριος	0,32	12,1
Φεβρουάριος	0,32	8,4
Μάρτιος	0,4	5,7
Απρίλιος	2,3	2,5
Μαίος	3,9	0,46
Ιούνιος	5,9	0,46
Ιούλιος	7,3	0,46
Αύγουστος	7,1	0,46
Σεπτέμβριος	5,5	0,46
Οκτώβριος	3,8	0,46
Νοέμβριος	1,1	4,3
Δεκέμβριος	0,32	8,7
Αιχμή φορτίου - ετήσιο	10	20

Εικόνα 44: Χαρακτηριστικά φορτίου βασικής περίπτωσης

Στη συνέχεια βλέπουμε το διάγραμμα των χαρακτηριστικών του φορτίου που μας δείχνει ποιους μήνες χρησιμοποιείται η θέρμανση και ποιους η ψύξη και πόσα kw καταναλώνουν.(Εικόνα 45)



Εικόνα 45: Διάγραμμα χαρακτηριστικών φορτίου συστήματος βασικής περίπτωσης

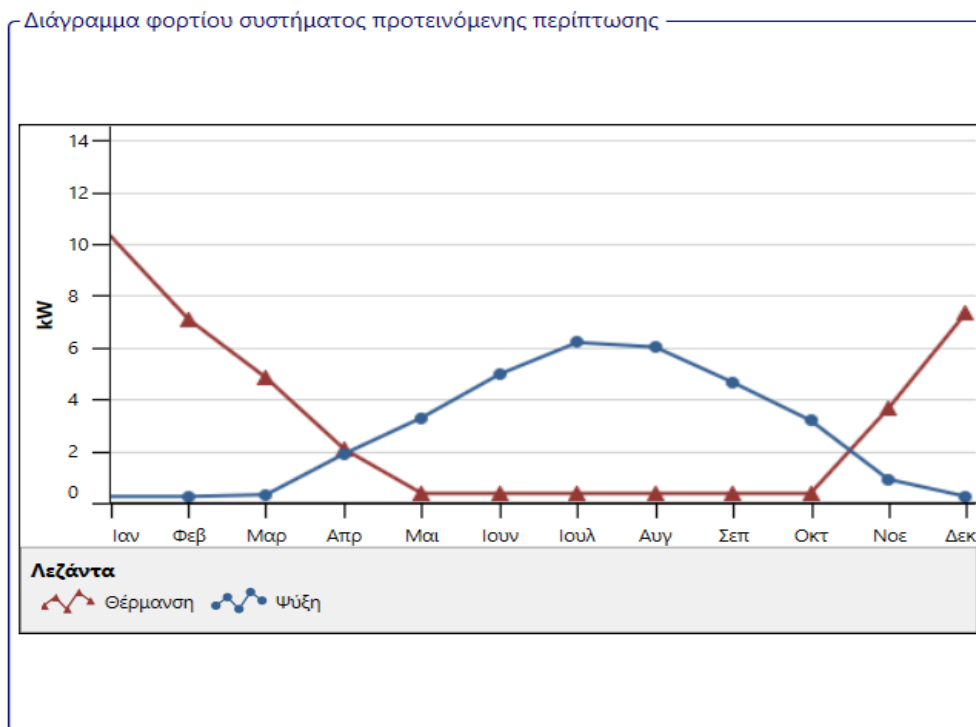
Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας προτεινόμενου σεναρίου ο οποίος μας δείχνει ποιους μήνες χρησιμοποιείται το σύστημα μας για θέρμανση και για ποιους για ψύξη και τι κατανάλωση έχει. (Εικόνα 46)

-Χαρακτηριστικά φορτίου προτεινόμενου σεναρίου-

Μήνας	Φορτίο συστήματος ψύξης kW	Μέσο καθαρό φορτίο θέρμανσης kW	Φορτίο συστήματος Θέρμανσης kW
Ιανουάριος	0,27	10,3	10,3
Φεβρουάριος	0,27	7,1	7,1
Μάρτιος	0,34	4,9	4,9
Απρίλιος	1,9	2,1	2,1
Μαΐος	3,3	0,39	0,39
Ιούνιος	5	0,39	0,39
Ιούλιος	6,2	0,39	0,39
Αύγουστος	6	0,39	0,39
Σεπτέμβριος	4,7	0,39	0,39
Οκτώβριος	3,2	0,39	0,39
Νοέμβριος	0,94	3,7	3,7
Δεκέμβριος	0,27	7,4	7,4
Αιχμή φορτίου - ετήσιο	8,5	17	17
Φορτίο και ζήτηση προτεινόμενης περίπτωσης		Θέρμανση	Ψύξη
Φορτίο αιχμής του συστήματος	kW	17	8,5
Ενεργειακή απαίτηση του συστήματος	MWh	29,4	24,7

Εικόνα 46: Χαρακτηριστικά φορτίου προτεινόμενου σεναρίου

Στη συνέχεια παρατηρούμε τις προτεινόμενες από το πρόγραμμα χαρακτηριστικές του φορτίου του συστήματος. (Εικόνα 47)



Εικόνα 47: Διάγραμμα φορτίου συστήματος προτεινόμενης περίπτωσης

Περνάμε στο επόμενο φύλλο (Εικόνα 48) και στην προτεινόμενη περίπτωση συστήματος ψύξης επιλέγουμε στην ισχύ τα 23kW που είναι η αντλία μας, τον κατασκευαστή και το μοντέλο όπου είναι iDM Energiesysteme, SWM 6-17 αντίστοιχα. Τέλος στον συντελεστή επίδοσης βάζουμε την τιμή 3 σύμφωνα με τους πίνακες του προγράμματος.

RETScreen - Ενεργειακό Μοντέλο Συνδρομητής: Πρόγραμμα προβολής

Συμπαράγωγη θερμότητας & ψύξης - Αντλία θερμότητας - Πηγή: έδαφος

Επιλογή συστήματος & καύσιμα

- Επιλογή Συστήματος
- Ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμα

Φορτίο & Δίκτυο

- Θερμικό φορτίο
- Ψφκτικό φορτίο
- Χαρακτηριστικά φορτίου

Εξοπλισμός

- Εξοπλισμός ψύξης
- Εξοπλισμός θέρμανσης

Περίληψη

- Χαρακτηριστικά συστήματος
- Περίληψη συστήματος

Προτεινόμενη περίπτωση συστήματος ψύξης

Σύστημα ψύξης βασικού φορτίου

Τεχνολογία	Αντλία θερμότητας	
Τύπος Καυσίμου	Τιμή Ηλεκτρισμού - ετήσιο	
Τιμή Καυσίμου	€/kWh	0,20
Ισχύς	kW	23 271%
Κατασκευαστής	iDM Energiesysteme	
Μοντέλο	SWM 6-17	
Αριθμός μονάδων		
Συντελεστής επίδοσης - εποχιακός	kW/kW	3
Αποδοδόμενη ψύξη	kWh	24.666 100%
Αρχικά κόστη	€/kW	227
	€	5.227
Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	

Σύστημα ψύξης φορτίου αιχμής

Εικόνα 48: Εξοπλισμός ψύξης

Στην προτεινόμενη περίπτωση του συστήματος θέρμανσης (Εικόνα 49), στην μέθοδο επιλογής καυσίμου βάζουμε την επιλογή μόνο ένα καύσιμο. Στην συνέχεια στην ισχύ της αντλίας θερμότητας επιλέγουμε τα 21 kw και εποχιακή απόδοση 350% σύμφωνα με τους πίνακες του προγράμματος.

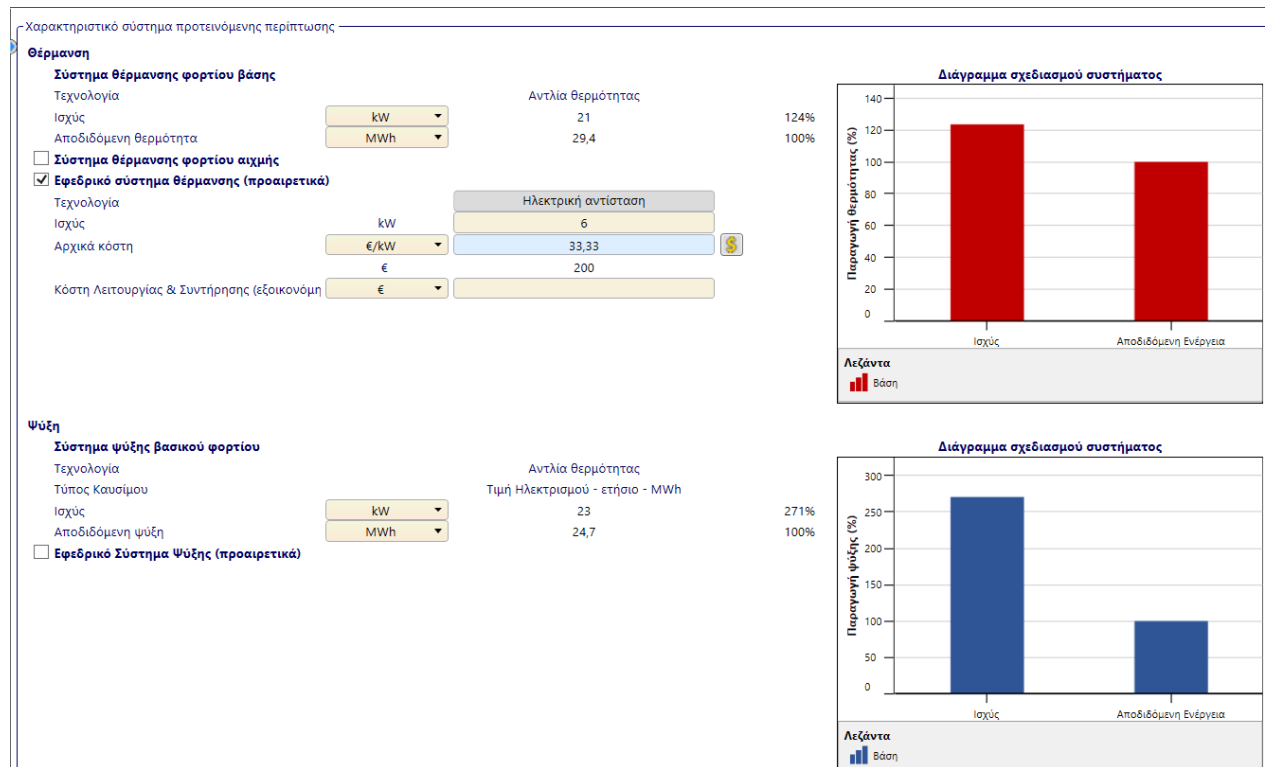
The screenshot shows the RETScreen software interface for configuring a heat pump system. The main window is titled 'Σύστημα θέρμανσης προτεινόμενης περίπτωσης' (Proposed heating system). The left sidebar contains navigation options: 'Επιλογή συστήματος & καύσιμα', 'Φορτίο & Δίκτυο', 'Εξοπλισμός', and 'Περιληψη'. The main area is divided into several sections:

- Σύστημα θέρμανσης φορτίου βάση**: Shows 'Τεχνολογία' as 'Αντλία θερμότητας' (Heat pump).
- Μέθοδος επιλογής καυσίμου**: Three options are shown: 'Μόνο ένα καύσιμο' (Selected), 'Πολλαπλά καύσιμα - μηνιαία', and 'Πολλαπλά καύσιμα - ποσοστό'.
- Επιλογή καυσίμου**: 'Τύπος Καυσίμου' is 'Τμή Ηλεκτρισμού - ετήσιο' (Electricity - annual), and 'Τιμή Καυσίμου' is '€/MWh' with a value of 200.
- Αντλία θερμότητας**: A table of parameters:

Ισχύς	21 kW	124%
Κατασκευαστής	iDM Energiesysteme	
Μοντέλο	SWM 6-17	
Αριθμός μονάδων		
Εποχιακή απόδοση	350%	
Αποδιδόμενη θερμότητα	29.409 kWh	100%
Απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου	6 kW	
Αρχικά κόστη	227 €/kW	
Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	4.773 €	

Εικόνα 49: Εξοπλισμός θέρμανσης

Συνεχίζοντας στο ίδιο φύλλο (Εικόνα 50) συμπληρώνουμε τα στοιχεία για το χαρακτηριστικό σύστημα προτεινόμενης περίπτωσης για θέρμανση. Στο εφεδρικό σύστημα θέρμανσης επιλέγουμε την ηλεκτρική αντίσταση η οποία έχει ισχύ 6kw βάση κατασκευαστή. Στο χαρακτηριστικό σύστημα προτεινόμενης ψύξης δεν συμπληρώνουμε τίποτα γιατί μας τα υπολογίζει αυτόματα το πρόγραμμα και δεν χρειαζόμαστε εφεδρικό σύστημα ψύξης. Επιπλέον, παρουσιάζονται δύο διαγράμματα σχεδιασμού συστήματος και για τις δύο περιπτώσεις θερμότητας/ψύξης.



Εικόνα 50: Χαρακτηριστικά συστήματος

Παρακάτω παρουσιάζεται η περίληψη της προτεινόμενης περίπτωσης η οποία μας δείχνει την κατανάλωση καυσίμου για τις δυο περιπτώσεις μας, την ισχύ που καταναλώνει το σύστημα σε (kW) και την ενέργεια που αποδίδει σε (Mwh). (Εικόνα 51)

RETScreen - Ενεργειακό Μοντέλο

Συμπορευμένη θερμότητα & ψύξης - Αντλία θερμότητας - Πηγή: ζεστός

Συνδρομητής: Πρόγραμμα προβολής

Περίληψη προτεινόμενης περίπτωσης

Σύστημα	Τεχνολογία	Τύπος Καυσίμου	Κατανάλωση Καυσίμου - μονάδα	Κατανάλωση καυσίμου	Ισχύς kW	Αποδιδόμενη Ενέργεια MWh
Θέρμανση	Αντλία θερμότητας	Τιμή Ηλεκτρισμού - ετήσιο	MWh	8,4	21	29,4
			Σύνολο		21	29,4
Ψύξη	Αντλία θερμότητας	Τιμή Ηλεκτρισμού - ετήσιο	MWh	8,2	23	24,7
			Σύνολο		23	24,7

Εικόνα 51: Περίληψη συστήματος

Περνάμε στο επόμενο φύλλο το οποίο ονομάζεται Ανάλυση Κόστους και συμπληρώνουμε στη μελέτη σκοπιμότητας το ποσό των 700€ το οποίο προκύπτει από τις διάφορες μελέτες που χρειάζεται να γίνουν για το έργο. Στο κελί Ανάπτυξη συμπληρώνουμε το ποσό των 500€ τα οποία προκύπτουν από τα συμβόλαια και άδειες που απαιτούνται. Επίσης στο κελί των Μηχανολογικών βάζουμε 5250€ και περιλαμβάνει όλες τις μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές εργασίες. Στην συγκεκριμένη ενότητα, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί το κόστος των γεωθερμικών εναλλακτών θερμότητας οι οποίοι είναι τρεις και κοστίζουν συνολικά 12000€ αλλά και το κόστος των κυκλοφορητών οι οποίοι είναι 2 και κοστίζουν σύνολο 800€. Συνεχίζοντας, συμπληρώνουμε στο φορτίο βάσης της αντλίας θερμότητας για την θέρμανση το ποσό των 4773€ που κοστίζει η αντλία θερμότητας, επίσης για το εφεδρικό σύστημα στο οποίο χρησιμοποιούμε την ηλεκτρική αντίσταση, συμπληρώνουμε το ποσό των 200€ οπου κοστίζει η αντίσταση. Στα μέτρα ενεργειακής απόδοσης βάζουμε το ποσό 4€/m² σύμφωνα με τις ανάγκες του κτιρίου και στην ποσότητα βάζουμε τα 250m² που είναι η θερμαινόμενη επιφάνεια. Για το σύστημα ψύξης, στην αντλία θερμότητας συμπληρώνουμε το ποσό των 5227€ όσο είναι το κόστος της αντλίας θερμότητας και στα μέτρα ενεργειακής απόδοσης βάζουμε τα 1,60€/m² βάση των αναγκών του κτιρίου και στην ποσότητα βάζουμε τα 250m² που είναι η ψυχόμενη επιφάνεια. Στη συνέχεια συμπληρώνουμε το κελί των ανταλλακτικών και βάζουμε στην ποσότητα 15% και στην μονάδα κόστους τα 30850 που είναι το συνολικό κόστος της εγκατάστασης μέχρι τώρα. Στο κελί απρόβλεπτα βάζουμε στην ποσότητα το 5%. Τέλος μας βγάζει για όλα τα κελιά τα αποτελέσματα τους δίπλα και το σύνολο του κόστους στο κάτω μέρος.(Εικόνα 52)

Αρχικό κόστος (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό	Σχετικό κόστος
Μελέτη σκοπιμότητας					
- Μελέτη σκοπιμότητας	κόστος	1	€ 700	€ 700	
Υπο-σύνολο:				€ 700	1,9%
Ανάπτυξη					
- Ανάπτυξη	κόστος	1	€ 500	€ 500	
Υπο-σύνολο:				€ 500	1,3%
Μηχανολογικά					
- Μηχανολογικά	κόστος	1	€ 5.250	€ 5.250	
- Γεωθερμικός εναλλάκτης θερμότητας	κόστος	3	€ 4.000	€ 12.000	
- Κυκλοφορητής	κόστος	2	€ 400	€ 800	
Υπο-σύνολο:				€ 18.050	48,5%
Σύστημα θέρμανσης					
Φορτίο βάσης - Αντλία θερμότητας	kW	21	€ 227.273	€ 4.773	
Εφεδρία - Ηλεκτρική αντίσταση	kW	6	€ 33,33	€ 200	
Μέτρα ενεργειακής αποδοσης	έργο			€ -	
- Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	250	€ 4	€ 1.000	
Υπο-σύνολο:				€ 5.973	16,0%
Σύστημα ψύξης					
Φορτίο βάσης - Αντλία θερμότητας	kW	23	€ 227.273	€ 5.227	
Μέτρα ενεργειακής αποδοσης	έργο			€ -	
- Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	250	€ 1,60	€ 400	
Υπο-σύνολο:				€ 5.627	15,1%
Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα					
Ανταλλακτικά	%	15,0%	€ 30.850	€ 4.628	
Μεταφορά	έργο			€ -	
Εκπαίδευση & θέση σε λειτουργία	ανά ημέρα			€ -	
- Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος			€ -	
Απρόβλεπτα	%	5,0%	€ 35.477	€ 1.774	
Τόκος κατά την κατασκευή			€ 37.251	€ -	
Υπο-σύνολο:				€ 6.401	17,2%
Συνολικά αρχικά κόστη				€ 37.251	100,0%

Εικόνα 52: Ανάλυση κόστους- αρχικό κόστος

Στα ετήσια κόστη συμπληρώνουμε το κελί του τμήματος και εργασία, στην ποσότητα βάζουμε 250 που είναι η θερμαινόμενη επιφάνεια και στην μονάδα κόστους την τιμή 0,40€ σύμφωνα με τους πίνακες του προγράμματος. Στα απρόβλεπτα, στην ποσότητα βάζουμε 5%βάση του προγράμματος και μας υπολογίζει τα υπόλοιπα πεδία. (Εικόνα 53)

Ετήσια κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό
Λειτουργία & Συντήρηση				
Δείξε δεδομένα			€	-
Τμήματα & Εργασία	έργο		€	-
- Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος	250	€ 0,40	€ 100
Απρόβλεπτα	%	5,0%	€ 100	€ 5
Υπο-σύνολο:				€ 105
Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση				
Ηλεκτρική ενέργεια	MWh	17	€ 200	€ 3.325
Υπο-σύνολο:				€ 3.325

Εικόνα 53: Ανάλυση κόστους- ετήσια κόστη

Παρακάτω βλέπουμε την ετήσια εξοικονόμηση σε καύσιμο που στην περίπτωση μας είναι η ηλεκτρική ενέργεια. (Εικόνα 54)

Ετήσια εξοικονόμηση	Μονάδα	Ποσότητα	Μονάδα κόστους	Ποσό
Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση				
Ηλεκτρική ενέργεια	MWh	24	€	200
Υπο-σύνολο:				€ 4.703
<input type="checkbox"/> Οριζόμενο από τον χρήστη	κόστος		€	-
Υπο-σύνολο:				€ -

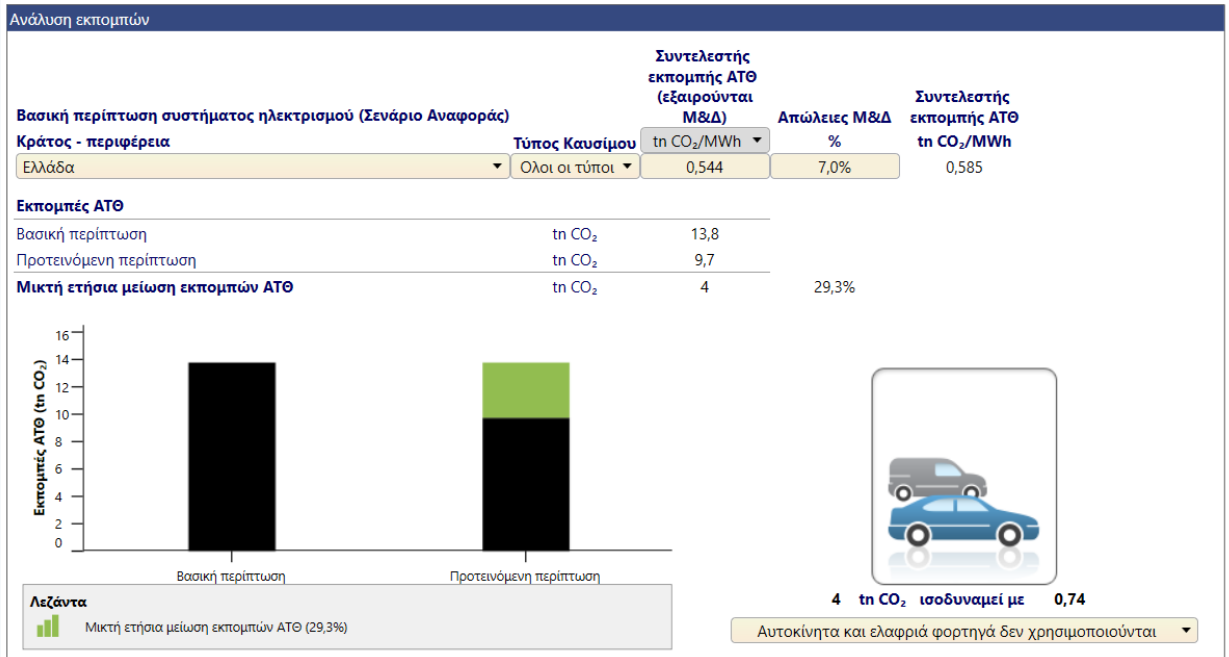
Εικόνα 54: Ετήσια εξοικονόμηση

Τέλος, στο φύλλο ανάλυση κόστους έχουμε τα περιοδικά κόστη στα οποία δεν συμπληρώνουμε τίποτα. (Εικόνα 55)

Περιοδικά κόστη (πιστώσεις)	Μονάδα	Ετος	Μονάδα κόστους	Ποσό
<input type="checkbox"/> Περιοδικά κόστη	κόστος		€	-
<input type="checkbox"/> Τέλος διάρκειας ζωής έργου	κόστος		€	-

Εικόνα 55: Περιοδικά κόστη

Περνάμε στο επόμενο φύλλο το οποίο ονομάζεται Ανάλυση Εκπομπών. Σε αυτά τα δύο φύλλα δεν συμπληρώνουμε τίποτα, μας τα έχει υπολογισμένα όλα από μόνο του το πρόγραμμα βάση των προηγούμενων φύλλων, όπως φαίνεται παρακάτω. (Εικόνα 56, Εικόνα 57)



Δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης των ΑΤΘ

28 τόννοι CO₂ = 0 τόννος CH₄
265 τόννοι CO₂ = 0 τόννος N₂O

Εικόνα 56: Ανάλυση εκπομπών

Βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού (Σενάριο Αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O kg/GJ	Βαθμός απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού %	Απώλειες Μ&Δ %	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ tn CO ₂ /MWh
Φυσικό Αέριο	100,0%	49,6	0,0010	0,0009	40,8%	7,0%	0,473
Μίγμα Ηλεκτρισμού	100,0%	130,7	0,0025	0,0024		7,0%	0,473

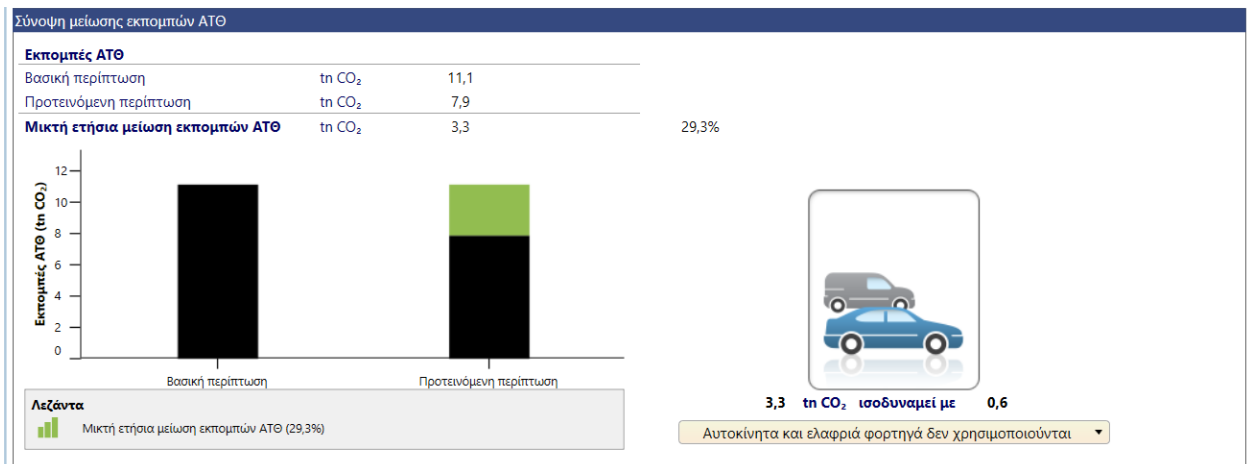
Περιληψη εκπομπών ΑΤΘ βασικού σεναρίου (σεναρίου αναφοράς)

Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου kWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ kgCO ₂ /kWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO ₂
Ηλεκτρική ενέργεια	100,0%	130,7	0,0025	0,0024	23.513	0,473	11,1
Σύνολο	100,0%	130,7	0,0025	0,0024	23.513	0,473	11,1

Περιληψη εκπομπών ΑΤΘ προτεινόμενης περίπτωσης

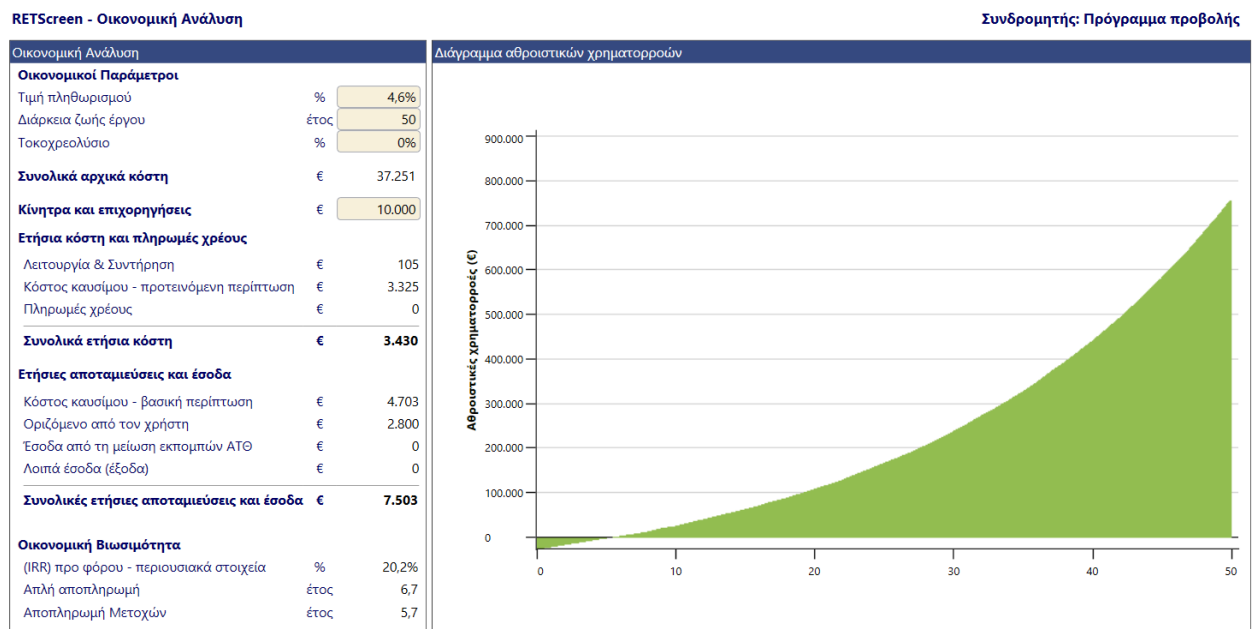
Τύπος Καυσίμου	Μίγμα καυσίμου %	Συντελεστής εκπομπής CO ₂ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής CH ₄ kg/GJ	Συντελεστής εκπομπής N ₂ O kg/GJ	Κατανάλωση καυσίμου kWh	Συντελεστής εκπομπής ΑΤΘ kgCO ₂ /kWh	Εκπομπές ΑΤΘ tn CO ₂
Ηλεκτρική ενέργεια	100,0%	130,7	0,0025	0,0024	16.625	0,473	7,9
Σύνολο	100,0%	130,7	0,0025	0,0024	16.625	0,473	7,9

Εικόνα 57α: Ανάλυση εκπομπών- βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού



Εικόνα 57β: Ανάλυση εκπομπών- βασική περίπτωση συστήματος ηλεκτρισμού

Στο επόμενο φύλλο θα δούμε την οικονομική ανάλυση του συστήματος (Εικόνα 58). Στην τιμή του πληθωρισμού βάζουμε το 4,6% που ισχύει για την Ελλάδα σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ_[7ε] και στη διάρκεια ζωής του έργου συμπληρώνουμε τα 50 έτη βάση της εταιρίας κατασκευής. Επιπλέον για τα συγκεκριμένο έργο ΑΠΕ δίνεται επιχορήγηση από το κράτος το ποσό των 10000€.



Εικόνα 58: Οικονομική ανάλυση (α)

Στην παρακάτω εικόνα, (Εικόνα 59) στο κυλιόμενο φόρο καυσίμου συμπληρώνουμε το ποσό 2% σύμφωνα με τα στοιχεία του προγράμματος. Επίσης στο επιτόκιο αναγωγής και ποσοστό επανεπένδυσης βάζουμε το ποσοστό 9% σύμφωνα με το τραπεζικό σύστημα. Στην καρτέλα Κόστος| Αποθηκεύσεις [Έσοδο μας δείχνει τα αρχικά κόστη, τα ετήσια κόστη και τις ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα. Τέλος το πρόγραμμα, μας έχει υπολογίσει και την οικονομική βιωσιμότητα του έργου αλλά και τα έσοδα από την μείωση εκπομπών.

RETSscreen - Οικονομική Ανάλυση

Οικονομικοί Παράμετροι			Κόστος Αποθηκεύσεις Έσοδο		
Γενικά			Αρχικά κόστη		
Κυλιόμενος φόρος κόστους καυσίμου	%	2%	Μελέτη σκοπιμότητας	1,9%	€ 700
Τιμή πληθωρισμού	%	4,6%	Ανάπτυξη	1,3%	€ 500
Επιτόκιο αναγωγής	%	9%	Μηχανολογικά	48,5%	€ 18.050
Ποσοστό επανεπένδυσης	%	9%	Σύστημα θέρμανσης	16%	€ 5.973
Διάρκεια ζωής έργου	έτος	50	Σύστημα ψύξης	15,1%	€ 5.627
			Ισοζύγιο συστήματος & διάφορα	17,2%	€ 6.401
Χρηματοδότηση			Συνολικά αρχικά κόστη	100%	€ 37.251
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	€	10.000	Κίνητρα και επιχορηγήσεις		€ 10.000
Τοκοχρεολύσιο	%	0%	Ετήσια χρηματορροή - Έτος 1		
Ανάλυση φόρου εισοδήματος <input type="checkbox"/>			Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους		
			Κόστος καυσίμου - προτεινόμενη περίπτωση	€	3.325
			Λειτουργία & Συντήρηση	€	105
			Πληρωμές χρέους	€	0
			Συνολικά ετήσια κόστη	€	3.430
			Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα		
			Κόστος καυσίμου - βασική περίπτωση	€	4.703
			Οριζόμενο από τον χρήστη	€	2.800
			Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ	€	0
			Προσαύξηση εσόδων πελάτη (έκπτωση)	€	0
			Λοιπά έσοδα (έξοδα)	€	0
			Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα	€	7.503
			Καθαρή ετήσια ταμειακή ροή - Έτος 1		
			€ 4.073		
Ετήσια έσοδα			Οικονομική Βιωσιμότητα		
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ			(IRR) προ φόρου - μετοχές	%	19,3%
Μικτή μείωση ΑΤΘ	tn CO ₂ /έτος	3	MIRR προ φόρου - μετοχές	%	11,2%
Μικτή μείωση ΑΤΘ - 50 έτη	tn CO ₂	163	(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	19,3%
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ	€	0	MIRR προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%	11,2%
Προσαύξηση εσόδων πελάτη (έκπτωση) <input type="checkbox"/>			Απλή αποπληρωμή	έτος	6,7
			Αποπληρωμή Μετοχών	έτος	5,9
			Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€	47.999
			Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/έτος	4.379
			Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)		2,3
			Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων		Χωρίς χρέος
			Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO ₂	-1.344
Λοιπά έσοδα (έξοδα) <input type="checkbox"/>					

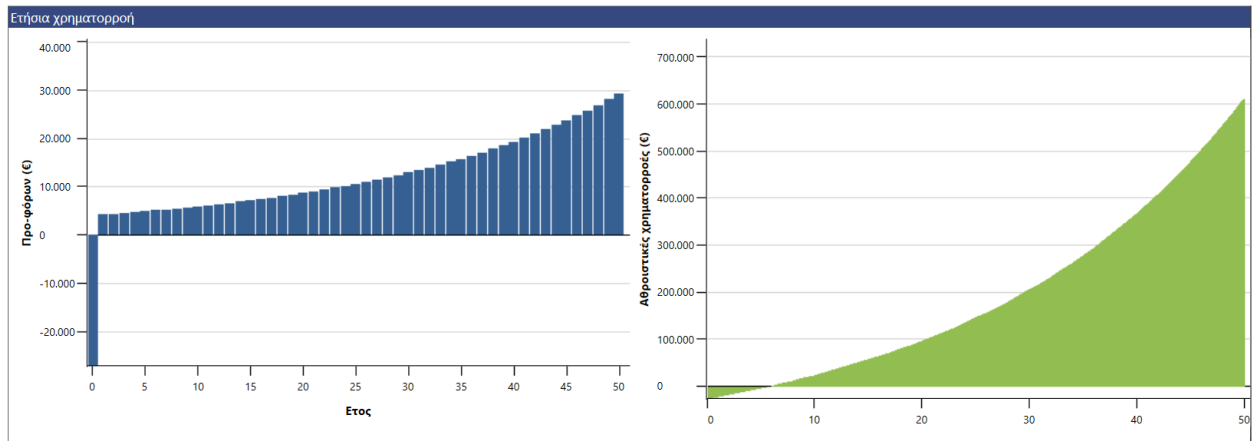
Εικόνα 59: Οικονομική ανάλυση (β)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ανά έτος η χρηματοροή προ-φόρων και αθροιστικά.
(Εικόνα 60)

Ετήσια χρηματοροή		
Έτος	Προ-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€
0	-27.251	-27.251
1	4.224	-23.027
2	4.382	-18.645
3	4.546	-14.099
4	4.717	-9.382
5	4.896	-4.486
6	5.081	595
7	5.275	5.869
8	5.476	11.346
9	5.686	17.032
10	5.905	22.936
11	6.133	29.069
12	6.370	35.439
13	6.618	42.057
14	6.876	48.933
15	7.145	56.078
16	7.425	63.504
17	7.718	71.222
18	8.023	79.244
19	8.341	87.585
20	8.672	96.257
21	9.018	105.275
22	9.378	114.653
23	9.754	124.408
24	10.147	134.554
25	10.556	145.110
26	10.983	156.093
27	11.428	167.520
28	11.892	179.413
29	12.377	191.790
30	12.883	204.672
31	13.411	218.083
32	13.961	232.044
33	14.536	246.580
34	15.136	261.716
35	15.762	277.478
36	16.415	293.893
37	17.097	310.990
38	17.809	328.799
39	18.552	347.351
40	19.328	366.680
41	20.138	386.818
42	20.984	407.802
43	21.867	429.669
44	22.789	452.458
45	23.752	476.209
46	24.757	500.966
47	25.807	526.772
48	26.903	553.675
49	28.048	581.723
50	29.243	610.966

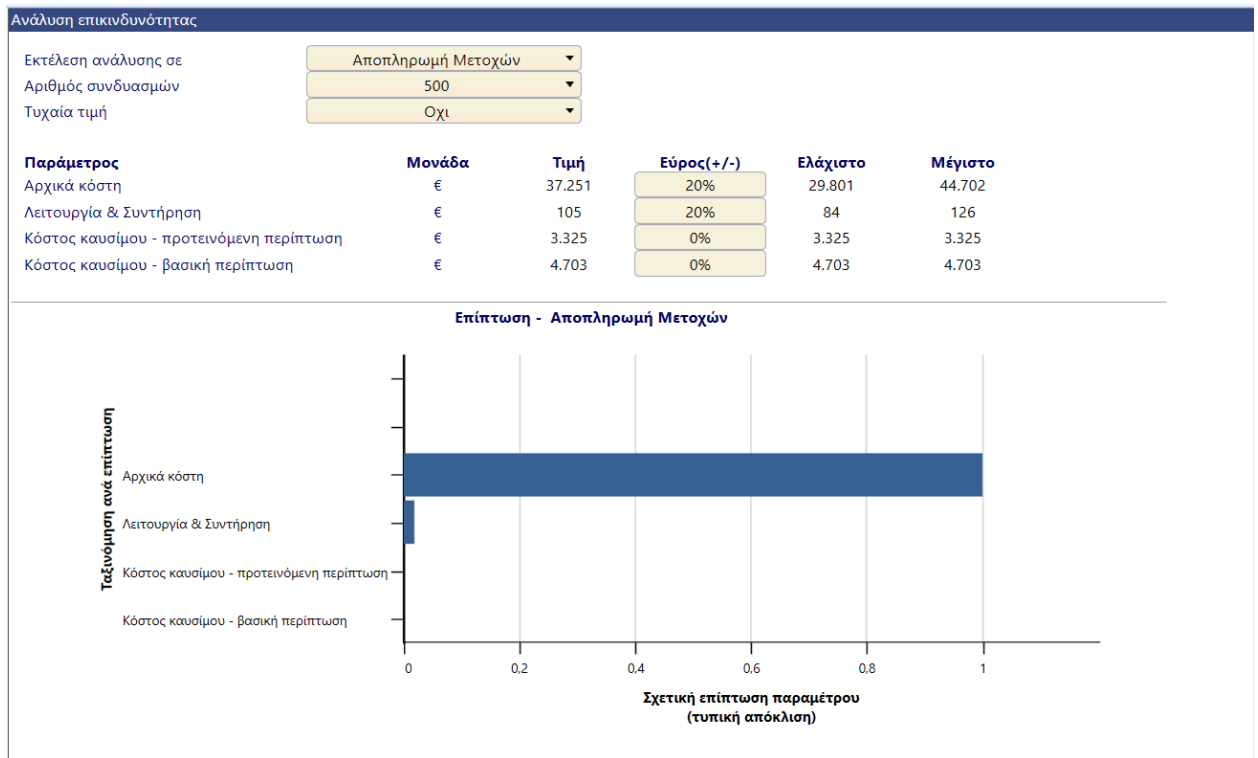
Εικόνα 60: Ετήσια χρηματοροή

Στο τέλος αυτού του φύλλου βλέπουμε το διάγραμμα των αθροιστικών χρηματοροών. (Εικόνα 61)



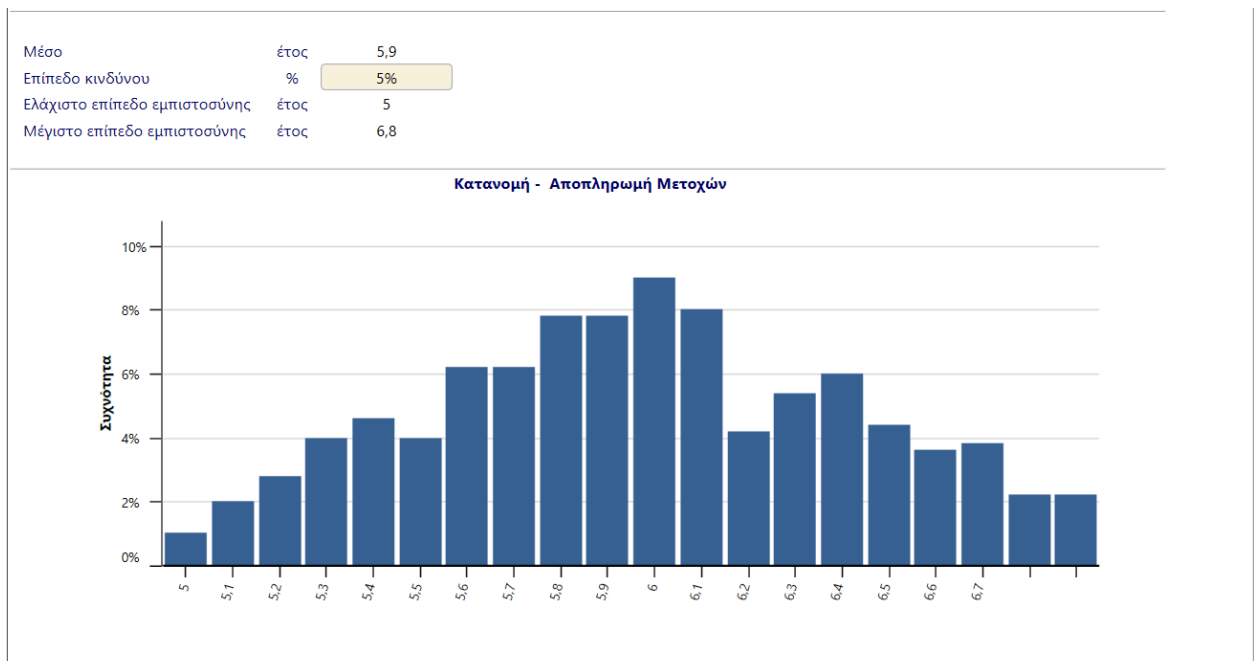
Εικόνα 61: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών

Περνάμε στο τελευταίο φύλλο του προγράμματος το οποίο ονομάζεται κίνδυνος και στην ανάλυση επικινδυνότητας συμπληρώνουμε στο εύρος για τα αρχικά κόστη το ποσοστό 20% που είναι η αβεβαιότητα που συνδέεται με την εκτιμώμενη αρχική τιμή του κόστους . Στη συνέχεια το πρόγραμμα μας βγάζει το διάγραμμα ταξινόμηση ανά επίπτωση.(Εικόνα 62)



Εικόνα 62: Ανάλυση επικινδυνότητας

Επίσης συμπληρώνουμε στο επίπεδο κινδύνου το ποσοστό του 5% σύμφωνα με το πρόγραμμα (Εικόνα 63) και στο τέλος αυτού του φύλλου μας βγάζει το διάγραμμα της συχνότητας.



Εικόνα 63: Διάγραμμα συχνότητας κινδύνου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η γεωθερμική ενέργεια θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη επιρροή επειδή η προβλεπόμενη συνολική ποσότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι σημαντικά μεγαλύτερη από το συνδυασμένο σύνολο των ενεργειακών πόρων που βασίζονται στο πετρέλαιο, τον άνθρακα και το φυσικό αέριο, καθώς είναι μια χαμηλού κόστους, φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας.

Από την επισκόπηση της παραπάνω μελέτης με την χρήση του υπολογιστικού προγράμματος Retscreen Expert όσο και της οικονομικής αξιολόγησης της γεωθερμικής ενέργειας και πιο συγκεκριμένα στην χρήση αβαθούς γεωθερμίας σε μια κατοικία για την θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, προκύπτει αρχικά ότι η επένδυση σε ένα τέτοιο έργο ασφαλώς και συνιστά ένα λιθαράκι για την προστασία του περιβάλλοντος καθότι με την επιλογή παραγωγής της ανανεώσιμης πηγής αυτής ενέργειας μειώνεται η παραγωγή βλαπτικών αερίων που παράγονται από την καύση διαφόρων πηγών ορυκτού πλούτου.

Πέραν όμως της συμβολής στο τομέα της προστασίας του περιβάλλοντος, θα πρέπει η εν λόγω επένδυση να αποδίδει και οικονομικά οφέλη στον επενδυτή για να την επιλέξει.

Με βάση την παραπάνω οικονομική αξιολόγηση προκύπτει ότι η εν λόγω επένδυση είναι μακροπρόθεσμα οικονομικά βιώσιμη, δεν έχει κίνδυνο απώλειας του κεφαλαίου επένδυσης και, εν τέλει, ανεξάρτητα από την κατασκευή με ίδια ή ξένα κεφάλαια μετά της πάροδο της περιόδου απόσβεσης, αποδίδει σημαντικά οικονομικά οφέλη, γιατί αν και η αποπληρωμή γίνεται τον 6^ο χρόνο, η ετήσια εξοικονόμηση είναι 7503€. Επίσης έχουμε μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου 36 tnCO₂/έτος.

Αξίζει επομένως να επενδύσουμε στην χρήση της γεωθερμίας και ειδικότερα με το σύστημα αβαθούς γεωθερμίας σε μια κατοικία ή ακόμη και σε μεγαλύτερους χώρους και το γεγονός ότι δεν θα αποκομίσουμε άμεσα οικονομικά οφέλη, δεν πρέπει να μας αποτρέπει μπροστά στα οφέλη που παρέχει αυτή η επένδυση στο ίδιο περιβάλλον.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- [1] Rybach, L. (2010, April). The future of geothermal energy and its challenges. In Proceedings world geothermal congress (Vol. 29).
- [2] Igwe, C. I. (2021). Geothermal energy: a review. *Int. J. Eng. Res. Technol*, 10(3), 655-661.
- [3] Goldstein, B., Hiriart, G., Bertani, R., Bromley, C., Gutiérrez-Negrín, L., Huenges, E., ... & Zui, V. (2012). Geothermal energy. In *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 401-436). Cambridge.
- [4] Manzella, A. (2017). Geothermal energy. In *EPJ Web of conferences* (Vol. 148, p. 00012). EDP Sciences.
- [5] Williams, C. F., Reed, M. J., & Anderson, A. F. (2011, January). Updating the classification of geothermal resources. In *Proceedings, Thirty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering* (p. 2011).
- [6] Sanyal, S. K. (2005, January). Classification of geothermal systems—a possible scheme. In *Thirtieth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering* (Vol. 2, No. 02). Stanford, California: Stanford University.
- [7] Hatziyannis, G. E. (2007, May). Update of the geothermal situation in Greece. In *Proceedings*.
- [8] Energy Informative (2020). Geothermal energy pros and cons.
- [9] Archer, R. (2020). Geothermal energy. In *Future Energy* (pp. 431-445). Elsevier.
- [10] Phetteplace, G. (2007). Geothermal heat pumps. *Journal of Energy Engineering*, 133(1), 32-38.
- [11] Chua, K. J., Chou, S. K., & Yang, W. M. (2010). Advances in heat pump systems: A review. *Applied energy*, 87(12), 3611-3624.
- [12] Self, S. J., Reddy, B. V., & Rosen, M. A. (2013). Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options. *Applied energy*, 101, 341-348.)

Διαδικτυακές αναφορές

- [1e] https://www.energy.gov/sites/prod/files/guide_to_geothermal_heat_pumps.pdf
- [2e] <https://whelveillanceenergy.gr/pleonektimata-geothermikou-systimaton/>
- [3e] <https://natural-resources.canada.ca>
- [4e] <https://el.wikipedia.org/wiki/RETSscreen>
- [5e] <https://rea.info.yorku.ca/retscreen/>
- [6e] <https://www.interplast.gr/el/proionta/endodapedia/leitoyrgia-pleonektimata>
- [7e] <https://www.statistics.gr/>