



Ηλιογεωθερμία, κατά του νέφους της Αθήνας

του Ι. Παπαγεωργάκη

1. Εισαγωγή

Όπως είναι γνωστό, τα καυτά περιβαλλοντικά προβλήματα του Λεκανοπεδίου της Αθήνας που πρέπει να αντιμετωπισθούν όσο το δυνατόν πιο άμεσα, είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, δηλ. το νέφος και το κυκλοφοριακό αδιέξοδο. Τα δύο αυτά προβλήματα έχουν άμεση σχέση μεταξύ τους, καθώς και με την ενεργειακή κατανάλωση. Το κυκλοφοριακό αδιέξοδο, πέρα από τις αφόρητες συνθήκες διακίνησης του πληθυσμού, προκαλεί και ενεργειακή σπατάλη και αύξηση του νέφους. Μιά ακόμη από τις βασικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι και το πετρέλαιο θέρμανσης των κτιρίων και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.

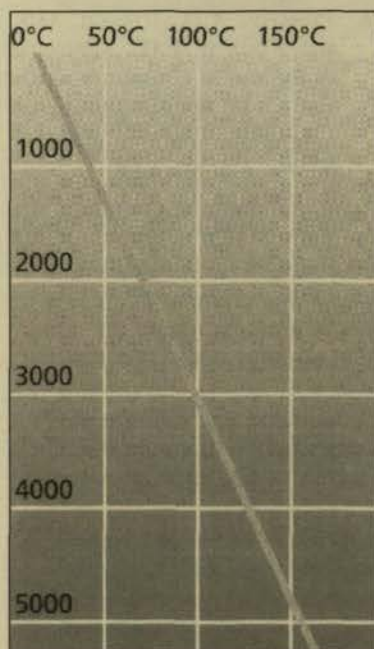
Μέσα στο Λεκανοπέδιο χρειαζόμαστε τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τις μεταφορές και μετακινήσεις, για τη θέρμανση, για την ψύξη, για τις βιοτεχνίες και βιομη-

χανίες, για τις λειτουργίες των κατοικιών και των χώρων εργασίας και ψυχαγωγίας, για ηλεκτροφωτισμούς κ.λπ. Ακόμη και τα 4.000.000 των κατοίκων είναι μικροπομποί θερμικής ενέργειας και διοξειδίου του άνθρακα, αίτιου του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η μορφολογία του Λεκανοπεδίου, το νέφος και το κλίμα το έχουν μετατρέψει σε ένα πνιγηρό και νοσηρό θερμοκήπιο.

Η ενέργεια, που παράγεται από όλες αυτές τις αμέτρητες πηγές (καύσεις, ηλεκτρικό ρεύμα, χημικές αντιδράσεις, κινήσεις, τριβές κοσμοπλυμμήρα), γίνεται τελικά θερμότητα, που προστίθεται στη φυσική θερμότητα του χώρου του Λεκανοπεδίου. Αυτό, όμως, έτσι κι αλλιώς βρίσκεται σε μιά ζεστή κλιματική ζώνη, υποτροπική, που το καλοκαίρι δείχνει σαφή χαρακτηριστικά τροπικού κλίματος. Ας εξετάσουμε τώρα, τι ενέργεια δέχεται το υπέδαφος του Λεκανοπεδίου σε βάθη από 0μ. μέχρι περίπου 100μ.

2. Το υπέδαφος, μια τεράστια αποθήκη θερμότητας

Με το υποτροπικό έως τροπικό κλίμα στη διάρκεια του καλοκαιριού, το υπέδαφος δέχεται τεράστιες ποσότητες θερμικής ενέργειας



Σχ. 1. Η ανοδική γεωθερμική ροή, μια ενεργειακή πηγή για κάθε κτίριο. Κάθε 100 m κάτω από την εδαφική επιφάνεια αυξάνει η θερμοκρασία κατά 3° Κελσίου περίπου. Έτσι σε βάθος 5.000 m φθάνει κάτω 160°C.

Ο Ι. Παπαγεωργάκης είναι Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ.

Το κείμενο αναδημοσιεύεται λόγω των παραλείψεων που είχε κατά τη δημοσίευση στο τεύχος Μαρτίου - Απριλίου.

από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή ζεσταίνει το έδαφος, τα κτίρια, τις τσιμεντένιες, ασφαλτοστρωμένες και πλακοστρωμένες

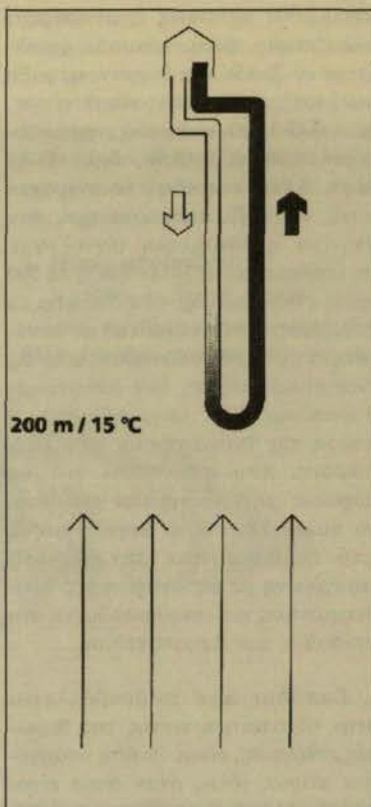
επιφάνειες και κατασκευές. Τις ξεσταίνεται με θερμοκρασίες που συχνά ξεπερνούν τους 40°C και 50°C, σχεδόν από αρχές Μαΐου μέχρι το τέλος Σεπτεμβρίου. Στο διάστημα αυτών των 5 μηνών, δημιουργείται μια θερμική ροή από την εδαφική επιφάνεια προς τα κάτω μέσα στο υπέδαφος, αφού σε βάθος 15-100 μ. επικρατεί μία μόνιμη και σταθερή θερμοκρασία 18-20°C που είναι οι μέσες θερμοκρασίες του έτους στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας. Η εν λόγω θερμική ροή είναι αρκετά ισχυρή, αφού η διαφορά θερμοκρασίας αέρα - υπεδάφους, είναι μεγαλύτερη από 20°C (από 40°C μεφαι στους 18-20°C), ενώ και οι διάφορες κατασκευές με τις θεμελιώσεις τους λειτουργούν ως θερμογέφυρες, που διευκολύνουν αυτή την καθοδική θερμική ροή. Αποτέλεσμα είναι η αποθήκευση μεγάλης ποσότητας ηλιακής θερμότητας μέσα στα υπεδασφικά στρώματα.

Από τα μέσα Νοεμβρίου μέχρι τα μέσα Μαρτίου, δηλ. επί 4 μήνες περίπου, η θερμική ροή μέσα στο υπέδαφος είναι αντίθετη, από κάτω προς τα άνω, αφού οι εδαφικές επιφάνειες κρύνουν στους 8-10° C. Συνέπεια είναι η απώλεια θερμότητας του υπεδάφους προς την ατμόσφαιρα.

Η εισρέουσα στα υπεδασφικά στρώματα ποσότητα ηλιακής θερμότητας, είναι στην Ελλάδα αρκετά μεγαλύτερη, από ό,τι στις βορειότερες χώρες. Από την άλλη μεριά, στο εσωτερικό του φλοιού της Γης επικρατούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες: Σε βάθος 1.000 μ. 40°C σε βάθος 2.000 μ. 70°C, σε βάθος 3.000 μ. 100°C και σε βάθος 5.000 μ. 160°C, περίπου (σχ.1).

Έτσι, αναπτύσσεται η ανοδική γεωθερμική ροή, που φέρνει στα αβαθή υπεδασφικά στρώματα κι' άλλη θερμότητα (γηγενή), που προστίθεται στη θερμότητα από την καθοδική ηλιοθερμική (ή ηλιογενή) ροή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε, ότι σε βάθη 15 -100 μ. του υπεδάφους εισρέει και αποθηκεύεται θερμική ενέργεια από τις δύο φυσικές πηγές, τη γεωθερμική και την ηλιοθερμική, που δημιουργούν



Σχ. 2. Σε βάθος 100 m η θερμοκρασία είναι 12°C στην Ελβετία 22°C στην Ελλάδα. Η διαφορά των 10°C δίνει στη χώρα μας μέχρι το βάθος αυτό ένα τεράστιο επιπλέον απόθεμα σε θερμική ενέργεια της τάξης των 600.000 Mwh ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο εδαφικής επιφάνειας.



Σχ. 3. Στην Ελβετία σήμερα κάπου 6.000 γεωθερμικές εγκαταστάσεις θερμαίνουν ιαόριθμα κτίρια με υπεδασφική ενέργεια (βλέπε κατανομή τους στο χάρτη). Το έτος 2000 θα φθάσουν τις 100.000. Στην Ελλάδα είμαστε ακόμη σχεδόν στο μηδέν παρά το επιπλέον ενεργειακό απόθεμα των 600.000 Mwh που περιέχει το υπεδάφος μας σε κάθε τετραγωνικό χιλιόμετρο.

μια θερμοκρασία σταθερή 18-20°C (1,2). Λόγω της διπλής προέλευσης της ενέργειας, το φαινόμενο αυτό καλείται ηλιογεωθερμία. Όμως, στο Λεκανοπέδιο προστίθεται και η εισαγόμενη θερμότητα, από τη γιγάντια συσσώρευση ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα το κλίμα να γίνει θερμότερο.

Η εισαγόμενη θερμότητα έχει προκαλέσει αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα και του υπεδάφους του Λεκανοπεδίου και συνιστά μία θερμική ρύπανση αυτού, που είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα φαινόμενα της χημικής ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα της πόλης. Η αυξημένη μέση ετήσια θερμοκρασία αποτελεί ένδειξη αποθήκευσης μιας τεράστιας ποσότητας θερμικής ενέργειας στο υπέδαφος του Λεκανοπεδίου. Πόση είναι η ποσότητα της ενέργειας αυτής θα μπορούσε εύκολα να εκτιμηθεί εάν μπορούσαμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία σε διάφορα σημεία, σε βάθη 0-100 μ., τουλάχιστον. Αυτό είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με τις νέες τεχνικές υπεδασφικών θερμομετρήσεων που διαθέτουμε.

Στην περιοχή της Ζυρίχης, που έχει περίπου 1.000.000 κατοίκους, βρέθηκε αύξηση της θερμοκρασίας του υπεδάφους κατά 3° Κελσίου, λόγω της αστικοποίησης. Στην περιοχή του Λεκανοπεδίου η αύξηση αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη, ίσως φθάνει ή υπερβαίνει τους 5° Κελσίου.

3. Εκμεταλλεύσιμη ενέργεια κάτω από την Αθήνα;

Μπορούμε να εκμεταλλευτούμε αυτή τη θερμική ενέργεια, που είναι ανανεώσιμη, καθαρή και βρίσκεται κάτω από τα πόδια μας; Ασφαλώς μπορούμε με τις νέες τεχνολογίες που είναι μάλιστα και σχετικά απλές. Είναι τα γεωθερμικά συστήματα, δηλ. αντλίες θερμότητας νερού - νερού ή νερού - αέρα συνδεδεμένες είτε με παροχή υπόγειου νερού, εάν υπάρχει ή, εάν όχι, με γεωθερμικούς εναλλάκτες, οι οποίοι τοποθετούνται σε γεωτρήσεις και ατλούν τη θερμότητα των πετρωμάτων γύρω απ' αυτές (3,5). Πόση θερμική ενέργεια μπορούμε να α-



Σχ. 4. Οι σωληνώσεις του γεωθερμικού εναλλάκτη επεκτείνονται από τη γεώτρηση μέχρι την αντλία θερμότητας στο εσωτερικό της κατοικίας στον Άγιο Δημήτριο Κοροπιού

ντήσουμε από το υπέδαφος;

Εάν σε μια έκταση ενός τετραγωνικού χιλιομέτρου τοποθετήσουμε γεωθερμικές εγκαταστάσεις, που θα αντλήσουν θερμότητα από το υπέδαφος μέχρι βάθος 100 μ., και σε ένα χρονικό διάστημα, π.χ. ενός έτους, θα προκαλέσουν πτώση της θερμοκρασίας κατά 5° Κελσίου, δηλ. από τους 20°C στους 15°C, η θερμική ενέργεια, που θα πάρουμε, θα είναι ίση περίπου με 300.000 MWh. Με την ενέργεια αυτή μπορούμε να θερμάνουμε και να ψύξουμε, χρησιμοποιώντας αντλίες θερμότητας, κάπου 5.000 κατοικίες.

Εξάλλου, οι δοκιμές και εφαρμογές στις Η.Π.Α. και Ελβετία, έδειξαν ότι σε ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο μπορούμε, θεωρητικά εάν δεν υπάρχουν εμπόδια, να κατασκευάσουμε 10.000 γεωθερμικές εγκαταστάσεις. Κάθε γεωθερμική εγκατάσταση με γεώτρηση και γεωθερμικό εναλλάκτη, μήκους (βάθους) 100 μ., θα έχει ισχύ 7-8kW. Συνεπώς, σε ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο μπορούμε να έχουμε 10.000 γεωθερμικές εγκαταστάσεις, που θα έχουν συνολική θερμική ισχύ $10.000 \times 7 \text{ kW} = 70.000 \text{ kW} = 70 \text{ MW}$ (5,6).

Σε κάθε τετραγωνικό χιλιόμετρο (δηλ. 1.000 στρέμματα), μπορούν να υπάρχουν ή να κατασκευαστούν

1.000-2.000 κατοικίες ή αντίστοιχα άλλα κτίρια. Κάθε κατοικία χρειάζεται 10-20 kW για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης και συνεπώς, οι 1.000-2.000 κατοικίες, χρειάζονται 10.000-40.000kW, δηλ. 40-80 εκατ. kWh ετησίως. Η ενέργεια αυτή, όπως βλέπουμε, μπορεί, εάν υπάρχει η κατάλληλη τεχνολογία, να ληφθεί από τα 70.000kW ή τα 300 εκατ. kWh ετησίως, που διαθέτει το υπέδαφος. Και τα διαθέτει με δυνατότητα συνεχούς ανανέωσης από τις ενεργειακές πηγές, που αναφέραμε παραπάνω. Και ίσως μάλιστα, η πτώση της θερμοκρασίας του υπεδάφους, που απαιτείται για να πάρουμε την παραπάνω ενέργεια, να καλύπτεται κατά μεγάλο μέρος από τη θερμότητα, την τεχνητά εισαγόμενη με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και αποθηκευόμενη στο υπέδαφος του Λεκανοπεδίου.

Εμπόδιο που παρεμβάλλεται στην αξιοποίηση αυτής της θερμικής ενέργειας, είναι τα ήδη υπάρχοντα κτίρια, ιδίως όταν αυτά είναι πυκνά. Μπορούμε, όμως, να αρχίσουμε με τα ανακαινιζόμενα και κατασκευαζόμενα νέα κτίρια και αυτά που θα κατασκευάζονται στο προσεχές μέλλον. Ιδιαίτερα, σε μερικές κατηγορίες κτιρίων, που καταναλίσκουν μεγάλες ποσότητες πετρελαίου για θέρμανση και παραγωγή

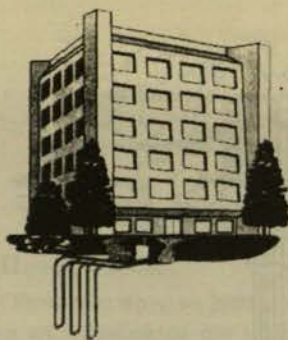
γή ζεστού νερού χρήσης, καθώς και ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό, όπως είναι τα νοσοκομεία, πρέπει να εφαρμοσθούν άμεσα τα γεωθερμικά συστήματα, ώστε να επωφεληθούν τα ίδια και το ευρύτερο περιβάλλον τους από τα πλεονεκτήματα που αναφέραμε.

Η εφαρμογή γίνεται είτε σε μεμονωμένα μικρά ή μεγάλα κτίρια, ή σε πολυκατοικίες και ομάδες κτιρίων με κεντρικούς γεωθερμικούς σταθμούς και δίκτυα σωληνώσεων παροχής και δίκτυα σωληνώσεων παροχής (ηλεκθέρμανση, τηλεκλιματισμός).

Η ιδέα της αξιοποίησης για τις ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων μας, έστω εν μέρει, της θερμότητας, που απορρίπτεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες μιας πόλης και που προκαλεί τη θερμική ρύπανση αυτής, ακούγεται σαν ουτοπιστική υπερβολή. Κι όμως, βασίζεται σε μία απλή φυσική λογική: Τα χρησιμοποιούμενα για το σκοπό αυτό γεωθερμικά συστήματα το χειμώνα απορροφούν (αντλούν) από το υπέδαφος του κτιρίου, θερμότητα για τη θέρμανση, δημιουργώντας στα πετρώματα γύρω από τη γεώτρηση (γεωθερμικό εναλλάκτη) μια ψυχρή ζώνη. Το καλοκαίρι, αντίθετα, αφαιρούν την (ενοχλητική) θερμότητα του κτιρίου και τη διοχετεύουν (αποθηκεύουν) στην ψυχρή (από τον



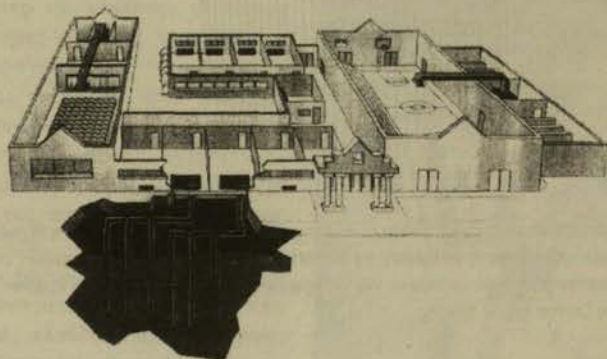
Σχ. 5. Ο γεωθερμικός εναλλάκτης βρίσκεται σε γεώτρηση στη γωνία του πλακόστρωτου κοντά στο δέντρο (όπως δείχνει το βέλος). Είναι μια πηγή ενέργειας, που καταργεί το ρυπογόνο πετρέλαιο, ενώ, ακόμη προσφέρει και ψύξη.



θερμότητας. Συνεπώς, με τις γεωθερμικές εγκαταστάσεις θα αξιοποιηθούμε την υπεδάφιακή ενέργεια προς όφελος της πόλης χρησιμοποιώντας ένα ανανεώσιμο και περιβαλλοντικά καθαρό απόθεμα θερμότητας τόσο φυσικής, όσο και τεχνητής προέλευσης.

4. Πόσο στοιχίζει;

Ας έλθουμε, όμως, και στο επίσης καιρίο πρόβλημα της οικονομικής πλευράς της εφαρμογής των γεω-



Σχ. 6 και 7. Ομάδες κατακόρυφων γεωθερμικών εναλλακτών, καθώς και υπόγεια νερά μπορούν να προσφέρουν θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης σε κτίρια οιοδήποτε μεγέθους ή κτιριακού συγκριτήματος αξιοποιώντας την υπεδάφιακή θερμότητα

χειμώνα) υπεδάφιακή ζώνη. Με τη διαδικασία αυτή της εναλλασσόμενης θέρμανσης - ψύξης επιτυγχάνουμε υψηλό βαθμό εξοικονόμησης ενέργειας, όχι μόνο στο πετρέλαιο και στο ηλεκτρικό ρεύμα, αλλά ακόμη και στην υπεδάφιακή ενεργειακή πηγή.

Οι αναφερομένες παραπάνω ποσότητες ενέργειας, που απαιτούνται ετησίως για θέρμανση - ψύξη κτιρίων και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης ανά km^2 , θα ληφθούν κατά τα 2/3 έως 3/4 από το υπέδαφος με μέση χειμερινή ψύξη αυτού κατά μερικούς βαθμούς, ασφαλώς λιγότερους των 5° Κελσίου, που κατ'επίμηση είναι η τεχνητή θερμοκρασιακή αύξηση στο υπέδαφος του Λεκανοπεδίου, που έχει προκληθεί από την αστικοποίησή του. Κατά το υπόλοιπο 1/3 - 1/4 η απαιτούμενη ενέργεια θα καλυφθεί από το ηλεκτρικό δίκτυο ή από φυσικό αέριο και θα καταναλωθεί για τη λειτουργία των συμπιεστών των αντλιών

θερμικών συστημάτων. Εάν υπάρχει στο οικοπέδο πηγάδι η γεώτρηση με σταθερή παροχή υπόγειου νερού, η δαπάνη δεν είναι μεγαλύτερη από αυτή μίας συμβατικής εγκατάστασης θέρμανσης - ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Εάν δεν υπάρχει, το κόστος επιβαρύνεται με την κατασκευή της γεώτρησης. Μία κατοικία εμβαδού 150 τετραγ. μέτρων, χρειάζεται μία γεώτρηση βάθους 150 μ. ή δύο των 75μ. η κάθε μία. Η δαπάνη (μαζί με το γεωθερμικό εναλλάκτη) φθάνει σήμερα τις 1.500.000 δρχ. περίπου. Η απαιτούμενη ατλία θερμότητας (με πηγή νερό) στοιχίζει περίπου 1.000.000 δρχ. Τα προϊόντα αυτά δεν παράγονται σήμερα στην Ελλάδα και, φυσικά όταν αναπτυχθεί εγχώρια βιομηχανία παραγωγής τους, οι παραπάνω τιμές τους θα μειωθούν σημαντικά.

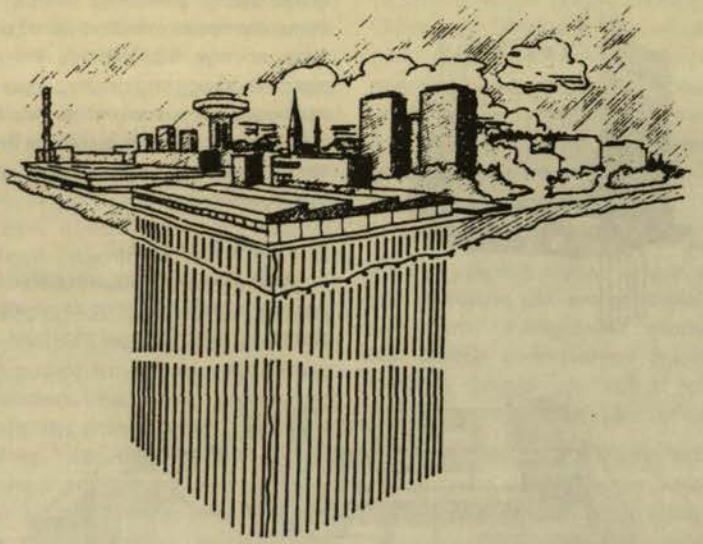
Το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης μίας γεωθερμικής εγκατάστασης, είναι περίπου το μισό του

αντίστοιχον κόστους μίας συμβατικής εγκατάστασης θέρμανσης - ψύξης. Η πλήρης απαλλαγή του κτιρίου από την ανάγκη του ρυπογόνου πετρελαίου για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, αποτελεί πρόσθετο πλεονέκτημα του γεωθερμικού συστήματος. Ας δούμε τώρα, για σύγκριση, τι επιτύχαμε για εξοικονόμηση ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος με τις 600.000 ηλιακών θερμοσιφώνων, που καταφέραμε να εγκαταστήσουμε στη χώρα μας την τελευταία 20/ετία, και που μας δίνουν μιά πρωτιά στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι εγκαταστάσεις αυτές, σημερινής δαπάνης κάπου 180 δισ. δραχμών, έχουν συνολική ισχύ 150 MW και ετήσια παραγωγή 1.200.000 MWh θερμικής ενέργειας, αξίας 30 δισ. δραχμών, και ισοδύναμης με περίπου 160.000 τόνους πετρελαίου. Εκτιμάται ότι το μισό περίπου των παραπάνω ηλιακών θερμοσιφώνων, βρίσκεται στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας, προσφέροντας σ' αυτό σημαντικά ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Εάν σ' ένα 15/ετές ή 20/ετές πρόγραμμα κατασκευάσουμε στο Λεκανοπέδιο 125.000 γεωθερμικές εγκαταστάσεις, δαπάνης 300 δισ. δραχμών, που θα μπορεί να καλυφθεί κυρίως από το ιδιωτικό κεφάλαιο, θα επιτύχαμε ετησίως (σύμφωνα με μελέτη μας) με κόστος 40 δισ. δραχμών, παραγωγή θερμικής και ψυκτικής ισχύος 1.200 MW, από τα οποία 400 MW, το πολύ, θα προέρχονται από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. και 800 MW, τουλάχιστον, από το υπέδαφος. Με αυτή την ισχύ θα παράγουμε περίπου 5.100.000 MWh θερμικής και ψυκτικής ενέργειας, αξίας 120 δισ. δραχμών και ισοδύναμης με 440.000 τόνους πετρελαίου. Τουλάχιστον το μισό του πετρελαίου αυτού θα εξοικονομείται από τη θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού των κτιρίων του Λεκανοπεδίου, ενώ μεγάλο μέρος του υπόλοιπου θα εξοικονομείται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στους σταθμούς της ΔΕΗ.

5. Συμπέρασμα

Η ηλιογεωθερμική ενέργεια στην



Σχ. 8. Σε βιομηχανικά συγκροτήματα ή σε οικισμούς μπορεί η απορριπτόμενη θερμότητα ή και η θερμότητα από ηλιακούς συλλέκτες να διοχετεύεται με τη βοήθεια γεωθερμικών εναλλακτών και να αποθηκεύεται στο υπέδαφος για να χρησιμοποιείται για θέρμανση κτιρίων και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

οποία έχει προστεθεί στις αστικές περιοχές και ποσότητα ανθρωπογενούς θερμότητας, μπορεί όχι μόνο να χρησιμοποιηθεί για εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και να αποτελέσει ένα σημαντικό παράγοντα ατμοσφαιρικής (κυρίως) αντιρρύπανσης για το Λεκανοπέδιο της Αθήνας, όπως και άλλων αστικών περιοχών, που έχουν παρόμοια περιβαλλοντικά και ενεργειακά προβλήματα. Η διάδοση των γεωθερμικών εγκαταστάσεων, που χρησιμοποιούν το υπέδαφος ως ενεργειακή πηγή, πρέπει να προωθηθεί άμεσα, ώστε μαζί με τα άλλα μέτρα, όπως είναι το μετρό, η ευρεία διάδοση της ηλεκτροκίνησης στα μαζικά μέσα μεταφοράς, τα καταλυτικά αυτοκίνητα, οι οδικοί άξονες ταχείας κυκλοφορίας, η αναβάθμιση βεβαρυσμένων περιοχών, όπως του Ελαιώνα και των εμπορικών κέντρων της Αθήνας και του Πειραιά, να επιτευχθεί επιτέλους μια αισθητή βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Ειδικότερα στο κέντρο της Αθήνας και γύρω από τη Ακρόπολη, θα μπορούσαν να καταργηθούν:

1. Κάθε χρήση καυσίμου, πλην ίσως του φυσικού αερίου, και

2. Κάθε κυκλοφορία μη ηλεκτροκίνητων μέσων μεταφοράς, πλην ίσως των καταλυτικών αυτοκινήτων, εφ' όσον πράγματι αυτά προκαλούν πολύ χαμηλή ρύπανση.

Σημειώνουμε τέλος, ότι η εφαρμογή γεωθερμικών συστημάτων στα κτίρια, έχει ενεργητικές επιπτώσεις, όχι μόνο στην ατμοσφαιρική ρύπανση, αλλά και σε άλλους τομείς υποβάθμισης του αστικού περιβάλλοντος, αφού:

α) απαλλάσσει ή περιορίζει τη ρύπανση, που προκαλείται από τη διακίνηση του πετρελαίου (κυκλοφορία βυτιοφόρων, αποθήκευση στα βενζινάδικα και στα κτίρια, σωληνώσεις μεταφοράς), και

β) απαλλάσσει τα κτίρια από τις οχληρές και δαπανηρές στη συντήρηση εγκαταστάσεις, όπως του λέβητα - καυστήρα, της δεξαμενής πετρελαίου, της καπνοδόχου καυσαερίων και των κλιματιστικών συσκευών, ιδιαίτερα αυτών που επιβαρύνουν τις προσόψεις των κτιρίων.

Μια τυπική γεωθερμική εγκατάσταση κατοικίας αποτελείται από:

1. Τη γεώτρηση (με τον γεωθερμικό εναλλάκτη), που δεν καταλαμβάνει κανένα ορατό χώρο, ή την παροχή υπόγειου νερού (από γεώτρηση ή πηγάδι), που καταλαμβάνει ελάχιστο ορατό χώρο.

2. Την ανλία θερμότητας (με διαστάσεις και καθαρότητα ενός οικιακού ψυγείου τροφίμων), και

3. Το boiler για αποθήκευση του ζεστού νερού χρήσης, με διαστάσεις ενός κοινού θερμοσίφωνα.

Η εφαρμογή ενός 15/ετούς ή 20/ετούς προγράμματος διάδοσης των εν λόγω συστημάτων, μπορεί να αρχίσει αμέσως. Χωρίς χρονοβόρες και δαπανηρές μελέτες και κατασκευές έργων υποδομής. Μόνο με λίγα εκατομμύρια δραχμών για επιδότηση αριθμού γεωθερμικών εγκαταστάσεων σε υπό κατασκευή ή ανακαινιζόμενα κτίρια, για ενθάρρυνση του ιδιωτικού και βιομηχανικού ενδιαφέροντος, όπως γίνεται ήδη στις Η.Π.Α. (7) και σε άλλες χώρες.

(1) Ι.Παπαγεωργιάκη: «Ομαλή γεωθερμική ενέργεια για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος», ΠΥΡΦΟΡΟΣ, τ. 2-3, 1992.

- (2) Ι.Παπαγεωργιάκη: «Ενεργειακός κουμπαράς τα πετρώματα του υπεδάφους», Καθημερινή, 8-8-1993.
- (3) Ι.Παπαγεωργιάκη: «Γεωθερμική αντλία: μια περιβαλλοντική μηχανή», ΠΥΡΦΟΡΟΣ, τ. 10, 1993.
- (4) Ι.Παπαγεωργιάκη: «Το υπέδαφος, ένα φυσικό aircondition», Καθημερινή, 7-11-1993.
- (5) Ι.Παπαγεωργιάκη: «Η πρώτη στην Ελλάδα κατοικία με γεωθερμικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού». Έκδοση Ε.Μ.Π. 1993. Επίσης ΠΥΡΦΟΡΟΣ, τ. 11, 1994.
- (6) Ι.Παπαγεωργιάκη: «Κλιματισμός από τη Γη. Τι είναι και πώς λειτουργεί η Ηλιογεωθερμία. Το υπέδαφος κατά τον νέφους». Ρεπορτάζ στην εφημερίδα ΤΟ ΒΗΜΑ, 5-6-94.
- (7) L.Pratsch: «Geothermal heat pumps benefit the Consumer, Utility, and Nation», Geo-Heat Center Bulletin, U.S. Department of Energy, Washington (1992).