

Θέρμανση κτιρίων με αβαθή γεωθερμική ενέργεια

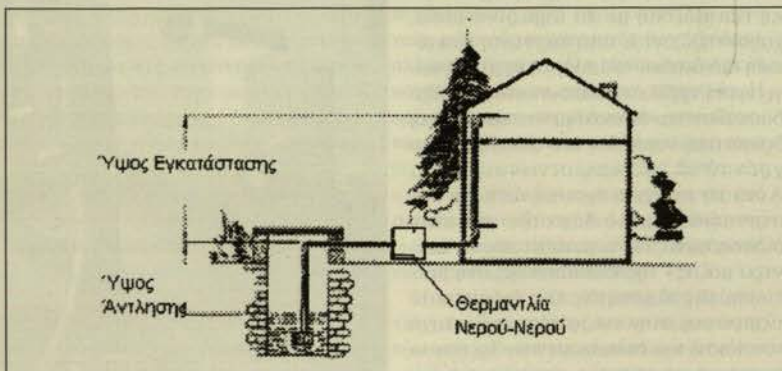
εφαρμογή του Συστήματος «Παπαγεωργάκη»

του Μιχάλη Γρ. Βραχόπουλου

Εισαγωγή

Στο υπέδαφος κάθε τόπου, συνεπώς και κάθε κτιρίου, επικρατεί μόνιμη και σταθερή θερμική ροή, με κατεύθυνση προς τα άνω, που εκδηλώνεται με τη γεωθερμική βαθμίδα, δηλαδή την αύξηση της θερμοκρασίας ανά μονάδα μήκους με το βάθος στο φλοιό της γης. Η ομαλή γεωθερμική βαθμίδα είναι περίπου 0,3 K/m. Μέχρι σήμερα στην Ελλάδα, ερευνώνται μόνο τα ανώμαλα γεωθερμικά πεδία, και μάλιστα, αυτά που έχουν αισθητά αυξημένη γεωθερμική βαθμίδα, σημαντικά μεγαλύτερη των 0,3 K/m. Αντίθετα, σε άλλες χώρες η έρευνα και η αξιοποίηση, τόσο της ομαλής γεωθερμικής ενέργειας, όσο και αυτής που οφείλεται σε ελαφρά αυξημένη γεωθερμική βαθμίδα, έχουν προχωρήσει σημαντικά. Η αξιοποίηση επιτυγχάνεται είτε με βαθιές γεωτρήσεις, βάθους άνω των 1000 m, στις οποίες αναζητούμε υπόγεια νερά θερμοκρασίας άνω των 50° C, είτε με αβαθείς γεωτρήσεις, βάθους 50-150 m, στις οποίες εκμεταλλευόμαστε τη θερμική ενέργεια με τη χρήση αντλιών θερμότητας. Με αυτές μπορούμε επίσης να εκμεταλλευτούμε και το θερμικό περιεχόμενο των αβαθών υπογείων υδάτων σε γεωτρήσεις ή φρέατα ή ακόμα και άμεσα το θερμικό περιεχόμενο των πετρωμάτων.

Με τη χρήση αντλίας θερμότητας νερού - νερού, είναι δυνατόν να εκμεταλλευτούμε με οικονομικό όφελος, ακόμη και θερμοκρασίες του υπεδάφους 8° - 10° C. Στις χώρες της Κεντρι-



Σχήμα 1. «Τρόποι χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας.»

κής και Βόρειας Ευρώπης και στον Καναδά, σ' αυτές τις θερμοκρασίες βασίζεται η λειτουργία των γεωθερμικών αντλιών, δηλαδή των αντλιών θερμότητας που εκμεταλλεύονται την υπεδάφια θερμική ενέργεια.

Σε βάθη 0-150 m έχουμε αποθηκευμένη θερμική ενέργεια που προέρχεται και ανανεώνεται συνεχώς από δύο πηγές: τη γεωθερμική, που βρίσκεται στο εσωτερικό της γης, και την ηλιακή, που με την ακτινοβολία της, διοχετεύει θερμική ενέργεια μέσω της εδαφικής επιφανείας στο υπέδαφος. Λόγω του κλίματος και της γεωγραφικής θέσεως της χώρας μας, η ποσότητα ηλιακής θερμικής ενέργειας που αποθηκεύεται στο υπέδαφος αυτής είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι στις βορειότερες χώρες. Έτσι, οι υπεδάφια θερμοκρασίες σε βάθη 0-150 m, είναι εδώ 15° - 20° C, που είναι πολύ πιο ευνοϊκές για την απόδοση των γεωθερμαντλιών και δίνουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης πολύ μεγαλύτερων ποσοτήτων θερμικής ενέργειας.

Γίνεται φανερό λοιπόν, ότι σε βάθη 0-150 m, τα υπεδάφια στρώματα πετρωμάτων και τα υπόγεια νερά μετωρικής προέλευσης αποθηκεύουν τεράστιες ποσότητες ηλιακής θερμικής ενέργειας, οι οποίες μαζί με την από τα βαθύτερα στρώματα του φλοιού της

γης ανερχόμενη γεωθερμική ενέργεια, δημιουργούν ένα ενεργειακό απόθεμα, το οποίο καλείται αβαθές γεωθερμικό και το οποίο αποτελεί μια περιβαλλοντικά καθαρή ενεργειακή πηγή και προσφέρεται για εκμετάλλευση με αντλίες θερμότητας.

Εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας ομαλής ενθαλπίας (χαμηλής θερμοκρασίας)

Στην Τεχνολογία κάθε θερμική ενέργεια που λαμβάνεται από το υπέδαφος ή τα βαθύτερα στρώματα της Γης, σχήμα 1, καλείται γεωθερμική, έστω και εάν μέρος αυτής, είναι ηλιακής προέλευσης. Επίσης, μια γεωθερμική πηγή χαρακτηρίζεται ως χαμηλής θερμοκρασίας (ενθαλπίας), όταν παρέχει θερμική ενέργεια θερμοκρασίας 100° - 200° C και ομαλής θερμοκρασίας ή ενθαλπίας, όταν παρέχει θερμική ενέργεια με χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Η γεωθερμική ενέργεια ομαλής θερμοκρασίας παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα και ορισμένα μειονεκτήματα, σε σχέση με την ηλιακή και την αιολική ενέργεια, από πλευράς εκμετάλλευσης.

Πλεονεκτήματα:

1. Είναι διαθέσιμη με σταθερές παροχές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες και σχεδόν παντού.

Ο Μ. Βραχόπουλος είναι Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Επιστ. συνεργάτης Ε.Μ.Π., καθηγητής ΑΣΕΤΕΜ - ΣΕΛΕΤΕ. Το κείμενο υπεβλήθη για δημοσίευση ως μια μικρή συμβολή στη μνήμη του στενού συνεργάτη και φίλου του συγγραφέως Γιάννη Παπαγεωργάκη, που είχε διαθέσει τα τελευταία χρόνια της ζωής του στη διάδοση του παραπάνω συστήματος..

2. Οι απαιτήσεις, σε χώρο, μιας εγκατάστασης εκμετάλλευσης, είναι ασήμαντες και δεν δημιουργούν αρχιτεκτονικά ή αισθητικά περιβαλλοντικά προβλήματα.

3. Οι πολύ χαμηλές υπεδαφικές θερμοκρασίες (κάτω των 25° C) σε συνδυασμό με γεωθερμικές αντλίες, προσφέρονται για την παραγωγή τόσο θερμού, όσο και ψυχρού νερού, δηλαδή για θέρμανση και ψύξη χώρων.

Μειονεκτήματα:

1. Το σχετικά υψηλό αρχικό κόστος της εγκατάστασης, που μπορεί να απαιτήσει σημαντικές δαπάνες για γεωτρήσεις και εναλλάκτες θερμότητας.

2. Η χαμηλή ισχύς της αβαθούς γεωθερμικής ενέργειας.

Η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας ομαλής ενθαλπίας με γεωθερμικές αντλίες, άρχισε στις τεχνολο-

γίες παρακάτω ο πίνακας 1, κατανομή θερμικών απαιτήσεων κτιρίων, ανάλογα με την ποιότητα της μόνωσης. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης συμβατικής κεντρικής θέρμανσης, όταν χρησιμοποιούνται αξιόπιστες συσκευές, ανέρχεται για την 1^η περίπτωση (του πίνακα 1), σήμερα, στο ποσό των 1.5 εκατ. δραχμών περίπου και για τη κατασκευή ενδοδαπέδιας εγκατάστασης, το κόστος ανέρχεται στο ποσό των 2.6 εκατ. δραχμών. Στην περίπτωση συμπλήρωσης και θερινού κλιματισμού, η εγκατάσταση επιβαρύνεται με ποσό, επίσης, περίπου 1.5 εκατ. δραχμών. Για την ίδια κατοικία, όταν στην εγκατάσταση κλιματισμού εφαρμοστεί το σύστημα εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας, το κόστος κατασκευής ανέρχεται στο ποσό των 4.5 εκατ. δραχμών, περίπου, ενώ για την κατασκευή ενδοδαπέδιας εγκατάστασης, το κόστος ανέρχε-

4. Τέλος, το κόστος λειτουργίας μιας εγκατάστασης θέρμανσης και ψύξης. Ειδικά, σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, όπου παρουσιάζονται απαιτήσεις θέρμανσης επί 6 μήνες για 20 ώρες την ημέρα περίπου. Για κατοικία με πολύ καλή μόνωση απαιτείται ενέργεια ύψους 25.000 kWh/έτος, ενώ οι απαιτήσεις θερινού κλιματισμού, ανέρχονται σε 41.600 kWh ετησίως.

Το σύστημα αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας, παρουσιάζει για τις ίδιες θερμικές και ψυκτικές ανάγκες μέσο ετήσιο βαθμό εκμετάλλευσης περίπου 4, με αποτέλεσμα οι πραγματικές ενεργειακές καταναλώσεις να ανέρχονται σε 6.650 kWh/έτος.

Η οικονομία στη λειτουργία μεταξύ των δύο αυτών εγκαταστάσεων, ανέρχεται στο ποσό των 34.950 kWh/έτος, με αποτέλεσμα η απόδοση του επιπλέ-

Πίνακας 1: «Μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων κατοικίας συναρτήσει της μόνωσης»

a/a	Ποιότητα από άποψη μόνωσης	Ολικός συντελεστής θερμικής διαπερατότητας	Θερμικές ανάγκες
1	Πολύ καλή μόνωση	W/m ² K	kW
2	Μέσης ποιότητας μόνωση	0.6	7.0
3	Ελλιπούς ποιότητας μόνωση	1.4	14.5

γικά προηγμένες χώρες, όπως είναι οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, η Σουηδία, η Γαλλία, η Ελβετία και η Γερμανία γύρω στο 1980, μετά την άνοδο των τιμών πετρελαίου στη δεκαετία του 1970. Μέχρι το 1990 υπήρχε σε λειτουργία σημαντικός αριθμός εγκαταστάσεων με γεωθερμικές αντλίες στις χώρες αυτές, που αυξάνεται με ταχύ ρυθμό.

Εναντι του συμβατικού συστήματος θέρμανσης, το σύστημα εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, από άποψη ασφαλούς λειτουργίας, θέρμανσης του χώρου και συχνότητας ρυθμίσεων. Το ουσιαστικότερο πλεονέκτημα όμως, είναι το λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης που αναπτύσσεται πιο κάτω.

Συγκριτική μελέτη κόστους εγκατάστασης και κόστους λειτουργίας

Σε κατοικία επιφανείας 100 m², η οποία παρουσιάζει ορθή θερμική συμπεριφορά, είναι δηλαδή καλά μονωμένη και εμφανίζει μέση τιμή του ολικού συντελεστή θερμικής διαπερατότητας (U) περίπου 0.6 W/m²K, το ύψος των θερμικών αναγκών ανέρχεται στα 7kW. Ενδεικτικά παρουσιάζε-

ται στο ποσό των 5.6 εκατ. δραχμών.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος άντλησης γεωθερμικής ενέργειας, έναντι της κεντρικής θέρμανσης και ψύξης, ορίζονται στα:

1. Η συμβατική εγκατάσταση απαιτεί μεγάλο χώρο για την εγκατάσταση των συσκευών παραγωγής θερμού νερού, αποθήκευσης καυσίμου, διαφυγής καυσαερίων στην ατμόσφαιρα, κ.λπ., καθώς και για την απόρριψη θερμότητας στο περιβάλλον.

2. Η κεντρική θέρμανση παρουσιάζει συχνά ακαθαρσίες κατά τη λειτουργία και μόνιμο κίνδυνο, με την ύπαρξη φλόγας στο υπόγειο (χώρο λεβητοστασίου) καθώς και θερμικούς ρύπους στον περιβάλλοντα αέρα, το χειμώνα και το θέρος.

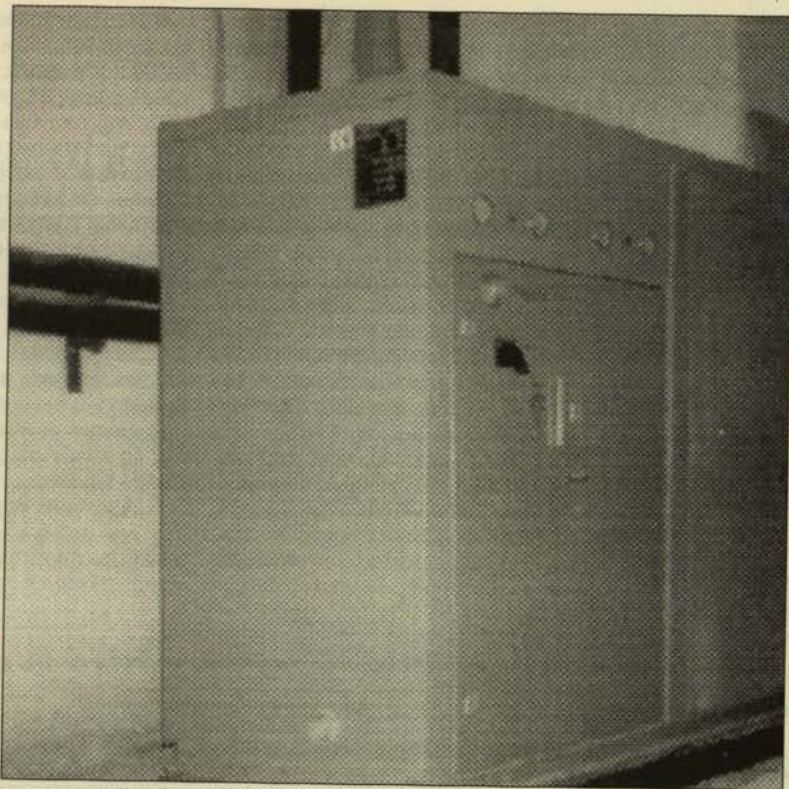
3. Η κεντρική θέρμανση απαιτεί συχνά καθαρισμό και ρυθμίσεις, ενώ για περιοχές που επικρατεί θερμοκρασία κάτω των 5° C, απαιτεί ειδική προθέρμανση στο πετρέλαιο για αποφυγή στερεοποίησης της παραφίνης και του κεριού που περιέχει. Κατά το θέρος στην εγκατάσταση συμβατικού κλιματισμού, μειώνεται σημαντικά η απόδοση όταν παρουσιάζονται υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

ον κόστους κατασκευής, που παρουσιάζει η γεωθερμική εγκατάσταση, να επιτελείται σε μικρό χρόνο, αν ληφθούν υπόψη οι σημερινές τιμές αγοράς.

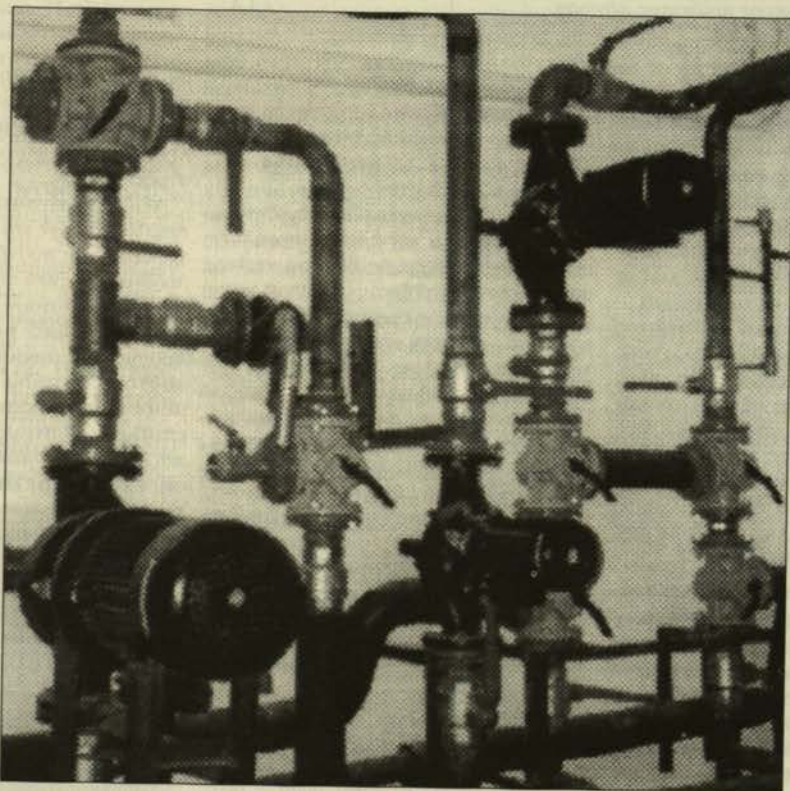
Αξίζει να τονιστεί ότι ο όγκος των εγκαταστάσεων και των συσκευών του γεωθερμικού συστήματος, αντιστοιχεί περίπου στο 30% του χώρου που απαιτεί η εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης και ψύξης, με αποτέλεσμα την πραγματική (ουσιαστική) μείωση του κόστους κατασκευής, λόγω χρήσης μικρότερου χώρου. Η απόδοση του επιπλέον κόστους κατασκευής, που παρουσιάζει η γεωθερμική εγκατάσταση, επιτελείται σε χρόνο μικρότερο των 7.5 ετών, κατά τη δυσμενέστερη για το γεωθερμικό σύστημα περίπτωση (βλέπε πίνακα 2).

Στο γεωθερμικό σύστημα δεν απαιτείται δεξαμενή πετρελαίου και τα προβλήματα που αυτή επιφέρει (οσμές, ρύποι, κίνδυνος). Στα σχήματα 2, 3 και 4 παρουσιάζεται η σύνδεση των συσκευών (αντλίες, πλακοειδής εναλλάκτης) και τα μηχανήματα μιας γεωθερμικής εγκατάστασης.

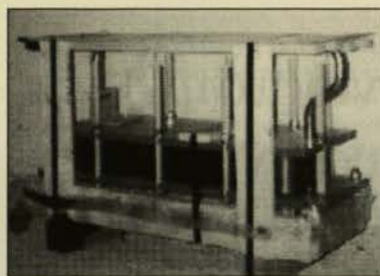
Σημαντικότερο πλεονέκτημα επίσης του συστήματος, είναι η δυνατότητα



Σχήμα 2: Γεωθερμαντλία - HP W-W



Σχήμα 3: Σύνδεση Μηχανοστασίου



Σχήμα 4: Πλακοειδής Εναλλάκτης, πριν την εγκατάσταση.

χρήσης ειδικού αυτοματισμού, εφόσον δεν παρουσιάζει κινδύνους κατά τη λειτουργία. Ο αυτοματισμός αυτός μπορεί να ενεργοποιηθεί από απόσταση (π.χ. μέσω τηλεφώνου), με αποτέλεσμα το σύστημα να ενεργοποιείται μερικώς, με περίπου μηδενικό κόστος λειτουργίας και να συντηρεί το κτίριο, όταν αυτό είναι για καρό άδειο ή όποτε απαιτείται μερική κάλυψη των φορτίων, σε θερμοκρασία πολύ κοντά στις θερμοκρασιακές απαιτήσεις (π.χ. 17° C το χειμώνα και 29° C το θέρος), με αποτέλεσμα την επιπλέον μείωση του

κόστους λειτουργίας και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Παρακάτω παρατίθεται ο συγκριτικός πίνακας 2, όπου παρουσιάζεται η ετήσια οικονομία και ο ολικός χρόνος απόσβεσης της παρουσιαζόμενης αρχικής επιβάρυνσης.

Συμπεράσματα

Το σύστημα Παταγεωργάκη, της εκμετάλλευσης δηλαδή της αβαθούς γεωθερμίας, στην Ελλάδα, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι δίνει λύσεις σε μια σειρά προβλήματα όπως:

Είναι περιβαλλοντικά φιλικό. Ειδικά

Πίνακας 2: Συγκριτικά στοιχεία ετήσιας οικονομίας της Εγκατάστασης μεταξύ του συστήματος Παταγεωργάκη και συμβατικής εγκατάστασης κλιματισμού, καθώς και ο χρόνος απόσβεσης σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος

	Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος σε C τὰ το χειμώνα (7 μήνες).	Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος σε C τὰ το θέρος (3 μήνες)	Θερμοκρασία κτιρίου σε C (χειμώνα - Θέρος)	Κόστος εγκατάστασης καλωφάτε για θέρμανση και Δ/Θ για δροσισμό σε γλ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 1ο χρόνο σε γλ. δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 2ο χρόνο σε γλ. δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 3ο χρόνο σε γλ. δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 4ο χρόνο σε γλ. δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 5ο χρόνο σε γλ. δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 6ο χρόνο σε γλ. δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 7ο χρόνο σε γλ. δαχ.	Συνολική διατήρηση 1ης επταετίας (εγκατάσταση + πετρέλαιο + ΔΕΗ + συντήρηση) σε γλ. δαχ.
					I	II	III	IV	V	VI	VII	
1	15	38	22-26	3000	400	420	441	463	486	511	536	6257
2	10	34	22-26	3500	417	438	460	483	507	αρκεί πενταετία		5805
3	5	30	22-26	4000	435	457	480			αρκεί τριετία		5372
	Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος σε C τὰ το χειμώνα (7 μήνες).	Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος σε C κατά το θέρος (3 μήνες)	Θερμοκρασία κτιρίου σε C (χειμώνα - Θέρος)	Κόστος εγκατάστασης γεωθερμικού συστήματος ψύξης θέρμανσης σε δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 1ο χρόνο σε δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 2ο χρόνο σε δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 3ο χρόνο σε δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 4ο χρόνο σε δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 5ο χρόνο σε δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 6ο χρόνο σε δαχ.	Κόστος λειτουργίας των δύο συστημάτων κατά τον 7ο χρόνο σε δαχ.	Συνολική διατήρηση 1ης επταετίας (εγκατάσταση + λειτουργία + (ΔΕΗ) + συντήρηση) σε δαχ.
					I	II	III	IV	V	VI	VII	
1	15	38	22-26	4500	195	205	215	226	237	248	261	6087
2	10	34	22-26	4500	196	206	216	227	238	αρκεί πενταετία		5583
3	5	30	22-26	4500	197	207	217			αρκεί τριετία		5121

την περίοδο του θέρους, όταν δηλαδή παρουσιάζονται έντονα τα φαινόμενα του νέφους, των υψηλών θερμοκρασιών και του θερμοκηπίου, μέσω του συστήματος αυτού, αφαιρείται θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος και απορρίπτεται στο υπέδαφος. Αυτό έχει αποτέλεσμα, την αντισταθμιστική του λειτουργία ως προς τα προαναφερόμενα φαινόμενα, εφόσον ψύχεται ο περιβάλλον τα κτίρια αέρας.

Είναι χαρακτηριστικό ότι τα εκατοντάδες χιλιάδες κλιματιστικά που λειτουργούν στην Αθήνα, επιβαρύνουν με πολλαπλάσια θερμότητα τον αέρα της πρωτεύουσας και μάλιστα κατά τις ώρες της έντασης των παραπάνω φαινομέ-

νων, όταν δηλαδή εμφανίζονται και τα μέγιστα φορτία για ψύξη. Με τη χρήση του συστήματος Παταγεωργάκη αυτό το ποσό θερμότητας οδηγείται στο υπέδαφος και αφαιρείται από τον αέρα των Αθηνών. Πρόκειται δηλαδή για μια πρωτοεμφανιζόμενη μέθοδο για την καταπολέμηση των υψηλών θερμοκρασιών και του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Επίσης, είναι περιβαλλοντικά φιλικό, γιατί μειώνει την κατανάλωση Ενέργειας σε σχέση με συμβατικά κλιματιστικά συστήματα, σε ποσοστό πλέον του 35%, επιφέροντας αντίστοιχη μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση, ενώ παράλληλα λόγω του παντελούς αποκλεισμού της χρήσης πετρελαίου, δεν

επιβαρύνει με ρύπους, το ήδη επιβαρυνμένο και ταλαιπωρημένο περιβάλλον της πρωτεύουσας.

Είναι αναγκαιότητα η πολιτεία να αναλάβει επιτέλους ενεργό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ενέργειας, με τη συμβολή της στην κατασκευή τέτοιου είδους συστημάτων κλιματισμού, μέσω της άμεσης και της έμμεσης χορηματοδότησής τους.

Πρέπει δηλαδή να παροτρύνει τους κατοίκους των μεγαλοπόλεων, στην κατασκευή και διάδοση του συστήματος Παταγεωργάκη, για λόγους προστασίας περιβάλλοντος και εξοικονόμησης ενέργειας.