



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Αξιοποίηση του Γεωθερμικού πεδίου Αρίστηνου-Κατασκευή
θερμικού σταθμού και δικτύου τηλεθέρμανσης**

ΚΑΔΟΓΛΟΥ ΔΗΜΟΣ
Αριθμός Μητρώου : 1503

Διπλωματική Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Βόλος, 2020



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Αξιοποίηση του Γεωθερμικού πεδίου Αρίστηνου-Κατασκευή
θερμικού σταθμού και δικτύου τηλεθέρμανσης**

ΚΑΔΟΓΛΟΥ ΔΗΜΟΣ
Αριθμός Μητρώου : 1503

Διπλωματική Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

Βόλος, 2020

© 2020 Καδόγλου Δήμος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Ανδρίτσος Νικόλαος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Μποντόζογλου Βασίλης
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Πελεκάσης Νικόλαος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Ανδρίτσο Νικόλαο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της εργασίας μου.

Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κκ. Μποντόζογλου Βασίλειο και Πελεκάση Νικόλαο για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Τέλος, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Καδόγλου Κωνσταντίνο και Καζάκη Αθανασία καθώς και την αδερφή μου Καδόγλου Μαρίνα για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην μητέρα μου και στον πατέρα μου.

ΚΑΔΟΓΛΟΥ ΔΗΜΟΣ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2020

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Ανδρίτσος Νικόλαος,
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή που αντιμετωπίζουμε επιδεινώνεται διαρκώς και επηρεάζει την καθημερινή μας ζωή σε σημαντικό βαθμό. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας φαίνεται πως αποτελούν λύση του προβλήματος δημιουργώντας την ανάγκη για περαιτέρω μελέτη προς εύρεση μεθόδων εφαρμογής σε μεγαλύτερη κλίμακα. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση του έργου εκμετάλλευσης μέρους του γεωθερμικού πεδίου Αρίστηνου. Αρχικά, περιγράφονται τα διάφορα είδη γεωθερμικών πεδίων, συστημάτων καθώς και οι κυρίαρχες θερμικές εφαρμογές τους. Γίνεται αναφορά στο επίπεδο ανάπτυξης της γεωθερμίας στην Ελλάδα και την δυναμικότητα των πεδίων της. Στην συνέχεια αναλύεται το γεωθερμικό πεδίο του Αρίστηνου, παρατίθεται η τοποθεσία των γεωτρήσεων, η χημική σύσταση του γεωθερμικού ρευστού και οι δυνατότητες των παραγωγικών γεωτρήσεων για την κάλυψη των αναγκών του έργου εκμετάλλευσης. Περιγράφεται ο μηχανολογικός εξοπλισμός του θερμικού σταθμού, το σύστημα καθαρισμού και το σύστημα αυτοματισμού των εγκαταστάσεων. Αναλύεται το δίκτυο τηλεθέρμανσης και παρουσιάζονται αναλυτικά διαγράμματα ροής για πιθανούς συνδυασμούς θερμικής ανάγκης των καταναλωτών με στόχο την βέλτιστη διανομή της θερμικής ενέργειας. Τέλος, γίνεται σχολιασμός του έργου σχετικά με τις επιλογές για την κατασκευή του.

Λέξεις κλειδιά: Γεωθερμία, Εκμετάλλευση γεωθερμικού πεδίου

KADOGLOU DIMOS

Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly, 2020

Supervisor: Dr Nikos Andritsos

Professor, Department of Mechanical Engineering, University of Thessaly

Abstract

The climate change we are facing is constantly exacerbated and has a significant impact on our daily lives. Renewable Energy Sources seem to be the solution to the problem, creating the need for further study to find methods of application on a larger scale. The purpose of this thesis is to analyze the exploitation of part of the Aristino geothermal field. Initially, the various geothermal fields, geothermal systems and most common thermal applications are described. Reference is made to geothermal power in Greece, the level of its development in our country and the future potential of Greece's fields. We then analyze the geothermal field of Aristino, the location of the boreholes, the chemical composition of the geothermal fluid and the capability of the production boreholes to meet the needs of the project. We describe the thermal equipment of the plant, the cleaning system and the automation of the facilities. We deal with the district heating system and present a detailed flowchart for every possible combination of consumers' thermal need in order to optimize the distribution of thermal energy. Finally, the thesis concludes with a commentary on the project and conclusions are drawn based on the choices made in terms of its construction.

Key Words: Geothermal energy, Geothermal field exploitation

Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Γεωθερμία	3
2.1 Τι είναι η γεωθερμία.....	3
2.2 Γεωθερμικά πεδία.....	3
2.3 Γεωθερμικά συστήματα.....	4
2.3.1 Κατηγορίες συστημάτων γεωθερμίας.....	4
2.4 Εφαρμογές της γεωθερμίας.....	5
2.4.1 Εκμετάλλευση γεωθερμικών πόρων.....	5
2.4.2 Κυρίαρχες Θερμικές εφαρμογές.....	5
2.4.2.1 Γεωθερμικός κλιματισμός (Θέρμανση - Ψύξη χώρων).....	5
2.4.2.2 Αγροτικές εφαρμογές.....	7
2.4.2.3 Κτηνοτροφία και υδατοκαλλιέργειες.....	9
2.4.2.4 Βιομηχανικές εφαρμογές.....	9
2.5 Επιπτώσεις της Γεωθερμίας στο ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον... 10	
2.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Γεωθερμίας.....	11
2.7 Γεωθερμία στην Ελλάδα.....	12
2.7.1 Ανάπτυξη, Δυναμικότητα και αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων... 12	
2.8 Γενική μεθοδολογία ολοκλήρωσης έργου εκμετάλλευσης γεωθερμικού πεδίου.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Γεωθερμικό πεδίο Αρίστηνου	16
3.1 Περιγραφή με πλήρες τοπογραφικό διάγραμμα.....	16
3.2 Περιγραφή των γεωτρήσεων.....	18
3.3 Δυνατότητες του πεδίου.....	21
3.3.1 Χρήση του γεωθερμικού ρευστού στον κτηριακό τομέα.....	21
3.3.1.1 Γενικά.....	21
3.3.1.2 Δημοτικά κτήρια στις περιοχές Αρίστηνου και Άνθειας.....	21
3.3.2 Χρήση του γεωθερμικού ρευστού στον αγροτικό τομέα.....	24
3.3.2.1 Γενικά.....	24
3.3.2.2 Θέρμανση θερμοκηπίων.....	24
3.3.2.3 Θέρμανση Εδάφους.....	25
3.4 Θερμοκηπιακές εφαρμογές.....	25
3.4.1 Υπάρχουσες εγκαταστάσεις.....	25
3.4.2 Παραχωρούμενες προς εκμετάλλευση εκτάσεις του Δήμου Αλεξανδρούπολης για την δημιουργία νέων εγκαταστάσεων.....	25
3.5 Προϊόντα του πεδίου-Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	26
3.5.1 Απόβλητα αέριας, υγρής και στερεάς φάσης.....	26
3.5.2 Αισθητικές μεταβολές στην περιοχή και ηχορύπανση.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μηχανολογικός Εξοπλισμός	27
4.1 Παραγωγικές γεωτρήσεις.....	27
4.1.1 Γεωθερμικά χαρακτηριστικά-Μέγιστη θερμική ισχύς.....	27
4.2 Αντλίες στις παραγωγικές γεωτρήσεις.....	27

4.3	Εναλλάκτες θερμότητας.....	30
4.4	Διακοπτικό υλικό και δίκτυο σωληνώσεων.....	32
4.5	Σύστημα καθαρισμού των εναλλακτών θερμότητας.....	33
4.6	Θερμικοί σταθμοί καταναλωτών (Μελλοντικό).....	34
4.7	Σύστημα Αυτοματισμού των εγκαταστάσεων.....	36
4.7.1	Γενικά.....	36
4.7.2	Καταναλωτές θερμικής ενέργειας.....	38
4.7.3	Δίκτυα διανομής.....	39
4.7.4	Θερμικός σταθμός.....	40
4.7.5	Συγκροτήματα άντλησης από τις γεωτρήσεις ΑΑ-3Π και ΑΑ-6Π.....	42
4.7.6	Επανεισαγωγή.....	44
4.8	Σύστημα ελέγχου τηλεμετρίας και αυτοματισμού.....	44
4.8.1	Γενικά.....	44
4.8.2	Μέθοδος μετάδοσης πληροφοριών.....	44
4.8.3	Δομή τοπικών δικτύων συστήματος.....	46
4.8.4	Κεντρικός Θερμικός Σταθμός.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Δίκτυο Τηλεθέρμανσης-Αναλυτικό διάγραμμα ροής.....		50
5.1	Άμεση ή όχι χρήση γεωθερμικού ρευστού.....	50
5.2	Μορφές συστημάτων.....	50
5.3	Διανομή θερμικής ενέργειας.....	51
5.4	Βασικό σχέδιο.....	53
5.5	Θερμικές ανάγκες στις κτηριακές εγκαταστάσεις σε συνδυασμό με μηδενική ζήτηση από τα θερμοκήπια.....	54
5.6	Θερμικές ανάγκες μόνο στον χώρο των θερμοκηπίων.....	55
5.7	Ανάγκη θερμικής ενέργειας στις κτηριακές μονάδες με συνολική παροχή που υπερκαλύπτει την ανάγκη των θερμοκηπίων.....	58
5.8	Δίκτυο πρωτεύοντος κυκλώματος.....	59
5.8.1	Πίεση λειτουργίας.....	59
5.8.2	Επιλογή κατάλληλου υλικού σωληνώσεων.....	60
5.8.3	Πτώση θερμοκρασίας κατά μήκος του σωλήνα.....	62
5.8.4	Τρόπος Όδευσης.....	64
5.9	Δευτερεύον (κλειστό) δίκτυο.....	65
5.9.1	Επιλογή υλικού.....	65
5.9.2	Τρόπος όδευσης.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα.....		67
Βιβλιογραφία.....		68

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1 Τροποποιημένο Διάγραμμα Lindal	5
Σχήμα 2.2 Σύστημα γεωθερμικής θέρμανσης-ψύξης	6
Σχήμα 2.3 Θερμοκήπιο με σύστημα εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας.....	8
Σχήμα 2.4 : Σχηματικό διάγραμμα της υδατοκαλλιέργειας Silfurstjarnan στην πόλη Oxarfjorur στην Βόρεια Ισλανδία που πραγματοποιεί ανάμειξη γεωθερμικού νερού στις δεξαμενές της.....	9
Σχήμα 2.5 : Γνωστά Γεωθερμικά πεδία στην Ελλάδα.....	12
Σχήμα 2.6 :Διάγραμμα ροής κατά την διεξαγωγή γεωθερμικού έργου.....	14
Σχήμα 3.1 Χάρτης της περιοχής.....	16
Σχήμα 3.2 Οριοθέτηση του βεβαιωμένου γεωθερμικού πεδίου Αρίστηνου- Αλεξανδρούπολης και γεωγραφική τοποθέτηση του σε τοπογραφικό διάγραμμα.....	17
Σχήμα 3.3 Μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την δοκιμαστική άντληση.....	18
Σχήμα 3.4 Τοποθεσία των παραγωγικών γεωτρήσεων ΑΑ-3Π και ΑΑ-6Π.....	19
Σχήμα 3.5 Υπάρχουσα συνδεσμολογία του συστήματος θέρμανσης.....	23
Σχήμα 3.6 Μελλοντική συνδεσμολογία του συστήματος θέρμανσης.....	23
Σχήμα 4.1: Σύγκριση Στροβιλοφόρων και Υποβρύχιων αντλιών.....	28
Σχήμα 4.2: Ενδεικτικός υπολογισμός μανομετρικού ύψους αντλιών.....	29
Σχήμα 4.3: Εναλλάκτης θερμότητας τύπου πλακών.....	30
Σχήμα 4.4: Αυτοκαθαριζόμενο φίλτρο για το πρωτεύον δίκτυο.....	31
Σχήμα 4.5 :Σχηματική απεικόνιση του κεντρικού θερμικού σταθμού.....	37
Σχήμα 4.6 : Σχηματική απεικόνιση του συστήματος εκμετάλλευσης θερμού νερού στους καταναλωτές.....	39
Σχήμα 4.7 : Εναλλάκτης θερμότητας κεντρικού θερμικού σταθμού.....	41
Σχήμα 4.8: Γεωδαιτικό ύψος σωληνογραμμής και στατικές υπερπιέσεις.....	43
Σχήμα 4.9: Καμπύλη παροχής-μανομετρικού αντλίας.....	43
Σχήμα 4.10: Σχηματική απεικόνιση της συνδεσμολογίας του δικτύου ανταλλαγής δεδομένων.....	46
Σχήμα 4.11: Layout τοπικών συστημάτων επικοινωνίας.....	47
Σχήμα 5.1: Πορεία γεωθερμικού ρευστού από την άντληση έως την επανέγχυσή του...52	
Σχήμα 5.2: Διάγραμμα ροής με ταυτόχρονη ζήτηση θερμικής ισχύος σε κτήρια και θερμοκήπια.....	53
Σχήμα 5.3: Διάγραμμα ροής με ζήτηση θερμική ισχύος μόνο σε κτήρια με παράκαμψη του “σε σειρά” εναλλάκτη θερμότητας νερού-νερού.....	54
Σχήμα 5.4: Διάγραμμα ροής με ζήτηση θερμική ισχύος μόνο σε κτήρια χωρίς παράκαμψη του “σε σειρά” εναλλάκτη θερμότητας νερού-νερού.....	55
Σχήμα 5.5: Διάγραμμα ροής με ζήτηση θερμικής ισχύος μόνο σε θερμοκήπια.....	56
Σχήμα 5.6: Διάγραμμα ροής με ζήτηση μερικής θερμική ισχύος μόνο σε θερμοκήπια και χρήση μόνο του παράλληλου εναλλάκτη θερμότητας νερού-νερού.....	57
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα ροής με ζήτηση μερικής θερμική ισχύος μόνο σε θερμοκήπια και χρήση μόνο του 2ου από τους “εν σειρά” εναλλάκτη.....	57

Σχήμα 5.8: Διάγραμμα ροής με ισχυρή ζήτηση στα κτήρια και ασθενή στα θερμοκήπια χωρίς παράκαμψη του “εν σειρά” εναλλάκτη.....	58
Σχήμα 5.9: Διάγραμμα ροής με ισχυρή ζήτηση στα κτήρια και ασθενή στα θερμοκήπια με μερική παράκαμψη του “εν σειρά” εναλλάκτη.....	59
Σχήμα 5.10 : Προτάσεις υλικού κατασκευής για τμήματα των δύο δικτύων.....	62
Σχήμα 5.11 : Αποτελέσματα υπολογισμών σχέσεων.....	64

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1 Χημική ανάλυση του γεωθερμικού ρευστού.....	20
Πίνακας 3.2 Κτίρια που θα συνδεθούν με το δίκτυο εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας....	22
Πίνακας 3.3 Ενδεικτικές θερμοκρασίες για αγροτικά προϊόντα και βιομηχανίας τροφίμων.....	24
Πίνακας 4.1: Εκτιμήσεις στοιχείων θερμικών σταθμών των Δημοτικών κτιρίων.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Εισαγωγή

Σύμφωνα με μετρήσεις της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας από το τέλος του 19^{ου} αιώνα και έπειτα παρατηρούνται στοιχεία μόνιμης αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη, με τα στοιχεία να υποδεικνύουν επιδείνωση του φαινομένου από το 1970 έως τώρα με αύξηση της τάξης των 0.1°C ανά πενταετία [1]. Οι τιμές των πακέτων δεδομένων ERA5 της Copernicus Climate Change Service (CS3) δείχνουν συνολική αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0.91°C μεταξύ της προβιομηχανικής εποχής (1850-1900) και της δεκαετίας 2009-2018. Συγκεκριμένα τα έτη 2015-2018 αποτέλεσαν τις 4 θερμότερες χρονιές των τελευταίων 150 ετών με αύξηση της συνολικής ετήσιας μέσης θερμοκρασίας της τάξης των 0.9-1.2°C [1]. Οι προβλέψεις για το μέλλον υποδεικνύουν πως το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας θα συνεχιστεί στον αιώνα που διανύουμε ως αποτέλεσμα της αύξησης της ποσότητας των αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου [2]. Η κλιματική κρίση που διανύουμε καθιστά απαραίτητη την αλλαγή των ενεργειακών πηγών μας από τα ορυκτά καύσιμα, η καύση των οποίων είναι η κύρια πηγή παραγωγής των αερίων του θερμοκηπίου, στην χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το εγχείρημα αυτό δημιουργεί την ανάγκη για περεταίρω μελέτη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την εύρεση μεθόδων εφαρμογής τους σε μεγαλύτερη κλίμακα.

Οι κύριες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

- Αιολική: Αποτελεί κύρια μορφή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, με την μετατροπή της δύναμης του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια, παλαιότερα η χρήση της είχε και διάφορες μηχανικές λειτουργίες (π.χ. άντληση νερού, ανεμόμυλοι)
- Γεωθερμική: Η θερμική αυτή ενέργεια προέρχεται από την απώλεια θερμότητας εξαιτίας του σχηματισμού του πλανήτη και την ραδιενεργό αποσύνθεση υλικών στον φλοιό της Γης. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του πυρήνα της Γης και των εξωτερικών του στρωμάτων διασφαλίζει διαρκή αγωγή θερμική ενέργειας προς την επιφάνεια. Είναι εκμεταλλεύσιμη τόσο για απευθείας θέρμανση χώρων ή για την παραγωγή ηλεκτρισμού, με κύρια τοποθεσία πηγές θερμού ύδατος ή θερμοπίδακες.
- Βιομάζα: Η ενέργεια προέρχεται από την ενέργεια που παράγουν τα φυτά με την φωτοσύνθεση είτε με την χρήση αστικών απορριμμάτων. Παράγεται βιοαιθανόλη που είναι φιλικότερη προς το περιβάλλον από τα συμβατικά καύσιμα. Αποτελεί πηγή ενέργειας με ποικίλες εφαρμογές της οποίας η χρήση αναμένεται να αυξηθεί μελλοντικά.
- Ηλιακή: Αυξάνεται διαρκώς η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας της δράσης των χωρών υπέρ των ΑΠΕ. Η κύρια χρήση της έως τώρα ήταν θερμικής φύσεως (π.χ. ηλιακοί θερμοσίφωνες, φούρνοι).

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται αποκλειστικά με την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας του γεωθερμικού πεδίου Αρίστηνου.

Το υπόλοιπο αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε πέντε ενότητες που καταλαμβάνουν τα Κεφάλαια 2-6 αντίστοιχα. Συγκεκριμένα:

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφουμε τι είναι η γεωθερμία, αναφέροντας τα διάφορα γεωθερμικά πεδία που απαντώνται, τα γεωθερμικά συστήματα και τις κυρίαρχες θερμικές εφαρμογές τους. Ολοκληρώνεται με την εστίαση της γεωθερμίας στην Ελλάδα, το επίπεδο ανάπτυξης της στην χώρα μας και την δυναμικότητα των πεδίων της.

Στο Κεφάλαιο 3 αναλύουμε το γεωθερμικό πεδίο του Αρίστηνου. Παρατίθεται η τοποθεσία των γεωτρήσεων, η χημική σύσταση του γεωθερμικού ρευστού και οι δυνατότητες των παραγωγικών γεωτρήσεων για την κάλυψη των αναγκών του έργου εκμετάλλευσης.

Στο Κεφάλαιο 4 παρατίθεται ο μηχανολογικός εξοπλισμός του θερμικού σταθμού και το σύστημα αυτοματισμού των εγκαταστάσεων.

Στο Κεφάλαιο 5 ασχολούμαστε με το δίκτυο τηλεθέρμανσης και την παρουσίαση αναλυτικού διαγράμματος ροής ανάλογα με τις θερμικές ανάγκες των καταναλωτών.

Στο Κεφάλαιο 6, με το οποίο ολοκληρώνεται η διπλωματική εργασία γίνεται σχολιασμός του έργου και προκύπτουν συμπεράσματα με βάση τις επιλογές για την κατασκευή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Γεωθερμία

2.1 Τι είναι η Γεωθερμία

Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης με μορφή νερών, ατμών, αερίων ή μειγμάτων αυτών ή ακόμη και ως ενέργεια από τα πετρώματα, και αποτελεί μία σημαντική Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας (Α.Π.Ε.) Είναι η φυσική ενέργεια της γης που ρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια (geothermal-energy.org).

2.2 Γεωθερμικά πεδία

Μιλάμε για σημεία του υπεδάφους όπου έχουν θερμανθεί από θερμό υλικό του εσωτερικού της Γης το οποίο σε περιοχές με ηφαιστειότητα κινήθηκε προς την επιφάνεια και μετέφερε την θερμότητα αυτή σε υδροφόρους ορίζοντες. Το θερμό πλέον ρευστό εμπλουτίζεται με άλατα από τα πετρώματα στα οποία κυκλοφορεί μέσα στο έδαφος στην διαδρομή του προς την επιφάνεια. Αναφερόμαστε πλέον σε γεωθερμικό ρευστό διότι μπορούμε να έχουμε νερό, αέρια ή μίγμα των δυο. Στις περιπτώσεις όπου εμποδίζεται η διέλευση του νερού από μη υδατοπερατά πετρώματα παρατηρούμε τον σχηματισμό υδροφόρου ορίζοντα με αυξημένες θερμοκρασίες. Οι περιοχές αυτές που απαντώνται γεωθερμικά ρευστά σε διάφορα βάθη και θερμοκρασίες ονομάζονται γεωθερμικά πεδία. Ένας παράγοντας διάκρισης τους είναι η θερμοκρασία τους σύμφωνα με την οποία τα ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες [3]:

- ❖ Χαμηλής Ενθαλπίας (25-90°C) που έχει πολλές χρήσεις θέρμανσης κτηνοτροφικών μονάδων, θερμοκηπίων, ιχθυοκαλλιεργειών καθώς και η θέρμανση χώρων κατοικίας, εργασίας κτλ. Τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αφύγρανση γεωργικών προϊόντων, παραγωγή γλυκού νερού και χώνευση ιλύος εγκαταστάσεων καθαρισμού λυμάτων.
- ❖ Μέσης ενθαλπίας (90-150°C) που χρησιμοποιείται στην αφύγρανση ξυλείας και γεωργικών προϊόντων, στην θέρμανση χώρων, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- ❖ Υψηλής ενθαλπίας (>150°C) με πιο συνήθη εφαρμογή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Μιλήσαμε για θερμοκρασιακό παράγοντα όμως αναφερόμαστε σε ενθαλπία, αξίζει λοιπόν να σημειώσουμε πως την ενθαλπία την θεωρούμε ανάλογη της θερμοκρασίας και πως με αυτήν εκφράζουμε την θερμική ενέργεια του ρευστού. Σε γενικές γραμμές στην Ελλάδα απαντώνται πεδία υψηλής και μέσης ενθαλπίας σε Μακεδονία, Θράκη και στην περιοχή του Αιγαίου.

2.3 Γεωθερμικά συστήματα

2.3.1 Κατηγορίες συστημάτων γεωθερμίας

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια για την ταξινόμηση γεωθερμικών συστημάτων όπως ο τύπος του ρευστού και η θερμοκρασία του, σε τι πετρώματα φιλοξενούνται τα ρευστά, το είδος των γεωθερμικών πόρων και το αν τα ρευστά στον ταμειωτήρα κυκλοφορούν ή όχι.

Με κριτήριο το είδος γεωθερμικών πόρων έχουμε τις εξής κατηγορίες [4]:

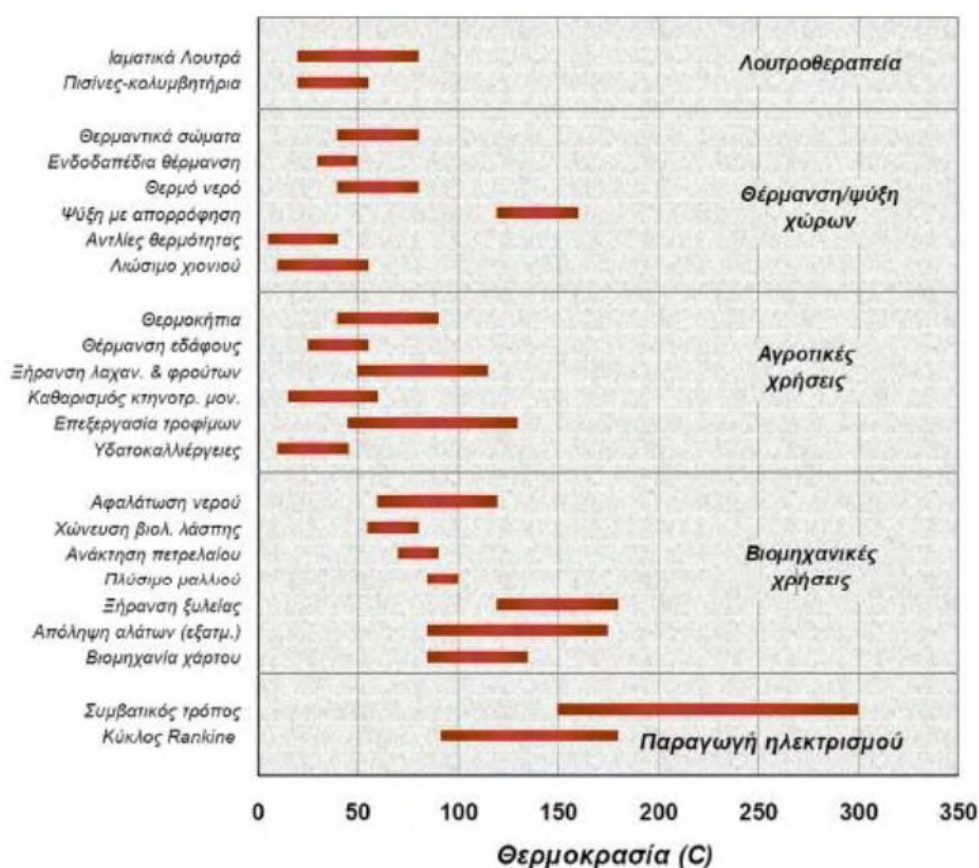
- i. Αβαθής γεωθερμία: Είναι η μορφή γεωθερμίας που γνωρίζει την ταχύτερη ανάπτυξη. Πραγματοποιείται με την κυκλοφορία νερού σε μικρό βάθος 100 περίπου μέτρων από την επιφάνεια εδάφους της γης για να συλλέγουμε την ενέργεια. Ορισμένες φορές γίνεται με την κυκλοφορία νερών από κοντινές πηγές νερού (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα)
- ii. Γεωπεπιεσμένα συστήματα: Είναι συστήματα όπου τα ρευστά υπερβαίνουν σε πίεση την υδροστατική λόγω εγκλεισμού σε μεγάλο βάθος από πετρώματα που δεν μπορούν να τα διαπεράσουν.
- iii. Επαυξημένα γεωθερμικά συστήματα: Όταν έχουμε θερμά πετρώματα σε βάθος και θέλουμε να ανακτήσουμε ενέργεια από αυτά, διοχετεύουμε νερό μέσω γεωτρήσεων το οποίο αργότερα αντλούμε σε μεγαλύτερη θερμοκρασία από δευτερεύον σύστημα γεωτρήσεων υπό μορφή νερού, ατμού ή συνδυασμό των δύο.
- iv. Μαγματικά συστήματα: Όταν η λήψη θερμότητας πραγματοποιείται σε μικρό βάθος από μαγματικές διεισδύσεις με χρήση κατάλληλων γεωτρήσεων.
- v. Υδροθερμικά συστήματα: Είναι τα μοναδικά συστήματα που αξιοποιούνται προς το παρόν και αναφέρονται στο σύνολο σχεδόν των πεδίων γεωθερμίας. Σε αυτά εντοπίζουμε έναν ή περισσότερους ταμειωτήρες με θερμό ρευστό που θερμάνθηκε από κάποια φυσική εστία θερμότητας και κινείται πολλές φορές ανοδικά προς την επιφάνεια της γης.

Στα συστήματα αυτά η θερμότητα μεταδίδεται με 3 τρόπους. Με ακτινοβολία όταν οι θερμοκρασίες ξεπερνούν τους 250°C. Με συναγωγικά ρεύματα μικρής ή μεγάλης κλίμακας. Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια της γης.

2.4 Εφαρμογές της γεωθερμίας

2.4.1 Εκμετάλλευση γεωθερμικών πόρων

Το διάγραμμα Lindal [6] μας δείχνει ανάλογα με την θερμοκρασία του ρευστού τους τρόπους εκμετάλλευσης του γεωθερμικού ρευστού. Το διάγραμμα αυτό παρότι παλιό, έχει ισχύ μέχρι και σήμερα, για την πληρότητα του όμως χρειάζεται η προσθήκη της δυνατότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ρευστά μέσης ενθαλπίας (>80°C) για εγκαταστάσεις δυαδικού κύκλου. Οι πόροι με υψηλή θερμοκρασία (>150°C) αξιοποιούνται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα τα πεδία μέσης και χαμηλής ενθαλπίας καλύπτουν μια πληθώρα διαφορετικών εφαρμογών που φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



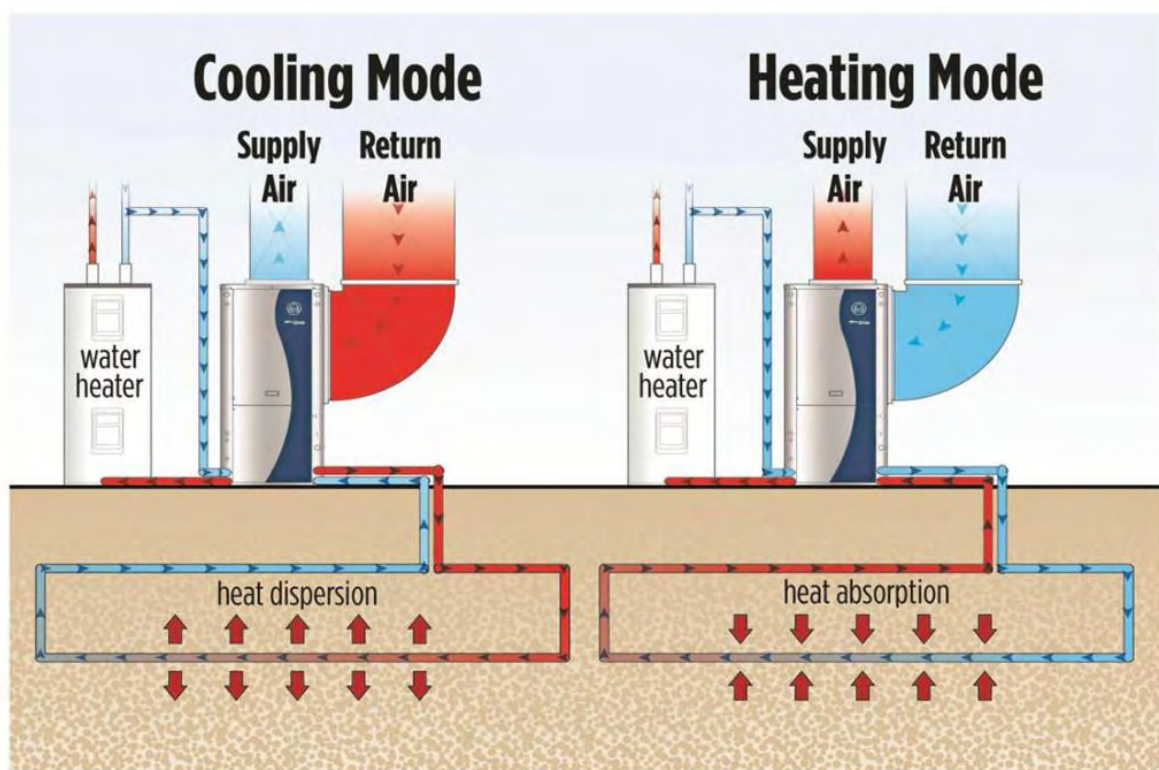
Σχήμα 2.1 Τροποποιημένο Διάγραμμα Lindal [6]

2.4.2 Κυρίαρχες Θερμικές εφαρμογές

2.4.2.1 Γεωθερμικός κλιματισμός (Θέρμανση-Ψύξη χώρων)

Αποτελεί τον παλαιότερο τρόπο εκμετάλλευσης της γεωθερμίας εξαιτίας της άμεσης αξιοποίησης του γεωθερμικού ρευστού για θέρμανση χώρων με την πιο διαδεδομένη μορφή αυτή των αντλιών θερμότητας. Πολύ μεγάλη ανάπτυξη του

τομέα της τηλεθέρμανσης και της θέρμανσης χώρων παρουσιάζεται στην Ισλανδία ενώ είναι αρκετά διαδεδομένες και σε χώρες όπως οι Η.Π.Α, Γαλλία, Ιαπωνία, Κίνα. Τα συστήματα τηλεθέρμανσης απαιτούν μεγάλη αρχική επένδυση κεφαλαίου για την διάνοιξη των γεωτρήσεων, την αγορά και κατασκευή του δικτύου σωληνώσεων, του συστήματος άντλησης, την δημιουργία σταθμών παρακολούθησης, διανομής και αποθήκευσης του ρευστού. Ωστόσο, τα έξοδα για την λειτουργία μιας εγκατάστασης αυτού του τύπου είναι απειροελάχιστα σε σχέση με μια συμβατική μονάδα. Κατά την εκτίμηση του αρχικού κόστους μιας μονάδας εκμετάλλευσης είναι πολύ σημαντική η πυκνότητα του θερμικού φορτίου σε σημείο που να καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα του έργου τηλεθέρμανσης εξαιτίας της απορρόφησης μεγάλων κεφαλαίων θερμότητας από το δίκτυο διανομής. Σε τοποθεσίες όπου το κλίμα το επιτρέπει υπάρχει οικονομικό όφελος το σύστημα μας να είναι θέρμανσης-ψύξης.



Σχήμα 2.2 Σύστημα γεωθερμικής θέρμανσης-ψύξης [7]

Για να συνδυαστεί το σύστημα ψύξης με αυτό της θέρμανσης, μια βιώσιμη επιλογή είναι η χρήση μηχανών απορρόφησης, οι οποίες έχουν ευρέως γνωστή τεχνολογία και είναι εύκολη η εύρεσή τους στο εμπόριο. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.2 ο κύκλος της απορρόφησης δεν χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό αλλά την θερμότητα ως πηγή ενέργειας. Για την ψύξη κάνουμε χρήση δύο ρευστών, το ψυκτικό και το απορροφητικό. Το ψυκτικό είναι αυτό που κυκλοφορεί, συμπυκνώνεται και εξατμίζεται και αποδίδει την ενέργεια του στο δεύτερο. Τα ρευστά είναι αυτά που παρέχουν την ενέργεια που χρειάζονται οι μηχανές για να κινηθούν πράγμα που απαιτεί ο συντελεστής φορτίου του συστήματος ψύξης-θέρμανσης να είναι μεγαλύτερος από αυτόν που αντιστοιχεί μόνο στην θέρμανση

καθώς η αποτελεσματικότητα του συστήματος μειώνεται όταν οι θερμοκρασίες είναι κάτω από 105°C. Για εφαρμογή που η θερμοκρασία ξεπερνά τους 0 °C ο κύκλος Θέρμανσης-Ψύξης χρησιμοποιεί νερό ως ψυκτικό υγρό και βρωμίδιο του λιθίου ως απορροφητικό. Αντίστοιχα για εφαρμογή υπό των 0 °C χρησιμοποιείται αμμωνία στον ρόλο του ψυκτικού υγρού και νερό ως απορροφητικό μέσο.

Ο γεωθερμικός κλιματισμός γνώρισε σημαντική ανάπτυξη μετά την εμφάνιση των αντλιών θερμότητας και την διάδοσή τους περί το 1980. Ως γνωστόν η θερμότητα κατευθύνεται, με φυσικό τρόπο, από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρότερο. Με τις αντλίες θερμότητας έχουμε την δυνατότητα να αντιστρέψουμε την κατεύθυνση της ροής αυτής [5]. Η διαφορά της από μια κοινή ψυκτική συσκευή (κλιματιστικό, ψυγείο) είναι η δυνατότητα της να αντιστρέφεται η λειτουργία της σε πολλές περιπτώσεις που αυτό είναι επιθυμητό λόγω των κλιματικών αλλαγών της περιοχής εγκατάστασης. Σε κάθε περίπτωση φυσικά είναι απαραίτητη η δαπάνη ενέργειας για την χρήση του συγκεκριμένου συστήματος γι αυτό και απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός για την εκάστοτε εφαρμογή. Τέλος να αναφέρουμε πως το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται σε υπόγειες θερμοκρασίες 5 -30 °C σε χαμηλό βάθος και εκμεταλλεύεται υπόγεια πετρώματα ή συγκεντρώσεις νερού.

2.4.2.2 Αγροτικές εφαρμογές

Μια επιλογή για χρήση της γεωθερμικής ενέργειας είναι οι ανοιχτές καλλιέργειες. Στην περίπτωση αυτή το νερό αφότου θερμανθεί μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση της γης είτε για άρδευση των φυτών με μεσαία θερμοκρασία νερό. Το μειονέκτημα όμως της χρήσης θερμού ρευστού είναι ο κίνδυνος καταστροφής του φυτού εάν η θερμοκρασία ξεπεράσει μια τιμή, καθώς επίσης και ο συνολικός όγκος νερού που χρειάζεται για να παρατηρήσουμε σημαντική μεταβολή στην θερμοκρασία του εδάφους είναι πολύ μεγάλος. Για τον λόγο αυτό προτείνεται ο συνδυασμός των δυο αυτών μεθόδων, δηλαδή η θέρμανση του εδάφους με υπόγειο σύστημα σωληνώσεων και η άρδευση χλιαρού νερού ταυτόχρονα. Σημαντική είναι και η παρακολούθηση της χημικής σύστασης του γεωθερμικού νερού για να μην προκαλέσει βλάβες στην χλωρίδα της περιοχής που χρησιμοποιείται.

Τα οφέλη χρήσης της γεωθερμίας στον αγροτικό τομέα με ανοιχτές καλλιέργειες είναι η επέκταση της περιόδου ανάπτυξης ενός φυτού πράγμα που σημαίνει αυξημένη ετήσια παραγωγή, ενώ παρέχει ταυτόχρονα προστασία από παγετούς και ξαφνικές πτώσεις θερμοκρασίας σε ευπαθείς ποικιλίες.



Σχήμα 2.3 Θερμοκήπιο με σύστημα εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας [8]

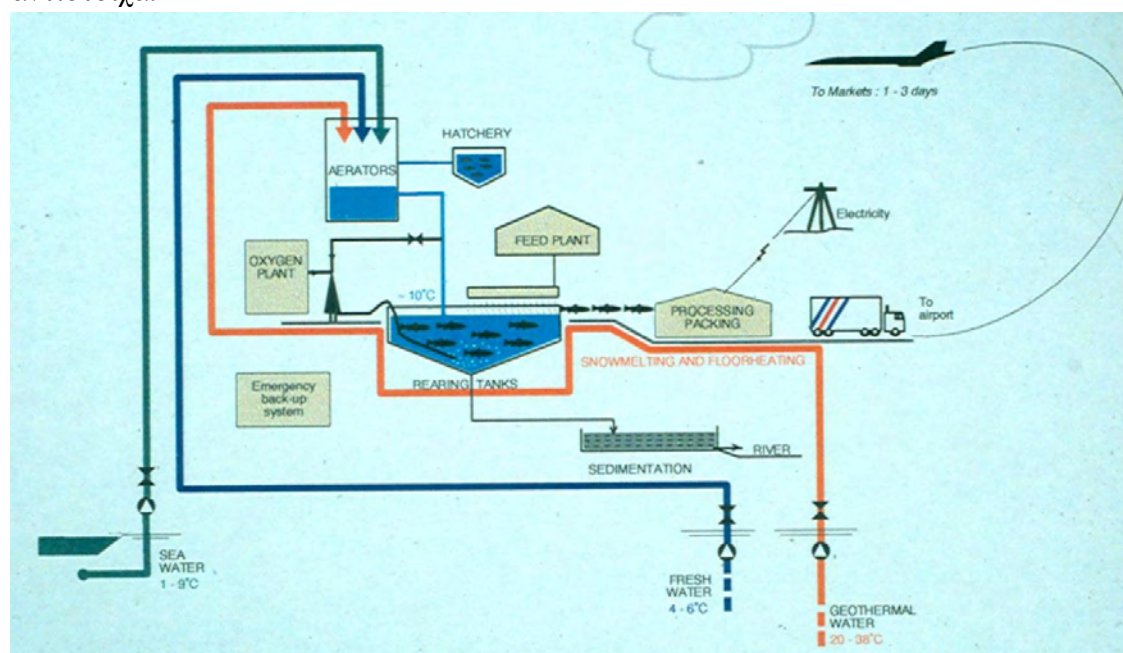
Η συνηθέστερη εφαρμογή που αναπτύχθηκε σε πολλές χώρες είναι η θέρμανση θερμοκηπίων. Τα θερμοκήπια μας δίνουν την δυνατότητα καλλιέργειας ανθών και οπωροκηπευτικών εκτός της εποχής τους ή σε περιοχές που δεν είναι δυνατό σε καμία εποχή εξαιτίας των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν. Μπορούμε εντός των θερμοκηπίων να δημιουργήσουμε συνθήκες μικροκλίματος με συγκεκριμένη θερμοκρασία, υγρασία, σωστά επίπεδα φωτός και διοξειδίου του άνθρακα για την μεγιστοποίηση της παραγωγής μας. Σε αυτό όμως το εγχείρημα το κόστος για την ρύθμιση της θερμοκρασίας μπορεί να αποδειχθεί πολύ μεγάλο σε περιοχές με χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, επειδή η επιλογή μας περιορίζεται από την ανάγκη χρήσης υλικού κάλυψης διαπερατού από τις ακτίνες του ηλίου. Τα τοιχώματα του θερμοκηπίου κατασκευάζονται από σκληρό πλαστικό, fiberglass ή γυαλί για μεγιστοποίηση της διέλευσης φωτός, η επιλογή του υλικού γίνεται με κριτήριο το επιθυμητό επίπεδο μόνωσης, το βάρος της τελικής κατασκευής και το κόστος αγοράς των υλικών.

Για την αύξηση της απόδοσης μιας εγκατάστασης αυτού του τύπου η χρήση της γεωθερμίας ρίχνει το κόστος παραγωγής στο 35% σε σχέση με τις συμβατικές. Για περαιτέρω βελτιστοποίηση γίνεται χρήση διπλού στρώματος πλαστικών με κενό αέρος στο ενδιάμεσο για έως και 40% λιγότερες θερμικές απώλειες. Τέλος μπορεί να γίνει χρήση κυκλοφορητή αέρα στους σωλήνες εντός του θερμοκηπίου και τους εναλλάκτες θερμότητας.

2.4.2.3 Κτηνοτροφία και υδατοκαλλιέργειες

Ένας ακόμη τρόπος εκμετάλλευσης της θέρμανσης χώρων με γεωθερμική ενέργεια είναι η στέγαση ζωικών ή υδρόβιων οργανισμών. Έχοντας την δυνατότητα να ελέγχουμε την θερμοκρασία στον χώρο εκτροφής των ζώων βοηθάμε στην βελτίωση της υγείας τους και στην αύξηση της ποσοτικής και ποιοτικής παραγωγής τους.

Αντίστοιχα στις υδατοκαλλιέργειες, ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι απαραίτητης αξίας διότι πολλοί υδρόβιοι οργανισμοί ευδοκιμούν σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Κρατώντας λοιπόν την θερμοκρασία στα επιθυμητά επίπεδα μας δίνει την δυνατότητα εκτροφής εξωτικών ειδών ή μπορούμε έως και να διπλασιάσουμε την παραγωγή σε ορισμένες ποικιλίες ψαριών[9]. Παρακάτω παρουσιάζεται σχηματικό διάγραμμα της υδατοκαλλιέργειας Silfurstjarnan στην πόλη Oxaarfjorur της βορείου Ισλανδίας που κάνει χρήση γεωθερμικού ρευστού για θέρμανση των δεξαμενών της. Όπως βλέπουμε στο Σχήμα 2.4 γίνεται ανάμειξη θαλασσινού, φρέσκου και γεωθερμικού νερού σε θερμοκρασίες 1-9°C, 4-6 °C και 20-38 °C αντίστοιχα.



Σχήμα 2.4 : Σχηματικό διάγραμμα της υδατοκαλλιέργειας Silfurstjarnan στην πόλη Oxaarfjorur στην Βόρεια Ισλανδία που πραγματοποιεί ανάμειξη γεωθερμικού νερού στις δεξαμενές της. [10]

2.4.2.4 Βιομηχανικές εφαρμογές

Σε αυτού του είδους τις εφαρμογές υπάρχει ευελιξία στο εύρος θερμοκρασίας και στην κατάσταση του ρευστού μας. Η βιομηχανική χρήση των γεωθερμικών ρευστών πραγματοποιείται εδώ και χρόνια σε εγκαταστάσεις μεγάλης έκτασης και υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων με μερικές από τις χρήσεις να είναι εξάτμιση η

θέρμανση, απολύμανση, απόσταξη, καθαρισμός και αφύγρανση [11]. Ειδικότερα, συστήματα εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας υπάρχουν σε εργοστάσια εμφιάλωσης νερού και αναψυκτικών, αυτοκινητοβιομηχανίες, παστερίωσης γαλακτοκομικών προϊόντων, χημικής ανάκτησης προϊόντων, σε πλυντήρια, αφύγρανση οπωροκηπευτικών. Στο σχήμα 2.4 μπορούμε να διακρίνουμε πως γίνεται χρήση γεωθερμικού ρευστού χαμηλότερης θερμοκρασίας (20-38°C) για λιώσιμο πάγων πέραν της επιδαπέδιας θέρμανσης. Στην Ιαπωνία υπάρχει σε πειραματική φάση τεχνική παραγωγής ειδικού ελαφρύτερου ξύλου με την χρήση γεωθερμίας. Επεξεργάζονται κανονική ξυλεία με ρευστό πηγής της περιοχής όπου τα πολυσακχαρίδια του υπόκεινται υδρόλυση, οπότε προκύπτει το νέο ξύλο πιο πορώδες άρα και ελαφρύτερο. Τέλος, στην ίδια χώρα εκμεταλλεύονται το υδρόθειο από μια γεωθερμική πηγή για λεύκανση υφασμάτων υψηλής ποιότητας και χρησιμοποιούνται για την δημιουργία γυναικείων ρούχων.

2.5 Επιπτώσεις της Γεωθερμίας στο ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον

Η γεωθερμική είναι ενέργεια καθαρής μορφής όταν, φυσικά, διαχειριζόμαστε σωστά τα γεωθερμικά απόβλητα με την ήδη αναπτυγμένη σχετική τεχνολογία. Τα γεωθερμικά ρευστά σε ορισμένα πεδία, που έχουν εμπλουτιστεί από τα πετρώματα του πεδίου που εκμεταλλευόμαστε, είναι επικίνδυνα για το περιβάλλον και τους ανθρώπους. Στην περίπτωση αυτή επιλέγουμε την επανεισαγωγή τους στον υδροφόρο μέσω μιας δεύτερης γεώτρησης. Η ανακυκλοφόρηση αυτή του ρευστού στον υπόγειο ταμιευτήρα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας ζωής του πεδίου λόγω της διαρκούς ανανέωσης των ρευστών δεν κινδυνεύουμε να το αποστραγγίσουμε ενώ αυξάνουμε και την δυναμικότητά του. Αξίζει βέβαια να σημειώσουμε πως για τον σχηματισμό δεύτερης γεώτρησης αυξάνεται το μέγεθος της αρχικής επένδυσης και πως αποτελεί μεγάλο μειονέκτημα ο κίνδυνος απόφραξης στην περίπτωση που στο ρευστό εμπεριέχονται στερεά. Από άποψη αισθητικής δεν επηρεάζουν ιδιαίτερα το φυσικό περιβάλλον που τοποθετούνται εξαιτίας του μικρού όγκου που καταλαμβάνουν. Εφόσον τηρούνται οι απλές αυτές αρχές το κέρδος σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο είναι τεράστιο, αρκεί απλά να σημειωθεί πως ένα σύστημα εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας για την θέρμανση μιας κατοικίας αντιστοιχεί στην δένδροφύτευση 750 περίπου νέων δενδρυλλίων [12].

Προβλήματα στο περιβάλλον μπορούν να προκύψουν και κατά την λειτουργία μιας εγκατάστασης. Το γεωθερμικό ρευστό περιέχει αέρια τα οποία εάν διαρρεύσουν στην ατμόσφαιρα αποτελούν πηγές περιβαλλοντικής ρύπανσης. Στην περίπτωση της θέρμανσης οικισμών στην Ισλανδία γίνεται χρήση απλού νερού, κάτι τέτοιο όμως αποτελεί σπάνιο φαινόμενο.

2.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Γεωθερμίας

Πλεονεκτήματα

- Η γεωγραφική έκταση που καταλαμβάνει μια εγκατάσταση είναι πολύ μικρότερη από μια τυπική εγκατάσταση ορυκτών καυσίμων.
- Τα επίπεδα ρύπανσης του περιβάλλοντος είναι πολύ χαμηλά. Συμβάλλουν στην μείωση της ρύπανσης καθώς δεν παράγουν καθόλου αέριου ρύπου NOx και SOx (Νιτρικά και θειικά) ενώ η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα είναι στο 17% της ποσότητας που παράγει μια αντίστοιχη εγκατάσταση φυσικού αερίου.
- Προσφέρουν ανεξαρτησία διότι δεν απαιτούν καύση κάποιου καυσίμου για την λειτουργία τους.
- Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται για μεγαλύτερο μέρος του έτους (περίπου 85%) σε σχέση με άλλους σταθμούς (περίπου 70%)
- Τα λειτουργικά έξοδα και η συχνότητα συντήρησης είναι σπανιότερες από τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας [13].

Μειονεκτήματα

- Παρόλο που υπάρχει επιστροφή της επένδυσης σε βάθος χρόνου, το αρχικό ποσό που πρέπει να διατεθεί είναι υψηλό.
- Αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και βρίσκονται υπό της επιφάνειας της γης τείνουν να υπάρχουν σε μεγαλύτερη συγκέντρωση κοντά σε γεωθερμικά πεδία. Υπάρχει λοιπόν ο κίνδυνος της μεταφοράς του στην ατμόσφαιρα.
- Τα ικανά γεωθερμικά αποθέματα συχνά βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις από κατοικημένες περιοχές.
- Τα έξοδα μεταφοράς της γεωθερμικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις είναι απαγορευτικά.
- Υπάρχει ο κίνδυνος σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης εάν το ρευστό αντλείται με ταχύτερο ρυθμό από ότι μπορεί να αναπληρωθεί τα αποθέματα του πεδίου να στερέψουν [13].

2.7 Γεωθερμία στην Ελλάδα

2.7.1 Ανάπτυξη, Δυναμικότητα και αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων

Το δυναμικό της Ελλάδας σε γεωθερμικά πεδία είναι τεράστιο με τα εκτενέστερα από αυτά να απαντώνται σε διάφορα νησιά του Αιγαίου, την Κεντρική και την Βόρειο Ελλάδα. Παρά τα μεγάλα ποσά ενέργειας που μπορεί να προσφέρει η γη, αυτή η μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας παραμένει ανεκμετάλλευτη στην χώρα μας

Το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος έως το 2019 ήταν 271.7MWt(Megawatt thermal). Από αυτά ένα μεγάλος μέρος (96.7MWt) χρησιμοποιείται για άμεση θέρμανση χώρων,42MWt σε θερμά λουτρά (πισίνες) και για θέρμανση θερμοκηπίων (46.7MWt) [14]. Το Ι.Γ.Μ.Ε διεξάγει διαρκή έρευνα τα τελευταία 30 χρόνια για να εντοπίσει και να πιστοποιήσει όσο το δυνατόν περισσότερα γεωθερμικά πεδία στην χώρα. Βάση του νόμου 3175/2003 και ανάλογα το πόσο έχει μελετηθεί ένα πεδίο χαρακτηρίζεται ως βεβαιωμένο και πιθανό. Με χρήση αυτού είναι γνωστά 40 γεωθερμικά πεδία.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΘΕΝΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΔΙ/ΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

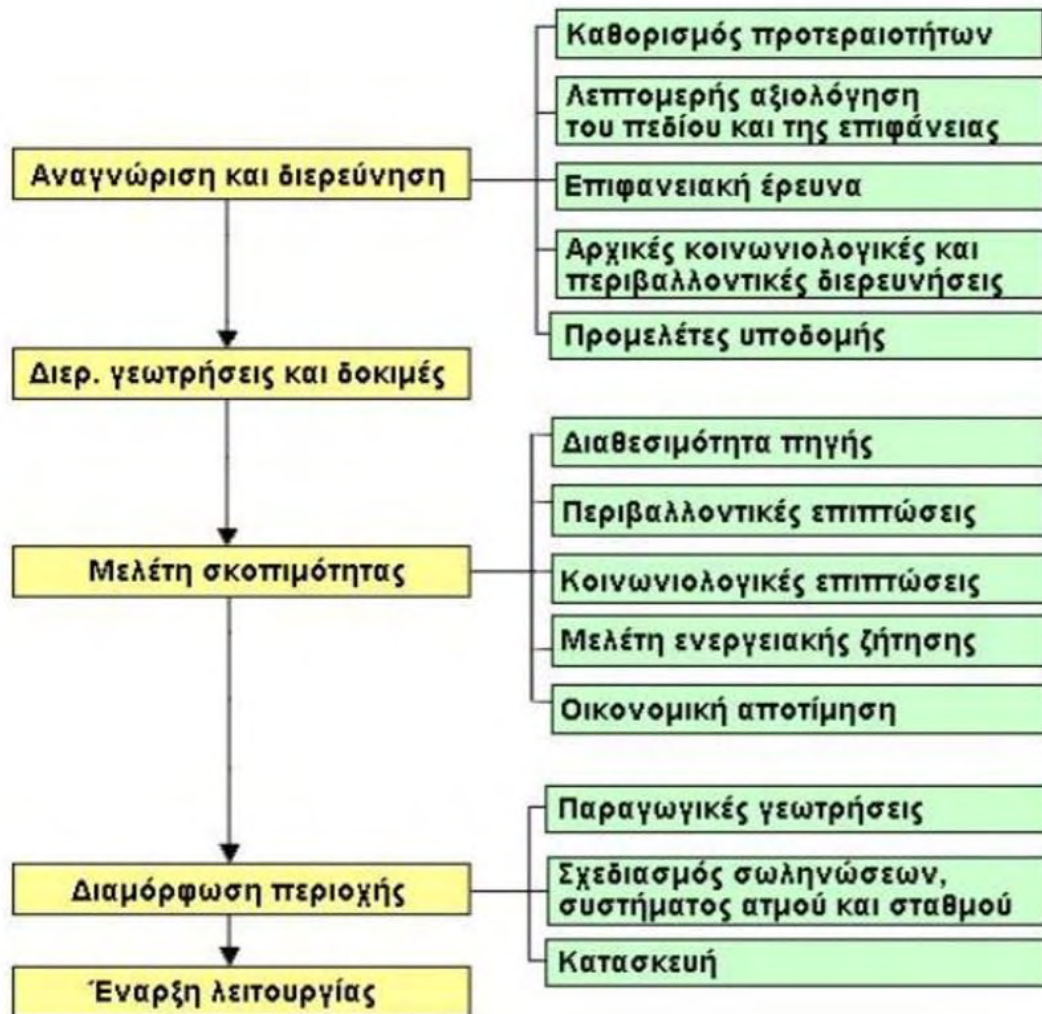
Σχήμα 2.5 : Γνωστά Γεωθερμικά πεδία στην Ελλάδα[15]

Από την στιγμή που ένα πεδίο λαμβάνει τον χαρακτηρισμό αυτό η Περιφέρεια στην οποία ανήκει έχει την δυνατότητα να κάνει διαγωνισμό για την παραχώρηση της δυνατότητας εκμετάλλευσης του από τον μεγαλύτερο πλειοδότη. Πρώτη φορά η διαδικασία αυτή έγινε με την ΑΠ 2141/2-8-2007 στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης για το πεδίο Ερατεινού Καβάλας με τον Δήμο Χρυσούπολης να κερδίζει στον διαγωνισμό.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως στην χώρα μας πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα γεωθερμικά πεδία πέραν της παραγωγής θερμικής ενέργειας. Ειδικότερα πρέπει να δοθεί έμφαση στην αξιοποίηση των πολυάριθμων πεδίων μέσης ενθαλπίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τον δυαδικό κύκλο. Τέτοια πεδία υπάρχουν στην Ελλάδα στον Έβρο, Κομοτηνή και Ξάνθη, Στρυμόνα και Νέστο. Η ιδιομορφία τους που αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα για την Ελλάδα είναι πως οι επιθυμητές θερμοκρασίες εντοπίζονται σε πολύ μικρότερο βάθος συγκριτικά με αυτές που απαντώνται στην υπόλοιπη Ευρώπη. Για παράδειγμα σε χώρες όπως η Γερμανία χρειάζονται γεωτρήσεις βάθους 2,5-3km για την εύρεση γεωθερμικών ρευστών θερμοκρασίας περίπου 110°C. Σε νησιά της Ελλάδας όπως Χίο, Σαμοθράκη και Λέσβο παρατηρούμε σε βάθη 350m, 40m, 200m θερμοκρασίες 82°C, 96°C και 90°C αντίστοιχα. Επομένως το κόστος για την διάνοιξη των γεωτρήσεων είναι πολύ χαμηλότερο από το συνηθισμένο στην παγκόσμια κλίμακα [16].

2.8 Γενική μεθοδολογία ολοκλήρωσης έργου εκμετάλλευσης γεωθερμικού πεδίου

Παρόλο που η στρατηγική περί μεταβάσεως σε επόμενα στάδια του έργου διαμορφώνεται κατά την διάρκεια διεξαγωγής του, το διάγραμμα ροής που ακολουθεί μας δίνει ένα βασικό σκελετό για την γενική σειρά των σταδίων που ακολουθείται.



Σχήμα 2.6 :Διάγραμμα ροής κατά την διεξαγωγή γεωθερμικού έργου [17]

Στην φάση της αναγνώρισης και διερεύνησης ουσιαστικά πραγματοποιείται μια χαρτογράφηση του πεδίου για να βρεθούν τα πιθανότερα σημεία όπου η γεωθερμική δραστηριότητα θα βρίσκεται στις κατάλληλες για εμάς συνθήκες. Τα γεωλογικά και γεωχημικά χαρακτηριστικά της περιοχής μπορούν κατά την διερεύνηση να μας πληροφορήσουν για την χημική σύσταση του ρευστού του πεδίου, για την ροή θερμότητας και την θερμοκρασία του. Κινούμενοι λοιπόν με βάση τις μελέτες αναδεικνύονται οι περιοχές με το υψηλότερο δυναμικό στις οποίες θα

συνεχίσουμε με εντατικότερες επιστημονικές μελετητικές μεθόδους με συγκεκριμένη σειρά προτεραιότητας. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται έτσι ώστε να αυξήσουμε τις πιθανότητες μας μια από τις διερευνητικές γεωτρήσεις που θα ακολουθήσουν να μας δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Αφότου πραγματοποιηθούν όλες οι μελέτες της περιοχής, υπολογιστούν οι πιθανές θερμοκρασίες και η χημική σύσταση του ρευστού που θα αντλήσουμε προχωράμε στο επόμενο στάδιο της διάνοιξης μιας ή περισσότερων διερευνητικών γεωτρήσεων για την διαπίστωση των πραγματικών χαρακτηριστικών του γεωθερμικού ρευστού.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την δημιουργία της γεώτρησης βασίζεται σε αυτή που χρησιμοποιείται από την πετρελαιοβιομηχανία και είναι η περιστροφική γεώτρηση. Στην περίπτωση ωστόσο της έρευνας για γεωθερμικά πεδία και στο στάδιο της αξιοποίησης τους οι θερμοκρασίες που συναντώνται είναι σαφώς υψηλότερες ενώ τα πετρώματα είναι διαφορετικά δημιουργώντας την ανάγκη για διάφορες τροποποιήσεις.

Μετά την άντληση του ρευστού και την διασταύρωση των πραγματικών στοιχείων με τις επιφανειακές έρευνες μπορούν να γίνουν εκτιμήσεις για την παραγωγική ικανότητα του ταμιευτήρα. Με βάση αυτή πραγματοποιούνται οι τελικές μελέτες μερικές εκ των οποίων είναι ο υπολογισμός του κόστους των εγκαταστάσεων, ποσό εκμετάλλευσης με βάση την ενεργειακή ανάγκη, περιβαλλοντικές μελέτες και δαπάνες για διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος και ούτω καθεξής [17].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Γεωθερμικό πεδίο Αρίστηνου

3.1 Περιγραφή με πλήρες τοπογραφικό διάγραμμα

Η διπλωματική αυτή ασχολείται με την περιοχή Αρίστηνου-Άνθειας της Περιφερειακής Ενότητας Έβρου. Το βεβαιωμένο τμήμα του γεωθερμικού πεδίου χαμηλής ενθαλπίας Αρίστηνου Αλεξανδρούπολης της Περιφερειακής Ενότητας Έβρου βρίσκεται στο 10^ο χιλ. Δ-ΒΔ της Αλεξανδρούπολης και οριοθετείται προς τα δυτικά από τον οικισμό της Αγνάντιας, στα βόρεια από τους οικισμούς Αετοχωρίου και Δωρικού, προς τα ανατολικά από τον οικισμό της Τραϊανούπολης, ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση 1700μ. και προς τα νότια της ΠΕΟ Αλεξανδρούπολης-Ορεστιάδας.

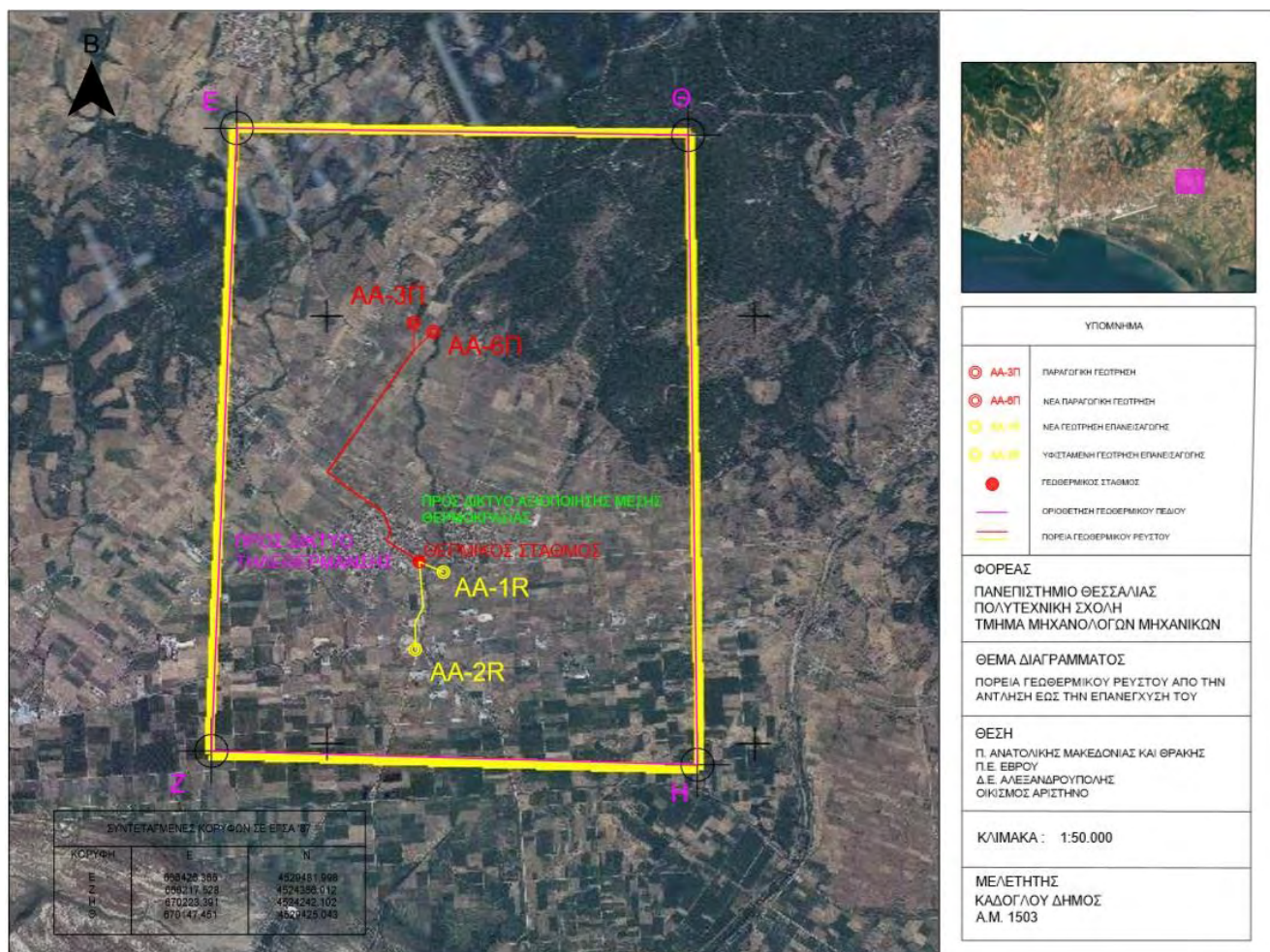
Στο κέντρο σχεδόν του πεδίου συναντώνται οι οικισμοί του Αρίστηνου και της Άνθειας. Στους οικισμούς αυτούς ο Δήμος Αλεξανδρούπολης διαχειρίζεται τις ενεργειακές ανάγκες σημαντικών κτηριακών υποδομών όπως Λύκειο, Γυμνάσιο, Δημοτικό Σχολείο, Νηπιαγωγείο και το Παιδικό Χωριό SOS στο Αρίστηνο [18].



Σχήμα 3.1 Χάρτης της περιοχής [18]

Οι συντεταγμένες του πεδίου που αφορά η διπλωματική εργασία είναι οι εξής:

	Ορθογώνιες συντεταγμένες		Αζιμουθιακές συντεταγμένες (προβολή HATT)	
	X	Y	X	Y
E	666426,37	4529482,00	810,66	16817,10
Z	666217,53	4524356,01	486,74	11696,82
H	670223,39	4524242,10	4489,15	11493,01
Θ	670147,45	4529425,04	4529,62	16676,55



Σχήμα 3.2 Οριοθέτηση του βεβαιωμένου γεωθερμικού πεδίου Αρίστηνου-Αλεξανδρούπολης (ΕΖΗΘ) και γεωγραφική τοποθέτηση του σε τοπογραφικό διάγραμμα

3.2 Περιγραφή των γεωτρήσεων

Το ΙΓΜΕ με την βοήθεια διάφορων φορέων και ιδιωτών κατέληξε στην ανόρυξη δέκα (10) συνολικών γεωτρήσεων οι πέντε (5) εκ των οποίων αποτελούν ερευνητικής ενώ οι υπόλοιπες πέντε (5) παραγωγικής φύσης.

Ωστόσο η μίσθωση του συγκεκριμένου πεδίου προέκυψε από τα δεδομένα που αντλήθηκαν από την παραγωγική γεώτρηση ΑΑ-3Π, στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω [18]:

Γεώτρηση ΑΑ-3Π: Η συγκεκριμένη γεώτρηση είναι τηλεσκοπικού τύπου σχεδιασμένη κατ' αυτόν τον τρόπο εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και της υψηλής γεωθερμικής βαθμίδας. Το βάθος της φτάνει τα 360m χρησιμοποιώντας σωληνώσεις 10 3/4'' έως τα 198m και 6 5/8'' από τα 198m έως τα 360m καθώς και πιεζομετρικό σωλήνα 1 1/2'' έως τα 108m. Από την ανάλυση των δειγμάτων το νερό κατατάσσεται στην κατηγορία (Ca)Na-Cl(SO₄) υψηλής αγωγιμότητας ενώ εντυπωσιακή ήταν και η απόδοση καθώς ξεπερνούσε τα 100m³/h ρευστού σε θερμοκρασία 89°C κατά την δοκιμαστική άντληση.

Η δοκιμαστική αυτή άντληση πραγματοποιήθηκε στις 12-14 Σεπτεμβρίου 2013 και η σταθεροποίηση της θερμοκρασίας έγινε στους 89.3 °C μετά από 6 ώρες. Καταλαβαίνουμε λοιπόν με την βοήθεια της εν λόγω γεώτρησης το τι μπορούμε να περιμένουμε από το γεωθερμικό πεδίο Αρίστηνου.



Σχήμα 3.3 Μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την δοκιμαστική άντληση [18]

Γεώτρηση AA-6Π: Η γεώτρηση αυτή φαίνεται στο Σχήμα 3.3. Τόσο η χημική σύσταση όσο και η θερμοκρασία του ρευστού μας είναι τα ίδια με την Γεώτρηση AA-3Π. Πραγματοποιήθηκε δοκιμαστική άντληση, ωστόσο δεν γνωρίζουμε την δυναμική της στάθμη άντλησης μελλοντικά. Γι αυτό τον λόγο για την πραγματοποίηση των υπολογισμών μας θεωρούμε τα εξής:

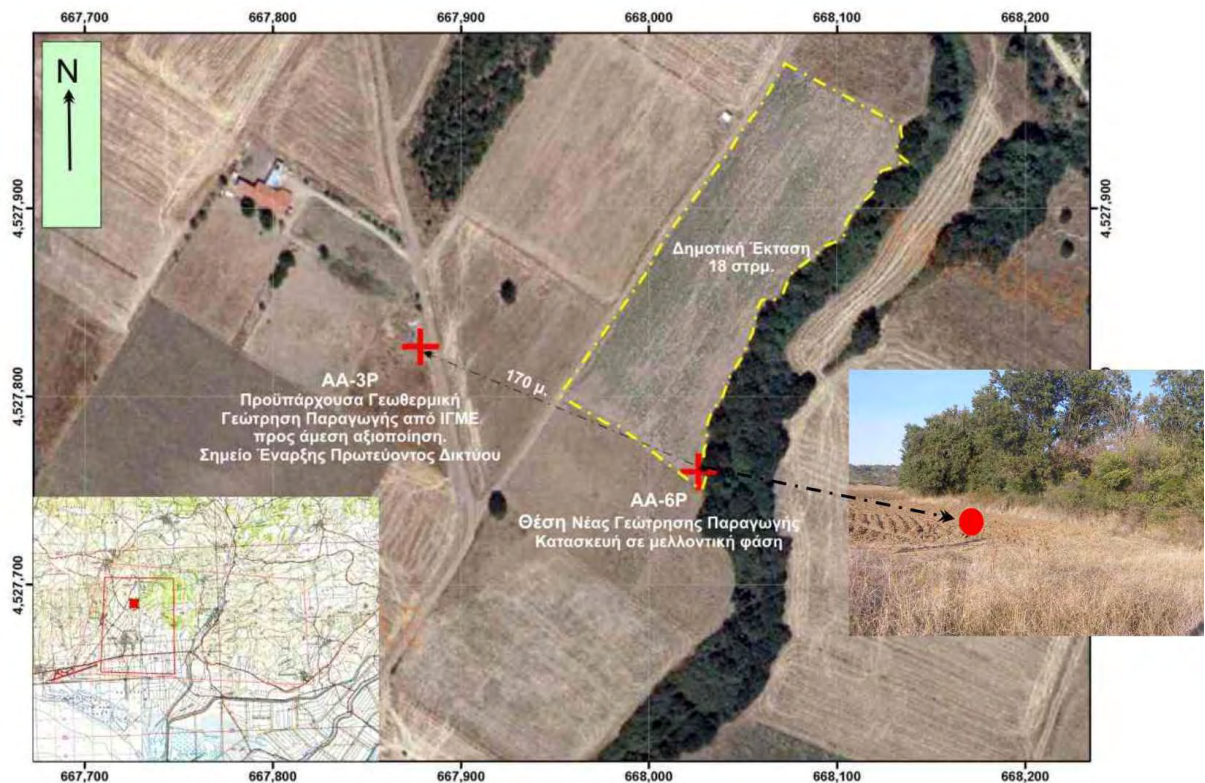
Θερμοκρασία γεωθερμικού ρευστού: 89,3 °C

Παροχή εκάστης γεώτρησης: 100 m³/h (AA-3Π) και 50 m³/h (AA-6Π)

Στατική στάθμη γεώτρησης: 17 m

Δυναμική στάθμη άντλησης: 50 m

Διατομή γεώτρησης: 10'' (διαθέσιμο για 8'' αντλία)



Σχήμα 3.4 Τοποθεσία των παραγωγικών γεωτρήσεων AA-3Π και AA-6Π [18]

Η χημική σύσταση του γεωθερμικού ρευστού όπως προαναφέραμε θεωρείται ίδια για τις δυο γεωτρήσεις. Ενώ η χημική ανάλυση του αντλούμενου ρευστού είναι η εξής:

ΓΕΩΤΡΗΣΗ		AA-3Π
ΒΑΘΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ (m)		350
T°C		89
Cond	μS/cm	15170
pH		7,58
Ca	mg/l	517
Mg	mg/l	12,04
Na	mg/l	3397,7
K	mg/l	103,62
NH ₄	mg/l	4,49
CO ₃	mg/l	
HCO ₃	mg/l	84,2
Cl	mg/l	5654,02
SO ₄	mg/l	749,76
NO ₃	mg/l	
NO ₂	mg/l	
Fe	mg/l	0,016
Mn	mg/l	0,58
SiO ₂	mg/l	23,54
Br	mg/l	0,01
F	mg/l	1,84
B	mg/l	0,4

Πίνακας 3.1 Χημική ανάλυση του γεωθερμικού ρευστού [18]

Στηριζόμενοι σε αυτή την ανάλυση διακρίνουμε πως η επιλογή των κατάλληλων υλικών είναι ζωτικής σημασίας καθώς υπάρχει διαβρωτικό περιβάλλον το οποίο συνδυάζεται με τις υψηλές θερμοκρασίες του ρευστού αυξάνοντας ακόμη περισσότερο την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων διάβρωσης. Επίσης, δεν γίνεται να μειωθεί η πίεση του δικτύου κάτω από ένα κρίσιμο όριο που είναι το σημείο σχηματισμού φυσαλίδας. Αυτό διότι διατρέχουμε τον κίνδυνο σχηματισμού αποθέσεων CaCO₃. Για την παρούσα διπλωματική το ποσό αυτό λαμβάνεται ως 2bar με βάση τη διεθνή εμπειρία, παρόλο που το κάθε αντλητικό συγκρότημα θα επιτρέπει πίεση άνω των 3bar.

3.3 Δυνατότητες του πεδίου

3.3.1 Χρήση του γεωθερμικού ρευστού στον κτηριακό τομέα

3.3.1.1 Γενικά

Οι κτηριακές εγκαταστάσεις στην χώρα μας ως επί το πλείστον κάνουν χρήση κάποιας μορφής λέβητα καύσης πετρελαίου, αερίου ή στερεής βιομάζας προς παραγωγή θερμού νερού και την θέρμανση τους. Τα συστήματα των οποίων κάνουμε χρήση για την διανομή της θερμικής αυτής ενέργειας είναι κυρίως τα θερμαντικά σώματα νερού. Επίσης, σε Δημόσια κτήρια συναντάμε μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου ενώ σε ιδιωτικές κατοικίες απαντάται και η ενδοδαπέδια θέρμανση του χώρου.

Ο τρόπος που κινούμαστε σχεδιαστικά σε τέτοιες περιπτώσεις είναι η εισαγωγή και εξαγωγή νερού στο σύστημά μας οι οποίες κυμαίνονται στους 45-40°C για την ενδοδαπέδια θέρμανση , 70-60°C για τις μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου και 90-70 °C για τα θερμαντικά σώματα τύπου πάνελ ή με φέτες.

Ερχόμενοι στην απόδοση ενός τέτοιου συστήματος καθοριστικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας των θερμαντικών σωμάτων (περίπου 80°C για σώματα 90 °C -70 °C) και η διαφορά αυτού με την θερμοκρασία του χώρου μας (περίπου 20 °C). Είναι λογικό λοιπόν πως αν η θερμοκρασία τροφοδοσίας είναι μικρότερη τότε δεν θα έχουμε την απαραίτητη απόδοση και ενδεχομένως να μην επαρκεί για την συνολική κάλυψη του χώρου [18].

Σύνηθες φαινόμενο είναι και η γενική υπερδιαστασιολόγηση των κτιριακών συστημάτων καθώς:

Οι υπολογισμοί που πραγματοποιούνται για το μέγιστο φορτίο θεωρούν την χαμηλότερη θερμοκρασία περιβάλλοντος της περιοχής η οποία υφίσταται αποσπασματικά για ελάχιστο συνολικό χρονικό διάστημα κατά την διάρκεια του έτους και απαντάται τις πρώτες πρωινές ώρες. Δεν συνυπολογίζονται τα άτομα και οι συσκευές εντός του κτηρίου τα οποία ελευθερώνουν επιπλέον θερμική ενέργεια.

Βασισμένοι σε όλα αυτά, αν το γεωθερμικό πεδίο Αρίστηνου είναι σε θέση να προσφέρει νερό περί των 85°C μετά την εκμετάλλευση από τους εναλλάκτες θερμότητας εντός του κτηρίου (κάτι που είναι εφικτό καθώς απαιτείται να φτάνει στην εγκατάσταση το υγρό μας στους 88°C) τότε δεν θα υπάρξει πρόβλημα κάλυψης των θερμικών αναγκών των κτηρίων. **Προκύπτει το συμπέρασμα πως το γεωθερμικό ρευστό από τις γεωτρήσεις AA-3P, AA-6P επαρκεί για την θέρμανση των κτιριακών εγκαταστάσεων [18].**

3.3.1.2 Δημοτικά κτήρια στις περιοχές Αρίστηνου και Άνθειας

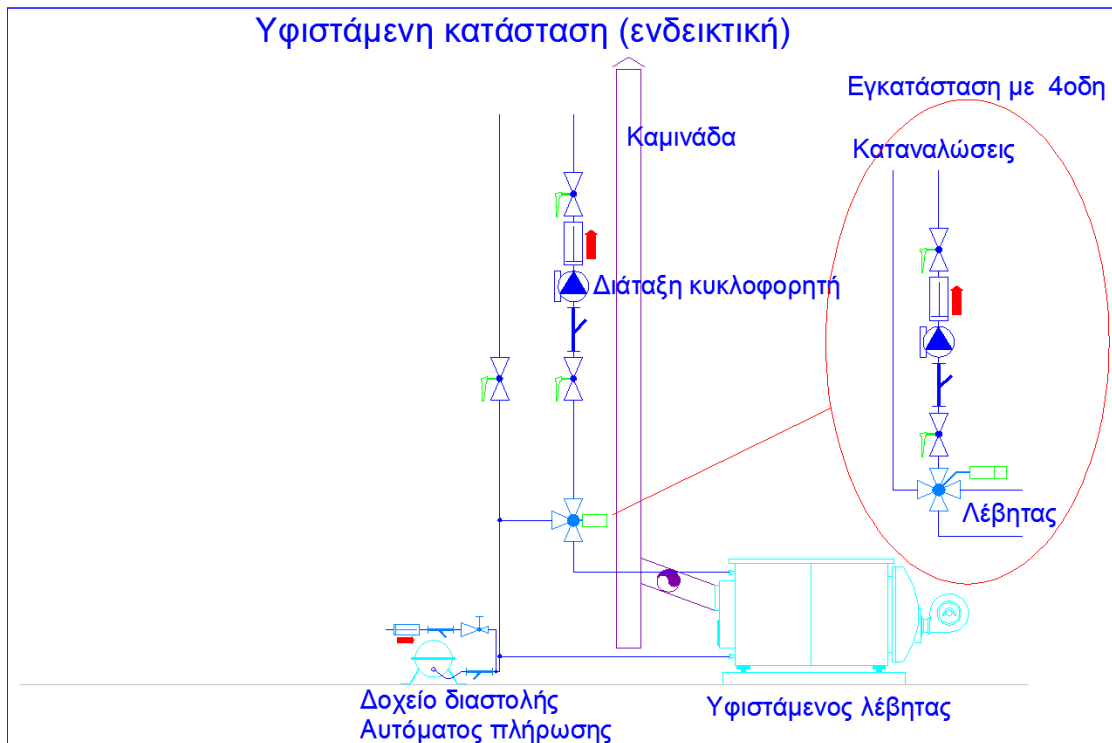
Μεγάλο μέρος της ενέργειας θα δαπανάται στα κτίρια του Δήμου Αλεξανδρούπολης των ανωτέρω περιοχών. Μέχρι στιγμής οι εγκαταστάσεις αυτές λειτουργούν με συγκροτήματα λέβητα-καυστήρα πετρελαίου. Η καινούρια σύνδεση με το σύστημα θα πραγματοποιηθεί με την παράλληλη, στο υπάρχων σύστημα, τοποθέτηση εναλλάκτη θερμότητας νερού-νερού.

Τα στοιχεία των δημοτικών εγκαταστάσεων που θα προστεθούν ως καταναλωτές με βάση την ενεργειακή μελέτη περιέχονται παρακάτω:

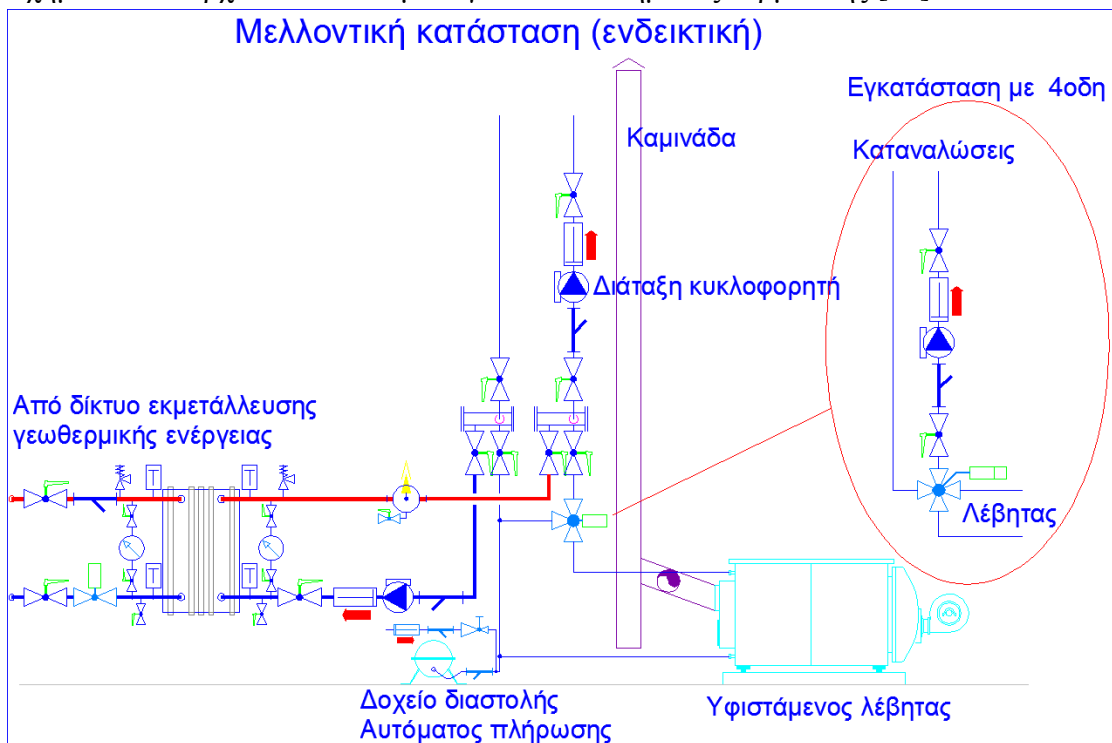
α/α	ΚΤΙΡΙΟ	ΠΕΡΙΟΧΗ	Επιφάνεια	Τύπος λέβητα	Ισχύς λέβητα		Τύπος καυστήρα	Ισχύς καυστήρα (kW)
					(kcal/h)	(kW)		
1	Γραφεία Δημοτικής Ενότητας (Πρώην Δημοτικό Σχολείο)	ΑΝΘΕΙΑ	245	THERMOCAL	70.000	81,4	THYSSEN Star 110 DV	71 - 118
2	Ιατρείο (Πρώην Αίθουσα Δημοτικού Συμβουλίου)	ΑΝΘΕΙΑ	300	ΦΥΡΟΓΕΝΗΣ	55.030	64,0		
3	Γραφεία Αντιδημάρχου (Πρώην Κοινότητα)	ΑΝΘΕΙΑ	80	THERMOCAL	30.000	34,9		
4	Γυμνάσιο Ανθειας	ΑΝΘΕΙΑ	1.636	ΘΕΡΜΟΛΕΒ	200.000	232,6	RIELLO	
5	Δημοτικό Σχολείο Αρίστηνου	ΑΡΙΣΤΗΝΟ	241		70.000	81,4	RIELLO 40 610	54 - 120
6	Δημοτικό Σχολείο Ανθειας	ΑΝΘΕΙΑ	2.433	ΒΕΖΥΡΓΙΑΝΝΙΔΗ	320.000	372,2		
7	Νηπιαγωγείο Ανθειας	ΑΝΘΕΙΑ	145	ΘΕΡΜΟΛΕΒ	40.000	46,5		
8	Κτίριο αμοδοτών	ΑΝΘΕΙΑ	135		30.000	34,9		
9	Κτίριο πολιτιστικού επιμορφωτικού συλλόγου "ΣΠΑΡΤΑΚΟΣ"	ΑΝΘΕΙΑ	700		140.000	162,8	FINTERM	84 - 176
10	Παιδικό χωριό "SOS" - 1ο Συγκρότημα (3 σπίτια)	ΑΡΙΣΤΗΝΟ	1.750	BUDERUS GE 315	146.174	170,0	BUDERUS	
11	Παιδικό χωριό "SOS" - 2ο Συγκρότημα (2 σπίτια)	ΑΡΙΣΤΗΝΟ		BUDERUS G 215 WS	81.685	95,0	BUDERUS	
12	Παιδικό χωριό "SOS" - 3ο Συγκρότημα (2 σπίτια)	ΑΡΙΣΤΗΝΟ		BUDERUS G 215 WS	81.685	95,0	BUDERUS	
13	Παιδικό χωριό "SOS" - 4ο λεβητοστάσιο (κτίριο διοίκησης)	ΑΡΙΣΤΗΝΟ		BUDERUS GE 315	171.969	200,0	BUDERUS	
14	Παιδικό χωριό "SOS" - 5ο λεβητοστάσιο (κτίριο διοίκησης)	ΑΡΙΣΤΗΝΟ		BUDERUS GE 315	146.174	170,0	BUDERUS	
15	Ιερός Ναός Ανθειας	ΑΝΘΕΙΑ		ΒΕΖΥΡΓΙΑΝΝΙΔΗ	135.000	157,0		
16	Ιερός Ναός Αρίστηνου	ΑΡΙΣΤΗΝΟ		ΘΕΡΜΟΛΕΒ	40.000	46,5		
	ΣΥΝΟΛΑ		7.665		1.757.717	2.044		

Πίνακας 3.2 Κτίρια που θα συνδεθούν με το δίκτυο εκμετάλλευσης γεωθερμικής ενέργειας [18]

Ακολουθούν 2 ενδεικτικές διατάξεις που αφορούν το υπάρχον και το μελλοντικό λεβητοστάσιο που θα υπάρχουν στα κτήρια. Σημαντικό επίσης να σημειώσουμε πως λόγω της καλής κατάστασης του υπάρχοντος εξοπλισμού ο θερμικός σταθμός καταναλωτή θα εγκατασταθεί παράλληλα με αυτόν ώστε να υπάρχει μια προσωρινή κάλυψη της ανάγκης σε περίπτωση βλάβης.



Σχήμα 3.5 Υπάρχουσα συνδεσμολογία του συστήματος θέρμανσης [18]



Σχήμα 3.6 Μελλοντική συνδεσμολογία του συστήματος θέρμανσης [18]

3.3.2 Χρήση του γεωθερμικού ρευστού στον αγροτικό τομέα

3.3.2.1 Γενικά

Επειδή ο αγροτικός τομέας και οι βιομηχανίες τροφίμων δεν απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες για την ανάπτυξη και την επεξεργασία τροφίμων αποτελούν ενδιαφέρουσες επιλογές για την εκμετάλλευση της γεωθερμίας. Παραδείγματος χάριν, πριν μερικά χρόνια οι θερμοκρασίες για την θέρμανση θερμοκηπίων ήταν 60°C, η τιμή αυτή έχει πλέον μειωθεί. Γενικά οι αυξομειώσεις στην θερμοκρασία εξαρτώνται από το προϊόν και την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε καθώς οι περισσότερες εφαρμογές γίνονται σε θερμοκηπιακές μονάδες, ιχθυοκαλλιέργειες ενώ ξεκίνησε πρόσφατα και η αφυδάτωση αγροτικών προϊόντων.

Ακολουθεί πίνακας με ενδεικτικές τιμές θερμοκρασίας ανά προϊόν στην βιομηχανία τροφίμων:

ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ, °C
Ξήρανση δημητριακών	40-80
Ξήρανση πράσινων καρπών	80-135
Θέρμανση θερμοκηπίων	60-130
Θέρμανση εδάφους φυτειών	20-35
Θέρμανση ποιμνιοστασίων	25-60
Άρδευση με χλιαρό νερό	20-35
Ιχθυοκαλλιέργεια	15-35
Καλλιέργεια μανιταριών	20-50
Συντήρηση τροφίμων	90-150
Επεξεργασία γάλακτος	70-120
Επεξεργασία κρέατος	40-85

Πίνακας 3.3 Ενδεικτικές θερμοκρασίες για αγροτικά προϊόντα και βιομηχανίας τροφίμων [18]

3.3.2.2 Θέρμανση θερμοκηπίων

Η θέρμανση του χώρου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κόστη στη λειτουργία των θερμοκηπίων ανά τον κόσμο, ειδικά σε ψυχρότερα κλίματα όπου αποτελεί το 10-25% του λειτουργικού κόστους. Το κύριο πρόβλημα με τη θέρμανση ενός θερμοκηπίου σε αντίθεση με ένα κτίριο που έχει συμπαγή αδιαφανή τοιχώματα είναι η ποσότητα θερμότητας που χάνεται μέσα από το κάλυμμα του θερμοκηπίου. Δεδομένου ότι τα καλύμματα πρέπει να επιτρέπουν στο φως να διεισδύει στη δομή, δημιουργεί το πρόβλημα της ελλιπής μόνωσης. Με τα παραδοσιακά πλαστικά καλύμματα θερμοκηπίου που έχουν τιμή R περίπου 2, δαπανάται μεγάλο χρηματικό ποσό για την διαρκή αντικατάσταση της χαμένης θερμότητας.

Οι κυρίαρχες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι:

1. Η θέρμανση με αέρα
2. Άμεση με νερό
3. Έμμεση με νερό κάνοντας χρήση κυρίως εναλλακτών θερμότητας πλακών

3.3.2.3 Θέρμανση Εδάφους

Παρατηρείται στην Ελλάδα προσφάτως η θέρμανση του εδάφους με γεωθερμικά ρευστά χαμηλής ενθαλπίας τόσο σε μονοετείς όσο και σε πολυετείς καλλιέργειες όπως: σαλάτες, καρπούζια και σπαράγγια. Σε κάθε εφαρμογή χρησιμοποιούνται αγωγοί πολυαιθυλενίου ή πολυπροπυλενίου με Φ20-Φ28 σε διάφορες διατάξεις, τόσο στην επιφάνεια του εδάφους όσο και στο ριζικό σύστημα των φυτών με επιτυχή έως τώρα αποτελέσματα.

3.4 Θερμοκηπιακές εφαρμογές

Το γεγονός ότι το κόστος θέρμανσης ενός θερμοκηπίου είναι ιδιαίτερα μεγάλο σε συνδυασμό με την χαμηλή τιμή πώλησης της θερμικής ενέργειας πρόκειται να προσελκύσει καλλιεργητές. Για παράδειγμα, μια καλλιέργεια 10 στρεμμάτων φτάνει σε απαιτήσεις έως 2MW, ποσό που αντιστοιχεί σε 200 κατοικίες των 100m²! Σε συνδυασμό με την μεγάλη διάρκεια χρήσης ανα έτος γίνεται ευκόλως κατανοητή η έλξη για εφαρμογή της γεωθερμίας σε ένα τέτοιο αγροτικό εγχείρημα.

3.4.1 Υπάρχουσες εγκαταστάσεις

Εντός των εφαρμογών του έργου στον πρωτογενή τομέα βρίσκεται η υφιστάμενη εγκατάσταση της κα Ζωής Σκαρλάτου. Στα 1300μ από το Αρίστινο βρίσκεται το πλαστικό θερμοκήπιο των 3 στρεμμάτων σε πλήρη λειτουργική κατάσταση, το οποίο εξειδικεύεται στην παραγωγή βιολογικών προϊόντων προς διάθεση στην τοπική αγορά. Στηριζόμενη στα οικονομικά οφέλη της εγκατάστασης η κα Σκαρλάτου δήλωσε υπεύθυνα ότι εντός των επομένων 2 ετών θα εισάγει την γεωθερμική ενέργεια ως αποκλειστικό σύστημα θέρμανσης της μονάδας της καθώς και την επέκτασή της στα 5 στρέμματα. Κίνηση η οποία ενθαρρύνει και μελλοντικούς καλλιεργητές προς συμμετοχή.

3.4.2 Παραχωρούμενες προς εκμετάλλευση εκτάσεις του Δήμου Αλεξανδρούπολης για τη δημιουργία νέων εγκαταστάσεων

Ο Δήμος Αλεξανδρούπολης ενέκρινε μεταξύ των πολλών προτάσεων που έλαβε για εμπλοκή σε παραγωγή 2 από αυτές [18]:

1) **Θερμοκηπιακή μονάδα κηπευτικών 5 στρεμμάτων.** Οι κύριοι Σταύρος Δεμίρης και Δημήτρης Δελίδης εδώ και 20 χρόνια παράγουν για την τοπική αγορά προϊόντα στα θερμοκήπια που λειτουργούν, έτσι σε ιδιόκτητο αγροτεμάχιο και με την έκφραση δεσμευτικού ενδιαφέροντος θα αναπτύξουν μια ακόμη παραγωγική μονάδα.

2) **Θερμοκηπιακή μονάδα καλλιέργειας μικροφυκών 15 στρεμμάτων.** Η μονάδα αυτή αποτελεί κοινοπραξία επιστημόνων και επενδυτών. Το σχέδιο αυτό αφορά την παραγωγή βιομάζας μικροφυκών όπως η σπιρουλίνα, Haematococcus, Porphyridium. Η δραστηριότητα αυτή αποτελεί την πρώτη στην Ευρώπη με πιστοποιημένα προϊόντα για χρήση σε καλλυντικά, τη βιομηχανία φαρμάκων κ.α.

Θα γίνει εγκατάσταση δεξαμενών επιφάνειας 13 στρεμμάτων με συνολικό όγκο 4000 m³. Οι δεξαμενές θα γεμίζουν 1 φορά το χρόνο με νερό το οποίο θα ανακυκλώνεται και αναπληρώνεται μόνο η ποσότητα που χάνεται λόγω εξάτμισης. Στο τέλος του έτους το νερό θα απορρίπτεται είτε από σύστημα ιδιότη με λειτουργία βιολογικού καθαρισμού είτε σε κάποιο άλλο βιολογικό καθαρισμό εάν είναι εφικτό. Η μέγιστη απαιτούμενη θερμική ενέργεια θα είναι 2400-2700kW, το οποίο αντιστοιχεί σε ποσότητα νερού 70°C με παροχή 65-70m³/h.

3.5 Προϊόντα του πεδίου-Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

3.5.1 Απόβλητα Αέριας, Υγρής και στερεάς φάσης

Κατά την λειτουργία της εγκατάστασης δεν θα υπάρχουν καθόλου αέριοι ρύποι. Μονάχα όταν θα πραγματοποιείται η διάνοιξη των γεωτρήσεων θα υπάρξουν κάποιοι ρύποι από την μηχανή εσωτερική καύσης.

Αντίστοιχα τα υγρά που χρησιμοποιούνται κατά την ανόρυξη της γεώτρησης είναι ο μπεντονίτης και το νερό. Ο μπεντονίτης προστίθεται στο έδαφος, όντας φυσικό υλικό, για τον εμπλουτισμό του, αυξάνοντας την ικανότητα του να συγκρατεί νερό. Το γεγονός όμως πως η χρήση δεν θα γίνει σε μεγάλη γεωγραφική έκταση παρά μόνο στην περιοχή της γεώτρησης αφαιρεί το νόημα της ενασχόλησης με αυτό.

Τα μοναδικά στερεά απόβλητα που θα παραχθούν θα είναι κατά την διάρκεια διάνοιξης της γεώτρησης τα οποία προκύπτουν από την θλίψη των πετρωμάτων. Τα τρίματα αυτά θα συγκεντρώνονται στον λάκκο ανακύκλωσης. Αντίστοιχα κατά την κατασκευή του δικτύου σωληνώσεων τα στερεά πετρώματα θα χρησιμοποιηθούν για την πλήρωση του αρχικού ορύγματος. Σε καμία από τις δυο περιπτώσεις δεν θα υπάρχουν στερεά απόβλητα κατά την λειτουργία της εγκατάστασης [18].

3.5.2 Αισθητικές μεταβολές στην περιοχή και ηχορύπανση

Η συγκεκριμένη εγκατάσταση λαμβάνει χώρο κυρίως στην υπόγεια περιοχή του Αρίστηνου επομένως το τοπίο της περιοχής δεν πρόκειται να αλλοιωθεί. Στην επιφάνεια ο εξοπλισμός που θα τοποθετηθεί για την εκμετάλλευση του πεδίου θα καταλαμβάνει μερικές δεκάδες τετραγωνικά μέτρα. Όσον αφορά στην ηχορύπανση κατά την λειτουργία του έργου θα είναι μηδαμινή. Κατά την ανόρυξη της γεώτρησης το γεωτρήπανο θα ακούγεται για μερικές μέρες σε απόσταση 200-300 μέτρων σε μεγάλη απόσταση από κατοικημένη περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Μηχανολογικός Εξοπλισμός

4.1 Παραγωγικές γεωτρήσεις

4.1.1 Γεωθερμικά χαρακτηριστικά-Μέγιστη θερμική ισχύς

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3 οι παραγωγικές γεωτρήσεις μπορούν με ασφάλεια να μας παρέχουν 140-160 m³/h (θεωρούμε την ρεαλιστική μέση τιμή των 150 m³/h) στους 89,3°C. Για τον υπολογισμό της μέγιστης θερμικής ισχύος θεωρούμε πως κατά την ζήτηση αιχμής τόσο σε υψηλή και μέση θερμοκρασία καθώς και από τις απώλειες των σωληνώσεων του δικτύου η συνολική θερμοκρασιακή αξιοποίηση του γεωθερμικού ρευστού είναι 57K [18]. Με βάση αυτά η θερμική ισχύς προκύπτει πως είναι:

$$P = m \cdot C_p \cdot \Delta T \Leftrightarrow P = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T$$
$$\Rightarrow P = \frac{150 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} \cdot 988,04 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 57\text{K} \Rightarrow \mathbf{P = 9,8 \text{ MW}}$$

όπου: P: η ισχύς που παρέχει το γεωθερμικό ρευστό [kW]
m=V · ρ: η παροχή μάζας του γεωθερμικού ρευστού, [kg/s]
V: η παροχή όγκου του γεωθερμικού ρευστού, (150 m³/3600 s)
ρ: η πυκνότητα του γεωθερμικού ρευστού, (988,04 kg/m³ σε t=50°C)
C_p: η ειδική θερμοχωρητικότητα του ρευστού, (4,18 kJ/kgK m³ σε t=50°C)
ΔT: η θερμοκρασιακή διαφορά που υφίσταται το ρευστό, (57K)

4.2 Αντλίες στις παραγωγικές γεωτρήσεις

Για τον καθορισμό του τύπου της αντλίας θεωρείται στατική στάθμη 17m και δυναμική στάθμη άντλησης 50m ενώ η παροχή θεωρείται 150 m³/h (50 m³/h και 100 m³/h από τις ΑΑ-6Π και ΑΑ-3Π γεωτρήσεις) μέσα από σωλήνα διατομής 8 ιντσών. Για να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία ακόμα και σε περίπτωση βλάβης επιθυμούμε και οι δύο αντλίες να έχουν ικανότητα άντλησης 150 m³/h η κάθε μία. Διατηρώντας υπόψη τους τεχνικούς περιορισμούς για την επιλογή της αντλίας υπάρχουν δύο τύποι κατάλληλοι για την εγκατάσταση:

1. Υποβρύχιες αντλίες
2. Στροβιλοφόρες κατακόρυφου άξονα

Η μεγαλύτερη διαφορά τους είναι η θέση του κινητήρα ενώ στο παρακάτω σχήμα συγκρίνονται μεταξύ τους.

Στροβιλοφόρες κατακόρυφου άξονα	Υποβρύχιες αντλίες
Αποδόσεις βαθμίδων αντλίας 68-78%. Χαμηλότερο μανομετρικό/βαθμίδα και παροχή/διάμετρο μονάδας. Υψηλότερη απόδοση του κινητήρα. Μικρές απώλειες στο καλώδιο τροφοδοσίας. Μηχανικές απώλειες των εδράνων της ατράκτου.	Αποδόσεις βαθμίδων αντλίας 68-78%. Γενικά, μεγαλύτερη παροχή/διάμετρο μονάδας. Χαμηλότερη απόδοση του κινητήρα - λειτουργεί σε λάδι σε υψηλή θερμοκρασία. Υψηλότερες απώλειες στο καλώδιο τροφοδοσίας. Καλώδιο τουλάχιστον εν μέρει βυθισμένος και σε επαφή με θερμό σωλήνα.
Κινητήρας, έδρανα και στεγάνωση προσβάσιμα στην επιφάνεια	Κινητήρας, έδρανα, στεγάνωση και καλώδιο τροφοδοσίας στο φρέαρ – λιγότερο προσβάσιμα.
Συνήθως χαμηλότερη ταχύτητα (1.750 rpm ή λιγότερες). Συνήθως χαμηλότερο ποσοστό φθοράς.	Συνήθως υψηλότερες ταχύτητες (3.600 rpm). Συνήθως υψηλότερο ποσοστό φθοράς.
Ικανότητα για υψηλότερης θερμοκρασίας, έως 200°C	Χαμηλότερη ικανότητα θερμοκρασίας, αλλά επαρκή για τις περισσότερες εφαρμογές άμεσης χρήσης της θερμότητας, με την προϋπόθεση της χρήσης ειδικών κινητήρων υψηλής θερμοκρασίας.
Τοποθέτηση σε μικρότερα βάθη άντλησης, μέγιστο 600 m	Τοποθέτηση σε βαθύτερα βάθη άντλησης, έως και 3.650 m π.χ. σε πετρελαιοπηγές
Μεγαλύτερος χρόνος εγκατάστασης ή αφαίρεσης-έλιξης της αντλίας.	Μικρότερος χρόνος εγκατάστασης ή αφαίρεσης-έλιξης της αντλίας.
Το φρέαρ της γεώτρησης πρέπει να είναι σχετικά ευθύ ή μεγάλου μεγέθους για να φιλοξενήσει την αντλία και τη στήλη.	Μπορεί να εγκατασταθεί σε κεκλιμένο φρέαρ έως 4° απόκλισης ανά 30,5 m. Μέχρι και 75° απόκλιση από την κατακόρυφο. Αν μπορεί να σωληνωθεί, μπορεί να αντληθεί.
Η θέση της πτερωτής πρέπει να προσαρμοστεί κατά την αρχική εκκίνηση.	Θέση της πτερωτής καθορισμένη.
Σε γενικές γραμμές χαμηλότερη τιμή αγοράς για θερμοκρασίες και βάθη εφαρμογών άμεσης χρήσης	Σε γενικές γραμμές υψηλότερη τιμή αγοράς για θερμοκρασίες και βάθη εφαρμογών άμεσης χρήσης

Σχήμα 4.1: Σύγκριση Στροβιλοφόρων και Υποβρύχιων αντλιών [18]

Για το συγκεκριμένο έργο εξαιτίας του μικρού βάθους των παραγωγικών γεωτρήσεων είναι κατάλληλα και τα δύο είδη αντλίας [18]. Η μεγαλύτερη δυσκολία εμφανίζεται από την υψηλή θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού που μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση σε εξαρτήματα του αντλητικού συγκροτήματος υπάρχουν ωστόσο κατασκευαστές που προσφέρουν προϊόντα με αυξημένες θερμοκρασίες λειτουργίας.

Για τον υπολογισμό του μανομετρικού ύψους των αντλιών οι πτώσεις πιέσεων δίνονται παρακάτω (ύψος γεώτρησης AA-3Π 43,71m και της γεώτρησης επανέγχυσης 18,65m) :

Ανόρυξη από την στάθμη άντλησης στο επίπεδο του εδάφους (από την AA-3Π):	70 mWS
Πτώση πίεσης στον εναλλάκτη θερμότητας και εξοπλισμό:	15 mWS
Πτώση πίεσης στο δίκτυο σωληνώσεων:	10 mWS
Απαιτούμενη πίεση εκροής στη δεξαμενή επανέγχυσης (εάν απαιτείται):	20 mWS
Γεωδαιτική διαφορά μεταξύ παραγωγής και επανέγχυσης	-25 mWS
Απαιτούμενο μανομετρικό ύψος αντλίας:	90 mWS

Σχήμα 4.2: Ενδεικτικός υπολογισμός μανομετρικού ύψους αντλιών [18]

Ανεξαρτήτου του είδους της αντλίας θα πραγματοποιείται έλεγχος των αριθμών στροφών τους από μετατροπέα συχνότητας σύμφωνα με τις θερμικές ανάγκες των εγκαταστάσεων. Οι μετατροπείς αυτοί θα βρίσκονται σε διαρκή επικοινωνία με το σύστημα αυτοματισμού, που περιγράφεται στην συνέχεια του κεφαλαίου, μέσω δικτύου Ethernet.

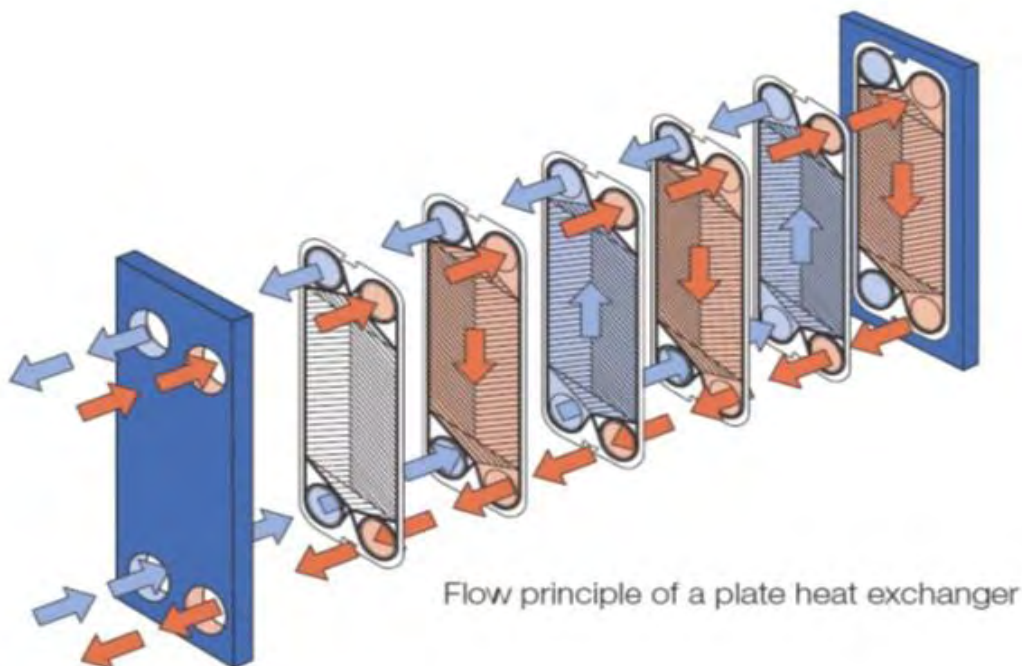
4.3 Εναλλάκτες θερμότητας

Ο θερμικός σταθμός είναι ο τόπος που καταλήγει το πρωτεύον δίκτυο και αποτελεί το κέντρο ουσιαστικά του συστήματος τηλεθέρμανσης. Σε αυτόν γίνεται η μεταφορά θερμότητας από το πρωτεύον στο δευτερεύον δίκτυο με την χρήση ενός συστήματος εναλλακτών θερμότητας. Το ρευστό έχει θερμοκρασία άντλησης 89.3°C ενώ προσπίπτει στον σταθμό μετά από μια πτώση 0.6 °C στην θερμοκρασία των 88.7 °C και σε μέγιστη τιμή παροχής 150m³/h.

Εξαιτίας των διαφορετικών θερμοκρασιακών απαιτήσεων των κτιρίων (85 °C) και των θερμοκηπίων (65 °C) και προς την μέγιστη αξιοποίηση του γεωθερμικού ρευστού θα πραγματοποιηθεί εγκατάσταση τριών ομάδων εναλλακτών, οι οποίες θα είναι οι εξής:

1. Η πρώτη ομάδα θα περιέχει 2 εναλλάκτες με παροχή 50 m³/h έκαστος καθώς και έναν τρίτο εφεδρικό, οι οποίοι θα είναι συνδεδεμένοι παράλληλα σε συλλεκτοδιανομέα και η χρήση τους θα γίνει προς εξυπηρέτηση των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων.
2. Η δεύτερη ομάδα ουσιαστικά αποτελεί την συνέχεια της πρώτης ομάδας με στόχο την περαιτέρω υποβάθμιση της θερμοκρασίας προς χρήση στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις, ενώ θα γίνει χρήση πάλι δύο κυρίων εναλλακτών παροχής 50 m³/h και ενός εφεδρικού ιδίων με το πρώτο σύστημα.
3. Η τρίτη ομάδα θα αποτελείται από έναν μόνο εναλλάκτη παροχής 50 m³/h και έναν πάλι εναλλακτικό με χρήση εξολοκλήρου για τα θερμοκήπια.

Παρά την πληθώρα των εναλλακτών διαθέσιμων στην αγορά στην συγκεκριμένη εφαρμογή θα γίνει χρήση ο εναλλάκτης τύπου πλάκας [18]. Ένας εναλλάκτης θερμότητας πλάκας είναι ένας τύπος εναλλάκτης θερμότητας που χρησιμοποιεί μεταλλικές πλάκες για τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ δύο υγρών. Αυτός έχει το σημαντικό πλεονέκτημα έναντι ενός συμβατικού εναλλάκτης θερμότητας πως τα υγρά εκτίθενται σε πολύ μεγαλύτερο εμβαδόν επιφάνειας επειδή τα απλώνονται πάνω στις πλάκες. Αυτό διευκολύνει τη μεταφορά θερμότητας και αυξάνει σημαντικά την ταχύτητα της αλλαγής θερμοκρασίας.

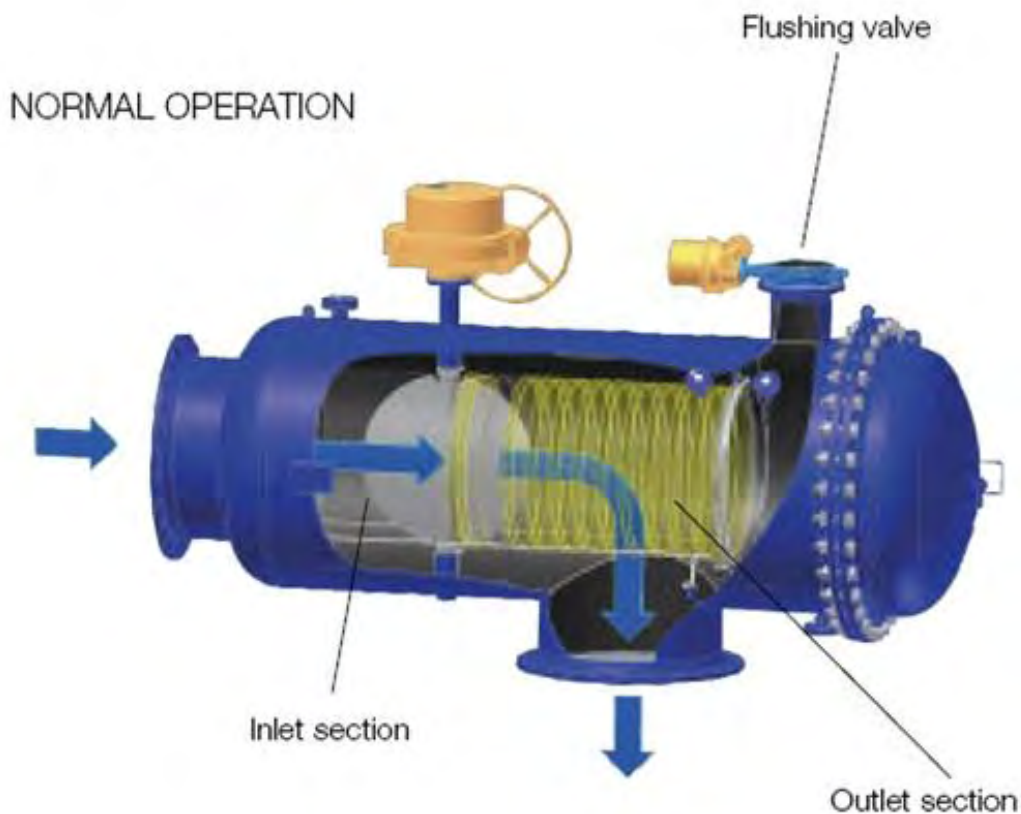


Σχήμα 4.3: Εναλλάκτης θερμότητας τύπου πλακών [18]

Η ιδέα πίσω από έναν εναλλάκτη θερμότητας είναι η χρήση σωλήνων ή άλλων δοχείων συγκράτησης για τη θέρμανση ή την ψύξη ενός υγρού με τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ αυτού και ενός άλλου υγρού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο εναλλάκτης αποτελείται από ένα σπειροειδές σωλήνα που περιέχει ένα ρευστό που διέρχεται από ένα θάλαμο που περιέχει άλλο υγρό. Τα τοιχώματα του σωλήνα είναι συνήθως κατασκευασμένα από μέταλλο με υψηλή θερμική αγωγιμότητα, για να διευκολύνουν την ανταλλαγή, ενώ το εξωτερικό περίβλημα του μεγαλύτερου θαλάμου είναι από πλαστικό ή επικαλυμμένο με θερμομόνωση για να αποθαρρύνει τη διαφυγή θερμότητας από τον εναλλάκτη.

Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η επιλογή του υλικού κατασκευής των πλακών. **Για την εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας η επιλογή μας είναι το τιτάνιο, καθώς προσβάλλεται λιγότερο στις συνθήκες ροής του γεωθερμικού ρευστού.**

Πριν την είσοδο στον διανομέα της 1^{ης} και 3^{ης} ομάδας θα τοποθετηθεί αυτοκαθαριζόμενο φίλτρο ώστε να απομακρύνει πιθανά ανεπιθύμητα υλικά προερχόμενα από τις γεωτρήσεις, προς αποφυγή φραγής των στοιχείων του δικτύου. Το φίλτρο αυτό κάνοντας χρήση χρονοδιακόπτη θα ενεργοποιεί αυτόματη διάταξη ξεπλύματος χωρίς να διακόπτεται η διαδικασία φιλτραρίσματος. Κοντά στο φίλτρο θα υπάρχει πίνακας ελέγχου με ελεγκτή PLC που θα ελέγχει την λειτουργία. Το δοχείο πίεσης είναι κατασκευασμένο από fiberglass ενισχυμένο με GRP/FRP πολυεστέρα.



Σχήμα 4.4: Αυτοκαθαριζόμενο φίλτρο για το πρωτεύον δίκτυο [18]

Στην πρώτη ομάδα εναλλακτών με χρήση για τα κτίρια η έξοδος θα οδηγεί σε ένα συλλεκτοδιανομέα από την οποία το νερό θα οδηγείται σε δίκτυα κτιρίων μέσω ενός ζεύγους αντλιών. Συγκεκριμένα στο Παιδικό χωριό SOS, τα κτίρια της Άνθειας καθώς και ένα που καθορίζεται για χρήση από το Αρίστηνο. Οι υπόλοιπες ομάδες που αφορούν σε θερμοκηπιακή χρήση οδηγούνται σε δική τους αντίστοιχη έξοδο με ξεχωριστό συλλεκτοδιανομέα και αντλίες.

Η μεταφορά του νερού από τον θερμικό σταθμό μέχρι αυτούς στο πέρας της διαδρομής θα πραγματοποιείται από τις αντλίες ανακυκλοφορίας του δευτερεύοντος δικτύου. Οι τελευταίες θα είναι υπεύθυνες για την σταθεροποιημένη πίεση του δικτύου κάνοντας χρήση αναλογικού Δρ ή σταθερή πίεση εξόδου. Η κίνηση θα ελέγχεται από έναν ρυθμιστή στροφών, με την in-line λειτουργία του αποφεύγουμε την διαδικασία ρύθμισης του χρόνου εκκίνησης και διακοπής της αντλίας.

Ακόμη, θα υπάρχει αντοχή μέχρι 130°C θα διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα κλειστού τύπου τριφασικό 400 V και ελαστικού τύπου σύνδεσμο ανάμεσα σε αντλία και κινητήρα [18].

4.4 Διακοπτικό υλικό και δίκτυο σωληνώσεων

Προκειμένου να εκμεταλλευτούμε το πεδίο γεωθερμικής ενέργειας πέραν των προαναφερθέντων υλικών θα χρειαστούμε ορισμένα ακόμα με την ακόλουθη χρήση [18]:

1. Θερμόμετρα: Προφανώς η τοποθέτηση τους αφορά στην αποτύπωση της θερμοκρασίας του ρευστού. Ακόμη, μπορούν να μας βοηθήσουν στον εντοπισμό επικαθίσεων μέσα στους εναλλάκτες θερμότητας καθώς μειώνεται η ισχύς της εγκατάστασης λόγω δημιουργίας αντίστασης κατά τη μεταφορά θερμότητας.
2. Μανόμετρα: Χρήση για την παρακολούθηση της πίεσης του ρευστού μέσα στους σωλήνες. Βοηθούν και αυτά στον εντοπισμό επικαθίσεων οι οποίες αυξάνουν την πτώση πίεσης του ρευστού.
3. Φίλτρα: Με κύριο σκοπό την αποφυγή εισόδου σωματιδίων στις αντλίες ανακυκλοφορίας θα τοποθετηθούν προ αυτών.
4. Δοχεία διαστολής: Επειδή το δίκτυο που θα διανέμει την θερμική ενέργεια θα είναι κλειστό, όταν το νερό αλλάζει θερμοκρασία προφανώς θα υπάρχει και το φαινόμενο της συστολής/διαστολής του. Για την απορρόφηση αυτού του όγκου θα χρησιμοποιηθούν δοχεία σε διάταξη με σταθεροποιητή πίεσης και δοχείου διαστολής τύπου μεμβράνης.
Το σύστημα για την σταθεροποίηση της πίεσης θα περιέχει συνολικά το δοχείο διαστολής. Μια μονάδα σταθεροποιητή πίεσης από αντλία με σύστημα πλήρωσης και απαέρωσης. Εύκαμπτους σωλήνες από το δοχείο στον σταθεροποιητή. Για την μόνιμη σύνδεση κυκλωμάτων στην παροχή νερού χρειάζεται σετ βαλβίδων πλήρωσης και αντεπιστροφής. Κλειστό δοχείο διαστολής για προστασία της αντλίας. Ταχυσύνδεσμο για την ασφαλή και γρήγορη προσθαφαίρεση συμπληρωματικών δοχείων.
5. Διακοπτικό υλικό: Βάνες θα χρησιμοποιηθούν για την απομόνωση κλάδων του δικτύου. Οι κύριες, των εγκαταστάσεων, θα είναι τύπου πεταλούδας ανοξείδωτου σώματος και δίσκου για το γεωθερμικό ρευστό και ορειχάλκινο σώμα και δίσκο για το καθαρό νερό. Οι λοιπές βάνες θα είναι σφαιρικής μορφής με υλικά κατασκευής ίδια με των προηγούμενων.

6. Διαχωριστές σωματιδίων: Στους κεντρικούς κλάδους της εγκατάστασης είναι επιθυμητή η χρήση αυτών των συσκευών έτσι ώστε να αφαιρούν τυχόν σωματίδια ή φυσαλίδες αέρα από το κύκλωμα τα οποία μπορεί ενδεχομένως να προκαλέσουν φθορές ή μείωση της απόδοσης του εξοπλισμού. Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι η χρήση ενσωματωμένου θαλάμου συγκέντρωσης στον οποίο λόγω βαρύτητας πραγματοποιείται η κατακάθιση των ανεπιθύμητων σωματιδίων με δυνατότητα εκκένωσης με μια βαλβίδα αποστράγγισης.

4.5 Σύστημα καθαρισμού των εναλλακτών θερμότητας

Τα δίκτυα με εναλλάκτες θερμότητας όμοιους με της περίπτωσης που εξετάζουμε έχουν να αντιμετωπίσουν ως βασικό πρόβλημα τις επικαθίσεις που πραγματοποιούνται στις πλάκες τους. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος επιστρατεύουμε διατάξεις φίλτρων τα οποία, ωστόσο, δεν επιτυγχάνουν τόσο συχνά όσο θα θέλαμε.

Σε περίπτωση αποτυχίας των μέτρων πρόληψης οι επικαθίσεις στην επιφάνεια των πλακών προκαλούν αλλοίωση του συντελεστή θερμοπερατότητας στους εναλλάκτες. Αντιμετωπίζουμε λοιπόν την ελάττωση του ποσού ενέργειας που εκμεταλλευόμαστε λόγω μείωσης της αποδιδόμενης θερμοροής. Ακόμη, παρατηρείται αύξηση του φαινομένου πτώσης της πίεσης των ρευστών που διαρρέουν τους εναλλάκτες.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος πραγματοποιούμε πλύσεις στους εναλλάκτες, είτε αυτόματες είτε χειροκίνητες. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούμε κάνουν χρήση διαλυμάτων πλύσεως οξέων και βάσεων τα οποία παρασκευάζονται στην δεξαμενή τους και απομακρύνουν τις επικαθίσεις στους εναλλάκτες.

Συγκεκριμένα για την εγκατάσταση ενδείκνυται:

Η τοποθέτηση του εξοπλισμού πλύσεως των εναλλακτών θα πρέπει να γίνει σε κατάλληλο σημείο εντός του κτιρίου στέγασης του θερμικού σταθμού. Παρόλο που η υποδομή θα επιτρέψει την πραγματοποίηση της πλύσης χωρίς την απομάκρυνση του εναλλάκτη από το δίκτυο, προτιμάται η διεργασία να πραγματοποιείται χειροκίνητα.

Ο τρόπος που θα γίνεται η απομόνωση τους είναι με δύοδες βάνες, στην είσοδο των εναλλακτών, που θα απομονώνουν το δίκτυο του γεωθερμικού ρευστού αλλά και του δικτύου πλύσεων. Υπό φυσιολογικές συνθήκες το τελευταίο θα είναι κλειστό και θα ανοίγει μονάχα όταν παρατηρηθούν αλλαγές στο θερμικό πρόγραμμα του εναλλάκτη. Τότε, ο αυτοματισμός θα παρακάμπτει τον εναλλάκτη διοχετεύοντας το ρευστό στον εφεδρικό του και θα ειδοποιεί το προσωπικό για το φαινόμενο.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε πως ο καθαρισμός πρέπει να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό έτσι ώστε να διασφαλιστεί η ορθή χρήση του εξοπλισμού. Θα ενεργοποιούν χειροκίνητα την διαδικασία παρασκευής διαλυμάτων στις δεξαμενές, το ξεκίνημα της αντλίας ανακυκλοφορίας και την διαχείριση των διαλυμάτων μετά το πέρας της πλύσης.

Εν κατακλείδι, για τα διαλύματα εντός των δεξαμενών υπάρχει η δυνατότητα θέρμανσης που μας επιτρέπει να αυξήσουμε την απόδοση της διαδικασίας. Η χρήση συστημάτων πλύσεως που είναι πλήρως αυτοματοποιημένα χρησιμοποιούνται κυρίως στην βιομηχανία τροφίμων. Δεν προβλέπεται η χρήση αντίστοιχου

συστήματος για το δίκτυο τηλεθέρμανσης καθώς εκεί θα γίνει χρήση σωληνώσεων πολυπροπυλενίου.

4.6 Θερμικοί σταθμοί καταναλωτών (Μελλοντικό)

Οι καταναλωτές θα διαθέτουν ένα σύστημα όμοιο με αυτό του θερμικού σταθμού στο σπίτι τους και θα παραλαμβάνουν με τον τρόπο αυτό την θερμική ενέργεια από το δευτερεύον δίκτυο προς εκμετάλλευση [18]. Το σύνολο του εξοπλισμού εξηγείται παρακάτω με την αναλυτικότερη περιγραφή του εντός του κεφαλαίου που αφορά στον αυτοματισμό των συστημάτων. Έχουμε λοιπόν:

1. Εναλλάκτης θερμότητας τύπου πλάκας. Του οποίου η χρήση όπως προαναφέραμε θα είναι η αξιοποίηση της θερμότητας του δευτερεύοντος δικτύου από αυτό του ιδιώτη. Το υλικό κατασκευής του θα είναι ανοξείδωτη πλάκα χάλυβα 316 και όχι από τιτάνιο όπως αυτούς του πρωτεύοντος δικτύου καθώς στο δεύτερο η επιλογή έγινε λόγο της χημικής σύστασης του γεωθερμικού ρευστού.
2. Ελεγκτής του σταθμού. Ο σταθμός αυτός θα αποτελείται από εισόδους θερμοκρασίας περιβάλλοντος, θερμοκρασίες προσαγωγής και επιστροφής του δευτερεύοντος, θερμοκρασία προσαγωγής του εσωτερικού δικτύου και τον θερμοδομετρητή, έξοδο στην ρυθμιστική βαλβίδα ώστε να ρυθμίζει την παροχή από το δευτερεύον δίκτυο προς τον εναλλάκτη, έξοδο στην αντλία ανακυκλοφορίας του καταναλωτή και σήμα προς τον κεντρικό πίνακα ελέγχου της τηλεθέρμανσης.
3. Ρυθμιστική βαλβίδα. Δέχεται εντολές από τον ελεγκτή ενώ ανοίγει αναλογικά για την ρύθμιση της παροχής του δευτερεύοντος δικτύου προς τον σταθμό του καταναλωτή.
4. Θερμιδόμετρο. Με ικανότητα διαφορετικής χρέωσης ανάλογα με την χρήση που απαιτείται από το δίκτυο μας καθώς θα παρακολουθεί την παροχή και την θερμοκρασία στην είσοδο αλλά και στην έξοδο του δευτερεύοντος δικτύου. Επειδή η θερμοκρασία επιστροφής του ρευστού στο δευτερεύον δίκτυο στα θερμοκήπια επηρεάζει κατά πολύ την εκμετάλλευση της ενέργειας αλλά και στους καταναλωτές όπου θέλουμε την ελάχιστη δυνατή θερμοκρασία επιστροφής παρουσιάζεται αυτή η ανάγκη διαφοροποίησης στην τιμολόγηση.
5. Αισθητήρα θερμοκρασίας. Για την μέτρηση της εισόδου στον ελεγκτή και τον θερμοδομετρητή.

Στον παρακάτω Πίνακα παρατίθενται οι εκτιμήσεις για όλους τους θερμικούς υποσταθμούς των Δημοτικών κτηρίων:

Πίνακας 4.1: Εκτιμήσεις στοιχείων θερμικών σταθμών των Δημοτικών κτιρίων [18]

Α/Α	Κτίριο	Ισχύς Εναλλασσάκη	Προτεϊόν κύκλωμα εναλλασσάκη θερμότητας					Δευτερεύον κύκλωμα εναλλασσάκη θερμότητας					Ενδεικτικός τύπος κυκλοφορητή
			ΔΘ [K]	Διάμετρος βελβίδας	Kws [m ² /h]	Παροχή [m ³ /h]	Τοπική σύνδεση	Θερμοδο μετρητής	Πτώση πίεσης εναλλασσάκη [mWS]	Παροχή [m ³ /h]	Πτώση πίεσης δικτύου [mWS]	Διατομή σωλήνωσης [mm]	
1	Γραφεία Αντιδημάρχου (Πρώην Κοινότητα)	34,89 kW	16	DN 20	5,7	1,94	1"	3/4"	2,50	1,90	4,50	Φ32	MAGNA3 25-60
2	Κτίριο αιμοδοτών	34,89 kW	16	DN 20	5,7	1,94	1"	3/4"	2,50	1,90	4,50	Φ32	MAGNA3 25-60
3	Νηπιαγωγείο Ανθεας	46,52 kW	16	DN 25	7,2	2,58	1"	3/4"	1,80	2,60	4,90	Φ32	MAGNA3 25-60
4	Ιερός Ναός Αρίστηνου	46,52 kW	16	DN 25	7,2	2,58	1"	3/4"	1,80	2,60	4,90	Φ32	MAGNA3 25-60
5	Ιερείο (Πρώην Αίθουσα Δημοτικού Συμβουλίου)	63,97 kW	16	DN 32	16,0	3,55	1 1/4"	1"	2,00	3,50	4,40	Φ40	MAGNA3 25-60
6	Γραφεία Δημοτικής Ενότητας (Πρώην Δημοτικό Σχολείο)	93,04 kW	16	DN 32	16,0	5,17	1 1/4"	1"	2,50	5,10	4,50	Φ50	MAGNA3 25-80
7	Δημοτικό Αρίστηνου Σχολείο	93,04 kW	16	DN 32	16,0	5,17	1 1/4"	1"	2,50	5,10	4,50	Φ50	MAGNA3 25-80
8	Παιδικό χωριό "SOS" - Συγκρότημα (2 στίβα)	93,04 kW	16	DN 32	16,0	5,17	1 1/4"	1"	2,50	5,10	4,50	Φ50	MAGNA3 25-80
9	Παιδικό χωριό "SOS" - Συγκρότημα (2 στίβα)	93,04 kW	16	DN 32	16,0	5,17	1 1/4"	1"	2,50	5,10	4,50	Φ50	MAGNA3 25-80
10	Κτίριο συλλόγου "ΣΠΑΡΤΑΚΟΣ"	168,64 kW	16	DN 50	25,0	9,36	DN 50	1 1/2"	3,55	9,30	5,80	Φ63	MAGNA3 32-120 F
11	Παιδικό χωριό "SOS" - 1 ^ο Συγκρότημα (3 στίβα)	168,64 kW	16	DN 50	25,0	9,36	DN 50	1 1/2"	3,55	9,30	5,80	Φ63	MAGNA3 32-120 F
12	Παιδικό χωριό "SOS" - 5 ^ο λεβητοστάσιο (Κτίριο διοίκησης)	168,64 kW	16	DN 50	25,0	9,36	DN 50	1 1/2"	3,55	9,30	5,80	Φ63	MAGNA3 32-120 F
13	Ιερός Ναός Ανθεας	168,64 kW	16	DN 50	25,0	9,36	DN 50	1 1/2"	3,55	9,30	5,80	Φ63	MAGNA3 32-120 F
14	Παιδικό χωριό "SOS" - 4 ^ο λεβητοστάσιο (Κτίριο διοίκησης)	197,71 kW	16	DN 50	25,0	10,98	DN 50	1 1/2"	3,00	11,00	5,90	Φ63	MAGNA3 32-120 F
15	Γυμνάσιο Ανθεας	232,60 kW	16	DN 50	25,0	12,92	DN 50	1 1/2"	3,00	13,00	5,10	Φ75	MAGNA3 32-120 F
16	Δημοτικό Σχολείο Ανθεας	372,16 kW	16	DN 50	31,0	20,60	DN 50	1 1/2"	3,75	20,60	6,20	Φ90	MAGNA3 40-150 F

4.7 Σύστημα Αυτοματισμού των εγκαταστάσεων

4.7.1 Γενικά

Προκειμένου να εξασφαλίσουμε την ασφαλή λειτουργία, την αποδοτική εκμετάλλευση και διοχέτευση της γεωθερμικής ενέργειας του πεδίου θα τοποθετηθούν πολλαπλοί αισθητήρες σε διάφορα σημεία για παρακολούθηση και βελτιστοποίηση της χρήσης του μηχανολογικού εξοπλισμού.

Για να περιγράψουμε με πληρότητα τον αυτοματισμό της εγκατάστασης θα κάνουμε μια επιγραμματική αναφορά στο διάγραμμα ροής, που θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο 5, για να γίνει ευκολότερα κατανοητό.

Τα επιμέρους τμήματα της συνολικής εγκατάστασης είναι τα παρακάτω [18]:

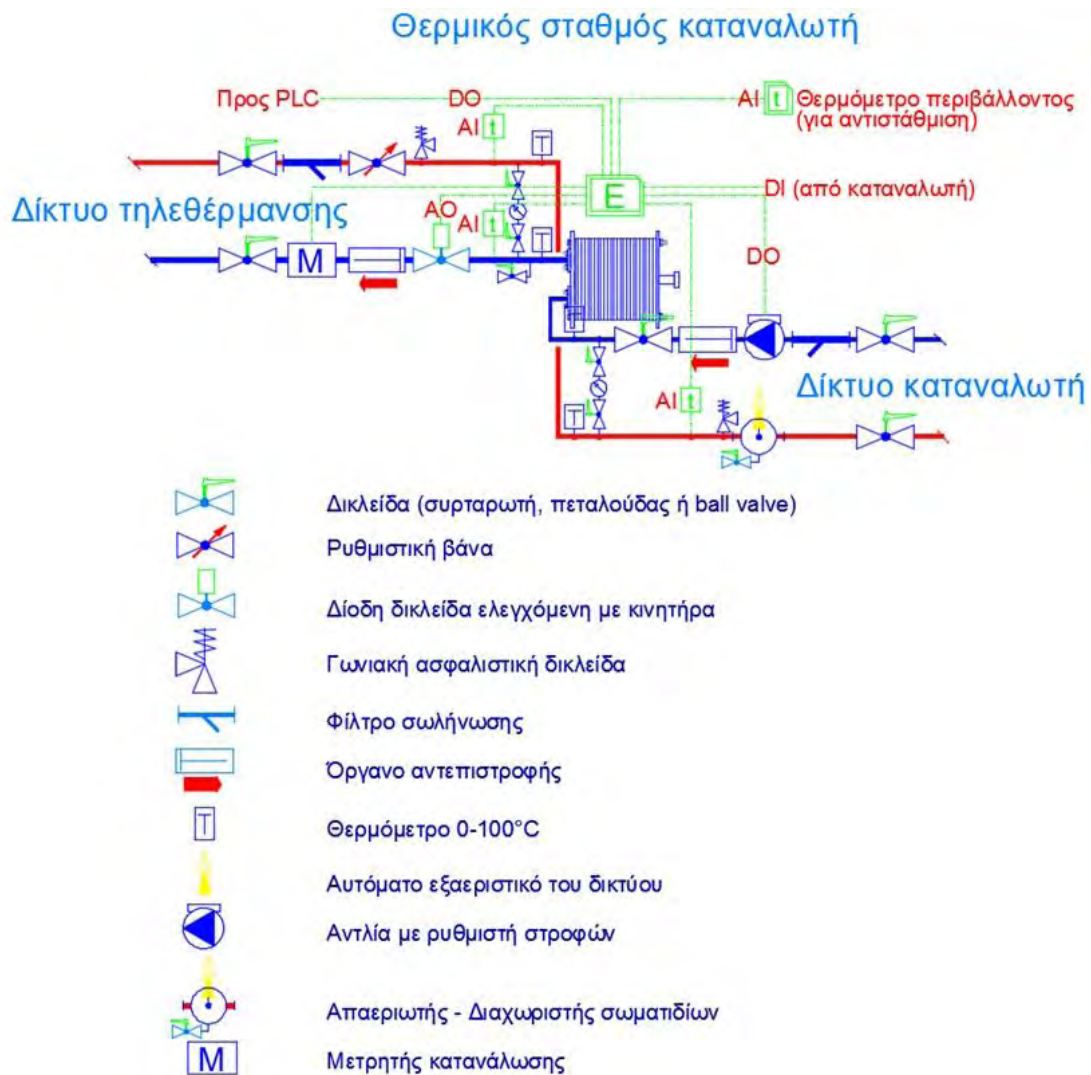
- **Άντληση του ρευστού:** Η άντληση του γεωθερμικού ρευστού πραγματοποιείται από τις γεωτρήσεις ΑΑ-3Π, ΑΑ-6Π που περιγράψαμε στην αρχή αυτού του Κεφαλαίου. Σε αυτές, εγκαθίστανται στην καθεμία από ένα αντλητικό συγκρότημα τύπου Romona. Το κομμάτι του αυτοματισμού που μας απασχολεί είναι ο έλεγχος αυτού του συγκροτήματος άντλησης στον κατακόρυφο άξονα.
- **Μεταφορά της ενέργειας από το σημείο άντλησης στον θερμικό σταθμό:** Σύμφωνα με αυτά που παρουσιάσαμε στις προηγούμενες παραγράφους το γεωθερμικό ρευστό διαρρέει τους εναλλάκτες θερμότητας νερού/νερού. Στο παρόν σημείο θα ασχοληθούμε με τον έλεγχο της ροής του ρευστού εντός των εναλλακτών.
- **Περισυλλογή του ρευστού σε δεξαμενή 2 θαλάμων μετά την αξιοποίηση του:** Η διοχέτευση του ρευστού πίσω στην γεώτρηση επανεισαγωγής πραγματοποιείται από τον 2^ο θάλαμο της δεξαμενής, ο 1^{ος} θάλαμος χρησιμοποιείται για την συλλογή επικαθίσεων ή τυχόν δημιουργίες στερεών σωμάτων. Ο αυτοματισμός ασχολείται με την παρακολούθηση του επιπέδου της στάθμης των θαλάμων.
- **Επαναφορά του ρευστού στο γεωθερμικό πεδίο μέσω των γεωτρήσεων επανεισαγωγής:** Εξαιτίας της μεγάλης απόστασης των 2 γεωτρήσεων επανεισαγωγής γίνεται χρήση 2 διαφορετικών αντλιών. Ενδιαφερόμαστε για τον έλεγχο της λειτουργίας αυτών των αντλιών.
- **Μεταφορά της ενέργειας από τον θερμικό σταθμό στο δίκτυο τηλεθέρμανσης:** Ο κάθε εναλλάκτης θερμότητας, για τον οποίο υπάρχει και ο εφεδρικός του, διαθέτει ξεχωριστή αντλία για τις ανάγκες του. Ωστόσο για την κυκλοφορία του νερού από τον σταθμό στο δίκτυο τηλεθέρμανσης λειτουργεί διαφορετική αντλία. Ενδιαφέρει ο έλεγχος τόσο της κάθε αντλίας στους εναλλάκτες όσο και αυτής που μεταφέρει το νερό στους καταναλωτές μέσω του δικτύου τηλεθέρμανσης.
- **Διανομή θερμικής ενέργειας στους καταναλωτές:** Η διανομή από το κύριο δίκτυο προς το δίκτυο του καταναλωτή θα πραγματοποιείται μέσω δίοδης βάνας που θα ελέγχει την ροή του νερού. Στο σπίτι κάθε καταναλωτή θα υπάρχει ξεχωριστός εναλλάκτης θερμότητας νερού/νερού με αντίστοιχο εξοπλισμό. Ο αυτοματισμός θα ελέγχει την βάνα του δικτύου διανομής.
- **Εκκίνηση συστήματος θέρμανσης του καταναλωτή:** Σε κάθε περίπτωση εκμετάλλευσης του δικτύου από τους καταναλωτές, υπάρχει δίκτυο στους χώρους όπου επιθυμείται η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας. Ο αυτοματισμός δίνει εντολή για την εκκίνηση του συστήματος θέρμανσης καθώς και την αποστολή αυτής στον κεντρικό σταθμό.

Το γεγονός ότι οι καταναλωτές είναι αυτοί που θα δίνουν την εντολή για να ξεκινήσει το σύστημα σημαίνει πως θα πρέπει να εξετάσουμε το σύστημα αυτοματισμού με την ανάστροφη σειρά από αυτή που μόλις περιγράψαμε.

4.7.2 Καταναλωτές θερμικής ενέργειας

Σε κάθε θερμοκήπιο και δημοτικό κτήριο θα τοποθετηθεί ελεγκτής με τα εξής χαρακτηριστικά [18]:

- I. On-Off Digital Input από χρονοδιακόπτη ή θερμοστάτη σύμφωνα με τις προτιμήσεις του καταναλωτή.
- II. On-Off Digital Output για να ξεκινά/διακόπτει την λειτουργία του κυκλοφορητή στον τοπικό εναλλάκτη νερού/νερού του δικτύου του χρήστη.
- III. Analog Input για να ελέγχεται η θερμοκρασία νερού που παρέχεται από το δίκτυο διανομής.
- IV. Analog Input για να ελέγχεται η θερμοκρασία του νερού επιστρέφει στο δίκτυο διανομής μετά την εκμετάλλευση του από τον χρήστη.
- V. Analog Output για την αποστολή σήματος για την λειτουργία της δίοδης βάνας που συνδέει το δίκτυο διανομής.
- VI. Analog Input για την καταγραφή της θερμοκρασίας του νερού που εξέρχεται από τον εναλλάκτη θερμότητας του τοπικού δικτύου των καταναλωτών.
- VII. Analog Input για την καταγραφή της θερμοκρασίας του χώρου.
- VIII. Ικανότητα προσαρμογής της θερμοκρασίας του νερού που στην εγκατάσταση του καταναλωτή ανάλογα με την αδράνεια του συστήματος. Δηλαδή αναλόγως τον όγκο νερού που κυκλοφορεί μέσα στο υδραυλικό σύστημα των εγκαταστάσεων του καταναλωτή.
- IX. Digital Output για τον έλεγχο του συστήματος τηλεθέρμανσης. Ουσιαστικά η εντολή για την έναρξη λειτουργίας του συστήματος του καταναλωτή μεταβιβάζεται σαν σήμα στον κεντρικό θερμικό σταθμό και δίνει εντολή να εκκινήσει το δίκτυο τηλεθέρμανσης.
- X. Δυνατότητα εκκίνησης του συστήματος εφεδρείας (λέβητα) σε περίπτωση που το δίκτυο τηλεθέρμανσης για κάποιον λόγο δεν λειτουργεί.



Σχήμα 4.6 : Σχηματική απεικόνιση του συστήματος εκμετάλλευσης θερμού νερού στους καταναλωτές [18]

Για τον υπολογισμό του ποσού χρέωσης του καταναλωτή προτείνεται η μέθοδος της θερμιδομέτρησης. Η επιλογή αυτή έγινε έχοντας υπόψη πως το νερό στο δίκτυο τηλεθέρμανσης έχει να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις οπότε θα υπάρχει κάποια χρονοκαυστέρηση. Πέραν αυτού σε ενδεχόμενη περίπτωση όπου η θερμοκρασία του νερού πριν την εκμετάλλευση του από τον χρήστη είναι χαμηλότερη από τις προδιαγραφές μπορεί να εφαρμοστεί πολιτική μειωμένης χρέωσης.

4.7.3 Δίκτυα διανομής

Τα δίκτυα διανομής είναι τρία στον αριθμό τους, ένα για τα θερμοκήπια, ένα για το Δημοτικό σχολείο Αρίστηνου και το παιδικό χωριό SOS και το τελευταίο για τα λοιπά δημοτικά κτήρια. Σύμφωνα με αυτά που περιγράφηκαν αφότου οποιοσδήποτε χρήστης των παραπάνω εγκαταστάσεων ενεργοποιήσει το σύστημα θέρμανσης θα αποστέλλεται σήμα εκκίνησης στον θερμικό σταθμό. Στον σταθμό η αντίστοιχη αντλία που είναι υπεύθυνη για το δίκτυο διανομής θα ενεργοποιείται από

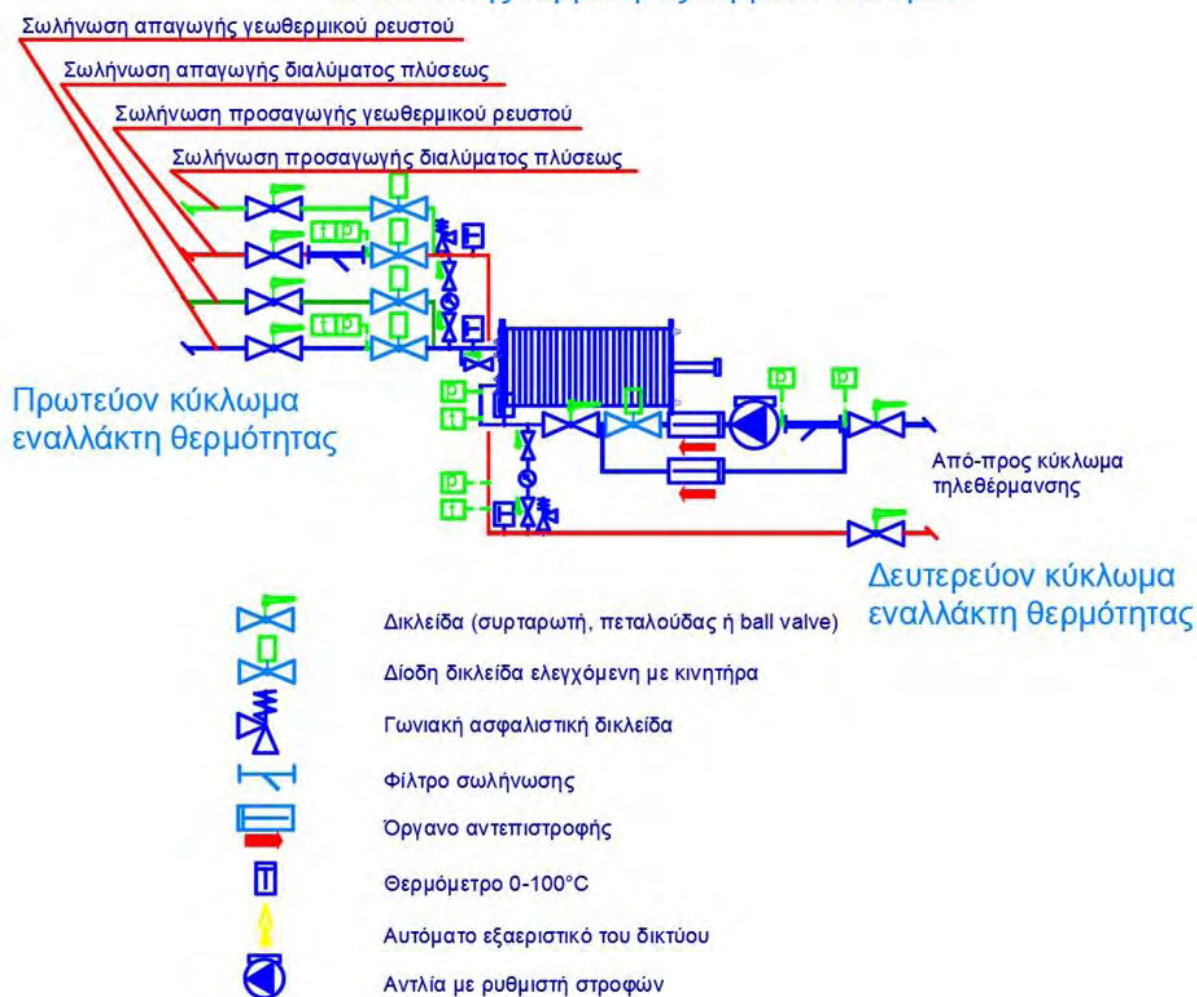
το σύστημα ελέγχου. Σημαντικό χαρακτηριστικό για την μακροζωία του συστήματος είναι η δυνατότητα μεταβολής των στροφών του κινητήρα για την προοδευτική εκκίνηση και διακοπή λειτουργίας του. Θα βοηθήσει επίσης στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και θα μειωθούν οι πιθανές περιπτώσεις απώλειες θερμότητας στο δίκτυο διανομής. Στην περίπτωση που το σύνολο των καταναλωτών ενός από τα 3 δίκτυα δεν έχουν σε λειτουργία το κύκλωμά τους θα απενεργοποιείται η αντλία του δικτύου που τους εξυπηρετεί. Εξαιτίας του μικρού σχετικά μεγέθους του δικτύου και του αριθμού των καταναλωτών δεν πρόκειται να προστεθούν δεξαμενές νερού για να αυξήσουν την αδράνεια του δικτύου. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η προθέρμανση του όγκου του νερού στο δίκτυο εάν τις προηγούμενες μέρες η κατανάλωση ήταν μικρή λόγω μη χρήσης των κτηρίων (σε αργίες ή τα Σαββατοκύριακα).

4.7.4 Θερμικός σταθμός

Για την παρακολούθηση της ενέργειας που αποδίδεται στο δίκτυο από τους εναλλάκτες θερμότητας θα πραγματοποιείται έλεγχος της θερμοκρασίας του νερού που παρέχεται στο δίκτυο αυτό. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία εισόδου σε έναν εναλλάκτη είναι χαμηλότερη από την επιθυμητή (Για τα κτήρια κάτω από 80°C με επιθυμητή 86°C ,για τα θερμοκήπια κάτω από 60°C με επιθυμητή 65°C) το κεντρικό σύστημα ελέγχου θα απομονώνει τον εναλλάκτη αυτό μέσω της δίοδης βάνας του που φαίνεται στο Σχήμα 4.7 ενώ θα ενεργοποιεί ταυτόχρονα την αντλία επανακυκλοφορίας του κλειστού κυκλώματος προς την υδραυλική γέφυρα.

Στην περίπτωση που η ζήτηση για θερμική ενέργεια υπάρχει στα κτήρια και τα θερμοκήπια στην ίδια χρονική στιγμή θα ενεργοποιείται και το 2^ο παράλληλο σύστημα. Για τα θερμοκήπια ειδικά δεν είναι απαραίτητο να περιμένουμε για την υποβάθμιση της θερμοκρασίας του νερού από τα κτήρια διότι υπάρχει και το σύστημα των εναλλακτών που τροφοδοτούνται απευθείας με γεωθερμικό ρευστό το οποίο θα ενεργοποιείται όταν υπάρχει ζήτηση μονάχα από τα θερμοκήπια.

Εναλλάκτης θερμότητας θερμικού σταθμού



Σχήμα 4.7 : Εναλλάκτης θερμότητας κεντρικού θερμικού σταθμού [18]

Το γεγονός ότι τα κυκλώματα υδραυλικών στους κύριους εναλλάκτες θερμότητας έχουν μονάχα επιλογή on/off σημαίνει πως λειτουργούν καλύτερα οι δίοδες βάνες συγκριτικά με την επιλογή της αναλογικής τους ρύθμισης. Ωστόσο η επιλογή αυτή σε συνδυασμό με την αδράνεια του συστήματος σημαίνει πως η θερμοκρασία εισόδου του ρευστού στο δίκτυο σημειώνει διακυμάνσεις που μας οδηγούν σε διακοπές και εκκινήσεις του συστήματος προσφοράς της θερμικής ενέργειας. Η συχνότητα αυτών εξαρτάται αποκλειστικά από το εύρος των ελάχιστων και επιθυμητών θερμοκρασιών που περιγράψαμε προηγουμένως. Για την βελτιστοποίηση του ελέγχου αυτού χρειάζεται η αναλογική ρύθμιση των δίοδων βανών για την διατήρηση της θερμοκρασίας εισόδου σε σταθερή τιμή. Για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας οι αντλίες κυκλοφορίας του νερού θα διατηρούν σταθερή πίεση στην έξοδο μέσω του ρυθμιστή στροφών τους.

4.7.5 Συγκροτήματα άντλησης από τις γεωτρήσεις ΑΑ-3Π και ΑΑ-6Π

Οι αντλίες των γεωτρήσεων θα εκκινούν μαζί με αυτές του κλειστού κυκλώματος και θα έχουν ρυθμιστές πίεσης εξόδου (επιθυμούμε σταθερή) και στροφών. Για την επιλογή της τιμής της σταθερής πίεσης εξόδου χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω στοιχεία:

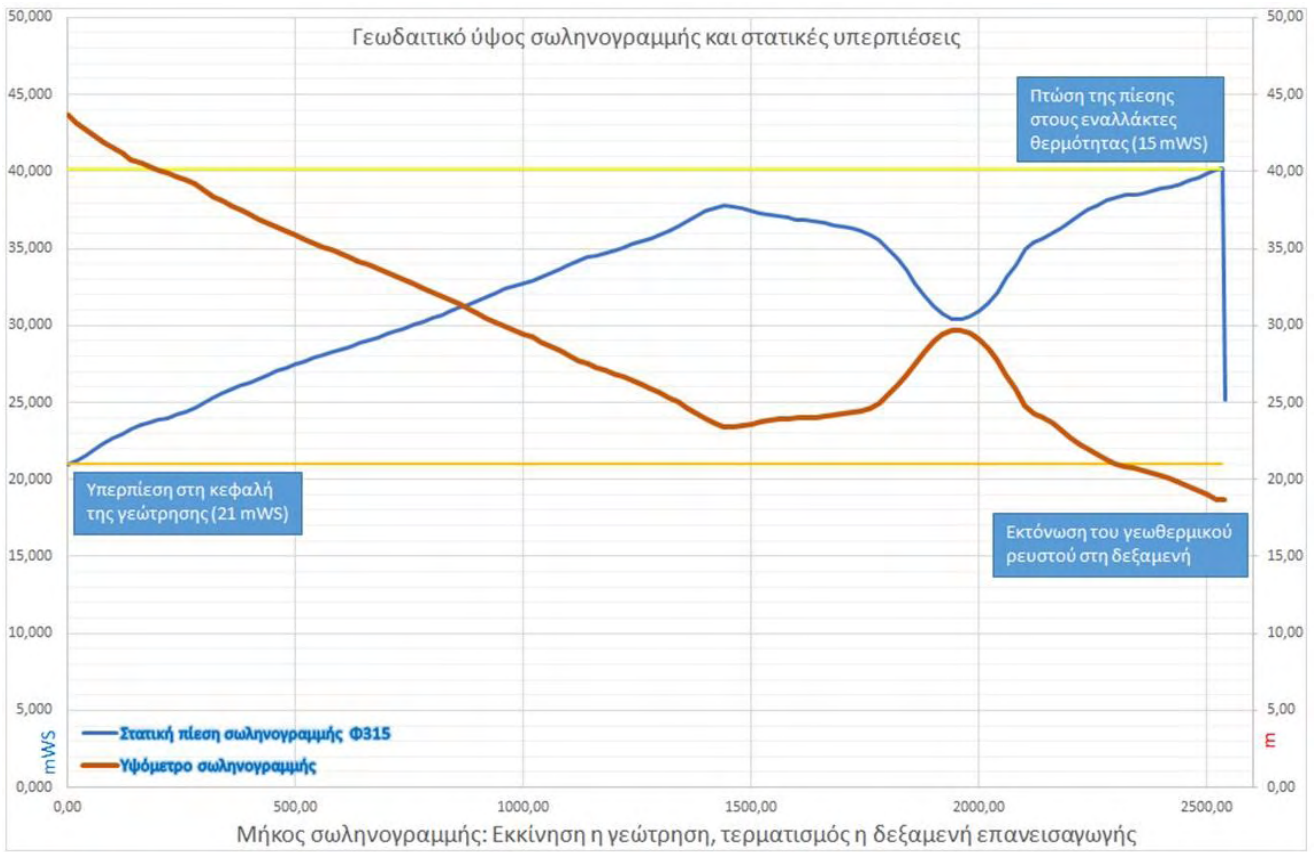
- Με βάση την έκθεση «Μελέτη χημισμού γεωθερμικών ρευστών και συμπεριφορά επιλεγμένων υλικών» που πραγματοποιήθηκε από το ΙΕΤΕΘ/ΕΚΕΤΑ (Επιστημονικός υπεύθυνος Ν. Ανδρίτσος) για την επίλυση του προβλήματος σχηματισμού ανθρακικών επικαθίσεων προτείνεται «*Η άντληση του ρευστού (ή, με άλλα λόγια, ή αύξηση της πίεσης) αποτρέπει την εκτόνωσή του στο τμήμα της γεώτρησης και των σωληνώσεων και την συνακόλουθη αύξηση του pH που οδηγεί στο σχηματισμό επικαθίσεων. Σύγκριση μεταξύ αυτής της μεθόδου και της προσθήκης αναστολέων δεν είναι συνήθως εύκολη. Η άντληση ή όχι του γεωθερμικού ρευστού σε αρκετές περιπτώσεις πάντως υπαγορεύεται από την ανάγκη για μεγαλύτερη παροχή του ρευστού σε σχέση με την αρτεσιανή ροή του, κάτι που μειώνει τόσο το κόστος κεφαλαίου όσο και το λειτουργικό κόστος της μεθόδου. Αναφορικά με την τιμή της πίεσης που θα πρέπει να διατηρείται το σύστημα της παραγωγικής γεώτρησης και των σωληνώσεων μεταφοράς, μία εκτίμηση από αντίστοιχα πεδία της χώρας είναι της τάξης των 3 bar. Αν υπήρχε ποσοτική και ποιοτική ανάλυση της αέριας φάσης που διαχωρίζεται σε κάθε γεώτρηση, θα ήταν δυνατή η εκτίμηση της υπερπίεσης που απαιτείται.*» Στην παρούσα χρονική στιγμή με βάση τα αποτελέσματα από την γεώτρηση ΑΑ-3Π η υπερπίεση 2 bar κρίνεται αρκετή για την αποτροπή της εκρόφησης του διαλυμένου στο γεωθερμικό ρευστό διοξειδίου του άνθρακα (Σημείο φυσαλίδας).
- Το τοπογραφικό διάγραμμα μας δείχνει πως υπάρχει υψομετρική διαφορά 25m αρνητικής κλίσης μεταξύ του σημείου άντλησης του γεωθερμικού ρευστού με τους εναλλάκτες θερμότητας. Για κεντρική σωλήνα μεταφοράς διατομής Φ 315x35,2mm η υπερπίεση δίνεται στο Σχήμα 4.8 συναρτήσει του ύψους της κεντρικής σωλήνωσης.

Το υλικό της σωληνογραμμής είναι το πολυπροπυλένιο SDR-9 το οποίο για την μέγιστη πίεση των περίπου 4 bar και στις θερμοκρασίες που θα εκτεθεί κρίνεται ασφαλές και κατάλληλο [18].

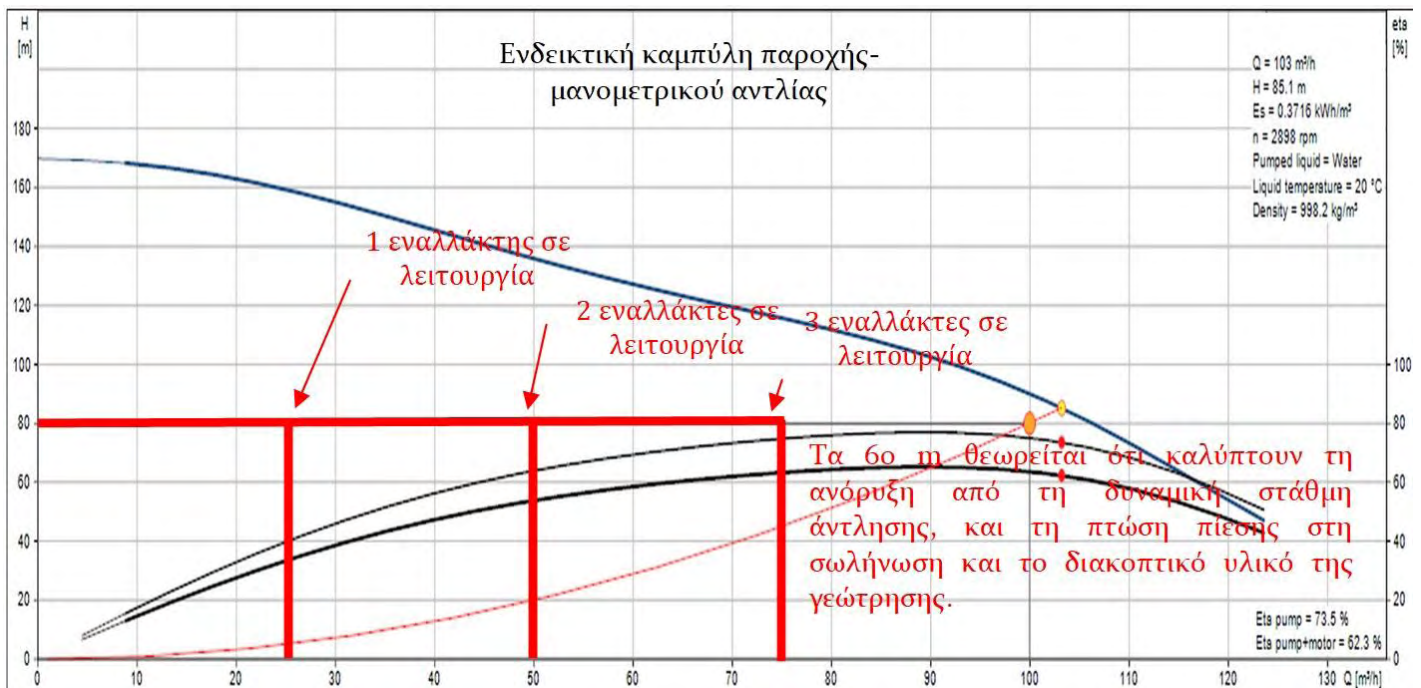
Προς αποφυγήν του φαινομένου άντλησης περίσσειας ποσότητας γεωθερμικού ρευστού η άντληση του ρευστού από τις δύο γεωτρήσεις θα πραγματοποιείται αναλόγως των εναλλακτών θερμότητας που λειτουργούν. Έχοντας υπόψη πως η ονομαστική παροχή κάθε εναλλάκτη θερμότητας είναι 50m³/h οι παροχές θα είναι:

- ❖ 1 Εναλλάκτης θερμότητας ενεργός: παροχή 25m³/h από κάθε γεώτρηση
- ❖ 2 Εναλλάκτες θερμότητας ενεργοί: παροχή 55m³/h από κάθε γεώτρηση
- ❖ 3 Εναλλάκτες θερμότητας ενεργοί: παροχή 75m³/h από κάθε γεώτρηση

Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται και στο Σχήμα 4.9 παρακάτω



Σχήμα 4.8: Γεωδαιτικό ύψος σωληνογραμμής και στατικές υπερπίεσεις [18]



Σχήμα 4.9: Καμπύλη παροχής-μανομετρικού αντλίας [18]

4.7.6 Επανεισαγωγή

Τους εναλλάκτες θερμότητας ακολουθεί η δεξαμενή επανεισαγωγής. Με διαφορετικά δίκτυα το γεωθερμικό ρευστό θα αντλείται στις γεωτρήσεις επανεισαγωγής. Οι αντλίες επανεισαγωγής προτείνουμε να είναι 2 στον αριθμό τους, μια κύρια και η άλλη εφεδρική και να προσφέρουν την δυνατότητα ρύθμισης στροφών καθώς η διαφορά ύψους για την επανεισαγωγή του ρευστού δεν θα είναι γνωστή έως ότου διανοιχθούν οι γεωτρήσεις. Όσον αφορά την δεξαμενή, η στάθμη του ρευστού θα παρακολουθείται με αναλογικό αισθητήρα τύπου υπερήχων ή αγωγιμότητας ενώ προτείνεται να τοποθετηθούν και διακόπτες ασφαλείας στο κατώτερο και ανώτερο επίπεδο στάθμης που κρίνεται ασφαλές.

4.8 Σύστημα ελέγχου τηλεμετρίας και αυτοματισμού

4.8.1 Γενικά

Οι αισθητήρες που θα τοποθετηθούν για να ελέγχουν την κατάσταση του συστήματος θα παράγουν διαρκώς μεγάλο όγκο δεδομένων. Όλα αυτά θα μεταφέρονται στην κεντρική μονάδα διαχείρισης για να συγκριθούν με τις επιθυμητές τιμές και θα δίνονται οι εντολές για αλλαγή ή διατήρηση της παρούσας κατάστασης για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις. Το σύστημα ελέγχου διακρίνεται στα επίπεδα διαχείρισης λειτουργιών, αυτοματισμού των εγκαταστάσεων και των συσκευών πεδίου.

Το επίπεδο διαχείρισης λειτουργιών που θα απαρτίζεται από ένα Η/Υ. Μέσα από αυτόν θα υπάρχει η δυνατότητα διαχείρισης των συστημάτων και στοιχείων του δικτύου για την κάλυψη των αναγκών των χρηστών ανάλογα με τον αριθμό και τις απαιτήσεις τους. Η δυνατότητα αυτή της λειτουργίας εξ αποστάσεως θα δίνει την ευκαιρία μετατροπής οποιουδήποτε υπολογιστή σε κέντρο διαχείρισης με την χρήση κωδικού και όνομα χρήστη.

Το επίπεδο αυτοματισμού των εγκαταστάσεων είναι ένα σύνολο από ελεγκτές που έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν σήματα από τις εγκαταστάσεις και εκτελώντας υπολογισμούς να ρυθμίζουν διάφορες λειτουργίες. Ακόμη θα δίνουν αναφορά για τυχόν σφάλματα και βλάβες που προκύπτουν στο σύστημα.

Οι συσκευές πεδίου είναι ουσιαστικά το σύνολο των αισθητήρων που αναφέραμε νωρίτερα.

4.8.2 Μέθοδος μετάδοσης πληροφοριών

Εξαιτίας της διάταξης του συστήματος είναι απαραίτητη η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των γεωτρήσεων, του θερμικού σταθμού και του δικτύου των καταναλωτών. Η επικοινωνία αυτή θα μπορούσε να είναι ασύρματη ωστόσο προτιμάται η ενσύρματη για τους εξής λόγους:

- Για την τοποθέτηση της καλωδίωσης απαιτείται να σκαφτεί δίκτυο, κάτι τέτοιο όμως θα γίνει έτσι και αλλιώς εξαιτίας της ανάγκης δημιουργίας του

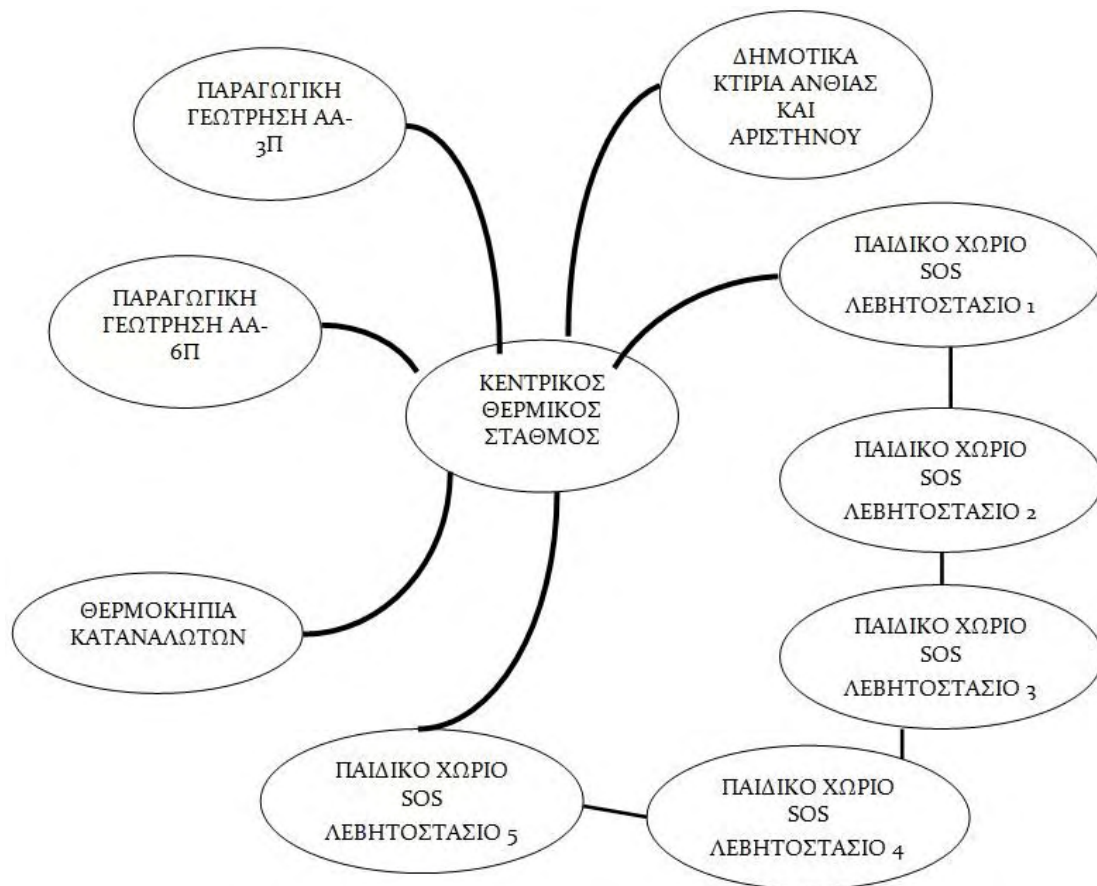
δικτύου των σωληνώσεων. Έτσι στο ίδιο σκάμμα και σε μικρότερο βάθος (περίπου 30cm ψηλότερα από τις σωληνώσεις) θα εγκατασταθούν και οι καλωδιώσεις.

- Δεν θα αντιμετωπίσουμε παρεμβολές σήματος λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων ή μελλοντική ανέγερση κτηρίων στην περιοχή ανάμεσα πομπού και δέκτη.
- Υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια ενάντια σε κακόβουλες ηλεκτρονικές επιθέσεις (hacking) διότι η τροποποίηση των πληροφοριών εξαιτίας του τρόπου μετάδοσής τους είναι σαφώς δυσκολότερη.
- Δεν διατρέχεται τόσο μεγάλος κίνδυνος καταστροφής του εξοπλισμού από βανδαλισμό.
- Εξαλείφεται η ανάγκη παρουσίας κυκλωμάτων ισχύος στα σημεία εγκατάστασης των κεραιών μετάδοσης σήματος.

Για λόγους ευκολίας σύνδεσης πολλών συσκευών και εξαρτημάτων, όγκου δεδομένων καθώς και συμβατότητας μεταξύ διαφορετικού εξοπλισμού επιλέχθηκε να γίνει χρήση δικτύου Ethernet για την μεταφορά δεδομένων [18].

Αναλυτικότερα θα αναπτυχθεί δίκτυο Gigabit Ethernet με βάση πρότυπο IEEE 802.3-2008. Οι ανάγκες του δικτύου στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι να καλύπτει απόσταση μεταφοράς δεδομένων μεγαλύτερη των 2,5km που είναι και η απόσταση μεταξύ της παραγωγικής γεώτρησης AA-3Π και του κεντρικού θερμικού σταθμού. Με βάση αυτά τα κριτήρια επιλέχθηκε το πρότυπο 1000BASE-LX με μήκος κύματος της δέσμης φωτός στα 1310nm ικανό να μεταφέρει δεδομένα έως και 10km στην μονότροπη οπτική ίνα E9/125μm. Το καλώδιο που θα αναπτυχθεί θα αποτελείται από 4 οπτικές ίνες από τις οποίες η πρώτη θα λειτουργεί διαρκώς ενώ η δεύτερη θα εξυπηρετεί περιστασιακά τις ανάγκες για το Παιδικό Χωριό SOS. Οι 3,4 οπτικές ίνες θα εγκατασταθούν ως εφεδρικές για λόγους ασφαλείας και για την δυνατότητα επέκτασης στο μέλλον.

Η διάταξη του δικτύου των οπτικών ινών (Σχήμα 4.10) θα είναι ακτινικό. Το σύνολο των σημάτων (θερμοκήπια, γεωτρήσεις, δημοτικά κτήρια) αποστέλλονται στον χώρο ελέγχου του θερμικού σταθμού. Για να περιοριστεί το κόστος εξαιρούνται από την διάταξη τα λεβητοστάσια (σύνολο 5) του παιδικού χωριού SOS τα οποία θα συνδεθούν σε βρόγχο. Από τον Κεντρικό σταθμό θα υπάρχει μια οπτική ίνα που θα συνδεθεί με το 1^ο λεβητοστάσιο του Παιδικού Χωριού SOS και με την χρήση νέων οπτικών ινών θα συνδεθεί το 1^ο με το 2^ο, 2^ο με 3^ο και ούτω καθεξής. Από το 5^ο λεβητοστάσιο θα αναχωρεί νέα οπτική ίνα για τον θερμικό σταθμό ολοκληρώνοντας τον βρόγχο. Η συνδεσμολογία αυτή διασφαλίζει την επικοινωνία με το λεβητοστάσιο κάθε κτηρίου του Παιδικού Χωριού SOS σε περίπτωση βλάβης σε ένα από αυτά. Ακολουθεί το σχηματικό διάγραμμα της συνδεσμολογίας του δικτύου μονότροπης οπτικής ίνας:



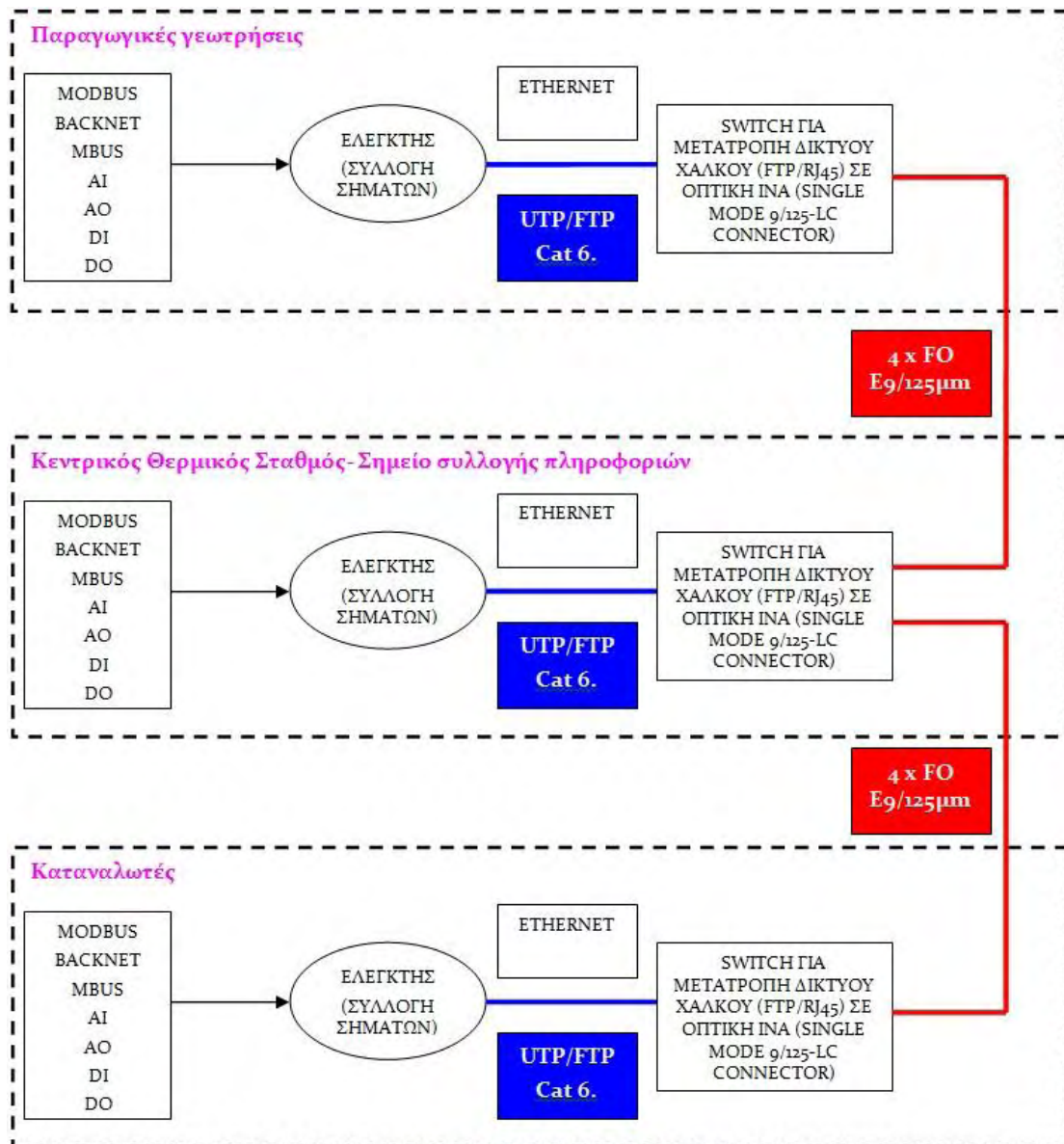
Σχήμα 4.10: Σχηματική απεικόνιση της συνδεσμολογίας του δικτύου ανταλλαγής δεδομένων [18]

Τέλος, τα τοπικά δίκτυα εντός όλων των κτηρίων και του θερμικού σταθμού θα είναι από χαλκό και με την χρήση switches θα μεταφέρονται τα δεδομένα στο δίκτυο των τοπικών ινών.

4.8.3 Δομή τοπικών δικτύων συστήματος

Εντός των τοπικών δικτύων (Σχήμα 4.11) τα στοιχεία (αισθητήρες, μετρητές, αντλίες) θα στέλνουν τα δεδομένα τους στον ελεγκτή ο οποίος θα τα μετατρέπει σε δεδομένα τύπου Ethernet. Μετά τον ελεγκτή ακολουθεί το switch που θα μετατρέψει περαιτέρω το σήμα σε οπτικό και θα το αποστείλει στο κέντρο ελέγχου του κεντρικού θερμικού σταθμού.

Η διάταξη επικοινωνίας του τοπικού δικτύου εμφανίζεται και σχηματικά παρακάτω:



Σχήμα 4.11: Layout τοπικών συστημάτων επικοινωνίας [18]

Ο αυτοματισμός θα είναι εγκατεστημένος σε πίνακες στα τοπικά συστήματα δίνοντας την δυνατότητα των Απομακρυσμένων Κέντρων Ελέγχου. Οι πίνακες αυτοί θα είναι μεταλλικοί με μεγάλο βαθμό προστασίας (IP43) και αντοχή σε κρούση IK08. Τα απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου (ΑΚΕ) δεν θα είναι ίδια σε όλα τα συστήματα αλλά θα μεταβάλλονται ανάλογα με τις τοπικές ανάγκες. Ειδικότερα σύμφωνα με τις απαιτήσεις τα συστήματα αυτοματισμού θα απαρτίζονται από τα εξής:

- Modular controller με οκτώ αναλογικές εισόδους για την λήψη αναλογικών σημάτων (π.χ. από αισθητήρες θερμοκρασίας/πίεσης).
- Modular controller με δώδεκα ψηφιακές εισόδους για την λήψη ψηφιακών σημάτων (π.χ. On/Off switches).
- Modular controller με οκτώ αναλογικές εξόδους για την αποστολή σημάτων

για την αναλογική ρύθμιση εξαρτημάτων (π.χ. παροχή βάνας 60% της μέγιστης δυνατότητας παροχής της).

- Modular controller με 4 ψηφιακές εξόδους για την μετάδοση ψηφιακών σημάτων (On/Off, alert signals κλπ).
- Programmable controller για την διαχείριση του συστήματος στον θερμικό σταθμό. Στον προγραμματιζόμενο αυτό ελεγκτή περιέχεται webserver και χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με τις υπόλοιπες μονάδες αρθρωτής δομής. Θα πρέπει ακόμα να διαθέτει θύρα Ethernet για να συνδεθεί με τα switch στα Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου καθώς και 2 θύρες RS485 για να μπορεί να δεχθεί σήματα ModBUS, PanelBUS και BACnet.
- Μετασχηματιστές απομόνωσης διαρκούς λειτουργίας (Τροφοδοτικά) 230V/24V
- Switch με 2 υποδοχές μονότροπης οπτικής ίνας και 4 υποδοχές Ethernet για το δίκτυο χαλκού σε τοπικό επίπεδο. Το switch πρέπει να μπορεί σε όλους τους υποπίνακες να τοποθετηθεί σε ράγα DIN εσωτερικά του πίνακα, εκτός αυτού του κεντρικού θερμικού σταθμού όπου θα τοποθετηθεί σε κριώμα 19”.

Όλα τα απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου των γεωτρήσεων παραγωγής αποτελούνται από πίνακες αυτοματισμού και τηλεπικοινωνιακά κριώματα εκτός από αυτό του κεντρικού θερμικού σταθμού που θα αναλυθεί παρακάτω.

4.8.4 Κεντρικός Θερμικός Σταθμός

Αποτελεί το σημείο συγκέντρωσης του συνόλου των πληροφοριών του συστήματος. Εντός αυτού θα περιέχεται αυτόνομος πίνακας μέσα στον οποίο θα τοποθετηθούν οι αρθρωτές μονάδες, οι ελεγκτές και τα τροφοδοτικά τους, σε διπλανό κριώμα θα τοποθετηθούν και τα συστήματα τηλεπικοινωνίας (κεντρικός καταναμητής) για την ανταλλαγή δεδομένων με τα ανεξάρτητα κέντρα πληροφοριών του λοιπού δικτύου.

Ο κεντρικός καταναμητής αποτελείται από:

- 1) Οπτικό πάνελ 24 θέσεων για την σύνδεση συνολικά 16 καλωδίων τεσσάρων μονότροπων οπτικών ινών που θα τερματίζουν εκεί από τις παραγωγικές γεωτρήσεις και τους καταναλωτές.
- 2) Switch 24 θέσεων μονότροπης οπτικής ίνας ικανό να επεκταθεί μελλοντικά ως προς τις εισόδους για την σύνδεση με τα switch των ανεξάρτητων κέντρων πληροφοριών.
- 3) Switch 24 θέσεων RJ45 ικανά για το δίκτυο Ethernet 1Gbps για την ανάπτυξη του τοπικού δικτύου στον κεντρικό θερμικό σταθμό συνδέοντας το δίκτυο δεδομένων, τους ελεγκτές του σταθμού και τους θερμιδομετρητές.
- 4) Αν υπάρξει ανάγκη ενδεχομένως να συνδεθεί και τηλεφωνικό κέντρο το

οποίο θα είναι και Voice Over IP.

Το switch (Πολυπλέκτης) του θερμικού σταθμού θα λειτουργεί σαν Master στο συνολικό σύστημα ενώ οι υπόλοιποι πολυπλέκτες των απομακρυσμένων κέντρων ελέγχου θα λειτουργούν ως Slaves.

Στον χώρο των γραφείων του κεντρικού θερμικού σταθμού θα πραγματοποιείται η διαχείριση ολόκληρου του συστήματος αυτοματισμού. Θα περιέχει τον κεντρικό server με το λογισμικό για τις εγκαταστάσεις με την δυνατότητα ελέγχου των τιμών από τους αισθητήρες σε όλα τα τμήματα του έργου αλλά και την δυνατότητα χειρισμών.

Οι λειτουργίες που θα πραγματοποιεί είναι:

- I. Παρουσίαση οποιασδήποτε βλάβης προκύψει με σειρά προτεραιότητας ανάλογα με την σοβαρότητα της κατάστασης.
- II. Δυνατότητα αποστολής αναφοράς σχετικά με τις βλάβες που προκύπτουν μέσω email ή σε κινητά/tablet.
- III. Αυτόματη καταγραφή και αρχειοθέτηση όλων των πληροφοριών από βλάβες, λειτουργίες και χειροκίνητες ενέργειες από τους χειριστές.
- IV. Γραφική απεικόνιση και έλεγχο των εγκαταστάσεων.
- V. Παρουσίαση των δεδομένων από τις διάφορες εγκαταστάσεις με τη μορφή δενδροδιαγράμματος για ευκολότερη περιήγηση.
- VI. Προγραμματισμός εργασιών για την αυτόματη εκτέλεσή τους.
- VII. Δικλείδες ασφαλείας για μη εξουσιοδοτημένο προσωπικό με την ύπαρξη επιπέδων πρόσβασης με κωδικό.
- VIII. Ικανότητα σύνδεσης εξ αποστάσεως με το Κέντρο Διαχείρισης με υποστήριξη για λειτουργίες AutoDial Links, Ethernet TCP/IP WAN, Ethernet TCP/IP LAN, ISDN.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: Δίκτυο Τηλεθέρμανσης-Αναλυτικό διάγραμμα ροής

5.1 Άμεση ή όχι χρήση γεωθερμικού ρευστού

Σε εφαρμογές αυτού του τύπου δεν είναι επιθυμητή η άμεση χρήση του γεωθερμικού ρευστού. Αυτό συμβαίνει λόγω της αύξησης του κινδύνου διάβρωσης του δικτύου καθώς και του κόστους μεταφοράς του ρευστού. Αναμένονται επίσης σε διάφορες περιοχές του δικτύου επικαθίσεις του εδάφους κάνοντας ακόμα πιο επιθυμητή την απομόνωση του τμήματος εκείνου που θα διαρρέεται από το γεωθερμικό ρευστό για λόγους συντήρησης και ελέγχου.

Για τους λόγους αυτούς προτάθηκε η κατασκευή του κεντρικού θερμικού σταθμού έτσι ώστε οι κύριοι εναλλάκτες θερμότητας να μεταφέρουν την ενέργεια από το γεωθερμικό ρευστό σε καθαρό νερό που μεταφέρεται στο κλειστό δίκτυο διανομής [18]. Η εκμετάλλευση της θερμότητας που μεταφέρει το κλειστό δίκτυο από τους καταναλωτές δύναται να γίνει με 2 τρόπους:

- 1) Με απευθείας σύνδεση του καταναλωτή στο δίκτυο. Η επιλογή αυτή διευκολύνει την σύνδεση και προσφέρει την ενέργεια στην ίδια θερμοκρασία που έχει και το δίκτυο. Τα μειονεκτήματα όμως της προσθήκης του δικτύου του χρήστη είναι πως αυξάνεται η ανάγκη να καλυφθεί η πτώση πίεσης στο συνολικό δίκτυο λόγω αύξησης του μεγέθους του. Ταυτόχρονα προκύπτει ο κίνδυνος που μια ενδεχόμενη διαρροή στο δίκτυο εκμετάλλευσης του καταναλωτή να επηρεάσει την συνολική απόδοση είτε η μεταφορά στερεών από τον χρήστη στο κλειστό δίκτυο.
- 2) Με επιπλέον θερμικούς σταθμούς στο δίκτυο του καταναλωτή. Να εγκατασταθεί δηλαδή εναλλάκτης θερμότητας για να μεταφέρει την θερμική ενέργεια του κλειστού δικτύου στο ξεχωριστό τοπικό δίκτυο του κάθε χρήστη. Εξαλείφονται με αυτό τον τρόπο οι κίνδυνοι της προηγούμενης επιλογής μειονεκτεί όμως στο γεγονός ότι θα προκύψει πτώση της θερμοκρασίας στο δίκτυο του καταναλωτή κατά την μεταφορά της ενέργειας και δημιουργείται η εξάρτηση από το ηλεκτρικό δίκτυο καθώς πρέπει να προστεθεί και αντλία για την κυκλοφορία του νερού.

Για το έργο αυτό επιλέχθηκε η δεύτερη εναλλακτική οπότε οι καταναλωτές θα τοποθετήσουν εναλλάκτες θερμότητας που θα τους αποκαλούμε δευτερεύοντες καθώς και αντλίες.

5.2 Μορφές συστημάτων

Αναφορικά με την παροχή θερμική ενέργειας τα συστήματα διανομής χωρίζονται σε μονοσωλήνιο και δισωλήνιο.

Στο μονοσωλήνιο σύστημα η συνολική παροχή του δικτύου διέρχεται από τον χρήστη σχηματίζοντας την ανάγκη για μεγάλο σύστημα καθώς πρέπει να καλύπτεται

σε όλα τα τμήματα η ονομαστική παροχή του δικτύου. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα του είναι πως το ρευστό δεν έχει την ίδια θερμοκρασία σε όλους τους χρήστες. Στον πρώτο είναι υψηλότερη και καθώς την εκμεταλλεύεται αυτή ελαττώνεται. Καταλήγει σε σημείο όπου παρόλο που στην εγκατάσταση ενός χρήστη διαρρέει το σύνολο της παροχής η θερμοκρασία έχει μειωθεί σε σημείο που η μετάδοση φορτίου είναι πολύ μικρή. Έτσι, το μονοσωλήνιο σύστημα μπορεί να δίνει μικρό μήκος σωληνώσεων χρειάζεται όμως μεγάλη διατομή για συστήματα βρόγχου.

Στις περισσότερες περιπτώσεις επωφελούμαστε περισσότερο από δισωλήνιο σύστημα, πράγμα που συμβαίνει και στην συγκεκριμένη εγκατάσταση για αυτό και επιλέχθηκε.

5.3 Διανομή θερμικής ενέργειας

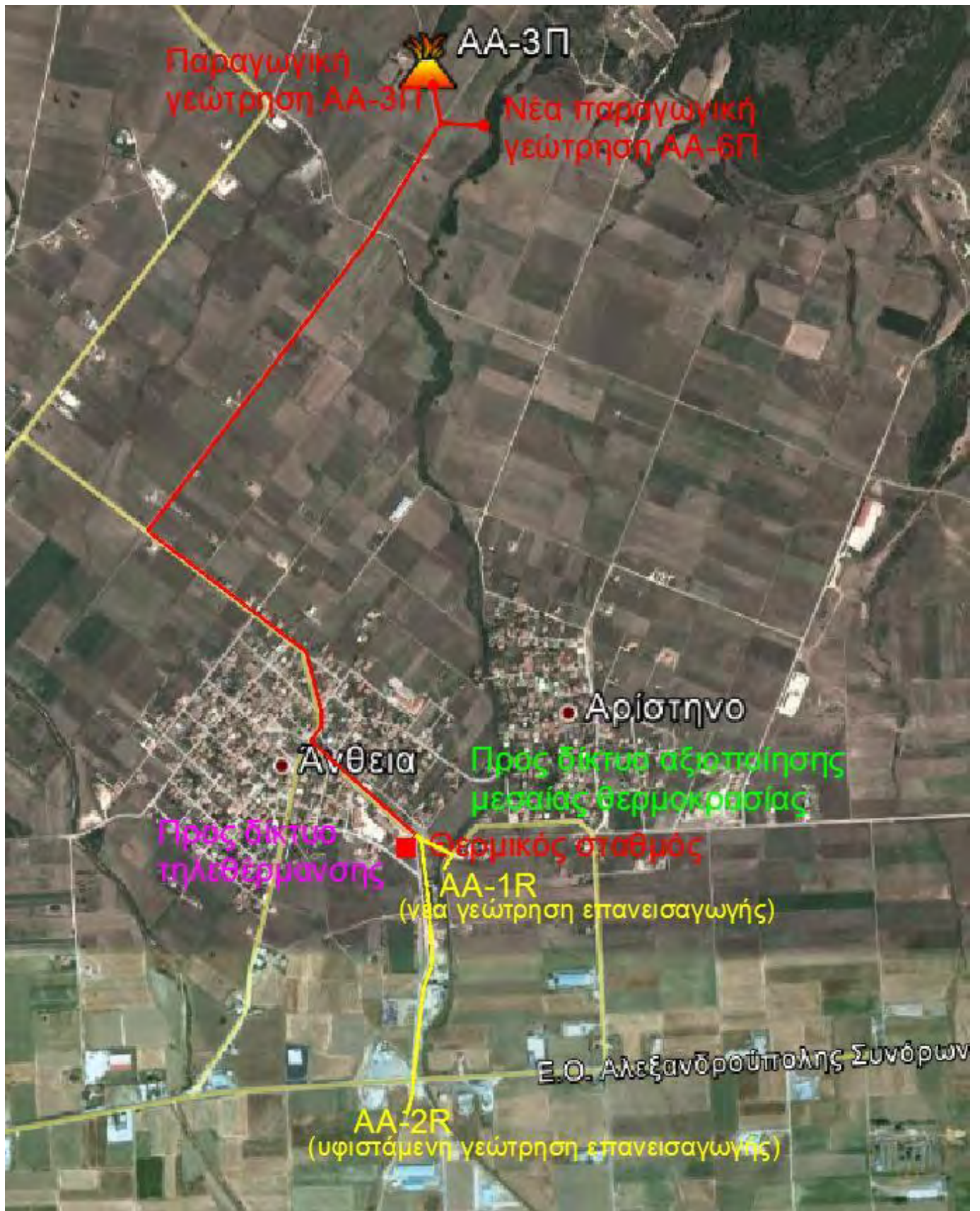
Κατά τον σχεδιασμό του συστήματος που θα παρέχει την θερμική ενέργεια έπρεπε να ληφθούν υπ όψιν τα εξής:

- ❖ Οι παραγωγικές γεωτρήσεις πραγματοποιήθηκαν κεντρικά και βόρεια στο γεωθερμικό πεδίο.
- ❖ Τα θερμοκήπια και οι κτηριακές εγκαταστάσεις είναι κατασκευασμένα κεντρικά και νότια στο πεδίο.
- ❖ Οι γεωτρήσεις επανεισαγωγής βρίσκονται νότια στο πεδίο.
- ❖ Στις κτηριακές εγκαταστάσεις η θερμοκρασία του νερού πρέπει να είναι η μέγιστη δυνατή.

Με βάση τα παραπάνω το σύστημα παροχής διέπεται από τις εξής αρχές [18]:

- ❖ Τα Δημοτικά κτήρια της Άνθειας και του Αρίστηνου κάνουν απαραίτητη την κατασκευή του κεντρικού θερμικού σταθμού όσο το δυνατόν κοντύτερα τους διότι απαιτούν την υψηλότερη θερμοκρασία. Αναμένεται το γεωθερμικό ρευστό να εισέρχεται στον σταθμό στους 89°C και να εξέρχεται από αυτόν στους 70°C.
- ❖ Η αρχική θερμοκρασία παροχής του ρευστού στα θερμοκήπια θα είναι αυτή των 70°C.
- ❖ Το σύνολο του κύριου συστήματος θα περιέχεται στον θερμικό σταθμό (Εναλλάκτες, αντλίες, αυτοματισμοί)
- ❖ Το γεωθερμικό ρευστό θα οδηγείται από τις παραγωγικές γεωτρήσεις στον κεντρικό θερμικό σταθμό με μία μόνο σωλήνα.
- ❖ Το γεωθερμικό ρευστό έπειτα της εκμετάλλευσης του θα κατευθύνεται στην ζώνη επανέγχυσης.

Η εφαρμογή αυτών παρουσιάζεται στο διάγραμμα ροής που ακολουθεί:



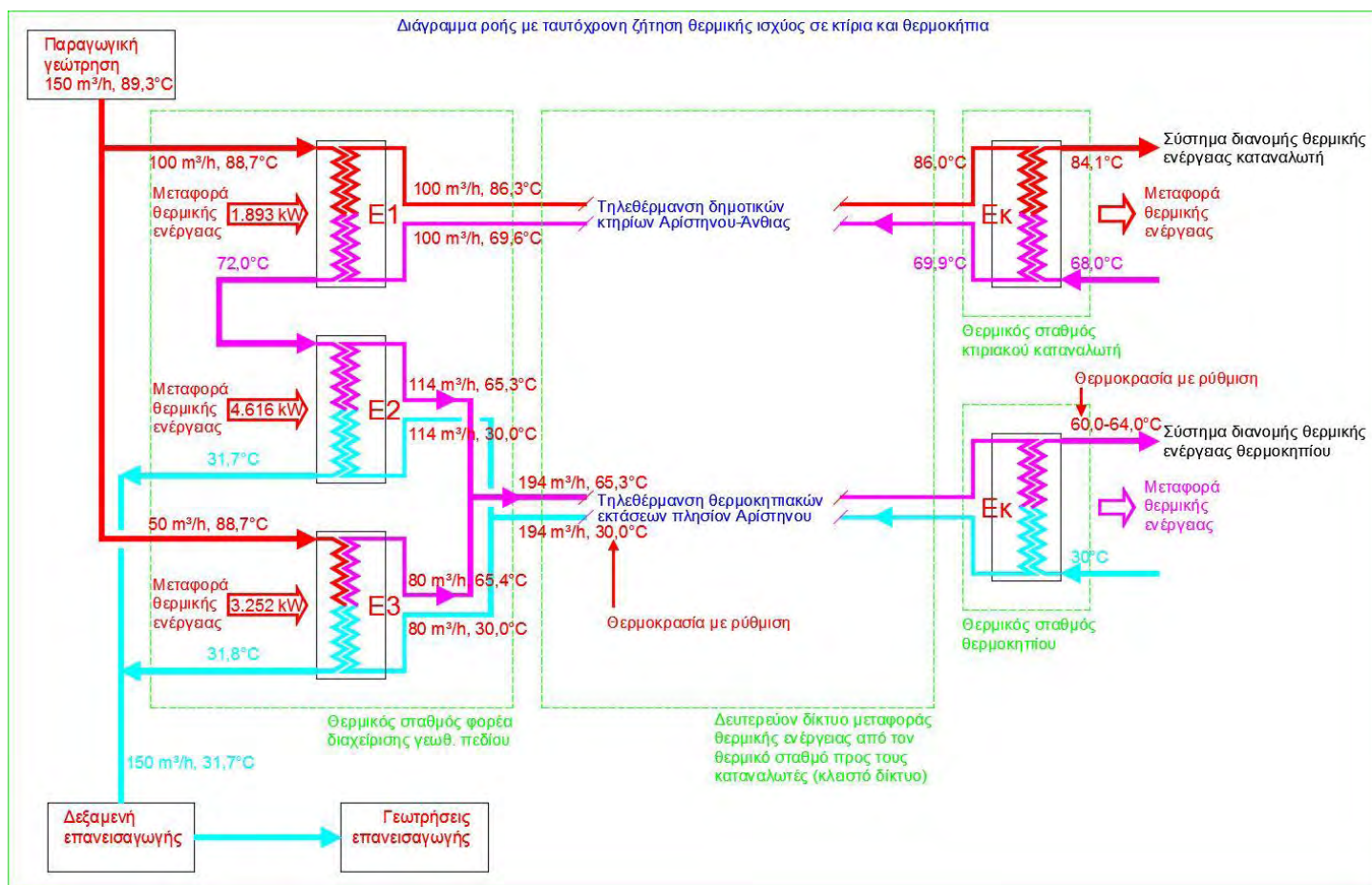
Σχήμα 5.1: Πορεία γεωθερμικού ρευστού από την άντληση έως την επανέγχυσή του [18].

5.4 Βασικό σχέδιο

Το γεγονός ότι η εκμετάλλευση του ρευστού είναι επιθυμητό να γίνει σε 2 διαφορετικά εύρη θερμοκρασίας ($>85^{\circ}\text{C}$ για κτήρια και $55-60^{\circ}\text{C}$ για τα θερμοκήπια) καθιστά βολική την “σε σειρά” εκμετάλλευση του. Αυτό σημαίνει πως το γεωθερμικό ρευστό θα παρέχεται στους εναλλάκτες θερμότητας για την θέρμανση του νερού του δευτερεύοντος δικτύου στους 85°C και στην συνέχεια θα διαρρέει τον επόμενο σε σειρά εναλλάκτη για να θερμάνει το υγρό στους 65°C . Οι παραγωγικές γεωτρήσεις έχουν δυνατότητα παροχής $150\text{m}^3/\text{h}$ ενώ οι παραπάνω εναλλάκτες είναι για παροχή $100\text{m}^3/\text{h}$, άρα θα τοποθετηθεί ένας $3^{\text{ος}}$ εναλλάκτης παράλληλα με τους άλλους δύο για χρήση στις θερμοκηπιακές μονάδες.

Υπό ιδανικές συνθήκες η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού στο τέλος των εναλλακτών υπολογίζεται να έχει πέσει στους 32°C . Οι ιδανικές συνθήκες εκμετάλλευσης προϋποθέτουν την μέγιστη εκμετάλλευση στον τελικό προορισμό του νερού, δηλαδή όταν η θερμοκρασία στην περιοχή των θερμοκηπίων είναι πολύ χαμηλή.

Το Σχήμα 5.2 παρακάτω παρουσιάζει το διάγραμμα ροής της ενέργειας που παίρνουμε από το γεωθερμικό ρευστό όταν η ζήτηση από τα κτήρια και τα θερμοκήπια είναι μέγιστη.



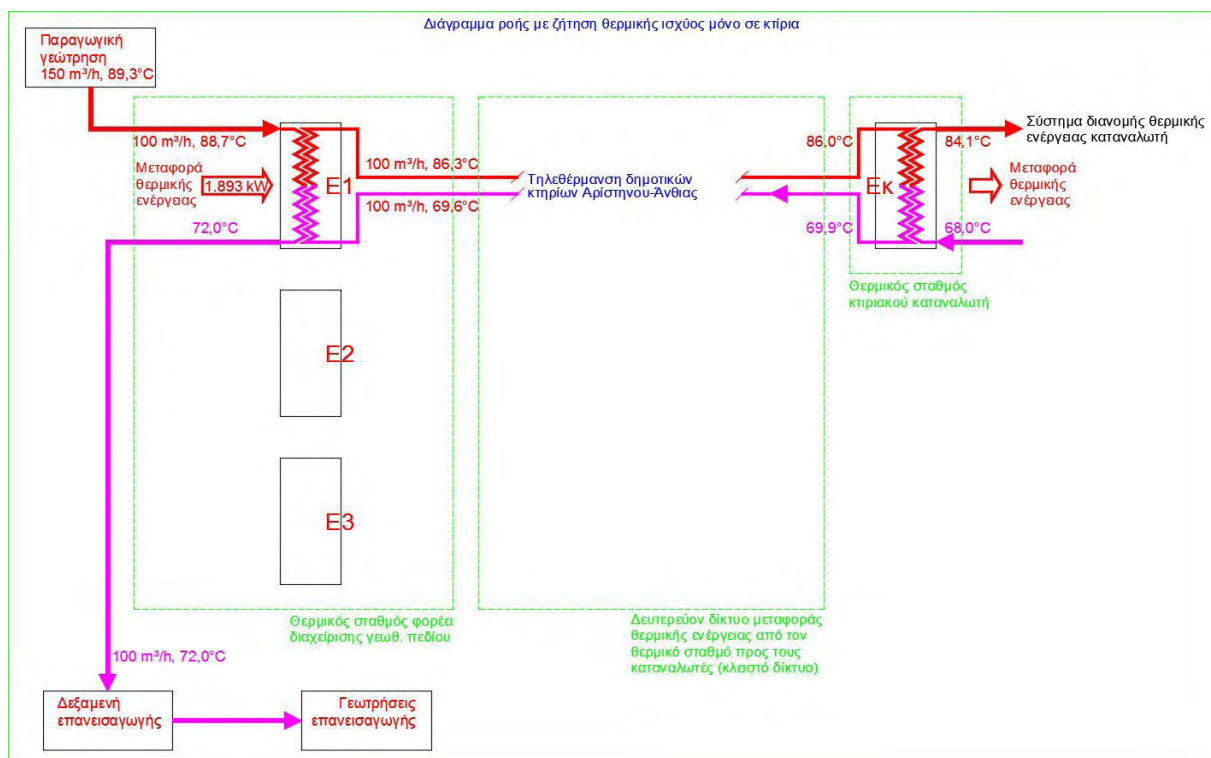
Σχήμα 5.2: Διάγραμμα ροής με ταυτόχρονη ζήτηση θερμικής ισχύος σε κτήρια και θερμοκήπια [18]

Στο Σχήμα 5.2 το αριστερό διακεκομμένο πλαίσιο είναι η διαδρομή του γεωθερμικού ρευστού από την παραγωγική γεώτρηση στον κεντρικό θερμικό σταθμό και η προσωρινή του διέλευση από τη δεξαμενή επανεισαγωγής. Το μεσαίο διακεκομμένο πλαίσιο αφορά τα δύο, ανεξάρτητα μεταξύ τους, δίκτυα τηλεθέρμανσης ενώ το δεξί πλαίσιο αφορά τους θερμικούς σταθμούς των καταναλωτών.

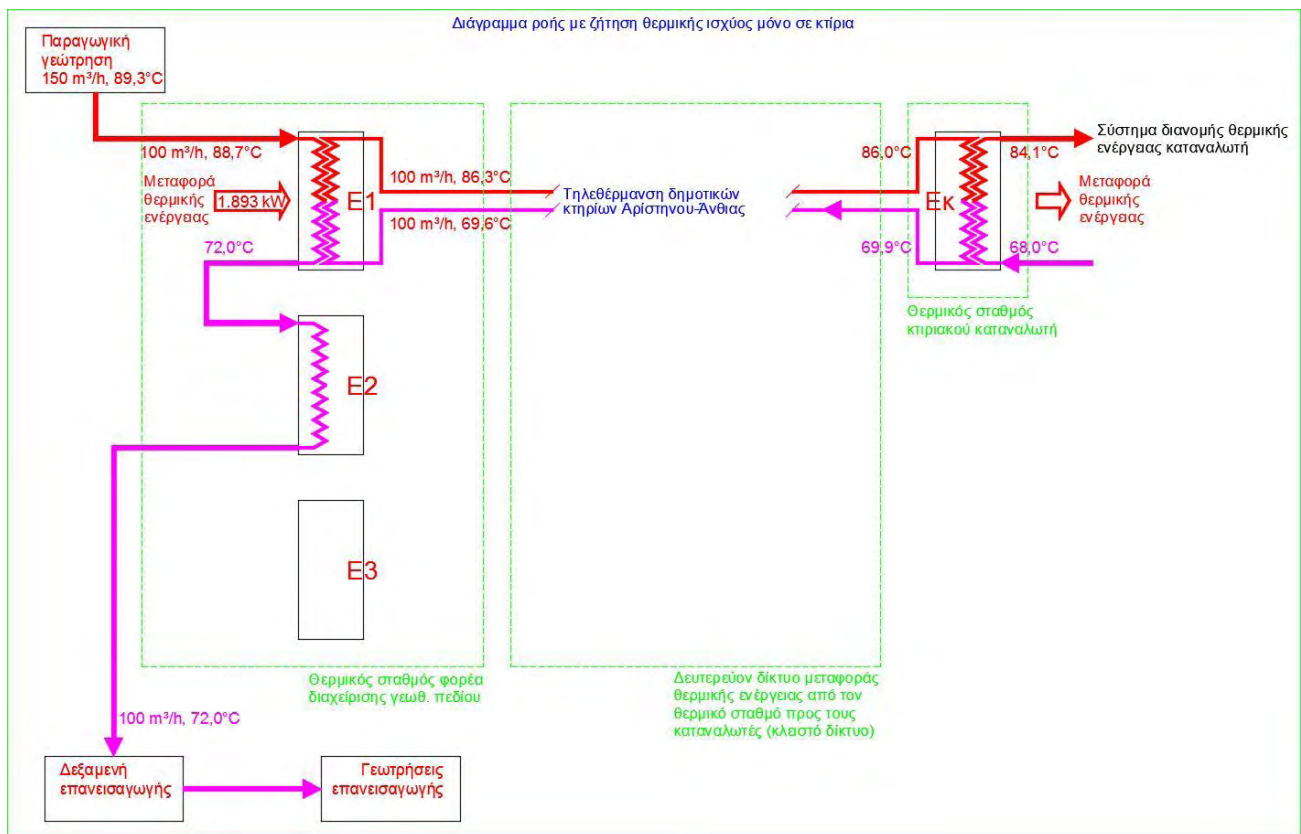
Διάφορες αλλαγές στην ζήτηση θερμικής ενέργειας δημιουργούν μεταβολές στον αναγκαίο εξοπλισμό και μας αναγκάζουν να εξετάσουμε τα επόμενα σενάρια.

5.5 Θερμικές ανάγκες στις κτηριακές εγκαταστάσεις σε συνδυασμό με μηδενική ζήτηση από τα θερμοκήπια

Όταν τα θερμοκήπια δεν καταναλώνουν ενέργεια το σύστημα αυτοματισμού θα οδηγεί το γεωθερμικό ρευστό μόνο στον πρώτο εναλλάκτη θερμότητας. Συγκεκριμένα επειδή βρίσκονται 2 “εν σειρά” εναλλάκτες ο 2^{ος} θα είναι απενεργοποιημένος καθώς αφορά το δίκτυο τηλεθέρμανσης των θερμοκηπίων. Σχεδιαστικά παρουσιάζεται στο σημείο αυτό η δυνατότητα παράκαμψης του 2^{ου} εναλλάκτη ή η διέλευση του ρευστού μέσα από αυτόν ενώ είναι απενεργοποιημένος, και οι δύο εναλλακτικές εξετάζονται στα Σχήματα 5.3, 5.4.



Σχήμα 5.3: Διάγραμμα ροής με ζήτηση θερμική ισχύος μόνο σε κτήρια με παράκαμψη του “σε σειρά” εναλλάκτη θερμότητας νερού-νερού [18]

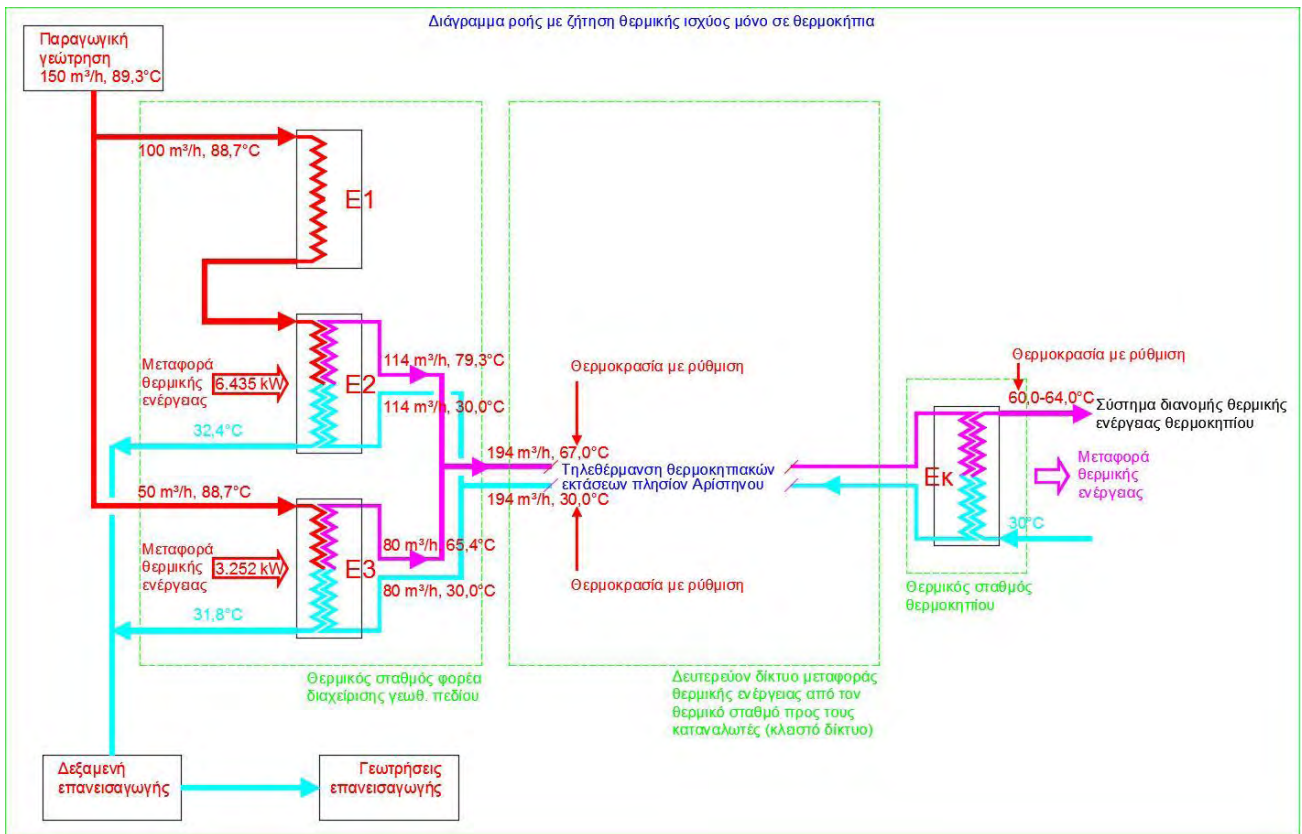


Σχήμα 5.4: Διάγραμμα ροής με ζήτηση θερμική ισχύος μόνο σε κτήρια χωρίς παράκαμψη του “σε σειρά” εναλλάκτη θερμότητας νερού-νερού [18]

Αυτό το σενάριο εκμετάλλευσης μειονεκτεί στο γεγονός ότι η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού κατά την επανέγχυσή του θα είναι 70°C αφήνοντας ανεκμετάλλευτο ένα μεγάλο ποσό ενέργειας [18].

5.6 Θερμικές ανάγκες μόνο στον χώρο των θερμοκηπίων

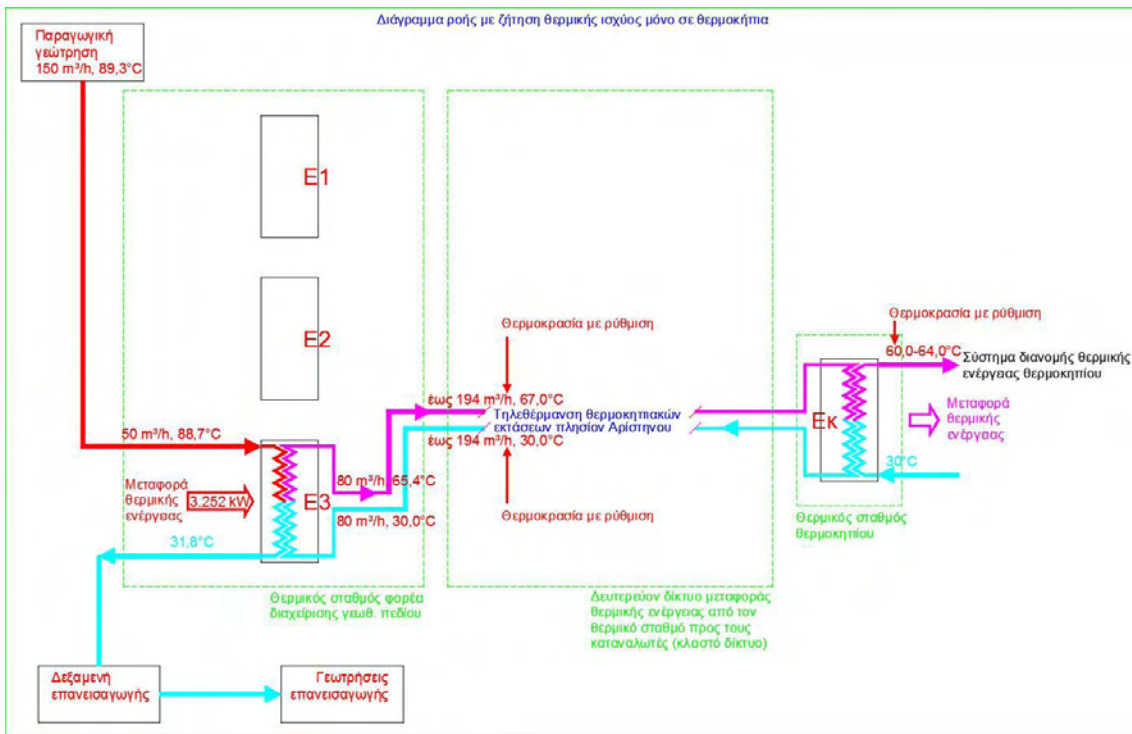
Όταν τα κτήρια δεν καταναλώνουν ενέργεια το σύστημα αυτοματισμού θα οδηγεί το γεωθερμικό ρευστό μόνο στον δεύτερο εναλλάκτη θερμότητας και στον παράλληλο εναλλάκτη. Συγκεκριμένα επειδή βρίσκονται 2 “εν σειρά” εναλλάκτες ο 1^{ος} θα είναι απενεργοποιημένος καθώς αφορά το δίκτυο τηλεθέρμανσης των κτηριακών εγκαταστάσεων.



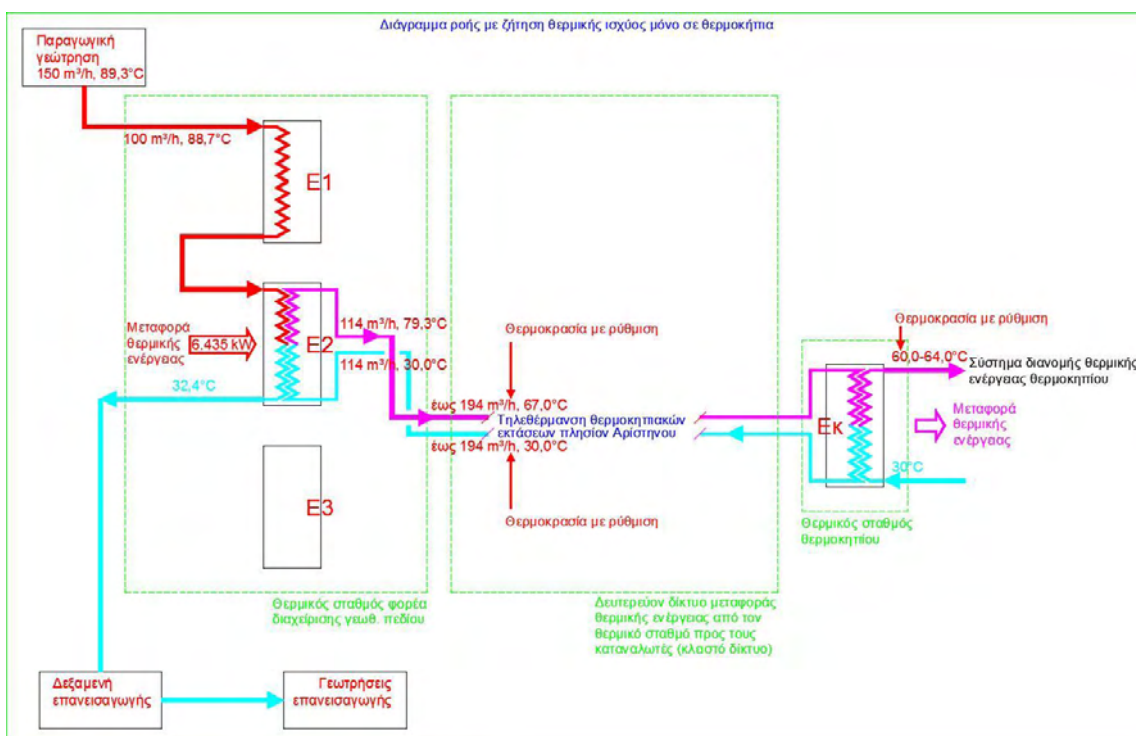
Σχήμα 5.5: Διάγραμμα ροής με ζήτηση θερμικής ισχύος μόνο σε θερμοκήπια [18]

Στην περίπτωση που η ζήτηση των θερμοκηπίων είναι λιγότερη της ονομαστικής υπάρχουν 2 εναλλακτικές για την εκμετάλλευση του γεωθερμικού ρευστού, αυτή του παράλληλου εναλλάκτη ή στον 2^ο από τους “εν σειρά” εναλλάκτες.

Και οι 2 αυτές εναλλακτικές αποτυπώνονται στα παρακάτω διαγράμματα ροής:



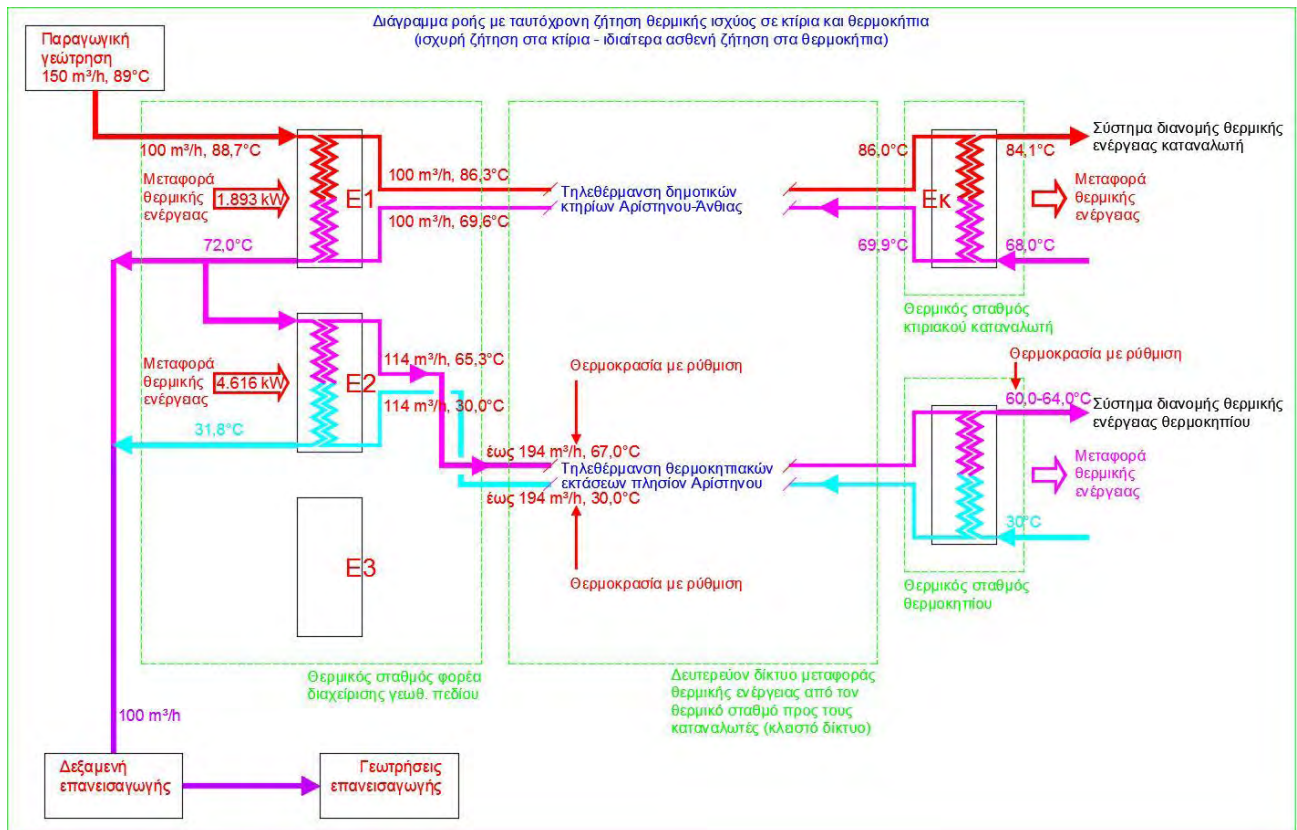
Σχήμα 5.6: Διάγραμμα ροής με ζήτηση μερικής θερμική ισχύος μόνο σε θερμοκήπια και χρήση μόνο του παράλληλου εναλλάκτη θερμότητας νερού-νερού [18]



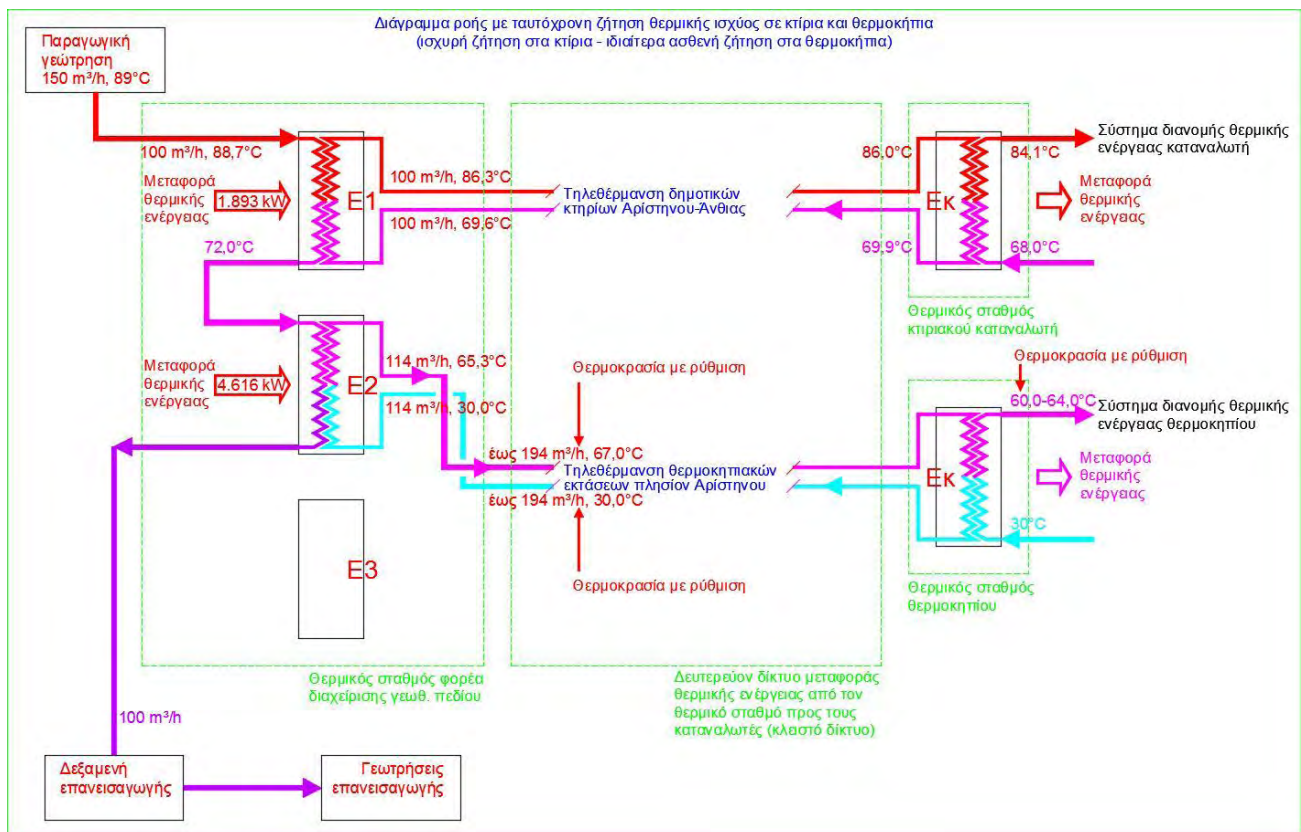
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα ροής με ζήτηση μερικής θερμική ισχύος μόνο σε θερμοκήπια και χρήση μόνο του 2^{ου} από τους ‘εν σειρά’ εναλλάκτη [18]

5.7 Ανάγκη θερμικής ενέργειας στις κτηριακές μονάδες με συνολική παροχή που υπερκαλύπτει την ανάγκη των θερμοκηπίων

Η περίπτωση που οι κτηριακές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν ένα ποσό ενέργεια για το οποίο η παροχή γεωθερμικού ρευστού είναι πολύ μεγάλη συγκριτικά με την ζήτηση από τα θερμοκήπια δίνεται παρακάτω. Υπάρχουν και στην προκειμένη περίπτωση οι εναλλακτικές της μερικής ή καθόλου παράκαμψης του 2^{ου} “εν σειρά” εναλλάκτη θερμότητας νερού-νερού.



Σχήμα 5.8: Διάγραμμα ροής με ισχυρή ζήτηση στα κτήρια και ασθενή στα θερμοκήπια χωρίς παράκαμψη του “εν σειρά” εναλλάκτη [18]



Σχήμα 5.9: Διάγραμμα ροής με ισχυρή ζήτηση στα κτήρια και ασθενή στα θερμοκήπια με μερική παράκαμψη του “εν σειρά” εναλλάκτη [18]

5.8 Δίκτυο πρωτεύοντος κυκλώματος

Αποτελείται από τα τμήματα του δικτύου σωληνώσεων μεταξύ των παραγωγικών γεωτρήσεων και του θερμικού σταθμού καθώς και από τον θερμικό σταθμό έως τις γεωτρήσεις επανεισαγωγής. Η διαδρομή που θα ακολουθήσει η σωληνογραμμή αποτυπώθηκε σε προηγούμενο σχήμα βάση των τοπογραφικών διαγραμμάτων του Δήμου Αλεξανδρούπολης.

5.8.1 Πίεση λειτουργίας

Στην πίεση που αναμένεται να υφίσταται το πρωτεύον δίκτυο (minimum 2bar/maximum 4bar) από την παραγωγική γεώτρηση έως τον θερμικό σταθμό συμβάλουν οι εξής παράγοντες:

- Η διατομή του σωλήνα που θα μεταφέρει το γεωθερμικό ρευστό.
- Η συνολική απόσταση μεταφοράς του έως τους εναλλάκτες θερμότητας νερού-νερού του θερμικού σταθμού.
- Η διατήρηση ενός κατώτατου ορίου πίεσης 2bar στην σωλήνα για την αποφυγή υποχώρησης του εδάφους.
- Η υψομετρική διαφορά της παραγωγικής γεώτρησης με την δεξαμενή επανεισαγωγής, εδώ υπολογίζεται περί τα 25m.

Αντίστοιχα για το τμήμα του δικτύου από τον θερμικό σταθμό έως τις γεωτρήσεις επανεισαγωγής:

- Η διατομή του σωλήνα που θα μεταφέρει το γεωθερμικό ρευστό.
- Η συνολική απόσταση μεταφοράς του από την δεξαμενή επανεισαγωγής έως τις γεωτρήσεις επανεισαγωγής.
- Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των γεωτρήσεων και του θερμικού σταθμού.
- Η απαραίτητη πίεση στην κορυφή της γεώτρησης έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η επανεισαγωγή του γεωθερμικού ρευστού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή θεωρούνται αρκετά τα 4bar πίεσης.

5.8.2 Επιλογή κατάλληλου υλικού σωληνώσεων

Η επιλογή του κατάλληλου υλικού για την σωληνώση που θα χρησιμοποιηθεί στο πρωτεύον δίκτυο αποτελεί την σημαντικότερη και δυσκολότερη απόφαση του έργου. Οι μεγαλύτεροι παράγοντες που παίζουν ρόλο στην επιλογή του είναι η θερμοκρασία του ρευστού και η πίεση του τα οποία σε συνδυασμό με την χημική σύσταση του ρευστού επιταχύνουν την διάβρωση υλικών καθώς και την δημιουργία επικαθίσεων. Ακόμη πρέπει να επιλέξουμε υλικό για το οποίο να έχουν την τεχνογνωσία τα συνεργεία που θα το κατασκευάσουν. Για την επιλογή αυτή μας βοηθά η βιβλιογραφία με πολυάριθμες αναφορές σε υλικά κατασκευής καθώς και την εμπειρία κατά την λειτουργία.

Στο παρελθόν η πλειοψηφία των δικτύων κατασκευαζόταν από σωλήνες με τουλάχιστον 60% αμίαντο λόγω της μεγάλης αντοχής σε πίεση και θερμοκρασία, κάτι τέτοιο πλέον δεν είναι δυνατό εξαιτίας των νόμων περί προστασίας του περιβάλλοντος. Ένα ακόμη υλικό που χρησιμοποιούνταν ευρέως ήταν οι χαλύβδινες σωλήνες (μαύρος χαλυβδοσωλήνας ή γαλβανισμένος) καθώς κατασκευάζονται τυποποιημένα τεμάχια και λόγω της μεγάλης αντοχής τους σε υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες. Ωστόσο οι σωλήνες από μέταλλο παρουσιάζουν έντονα προβλήματα λόγω διάβρωσης τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά η οποία παρόλο την επιλογή παχιού τεμαχίου απλώς καθυστερεί την ανάγκη αντικατάστασης του δικτύου.

Στην παγκόσμια αγορά ένα πολύ χρήσιμο υλικό είναι οι σωλήνες πλαστικού με ενίσχυση από ίνες γυαλιού (Fiber Reinforced Plastic). Εμφανίζει μεγάλη αντοχή σε θερμοκρασία έως 150°C σε συνδυασμό με περιβάλλον υψηλής πίεσης. Δυστυχώς δεν αποτελεί κατάλληλη επιλογή για υπόγεια εγκατάσταση καθώς ο συντελεστής διαστολής του είναι διπλάσιος από αυτό του χάλυβα. Ακόμη, το υλικό είναι ευπαθές όταν σχηματίζονται φυσαλίδες εντός του σωλήνα οι οποίες αν σκάσουν καταστρέφουν τις ίνες του γυαλιού επηρεάζοντας την αντοχή του υλικού. Μεγαλύτερο όμως αρνητικό για την Ελλάδα είναι πως δεν υπάρχει η ικανότητα διαχείρισης του υλικού αυτού καθώς απαιτεί ειδικό χειρισμό.

Η επιλογή του πολυβινυλοχλωρίου (PVC), του πολυαιθυλενίου (PE) ή του χλωριωμένου (PCV) δεν είναι εφικτή καθώς δεν αντέχουν τα πρώτα δύο στην ονομαστική θερμοκρασία και το τρίτο στην απαιτούμενη πίεση. Το δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (PEX) θα αποτελούσε κατάλληλη λύση, όμως δεν διατίθεται σε

αρκετά μεγάλη διατομή.

Η μελέτη που διεξήχθη από το ΕΚΕΤΑ/ΙΕΤΕΘ με τίτλο «Μελέτη χημισμού γεωθερμικών ρευστών και συμπεριφορά επιλεγμένων υλικών» διερευνήθηκε ο χημισμός του γεωθερμικού ρευστού και δόθηκαν τα παρακάτω συμπεράσματα για την επιλογή υλικού σωληνώσεων:

- Ο μαύρος και ο ανοξείδωτος χάλυβας είναι ακατάλληλοι λόγω της διάβρωσης που μπορεί να προκληθεί από τα χλωριόντα του ρευστού.
- Κράματα νικελίου και τιτανίου είναι υπερβολικά ακριβά υλικά
- Οποιοδήποτε κράμα χαλκού μπορεί να διαβρωθεί από το υδρόθειο (H_2S) και την αμμωνία (NH_3) του γεωθερμικού ρευστού.
- Τα FPR προϋποθέτουν μεγάλη εξειδίκευση.

Συμπερασματικά η μελέτη [18] καταλήγει στην επιλογή του μαύρου χάλυβα με πάχος που θα υπερβαίνει αυτό της μελέτης για να υπερκαλύψει ενδεχόμενες βλάβες λόγω διάβρωσης από το γεωθερμικό ρευστό και την παρουσία οξυγόνου από ενδεχόμενη μη πλήρωση του σωλήνα ενώ ταυτόχρονα να επικαλυφθεί εξωτερικά για να προστατευθεί από την διάβρωση του εδάφους.

Η ομάδα του συμβούλου διερεύνησε ένα ακόμη υλικό το πολυπροπυλένιο (PP). Αυτό δεν απαντάται στην βιβλιογραφία ή ακόμη και στην σπάνια αναφορά σε αυτό κρίνεται μη βέλτιστη επιλογή εξαιτίας της υποδεέστερης μηχανικής αντοχής του. Στην τελευταία δεκαετία με την εμφάνιση της 3^{ης} γενιάς του υλικού αυτού υπάρχουν πλεονεκτήματα που το κάνουν πιθανή λύση για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Οι συνθήκες του γεωθερμικού ρευστού του πεδίου ελαττώνουν σημαντικά την διάρκεια ζωής του υλικού. Έπειτα από επικοινωνία με την εταιρία Aquatherm η οποία έχει πατενταρισμένη την πρώτη ύλη Fusiofen PP-R με ενδιάμεση στρώση υαλώδους υλικού έδωσε πιστοποιητικό πως ο σωλήνας Aquatherm Green Pipe SDR9 MF RP υπό της συνθήκες του συγκεκριμένου έργου θα παρουσιάσει διάρκεια ζωής τουλάχιστον 20 έτη.

Τελικά θεωρείται πως το πολυπροπυλένιο είναι το κατάλληλο υλικό για τις υπάρχουσες συνθήκες με τα πλεονεκτήματά του να αναπτύσσονται παρακάτω:

- Δεν παρουσιάζει προβλήματα διάβρωσης τόσο από το ρευστό όσο και από το υπέδαφος.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής για τις συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.
- Για βάθος τοποθέτησης μεγαλύτερο των 0.6m το υλικό διαστέλλεται ακτινικά και όχι γραμμικά, δηλαδή δεν αυξάνεται το συνολικό μήκος της σωληνογραμμής.
- Η ακτινική συστολοδιαστολή εξασφαλίζει ασφάλεια κατά του κινδύνου επικαθίσεων του εδάφους.
- Η εγκατάσταση είναι εύκολη καθώς η τεχνογνωσία υπάρχει και στην Ελλάδα.
- Τα τεμάχια είναι τυποποιημένα και το υλικό έχει μικρό βάρος οπότε ο χρόνος εγκατάστασης και το κόστος είναι μικρά.

Η τεχνική μελέτη του Δήμου Αλεξανδρούπολης προτείνει για τα τμήματα του Πρωτεύοντος αλλά και του Δευτερεύοντος δικτύου:

Τμήμα του δικτύου	Μέγιστη θερμοκρασία μεταφερόμενου ρευστού (μακροχρόνια)	Τύπος προτεινόμενου σωλήνα
Πρωτεύον δίκτυο από παραγωγικές γεωτρήσεις προς θερμικό σταθμό	90°C	Προμονωμένη σωλήνωση πολυπροπυλενίου SDR 6
Πρωτεύον δίκτυο από θερμικό σταθμό προς γεωτρήσεις επανεισαγωγής	40°C	Αμόνωτη σωλήνωση πολυπροπυλενίου SDR 11
Δευτερεύον δίκτυο (κλειστό) διανομής θερμικής ενέργειας προς κτήρια	85°C	Προμονωμένη σωλήνωση πολυπροπυλενίου SDR 7,4
Δευτερεύον δίκτυο (κλειστό) διανομής θερμικής ενέργειας προς θερμοκήπια	65°C	Προμονωμένη σωλήνωση πολυπροπυλενίου SDR 11

Σχήμα 5.10 : Προτάσεις υλικού κατασκευής για τμήματα των δύο δικτύων [18]

Κατά την επιλογή υλικού η μελέτη κρίνει απαραίτητη την προσκόμιση βεβαίωσης διάρκειας ζωής υλικού τουλάχιστον 20 ετών από τον κατασκευαστή.

5.8.3 Πτώση θερμοκρασίας κατά μήκος του σωλήνα

Παρά την πληθώρα τρόπων υπολογισμού της πτώσης της θερμοκρασίας σε θαμμένο σωλήνα η εξίσωση που ακολουθεί σύμφωνα με τον Rafferty [19] δίνει αρκετά ακριβή αποτελέσματα:

$$\frac{Q}{l} = \frac{\frac{\Delta T}{l}}{\frac{1}{2\pi} \left(\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{k_1} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{k_2} + \frac{\ln \frac{r_4}{r_3}}{k_3} + \frac{\ln \left[\frac{D}{r_4} + \left(\frac{D}{r_4} - 1 \right)^{-2} \right]}{k_4} \right)}$$

Όπου:

- Q/l: απώλεια θερμότητας ανά μονάδα μήκους [W/m]
- ΔT: διαφορά θερμοκρασίας ρευστού- χώματος [K]
- r₁: εσωτερική διάμετρος σωλήνα [m]
- r₂: εξωτερική διάμετρος σωλήνα [m]
- r₃: εσωτερική διάμετρος προστατευτικού jacket [m]
- r₄: εξωτερική διάμετρος προστατευτικού jacket [m]
- D: βάθος μετρημένο από το κέντρο του σωλήνα [m]
- k₁: αγωγιμότητα σωλήνα [W/m K]
- k₂: αγωγιμότητα μόνωσης [W/m K]
- k₃: αγωγιμότητα jacket [W/m K]

k_4 : αγωγιμότητα χώματος [W/m K]

Αντίστοιχα η πτώση της θερμοκρασίας δίνεται από τη σχέση:

$$\delta T = \frac{q \cdot 3,6}{F \cdot \rho \cdot C_p}$$

Όπου:

δT : η πτώση της θερμοκρασίας για το μήκος του αγωγού

q : απώλεια θερμότητας [W]

F : παροχή [m^3/h]

ρ : πυκνότητα νερού [kg/m^3]

C_p : ειδική θερμοχωρητικότητα νερού [kJ/kg K]

Με εφαρμογή των παραπάνω τύπων και για τα χαρακτηριστικά του σωλήνα Aquatherm Green Pipe MF SDR 9 Ti με προμονωμένα τεμάχια παίρνουμε τα αποτελέσματα:

Δεδομένα			
T_{soil}	5	°C	Θερμοκρασία χώματος
T_{fluid}	90	°C	Θερμοκρασία μέσου
r_1	0,1223	m	Εσωτερική διάμετρος σωλήνα
r_2	0,1575	m	Εξωτερική διάμετρος σωλήνα
r_3	0,2180	m	Εσωτερική διάμετρος jacket
r_4	0,2250	m	Εξωτερική διάμετρος jacket
d	1	m	Βάθος από κέντρο σωλήνα
k_1	0,15	W/mK	Αγωγιμότητα σωλήνα
k_2	0,03	W/mK	Αγωγιμότητα μόνωσης
k_3	0,38	W/mK	Αγωγιμότητα Jacket
k_4	1,5	W/mK	Αγωγιμότητα χώματος
L	2.520,00	m	Μήκος Αγωγού
F	150,00	m ³ /h	Παροχή
ρ	965,31	kg/m ³	Πυκνότητα (90 °C)
C_p	4,206	kJ/kgK	Ειδική θερμοχωρητικότητα (90 °C)
Αποτελέσματα			
Q/L	39,22	W/m	Απώλεια θερμότητας ανά μονάδα μήκους
Q	98.822,01	W	Απώλεια θερμότητας
ΔT	0,58	°C	Πτώση θερμοκρασίας

Σχήμα 5.11 : Αποτελέσματα υπολογισμών σχέσεων [18]

Επομένως η συνολική απώλεια των 0.58°C στα 2520m θεωρείται αμελητέα και δεν επηρεάζει τον ενεργειακό σχεδιασμό του έργου.

5.8.4 Τρόπος Όδευσης

Παρόλο που για την κάθε γεώτρηση υπάρχει μια σωληνογραμμή, οι δυο αυτές σωλήνες θα συναντιούνται σε φρεάτιο για την ένωσή τους από το οποίο και έπειτα θα κατευθύνεται μονάχα μία ενιαία σωληνογραμμή για τον θερμικό σταθμό. Η σωλήνα θα εγκατασταθεί εντός τάφρου υπό τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Πριν την εγκατάσταση των σωληνώσεων και πάνω από αυτές θα τοποθετηθεί στον λάκκο στρώμα άμμου βάθους 0.1m.
- Για διατομή άνω του Φ200 η απόσταση των σωλήνων οφείλει να υπερβαίνει τα 0.25m.
- Θα σημανθεί η τοποθεσία κάτω από την οποία διέρχεται ο αυτοματισμός.

Εφόσον η επιλογή του υλικού κατασκευής είναι το πολυπροπυλένιο που αναλύσαμε παραπάνω η χρήση στοιχείων διαστολής κρίνεται μη απαραίτητη.

Ο τρόπος σύνδεσης των σωλήνων είναι με θερμική αυτόσυγκόλληση για την επίτευξη μέγιστης στεγανοποίησης.

Τέλος, για τον ευκολότερο καθαρισμό, συντήρηση και ταχύτερο εντοπισμό βλάβης του πρωτεύοντος δικτύου προβλέπεται η εγκατάσταση φρεατίων κάθε 200m με στόμια καθαρισμού και εξαγωγό αερίων όμοιο με αυτό των παραγωγικών γεωτρήσεων για την αφαίρεση του αέρα.

5.9 Δευτερεύον (κλειστό) δίκτυο

5.9.1 Επιλογή υλικού

Το δευτερεύον δίκτυο διανομής είναι οι σωληνώσεις εκείνες που καλύπτουν την απόσταση από τον κεντρικό θερμικό σταθμό έως τους θερμικούς σταθμούς των καταναλωτών, αποτελεί ουσιαστικά ένα δίκτυο τηλεθέρμανσης. Το υγρό που θα διαρρέει το δίκτυο είναι καθαρό νερό δίνοντας την δυνατότητα για κατασκευή κλειστού δικτύου καθώς δεν διατρέχεται ο κίνδυνος διάβρωσης που συναντάμε στο πρωτεύον δίκτυο. Αναλύσαμε προηγουμένως, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα ροής, πως το σύστημα που προτιμήθηκε είναι το δισωλήνιο (2 ξεχωριστές σωληνογραμμές για πρόσληψη και επιστροφή του ρευστού) ενώ ο αριθμός των δικτύων θα είναι συνολικά τρία εκ των οποίων τα δύο θα εξυπηρετούν τις ανάγκες των κτηρίων και το τρίτο αυτές των θερμοκηπίων [18]. Στα δύο δίκτυα των κτηρίων το νερό θα προσεγγίζει τους θερμικούς σταθμούς στους 85°C και θα φεύγει στους 70°C, αντίστοιχα στα θερμοκήπια θα φτάνει στους 65°C και μετά την εκμετάλλευση του θα επιστρέφεται στους 30°C.

Για την επιλογή του υλικού κατασκευής του δευτερεύοντος δικτύου η διαδικασία επιλογής ήταν η ίδια με αυτή του πρωτεύοντος δικτύου. Εφόσον ο κίνδυνος διάβρωσης είναι πολύ μικρότερος εξαιτίας του χημισμού του νερού στην προκειμένη περίπτωση η επιλογή του προμονωμένου μολυβδοσωλήνα έχει μεγαλύτερο νόημα, παρόλα αυτά είναι ευπαθές σε εισροή αέρα καθώς και λόγω εδάφους εξωτερικά μπορεί να διαβρωθεί. Παρόλο που τα δίκτυα τηλεθέρμανσης σε Αμύνταιο, Πτολεμαΐδα και Κοζάνη χρησιμοποιούν το υλικό αυτό σε ένα μεγάλο βαθμό συμβαίνει εξαιτίας της υψηλότερης θερμοκρασίας του ρευστού εντός της σωληνογραμμής (περίπου 130°C). Στην εγκατάσταση αυτή μπορούμε να εξετάσουμε και άλλες επιλογές όπως άνωθεν. Τα υλικά PVC και PE δεν αποτελούν κατάλληλη επιλογή εξαιτίας της θερμοκρασίας που πλησιάζει τους 86°C.

Άρα η λύση που προτάθηκε και για το δευτερεύον δίκτυο είναι ο προμονωμένος σωλήνας πολυπροπυλενίου τρίτης γενιάς ομοίως με το πρωτεύον δίκτυο.

5.9.2 Τρόπος όδευσης

Το κλειστό δίκτυο είναι το σύνολο της σωληνογραμμής από τον κεντρικό θερμικό σταθμό έως τους θερμικούς σταθμούς των καταναλωτών. Ο λόγος του διαχωρισμού του δικτύου σε τρεις γραμμές είναι πέραν της αγροτικής ή κτηριακής χρήσης τοπογραφικός καθώς η μια σωληνογραμμή θα καλύπτει τις ανάγκες των κτηρίων της Άνθειας, η άλλη του Παιδικού Χωριού SOS και του Δημοτικού σχολείου Αρίστηνου ενώ η τελευταία είναι για τα θερμοκήπια.

Οι σωληνώσεις θα τοποθετηθούν σε τάφρο με ακριβώς τον ίδιο τρόπο με του πρωτεύοντος δικτύου με μόνη διαφορά πως ο αριθμός των σωλήνων θα είναι δύο και θα τοποθετηθούν με απόσταση 25cm. Οι θερμικοί σταθμοί θα τοποθετηθούν σε παράλληλη σύνδεση μεταξύ τους και με το δίκτυο θα τους χωρίζει διακοπτικό υλικό μέσω φρεατίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: Συμπεράσματα

Η γεωθερμία αποτελεί μια αξιόλογη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να συνεισφέρει τοπικά στις περιοχές που απαντώνται γεωθερμικά πεδία. Δυστυχώς το γεωθερμικό ρευστό δεν μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλη απόσταση, ενώ το νερό που θερμαίνεται στους εναλλάκτες θερμότητας μπορεί σε απόσταση μόλις μερικών χιλιομέτρων. Αυτό σημαίνει πως η ανάπτυξη του έργου εκμετάλλευσης περιορίζεται στην τοποθεσία που τυχαίνει να βρίσκεται το γεωθερμικό πεδίο.

Μια τέτοια προσπάθεια πραγματοποιείται και από τον Δήμο Αλεξανδρούπολης στο βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο του Αρίστηνου. Οι εφαρμογές που επιθυμούνται κατά την εκμετάλλευση του γεωθερμικού πεδίου αφορούν την θέρμανση 11 Δημοτικών κτηρίων στις περιοχές Αρίστηνου και Άνθειας, όλων των κτηρίων των Παιδικών Χωριών SOS καθώς και για την θέρμανση θερμοκηπιακών μονάδων συνολικής έκτασης 40 με 50 στρεμμάτων. Εκδηλώθηκε ενδιαφέρον για μελλοντική σύνδεση στο δίκτυο και καταναλωτών μέσω εγκατάστασης συστήματος στις κατοικίες τους, όμοιο με αυτό του κεντρικού θερμικού σταθμού, με το οποίο θα παραλαμβάνουν την θερμική ενέργεια από το δευτερεύον δίκτυο.

Ωστόσο, η επιλογή του Δήμου Αλεξανδρούπολης για την μεταφορά του γεωθερμικού ρευστού από τις παραγωγικές γεωτρήσεις στον κεντρικό θερμικό σταθμό και έπειτα στις γεωτρήσεις επανεισαγωγής με συνολική απόσταση 2,5 χιλιομέτρων αποτελεί πρακτική που δεν εφαρμόζεται πουθενά αλλού. Συνήθως μεταφέρεται, αν υπάρχει η ανάγκη, μονάχα το ζεστό νερό που προκύπτει από την εκμετάλλευση του γεωθερμικού ρευστού. Αυτό γίνεται διότι σε περίπτωση διαρροής του δικτύου εξαιτίας κάποιου εργατικού ατυχήματος (π.χ. εκσκαφή ή κατά την εκτέλεση αγροτικών εργασιών στην περιοχή) το γεωθερμικό ρευστό όντας υφάλμυρο και στην θερμοκρασία των 90°C είναι επικίνδυνο. Πέραν αυτού, εξαιτίας του χημισμού του γεωθερμικού ρευστού και της θερμοκρασίας του η αύξηση της απόστασης μεταφοράς του αυξάνει τον κίνδυνο απόφραξης του πρωτεύοντος δικτύου.

Συμπερασματικά, η απόσταση μεταξύ του κεντρικού θερμικού σταθμού, των παραγωγικών γεωτρήσεων και των γεωτρήσεων επανεισαγωγής όφειλε να είναι σημαντικά μικρότερη. Αυτή η αναδιάταξη του πρωτεύοντος δικτύου θα σήμανε και την αύξηση του συνολικού μήκους του δευτερεύοντος δικτύου για την κάλυψη των αναγκών της περιοχής. Αποτέλεσμα όμως επιθυμητό καθώς το θερμό νερό είναι σαφώς ευκολότερο να μεταφερθεί.

Βιβλιογραφία

- [1] C3S, 2019. European State of the Climate in 2018-Surface temperature, (Copernicus Climate Change Service), (<https://climate.copernicus.eu/surface-temperature>)
- [2] European Environment Agency, (2019), Global and European temperature, (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/global-and-european-temperature-9/assessment#tab-see-also>)
- [3] Θ. Ευθυμίου, Ε. Φανάρα, Γ. Βρέλλης, Ε. Σπυρίδωνος & Α. Αρβανίτης (2009), Τελική Μελέτη Γεωθερμικού πεδίου ΡΙΖΑΣ ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, (http://www.igme.gr/Erga/GKPS/10/10_9_%CE%95%CE%A1%CE%95%CE%A5%CE%9D%CE%91_%CE%93%CE%95%CE%A9%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%A5_%CE%A0%CE%95%CE%94%CE%99%CE%9F%CE%A5_%CE%A1%CE%99%CE%96%CE%91%CE%A3_%CE%91%CE%9D%CE%A4%CE%99%CE%A1%CE%99%CE%9F%CE%A5.pdf)
- [4] Ν. Ανδρίτσος, Μ. Φυτίκας, Ρ. Δρακούλης, Γεωθερμία και Τυποποίηση, Δήμερο Συμπόσιο για την Τυποποίηση, ΤΕΕ, 27-28 Νοεμβρίου, 2008, Αθήνα
- [5] Sanner, B. (2011). *Chances for and barriers to Ground Source Heat Pump applications in Germany*
- [6] Lindal, B., 1973. *Industrial and other Application of Geothermal Energy*. In: Armstead, H.C.H., *Geothermal Energy*, UNESCO, Paris, pp.135-148.
- [7] <https://www.geoexchange.org/geothermal-101/>
- [8] <http://www.sdsenerji.com.tr/en/termal-seracilik.php>
- [9] Enrico Barbier, Mario Fanelli, (1977), *Non-electrical uses of geothermal energy*, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 3, Issue 2, Pages 73-103
- [10] Lúdvik S. Georgsson and Guðmundur Ó. Fridleifsson, (1996), High Technology in geothermal fish farming at Silfurstjarnan LTD., NE-ICELAND, GHC BULLETIN, National Energy Authority, Reykjavik, Iceland
- [11] John W Lund, Derek H Freeston, (2001), *World-wide direct uses of geothermal energy*, Geothermics, Volume 30, Issue 1, Pages 29-68
- [12] Πασχάλης Δαλαμπάκης, Ανδρέας Ηλίας, Ανδρέας Παναγόπουλος, Νίκος Κουκουράβας, (2014), *Αξιοποίηση του γεωθερμικού πεδίου Αρίστηνου Αλεξανδρούπολης. Κατασκευή γεωτρήσεων παραγωγής και επανεισαγωγής και δικτύων μεταφοράς και διανομής γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας*, Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- [13] Glenn Meyers, (2016), *Geothermal Energy Advantages and Disadvantages*, (<https://planetsave.com/2016/02/11/geothermal-energy-advantages-and-disadvantages/>)
- [14] Nikos Andritsos, Maria Papachristou, Apostolos Arvanitis, Dimitrios Mendrinou, Paschalis Dalabakis, Constantine Karytsas, *Geothermal Energy Use, Country Update for Greece (2016-2019)*, Den Haag, The Netherlands, 11-14 June 2019, (<http://europeangeothermalcongress.eu/wp-content/uploads/2019/07/CUR-13-Greece.pdf>)
- [15] Γ. Η. ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΗ, (2010), *Έκθεση διαχρονικής παρακολούθησης γεωθερμικών πεδίων*, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, (http://www.igme.gr/Erga/GKPS/10/10_2_%CE%9C%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%A4%CE%97_%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A7%CE%A1%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%97%CE%A3_%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%9F%CE%9B%CE%9F%CE%A5%CE%98%CE%97%CE%A3%CE%97%CE%A3_%CE%93%CE)

[E%95%CE%A9%CE%98_%CE%A0%CE%95%CE%94%CE%99%CE%A9%CE%9D_2010.pdf](#)), σελ 7

[16] Ν. Κολιός, Α. Αρβανίτης, Σ. Κουτσίνογος, (2009), *Διερεύνηση της δυνατότητας ηλεκτροπαραγωγής από γεωθερμικά ρευστά μέσω θερμοκρασιών σε Μακεδονία και Θράκη (Βόρεια Ελλάδα)*, Conference: Διεθνές Forum «Η Γεωθερμική Ενέργεια στο Προσκήνιο», (https://www.researchgate.net/publication/328687564_Diereunese_tes_dynatotetas_elektroparagoges_apo_geothermika_reusta_meson_thermokrasion_se_Makedonia_kai_Thrake_Boreia_Ellada Investigation of possibility for power generation from medium temperature g)

[17] Ανθούλα Κ. Οικονόμου, (2012), *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας-Η περίπτωση της γεωθερμίας*, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

[18] Ιωάννης Χρυσόπουλος, Δημήτριος Κασκαμπάνης, Θεόδωρος Γιοβανάκης, Σβιντρίδης Μιχαήλ, (2017), *Αξιοποίηση τμήματος του γεωθερμικού πεδίου Αρίστηνου "Κατασκευή θερμικού σταθμού και δικτύων τηλεθέρμανσης αγροτικών θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων και κτηρίων"*, Τεχνική Περιγραφή Δήμου Αλεξανδρούπολης

[19] Kevin D. Rafferty, Chapter 10-Piping, *Geothermal Direct Use Engineering and Design Guidebook*, Pad J. Emu, Ben C. Lunis, 1991