



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Master Thesis

«Αξιοποίηση ιαματικών πηγών για τουρισμό και γεωθερμία με όρους προστασίας του περιβάλλοντος & αειφορίας: η περίπτωση της Ικαρίας».

«Utilization of thermal springs for tourism and geothermal with conditions environmental protection & sustainability: the case of Ikaria».

«Βασιλεία» «Σπέη» / «Vasileia» «Spei»

A.M. / R.N. : «20286»

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. «2022072»

Αθήνα, 2022
Athens, October 2022



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Master Thesis

« Τίτλος: Αξιοποίηση ιαματικών πηγών για τουρισμό και γεωθερμία με όρους προστασίας του περιβάλλοντος & αειφορίας: η περίπτωση της Ικαρίας».

« Utilization of thermal springs for tourism and geothermal with conditions environmental protection & sustainability: the case of Ikaria».

«Βασιλεία» «Σπέη» / «Vasileia» «Spei»

A.M. / R.N. : «20286»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. «Επιβλέπων_1ο_Μέλος Λόζιος Στέλιος»,
«Αναπλ. Καθηγ. ΕΚΠΑ»

Δρ. «Μ_2ο_Μέλος_Τριμελούς Σκούρτσος Εμμανουήλ »,
«Επικ. Καθηγ. ΕΚΠΑ»

Δρ. «Μ_3ο_Μέλος_Τριμελούς Σούκης Κωνσταντίνος»,
«Επικ. Καθηγ. ΕΚΠΑ»

«Διδάσκων Αντωνιάδης Κωνσταντίνος»
«Ανώτερος Ερευνητής, Συνήγορος του Πολίτη,
Μονάδα Επιθεώρησης & Ελέγχου Υπουργείο
Κλιματικής Κρίσης και Προστασίας του Πολίτη,
M.Sc Γεωλόγος- Περιβαλλοντολόγος, Εκπαιδευτής
ΕΚΠΑ Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος »

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. «2022072»

Αθήνα, 2022
Athens, October 2022

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	7
Abstract.....	8
Πρόλογος/Ευχαριστίες.....	9
Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 1. Γεωμορφολογία της περιοχής	11
1.1. Η Γεωλογία της Ικαρίας.....	11
1.2. Μορφολογία της ερευνηθείσας περιοχής	13
1.3. Κλιματολογικές συνθήκες.....	14
1.4. Οι τρεις γεωτεκτονικές ενότητες που δομούν την Ικαρία.....	15
1.5. Ιστορική αναδρομή για την σημασία των ιαματικών πηγών στην αρχαιότητα	17
Κεφάλαιο 2. Τεκτονική και θερμομεταλλικές πηγές στον ελλαδικό χώρο	20
2.1. Τεκτονική και νεοτεκτονική ανάλυση στον ελλαδικό χώρο.....	20
2.2. Τύποι θερμομεταλλικών εμφανίσεων	23
2.3. Ο μηχανισμός των πηγών της Ικαρίας	25
Κεφάλαιο 3. Ιαματικές / Θερμομεταλλικές πηγές	27
3.1. Ιαματικές πηγές.....	28
3.2. Θερμομεταλλικές πηγές	29

3.3.	Προέλευση θερμομεταλλικών νερών.....	32
3.4.	Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά	36
3.4.1.	Η χημική σύσταση των ιαματικών νερών.....	36
3.4.2.	Τα αέρια των ιαματικών νερών.....	37
3.4.3.	Η θερμοκρασία των ιαματικών νερών	37
3.4.4.	Οι φυσικοχημικές παράμετροι.....	38
3.4.5.	Οι αποθέσεις που δημιουργούν κατά την έξοδό τους	38
3.4.6.	Η ραδιενέργεια των μεταλλικών πηγών.....	40
3.5.	Οι επιπτώσεις της ραδιενέργειας στις τρεις ομάδες ατόμων	43
3.6.	Τύποι υπόγειων υδροφορέων	46
3.6.1.	Είδη υδροφόρων οριζόντων Ικαρίας	47
3.7.	Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά.....	48
3.7.1.	Η κίνηση του υπόγειου νερού.....	48
3.7.2.	Τρόποι συγκέντρωσης	49
3.7.3.	Τρόποι εμφάνισης.....	49
3.7.4.	Θέση και μηχανισμός ανάβλυσης.....	51

Κεφάλαιο 4. Περιγραφή των θερμομεταλλικών πηγών της Ικαρίας53

4.1.	Πηγή Μουσταφά Λίτζα-(Ασκληπιός).....	56
4.2.	Η πηγή της Αγίας Κυριακής	59
4.3.	Πηγή Αθάνατο νερό	63
4.4.	Πηγή Λευκάδας ή Θερμό	67
4.5.	Πηγή Χλιόθερμο.....	71
4.6.	Συγκρότημα πηγών στη περιοχή των Θερμών.....	73
4.6.1.	Πηγή Απόλλωνα	74
4.6.2.	Πηγή Αρτέμιδος	79
4.6.3.	Πηγή Παμφίλη.....	80
4.6.4.	Πηγή Κράτσα	83
4.6.5.	Πηγή Σπήλαιο.....	87
4.6.6.	Πηγή Χαλασμένων Θερμών	90

4.7. Εμφάνιση γεωθερμικών ρευστών κατά τη διάρκεια σεισμικής δραστηριότητας93

Κεφάλαιο 5. Βιωσιμότητα των θερμομεταλλικών πηγών Ικαρίας.....96

5.1. Ο ελληνικός θερμαλισμός ως σύστημα	96
5.2. Θερμαλιστικά συστήματα και η βιωσιμότητά τους	98
5.3. Βιώσιμη αιφόρος ανάπτυξη. Έννοιες και ορισμοί	99
5.4. Βασικές αρχές και προϋποθέσεις της βιώσιμης ανάπτυξης.....	102
των θερμαλιστικών συστημάτων	
5.5. Έννοιες και ορισμοί για την Αρχή της Φέρουσας Ικανότητας.....	105
5.5.1. Έννοια τουριστικής φέρουσας ικανότητας	106
5.5.2. Η φέρουσα ικανότητα σε διαφορετικές κατηγορίες του χώρου.....	108
5.6. Ζώνες Προστασίας Φυσικών Ιαματικών Πηγών	112
5.6.1. Μέτρα προστασίας για τις ιαματικές πηγές Ικαρίας.....	113

Κεφάλαιο 6. Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας 116

6.1. Η θερμότητα του εσωτερικού της Γης.....	116
6.2. Η γεωθερμική ενέργεια	118
6.3. Η ταξινόμηση της Ικαρίας στο μοντέλο μέσης και χαμηλής ενθαλπίας.....	119
6.4. Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας.....	120
6.5. Χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας	126
6.6. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας	128
6.7. Αειφορία της γεωθερμίας και περιβαλλοντικά οφέλη	130
6.8. Η ενεργειακή αυτάρκεια του νησιού της Ικαρίας	132
Συμπεράσματα και Προοπτικές.....	131
Βιβλιογραφία.....	140

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.....	12
Εικόνα 2.....	22
Εικόνα 3.....	24
Εικόνα 4.....	28
Εικόνα 5.....	30
Εικόνα 6.....	35
Εικόνα 7.....	39
Εικόνα 8.....	45
Εικόνα 9.....	54
Εικόνα 10.....	56
Εικόνα 11.....	57
Εικόνα 12.....	59
Εικόνα 13.....	60
Εικόνα 14.....	63
Εικόνα 15.....	64
Εικόνα 16.....	67
Εικόνα 17.....	68
Εικόνα 18.....	69
Εικόνα 19.....	71
Εικόνα 20.....	73

Εικόνα 21.....	74
Εικόνα 22.....	75
Εικόνα 23.....	76
Εικόνα 24.....	77
Εικόνα 25.....	80
Εικόνα 26.....	81
Εικόνα 27.....	83
Εικόνα 28.....	84
Εικόνα 29.....	84
Εικόνα 30.....	87
Εικόνα 31.....	88
Εικόνα 32.....	90
Εικόνα 33.....	91
Εικόνα 34.....	92
Εικόνα 35.....	94
Εικόνα 36.....	95
Εικόνα 37.....	113
Εικόνα 38.....	123
Εικόνα 39.....	124
Εικόνα 40.....	125
Εικόνα 41.....	134

Εικόνα 42.....	135
----------------	-----

Πίνακες

Πίνακας 1.....	42
Πίνακας 2.....	58
Πίνακας 3.....	61
Πίνακας 4.....	65
Πίνακας 5.....	70
Πίνακας 6.....	72
Πίνακας 7.....	78
Πίνακας 8.....	79
Πίνακας 9.....	82
Πίνακας 10.....	85
Πίνακας 11.....	89
Πίνακας 12.....	109
Πίνακας 13.....	126
Πίνακας 14.....	129

Περίληψη

Το νησί της Ικαρίας παρουσιάζει έντονους πετρογραφικούς μεταμορφικούς σχηματισμούς, και διακρίνεται από τρεις τεκτονικές-λιθostrωματογραφικές ενότητες. Λόγω της ιδιαίτερης μορφολογίας της και διαμέσου των διαχωρισμών των πετρωμάτων, ανέρχονται τα θερμά νερά. Η Ικαρία διαθέτει πλήθος ιαματικών πηγών, οι οποίες εμφανίζονται σε ρηξιγενείς και μεταπτωσιγενείς περιοχές. Η ραδιενέργεια των πηγών οφείλεται στο ραδόνιο, κι έτσι οι συγκεκριμένες πηγές θεωρούνται από τις πλέον ραδιενεργές της υδρογείου.

Είναι προφανές ότι στο πλαίσιο της εξεύρεσης οικονομικών πόρων μπορεί να αναπτυχθεί ο τουρισμός υγείας - ευεξίας, και ο ιαματικός τουρισμός να αποτελέσει μέσο αναζωογόνησης και ξεκούρασης, εκτός από μέσο θεραπείας. Η πλήρης αξιοποίηση των πηγών της Ικαρίας μπορεί να γίνει προς όφελος της οικονομίας σε εθνικό και τοπικό επίπεδο. Άλλωστε η διαχείριση αυτών με ορθολογικό τρόπο, μπορεί να γίνει επωφελής για την ανάπτυξη της περιφέρειας της Ελλάδας, μιας ανάπτυξης που θα μπορεί να γίνει με όρους αειφορίας, προστασίας του περιβάλλοντος και με βάση τη φέρουσα ικανότητα του νησιού. Είναι δηλαδή υψίστης σημασίας να αποφευχθεί η περιβαλλοντική υποβάθμιση, αξιοποιώντας τον κάθε φυσικό πόρο σύμφωνα με τη φέρουσα ικανότητά με σκοπό την επίτευξη σταθερής πηγής βιοπορισμού και προστασία - αποφυγή κατάρρευσης των οικοσυστημάτων.

Τέλος, η Ικαρία λόγω της ιδιόμορφης γεωμορφολογικής και τεκτονικής της δομής, αποτελεί έναν τόπο προικισμένο στην γεωθερμία. Η φυσική θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης, προσφέρει έναν ανεκτίμητο θησαυρό, που αν χρησιμοποιηθεί προς όφελος της τοπικής κοινωνίας, μπορεί να αποτελέσει εφιαλτήριο, για μίαν άνθηση με περιβαλλοντικούς όρους.

Λέξεις-κλειδιά:

ιαματικές πηγές, γεωθερμία, προστασία περιβάλλοντος, φέρουσα ικανότητα, βιοπορισμός

Abstract

The island of Ikaria presents intense petrographic metamorphic formations, and is distinguished by three tectonic-lithostratigraphic units. Due to its special morphology and through the separations of the rocks, the warm waters rise. Ikaria has a number of thermal springs, which appear in rift and transitional areas. The radioactivity of the sources is due to radon, so the specific sources are considered among the most radioactive on the planet.

It is obvious that in the context of finding economic resources, health-wellness tourism can be developed, and spa tourism can be a means of rejuvenation and relaxation, in addition to a means of treatment. The full exploitation of the sources of Ikaria can be done for the benefit of the economy at the national and local level. After all, the management of these in a rational way can be beneficial for the development of the region of Greece, a development that can be done in terms of sustainability, environmental protection and based on the carrying capacity of the island. In other words, it is of the utmost importance to avoid environmental degradation, exploiting each natural resource according to its carrying capacity in order to achieve a stable source of livelihood and protect-avoid the collapse of ecosystems.

Finally, Ikaria, due to its peculiar geomorphological and tectonic structure, is a place gifted with geothermal energy. The natural thermal energy that comes from the interior of the Earth offers an invaluable treasure, which if used for the benefit of the local society, can be a springboard for a flourishing in environmental terms.

Keywords:

thermal springs, geothermal energy, environmental protection, bearing capacity, livelihood

Πρόλογος/Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων» με κατεύθυνση «Διαχείριση Περιβάλλοντος-Περιβαλλοντική Εκπαίδευση» του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τον καθηγητή κ. Αντωνιάδη Κωνσταντίνο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στη διεκπεραίωση αυτού του θέματος και τη πολύτιμη βοήθειά του. Έπειτα θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής κ. Λόζιο Στέλιο, κ. Σκούρτσο Εμμανουήλ και κ. Σούκη Κωνσταντίνο για το ενδιαφέρον τους και τη συμμετοχή τους στην επιτροπή.

Τέλος θα ήθελα να ανταποδώσω την ευγνωμοσύνη μου, και να εκφράσω ιδιαίτερες ευχαριστίες σε όσους ήταν δίπλα μου αυτό το διάστημα.

Εισαγωγή

Αντικείμενο της μεταπτυχιακής διατριβής αποτέλεσε η μελέτη των ιαματικών πηγών Αγίου Κηρύκου Ικαρίας και η αξιοποίηση αυτών για γεωθερμία, με σκοπό τη προστασία του περιβάλλοντος και τη δυνατότητα αξιοποίησης των πηγών στο πλαίσιο της φέρουσας ικανότητας του νησιού.

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να αποδοθούν κάποιες έννοιες και προσεγγίσεις, για τη σημαντικότητα του ιαματικού πλούτου της χώρας μας και το αναξιοποίητο θησαυρό που κρύβουν. Επίσης, αν χρησιμοποιηθεί με το καλύτερο τρόπο, μπορεί να αποτελέσει εφελτήριο για νέα αποθέματα ενέργειας, απευθυνόμενη στη παγκόσμια κοινότητα, με λιγότερες περιβαλλοντικές και αν είναι δυνατόν μηδενικές επιπτώσεις. Μάλιστα, γίνεται προσπάθεια μέσα από τη παράθεση κάποιων στοιχείων να υπάρξει ενασχόληση και να παρουσιαστεί η οπτική γύρω ως προς το θέμα που ταλανίζει την ευρύτερη κοινωνία και αγορά, σχετικά με την εξάντληση των αποθεμάτων ενέργειας. Το μόνο βέβαιο είναι πως οι γεωθερμικοί πόροι θα πρέπει να αξιοποιηθούν με σύνεση, έπειτα από εμπειριστατωμένες μελέτες και με τις κατευθυντήριες γραμμές ειδικευμένων, πάνω σε αυτό το ζήτημα, επιστημόνων, ώστε εξωγενείς παράγοντες να μη προξενήσουν ανεπανόρθωτες βλάβες στο φυσικό περιβάλλον.

Κεφάλαιο 1. Γεωμορφολογία της περιοχής

1.1. Η Γεωλογία της Ικαρίας

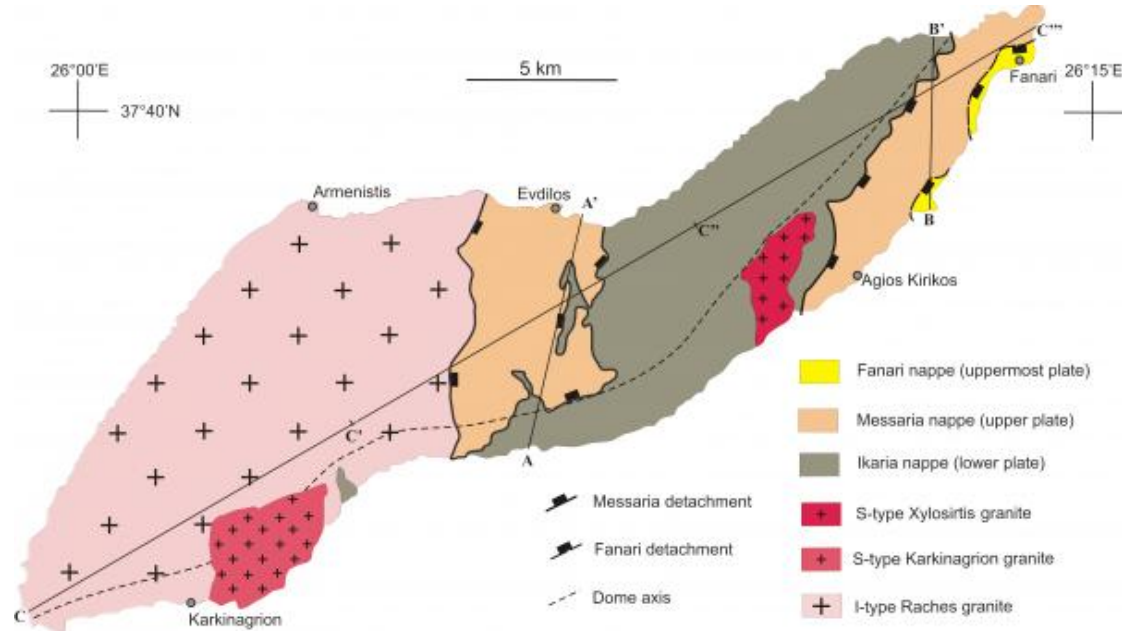
Η Ικαρία ανήκει στη λεγόμενη Λυδιοκαρική κρυσταλλοπαγή μάζα. Αποτελείται από κρυσταλλοσχιτώδη μεταμορφωμένα πετρώματα όπως είναι οι γνεύσιοι, οι μαρμαρυγιανοί σχιστόλιθοι και τα μάρμαρα. Τα πετρώματα αυτά περικλείουν γρανίτες, πετρώματα τα οποία κάτω από συνθήκες υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών, στη διάπυρη τους κατάσταση, ανήλθαν από τα βαθύτερα στρώματα της γης, με τη βοήθεια γεωλογικών και τεκτονικών φαινομένων και κατάφεραν να εισχωρήσουν στους σχιστόλιθους, με τη πάροδο των αιώνων, όπου και τελικά σταθεροποιήθηκαν.

Τα κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα είναι τα παλαιότερα πετρώματα, συγκριτικά με άλλες μεταγενέστερες γεωλογικές περιόδους, τα οποία συσσωρεύτηκαν κάτω από την γρανιτική διείσδυση.

Η ηλικία του νησιού υπολογίζεται στα 400 με 600 εκατομμύρια χρόνια. Στο νησί παρατηρούνται σαφείς μορφολογικές διαφορές μεταξύ του δυτικού και του ανατολικού τμήματος. Θεωρείται ότι τα πετρώματα έχουν προδεβόνια ηλικία και ότι το νησί ανήκει στον πυρήνα της Λυδιο-καριακής κρυσταλλοπαγούς μάζας συνδέοντας πιθανόν με τη Σάμο την κρυσταλλοπαγή αυτή μάζα με τις Κυκλάδες ή το νότιο Αιγαίο. Γεωτεκτονικά θεωρείται ότι ανήκει στην Αττικό-Κυκλαδική ζώνη.

Η Ικαρία έχει σαν υπόβαθρο την ενότητα Ικαρίας, αποτελούμενη από τα μάρμαρα Νίκαρη (Παλαιοζωικό), τους γνεύσιους Πλαγιάς (Παλαιοζωικό), τα μάρμαρα Πούντας (Τριαδικό), και το σχηματισμό Πετροπουλίου (μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι σε εναλλαγές με μάρμαρα- Μεσοζωικό, αλλά και την ενότητα Κεφάλας, που θεωρείται μολασσικός σχηματισμός με παρεμβολή οφιολιθικών πετρωμάτων, αποτελούμενη από ανακρυσταλλωμένα μάρμαρα και δολομίτες, ηφαιστειο-ιζηματογενή οφιολιθικά πετρώματα και μεταψαμμίτες (Ολιγόκαινο - Κατώτερο Μειόκαινο).

Κατά την περίοδο του Αρχαϊκού αιώνα συνετέλεσαν γεωλογικά γεγονότα, τα οποία καθόρισαν την έκταση την οποία καταλαμβάνουν σήμερα τα νησιά του Αιγαίου Πελάγους. Μερικά από τα γεωλογικά γεγονότα, τα οποία καθόρισαν τις θέσεις των νησιωτικών περιοχών, ήταν καθοδικές και ανοδικές κινήσεις, πτυχώσεις, ρήγματα, μεταπτώσεις. Η έκταση αυτή είτε καλυπτόταν από θάλασσα, είτε αναδυόταν και κατακερματιζόταν μέχρι να λάβει τη σημερινή της μορφή. Τα γεγονότα αυτά έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια τεσσάρων γεωλογικών αιώνων, (Αρχαϊκού, Προτεροζωϊκού, Παλαιοζωϊκού, Μεσοζωϊκού), σε χρονική περίοδο 2 εκατομμυρίων ετών περίπου.



Εικόνα 1

Εικόνα 1 Γεωλογικός χάρτης Ικαρίας, Πηγή Journal of the Virtual Explorer

1.2. Μορφολογία της ερευνηθείσας περιοχής

Η Ικαρία, (στα αρχαία χρόνια, Δολύχη) ανήκει γεωγραφικά στο σύμπλεγμα των νησιών του Ανατολικού Αιγαίου. Στα ανατολικά της απέχει 10 μίλια από τη Σάμο, δυτικά 25 μίλια από τη Μύκονο, βόρεια 35 μίλια από τη Χίο και νότια 6 μίλια από τους Φούρνους. Βρίσκεται στο Ικάριο Πέλαγος. Το σχήμα του νησιού είναι επίμηκες προς την ίδια κατεύθυνση με τη Σάμο, δηλαδή ΒΑ-ΝΔ. Η έκτασή της ανέρχεται σε 255 χιλιόμετρα, ενώ το μήκος των ακτών της είναι 102 χιλιόμετρα. Το μήκος του νησιού από το ακρωτήριο Φανάρι στα βορειοανατολικά, μέχρι το ακρωτήριο Πάπας στα νοτιοδυτικά, είναι περίπου 40 χιλιόμετρα, το πλάτος της από 5 έως 9 χιλιόμετρα. Διασχίζεται από την οροσειρά του Αθέρα (Πράμνος), με διεύθυνση Α-Δ που εντοπίζεται στο κέντρο του νησιού και η υψηλότερη κορυφή του είναι περίπου 1.041μ. (κορυφή Φαρδύ).

Το ανάγλυφο του νησιού παρουσιάζει ανωμαλίες, με ποικίλες κλίσεις τους εδάφους, με κεκλιμένες επιφάνειες, που διαμορφώνονται στις πλαγιές του όρους Αιθέρα. Οι νότιες πλαγιές του όρους είναι πιο επικλινείς από τις βόρειες, στις οποίες αναπτύσσονται και τα περισσότερα γεωργικά εδάφη του νησιού. Το νησί κυριαρχείται από το ορεινό όγκο του Αιθέρα, ενώ μικροί λόφοι προβάλλουν γύρω από τις θέσεις των πηγών. «Μεταξύ των λόφων αυτών αναπτύσσονται ρέματα, που αποστραγγίζουν το όρος Αιθέρας, με αρκετά πλατιές κοίτες και διαμορφωμένη κοίτη μορφής U, τα οποία εκβάλλουν στη θαλάσσια περιοχή». (Αγγελόπουλος Χ., 2013). Η Ικαρία είναι ένα γόνιμο ορεινό νησί πλούσιο σε νερό και βλάστηση. Οι πεδινές εκτάσεις δεν είναι αρκετές και τοποθετούνται κυρίως στις εκβολές των διαφόρων χειμάρρων. Πολύ σημαντική είναι η παρουσία μικρών ποταμών και ρυακιών που έχουν νερό σε όλη τη διάρκεια του χρόνου. Οι κυριότεροι χειμάρροι είναι ο Χάλαρης, ο Μύρσωνας, ο Χάρακας, ο Βουσιδές και ο Άρης.

«Η ακτογραμμή παρουσιάζει μικρό οριζόντιο διαμελισμό με ελάχιστες εγκολπώσεις, ενώ δεν προσφέρει αξιόλογους όρμους και φυσικά λιμάνια, η απουσία των οποίων είχε σημαντική επίδραση στην εξέλιξη του νησιού». (Αγγελόπουλος Χ., 2013)

Διοικητικά η Ικαρία ανήκει στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου. Αποτελείται από το Δήμο Ικαρίας με πρωτεύουσα τον Άγιο Κήρυκο, που βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο πληθυσμός της ανέρχεται σε 8.423 κατοίκους.

1.3. Κλιματολογικές συνθήκες

Το κλίμα στην Ικαρία, λόγω της γεωγραφικής της θέσης και της επίδρασης της θάλασσας, μπορεί να τοποθετηθεί μεταξύ των «μεσογειακών» κλιμάτων, έχοντας έναν χαρακτήρα εντελώς ιδιαίτερο. Αυτό το κλίμα χαρακτηρίζεται από τα μεγάλα και ζεστά καλοκαίρια και τους γλυκούς και σχετικά μικρούς χειμώνες κατά τη διάρκεια των οποίων παρατηρεί κανείς τη παρουσία των βροχών. Είναι πιο «ηπειρωτικό» από αυτό της κεντρικής ή δυτικής μεσογείου. Αυτή η περιοχή είναι λιγότερο υποταγμένη στις μετεωρολογικές αναστατώσεις απ' ό,τι οι άλλες περιοχές της Μεσογείου. Σπάνια εμφανίζεται στις περιοχές αυτές παγετός και ακόμη σπανιότερα χαλάζι ή χιόνι. Οι επικρατούντες άνεμοι είναι υψηλής έντασης, κυρίως βόρειοι και βορειοανατολικοί που πνέουν ιδιαίτερα κατά το καλοκαίρι και λιγότερο νότιοι και νοτιοδυτικοί που παρατηρούνται περισσότερο κατά τον χειμώνα με εντάσεις και πάνω από 6 μποφόρ. Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι μήνες του «μετεμίου», ανέμου, ο οποίος μπορεί να διαρκέσει μέρα και νύχτα καθ' όλη τη διάρκεια μιας εβδομάδας, με μια μικρή ηρεμία κατά την ανατολή και τη δύση του ηλίου. Η βροχόπτωση παρουσιάζει αυξητική τάση από τον Αύγουστο έως τον Ιανουάριο, ενώ μειώνεται από τον Φεβρουάριο έως τον Ιούλιο.

Σύμφωνα με εμπειριστατωμένη μελέτη επιστημόνων και το σχέδιο εφαρμογής που οι ίδιοι προσάρμοσαν στη κλιματική αλλαγή για τα νησιά του Βόρειου Αιγαίου (ΠεΣΠΚΑ, 2019), οι αναλύσεις δεδομένων που προέκυψαν, σκιαγράφησαν την ανησυχητική εικόνα των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε αυτές τις περιοχές. Συγκεκριμένα, η επιστημονική κοινότητα, με βάση τα ερευνητικά δεδομένα, προέβλεψε «αύξηση στις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες, τόσο στις μέγιστες, όσο και στις ελάχιστες καθώς και μείωση των βροχοπτώσεων, με ιδιαίτερα σημαντική μείωση των μέσων μηνιαίων βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η αύξηση στη μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία σε πολλές περιοχές, όπως στη Σάμο, αναμένεται να ξεπεράσει ακόμα και τους 5°C την περίοδο μετά το 2070». Βασιζόμενοι σε αυτή τη ρεαλιστική προσομοίωση η ξηρασία του πλανήτη και η έλλειψη νερού θα επιφέρει σοβαρές αλλαγές και στην ασφαλή διαβίωση των πολιτών, στα μέρη που θα πληγούν από αυτές τις συνθήκες. Δεν θα υπάρχει δυνατότητα να καλλιεργήσουν τα εδάφη τους, δεν θα έχουν ασφαλή πρόσβαση στο πόσιμο νερό αλλά και τα μεταναστευτικά ρεύματα, λόγω της κλιματικής αλλαγής θα αυξηθούν δραματικά.

Ακόμη, ειδικά στη περίπτωση των νησιών, τα υδατικά συστήματα θα πληγούν αρκετά, εξαιτίας της άμεσης συσχέτισής τους με τη κλιματική αλλαγή. Καθώς η θερμοκρασία θα παρουσιάσει αυξητική τάση, και συνάμα οι βροχοπτώσεις θα μειωθούν, η εξάτμιση θα επιδράσει σημαντικά στις νησιωτικές περιοχές. Επίσης, οι σπάνιες και μεγάλης έντασης βροχοπτώσεις, δεν δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες ώστε το νερό να κατεισδύσει στους υπόγειους υδροφορείς, με αποτέλεσμα οι υδάτινοι πόροι να εμφανίσουν έλλειψη. Αυτό, όμως που ανησυχεί ιδιαίτερα την επιστημονική κοινότητα, είναι ότι λόγω της ιδιαίτερης γεωμορφολογίας των νησιών, τα οποία και περιβάλλονται από θάλασσα, παρουσιάζουν τρωτότητα στην αύξηση της ανόδου της θάλασσας και στα φαινόμενα υφαλμύρωσης παράκτιων υδροφορέων που αυτή προκαλεί. Ειδικότερα, στις παράκτιες περιοχές των νησιωτικών περιοχών, οι επιπτώσεις της

κλιματικής αλλαγής αναμένεται να επιδεινωθούν από την υφιστάμενη κατάσταση που έχει ήδη διαμορφωθεί. Η έντονη οικιστική ανάπτυξη, ο τουρισμός, η συνεχής αρδευόμενη καλλιέργεια και οι λιμενικές υποδομές δημιουργούν νέους κινδύνους για τις νησιωτικές περιοχές.

Τέλος, η ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση των επιφανειακών υδατικών συστημάτων από την έντονη ανθρωπογενή δραστηριότητα που γεννά την κλιματική κρίση, μπορεί να επιφέρει σημειακές πηγές ρύπανσης στα υδάτινα συστήματα που κατά ένα μεγάλο μέρος από αυτά καταλήγουν στη θάλασσα. Για παράδειγμα η Ικαρία, διαθέτει πλήθος ιαματικών πηγών με τις περισσότερες από αυτές να αναβλύζουν στη θάλασσα. Επομένως, αυτές μπορούν να επηρεαστούν από τη ρύπανση των υδάτων, τα χημικά τους στοιχεία ενδέχεται να αναδιαμορφωθούν, με αποτέλεσμα να μετατραπούν ακατάλληλες για θεραπευτικούς σκοπούς. Καθώς, η στάθμη της θάλασσας ενδέχεται να ανέλθει λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, αυτό μπορεί να αποβεί επικίνδυνο για τις ιαματικές πηγές, αφού αρκετές μπορούν να εξαφανιστούν ή να μην υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε αυτές από την ακτή, διότι αναβλύζουν κυρίως σε μικρά βάθη.

1.4. Οι τρεις γεωτεκτονικές ενότητες που δομούν την Ικαρία

Σύμφωνα με εμπειριστατωμένη μελέτη στο πεδίο (Ηλιόπουλος Ι., 2005) ερευνήθηκαν οι επιφανειακές εμφανίσεις των τεκτονομεταμορφικών ενοτήτων της Ικαρίας και αναγνωρίστηκαν με βάση τα μητρικά του πετρώματα οι ακόλουθοι κύριοι λιθολογικοί τύποι : μεταπηλίτες, μεταβασικά πετρώματα, μεταανθρακικοί σχηματισμοί, μεταβωξίτες, και μετα-μαγγανιούχα ιζήματα. Στην επαφή της Ενότητας Ικαρίας με τα δύο γρανιτοειδή σώματα που εμφανίζονται στην Ικαρία αναγνωρίστηκαν περιορισμένης έκτασης φαινόμενα θερμικής μεταμόρφωσης τα οποία οδήγησαν στη δημιουργία κερατιτικών πετρωμάτων. Ανάλογα φαινόμενα εντοπίστηκαν και στην ενότητα Κεφάλας στην επαφή του εκεί εμφανιζόμενου διορίτη και των πετρωμάτων στα οποία διεισδύει.

Από την γεωλογική μελέτη (Ηλιόπουλος Ι.,2005) φαίνεται ότι η Ικαρία κοσμεύεται από τρεις γεωτεκτονικές ενότητες και συγκεκριμένα αυτές είναι:

- Η Κατώτερη ενότητα (Ενότητα Ικαρίας) συνίσταται από ένα γνευσιακό υπόβαθρο και αποτελείται από ορθογνευσίους και παραγνευσίους, επί του οποίου αναπτύσσεται σχηματισμός μαρμαροσχιστολίθων. Επικείμενα του υποβάθρου συναντώνται μεταιζήματα όμοια με αυτά των Κυκλάδων και

την Πελαγονική ζώνη της ηπειρωτικής Ελλάδας. Μέσα στα μεταμορφωμένα πετρώματα έχουν διεισδύσει, κατά το Μειόκαινο, οι γρανίτες των Ραχών στα δυτικά και του Ξυλοσύρτη στα ανατολικά.

Στην συγκεκριμένη ενότητα εμπεριέχεται ένα από τα χαρακτηριστικότερα πετρώματα της νήσου, το οποίο συναντάται μόνον στην περιοχή Νίκαρης Ικαρίας, ο σχηματισμός του «Μαρμάρου Νίκαρη». Τα μάρμαρα που ανήκουν στο σχηματισμό Νίκαρη χαρακτηρίζονται από γρανοβλαστικό ιστό, όπου κυριαρχούν αλλοτριόμορφοι κρύσταλλοι διαυγούς ασβεστίτη και δολομίτη. Το μάρμαρο αποτελείται από 95-98% ασβεστίτη και δολομίτη με μέγεθος κόκκων που κυμαίνεται από 0.3-3.5 mm. Τέλος το συγκεκριμένο παρουσιάζει χαρακτηριστικές πολυσυνθετικές διδυμίες λόγω των παραμορφωτικών φάσεων, υποδηλώνοντας έτσι ότι η θερμοκρασία της μεταμόρφωσης του σχηματισμού θα πρέπει να ήταν υψηλότερη των 400^o C.

- Η Ενδιάμεση Ενότητα (Ενότητα Μεσαριάς) περιλαμβάνει μάρμαρα και φυλλίτες. Με βάση τις ορυκτολογικές παραγενέσεις, απαντώνται συνθήκες κατώτερης πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Η ενότητα αυτή συσχετίζεται με την ενότητα Δρυός (νότια Πάρος), λόγω παρόμοιου βαθμού μεταμόρφωσης καθώς και από το τύπο των πετρωμάτων των οποίων υπέρκειται (αμφιβολιτικής φάσης). Η «Ενότητα Μεσαριάς» είναι τεκτονικά τοποθετημένη επί της «Ενότητας Ικαρίας»
- Η Ανώτερη Ενότητα (Ενότητα Κεφάλας) αποτελείται από μολασσικούς οφιολιθικούς σχηματισμούς, (ηφαιστειοζηματογενή οφιολιθικά ολιθοστρώματα) συμπαρασύροντας ανακρυσταλλωμένους λευκόχρυσους ασβεστόλιθους, όπως αυτούς που εμφανίζονται στη κορυφή του όρους Κεφάλας. Η ανώτερη ενότητα Κεφάλας αποτελεί ένα τεκτονικό παράθυρο έκτασης 1,5 km². Με βάση τις ορυκτολογικές παραγενέσεις, απαντώνται συνθήκες χαμηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά πετρώματα της Ενότητας Κεφάλας είναι ο Γρανίτης Δυτικής Ικαρίας και ο Γρανίτης Ξυλοσύρτη.

Η Ικαρία παρουσιάζει έντονο διάχυτο υδρογραφικό δίκτυο. Ο κύριο υδροκρίτης του νησιού αποτελείται από την κορυφογραμμή του Αθέρα. Στο κεντρικό και ανατολικό κομμάτι του νησιού είναι εμφανής η επικράτηση πετρωμάτων, λόγω χάρη του γρανοδιορίτη του Ξυλοσύρτη, φυλλίτες, σχιστόλιθους, γνεύσιους καθώς και από ιζηματογενείς σχηματισμούς. Αντίθετα στο δυτικό κομμάτι του νησιού εντοπίζεται ο γρανίτης Δυτικής Ικαρίας και καλύπτει έκταση 140 km². Η ανατολική επαφή του κατώτερου τμήματος του γρανίτη με τα πετρώματα της ενότητας της Ικαρίας είναι σχεδόν κατακόρυφη. «Πλήθος φλεβών διασχίζουν τη μάζα του γρανίτη στη περιοχή ανατολικά και δυτικά του οικισμού Μαγγανίτη, αλλά συχνά διεισδύουν και στα γειτονικά πετρώματα πέραν της επαφής.» (Κτενάς 1969).

Ο γρανίτης του Ξυλοσύρτη έχει διεισδύσει στο μεταμορφωμένο σύστημα των γνευσίων της Πλαγιάς υπό μορφή φλεβοφακοειδούς σώματος, με διεύθυνση B-N και με μήκος του μεγάλου άξονα περίπου 4 km. Πρόκειται για έναν γρανίτη τύπου S, ο οποίος διείσδυσε κατά το Κάτω Μειόκαινο (18 Ma) και κρυσταλλώθηκε στο διάστημα από 14,5 έως 10 Ma. (Alther et al., 1982). Στον οικισμό Ξυλοσύρτη και κοντά σε αυτόν, ο γρανίτης είναι πλούσιος σε βιοτίτη, ενώ στην υπόλοιπη περιοχή που ερευνήθηκε ο γρανίτης είναι φτωχότερος σε βιοτίτη και ακόμη παρουσιάζει πορφυριτικό ιστό (μεγάλοι κρύσταλλοι αστρίων) και λιγότερο σαφή στρώση των ορυκτών συστατικών αυτού. Ο γρανίτης αυτός έχει ταξινομηθεί σαν γρανοδιορίτης και είναι γνωστός σαν «γρανοδιορίτης του Ξυλοσύρτη». Εντός αυτού πηγάζει στον οικισμό μία από τις διασημότερες πηγές της Ικαρίας «Αθάνατο νερό». Το νερό είναι κατάλληλο αποκλειστικά για πόση, καθώς ο γρανοδιορίτης προσδίδει στο νερό πλούσια στοιχεία, όπου έχει διαπιστωθεί ότι προσφέρουν θεραπευτικές ιδιότητες στον ανθρώπινο οργανισμό σε συγκεκριμένες παθήσεις.

Σύμφωνα με τον καθηγητή Βορεάδη (1965), «η ραδιενέργεια των θερμομεταλλικών υδάτων της Ικαρίας πρέπει να αποδοθεί στην γεινίαση αυτών με τον γρανοδιορίτη του Ξυλοσύρτη». Αυτός εισχωρεί σε κοντινές απλιτικές και πηγματιτικές αποφύσεις στα πετρώματα της περιοχής εμφάνισης των πηγών. Είναι πιθανό ότι σε αυτές τις πηγματιτικές φλέβες σχηματίστηκε το ορυκτό ασβεστοουρανίτης (φωσφορικό ουράνιο με ασβέστιο). Ακόμη είναι πιθανό στις ίδιες περιοχές να εμφανίζονται και τα ορυκτά μοναζίτου. Επομένως σε αυτά τα ραδιενεργά ορυκτά μπορεί να οφείλεται η ραδιενέργεια των υδάτων της Ικαρίας.

1.5. Ιστορική αναδρομή για την σημασία των ιαματικών πηγών στην αρχαιότητα

Μέσα από έρευνες αλλά και διαπιστευτήρια αρχαίων εγγράφων καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι οι ιαματικές πηγές ήταν και είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την ιστορία αλλά και το οικονομικό όφελος που μπορούν αυτές να αποδώσουν στη τοπική κοινότητα. Εκτενής αναφορά επί του θέματος κάνει ο αρχαιολόγος και ιστορικός Θ. Κατσαρός, ο οποίος μεταξύ άλλων αναφέρει ότι αρχαίοι συγγραφείς, όπως ο Στράβων (67 π.Χ.-23 μ.Χ.) στα "Γεωγραφικά" του αναφέρεται μόνο στην Οινόη και στο Δράκανο, στις κυριότερες ακμάζουσες πόλεις κατά την αρχαιότητα και ο Γάιος Πλίνιος (23/24-79 μ.Χ) αναφέρει ότι η Ικαρία έχει δυο πόλεις και μία Τρίτη "amisso" (στερημένη), χωρίς να αναφέρει τα ονόματά τους. Την Τρίτη πόλη οι μελετητές την ταυτίζουν με την πόλη των Θερμών. Επιπροσθέτως, στους καταλόγους της Πρώτης Αθηναϊκής Συμμαχίας (478-477 π.Χ) αλλά και της δεύτερης (378-377 π.Χ), μεταξύ των άλλων συμμάχων αναγράφονται και οι "Θερμαίοι εξ Ικάρου".

Έπειτα από αρχαιολογικές ανασκαφές στη περιοχή των Θερμών και στις γύρω περιοχές, και πιο συγκεκριμένα, στον όρμο Νεάλια, ανατολικότερα των Θερμών, έχουν εντοπιστεί πυρά (ταφές) και πλήθος αγγείων. Επίσης στο χωριό Καταφύγι, το οποίο βρίσκεται στην κορυφή βουνού, πάνω από τα σημερινά Θέρμα, στη θέση Κάστρο, διατηρούνται λείψανα ακροπόλεως και γύρω από αυτήν εκτεταμένο νεκροταφείο, όπως επίσης και σημαντικά ευρήματα, (εργαλεία της νεολιθικής περιόδου, θραύσματα μυκηναϊκών αγγείων, μελανόμορφα και ερυθρόμορφα αγγεία, χάλκινα και σιδερένια αντικείμενα). Τέλος διαπιστώθηκε και η μη εύρεση τάφων γύρω από τη σημερινή Λουτρόπολη όσο και γύρω από την περιοχή των Χαλασμένων Θερμών, αλλά σε γύρω χωριά.

Αφού αξιολογήθηκαν όλα τα δεδομένα και τα ιστορικά στοιχεία και ευρήματα από τον ιστορικό, υπερίσχυσε η άποψη, ότι οι “Θερμαίοι εξ Ικάρου”, δεν διέμεναν σε μια πόλη αλλά κατοικούσαν κωμηδόν, σε χωριά και όχι σε τετειχισμένη πόλη. Διοικητικό κέντρο πρέπει να ήταν το Καταφύγι με την ισχυρή ακρόπολή του και οικονομικό κέντρο οι Θέρμες, τα σημερινά Θέρμα, που αξιοποίησαν τις ιαματικές πηγές της μικρής κοιλάδας και τις παρακείμενες στις γειτονικές παραλίες, αποτελώντας μία ένωση πολιτική και οικονομική.

Κάθε χρόνο οι Θερμαίοι πλήρωναν στα ταμεία της Αθηναϊκής Συμμαχίας χρηματικό πόσο, όπου συμπεραίνει κανείς ότι ήταν μία πόλη με ανθηρή οικονομία. Μεγάλη ακμή φαίνεται ότι είχαν οι Θερμαίοι κατά τη διάρκεια των ελληνοιστικών χρόνων. Εντατικοποίησαν την εκμετάλλευση των ιαματικών πηγών και μετονομάστηκαν από Θερμαίοι σε Ασκληπιείς κατά τα τέλη του 3^{ου} αιώνα π.Χ(7 L. Robert). Τότε κατασκευάστηκε και το πρώτο λουτρικό συγκρότημα στα Χαλασμένα Θέρμα, κρίνοντας από την τοιχοποιία και τα όστρακα των αγγείων που βρέθηκαν εκεί.

Τέλος, όπως προαναφέρθηκε, ο Πλίνιος ανέφερε ότι η πόλη των Αρχαίων Θερμών ήταν παρηκμασμένη, στερημένη από τη φτώχεια. Αυτό εξηγείται καθώς ύστερα από ιστορικές μελέτες της εποχής εκείνης, φαίνεται ότι πλήθος συγκρούσεων και αναταραχών, και με την εμπλοκή των νησιών του Αιγαίου, πιθανότατα και της Ικαρίας, συνέβησαν κατά την ελληνορωμαϊκή περίοδο. Στην συνέχεια η επέμβαση των Ρωμαίων, είχε δυσμενείς επιπτώσεις στη πόλη των Θερμαίων και συνετέλεσαν στην αποδιοργάνωσή της και την παρακμή της.

Τη περίοδο της Βυζαντινής Αυτοκρατορίας κατασκευάστηκαν επιπλέον λουτρά. Κατά την Τουρκοκρατία οι Δημογέροντες, οι οποίοι συνέλεγαν τους φόρους των κοινοτήτων, είχαν υπό την κυριαρχία τους και τις ιαματικές πηγές του νησιού, όπου τις επισκέπτονταν οι κάτοικοι του νησιού. Το 1918 ο ιατρός Ι. Μαλαχίας διαπίστωσε τις θεραπευτικές ιδιότητες των ιαματικών πηγών καθώς και τη ραδιενέργεια που περιέχουν. Το ελληνικό κράτος στηριζόμενο στην παραπάνω διαπίστωση ξεκίνησε την επιστημονική μελέτη των πηγών. Το Νοέμβριο του 1947 η Γενική Γραμματεία Τουρισμού συγκρότησε ειδική επιτροπή (Μ. Περέσης, Γ. Βορεάδης, Μ. Κουτσογιάννης, Γ. Αθανασούλας, Ι. Μερκάτης) για την έρευνα και την αξιοποίηση των πηγών. Η επιτροπή συνέταξε έκθεση

αναφορικά με τη λύση του δυσχερέστατου προβλήματος της αξιοποίησης του θερμομεταλλικού πλούτου της Ικαρίας. Με βάση την έκθεση ο Ελληνικός Οργανισμός Τουρισμού ξεκίνησε την εκπόνηση σχεδίων για την δημιουργία μιας σύγχρονης Λουτρόπολης. Όμως λόγω ανεπάρκειας οικονομικών μέσων και διενέξεων ανάμεσα στην κοινότητα Αγίου Κηρύκου και στον Ε. Ο. Τ. τα σχέδια δεν διεκπεραιώθηκαν ποτέ.

Κεφάλαιο 2. Τεκτονική και θερμομεταλλικές πηγές στον ελλαδικό χώρο

Κατά τη διάρκεια του Μέσου Μειόκαινου στον ελλαδικό χώρο ξεκινά νεοτεκτονική δράση. Η νεοτεκτονική αυτή δράση χάρισε μορφή στο σημερινό ελληνικό χερσαίο και θαλάσσιο χώρο. Οι τεκτονικές διεργασίες που συμβαίνουν και θα συνεχίσουν να συμβαίνουν, και πιο συγκεκριμένα η βύθιση της Αφρικανικής κάτω από την Ευρασιατική πλάκα είναι υπεύθυνες για το πλήθος ιαματικών πηγών στον ελλαδικό χώρο, λόγω συμπιεστικών και εφελκυστικών δυνάμεων όπως επίσης σχετίζονται με τη δημιουργία του ελληνικού ηφαιστειακού τόξου. Ο ελλαδικός χώρος εξαιτίας της σύγκρουσης των δύο πλάκων, υπέστη διάφορες τεκτονικές φάσεις συμπίεσης και εφελκυσμού, το οποίο είχε ως αποτέλεσμα τη διάρρηξή του σε ένα πολλαπλό σύστημα ρηγμάτων. Συνέπεια των διαρρήξεων είναι η απόθεση Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων αλλά και η εισβολή της θάλασσας.

2.1. Τεκτονική και νεοτεκτονική ανάλυση στον ελλαδικό χώρο

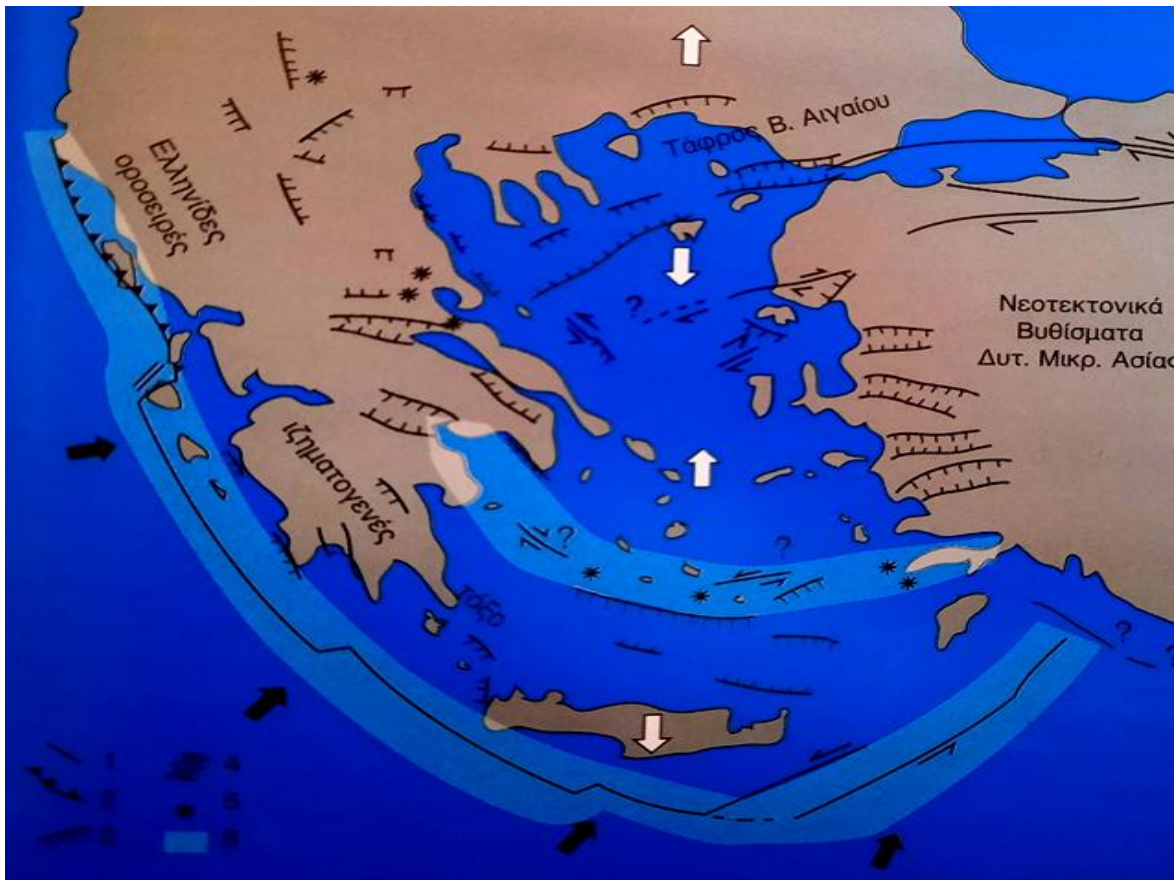
Η νεοτεκτονική και γενικότερα γεωδυναμική κατάσταση μιας περιοχής επηρεάζει δραστικά τη γεωθερμική κατάσταση. Η πρόσφατη τεκτονική εφελκυστικού τύπου δημιουργεί κυρίως τεκτονικά βυθίσματα και λεκάνες τριτογενούς και τεταρτογενούς ηλικίας, με πρόσφατη έως ενεργό τεκτονική και σεισμική δραστηριότητα. Οι θερμές πηγές αποτελούν συνήθως επιφανειακές ενδείξεις σημαντικών γεωθερμικών πεδίων. Αρκετά ενδιαφέροντα πεδία που συνδέονται με την Τεταρτογενή εφελκυστική τεκτονική αναπτύσσονται και στο Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο. Σε αυτή τη περιοχή δημιουργούνται τα πολυάριθμα σε συχνότητα γεωθερμικά πεδία και θερμές πηγές, μεταξύ των οποίων και οι πιο θερμές πηγές της Ελλάδας, χαρακτηριστικά αναφέρεται στη περιοχή της Λέσβου, Πολιχνίτος με 88° C. Η ευνοϊκή κατάσταση σε όλο το Κεντρικό και Βόρειο Αιγαίο, καθώς και στις γειτονικές ηπειρωτικές περιοχές, συνδέεται με τη γενικότερη εκλέπτυνση του φλοιού. Βέβαια η εκλέπτυνση του φλοιού σχετίζεται με τη σειρά της με τη γενικότερη σημερινή γεωδυναμική και τεκτονική κατάσταση της ευρύτερη περιοχής, όπου η πίεση της βυθιζόμενης λιθοσφαιρικής πλάκας της Αφρικής νότια της Κρήτης και δυτικά της Πελοποννήσου δημιουργεί συνθήκες έντονου εφελκυσμού πολύ πιο πίσω από το ηφαιστειακό τόξο, στην οπισθότοξη περιοχή του Κεντρικού-Βόρειου Αιγαίου, αλλά και της Κεντρικής Ελλάδας.

Η περιοχή του Αιγαίου είναι μια περιοχή με ενεργή λιθοσφαιρική καταβύθιση, η οποία δημιούργησε ένα μέτωπο συμπίεσης και ένα ενεργό ηφαιστειακό τόξο. Πίσω από το ηφαιστειακό τόξο αναπτύχθηκε κατά κύριο λόγο μια ευρεία περιοχή με διεργασίες διάτασης (εφελκυσμού) και εκτεταμένες τεκτονικές λεκάνες από βύθιση. Στο βόρειο τμήμα της περιοχής υπάρχει μια μεγάλη τεκτονική γραμμή, με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ και οριζόντια μετατόπιση. Είναι φανερό ότι είναι η προέκταση του ρήγματος της βόρειας Ανατολίας, η οποία εισέρχεται διασχίζοντας όλη τη βόρεια Τουρκία, εισβάλλει στο Αιγαίο από το κόλπο της Ταρσού και καταλήγει στη κοιλάδα του Σπερχειού.

Αξίζει να αναφερθεί πως «η κυριότερη διεργασία στις περιοχές των πλακών που συγκλίνουν είναι η ολίσθηση της ωκεάνιας λιθόσφαιρας κάτω από το νησιωτικό τόξο» (Φυτίκας, Ανδρίτσος 2004). Ορισμένες από τις συνέπειες τις οποίες επιφέρει είναι η δημιουργία μαγμάτων εξαιτίας της τήξης σε ορισμένο βάθος, και το οποίο έχει ως τελικό αποτέλεσμα τη μαζική μετανάστευση θερμότητας προς την επιφάνεια, η οποία διευκολύνεται από την άνοδο μαγμάτων και τις μαγματικές μεταφορικές κινήσεις.

Οι διαφορές στο ίδιο νησιωτικό τόξο που προαναφέρθηκε οφείλονται ίσως σε διαφορετικές συνθήκες πιέσεων, όπου σύμφωνα με νεοτεκτονικά και γεωφυσικά στοιχεία : στο δυτικό τμήμα είναι λιγότερο ανεπτυγμένη η τεκτονική διάταση καθώς δυσκολεύει τα μάγματα να φθάσουν στην επιφάνεια, ενώ αντίθετα στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του ηφαιστειακού τόξου, η έντονη εφελκυστική τεκτονική που κυριαρχεί, ευνοεί την άνοδο βασικών μαγμάτων και το σχηματισμό μαγματικών θαλάμων μεγάλων διαστάσεων σχετικά κοντά στην επιφάνεια. Η έξοδος των γεωθερμικών ρευστών στην επιφάνεια της γης δημιουργεί πεδία χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας.

Για την ταξινόμηση των υδροθερμικών συστημάτων νερού, το συνηθέστερο κριτήριο βασίζεται στην ενθαλπία των γεωθερμικών ρευστών, τα οποία είναι και οι φορείς θερμότητας στην επιφάνεια της γης από τα θερμά βαθιά πετρώματα. Η ενθαλπία των ρευστών, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη της θερμοκρασίας τους, χρησιμοποιείται για να εκφράσει το θερμικό περιεχόμενό τους. Οι γεωθερμικοί πόροι ταξινομούνται συνήθως για λόγους ευκολίας σε ρευστά χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας ή θερμοκρασίας. Υψηλής ενθαλπίας ορίζονται τα ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 150°C, μέσης ενθαλπίας τα ρευστά με θερμοκρασία από 90°C μέχρι 150°C και χαμηλής ενθαλπίας τα νερά με θερμοκρασία μικρότερη από 90°C. Ο λόγος της ταξινόμησης είναι ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος δεν είναι πάντα οικονομικά αποδεκτή για θερμοκρασίες ρευστών μικρότερες από 150°C. Ωστόσο, με τις νέες τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ρευστά με χαμηλότερη θερμοκρασία. Αποτελεί όμως πραγματικότητα πως πεδία ρευστών χαμηλής ενθαλπίας είναι πολυάριθμα και αξιοποιούνται για πολλαπλούς σκοπούς, λόγω χάρη λουτροθεραπεία.



Κύρια νεοτεκτονικά χαρακτηριστικά του χώρου του Αιγαίου, Πηγή :
 Παυλίδης, 2003 1. Όρια λιθοσφαιρικών πλακών. 2. Ζώνη ηπειρωτικής συμπίεσης. 3. Τα σπουδαιότερα κανονικά ρήγματα. 4. Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. 5. Πλειοτεταρτογενή ηφαιστεια. 6. Ζώνη συμπίεσης. Τα ανοιχτόχρωμα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση του κύριου εφελκυστικού πεδίου, ενώ τα μαύρα τη διεύθυνση κίνησης της Αφρικανικής λιθόσφαιρας

Εικόνα 2

2.2. Τύποι θερμομεταλλικών εμφανίσεων

Η τεκτονική παίζει σημαντικό ρόλο στις εμφανίσεις θερμομεταλλικών πηγών. Από τον χάρτη ιαματικών πηγών και γεωθερμικών πεδίων, διαπιστώνεται ότι οι περισσότερες ιαματικές πηγές εμφανίζονται κοντά στις ακτές. Μικρότερος αριθμός βρίσκεται σε πεδινές εκτάσεις και ακόμη μικρότερος σε ορεινούς όγκους. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η γεωγραφική κατανομή των ιαματικών πηγών συνδέεται στενά με τη μορφολογία που παρουσιάζει η χώρα μας, και κατά συνέπεια με τους παράγοντες που τη προκάλεσαν. Έτσι λοιπόν η θέση των ιαματικών πηγών στον ελληνικό γεωγραφικό χώρο, είναι αποτέλεσμα των εξής παραγόντων :

- **Τεκτονικός προσανατολισμός.** Στο μακρινό παρελθόν συνέβησαν μεγάλα τεκτονικά γεγονότα, τα οποία επηρέασαν το μορφοανάγλυφο που παρουσιάζει σήμερα ο ελλαδικός χώρος. Έτσι λοιπόν, κατά τη διάρκεια των μεγάλων αυτών τεκτονικών γεγονότων, τα ρήγματα αλλά και στις διασταυρώσεις αυτών, με ρήγματα μικρότερης γεωλογικής ηλικίας, εμφανίστηκαν οι θερμές μεταλλικές πηγές. Τα τεκτονικά αυτά ρήγματα δημιούργησαν τις κατάλληλες συνθήκες για τον σχηματισμό και τη κυκλοφορία του νερού των θερμών πηγών.
- **Ηφαιστειότητα.** Οι θερμές πηγές αποτελούν μεταηφαιστειακά γεγονότα. Παρ' όλα αυτά η ηφαιστειότητα δε αποτελεί αποκλειστικό παράγοντα που καθορίζει τη γεωγραφική κατανομή των θερμών πηγών. Συνήθως συγχρόνως ή μετά την ηφαιστειακή δράση, δημιουργούνται τεκτονικά ρήγματα που επιτρέπουν την εμφάνιση θερμών πηγών. Το νερό, λόγω της έντονης ηφαιστειότητας αποκτά θερμότητα, και διαμέσου των ρωγμών βρίσκεται διέξοδο στην επιφάνεια της γης. Έτσι λοιπόν τις συναντά κανείς στο ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου, όπου εμφανίζονται πολλές θερμές πηγές, οι οποίες διακρίνονται από υψηλές θερμοκρασίες νερού και στην ηφαιστειογενή περιοχή του βορείου Αιγαίου. Σε αυτή τη κατηγορία, τοποθετούνται οι θερμομεταλλικές πηγές της Ικαρίας, οι οποίες ανήκουν στην ομάδα των αλιπηγών, τις λεγόμενες ραδιενεργές αλιπηγές. Αυτές εμφανίζονται στην ακτογραμμή της νησιωτικής περιοχής, και το νερό αυτών είναι σχεδόν εξ' ολοκλήρου θαλάσσιο, εξού και η ονοματολογία Αλιπηγές.
- **Τοπικών γεωλογικών συνθηκών.** Στον Ελληνικό γεωγραφικό χώρο υπάρχουν επίσης θερμές πηγές, οι οποίες δεν ανήκουν στους κανόνες που προαναφέρθηκαν. Εξαιτίας των τεκτονικών γεγονότων που έλαβαν δράση κατά το παρελθόν, οι ψυχρές ή θερμές αυτές πηγές, συνήθως εμφανίζονται σε ορεινές περιοχές. (Ιαματικοί φυσικοί πόροι).



Εικόνα 3

⚓ Γεωθερμικό πεδίο
 ● Ιαματικός πηλός
 ⤴ Σπήλαιο
 ⊕ Ιαματική πηγή
 ▲ Υδρατμοί

Πηγή : Ιαματικοί φυσικοί πόροι και θερμαλισμός, Δρ. Ζήσης Αγγελίδης, 2008

2.3. Ο μηχανισμός των πηγών της Ικαρίας

Σύμφωνα με τον Αγγελίδης Ζ., (2008) προκύπτει ότι «η ταυτοποίηση των ιαματικών πηγών Ικαρίας δίδεται από τον χαρακτηρισμό : μετεωρικές και θαλάσσιες – υπέρθερμες – μεταλλικές (αλιπηγές) – υπερτονικές – χλωριονατριούχες – καλιούχες – βρωμιούχες - ιωδιούχες – ραδιενεργές – πηγές Ικαρίας. Η μόνη διαφοροποίηση μεταξύ τους είναι ο βαθμός ραδιενέργειας».

Το μετεωρικό νερό των πηγών της Ικαρίας κατέρχεται μέσω των ασυνεχειών του υποβάθρου σε βάθος 300-700 m., όπου θερμαίνεται από την αποβολή θερμότητας της γρανιτικής διείσδυσης. Στη συνέχεια το θερμό νερό φαίνεται να κυκλοφορεί και να συγκεντρώνεται στην περιοχή των πηγών εντός των ασυνεχειών του υποβάθρου, και λόγω υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης αλλά και διαφοράς πυκνότητας, αρχίζει ανοδική πορεία, μέσω του παράκτιου ρήγματος, (ανοικτό και ενεργό, όπως προκύπτει από την παρουσία ραδονίου), ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, ή διασταύρωσης αυτού με άλλα, διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, σχηματίζοντας νέο ταμιευτήρα, σε μικρότερο βάθος εντός των φυλλιτών και μαρμάρων, σε βάθος 30-100m.. Η διέλευση μέσω των μαρμάρων εξηγεί και την υψηλή περιεκτικότητα σε Ca.

«Η κύρια διεύθυνση ροής του νερού είναι από ΒΔ προς ΝΑ αλλά και αντίστροφα από τη θάλασσα, αφού η συμμετοχή του θαλασσινού νερού στη θερμή υδροφορία φαίνεται να είναι μεγάλη και καθοριστική. (Αγγελόπουλος Χ., 2013)»

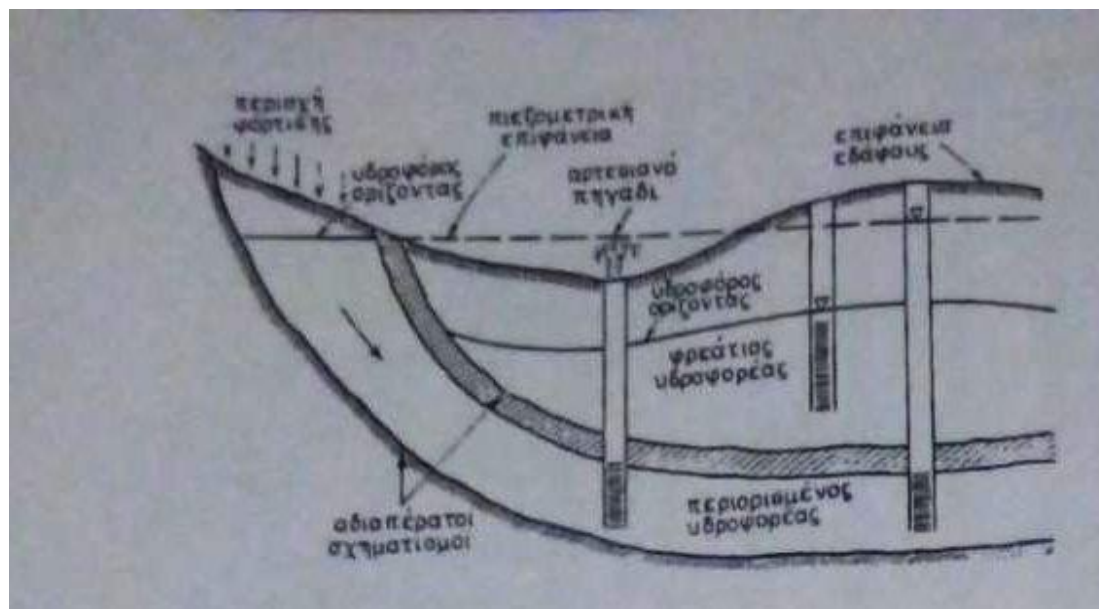
Σύμφωνα με τον Δημόπουλος (1988), Dimoroulos (1989), «σε σχέση με τη θέση της πηγής μπορούν οι θερμομεταλλικές πηγές να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες». Αυτές είναι οι παρακάτω:

- Παράκτιες θερμές πηγές ή θερμικής εστίας. Στην Ικαριακή νησιωτική περιοχή και στις περιοχές εμφάνισης των ιαματικών πηγών είναι σημαντικό να τονιστεί και η παρουσία γρανιτικής διείσδυσης.
- Πηγές που εμφανίζονται απευθείας στο ρήγμα σε διασταυρούμενα ρήγματα, χωρίς να συναντώνται ενδιάμεσα χαλαρά ιζήματα.
- Πηγές που εμφανίζονται στη διασταύρωση ρηγμάτων διαμέσου Τριτογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων. Στη συγκεκριμένη κατηγορία εμπεριέχονται οι περιοχές Λευκάδας και Θερμών, (με τη μορφή διάσπαρτων πηγών).

- Πηγές που εμφανίζονται σε διαδοχικές θέσεις ρηγμάτων σε Τριτογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις, με χρονικές μεταβολές του υδραυλικού φορτίου του θερμομεταλλικού νερού.

Κεφάλαιο 3. Ιαματικές / Θερμομεταλλικές πηγές

Πηγές θεωρούνται τα σημεία εξόδου στα οποία βρίσκεται διέξοδο το υπόγειο νερό και εμφανίζεται στην επιφάνεια της γης. Στην περίπτωση, των μη περιορισμένων υδροφόρων, πηγές εκδηλώνονται στο σημείο εκείνο που τέμνεται ο υδροφόρος ορίζοντας με το ανάγλυφο. Κατά τη διάρκεια των βροχοπτώσεων ο υδροφόρος ορίζοντας ανυψώνεται και αυτό οδηγεί στην αύξηση παροχής του νερού, επομένως και αύξηση του αριθμού των πηγών. Αντίθετα το στέρεμα πολλών πηγών, προκαλείται σε περιόδους ξηρασίας όταν η παροχή νερού έχει ελαττωθεί. Ωστόσο στους περιορισμένους υδροφόρους, δημιουργούνται πηγές όταν το υπό πίεση νερό διαφεύγει μέσω ρωγμών. Πηγές με θερμοκρασία νερού 6 °C μεγαλύτερη της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος λέγονται θερμές πηγές, μια κατηγορία των οποίων είναι και οι θερμομεταλλικές πηγές. Το επιφανειακό νερό ακολουθώντας τους νόμους της βαρύτητας κατεισδύει στο εσωτερικό της δια μέσω ρωγμών και ρηγμάτων, έπειτα θερμαίνεται καθώς έρχεται σε επαφή με μαγματικά υλικά και τέλος επιστρέφει στην επιφάνεια της γης. Λόγω του ότι ο Ελλαδικός χώρος είναι ιδιαίτερα σεισμογενείς, οι θερμές πηγές εμφανίζονται σε πολλές περιοχές της χώρας μας. Ακόμη εκτός από τις πηγές συναντώνται σπανιότερα εκροές θερμού νερού σχηματίζοντας τους θερμοπίδακες ή geyser. Το νερό υπερθερμαίνεται πάνω από το σημείο βρασμού, και αφού μετατρέπεται στην αερίά του μορφή ωθείται στην επιφάνεια της γης σε ένα μίγμα υδρατμών. Χαρακτηριστικά, το πιο γνωστό είναι το Old faithful geyser στο Yellowstone Park των ΗΠΑ όπου κάθε 65 λεπτά αναβλύζει ένας πίδακας νερού και υδρατμών ύψους 50 μέτρων. Ωστόσο, το υπόγειο νερό εκφορτίζεται και σε άλλα σημεία, όπως λίμνες, έλη, ποταμούς, χείμαρρους, ακολουθώντας πάντοτε μία καμπύλη διαδρομή όπως αυτό απεικονίζεται και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4

Τύποι υπόγειων υδροφορέων, Πηγή : Λατινοπούλου, 1990

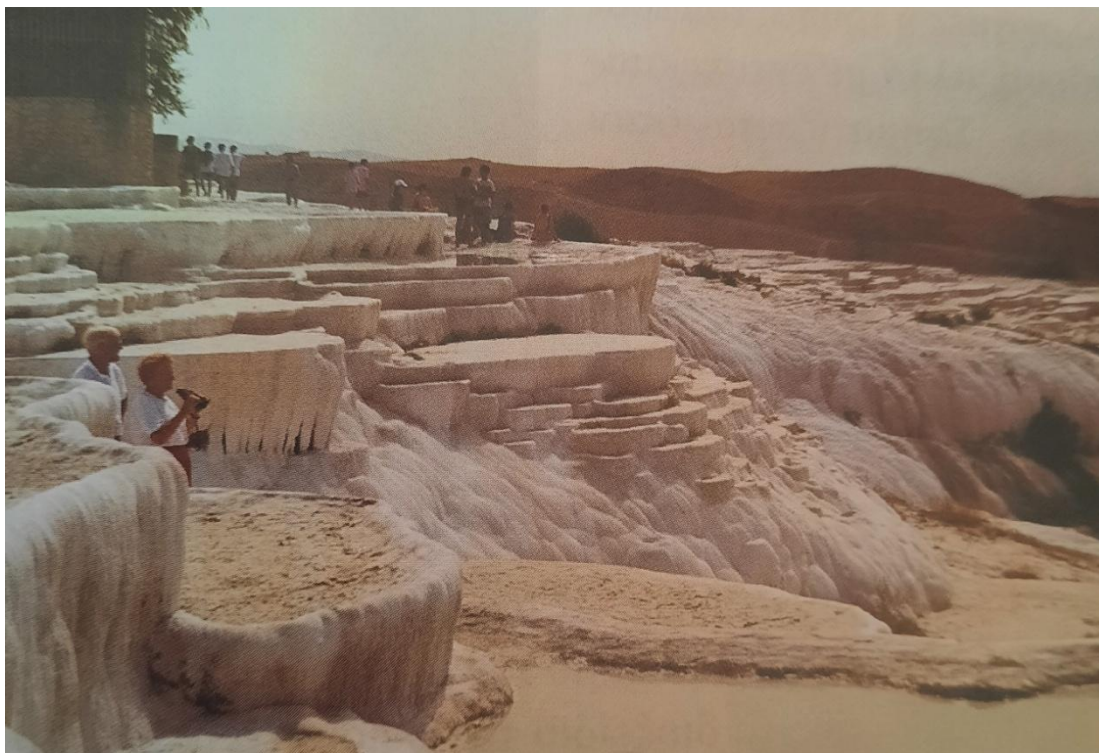
3.1. Ιαματικές πηγές

Όταν γίνεται αναφορά στις ιαματικές πηγές, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη όλων των ειδών οι ρηγματώσεις και ασυνέχειες των πετρωμάτων, τα οποία παραμένουν ενεργά και ανοικτά, λόγω των τεκτονικών κινήσεων και επιτρέπουν την διόδο και απελευθέρωση των ιαματικών νερών. Τα κενά

ανάμεσα στις ασυνέχειες των πετρωμάτων επιτρέπουν την άνοδο του ιαματικού νερού από το βάθος, του οποίου η γένεση οφείλεται τόσο στα φαινόμενα μαγματισμού, όσο και κατεισδυσης. Κάτω από την επιφάνεια, πραγματοποιούνται αναμειξεις νερού, επιφανειακού που έχει κατεισδύσει και νερού υπέρθερμου που φτάνει από μεγάλα βάθη, καθώς πολλών ατμών ή αερίων. Χαρακτηριστικά τα συνήθη αέρια που βρίσκονται διαλυμένα στα ιαματικά νερά είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το υδρόθειο.

3.2. Θερμομεταλλικές πηγές

Σύμφωνα με τον Δούτσος Θ. (2014), «οι έρευνες των τελευταίων δεκαετιών έδειξαν ότι τα περισσότερα από τα υδροθερμικά κοιτάσματα προέκυψαν από την κυκλοφορία του υπόγειου νερού σε περιοχές όπου το μάγμα διείσδυσε κοντά στην επιφάνεια της γης». Όταν το υπόγειο νερό κατεισδύει σε περιοχές με μαγματική δράση τότε αυξάνει η θερμοκρασία του με αποτέλεσμα να αυξάνει και η διαλυτική του ικανότητα. Δεσμεύει μεταλλικά ιόντα, εμπλουτίζεται και στη συνέχεια όταν κατά την άνοδό του ψυχθεί αποδίδει τα ιόντα υπό την μορφή κοιτασμάτων. Αναλόγως των συνθηκών απόθεσης μπορούν να προκύψουν φλεβικά κοιτάσματα, διασπαρμένα κοιτάσματα, ή ακόμα και επιφανειακά κοιτάσματα αν τα υδροθερμικά διαλύματα φθάσουν στην επιφάνεια της γης και εκδηλωθούν ως θερμομεταλλικές πηγές. Στις περιοχές που εκδηλώνονται οι θερμές πηγές συχνά συναντά κανείς αποθέσεις αλάτων. Ακόμη στα σημεία εκείνα μπορούν να σχηματιστούν πυριτικές αποθέσεις, οι οποίες εκδηλώνονται από θερμά νερά πλούσια σε υψηλή περιεκτικότητα σε διαλυμένο διοξείδιο του πυριτίου. Επιπρόσθετα από θερμά νερά με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα αποτίθενται ανθρακικές αποθέσεις και τραβερτίνες. Τέλος, οι αποθέσεις πολλές φορές σχηματίζουν σωρούς, στρώματα και μικρές αναβαθμίδες «πεζούλες» από τα καταβυθιζόμενα άλατα.



Εικόνα 5

Αποθέσεις ανθρακικών αλάτων από θερμές πηγές με το σχηματισμό εντυπωσιακών αναβαθμίδων στο Pamukkale (αρχαία Ιεράπολη) της Τουρκίας.

Πηγή: Φυτίκας, Ανδρίτσος 2004

Οι θερμομεταλλικές πηγές παρουσιάζουν ένα συνονθύλευμα χαρακτηριστικών και από τις θερμές και από τις μεταλλικές πηγές. Θερμές πηγές είναι οι πηγές που η θερμοκρασία τους κυμαίνεται από μερικούς βαθμούς πάνω από την μέση ετήσια θερμοκρασία, μέχρι τη θερμοκρασία βρασμού. Μεταλλικές

πηγές χαρακτηρίζονται οι πηγές που περιέχουν σύνολο διαλυμένων στερεών πάνω από 1000 mg/kg. Η ταξινόμηση των μεταλλικών πηγών γίνεται με βάση τα επικρατούντα ανιόντα ή κατιόντα. Έτσι οι πηγές αυτές παίρνουν το όνομά τους από εκείνα τα ιόντα που η συμμετοχή τους στο σύνολο των ανιόντων ή κατιόντων ξεπερνά το 20% (συγκέντρωση σε mg/l). Οι θερμές πηγές ανάλογα με τη θερμοκρασία του ταξινομούνται με τους παρακάτω τρόπους :

Σύμφωνα με τον Castany (1963) έχουμε την εξής ταξινόμηση :

- Υπέρθερμες πηγές: 50°-100° C
- Μεσόθερμες πηγές: 35°-30° C
- Υπόθερμες πηγές: 20°-35° C

Σύμφωνα με τους Carpellmayer-Haenel (1974) έχουμε την εξής ταξινόμηση:

- Υπέρθερμες πηγές: >38° C
- Μεσόθερμες πηγές: 35°-38° C
- Υπόθερμες πηγές: 20°-34° C

Σύμφωνα με τον Thurner έχουμε την εξής ταξινόμηση:

- Ελαφρά θερμές πηγές: 20°-25° C
- Θερμές πηγές: 25°-32° C
- Πολύ θερμές πηγές: >32° C

3.3. Προέλευση θερμομεταλλικών νερών

Στη μελέτη των θερμομεταλλικών νερών είναι σημαντικός ο ρόλος των ρηγματών και όλων των τύπων ασυνεχειών των πετρωμάτων, που είναι ακόμη ανοικτές, λόγω της γένεσης τους από πρόσφατες τεκτονικές κινήσεις. Η γρήγορη άνοδος του νερού από το βάθος, του οποίου η γένεση οφείλεται στα φαινόμενα κατεισδυσής και μαγματισμού πραγματοποιείται μέσα από τις ρηγματώσεις των πετρωμάτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις κάτω από την επιφάνεια του εδάφους λαμβάνουν χώρα αναμίξεις επιφανειακού νερού που έχει κατεισδύσει και νερού υπέρθερμου που φτάνει από μεγάλα βάθη, καθώς και ατμών ή αερίων.

Τα θερμομεταλλικά ύδατα είναι ανερχόμενα σε αντίθεση με τις πηγές πόσιμου νερού. Η άνοδος του νερού στη περίπτωση των ανερχόμενων θερμομεταλλικών πηγών οφείλεται κυρίως στους εξής παράγοντες: στη διάφορα πυκνότητας μεταξύ θερμού και ψυχρού νερού λόγω διαστολής του θερμού και στις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την διαδρομή του νερού μέσα από διόδους στις ρωγμές των πετρωμάτων, στην υδροστατική πίεση και τέλος στη τάση των παραγόμενων υδρατμών του νερού λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.

Τα θερμομεταλλικά νερά είναι γεωθερμικά ρευστά με προέλευση τα επιφανειακά νερά (κυρίως μετεωρική) που κατά περίπτωση μπορεί να περιέχουν μικρά ποσοστά νεαρών ή συγγεντικών νερών και φθάνουν στην επιφάνεια με τον μηχανισμό των γεωθερμικών ρευστών. Η μεταλλικότητα τους διαμορφώνεται κατά τη πορεία τους στο υπέδαφος. Τέλος η θερμοκρασία τους καθώς ανεβαίνουν προς την επιφάνεια μειώνεται, καθώς έρχονται σε επαφή με νερά υδροφόρων χαμηλής θερμοκρασίας.

Σε παράκτιες περιοχές, είναι συχνή και μια ακόμη ανάμειξη, εκείνη με το θαλασσινό νερό που με την συμμετοχή του επηρεάζει τους ποιοτικούς χαρακτήρες των θερμομεταλλικών νερών.

Η μελέτη των τρόπων εμφανίσεως των ιαματικών νερών δείχνει ότι σχεδόν πάντα τα νερά είναι ανερχόμενα, μέσα από ζώνες με ρωγμές ή ρήγματα.

Τα θερμομεταλλικά νερά ανάλογα με τη προέλευση τους διακρίνονται σε :

- ❖ Μετεωρική

Πρόκειται για τα γεωθερμικά νερά μετεωρικής προέλευσης που κατείδυσαν, πέρασαν από ρωγμές ή διακλάσεις των πετρωμάτων και η κυκλοφορία τους έγινε κάτω από νόμους της βαρύτητας και των τριχοειδών φαινομένων. Στην διάρκεια της πορείας τους προς μεγαλύτερα βάθη είναι δυνατόν να αναμειγνύονται με μαγματικό ή νεαρό νερό. Τα νερά αυτά στη πορεία της διαδρομής τους εμπλουτίζονται με διάφορα συστατικά, καθώς διαλύουν αρκετά άλατα ορυκτών και λόγω της γεωθερμικής βαθμίδας, αποκτούν θερμότητα, η οποία ως γνωστόν κάθε 30 μέτρα η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται κατά 1°C. Έπειτα εμφανίζονται στην επιφάνεια αφού ανέρχονται μέσα από ρωγμές και διακλάσεις. Αυτή η άνοδος συχνά ενεργοποιείται από της δράση των αερίων και των ατμών του νερού. Όσο πιο μεγάλη είναι η θερμοκρασία με την οποία εμφανίζεται το νερό στην επιφάνεια, τόσο φυσικά σε μεγαλύτερο βάθος κατόρθωσε να φτάσει, τόσο πιο γρήγορα ανέβηκε πάλι στην επιφάνεια και τόση δυσχέρεια συνάντησε κατά τη διάρκεια ανάμιξής του με τα επιφανειακά νερά. Ο τρόπος αυτός δημιουργίας των ιαματικών νερών είναι και ο πιο συχνός. Έτσι εξηγείται γιατί πολύ συχνά, τα ιαματικά νερά έχουν χημική σύσταση παραπλήσια, όσον αφορά στα κύρια ιόντα, προς εκείνη των συνηθισμένων νερών.

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, αυτών των ιαματικών νερών είναι ανάλογα των περιοχών από τις οποίες προέρχονται. Γι' αυτό και η περιεκτικότητα σε άλατα, η θερμοκρασία και η υδρολογία παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία και συχνά παρατηρείται ότι επηρεάζονται από τις υδρομετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής απ' όπου προέρχονται, σε μικρή ή μεγάλη κλίμακα. Για τα ιαματικά νερά μετεωρικής προέλευσης, η θερμοκρασία σπάνια ξεπερνά τους 35°-40° C.

Τα γεωθερμικά νερά ανάλογα με το βάθος διακρίνονται σε : **A) φρεάτια ή αρτεσιανά μικρού βάθους.** Αυτά παρουσιάζουν χαμηλή θερμοκρασία ανάλογα με τις επιτόπου συνθήκες. Ο κύκλος τους παρουσιάζει ομοιότητες με τον κύκλο των υδροφόρων συστημάτων. Όσο αυξάνει η απόσταση διαδρομής τους ανάμεσα στη ζώνη τροφοδοσίας, τόσο σταθεροποιείται και γίνεται πιο χαρακτηριστική η μεταλλικότητα τους. Αντίστοιχα η μεταλλικότητα μεγαλώνει και με τη μείωση της ταχύτητας κίνησής τους. **B) αρτεσιανά ενδιάμεσου ή μεγάλου βάθους.** Η θερμοκρασία τους είναι μεγαλύτερη από 20° C και προέρχονται από βάθος ίσο ή μεγαλύτερο από 1000 m. Έχουν αυξημένα ποσοστά μεταλλικότητας και η κυκλοφορία τους ακολουθεί τους κανόνες των γεωθερμικών ρευστών.

Ο μηχανισμός των γεωθερμικών ρευστών περιγράφεται ακολούθως :

Το νερό της βροχής ή σε αρκετές περιπτώσεις το νερό από σώματα επιφανειακού νερού, λόγω χάρη λίμνες, ποταμοί, ή και από τη θάλασσα κατεισδύει στον ταμιευτήρα μέσα από ρωγμές και διαρρήξεις, ο οποίος βρίσκεται σε μεγάλο βάθος, που συχνά ξεπερνά τα 3000 m. , όπου εκεί τα πετρώματα είναι ζεστά λόγω της γεωθερμικής βαθμίδας. Ο ταμιευτήρας είναι ένας σχηματισμός από θερμά υδροπερατά πετρώματα, που επιτρέπει την κυκλοφορία των ρευστών μέσα σε αυτόν και από τον οποίο τα ρευστά αντλούν θερμότητα. Πάνω από τον ταμιευτήρα εντοπίζεται συχνά ένα στρώμα αδιαπέρατων πετρωμάτων. Το νερό στον ταμιευτήρα αποκτά θερμότητα εμπλουτίζεται με άλατα και αέρια και επιστρέφει στην επιφάνεια μέσα από άλλες ρωγμές και

διαρρήξεις. Κατά την επιστροφή του το ζεστό νερό μπορεί να αναμειχθεί με ψυχρότερο νερό από υδροφόρα στρώματα που διασχίζει. Όταν τελικά το νερό φθάνει στην επιφάνεια, δημιουργεί τις θερμές πηγές.

❖ Ενδογενής

Τα ενδογενή ή νεαρά νερά (juvenile) είναι αυτά τα οποία η προέλευση τους οφείλεται στα βαθύτερα στρώματα της γης, ιδιαίτερα του μανδύα. Τα ενδογενή νερά οφείλουν τη προέλευσή τους σε τρεις παράγοντες : μαγματική, ηφαιστειακή προέλευση και από χημικές αντιδράσεις.

Μαγματική προέλευση :

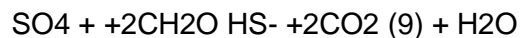
Διάφορα πτητικά συστατικά έχουν τη τάση να ελευθερώνονται και να διαφεύγουν, όταν κρυσταλλωθεί το μάγμα. Αυτά τα πτητικά συστατικά συγκροτούνται κατά κύριο λόγο από υδρογόνο και υδρατμούς και έπειτα συνοδεύονται από θείο, βόριο, φθόριο, χλώριο, άνθρακα, φώσφορο. Έτσι από 1 km³ γρανίτη ελευθερώνονται 26 εκατομμύρια τόνοι νερού. Τα ιαματικά νερά ενδογενούς προέλευσης παρουσιάζουν χημική σύσταση εντελώς ανέγγιχτη από το πέτρωμα από το οποίο εμφανίζονται. Περιέχουν ορυκτολογικά συστατικά ανάλογα με το μάγμα από το οποίο προήλθαν. Για παράδειγμα η θερμοκρασία, η περιεκτικότητα σε άλατα, και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά τους εμφανίζουν σταθερότητα και είναι αμετάβλητα.

Ηφαιστειακή προέλευση:

Τα ενδογενή ιαματικά νερά μπορούν να προέρχονται από στερεοποίηση της λάβας και από υδρατμούς που η προέλευση τους οφείλεται σε ηφαιστειακή δράση. Δηλαδή, μπορούν να προέρχονται από μια διαδικασία απόσταξης και συμπύκνωσης της υγρασίας των πετρωμάτων και από εξώθηση-έκλυση υδρατμών από τα πετρώματα του βάθους. Οι υδρατμοί αυτοί, συνοδεύονται από ανθρακικά αέρια, άζωτο, διοξείδιο του θείου, υδροχλώριο, υδροφθόριο, και υδρόθειο.

Προέλευση από χημικές αντιδράσεις:

Ορισμένες φορές απελευθερώνεται νερό από διάφορες χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα στο φλοιό. Για παράδειγμα μία από αυτές είναι:

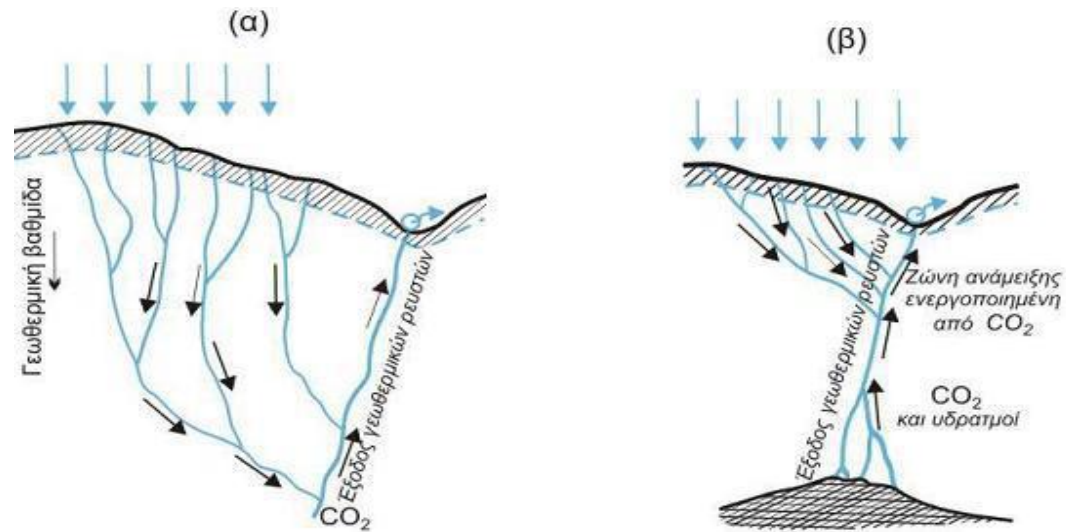


❖ Συγγενετικά ή απολιθωμένα νερά

Σε αυτή τη κατηγορία εντάσσεται το θαλασσινό νερό, το οποίο παγιδεύτηκε στα ιζήματα κατά τη περίοδο δημιουργίας τους και μετέπειτα παρασύρθηκε σε ένα σύστημα κυκλοφορίας μετεωρικών νερών. Τα νερά αυτά είναι πολύ υψηλής μεταλλικότητας και είναι πλούσια σε χλώριο, βρώμιο, και ιώδιο.

❖ Νερά ανάμεικτα

Συχνά τα ιαματικά νερά παρουσιάζουν μεικτή σύσταση, δηλαδή αναμειγνύονται με νερά εξωγενούς (μετεωρικής) και ενδογενούς (ηφαιστειακής προέλευσης). Πολλές φορές οι αφίξεις αερίων από το βάθος, μπορούν απλά να ενεργοποιήσουν τα νερά που προέρχονται από την κατείδυση και να δώσουν με την άνοδο στην επιφάνεια ιαματικά νερά.



Εικόνα 6

α) Θερμή πηγή με μετεωρικό νερό, β) θερμή πηγή με μετεωρικό και νεαρό νερό. Πηγή : Castany G., 1968

3.4. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ιαματικών νερών καθορίζουν την ποιότητα τους καθώς και πολλούς άλλους παράγοντες. Μερικά από τα χαρακτηριστικά είναι η χημική σύσταση, τα αέρια που μπορούν να περιέχουν, η θερμοκρασία, η ραδιενέργεια, οι φυσικοχημικές παράμετροι και οι αποθέσεις που δημιουργούν στην έξοδό τους.

3.4.1. Η χημική σύσταση των ιαματικών νερών

Τα ιαματικά νερά, συνήθως εμφανίζουν υψηλή περιεκτικότητα σε διαλυμένα στερεά και αυτό οφείλεται κυρίως στην αυξημένη θερμοκρασία τους. Αυτό συμβαίνει διότι η αυξημένη θερμοκρασία αυξάνει τη διαλυτική ικανότητα του νερού που κυκλοφορεί μέσα στα πετρώματα και συντελεί στον εμπλουτισμό του σε συστατικά.

Τα κύρια ανιόντα που απαντούν στη χημική σύσταση των ιαματικών νερών: είναι το χλώριο (Cl^-) που είναι το πιο κοινό ιόν και συμμετέχει κυρίως στον σχηματισμό αλάτων NaCl και KCl και τέλος το βρώμιο (Br^-). Η τιμή διάκρισης μεταξύ κοινών και μεταλλικών νερών για το βρώμιο είναι 5mg/l . Ακόμη στη σύσταση των ιαματικών νερών συμμετέχουν ηθειϊκή ρίζα ($\text{SO}_4^{=}$) και το οξυανθρακικό ιόν (HCO_3^-). Το ιώδιο (I^-) είναι πολύ σημαντικό και παρουσιάζει οριακή τιμή 1mg/l αλλά και το φθόριο (F^-) με οριακή τιμή 2mg/l .

Τα κύρια κατιόντα που απαντούν στη χημική σύσταση των ιαματικών νερών είναι: το νάτριο (Na^+), το κάλιο (K^+) και το λίθιο (Li^+), το οποίο βρίσκεται σε μικρές ποσότητες και προσδίδει στο νερό θεραπευτικές ιδιότητες και παρουσιάζει οριακή τιμή διάκρισης μεταξύ κοινών ιαματικών νερών 1mg/l . Επιπλέον πολύ συχνό είναι το ασβέστιο (Ca^{++}) που συνοδεύεται σχεδόν πάντα από το μαγνήσιο (Mg^{++}).

Τα συστατικά των ιαματικών νερών μπορεί να έχουν ενδογενή και εξωγενή προέλευση. Εξωγενή προέλευση των συστατικών συμβαίνει όταν το νερό διαλύει τα πετρώματα μέσα από τα οποία κυκλοφορεί. Επιπλέον απαντάται η συμβολή σε συστατικά από τις χημικές αντιδράσεις και από τη συνεισφορά των μικροοργανισμών. Ο ενδογενής εμπλουτισμός σε συστατικά του ιαματικού νερού, γίνεται από τη ενεργό συμμετοχή του μάγματος και την ηφαιστειότητα που λαμβάνει χώρα στα έγκατα του φλοιού της γης.

3.4.2. Τα αέρια των ιαματικών νερών

Τα αέρια τα οποία μπορεί να εμπεριέχονται στα ιαματικά νερά είναι το CO₂ και το H₂S, ενώ μπορεί ακόμη να υπάρχουν το άζωτο και τα ευγενή αέρια (ήλιο, νέο, αργό, ξένο, κρυπτό), το οξυγόνο, το υδρογόνο και το μεθάνιο.

Τα αέρια παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς κατά ένα μικρό ποσοστό επηρεάζουν την άνοδο των ιαματικών νερών από τα κατώτερα στρώματα στην επιφάνεια της γης, σε συνδυασμό με ένα συνονθύλευμα παραγόντων. Έτσι λοιπόν η τάση των υδρατμών των εμπεριεχομένων αερίων, μαζί με την τάση των υδρατμών που αναπτύσσονται λόγω της μεγάλης θερμοκρασίας καθώς και η διαφορά πυκνότητας που δημιουργείται από την θερμοκρασία και τα αέρια σε σχέση με το κοινό νερό, είναι αρκετά για να προκαλέσουν την ανοδική πορεία του ιαματικού νερού μέχρι την επιφάνεια, χωρίς η άνοδος αυτή να υπόκεινται στους νόμους της υδροστατικής.

3.4.3. Η θερμοκρασία των ιαματικών νερών

Η θερμοκρασία του ιαματικού νερού εξαρτάται από το βάθος προέλευσής του. Μια πηγή λέγεται θερμή όταν το νερό έχει θερμοκρασία δύο βαθμών υψηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος απ' όπου εμφανίζεται.

Η θερμοκρασία του νερού προέρχεται κυρίως από την γεωθερμική βαθμίδα, αλλά ακόμη και από την ηφαιστειότητα, από την απόψυξη του μάγματος και από ορισμένες φυσικοχημικές αντιδράσεις.

Η θερμοκρασία του νερού σε βάθος 3.000 μέτρων είναι 100°C. Για να θεωρηθεί μία πηγή θερμή προϋποθέτει το υπόγειο νερό να ανέλθει στην επιφάνεια σε σύντομο χρονικό διάστημα, διότι είναι γνωστό πως το νερό καθώς κινείται χάνει θερμότητα και ψύχεται. Η ενεργός ηφαιστειότητα παράγει θερμότητα που εκπέμπεται από το μάγμα και από το δημιουργούμενο υπέρθερμο νερό juvenile.

Η απόψυξη του μάγματος που έλαβε θέση στα ανώτερα στρώματα του φλοιού, συχνά τροφοδοτεί το ιαματικό νερό με θερμότητα. Επιπροσθέτως, οι αντιδράσεις που μπορούν να προσφέρουν θερμότητα στο νερό είναι οι εξώθερμες αντιδράσεις, όπως η οξείδωση του σιδηροπυρίτη και οι αντιδράσεις διασπάσεως των ραδιενεργών ορυκτών, όπως η διάσπαση ραδίου.

3.4.4. Οι φυσικοχημικές παράμετροι

Οι φυσικοχημικές παράμετροι παίζουν καίριο λόγο για τα ιαματικά νερά. Αυτές τα επηρεάζουν με ποικίλες μεταβλητές όπως είναι το δυναμικό οξειδοαναγωγής, ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH και η πυκνότητα. Οι τιμές pH των ιαματικών νερών προσδίδουν πληροφορίες σχετικές με τα συστατικά που πρόκειται να συμμετέχουν στη σύστασή τους ή με τον χαρακτήρα των πετρωμάτων προέλευσής τους. Έτσι λοιπόν, εμφανίζουν διαφορετικές τιμές pH κάθε φορά (όξινα ή αλκαλικά).

Τα νερά που προέρχονται από πετρώματα πυριτικά έχουν pH γύρω στο 7 και μερικές φορές μικρότερο από αυτό, ενώ τα ισχυρά ασβεστιτικά νερά έχουν pH πολύ ψηλό, δηλαδή 7, 8 ή και περισσότερο.

Το pH μιας ιαματικής πηγής μεταβάλλεται συνεχώς καθώς εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (π.χ. βροχόπτωση, κατείσδυση). Οι μεταβολές του pH επηρεάζουν την σταθερότητα των διαλελυμένων συστατικών του νερού, και προκαλούν καθίζηση των αθρακικών αλάτων.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού, για μια δεδομένη θερμοκρασία εξαρτάται από τα ιόντα που περιέχονται σε αυτό και είναι απ' ευθείας ανάλογη προς την ολική συγκέντρωσή τους. Έτσι η αγωγιμότητα φανερώνει το μέτρο της συγκέντρωσης των διαλελυμένων ηλεκτρολυτών μέσα στο νερό, με λίγα λόγια περιγράφει τον ιονισμό του νερού ή την ολική περιεκτικότητά του σε συστατικά.

3.4.5. Οι αποθέσεις που δημιουργούν κατά την έξοδό τους

Κατά την έξοδό τους στην επιφάνεια τα θερμομεταλλικά δημιουργούν αποθέσεις γύρω από το σημείο ανάβλυσης και υπόκεινται σε μεταβολές σχετικά με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους.

Οι κύριες αιτίες του σχηματισμού αυτών των αποθέσεων είναι διάφορα βιολογικά φαινόμενα. Μερικά από αυτά είναι η απόψυξη, η αποσυμπίεση των αερίων, η οξείδωση των διαλελυμένων συστατικών, η αναγωγική δράση διαφόρων μικροοργανισμών. Οι αποθέσεις αυτές συνήθως συναντώνται ή σε στερεά μορφή ή υπό μορφή ιλύος.

Σχετικά με τις αποθέσεις που είναι σε στερεά μορφή, πρόκειται κυρίως για ανθρακικό ασβέστιο με την μορφή του αραγωνίτη και σπανιότερα με τη μορφή του ασβεσίτη. Συχνά παρατηρείται λειμονίτης, ενώ η γύψος είναι πιο σπάνια. Το πυρίτιο, όταν διατίθεται σε αφθονία σχηματίζει χαλκηδόνιο και χαλαζία.

Οι αποθέσεις σε μορφή ιλύος αποτελούνται από ιζήματα και από μικροοργανισμούς. Τα ιζήματα αυτά είναι κόκκινα από τα οξειδία του σιδήρου. Συχνά παρατηρείται, ότι στις περιοχές των αποθέσεων κατακάθονται βακτήρια και μικροοργανισμοί. Αυτά αποτελούν μια ειδική πανίδα και χλωρίδα που συγκεντρώνεται στις αναβλύσεις των θερμών πηγών.



Εικόνα 7

Αποθέσεις οξειδίου του σιδήρου σε μορφή κόκκινης ιλύος στις ιαματικές πηγές (αλιπηγές) Λευκάδα Ικαρίας.

3.4.6. Η ραδιενέργεια των μεταλλικών πηγών

Η ραδιενέργεια προσδίδει στα νερά ιδιαίτερη θεραπευτική αξία. Η ραδιενέργεια των ιαματικών νερών οφείλεται κυρίως στο ραδόνιο, και σε άλλα αέρια. Από τα περισσότερα αέρια που υπάρχουν στο νερό, το ραδόνιο συνδέεται με το διοξείδιο του άνθρακα, γιατί αυτό ευνοεί την απόκτηση ραδιενέργειας από το νερό.

Τα νερά προκειμένου να αποκτήσουν ραδιενέργεια, δεν είναι απαραίτητο να περάσουν κατά τη διαδρομή τους από κοιτάσματα ουρανίου. Είναι αρκετό, να κυκλοφορούν μέσα από πετρώματα, που έστω σε ελάχιστα και μη εκμεταλλεύσιμα ποσά μπορεί να περιέχουν ορυκτά του ουρανίου.

Η ραδιενέργεια των νερών μεταβάλλεται συνεχώς, εξαρτάται δηλαδή από την εποχικότητα, αλλά ακόμη επηρεάζεται από την θερμοκρασία και τη παροχή.

Η μονάδα μέτρησης της ραδιενέργειας είναι η Mache. Ραδιενεργά νερά παίρνουν το όνομά τους όταν η περιεκτικότητά τους σε ραδιενέργεια ξεπερνά τα 15 M/l νερού. Έτσι οι πηγές διακρίνονται σε :

- Ασθενείς, όταν η ραδιενέργεια του νερού είναι από 3,5 έως 20 Mache.
- Μέτριες, όταν η ραδιενέργεια του νερού είναι από 20 έως 100 Mache.
- Ισχυρές, όταν η ραδιενέργεια είναι >100 Mache.

Οι πηγές της Ικαρίας θεωρούνται μεταξύ των πλέον ραδιενεργών θερμοπηγών της υδρογείου. Σύμφωνα με τον (Βορεάδης Γ., 1965) «οι πηγές της Ικαρίας διακρίνονται σε :

- Ασθενείς ραδιενεργές (Σπηλαίου, Θερμών)
- Μέτριες ραδιενεργές (Χλιο Θέρμο, Αγία Κυριακή, Παμφίλη)
- Ισχυρές ραδιενεργές (Μουσταφά, Κράτσα, Απόλλωνος, Αρτέμιδος)

Κατά τον ίδιο ερευνητή, τα ύδατα των πηγών των Θερμών, καθώς δεν διέρχονται από προσχωματικά εδάφη, δεν υφίστανται δευτερογενή μείωση της θερμοκρασίας και της ραδιενέργειάς τους. Ειδικότερα τις ιδιότητές τους τις οφείλουν στην επίδραση των γεωλογικών συνθηκών του υπεδάφους. Αντίθετα, η χαμηλή ραδιενέργεια των πηγών Χλιο Θέρμο και Θερμών, παρά την γειτνίαση του γρανοδιορίτη, οφείλεται στη διέλευση του νερού διαμέσου ψαθρού εδάφους διλουβιακών προσχώσεων. Η μικρή ραδιενέργεια των πηγών της Αγίας Κυριακής αποδίδεται στην πρόσμιξη θαλασσινού νερού κατά την έξοδο του μεταλλικού.»

Οι συγκεντρώσεις φυσικών ραδιονουκλιδίων στα νερά της Ικαρίας είναι υψηλότερες από αυτές που παρατηρείται σε άλλες ελληνικές περιοχές. Οι ενισχυμένες συγκεντρώσεις είναι πιθανό να οφείλονται στη συνεχή εκροή των πηγών μέσα στη θάλασσα.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις των Florou et al., (2006) και τις μετρήσεις τους σε δείγματα ιζημάτων και χώματος, βρέθηκε πως η υπολογισμένη δόση της συνολικής ακτινοβολίας γ , ανερχόταν σε συνολικό ποσοστό 71-358 nSv. h⁻¹, αναφορικά με τη περιοχή της Λευκάδας, τα οποία αποτελέσματα ανέρχονται σε ένα φυσιολογικό εύρος τιμών μεταξύ 1522 $\mu\text{Sv}\cdot\text{y}^{-1}$ και μέγιστο 3133 $\mu\text{Sv}\cdot\text{y}^{-1}$. Οι αντίστοιχες μετρήσεις στα Θέρμα ανήλθαν σε 20-33 nSv. h⁻¹ με το αντίστοιχο φυσιολογικό εύρος τιμών σε 284 $\mu\text{Sv}\cdot\text{y}^{-1}$ και το μέγιστο στα 289 $\mu\text{Sv}\cdot\text{y}^{-1}$. Συγκρινόμενες, οι τιμές στη Λευκάδα, παρατηρεί κανείς πως είναι ιδιαίτερα υψηλές. Αυτό μπορεί να αποδοθεί κυρίως στο ότι τα ιαματικά λουτρά στη Λευκάδα είναι εκτός λειτουργίας, και έτσι το νερό ρέει ελεύθερο στις περιοχές που αναβλύζουν οι πηγές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή απόθεση ραδιενεργών στοιχείων στο έδαφος και τα ιζήματα στις παρακείμενες περιοχές και κατά συνέπεια σε υψηλότερους ρυθμούς δόσης σε σύγκριση με τους ρυθμούς που προκύπτουν από τη γ ραδιομετρία στην ευρεία γειτνίαση. Έτσι λοιπόν, καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα πως το αβιοτικό περιβάλλον και συνεπώς η θαλάσσια χλωρίδα στις περιοχές γύρω από τις ιαματικές πηγές της Ικαρίας, παρουσιάζουν αυξημένη συγκέντρωση φυσικών ραδιονουκλιδίων, συγκρινόμενη με αντίστοιχα επίπεδα σε άλλες ελληνικές περιοχές.

Η ραδιενέργεια των μεταλλικών υδάτων οφείλεται στο ραδόνιο, προϊόν της μεταστοιχειώσεως του ραδίου. Είναι το βαρύτερο γνωστό αέριο με ατομικό βάρος 222.

Σχηματίζεται από την απώλεια ενός ή περισσοτέρων α μορίων ραδίου τα οποία αποτελούνται από 4 πρωτόνια (θετικός ηλεκτρισμός) και 2 ηλεκτρόνια (αρνητικός ηλεκτρισμός). Διαχέεται με γρήγορο ρυθμό στον γειτονικό αέρα και όταν έρχεται σε επαφή με άλλες ουσίες, οι ιδιότητες της ραδιενέργειας τους μεταδίδονται σε αυτές.

Το ραδόνιο έχει μικρή διάρκεια ζωής. Το ραδόνιο εισέρχεται στον οργανισμό μέσα από την αναπνευστική οδό αλλά και μέσα από το δέρμα κατά της διάρκεια της λουτροθεραπείας. Το ραδόνιο, το οποίο προσλαμβάνεται μέσα από την αναπνευστική οδό διαχέεται πολύ γρήγορα στο αίμα και στους ιστούς,

και από αυτό δημιουργούνται οι ακτίνες α και τα παράγωγα ραδιενεργά σώματα. Στο δέρμα επιδρούν οι ακτίνες β και γ των ραδιενεργών στοιχείων, ερεθίζουν αυτό και διεγείρουν τα αγγειοκινητικά νεύρα. Το ραδόνιο φθάνει μέχρι τα νεύρα και επιδρά ευεργετικά στις νευραλγίες και συντελεί στην αποβολή μεγάλων ποσών ουρικού οξέως από τον οργανισμό. Επίσης καταστέλλει την προδιάθεση του οργανισμού στα φαινόμενα της καταπληξίας και συντελεί στην ίαση της αναφυλαξίας. Μέσα από το δέρμα εισέρχεται μικρή ποσότητα ραδονίου. Η ποσότητα η οποία έχει εισέλθει μέσα από την αναπνευστική οδό, διαχέεται εντός 15 λεπτών. Το 80% του ραδονίου που έχει απορροφηθεί, αποβάλλεται από τον οργανισμό την πρώτη ώρα μετά την εισπνοή και το υπόλοιπο παραμένει περίπου για 24 ώρες. Ωστόσο μέσα από την χολή και τα νεφρά αποβάλλεται μικρό μέρος αυτού. Το ραδόνιο εισερχόμενο στον οργανισμό, υφίσταται αποσύνθεση.

Αναδίδει όπως το ράδιο τρεις τύπους ακτινών α, β, γ. Οι ακτίνες α είναι θετικά φορτισμένες με ηλεκτρικά μόρια τα οποία αναδύονται με ταχύτητα 18.600 μιλίων το δευτερόλεπτο, αλλά έχουν μικρή διαπεραστική δύναμη. Οι ακτίνες β είναι ηλεκτρόνια φορτισμένα με αρνητικό ηλεκτρισμό, έχουν πυκνότητα που προσεγγίζει την ταχύτητα του φωτός, ικανή να διαπεράσει κατά 1.000.000 τους ιστούς του σώματος. Τέλος, οι ακτίνες γ, είναι ηλεκτρομαγνητικές κυμάνσεις, έχουν δε τη ταχύτητα του φωτός με 186.000 μίλια το δευτερόλεπτο και μπορούν να διαπεράσουν κατά πολλά εκατομμύρια το δέρμα. Είναι ανάλογα των ακτινών X και είναι αποτελεσματικές να παράγουν αντιδράσεις στο σώμα.

Σύμφωνα με τους (Florou H.et. al., 2006) «είναι δυνατό να διακριθούν οι υψηλές συγκεντρώσεις ραδονίου, ραδίου και ουρανίου, στις πηγές και τα υπόγεια νερά ανά τον κόσμο. Ανάμεσά τους, τα υψηλότερα ποσοστά καταγράφονται στην Ικαρία.»

Πίνακας 1

Θέση	Είδος νερού	^{226}Ra (Bq L^{-1})	^{238}U (mBq L^{-1})	^{222}Rn (Bq L^{-1})
Ικαρία, Ελλάδα	Ιαματικές πηγές	0.1-7	1.3-162	10-2600
Μυγδονία, Ελλάδα	Υπόγεια νερά		0.37-606	8-160
Λέσβος, Ελλάδα	Θερμές πηγές			10-304
Βουνό Αίτνα, Ιταλία	Υπόγεια νερά			1.8-52.7
Ισπανία	Σπα	0.002-1.37		
Κροατία	Θερμά και μεταλλικά νερά	0.07-4.4		
Σουηδία	Υπόγεια νερά	>2.5		

Μαρόκο	Ζεστές πηγές	0.009-3.7	0.6-8.5	
	Κρύες πηγές	0.002-0.01	2.19-23.65	
Ρίο ντε Τζανέιρο, Βραζιλία	Υπόγεια νερά	0.002-0.49	0.1-80	< 3
Φουτσιάν, Κίνα	Υπόγεια νερά	0.001-0.94		0.7-3735
Ινδία	Υπόγεια νερά	0.11-0.75		

3.5. Οι επιπτώσεις της ραδιενέργειας στις τρεις ομάδες ατόμων

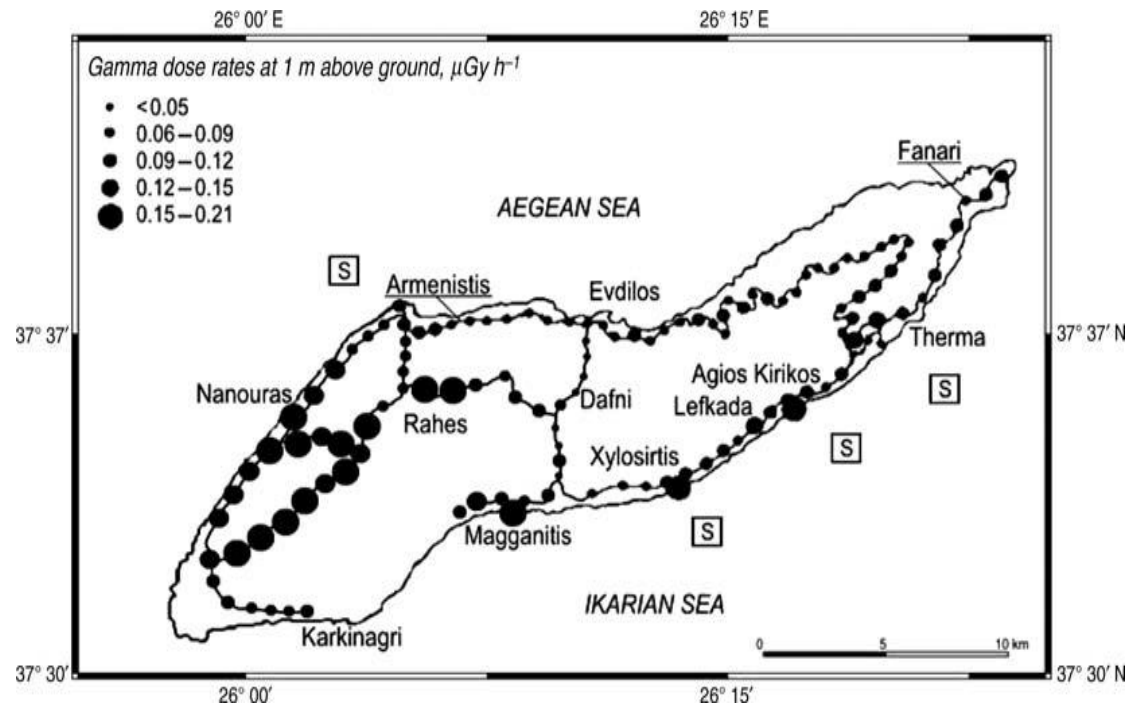
Σύμφωνα με έρευνα των Trabidou G. et al., (2010), τα επίπεδα των ραδιονουκλιδίων στις ιαματικές πηγές είτε τα συναντά κανείς στα είδη θεραπειών που προσφέρουν, είτε για πόσιμη χρήση, αλλά και στα δείγματα ιζημάτων, έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν σε αρκετά μεγάλες συγκεντρώσεις. Ιδιαίτερα οι συγκεντρώσεις του ραδονίου και της γ ακτινοβολίας έχει βρεθεί ότι είναι ιδιαίτερα υψηλές στα ιζήματα, στις πέτρες και στο χώμα γύρω από τις ιαματικές πηγές. Οι περισσότερες πηγές της Ικαρίας είναι πηγές επαφής μεταξύ διαφορετικών τύπων πετρωμάτων στην περιμετρική ζώνη του γρανίτη δυτικής Ικαρίας, που συνήθως φέρει διάφορα διαλυμένα ιόντα, με το χλωριούχο νάτριο, NaCl, ως το πιο κοινό ανάμεσά τους. Οι μεταλλικές ιαματικές πηγές σχετίζονται με το γρανιτικό σώμα της δυτικής τεκτονικής μονάδας, στην οποία υπάρχει υψηλή ραδιενέργεια, ενώ στην ανατολική ενότητα, τα πετρώματα, (σχιστόλιθοι, γρανίτες, μάρμαρα και ασβεστόλιθοι) δεν παρουσιάζουν θετικές ραδιομετρικές ανωμαλίες.

Η σημασία του νερού σε σχέση με τις ραδιολογικές επιπτώσεις στον μόνιμο πληθυσμό, είναι σημαντική στη περίπτωση των περιοχών με υψηλό υπόβαθρο ραδιενέργειας, όπου το νερό περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις ραδιονουκλιδίων. Τα εντοπισμένα ραδιονουκλεϊδια, τα οποία απαντώνται στα νερά των πηγών είναι τα ^{226}Ra και ^{222}Rn . Συγκεκριμένα, το ραδόνιο επιδρά στον ανθρώπινο οργανισμό, μέσω της αναπνευστικής οδού, καθώς αυτό απελευθερώνεται στον αέρα, μέσω της αποστράγγισης του νερού σε εσωτερικούς χώρους. Μπορεί κανείς να λάβει μεγάλες ποσότητες ραδονίου σε περιοχές που το νερό περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις ^{222}Rn λόγω χάρη σε εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας ή πλησίον και περιμετρικά αυτών.

Το εργατικό προσωπικό, είναι μία από τις ομάδες η οποία εκτίθεται παραπάνω από τις άλλες, στην εσωτερική ακτινοβολία από το υδατογενές ραδόνιο. Σύμφωνα με έκθεση του ICPR οι εργαζόμενοι στα ιαματικά λουτρά που εκπέμπουν ραδόνιο, ανήκουν στις επαγγελματικές ομάδες, οι οποίες μπορεί να εκτίθεται σε υψηλή ακτινοβολία, λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων ^{222}Rn στον εσωτερικό αέρα των εγκαταστάσεων. Επιπρόσθετα, έχει ερευνηθεί πως οι εργαζόμενοι των ικαριακών ιαματικών εγκαταστάσεων, μέσω της αναπνοής θα λάβουν ποσότητα ραδονίου, η οποία απελευθερώνεται στον αέρα, σε ένα

σύνολο εννέα μηνών εργασίας, ένα εύρος τιμών από 5-35 μSv . Ωστόσο, οι αντίστοιχες τιμές που βρέθηκαν στην διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία για το εργαζόμενο προσωπικό σε άλλες ιαματικές εγκαταστάσεις βρίσκονται στο εύρος 0,4-44 μSv .

Τα ποσοστά δόσης για τους λουόμενους εξαρτώνται από το τύπο θεραπείας. Οι λουόμενοι που χρησιμοποιούν τα ιαματικά νερά, εκτός από την έκθεση τους μέσω της λουτροθεραπείας στο νερό, υπόκεινται σε εσωτερική ακτινοβολία λόγω της εισπνοής του στοιχείου ^{222}Rn .



Εικόνα 8

Τα ποσοστά ακτινοβολίας γ στο νησί της Ικαρίας. Πηγή: Trabidou G., et al., 2010

3.6. Τύποι υπόγειων υδροφορέων

Κατ' αρχήν για να γίνουν αντιληπτά τα χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών και κατ' επέκταση η διαδικασία δημιουργίας των πηγών θα πρέπει να περιγραφεί ο τρόπος με τον οποίο το νερό εμπλουτίζεται στους υπόγειους υδροφορείς, έπειτα κινείται και τέλος τους τρόπους με τους οποίους εκφορτίζεται. Για να γίνει εύκολα κατανοητό, θα πρέπει να περιγραφούν οι τύποι υπόγειων υδροφορέων. Ως εκ τούτου σύμφωνα με τον Βουδούρης Κ. (2016) έχουμε τους εξής τύπους :

- Ελεύθεροι υδροφορείς (unconfined)

Είναι οι υδροφορείς που στο επάνω μέρος (οροφή) δεν παρεμβάλλεται αδιαπέρατο γεωλογικό στρώμα ενώ έχουν ως δάπεδο στεγανό στρώμα. Αυτό έχει ως επακόλουθο η ελεύθερη επιφάνεια των υπόγειων νερών, η υδροστατική πίεση να ισούται με την ατμοσφαιρική. Οι μεταβολές της στάθμης του νερού αντιστοιχούν σε μεταβολές του όγκου του αποθηκευμένου νερού στον υδροφορέα.

- Υπό πίεση υδροφορείς ή εγκλωβισμένοι (αρτεσιανοί)(confined)

Στους υπό πίεση ή εγκλωβισμένους υδροφόρους το νερό είναι παγιδευμένο ανάμεσα στα αδιαπέρατα στρώματα του δαπέδου και της οροφής. Όταν συμβαίνει αυτό τότε η πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Έτσι λοιπόν η πιεζομετρική επιφάνεια (η δυναμική επιφανειακή ηρεμία του υπόγειου νερού) βρίσκεται σε υψηλότερο σημείο από αυτό της αδιαπέρατης οροφής. Όταν η πιεζομετρική επιφάνεια βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, τότε παρατηρείται αυτόματη ροή με το μορφή πίδακα (αρτεσιανισμός).

- Ημιαρτεσιανοί (υπό μερική πίεση) υδροφορείς

Ημιαρτεσιανοί είναι υπόγειοι υδροφορείς οι οποίοι φέρουν κοινά χαρακτηριστικά με τους υπό πίεση με τη μόνη διαφοροποίηση πως παρουσιάζουν μικρή υδροπερατότητα καθώς το υπερκείμενο στρώμα είναι ημιπερατό.

Διακρίνονται δύο μεγάλες κατηγορίες υδροφορέων που παρουσιάζουν διαφορετική πετρογραφική ανάλυση:

- Οι καρστικοί, που αναπτύσσονται στα ανθρακικά πετρώματα

- Πορώδεις, που αναπτύσσονται σε κοκκώδεις σχηματισμούς (τεταρτογενείς και αδρομερείς νεογενείς αποθέσεις)

3.6.1. Είδη υδροφόρων οριζόντων Ικαρίας

Το νησί της Ικαρίας δομείται από ποικιλία πετρωμάτων μεταξύ αυτών από γνεύσιους και γρανίτες, τα οποία εφόσον διατηρούνται σε υγιή κατάσταση είναι στεγανά πετρώματα. Όμως τεκτονικοί παράγοντες οδήγησαν στην αποσάθρωση του γρανίτη, όπου μέσα από τις ανοιχτές ασυνέχειες δημιουργήθηκαν περάσματα κυκλοφορίας του νερού με αποτέλεσμα μέσα σε αυτόν να δημιουργηθούν ασυνεχείς υδροφόροι μικρής χωρητικότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα αποσθρωμένα τμήματα του γρανίτη να συμπεριφέρονται σαν υδροπερατά. Στο ανατολικό τμήμα του νησιού τα ανθρακικά πετρώματα αποτελούν αξιόλογους υδρολογικούς σχηματισμούς μέσα στους οποίους κυκλοφορούν μεγάλες ποσότητες υδάτων που τροφοδοτούν τις πηγές του νησιού. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι έντονα διαρρηγμένοι και καρστικοποιημένοι και παρουσιάζουν υψηλή υδροπερατότητα. Έτσι το μεγαλύτερο ποσοστό νερών της βροχής που πέφτει, φτάνει μέχρι την επιφάνεια επαφής με τα υποκείμενα γνευσιακά και σχιστολιθικά στρώματα. Ως επί τω πλείστον δημιουργούνται υδροφόροι οι οποίοι από τη μία τροφοδοτούν τους γνευσίους και σχιστόλιθους μέσω ρωγμών και από την άλλη δημιουργούν πηγές επαφής ή υπερχείλισης.

Στο νησί της Ικαρίας υπάρχουν τα εξής είδη υδροφόρων οριζόντων

1. Υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται μέσα στους καρστικούς σχηματισμούς (μάρμαρα), π.χ. η καρστική πηγή Πλατείας Αγίου Κηρύκου
2. Υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται μεταξύ του υποκείμενου υγιούς γρανίτη και του υπερκείμενου αποσθρωμένου τμήματος αυτού, π.χ. υδροφόρος ορίζοντας Γλαρέδων, Χριστού στον Άγιο Κήρυκο και οι πηγές Φοντάνα και Αθάνατο νερό
3. Υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται στην επαφή μεταξύ γνευσιακών πετρωμάτων και των υπερκείμενων κατακερματισμένων ίδιων πετρωμάτων. Στην εκμετάλλευση αυτών των υδροφόρων βασίζεται η ύδρευση και άρδευση των περισσότερων οικισμών της Ικαρίας, και αναπτύσσονται και στις χαράδρες της Ικαρίας
4. Υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται μέσα στις προσχώσεις αποθέσεων κορημάτων που καλύπτουν γρανίτες ή γνευσίους. Λόγου χάρη τέτοιοι υδροφόροι υπάρχουν στις πεδινές εκτάσεις Αγίου Κηρύκου και η εκμετάλλευση τους γίνεται με την διάνοιξη φρεάτων.

3.7. Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

Οι λιθοστρωματικοί, ιζηματογενείς, τεκτογενετικοί χαρακτήρες των διαφόρων πετρωμάτων που δομούν τη κάθε περιοχή καθορίζουν την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά η οποία αναφέρεται στη δημιουργία υδροφόρων οριζόντων εντός της μάζας τους, δηλαδή στην ικανότητά τους ή όχι να αποθηκεύουν το νερό στο πορώδες τους και να το μεταβιβάζουν. Τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά τα οποία θα μελετηθούν είναι η κίνηση του υπόγειου νερού, ο τρόπος συγκέντρωσης, ο τρόπος εμφάνισης, η θέση ανάβλυσης καθώς και ο μηχανισμός ανάβλυσης.

3.7.1. Η κίνηση του υπόγειου νερού

Σύμφωνα με τον Βουδούρης Κ. (2016), «η κίνηση των υπόγειων νερών ακολουθεί τους νόμους των Νευτώνιων ρευστών». Το νερό είναι Νευτώνιο ρευστό και αυτό σημαίνει ότι η διατμητική τάση (τ =δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας) είναι ανάλογη της βαθμίδας ταχύτητας (du/dy) και του δυναμικού ιξώδους (μ) : $\tau=\mu(du/dy)$.

Η παραπάνω σχέση διέπει το νόμο της εσωτερικής τριβής (ιξώδες του Νεύτωνα). Ιξώδες είναι η αντίσταση ενός υγρού στη ροή και σχετίζεται με τους διαμοριακούς δεσμούς. Είναι γνωστό πως ένα οποιοδήποτε υγρό θεωρείται ιδανικό όταν $\mu=0$, δηλαδή όταν δεν εμφανίζει εσωτερική τριβή. Γενικότερα το νερό και τα υγρά παρουσιάζουν αντίσταση σε κάθε μεταβολή του όγκου τους, γι' αυτό ερμηνεύονται πολλές φορές σαν ασυμπίεστα. Η εσωτερική τριβή, κατά την κίνηση του νερού, παράγει έργο το οποίο μετατρέπεται σε θερμότητα αυξάνοντας τη θερμοκρασία του νερού. Σε προβλήματα υπόγειας ροής, όπου αλληλεπιδρούν δυνάμεις αδράνειας και δυνάμεις τριβής εμφανίζεται ο λόγος του δυναμικού ιξώδους (μ) προς την πυκνότητα (ρ). Ο λόγος αυτός ονομάζεται κινηματικό ιξώδες, $\nu=\mu/\rho$. Σύμφωνα με τον Darcy οι δυνάμεις συνοχής, δηλαδή οι δυνάμεις των ομοειδών μορίων του νερού, προσδίδουν στο νερό τη λειτουργία να σχηματίζει σφαιρικές σταγόνες κατά τη πτώση του, ενώ όταν το νερό έρχεται σε επαφή κατά τη κίνησή του με άλλα στερεά σώματα, τότε οι δυνάμεις συνάφειας παρατηρούνται μεταξύ ετεροειδών μορίων. Ωστόσο είναι σημαντικό να τονιστεί ο νόμος του Darcy ο οποίος χαρακτηρίζει τη κίνηση των υπόγειων νερών και περιγράφεται ως εξής :

$$v=-k \text{ grad}h$$

Η κίνηση του νερού αποτελεί σημαντικό κομμάτι στην εξήγηση των φαινομένων εμφάνιση των πηγών καθώς από το σημείο εμπλουτισμού του βρόχινου νερού και ακολουθώντας όπως χαρακτηριστικά αναφέρθηκε τους νόμους των Νευτώνιων ρευστών, το νερό ακολουθεί καθοδική πορεία, θερμαίνεται και επανέρχεται στην επιφάνεια.

3.7.2. Τρόποι συγκέντρωσης

Η κυκλοφορία των ιαματικών νερών είναι συνήθως ανερχόμενη. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο τύπους συγκέντρωσης :

- Υδρομεταλλική λεκάνη

Τα ιαματικά νερά μπορούν να εμφανίσουν συγκεντρώσεις και να σχηματίσουν υδρομαστευτικά στρώματα. Τα νερά που συγκεντρώνονται με τον τρόπο αυτό έρχονται στην επιφάνεια μέσω των αρτεσιανών πηγών. Διακρίνουμε δύο τύπους υδρομεταλλικών λεκανών ανάλογα με τη προέλευση των ιαματικών νερών. Την υδρομεταλλική λεκάνη που τροφοδοτείται από νερά βαθέων πηγών και την υδρομεταλλική λεκάνη που τροφοδοτείται από νερά διείδυσης.

- Περιοχή υδρομεταλλικών αναβλύσεων

Τα ιαματικά νερά συνήθως έρχονται στην επιφάνεια διά μέσου ρωγμών και ρηγμάτων που υπάρχουν σε μια τεκτονική ζώνη.

3.7.3. Τρόποι εμφάνισης

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία τύπων εμφάνισης των ιαματικών πηγών αλλά πιο συχνά επικρατεί ο τύπος εκείνος σύμφωνα με τον οποίο δημιουργείται μια ασυνέχεια μέσα στο πέτρωμα, που επιτρέπει την δίοδο του ανερχόμενου ιαματικού νερού. Μπορούμε να διακρίνουμε επτά τρόπους εμφάνισης:

- Εμφάνιση μέσα από διακλάσεις

Οι διακλάσεις μπορούν είτε να είναι ανοιχτές, είτε κλειστές και να επεκτείνονται καθώς τα νερά που κατεισδύουν διαλύουν και αποσαθρώνουν το πέτρωμα. Τότε από αυτές τις φυσικές διόδους διευκολύνεται η άνοδος του ιαματικού νερού.

- Εμφάνιση μέσα από ρήγματα

Τα ρήγματα αποτελούν τον σημαντικότερο τρόπο εμφάνισης των ιαματικών πηγών, είτε είναι κατακόρυφα, είτε είναι πλάγια με οποιαδήποτε κλίση.

- Εμφάνιση από μεταλλική φλέβα

Μία φλέβα μπορεί να χρησιμοποιείται από το ιαματικό νερό σαν δρόμος κυκλοφορίας μέσα στο πέτρωμα και προς την επιφάνεια. Αυτό συμβαίνει επειδή υπάρχει η τάση να επαναχρησιμοποιούνται παλιές διόδους που παλαιότερα χρησιμοποιήθηκαν από τα υλικά της μεταλλοφορίας, τώρα να γίνεται χρήση αυτών από τις θερμές κυκλοφορίες του νερού.

- Εμφάνιση στην επαφή διαφορετικών υλικών

Συχνότερα συμβαίνει στην επαφή κρυσταλλικών και εκρηξιγενών πετρωμάτων, λόγω χάρη, στην επαφή δύο διαφορετικών ιζηματογενών πετρωμάτων, ή στην επαφή γρανιτικής διείδυσης με παλαιότερους σε ηλικία σχιστόλιθους.

- Εμφάνιση μέσα από πτυχωμένες περιοχές

Είναι δυνατόν τα θερμομεταλλικά νερά να εμφανιστούν σε περιοχές με έντονη πτύχωση, αφού πρώτα ακολουθήσουν τις πτυχώσεις των υδροπερατών στρωμάτων, μέσα στις οποίες συσσωρεύτηκαν κατά την διάρκεια της καθοδικής πορείας τους, κατείσδυσαν σε μεγάλα βάθη και έπειτα βρήκαν χώρο μέσα από τις πτυχώσεις για να αναβλύσουν.

- Εμφάνιση μέσα από καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους

Τα ιαματικά νερά κυκλοφορούν μέσα από συγκεκριμένες διόδους που τα οδηγούν προς την επιφάνεια με ένα τελικό ανερχόμενο σκέλος.

➤ Εμφάνιση διάσπαρτη

Τα ιαματικά νερά πριν εμφανισθούν στην επιφάνεια, εγκαταλείπουν το πέτρωμα στο οποίο κυκλοφορούν και διαχέονται μέσα στα αλλούβια και γενικά στις προσχώσεις της επιφάνειας. Στην περίπτωση αυτή, υπάρχει δυσκολία, όσον αφορά τη προστασία του από την ανάμειξή του με τους επιφανειακούς υδροφόρους ορίζοντες.

3.7.4. Θέση και μηχανισμός ανάβλυσης

Θέση ανάβλυσης

Οι περιοχές ανάβλυσης των ιαματικών νερών προσδιορίζονται από :

- Την ρηγμάτωση οφειλόμενη σε πρόσφατες τεκτονικές κινήσεις που συχνά συνοδεύει την τεκτονική δραστηριότητα
- Την παρουσία κοιλάδων. Αυτό το γεγονός εξηγεί γιατί οι ιαματικές πηγές βρίσκονται στις ορογενετικές ζώνες.

Μηχανισμός ανάβλυσης

Τα ιαματικά νερά δημιουργούν πηγές υπό την επίδραση τεσσάρων υδρολογικών και φυσικών παραγόντων όπως είναι :

- Πιεζομετρική δράση. Μπορεί να είναι η κύρια αιτία για την κυκλοφορία των υπόγειων ιαματικών νερών, (κυρίως στις πηγές μετεωρικής προέλευσης).
- Διάχυση υδρατμών. Αυτός ο φυσικός παράγοντας είναι βοηθητικός στη δημιουργία των πηγών τύπου ατμίδας και στην ανάβλυση υπέρθερμων πηγών.

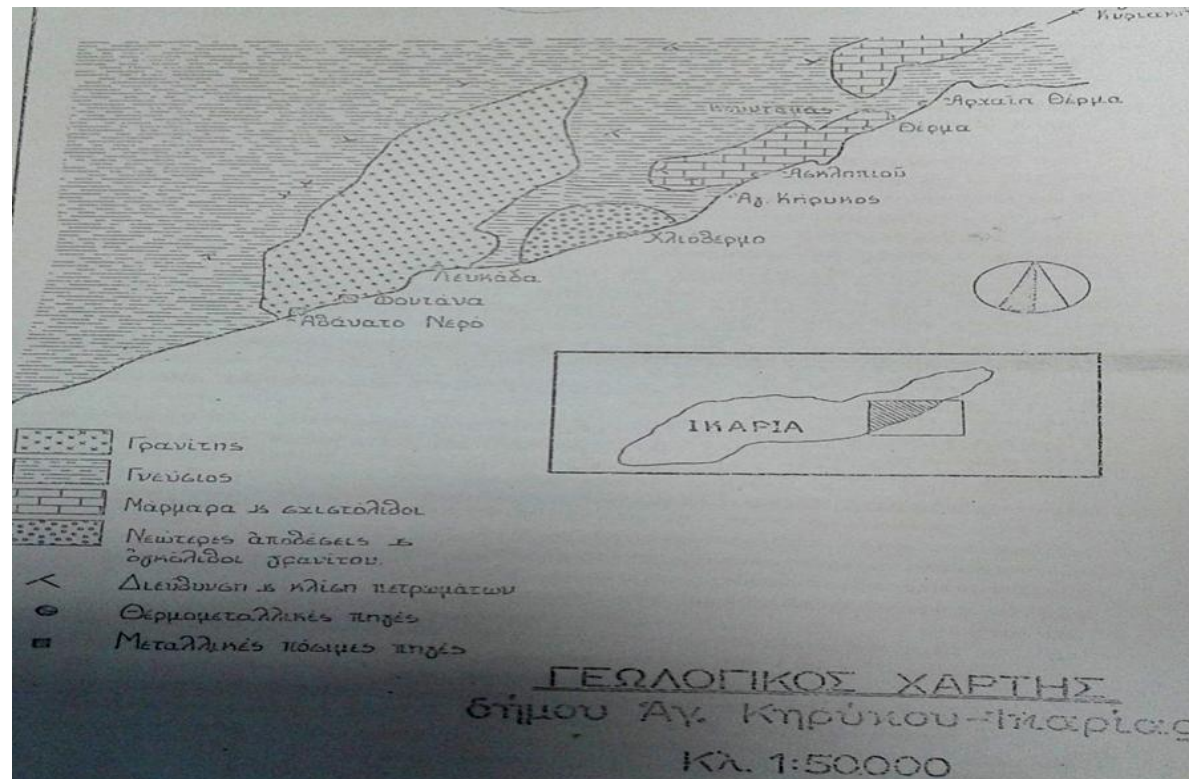
- Δράση των διαλελυμένων αερίων. Τα διαλελυμένα αέρια εμφανίζουν δύο τύπους ενέργειας, τη φυσική και τη δυναμική. Από φυσική άποψη ελαττώνουν το ειδικό βάρος του νερού ενώ από δυναμική άποψη η πίεση των αερίων προκαλεί άνοδο στα νερά. Τα διαλελυμένα αέρια επιδρούν στη πυκνότητα, επηρεάζοντας τη ταχύτητα ροής.
- Δράση της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία επιδρά στα ιαματικά νερά με τη μεταβολή του ειδικού βάρους. Η διαφορά πυκνότητας μεταξύ του θερμού και του ψυχρού νερού προκαλεί ένα φαινόμενο που είναι γνωστό ως θερμοσιφωνισμός.

Κεφάλαιο 4. Περιγραφή των θερμομεταλλικών πηγών της Ικαρίας

Οι ιαματικές πηγές Ικαρίας εντοπίζονται σε τέσσερα διακριτά τοπικά θερμά μεταλλικά υδροφόρα πεδία (Αγγελίδης 2000) τα οποία είναι τα εξής :

- Αγίου Κηρύκου: Μουσταφά/Λίτζα ή Ασκληπιού, Κάτω Λουμακιάς ή Ανάληψης και Κέφτολίμανου
- Αγίας Κυριακής: πηγές Αγίας Κυριακής Α, Αγίας Κυριακής Β, Αγίας Κυριακής Γ, και Αρμυρίδας (πολυάριθμες μικρές πηγές εντός του ομώνυμου όρμου)
- Λευκάδας: Θερμό ή Λευκάδας (πηγές διάσπαρτες στη παραλιακή ζώνη), Χλιο-Θερμό (μικρότερης θερμοκρασίας), και Αθάνατο νερό (ιαματική πηγή για ποσιθεραπεία και η μοναδική χωρίς πρόσμιξη θαλασσινού νερού εντός της)
- Συγκρότημα Θερμών: πηγές Απόλλωνα, Αρτέμιδος (επιχώθηκε μεταξύ 1980 και 1982), Παμφίλη (εγκαταλείφθηκε μετά το 1990), Κράτσα, Σπηλαίου, Χαλασμένα Θέρμα (Παλαιά Θέρμα), και Πατερό (άνευ εκμετάλλευσης).

Παρακάτω θα γίνει περιγραφή και ανάλυση σε ορισμένες από αυτές.



Εικόνα 9

Περιοχή εμφάνισης των θερμομεταλλικών πηγών στη ΝΑ ακτογραμμή της Ικαρίας. Πηγή: Δημοτικό Αρχείο Αγίου Κηρύκου Ικαρίας

Οι θερμές πηγές διακρίνονται από τις σύνηθες πηγές πόσιμου νερού κυρίως από τη θερμοκρασία και τα συστατικά του νερού. Αν η θερμοκρασία στις περιοχές ανάβλυσης υπερβαίνει τη μέση ετήσια θερμοκρασία, τότε η πηγή χαρακτηρίζεται σαν θερμή.

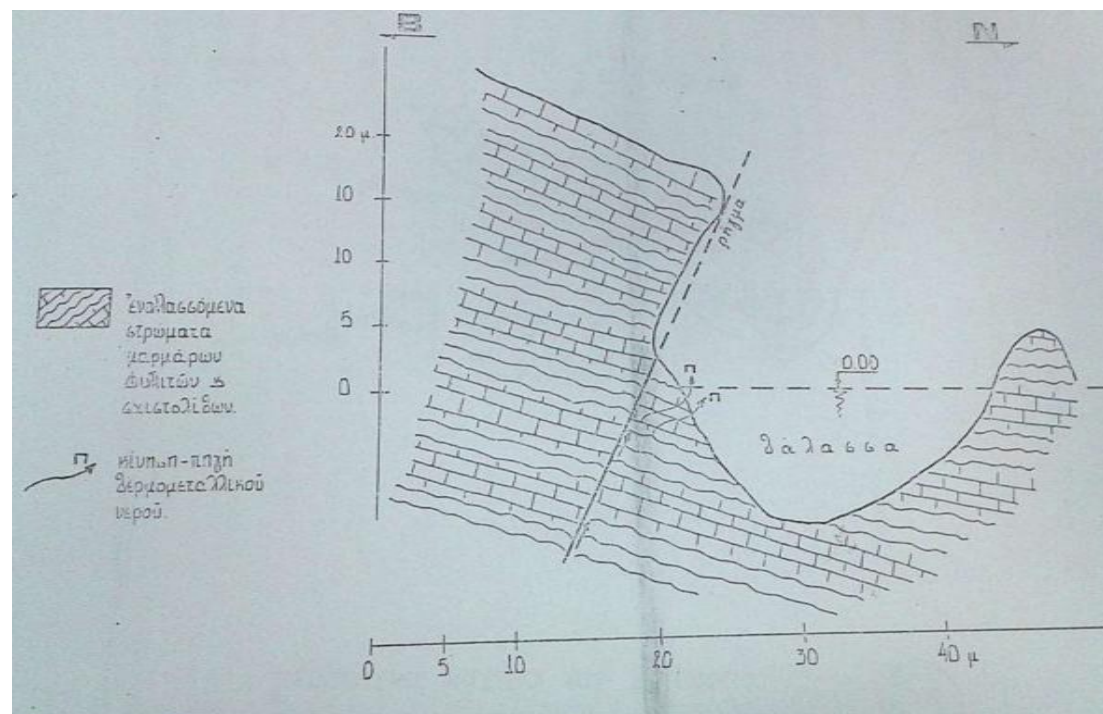
Ειδικότερα, στη περιοχή Θερμού Λευκάδας εντοπίζονται πολυάριθμες μικρότερες ή μεγαλύτερες διάσπαρτες πηγές, που αποτελούν ουσιαστικά μια ενιαία πηγή ενώ στη περιοχή Θερμών εντοπίζονται πολυάριθμες διάσπαρτες πηγές.

Η ραδιενέργεια των νερών οφείλεται στη γρανιτική διείδυση και ιδίως στις γρανιτικές φλέβες (απλιτικές και πηγματιτικές αποφύσεις), που διεισδύουν στους γνεύσιους, περιέχουν ορυκτά του ουρανίου (π.χ μοναζίτη, ωτουνίτη ή ασβεστοουρανίτη). Το ουράνιο μεταστοιχειώνεται σε ράδιο και αυτό με τη σειρά του σε ραδόνιο. Τα νερά, καθώς έρχονται σε επαφή, κατά την υπόγειά του διαδρομή, με τα ορυκτά αυτά, διαλύουν και μεταφέρουν τα προϊόντα μεταστοιχειώσεως, δηλαδή ράδιο και κυρίως ραδόνιο, ως πιο διαλυτό στο νερό. Η έκλυση ραδονίου, γίνεται κατά κανόνα από ενεργά ρήγματα, μεγάλου βάθους, γεγονός που αποδεικνύει ότι τα ρήγματα αυτά είναι ενεργά και συνεπώς ανοικτά, οπότε η κίνηση των θερμών νερών γίνεται μέσα από αυτά. Η διαφορά συγκέντρωσης ραδιενέργειας στα νερά των πηγών μπορεί να ερμηνευτεί από τη σχετική θέση τους, ως προς τα ρήγματα ανόδου του θερμού νερού και τις αποφύσεις του γρανοδιορίτη. (Αγγελόπουλος, 2013)

Οι πηγές της Ικαρίας χαρακτηρίζονται σαν ραδιενεργές αλιπηγές. Αυτό συμβαίνει διότι η θέση εμφάνισής τους απορρέει μέσα από τη θάλασσα, και η συμμετοχή του θαλασσινού νερού σε μεγάλο ποσοστό σε συνδυασμό με την ανάμιξή του με τα θερμομεταλλικά νερά είναι χαρακτηριστική στις περισσότερες από αυτές. Το νερό αυτών των πηγών περιέχει ποσότητα χλωριούχου νατρίου που υπερβαίνει τα 15 γρ. ανά χιλιόγραμμο, ενώ συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 25 έως 29 γρ.. Η ροή τους είναι συνεχής καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα συνεχούς ροής είναι η ιαματική πηγή Αθάνατο νερό, κατάλληλη αποκλειστικά για ποσιθεραπεία. Αυτό συμβαίνει καθώς τα μεγάλα γρανιτικά σώματα, τα οποία μπορεί να είναι γεμάτα από διακλάσεις, ωστόσο έχουν μηδενικό πορώδες (αφού είναι ολοκρυσταλλικά) και υδροπερατότητα, με αποτέλεσμα να μη μπορούν να συγκρατήσουν μεγάλες ποσότητες νερού. Τα πετρώματα αυτά είναι λοιπόν ξερά και συγχρόνως θερμά. Περιοχές που έχουν στο υπέδαφος μεγάλους γεωλογικούς σχηματισμούς από πετρώματα πλούσια σε ραδιενεργά ορυκτά, έχουν αξιόλογη θερμική ροή.

4.1. Πηγή Μουσταφά Λίτζα-(Ασκληπιός)

Ενδεικτική γεωλογική τομή στη θέση Ασκληπιός ή Μουσταφά



Εικόνα 10

Πηγή : Δημοτικό Αρχείο Αγίου Κηρύκου Ικαρίας



Εικόνα 11 Η πηγή Μουσταφά/Λίτζα

➤ Θέση

Η πηγή αναβλύζει μέσα σε ένα μικρό σπήλαιο . Το νερό της πηγής συγκεντρώνεται σε μια μικρή ανοικτή, κτιστή δεξαμενή, η οποία κατακλύζεται από τη θάλασσα. Η πηγή απέχει από τη θάλασσα περίπου 3 μέτρα και το υψόμετρο της πηγής είναι 0,10 μέτρα. Τέλος χαρακτηρίζεται σαν ραδιενεργός αλιπηγή.

➤ Γεωλογία

Η πηγή αναβλύζει από δύο θέσεις, μέσα από ένα μικρό σπήλαιο και στο οποίο παρατηρείται εναλλασσόμενα στρώματα ημιμεταμορφωμένου μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου και μαρμάρου.

➤ Θεραπευτικές ενδείξεις

Η λουτροθεραπεία με το νερό της πηγής Μουσταφά ενδείκνυται κυρίως σε περιπτώσεις παραμορφωτικής αρθρίτιδας, ρευματικών και αρθρικών παθήσεων, ρευματικής ισχιαλγίας, νευραλγιών και νευριτίδων, ημικρανίας και λυμφατικών παθήσεων.

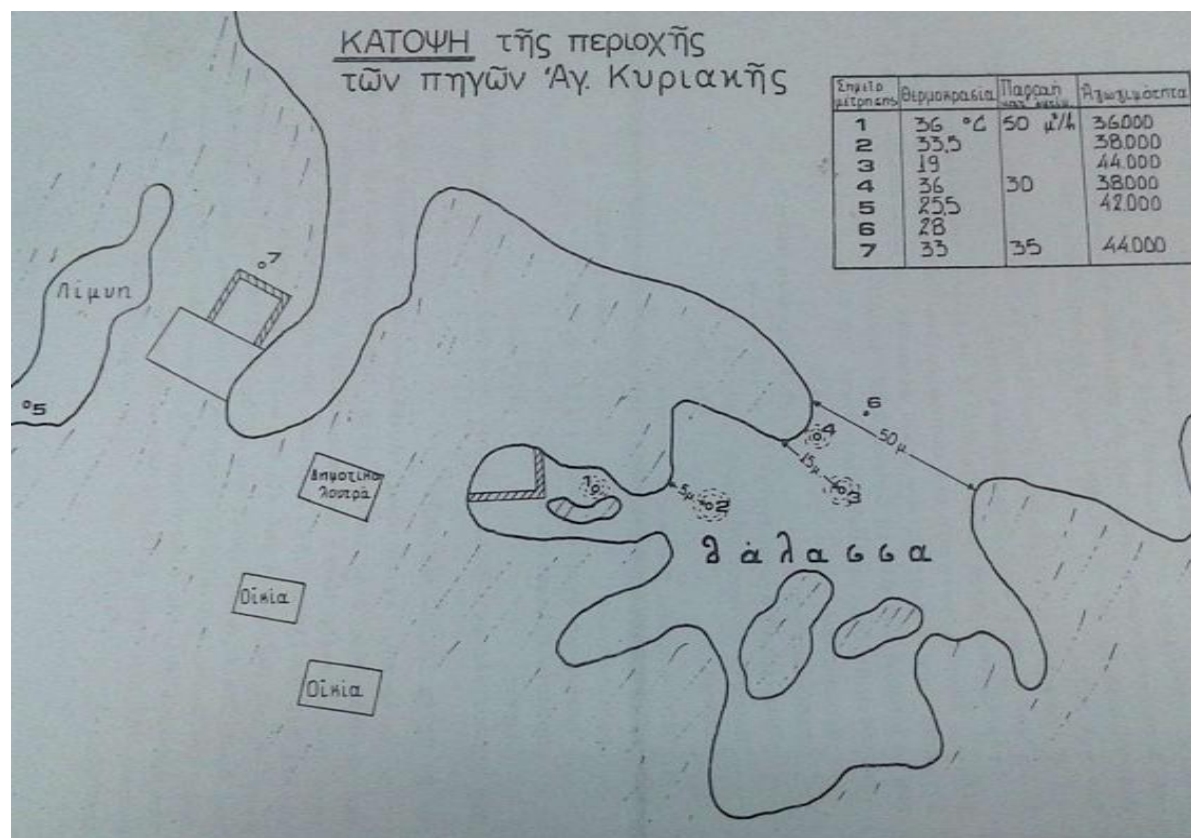
➤ Χημικές αναλύσεις

Από τις μετρήσεις και υπολογισμούς που έχουν γίνει κατά το παρελθόν τα κύρια χαρακτηριστικά των πηγών είναι :

Πίνακας 2

Θερμοκρασία πηγής	47 °C
Θερμοκρασία αέρος	30 °C
Ραδιενέργεια	396, 6 Μονάδες Mache
pH	
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	44000 μ. s. cm ⁻¹
Ποσοστό θαλασσινού νερού	84,6 %
Παροχή πηγής	50 μ ³ / ώρα

4.2. Η πηγή της Αγίας Κυριακής



Εικόνα 12

Η πηγή της Αγίας Κυριακής. Πηγή : Δημοτικό Αρχείο Αγίου Κηρύκου Ικαρίας



Εικόνα 13 Η πηγή της Αγίας Κυριακής

➤ Θέση

Η πηγή της Αγίας Κυριακής βρίσκεται στην ακτή του ομώνυμου όρμου. Οι αναβλύσεις της πηγής συναντώνται μέσα από εσοχές του μαρμάρου που καλύπτονται από λεπτό στρώμα άμμου. Το μάρμαρο της περιοχής είναι καρστικοποιημένο. Νότια και νοτιοανατολικά της πηγής, η ακτή καλύπτεται από κροκαλοπαγή και λατυποπαγή πετρώματα και άμμο. Η πηγή εμφανίζεται μέσα στη κτιστή κατασκευή αλλά και εμφανίζονται διάσπαρτες βαθύτερα στη θάλασσα, μικρότερης έντασης.

➤ Γεωλογία

Πρόκειται περί χλωριονατριούχου αλιπηγής με πολλές αναβλύσεις παράκτιες και υποθαλάσσιες. Οι πηγές της Αγίας Κυριακής αναβλύζουν από τις ρωγμές των βράχων μέσα από σχιστόλιθους. Η μικρή τιμή για τη ραδιενέργειά τους δε μπορεί να υποστηριχτεί ότι οφείλεται η απόσταση των πηγών αυτών από τον γρανодиόριτη του Ξυλοσύρτη, εφ' όσον έχουν διαπιστωθεί άφθονες και ικανών διαστάσεων πηγματιπικές και γρανιτικές αποφύσεις στη περιοχή, που υποδηλώνουν ότι ο γρανодиόριτης του Ξυλοσύρτη αναπτύσσεται και προεκτείνεται προς τα βορειοανατολικά μέσα στους γνεύσιους του ορεινού όγκου του Αιθέρα. Ως εκ τούτου, η μικρή ραδιενέργεια των πηγών της Αγίας Κυριακής, αποδίδεται στην πρόσμιξη θαλασσινού νερού κατά την έξοδο του μεταλλικού νερού.

➤ Θεραπευτικές ενδείξεις

Είναι δυνατόν να γίνει χρήση της πηγής από τους πάσχοντες για ελαφριάς μορφής ρευματικές και αρθρικές παθήσεις.

➤ Χημικές αναλύσεις

Πίνακας 3

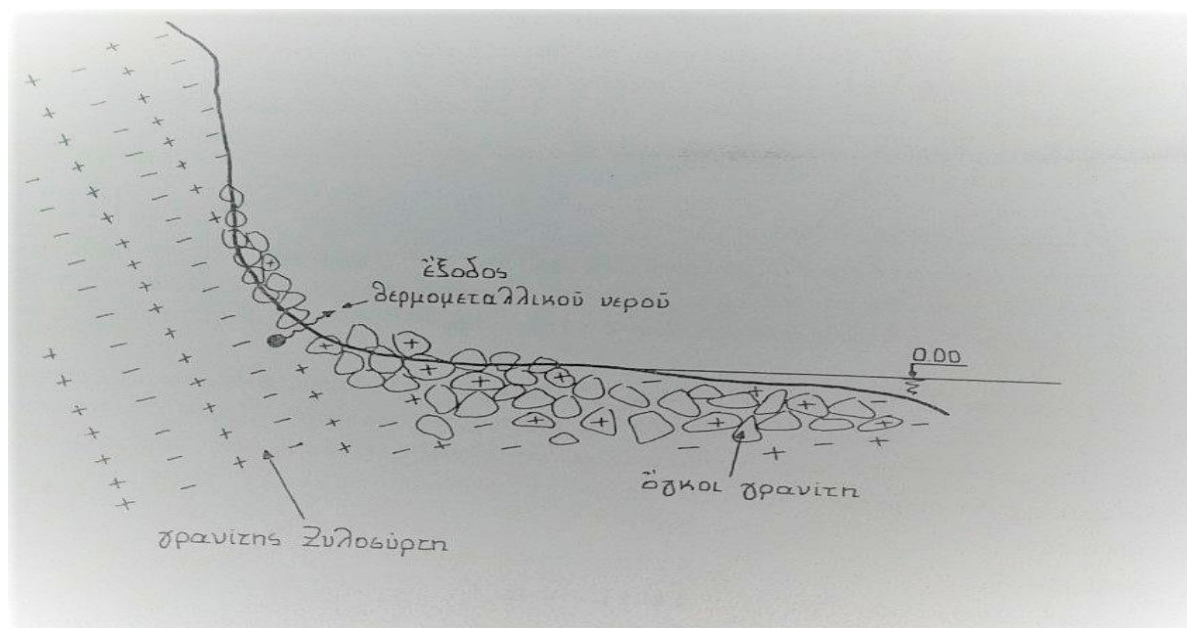
Θερμοκρασία πηγής	40, 3 °C
Θερμοκρασία αέρος	27 ° C
Ραδιενέργεια	52,14 Mache
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	21.200 μ. s. cm ⁻¹

pH

7,05

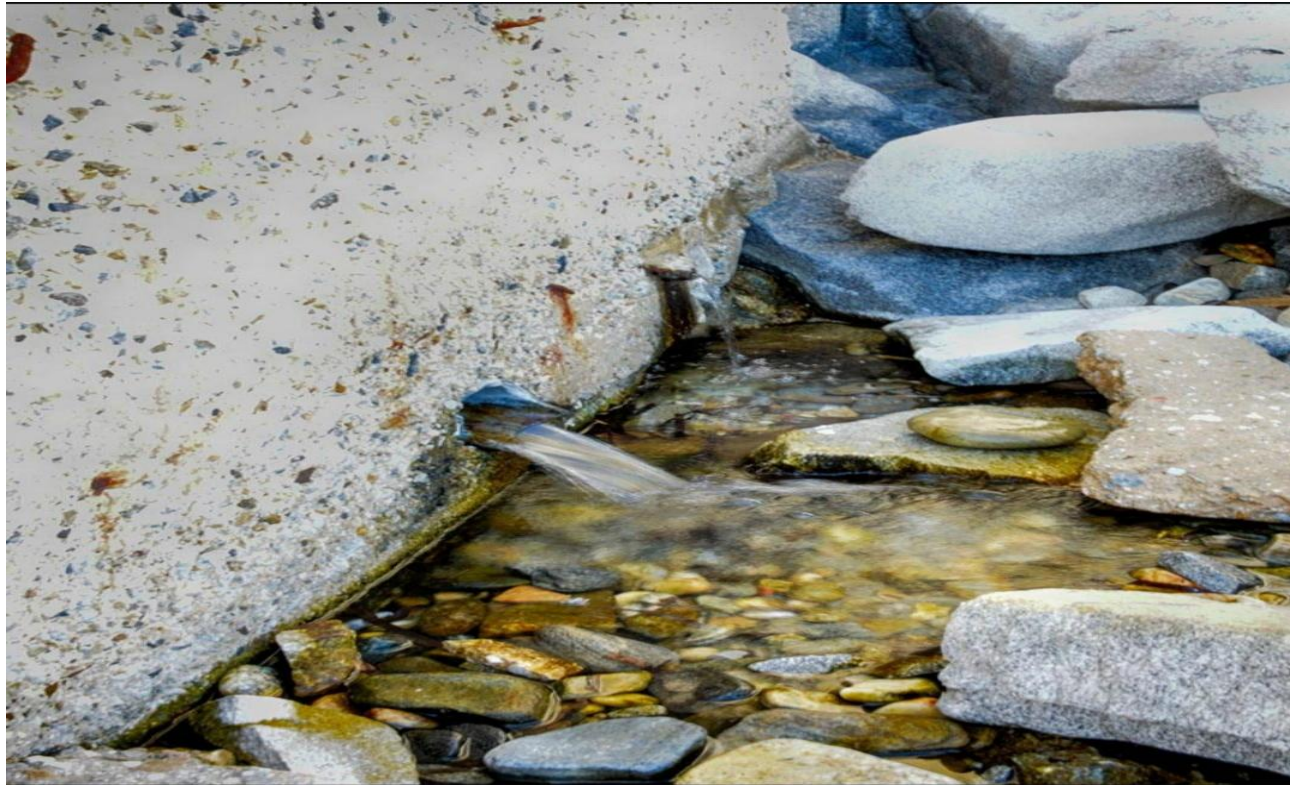
4.3. Πηγή Αθάνατο νερό

Γεωλογική τομή στη θέση της πηγής Αθάνατο νερό



Εικόνα 14

Η πηγή Αθάνατο νερό. Πηγή Δημοτικό Αρχείο Αγίου Κηρύκου Ικαρίας



Εικόνα 15

Η πηγή Αθάνατο νερό

➤ Θέση

Η πηγή Αθάνατο νερό βρίσκεται ανατολικά του χωριού Ξυλοσύρτης, και σε απόσταση 250 μέτρα κάτω από τον κύριο κεντρικό άξονα που ενώνει τα χωριά με την πρωτεύουσα του νησιού, τον Άγιο Κήρυκο. Η πηγή βρίσκεται κοντά στη θάλασσα. Επίσης παρουσιάζει διάσπαρτη ανάβλυση και συνεχή ροή. Η πηγή αναβλύζει μέσα από σχισμές του γρανιτικού πετρώματος του Ξυλοσύρτη, το οποίο παρουσιάζει εξαιρετικά μεγάλη κλίση, σχεδόν κατακόρυφη και μεγάλα ρήγματα, μεταπτώσεις και κατολισθήσεις. Σε διασταύρωση τέτοιων ρηγμάτων, αναβλύζει η κυριότερη πηγή, με παροχή νερού, η οποία εκτιμάται στα 4 έως 5 m³/h.

➤ Γεωλογία

Το κύριο υπόβαθρο μέσα από το οποίο αναβλύζει η πηγή είναι ο γρανίτης, γνωστός και ως γρανοδιορίτης του Ξυλοσύρτη. Ο γρανίτης, συχνά από απλιτικές και πηγματικές φλέβες με πλούσια εμφάνιση του Βοριούχου ορυκτού τουρμαλίνη και της μαύρης παραλλαγής αυτού. Ο γρανίτης σε αυτό το χωριό είναι πλούσιος σε βιοτίτη, με παράλληλη μάλιστα διάταξη των φυλλαριτών, ενώ στην υπόλοιπη περιοχή ο γρανίτης είναι φτωχότερο σε βιοτίτη. Το πέτρωμα γρανίτης εφόσον διατηρείται σε υγιή κατάσταση, μπορεί να θεωρηθεί ως στεγανό πέτρωμα, τα αποσαθρωμένα όμως τμήματα αυτών συνήθως μέχρι βάθος λίγων μέτρων, συμπεριφέρονται ως υδροπερατά. Εκτός της αποσαθρώσεως τα επιφανειακά τμήματα των πετρωμάτων αυτών θα πρέπει να θεωρηθούν ως υδροπερατά και γι' αυτό το λόγο σε πολλές θέσεις παρουσιάζουν ρήγματα και κατακλάσεις.

➤ Θεραπευτικές ενδείξεις

Το νερό της πηγής αυτής ήταν γνωστό από την αρχαιότητα, όπως αναφέρεται και από διάφορους ιστορικούς. Το νερό της πηγής είναι μεταλλικό. Πήρε την ονομασία «Αθάνατο νερό» λόγω της θεραπευτικής του δράσης. Θεωρείται ως άριστο διουρητικό και βοηθάει στην αποβολή λίθων και άμμου από τα νεφρά και την κύστη. Αυτό οφείλεται κυρίως στην παρουσία υδροανθρακικού νατρίου.

➤ Χημικές αναλύσεις

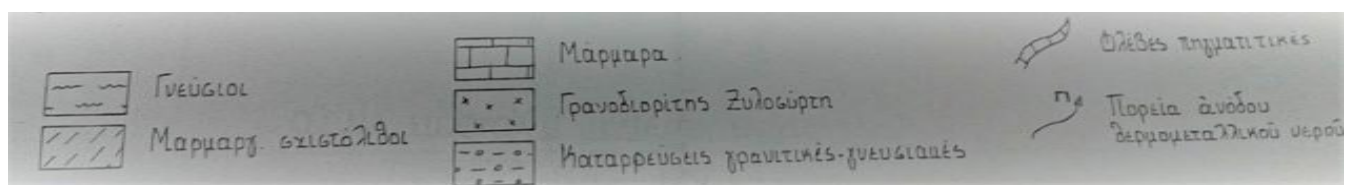
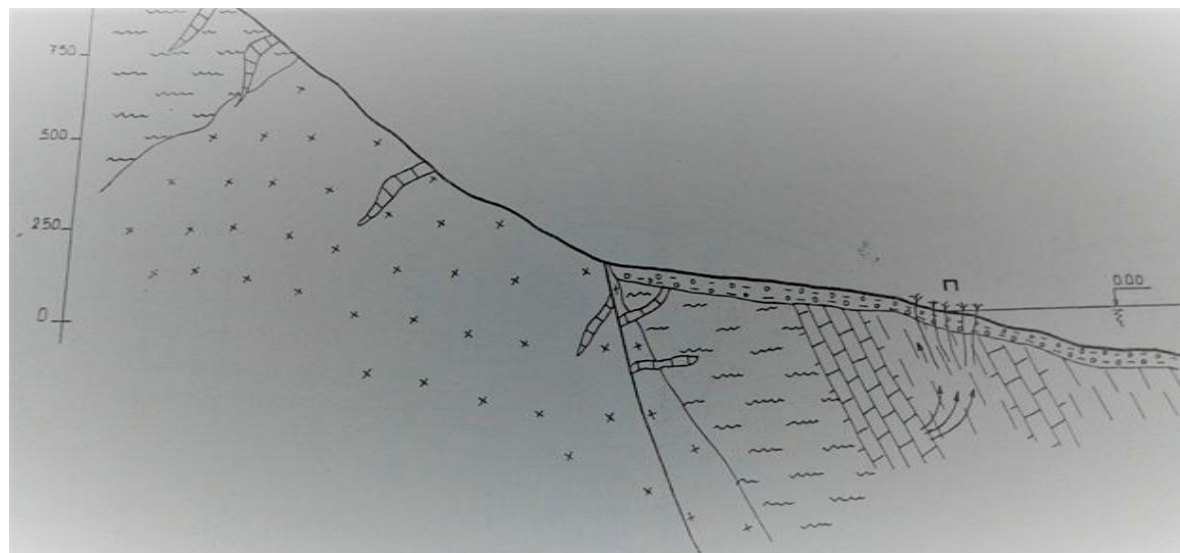
Πίνακας 4

Θερμοκρασία πηγής	20,9
pH	7,2

Ραδιενέργεια	4,9 Mache
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	298/29°C μ. s. cm ⁻¹
Παροχή πηγής	50 κ.μ. / 24 h
Σύνολο διαλελυμένων συστατικών	0,2152 gr/l

4.4. Πηγή Λευκάδας ή Θερμό

Γεωλογική τομή στη περιοχή της Λευκάδας



Εικόνα 16

Πηγή : Δημοτικό Αρχείο Αγίου Κηρύκου Ικαρίας



Εικόνα 17

Ιαματική αλιπηγή Λευκάδας



Εικόνα 18 Αποθέσεις κόκκινης ιλύος στην Ιαματική Πηγή Λευκάδας

➤ Θέση

Η συγκεκριμένη πηγή βρίσκεται σε απόσταση περίπου 2,5 km από τον πρωτεύουσα, τον Άγιο Κήρυκο. Έχουν παρατηρηθεί παράκτιες αναβλύσεις και πολλές υποθαλάσσιες. Χαρακτηρίζεται σαν υπέρθερμος αλιπηγή χωρίς ραδιενέργεια. Οι πέτρινοι όγκοι βάφονται με πορφυρό χρώμα από τα συστατικά του νερού, το οποίο οφείλεται από την απόθεση χλωριούχου νατρίου από το νερό της πηγής.

➤ Γεωλογία

Η πηγή αναβλύζει μέσα από μικρούς και μεγάλους λίθινους όγκους, οι οποίοι κατέρρευσαν κατά τον Διλούβιο, όπως γρανοδιορίτης του Ξυλοσύρτη, γνεύσιοι του όρους Αιθέρας. Ωστόσο, η πηγή βρίσκεται σε μικρή απόσταση από το χωριό Ξυλοσύρτη. Επίσης, γύρω από την περιοχή ανάβλυσης, έχουν παρατηρηθεί πλειοκαινικές αποθέσεις και κροκαλοπαγή. Τα ιαματικά νερά της πηγής μετά την έξοδό τους από το μητρικό πέτρωμα και μέχρι την επιφανειακή εκροή τους διέρχονται από τα επιφανειακά αυτά αποθέματα και κατά την διαδρομή αυτή χάνουν τη ραδιενέργεια τους, σε αντίθεση προς εκείνα της ομάδας Θερμών που αναβλύζουν κατ' ευθείαν από το μητρικό πέτρωμα.

➤ Θεραπευτικές ενδείξεις

Η πηγή Θερμό ή Λευκάδας ενδείκνυται για ρευματικές και αρθρικές παθήσεις ελαφριάς μορφής. Τέλος έχει ευεργετική επίδραση και στα εκζέματα.

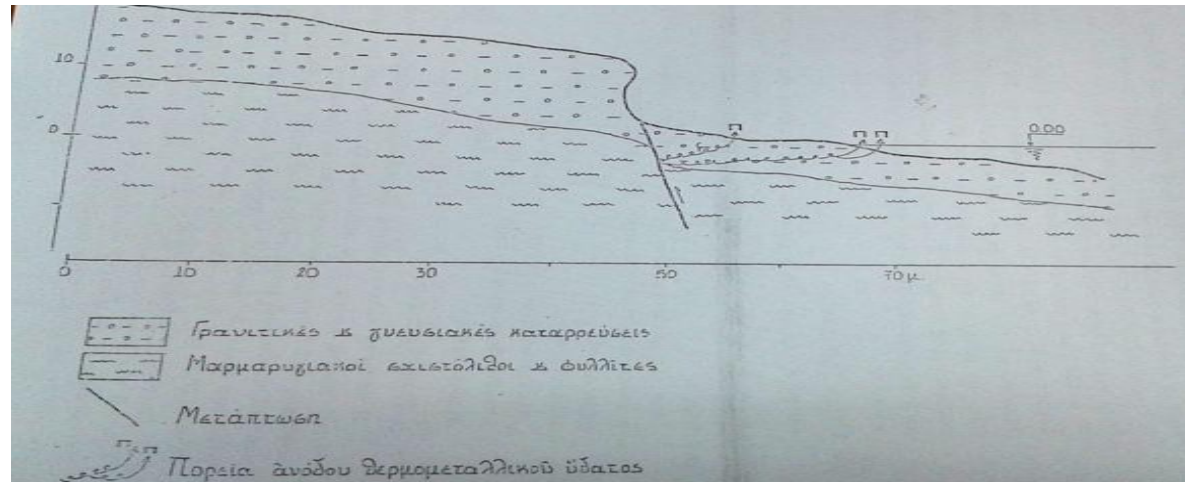
➤ Χημικές αναλύσεις

Πίνακας 5

Θερμοκρασία αέρος	30° C
Θερμοκρασία πηγής	58,02 ° C
Ραδιενέργεια	-
Παροχή πηγής	1.000 κ. μ./ 24 ωρο
pH	6,70

4.5. Πηγή Χλιόθερμο

Γεωλογική τομή στη περιοχή των πηγών Χλιόθερμο



Εικόνα 19

Πηγή : Δημοτικό Αρχείο Αγίου Κηρύκου Ικαρίας

➤ Θέση

Η πηγή Χλιόθερμο τοποθετείται στο συγκρότημα των πηγών Λευκάδας-Ξυλοσύρτη, μαζί με τις πηγές Θερμό ή Λευκάδας και Αθάνατο νερό. Βρίσκεται σε απόσταση 1.800 μ. από τον Άγιο Κήρυκο και σε απόσταση από το δρόμο περίπου στα 20 μ.. Η πηγή από τη θάλασσα έχει απόσταση 1,20 μ.

➤ Γεωλογία

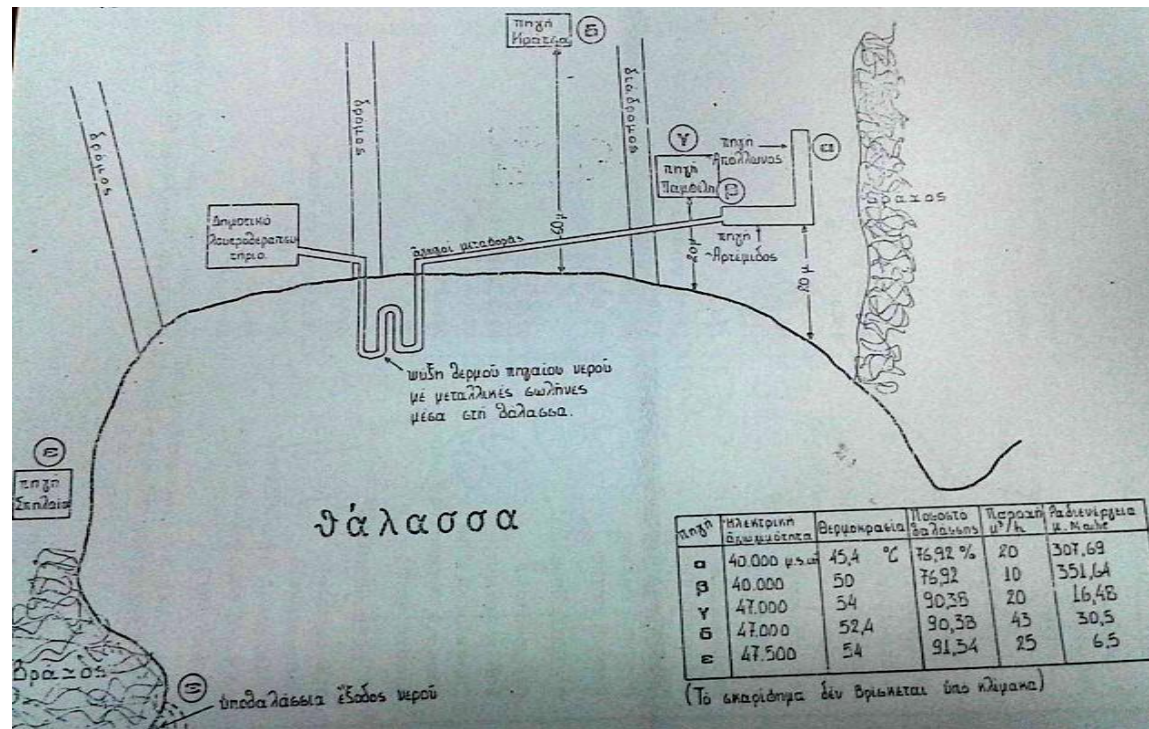
Το έδαφος είναι αμμώδες με πολλές κροκάλες γρανίτη και γνευσίου, προερχόμενα από τα υπερκείμενα υψώματα. Το υπόβαθρο είναι μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος. Παρά την ύπαρξη δρόμου, παρατηρείται μετάπτωση, και σε πολλά σημεία του εδάφους αυτού αποκαλύπτονται αναβλύσεις θερμού ύδατος.

➤ Χημικές αναλύσεις

Πίνακας 6

Θερμοκρασία αέρος	35° C
Θερμοκρασία πηγής	33,5
Ραδιενέργεια	32 Mache
Παροχή πηγής	15 μ. / 24ωρο

4.6. Συγκρότημα πηγών στη περιοχή των Θερμών

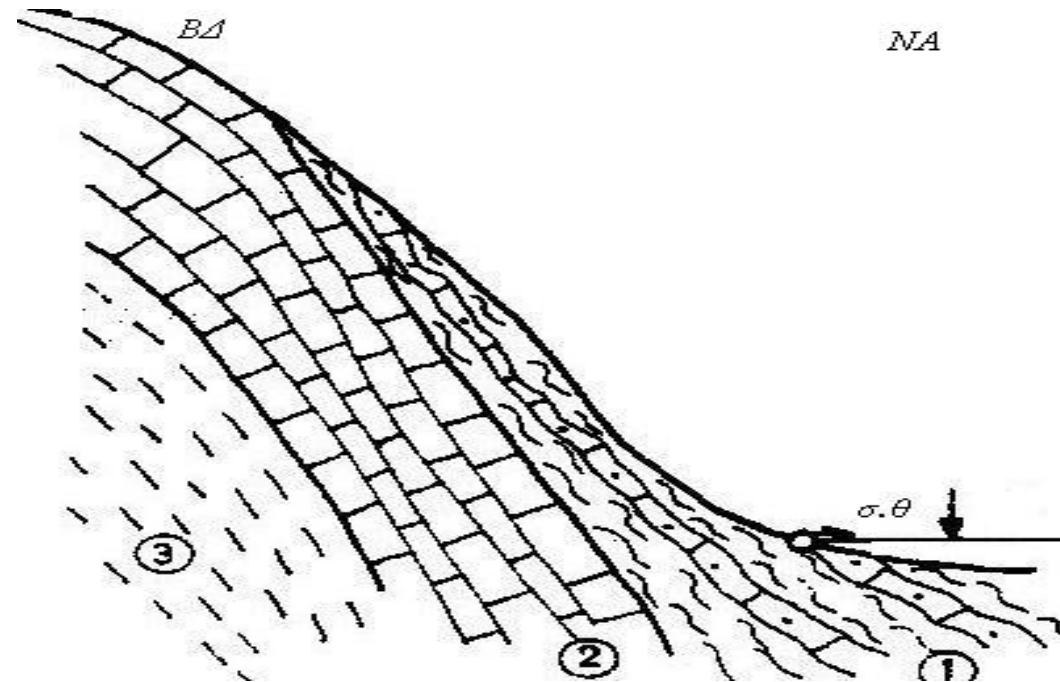


Εικόνα 20

Πηγή : Δημοτικό Αρχείο Αγίου Κηρύκου Ικαρίας

Τα Θέρμα βρίσκονται ΒΑ του Αγίου Κηρύκου. Είναι η περιοχή με τις πολυπληθέστερες πηγές στο νησί. Η περιοχή των Θερμών αποτελείται από γνευσίους και μάρμαρα εναλλασσόμενους με μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο. Στη περιοχή των Θερμών βρίσκονται οι πηγές Σπηλαίου, Παμφίλη, Κράτσα, Απόλλωνος, Αρτέμιδος, Σπηλιάς και Χαλασμένων Θέρμων.

4.6.1. Πηγή Απόλλωνα



Εικόνα 21

Γεωλογική τομή στη περιοχή της πηγής Απόλλωνα Πηγή Καστανιάς, 2003

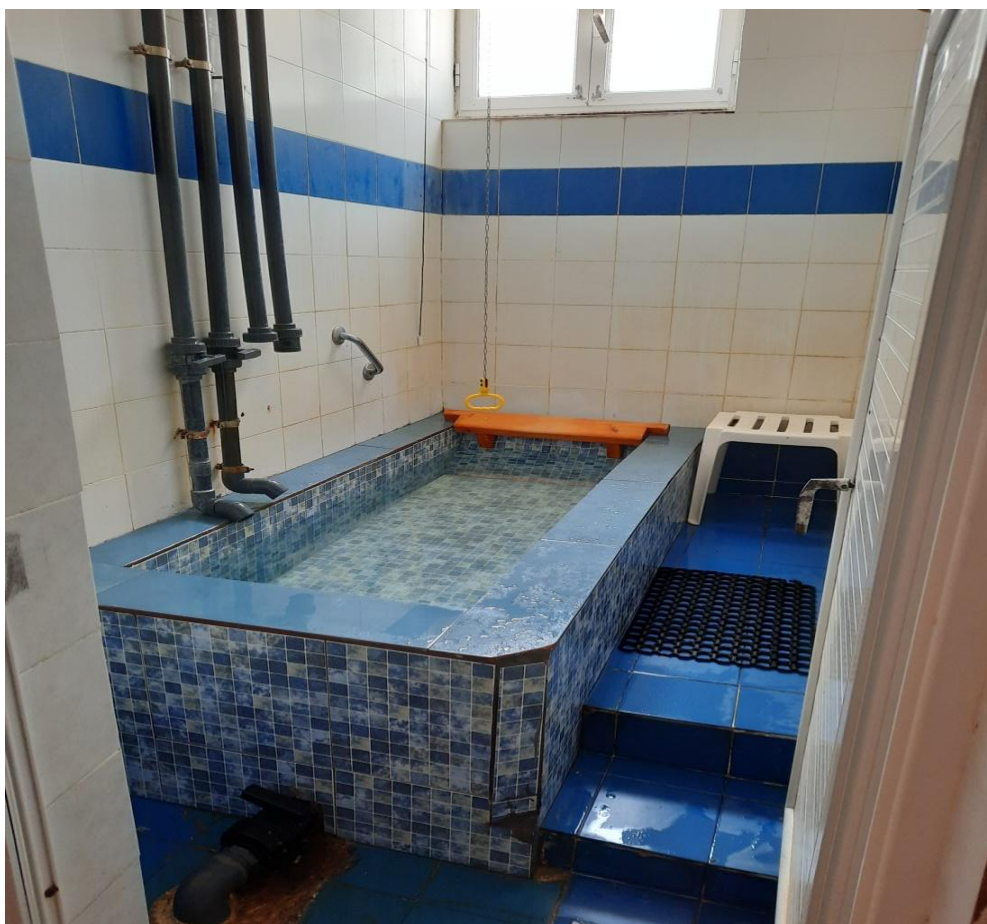


Εικόνα 22 Η εξωτερική όψη του υδροθεραπευτηρίου Απόλλωνα



Εικόνα 23

Η πισίνα του υδροθεραπευτηρίου με πρόσμιξη ζεστού-κρύου νερού της πηγής Απόλλωνα



Εικόνα 24 Ατομικά χτιστά λουτρά με το ιαματικό νερό της πηγής Απόλλωνα

➤ Θέση

Η πηγή βρίσκεται στο Ξενοδοχείο «Απόλλων» στην κοίτη χειμάρρου. Απέχει από τη θάλασσα περίπου τα 20 μ. και έχει υψόμετρο περίπου τα 1,20 μ.. Η υδρομάστευση της πηγής είναι ατελής και παρουσιάζονται σημαντικές διαρροές προς τη θάλασσα.

➤ Γεωλογία

Η πηγή αναβλύζει μέσα από έναν λάκκο. Τα πετρώματα τα οποία υπόκεινται του λακκώματος, σύμφωνα με την εικόνα παραπάνω είναι 1. Ημιμεταμορφωμένοι σχιστόλιθοι με μάρμαρα και ασβεστόλιθους, 2. Μάρμαρα και δολομίτες με διαστρώσεις γνευσίου και φλέβες γρανίτη και 3. σύστημα γνευσίων. Η πηγή χαρακτηρίζεται σαν ραδιενεργός αλιπηγή. Η ισχυρή ραδιενέργεια της ομάδας των ραδιενεργών πηγών Θερμών Ικαρίας αποδίδεται στη γεινιάσή τους με το γρανοδιορίτη του Ξυλοσύρτη.

➤ Θεραπευτικές ενδείξεις

Η θεραπεία από το νερό της πηγής ενδείκνυται για παραμορφωτική αρθρίτιδα, ρευματικές και αρθρικές παθήσεις βαριάς μορφής, λιπώματα και ινώματα, εκζέματα, φλεβίτιδα.

➤ Χημικές αναλύσεις

Πίνακας 7

Ποσοστό θαλασσινού νερού	76,92%
Θερμοκρασία πηγής	47,80 ° C
Ραδιενέργεια	521,4 Mache
Παροχή πηγής	259,2 κ. μ. / 24 ωρο
pH	7
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	56.000 μ. s. cm ⁻¹ / 29 ° C

4.6.2. Πηγή Αρτέμιδος

➤ Θέση

Η πηγή Αρτέμιδος βρίσκεται δυτικά της πηγής του Απόλλωνα και σε απόσταση από τη θάλασσα, περίπου στα 17,5 μ.. Η πηγή ανακαλύφθηκε το 1948, όταν αφαιρέθηκαν στρώματα άμμου και κροκάλων. Γινόταν χρήση του νερού είτε αυτούσιου, σε τοπικά λουτρά, είτε αναμειγνυόταν με το νερό άλλων πηγών, ώστε να αυξηθεί η ραδιενέργεια των υπόλοιπων υδάτων. Η ισχυρή ραδιενέργεια των πηγών των Θερμών Ικαρίας αποδίδεται στη γειτνίασή τους με τον γρανοδιορίτη του Ξυλοσύρτη. Συγκεκριμένα η πηγή Αρτέμιδος είναι γνωστή σαν μία από τις ισχυρές ραδιενεργές θερμοπηγές. Ωστόσο δεν είναι δυνατή η χρήση της καθώς επιχώθηκε μεταξύ 1980 και 1982.

➤ Γεωλογία

Η περιοχή των πηγών αποτελείται από ημιμεταμορφωμένους σχιστόλιθους με μάρμαρα και δολομίτες, μάρμαρα και δολομίτες με διαστρώσεις γνευσίου και φλέβες γρανίτη.

➤ Θεραπευτικές ενδείξεις

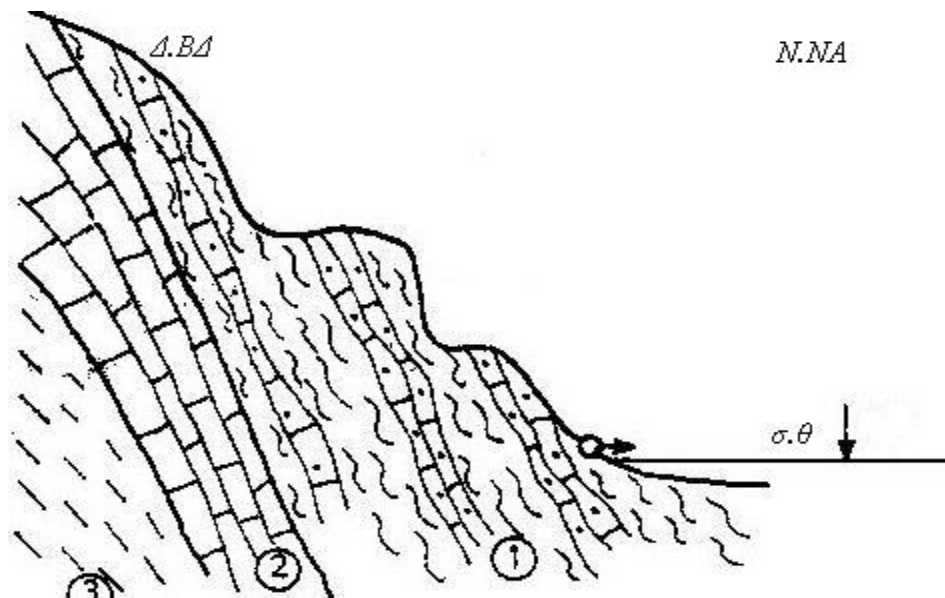
Λόγω της υψηλής ραδιενέργειας της πηγής και της μικρής παροχής της, δεν δύναται να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο για λούση, καθώς είναι απαραίτητη η ανάμειξη του με νερά άλλων πηγών. Η συγκεκριμένη πηγή ενδείκνυται για παραμορφωτική αρθρίτιδα .

➤ Χημικές αναλύσεις

Πίνακας 8

Ποσοστό θαλασσινού νερού	76,92%
Θερμοκρασία πηγής	50° C
Ραδιενέργεια	451,64 Mache
pH	7
Παροχή πηγής	75 κ.μ./ 24 ωρο

4.6.3. Πηγή Παμφίλη



Εικόνα 25

Γεωλογική τομή στη περιοχή της πηγής Παμφίλη. Πηγή: Καστανιάς, 2003



Εικόνα 26

Εγκαταλελειμμένα χιστά λουτρά της ιαματικής πηγής Παμφίλη

➤ Θέση

Η θέση της πηγής Παμφίλη βρίσκεται σε απόσταση 20 μέτρων από την θάλασσα και σε υψόμετρο 2,20 μ. Η πηγή αναβλύζει διαμέσου στρωμάτων μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου και το νερό εισέρχεται μέσα από ρωγμές που παρουσιάζει το μάρμαρο. Η πηγή χαρακτηρίζεται σαν υπέρθερμος, μέτρια ραδιενεργός, αλιπηγή. Δεν χρησιμοποιείται πια, καθώς εγκαταλείφθηκε τη δεκαετία του 1990.

➤ Γεωλογία

Τα πετρώματα μέσα από τα οποία διέρχεται το νερό είναι 1. ημιμεταμορφωμένοι σχιστόλιθοι με μάρμαρα και ασβεστόλιθους, 2. Μάρμαρα και δολομίτες με διαστρώσεις γνευσίου και φλέβες γρανίτης και 3. Σύστημα γνευσίων.

➤ Θεραπευτικές ενδείξεις

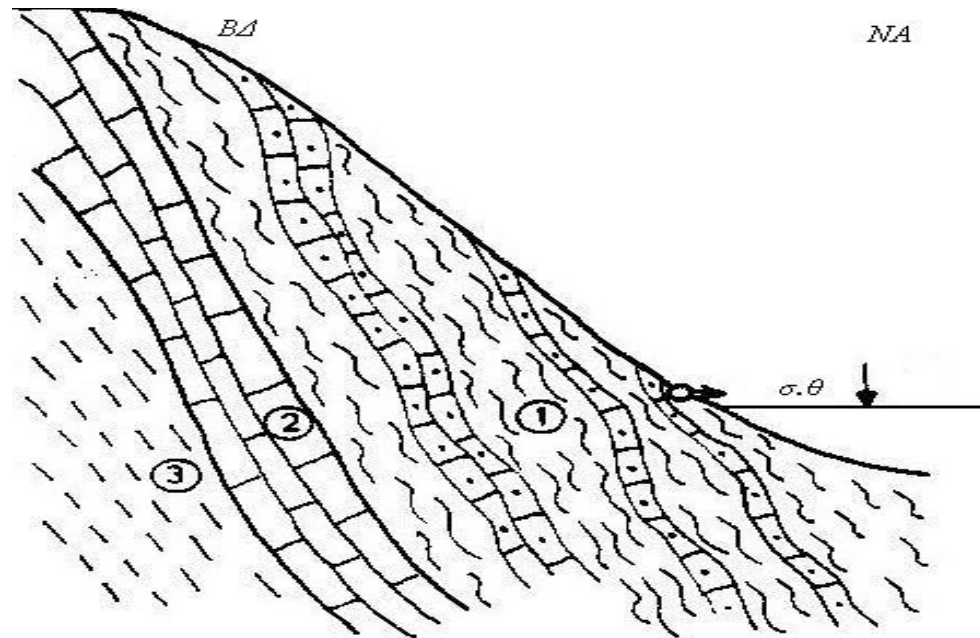
Η λουτροθεραπεία στη πηγή Παμφίλη ενδείκνυται για ρευματικές παθήσεις, αρθραλγίες, νευραλγίες, εκζέματα, κ.α..

➤ Χημικές αναλύσεις

Πίνακας 9

Ποσοστό θαλασσινού νερού	90,38%
Θερμοκρασία πηγής	52,4 °C
Ραδιενέργεια	30,5 Mache
pH	7,25
Παροχή πηγής	1050 κ.μ. /24 ωρο
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	47.000 μ. s. cm ⁻¹ / 29° C

4.6.4. Πηγή Κράτσα



Εικόνα 27

Γεωλογική τομή στη περιοχή των πηγών Κράτσα. Πηγή : Καστανιάς 2003



Εικόνα 28

Φυσική Σάουνα στην ιαματική πηγή Κράτσα



Εικόνα 29

Οι εγκαταστάσεις των ιαματικών πηγών Κράτσα

➤ Θέση

Η πηγή Κράτσα βρίσκεται βορειότερα της πηγής Παμφίλη, σε απόσταση 60μ. από τη θάλασσα και σε υψόμετρο 2,20μ. Ύστερα από έρευνες, κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι πιθανότατα γινόταν χρήση του νερού της πηγής κατά τους Βυζαντινούς χρόνους. Και αυτό διότι στη θέση της πηγής βρέθηκαν λείψανα θολωτών κτισμάτων Βυζαντινής εποχής, στα οποία σήμερα βρίσκεται το κτήριο των λουτρικών εγκαταστάσεων.

Χαρακτηρίζεται σαν υπέρθερμος ραδιενεργός αλιπηγή. Τα νερά για όλες τις πηγές της ομάδας των ιαματικών πηγών Θερμών, καθώς κατά την υπόγεια διαδρομή τους έρχονται σε επαφή με τα ραδιενεργά ορυκτά που συμμετέχουν στις πηγματιπικές αποφύσεις του γρανοδιόριτη του Ξυλοσύρτη και με τα προϊόντα μεταστοιχείωσης αυτών και καθίστανται ραδιενεργά.

➤ Γεωλογία

Το δομημένο υπόστρωμα στο οποίο εμφανίζεται η θέση της πηγής είναι 1. Ημιμεταμορφωμένοι σχιστόλιθοι με μάρμαρα και ασβεστόλιθους, 2. Μάρμαρα και δολομίτες με διαστρώσεις γνευσίου και φλέβες γρανίτη και 3. Σύστημα γνευσίων

➤ Θεραπευτικές ενδείξεις

Η λούση στη συγκεκριμένη πηγή ενδείκνυται για παραμορφωτικές αρθρίτιδες, σαλπιγγίτιδες, μητρικές και παραμητρικές παθήσεις, έλκη στομάχου, εκζέματα, φλεβίτιδες, ρευματοπάθειες, λιπώματα και ινώματα.

➤ Χημικές αναλύσεις

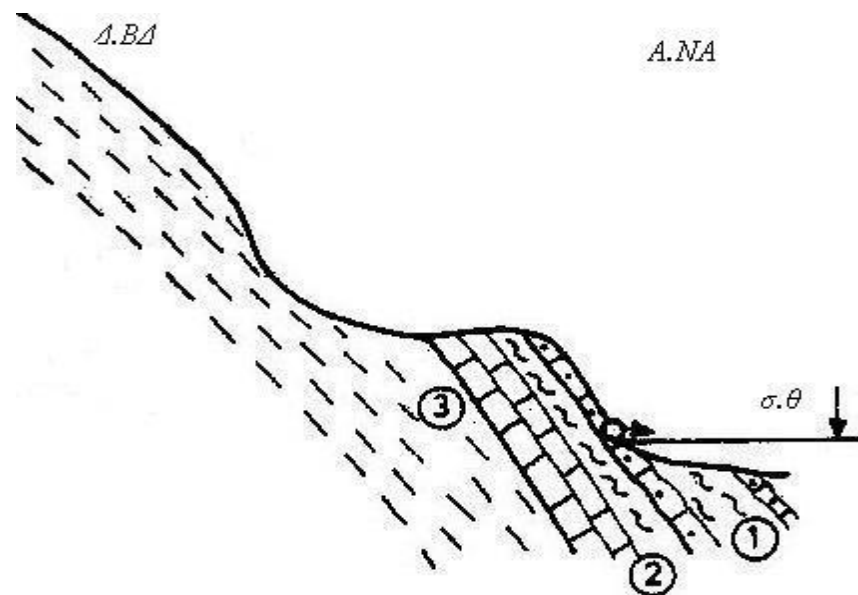
Πίνακας 10

Ποσοστό θαλασσινού νερού	90,38%
--------------------------	--------

Θερμοκρασία πηγής	54 ° C
-------------------	--------

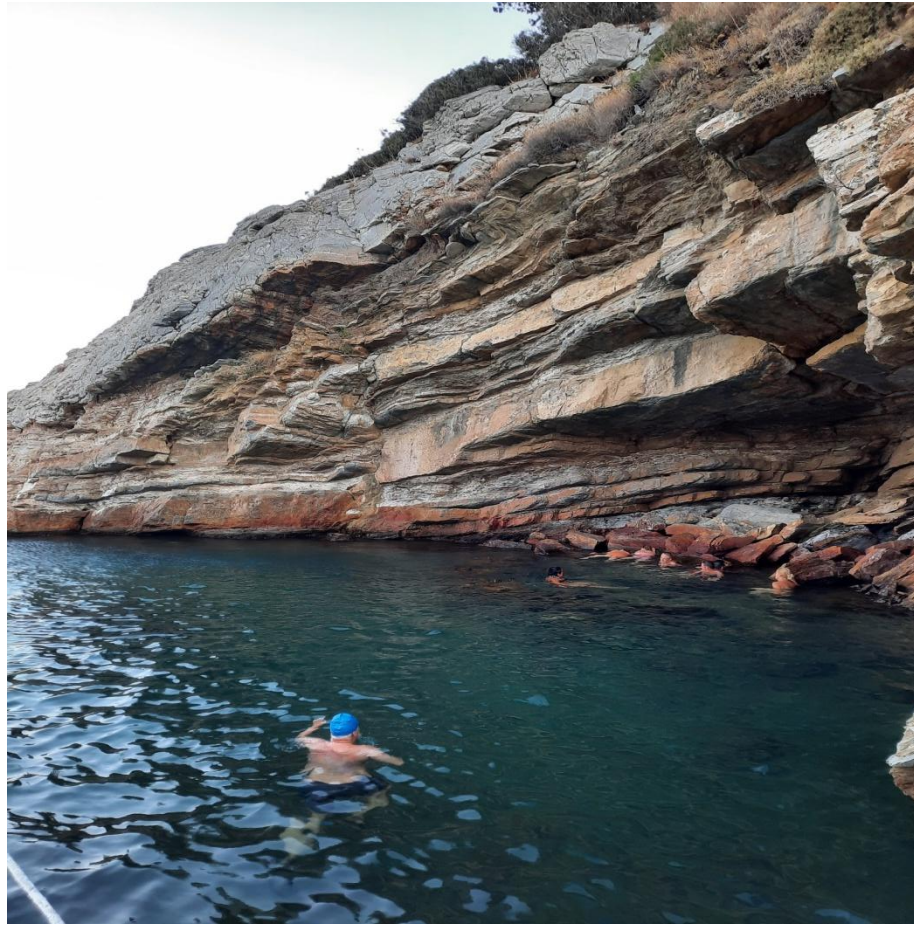
Ραδιενέργεια	240 Mache
pH	6,7
Παροχή πηγής	400 κ.μ/24 ωρο
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	47.000 μ. s. cm ⁻¹ / 29 ° C

4.6.5. Πηγή Σπήλαιο



Εικόνα 30

Γεωλογική τομή στη περιοχή της πηγής Σπήλαιο. Πηγή : Καστανιάς 2003



Εικόνα 31

Ιαματική πηγή Σπήλαιο

➤ Θέση

Η πηγή Σπήλαιο είναι προσιτή μόνο από τη θάλασσα. Σε μικρή απόσταση, δυτικότερα, υπάρχει και άλλο σπήλαιο με αναβλύσεις θερμού νερού μέσα από σχισμές βράχων. Το νερό της πηγής αναβλύζει μέσα από βράχους μαρμάρου, οι οποίοι έχουν καταρρεύσει από την οροφή του σπηλαίου. Ακόμη υπάρχουν αρκετές υποθαλάσσιες αναβλύσεις. Το σπήλαιο είναι υποθαλάσσιο, το οποίο εκτείνεται μέσα από εναλλασσόμενα στρώματα μαρμάρου και μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου. Τέλος η πηγή χαρακτηρίζεται σαν υπέρθερμος, ασθενής ραδιενεργός αλιπηγή. Όσο κολυμπά κανείς προς το εσωτερικό του Σπηλαίου, τόσο γίνεται αισθητή η αύξηση θερμοκρασίας της ιαματικής αλιπηγής.

➤ Γεωλογία

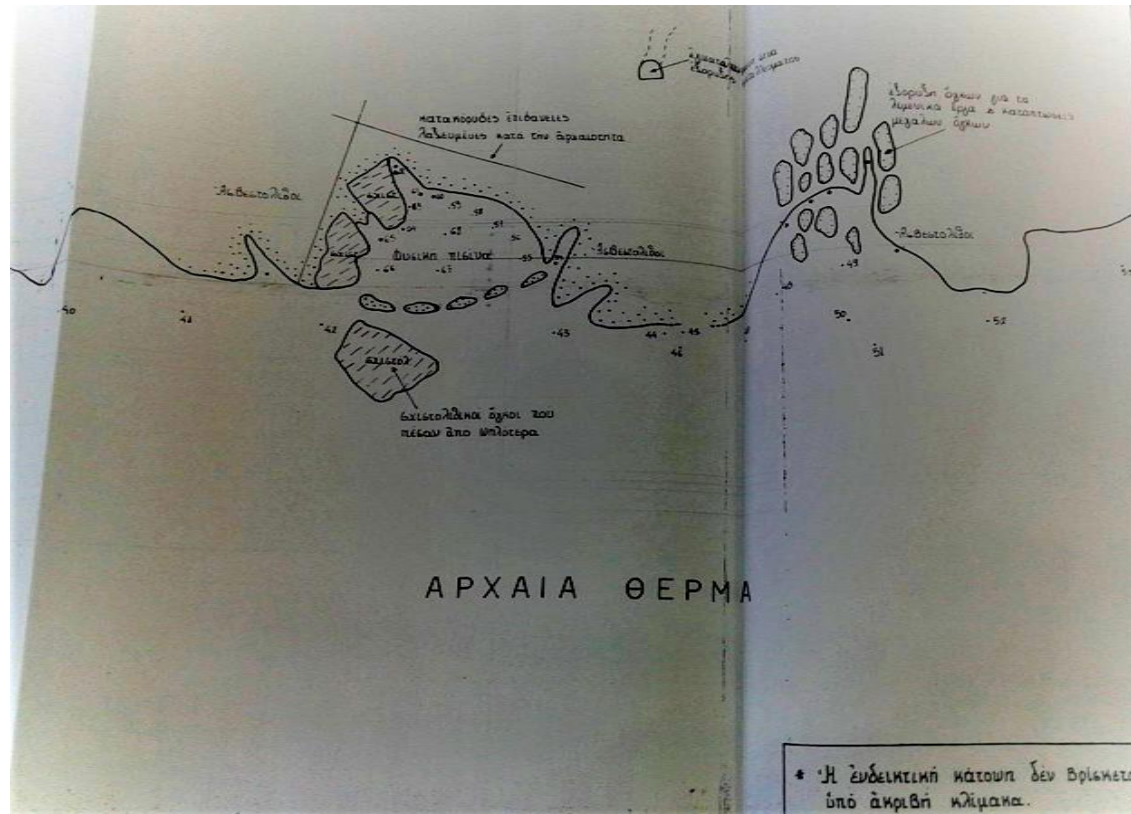
Η θέση της πηγής συγκροτείται από τα παρακάτω πετρώματα : 1. Ημιμεταμορφωμένοι σχιστόλιθοι με μάρμαρα και ασβεστόλιθους, 2. Μάρμαρα και δολομίτες με διαστρώσεις γνευσίου και φλέβες γρανίτη και 3. Σύστημα γνευσίων.

➤ Χημικές αναλύσεις

Πίνακας 11

Ποσοστό θαλασσινού νερού	91,34%
Θερμοκρασία πηγής	54 ° C
Ραδιενέργεια	6,5 Mache
pH	6,7
Παροχή πηγής	25 m ³ /h
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	47.500 μ. s. cm ⁻¹ / 29° C

4.6.6. Πηγή Χαλασμένων Θερμών



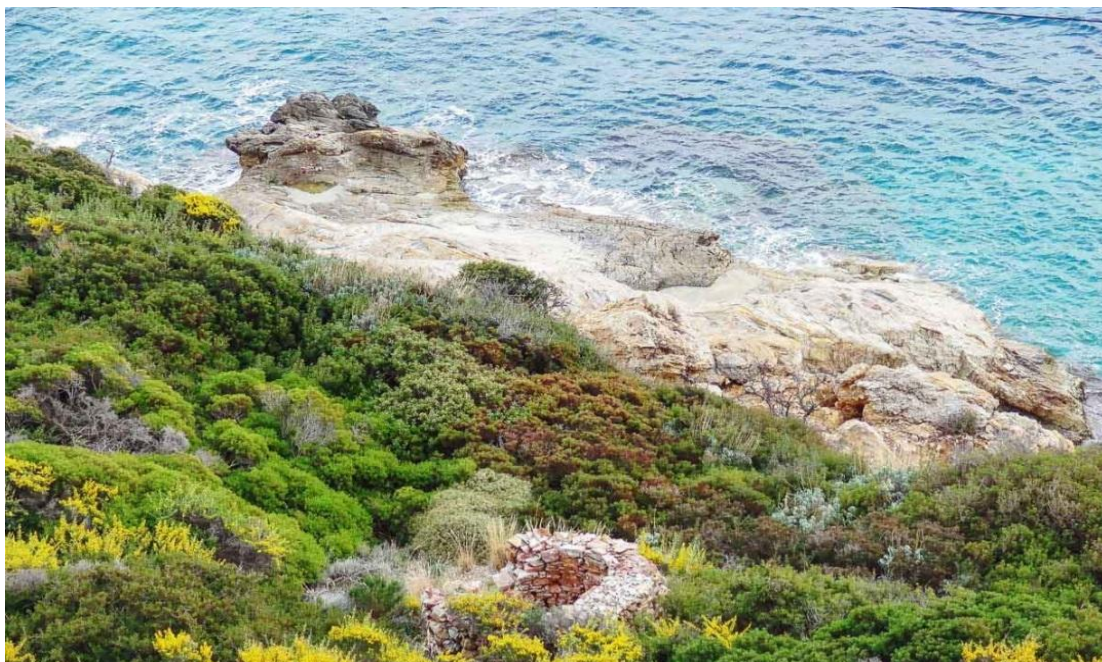
Εικόνα 32

Γεωλογική τομή στη περιοχή των Χαλασμένων Θερμών. Πηγή : Γενικά Αρχεία του Κράτους (Γ.Α.Κ.)-Δήμος Αγίου Κηρύκου, Ικαρίας



Εικόνα 33

Χτιστές τοιχοποιίες πιθανά ιαματικά λουτρά της πηγής Χαλασμένων Θερμών.



Εικόνα 34

Η ευρύτερη περιοχή των Χαλασμένων Θερμών

➤ Θέση

Οι πηγές των Χαλασμένων Θερμών είναι ενάλιες και βρίσκονται σε απόσταση 300-350μ. ανατολικά των Θερμών. Τα Αρχαία Θέρμα αποτέλεσε μία εκ των τεσσάρων αρχαίων πόλεων της Ικαρίας (Οινόη, Δράκανο, Θέρμα, Ταυρόπολη). Οι κάτοικοι των Αρχαίων Θερμών ονομάστηκαν Ασκληπιείς, όταν τον 4^ο αιώνα π.Χ. ήταν ακόμη διαδεδομένη η λατρεία του Ασκληπιού, η πόλη τέθηκε υπό την προστασία του θεού και γι' αυτό τον λόγο οι κάτοικοι της περιοχής μετονομάστηκαν σε Ασκληπιείς. Είναι δυνατό ότι στο Ασκληπιείο το οποίο ιδρύθηκε, κατέφθαναν ασθενείς για την ίαση ασθενειών από την ευρύτερη ή από

παρακείμενες περιοχές. Η ιαματική πηγή δεν χρησιμοποιείται πλέον, και δεν είναι δυνατόν να γίνουν επιτόπιες μετρήσεις λόγω των απότομων και απόκρημνων βράχων, τα οποία όπως εικάζεται συνέβησαν λόγω της εξόρυξης μεγάλων όγκων βράχων, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του λιμένος Αγίου Κηρύκου.

➤ Γεωλογία

Η περιοχή των πηγών αποτελείται από μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο και μάρμαρο με εναποθέσεις λειμωνίτη, και για το οποίο γινόταν εξόρυξη από την μεταλλευτική στοά που υπάρχει στην περιοχή. Σε όλη τη περιοχή το μάρμαρο έχει υποστεί πολλαπλές μεταπτώσεις, ρήγματα και κατολισθήσεις, το οποίο θυμίζει πως αυτή η έκταση έχει δοκιμαστεί από διάφορες γεωλογικές δράσεις. Δεν έχει αποκλειστεί το ενδεχόμενο να έχουν παρέλθει ισχυρές σεισμικές δονήσεις, οι οποίες είχαν σαν αποτέλεσμα την καταστροφή της πόλης των Αρχαίων Θερμών. Τέλος, λόγω των διαφόρων γεωλογικών δράσεων που συνέβησαν κατά την αρχαιότητα, είναι δυνατόν να επέφεραν τον ενταφιασμό των πηγών και τελικά την εξαφάνισή τους.

4.7. Εμφάνιση γεωθερμικών ρευστών κατά τη διάρκεια σεισμικής δραστηριότητας

Τον Οκτώβριο του 2020 καταγράφηκε ισχυρό σεισμός στο νησί της Σάμου, με επίκεντρο 19 χιλιόμετρα βόρεια του νησιού. Το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών έκανε λόγο για σεισμό μεγέθους 6,7 της κλίμακας Ρίχτερ, αντίθετα το Ευρωμεσογειακό και το Αμερικανικό Γεωλογικό Ινστιτούτο εκτίμησαν το μέγεθος του σεισμού στα 7 Ρίχτερ. Το εστιακό βάθος του σεισμού υπολογίστηκε στα 2 χιλιόμετρα, κάτι που κατέστησε τη δόνηση τόσο επιφανειακή, όσο και ισχυρή. Ζημιές καταγράφηκαν σε μεγάλο αριθμό κτιρίων, ενώ άλλα κατέρρευσαν και ένα μικρό τσουνάμι έπληξε την πόλη.

Η ισχυρή σεισμική δραστηριότητα έγινε ιδιαίτερα αισθητή και στη ευρύτερη περιοχή της Ικαρίας. Από την σεισμική δόνηση, ειδικά στην περιοχή των Θερμών Αγίου Κηρύκου Ικαρίας, ευνοήθηκε η άνοδος θερμών ρευστών και η εμφάνιση πηγών, σε θέσεις στις οποίες πριν δεν είχε γίνει καμιά αναφορά σχετικά με την εμφάνιση των πηγών. Με την έντονη κινητικότητα στο εσωτερικό της γης, την ευθραυστότητα των πετρωμάτων και τη δημιουργία ρωγμών και ρηγματώσεων μέσα από αυτά, τα θερμά ρευστά βρήκαν εύκολες διόδους ώστε να ανέλθουν στην επιφάνεια της γης. Αυτό κάνει φανερό πως στο νότιο τμήμα της Ικαρίας, υπάρχουν μεγάλα και βαθιά ρήγματα, τα οποία είναι συνήθως φορείς ανερχόμενων θερμών ρευστών, και τα οποία βρίσκουν εύκολες διεξόδους κατά την κίνηση των πλακών. Ωστόσο, ας μη ξεχνάμε πως στην περιοχή των Θερμών είναι έντονη η οικιστική οικοδόμηση στη παραθαλάσσια

ζώνη, τόσο από κτίρια, όσο από μαγαζιά και ξενοδοχεία, καθώς η περιοχή λόγω των ιαματικών πηγών της αποτελεί σημαντικό τουριστικό θέρετρο. Αυτό όμως υποβόσκει κινδύνους, καθώς η εμφάνιση των πηγών κατά τη διάρκεια της σεισμικής δραστηριότητας, παρατηρήθηκε μέσα από κτίρια και πλησίον καταστημάτων που καθ' όλη τη διάρκεια της θερινής περιόδου κατακλύζεται από τραπεζοκαθίσματα και μεγάλη κινητικότητα.



Εικόνα 35

Εμφάνιση γεωθερμικών ρευστών έπειτα από σεισμική δόνηση (Σάμος 2020), στην περιοχή Θέρμα Αγίου Κηρύκου Ικαρίας



Εικόνα 36

Κεφάλαιο 5. Βιωσιμότητα των θερμομεταλλικών πηγών Ικαρίας

5.1. Ο ελληνικός θερμαλισμός ως σύστημα

Σε επίπεδο πολιτικής επιχειρησιακής οργάνωσης, ο ελληνικός θερμαλισμός ως σύστημα είναι προσανατολισμένος στα εξής τρία υποσυστήματα : α) ελληνικός θερμαλισμός, β) περιφερειακός θερμαλισμός και γ) τοπικός θερμαλισμός. Τα υποσυστήματα αυτά, στο σύνολο τους, συγκροτούν και εκφράζουν την θερμαλιστική ιαματική τουριστική πραγματικότητα στη χώρα μας.

Το πρώτο υποσύστημα είναι αυτό στο οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις και σχεδιάζεται η κεντρική λειτουργία του συστήματος. Στο υποσύστημα αυτό καθορίζονται οι κανόνες που έχουν σχέση με τον προγραμματισμό και γενικότερα με την ανάπτυξη του θερμαλιστικού ιαματικού τουρισμού στη χώρα μας όπως, λόγου χάρη, οι κοινωνιολογικές προσεγγίσεις της υγείας, οι κατευθύνσεις τους θερμαλισμού, η εκπαίδευση, τα δικαιώματα των ασφαλισμένων, η προβολή, η επιστημονική ιατρική υποστήριξη, η αναγνώριση των φυσικών ιαματικών πόρων, οι προδιαγραφές των θερμαλιστικών-ιαματικών κέντρων, το νομοθετικό έργο, οι στατιστικές, επιστημονικές έρευνες, οι έλεγχοι.

Το δεύτερο υποσύστημα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ο τόπος όπου αναπαράγονται, διακινούνται και ερμηνεύονται οι αποφάσεις και συγχρόνως γίνεται προσπάθεια να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος (διευθυντική εξουσία).

Το τρίτο υποσύστημα είναι ο τόπος όπου συντελείται η λειτουργία του συστήματος (λουτροπόλεις, μονάδες θερμαλισμού ιαματικής υδροθεραπείας). Η λειτουργία των τοπικών υποσυστημάτων θερμαλισμού καθορίζει, κατά κύριο λόγο, τη συνολική βιωσιμότητα του συστήματος. Προκειμένου, λοιπόν, να είναι βιώσιμος ο ελληνικός θερμαλισμός στο σύνολό του, οφείλει να παράγει, να αναπαράγει, να ισχυροποιεί και συγχρόνως να αναδεικνύει τη θερμαλιστική ιαματική τουριστική πράξη. Οφείλει, επίσης, κάθε υποσύστημα να διαχωρίζει με σαφήνεια το ρόλο του, έτσι ώστε ο θερμαλισμός να διακρίνεται για την ευελιξία του, τη διαφορετικότητά του, τις δράσεις, τη δυναμική του, την αποτελεσματικότητά του.

Καθώς λοιπόν, η απρόσκοπτη λειτουργία του συνολικού συστήματος, εξαρτάται, κυρίως, από τη λειτουργία των μονάδων τοπικού θερμαλισμού είναι αναγκαίο η κάθε μονάδα:

- Να είναι πλούσια και ευέλικτη σε μορφές, ενέργειες, και δράσεις που έχουν σχέση με τη φιλοσοφία του θερμαλισμού.
- Η κάθε μορφή ανάπτυξης του τοπικού θερμαλισμού να υπαγορεύεται από τους κανόνες και τις αρχές της βιωσιμότητας των οικοσυστημάτων.
- Ο φυσικός ιαματικός πόρος να είναι αναγνωρισμένος από το κράτος και να ελέγχεται υπεύθυνα και συστηματικά.

Ένα υγιές και καθαρό περιβάλλον, διαδραματίζει πολύτιμο ρόλο στην ανάπτυξη του τουριστικού θερμαλιστικού συστήματος, όπως επίσης οι πυλώνες της οικονομίας και της κοινωνίας έχουν όφελος να προσαρμοστούν κατ' επέκταση στην οικολογική τοπική σφαίρα. Είναι, ωστόσο, γεγονός ότι μέχρι σήμερα δεν εκφράστηκε συγκεκριμένη πολιτική για άμεση και συστηματική προώθηση της βιώσιμης τοπικής ανάπτυξης και αξιοποίησης των δυνατοτήτων του ιαματικού τουρισμού-θερμαλισμού στη χώρα μας. Παραδείγματα, για την αξιοποίηση του λουτρολογικού πλούτου αποτελούν οι τοπικές κοινωνίες, που επιβεβαιώνουν ότι, παρά την έλλειψη εξειδικευμένου και ολοκληρωμένου σχεδιασμού, είναι σε θέση να μετασχηματίζουν τους ιαματικούς και άλλους διαθέσιμους πόρους, και να θέτουν σε λειτουργία το τοπικό θερμαλιστικό-ιαματικό τουριστικό σύστημα.

Ο ελληνικός θερμαλιστικός ιαματικός τουρισμός αποτελεί :

- Το κλειδί για την οικονομία και την αστική ανάπτυξη σε πολλές περιοχές, καθώς γύρω από τις πηγές αναπτύχθηκαν και συνεχίζουν να αναπτύσσονται δραστηριότητες που έχουν σχέση με τον ιαματικό τουρισμό. Η ιστορία, η παράδοση της αστικής δομής, η απασχόληση και οι σχέσεις των ανθρώπων είναι άμεσα συνδεδεμένες με το ιαματικό νερό και τον ιαματικό τουρισμό.
- Τον πόλο ανάπτυξης σε όλους τους τομείς της οικονομίας και του πολιτισμού των γεωγραφικών περιοχών που διαθέτουν θερμαλιστικά συστήματα ή γεωθερμικούς πόρους και τα οποία βρίσκονται εκτός πολεοδομικού ιστού.
- Τη δυναμική και πολύτιμη δραστηριότητα που μπορεί να γίνει πυρήνας συγκράτησης του τοπικού πληθυσμού, αφού σε περιοχές που τα ιαματικά νερά είναι πόσιμα ψυχρά μεταλλικά, ανθίζουν μονάδες εμφιάλωσης ενώ σε άλλες περιοχές, γίνεται εκμετάλλευση του ενεργειακού περιεχομένου του θερμού νερού για την χρήση αυτού, για παράδειγμα στα γεωθερμικά θερμοκήπια.

- Την ενεργειακή οικονομία, το οποίο μπορεί να επιφέρει οφέλη για το περιβάλλον και τη τοπική κοινωνία. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη θέρμανση λουτρικών και άλλων κτιριακών εγκαταστάσεων με γεωθερμικό νερό, αλλά και γενικότερα να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες των τοπικών κοινοτήτων. Κάτι τέτοιο, θα αποτελούσε μεγάλο πλεονέκτημα για την ενεργειακή οικονομία και γενικότερα τη βιωσιμότητα των τοπικών συστημάτων θερμαλισμού.

5.2. Θερμαλιστικά συστήματα και η βιωσιμότητά τους

Στις περιοχές των ιαματικών πηγών, ο άνθρωπος έχτισε σπίτια, άνοιξε δρόμους και οικισμούς που ικανοποιούσαν της συνθήκες της ζωής, εντάσσοντας τον τοπικό φυσικό πλούτο στις κοινωνικό-οικονομικές συνθήκες της κοινότητας και καθιστώντας τον σημαντικό στοιχείο των εκφάνσεων της ζωής.

Σήμερα στις περιοχές των ιαματικών πηγών έχουν δημιουργηθεί κτιριακές υποδομές, όπως ξενοδοχεία, εστιατόρια και έχουν πρόσβαση με αρκετά μέσα μεταφοράς, προς διευκόλυνση των επισκεπτών, με πυρήνα τον θερμαλισμό.

Είναι γνωστό πως οι ιαματικές πηγές κάθε χρόνο προσφέρουν ένα σημαντικό εισόδημα που συμβάλλει, τόσο στην ανάπτυξη της εκάστοτε τοπικής κοινωνίας, όσο και στο ΑΕΠ της χώρας. Ωστόσο, αποτελεί κρίσιμο ερώτημα, για τις τοπικές κοινωνίες αλλά και εν γένει για τη χώρα, το είδος ανάπτυξης που θα επιλεγεί. Θα είναι μια ανάπτυξη μετρήσιμη μόνο στο Α.Ε.Π της χώρας μας ή μια ανάπτυξη που θα συνεκτιμά τη σημασία της κοινωνικής συνοχής, των πολιτισμικών ιδιαιτεροτήτων του τόπου και των οικολογικών χαρακτηριστικών του χώρου; Θα είναι μια θερμαλιστική ανάπτυξη αποκλειστικά των οικονομικών «δεικτών» ή μια «βιώσιμη» ανάπτυξη σε συνδυασμό με τη προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων;

Η επιτροπή εμπειρογνομόνων του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών όρισε την ανάπτυξη «development» ως «μια διαδικασία με την οποία ενώνονται οι προσπάθειες των ατόμων με αυτές των κρατικών αρχών, για την βελτίωση των οικονομικών, κοινωνικών και πολιτισμικών συνθηκών των κοινοτήτων, την ενσωμάτωση των κοινοτήτων στη ζωή του έθνους και τη διευκόλυνσή τους ως προς τη μέγιστη δυνατή συνδρομή τους στην εθνική πρόοδο». Νωρίτερα οι δομές των αποικιακών δυνάμεων και των αυτοκρατοριών που κυριάρχησαν τον 19^ο και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, άφηναν μικρό περιθώριο για κοινωνική και οικονομική πρόοδο, σε αυτό που σήμερα ονομάζεται «αναπτυσσόμενος» κόσμος. Οι αποικίες προμήθευαν τις αποικιακές δυνάμεις με πρώτες ύλες και φτηνή εργασία σχεδόν μέχρι τα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Ακόμη και στις πλουσιότερες χώρες της Ευρώπης, της Αμερικής και την Ιαπωνία, η οικονομική

ανάπτυξη ήταν αποδεκτή ως ο κεντρικός στόχος της «προόδου» και του «μοντερνισμού» και υπήρχε σχετικά μικρό ενδιαφέρον για θέματα ισότητας και κοινωνικής δικαιοσύνης. Το περιβάλλον και τα προβλήματά του δεν λαμβάνονταν υπόψη στα μοντέλα της βιομηχανικής ανάπτυξης και η φύση είχε αξία μόνο ως χρηστικό αντικείμενο ή εμπορεύσιμο αγαθό. Στο τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, οι αντιλήψεις και οι πολιτικές πρακτικές άλλαξαν ριζικά. Η οικονομική ευημερία και η κοινωνική πρόοδος για τη πλειοψηφία των πολιτών έγινε η βασική προτεραιότητα των κυβερνήσεων. Νέοι στόχοι των πολιτικών της οικονομικής ανάπτυξης, ήταν να αυξήσουν τους δείκτες της ποιότητας ζωής, παρέχοντας σταθερά περισσότερα αγαθά και υπηρεσίες σε όλο και περισσότερους ανθρώπους.

Καθώς η αναπτυξιακή πολιτική εξελίχθηκε, κατά καιρούς δόθηκε έμφαση σε διαφορετικές προσεγγίσεις. Στις αρχές της δεκαετίας του 70΄, η αναπτυξιακή πολιτική ήταν εστιασμένη στη κάλυψη βασικών αναγκών. Στις βασικές ανάγκες περιλαμβάνονταν η εκπαίδευση, η διατροφή, η υγεία, η υγιεινή και η εργασία. Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών έκτοτε, χρησιμοποιεί την υγεία, την εκπαίδευση και το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ), ως δείκτες για να υπολογίσει τη συνολική αναπτυξιακή πορεία. Όμως η πρακτική της ανάπτυξης είναι ανοιχτή σε δύο επικρίσεις: α) τα οφέλη από την ανάπτυξη είναι άνισα καταμεμημένα και τα ποσοστά των φτωχών και των υποσιτιζόμενων πληθυσμών έχουν παραμείνει παγκοσμίως υψηλά, και β) οι επιπτώσεις της ανάπτυξης υπήρξαν αρνητικές τόσο για το περιβάλλον, όσο και για τις υπάρχουσες κοινωνικές δομές. Με τον όρο ανάπτυξη των θερμαιστικών συστημάτων, κάθε τοπική κοινότητα, θα πρέπει να αποσκοπεί στην άμεση ενημέρωση και εκπαίδευση των κατοίκων, ώστε με σεβασμό και περίσσια ανιδιοτέλεια, ο καθένας να εργάζεται για το κοινό καλό του τόπου του, όπου τόσο η τοπική ανάπτυξη όσο και η προστασία του περιβάλλοντος και κατ' επέκταση των ιαματικών πηγών, θα συμπλέουν με ένα κοινό σκοπό, ότι : η περιβαλλοντική υποβάθμιση, αν δεν ελεγχθεί και αντιμετωπιστεί έγκαιρα, είναι δυνατόν να έχει ως συνέπεια την κατάρρευση ολόκληρου του οικοσυστήματος.

5.3. Βιώσιμη αειφόρος ανάπτυξη. Έννοιες και ορισμοί

Ο όρος βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη επικράτησε στην παγκόσμια κοινότητα το 1992, στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας, μετά την παγκόσμια διάσκεψη κορυφής των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον. Στη δεκαετία που ακολούθησε η Ευρωπαϊκή Ένωση καθόρισε την τριπλή σημασία της βιώσιμης ανάπτυξης, συνδέοντάς την με την οικονομία, την κοινωνία και το φυσικό περιβάλλον, με πρόταγμα πλαίσιο την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων. Οι όροι αειφορία, βιωσιμότητα επινοήθηκαν για να σηματοδοτήσουν εκείνη την οικονομική μεγέθυνση, που δε θα καταστρέφει με τρόπο μη αναστρέψιμο τους φυσικούς πόρους και τις φυσικές συνθήκες του πλανήτη μας. Κατά την αρχαία ελληνική λέξη ο όρος βιώσιμος νοούνταν ως ο « χρόνος που έχει για να επιβιώσει κάποιος». Ωστόσο, στο πλαίσιο της σύγχρονης κοινωνικής πρακτικής ο όρος βιωσιμότητα είναι συνδεδεμένος όχι μόνο με βιολογικά όντα και φυσικά συστήματα, αλλά κυρίως με «κοινωνικές οντότητες», δηλαδή με τα κοινωνικά συστήματα και τις οργανώσεις. Οι σύγχρονες

κοινωνίες αντιλαμβάνονται τις κοινωνικές οντότητες ως «βιώσιμες», όταν επιτυγχάνουν τους στόχους που οι ίδιες θέτουν. Έτσι η «βιωσιμότητα» μεταφέρθηκε από το φυσικό στο κοινωνικό επίπεδο και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την αποτελεσματικότητα των ανθρώπινων δράσεων. Κάθε ανθρώπινη δράση δεν είναι παρά μια παρέμβαση σε υλικά ή μη υλικά στοιχεία και δεδομένα, φαίνεται πως η «βιωσιμότητα» αποτελεί το μέτρο της αποτελεσματικής παρέμβασης των ανθρώπινων κοινωνιών πάνω στη φύση, στον άνθρωπο και στις ιδέες. Μια τέτοια εννόηση της βιωσιμότητας προϋποθέτει μια συναίνεση που θα στηρίζεται στην αμοιβαιότητα των ανθρώπινων προσδοκιών και στην κοινωνική ευαισθησία της πολιτείας. Επομένως και ο «θερμαλιστικός-ιαματικός τουρισμός» θα ακμάσει χωρίς να υποδαυλίζεται η πρωταρχική έννοια του φυσικού είναι, δηλαδή του ιαματικού-περιβαλλοντικού πλούτου της εκάστοτε τοπικής κοινότητας.

Κάθε φυσικός πόρος και περιβαλλοντικό αγαθό θα πρέπει να αξιοποιείται μέσα σε προκαθορισμένα όρια, τα οποία είτε επιτρέπουν την ανατροφοδότηση του πόρου και την αποφυγή εξάντλησής του, είτε το προστατεύουν από δραστηριότητες από τις οποίες είναι δυνατό να υποβαθμιστεί. Ο όρος «φέρουσα ικανότητα» περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο ένα φυσικό οικοσύστημα ή μια περιοχή έχει κάποια όρια αντοχής, τα οποία αν δεν τηρηθούν τότε η ισορροπία ανατρέπεται και η περιβαλλοντική υποβάθμιση καθίσταται οριστική και μη αναστρέψιμη.

Βιώσιμη Ανάπτυξη δεν ορίζεται ως μια αόριστη έννοια ή επιστημονική ιδέα αλλά περισσότερο ως μια γενική ηθική αρχή, η οποία υποστηρίζει αρχές δικαιοσύνης και κοινωνικής ευθύνης, ισότητα και αλληλεγγύη μεταξύ εθνών και ανθρώπων. Η Βιώσιμη Ανάπτυξη απαιτεί μια δυναμική ισορροπία μεταξύ οικονομικών, κοινωνικών και πολιτισμικών αρχών της ανθρωπότητας και αποβλέπει στην επιτακτική ανάγκη για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος του οποίου αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι η ανθρωπότητα.

Η Αειφόρος Ανάπτυξη αποτελεί ένα σύστημα το οποίο θα πρέπει παράλληλα να είναι :

Οικονομικά βιώσιμο καθώς είναι δυνατό να παράγει αγαθά και υπηρεσίες σε μια αέναη βάση, σεβόμενο τις κοινωνικές σχέσεις μεταξύ ομάδων ή ατόμων μέσα στη κοινωνία αλλά και το ανθρώπινο και ανθρωπογενές δυναμικό το οποίο εργάζεται και είναι αναγκαίο για την ευημερία των μελλοντικών γενεών

Περιβαλλοντικά βιώσιμο εφόσον διατηρεί μια σταθερή βάση φυσικών πόρων, χωρίς να γίνεται υπερεκμετάλλευση ανανεώσιμων πόρων, με έμφαση στη διατήρηση και προστασία του φυσικού οικοσυστήματος. Η περιβαλλοντική αειφορία δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην αρχή της πρόληψης του περιβάλλοντος από τυχόν παρεμβάσεις και στην ισορροπία αυτού ώστε να διασφαλιστεί η εξέλιξη όλων των έμβιων όντων.

Κοινωνικά βιώσιμο, δηλαδή διέπεται από τους όρους ισότητας και της ευημερίας μεταξύ των εθνών και των ανθρώπων, ισότητα και συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τον τρόπο που τα κοινωνικά και οικονομικά συστήματα χειρίζονται το βιοφυσικό περιβάλλον και τέλος παροχή κοινωνικών υπηρεσιών όπως η υγεία και η εκπαίδευση.

Η βιωσιμότητα στη συστημική της θεώρηση, (ολιστική θεώρηση της βιωσιμότητας), βασίζεται σε τέσσερις αλληλένδετες αρχές για έναν βιώσιμο τρόπο ζωής.

- Προστασία και διατήρηση της φύσης, με την οποία εξασφαλίζεται ότι η φύση μπορεί να συνεχίσει να παρέχει συστήματα υποστήριξης της ζωής για όλα τα έμβια όντα, συμπεριλαμβανομένων και των πόρων που στηρίζουν το οικονομικό σύστημα.
- Ειρήνη και ισότητα η οποία ενθαρρύνει τους ανθρώπους να ζουν με αρμονία και με πνεύμα συνεργασίας και να ικανοποιούν τις βασικές τους ανάγκες με δικαιοσύνη και ισοτιμία.
- Ανάπτυξη με όρους αειφορίας και βιωσιμότητας, ώστε να διασφαλιστεί ότι η ανθρώπινη κοινότητα θα είναι σε θέση να βιοποριστεί μακροπρόθεσμα. Η άνθιση των γενεών χωρίς να ακολουθούνται κανόνες και αρχές της βιωσιμότητας, θέτει σε κίνδυνο το πλανήτη Γη, εφόσον αγνοεί τους δεσμούς μεταξύ συστημάτων του περιβάλλοντος και της οικονομίας.
- Δημοκρατία η οποία διασφαλίζει τη συμμετοχή των πολιτών στις αποφάσεις που σχετίζονται με τη διαχείριση των φυσικών, κοινωνικών συνθηκών.

Ωστόσο το ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί από την επιστημονική, παγκόσμια κοινότητα αλλά και από κάθε οντότητα μεμονωμένα, είναι κατά πόσο τελικά η βιώσιμη ανάπτυξη προστάτεψε πράγματι το περιβάλλον. Γνωρίζοντας πως στη λήψη αποφάσεων για τη βιωσιμότητα και τη προστασία του περιβάλλοντος συμμετέχουν άτομα και ομάδες του ισχυρού οικονομικού λόμπυ του πλανήτη, θα ήταν αυθαιρεσία αν θεωρούνταν δεδομένο πως η βιωσιμότητα τελικά είχε απώτερο στόχο τη προστασία του περιβάλλοντος και όχι οικονομικά οφέλη των εκάστοτε ατόμων. Κάτι τέτοιο όμως θα μπορούσε να αποτελέσει κίνητρο, άνθρωποι ενεργοί πάνω σε ζητήματα περιβαλλοντικής ευημερίας, ισότητας και αξιοκρατίας, αλλά και όχι μόνο, να αναθεωρήσουν τελικά τι συνέβη μέχρι τώρα, και στο εξής πως πρέπει να δρουν συλλογικά για να εξασφαλίσουν ένα καλύτερο αύριο σε όλα τα έμβια και άβια όντα του πλανήτη μας.

5.4. Βασικές αρχές και προϋποθέσεις της βιώσιμης ανάπτυξης των θερμαλιστικών συστημάτων

Όπως έχει διαπιστωθεί, ο θερμαλιστικός τουρισμός σε ορισμένες περιοχές στην Ελλάδα, και συγκεκριμένα και στην Ικαρία διανύσει μία παρατεταμένη περίοδο παρακμής που διαρκεί εδώ και αρκετά χρόνια. Αν και κάποια θετικά βήματα έχουν γίνει, η συνολική εικόνα του προσφερόμενου θερμαλιστικού τουρισμού εξακολουθεί να παραμένει κάτω του μετρίου, με τη πλειονότητα των εγκαταστάσεων να παραμένουν παραμελημένες και τη δραστηριότητα του θερμαλισμού-θερμαλιστικού τουρισμού να χαρακτηρίζεται από αναχρονιστικές και κακής ποιότητας υπηρεσίες.

Όμως, η χώρα μας διαθέτει ένα σημαντικό πλούτο σε φυσικό πόρο ιαματικών πηγών, που όχι μόνο δε πρέπει να αγνοήσει, αλλά αντίθετα, πρέπει να συνεχίσει να αξιοποιεί, μιας και ο θερμαλισμός αποτελεί μια δραστηριότητα που τόσο κατά το βαθύ παρελθόν, όσο και στο μέλλον θα συνεχίσει να είναι ελκυστική στους ανθρώπους, λόγω των σημαντικών ευεργετικών ιδιοτήτων των θερμών νερών.

Όμως, για να μπορέσει η χώρα μας όχι απλά να διατηρήσει σε ένα επιθυμητό επίπεδο την ποιότητα του προσφερόμενου θερμαλιστικού τουρισμού της, αλλά να αντιστρέψει την αρνητική εικόνα και να γίνει ανταγωνιστική, θα πρέπει να προβεί στην εφαρμογή ενός ριζικά τροποποιημένου μοντέλου ανάπτυξης του θερμαλιστικού τουρισμού, που ως στόχο θα έχει τόσο τη διατήρηση και άνοδο της δημοτικότητας της δραστηριότητας, όσο και τη προσφορά άρτιων και αξιόπιστων υποδομών και υπηρεσιών. Σύμφωνα με την Παπαγεωργίου Μ. (2009), «ο οικονομικός και επιχειρηματικός σχεδιασμός της δραστηριότητας του θερμαλιστικού τουρισμού, θα πρέπει να βασίζεται στις ακόλουθες αρχές, βάσει της ελληνικής πραγματικότητας αλλά και των διεθνών και ευρωπαϊκών δεδομένων».

➤ Εξασφάλιση ανανεωσιμότητας (διατήρηση ποιοτική και ποσοτική του φυσικού πόρου)

Όπως είναι λογικό, η ποιοτική και ποσοτική διατήρηση του φυσικού πόρου των ιαματικών πηγών (στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2000/60 για τα Νερά) κρίνεται απαραίτητη προϋπόθεση τόσο για την εξασφάλιση της ανανεωσιμότητας όσο και για ύπαρξη του θερμαλιστικού τουρισμού.

Προκειμένου λοιπόν, να υπάρξει προστασία και ταυτόχρονη εξασφάλιση της βιωσιμότητας του φυσικού πόρου των ιαματικών πηγών απαραίτητη κρίνεται η σύσταση Ειδικού Μητρώου Ιαματικών Πηγών (όπως προβλέπεται και από το νόμο 3498/06). Ειδικότερα, μέσω της απογραφής –καταγραφής του φυσικού πόρου των ιαματικών πηγών, επιτυγχάνεται η διατήρηση πλήρους βάσης δεδομένων με όλα τα κρίσιμα στοιχεία που αφορούν στις ιαματικές πηγές (όγκος νερού, χημική σύσταση, θέση ανάβλυσης κλπ) κάτι το οποίο αναμφίβολα συμβάλλει καθοριστικά στην ανανεωσιμότητα του πόρου, αφού θα εξασφαλίσει την αειφόρο και βιώσιμη αξιοποίηση του.

➤ Ορθολογική χρήση θερμών-ιαματικών νερών

Έχει διαπιστωθεί, πως σε πολλές λουτροπόλεις, ένα μεγάλο ποσοστό θερμαλιστών είτε αγνοεί, είτε δεν έχει σωστή αντίληψη για τον ορθό και ενδεικνυόμενο τρόπο χρήσης των ιαματικών νερών, λόγω έλλειψης ενημέρωσης και μη επαρκούς σύγχρονης μελέτης των ιδιοτήτων των εκάστοτε θερμών νερών. Αν και στις μέρες μας η κατάσταση δε συγκρίνεται με το παρελθόν, όπου προκαλούνταν μέχρι και μη αναστρέψιμες βλάβες του οργανισμού σε κάποιες περιπτώσεις, η ορθολογική χρήση του πόρου των ιαματικών πηγών παραμένει ένα ζητούμενο, αφού πρόκειται για είδος νερών με αρκετές αντενδείξεις.

Έτσι, ώστε να γίνεται ορθολογικότερη χρήση των ιαματικών νερών, θα ήταν απαραίτητη η εμπλοκή της επιστήμης της ιατρικής, με στόχο τη μελέτη της σύστασης των νερών και του είδους των παθήσεων για τα οποία ενδείκνυνται ή αντενδείκνυνται η χρήση των εκάστοτε θερμών ιαματικών νερών.

➤ Εξασφάλιση ποιότητας και ανταγωνιστικότητας προσφερόμενων θερμαλιστικών υπηρεσιών

Ο θερμαλιστικός τουρισμός της Ελλάδας χαρακτηρίζεται τόσο από κακή ποιότητα όσο και από αναχρονιστικές θερμαλιστικές υπηρεσίες. Συγκεκριμένα, πέραν της σχεδόν ολοκληρωτικής κατήλωσής του σε υπηρεσίες θεραπευτικού θερμαλισμού, διέπεται και από υποβαθμισμένες υπηρεσίες, χαρακτηριστικά τα οποία οπωσδήποτε πρέπει να αλλάξουν προκειμένου η συγκεκριμένη μορφή τουρισμού να γίνει ανταγωνιστική και αξιόπιστη.

➤ Εξασφάλιση ποιότητας και ανταγωνιστικότητας θερμαλιστικών εγκαταστάσεων και υποδομών

Στην Ελλάδα πολλές θερμαλιστικές εγκαταστάσεις λειτουργούν είτε σε υποβαθμισμένο περιβάλλον είτε έχουν εγκαταλειφθεί εντελώς, παρουσιάζοντας την εικόνα ερειπίων. Στο πλαίσιο αυτό και προκειμένου ο θερμαλιστικός τουρισμός στην Ελλάδα να γίνει ανταγωνιστικός και ελκυστικός, απαραίτητη κρίνεται η αναβάθμιση και αποκατάσταση των θερμαλιστικών εγκαταστάσεων και υποδομών.

Με απώτερο στόχο την εξασφάλιση της ποιότητας των θερμαλιστικών εγκαταστάσεων, θα ήταν δυνατόν να ληφθούν ορισμένα μέτρα, λόγου χάρη, η αναβάθμιση όλων των θερμαλιστικών εγκαταστάσεων ή η ανακατασκευή των υπαρχόντων με όρους αειφορίας και βιωσιμότητας, και με υλικά εναρμονισμένα με την ικαριακή νησιωτική περιοχή, όπως είναι το λιθολογικό πρότυπο χτισίματος που ακολουθούσαν παλιά για την ανοικοδόμηση σπιτιών όπως είναι ο γρανίτης Ικαρίας.

➤ Συστηματική και αποτελεσματική επικοινωνιακή πολιτική

Ένας σημαντικός αριθμός θερμαλιστών μειώνεται χρόνο με το χρόνο και αυτό μάλλον οφείλεται στο ατυχές προφίλ που αποδίδεται στη δραστηριότητα του θερμαλισμού στη χώρα μας. Σύμφωνα με τις διαφημιστικές εκστρατείες τόσο του κράτους όσο και των λοιπών σχετικών φορέων, η δραστηριότητα του θερμαλισμού φαίνεται να απευθύνεται ως επί το πλείστον σε άτομα τρίτης ηλικίας ή και πάσχοντες. Ως αποτέλεσμα αυτής της τακτικής, ο θερμαλιστικός τουρισμός παραμένει μη ελκυστικός για μια μεγάλη μερίδα ατόμων, που θεωρεί ότι πρόκειται για μια μορφή τουρισμού που δεν απευθύνεται σε αυτόν. Στο πλαίσιο αυτό, απαραίτητη και καθοριστική κρίνεται η συστηματική και επικοινωνιακή πολιτική-προβολή, απαλλαγμένη από τα στερεότυπα του παρελθόντος.

Θα ήταν εξίσου σημαντικό η ορθή και συστηματική προβολή του θερμαλιστικού τουρισμού με διάφορα διαφημιστικά μέσα, τόσο από το Κράτος, όσο και από τη Τοπική Αυτοδιοίκηση, απαλλαγμένη από την έως τώρα στερεότυπη εικόνα, που θέλει τη συγκεκριμένη μορφή τουρισμού να απευθύνεται μοναδικά σε άτομα μεγάλων ηλικιών ή και πάσχοντες.

➤ Διατήρηση κοινωνικού χαρακτήρα θερμαλιστικού τουρισμού

Σύμφωνα με τον Gerbord (2004) «η κοινωνική πολιτική (επιδοτήσεις, δωρεάν παροχή υπηρεσιών θερμαλισμού, κλπ) λειτουργεί εις βάρος της υγιούς ανάπτυξης του θερμαλιστικού τουρισμού», εντούτοις στην Ελλάδα, λόγω των ιδιαίτερων κοινωνικο-οικονομικών συνθηκών που βιώνει μεγάλη μερίδα πολιτών αλλά και της φθίνουσας πορείας της εν λόγω μορφής τουρισμού, η ενίσχυση και επιδότηση κρίνεται ακόμη απαραίτητη.

Ορισμένες δράσεις οι οποίες ενδείκνυνται ως προς τη διατήρηση του κοινωνικού χαρακτήρα του κοινωνικού θερμαλισμού, θα ήταν η διατήρηση οικονομικής ενίσχυσης/επιδότησης από το κράτος με διάφορα κοινωνικά προγράμματα. Ακόμη θα ήταν σημαντικό να μπορούσε να εξασφαλιστεί η ταυτόχρονη υδροδότηση πολλαπλών εγκαταστάσεων από μια ιαματική πηγή (εφόσον προβλέπεται και από το νόμο 3498/06), εφόσον κριθεί βιώσιμο και δεν αντιβαίνει στην αειφορική διαχείριση του φυσικού πόρου της ιαματικής πηγής. Το συγκεκριμένο μέτρο θα μπορούσε να συμβάλλει στην αποτροπή ύπαρξης ιαματικών πηγών στις οποίες θα υπάρχουν μόνο εγκαταστάσεις και υπηρεσίες πολυτελείας και οι οποίες θα αποκλείουν τη προσέλευση πολιτών, οικονομικά ασθενών τάξεων.

5.5. Έννοιες και ορισμοί για την Αρχή της Φέρουσας Ικανότητας

Για να γίνει προσέγγιση του ζητήματος περί φέρουσας ικανότητας, είναι αναγκαίο να διευκρινιστεί ότι η φέρουσα ικανότητα κάθε περιοχής διαφέρει, λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικές παραμέτρους. Για να αποσαφηνιστεί καλύτερα, οι παράγοντες με τους οποίους πρέπει να γίνεται συσχέτιση κάθε φορά είναι τα το κλίμα της κάθε περιοχής, ο αριθμός τουριστικής κίνησης, ο φυσικός πλούτος, η έκταση της εκάστοτε περιοχής.

Σύμφωνα με τον Wagar (1974), η φέρουσα ικανότητα αποτελεί το «το επίπεδο ψυχαγωγικής χρήσης, που μπορεί να αντέξει μια περιοχή, παρέχοντας συγχρόνως μια διαρκή ποιότητα στην αναψυχή». Ακόμη υποστήριξε, ότι στη διαχείριση μιας έκτασης πρέπει να δημιουργείται και να διατηρείται η ροή των παροχών προς όφελος των ανθρώπων και η κάθε περιοχή θα πρέπει να εξετάζεται σαν ένας τομέας μέσα σε ένα ολιστικό σύστημα και όχι ως μεμονωμένο στοιχείο.

Στη δεκαετία του 1970-1980 δίνεται έμφαση στα επίπεδα χρήσης και στην ικανοποίηση που παρείχαν στους επισκέπτες. Το 1970 παρουσιάζεται ο ορισμός της τουριστικής φέρουσας ικανότητας στο Countryside Recreation Glossary: *«Φέρουσα ικανότητα είναι το επίπεδο χρήσης των πόρων (τουρισμού-αναψυχής) μιας περιοχής, με το οποίο μπορεί να εξασφαλιστεί η βιώσιμη ανάπτυξη, χωρίς υποβάθμιση των χαρακτηριστικών και της ποιότητας των πόρων καθώς και της εμπειρίας του επισκέπτη σε βαθμό αποδεκτό».*

Επιπρόσθετα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WTO), το (1993), διατυπώνει τον ορισμό της φέρουσας ικανότητας και ορίζεται ως: *“Η μέγιστη χρήση μιας τοποθεσίας χωρίς να προκαλούνται αρνητικές επιπτώσεις στους διαθέσιμους πόρους, καθώς και να μην μειώνεται η ικανοποίηση των τουριστών ή να ασκούνται αρνητικές επιπτώσεις στην κοινωνία, στην οικονομία, και στον πολιτισμό της κάθε τουριστικής περιοχής”.*

Η τουριστική φέρουσα ικανότητα είναι μια πολυδιάστατη έννοια και αφορά τα όρια του φυσικού, οικονομικού και κοινωνικού περιβάλλοντος. Ως συνδυασμός πολλών ορισμών, προκύπτει ότι η φέρουσα ικανότητα τουριστικής ανάπτυξης (ΦΙΤΑ), σύμφωνα με τον Χατζηβγέρης (2003), είναι *«Ο μέγιστος αριθμός χρηστών που μπορεί να δεχτεί μια τουριστική περιοχή χωρίς μόνιμη περιβαλλοντική υποβάθμιση και η εξασφάλιση της ικανότητας της περιοχής να υποστηρίξει δραστηριότητες αναψυχής, αλλά και χωρίς να υποβαθμίζει την εμπειρία αναψυχής των επισκεπτών.»*

Η αξιοπιστία της εφαρμογής της στη πράξη έχει αποτελέσει στόχο πολλών κριτικών, δεδομένης της δυσκολίας στη συγκέντρωση δεδομένων και στον προσδιορισμό του βέλτιστου αριθμού μεταβλητών που πρέπει να διερευνηθούν ώστε τα αποτελέσματα να είναι αξιόπιστα.

5.5.1. Έννοια τουριστικής φέρουσας ικανότητας

Ο τουρισμός υπό το πρίσμα μιας ακόμα οικονομικής δραστηριότητας, είναι ένα νόμισμα με δύο όψεις : τα θετικά στοιχεία, για παράδειγμα, ο βιοπορισμός ολάκερων κοινωνιών εξαρτάται από την τουριστική περίοδο αλλά και τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν, λόγω χάρη τις απότομες και πολλές φορές μη αναστρέψιμες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον. Κάθε σύστημα θα πρέπει να εναρμονίζεται με τις αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτό, και την ικανότητα αυτού να συμπλέει με τους όρους της βιώσιμης ανάπτυξης. Έτσι πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα η προαγωγή κάθε έρευνας καθώς και η κατανόηση της σημασίας του τουριστικού προϊόντος όχι μόνο σε σχέση με τους ταχύτερους ρυθμούς ανάπτυξης του αλλά και σε σχέση με τις άμεσα ή έμμεσα αλληλεξαρτώμενες μορφές που συνδέουν το σύστημα *άνθρωπος-χώρος-ανάπτυξη* (Βερνίκος, 1985) και παράλληλα η αποκάλυψη της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στα τρία επίπεδα παραγωγής του τουριστικού προϊόντος : *ζήτηση-διακίνηση-προσφορά* και η συμβολή του στις εκφάνσεις του τουριστικού φαινομένου, όπως η φέρουσα ικανότητα και ο «κορεσμός», (Κοκκώσης- Παρπαϊρης, 1990-1992).

«Η συνθετότητα της ανάλυσης της τουριστικής ζήτησης έχει άμεση σχέση με εκείνη της τουριστικής προσφοράς» (Βαρβαρέσος, 2000). Τα άτομα τα οποία μετακινούνται μέσω της τουριστικής μετακίνησης επιδιώκουν να ικανοποιήσουν ένα μεγάλο αριθμό αναγκών, είτε για να εκπληρώσουν το σκοπό της μετακίνησής τους, δηλαδή την αναψυχή τους, είτε να καταναλώσουν φυσικούς πόρους και υλικά αγαθά. Η ερμηνεία των τάσεων της τουριστικής ζήτησης και προσφοράς, είναι δυνατό να πραγματοποιείται μέσα σε ένα λογικό εύρος μεταβλητών. Αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό αφενός από τον αριθμό επισκεπτών που είναι σε θέση να υποδεχτεί ένα νησί, μία πόλη, ένα μικρό χωριό και πόσα αγαθά δύναται να προσφέρει κάθε τοπική κοινότητα στους επισκέπτες της, σεβόμενο τους κανόνες και τα όρια αντοχής του φυσικού περιβάλλοντος. Αφετέρου άλλες μεταβλητές είναι σε τι βαθμό δύναται η τοπική κοινότητα να προσφέρει τους φυσικούς πόρους, όχι αποκλειστικά λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα οικονομικά οφέλη, και χωρίς να υποθάλπεται το φυσικό είναι. Πιο συγκεκριμένα τρεις είναι οι παράγοντες που διαμορφώνουν τη τουριστική ζήτηση (Baretje et al., 1982) :

- Κοινωνικο-οικονομικοί, οι οποίοι σχετίζονται με την κοινωνική διαστρωμάτωση των ατόμων και έχουν να κάνουν περισσότερο με τις υλιστικές ανάγκες ιδιαίτερα των εύπορων κοινωνικών τάξεων.
- Κοινωνικο-ψυχολογικοί, ή υποκειμενικοί παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με τις βαθύτερες ανάγκες και την προσωπικότητα των ατόμων, και συνδέονται περισσότερο με τον τουρισμό αναψυχής, οικοτουρισμό, κ.α..

- Η επίδραση των παραγόντων που σχετίζονται με το τουριστικό προϊόν το οποίο προσφέρει κάθε χώρα υποδοχής και αλληλεπιδρά με τον σκοπό της τουριστικής μετακίνησης.

Η τουριστική φέρουσα ικανότητα είναι μια πολυδιάστατη έννοια, γεγονός που οδήγησε αρκετούς ερευνητές στην ανάπτυξη διαφορετικών και διακριτών προσεγγίσεων γύρω από το θέμα αυτό. Ένας εξ αυτών, ο Pearce (1989) υποστήριξε ότι οι συνιστώσες της τουριστικής φέρουσας ικανότητας είναι οι εξής:

- Περιβαλλοντικοί

Οικολογικοί: η ικανότητα του οικοσυστήματος και των φυσικών πόρων να εξυπηρετούν την ολοένα αυξανόμενη τουριστική ανάπτυξη

Χωρικοί: η ικανότητα των υποδομών να υποστηρίζουν την τουριστική ανάπτυξη

- Κοινωνικοί

Ψυχολογικοί: η ευχαρίστηση του επισκέπτη είναι το μέτρο για την ανάπτυξη του τουρισμού σε μια περιοχή

Πολιτιστικοί: δηλαδή η ανοχή του εγχώριου πληθυσμού στην τουριστική κινητικότητα

- Οικονομικοί

Εστιάζει στη σχέση της τοπικής οικονομίας ως προς τον τουρισμό (ύπαρξη τοπικού εργατικού δυναμικού, ενίσχυση τοπικών επενδυτικών προγραμμάτων)

- Αντιληπτικοί

Αναφέρεται στον αριθμό ατόμων που μπορούν να φιλοξενηθούν σε έναν τόπο υποδοχής με γνώμονα την κάλυψη των αναγκών τους και την ανάπτυξη διαφορετικών τύπων εμπειρίας

5.5.2. Η φέρουσα ικανότητα σε διαφορετικές κατηγορίες του χώρου

Η φέρουσα ικανότητα αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες που συνυπολογίζονται για τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό τουριστικών περιοχών και περιγράφεται ως το ανώτατο αποδεκτό επίπεδο τουριστικής ανάπτυξης σε μια περιοχή.

Η φέρουσα ικανότητα είναι μια έννοια πολυδιάστατη και συστημική. Αυτό συνεπάγεται ότι δεν είναι σταθερή, καθώς αποτελείται από πολλούς ευμετάβλητους παράγοντες. Επομένως, ανάλογα με τη περιοχή που εξετάζουμε, ορίζονται ανάλογα οι προδιαγραφές της. Σύμφωνα με τον Zelenka & Kacatl, (2014) « η φέρουσα ικανότητα είναι ένα διαχειριστικό σχέδιο που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως : κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον, δραστηριότητες, λειτουργία των εμπλεκόμενων φορέων του τουρισμού καθώς και από επιρροές από εξωτερικούς παράγοντες, λόγου χάρη, οι καιρικές συνθήκες.»

Οι εννοιολογικές προσεγγίσεις σχετικά με τη φέρουσα ικανότητα ποικίλουν, κάνοντας λόγο για τον «επιτρεπτό αριθμό τουριστών». Θα μπορούσε να γίνει προσέγγιση του όρου «επιτρεπτό». Ο συγκεκριμένος όρος αναφέρεται στον αριθμό επισκεπτών που ένα σύστημα μπορεί να αντέξει, βάσει των πόρων και της χωρητικότητας που έχει στη διάθεσή του. Ακόμη, αφορά τον επιθυμητό στόχο, ο οποίος καθορίζεται από τα κανονιστικά πλαίσια, δηλαδή τις νομοθετικές και πολιτικές ρυθμίσεις που διέπουν συγκεκριμένους τομείς, ειδικά στη περίπτωση του ιαματικού τουρισμού, γίνεται λόγος για τους πολεοδομικούς κανόνες και τον αριθμό καταλυμάτων που μια τοπική κοινότητα έχει στη διάθεσή της για τη φιλοξενία συγκεκριμένου αριθμού επισκεπτών.

Υπάρχουν μερικά διεθνώς αποδεκτά όρια χωρητικότητας, τα οποία χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί ο αριθμός που πηγάζει μέσα από μαθηματικούς τύπους κατά τον υπολογισμό της. Παρακάτω θα γίνει αναφορά στη κατηγορία ανθρωπογενών/πολιτιστικών πόρων, καθώς σε αυτή εντάσσεται η υποκατηγορία των φυσικών ιαματικών πηγών, αφού σε αυτή εντριβεί περισσότερο η συγκεκριμένη θεματική εργασία. Κάθε κατηγορία συνοδεύεται από τον αντίστοιχο πίνακα στους οποίους φαίνονται οι υποκατηγορίες της υπό μελέτη ζώνης, τα διεθνή καταχωρημένα όρια ατόμων-χωρητικότητας ανά υποκατηγορία και ο Ημερήσιος Συντελεστής Χρήσης. Ο συντελεστής ημερήσιας χρήσης παρουσιάζει το πηλίκο των χρηστών μιας μονάδας (παραλία, προστατευόμενη περιοχή, ακτή, κ.α.) προς την χωρητικότητα της μονάδας αυτής.

Πίνακας 12

Ανθρωπογενείς/Πολιτιστικοί πόροι			
Κατηγορίες	Standards	Ημερήσιος Συντελεστής Χρήσης	
1.	Μουσεία	10 άτομα/25μ ² χώρου	4-5
2.	Ιστορικοί/Αρχαιολογικοί χώροι:		
	-Μικρού μεγέθους	10 άτομα/25μ ² χώρου	3-4
	-Μεγάλου/Μεσαίου μεγέθους	20-30 άτομα/25μ ² χώρου	
3.	Οικιστικά σύνολα i. Προστατευόμενοι/ιστορικοί		

οικισμοί	1/2 -1/4 (1/3)	1
-σχέση τουρίστες/ντόπιοι	2/100 – 4/100	1
-σχέση κλίνες /ντόπιοι	(3/100)	
ii. Οικισμοί μεσαίου ή μικρού μεγέθους	1/1 -1/2 (1/1.5)	1
-σχέση τουρίστες/ντόπιοι		
iii. Χώροι ιαματικών λουτρών	2-4 / 10 μ ² ή 1 λουτήρας ανά	4-5
-σχέση χώρου λουτρού / επισκέπτη	άτομο	

Πηγή: Σερράος, 2013

Όσο κι αν οι παραπάνω προτάσεις θα ήταν επιθυμητές και συμβατές, σε ένα πλαίσιο εύρυθμης λειτουργίας, για ένα σύνολο συστημάτων, (ανθρωπογενών και πολιτιστικών πόρων), ώστε η πίεση του φυσικού συστήματος να ήταν περιορισμένη, κάτι τέτοιο βέβαια δεν επετεύχθη ποτέ και στη περίπτωση των πηγών Αγίου Κηρύκου Ικαρίας. Η αειφορία και η προστασία του περιβάλλοντος δεν αποτέλεσαν στόχο, αντ' αυτού το κέρδος υπερίσχυσε και η ανάπτυξη έγινε μονόδρομος. Ξενοδοχειακές μονάδες και καταστήματα οικοδομήθηκαν, ώστε να υποδεχτούν ένα μεγάλο αριθμό τουριστών που επισκέπτονται το νησί για τις ιαματικές του πηγές. Τουναντίον, καμία μέριμνα δεν υπήρξε για τη προστασία του φυσικού συστήματος, αλλά και τη πρόληψη από πιθανές καταστροφικές συνέπειες στο μέλλον.

Όπως έθεσε ο Έρικ Χομπσμπάουμ «υπάρχει μια κατάφωρη σύγκρουση μεταξύ της ανάγκης να αντιστρέψουμε ή τουλάχιστον να ελέγξουμε τον αντίκτυπο της οικονομίας μας στη βιόσφαιρα και των προσαγών της καπιταλιστικής αγοράς που είναι η μέγιστη μεγέθυνση προς αναζήτηση κέρδους». Η οικονομική μεγέθυνση με τη παράλληλη συσσώρευση του κέρδους, επιδρά αρνητικά στη βιόσφαιρα και έρχεται σε αντίθεση με τους υπέρμαχους της πράσινης

ανάπτυξης ή του πράσινου καπιταλισμού, ότι είναι εφικτή η ανάπτυξη με τη παράλληλη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Έτσι λοιπόν, ο όρος ανάπτυξη αναφέρεται στη συγκεντρωτική πολιτική που ακολουθείται από τις ελίτ της παγκόσμιας οικονομίας, οι οποίοι καρπώνονται πόρους της φύσης, εκμεταλλευόμενοι την μαζική φτωχοποίηση και συμβάλλοντας στη περαιτέρω αναπαραγωγή ανισοτήτων και έμφυλων και φυλετικών στερεοτύπων.

Η από-ανάπτυξη, η οποία έχει πολλούς υποστηρικτές θεωρεί πως το μικρότερο μπορεί να είναι όμορφο. Με λίγα λόγια ορίζουν την από-ανάπτυξη ως μια αποκλιμάκωση της παραγωγής και της κατανάλωσης, στη περίπτωση των φυσικών πόρων της Ικαρίας, απώτερος στόχος της κοινωνίας θα πρέπει να είναι η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και των ιαματικών πηγών της, από τη τουριστική ζήτηση, η οποία συμβάλλει στην αλλοίωση της φυσικής ομορφιάς του νησιού. Οι υποστηρικτές της από-ανάπτυξης ασκούν κριτική στην μεγέθυνση και ζητούν την αποαποικιοποίηση του δημόσιου διαλόγου από το ιδίωμα του οικονομισμού και τη κατάργηση της οικονομικής μεγέθυνσης από τον κοινωνικό στόχο. Ακόμη ορίζει μία κατεύθυνση με βάσει κάποιες πρωταρχικές έννοιες γι' αυτήν, όπως το μοίρασμα, τα κοινά, η συμβιωτικότητα, η απλότητα, η φροντίδα, και συγχρόνως η μείωση της χρήσης φυσικών πόρων από τις κοινωνίες, με παράλληλες κοινωνικές παροχές για όλους και με νέες μορφές διαβίωσης και παραγωγής, όπως οι οικοκοινότητες και οι συνεταιρισμοί.

Είναι γνωστό ότι οι υποστηρικτές της από-ανάπτυξης είναι ενάντια στην βιώσιμη ανάπτυξη για δύο λόγους. Αρχικά δεν πιστεύουν ότι η οικονομική μεγέθυνση είναι ή μπορεί να είναι περιβαλλοντικά βιώσιμη. Η δεύτερη και βασικότερη ιδέα, είναι πως έρχονται σε αντίθεση με την ιδέα της ανάπτυξης (Τ. ντ' Αλίζα κ.α., 2016). Οι υπέρμαχοι της από-ανάπτυξης θεωρούν πως η έννοια της «βιωσιμότητας», δεν υποδηλώνει κάποιο σεβασμό για τη παρθένα φύση, αλλά, αντιθέτως, η έννοια αυτή χρησιμοποιείται για να υποδείξει το χρηματικό ποσό που θα προκύψει από τη φύση, και παρατηρείται από τη χρήση νέων τεχνολογιών και «βιώσιμων» πολιτικών όπως οι περιβαλλοντικές οικονομικές πολιτικές (π.χ. αγορές αδειών μόλυνσης, κ.α.), εξόρυξη πόρων, βιώσιμες τεχνολογίες, εμπόριο εκπομπών ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι λοιπόν είναι σημαντικό οι τοπικές κοινωνίες να μη θέτουν ως στόχο την οικονομική μεγέθυνση από την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων. Έτσι λοιπόν, δεν υφίσταται η αξιοποίηση των ιαματικών πηγών Ικαρίας αποκλειστικά για τουριστική εκμετάλλευση, αλλά οι πολίτες δύναται να δρουν συλλογικά για τη προστασία των πηγών και αυτές να διατίθενται για ένα ορισμένο αριθμό ατόμων, σύμφωνα με τη φέρουσα ικανότητα της κάθε πηγής.

5.6. Ζώνες Προστασίας Φυσικών Ιαματικών Πηγών

Υψίστης σημασίας αποτελεί η συνθήκη ώστε να τεθούν τα θεμέλια για την απόλυτη προστασία του φυσικού μεταλλικού πλούτου. Για να συμβεί αυτό είναι σημαντικό να τεθούν ειδικές ζώνες προστασίας για κάθε ιαματική πηγή, ώστε η εκμετάλλευσή τους να συμβαίνει με όρους βιωσιμότητας και αειφορίας, ως προς το κοινό καλό της τοπικής κοινότητας, σεβόμενοι τον φυσικό πλούτο του νησιού.

Για την προστασία των πηγών, λαμβάνοντας υπόψη τα γεωλογικά, υδρογεωλογικά και υδροχημικά δεδομένα, σε συνάρτηση με τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των υδροφόρων, αλλά και τις πηγές ρύπανσης, λόγου χάρη, καλλιέργειες, λύματα, και τις διαμορφωμένες χρήσεις γης, για παράδειγμα, δομημένο περιβάλλον, αγροτικές χρήσεις, έγινε ο καθορισμός των ζωνών προστασίας των πηγών.

Σύμφωνα με τον Αγγελόπουλος (2013), οι ζώνες προστασίας οι οποίες καθορίστηκαν, περιλαμβάνουν την ζώνη Α (εσωτερική ζώνη προστασίας) και τη ζώνη Β (εξωτερική ζώνη προστασίας), καθώς και οι ζώνες προστασίας της ποιότητας, που περιλαμβάνουν τη ζώνη Ι (ζώνη υδροληψίας), τη ζώνη ΙΙ (κοντινή ζώνη προστασίας), και την ζώνη ΙΙΙ (μακρινή ζώνη προστασίας).

Στόχος του καθορισμού των πηγών είναι η προστασία των πηγών από ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αδυναμία χρήσης των ιαματικών πηγών, χωρίς τον άμεσο αποκλεισμό μεγάλων εκτάσεων από αναπτυξιακές χρήσεις του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα.





Εικόνα 37

Ζώνες Προστασίας Ιαματικών Πηγών Λευκάδας, Α), Ασκληπιού, Β), Θερμών, Γ) και Αγίας Κυριακής, Δ)

Πηγή: Αγγελόπουλος, 2013

5.6.1. Μέτρα προστασίας για τις ιαματικές πηγές Ικαρίας

Σύμφωνα με τον Περλέρος Β. κ.α., (2001), έπειτα από έρευνα αναφορικά με τις ιαματικές πηγές Ικαρίας καθορίστηκαν ζώνες προστασίας λαμβάνοντας υπόψη ειδικές παραμέτρους και συνθήκες της νήσου Ικαρίας. Έτσι λοιπόν, συνεκτιμήθηκαν υδρογεωλογικά και περιβαλλοντικά δεδομένα, ώστε να προταθούν τα παρακάτω περιβαλλοντικά μέτρα, που θα εφαρμοστούν σε τρεις ζώνες για την προστασία των ιαματικών πηγών. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί πως δεν υπάρχουν ενιαία για όλη την Ευρώπη, καθορισμένα νομικά κριτήρια οριοθέτησης ζωνών προστασίας ανάντη πηγών ή υδροληπτικών έργων, ενώ είναι γενικώς αποδεκτός σε πολλές χώρες, ο καθορισμός τριών ζωνών προστασίας Α,Β και C.

- I. Ζώνη A, άμεσης προστασίας, που ορίζεται σε ακτίνα 30 μέτρων από τις αναβλύσεις των πηγών. Στη συγκεκριμένη ζώνη, που καθίσταται υπό καθεστώς προστασίας το άμεσο περιβάλλον της πηγής, οποιαδήποτε ανθρώπινη δραστηριότητα θα πρέπει να ανασταλεί ή και να απαγορευτεί εφόσον ορίζεται ως ζώνη πλήρους απαγόρευσης. Τα νομίμως υφιστάμενα κτίσματα στις ζώνες αυτές πρέπει να συνδεθούν με δίκτυο αποχέτευσης, να κατασκευαστεί δίκτυο απομάκρυνσης των νερών της βροχής και να ληφθεί μέριμνα για την αποτροπή πιθανών μολύνσεων.
- II. Ζώνη B, βιολογικής προστασίας, που ορίζεται όπως με βάση τα εξής κριτήρια:

Η μέση διαπερατότητα στην περιοχή Λευκάδα με βάση μετρήσεις που έγιναν από την διάνοιξη γεώτρησης, υπολογίζεται στα $2.43 \times 10^4 \text{m/sec}$. Η περατότητα αυτή είναι αρκετά υψηλή για το είδος των σχηματισμών αλλά μπορεί να συνδέεται με κάποιες ζώνες χαλαρών υλικών, κροκάλες, άμμοι, χαλίκια, που προέρχονται από τον ανάντη γρανοδιορίτη. Σύμφωνα με τον Περλέρος Β. , κ.α., (2001), με τη διαπερατότητα αυτή ορίζεται η ζώνη προστασίας B σε ακτίνα 1000 μέτρων, σχετικά με την πηγή Λευκάδα.

Ανάντη της πηγής Ασκληπιού αναπτύσσονται εναλλαγές μαρμάρων –φυλλιτών με κλίσεις προς τη θάλασσα. Οι παρεμβολές των φυλλιτών μειώνουν την κατακόρυφη διαπερατότητα και οδηγούν τα υπόγεια νερά προς τη θάλασσα. Η ύπαρξη όμως των ρηγμάτων είναι πιθανόν να αναμειγνύουν μερικώς την καρστική υδροφορία με την αντίστοιχη θερμομεταλλική πριν την έξοδο της στη πηγή ή στο χώρο της πηγής. Για το λόγο αυτό στην ζώνη B περιλαμβάνονται οι λόφοι ανάντη της πηγής Ασκληπιού όπου αναπτύσσονται και καρστικοί σχηματισμοί έντονα διερρηγμένοι.

Η ζώνη B προστατεύει το υπόγειο νερό από μικροβιολογική κυρίως ρύπανση, και προτείνεται : A) να επιτραπούν μόνο ήπιες ανθρώπινες δραστηριότητες με την προϋπόθεση ότι εξασφαλίζεται η προστασία της ασθενούς υδροφορίας. Είναι επίσης απαραίτητη η κατασκευή αποχετευτικού δικτύου όπου δεν υπάρχει. B) να επιτρέπονται μόνο οικολογικές καλλιέργειες. Θα πρέπει επίσης να τεθούν μια σειρά απαγορεύσεις στις χρήσεις γης, όπως είναι η απαγόρευση εγκατάστασης και λειτουργίας πρατηρίων υγρών καυσίμων, κοιμητηρίων, λατομείων, συνεργείων αυτοκινήτων, βοσκής και σταυλισμού ζώων, μεταλλευτικής δραστηριότητας, κ.α..

- III. Ζώνη C, χημικής προστασίας, που ορίζεται από τον υδροκρίτη των λεκανών που εκβάλλουν κοντά στις πηγές. Η ζώνη αυτή προστατεύει τις πηγές από μεταφορά χημικής φύσεως ρυπογόνων ουσιών μέσω των ρεμάτων που στη συνέχεια μέσω διηθήσεων στα κατάντη κοντά στις ζώνες των πηγών μπορούν να κινηθούν υπόγεια προς τις εξόδους αυτών. Στη ζώνη αυτή θα πρέπει επίσης οι χρήσεις γης να περιλαμβάνουν ορισμένες απαγορεύσεις, όπως είναι η εγκατάσταση χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, χημικών και μεταλλουργικών εργοστασίων, βυρσοδεπιών, μεγάλων κτηνοτροφικών μονάδων, κοιμητηρίων.

Επιπροσθέτως, επισημαίνεται ο κίνδυνος ρύπανσης των θερμομεταλλικών πηγών από πιθανή ρύπανση της θάλασσας με απόβλητα ή πετρελαιοκηλίδες, ορυκτέλαια, κλπ. Ο κίνδυνος αυτός είναι μεγαλύτερος όταν πνέουν οι νότιοι άνεμοι και επικρατεί νηνεμία, οπότε θα μπορούσε να προκληθεί ρύπανση, τόσο από τη διάθεση ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον, όσο και από πιθανή χημική ρύπανση.

Ο νόμος Ν 4844/30, ο οποίος αναφέρεται σε διατάξεις ως προς την εκμετάλλευση των Ιαματικών Πηγών, και καθορίζει τη ζώνης προστασίας των Ιαματικών Πηγών με κέντρο την Πηγή και ακτίνα τα 1.000 μέτρα. Σύμφωνα με την προσπίπτουσα διάταξη μέσα στο προτεινόμενο εύρος της ακτίνας, της ζώνης προστασίας, μπορούν να γίνουν αποκλειστικά έργα και εκμεταλλεύσεις του εδάφους, τα οποία δε παρεμποδίζουν την ομαλή λειτουργία του Ιαματικού Υδροφορέα. Με βάση την ισχύουσα νομοθεσία, προβλέπεται η συγκρότηση τεχνικής υπηρεσίας, η οποία είναι υπεύθυνη για έργα που πρόκειται να γίνουν εντός των ορίων της ζώνης προστασίας.

Η δημιουργία ζωνών προστασίας έχει καθοριστική σημασία για την προστασία του ιαματικού πλούτου της Ικαρίας, ειδικότερα όταν τα τελευταία χρόνια, η επισκεψιμότητα και οι τουριστικές υπηρεσίες έχουν σημειώσει ραγδαία αύξηση. Ως εκ τούτου οι φυσικές διαδικασίες δέχονται πίεση από τον αυξημένο αριθμό επισκεπτών και άλλοτε πάλι οδηγούνται στην εξαφάνιση, από έργα που λαμβάνουν χώρα μέσα στα όρια ζωνών προστασίας, όπως η ανοικοδόμηση ιδιωτικών κατοικιών ή η ανέγερση μεγάλων ξενοδοχειακών μονάδων. Ο νόμος 4086/60 διαχωρίζει τις Ιαματικές Πηγές σε Τοπικής και Τουριστικής σημασίας. Οι Ιαματικές Πηγές Τουριστικής σημασίας υπάγονται στην αρμοδιότητα του ΕΟΤ, ενώ οι Ιαματικές Πηγές Τοπικής σημασίας, παραχωρούνται στους ΟΤΑ και στα διοικητικά όρια των οποίων αναβλύζουν. Στην Ικαρία ο ΕΟΤ, το Υπουργείο Τουρισμού και η εκάστοτε δημοτική αρχή είναι υπεύθυνοι για την επίβλεψη των ζωνών προστασίας και τη τήρηση των κανόνων ώστε κατασκευές υποδομών ή διάνοιξη δρόμων κ.α. να επιτρέπονται μετά την ακτίνα των 1000 μέτρων από το κέντρο της Πηγής. Με το άρθρο του β.δ. 681/1962 «Περί ανακηρύξεως των ιαματικών πηγών Ικαρίας εις την κατηγορίαν των τουριστικής σημασίας» ορίσθηκε ότι «Αι νομίμως ανακηρυγμένοι ιαματικάί πηγαί Ικαρίας, αι καταταχθείσαι δια του υπ' αριθμόν. 190/6.5.62 Β.Δ. εις την κατηγορίαν των ιαματικών πηγών τοπικής σημασίας, ανακατατάσσονται εις την κατηγορίαν των ιαματικών πηγών τουριστικής σημασίας». Από την στιγμή που οι Ιαματικές Πηγές Ικαρίας ανακηρύχθηκαν ως τουριστικής σημασίας, τούτο σήμαινε πως ο ιαματικός πλούτος της Ικαρίας, θα προσφερόταν και θα απευθυνόταν σε ένα μεγάλο αριθμό ατόμων, που επισκέπτονται αυτές είτε για λόγους θεραπευτικούς, είτε για λόγους αναψυχής. Έτσι κρίθηκε ορθά, η ανακήρυξη ζωνών προστασίας γύρω από τα κέντρα των Πηγών και τη προστασία τους από την ολοένα αυξανόμενη τουριστική άνθιση με την οικοδόμηση κτιρίων σχετιζόμενων με τη τουριστική ανάπτυξη.

Κεφάλαιο 6. Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας

Η γεωθερμική ενέργεια στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη και αυτό αποδεικνύεται και από τις πολλαπλές έρευνες για τον εντοπισμό και χαρακτηρισμό των γεωθερμικών πεδίων. Στη χώρα μας εντοπίζονται πεδία υψηλής ενθαλπίας από τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν τα γεωθερμικά ρευστά για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος αλλά και πεδία μέσης ή χαμηλής σε πολλές περιοχές όπως στη Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα και στα νησιά του Αιγαίου σε οικονομικά βάθη (100-1500 m). Ιδιαίτερα τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιωτική και ηπειρωτική χώρα. Η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει σημαντική, καθόσον αποτελούν ανανεώσιμο ενεργειακό πόρο, φιλικό προς το περιβάλλον και παρουσιάζουν σημαντικό αναπτυξιακό και οικονομικό ενδιαφέρον.

6.1. Η θερμότητα του εσωτερικού της Γης

Πολλές θεωρίες και υποθέσεις έχουν διατυπωθεί για να ερμηνεύσουν τη θερμότητα που αναδύεται από το εσωτερικό της Γης. Κάποτε θεωρούνταν διαπιστευμένο ότι ο πλανήτης μας, από ένα υπέρθερμο ουράνιο σώμα, ξεκίνησε σταδιακά να παγώνει. Η επιστημονική κοινότητα επιβεβαιώνει ότι ένα ποσοστό θερμότητας προέρχεται από τις ραδιενεργές διασπάσεις και τη θερμότητα που παράγεται από αυτές μέσα στο σώμα της Γης. Η Γη χάνει θερμότητα, αλλά και αναθερμαίνεται. Έτσι λοιπόν, η Γη παράγει αλλά και χάνει θερμότητα, καθώς μάλιστα δέχεται ποσότητες θερμότητας από τον Ήλιο. Επιπλέον το εξωτερικό προστατευτικό κέλυφος της γης, δηλαδή ο φλοιός της, παρεμποδίζει να διαφύγουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας και έτσι διατηρούν μια θερμική ισορροπία που δεν επιτρέπει την ολοκληρωτική ψύξη του. Επίσης, η Γη λειτουργεί σαν ένα μεγάλο κύτταρο θερμικής μεταφοράς, δηλαδή μεταφέρει θερμότητα από τον πυρήνα στον μανδύα, από τον μανδύα στο φλοιό και από εκεί στην ατμόσφαιρα.

Η θερμότητα που παράγεται στο εσωτερικό της Γης και εκλύεται στην επιφάνειά της είναι μικρότερη σε σύγκριση με την ηλιακή θερμότητα που φτάνει στον πλανήτη μας. Ωστόσο, οι μεγαλύτερες ποσότητες θερμότητας απελευθερώνονται από τους ωκεανούς και συγκεκριμένα τα $\frac{3}{4}$ της παραγόμενης θερμότητας της εκλύονται από τις μεσοωκεάνιες ράχες των υποθαλάσσιων ηφαιστείων, και μόνο το $\frac{1}{4}$ εκλύεται από τις ηπείρους. Η θερμότητα όμως του εσωτερικού της Γης αποτελεί το βασικό αίτιο όλων των γεωδυναμικών φαινομένων. Το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας ακτινοβολείται στο διάστημα, κι ένα σημαντικό ποσοστό δαπανάται για τη δημιουργία των ηφαιστείων, τις ορογενέσεις και τη πρόκληση σεισμών αλλά και τις σύνθετες φυσικοχημικές διεργασίες του εσωτερικού της. Όσον αφορά τη προέλευση αυτής της γήινης θερμότητας πολύ λίγα είναι γνωστά για την αρχική θερμική κατάσταση του πλανήτη μας κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του και κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων της εξέλιξής του. Όμως, σύμφωνα με την επικρατέστερη από τις σύγχρονες θεωρίες, ο σχηματισμός της Γης οφείλεται αρχικά σε ένα ψυχρό σώμα, πάνω στο οποίο έπεσαν αρκετά μικρά, ψυχρά, ουράνια σώματα. Άρα για να ερμηνευτεί η σχετικά υψηλή θερμοκρασία του εσωτερικού της Γης σήμερα, που υπολογίζεται περίπου σε 3.000°C , και η ροή θερμότητας από το εσωτερικό της προς τα έξω, είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι στο εσωτερικό της υπάρχουν πηγές θερμότητας, που ευνοούν την υψηλή θερμοκρασία της. Μια τέτοια πηγή θερμότητας αποτελούν τα ραδιενεργά υλικά που βρίσκονται μέσα στα πετρώματα, κυρίως ουράνιο (U^{238}), θόριο (Th^{232}), και κάλιο (K^{40}). Μόνο στον εξωτερικό φλοιό βρίσκονται όμως σημαντικές ποσότητές τους. Ο μηχανισμός της διάσπασης των ραδιενεργών ισοτόπων είναι πιθανόν ο σημαντικότερος μηχανισμός παραγωγής θερμικής ενέργειας. (Muffler 1993). Τα βαθύτερα πετρώματα φαίνεται ότι περιέχουν πολύ λιγότερα ποσά ραδιενεργών υλικών. Η περιεκτικότητα επίσης του γρανίτη σε ραδιενεργά στοιχεία είναι πολύ μεγαλύτερη από την περιεκτικότητα του ηφαιστειακού βασάλτη.

Η θερμότητα όμως που παράγεται από τις ραδιενεργές διασπάσεις των ισοτόπων μεγάλου χρόνου ζωής δεν αρκεί για να ερμηνευτεί η τωρινή θερμική κατάσταση της Γης. Για το λόγο αυτό, η επιστημονική κοινότητα, δέχεται σήμερα ότι η θερμότητα της γης προέρχεται από διεργασίες που οδήγησαν στη δημιουργία της, δηλαδή έχει αστρική προέλευση. Το εσωτερικό της γης ήταν πάντα θερμό, ιδιαίτερα στην αρχική του κατάσταση ήταν θερμότερο, που ακόμη δε πρόλαβε να κρυώσει. Μέχρι πρόσφατα θεωρούνταν η μοναδική σχεδόν πηγή θερμότητας της γης.

Επίσης, η θερμότητα που περιέχεται μόνο στο φλοιό της γης θεωρείται ότι είναι τεράστια της τάξης των $5,4 \times 10^{21}$ MJ (Armstead, 1983). Ο White (1965) υπολόγισε ότι «η ολική ποσότητα θερμότητας που περιέχεται στα πρώτα 10 km της γης (Βάθος που αποτελεί συνήθως το όριο των ερευνητικών γεωτρήσεων, αν και η βαθύτερη γεώτρηση που έχει γίνει προσέγγισε τα 12 km) είναι περίπου $1,25 \times 10^{27}$ J, ποσό που είναι 2000 φορές μεγαλύτερο από τη συνολική ποσότητα θερμικής ενέργειας, την οποία θα μπορούσαν να προσφέρουν όλα μαζί τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων της γης».

Τέλος, σοβαρές ενδείξεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι κατά τον σχηματισμό του πυρήνα της Γης εκλύθηκε σημαντικό ποσό θερμότητας, με τη μετακίνηση των βαριών μετάλλων (σιδήρου, νικελίου), προς το κέντρο του πλανήτη μας. Άλλη πιθανή πηγή θερμότητας είναι η απελευθέρωση της βαρυτικής ενέργειας

από τις αλλαγές στη κατανομή της πυκνότητας μέσα στη γη. Τέλος, άλλοι μηχανισμοί που θεωρούνται ότι συνεισφέρουν σε μικρότερο βαθμό στη θερμότητα της είναι η μετατροπή σε θερμική ενέργεια της κινητικής ενέργειας του πλανήτη μας, λόγω μείωσης της ταχύτητας περιστροφής του. Σίγουρα όμως οι απαντήσεις δεν είναι ικανοποιητικές, και η έρευνες συνεχίζονται από την επιστημονική κοινότητα. (Παυλίδης Σ., 2008)

6.2. Η γεωθερμική ενέργεια

Μολονότι ο ελλαδικός χώρος είναι ιδιαίτερα ευνοημένος από πλευράς γεωθερμικού δυναμικού, λόγω της γεωτεκτονικής του θέσης στη ζώνη σύγκλισης της Ευρώπης με την Αφρική, ο βαθμός αξιοποίησης και εκμετάλλευσης αυτής της εγχώριας πλουτοπαραγωγικής πηγής παραμένει ακόμη εξαιρετικά περιορισμένος. Έτσι, ενώ τα βεβαιωμένα αποθέματα (χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας) υπολογίζεται ότι υπερβαίνουν τα 1.200 MW σε θερμική ενέργεια, η εγκατεστημένη ισχύς στη χώρα μας δεν ξεπερνά τα 50 MW. Η μεγάλη αυτή υστέρηση οφείλεται στην έλλειψη τεχνικοοικονομικής υποδομής, στην ανεπάρκεια ουσιαστικής ενημέρωσης του κοινού, σε συνδυασμό με λανθασμένες πειραματικές εφαρμογές γεωθερμικής ενέργειας χωρίς περιβαλλοντικές προσαρμογές. Μάλιστα το τελευταίο χρόνο, σημειώθηκε πρόοδος ενάντια στο αντιαναπτυξιακό νομοθετικό πλαίσιο που επικρατούσε για χρόνια. Με το άρθρο 6 του ν.4602/2019 για την έρευνα, εκμετάλλευση και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας, δίνεται η δυνατότητα εκμετάλλευση των γεωθερμικών πόρων για τη χρήση της θερμικής ενέργειας στη τηλεθέρμανση κτιρίων, τον πρωτογενή τομέα και για ήπιες βιομηχανικές διεργασίες.

Γεωθερμική ενέργεια (geothermal energy) είναι η ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, που προέρχεται από την εκμετάλλευση της ανεξάντλητης γηγενούς θερμότητας, κυρίως σε περιοχές με ενεργή ή πρόσφατη ηφαιστειακή δραστηριότητα. Στους χώρους αυτούς, λόγω των μαγματικών διεργασιών, η γεωθερμική βαθμίδα είναι αρκετά υψηλότερη της μέσης τιμής για τον ανώτερο φλοιό, που είναι περίπου 25 ° C ανά km βάθους. Έτσι, τα ζεστά πετρώματα στο βάθος ($T > 200^{\circ} \text{C}$) λειτουργούν ως ένα είδος « φυσικού θερμοσίφωνα», που θερμαίνει τα υπόγεια νερά κι έτσι με κατάλληλα συστήματα γεωτρήσεων μπορεί να αντληθούν στην επιφάνεια, είτε με τη μορφή φυσικού ατμού είτε ως ζεστό νερό (γεωθερμικά ρευστά). Ανάλογα με τη θερμοκρασία εξόδου των ρευστών, τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται σε χαμηλής ($T < 100^{\circ}$), μέσης ($100^{\circ} < T < 150^{\circ}$) και υψηλής ενθαλπίας ($T > 150^{\circ}$). Τα χαμηλής ενθαλπίας αξιοποιούνται σε τοπικό επίπεδο, κυρίως σε αγροτικές εφαρμογές (θερμοκήπια, ξηραντήρια, ιχθυοκαλλιέργειες, κ.α.) ενώ τα μέσης και υψηλής ενθαλπίας για τηλεθέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα σημαντικότερα γεωθερμικά πεδία εντοπίζονται στις ζώνες σύγκλισης και απόκλισης

λιθοσφαιρικών πλακών, γιατί κατεχοχήν εκεί εκδηλώνονται έντονες μαγματικές διεργασίες επιφάνειας και βάθους (ηφαιστειότητα και πλουτωνισμός). (Παπανικολάου Δ., κ.α., 2013)

Ακόμη υψηλή θερμική ροή εντοπίζεται και σε περιοχές θερμών κηλίδων (hot spot) και συνήθως συνοδεύονται από ηφαιστειότητα ή άλλα γεωθερμικά φαινόμενα.

Στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για τη γεωθερμία συντελούν ορισμένα γεωδυναμικά και άλλα γεωλογικά-τεκτονικά φαινόμενα, έτσι ώστε να διευκολύνεται η ροή θερμότητας προς την επιφάνεια και να συσσωρεύεται με τη μορφή εγκλωβισμένων θερμών ρευστών κοντά σ' αυτήν, τα οποία μπορούν να προσεγγιστούν. Έτσι, πιο εύκολα και οικονομικά φτάνουν με γεωτρήσεις και φέρνουν τα θερμά ρευστά στην επιφάνεια της γης προς εκμετάλλευση. Θα χρειαστούν λοιπόν θετικές ανωμαλίες θερμότητας, σε συνδυασμό με άλλα ευνοϊκά γεωλογικά στοιχεία.

6.3. Η ταξινόμηση της Ικαρίας στο μοντέλο μέσης και χαμηλής ενθαλπίας

Τα γεωθερμικά πεδία μέσης και χαμηλής ενθαλπίας δημιουργούνται όταν υπάρχουν ευνοϊκές συνθήκες για τη μεταφορά των θερμών ρευστών διαμέσου «ανοικτών» ρηγμάτων. Η Ικαρία όπως και ολόκληρο το βόρειο και κεντρικό Αιγαίο, ανήκουν στις οπισθότοξες περιοχές του ελληνικού ηφαιστειακού τόξου με κατεύθυνση προς τα πίσω, όπου η εφελκυστική τεκτονική προκαλεί τη δημιουργία μεγάλων και βαθιών ρηγμάτων, τα οποία είναι συνήθως φορείς των ανερχόμενων ρευστών. Ως επί τω πλείστον, μεταφέρονται μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας στην επιφάνεια ή πλησίον αυτής, δημιουργώντας αξιόλογες γεωθερμικές ανωμαλίες.

Η Ικαρία όπως έχει προαναφερθεί ήδη περιέχει πλήθος πηγών οι οποίες εμφανίζονται μέσα στο θαλάσσιο χώρο, με αποτέλεσμα το θαλασσινό νερό να κατεισδύει στις περιοχές τροφοδοσίας των πηγών. Οι πηγές χαρακτηρίζονται ως αλιπηγές και η θερμοκρασία τους δεν ξεπερνά του 60° C. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας των πηγών και κατά πόσο αυτές θα μετρηθούν με ακρίβεια, είναι κάτι που δυσχεραίνει όσους αποφασίζουν να συλλέξουν υλικό για μέτρηση, καθώς αρκετές είναι οι μεταβλητές, οι οποίες επιδρούν στις μετρήσεις. Οι κυριότερες από αυτές είναι η θέση από την οποία θα γίνει συλλογή του υλικού έρευνας, δηλαδή από το κέντρο που αναβλύζει η πηγή ή κοντύτερα στη θέση αυτής, η εποχικότητα, η θερμοκρασία του εσωτερικού της θάλασσας, η

εξωτερική θερμοκρασία του αέρος. Όλα αυτά αν δεν ληφθούν υπόψη και το δείγμα δεν ελεγχθεί με σαφήνεια και εγγύτητα, μπορούν να οδηγήσουν σε διαστρεβλώσεις σχετικά με τη θερμοκρασία των πηγών.

Κατ' επέκταση η Ικαρία λόγω της θέσης της και λόγω των θερμοκρασιών που εμφανίζουν τα γεωθερμικά ρευστά, εύκολα τη κατατάσσει κανείς στο μοντέλο μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Η γεωθερμική ανωμαλία που παρατηρείται σε αυτές τις περιοχές σε συνδυασμό με την ύπαρξη καλών υδροφόρων οριζόντων (κυρίως στη βάση των νεότερων ιζημάτων και το επάνω τμήμα του μεταμορφωμένου μεσοζωικής ή παλαιότερης ηλικίας υποβάθρου), καθώς και καλών στεγανών σχηματισμών πάνω από αυτούς, δημιουργούν πεδία με πολύ καλούς οικονομικούς όρους.

6.4. Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας

Για την παραγωγή ενέργειας από γεωθερμία, χρησιμοποιείται το νερό που υπάρχει στα πετρώματα : εφόσον αυτά είναι θερμά, το νερό που κατεισδύει θερμαίνεται και αυτό μπορούμε να το αντλήσουμε με γεωτρήσεις. Το νερό αυτό, ή ακόμα και ο ατμός, αν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για θέρμανση ή για την κίνηση των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων.

Στην Ελλάδα το πλαίσιο της γεωθερμίας περιγράφεται στο ν.4602/2019 (ΦΕΚ Α' 45). Για την υλοποίηση του νόμου το ΥΠΕΝ εξέδωσε δύο υπουργικές αποφάσεις που αφορούν στο νέο κανονισμό γεωθερμικών εργασιών (ΦΕΚ Β'1960, 2021) και στους όρους και τη διαδικασία εκμίσθωσης δικαιωμάτων έρευνας, εκμετάλλευσης και διαχείρισης εθνικού ενδιαφέροντος ($T > 90^{\circ} \text{C}$) και μη χαρακτηρισμένων περιοχών (ΦΕΚ Β'1460, 2022). Οι εκδοθείσες υπουργικές αποφάσεις από τη μία ενσωματώνουν την ορθολογική κοστολόγηση των προτάσεων των υποψηφίων, τον ανταγωνιστικό διάλογο για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος, αλλά από την άλλη δεν πληρούν σαφείς προϋποθέσεις για την ασφαλή εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού, καθώς υπολείπεται ο έλεγχος των εργασιών από τη πλευρά των συμβαλλομένων και η αξιολόγηση αυτών. Δηλαδή στη διαδικασία υποβόσκει ο κίνδυνος οι εργασίες να μη πληρούν τις προϋποθέσεις των κανονισμών, και συνάμα να αυξάνεται ο κίνδυνος μιας περιβαλλοντικής υποβάθμισης για παράδειγμα, με μπάζα, ή με ένα συνεχόμενο και αυξημένο αριθμό γεωτρήσεων ή με οτιδήποτε άλλο επιβαρύνει το περιβάλλον. Αυτό που θα καθιστούσε τη διαδικασία ορθή, θα ήταν να ελέγχεται η κάθε παρεμβατική διαδικασία ενδελεχώς από μία πιστοποιημένη και εξειδικευμένη επιστημονική επιτροπή.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί συστήματα εκμετάλλευσης της θερμότητας των πετρωμάτων σε πολύ μικρά βάθη (1-100 m), με τη βοήθεια είτε αβαθών γεωτρήσεων ή μικρών εκσκαφών στην «αυλή» του καταναλωτή και τη χρήση αντλιών θερμότητας. «Η μέθοδος αυτή της αξιοποίησης της αβαθούς γεωθερμίας μπορεί να εφαρμοστεί οπουδήποτε υπάρχει ανάγκη τόσο για θέρμανση το χειμώνα, όσο και κλιματισμό το καλοκαίρι, επειδή πρακτικά ακόμα σε πολύ μικρό βάθος, η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή σχεδόν σε όλη τη διάρκεια τους έτους».(Φυτίκας, Ανδρίτσος 2004). Η χρήση της μεθόδου πραγματοποιείται μέσω ενός συστήματος εναλλακτών και αντλιών θερμότητας και σωληνώσεων που επιτρέπουν τη θέρμανση και τη ψύξη κτιρίων. Με τον εναλλάκτη θερμότητας πραγματοποιείται, εναλλαγή θερμότητας από ένα θερμό μέσο (εν προκειμένω το γεωθερμικό ρευστό) προς ένα ψυχρότερο, λόγω χάρη νερό ή αέρα που θέλουμε να θερμάνουμε. Ανάλογα με την εφαρμογή, επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος εναλλάκτη.

Ωστόσο, πρωτίστως είναι σημαντικό να τονιστεί πως πριν την πραγματοποίηση κάποιου έργου που σχετίζεται με την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας ακολουθούνται κάποια ερευνητικά βήματα που οδηγούν με ασφάλεια στην επιτυχή αποπεράτωσή του. Έτσι λοιπόν σύμφωνα με τον (Καρρά Μ., 2008) :

- Αρχικά εκπονείται προκαταρκτική μελέτη και μελέτη εφαρμοσιμότητας, κατά τις οποίες συλλέγονται όλα τα υπάρχοντα τεχνικά στοιχεία (γεωλογικά, γεωφυσικά, γεωχημικά, κ.α.), και τεκμηριώνεται οικονομοτεχνικά το έργο.
- Γεωλογική και Υδρολογική μελέτη καταδεικνύουν την ακριβή περιοχή με το γεωθερμικό ενδιαφέρον.
- Γεωχημική και Γεωφυσική διερεύνηση καταδεικνύουν τις φυσικοχημικές ιδιότητες του θερμαντικού μέσου.
- Ερευνητικές γεωτρήσεις επιβεβαιώνουν την επάρκεια και την παραγωγικότητα της πηγής.

Εφόσον λοιπόν διασταυρωθούν όλα τα ερευνητικά δεδομένα που είναι απαραίτητα για την εγκατάσταση, έπειτα πρέπει να μελετηθεί και να ληφθεί υπόψη η θερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους, η οποία είναι βασική παράμετρος στο σχεδιασμό έργων, όπου λαμβάνουν χώρα φαινόμενα μετάδοσης θερμότητας, όπως είναι τα συστήματα γεωεναλλακτών.

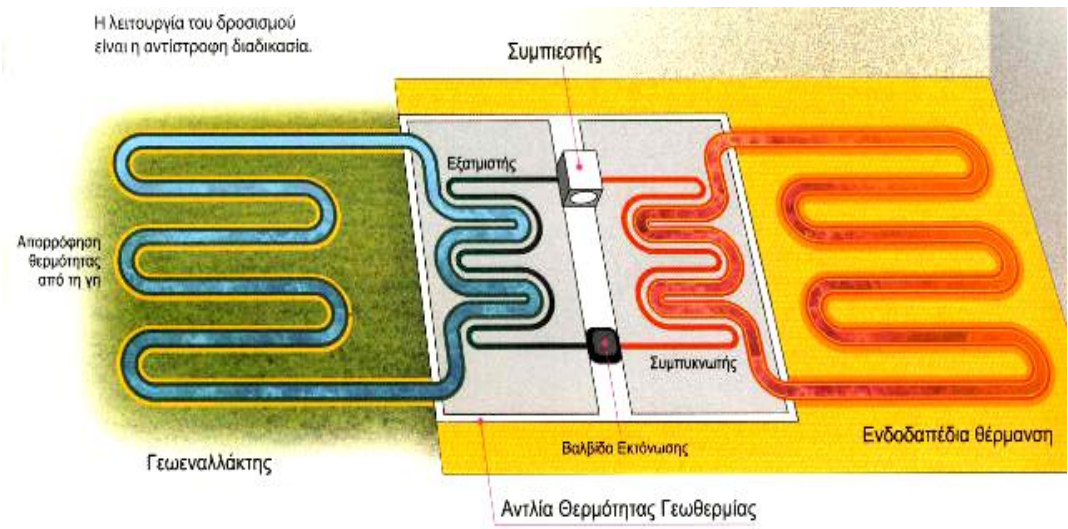
Σύμφωνα με τον (Αρβανίτης Α., 2013) «η γεωθερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους επιδρά σημαντικά στην απόδοση και τη λειτουργία ενός συστήματος Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας (ΓΑΘ)». Η ΓΑΘ καθορίζει το ποσό της θερμικής ενέργειας που απορροφάται από το υπέδαφος ή αποθηκεύεται στο

υπέδαφος, ενώ η θερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους εκφράζει την ικανότητα αναπλήρωσης αυτού του ποσού από το υπέδαφος «αποθήκευσης» και το περιβάλλοντα χώρο.

Η εγκατάσταση και η εκμετάλλευση ενέργειας σε ένα σύστημα αβαθούς γεωθερμίας περιλαμβάνει τις απαραίτητες αντλίες και σωληνώσεις για την μεταφορά των ρευστών, ενώ μπορεί ακόμα να περιλαμβάνει λέβητες, δεξαμενές αποθήκευσης του ρευστού και άλλες εφεδρικές πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα για την εξασφάλιση της κάλυψης των αιχμών της ενεργειακής ζήτησης, αντλίες θερμότητας στις περιπτώσεις γεωθερμικών ρευστών χαμηλών θερμοκρασιών και άλλα είδη βοηθητικού εξοπλισμού. «Το κόστος της μεταφοράς των νερών αποτελεί μαζί με το κόστος της γεώτρησης τη σημαντικότερη επιβάρυνση στο πάγιο κεφάλαιο της εγκατάστασης και συχνά φτάνει το 60% της συνολικής επένδυσης», (Rafferty, 1990). Για το λόγο αυτό, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να επιλεγεί το καταλληλότερο υλικό σωληνώσεων και θερμομόνωσης με το μικρότερο κόστος. Σημαντικό ρόλο στην οικονομικότητα μιας εγκατάστασης παίζει και η διάμετρος των αγωγών. Φθηνότεροι λοιπόν είναι οι αγωγοί μικρής διαμέτρου συγκριτικά με τους αγωγούς μεγάλης διαμέτρου, καθώς παρουσιάζουν και μικρότερο κόστος εγκατάστασης, από την άλλη μεριά όμως αυξάνουν σημαντικά τις αντλητικές απαιτήσεις του συστήματος. Ορισμένοι ακόμη παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στον τελικό σχεδιασμό του συστήματος είναι η ασφάλεια στους αγωγούς που μεταφέρεται το γεωθερμικό ρευστό υψηλής θερμοκρασίας, το υλικό και η διάμετρος των σωληνώσεων, η μόνωση ή όχι των σωληνώσεων, η έκθεση σε ακτινοβολία UV (Φυτίκας, Ανδρίτσος 2004).

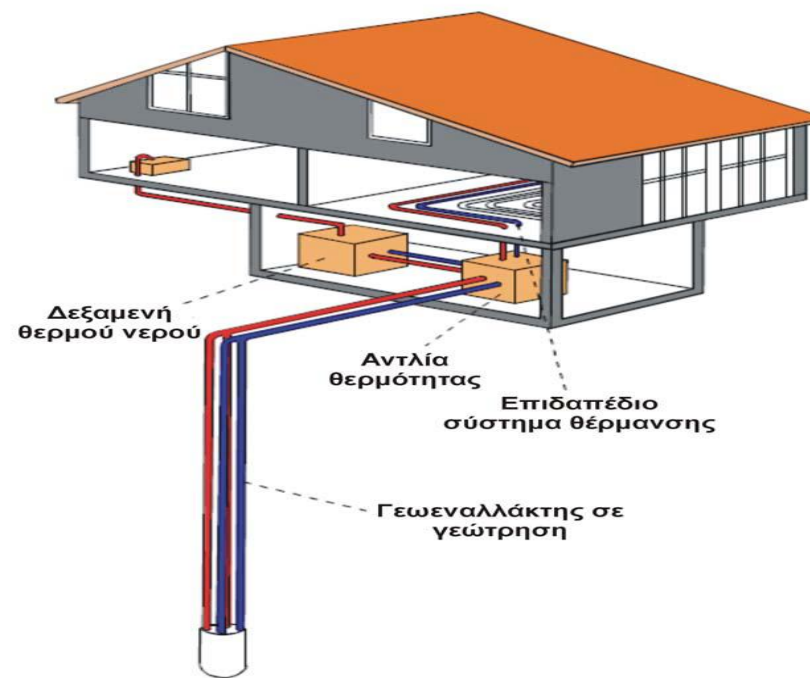
Ακόμη κατά τον σχεδιασμό του συστήματος αβαθούς γεωθερμίας θα πρέπει να εξετάζεται η απρόσκοπτη απορρόφηση θερμότητας από το υπέδαφος ή αποθήκευση θερμότητας στο υπέδαφος και να εξασφαλίζονται θερμοκρασίες εξόδου του ρευστού από το γεωεναλλάκτη προκειμένου η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (ΓΑΘ) να λειτουργεί όσο περισσότερο γίνεται αποδοτικά και με καλύτερους οικονομικούς όρους.

Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν η μικρή αλατότητα του γεωθερμικού ρευστού δεν δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους επικαθήσεων αλάτων, ενδέχεται να είναι δυνατή η απευθείας χρήση του (χωρίς την παρεμβολή εναλλάκτη θερμότητας), όπως π.χ. η θέρμανση εδάφους με σωλήνες μέσα από τους οποίους ρέει το γεωθερμικό ρευστό.



Εικόνα 38

Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας. Πηγή: Αρβανίτης Α., 2013

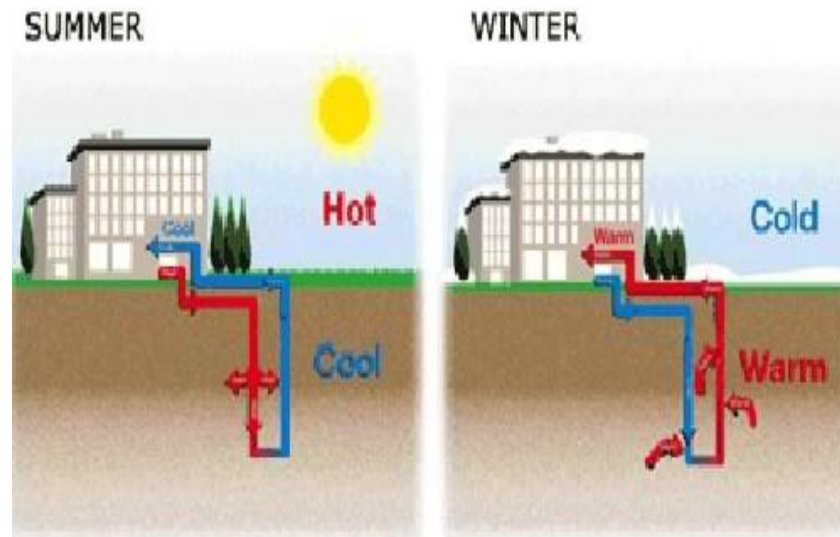


Εικόνα 39

Σύστημα αβαθούς γεωθερμίας. Πηγή Αρβανίτης Α., 2013

Όπως υποστηρίζει ο (Φραγκογιάννης, 2011) η θερμοκρασία του υπεδάφους, όπου είναι εγκατεστημένος ο γεωεναλλάκτης, μεταβάλλεται συνεχώς κατά την ετήσια λειτουργία του συστήματος ανάλογα με :

- Τη θερμότητα που απορροφάται από το κτίριο ή αποδίδεται στο κτίριο και η οποία καθορίζεται από τις ενεργειακές του ανάγκες και την ισχύ της ΓΑΘ
- Την ικανότητα του τμήματος του υπεδάφους όπου βρίσκεται ο γεωεναλλάκτης να ανακτά θερμότητα από τον περιβάλλοντα χώρο ή να απορρίπτει θερμότητα στον περιβάλλοντα χώρο και αυτή η ικανότητα εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους και τον όγκο που καταλαμβάνουν οι γεωεναλλάκτες στο υπέδαφος.



Εικόνα 40

Ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου, ο γεωεναλλάκτης ανάλογα με τις θερμοκρασιακές μεταβολές, αποδίδει είτε κρύο είτε ζέστη. Πηγή: Αρβανίτης Α., 2013

6.5. Χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας

Οι χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας χωρίζονται συνήθως σε ηλεκτρικές (electrical users) και σε άμεσες χρήσεις (direct users). Όσον αφορά τις άμεσες χρήσεις γίνεται εκμετάλλευση της θερμότητας των ρευστών απευθείας δίχως να παραχθεί ενδιάμεσα ηλεκτρική ενέργεια. Ρευστά με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 150° C χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά για τη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος, αντίθετα ρευστά που καλύπτουν όλη τη κλίμακα θερμοκρασιών, αξιοποιούνται για τις άμεσες χρήσεις. Οι κυριότερες άμεσες εφαρμογές της γεωθερμίας μπορούν να ταξινομηθούν στις κατηγορίες: θέρμανση χώρων, αγροτικές χρήσεις, υδατοκαλλιέργειες, βιομηχανικές χρήσεις, λουτροθεραπεία και αντλίες θερμότητας. Αφενός ορισμένες χώρες δεν αξιοποιούν στο έπακρο τα γεωθερμικά πεδία τους, κι αυτό φαίνεται καθώς η συνολική ενεργειακή χρήση της γεωθερμίας είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις παγκόσμιες ανάγκες (μόλις το 0,5), αφετέρου όμως ο ρόλος της γεωθερμίας είναι σημαντικός. Λόγου χάρη για την Ισλανδία, το 50% της πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας της χώρας προέρχεται από τα γεωθερμικά ρευστά (και ένα ακόμη 18% από την υδροηλεκτρική ενέργεια), ενώ στις Φιλιππίνες το 22% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτεται από τη γεωθερμική ενέργεια.

Η γεωθερμική ενέργεια ανταγωνίζεται σε ικανοποιητικό βαθμό τον άνθρακα και το πετρέλαιο. Για την χρήση και εκμετάλλευση της γεωθερμίας το κόστος για την αρχική έρευνα, δηλαδή το κόστος κεφαλαίου χαρακτηρίζεται υψηλό συγκριτικά με το κόστος λειτουργίας και συντήρησης που είναι περιορισμένο. Επιπρόσθετα, είναι σύνηθες ο τεχνολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την αξιοποίηση της γεωθερμίας, να είναι πρωτίστως δοκιμασμένος σε άλλες τεχνολογικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, αρκετά συχνά χρησιμοποιείται τεχνολογία για την ανόρυξη των βαθιών γεωτρήσεων, με αρκετά στοιχεία δανεισμένα από την τεχνολογία των γεωτρήσεων πετρελαίου. Αναφορικά με τις ρηχότερες γεωτρήσεις και για τα νερά χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται η τεχνολογία των υδρογεωτρήσεων, προσαρμοσμένη στη γεωθερμία.

Πίνακας 13

Κορεσμένος ατμός	180°C	Ψύξη με απορρόφηση αμμωνίας Εξάτμιση διαλυμάτων υψηλής συγκέντρωσης
	170°C	Βαρύ ύδωρ με επεξεργασία υδρόθειου
	160°C	Ξήρανση Ιχθυοτροφών Ξήρανση ξύλου
		Κονσερβοποίηση τροφίμων

Νερό	140°C	
		Παραγωγή αλατιού με εξάτμιση και κρυσταλοποίηση
	130°C	
		Φρέσκο νερό με απόσταξη
	120°C	
		Ξήρανση οργανικών προϊόντων
	100°C	Πλύσιμο και ξήρανση μαλλιού
		Ιχθυοξηραντήρια
	90°C	
		Τηλεθέρμανση
	80°C	
		Ψύξη (κάτω οριακή θερμοκρασία)
70°C		
	Ζωϊκή παραγωγή	
60°C	Θερμοκήπια και Θέρμανση	
	Μανιταροκαλλιέργειες	
50°C	Λουτρά	
	Θέρμανση εδάφους για καλλιέργειες	
40°C		
	Πισίνες	
30°C		
	Ιχθυοκαλλιέργειες	
20°C		

Τροποποιημένο διάγραμμα Lindal. Παραπάνω παρουσιάζονται οι κυριότερες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας.

6.6. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται καθαρή μορφή ενέργειας, χωρίς βέβαια οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευση της να είναι αμελητέες. Η υψηλή περιεκτικότητα των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας σε διαλυμένα άλατα και αέρια σε σχέση με τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας, είναι σημαντικό να διαχωριστεί. Τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση των θερμών νερών, τα οποία προορίζονται για άμεσες χρήσεις είναι ηπιότερα, συγκρινόμενα με τα ρευστά τα οποία χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα γεωθερμικά ρευστά χαμηλής ενθαλπίας κατά τη χρήση τους παρουσιάζουν ηπιότερες επιπτώσεις, σε σχέση με τα ρευστά υψηλής ενθαλπίας. Για παράδειγμα, τα νερά μετά τη χρήση τους έχουν θερμοκρασία μικρότερη από 30-35 ° C, κι έτσι η θερμική επιβάρυνση είναι μικρότερη. Επίσης, η περιεκτικότητα σε τοξικά και επιβλαβή συστατικά (As, B, βαρέα μέταλλα) των νερών χαμηλής ή μέσης θερμοκρασίας, είναι μικρή ή αμελητέα. Τέλος, η περιεκτικότητα σε διαλυμένα άλατα συνήθως κυμαίνεται από 500-300 mg/L, αλλά τουναντίον στον ελλαδικό χώρο, και ιδιαίτερα στις νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές παρατηρούνται αρκετά υψηλότερες περιεκτικότητες σε διαλυμένα άλατα, καθώς το θαλασσινό νερό εισχωρεί στη τροφοδοσία των γεωθερμικών συστημάτων. «Το κύριο πρόβλημα από τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας εντοπίζεται στη διάθεση των νερών μετά την απόληψη της θερμότητάς τους». (Φυτίκας, Ανδρίτσος 2004). Η επιφανειακή διάθεση σε ποταμούς, λίμνες, χείμαρρους, θάλασσες αποτελεί τη φθινότερη λύση. Τα κυριότερα προβλήματα που σχετίζονται με τη λύση αυτή είναι η σχετικά υψηλή περιεκτικότητα των νερών σε διάφορα συστατικά, η αυξημένη θερμοκρασία των νερών (θερμική ρύπανση), και η εξάντληση του πεδίου με το χρόνο.

Είναι χαρακτηριστικό, πως από την χρήση ή αξιοποίηση των ρευστών υψηλής ενθαλπίας, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, διαφέρουν από πεδίο σε πεδίο. Ένα πρόβλημα που συνδέεται με τις περιοχές που γειτνιάζουν άμεσα με αξιοποιημένα πεδία, είναι η πιθανότητα πρόκλησης σοβαρών επιπτώσεων, που θα επηρεάσουν τη φυσική ροή των θερμών πηγών που χρησιμοποιούνται για λουτροθεραπευτικούς σκοπούς, οι οποίοι αποτελούν χώρους τουριστικού ενδιαφέροντος. Εάν από την έρευνα αποδειχθεί ότι θα υπάρξουν συνέπειες, το έργο πρέπει να ματαιωθεί ή να περιοριστεί σε πιο μακρινές περιοχές. Ακόμη ένα πρόβλημα από τη χρήση του αφορά τις εκπομπές αερίων. Για παράδειγμα, το υδρόθειο λόγω της έντονης οσμής του και της σχετικής τοξικότητάς του είναι υπεύθυνο για τη προκατάληψη που εκδηλώνεται κατά της γεωθερμίας. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο οι κάτοικοι της Μήλου έσπευσαν να σταματήσουν το έργο της αξιοποίησης των γεωθερμικών πεδίων. Ωστόσο η τεχνολογία προχωρά και νέες καινοτομίες έχουν ανακαλυφθεί, λόγου χάρη η τοποθέτηση φίλτρων, τα οποία καθαρίζουν την μυρωδιά του υδρόθειου, μπορούν να αποδειχθούν ικανοποιητικά. Όμως, αυτό που προέχει είναι η ενημέρωση των κατοίκων για τα οφέλη της γεωθερμίας ενάντια στα μειονεκτήματα της υποβάθμισης του περιβάλλοντος που μπορεί να επιφέρει η καύση μαζούτ. Εντούτοις, το αποδεκτό όριο για συνεχή έκθεση των εργαζομένων είναι 10 ppm, με ύψιστο όριο τα 20 ppm για έκθεση όχι περισσότερη από 10 λεπτά της ώρας. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, που σημειώνονται από τις γεωθερμικές μονάδες είναι πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές ατμοηλεκτρικών μονάδων. Ειδικότερα, οι γεωθερμικές μονάδες νέας γενιάς εκπέμπουν λιγότερο από 0,5 kg διοξειδίου του άνθρακα ανά MWh, συγκρινόμενες με τα 1000 kg διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς. Επιπρόσθετα, ο θόρυβος που προκαλείται από συμβατικές μονάδες είναι κατά

πολύ μεγαλύτερος, συγκρινόμενος με το θόρυβο που προκαλείται σε γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ωστόσο σε εγκαταστάσεις χαμηλής ενθαλπίας, ο θόρυβος είναι μηδαμινός. Ένα ακόμη πρόβλημα αλλά όχι τόσο συχνό είναι η δημιουργία μικροσεισμικότητας. Τα υγρά καθώς εισέρχονται στον ταμιευτήρα, είναι πιθανόν να προκαλέσουν στη περιοχή μικροσεισμούς, αφού λειτουργούν ως λιπαντικό για τα υπερκείμενα πετρώματα. Αντίστοιχα φαινόμενα παρατηρούνται κατά την εισαγωγή του νερού σε ταμιευτήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επειδή τα περισσότερα γεωθερμικά πεδία βρίσκονται σε σειсмоγενείς περιοχές, είναι πιθανό οι μικροί αυτοί σεισμοί να «ανακουφίζουν» τις τοπικές συνθήκες και έτσι να συνδράμουν στην αποφυγή μεγαλύτερου σεισμού. Τέλος, υπάρχει ο κίνδυνος να προκληθεί καθίζηση του εδάφους, από λίγα εκατοστά μέχρι μερικά μέτρα, όταν από τους ταμιευτήρες του γεωθερμικού πεδίου που αποτελούνται από πορώδεις σχηματισμούς, ξαφνικά αφαιρεθούν μεγάλες ποσότητες νερού ή ατμού από το συγκεκριμένο γεωθερμικό πεδίο. Κάτι αντίστοιχο είναι δυνατόν να συμβεί και κατά την εξόρυξη φυσικού αερίου ή πετρελαίου, καθώς και από την άντληση νερού για ύδρευση ή άρδευση. Γι' αυτό το λόγο, ενδείκνυται η επανεισαγωγή των γεωθερμικών νερών στον ταμιευτήρα, ώστε να αποφευχθούν ή να μειωθούν σε σημαντικό βαθμό οι καθιζήσεις.

Πίνακας 14

Πεδίο	Εκπομπές CO ₂ (kg/MWh)
Coso, ΗΠΑ (μη επανεισαγωγή αερίων)	0,5
Wairakei, Ν. Ζηλανδία	13
The Geysers, ΗΠΑ	33
PG&E Unit 20, ΗΠΑ	36
Tongonan I, Φιλιππίνες	65
Palinrino I, Φιλιππίνες	76
Krafla, Ισλανδία	96
Leyte A, Φιλιππίνες	129
Cerro Prieto, Μεξικό	175
Tiwi, Φιλιππίνες	272
Larderello, Ιταλία	380
Lagoa do Fogo, Αζόρες, Πορτογαλία	827

6.7. Αειφορία της γεωθερμίας και περιβαλλοντικά οφέλη

Η συνειδητοποίηση της ανάγκης για χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και της περαιτέρω προώθησής τους από μεγάλο τμήμα της κοινωνίας προέρχεται από τους παρακάτω λόγους :

- I. Οι ΑΠΕ διαθέτουν σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο και σχάσιμα πυρηνικά καύσιμα).
- II. Οι ΑΠΕ είναι διαθέσιμες λιγότερο ή περισσότερο σε όλες σχεδόν τις περιοχές της γης, είναι δηλαδή περισσότερο «δίκαια» κατανομημένες από ό, τι τα συμβατικά καύσιμα, με αποτέλεσμα τη μείωση των κινδύνων από τη μεταφορά των καυσίμων, αλλά και τη μείωση του κόστους αυτών.
- III. Οι πόροι αυτοί, παρόλο που δεν υπάρχουν σε μεγάλες συγκεντρώσεις, αντίθετα τους χαρακτηρίζει η εμφάνιση μικρών συγκεντρώσεων ανά τον κόσμο, όμως είναι τεράστιοι και ανεξάντλητοι.

Είναι γεγονός βέβαια, ότι με τις παρούσες τεχνικό-οικονομικές συνθήκες, οι ΑΠΕ δε μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας στο εγγύς μέλλον. Παρ' όλα αυτά, αυτό που μπορούν να προσφέρουν είναι να υποκαταστήσουν μερικώς τα συμβατικά καύσιμα, με άμεσες συνέπειες στην ανακούφιση των περιβαλλοντικών πιέσεων από τη χρήση τους και την επέκταση του χρόνου εξάντλησής τους.

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται η μόνη αξιόλογη πηγή ενέργειας που δεν εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα από τον ήλιο. Ο μοναδικός περιορισμός της, ώστε να αποφευχθεί η εξάντληση των πόρων της, είναι ότι θα πρέπει να αντλείται από οικονομικά βάθη και με ρυθμό τέτοιο ώστε να ανανεώνεται. Υπάρχει ένα σημαντικό κομμάτι της γεωθερμίας, μία μέθοδος αξιοποίησης, η αβαθής γεωθερμία, η οποία αντλεί θερμότητα ή ψύξη από το έδαφος και σε μικρό βάθος, αφού η θερμοκρασία του εδάφους δεν επηρεάζεται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια κάθε περιοχής της γης κάτω από τα 15 m βάθος.

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα τα οποία εμφανίζει η γεωθερμική ενέργεια είναι σημαντικά, σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.. Αυτό βέβαια έρχεται σε αντίθεση με την αντίληψη που κυριαρχεί ότι ορισμένες ΑΠΕ (φωτοβολταϊκά, αιολική ενέργεια) δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον. Όμως αρκεί να συνυπολογίσει κανείς την επιβάρυνση τόσο από την κατασκευή των στοιχείων, όσο και από την απόσυρση και ασφαλή διάθεσή τους, όταν θα κλείσει ο κύκλος λειτουργίας τους.

Μερικά από τα κυριότερα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας είναι τα παρακάτω :

Συνεχή παροχή ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλη την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο σε αντίθεση με άλλες ΑΠΕ (αιολική, ηλιακή, κύματα-παλίρροιες), οι οποίες δε μπορούν να παρέχουν συνεχώς ενέργεια και η χρήση τους προϋποθέτει αξιόπιστες τεχνολογίες αποθήκευσης της ενέργειας. Οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος έχουν συντελεστή αξιοποίησης που μπορεί να φτάσει και το 90 % σε αντίθεση με τις αιολικές και ηλιακές μονάδες που κυμαίνεται μεταξύ 20% και 35%. Ακόμη η γεωθερμία διακρίνεται από υψηλό δείκτη διαθεσιμότητας, της τάξης του 90%. Τέλος η συνεχής και προσφερόμενη τεχνογνωσία, αναφορικά με το ζήτημα της αβαθούς γεωθερμίας, καθιστά δυνατή τη χρήση της πρακτικά οπουδήποτε και όλες τις εποχές του έτους, σε συνδυασμό με τη ψύξη.

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

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

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

Μικρές ανάγκες για μεταφορά υλικών. Από τη στιγμή που η κατασκευή της μονάδας έχει αποπερατωθεί, δεν απαιτείται μεταφορά υλικών ή καυσίμων, σε αντίθεση με τις μονάδες με συμβατικά καύσιμα, στις οποίες πάντοτε ελλοχεύει ο κίνδυνος ατυχημάτων (ανάφλεξη καυσίμων, διαρροές, πετρελαιοκηλίδες) και επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από τη κίνηση των μεταφορικών μέσων.

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

Συμβολή στην επίτευξη στόχων της Λευκή Βίβλου στην Ε.Ε και του Πρωτοκόλλου του Κιότο, με το περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων.

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

Συμβολή στη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας, με το περιορισμό των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων.

6.8. Η ενεργειακή αυτόρεια του νησιού της Ικαρίας

Το νησί της Ικαρίας περιέχει ένα σημαντικό αριθμό πηγών, υποδηλώνοντας την ύπαρξη γεωθερμικών πεδίων. Τόσο η θέση του νησιού στο Αιγαίο, όσο και η ύπαρξη θερμών πηγών, κυρίως παράκτια, αλλά και υποθαλάσσια, αποτελούν πολύ σημαντικές και ενθαρρυντικές ενδείξεις για την ύπαρξη σημαντικού γεωθερμικού δυναμικού. Αν και η επιστημονική κοινότητα που ασχολείται με τη γεωθερμία θεωρεί πως η Ικαρία κρύβει σημαντικά γεωθερμικά πεδία με σημαντικό δυναμικό, καθώς ήδη τα δείγματα από τυχαίες μετρήσεις στα νερά των πηγών έδειξαν μία μέγιστη θερμοκρασία της τάξης των 54 ° C. Για να αποδειχθούν τα γεωθερμικά πεδία θα πρέπει να γίνει η αναζήτησή τους στους υπόγειους ή και υποθαλάσσιους ταμειυτήρες γεωθερμικών ρευστών. Έτσι λοιπόν, κρίνεται απαραίτητη η εμπειριστατωμένη έρευνα και αναζήτηση των γεωθερμικών πεδίων από επιστήμονες και ειδικευμένο προσωπικό. Η έρευνα μπορεί να πραγματοποιηθεί με κατάλληλες γεωτρήσεις, ακόμα και κεκλιμένες, και να αναζητηθεί μεγάλος υπόγειος ταμειυτήρας γεωθερμικών ρευστών. Τέτοιες γεωτρήσεις είναι εφικτές με κατάλληλα γεωτρήματα, με διάφορες ενδεχόμενες κλίσεις και κυρίως με σωστή και συνεχή παρακολούθηση.

Είναι γνωστό πως η κλιματική αλλαγή, οι πεπερασμένοι πόροι (φυσικό αέριο, πετρέλαιο), η αύξηση επιβλαβών, για τον ανθρώπινο οργανισμό, αερίων και ρύπων, σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν φέρει στη φαρέτρα των επιστημών την ανάγκη για νέες μορφές ενέργειας, περισσότερο συμβατές για ένα καθαρό και

πράσινο πλανήτη. Όμως δε θα ήταν δυνατό, αυτές οι μορφές ενέργειας (χρήση ανεμογεννητριών, φωτοβολταϊκά) να μείνουν έξω από το παιχνίδι των μεγάλων βιομηχανιών, συμμεριζόμενοι αποκλειστικά το κέρδος και την οικονομική μεγέθυνση. Από την άλλη μία μερίδα πολιτών που αφουγκράζονται τα περιβαλλοντικά προβλήματα του τόπου τους, επιθυμούν μια πιο καθαρή ενέργεια και φυσικά η οποιαδήποτε κατασκευή για την παροχή ενέργειας να είναι συμβατή με τη φέρουσα ικανότητα του κάθε φυσικού τοπίου και οικιστικού περιβάλλοντος.

Παλαιότερα ο ενεργειακός σχεδιασμός γινόταν κεντρικά, δηλαδή η ΔΕΗ συχνότερα ήταν υπεύθυνη για τα συστήματα μεταφοράς και το δίκτυο διανομής ενέργειας. Σταδιακά και όσο περνούν τα χρόνια αυτό σταδιακά αλλάζει, η αγορά απελευθερώνεται και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο τοπικό ενεργειακό σχεδιασμό με αποκεντρωμένες μονάδες αποθήκευσης. Σιγά-σιγά η ευθύνη δίνεται στις τοπικές κοινωνίες να δρουν και να ενεργούν με στρατηγικές, οι οποίες να στοχεύουν στην ενεργειακή αυτονομία του εκάστοτε τόπου. Η τοπική αυτοδιοίκηση συνάπτει συνεργασίες με επενδυτές σε ένα πιο πλουραλιστικό σχήμα σχεδιασμού. Το νησί της Ικαρίας ώστε να αποκτήσει την ενεργειακή αυτάρκεια που θα συνάδει με μία πιο φιλική, προς το περιβάλλον και τον φυσικό πλούτο της, ενεργειακή μετάβαση, θα πρέπει να στοχεύει στην αξιοποίηση της γεωθερμίας σε συνδυασμό με το υβριδικό εργοστάσιο Ικαρίας, χωρίς να είναι απαραίτητο το ντύσιμο του νησιού με 110 ανεμογεννήτριες (έχουν εγκριθεί σύμφωνα με απόφαση της ΡΑΕ και σχεδιάζονται να εγκατασταθούν έως το 2036), οι οποίες θα καταστρέψουν ολόκληρα βουνά και θα αλλοιώσουν τη ταυτότητα του νησιού. Ως επί τω πλείστον, η αξιοποίηση της γεωθερμίας και έπειτα η χρήση της, σε συνδυασμό με το υβριδικό εργοστάσιο (ΝΑΕΡΑΣ) της Ικαρίας, θα μπορούσε να επιφέρει αποδοτικότητα στο 100% των ενεργειακών αναγκών των τοπικών νοικοκυριών. Ήδη το υβριδικό εργοστάσιο, αποδίδει 77% της ενέργειας του νησιού, χωρίς τη πλήρη αξιοποίηση του, αφού το έργο δεν έχει παραδοθεί ολοκληρωτικά. Το έργο ολοκληρώθηκε στο μεγαλύτερο τμήμα του και τέθηκε σε λειτουργία το 2019. Αυτό αποτελείται από 3 ανεμογεννήτριες των 900 kW έκαστη, 1 υδροστρόβιλο 1.05 MW στη θέση Προεσπέρα, 1 υδροστρόβιλο 3.1 MW στη θέση Κάτω Προεσπέρα και ένα σύστημα αντλιοστασίων για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 3 MW.



Εικόνα 41

Ανεμογεννήτριες υβριδικού εργοστασίου ΝΑΕΡΑΣ. Πηγή: Κατσάφαρος Ι, 2022



Εικόνα 42

Υβριδικό εργοστάσιο ΝΑΕΡΑΣ. Πηγή : Κατσάφαρος Ι., 2022

Το συγκεκριμένο εργοστάσιο, σε συνδυασμό με τη γεωθερμία θα μπορούσε να συμβάλλει σε μία πράσινη ενεργειακή μετάβαση, χωρίς την επιβάρυνση του νησιού με ρύπους, διοξείδιο του άνθρακα και βλαβερά για τον ανθρώπινο οργανισμό συστατικά. Όπως είναι γνωστό, η γεωθερμία εντάσσεται στις ΑΠΕ και θεωρείται μοναδική σε σχέση με τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή, καθώς πάντοτε έχει μια σταθερή θερμοκρασία. Εφόσον το κέντρο της γης έχει 4.000 βαθμούς και σύμφωνα με το νόμο της φυσικής, η θερμότητα μεταφέρεται από το ζεστό στο κρύο, έτσι η θερμοκρασία θα είναι πάντα σταθερή. Αντίθετα η αιολική αποδίδει ενέργεια μόνο όταν φυσάει και η ηλιακή δεν είναι δυνατόν να αποδώσει ενέργεια τις βραδινές ώρες ή τις μέρες με συννεφιά. Στο νησί της Ικαρίας ένας λόγος που θερμαίνεται περισσότερο η γη είναι ο γρανίτης. Ο γρανίτης εμπειριέχει τα ραδιενεργά στοιχεία και αυτά με τη διάσπαση ελευθερώνουν ενέργεια. Η αποθηκευμένη ενέργεια λοιπόν, που υπάρχει στο νησί της Ικαρίας, θα ήταν δυνατόν να απεμπολήσει

το καπιταλιστικό σύστημα από τη προσφορά αυτού στις ενεργειακές ανάγκες της νησιωτικής περιοχής και να συμβάλει σε μια περισσότερο πράσινη καθαρή ενέργεια. Αυτό που αρκεί είναι να αφηθεί χώρος και χρόνος στις τοπικές κοινωνίες να εκφραστούν, να συμβάλλουν οι ίδιοι οι κάτοικοι στο σχεδιασμό στρατηγικών για την ενεργειακή μετάβαση, αφού προηγηθεί η ενημέρωση από εξειδικευμένους επιστήμονες και κατάλληλο προσωπικό.

Συμπεράσματα και προοπτικές

Η χρήση της γεωθερμίας, όπως και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι βέβαιο ότι μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και πολλών ακόμη περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη καύση ορυκτών καυσίμων. Η Ελλάδα μαζί με ορισμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η Ιταλία, η Πορτογαλία (Νήσοι Αζόρες) και η Γαλλία (νήσοι Γουαδελούπη στη Καραϊβική), περιέχουν πεδία υψηλής ενθαλπίας, τα ρευστά των οποίων έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη από 150 ° C, και μπορούν να αξιοποιηθούν για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, η χώρα μας διαθέτει ένα ισχυρό γεωθερμικό δυναμικό, το οποίο συναντάται κυρίως στη Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα και τα νησιά του Αιγαίου, τόσο με ρευστά μέσης και χαμηλής ενθαλπίας, όσο και υψηλής. Στη χώρα μας η γεωθερμική αξιοποίηση, ξεκίνησε τη δεκαετία του 1980, όμως τέσσερις δεκαετίες αργότερα, περιορίζεται στη λουτροθεραπεία και τον αγροτικό τομέα (κυρίως θέρμανση θερμοκηπίων), ενώ το τεράστιο γεωθερμικό δυναμικό της δεν χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή. Αξιόλογα παραδείγματα αποτελεί η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για θερμοκηπιακές μονάδες σε δύο γεωθερμικά πεδία, του Νέου Ερασμίου – Μαγγάνων Ξάνθης, και του Ερατεινού Χρυσούπολης στη Καβάλα. Ακόμη μερικά παραδείγματα είναι η καλλιέργεια σπιρουλίνας με τη βοήθεια της γεωθερμίας στα Θερμά Νιγρίτας του νομού Σερρών αλλά και έργα που βρίσκονται σε φάση υλοποίησης όπως η τηλεθέρμανση δημοσίων κτιρίων και οικισμών και η θέρμανση θερμοκηπίων στο γεωθερμικό πεδίο του Αρίστηνου Αλεξανδρούπολης, αλλά και η κατασκευή 100 στρεμμάτων θερμοκηπίων στο πεδίο Νέο Κεσσάνης Ξάνθης, τα οποία θα θερμαίνονται με νερά 82 ° C. Επιπλέον ένας κλάδος που παρουσιάζει εντυπωσιακή ανάπτυξη για τα ελληνικά δεδομένα, είναι η εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμίας, με πάνω από 3.000 εγκατεστημένες μονάδες ΓΑΘ, σχεδόν αποκλειστικά για τι κλιματισμό εσωτερικών χώρων.

Είναι κατανοητό πως η αξιοποίηση της γεωθερμίας δε περιορίζεται μόνο στα παραπάνω μέρη αλλά μπορεί εύκολα να επεκταθεί σε πολλά μέρη της χώρας μας, όπως και στα νησιά του Αιγαίου. Ειδικότερα και το νησί της Ικαρίας διαθέτει ένα προσφερόμενο γεωθερμικό πλούτο. Ωστόσο, στις μέρες μας η χρήση

της γεωθερμίας περιορίζεται μόνο για λουτροθεραπευτικούς σκοπούς, που παρόλο τα ιαματικά λουτρά θεωρούνται εξαιρετικής ποιότητας, λειτουργούν με απαρχαιωμένο λουτροπαραγωγικό εξοπλισμό, με ανεπαρκή ξενοδοχειακή υποστήριξη και δίχως οργανωμένο πλάνο διαχείρισης. Το νησί διαθέτει πλήθος ιαματικών φυσικών πηγών που αναβλύζουν σε διάφορα σημεία κυρίως μέσα στη θάλασσα. Οι περισσότερες από αυτές έχουν δυναμικότητα 500-1200 m³ / ημέρα, θερμοκρασιακής στάθμης 35-55 ° C. Η μεγαλύτερη σε δυναμικότητα είναι η πηγή της Λευκάδας με δυναμικότητα η οποία εκτιμάται στα 10.000 m³ / ημέρα και θερμοκρασία 58-60 ° C.

- Είναι λοιπόν υψίστης σημασίας για το νησί της Ικαρίας, η ενέργεια που μπορεί να αντληθεί μέσα από τη γη και παρέχεται δωρεάν, να αξιοποιηθεί με σεβασμό και με όρους προστασίας του περιβάλλοντος, δίχως η ανθρωπότητα να εξαντλήσει και αυτό το πόρο ενέργειας. Αυτή η μορφή ενέργειας μπορεί να φανεί χρήσιμη και απαραίτητη τόσο για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και για άμεσες χρήσεις, όπως η τηλεθέρμανση, τα θερμοκήπια, η αποξήρανση τροφίμων, η θέρμανση δημόσιων κτιρίων, η θέρμανση πισινών κ.α..

Στην Ικαρία είναι γνωστό πως η μέση ετήσια κατανάλωση ρεύματος είναι 25.000 MWh για τις ανάγκες του νησιού, οι οποίες καλύπτονται από τους σταθμούς μηχανών εσωτερικής καύσης που καταναλώνουν ανά παραγόμενη KWh 240 γραμμάρια μαζούτ. Έτσι λοιπόν για τις ετήσιες ανάγκες των νοικοκυριών του νησιού αλλά άλλες ηλεκτροπαραγωγικές ανάγκες, καταναλώνονται 6.000 τόνοι μαζούτ τον χρόνο και εκπέμπονται 24.000 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα το χρόνο.

- Αν λοιπόν, ολοκληρωνόταν η δημιουργία ενός γεωθερμικού σταθμού 2 MWh θα μπορούσε να καλύψει την ετήσια ανάγκη για 10.000 MWh, το οποίο θα σήμαινε την εξοικονόμηση και αποφυγή 2.400 τόνων μαζούτ ετησίως. Εκτός όμως από τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη η γεωθερμία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την επέκταση γεωθερμικών θερμοκηπίων στη περιοχή αυτή, με σωστή διαχείριση των γεωθερμικών πόρων και επανεισαγωγή στο ταμειυτήρα των ρευστών μετά τη χρήση τους. Για παράδειγμα, κάτι τέτοιο θα αποσκοπούσε στη δημιουργία συνεταιρισμών κάτι το οποίο εκλείπει από το νησί, και εκτός ότι ενισχύει τις σχέσεις και τη συνεργασία μεταξύ των κατοίκων, μπορεί να επιφέρει οικονομικό κέρδος για τη τοπική κοινότητα.
- Ακόμη η εγκατάσταση και η λειτουργία του υβριδικού εργοστασίου ΝΑΕΡΑΣ, σε συνδυασμό με την ορθή αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων του νησιού, θα μπορούσε να αποδώσει μία πλήρη ενεργειακή αυτάρκεια του νησιού, χωρίς το περιβάλλον να επιβαρύνεται από τη καύση χιλιάδων τόνων μαζούτ ετησίως, μειώνοντας δραστικά την εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα. Επίσης κάτι τέτοιο θα αποσκοπούσε και στο οικονομικό όφελος των νοικοκυριών, στις καθημερινές ανάγκες που προκύπτουν όπως η ζέστη και το μαγείρεμα, καθώς οι συγκεκριμένες μορφές ενέργειας είναι σαφώς πιο οικονομικές από το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο, ιδιαίτερα σε περιόδους παγκόσμιας ενεργειακής κρίσης.

Ακόμη, όμως και αν ολοκληρωνόταν μία μονάδα με χρήση της γεωθερμίας και κατάλληλη χρηματοδότηση γεωθερμικών εφαρμογών, ένα έργο με οφέλη τόσο για τη κοινωνία, όσο και για το περιβάλλον, θα μπορούσε εύκολα να ανακληθεί λόγω των αντιδράσεων των κατοίκων του νησιού, που επέρχεται από το άγνωστο και το ανεξερεύνητο.

- Έτσι λοιπόν, πρωταρχικής σημασίας είναι η ενημέρωση του ενδιαφερόμενου κοινού, ύστερα από μία σοβαρή προσπάθεια ενημέρωσης, νέας πρωτοβουλίας από αξιόπιστο φορέα, με τη συμμετοχή της τοπικής αυτοδιοίκησης και φορέων του νησιού. Έπειτα από μία σειρά ερευνών στα γεωθερμικά πεδία της περιοχής, όπως οικονομοτεχνικών, υδρολογικών, γεωχημικών, η τοπική κοινωνία θα μπορούσε να ενημερωθεί για το πώς μπορεί να χρησιμοποιήσει τη γεωθερμία, πόσο πετρέλαιο θα εξοικονομηθεί και σε ποιους τομείς της καθημερινότητας θα επωφεληθεί ο ίδιος αλλά και το περιβάλλον με το οποίο αλληλεπιδρά καθημερινά. Μία σειρά απαντήσεων και πλήρους ενημέρωσης, ως προς την αξιοποίηση της ενέργειας κυρίως για άμεσες χρήσεις πάντοτε υπό τη συμβουλευτική καθοδήγηση από τους αρμόδιους φορείς θα μπορούσε να επιφέρει μια αλλαγή διχογνωμίας του κοινού για τη λειτουργία των γεωθερμικών εγκαταστάσεων. Απαραίτητη κρίνεται, η εδραίωση μιας ιδεολογίας προσαρμοσμένης στις σημερινές ανάγκες του πλανήτη μας, όπου οι ρύποι επιβαρύνουν τη Γη και την υγεία μας, από τη κατανάλωση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μπορούν να προκαλέσουν μη αναστρέψιμες συνέπειες.
- Επιπροσθέτως, επιτακτική ανάγκη για τη χρήση της γεωθερμίας αποτελεί η έρευνα και ο εντοπισμός των γεωθερμικών πεδίων στην Ικαρία, ώστε να αποσαφηνιστεί το γεωθερμικό δυναμικό της, με γεωτρήσεις οι οποίες με βεβαιότητα θα ξεπερνούν τα δύο μέτρα, αφού από το συγκεκριμένο σημείο και έπειτα η θερμοκρασία του υπεδάφους αρχίζει να είναι σταθερή, καθώς δεν επηρεάζεται από τη θερμότητα του ηλίου. Είναι σημαντικό λοιπόν, επιστήμονες και ειδικευμένο προσωπικό να προχωρήσει στην εξεύρεση των γεωθερμικών πεδίων.

Απολύτως απαραίτητη, θα πρέπει να είναι η συμβολή του Δήμου, των φορέων και της τοπικής κοινωνίας, ώστε να τεθεί επί τάπητος το ζήτημα της προστασίας των ιαματικών πηγών, με τον καθορισμό ζωνών προστασίας.

- Με τις ζώνες προστασίας από τις οποίες καθορίζεται μια συγκεκριμένη ακτίνα από το κέντρο της πηγής, κάθε παράνομη ενέργεια κρίνεται παράνομη και απαγορευτική. Λόγου χάρη η οικοδόμηση κτιριακών εγκαταστάσεων εντός της ακτίνας, η εγκατάσταση υδροληπτικών ή αποχετευτικών συστημάτων τα οποία μπορούν να αποβούν επικίνδυνα για την αλλοίωση της χημικής σύστασης των ιαματικών νερών ή ακόμη και την εξαφάνιση αυτών, από την κάλυψή τους με φερτά υλικά.
- Επίσης, το κράτος και η περιφέρεια θα πρέπει να δείξουν ενδιαφέρον για την βελτίωση των υπαρχόντων εγκαταστάσεων, σε όσες από τις υποδομές υπάρχουν οι στοιχειώδης υποδομές ή ακόμη για τη δημιουργία νέων. Απαραίτητη κρίνεται η εισαγωγή, στο εσωτερικό των ιαματικών εγκαταστάσεων, σύγχρονου εξοπλισμού και κατάλληλης τεχνολογίας που θα συνάδει με spas άλλων ευρωπαϊκών πόλεων.

Όσον αφορά τη διαχείριση και την ιδιοκτησία των ιαματικών πηγών, σύμφωνα και με τις τελευταίες υπουργικές αποφάσεις του 2019 και 2021, γίνονται πιο ευέλικτες οι επιλογές, ώστε η χώρα μας να προσελκύσει ντόπιους και ξένους επενδυτές με σκοπό να χρηματοδοτήσουν έργα των ιαματικών πηγών των ελληνικών λουτροπόλεων.

- Ακόμη κι αν είναι δυνατή η αξιοποίηση των πηγών από ιδιώτες, αυτή δεν θα πρέπει να γίνεται με όρους κερδοφορίας και ατομικών συμφερόντων των δημόσιων αγαθών. Ως γνωστόν, οι φυσικοί πόροι διατίθενται προς δημόσια κατανάλωση και δεν είναι δυνατό να αποκλειστεί από αυτές κανένας πολίτης.

Ακόμη κι αν τα υδροθεραπευτήρια διαθέτουν πλήθος λουτήρων και άλλων εξοπλισμό, οι ιαματικές εγκαταστάσεις δεν πρέπει να αρκούνται μόνο σε αυτό.

- Είναι δυνατό οι επενδυτές ή οι ιδιώτες να επενδύουν σε υποδομές που θα καθιστούν δυνατή τόσο την εσωτερική, όσο και την εξωτερική υδροθεραπεία, λόγου χάρη, λασπόλουτρα, χώρους για καλλιέργεια λάσπης, εγκαταστάσεις για ποσιθεραπεία και εισπνευσοθεραπεία, καταιονήσεις, εσωτερικές και υπαίθριες πισίνες, κ.α..

Αναφορικά με το ανθρώπινο δυναμικό, είναι σημαντικό:

- Τα υδροθεραπευτήρια να επανδρώνονται λουτρονόμους, ειδικούς στην εφαρμογή των μεθόδων, αλλά και γιατρούς ειδικευμένους στην Ιαματική Λουτροθεραπεία.
- Τέλος, είναι σημαντικό να αξιοποιηθεί το γεωθερμικό δυναμικό των ιαματικών πηγών, για την θέρμανση ή τη ψύξη των δημόσιων κτιριακών εγκαταστάσεων. Η αξιοποίηση τους μπορεί να αποδώσει πλήρη ενεργειακή αυτονομία σε δημόσια κτίρια, κάτι που σημαίνει μηδενικές οικονομικές επιβαρύνσεις στους Δήμους και τις Περιφέρειες. Θα ήταν ένα καλό παράδειγμα η γεωθερμική ενέργεια, να αξιοποιείται για τη θέρμανση ή τη ψύξη δημόσιων κτιρίων ή άλλων κτιριακών εγκαταστάσεων.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- **Alther G., (1982). *The role of Bentonite in Soil Sealing Applications, Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 401-409*****Baretje R., (1982). *Tourism's External account and the balance of payments, Annals of Tourism Research, 9 (1).***
- **Dimopoulos G., (1989). *Hydrogeological and chemical characteristics of geothermal fluids in Greece. FAO-Rural Country Review,2, CNRE (UN)***
- **Dotsika E. (2014). *H-O-C-S isotope and geochemical assessment of the geothermal area of Central Greece. Journal of Geochemical Exploration 150, 1-15, Greece.***
- **Florou H., et al., (2003). *Field observations of the effects of protracted low levels of ionizing radiation of natural aquatic population by using a cytogenetic tool. Journal of Environmental Radioactivity 75, 267-283, Greece, Ukraine.***
- **Florou H., et al., (2006). *The radiological evaluation of uranium, radium and radon in metallic and thermo-metallic springs in Ikaria Island, the eastern Aegean Sea. Journal of Environmental Radioactivity 235-242, Greece.***
- **Florou H., et al., (2007). *An assessment of the external radiological impact in areas of Greece with elevated natural radioactivity. Journal of Environmental Radioactivity 93, 74-83, Greece.***
- **Karras E. (1996). *Prospectives for exploiting the geothermal resources of Ikaria, Greece. Geothermal Training Programme, Greece.***
- **Pearce (1987) .*Tourism today: a geographical analysis, Long mar Scientific and Technical, John Wiley & Sons (ed.). N.Y.***

- **Trabidou G., et al., (1995). Environmental study of the radioactivity of the spas in the island of Ikaria. Radiation Protection Dosimetry 63, 63-67, Greece.**
- **Trabidou G., et al., (2010). Estimation of dose rates to humans exposed to elevated natural radioactivity through different pathways in the island of Ikaria, Greece. Radiation Protection Dosimetry 142, 378-384, Greece.**
- **Trabidou G., et al., (2005). Radiological impact in an area of elevated natural radioactivity background: the case of the island of Ikaria-Aegean Sea, Greece. International Congress Series 1276, 390-391, Greece.**
- **Vogiannis E., et al., (2003). Radon variations during treatment in thermal spas of Lesvos Island (Greece). Journal of Environmental Radioactivity 75, 159-170, Athens.**
- **Wagar, J.A. (1974).Recreational carrying capacity reconsidered, Journal of forestry, pp.274- 278**
- **Zelenka J., et al., (2013). Visitor management in protected areas. Czech Journal of Tourism, 2(1), 5-18, Czech Republic**

Ελληνική

- **Αγγελίδης Ζ., (2008). Ο Θερμαλισμός στο κατώφλι μιας νέας ιστορικής περιόδου. Ιαματικοί Φυσικοί Πόροι και Θερμαλισμός, Β΄ Μέρος, Ελλάδα.**
- **Αγγελόπουλος Χ., (2013). Γεωλογική-Υδρογεωλογική διερεύνηση των πηγών Λευκάδος, Ασκληπιού, Απόλλωνα-Σπηλαίου-Κράτσα Θερμών και Αγίας Κυριακής Δήμου Ικαρίας για την αναγνώρισή τους ως ιαματικές. Δήμος Ικαρίας- Σ.Δ.Κ.Ι.Π.Ε., Θεσσαλονίκη.**

- *Ανδρίτσος Ν., Φυτίκας Μ., (2004). Γεωθερμία. Εκδόσεις Τζιόλας, Ελλάδα.*
- *Αρβανίτης Α. , (2013). Η θερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους ως παράμετρος για το σχεδιασμό των γεωεναλλακτών-Χαρτογράφηση θερμικής αγωγιμότητας εδαφικών σχηματισμών. Σεμινάριο ΚΑΠΕ-«Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας για Θέρμανση-Ψύξη στο Μεσογειακό Κλίμα», Αθήνα.*
- *Βαρβαρέσος Σ., (2003). Οικονομική του τουρισμού, Εκδόσεις Προπομπός, Ελλάδα.*
- *Βορεάδης Γ., (1965). Τα μεταλλικά ύδατα της Ελλάδος από γεωλογική σκοπιά. Αθήνα.*
- *Βουδούρης Κ., (2016). Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Υπόγεια Νερά και Περιβάλλον. Εκδόσεις Τζιόλας, Ελλάδα.*
- *Δεμερτζής Ν., κ.α.,(2020). Ιαματικός Τουρισμός σε Περιοχές με Ιαματικούς Φυσικούς Πόρους. Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών. Ελλάδα.*
- *Δημόπουλος Γ., (1988). Υδρογεωλογικά και υδροχημικά χαρακτηριστικά των θερμομεταλλικών νερών Ελλάδος. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου για τα θερμομεταλλικά νερά, Θεσσαλονίκη.*
- *Δούτσος Θ. (2014). Γεωλογία : Αρχές και Εφαρμογές. Εκδόσεις Liberal Books, Ελλάδα.*
- *Ηλιόπουλος Ι., (2005). Πετρογένεση των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της νήσου Ικαρίας. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας. Ελλάδα*
- *Καστανιάς Ι., (2003). Γεωθερμία- Ιαματικές Πηγές : Η Περίπτωση Της Ικαρίας. Πτυχιακή εργασία, Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Μακεδονίας, Ελλάδα.*

- *Κατσαρός Θ., (2006). Ικαριακά Σύμμεικτα. Αθήνα.*
- *Κισκύρας Δ., (1965). Υδρογεωλογική μελέτη αφορώσα την ύδρευση του Δήμου Αγίου Κηρύκου Ικαρίας. Ελλάδα.*
- *Κοκκώσης Χ., κ.α., (2001). Τουρισμός και Αναψυχή : βιώσιμη τουριστική ανάπτυξη και περιβάλλον, Αθήνα: Κριτική*
- *Κολιός Ν., κ.α., (2009). Διερεύνηση της δυνατότητας ηλεκτροπαραγωγής από γεωθερμικά ρευστά μέσω θερμοκρασιών σε Μακεδονία και Θράκη (Βόρεια Ελλάδα). Διεθνές forum : Η Γεωθερμική ενέργεια στο Προσκήνιο. Ι.Γ.Μ.Ε ,Ελλάδα*
- *Κτενάς Κ., (1969). Γεωλογία της νήσου Ικαρίας. ΙΓΕΥ, Γεωφυσικά Γεωλογικά μελέται, 13(2) : 57-86, Αθήνα.*
- *Μελάς Ι., (2001). Ιστορία της νήσου Ικαρίας- Από των προϊστορικών χρόνων μέχρι της καταλήψεως της νήσου υπό των Τούρκων (1521 μ.Χ.), Αθήνα.*
- *Μπαλή Ε., (2016). Ταξινόμηση Ιαματικών Πηγών Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας με Υδρογεωλογικά, Υδροχημικά και Γεωθερμικά Κριτήρια. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ελλάδα.*
- *Ξενάκης Χρ., κ.α., Εξαμηνιαία Έκδοση Ιανουάριος-Ιούνιος 2008. Εταιρία Ικαριακών Μελετών, Αθήνα.*
- *Παπαγεωργίου Μ., (2009). Χωρική οργάνωση, ανάπτυξη και σχεδιασμός του θερμολιστικού τουρισμού στην Ελλάδα. Διδακτορική διατριβή, Ελλάδα.*
- *Παπανικολάου Δ. Ι., Σιδέρης ΧΡ. Ι., (2013). Γεωλογία η Επιστήμη της Γης. Εκδόσεις Πατάκη, Ελλάδα.*
- *Παρπαίρης Α., (1993). Αξιολόγηση κύκλου ζωής του τουριστικού προϊόντος . 3^ο Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας. Μόλυβος Λέσβου*

- **Παυλίδης Σ.Β. (2008).** ΠΑΝ-ΓΑΙΑ (Παγγαία) μια διαφορετική βιο-γεωλογική διαδρομή στον πλανήτη Γη. Εκδόσεις LEADER BOOKS, Ελλάδα.
- **Περλέρος Β., κ.α., (2001).** Διερεύνηση των Γεωλογικών-Υδρογεωλογικών στον Άγιο Κήρυκο νήσου Ικαρίας. Προτάσεις για βιώσιμη οικιστική ανάπτυξη-Προστασία του δομημένου περιβάλλοντος και των θερμομεταλλικών ιαματικών πηγών. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας ΧΧΧΙΥ(5): 1903-1911, Ελλάδα.
- **Περτέσης Μ. (1939).** Περί των ραδιενεργών θερμοπηγών της νήσου Ικαρίας. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 14, Αθήναι.
- **Πρόγιου Α., κ.α., (2019).** Περιφερειακό Σχέδιο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή. Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, Ελλάδα.
- **Σπαθή Σ. Κ., (2000).** Ο ιαματικός τουρισμός και η ανάπτυξη του τουρισμού υγείας στην Ελλάδα. Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών, Ελλάδα.
- **Συλλογικό Έργο, (2016).** Το λεξιλόγιο της αποανάπτυξης. Οι Εκδόσεις των Συναδέλφων, Ελλάδα.
- **Φραγκογιάννης Γ., (2011).** Αναλυτικός Σχεδιασμός και Παραμετρική ανάλυση συστημάτων αβαθούς γεωθερμίας με κατακόρυφους γεωεναλλάκτες. Πειραματική διερεύνηση του θερμικού δυναμικού του υπεδάφους. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 284 σελ..
- **Χατζηβγέρης, Κ. (2003).** Η έννοια του Κύκλου ζωής ενός τουριστικού προορισμού - Φέρουσα Ικανότητα.

Διαδικτυακές ιστοσελίδες

- <https://news.b2green.gr/16384/%CE%B7-%CE%B1%CE%BE%CE%B9%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%BA>
- <https://nomosphysis.org.gr/15980/ste-3042017-topiko-rymotomiko-sxedio-gia-sxoliko-sygkrotima-entos-zonis-prostasias-iamatikis-pigis/>
- <https://www.iama.gr/ethno/Therm/triviza.html>
- <https://www.thermalsprings.gr/index.php/el/nea-anakoinoseis-2/501-ekdothikan-ta-fek-ton-texnikon-prodiagrafon-gia-tis-monades-iamatikis-therapeias-kai-ta-kentra-iamatikou-tourismou-thermalismou>

