



Θέρμανση - ψύξη του κτιρίου Μεταλλειολόγων - Ηλεκτρολόγων με Γεωθερμία

Πρωτοποριακό ενεργειακό έργο στο ΕΜΠ

του Ιωάννη Παπαγεωργιάκη

1. Εισαγωγή

Η 17η Γενική Διεύθυνση Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ενέκρινε, στα πλαίσια του προγράμματος THERMIE, την χρηματοδότηση κατά 40% ενός γεωθερμικού ενεργειακού έργου στο κτίριο Μεταλλειολόγων - Ηλεκτρολόγων της Πολυτεχνειούπολης, το οποίο είχε προτείνει το Ε.Μ.Π., μετά από εισήγηση του υπογράφοντος, σε συνεργασία με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) και την Εταιρεία Κλιματιστικών INTERKLIMA A.B.E.E.. Το έργο έχει τίτλο: «Θέρμανση - ψύξη του κτιρίου Μεταλλειολόγων και Ηλεκτρολόγων του ΕΜΠ με γεωθερμικές αντλίες» και ήδη υπεγράφη η σχετική σύμβαση από τον Πρύτανη κ. Ν. Μαρκάτο και τον εκπρόσωπο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής κ. Pedro de Sampaio Nunes.

Το επιδοτούμενο έργο βρίσκεται

Ο Ι. Παπαγεωργιάκης είναι ομότιμος καθηγητής ΕΜΠ

τώρα στο στάδιο της οριστικής μελέτης και η κατασκευή του προβλέπεται να έχει ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του 1996. Το συνολικό κόστος του θα ανέρχεται στα 182 εκατ. δραχμές και θα καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του ενός τρίτου του κτιρίου, που κατασκευάζεται τώρα (φάση Β' Ηλεκτρολόγων), με ενέργεια (480 KW θερμικής και 450 KW ψυκτικής ισχύος), που θα προέρχεται κατά τα 2/3 τουλάχιστον από το υπέδαφος (γεωθερμική ενέργεια) και κατά το 1/3 το μέγιστον από το ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ. Οι χώροι του κτιρίου, που θα θερμαίνονται και θα κλιματίζονται με το νέο σύστημα, έχουν εμβαδόν περίπου 6.100 m² (φωτ.1).

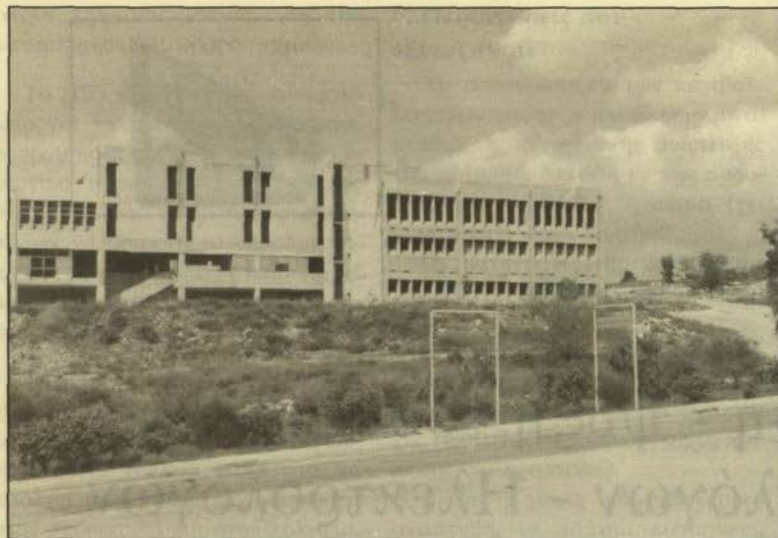
Το έργο είναι το πρώτο του είδους που κατασκευάζεται στην Ελλάδα, αλλά και στις άλλες μεσογειακές χώρες. Παρόμοια έργα έχουν αρχίσει να κατασκευάζονται και να λειτουργούν επιτυχώς στις ΗΠΑ από εικοσαετίας και στην Ελβετία - Γερμανία - Σουηδία από 10ετίας. Η εντεινόμενη ενεργειακή

κρίση και τα περιβαλλοντικά προβλήματα, που προκαλούν τα ορυκτά καύσιμα, είναι η αιτία της διάδοσής τους με πρόβλεψη γρήγορης διείσδυσης τους στην διεθνή αγορά.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στοχεύοντας με το Πρόγραμμα THERMIE να προωθήσει καινοτόμες τεχνολογίες, που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην μείωση των ρυπογόνων εκπομπών στην ατμόσφαιρα, ενέκρινε και την επιδότηση του παρόντος γεωθερμικού έργου, με στόχο την διείσδυση του συστήματος στην Ελληνική αγορά.

2. Αιτιολόγηση και καινοτομία του έργου

Το έργο θέρμανσης - ψύξης, που θα κατασκευασθεί στο κτίριο Μεταλλειολόγων και Ηλεκτρολόγων, ανήκει στα συστήματα κλιματισμού, τα οποία εκμεταλλεύονται την καλούμενη περιβαλλοντική θερμική ενέργεια. Αυτή περιέχεται στα φυσικά υλικά που μας περιβάλλουν, δηλαδή στον αέρα, στα επιφανειακά νερά (χερσοαία ή θαλάσσια), στα υπόγεια νερά και στα πετρώματα.



Τα υλικά αυτά οφείλουν την θερμότητά τους στην ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια και συνιστούν μία ιδιαίτερη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Ειδικότερα τα υπόγεια νερά και τα πετρώματα, επειδή τροφοδοτούνται μέχρι το βάθος των 200 m περίπου με θερμότητα από τον ήλιο και το εσωτερικό της Γης, αποτελούν την καλούμενη *αβαθή γεωθερμική ή ηλιογεωθερμική ενέργεια*, μια ανανεώσιμη πηγή με τεράστια αποθέματα θερμότητας, που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις ενεργειακές μας ανάγκες.

Η περιβαλλοντική θερμότητα έχει μεν το μειονέκτημα της χαμηλής θερμοκρασίας, μπορεί όμως να αξιοποιηθεί με την βοήθεια των θερμοαντλιών, οι οποίες με κατανάλωση κάποιας ηλεκτρικής ενέργειας έχουν την δυνατότητα να μεταβάλλουν την θερμοκρασία προς τα άνω ή προς τα κάτω και να την καθιστούν κατάλληλη αντίστοιχα για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, ή για ψύξη (σχ.1).

Στην χώρα μας χρησιμοποιείται σήμερα ευρύτατα το σύστημα θέρμανσης - ψύξης κτιρίων με κλιματιστικές συσκευές και εγκαταστάσεις, που χρησιμοποιούν θερμοαντλίες και περιβαλλοντική θερμότητα, αλλά η τελευταία προσλαμβάνεται σχεδόν μόνο από τον αέρα. Ελάχιστες περιπτώσεις παραγωγής ζεστού νερού με θερμοαντλίες συνδε-

σμένες με νερό υπόγειο ή θαλασσινό είναι γνωστές, παρά τα μεγάλα πλεονεκτήματα, που έχει το νερό ως πηγή ενέργειας σε σχέση με τον αέρα.

Η τόσο διαδεδομένη στην Ελλάδα χρήση του αέρα ως πηγής περιβαλλοντικής θερμότητας αποτελεί την χειρότερη λύση, αφού:

α) Ο αέρας πρακτικά δεν έχει καμμία ικανότητα αποθήκευσης θερμικής και ψυκτικής ενέργειας,

β) Ως πηγή ενέργειας, είναι η ασθενέστερη και η εκμετάλλευσή της δημιουργεί ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα, και

γ) Η θερμοκρασία του είναι πολύ ασταθής και δεν συμβαδίζει με τις ανάγκες θέρμανσης - ψύξης των κτιρίων. Έτσι, όταν τον χειμώνα χρειαζόμαστε θέρμανση, η πηγή ενέργειας, δηλ. ο περιβάλλον το κτίριο αέρας είναι ψυχρός έως παγωμένος, και το καλοκαίρι, αντίθετα, όταν χρειαζόμαστε ψύξη, ο αέρας είναι ζεστός έως καυτός. Έτσι, θερμαίνουμε το κτίριο με κρύο αέρα, και το δροσιζουμε με ζεστό αέρα. Για να το επιτύχουμε αυτό πρέπει να καταναλώσουμε πολλή ηλεκτρική ενέργεια.

Ίδου, λοιπόν, ένα σοβαρό αίτιο των ενεργειακών προβλήματος της χώρας μας. Όπως έχει ανακοινώσει η ΔΕΗ, σημαντικό μέρος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατευθύνεται στις οικιακές χρήσεις, ξενο-

δοχεία, νοσοκομεία, δημόσια κτίρια, κ.ά. Στους καταναλωτές αυτούς, κυρίως, οφείλεται και η μεγάλη αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και, συνεπώς, η ανάγκη αύξησης της ηλεκτρικής ισχύος, δηλ. κατασκευής νέων ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών. Ήδη, οι εγκατεστημένες κλιματιστικές μονάδες έχουν ξεπεράσει σήμερα τις 500.000, οι οποίες απαιτούν πάνω από 700 MW, ανεβάζοντας τις αιχμές ζήτησης ισχύος του δικτύου της ΔΕΗ σε ύψη πάνω από 6.000 MW (1 και 14).

Αντίθετα προς τον αέρα, τα υπόγεια νερά (από γεωτρήσεις, πηγάδια) και τα πετρώματα:

α) Έχουν ικανότητα αποθήκευσης, θερμικής και ψυκτικής ενέργειας, που μπορεί να αξιοποιηθεί,

β) Διαθέτουν μεγαλύτερη κατ' όγκο θερμοχωρητικότητα, απ' ότι ο αέρας, και

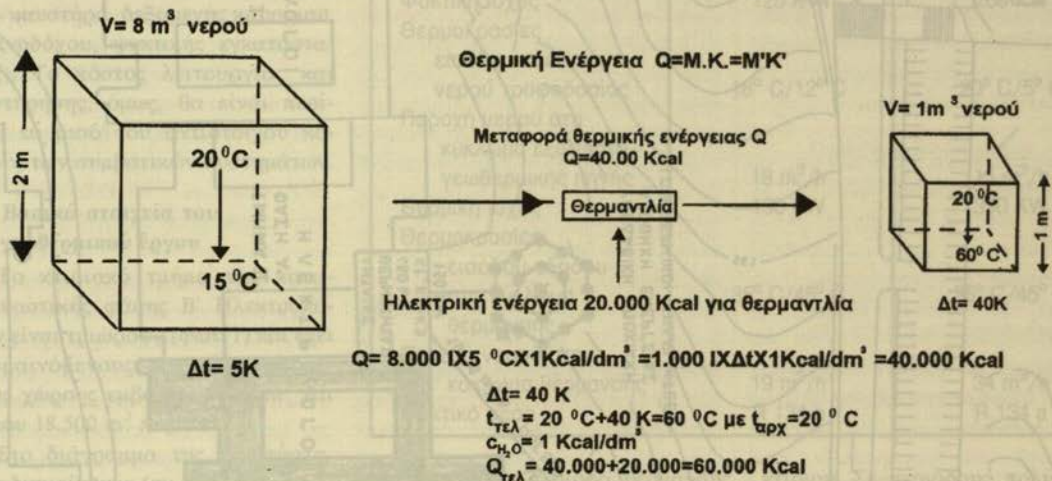
γ) Στα εύκολα με γεωτρήσεις προσία βάθη των 10-200 m του υπεδάφους έχουν σταθερή θερμοκρασία καθ' όλη την διάρκεια του έτους και κατά την διάρκεια των ετών, ενώ οι θερμοκρασιακές διαταραχές, που μπορούν να προκληθούν τεχνητά από την εκμετάλλευση του θερμικού τους περιεχομένου, αποκαθίστανται σχετικά γρήγορα από τις φυσικές υπόγειες θερμικές ροές και από τις τεχνητές εναλλαγές θέρμανσης - ψύξης του υπεδάφους, που προκαλούνται από την εγκατάσταση.

Σε χώρες, στις οποίες τα κτίρια απαιτούν, πλην της θερμικής, και ψυκτική ενέργεια σε σημαντικό ποσοστό, όπως στην Ελλάδα, το υπεδάφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο ως πηγή θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας, αλλά και ως *εποχιακή αποθήκη*, η οποία μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της απόδοσης της εγκατάστασης και, συνεπώς, στην αύξηση της εξοικονόμησης ενέργειας.

3. Χαρακτηριστικά του έργου

3.1 Αρχές λειτουργίας

Το γεωθερμικό έργο της Πολυ-



Σχ. 1. Θέρμανση ή ψύξη μιας μάζας κάποιου υλικού (στο σχήμα νερό) με μεταφορά θερμότητας από ή προς μια άλλη μάζα με τη βοήθεια θερμαντλίας. Στο ζεύγος κτιρίο-υπεδάφους οι θερμικές απώλειες συμπληρώνονται με περιβαλλοντική (υπεδαφική) θερμότητα

τεχνειούπολης θα βασίζεται στην συνεργασία του ζεύγους υπέδαφος - θερμαντλίες. Οι τελευταίες, επειδή τροφοδοτούνται με ενέργεια από το υπέδαφος, καλούνται στις Η.Π.Α. γεωθερμικές αντλίες ή, απλούστερα, γεωθερμαντλίες (geothermal heat pumps). Το υπέδαφος θα προσφέρει την ενέργειά του με την βοήθεια γεωθερμικών εναλλακτών και υπόγειου νερού. Το έργο θα μπορεί μελλοντικά να επεκταθεί με την προσθήκη και άλλων γεωθερμαντλιών και γεωθερμικών εναλλακτών, ή και με αύξηση της χρησιμοποιούμενης ποσότητας υπόγειου νερού, ώστε να τροφοδοτεί με υπεδαφική θερμική και ψυκτική ενέργεια ολόκληρο το κτίριο Μεταλλειολόγων και Ηλεκτρολόγων.

Όπως θα κατασκευαστεί, το έργο θα έχει περίπου:

- 160 KW θερμική και 125 KW ψυκτική ισχύ από το ζεύγος θερμαντλίας - υπεδαφικής εποχιακής αποθήκης ενέργειας. Η τελευταία θα αποτελείται από 19 γεωτρήσεις περιέχουσες ισάριθμους γεωθερμικούς εναλλάκτες, βάθους (μήκους) 100 m ο καθένας (σχ.2).

- 390 KW θερμική και 260 KW ψυκτική ισχύ από 15 m³/h υπόγειου νερού της υδρογεώτρησης, που ανοίχθηκε τελευταία (δυνατής παραγωγής 35 m³/h). Το υπόγειο νερό, που προέρχεται από τον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα του Υμηττού και που θα αποδίδει θερμική και ψυκτική ενέργεια, μετά την χρησιμοποίησή του θα έχει ψυχθεί ή θερμανθεί αντίστοιχα και θα διοχετεύεται είτε στο υδρευτικό δίκτυο της Πολυτεχνειούπολης για περαιτέρω αξιοποίησή του, ή, εάν περισσεύει, θα επανεισάγεται στον υπεδαφικό υδροφόρο ορίζοντα, ώστε να ανακυκλώνεται και να αποκτά πάλι την φυσιολογική του (γεωθερμική) θερμοκρασία, απορροφώντας από το γεωλογικό περιβάλλον θερμότητα (τον χειμώνα) ή απορρίπτοντας σ' αυτό την θερμότητα του κτιρίου (το καλοκαίρι).

Με τις δύο πηγές (σχ.2) θα καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης (480 KW) και ψύξης (450 KW) του ως άνω κτιριακού τμήματος. Στις περιπτώσεις ανεπάρκειας της ψυκτικής ισχύος (σε περιόδους καύσωνα) θα μπορεί να

αυξάνεται η ποσότητα του παρεχομένου στις θερμαντλίες υπόγειου νερού μέχρις 20 m³/h.

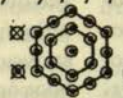
Με τις κλιματικές συνθήκες της Αθήνας, η υπεδαφική αποθήκη ενέργειας προβλέπεται να καλύπτει τις βασικές ενεργειακές ανάγκες του κτιριακού τμήματος και με το υπόγειο νερό θα αντιμετωπίζονται οι μεγαλύτερες ανάγκες και οι αιχμές ζήτησης θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας (στις περιπτώσεις παγετού και καύσωνα αντίστοιχα).

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος στο καινοτόμο έργο θα είναι 1/3 - 1/4 της παραγόμενης θερμικής και ψυκτικής ενέργειας. Συνεπώς, θα επιτυγχάνεται και κατάργηση του ρυπογόνου καυσίμου θέρμανσης και εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Έχει προϋπολογισθεί, ότι με το έργο θα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση τουλάχιστον 8.000.000 δρχ. ετησίως σε ηλεκτρικό ρεύμα και πετρέλαιο, ενώ θα υπάρχει πρόσθετο οικονομικό όφελος από την διάθεση του υπόγειου νερού για τις υδατικές ανάγκες της Πολυτεχνειούπολης μετά την ενεργειακή του αξιοποίηση. Η εξοικονόμηση

ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΗ
 ΙΣΧΥΣ : 450 kW

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ⊙ Γεωθερμικός εναλλάκτης βάθους 100m.
- ⊙ Υδροεξήραση με υγραντήρα και επιφανειακό εναλλάκτη θερμότητας.
- ⊗ Υπεραψική εποχιακή αποθήκη θερμικής-ψυκτικής ενέργειας.



Γεωθήραος με γεωθερμόμετρα
 Χρηματοδοτές :

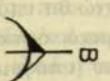
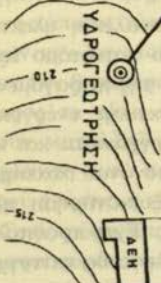
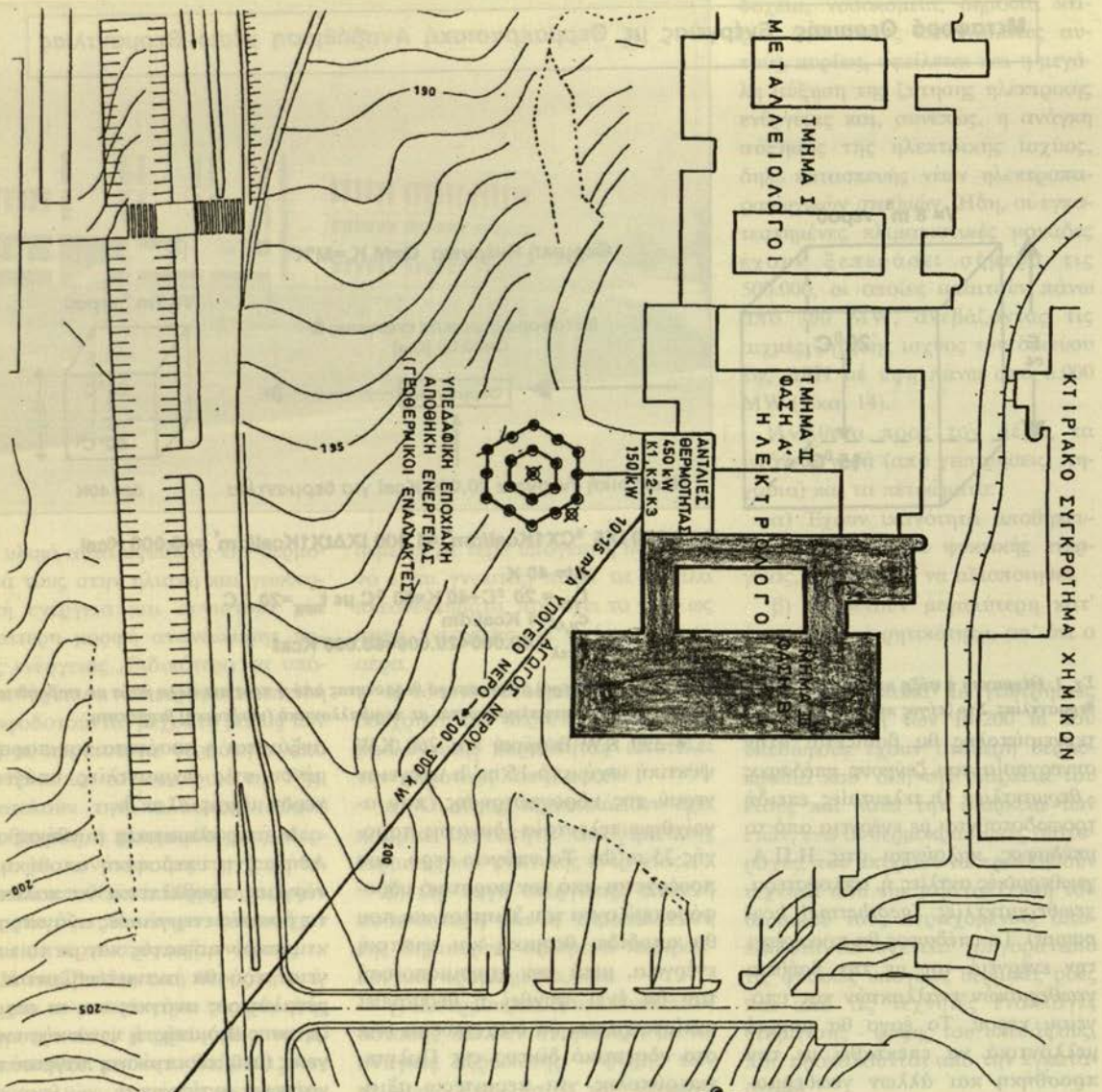
- Ε.Μ. Πολυτεχνείο κατά 80%.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατά 40%.
- Επιστημονικός Υπεύθυνος :
- Ομοτ. Καθηγητής Ι. Παπαγεωργιάκης.

ΚΑΙΜΑΚΑ

0m 10m 20m 30m

ΑΘΗΝΑ 3-11-1995

ΣΧ.2



νόμηση αυτή θα επιτευχθεί με μια χρηματική δαπάνη κατασκευής του έργου, που θα αντιστοιχεί περίπου με αυτή της καταργούμενης δαπάνης για την αγορά και εγκατάσταση του συμβατικού συστήματος θέρμανσης - ψύξης του κτιρίου (λέβητα - καυστήρα, δεξαμενής καυσίμου, καπνοδόχου, ψυκτικής εγκατάστασης). Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, όμως, θα είναι περίπου το μισό του αντίστοιχου κόστους των συμβατικών συστημάτων.

3.2 Βασικά στοιχεία του γεωθερμικού έργου

Το κτιριακό τμήμα της κατασκευαστικής φάσης Β' Ηλεκτρολόγων είναι τριώροφο (φωτ. 1) και έχει θερμαινόμενους και κλιματιζόμενους χώρους εμβαδού 6.100 m² και όγκου 18.500 m³ περίπου.

Στο διάγραμμα της εγκατάστασης διακρίνουμε (σχ. 2):

α) Το υπεδαφικό σύστημα πηγής και εποχιακής αποθήκης θερμικής-ψυκτικής ενέργειας.

β) Το ενεργειακό κέντρο (γεωθερμαντλίες, συλλέκτες, αυτοματισμοί κ.λπ.), και

γ) Το κτίριο ως καταναλωτής της ενέργειας.

Το υπεδαφικό σύστημα ενεργειακής τροφοδοσίας και αποθήκης θα αποτελείται από:

α) Μια υπόγειο λιθολογική μάζα μορφής κατακορύφου κυλίνδρου με βάση εμβαδού 600 m² και πλευράς (βάθους) 100m, ήτοι όγκου 60.000 m³ περίπου. Η μάζα αυτή θα διασχίζεται από 19 γεωτρήσεις των 100m βάθους (σχ. 3), περιέχουσες εναλλάκτες θερμότητας (γεωθερμικούς εναλλάκτες), και στην μεν περίοδο της θέρμανσης θα παρέχει θερμική ενέργεια στο κτίριο μέσω θερμαντλίας και θα ψύχεται, ενώ στην περίοδο του δροσισμού του κτιρίου, πάλι μέσω της θερμαντλίας, θα λειτουργεί ως θερμοδοχείο και θα δέχεται την θερμότητα αυτού. Συνεπώς, η εν λόγω λιθολογική μάζα θα λειτουργεί και ως υπεδαφική εποχιακή αποθήκη θερμικής και ψυκτικής ενέργειας, η οποία θα αξιοποιείται σε κάποιο ποσοστό κατά την

Χαρακτηριστικά	Θερμαντλία K1 με γεωθερμικούς εναλλάκτες	Θερμαντλίες K2.1-K2.2 με υπόγειο νερό 15 m ³ /h
Ψυκτική ισχύς	125 KW	260 KW
Θερμοκρασίες εισόδου-εξόδου νερού τροφοδοσίας	18° C/12° C	20° C/5° C
Παροχή νερού στο κύκλωμα εξατμιστή-γεωθερμικής πηγής	18 m ³ /h	15 m ³ /h
Θερμική ισχύς	190 KW	390 KW
Θερμοκρασίες εισόδου-εξόδου στο κύκλωμα θέρμανσης	35° C/45° C	35° C/45° C
Παροχή νερού στο κύκλωμα θέρμανσης	19 m ³ /h	34 m ³ /h
Ψυκτικό μέσο	R 134 a	R 134 a

ακολουθούσα περίοδο θέρμανσης ή ψύξης. Μετά την κατασκευή της υπεδαφικής πηγής-αποθήκης ενέργειας η πάνω από αυτή εδαφική επιφάνεια θα επιχωματωθεί και θα μετατραπεί σε χώρο στάθμευσης αυτοκινητών (στο νότιο προαύλιο του κτιρίου).

β) Ποσότητα υπόγειου νερού, που θα λαμβάνεται από την πλησιέστερη εκ των δύο υδρογεωτρήσεων της Πολυτεχνειούπολης. Το υπόγειο νερό θα παρέχει την ενέργειά του σε δύο θερμαντλίες.

Τα τέσσερα μέρη, δηλ. η ομάδα των γεωθερμικών εναλλακτών, το υπόγειο νερό, το ενεργειακό κέντρο και το κτίριο στην διάρκεια των περιόδων θέρμανσης και δροσισμού θα συνεργάζονται, ώστε να ανταλλάσσουν ενέργεια και να περιορίζονται, έτσι, οι ενεργειακές απώλειες.

Κατά την περίοδο της θέρμανσης η λιθολογική μάζα της υπεδαφικής ενεργειακής αποθήκης με την λειτουργία της θερμαντλίας K1 (σχ.2) θα ψύχεται, αφού θα της αφαιρείται μέρος του θερμικού της περιεχομένου. Η θερμαντλία θα αναβαθμίζει θερμοκρασιακά την αντλούμενη θερμική ενέργεια και θα την διοχετεύει στο κύκλωμα θέρμανσης του

κτιρίου. Σε περιόδους πολύ χαμηλών θερμοκρασιών και εφ' όσον η ισχύς της θερμαντλίας K1 δεν επαρκεί, θα τίθενται αυτομάτως σε λειτουργία διαδοχικά οι θερμαντλίες K2.1 και K2.2 (σχ.2), οι οποίες θα τροφοδοτούνται με θερμική ενέργεια από το υπόγειο νερό και θα προσφέρουν πρόσθετη θέρμανση στο κτίριο.

Κατά την περίοδο του καλοκαιριού και εφ' όσον δεν επικρατεί πολύ ζέστη, θα είναι δυνατό, με την ομάδα των γεωθερμικών εναλλακτών και χωρίς να λειτουργούν οι θερμαντλίες, να δροσιζεται το κτίριο μέσω ειδικών αβάνων με άμεσο δροσισμό (direct cooling), που θα επιτυγχάνεται από την ψυκτική ενέργεια την αποθηκευμένη από τον χειμώνα, στην διάρκεια της λειτουργίας θέρμανσης, στην υπεδαφική ενεργειακή αποθήκη.

Όταν επικρατούν υψηλές και πολύ υψηλές θερμοκρασίες (καύσωνας), θα τίθενται αυτομάτως σε λειτουργία διαδοχικά οι θερμαντλίες K1, K2.1 και K2.2 και θα αυξάνουν την προσφερομένη στο κτίριο ψυκτική ενέργεια. Η αφαιρούμενη από το κτίριο θερμότητα (ηλιακής προέλευσης) θα μεταφέρεται μέσω των θερμαντλιών και των

γεωθερμικών εναλλακτών και του υπογείου νερού στο υπέδαφος και εν μέρει θα αποθηκεύεται στην λιθολογική μάζα της ενεργειακής αποθήκης και εν μέρει θα απορρίπτεται στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, ο οποίος, όμως, λόγω της υψηλής θερμοαγωγιμότητας και της κινητικότητας του υπόγειου νερού, δεν μπορεί να την συγκρατήσει σε εκμεταλλεύσιμο απόθεμα.

Όπως φαίνεται στον πίνακα, οι θερμαντλίες θα λειτουργούν με το ψυκτικό μέσο R 134 a, το οποίο θεωρείται φιλικό προς το περιβάλλον, επειδή δεν καταστρέφει το στρώμα του όζοντος. Επίσης, το νερό θέρμανσης του κτιρίου θα κυκλοφορεί με χαμηλή θερμοκρασία 45° C και, συνεπώς, θα επιτυγχάνεται υψηλότερος συντελεστής απόδοσης των θερμαντλιών, που σημαίνει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και ανετώτερες θερμοκρασιακές συνθήκες στους χώρους του κτιρίου.

Το υπόγειο νερό των υδρογεωτρήσεων της Πολυτεχνειούπολης, το οποίο προέρχεται από βάθη 170-250m, έχει θερμοκρασία 22°C, ενώ τα πετρώματα της υπεδαφικής ενεργειακής αποθήκης στα βάθη 15-100m έχουν θερμοκρασία 20°C περίπου. Οι τιμές αυτές είναι σταθερές στην διάρκεια του έτους κάτω από το βάθος των 15m, ενώ αβαθέστερα παρουσιάζουν εποχιακή διακύμανση λόγω των εναλλαγών της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας της εδαφικής επιφανείας κατά τον χειμώνα και το καλοκαίρι.

4. Σημασία και ωφέλη του καινοτόμου έργου

Οι στόχοι του υπό κατασκευή καινοτόμου έργου είναι:

α) Να επιτευχθεί εξοικονόμηση πετρελαίου και ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα θέρμανσης-ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης του κτιρίου με χρησιμοποίηση της υπεδαφικής ανανεώσιμης πηγής γεωθερμικής ενέργειας.

β) Να υπολογισθεί το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντή-

ρησης του νέου έργου και να συγκριθεί με το αντίστοιχο των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης-ψύξης.

Ως προς την εξοικονόμηση πετρελαίου με το έργο προβλέπεται η πλήρης κατάργηση αυτού. Στο κτιριακό τμήμα των Μεταλλειολόγων, το οποίο λειτουργεί ήδη από τριετία και το οποίο είναι περίπου του αυτού εμβαδού με το κτιριακό τμήμα, που θα λειτουργεί με το καινοτόμο σύστημα, η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης στη διάρκεια της διετίας 1994-95 ήταν 60 τόννοι/έτος, σύμφωνα με τα στοιχεία της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π. Η αυτή ποσότητα περίπου, αξίας 6.000.000 δραχμών, θα εξοικονομείται ετησίως με τη λειτουργία θέρμανσης του νέου συστήματος. Συνεπώς, θα επιτυγχάνεται, πλην του οικονομικού οφέλους, και *περιορισμός κατά 190 τόννους περίπου της αύξησης των εκπομπών CO₂ και λοιπών αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα του Λεκανοπεδίου της Αθήνας.*

Ως προς το συμβατικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης με κλιματιστική εγκατάσταση (θερμαντλίες βασιζόμενες στην ενέργεια του αέρα), η οποία προβλεπόταν αρχικά να κατασκευαστεί και να χρησιμοποιηθεί για το κτιριακό τμήμα της φάσης Β' Ηλεκτρολόγων, το κόστος κατασκευής εκτιμάται, ότι θα ήταν 100.000.000 δρχ. περίπου. Η αντίστοιχη εγκατάσταση με το νέο σύστημα έχει εκτιμηθεί ότι θα στοιχίσει περίπου 150.000.000 δρχ. Το κόστος αυτό, όμως, αφορά έργο πιλοτικού χαρακτήρα με εισαγόμενη καινοτόμο τεχνολογία.

Το κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων (συμβατικού και καινοτόμου) εξαρτάται από τον ετήσιο συντελεστή απόδοσης (C.O.P. = Coefficient Of Performance). Ο συντελεστής αυτός εκφράζεται με τον λόγο της ποσότητας θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας, που το σύστημα παράγει, σε σχέση με την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας, που καταναλώνει στην διάρκεια ενός έτους. Στις γεωθερμαντλίες ο συντελεστής αυτός είναι κατά μέσον όρο

4:1, ενώ στις θερμαντλίες των συμβατικών συστημάτων (με αέρα) μόλις φθάνει στο 2:1. Δηλαδή η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος στο καινοτόμο έργο θα είναι μειωμένη κατά 50% περίπου.

Έχει εκτιμηθεί, ότι η ποσότητα θερμικής και ψυκτικής ενέργειας, που θα απαιτεί το κτίριο, ανέρχεται σε περίπου 1.200.000 KWh ετησίως. Με ετήσιο συντελεστή απόδοσης του συστήματος 4:1, η ανωτέρω ποσότητα θα καλύπτεται κατά 3:4, δηλ. γύρω στις 900.000 KWh, από την υπεδαφική ηλιογεωθερμική ενέργεια.

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος του νέου συστήματος θα είναι 300.000 KWh, οι οποίες θα προστίθενται ως θερμική ή ψυκτική ενέργεια στην παραγόμενη θερμότητα ή ψύξη. Εάν κατασκευάζονταν το συμβατικό σύστημα θέρμανσης - ψύξης, η αντίστοιχη ηλεκτρική κατανάλωση θα ήταν περίπου 600.000 KWh. Έτσι εκτιμάται, ότι με το νέο έργο θα επιτύχουμε ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης των 300.000 KWh με το αντίστοιχο οικονομικό όφελος για το Ε.Μ.Π. (κάπου 7.500.000 δρχ.). Η ενέργεια αυτή μπορεί να παραχθεί στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, λόγω απωλειών, με σχεδόν τριπλάσια θερμική ενέργεια, δηλ. 900.000 KWh, που προσφέρονται από 76 τόννους πετρελαίου, ή την αντίστοιχη ποσότητα λιγνίτη.

Προκύπτει λοιπόν, ότι το νέο κτίριο, στο οποίο θα εφαρμοστεί το νέο σύστημα, δεν θα αυξήσει την ενεργειακή επιβάρυνση της χώρας κατά τις άνω ποσότητες, συνεπώς ούτε την περιβαλλοντική επιβάρυνση, επειδή δεν θα αυξήσει τις εκπομπές αερίων ρύπων και CO₂, του τελευταίου κατά περίπου 240 τόννους ετησίως.

Ένα ακόμη ενεργειακό και οικονομικό όφελος, που θα προκύψει από τον υψηλότερο συντελεστή απόδοσης (COP) του νέου συστήματος, θα είναι και η μείωση της απαιτούμενης από αυτό ηλεκτρικής ισχύος σε σχέση με την συμβατική κλιματιστική εγκατάσταση, συνεπώς

και η μειωμένη επιβάρυνση του ηλεκτρικού δικτύου της ΔΕΗ σε ισχύ. Έτσι, στο νέο έργο οι γεωθερμαντλίες θα απαιτούν ισχύ 150 KW περίπου, αντί των 300 KW, που θα απαιτούσε η αντίστοιχη συμβατική εγκατάσταση.

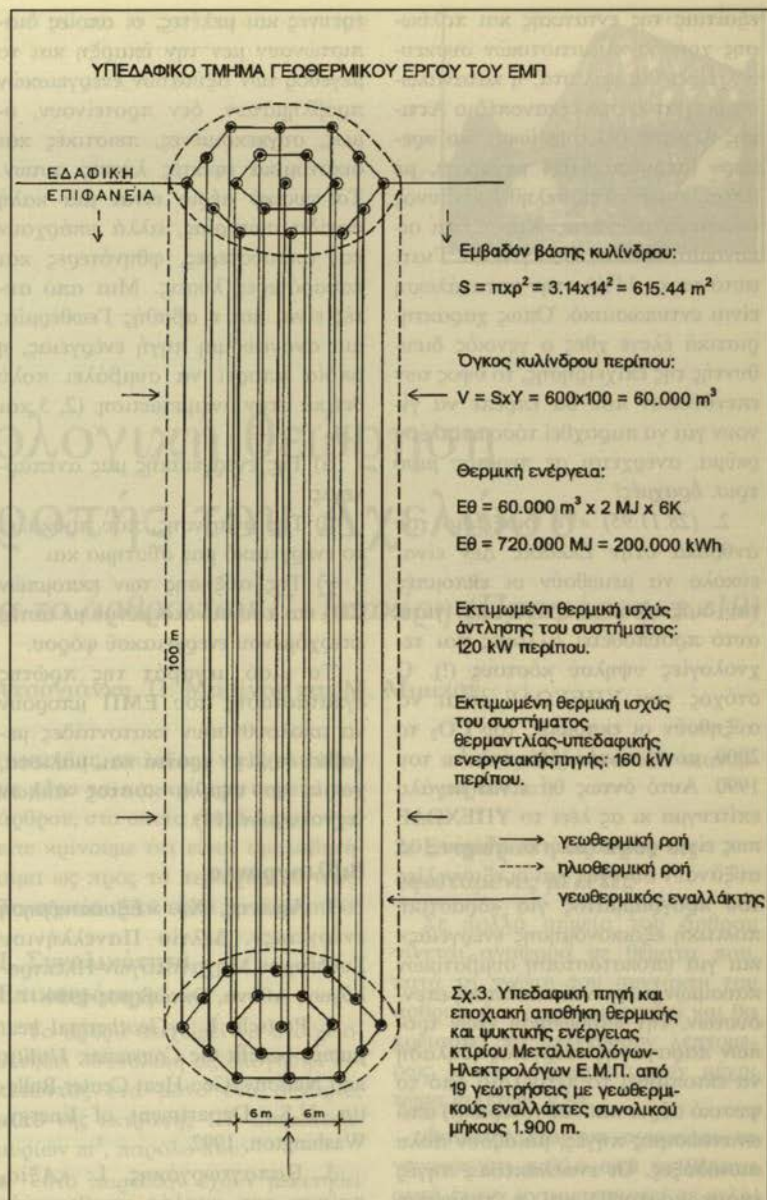
Πρόσθετο οικονομικό όφελος για το Ε.Μ.Π. προκύπτει από το σαφώς μειωμένο κόστος συντήρησης της νέας εγκατάστασης σε σχέση με αυτό της συμβατικής (2 και 5).

5. Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε, ότι με το νέο σύστημα μπορούμε να επιτύχουμε ενδιαφέροντα οικονομικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά ωφέλη, όταν μάλιστα σκεφθούμε πόσο αναγκαία είναι αυτά τα ωφέλη για την χώρα μας (14). Το υψηλότερο κόστος κατασκευής της εγκατάστασης, σε σχέση με το συμβατικό σύστημα, θα αποσβεστεί σε διάστημα λιγότερο των 8 ετών, με το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

Σύμφωνα με τελευταία μελέτη ομάδας ερευνητών του ΕΜΠ, που εκπονήθηκε για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ (15), η εξέλιξη των εκπομπών CO₂ στην Ελλάδα την περίοδο 1970-1990 (αυξήθηκαν από 22 σε 82 εκατ. τόννους), είναι πλέον δυσμενής σε σύγκριση με τις άλλες κοινοτικές χώρες. Τη μεγαλύτερη άμεση συμμετοχή στις εκπομπές του CO₂, έχει ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής, αλλά εκείνο που έχει σημασία είναι η εντυπωσιακή αύξηση της συμμετοχής αυτής (από 32% το 1970 σε 50% το 1990).

Στους τελικούς χρήστες της ενέργειας ο τομέας κατοικίες-εμπορευματοκτίρια έχει την ταχύτερη αύξηση των εκπομπών CO₂ και την υψηλότερη συνολική (άμεση και έμμεση) συμμετοχή το 1990 (από 32% το 1970 σε 39% το 1990). Οι εκπομπές της βιομηχανίας αυξάνονται σε απόλυτους αριθμούς, αλλά η ποσοστιαία συμμετοχή τους στο σύνολο των εκπομπών CO₂ μειώνεται (από 46% το 1970 σε 41% το 1990). Στον τομέα των μεταφορών η σχετική συμμετοχή των εκπομπών CO₂ πα-



ραμένει σταθερή (γύρω στο 20%).

Η μείωση των εκπομπών CO₂ και των άλλων αερίων επιτυγχάνεται: α) με δραστική πολιτική εξοικονόμησης ενέργειας σε όλους τους τομείς τελικής κατανάλωσης (κατοικία-εμπορευματοκτίρια, βιομηχανία, μεταφορές) και με στόχο την ελκυστικότητα των ενεργειακών καταναλώσεων, χωρίς να θιγεί το βιοτικό επίπεδο του πληθυσμού και β) με γενναία πολιτική επενδύσεων για την προώθηση νέων τρόπων παραγωγής ενέργειας (φυσικό αέριο αρ-

χικά, ανανεώσιμες πηγές μακροπρόθεσμα) και με στόχο την υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων, χωρίς ουσιαστικές επιπτώσεις σε βασικά χαρακτηριστικά του ενεργειακού συστήματος (ασφάλεια, σταθερότητα και ανεκτό κόστος λειτουργίας).

Τρεις πρόσφατες δημοσιεύσεις στον ημερήσιο τύπο, επισημαίνουν:

1. (29.7.95) «Ρεκόρ κατανάλωσης ρεύματος»:

Κατά 14% έχει αυξηθεί, σύμφωνα με τους υπολογισμούς της ΔΕΗ, η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος

εξαιτίας της εντατικής και πολυώρης χρήσης κλιματιστικών ουσκειών. Προχθές μάλιστα, η κατανάλωση ρεύματος στο λεκανοπέδιο Αττικής λέγεται ότι σημείωσε νέο «ρεκόρ» (περίπου 6.094 μεγαβάτ), με αποτέλεσμα να προκληθεί κίνδυνος διακοπών ρεύματος. Χρειάζεται οικονομία, λοιπόν. Όσο γίνεται. Γιατί αυτό το «+14%» στην κατανάλωση είναι εντυπωσιακό. Όπως χαρακτηριστικά έλεγε χθες ο γενικός διευθυντής της επιχείρησης, το ύψος των επενδύσεων που θα έπρεπε να γίνουν για να παραχθεί τόσο επιπλέον ρεύμα, ανέρχεται σε περίπου μισό τρια δραχμές!

2. (28.11.95) «Το διοξείδιο του άνθρακα στην Ελλάδα: Δεν είναι εύκολο να μειωθούν οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, γιατί αυτό προϋποθέτει αλλαγές και τεχνολογίες υψηλού κόστους (!). Ο στόχος του ΥΠΕΧΩΔΕ είναι να αυξηθούν οι εκπομπές του CO₂ το 2000 μόνο κατά 15% έναντι του 1990. Αυτό όντως θα είναι μεγάλο επίτευγμα κι αν λείπει το ΥΠΕΧΩΔΕ πως είναι ρεαλιστικό: οι ανάγκες θα αυξάνουν συνεχώς και οι εξαγγελίες του προγράμματος για «δραστική πολιτική εξοικονόμησης ενέργειας» και για υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων με γενναία πολιτική επενδύσεων, την «προώθηση νέων τρόπων παραγωγής ενέργειας (δηλαδή να εκποιοθεθεί το πετρέλαιο από το φυσικό αέριο και «αργότερα»!) από ανανεώσιμες πηγές, μοιάζουν πολυ αισιόδοξες. Οι εναλλακτικές πηγές έχουν κόστος(!) και η περιφνημη «εξοικονόμηση» όλο εξαγγέλεται (και ανατίθεται σε Επιτροπές!) χωρίς να έχει γίνει ως σχεδόν τίποτα.

3. (2.12.95) «Παράλογη πρωτιά της χώρας μας σε εκπομπή CO₂». Φαινομενικά είναι παράλογο, αν και στην πραγματικότητα απόλυτα ερημνεύσιμο. Εμείς, μια χώρα με καθόλου ζηλευτό μέγεθος οικονομίας και από τις τελευταίες σε παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας έχουμε τις μεγαλύτερες, στον κοινοτικό χώρο, εκπομπές CO₂, ανά μονάδα εθνικού προϊόντος.

Μέχρι τώρα, λοιπόν, κάνουμε

έρευνες και μελέτες, οι οποίες διαπιστώνουν μεν την ύπαρξη και το μέγεθος των οξύτατων ενεργειακών προβλημάτων, δεν προτείνουν, όμως, συγκεκριμένες, πειστικές και οικονομικά εφικτές λύσεις αυτών. Το φυσικό αέριο είναι μια καλή σανίδα σωτηρίας, αλλά υπάρχουν και απλούστερες, φθηνότερες και καθαρότερες λύσεις. Μια από αυτές είναι και η αβαθής Γεωθερμία, μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να συμβάλει πολύ θετικά στην αντιμετώπιση: (2, 5 και 13).

α) Της ενεργειακής μας ανεπάρκειας

β) Της ρύπανσης, που προκαλεί το ενεργειακό μας σύστημα και

γ) Της αύξησης των εκπομπών CO₂ και του συνδεδεμένου με αυτές επερχόμενου ενεργειακού φόρου.

Το μισό μεγαβάτ της πρώτης εγκατάστασης του ΕΜΠ μπορούν να ακολουθήσουν εκατοντάδες μεγαβάτ σε λίγα χρόνια και, μάλιστα, χωρίς το υψηλό κόστος άλλων τεχνολογιών (14).

Βιβλιογραφία

1. Αρώνης, Χρ. «Εξοικονόμηση ενέργειας». Δελτίο Πανελληνίου Συνδέσμου Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων, Αθήνα, Οκτώβριος 1994.

2. Pratsch, L.: «Geothermal heat pumps benefit the Consumer, Utility, and Nation». Geo-Heat Center Bulletin. U.S.; Department of Energy, Washington, 1992.

3. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Αξιοποίηση της ομαλής γεωθερμικής ενέργειας στον ελληνικό χώρο». Ανακοίνωση στο Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας του 1991 που δημοσιεύθηκε στα Πρακτικά αυτού. Αθήνα, 1992.

4. Παπαγεωργιάκης, Ι.: Ομαλή γεωθερμική ενέργεια για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος». ΠΥΡΦΟΡΟΣ, τ. 2-3, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1992.

5. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Θέρμανση-ψύξη κτιρίων με αβαθή γεωθερμική ενέργεια στην Ελλάδα». Ανακοίνωση και δημοσίευση στα πρα-

κτικά του 4ου Εθνικού συνεδρίου Ινστιτούτου Ηλιακής Τεχνολογίας για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας. Ξάνθη, 1992.

6. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Χρήση της υπεδαφικής γεωθερμικής ενέργειας για θέρμανση-ψύξη κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου». ΠΥΡΦΟΡΟΣ, τ.4, Ε.Μ.Π. Αθήνα, 1992.

7. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Γεωθερμική αντλία: μια περιβαλλοντική μηχανή». ΠΥΡΦΟΡΟΣ, τ. 10, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1993.

8. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Η πρώτη στην Ελλάδα κατοικία με γεωθερμικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού». Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1993.

9. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Γεωθερμία, χωρίς κόστος για το περιβάλλον». Εφημερίδα ΕΞΙΠΕΣ, ένθετο «Ενέργεια», Ιούνιος 1993.

10. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Η ενέργεια της Γης μπορεί να θερμάνει τα σπίτια μας» (10.4) και «Ηλιογεωθερμία, η νέα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας» (21.8). Εφημερίδα ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 1994.

11. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Κλιματισμός από τη Γη. Τί είναι και πώς λειτουργεί η Ηλιογεωθερμία. Το υπέδαφος κατά του νέφους». Ρεπορτάζ στην εφημερίδα ΤΟ ΒΗΜΑ 5-6-1994.

12. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Ηλιογεωθερμία κατά του νέφους της Αθήνας». ΠΥΡΦΟΡΟΣ, τ. 15, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1994.

13. Παπαγεωργιάκης, Ι.: «Το ενεργειακό πρόβλημά μας και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας». ΠΥΡΦΟΡΟΣ, τ. 16, Ε.Μ.Π. Αθήνα, 1994 και ΕΝΕΡΓΕΙΑ, τ. 9, Αθήνα, Απρίλιος-Μάιος 1995.

15. ΕΜΠ, Μελετητική Ομάδα (επιστημονικός υπεύθυνος Λ. Παπαγιαννάκης): «Η κλιματική μεταβολή. Το Ελληνικό Πρόγραμμα για τον περιορισμό των εκπομπών του CO₂ και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Μελέτη υπό την ευθύνη και εποπτεία του ΥΠΕΧΩΔΕ. Φεβρουάριος 1995.