



**ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ**  
**Ένας οδηγός για την αξιοποίηση της γεωθερμίας στη Νησιωτική Ελλάδα**  
 Του Δρ. Ιωάννη Παππά\*

**Κ**ατά τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται στροφή προς τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, τόσο λόγω της διαπίστωσης του περιορισμού των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων, όσο και λόγω της επιτακτικής ανάγκης για τη διατήρηση και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, καθώς και της αντιστροφής των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών. Στο πλαίσιο αυτό, ολοκληρώθηκε πρόσφατα το έργο ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ (www.thermopolis.gr), το οποίο είχε ως σκοπό τη δημιουργία μίας κοινοπραξίας έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης στον τομέα της παροχής ολοκληρωμένων υπηρεσιών για την αξιολόγηση γεωθερμικών πεδίων, την παροχή τεχνολογικά άριτων λύσεων για την αιεφόρο εκμετάλλευσή τους και την ποιοτική πραγματοποίηση των σχετικών τεχνικών έργων.

Πιο συγκεκριμένα, στο πλαίσιο του ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ 2000 - 2006, ΜΕΤΡΟ 3.7, Πρόγραμμα, «Κοινοπραξίες Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης σε τομείς Εθνικής Προτεραιότητας», συγχρηματοδοτήθηκε το έργο «ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ» (Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Μεθοδολογίας για την έρευνα και την Οργάνωση Δομών για την Εκμετάλλευση της Γεωθερμίας Χαμηλής Ενθαλπίας στη Νησιωτική Ελλάδα). Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου ήταν 651.825 ευρώ, με ύψος δημόσιας δαπάνης τα 391.095 ευρώ, για την περίοδο 07.2006 – 05.2008. Ως φορέας υλοποίησης ορίστηκε η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, ενώ ως ανάδοχος ορίστηκε το Πανεπιστήμιο Αιγαίου, και ειδικότερα το Τμήμα Περιβάλλοντος (Καθηγητής Δίας Χαραλαμπίδης και Αναπληρωτής Καθηγητής Ιωάννης Ματσίνος). Ο εταίρος του ιδιωτικού τομέα που συμμετείχε στην Κοινοπραξία ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ ήταν η Ελληνική

...προσφορά γεωθερμικών πεδίων...  
 ...αξιοποίησης των γεωθερμικών πεδίων...  
 ...επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών...  
 ...επιτακτικής ανάγκης για τη διατήρηση και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος...  
 ...αντιστροφής των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών...  
 ...ολοκληρώθηκε πρόσφατα το έργο ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ...  
 ...δημιουργία μίας κοινοπραξίας έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης...  
 ...τομέα της παροχής ολοκληρωμένων υπηρεσιών...  
 ...αξιολόγηση γεωθερμικών πεδίων...  
 ...παροχή τεχνολογικά άριτων λύσεων...  
 ...αιεφόρο εκμετάλλευσή τους...  
 ...ποιοτική πραγματοποίηση των σχετικών τεχνικών έργων...  
 ...ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ 2000 - 2006...  
 ...ΜΕΤΡΟ 3.7, Πρόγραμμα, «Κοινοπραξίες Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης...  
 ...Εθνικής Προτεραιότητας...  
 ...συγχρηματοδοτήθηκε το έργο «ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ»...  
 ...Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Μεθοδολογίας...  
 ...για την έρευνα και την Οργάνωση Δομών...  
 ...για την Εκμετάλλευση της Γεωθερμίας Χαμηλής Ενθαλπίας...  
 ...στη Νησιωτική Ελλάδα...  
 ...Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου ήταν 651.825 ευρώ...  
 ...με ύψος δημόσιας δαπάνης τα 391.095 ευρώ...  
 ...για την περίοδο 07.2006 – 05.2008...  
 ...Ως φορέας υλοποίησης ορίστηκε η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας...  
 ...ενώ ως ανάδοχος ορίστηκε το Πανεπιστήμιο Αιγαίου...  
 ...και ειδικότερα το Τμήμα Περιβάλλοντος...  
 ...Καθηγητής Δίας Χαραλαμπίδης και Αναπληρωτής Καθηγητής Ιωάννης Ματσίνος...  
 ...Ο εταίρος του ιδιωτικού τομέα που συμμετείχε στην Κοινοπραξία ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ ήταν η Ελληνική

ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ  
 Ένας οδηγός για την αξιοποίηση της γεωθερμίας στη Νησιωτική Ελλάδα  
 Του Δρ. Ιωάννη Παππά\*

ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ  
 Ένας οδηγός για την αξιοποίηση της γεωθερμίας στη Νησιωτική Ελλάδα  
 Του Δρ. Ιωάννη Παππά\*

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται στροφή προς τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, τόσο λόγω της διαπίστωσης του περιορισμού των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων, όσο και λόγω της επιτακτικής ανάγκης για τη διατήρηση και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, καθώς και της αντιστροφής των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών. Στο πλαίσιο αυτό, ολοκληρώθηκε πρόσφατα το έργο ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ (www.thermopolis.gr), το οποίο είχε ως σκοπό τη δημιουργία μίας κοινοπραξίας έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης στον τομέα της παροχής ολοκληρωμένων υπηρεσιών για την αξιολόγηση γεωθερμικών πεδίων, την παροχή τεχνολογικά άριτων λύσεων για την αιεφόρο εκμετάλλευσή τους και την ποιοτική πραγματοποίηση των σχετικών τεχνικών έργων.

Πιο συγκεκριμένα, στο πλαίσιο του ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ 2000 - 2006, ΜΕΤΡΟ 3.7, Πρόγραμμα, «Κοινοπραξίες Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης σε τομείς Εθνικής Προτεραιότητας», συγχρηματοδοτήθηκε το έργο «ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ» (Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Μεθοδολογίας για την έρευνα και την Οργάνωση Δομών για την Εκμετάλλευση της Γεωθερμίας Χαμηλής Ενθαλπίας στη Νησιωτική Ελλάδα). Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου ήταν 651.825 ευρώ, με ύψος δημόσιας δαπάνης τα 391.095 ευρώ, για την περίοδο 07.2006 – 05.2008. Ως φορέας υλοποίησης ορίστηκε η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, ενώ ως ανάδοχος ορίστηκε το Πανεπιστήμιο Αιγαίου, και ειδικότερα το Τμήμα Περιβάλλοντος (Καθηγητής Δίας Χαραλαμπίδης και Αναπληρωτής Καθηγητής Ιωάννης Ματσίνος). Ο εταίρος του ιδιωτικού τομέα που συμμετείχε στην Κοινοπραξία ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ ήταν η Ελληνική

Τεχνοδομική ANEMOS Α.Ε. του Ομίλου ΕΛΛΑΚΤΩΡ, η διοίκηση της οποίας αποφάσισε να στηρίξει οικονομικά και τεχνολογικά το συγκεκριμένο έργο, συνεπής στις δεσμεύσεις της για ενίσχυση των πράσινων τεχνολογιών και του βιώσιμου μοντέλου ανάπτυξης. Ταυτόχρονα, στο πλαίσιο της κοινοπραξίας ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ, συμμετείχαν στο έργο το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας), το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων) και το ΤΕΙ Χαλκίδας (Τμήμα Μηχανολογίας). Ως υπεργολάβοι του έργου συμμετείχαν το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (Γεωδυναμικό Ινστιτούτο) και η εταιρεία Γαίας Μέτρον Α.Ε.

#### Γεωθερμία και εφαρμογές

Σχετικά με το επιστημονικό σκέλος του έργου, με τον όρο «γεωθερμική ενέργεια» περιγράφεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και αποθηκεύεται σε υπόγειους ή επιφανειακούς σχηματισμούς με τη μορφή θερμών ατμών, υπόγειων νερών, καθώς και θερμών ξηρών πετρωμάτων. Σημαντικό πλεονέκτημα της γεωθερμίας έναντι των λοιπών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η μόνιμη «παροχή» ενέργειας, καθ' όλο το έτος, χωρίς διακυμάνσεις και με μικρό λειτουργικό κόστος, καθώς και η δυνατότητα πλήρους ανάκτησης και εκμετάλλευσης της υπάρχουσας υπεδαφικής θερμότητας.

Επιπλέον, γεωθερμικό πεδίο χαρακτηρίζεται ο χώρος στον οποίο παρουσιάζεται θετική γεωθερμική ανωμαλία, όπου η γεωθερμική βαθμίδα έχει τιμή μεγαλύτερη από την κανονική (3οC ανά 100 m βάθους). Τα κυριότερα χαρακτηριστικά ενός γεωθερμικού πεδίου, τα οποία αποτελούν βασική προϋπόθεση τόσο για την ύπαρξη, όσο και για τη δυνατότητα εκμετάλλευσής του, είναι η πηγή θερμότητας, ο γεωθερμικός ταμιευτήρας, το κάλυμμα του ταμιευτήρα που τον στεγανοποιεί και η παροχή του γεωθερμικού ρευστού που μπορεί να αποδώσει ο γεωθερμικός ταμιευτήρας.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία του ρευστού στον ταμιευτήρα του γεωθερμικού πεδίου, διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

Γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας, με θερμότητα υπογείων πετρωμάτων και υδάτων μεγαλύτερη των 150οC.

Γεωθερμία μέσης ενθαλπίας, με θερμοκρασίες μεταξύ 90 και 150οC.

Γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας, με θερμοκρασίες μεταξύ 25 και 90οC.

Αβαθής γεωθερμία, με θερμότητα πετρωμάτων μικρού βάθους και επιφανειακών υδάτων μικρότερη των 25οC.

Οι εφαρμογές που αντιστοιχούν στις παραπάνω κατηγορίες, ανάλογα με τη θερμοκρασία του πεδίου, είναι οι παρακάτω:

Ηλεκτροπαραγωγή με ακαριαία ατμοποίηση

Ηλεκτροπαραγωγή με δυαδικό κύκλο

Άμεσες χρήσεις:

- Τηλεθέρμανση
- Αγροτικές χρήσεις (π.χ. θέρμανση θερμοκηπίων, -θέρμανση εδαφών για καλλιέργειες)

- Ιχθυοκαλλιέργειες
- Θερμικές διεργασίες (π.χ. ξήρανση προϊόντων)

Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Η γεωθερμία είναι ένας ενεργειακός πόρος ο οποίος στην Ελλάδα, μέχρι την παρούσα χρονική περίοδο, δεν είχε προσελκύσει ιδιαίτερο επενδυτικό ενδιαφέρον. Αντίθετα, στη γειτονική Τουρκία, στην Ευρώπη, αλλά και παγκοσμίως, τα γεωθερμικά συστήματα παρουσιάζουν ιδιαίτερη ανάπτυξη, μιας και τα οφέλη (περιβαλλοντικά & οικονομικά) που προκύπτουν είναι ιδιαίτερα σημαντικά.

Ο βασικός λόγος αυτού ήταν το μέχρι πρότινος ισχύον νομοθετικό πλαίσιο. Από τον Αύγουστο του 2003, όμως, με την ψήφιση του Ν. 3175/03 (Αξιοποίηση του Γεωθερμικού Δυναμικού, Τηλεθέρμανση & άλλες διατάξεις) ο οποίος ορίζει σαφώς τις δυνατότητες και τις προϋποθέσεις εκμετάλλευσης της υπεδαφικής ενέργειας, καθώς και με την πρόσφατη τροποποίηση διατάξεών του, ανοίγει πλέον ο δρόμος για την επενδυτική – εμπορική ανάπτυξη στον τομέα αυτόν.

Περιγραφή έργου ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ - Μεθοδολογία

Με γνώμονα τον παραπάνω στόχο, η δραστηριότητα της κοινοπραξίας

ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ εντοπίζεται στην ερευνητική και τεχνολογική προσέγγιση ανάπτυξης μίας συνολικής μεθοδολογίας αξιοποίησης γεωθερμικών πεδίων (thermopolis instrument) για όλα τα νησιά του Αιγαίου.

Σχήμα 1. Μεθοδολογία ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ για την ολοκληρωμένη αξιοποίηση γεωθερμικών πεδίων νησιωτικών περιοχών

Πρόκειται για ένα πρωτοποριακό εγχείρημα στον τομέα της γεωθερμίας, που επιτεύχθηκε μέσω της εφαρμογής πολυ-κριτηριακών μοντέλων αξιολόγησης πεδίων, της γεωλογικής μοντελοποίησής τους, του εντοπισμού των ορθότερων τεχνολογικών λύσεων ανά περιοχή ενδιαφέροντος και της ανάπτυξης της κατάλληλης επιλεχθείσας τεχνολογίας για χρήση. Η μεθοδολογική αυτή προσέγγιση βασίζεται στο παρακάτω μοντέλο ενότητων εργασίας(ΕΕ):

ΕΕ 1: Αξιολόγηση υποψήφιας περιοχής

ΕΕ 2: Καταγραφή, αποτίμηση και γεωλογική μοντελοποίηση γεωθερμικού πεδίου

ΕΕ 3: Ανάπτυξη μεθοδολογίας αξιολόγησης τεχνολογικών προτάσεων

ΕΕ 4: Ανάπτυξη τεχνολογίας υλοποίησης έργων γεωθερμίας

ΕΕ 5: Τεχνική εφαρμογή και επιδεικτική δραστηριότητα

ΕΕ 6: Διάχυση αποτελεσμάτων και ενημέρωση δυνητικών χρηστών

Κάθε ενότητα εργασίας είναι διακριτή α, το τελικό έργο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ο κάθε κρίκος της αλυσίδας δίνει και ένα βασικό παραδοτέο στο επόμενο επίπεδο, αναπτύσσοντας και εξελίσσοντας μία ολοκληρωμένη υπηρεσία της Κοινοπραξίας για την συνολική διαχείριση και εκμετάλλευση Γεωθερμικών Πεδίων.

Πιλοτικό έργο ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ

- Μελέτες

Για την εφαρμογή των αναπτυσσόμενων μοντέλων και μεθοδολογιών της κοινοπραξίας ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ, προτάθηκε, στο πλαίσιο του ΠΕΠ, η αξιοποίηση παραγωγικής γεώτρησης με γεωθερμικό ρευστό χαμηλής ενθαλπίας που ανήκει στο Δήμο Πολιχνίτου του Νομού Λέσβου, ο οποίος ενδιαφέρθηκε και συμμετείχε στο

πυλοτικό έργο.

Η επιλογή αυτού του χώρου εφαρμογής στηρίχθηκε στο γεγονός ότι η Λέσβος είναι ένα νησί με πλούσιο δυναμικό τόσο σε φυσικούς πόρους, όσο και σε γεωλογικούς σχηματισμούς. Ειδικότερα, διαθέτει ένα πλήθος θερμών πηγών, όπως αυτών στον Κόλπο της Γέρας, στον Άγιο Ιωάννη Λισβορίου, στην Εφταλού της Μήθυμνας, στην παραλία της Αργένου, στην Κρυφή Παναγιά Πλωμαρίου, στο Γαβαθά, στη θέση Θερμέλια Μόριας και στη Θερμή. Η θερμότερη, ωστόσο, πηγή βρίσκεται στον Πολιχνίτο, η οποία και παρουσιάζει σημαντικό γεωθερμικό πεδίο, ικανό για εκμετάλλευση και εφαρμογή σε ένα πλήθος χρήσεων.

Σχήμα 2. Γεωλογικός χάρτης Νήσου Λέσβου (ΙΓΜΕ)

Συγκεκριμένα, οι θερμοκρασίες του ρευστού για τον Πολιχνίτο κυμαίνονται από 65 ως 95οC, ενώ παράλληλα συναντάται και σημαντική υδροφορία (θεωρητική τιμή έως 300 m<sup>3</sup>/h). Για την εκμετάλλευση του συγκεκριμένου γεωθερμικού πεδίου, εδώ και 15 - 16 χρόνια στον Πολιχνίτο έχουν αναπτυχθεί γεωθερμικά θερμοκήπια οπωροκηπευτικών και ανθοκομικών. Οι δυνατότητές του, όμως, είναι ακόμα μεγαλύτερες και επιτρέπουν την εκμετάλλευσή του για μεγαλύτερης κλίμακας θέρμανση θερμοκηπίων, για ανάπτυξη μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας, για επεξεργασία αλατιού στις αλυκές, για αφαλάτωση υφάλμυρου νερού για πόση και άρδευση, όπως επίσης και για την ανάπτυξη δικτύου τηλεθέρμανσης για θέρμανση κτιρίων. Για την περίπτωση του Πολιχνίτου στο πλαίσιο του έργου ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ, υλοποιήθηκε η πυλοτική δημιουργία ενός συστήματος τηλεθέρμανσης 6 δημοτικών κτιρίων, μετά από συνεννόηση με το Δήμο Πολιχνίτου για την επιλογή τους, συνολική εικόνα του οποίου δίνεται στο σχήμα 3.

Σχήμα 2. Αναπαράσταση πυλοτικού συστήματος τηλεθέρμανσης Πολιχνίτου

Για την αξιολόγηση της υποψήφιας περιοχής ελήφθησαν υπόψη μια σειρά από στοιχεία. Αυτά αφορούν στη χρήση της γεωθερμίας για ιαματικούς σκοπούς και για θέρμανση θερμοκηπίων επί μακρό χρονικό διάστημα, στην ποσότητα νερού ικανού να υποστηρίξει εκτεταμένες καλλιέργειες στην περιοχή, στην κοινωνικοοικονομική κατάσταση της περιοχής η οποία χαρακτηρίζεται από ανεργία και στην έλλειψη επενδύσεων. Τα στοιχεία αυτά, εκτός από καθαρά ενεργειακά και τεχνολογικά, μπορεί να είναι οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Καθεμία από τις προηγούμενες κατηγορίες, δε, μπορεί να αποτελείται από επιμέρους κριτήρια με ποσοτική και ποιοτική στάθμιση.

Στο πλαίσιο της πλήρους αξιολόγησης του δυναμικού της περιοχής του Πολιχνίτου, υπήρξε η ανάλογη γεωλογική μελέτη (ΙΓΜΕ) και η σχετική γεωφυσική έρευνα (ΕΑΑ), βασισμένες πάντα στα ήδη υπάρχοντα στοιχεία.

Ειδικότερα, η γεωφυσική έρευνα περιέλαβε, εκτός από τη θεωρητική εργασία, και γεωσεισμικές έρευνες που έγιναν για την ταυτοποίηση του θερμού υδροφορέα και για τον εντοπισμό των ανωμαλιών της δομής (ρήγματα κ.λπ.) που συνδέονται με την ύπαρξη και τη μορφή του γεωθερμικού πεδίου. Πραγματοποιήθηκαν πέντε (5) σεισμικές γραμμές, με αναπτύγματα πολύ μεγαλύτερα των προβλεπόμενων, ώστε να προκύψει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τη δομή του υπεδάφους (θέσεις γραμμών στο σχήμα 4.1).

Η λήψη των δεδομένων βασίστηκε σε ένα σεισμικό καταγραφικό με σεισμική πηγή ένα επιταχυνόμενο πίπτον βάρος, ικανό να δώσει σήμα μέχρι και σε αποστάσεις της τάξης των 3 km, το οποίο ήρθε στη Λέσβο ειδικά για τις μετρήσεις αυτές. Για τη λήψη του σήματος χρησιμοποιήθηκαν χαμηλής συχνότητας τριαξονικοί δέκτες. Το σήμα που καταγράφηκε ήταν εξαιρετικής ποιότητας, παρά το μεγάλο μήκος των αναπτυγμάτων των σεισμικών γραμμών, και έτσι κατέστη δυνατή η σαφής περιγραφή της υπεδάφικης δομής στα σημεία ενδιαφέροντος. Παράδειγμα μίας τομής

δίνεται στο σχήμα 4.2, όπου μπορεί να αναγνωρισθεί μία ένδειξη του ρήγματος της περιοχής. Με τη βοήθεια όλων των παραπάνω στοιχείων, έγινε δυνατή η ακριβής χαρτογράφηση του ρήγματος ως αίτιου για την ύπαρξη του γεωθερμικού πεδίου του Πολιχνίτου και εντοπίστηκε η ακριβής θέση αντικατάστασης της παλαιάς παραγωγικής γεώτρησης ΥΓ-14 με τη νέα, ΥΓ-14Α, μετά τη σχετική αδειοδότηση από την Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου. Η νέα γεώτρηση ΥΓ-14Α ολοκληρώθηκε με επιτυχία από την εταιρεία γεωτρήσεων ΑΦΟΙ ΧΑΡ. ΔΑΛΛΑΣ Ο.Ε.

Για τη γεωχημική διερεύνηση του έργου έγινε μελέτη της καταγραφής, της αποτίμησης και της γεωλογικής μοντελοποίησης του συγκεκριμένου γεωθερμικού πεδίου. Από τη μελέτη και την ανάλυση του συνόλου των δεδομένων προκύπτει ως συμπέρασμα ότι η δομή της Λέσβου, και ειδικότερα η ευρεία περιοχή Πολιχνίτου, έχει υποστεί μία πολυσύνθετη εξέλιξη που επιβεβαιώνεται από τη διαδοχή των τεκτονικών φάσεων συμπίεσης και εφελκυσμού, καθώς και από τις οριζόντιες μεταπτώσεις που παρατηρούνται στους γεωλογικούς σχηματισμούς. Στο πλαίσιο της έρευνας για τη διαπίστωση και την εκτίμηση της θερμικής ανωμαλίας στην περιοχή, έγινε προσπάθεια εντοπισμού όλων των γεωτρήσεων που έχουν εκτελεστεί στην περιοχή. Δυστυχώς, μόνο σε δύο (ΥΓ-7 και ΥΓ-14 που είναι παραχωρημένες στο Δήμο) υπήρξε η δυνατότητα μέτρησης της μεταβολής της θερμοκρασίας με το βάθος. Για το λόγο αυτόν, αναζητήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από παλαιότερες μελέτες, τα οποία και συναξιολογήθηκαν. Μετά τις μετρήσεις και την επεξεργασία των στοιχείων, συντάχθηκε χάρτης κατανομής της θερμοκρασίας στο βάθος των πενήντα (50) μέτρων.

Για την αξιολόγηση των τεχνολογικών προτάσεων για το σύστημα τηλεθέρμανσης, αναπτύχθηκε μοντέλο πολυκριτηριακής αξιολόγησης το οποίο στηρίζεται στα επί μέρους μοντέλα, δηλ. γεωθερμικό, τεχνολογικό, τελικών χρήσεων, οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό. Η πολυκριτηριακή αξιολόγηση παραλαμβάνει τα πιθανά σενάρια και προτάσεις, αξιολογεί την τεχνικοοικονομική βιωσιμότητά τους και καθορίζει τα κριτήρια αξιολόγησης και τα ειδικά βάρη που σχετίζονται με αυτά. Αυτά τα δεδομένα εισήλθαν σε ένα πρόγραμμα που στηρίζεται στη μέθοδο PROMETHEE και, αξιολογώντας ανά δύο τα σενάρια στη βάση των κριτηρίων, κατέταξε τις τεχνολογικές προτάσεις σύμφωνα με την ειδική βαρύτητά τους. Έδειξε, επίσης, ότι υπάρχει προοπτική για περαιτέρω ανάπτυξη του έργου, με επέκταση του δικτύου για θέρμανση και άλλων κτιρίων του οικισμού, καθώς και την πιθανή δημιουργία ενεργειακού πάρκου για βιοτεχνίες και άλλες χρήσεις.

#### Πιλοτικό έργο ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ

– Μελέτη εφαρμογής

Με βάση τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής, υπολογίστηκαν οι ανάγκες θέρμανσης για τα κτίρια που θα συνδεθούν με το σύστημα της τηλεθέρμανσης και εκτιμήθηκε το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί, καθώς και το ισοδύναμο πετρελαίου που αντιστοιχεί σε συμβατική θέρμανση με καυστήρα και λέβητα πετρελαίου. Οι υπολογισμοί αυτοί έδωσαν το προφίλ της ενεργειακής και οικονομικής απόδοσης για την τρέχουσα και τη μελλοντική ανάπτυξη του δικτύου, ενώ έγινε αποτίμηση σε επίπεδο κύκλου ζωής, για τη συνολική επίπτωση του έργου.

Γενικά, ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από τρία ξεχωριστά τμήματα:

Ανοιχτό κύκλωμα με γεωθερμικό ρευστό το οποίο αντλείται από την παραγωγική γεώτρηση, αποδίδει τη θερμότητά του μέσω του κεντρικού εναλλάκτη θερμότητας (εναλλάκτης τιτανίου) στο δεύτερο κύκλωμα και, τέλος, εγχύεται στη γεώτρηση επανεισαγωγής.

Κεντρικό κλειστό κύκλωμα νερού για τη μεταφορά της θερμότητας, η οποία έχει αποδοθεί από τον κεντρικό εναλλάκτη θερμότητας στους επιμέρους εναλλάκτες του κάθε κτιρίου.

Κλειστά κυκλώματα νερού για τη μεταφορά της θερμότητας, η οποία έχει αποδοθεί στους επιμέρους εναλλάκτες θερμότητας στο κάθε κτίριο. Τα επιμέρους κλειστά κυκλώματα συνδέονται παράλληλα με το κεντρικό κλειστό κύκλωμα νερού, για τη μεταφορά της θερμότητας.

Για το σχεδιασμό και την άρτια λειτουργία του γεωθερμικού συστήματος τηλεθέρμανσης, έγινε τεχνικοοικονομική αξιολόγηση για το συνδυασμό του γεωθερμικού εξοπλισμού και του συμβατικού εξοπλισμού τηλεθέρμανσης. Ελήφθησαν υπόψη η χρήση αντιδιαβρωτικών υλικών σε όλο το δίκτυο τηλεθέρμανσης, σωληνώσεις, εναλλάκτες, βάνες κ.λπ. Επιλέχτηκε, δε, η λύση δύο κυκλωμάτων, πρωτεύοντος – στη γεώτρηση και δευτερεύοντος – προς τα κτίρια, με χρήση πλακοειδούς εναλλάκτη για τη μεταφορά θερμότητας από το γεωθερμικό ρευστό σε ένα μη διαβρωτικό ρευστό, ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα μέρη του δικτύου που έρχονται σε επαφή με το διαβρωτικό γεωθερμικό ρευστό. Οι αγωγοί μεταφοράς του ρευστού είναι προμονωμένοι και προσφέρουν προστασία από διαρροές, ενώ στο τέλος έγινε δοκιμή πίεσης του όλου συστήματος. Το χαντάκι τοποθέτησης των προμονωμένων αγωγών κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές, ενώ οι διαστάσεις και η διαμόρφωσή του είναι τέτοια, ώστε να είναι δυνατή η σωστή εγκατάσταση των αγωγών, η εκτέλεση όλων των απαραίτητων εργασιών και συνδέσεων, καθώς και η τοποθέτηση και η συμπίεση του υλικού κάλυψης. Για να καλυφθούν μελλοντικές ανάγκες επέκτασης του δικτύου, εγκαταστάθηκαν αναμονές σε κομβικά σημεία του δευτερεύοντος κυκλώματος, στα οποία είναι δυνατόν να γίνει σύνδεση με το δίκτυο.

Τα βασικά στοιχεία του γεωθερμικού ρευστού παρουσιάζονται στον πίνακα 2, βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκαν οι σχετικοί υπολογισμοί του συστήματος τηλεθέρμανσης. Πιο συγκεκριμένα, στο έργο ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ εφαρμόζονται τα παρακάτω:

Το γεωθερμικό ρευστό του ανοικτού κυκλώματος διοχετεύεται με παροχή 30 m<sup>3</sup>/h και θερμοκρασία 88oC στον κεντρικό εναλλάκτη τιτανίου.

Το κεντρικό κλειστό κύκλωμα νερού έχει παροχή 30 m<sup>3</sup>/h, ενώ η διαφορά θερμοκρασίας στον εναλλάκτη είναι 15oC.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, προκύπτει ότι η αποδιδόμενη θερμική ισχύς στα κτίρια είναι 523 kWth και η αποδιδόμενη θερμική ενέργεια είναι 959.302 kWhth, στη διάρκεια ενός έτους. Στο σχήμα 6 παρουσιάζεται η μελέτη εφαρμογής του συστήματος τηλεθέρμανσης του Δήμου Πολιχνίτου, στο πλαίσιο του έργου ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ.

Σχήμα 5. Αναλυτικό διάγραμμα συστήματος τηλεθέρμανσης κτιρίων και θέρμανσης θερμοκηπίων, καθώς και μετρητικών διατάξεων (ΤΕΙ Χαλκίδας)

Με τη λειτουργία του συστήματος τηλεθέρμανσης το προσεχές φθινόπωρο σε πλήρη ισχύ, αναμένεται να προκύψουν τα εξής συμπεράσματα:

Μείωση της εξάρτησης από τα συμβατικά καύσιμα, των οποίων η τιμές μεταβάλλονται σύμφωνα με τις εκάστοτε κοινωνικοοικονομικές εξελίξεις, αξιοποιώντας τους φυσικούς γεωθερμικούς πόρους του νησιού.

Μείωση των ρύπων που προκαλούνται από την καύση των συμβατικών καυσίμων.

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης στο έργο ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ αντιστοιχεί σε 0,94 cent/kWh, όταν το κόστος συμβατικής θέρμανσης μόνο για την αγορά καύσιμου ανέρχεται σε 10,32 cent/kWh και όταν 1 λίτρο πετρελαίου θέρμανσης κοστίζει €0,80.

Πιλοτικό έργο ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ

- Κατασκευή

Τα έργα γεωθερμίας είναι σύνθετα έργα, και ο σχεδιασμός και η κατασκευή τους προϋποθέτει μια σειρά από στάδια. Συνοπτικά, αυτά αποτελούνται από το στάδιο της κατασκευής που περιλαμβάνει τις γεωτρήσεις, το γεωθερμικό σταθμό και τους υποσταθμούς, το δίκτυο μεταφοράς του ρευστού στις τελικές χρήσεις, τη διαχείριση του έργου και, τέλος, το σύστημα καταγραφής και παρακολούθησης.

Συγκεκριμένα, την κατασκευή της μονάδας τηλεθέρμανσης και την ανάπτυξη του δικτύου στην περιοχή του Πολιχνίτου ανέλαβε ο φορέας Ελληνική Τεχνοδομική ANEMOS Α.Ε., σε στενή συνεργασία με το Δήμο Πολιχνίτου και με το ΤΕΙ Χαλκίδας. Για την υλοποίηση της δράσης αυτής, συνεργάστηκε η Ελληνική Τεχνοδομική ANEMOS Α.Ε. και η Γαίας Μέτρον Α.Ε., με κύριο Υπεργολάβο την TEXNEK Α.Ε., και βασικούς προμηθευτές της βέλτιστης διαθέσιμης τεχνολογίας τους ALFA LAVAL, REHAU, REFLEX, WILO MERCON και CAPRARI.

Το κατασκευαστικό έργο περιλαμβάνει την οργάνωση άντλησης του γεωθερμικού ρευστού, την κυκλοφορία του ρευστού στο πρωτεύον κύκλωμα, τη μεταφορά της θερμότητας στο δευτερεύον κύκλωμα μέσω εναλλάκτη θερμότητας, τη μεταφορά της θερμότητας στον οικισμό, τη σύνδεση και τη θέρμανση των επιλεγμένων δημοτικών κτιρίων του οικισμού και την επανεισαγωγή του ρευστού στο γεωθερμικό ταμιευτήρα. Στο πλαίσιο του έργου ΘΕΡΜΟΠΟΛΙΣ, εφαρμόζεται ένα σύστημα «καταρράκτη θερμότητας» με διαδοχική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας σε μια σειρά από συνεχόμενες χρήσεις. Αρχικά, η θερμότητα οδεύει σε πρότυπα δημοτικά θερμοκήπια και, στη συνέχεια, για παραπέρα αξιοποίηση της θερμοπεριεκτικότητας του νερού και, ανάλογα με τη ζήτηση, τροφοδοτεί 6 δημοτικά κτίρια μέσω τοπικού δικτύου τηλεθέρμανσης. Πρόκειται για δίκτυο συνολικού μήκους 4.200 μέτρων, με δυνατότητες μελλοντικής επέκτασης.

Για τη θέρμανση κάθε κτιρίου υπάρχει υποσταθμός ο οποίος μεταφέρει το θερμό νερό από το δευτερεύον κύκλωμα στο συμβατικό σύστημα θέρμανσης του κτιρίου και στα τελικά στοιχεία απόδοσης της θερμότητας. Για τον υπολογισμό του κόστους θέρμανσης των κτιρίων που θα εξυπηρετούνται από το δίκτυο τηλεθέρμανσης έχει προβλεφθεί σύστημα μετρητών που θα υπολογίζει τη θερμαντική ενέργεια που διατέθηκε.

Τέλος, για την πλήρη παρακολούθηση του έργου, έχει σχεδιαστεί το σύστημα μετρήσεων έτσι, ώστε να είναι σε θέση να αποτυπώσει σε κάθε στιγμή το μοντέλο λειτουργίας του όλου συστήματος, δηλ. θερμοκρασίες, παροχές, καθώς και μετεωρολογικά στοιχεία. Από τα χαρακτηριστικά αυτά, θα είναι δυνατή η εξαγωγή των ισοζυγίων ενέργειας, καθώς και ο βαθμός απόδοσης των επί μέρους τμημάτων του έργου, όσο και η συνολική απόδοση του συστήματος.

\*Δρ. Ιωάννης Παππάς

Διευθύνων Σύμβουλος

GREEN EVOLUTION AE

Εταιρεία Παροχής Συμβουλευτικών Υπηρεσιών Ενέργειας,