

## ΟΙ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ ΣΑΝ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Από

Γ. Ζερβογιάννη<sup>1</sup>

1. Η τελευταία οικονομική κρίση που έπληξε τον κόσμο είχε σα βάση το ενεργειακό πρόβλημα, που πήρε μεγάλες διαστάσεις από τις φοβερές ανατιμήσεις του πετρελαίου.

Η κατάσταση αυτή είχε σα συνέπεια να ενταθούν οι ερευνητικές προσπάθειες των διαφόρων κλάδων της επιστήμης στην αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας, ώστε να περιοριστεί η εξάρτηση της Οικονομίας από το εισαγόμενο πετρέλαιο.

Στα πλαίσια των προσπαθειών αυτών, προστέθηκε και μια καινούργια πηγή ενέργειας, που σαν πρώτη ύλη έχει το υπόγειο νερό.

Το νερό είναι γνωστό από τα υδροηλεκτρικά έργα σαν πηγή ενέργειας καθώς και σαν φορέας της θερμότητας στα γεωθερμικά πεδία.

Σήμερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πηγή θερμότητας, με την αξιοποίηση της ικανότητας που έχει στην απορρόφηση και συγκράτησή της μέσα στα στρώματα του υπεδάφους. Από την έρευνα και εφαρμογή που έγινε σε άλλες χώρες, όπως στη Γαλλία, αποδείχτηκε ότι το νερό των υπογείων υδροφορέων μέχρι 100 μ. βάθους είναι καλός συσσωρευτής και ως προς την ποσότητα της θερμότητας που μπορεί να αποθηκεύσει αλλά κυρίως κι ως προς το βαθμό της απόδοσής της.

Το υπόγειο νερό είναι μια ορυκτή πρώτη ύλη αλλά ανανεώσιμη που τα αποθέματά της στο υπέδαφος χρησιμοποιούνται για υδρεύσεις, αρδεύσεις, βιομηχανική χρήση και άλλες πολλές εφαρμογές.

Στον κύκλο της ετήσιας ανανέωσης, το μετεωρικό νερό που πέφτει σα βροχή έχει ήδη μια θερμοκρασία ανώτερη από 0°C. Με την απορροή του στην επιφάνεια του εδάφους και την κατείσδυση μέσα από τα διαπερατά στρώματα, επηρεάζεται από τις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος και τελικά από τη θερμοκρασία του υδροφόρου στρώματος όπου «εναποθηκεύεται» και στραγγίζεται με αργό ρυθμό υπόγεια, όσο το επιτρέπουν οι υδραυλικές ιδιότητες του υδροφορέα. Έτσι στα διάφορα υδροφόρα στρώματα σημειώνονται θερμοκρασίες μεταξύ 11 και 19°C. Σπανιότερα είναι μεγαλύτερες και φθάνουν τους 20 - 21°C. Η ετήσια διακύμανσή τους είναι από λίγα εκατοστά μέχρι 1°C και στις ακραίες περιπτώσεις 2°C.

Οι αβαθείς φρεάτιοι ορίζοντες επηρεάζονται περισσότερο από τις ετήσιες μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα ενώ οι βαθύτεροι ορίζοντες διατηρούν

---

1. Γεωλόγος - Υδρολόγος μελετητής

σταθερότερη θερμοκρασία όλο το χρόνο χωρίς απώλειες και ετήσιες διακυμάνσεις.

Για παράδειγμα αναφέρεται περίπτωση ενός υπό πίεση υδροφόρου οριζοντα βάθους 35 - 40 μ. στην περιοχή Ιστιαίας της Εύβοιας, όπου διαπιστώθηκε ότι η θερμοκρασία του νερού ήταν σταθερή όλες τις εποχές του έτους, στους 15,5°C.

Εδώ πρέπει να διευκρινισθεί ότι οι θερμοκρασίες του υπόγειου νερού μέχρι 100 μ. βάθους δεν έχουν άμεση σχέση με τη γεωθερμία εκτός από ορισμένες εξαιρέσεις.

Οι θερμικές ιδιότητες του νερού των υπογείων υδροφορέων καθώς και τ' άλλα υδρολογικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την εκμετάλλευσή τους, εξετάζονται στο πλαίσιο υδρογεωλογικής έρευνας και μελέτης που προηγείται, προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχουν οι απαιτούμενες γι' αυτό προϋποθέσεις.

2. Σχετικά με τον τρόπο εκμετάλλευσης της θερμικής ενέργειας του υπόγειου νερού, η δέσμευσή της γίνεται με τη βοήθεια αντλιών θερμότητας (Α.Θ.). Η αρχή λειτουργίας των αντλιών αυτών είναι γνωστή από τα ηλεκτρικά ψυγεία. Σ' αυτή την περίπτωση μεταφέρεται θερμότητα από το εσωτερικό του ψυγείου προς τον εξωτερικό χώρο.

Αυτό πετυχαίνει με ένα συμπιεστή που συμπιέζει ένα ψυκτικό υγρό (το φρέον, στα ψυγεία) και εναλλακτικά το αποσυμπιέζει έτσι ώστε να απορροφά τη θερμότητα που περικλείουν τα τρόφιμα και να την αποβάλλει στο περιβάλλον.

Σχετικά με τη θέρμανση ενός χώρου με Α.Θ. όπου χρησιμοποιείται το νερό ενός υπόγειου υδροφορέα με σταθερή θερμοκρασία, αυτό μεταφέρεται με σωλήνες προς την αντλία θερμότητας, συμπιέζεται με τη βοήθεια του συμπιεστή, ένα μέρος του μετατρέπεται σε ατμό και κατόπιν αποσυμπιέζεται για να ελευθερώσει τις θερμίδες που περικλείει. Με τη συνεχή ροή του νερού και τις εναλλακτικές κινήσεις της αντλίας, αφαιρούνται οι θερμίδες από το νερό και μεταφέρονται με τη μορφή ατμών στον εξαεριστήρα, απ' όπου θερμαίνεται ένα δευτερεύον κλειστό κύκλωμα με νερό κατά τρόπο που να μπορεί να θερμανθούν αποτελεσματικά διάφοροι χώροι κατά τη χειμερινή περίοδο, ανάλογα με τις ικανότητες της εγκατάστασης. Η κατανάλωση σε νερό είναι ελάχιστη γιατί μετά την αφαίρεση των θερμίδων, το νερό, με μικρότερη πλέον θερμοκρασία, απορρίπτεται.

Από την εφαρμογή ανάλογων εγκαταστάσεων αποδείχτηκε ότι ο συντελεστής απόδοσης είναι 1:3, σε σχέση με τη συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται για να λειτουργήσει όλο το σύστημα, δηλαδή την ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία της αντλίας. Συνεπώς αν ο ίδιος χώρος θερμαινόταν αποκλειστικά με ηλεκτρικό ρεύμα θα απαιτείτο τριπλάσια κατανάλωση από αυτή που χρειάζεται για να φέρει το ίδιο αποτέλεσμα η αντλία θερμότητας, που χρησιμοποιεί το υπόγειο νερό. Έτσι εξοικονομείται ενέργεια περίπου κατά 67%.

Αυτή η τεχνική φαίνεται αρκετά σημαντική και θα μπορούσε να εφαρμοσθεί και στον τόπο μας, σαν καινούργια όμως που είναι απαιτεί ειδικές μεθοδεύσεις, πέρα από τις παραδοσιακές υδρογεωλογικές έρευνες, για τη μελέτη ενός υδροφορέα. Τα νέα τεχνικά προβλήματα απαιτούν ακρίβεια κι ως προς τις θερμικές συνθήκες των υδροφόρων οριζόντων.

Μέχρι τώρα η θερμοκρασία ήταν ένα σημαντικό στοιχείο για το συσχετισμό των διαφόρων στρωμάτων του υπόγειου νερού που μετριόταν συνήθως κατά τις απογραφές των σημείων ύδατος στο πλαίσιο κάποιας υδρογεωλογικής έρευνας. Οι μετρήσεις όμως αυτές είναι ενδεικτικές, γιατί είναι ελάχιστες και περιστασιακές και δεν

εξυπηρετούν τις ανάγκες για την πιθανή θερμική χρήση του νερού. Για μια τέτοια μελέτη χρειάζονται ειδικές προδιαγραφές προσαρμοσμένες στις απαιτήσεις ενός σχεδίου θερμικής εκμετάλλευσης του υδροφορέα, που διαμορφώνονται ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες που υπάρχουν στην περιοχή.

Προϋπόθεση φυσικά είναι η ύπαρξη διαθέσιμου υπόγειου νερού, στο πλαίσιο του εκμεταλλεύσιμου δυναμικού της λεκάνης, με τις ανάλογες θερμικές ιδιότητες.

Σε μια εγκατάσταση αντλίας θερμότητας (Α.Θ.) το νερό που χρησιμοποιείται δεν καταναλώνεται σχεδόν καθόλου. Το σύστημα τροφοδοσίας αποτελείται από ένα έργο υδροληψίας (γεώτρηση ή πηγάδι) απ' όπου αντλείται το νερό για να περάσει από το σύστημα θέρμανσης. Εκεί αφού χάσει ένα μέρος από τη θερμοκρασία του, μπορεί να επιστρέψει στον ίδιο υδροφορέα από όπου αντλήθηκε, με εισπίεση μέσα από μια δεύτερη γεώτρηση ή να διατεθεί για άλλες χρήσεις.

Στην περίπτωση του «δίδυμου» αυτού των γεωτρήσεων απόληψης και απόρριψης νερού, οι θέσεις τους πρέπει να καθορίζονται, αφού διευκρινισθούν κατ' αρχήν από την υδρογεωλογική μελέτη που θα προηγηθεί μερικά από τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα, όπως:

- η κατεύθυνση υπόγειας απορροής ή στράγγισης του υδροφορέα,
- η υδραυλική κλίση της πιεζομετρικής επιφάνειας του νερού,
- το πάχος του υδροφόρου στρώματος.

Μετά εξετάζονται στη συνέχεια, τα λοιπά χαρακτηριστικά του υδροφορέα, όπως:

- το βάθος της οροφής του,
- η υδαταγωγιμότητά του,
- η ειδική παροχή του και η πτώση της στάθμης κατά την άντληση.

Όλα τα παραπάνω είναι βέβαια απαραίτητα με την προϋπόθεση ότι θα μελετηθούν πρώτα τα θερμικά χαρακτηριστικά του νερού του υπόψη ορίζοντα, για να εξακριβωθεί κατ' αρχήν η ύπαρξη ενδιαφέροντος για την εγκατάσταση Α.Θ.

Σημασία επίσης έχει και η τεχνική των γεωτρήσεων διάτρηση - σωλήνωση - φίλτρα όπως και η σωστή ανάπτυξη και οι δοκιμές άντλησης που θα επακολουθήσουν. Από αυτές εξασφαλίζεται και η καλή τροφοδοσία της εγκατάστασης με νερό όπως και η διάθεση του νερού φυγής με εισπίεση στη δεύτερη γεώτρηση για την επιστροφή του στον ίδιο υδροφόρο ορίζοντα, εφ' όσον το νερό μετά τη θερμική χρήση, δεν χρησιμοποιηθεί σε κάποια άλλη εφαρμογή όπως άρδευση, βιομηχανία κλπ.

Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη προκειμένου να εξετασθούν οι προϋποθέσεις για την εγκατάσταση Α.Θ. σε μια περιοχή, είναι η κατάσταση εκμετάλλευσης που υπάρχει στην υδροφόρο λεκάνη ώστε να μην ενοχληθούν οι χρήστες του νερού από τη θερμική διαφοροποίησή του ή «θερμική μόλυνση» όπως λέγεται, στην περίπτωση που επανέρχεται στον ίδιο υδροφόρο ορίζοντα.

Για τη λειτουργία ενός συγκροτήματος Α.Θ. οι παροχές νερού που απαιτούνται δεν είναι σημαντικές. Υπολογίζεται ότι για μια μονοκατοικία επιφάνειας 150 με 200 μ<sup>2</sup> είναι της τάξης των 5 μ<sup>3</sup>/ώρα. Για μια ομάδα κτιρίων συνολικού εμβαδού 20.000 μ<sup>2</sup> η απαιτούμενη παροχή δεν είναι αναλογικά εκατονταπλάσια αλλά περίπου 250 με 300 μ<sup>3</sup>/ώρα. Εδώ μπαίνουν κι άλλοι παράγοντες, όπως ο τρόπος δόμησης, η θερμομόνωση, οι απώλειες του δικτύου κλπ.

Όσο για την ποιότητα του νερού που θα χρησιμοποιηθεί σε μια εγκατάσταση

Α.Θ. αυτή είναι μια καθοριστική παράμετρος που την επηρεάζει οικονομικά και τεχνικά. Αν π.χ. το νερό έχει πολλά άλατα, η συνεχής απόθεσή τους θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης. Ειδικότερα στον εξατμιστήρα όπου το νερό χάνει τη θερμοκρασία του για να θερμάνει το κλειστό δευτερεύον κύκλωμα, οι συνέπειες μπορεί να είναι καταστροφικές. Σε τέτοιες περιπτώσεις παίρνονται τα κατάλληλα μέτρα και προβλέπεται και η τοποθέτηση ιοντοανταλλακτικών ρητινών για την κατακράτηση των αλάτων πριν την είσοδο του νερού στο κύκλωμα.

Παράλληλα θα πρέπει να γίνεται και βακτηριολογικός έλεγχος για την πρόληψη πιθανής μεταφοράς νερού από μια μολυσμένη πηγή προς τη θέση εισπίεσης του νερού στον υδροφορέα.

Για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος θέρμανσης ή και κλιματισμού θα πρέπει το όλο σχέδιο να ακολουθεί τις παρακάτω διαδικασίες από τον προγραμματισμό μέχρι την υλοποίησή του:

- εκδήλωση ενδιαφέροντος και εξασφάλιση πιστώσεων από το φορέα,
- διαπίστωση υδρογεωλογικού ενδιαφέροντος, σε θετική περίπτωση διερεύνηση των συνθηκών εκμετάλλευσης των υπόγειων υδροφορέων και αξιολόγηση μελετών και ερευνών που έχουν γίνει στην περιοχή,
- συστηματική μελέτη των θερμικών και υδροχημικών χαρακτηριστικών του υδροφορέα,
- κατάστρωση του όλου σχεδίου εγκατάστασης. Τεχνικοοικονομική μελέτη από τον υπεύθυνο θερμοτεχνικό μηχανικό σε συνεργασία με τον υδρογεωλόγο,
- εκτέλεση έργων, υδροληψίας και απόρριψης (εισπίεσης) του νερού σε συνεργασία με τον αρμόδιο τοπικό φορέα. Μελέτη των υδρολογικών παραμέτρων του υδροφορέα με παρατεταμένες πειραματικές αντλήσεις,
- τελική εγκατάσταση και λειτουργία όλου του έργου.

Αν σε μια υδροφόρο περιοχή έχει εκπονηθεί υδρογεωλογική μελέτη τότε ο γεωλόγος θα μελετάει μόνο τα θερμικά και υδροχημικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα που ενδιαφέρουν την εγκατάσταση και θα προγραμματίζει και επιβλέπει τις γεωτρήσεις απόληψης και απόρριψης του νερού.

Προκειμένου να κριθεί η σκοπιμότητα μιας εγκατάστασης Α.Θ. πρέπει όλες οι παραπάνω εργασίες σ' όλες τις φάσεις να γίνονται μετά από συνεννόηση και συνεργασία γεωλόγου και μηχανικού.

Το κόστος και η συντήρηση των εγκαταστάσεων αυτών που χρησιμοποιούν υπόγειο νερό είναι μικρότερο όταν εξυπηρετούνται συλλογικές ανάγκες για οικιστικές περιοχές ή ομάδες οικοδομών.

Το δραχμικό κόστος για μια ανάλογη πλήρη εγκατάσταση θέρμανσης σε μονοκατοικία με 2 γεωτρήσεις μέσου βάθους 30μ. υπολογίζεται γύρω στις 650.000 - 700.000.

Από εφαρμογές Α.Θ. που πραγματοποιήθηκαν στη Γαλλία, βγαίνει ότι, κατά μέσο όρο, η χρήση 1μ<sup>3</sup>/ώρα υπόγειου νερού, που προέρχεται από γεωτρήσεις μικρότερου από 100μ. βάθους, επιτρέπει την εξοικονόμηση 4-5 τόννων πετρελαίου το χρόνο. Έτσι η απόσβεση όλου του κόστους της εγκατάστασης, δηλαδή γεωτρήσεων και Α.Θ. μπορεί να γίνει σε 5 χρόνια.

Ειδικές μελέτες που έγιναν στην περιοχή της Λεκάνης των Παρισίων έδειξαν ότι

από 1500 -2000 γεωτρήσεις, μέσου βάθους μικρότερου των 100μ., μπορεί να εξυπηρετηθούν συστήματα Α.Θ. ικανά για τη θέρμανση εγκαταστάσεων που συνολικά αντιστοιχούν σε 200.000 κατοικίες περίπου.

Από την υλοποίηση του σχεδίου αυτού αναμένεται ότι θα προκύψει οικονομία της τάξης των 350.000 τόννων πετρελαίου το χρόνο.

Πολλά σχετικά πειράματα γίνονται πάνω σ' αυτό τον τομέα με αποκλειστικό σκοπό να ανεβάσουν την απόδοση των έργων αυτών μειώνοντας αντίστοιχα το κόστος τους. Σε μια περίπτωση π.χ. θερμικής εκμετάλλευσης αβαθούς φρεάτιου ορίζοντα, που είναι βέβαια φθηνή αλλά υπόκειται σε απώλειες θερμοκρασίας, επιχειρήθηκε ο εμπλουτισμός του νερού σε θερμότητα με ηλιακούς συλλέκτες.

Η νέα αυτή τεχνική της θερμικής εκμετάλλευσης των υδροφόρων οριζώντων δείχνει να έχει οικονομικό ενδιαφέρον και ειδικότερα σε εξοικονόμηση συναλλάγματος από το εισαγόμενο πετρέλαιο. Γι' αυτό θα ήταν σκόπιμο να δοκιμαστεί και στη χώρα μας όπου τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα παρουσιάζουν ενδιαφέροντα θερμικά χαρακτηριστικά. Δυστυχώς προς το παρόν υπάρχουν πολύ λίγα στοιχεία σχετικά με τις θερμοκρασίες των υπόγειων νερών και γι' αυτό προτείνεται σε όσους φορείς αλλά και συναδέλφους ασχολούνται με την υδρογεωλογική έρευνα, παράλληλα με τις καταγραφές των διαφόρων υδρογεωλογικών στοιχείων υπαίθρου να σημειώνουν και τις θερμοκρασίες του νερού όπως και τις διακυμάνσεις της στις διάφορες εποχές του έτους.

Με τη συγκέντρωση όλων αυτών των στοιχείων θα μπορούσε σύντομα να καταρτισθεί ένας ενδεικτικός χάρτης κατά υδροφόρο λεκάνη που να δίνει μια πρώτη εικόνα της δυνατότητας εκμετάλλευσης της θερμικής ενέργειας του υπόγειου νερού. Σε μια ενδεχόμενη επίσης νομοθετική ρύθμιση του θέματος έρευνας και εκμετάλλευσης των νερών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η θερμική εκμετάλλευση ώστε αν επεκταθεί η εφαρμογή της, να υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται τουλάχιστον μέσα στα λογικά πλαίσια της ορθολογικής εκμετάλλευσης του υπόγειου υδατικού δυναμικού μιας περιοχής, για ν' αποφύγουμε τα σφάλματα που έγιναν στο παρελθόν.

Επειδή η εφαρμογή της νέας αυτής τεχνικής μπορεί να προσφέρει πολλά στην Εθνική Οικονομία πρέπει να αρχίσει μια ερευνητική προσπάθεια για την αξιοποίηση της πηγής αυτής ενέργειας που παρουσιάζει τα σημαντικά πλεονεκτήματα να είναι **ανανεώσιμη κάθε έτος χωρίς κανένα κόστος**, αλλά και να μην επιβαρύνει καθόλου την ήδη φορτισμένη με πολλούς ρύπους ατμόσφαιρα.

Ας τα λάβουν σοβαρά υπόψη τους οι αρμόδιοι φορείς.