

Η πρώτη στην Ελλάδα κατοικία με γεωθερμικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού

του Ι. Παπαγεωργιάκη

1. Εισαγωγή

Είναι γνωστό, ότι τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης των κτιρίων με ρυπογόνα καύσιμα και κλιματισμού με ενεργειακή πηγή τον περιβάλλοντα αέρα είναι σήμερα ενεργειακά και περιβαλλοντικά ανεπίτρεπτα, αφού:

- α) Είναι ενεργειοβόρα και, συνεπώς, αντιοικονομικά και συμβάλουν στην οξύνση του ενεργειακού προβλήματος της χώρας.
- β) Δεν προκαλούν μόνο ατμοσφαιρική και πλανητική ρύπανση, αλλά και θερμική ρύπανση του Λεκανοπέδιου με την εισαγόμενη σ' αυτό ενέργεια (μεταβολή μικροκλίματος), καθώς και οπτική ρύπανση με τις καπνοδόχους και τις κλιματιστικές συσκευές στις προσόψεις των κτιρίων.

Τα γεωθερμικά συστήματα, αξιοποιούν την αποθηκευτική ικανότητα του υπεδάφους σε θερμική ενέργεια, που εισρέει σ' αυτό με την ανερχόμενη ομαλή γεωθερμική ροή και με την κατεισδύουσα ηλιοθερμική ροή (στη χώρα μας από Μάιο μέχρι και Σεπτέμβριο). Έτσι, μπορούν τα συστήματα

αυτά να προσφέρουν στα κτίρια θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης με χαμηλό λειτουργικό κόστος, βασιζόμενα σε μια απλή και φυσική λογική:

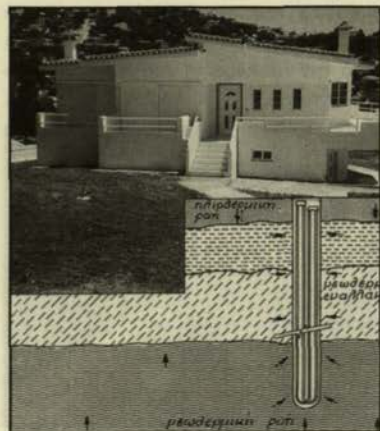
— Το χειμώνα αφαιρούν από το υπέδαφος θερμική ενέργεια για τη θέρμανση, δημιουργώντας σ' αυτό μια ψυχρή ζώνη.

— Το καλοκαίρι, αντίθετα, αφαιρούν τη θερμική ενέργεια των κτιρίων και τη διοχετεύουν (αποθηκεύουν) στην ψυχρή (από το χειμώνα) υπεδάφια ζώνη.

Η παραπάνω μεθοδολογία θέρμανσης, ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης με την ενέργεια του υπεδάφους, πρέπει να εφαρμοσθεί άμεσα και στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας, το οποίο διαθέτει άφθονη περιβαλλοντική θερμότητα (γεωθερμικής-ηλιακής προέλευσης), στην οποία, μάλιστα, έχει προστεθεί και η εισαγόμενη θερμότητα (καύσιμα αυτοκινήτων, θέρμανσης, βιοτεχνιών και βιομηχανιών, υπερπληθυσμός κλπ.). Επιβάλλεται να γίνει αυτό, ώστε να μην περιοριζόμαστε μόνο στις τεχνολογικές βελτιώσεις των ρυπογόνων συμβατικών εγκαταστάσεων θέρμανσης-ψύξης, αλλά να προχωρήσουμε και στην πιο ριζική λύση του εξοστρακισμού του πετρελαίου από τα κτίριά μας και του περιορισμού

της εισαγωγής -στο Λεκανοπέδιο- ενέργειας, ξενόφερτης (π.χ. από Μέση Ανατολή και Πτολεμαίδα).

Τα γεωθερμικά συστήματα είναι αναπτυγμένα και διαδεδομένα κυρίως στις Η.Π.Α. και στην Ελβετία, ενώ σε ορισμένες χώρες της Δυτικής και Βόρειας Ευρώπης, εφαρμόζονται μόνο σε συνδυασμό με υπόγεια νερά και σχεδόν μόνο για θέρμανση. Στην Ελλάδα, καθώς και στις άλλες Μεσογειακές χώρες είναι ακόμη άγνωστα, παρά τις πολύ πιο αποδοτικές συνθήκες λειτουργίας τους, που προκύπτουν από το υψηλότερο θερμικό δυναμικό του υπεδάφους και τις εναλλασσόμενες ανά-



Ο Ι. Παπαγεωργιάκης είναι καθηγητής Ε.Μ.Π.

γκες σε θέρμανση και ψύξη των κτιρίων.

Η πρώτη στη χώρα μας κατασκευη πιλοτικής γεωθερμικής εγκατάστασης σε νέο κτίριο με αντλία θερμότητας νερού-νερού και κατακαθούρο γεωθερμικό εναλλάκτη (vertical earth heat exchanger) πραγματοποιήθηκε από ομάδα του Ε.Μ.Π. με την ευθύνη του υπογράφοντα και με συνεργάτες:

α) Τον *Μιχάλη Καράγιωργα*, Δρ. Ενεργειακό Μηχανικό, Διευθυντή Έρευνας και Ανάπτυξης της INTERKLIMA ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε. ο οποίος μελέτησε, σχεδίασε και κατασκεύασε την αντλία θερμότητας, επέβλεψε την εγκατάστασή της και στη συνέχεια, παρακολούθησε τη λειτουργία της.

β) Τον *Κώστα Παπαγεωργιάκη*, Πολιτικό Μηχανικό του Ε.Μ.Π., ο οποίος μελέτησε και επέβλεψε την κατασκευή της κατοικίας.

γ) Τον *Κίμωνα Αντωνόπουλο*, αναπληρωτή καθηγητή του Ε.Μ.Π., ο οποίος παρέχει τις συμβουλές του στην κατασκευή και λειτουργία του έργου, και

δ) Τον *Μιχάλη Βραχόπουλο*, Μηχανολόγο Μηχανικό και υποψήφιο διδάκτορα στον Τομέα Θερμότητας του Ε.Μ.Π., ο οποίος έχει αναλάβει την παρακολούθηση της λειτουργίας της εγκατάστασης και της θερμικής συμπεριφοράς του υπεδάφους της κατοικίας με γεωθερμόμετρα τοποθετημένα μέσα στη γεώτρηση του εναλλάκτη.

Ελπίζουμε, ότι την περιγραφόμενη γεωθερμική εγκατάσταση, θα ακολουθήσει η κατασκευή και πολλών άλλων με το ίδιο σύστημα του κλειστού υπεδάφικου κυκλώματος, καθώς και με το ακόμη πιο αποδοτικό σύστημα του ανοικτού υπεδάφικου κυκλώματος, που χρησιμοποιεί τη γεωθερμική ενέργεια των υπόγειων νερών, όταν υπάρχουν. Με τη διάδοσή τους θα επιτευχθούν:

α) Περιορισμός της χρήσης ρυπαρών καυσίμων και, συνεπώς, μείωση των εκπομπών CO₂ και λοιπών αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα.

β) Μείωση της κυκλοφοριακής επιβάρυνσης και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που προκαλούνται από την αντίστοιχη διακίνηση καυσίμων

στις αστικές περιοχές (κυκλοφορία βυτιοφόρων, δίκτυα μεταφοράς και δεξαμενές καυσίμων).

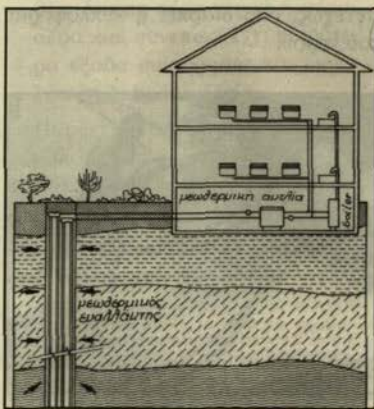
γ) Εξοικονόμηση ενέργειας με όφελος για το εθνικό ενεργειακό δίκτυο και την εθνική οικονομία.

δ) Δημιουργία τεχνολογικής και βιομηχανικής υποδομής για την παραπέρα διάδοση των γεωθερμικών συστημάτων στον ελληνικό χώρο.

2. Περιγραφή του έργου

2.1. Σκοπός

Κάλυψη μέρους (σε πρώτο στάδιο) των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης, ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού κατοικίας από την υπεδάφικη γεωθερ-



μική ενέργεια του οικοπέδου της (φωτ.1). Η κατοικία αποτελείται από δύο διαμερίσματα, ένα ισόγειο εμβαδού 130 μ², και ένα στο πρώτο όροφο, εμβαδού 125 μ². Η ισχύς των αναγκών θέρμανσης και ψύξης των δύο διαμερισμάτων, υπολογίστηκε σε 15 kW.

2.2. Τμήματα της γεωθερμικής εγκατάστασης

α) Τμήμα γεωθερμικού εναλλάκτη, που είναι ένα κλειστό κύκλωμα νερού τοποθετημένο σε γεώτρηση και τροφοδοτεί την αντλία θερμότητας με νερό σταθερής θερμοκρασίας 17-18°C.

β) Τμήμα αντλίας θερμότητας νερού-νερού, που παράγει ζεστό νερό 45-50°C για τη θέρμανση (το χειμώνα), κρύο νερό 10°C για την ψύξη (το καλοκαίρι) και ζεστό νερό 45-50°C για το Boiler (όλο το χρόνο).

γ) Τμήμα θέρμανσης-ψύξης των δοματίων με κλιματιστικά σώματα (fan coils) της INTERKLIMA, που λειτουργούν με κυκλοφορία ζεστού ή κρύου νερού.

δ) Τμήμα Boiler, στο οποίο αποθηκεύεται ζεστό νερό για τις ανάγκες της κατοικίας.

2.3. Πηγή ενέργειας

Από το θερμό εσωτερικό της γης (σε βάθος 5.000 μ. οι θερμοκρασίες είναι κάτω 180°C) ανέρχεται θερμότητα (γεωθερμική ροή) έως την εδαφική επιφάνεια. Λόγω αυτής, σε βάθη 20-150μ, επικρατεί σταθερή θερμοκρασία 18-20°C (στην περιοχή της Αττικής) καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το καλοκαίρι, όταν το έδαφος θερμαίνεται από τον ήλιο, εισχωρεί ηλιακή θερμική ενέργεια και στο υπέδαφος, μέχρι βάθους 20-30 μ. Συνεπώς, η γη μέχρι βάθους 150 μ κάτω από την κατοικία μας ή το οικοπέδο μας, είναι δέκτης και αποθήκη θερμικής ενέργειας, που προέρχεται κατά 80-90% από βαθύτερα γήινα στρώματα και κατά το υπόλοιπο 10-20% από διεύδυση ηλιακής θερμότητας.

Εάν με κάποιο τεχνητό τρόπο αφαιρέσουμε (αντλήσουμε) μέρος της θερμότητας του υπεδάφους για να το χρησιμοποιήσουμε στην κατοικία μας, δημιουργούμε σ' αυτό μια ψυχρή ζώνη, η οποία ξαναζεσταίνεται από τη γεωθερμική ροή (από κάτω και οριζόντια, βλέπε σχήμα 1) και από την ηλιακή θερμική ροή (από πάνω, το καλοκαίρι). Έχουμε, λοιπόν, κάτω από την κατοικία μας, μια πάντα παρούσα, ανανεώσιμη και περιβαλλοντικά καθαρή πηγή θερμικής ενέργειας. Για να εκμεταλλευτούμε αυτή την ενέργεια χρειαζόμαστε μια γεωθερμική εγκατάσταση, σαν αυτή του Αγίου Δημητρίου Κοροπίου. Για να λειτουργήσει αυτή η εγκατάσταση χρειάζεται ηλεκτρικό ρεύμα, που είναι όμως 3 έως 4 φορές λιγότερο από αυτό που θα χρειαζόμασταν, εάν χρησιμοποιούσαμε μια καθαρά ηλεκτρική εγκατάσταση για την θέρμανση-ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού της κατοικίας.

2.4. Περιγραφή της εγκατάστασης

Για να καλυφθούν οι ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού της κατοικίας, θα χρειαζόντουσαν:

α) Δύο γεωθερμικοί εναλλάκτες μήκους (βάθους) 70 μ ο καθένας, ή ένας μήκους (βάθους) 140 μ, περίπου.

β) Αντλία θερμότητας ισχύος 15 kW.

Για οικονομικούς λόγους κατασκευάστηκαν ένας γεωθερμικός εναλλάκτης μήκους (βάθους) 60 μ και αντλία θερμότητας ισχύος 5-7 kW.

Ο γεωθερμικός εναλλάκτης (φωτ. 2 και 3) αποτελείται από τέσσερις σωλήνες πολυαιθυλενίου, διαμέτρου 3,2 εκ., που έχουν τοποθετηθεί σε γεώτρηση διαμέτρου 30 εκ. και βάθους 60 μ. Στον πυθμένα αυτής, οι σωλήνες συνδέονται ανά δύο (σχ.1). Το κενό μεταξύ των σωλήνων και των τοιχωμάτων της γεώτρησης πληρώθηκε με μίγμα μεπεντονή-τομέντου νερού (φωτ.3).

Από την έξοδο (στόμιο) της γεώτρησης οι τέσσερις σωλήνες, με κάμψη, γίνονται οριζόντιοι και μέσα από τάφρο, βάθους 1 μ περίπου (φωτ. 3) φθάνουν στο μηχανοστάσιο. Εδώ έχουν ενωθεί ανά δύο για να καταλήξουν έτσι, σε δύο σωλήνες, διαμέτρου 40 εκ., ένα για την είσοδο και ένα για την έξοδο του νερού στον γεωθερμικό εναλλάκτη. Το νερό, που κυκλοφορεί στους τέσσερις σωλήνες, λέγεται φορέας θερμότητας, γιατί μεταφέρει τη θερμότητα της γης από το υπέδαφος στην αντλία θερμότητας.

Στο μηχανοστάσιο, δωμάτιο στον ισόγειο χώρο, βρίσκονται η αντλία θερμότητας και το boiler (φωτ. 4 και 5), καθώς και διάφορα βοηθητικά όργανα και συσκευές λειτουργίας της εγκατάστασης, όπως δοχείο διαστολής, ηλεκτρικός πίνακας, μετρητές, κ.ά. από εδώ ξεκινούν για τα διαμερίσματα οι σωληνώσεις του νερού θέρμανσης και ψύξης και, από το boiler, του ζεστού νερού χρήσης.

Η αντλία θερμότητας νερού-νερού (σχ. 2) αποτελείται από 4 στοιχεία: τον εξατμιστή, τον συμπιεστή, τον συμπυκνωτή και το στοιχείο εκτόνωσης. Μέσα σ' αυτά κυκλοφορεί ένα υγρό, το φρέον, που έχει την ιδιότητα να εξατμίζεται και να υγροποιείται εύκολα. Όταν εξατμίζεται, ψύχει, όταν υγροποιείται, ζεσταίνει.

2.5. Λειτουργία

Το γεωθερμικό σύστημα, όπως περιγράφηκε παραπάνω, περιλαμβάνει τρία κλειστά κυκλώματα υγρών: το

κύκλωμα του γεωθερμικού εναλλάκτη (με νερό), το κύκλωμα της αντλίας θερμότητας (με φρέον) και το κύκλωμα θέρμανσης-ψύξης (με νερό).

α) Λειτουργία θέρμανσης

Το νερό (φορέας θερμότητας) του γεωθερμικού εναλλάκτη με θερμοκρασία περίπου 15°C (χαμηλότερη από αυτή του υπεδάφους), εισέρχεται στον εξατμιστή της αντλίας θερμότητας και προκαλεί την εξάτμιση του φρέον. Η εξάτμιση ψύχει κατά 5-6°C το νερό, το οποίο επιστρέφει στον γεωθερμικό εναλλάκτη, τον διαρρέει και αποκτά πάλι τη θερμοκρασία των 15°C, περίπου. Επανέρχεται στον εξατμιστή και η διαδικασία επαναλαμβάνεται, με αποτέλεσμα να μεταφέρεται θερμική ενέργεια από το υπέδαφος στον εξατμιστή συνεχώς, όσο διαρκεί η κυκλοφορία του νερού.



Το εξαερισμένο φρέον, οδεύει από τον εξατμιστή στο συμπιεστή, όπου συμπιέζεται και στη συνέχεια, ερχόμενο στο συμπυκνωτή, υγροποιείται. Με την συμπίεση και υγροποίηση, το φρέον θερμαίνεται μέχρι 50-55°C και ζεσταίνει το νερό του κυκλώματος θέρμανσης, που περνάει από το συμπυκνωτή. Στη συνέχεια, το υγροποιημένο φρέον φθάνει στο στοιχείο εκτόνωσης, όπου αποσυμπιέζεται (εκτονώνεται) και αποκτά πάλι την ικανότητα να εξατμιστεί, μόλις περάσει τον εξατμιστή και έλθει σε επαφή με το νερό του γεωθερμικού συλλέκτη.

Με τη λειτουργία της θέρμανσης, βλέπουμε ότι, το νερό του κυκλώματος του γεωθερμικού εναλλάκτη, μεταφέρει θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας (κάπου 15°C) από τα πετρώματα του υπεδάφους στο φρέον, το οποίο, με τη βοήθεια του συμπιεστή, τη μετατρέπει σε θερμότητα υψηλής θερμοκρασίας

(50-55°C), κατάλληλη για τη θέρμανση της κατοικίας.

β) Λειτουργία ψύξης

Κατά τη λειτουργία αυτή, γίνεται αντίστροφη χρήση του ζεστού και του κρύου νερού. Η ψύξη που παράγεται στον εξατμιστή, διοχετεύεται στο κύκλωμα θέρμανσης-ψύξης της κατοικίας για να τροφοδοτήσει τα κλιματιστικά σώματα (fan-coils) με κρύο νερό. Αυτό, περνώντας από τα δωμάτια, χάνει την ψύξη του (θερμαίνεται) και επανέρχεται στον εξατμιστή για να εξαφανισθεί. Το εξαερισμένο φρέον από τον εξατμιστή οδεύει στο συμπιεστή και κατόπιν στο συμπυκνωτή, στον οποίο υγροποιείται και θερμαίνεται. Από τον συμπυκνωτή, όμως, περνάει τώρα το νερό του γεωθερμικού εναλλάκτη, το οποίο ζεσταίνεται σε θερμοκρασία 40-50°C και, στη συνέχεια, διοχετεύεται μέσα στη γεώτρηση και κρύνει με την επίδραση της χαμηλότερης θερμοκρασίας του υπεδάφους, αποβάλλοντας της θερμότητά του σ' αυτό. Όταν το νερό επιστρέφει με θερμοκρασία κάπου 25-30°C στον συμπυκνωτή, ξαναθερμαίνεται από το φρέον και η κυκλοφορία επαναλαμβάνεται.

Με τη λειτουργία της ψύξης βλέπουμε, λοιπόν, ότι με το νερό του κυκλώματος ψύξης της κατοικίας μεταφέρεται η θερμότητα αυτής στο κύκλωμα του φρέον. Αυτό, με την εξάτμισή του, απορροφάει τη θερμότητα αυτή, και την μεταφέρει στον συμπυκνωτή. Εδώ την παραλαμβάνει το νερό του γεωθερμικού εναλλάκτη και την απορροπεί στο υπέδαφος, που σημαίνει ότι το καλοκαίρι, με τη λειτουργία της ψύξης, η θερμότητα της κατοικίας μεταφέρεται και αποθηκεύεται στα πετρώματα του υπεδάφους.

Κάτι ανάλογο γίνεται και στο ψυγείο τροφίμων, με τη διαφορά ότι αυτό το ψύχουμε αφαιρώντας τη θερμότητα του εσωτερικού του και απορρίπτοντάς την στον αέρα έξω από το ψυγείο.

γ) Λειτουργία παραγωγής ζεστού νερού

Καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, η γεωθερμική εγκατάσταση μπορεί να παράγει ζεστό νερό χρήσης για την κατοικία. Αυτό επιτυγχάνεται με το ζεστό νερό που παράγει ο συμπυκνωτής. Έ-

νας εναλλάκτης θερμότητας μεταφέρει θερμότητα από το νερό αυτό στο νερό του boiler, το οποίο στη συνέχεια διοχετεύεται στο δίκτυο ζεστού νερού της κατοικίας.

Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί, ότι κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν στην κατοικία υπάρχει ανάγκη τόσο για δροσερό όσο και για ζεστό νερό, τότε γίνεται συμπαράγωγή ψύξης και ζεστού νερού και, συνεπώς, η εγκατάσταση εξυπηρετεί δύο χρήσεις και μάλιστα με συντελεστή απόδοσης μέχρι 8:1, δηλ. ο συμπιεστής της αντλίας θερμότητας, καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια ίση με το 1/8 περίπου της συνολικής ενέργειας που παράγει η εγκατάσταση.

3. Οικονομικότητα του γεωθερμικού συστήματος

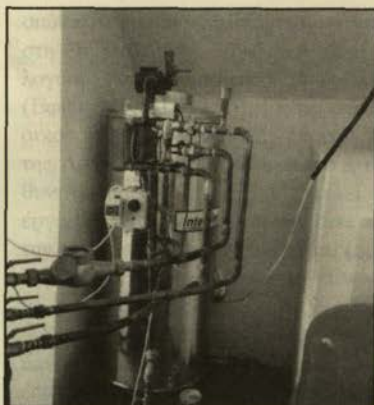
Μια γεωθερμική εγκατάσταση, όπως αυτή του Αγίου Δημητρίου Κορωπίου, μπορεί να προσφέρει σε μία κατοικία ή ένα χώρο εργασίας:

1. Κλιματισμό, δηλ. θέρμανση στη διάρκεια του χειμώνα και δροσίσιμο στη διάρκεια του καλοκαιριού.
2. Ζεστό νερό χρήσης, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Με τις σημερινές ελληνικές συνθήκες της αγοράς, σε μια κατοικία ή ένα χώρο εργασίας θερμαινόμενου εμβαδού 150 μ² η απαραίτητη γεωθερμική εγκατάσταση παρουσιάζει το εξής, περίπου, κόστος:

Μια συνηθισμένη κλιματιστική εγκατάσταση του αυτού μεγέθους, που λειτουργεί με πηγή ενέργειας τον περιβάλλοντα αέρα (αντλία θερμότητας αέρα-νερού), έχει κόστος μειωμένο κατά τις δαπάνες της γεώτρησης και του γεωθερμικού εναλλάκτη, δηλ. κατά 1.500.000 δρχ. περίπου. Η προτίμηση της γεωθερμικής εγκατάστασης βασίζεται στα εξής πλεονεκτήματα:

1. Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, που χρειάζεται για τη λειτουργία του συμπιεστή της αντλίας θερμότητας και των τριών



κυκλοφορητών, είναι περίπου κατά 50% μειωμένη.

2. Η αντλία θερμότητας νερού-νερού είναι απλούστερη από τη συνηθισμένη κλιματιστική αντλία θερμότητας αέρα-νερού ή αέρα-αέρα και, συνεπώς, έχει μικρότερα έξοδα συντήρησης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
3. Παρέχει ζεστό νερό δωρεάν το καλοκαίρι και με πολύ μικρό κόστος τις άλλες εποχές.
4. Εκτός από τα κλιματιστικά σώματα (fan-coils) τα boiler και την αντλία θερμότητας νερού-νερού, που έχει το μέγεθος ενός κοινού ψυγείου τροφίμων και τοποθετείται σε δωμάτιο του ισόγειου ή του υπογείου, δεν υπάρχει κανένας άλλος ορατός εξοπλισμός μέσα ή έξω από το κτίριο. Ο γεωθερμικός εναλλάκτης μέσα στη γεώτρηση είναι αόρατος, αφού δεν καταλαμβάνει κανένα υπέργειο χώρο. Πέρα από τα παραπάνω πλεονεκτήματα, η γεωθερμική εγκατάσταση καταργεί τον λέβητα-καυστήρα, τη δεξαμενή καυσίμου, την καπνοδόχο και την ανάγκη της κάθε τόσο αγοράς πετρελαίου, το οποίο κάθε τόσο ακριβαίνει, είναι ρυπογόνο και δεν προσφέρει ψύξη στο κτίριο. Βλέπουμε, λοιπόν ότι μια γεωθερμική εγκατάσταση, εξυπηρετεί επίσης και δύο σημαντικούς αναπτυξιακούς και κοινωνικούς στόχους, δηλαδή:

- a) Εξοικονομεί ηλεκτρική ενέργεια για τον χρήστη του κτιρίου και για

το εθνικό δίκτυο της ΔΕΗ με την πολύ χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, αφού οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου καλύπτονται κατά το μεγαλύτερο μέρος από την δωρεάν διαθέσιμη, ανανεώσιμη, τοπική γεωθερμική ενέργεια, και

- β) Συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, διότι εκπομπίζει το ρυπογόνο πετρέλαιο και μειώνει την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, που και αυτό παράγεται στη χώρα μας, κυρίως, από ρυπογόνο λιγνίτη. Επίσης, η γεωθερμική εγκατάσταση, σε αντίθεση προς τα συνηθισμένα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, επιβαρύνει το κτίριο από πλευράς χώρων ελάχιστα, χαρακτηριστικό που προσφέρει πρόσθετο περιβαλλοντικό και οικονομικό όφελος.

Πρόσφατη βιβλιογραφία

1. Using the Earth to heat and cool Homes (Χρησιμοποιώντας τη γη για να θερμαίνουμε και να ψύχουμε κατοικίες), υπό National Center for Appropriate Technology, U.S. Department of Energy, Washington, D.C. Geo Heat Center Bulletin, U.S.A. 1988.
2. Geothermal Heat Pumps benefit the Consumer, Utility and Nation (Οι Γεωθερμικές Αντλίες ωφελούν τον Καταναλωτή, τον Οργανισμό Κοινής Ωφέλειας και το Έθνος), υπό Lew Pratsch, Geothermal Division, Department of Energy, Washington, D.C. Geo Heat Center, Bulletin, U.S.A. 1992.
3. Das Betriebsverhalten der Erdwärmesonden. Dezentrales Heizen durch Nutzung der Untiefen Geothermie (Η συμπεριφορά λειτουργίας των γεωθερμικών εναλλακτών. Αποκεντρωμένη θέρμανση με χρήση της αβαθούς Γεωθερμίας), υπό W. Eugster, R. Hopkirk, B. Kaelin, L. Rybach, P. Seifert. Schweizer Ingenieur und Architekt. Heft 46, Ζυρίχη 1992.