



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**  
**Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**  
*Πολυτεχνική Σχολή*

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ,  
ΨΥΞΗΣ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΠΑΚΟΥΡΟΣ

ΤΟΜΠΟΥΛΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ  
ΑΕΜ: 1215

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : Ενέργεια.....	4
1.1 Ενέργεια.....	4
1.2 Κύριες Αιτίες Κατασπατάλησης της Ενέργειας.....	5
1.3 Παγκόσμια Ενεργειακή Κατανάλωση.....	10
1.4 Η Θερμική Άνεση στα Κτίρια.....	14
1.5 Καύσιμα Συστημάτων Θέρμανσης και Ψύξης.....	15
1.6 Επιπτώσεις από τις Εκπομπές του CO <sub>2</sub> .....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : Συστήματα Θέρμανσης.....	20
2. Θέρμανση.....	20
2.1 Καυστήρας Πετρελαίου.....	22
2.2 Καυστήρας Φυσικού Αερίου.....	35
2.3 Καυστήρας Pellet.....	38
2.4 Καυστήρας Ξύλου.....	42
2.5 Ενεργειακό Τζάκι.....	48
2.6 Αντλίες Θερμότητας.....	54
2.7 Τηλεθέρμανση.....	65
2.8 Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης.....	70
2.9 Ηλιακοί Συλλέκτες.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> : Συστήματα Ψύξης.....	78
3. Ψύξη.....	78
3.1 Αντλία Θερμότητας.....	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> : Ενεργειακές Ανάγκες Κτιρίων.....	83
4. Ενεργειακές Ανάγκες Κτιρίου.....	83
4.1 Το Πρόγραμμα RETScreen.....	83
4.2 Χαρακτηριστικά Οικίας.....	85
4.3 Διαστασιολόγηση Συστήματος Θέρμανσης.....	87
4.4 Διαστασιολόγηση Συστήματος Ψύξης.....	92
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> : Τεχνοοικονομική Ανάλυση.....	96
5. Τεχνοοικονομική Ανάλυση.....	96

5.1 Κόστος Εγκατάστασης.....	96
5.2 Κόστος Λειτουργίας.....	103
5.3 What If Analysis.....	118
5.4 Κρίσιμες Τιμές Λειτουργικού Κόστους.....	173
5.5 Συνολικό Κόστος & Απόσβεση.....	175
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	 188

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η τεχνοοικονομική μελέτη συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού για μια συγκεκριμένη οικία που θα μελετηθεί και στις 4 κλιματικές ζώνες όπως αυτές ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ.

Η μελέτη αυτή αναπτύσσεται σε 5 κεφάλαια προσπαθώντας να κάνει τον αναγνώστη να καταλάβει πλήρως αυτά που αναλύονται. Αρχικά γίνεται αναφορά σε βασικές έννοιες και παρουσιάζονται διαφορά στατιστικά στοιχεία τα οποία αναφέρονται στην ενέργεια και την κατασπατάλησή της, στα καύσιμα των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης και στις εκπομπές τους, στην παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση αλλά και στην θερμική άνεση.

Στη συνέχεια κατηγοριοποιούνται τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης και γίνεται η τεχνική περιγραφή τους, καθώς και η αναφορά των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους. Αμέσως μετά γίνεται η διαστασιολόγηση των συστημάτων μέσω του προγράμματος RETScreen και τέλος γίνεται η τεχνοοικονομική τους ανάλυση. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζεται το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του κάθε συστήματος, μετά γίνεται η what if analysis και τέλος υπολογίζουμε το συνολικό κόστος και την απόσβεση.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου για την πολύτιμη βοήθεια και τις γνώσεις που μου προσέφεραν. Και ιδιαίτερα τον κύριο Ιωάννη Μπακούρο ο οποίος ήταν και ο επιβλέπων καθηγητής της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και τα μέλη της τριμελούς επιτροπής κ. Γεώργιο Σκόδρα και κ. Εμμανουήλ Σουλιώτη.

## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Ενέργεια**

### **1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

#### **Τι είναι η ενέργεια;**

Κάθε φυσικό σύστημα περιέχει ή εναλλακτικά αποθηκεύει μία ποσότητα που ονομάζεται ενέργεια. Ενέργεια, συνεπώς, είναι η ικανότητα ενός σώματος ή συστήματος να παραγάγει έργο.

Οποιαδήποτε μορφή δράσης από τα παιδικά παιχνίδια μέχρι τη λειτουργία των μηχανών και από το μαγείρεμα τροφών μέχρι τη γραμμή παραγωγής στο εργοστάσιο προϋποθέτει κατανάλωση ενέργειας. Οι πράγματι πολυποίκιλες μορφές ενέργειας βρίσκονται πίσω από την ασύλληπτη ποικιλία των φυσικών φαινομένων.

Η ενέργεια με την οποία τροφοδοτείται ο πλανήτης μας προέρχεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τον Ήλιο.

Ενέργεια ορίζεται σαν το ποσό του έργου που απαιτείται προκειμένου το σύστημα να πάει από μια αρχική κατάσταση σε μια τελική.

Η ενέργεια είναι σε τέτοιο βαθμό συνυφασμένη με την καθημερινή μας ζωή που μόνο η έλλειψή της καθιστά πρόδηλη την αναγκαιότητά της. Το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων δεσμεύει, παράγει, καταναλώνει, μετατρέπει, αποθηκεύει και υποβαθμίζει τεράστια ποσά ενέργειας. Κάθε πολίτης των ανεπτυγμένων κρατών καταναλώνει ημερησίως τόση ενέργεια όση παράγουν οι μύες 100 μεγαλόσωμων ανδρών ή 12 δυνατών αλόγων.

Η ενέργεια εμφανίζεται με πολλές μορφές. Κίνηση, θερμότητα, ενέργεια χημικών δεσμών ή ηλεκτρισμός. Ακόμη και η μάζα είναι μια μορφή ενέργειας. Η ενέργεια μπορεί να προέρχεται από διαφορετικές πηγές όπως ο άνεμος, ο άνθρακας, η ξυλεία ή τα τρόφιμα. Όλες οι πηγές ενέργειας έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό. Η χρήση τους μας δίνει τη δυνατότητα να θέσουμε αντικείμενα σε κίνηση, να μεταβάλουμε θερμοκρασίες, να παράγουμε ήχο και εικόνα. Με άλλα λόγια, μας δίνεται η δυνατότητα να παράγουμε έργο.

### **Από πού προέρχεται η ενέργεια;**

Ο κύκλος της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας ξεκινά από τις αρχικές μορφές ενέργειας όπως ο άνθρακας, το αργό πετρέλαιο, ο άνεμος, το ηλιακό φως ή το φυσικό αέριο. Αυτές οι μορφές χαρακτηρίζονται ως πρωτογενή ενέργεια και βεβαίως, ελάχιστα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους καταναλωτές. Το επόμενο βήμα είναι η μετατροπή των πρωτογενών μορφών σε τελική ενέργεια όπως για παράδειγμα ηλεκτρισμός ή βενζίνη. Τέλος, κατάλληλος εξοπλισμός ή συσκευές όπως το αυτοκίνητο ή η τηλεόραση, μετατρέπουν την τελική ενέργεια σε χρήσιμη ενέργεια παρέχοντας ενεργειακές υπηρεσίες. Από την πρωτογενή έως την χρήσιμη ενέργεια, μεσολαβούν πολλά ενδιάμεσα στάδια ανάλογα με τη μορφή της ενέργειας. Εξόρυξη άνθρακα η πετρελαίου, μεταφορά με αγωγούς, χρήση δεξαμενόπλοιων, καύση σε μεγάλους θερμικούς σταθμούς, δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και πολλά άλλα. Όλη αυτή η πολυσύνθετη αλυσίδα είναι γνωστή ως ενεργειακό σύστημα.

## **1.2 Κύριες Αιτίες Κατασπατάλησης της Ενέργειας**

Αν και η ανθρωπότητα τα τελευταία είκοσι χρόνια συνειδητοποίησε τον κίνδυνο του επερχόμενου «ενεργειακού χειμώνα», οπότε και ξεκίνησε ορισμένες φιλότιμες προσπάθειες περιορισμού της κατανάλωσης και ορθολογικότερης χρήσης των ενεργειακών αποθεμάτων, ωστόσο οι βασικότερες αιτίες συνεχούς αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας παραμένουν και συνοψίζονται ως εξής:

### **1.2.1 Συνεχής αύξηση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας**

Η προσπάθεια του ανθρώπου για βελτίωση του βιοτικού του επιπέδου (π.χ. παραγωγή περισσότερων καταναλωτικών αγαθών) συνεχίζεται με αυξανόμενους ρυθμούς (βλέπε Πίνακα 1.1). Αν και γίνονται προσπάθειες περιορισμού της κατανάλωσης ενέργειας, κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη μας, αυτές δεν αποδίδουν πάντοτε καρπούς. Πιο συγκεκριμένα, μετά τις διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις της τελευταίας τριακονταετίας, οι ανεπτυγμένες χώρες έδειξαν ότι διαθέτουν τα περιθώρια κάποιας περιορισμένης μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, κυρίως στον τομέα της βιομηχανίας. Αντίθετα, χώρες λιγότερο ανεπτυγμένες, με χαμηλή

κατανάλωση ενέργειας, έχουν μικρότερα ή και μηδενικά περιθώρια περιορισμού των ενεργειακών τους αναγκών.

<b>Χώρα</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>
Η.Π.Α.	44.6	67.0	78.3	76.5	84.6	91.2	98.9
Ιαπωνία	3.7	12.0	15.2	15.7	18.3	20.9	21.9
Δ. Ευρώπη	26.4	46.0	58.5	59.6	64.1	66.2	71.5
Υπόλοιπος κόσμος	57.0	91.9	96.8	158.3	181.2	220.8	218.9
<b>Σύνολο</b>	<b>131.7</b>	<b>216.9</b>	<b>248.8</b>	<b>310.1</b>	<b>348.2</b>	<b>399.1</b>	<b>411.2</b>

**Πίνακας 1.1**

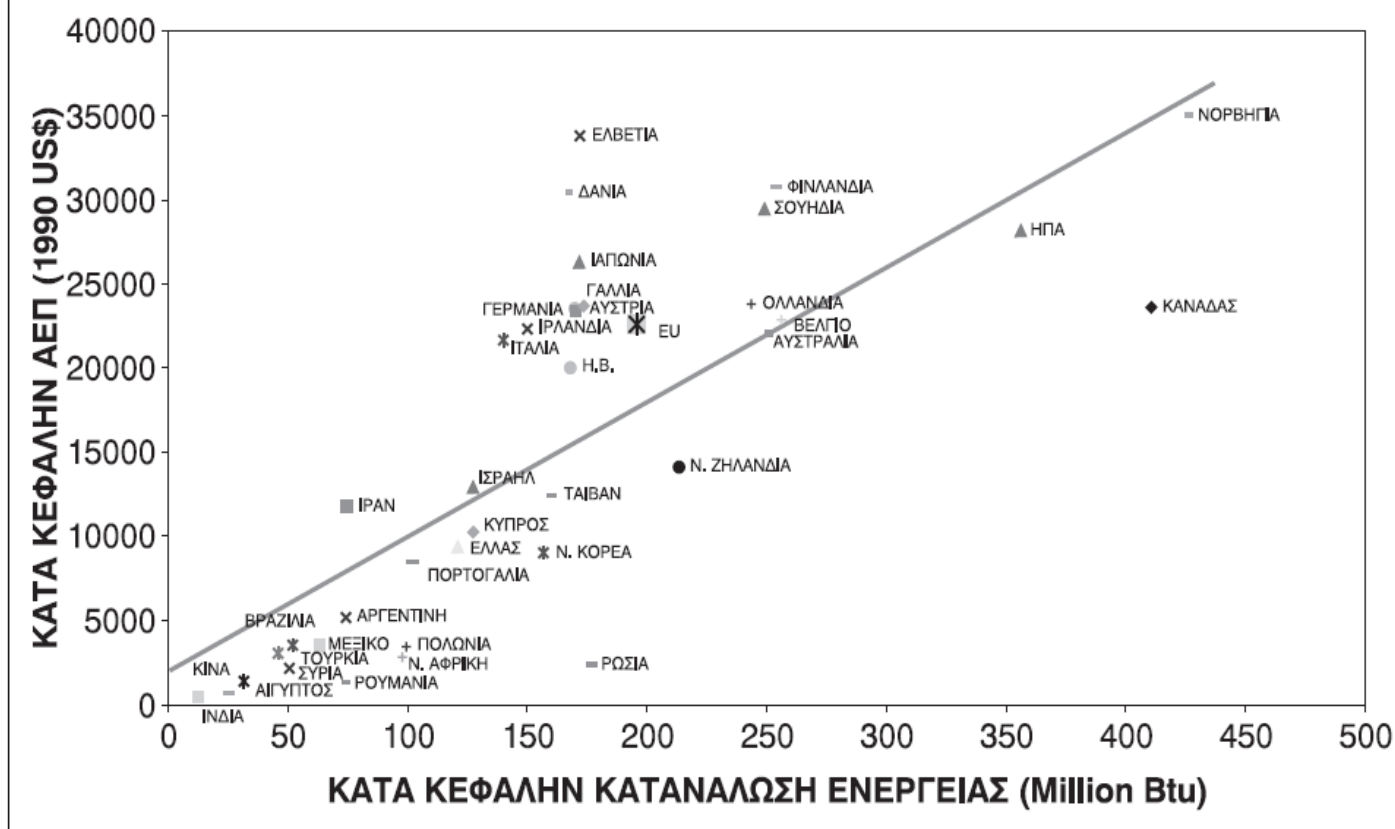
Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας σε mQ ( $\approx 292.9$  TWh)

### 1.2.2 Ανομοιομορφία στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας

Το παραπάνω γεγονός υπογραμμίζει την τρομακτική ανομοιομορφία που διέπει την κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας στις διάφορες περιοχές του πλανήτη μας. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε ότι η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας στις Η.Π.Α. και στον Καναδά είναι περίπου εικοσαπλάσια από αυτήν χωρών υπό ανάπτυξη όπως το Μεξικό, η Βραζιλία, η Συρία κ.λπ. Η πραγματικότητα αυτή πρέπει να συνδυασθεί και με το γεγονός ότι η παραγωγικότητα ενός λαού, το κατά κεφαλήν ακαθάριστο εθνικό προϊόν (Α.Ε.Π. ή «GNP») και η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας μεταβάλλονται σχεδόν ανάλογα.

## Σχήμα 1.1

Κατά κεφαλήν ενεργειακή κατανάλωση και Α.Ε.Π.



Το συμπέρασμα που προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση, βλέπε και Σχήμα 1.1, είναι ότι ορισμένοι λαοί καταναλίσκουν σημαντικά μεγαλύτερα ποσά ενέργειας από ορισμένους άλλους. Χώρες αναπτυσσόμενες που βρίσκονται στη φάση της εκβιομηχάνισης και ανάπτυξης των ανέσεων της ζωής (σύγχρονες κατοικίες με θέρμανση και κλιματισμό, ιδιωτικής χρήσεως αυτοκίνητα κ.λπ.) έχουν υψηλή εισοδηματική ελαστικότητα ενέργειας, γι' αυτό είναι αδύνατο να συνδυάσουν τη συνέχιση της ανάπτυξής τους με τη μείωση της ενεργειακής έντασης. Πώς λοιπόν είναι δυνατόν να ζητηθεί από τους υπό ανάπτυξη λαούς να περιορίσουν την ενεργειακή τους κατανάλωση τη στιγμή που καταναλίσκουν μόλις το 5% της ενέργειας των πλούσιων και αναπτυσσόμενων χωρών;

### 1.2.3 Αύξηση του πληθυσμού της γης

Η ανομοιογενής ενεργειακή κατανάλωση στις διάφορες περιοχές του πλανήτη μας συνοδεύεται και από τη διαρκή αύξηση του πληθυσμού της γης. Το πλέον δε σημαντικό στοιχείο είναι η πληθυσμιακή έκρηξη που παρατηρείται στις υπό ανάπτυξη χώρες του πλανήτη μας, πράγμα που περιορίζει τις δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας. Στις περιπτώσεις δε αυτές, ακόμα και με σταθερή κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας, οδηγούμαστε σε μια αύξηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, τουλάχιστον ανάλογης με την αύξηση του πληθυσμού (βλέπε και Πίνακα 1.2).

<b>Χώρα</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>
Η.Π.Α.	180	206	227	238	249	263	282
Ιαπωνία	94	104	117	121	123	125	127
Δ. Ευρώπη	374	408	433	443	456	470	481
Ανεπτυγμένες Χώρες	945	1047	1092	1131	1170	1353	1385
Αναπτυσσόμενες Χώρες	2092	2648	2974	3031	3656	4335	4705
<b>Σύνολο</b>	<b>3037</b>	<b>3695</b>	<b>4415</b>	<b>4813</b>	<b>5247</b>	<b>5688</b>	<b>6090</b>

**Πίνακας 1.2**  
Εξέλιξη πληθυσμού του πλανήτη (εκατομμύρια)

#### 1.2.4 Απώλειες συστημάτων παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας

Στις παραπάνω αιτίες θα πρέπει να προστεθεί και ένας αριθμός τεχνολογικών λόγων, οι οποίοι οδηγούν αναπόφευκτα στην αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης των ενεργειακών μας αποθεμάτων. Σύμφωνα λοιπόν με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο είναι αδύνατον να εξαφανισθεί δεδομένη ποσότητα ενέργειας ή να παραχθεί ενέργεια από το μηδέν. Όμως, κατά τη μετατροπή της ενέργειας από τη μια μορφή σε άλλη υφίστανται ορισμένες «απώλειες» ωφέλιμης ενέργειας, οι οποίες εκφράζονται από την τιμή της εντροπίας του υπό διερεύνηση ενεργειακού συστήματος. Οι «απώλειες» ενέργειας αποτελούν σύμφωνα με το δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο ποσότητες ενέργειας χαμηλότερης ποιότητας, όπως, για παράδειγμα, η θερμική ενέργεια. Με τον τρόπο αυτό σε κάθε μετατροπή ενέργειας έχουμε εμφάνιση θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας, η οποία δεν μπορεί να αξιοποιηθεί στη συνέχεια και απορρίπτεται στο περιβάλλον με τη μορφή θερμικής ρύπανσης, συντελώντας ταυτόχρονα στο «θερμικό θάνατο» του πλανήτη μας. Παράλληλα, σημαντικά ποσά ενέργειας «χάνονται» κατά τη μεταφορά και διανομή της ενέργειας από τον τόπο παραγωγής στην περιοχή κατανάλωσης. Συνοψίζοντας, αναφέρουμε ότι ο βαθμός απόδοσης μιας θερμικής μηχανής κυμαίνεται σήμερα από 15% έως 45%, το οποίο, εάν συνδυασθεί με το πλήθος των θερμοηλεκτρικών σταθμών που τροφοδοτούν ηλεκτρική ενέργεια τον πλανήτη μας, κάνει προφανή τη σημασία των ενεργειακών απωλειών των συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Φυσικά, γίνονται σημαντικές προσπάθειες μείωσης των απωλειών και αύξησης του βαθμού απόδοσης των ενεργειακών μας συστημάτων, γεγονός όμως το οποίο προς το παρόν θα βελτιώσει ελάχιστα το πλανητικό ενεργειακό ισοζύγιο. Τέλος, μορφές ενέργειας, όπως η ηλεκτρική, θεωρούνται εξευγενισμένες, δεδομένου ότι έχουν τη δυνατότητα



μετατροπής τους, με ελάχιστες απώλειες, σε κάθε άλλη επιθυμητή μορφή ενέργειας. Ο διαχωρισμός αυτός σε διαφορετικής ποιότητας μορφές ενέργειας μας οδηγεί στην επόμενη αιτία κατασπατάλησης της ενέργειας.

### **1.2.5 Μη ορθολογική χρήση της ενέργειας**

Όπως προαναφέραμε, η ενέργεια διατίθεται σε διάφορες ποιότητες, οι οποίες σχετίζονται με το βαθμό μετατρεψιμότητάς τους σε άλλη επιθυμητή μορφή ενέργειας. Είναι συνεπώς σκόπιμο να αξιολογηθούν και να ιεραρχηθούν οι απαιτήσεις της ανθρωπότητας στις διαφορετικής ποιότητας μορφές ενέργειας. Είναι, για παράδειγμα, ενεργειακά απαράδεκτο να χρησιμοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών ή για οικιακή χρήση ηλεκτρική ενέργεια υψηλής ποιότητας τη στιγμή που ακόμα και χαμηλής ποιότητας θερμότητα (π.χ. θερμοκρασίας 40°C έως 90°C) καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις μας. Παράλληλα, με κατάλληλη διαχείριση της ζήτησης ενέργειας μπορούν να μειωθούν και να μετατεθούν οι αιχμές ζήτησης, με αποτέλεσμα να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση εγκατεστημένου ισχύος.

### **1.2.6 Αδιαφορία και σπατάλη ενέργειας**

Η έλλειψη ενημέρωσης του πολίτη καθώς και η επικράτηση της άποψης ότι τα αποθέματα ενέργειας και πρώτων υλών είναι απεριόριστα οδηγούν το μέσο άνθρωπο στην αδιαφορία για την κατασπατάληση της ενέργειας που προκαλεί. Συχνά μάλιστα η κατασπατάληση της ενέργειας αποτελεί μέσο επίδειξης και απόδειξης πλούτου. Μόλις πρόσφατα άρχισε να γίνεται αντιληπτό το περιορισμένο των ενεργειακών μας αποθεμάτων, με αποτέλεσμα να ληφθούν κάποιες τιμολογιακές και διοικητικές αποφάσεις που σκοπό έχουν την εξοικονόμηση ενέργειας. Ο πολίτης όμως παραμένει απληροφόρητος, εφόσον δε διδάσκεται στη διάρκεια της βασικής του εκπαίδευσης ενεργειακή οικονομία και ορθολογική διαχείριση της ενέργειας και των φυσικών πόρων. Ολοκληρώνοντας, πρέπει να τονίσουμε ότι όλοι οι παραπάνω λόγοι συντελούν στην εξάντληση των ενεργειακών μας αποθεμάτων. Κοινή συνεπώς προσπάθεια όλων μας πρέπει να είναι ο περιορισμός της σπατάλης του φυσικού πλούτου και τελικά η σταδιακή εξάλειψή των αιτιών που συντελούν σε αυτή.

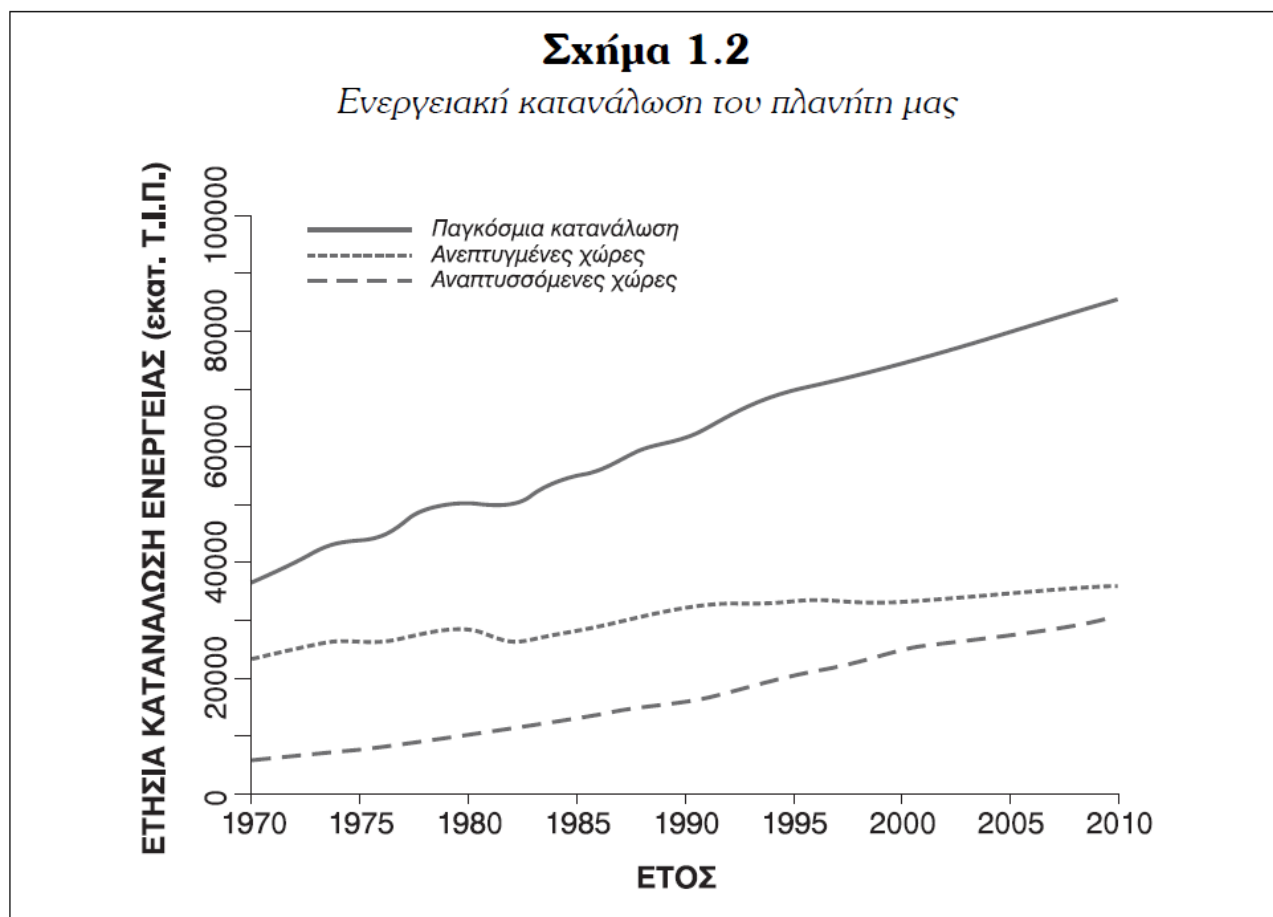
Ενεργειακή Πηγή	1960	1970	1980	1985	1990	1995	2000
Άνθρακες	61.5	63.0	72.7	84.1	93.2	90.6	91.2
Πετρέλαιο	45.3	97.1	128.1	115.4	129.5	133.3	146.5
Φυσικά Αέρια	18.0	40.7	59.8	70.0	82.7	88.4	100.4
Ανανεώσιμες Πηγές	6.9	13.7	21.0	24.2	26.5	30.4	32.5
Πυρηνική	-	0.9	7.6	15.3	20.3	23.2	25.5
<b>Σύνολο</b>	<b>131.7</b>	<b>215.4</b>	<b>289.3</b>	<b>309.1</b>	<b>352.2</b>	<b>365.9</b>	<b>396.1</b>

**Πίνακας 1.3**  
Πλανητική ενεργειακή κατανάλωση (mQ), κατά πηγή

### 1.3 Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση

Στις προηγούμενες παραγράφους αναφέρθηκε ότι η κατανάλωση ενέργειας εμφάνισε δραματική αύξηση, ιδιαίτερα το τελευταίο μισό του 20ου αιώνα. Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να παρουσιάσουμε την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας κατά πηγή, τα τελευταία σαράντα χρόνια (βλέπε Πίνακα 1.3). Ως μονάδα μέτρησης της ενέργειας στις περιπτώσεις αυτές αναφέρεται το 1 Quad (1Q) ή το 1 mQ (=10<sup>-3</sup>Q), η οποία αποτελεί μια τεράστια ποσότητα ενέργειας, καθώς 1Q=1018B.T.U.=2.929.1014kWh. Επίσης, το 1Q είναι, αντίστοιχα, ισοδύναμο με 26.92 δισεκατομμύρια τόνους πετρελαίου (1Q = 26.92.109 TΠΠ). Από τον Πίνακα 1.3 συμπεραίνουμε ότι υπάρχει σημαντικότερη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας, η οποία σε σαράντα χρόνια έχει υπερτριπλασιασθεί, ενώ το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αποτελούν σήμερα την κύρια πηγή πρωτογενούς ενέργειας. Σημαντική συμβολή κατά τα τελευταία χρόνια στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο έχει και η πυρηνική ενέργεια. Τέλος, περιορισμένη είναι η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η οποία στηρίζεται στην υδροηλεκτρική, κατά κύριο λόγο, ενέργεια στις αναπτυγμένες και στην αξιοποίηση της βιομάζας στις υπό ανάπτυξη χώρες, που όμως δεν υπερβαίνει σε ποσοστιαία βάση το 8% της συνολικής πρωτογενούς παραγωγής του πλανήτη. Στο Σχήμα 1.2 παρουσιάζεται η εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας κατά τα τελευταία τριάντα χρόνια, ενώ γίνεται και μία πρόβλεψη για την πορεία της μέχρι τις αρχές του εικοστού πρώτου αιώνα. Το γενικό συμπέρασμα από την εξέταση όλων των ανωτέρω είναι ότι αναμφισβήτητα παρατηρείται σημαντική αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, ενώ κάποιες προσπάθειες συγκράτησης των ρυθμών αύξησης εξανεμίζονται από τις τεχνητά μεταβαλλόμενες τιμές του πετρελαίου στην παγκόσμια αγορά τα τελευταία τριάντα χρόνια. Το τελευταίο γεγονός αποτελεί δοκιμασία όλων των νόμων της λογικής, δεδομένου ότι συχνά παρατηρείται σημαντική μείωση των τιμών ενός αγαθού (πετρέλαιο) τη στιγμή που αυτό εξαντλείται. Ολοκληρώνοντας, πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι τα τελευταία χρόνια η μέση ετήσια παγκόσμια αύξηση

της κατανάλωσης ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ του 3% και 5%, το οποίο μεταφράζεται σε διπλασιασμό της κατανάλωσης ενέργειας κάθε δεκατέσσερα έως είκοσι χρόνια. Το γεγονός αυτό από μόνο του είναι αρκετά ανησυχητικό, ιδίως εάν συνδυασθεί με την αναμενόμενη εξάντληση των βεβαιωμένων αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων.



Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η εξέλιξη της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας με την πάροδο του χρόνου.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Μtones ισοδύναμο πετρελαίου)						
Χώρα	1973	1980	1990	2000	2004	2005
World, total	6,127.5	7,227.6	8,757.7	10,029.2	11,135.6	11,433.9
Norway	14.6	18.7	21.5	25.8	28.3	32.1
Denmark	19.8	19.8	17.9	19.4	20.2	19.6
Finland	21.4	25.4	29.2	33.0	37.9	35.0
Iceland	1.2	1.5	2.2	3.2	3.5	3.6
Sweden	39.3	40.8	47.6	48.2	53.2	52.2
Belgium	46.3	47.0	49.2	59.1	58.1	56.7
France	184.7	193.6	227.8	258.4	274.9	276.0
<b>Greece</b>	<b>12.4</b>	<b>15.7</b>	<b>22.2</b>	<b>27.8</b>	<b>30.5</b>	<b>31.0</b>
Italy	128.9	132.2	148.0	173.1	182.8	185.2
Netherlands	62.4	65.0	66.8	75.9	82.2	81.9
Poland	93.1	123.0	99.9	89.4	91.8	93.0
Portugal	7.2	10.3	17.8	25.3	26.6	27.2
Spain	52.4	68.6	91.1	124.7	142.3	145.2
United Kingdom	220.7	201.3	212.2	233.9	233.5	233.9
Switzerland	19.7	20.9	25.0	26.2	27.1	27.2
Czech Republic	45.4	47.3	49.0	40.4	45.8	45.2
Turkey	24.4	31.5	53.0	77.0	81.9	85.2
<b>Germany</b>	<b>337.9</b>	<b>360.4</b>	<b>356.2</b>	<b>343.6</b>	<b>348.2</b>	<b>344.8</b>
Hungary	21.3	28.5	28.6	25.0	26.4	27.8
Austria	21.7	23.3	25.1	29.0	33.3	34.4
Canada	159.8	193.0	209.4	249.2	268.7	272.0
United States	1,736.5	1,811.7	1,927.5	2,306.6	2,328.6	2,340.3
<b>China<sup>3</sup></b>	<b>431.0</b>	<b>603.9</b>	<b>873.9</b>	<b>1,120.8</b>	<b>1,600.1</b>	<b>1,735.2</b>

**Πίνακας 1.4**  
Συνολική κατανάλωση ενέργειας (Μtones ισοδύναμο πετρελαίου)

### 1.3.1 Οικιστική ενεργειακή κατανάλωση

Όπως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω διάγραμμα η ενέργεια που καταναλώνει ένα σπίτι για θέρμανση ψύξη και ζεστό νερό ανέρχεται περίπου στο 65% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνει. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το 2006 από την Διεθνή Ακαδημία των Επιστημών στην Αμερική και δεν απέχει από τα δεδομένα που ισχύουν για μια τυπική Ελληνική οικεία.



**Εικόνα 1.1** Κατανομή της οικιστικής κατανάλωσης ανάλογα με το είδος της συσκευής (Πηγή: Διεθνής Ακαδημία των Επιστημών)

Εύκολα λοιπόν αντιλαμβάνεται κάποιος ότι η ενέργεια που καταναλώνεται σε ένα σπίτι για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό αντιστοιχεί σε μεγάλο κομμάτι της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης. Είναι σημαντικό λοιπόν να βρεθούν τρόποι με τους οποίους οι παραπάνω ενεργειακές ανάγκες θα ικανοποιούνται όσο το δυνατόν πιο οικονομικά και οικολογικά έτσι ώστε να αποφευχθεί και η υποβάθμιση

της ποιότητας του περιβάλλοντος, φαινόμενο το οποίο έκανε έντονη την εμφάνιση του τα τελευταία χρόνια κυρίως λόγω της μη ορθολογικής χρήσης της ενέργειας.

## **1.4 Η θερμική άνεση στα κτίρια**

Η βέλτιστη εκμετάλλευση της ενέργειας αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα που παρεμβαίνει άμεσα όταν είναι επιθυμητή η εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης. Σε ένα κτίριο πρέπει να εξασφαλίζεται ένα άνετο εσωτερικό κλίμα πλήρως προσαρμοσμένο στις ανάγκες των χρηστών του. Είναι σημαντικό αυτό να γίνεται με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Για το λόγο αυτό, κάθε κτίριο πρέπει να μελετάται και να κατασκευάζεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να καταναλώνεται η λιγότερη κατά το δυνατό ενέργεια με παροχή όμως της απαιτούμενης θερμικής άνεσης, κατάλληλης για τη χρήση του χώρου. Οι ένοικοι επιθυμούν σε πρώτη φάση να εξασφαλίζουν την άνεσή τους και σε δεύτερη φάση, εφόσον είναι υποχρεωμένοι για αυτό, στο να διαχειρίζονται όσο είναι δυνατό καλύτερα την ενέργεια. Σ' ένα κτίριο πρέπει να παρέχονται στους ενοίκους οι δυνατότητες ώστε να μπορούν να επηρεάσουν το κλίμα του εσωτερικού χώρου. Το κτίριο πρέπει να είναι μελετημένο κατά τρόπο τέτοιο, ώστε οι δραστηριότητες αυτές να ταιριάζουν με την καλή διαχείριση της ενέργειας.

Η θερμική άνεση στο χώρο είναι ουσιαστικά αυτή που έχει τη μεγαλύτερη σημασία μια και σχετίζεται με την κατανάλωση ενέργειας. Είναι μια προσωπική αίσθηση που εξαρτάται από τις θερμικές ανταλλαγές μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος.

### **1.4.1 Άνεση και κατανάλωση ενέργειας**

Προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας, είναι απαραίτητο να περιοριστεί η θερμική άνεση. Σε μια κατοικία που δε θερμαίνεται καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια από μια άλλη η οποία θερμαίνεται. Είναι όμως δυνατό, στις σημερινές κατοικίες να αυξηθεί η άνεση με μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Ένα καλό σύστημα ρύθμισης και ελέγχου της θερμοκρασίας, που συμπληρώνεται από μια καλή υδραυλική εξισορρόπηση του συστήματος κυκλοφορίας του ρευστού μετάδοσης της θερμότητας, εξασφαλίζει σε όλους τους χώρους ομοιόμορφη θερμοκρασία. Έτσι, δεν είναι ανάγκη να θερμαίνονται υπερβολικά ορισμένοι χώροι, προκειμένου να θερμανθούν άλλοι χώροι που είναι ψυχροί, με αποτέλεσμα τη σπατάλη ενέργειας. Τα ρεύματα αέρα ενοχλούν και περιορίζουν την άνεση επηρεάζοντας δυσμενώς και το θερμικό ισοζύγιο. Ένα κτίριο με καλή στεγανότητα ως προς τις ανεξέλεγκτες διεισδύσεις αέρα, μπορεί να εμποδίσει ουσιαστικά τα ρεύματα αέρα χωρίς να γίνονται σφάλματα και υπερβολές. Η καλή μόνωση αυξάνει τη θερμοκρασία των παρειών των χώρων, των δαπέδων, των οροφών και των παραθύρων. Η άνεση εξασφαλίζεται έτσι πιο εύκολα και η κατανάλωση θερμότητας μειώνεται.

Για την εξασφάλιση καλής θερμικής άνεσης σε μια κατοικία είναι απαραίτητο να μπορεί ο ένοικος να προσαρμόζει το εσωτερικό κλίμα στις απαιτήσεις του. Αν το κτίριο είναι σωστά μελετημένο τόσο ως προς τις θερμικές εγκαταστάσεις του, όσο

και ως προς τις κατασκευαστικές του λεπτομέρειες, οι δυνατότητες προσαρμογής του για την εξασφάλιση θερμικής άνεσης στους ενοίκους έχουν ως αποτέλεσμα την εξασφάλιση ικανοποιητικού θερμικού ισοζυγίου. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να εξασφαλίζεται ικανοποιητική θερμική άνεση ακόμη και με μείωση της κατανάλωσης ενέργειας

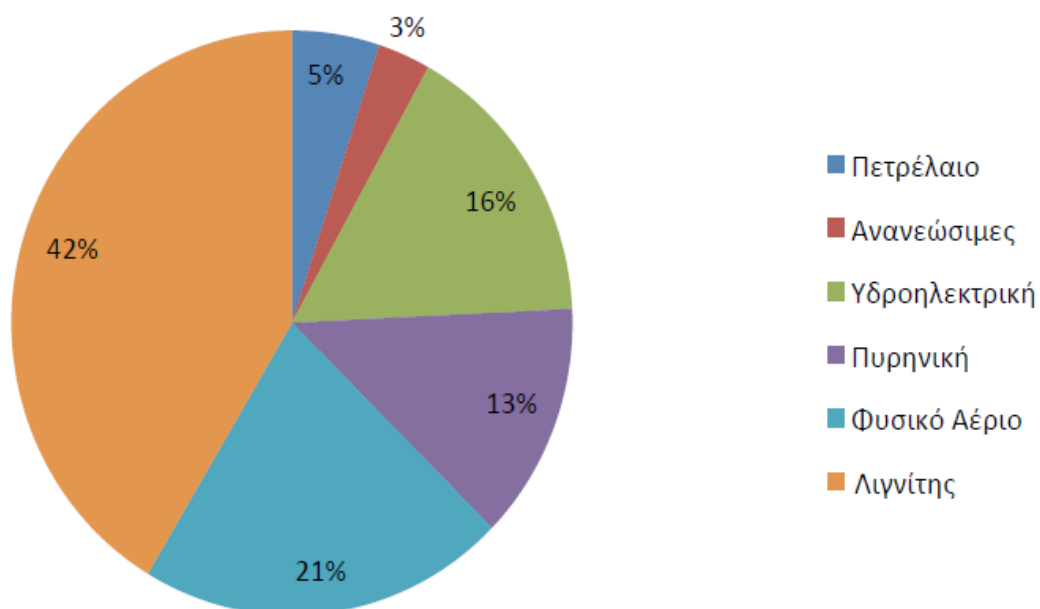
(Κτίριο, σελ.39, Roaf και Hancock 1992, σελ. 14-27).

Το σύστημα κτιριακής διαχείρισης της ενέργειας μπορεί να πραγματοποιήσει τις συνθήκες αυτές, χρησιμοποιώντας αισθητήρες στον εσωτερικό και εξωτερικό χώρο του κτιρίου. Με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και κατάλληλου λογισμικού προγράμματος, είναι δυνατόν να εξοικονομηθεί θερμική και ηλεκτρική ενέργεια, προσφέροντας τις απαιτούμενες συνθήκες διαβίωσης στο χώρο του κτιρίου. Το κόστος εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος δεν είναι πολύ μεγάλο και αποσβένεται γρήγορα, λόγω του σημαντικού ποσοστού ενέργειας που μπορεί να εξοικονομηθεί (Hawkes et al 1987, σελ. 88-97, Levermore 1992, σελ. 1-2, 6-9)

## **1.5 Καύσιμα συστημάτων θέρμανσης και ψύξης**

Η μεγαλύτερη πλειοψηφία των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού έχουν ως καύσιμο οργανικές ενώσεις (ενώσεις που αποτελούνται από άνθρακα) ή πηγή ενέργειας το ηλεκτρικό ρεύμα. Αν και η χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος για την παραγωγή έργου ή θερμότητας δεν εκλύει ουσίες στο περιβάλλον, σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα προκύπτει από τον τρόπο με τον οποίο το ηλεκτρικό ρεύμα παράγεται. Ο τρόπος αυτός είναι σε μεγάλο ποσοστό η καύση υδρογονανθράκων.

## Παραγωγή Ηλεκτρικού Ρεύματος Ανάλογα με το Καύσιμο



**Εικόνα 1.2** Κατανομή παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ανάλογα με το καύσιμο  
(Πηγή: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης-OECD)

Όπως παρατηρούμε από το παραπάνω διάγραμμα το σύνολο των οργανικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος ανέρχεται στο 68%. Πρόβλημα αποτελεί το γεγονός ότι και στις δύο περιπτώσεις καυσίμων, οργανικών ή ηλεκτρικού ρεύματος, εκλύονται μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο είναι υπεύθυνο για μια πληθώρα περιβαλλοντολογικών προβλημάτων, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

### 1.6 Επιπτώσεις από τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub>

Η ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη που σημειώθηκε στην διάρκεια του εικοστού αιώνα, σημαδεύτηκε με την παράλληλη εμφάνιση σημαντικών επιπτώσεων στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον, όπως η όξινη βροχή, η καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου.



Συγκεκριμένα το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο έχει προκαλέσει το έντονο ενδιαφέρον, τα τελευταία χρόνια, τόσο των μέσων μαζικής ενημέρωσης όσο και των επιστημόνων, δεν αποτελεί μια σύγχρονη ανακάλυψη. Περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Βαρόνο Jean Fourier το 1822, ενώ ήδη από το 1896 ο Σουηδός επιστήμονας Svante Arrhenius επεσήμανε ότι η βιομηχανική ρύπανση θα μπορούσε μετά από αιώνες να διπλασιάσει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα και να αυξήσει με αυτόν τον τρόπο την παγκόσμια θερμοκρασία κατά 5 °C.











Το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) αν και κύριος υπεύθυνος του φαινομένου δεν είναι ο μοναδικός. Παράλληλα και άλλες χημικές ουσίες, όπως το μεθάνιο, οι χλωροφθοράνθρακες, το όζον, συμμετέχουν στον σχηματισμό ενός μανδύα στην Τροπόσφαιρα, ο οποίος αφήνει τις ακτίνες του ηλίου να φθάσουν στη Γη, αλλά εμποδίζει τις εκπεμπόμενες από την επιφάνεια της Γης (υπέρυθρη ακτινοβολία) να επιστρέψουν στο διάστημα. Πρέπει πάντως να διευκρινιστεί ότι το παραπάνω φαινόμενο μέχρι ενός βαθμού όχι μόνο δεν είναι επιζήμιο, αλλά αποτελεί μια από τις πολλές προϋποθέσεις για την ύπαρξη ζωής στον Πλανήτη.

Έτσι η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη διατηρείται τους τελευταίους αιώνες στο επίπεδο των 15 °C λόγω του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου, κατά το οποίο οι υδρατμοί κυρίως, και σε μικρότερο βαθμό το CO<sub>2</sub>, απορροφούν μεγάλο μέρος της εκπεμπόμενης από τη Γη υπέρυθρης ακτινοβολίας. Αν δεν συνέβαινε αυτό, η μέση θερμοκρασία θα ήταν γύρω στους -18 °C, ήτοι ο πλανήτης θα ήταν ένας παγωμένος και αφιλόξενος τόπος. Άρα επιζήμιες στην όλη υπόθεση είναι οι δραστηριότητες του ανθρώπου (αποψίλωση των δασών, χρήση ορυκτών καυσίμων, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, συγκοινωνίες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις και οικιακή θέρμανση) που αυξάνουν τις συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> και των άλλων αερίων πέραν των κανονικών επιπέδων.

Η συγκέντρωση λοιπόν του CO<sub>2</sub> πριν εκατό χρόνια υπολογίστηκε περίπου σε 270 ppmv, ενώ σημερινές μετρήσεις δείχνουν μια συγκέντρωση 350 ppmv, με ετήσιο ρυθμό αύξησης κατά τα τελευταία χρόνια των 1,5 ppmv. Σύμφωνα με προβλέψεις, η συνέχιση των εκπομπών με τον ίδιο ρυθμό υπολογίζεται ότι το έτος 2030 θα προκαλέσει μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της τάξης των 1,5 - 6 °C. Η έως τώρα αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη υπολογίζεται σε 0,3-0,6 °C, κυρίως το Χειμώνα και την Άνοιξη και ιδιαίτερα στις περιοχές μέσου γεωγραφικού πλάτους.

Γεγονός είναι, πάντως, ότι η αύξηση που σημείωσαν τα ποσοστά του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου θα έπρεπε να είχαν προκαλέσει μια πιο ευδιάκριτη υπερθέρμανση. Εξήγηση για το γεγονός αυτό μπορεί να αποτελέσει η θερμική αδράνεια των ωκεανών, καθώς και το φαινόμενο της παράλληλης δράσης του "αντί-θερμοκηπίου", όπως ονομάζεται η αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, τα οποία έχουν την ιδιότητα να αντανακλούν την εισερχόμενη ακτινοβολία. Τα σωματίδια αυτά προέρχονται κυρίως από εκρήξεις ηφαιστειών (π.χ. Πινατούμπο), ενώ η συμβολή τους στην μείωση της θερμοκρασίας είναι προσωρινή και υπολογίζεται σε 2-5 χρόνια.

Οι περισσότερες εκπομπές που οφείλονται στον βιομηχανικό τομέα προέρχονται από κυρίως από ανεπτυγμένες χώρες όπως η Κίνα, η Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και η Ευρώπη των 27. Παρακάτω φαίνονται οι δέκα πρώτες χώρες που συμβάλλουν στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα.

Χώρα	Ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> (σε χιλιάδες τόνους)	Ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών
 Κίνα	7,031,916	23.53%
 Η.Π.Α	5,461,014	18.27%
 Ευρωπαϊκή Ένωση	4,177,817	13.98%
 Ινδία	1,742,698	5.83%
 Ρωσσία	1,708,653	5.72%
 Ιαπωνία	1,208,163	4.04%
 Γερμανία	786,66	2.63%
 Καναδάς	544,091	1.82%
 Ιράν	538,404	1.8%
 Ηνωμένο Βασίλειο	522,856	1.75%

**Εικόνα 1.3** Ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> για τις πρώτες δέκα χώρες (Πηγή: Wikipedia)

Οι προβλέψεις για αυτόν τον αιώνα δείχνουν ότι οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα θα συνεχίσουν να αυξάνονται με μεγαλύτερο ρυθμό συνεχίζοντας να προκαλούν ακόμη πιο έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η λήψη μέτρων για περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα είναι πλέον επιτακτική ανάγκη καθώς πρέπει να λάβουμε υπόψη και το γεγονός ότι το διοξείδιο του άνθρακα παραμένει στην ατμόσφαιρα από 50 έως 200 χρόνια.

Η Κίνα αν και είναι όχι μόνο η μεγαλύτερη αλλά και πιο γρήγορα αναπτυσσόμενη οικονομία στον κόσμο στην προσπάθεια της να βρει μια φθηνή ενεργειακή λύση καταφεύγει στην χρήση των γαιανθράκων. Το αποτέλεσμα έχει δύο όψεις καθώς να μεν εξυπηρετούνται οι ενεργειακές ανάγκες σε μεγάλο ποσοστό, ταυτόχρονα όμως, η Κίνα παίρνει και τα πρωτεία για τον πιο μολυσμένο αέρα στην Ασία.



**Εικόνα 1.4** Το νέφος στην Κίνα του 2014

### **1.6.1 Προτεινόμενα μέτρα**

Όσο περισσότερο καθυστερήσει η λήψη των απαιτούμενων μέτρων, τόσο πιο "οδυνηρά" θα είναι. Τα κυριότερα από τα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν είναι:

- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, για να καλυφθούν οι ανάγκες του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού της Γης, αλλά παράλληλα να μειωθεί η εκπομπή CO<sub>2</sub> ανά κάτοικο.
- Αξιοποίηση των καθαρών πηγών ενέργειας όπως η υδραυλική ενέργεια (υδατοπτώσεις, παλίρροιες, κυματισμός), η αιολική, η ηλιακή, η ενέργεια του μεθανίου, ο φωτοβολταϊκός ηλεκτρισμός, και η βιομάζα.
- Χρήση φυσικού αερίου.
- Περιορισμός των εκπομπών των άλλων αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου (χλωροφθοράνθρακες, όζον κλπ).
- Δενδροφυτεύσεις που βοηθούν στην απορρόφηση του CO<sub>2</sub>, συγκρατούν τα εδάφη και ρυθμίζουν τον κύκλο του νερού.

Καταλήγοντας, πρέπει να τονιστεί ότι οι ανεπτυγμένες χώρες φέρουν το μεγαλύτερο μέρος της ευθύνης για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας σε αυτό με ποσοστό 80%. Παρ' όλα αυτά, και αδιαφορώντας για τις Συνθήκες που έχουν

υπογραφεί (Ρίο ντε Τζανέϊρο 1992), τα επίπεδα των εκπομπών παραμένουν σχεδόν σταθερά.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : Συστήματα Θέρμανσης

### 2. Θέρμανση

Η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι στενά συνδεδεμένη με τη χρήση ενέργειας. Δεν είναι τυχαίο ότι οι ονομασίες των ιστορικών περιόδων της ανθρωπότητας, λίθινη εποχή, εποχή του σιδήρου ή του χαλκού, προέκυψαν από τη δυνατότητα των ανθρώπων να διαχειρίζονται διαφορετικές μορφές ενέργειας.

Πιθανότατα πριν από 500.000 χρόνια ο άνθρωπος έμαθε να χειρίζεται τη φωτιά, ενώ τη λίθινη εποχή, περίπου 30.000 χρόνια πριν, ζωγραφίες σε σπήλαια αποδεικνύουν ότι ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τη φωτιά για μαγείρεμα αλλά και να θερμαίνει ή να φωτίζει τις σπηλιές όπου και κατοικούσε.

Στο πέρασμα των χρόνων ο άνθρωπος ανακάλυψε ότι μπορούσε να εξυπηρετήσει τις θερμικές του ανάγκες με διάφορους τρόπους εκτός από την φωτιά, όπως για παράδειγμα η θερμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας ή τα ζεστά νερά θερμών πηγών. Σήμερα τα συστήματα θέρμανσης έχουν προχωρήσει ακόμη περισσότερο καθώς υπάρχουν πλέον συστήματα καύσης με πολύ υψηλές αποδόσεις όπως οι λέβητες φυσικού αερίου (80-90%) αλλά και συστήματα πιο οικολογικά όπως η γεωθερμία με αποδόσεις που αγγίζουν το 500%.

Η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας που αφορά μακροσκοπικά αντικείμενα, επί της ουσίας όμως πρόκειται για την κινητική ενέργεια και την ενέργεια ταλάντωσης των μορίων, ατόμων ή ιόντων ενός σώματος η οποία αποθηκεύεται και μεταφέρεται με φορείς στη μικροκοσμική κλίμακα. Η κινητική ενέργεια αφορά κυρίως τα ρευστά. Επίσης η θερμότητα αποθηκεύεται με τη διέγερση των δεσμευμένων ηλεκτρονίων σε υψηλότερες ενεργειακές στάθμες. Έτσι έχουμε τη μεταφορά της θερμότητας και με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται καθώς τα ηλεκτρόνια επιστρέφουν στη μη διεγερμένη τους κατάσταση.

Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής, η θερμότητα τείνει να ρέει αυθόρμητα από θερμότερα σώματα προς ψυχρότερα, ενώ οι ροές της μπορούν να μετατραπούν μερικώς σε ωφέλιμο έργο μέσω μιας θερμικής μηχανής.

Με απλά λόγια θερμότητα ονομάζεται η ενέργεια που ρέει από ένα σώμα σε ένα άλλο (από το θερμότερο στο ψυχρότερο) λόγω της διαφορετικής τους θερμοκρασίας.

Οι τρόποι μεταφοράς θερμότητας είναι τρεις: αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία.

## **Μετάδοση της θερμότητας με αγωγή**

Σύμφωνα με τον Νόμο του Φουριέ, η μεταφορά θερμότητας με αγωγή εκφράζει τη ροή θερμότητας  $Q$  από ένα σώμα στο άλλο μέσω επαφής και είναι ανάλογη με τη διαφορά θερμοκρασίας τους.

## **Μετάδοση της θερμότητας με συναγωγή**

Στα υγρά και τα αέρια η θερμότητα διαδίδεται με μεταφορά. Κατά την μεταφορά αυτή, ποσότητες υγρού ή αερίου θερμαίνονται και μεταφέρονται σε ψυχρότερη περιοχή, όπου και προκαλούν την θέρμανσή της. Μπορεί να υπάρξει διάδοση μεταξύ στερεού και υγρού ή αερίου σώματος.

Η μεταφορά (ή συναγωγή) διακρίνεται σε Ελεύθερη (Free Convection) και Εξαναγκασμένη (Forced Convection).

- Όταν το ρευστό βρίσκεται σε ηρεμία έχουμε ελεύθερη μεταφορά και η κίνηση του είναι αποτέλεσμα ανωστικών δυνάμεων που δημιουργούνται λόγω διαφοράς πυκνότητας η οποία οφείλεται στην αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας του.
- Όταν το ρευστό έχει κάποια ταχύτητα έχουμε εξαναγκασμένη μεταφορά. Στην εξαναγκασμένη μεταφορά έχουμε μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης θερμότητας από ότι στην ελεύθερη μεταφορά λόγω αύξησης του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας  $h$ .

## **Μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία**

Για την μετάδοση της θερμότητας με αγωγή ή με μεταφορά χρειάζεται η παρουσία της ύλης (στερεά, υγρά ή αέρια). Η θερμότητα όμως διαδίδεται και στο κενό. Γνωστό παράδειγμα στη φύση είναι η θέρμανση της Γης από τον Ήλιο, όπου δεν υπάρχει μέσο διάδοσης. Ο τρόπος αυτός διάδοσης της θερμότητας λέγεται διάδοση με ακτινοβολία.

Η θερμική ακτινοβολία διαδίδεται στο χώρο με ηλεκτρομαγνητικά κύματα (όμοια με τα φωτεινά), απορροφάται από τα διάφορα σώματα και τα θερμαίνει.

Η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία θεωρείται συνήθως αμελητέα σε χαμηλές θερμοκρασίες και έτσι δεν λαμβάνεται υπόψη.

## 2.1 Καυστήρας Πετρελαίου



**Εικόνα 2.1** Λέβητας πετρελαίου

Οι καυστήρες πετρελαίου είναι μηχανές θέρμανσης που έχουν ως καύσιμο το πετρέλαιο. Ο καυστήρας πετρελαίου ελέγχεται από αυτοματισμούς. Για να αρχίσει την λειτουργία του πρέπει το ηλεκτρονικό του να δεχθεί ηλεκτρική εντολή (φάση) από τον θερμοστάτη του πίνακα του λέβητα. Όταν γίνει αυτό τότε συμβαίνουν με την σειρά τα εξής:

1. Το ηλεκτρονικό δίνει εντολή στο μοτέρ του καυστήρα. Αυτό αρχίζει να περιστρέφεται και μαζί του αρχίζει να περιστρέφεται η φτερωτή και η αντλία πετρελαίου. Αυτό αργεί για λίγο να συμβεί σε καυστήρες με προθερμαντήρα. Θα πρέπει πρώτα το πετρέλαιο να θερμανθεί μέσα στον σωλήνα πετρελαίου του καυστήρα και μετά να αρχίσουν οι παραπάνω διεργασίες.
2. Αρχίζει να λειτουργεί ο μετασηματιστής και δημιουργείται σπινθήρας στην άκρη των ηλεκτροδίων πάνω από το μπεκ. Σε ορισμένους καυστήρες αυτό γίνεται την στιγμή που ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βάννα πετρελαίου και αρχίζει να ψεκάζει πετρέλαιο το μπεκ.
3. Μετά από λίγα δευτερόλεπτα (2 μέχρι 15 ανάλογα τον τύπο του καυστήρα) και εφ' όσον δεν υπάρχει φλόγα μέσα στον καυστήρα ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα πετρελαίου. Μια ορισμένη ποσότητα καυσίμου πλέον πρεσάρεται προς το μπεκ). Έτσι γίνεται ο ψεκασμός του πετρελαίου και η ανάμειξη του με τον αέρα που ήδη παρέχει η φτερωτή. Το μείγμα αυτό πετρελαίου αέρα αναφλέγεται από τον σπινθήρα των ηλεκτροδίων.
4. Το φωτοκύτταρο πλέον δέχεται το φως της φλόγας και μετά από λίγα δευτερόλεπτα δίνει εντολή (μέσω του ηλεκτρονικού) για διακοπή λειτουργίας του μετασηματιστή, ενώ ο καυστήρας συνεχίζει να λειτουργεί.
5. Όταν κοπεί η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος προς το ηλεκτρονικό επειδή δίνει εντολή ο θερμοστάτης χώρου ή ο θερμοστάτης του καυστήρα από τον πίνακα

του λέβητα ή και από άλλη αιτία, σταματά η λειτουργία του καυστήρα.  
Σταματά δηλαδή το μοτέρ και κλείνει η ηλεκτρομαγνητική βάνα πετρελαίου.

Οι καυστήρες πετρελαίου διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο προσαγωγής και ανάμιξης του αέρα και του πετρελαίου κατά την καύση.

- Καυστήρες Εξάτμισης
- Καυστήρες Περιστροφής( Φυγοκεντρικοί)
- Καυστήρες Διασκορπισμού

### **Καυστήρες Εξάτμισης**

Καυστήρες όπου το καύσιμο ενώνεται με το οξυγόνο του αέρα που βρίσκεται ελεύθερο στην ατμόσφαιρα ή διοχετεύεται από κάποιο ανεμιστήρα.

### **Φυγοκεντρικοί Καυστήρες**

Είναι καυστήρες στους οποίους το πετρέλαιο εισερχόμενο φυγοκεντρίζεται και εκτινάσσεται ακτινικά στην εστία του λέβητα. Συνήθως χρησιμοποιούν ως καύσιμο το μαζούτ, και συναντώνται σε μεγάλες εγκαταστάσεις που μπορούν να φτάσουν τα 400 Kg/h. Στις μέρες μας δεν χρησιμοποιούνται πλέον μιας και οι καυστήρες διασκορπισμού έχουν κυριαρχήσει σε όλες τις χρήσεις.

### **Καυστήρες Διασκορπισμού**

Είναι η πιο συνηθισμένοι και ονομάζονται έτσι γιατί διασκορπίζουν το καύσιμο. Μπορούν να το συμπιέσουν σε μικρή πίεση (7 bar) όπως στην περίπτωση των μη πιεστικών ή σε μεγάλη πίεση (10-20 bar) όπως στην περίπτωση των πιεστικών. Στους καυστήρες διασκορπισμού το πετρέλαιο αντλείται από την αντλία και στην συνέχεια πρεσάρεται με πίεση στο ακροφύσιο ( μπεκ) όπου διασπάται σε μικρά σταγονίδια και αναμιγνύεται με τον αέρα για να καεί.

Ένας άλλος διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με τις βαθμίδες συμπίεσης ή με τα στάδια της καύσης και έτσι έχουμε μονοβάθμιους, καυστήρες δύο βαθμίδων ή πολυβάθμιους. Στη θέρμανση έχουν καθιερωθεί κυρίως οι πιεστικοί καυστήρες διασκορπισμού διότι η λειτουργία των μη πιεστικών καυστήρων κρίθηκε αντιοικονομική και ρυπογόνα, καθώς ο άτονος διασκορπισμός καυσίμου σε συνδυασμό με την αδυναμία για περισσότερη πίεση στο διοχετευόμενο αέρα είχαν σαν αποτέλεσμα την ατελή καύση του πετρελαίου.

Καθοριστικό μέγεθος για τον κάθε καυστήρα είναι η ισχύς. Πιο συγκεκριμένα, ισχύς ονομάζεται η μέγιστη δυνατή κατανάλωση καυσίμου κατά τη λειτουργία του και εκφράζεται συνήθως σε Kg/h.

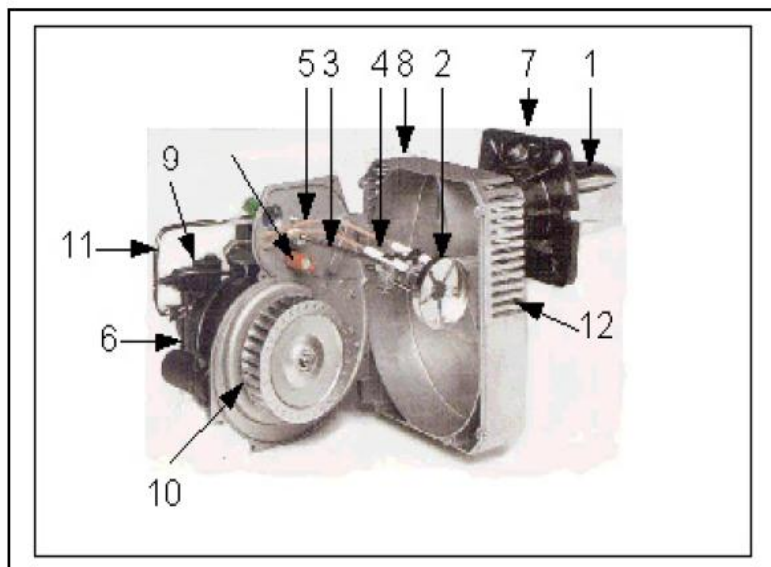
### 2.1.1 Καυστήρες Διασκορπισμού Υψηλής Πίεσης

Ένας καυστήρας πετρελαίου είναι ένα σύνολο εξαρτημάτων και οργάνων που σκοπό έχουν τη προετοιμασία του πετρελαίου προς καύση, την έναυση του καυσίμου, τη παροχή του αέρα για την επιτέλεση της καύσης, την κατεύθυνση της φλόγας προς την εστία καύσης και τον έλεγχο της φλόγας.

Οι καυστήρες διασκορπισμού υψηλής πίεσης είναι σχεδόν οι μόνοι που χρησιμοποιούνται σήμερα. Θα τους συναντήσουμε με μονοφασικό κινητήρα όταν η ισχύς τους είναι μέχρι 350000 Kcal/h, ενώ οι καυστήρες μεγαλύτερης ισχύος είναι ως επί το πλείστον τριφασικοί.

**Στη παρακάτω εικόνα διακρίνονται:**

1. Κεφαλή ή μπούκα ή φλογοσωλήνα.
2. Στροβιλιστής ή αναμικτήρας .
3. Ράβδος μπεκ.
4. Ηλεκτρόδια ανάφλεξης.
5. Καλώδια υψηλής τάσης.
6. Κινητήρας.
7. Φλάντζα στήριξης
8. Κορμός ή σώμα
9. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα..
10. Ανεμιστήρας ή φτερωτή.
11. Σωληνάκι πετρελαίου .
12. Αναρρόφηση αέρα.



**Εικόνα 2.2** Μέρη καυστήρα διασκορπισμού υψηλής πίεσης



Προκειμένου να καταλάβουμε τη λειτουργία του καυστήρα θα πρέπει να γνωρίσουμε τα εξαρτήματα και τα όργανα από τα οποία αποτελείται καθώς και το ρόλο που διαδραματίζει το καθένα.

### 1. Κορμός Καυστήρα

Αποτελείται από το κέλυφος του ανεμιστήρα και τις επιφάνειες στήριξης των διαφόρων εξαρτημάτων.

Η σχεδίαση του κελύφους είναι πολύ σημαντική γιατί από τη διαμόρφωση του εξαρτάται ο έντονος στροβιλισμός του αέρα κατά την είσοδο του στη μπούκα.



Εικόνα 2.3 Κορμός

καυστήρα

### 2. Κινητήρας Καυστήρα

Είναι ένας ηλεκτρικός κινητήρας, μονοφασικός ή τριφασικός ο οποίος κινεί τη φτερωτή του αέρα και την αντλία πετρελαίου με την οποία συνδέεται μέσω κόμπλερ από πλαστικό υλικό.

Στους μονοφασικούς κινητήρες συναντάμε πυκνωτή εκκίνησης, ενώ οι τριφασικοί είναι συνήθως εξοπλισμένοι με ρελέ θερμικής προστασίας.

Οι κινητήρες διακρίνονται από την ισχύ τους και τον αριθμό των στροφών ανά λεπτό.

### 3. Φτερωτή Καυστήρα ή Ανεμιστήρας

Ο ανεμιστήρας στερεώνεται πάνω στον άξονα του κινητήρα. Η φτερωτή του είναι στους πιεστικούς καυστήρες φυγοκεντρικού τύπου. Σκοπός του είναι να διοχετεύσει μέσω της μπούκας την απαιτούμενη προς καύση του πετρελαίου ποσότητα αέρα. Επίσης δημιουργεί μέσα στο θάλαμο καύσης την πίεση που χρειάζεται για την υπερνίκηση των αντιστάσεων του λέβητα. Η πίεση που μπορεί να σηκώσει ο ανεμιστήρας ονομάζεται κατάθλιψη του καυστήρα και πρέπει να είναι κατά 20 % μεγαλύτερη από την αντίθλιψη αντιστάσεων του λέβητα.



Εικόνα 2.4 Ανεμιστήρας καυστήρα

#### 4. Μετασχηματιστής Κουστήρα

Ο μετασχηματιστής αυξάνει την τάση του ρεύματος της πόλης από τα 220 σε τάση 10.000V με σκοπό τη δημιουργία σπινθήρα στα ηλεκτρόδια, για την ανάφλεξη του μείγματος πετρελαίου αέρα.

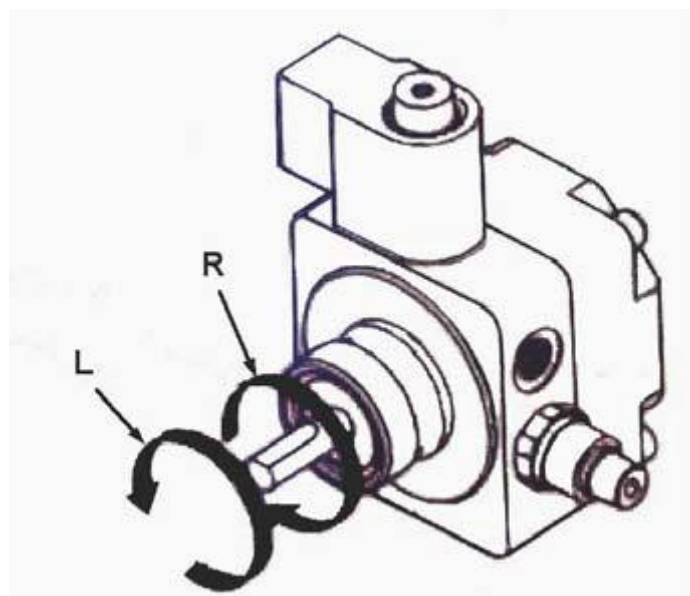


Εικόνα 2.5 Μετασχηματιστής καυστήρα

#### 5. Αντλία Πετρελαίου

Η αντλία είναι σημαντικότατο κομμάτι του συστήματος παροχής καυσίμου σε ένα πιεστικό καυστήρα πετρελαίου θέρμανσης. Είναι συνήθως γραναζωτή και συνδέεται με τον κινητήρα μέσω πλαστικού κόμπλερ. Η αποστολή της αντλίας είναι :

- Άντληση επαρκούς ποσότητας καυσίμου από τη δεξαμενή πετρελαίου.
- Φιλτράρισμα του πετρελαίου.
- Αύξηση της πίεσης του καυσίμου στα 10 – 14 bar για την επίτευξη του επιθυμητού διασκορπισμού.
- Επιστροφή του καυσίμου που περίσσεψε στη δεξαμενή.

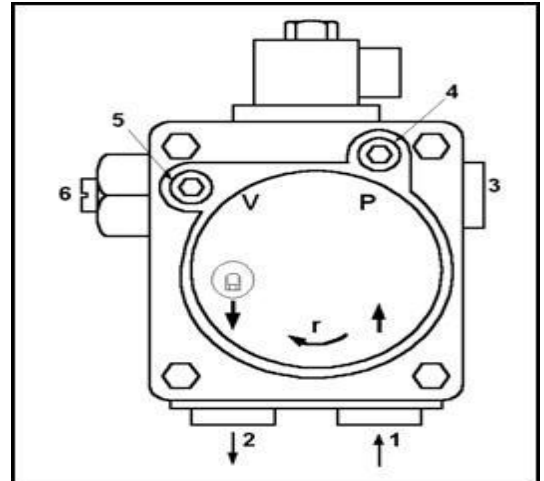


Εικόνα 2.6 Αντλία πετρελαίου

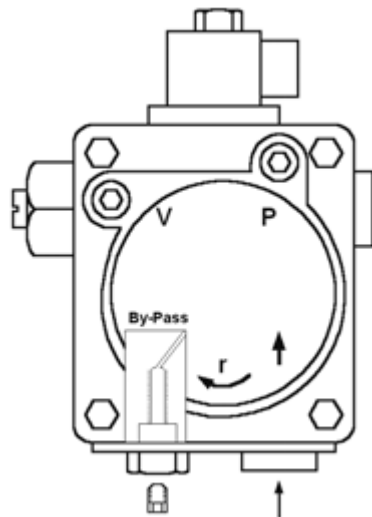
Η υψομετρική διαφορά που μπορεί να έχει η αντλία από τη δεξαμενή εξαρτάται από το μήκος και τη διάμετρο των σωλήνων του καυσίμου. Πάντως σε καμία περίπτωση δεν μπορεί η δεξαμενή να είναι χαμηλότερα από 3,5 μέτρα και ψηλότερα από 4 μέτρα. Για την δεύτερη περίπτωση αν υπάρχει ανάγκη τοποθέτηση της δεξαμενής ψηλότερα από 4 μέτρα θα πρέπει η τροφοδοσία της αντλίας να γίνει με ένα σωλήνα αφού προηγουμένως έχει ενεργοποιηθεί το εσωτερικό By – Pass .

Σε κάθε αντλία διακρίνομε τις παρακάτω υποδοχές.

1. Εισαγωγής πετρελαίου.
2. Επιστροφής πετρελαίου.
3. Παροχής πετρελαίου προς μπεκ.
4. Υποδοχή εφαρμογής μανομέτρου.
5. Υποδοχή εφαρμογής υποπιεσομέτρου.
6. Ρυθμιστής πίεσης.



**Εικόνα 2.7** Υποδοχές αντλίας



**Εικόνα 2.8** Αντλία πετρελαίου

Σε κάθε αντλία υπάρχει βέλος που υποδεικνύει τη φορά περιστροφής. Χαρακτηρίζομε αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη μια αντλία κοιτώντας τη φορά περιστροφής της από τη πλευρά του άξονα της.

Εξαέρωση κάνομε σε μια αντλία ξεβιδώνοντας ελαφρά την βίδα P ( υποδοχής μανομέτρου ) . Κάτω από το καπάκι της αντλίας ή σε ξεχωριστή υποδοχή ( αντλίες Damfoss ) υπάρχει φίλτρο πετρελαίου το οποίο πρέπει να καθαρίζεται κατά τη συντήρηση.

Επίσης υπάρχει μια βίδα για τη ο ρύθμιση της πίεσης, που γυρνώντας την δεξιά αυξάνομε την πίεση του πετρελαίου, ενώ γυρνώντας την αριστερά τη μειώνομε. Σε πολλές αντλίες είναι ενσωματωμένη η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα πετρελαίου.

## 6. Ηλεκτρονικό Καυστήρα

Το σύστημα αυτοματισμού του καυστήρα φροντίζει για τον συντονισμό των διαφόρων συστημάτων του καυστήρα καθώς και για την ασφαλή του λειτουργία. Η καρδιά και το μυαλό του συστήματος αυτοματισμού είναι ο ηλεκτρονικός καύσης ή σε συντομία « το ηλεκτρονικό » Πολλές φορές ονομάζεται και προγραμματιστής ή και εγκέφαλος του καυστήρα.



Εικόνα 2.9 Εγκέφαλος καυστήρα

Τα εξαρτήματα με τα οποία συνεργάζεται και συντονίζει είναι:

1. Το μοτέρ που κινεί τον ανεμιστήρα παροχής.
2. Την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ή τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες παροχής καυσίμου.
3. Το σύστημα έναυσης του καυσίμου, που αποτελείται από τον μετασχηματιστή τους σπινθηριστές και τα καλώδια υψηλής τάσης.
4. Το σύστημα ελέγχου που είναι το φωτοκύτταρο.

## 7. Βάση Ηλεκτρονικού

Η βάση του ηλεκτρονικού έχει τους ακροδέκτες που χρειάζονται για την σύνδεση των οργάνων και συσκευών που συνεργάζονται και ελέγχονται από το ηλεκτρονικό. Επίσης φέρει τους ακροδέκτες για την σύνδεση του ουδετέρου, της γείωσης και της τάσης τροφοδότησης του καυστήρα., Το ηλεκτρονικό στερεώνεται στην βάση με ένα σύστημα ελασμάτων ή με δυο βίδες, και οι ακροδέκτες του ηλεκτρονικού κουμπώνουν στους ακροδέκτες της βάσης.



Εικόνα 2.10 Βάση ηλεκτρονικού

## 8. Μπεκ Ψεκασμού

Το μπεκ ή ακροφύσιο, είναι το τελευταίο εξάρτημα που βρίσκεται το πετρέλαιο πριν εγκαταλείψει το καυστήρα και καεί. Η αποστολή του είναι να προετοιμάζει το πετρέλαιο για να καεί με τον πλέον αποδοτικό τρόπο. Δηλαδή να καεί τέλεια, προκειμένου να μας δώσει το μέγιστο της θερμικής ενέργειας που μπορεί. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να ψεκαστεί σε λεπτότατα σταγονίδια για να επιτευχθεί μίγμα πετρελαίου – αέρα όσο γίνεται πιο ομοιογενές. Αυτή είναι η αποστολή του μπεκ και είναι κεφαλαιώδους σημασίας. Γι αυτό ακριβώς θα πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί με το χειρισμό του και την επιλογή του.



Εικόνα 2.11 Μπεκ ψεκασμού

Τα μπεκ τυποποιούνται με βάση :

- Την παροχή του πετρελαίου σε USG/H ( γαλόνια ανά ώρα ) όταν η πίεση του καυσίμου είναι 7 bar.
- Τη γωνία ψεκασμού του καυσίμου σε μοίρες.
- Τον τρόπο που κατανέμονται τα σταγονίδια στο κώνο ψεκασμού.

## 9. Φωτοκυτόταρο

Το φωτοκυτόταρο ή φωτοαντίσταση, Στηρίζει τη λειτουργία του στη ιδιότητα του θειούχου καδμίου, στο φως να παρουσιάζει μικρή αντίσταση ενώ στο σκοτάδι η αντίσταση να αυξάνεται. Το φωτοκυτόταρο τοποθετείται κατά τρόπο που να κοιτά προς τη φλόγα.



Εικόνα 2.12 Φωτοκυτόταρο

Οι λειτουργίες του είναι οι παρακάτω :

1. Αν κατά την εντολοδότηση του καυστήρα βλέπει φως ενημερώνει το ηλεκτρονικό και ο καυστήρας δεν ξεκινά, γιατί μπορεί να είναι η πόρτα του λέβητα ανοικτή, ή το φωτοκύτταρο ή ο καυστήρας να μην είναι τοποθετημένα στη θέση τους, με κίνδυνο ατυχήματος.
2. Αν κατά την εκκίνηση του καυστήρα και μετά το άνοιγμα της ηλεκτρομαγνητικής πετρελαίου περάσουν μερικά δευτερόλεπτα ( 7 – 15 ) και δεν δει φως, πάλι ο καυστήρας μπλοκάρει.
3. Επίσης θα μπλοκάρει τον καυστήρα αν ενώ λειτουργεί κανονικά η φλόγα σβήσει.

Δηλαδή το φωτοκύτταρο είναι ένας επιτηρητής φλόγας, με σημαντικότερη λειτουργία και γι αυτό θα πρέπει να διατηρείται καθαρό, σε καλή κατάσταση, και να αντικαθίσταται στη παραμικρή υπόνοια δυσλειτουργίας του.

## 10. Ηλεκτρόδια Έναυσης

Τα ηλεκτρόδια ή σπινθηριστές ή αναφλεκτήρες, είναι κατασκευασμένα από χαλύβδινο σύρμα με μεγάλη αντοχή στη θερμοκρασία. Στηρίζονται σε μόνωση πορσελάνης που πρέπει να διατηρείται καθαρή από αιθάλη που είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Ο κάθε κατασκευαστής σχεδιάζει το ηλεκτρόδια του με τρόπο που, συνεργαζόμενα με τη μπούκα και το στροβιλιστή, να εξυπηρετούν την απρόσκοπτη έναυση του καυσίμου.

Η θέση τους είναι πολύ σημαντική, και θα πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή κατά τη τοποθέτησή τους.



Εικόνα 2.13 Ηλεκτρόδιο έναυσης

## 11. Μπούκα

Ονομάζεται και κεφαλή ή φλογοσωλήνας. Προσαρμόζεται πάνω στον κορμό του καυστήρα και οδηγείται σε αυτή όλος ο αέρας που εισάγει ο ανεμιστήρας. Μέσα στη μπούκα τοποθετείται η φλογοκεφαλή η οποία αποτελείται από τη ράβδο μπεκ, το μπεκ, το διασκορπιστήρα και τα ηλεκτρόδια.



Εικόνα 2.14 Μπούκα

Το άκρο της μπούκας διαμορφώνεται με τρόπο που να επηρεάζεται η κατανομή του αέρα της καύσης.



Εικόνα 2.15 Μπούκα

## 12. Διασκορπιστήρας ( Στροβιλιστής )

Ο στροβιλιστής στηρίζεται πάνω στη ράβδο μπεκ του καυστήρα, βρίσκεται μέσα στην μπούκα και σε μικρή απόσταση μπροστά από το Μπεκ. Την απόσταση αυτή τη καθορίζει ο κατασκευαστής του καυστήρα. Οι στροβιλιστές φέρουν λοξές εγκοπές ώστε ο αέρας που περνά απ αυτές να υφίσταται έντονη περιδίνηση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ταχεία ανάμειξη του αέρα με το νέφος του πετρελαίου και την επίτευξη τέλει καύσης.



Εικόνα 2.16 Τύποι στροβιλιστών

## 13. Ηλεκτρομαγνητική Βαλβίδα Πετρελαίου

Η βαλβίδα αυτή είναι ενσωματωμένη στην αντλία ή βρίσκεται στο σωλήνα πετρελαίου μεταξύ αντλίας και μπεκ. Διακόπτει την παροχή πετρελαίου προς το μπεκ όταν ο καυστήρας δεν λειτουργεί.

Εντολοδοτείται από το ηλεκτρονικό του καυστήρα. Κατά την εκκίνηση του καυστήρα ανοίγει με χρονική καθυστέρηση, ώστε ο κινητήρας να έχει αναπτύξει πλήρως τις στροφές του και να έχει μεσολαβήσει κάποιος χρόνος προαερισμού του λέβητα.



**Εικόνα 2.17** Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα πετρελαίου

#### **14. Φλάντζα Στήριξης Καυστήρα**

Είναι μια μεταλλική πλάκα διαμορφωμένη κατάλληλα για να στηρίζει τον καυστήρα πάνω στο λέβητα. Φέρει δύο φλάντζες αμιάντου προς εξασφάλιση της απαιτούμενης στεγανότητας.

Το υλικό κατασκευής της είναι συνήθως το αλουμίνιο και κατασκευάζεται με χύτευση.

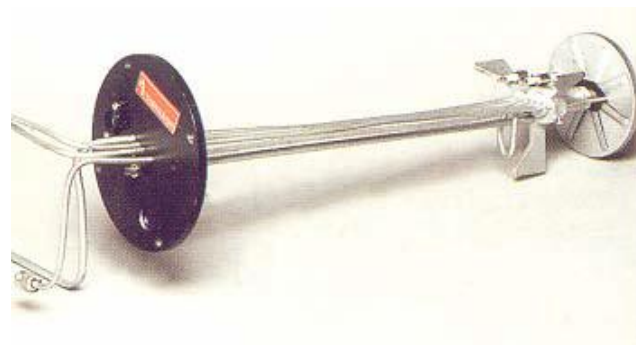


**Εικόνα 2.18** Φλάντζα

#### **15. Ράβδος Μπεκ ( Σωλήνας Πετρελαίου )**

Είναι ένας χάλκινος σωλήνας που στο ένα άκρο του βρίσκεται ο προσαρμογέας του μπεκ ο οποίος φέρει θηλυκό σπείρωμα για να βιδώνει το μπεκ.

Στο άλλο του άκρο φέρει σπείρωμα συνήθως 3/8'' για να βιδώσει ο σωλήνας που φέρνει το πετρέλαιο από την αντλία. Στη ράβδο μπεκ υπάρχει σύστημα συγκράτησης των ηλεκτροδίων ανάφλεξης καθώς και του στροβιλιστή.



**Εικόνα 2.19** Σωλήνας πετρελαίου

Υπάρχει σύστημα μετακίνησης της ράβδου μπεκ κατά μήκος της μπούκας. Με τη μετακίνηση αυτή ρυθμίζουμε την ποσότητα του αέρα που θα περάσει μέσα από τον διασκορπιστήρα ( κεντρικός αέρας) και την ποσότητα που θα περάσει γύρω από αυτόν ( περιφερειακός αέρας ).



## 16. Καλώδια Υψηλής Τάσης

Αποτελούνται από χάλκινα σύρματα με ισχυρή μόνωση. Συνδέουν μετασχηματιστή με ηλεκτρόδια και φέρουν κατάλληλους ακροδέκτες. Μεταφέρουν το ρεύμα υψηλής τάσης από τον μετασχηματιστή στα ηλεκτρόδια.

## 17. Πυκνωτής

Το πυκνωτή τον συναντάμε μόνο σε μονοφασικούς κινητήρες. Είναι προσαρμοσμένος πάνω στο μοτέρ. Ο ρόλος του εξαντλείται στο ξεκίνημα του μοτέρ. Αν πάθει βλάβη ο πυκνωτής το μοτέρ δεν ξεκινά και το ηλεκτρονικό μπλοκάρει.

## 18. Τάμπερ Αέρα

Το τάμπερ του αέρα έχει ένα μηχανισμό με το οποίο ρυθμίζουμε το άνοιγμα του, καθορίζοντας έτσι τη ποσότητα του αέρα που θα εισαχθεί στο λέβητα προς καύση. Μπορεί να είναι μηχανικό ή αυτόματο (υδραυλικό). Τα αυτόματα τάμπερ παραμένουν κλειστά όσο ο λέβητας δεν λειτουργεί και ανοίγουν με ένα υδραυλικό έμβολο το οποίο ενεργοποιείται με τη πίεση που δημιουργεί η αντλία στο πετρέλαιο.

Το να κλείνει το τάμπερ όταν ο καυστήρας δε λειτουργεί, συντελεί στην οικονομία του καυσίμου, διότι ο ελκυσμός της καμινάδας δεν μπορεί να δημιουργήσει ρεύμα αέρος στο λέβητα μέσω του ανοίγματος του καυστήρα και να κρυώσει ο λέβητας γρηγορότερα. Συχνά και τα μηχανικά τάμπερ κλείνουν με την βαρύτητα, παράγοντας ανάλογα αποτελέσματα με τα αυτόματα.



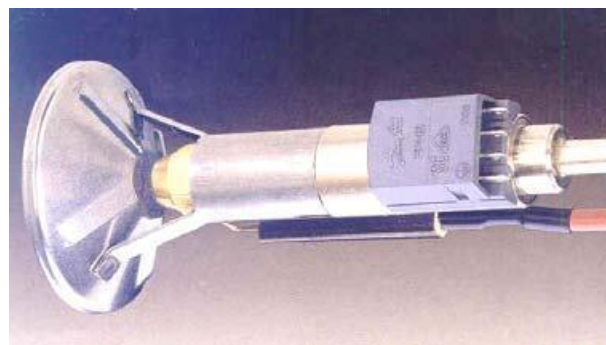
Εικόνα 2.20 Μηχανισμοί ρύθμισης αέρα

## 19. Γυαλί Επιθεώρησης Φλόγας

Αρκετοί καυστήρες σε κατάλληλο σημείο του κορμού τους έχουν μια οπή που κλείνεται από ένα γυαλί, για να μπορούμε να επιθεωρούμε με το μάτι την φλόγα της καύσης.

## 20. Προθερμαντήρας Πετρελαίου.

Τον συναντάμε σε ορισμένους τύπους καυστήρων. Είναι μια μικρή αντίσταση προσαρμοσμένη στη ράβδο μπεκ στο σημείο που βιδώνει το μπεκ. Συνδέεται με τέσσερα καλώδια με το ηλεκτρονικό του καυστήρα. Τα δύο καλώδια είναι για την αντίσταση και τα άλλα δύο για ένα ενσωματωμένο θερμοστατικό διακόπτη.



Εικόνα 2.21 Προθερμαντήρας

Σκοπός του είναι να θερμάνει το πετρέλαιο, για να γίνεται πιο λεπτόρρευστο και να μπορεί να ψεκάζεται καλύτερα επιτυγχάνοντας σταθερή ποιότητα καύσης ανεξάρτητα από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Πριν από κάθε ξεκίνημα του καυστήρα μεσολαβούν λίγα λεπτά για να φθάσει το πετρέλαιο στην επιθυμητή θερμοκρασία ψεκασμού, και ο θερμοστατικός διακόπτης να δώσει εντολή εκκίνησης.

## 21. Κάλυμμα Καυστήρα

Δεν το συναντάμε σε όλους τους καυστήρες. Σκοπός του είναι να προστατεύει τα εξαρτήματα του καυστήρα από κτυπήματα. Είναι κατασκευασμένο από άκαυστο πλαστικό ή από λαμαρίνα. Συχνά στο εσωτερικό του καλύμματος τοποθετείται και ηχοαπορροφητικό υλικό για τη μείωση του θορύβου από τη λειτουργία του καυστήρα.



Εικόνα 2.22 Κάλυμμα καυστήρα

## 22. Κόμπλερ Αντλίας

Συνδέει τον άξονα της αντλίας πετρελαίου με τον άξονα του μοτέρ. Είναι από πλαστικό υλικό και αν η αντλία φρακάρει, το κόμπλερ καταστρέφεται και έτσι δεν καίγεται το μοτέρ του καυστήρα. Με το να μη λειτουργεί η αντλία δεν έχουμε πετρέλαιο προς καύση και το ηλεκτρονικό μπλοκάρει τον καυστήρα.

## 2.2 Καυστήρας Φυσικού Αερίου

Το Φυσικό Αέριο είναι αέριο μίγμα υδρογονανθράκων. Εξάγεται από υπόγειες κοιλότητες και εξαιτίας των ιδιοτήτων του θεωρείται οικολογικό καύσιμο. Βασικό συστατικό του φυσικού αερίου είναι το μεθάνιο, συνυπάρχουν όμως σε αυτό και σημαντικές ποσότητες αιθανίου, προπανίου και βουτανίου, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, υδρογόνο, ήλιο και υδρόθειο.

Το φυσικό αέριο που είναι απαλλαγμένο από τους υδρογονάνθρακες πέραν του μεθανίου, δηλαδή το καθαρό μεθάνιο, συχνά αποκαλείται και ξηρό φυσικό αέριο. Αντίστοιχα, το φυσικό αέριο που συμπεριλαμβάνει και άλλους υδρογονάνθρακες εκτός από το μεθάνιο, αποκαλείται και υγρό φυσικό αέριο.

Συστατικά	% κατά όγκο σύσταση
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	70-90
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	5-15
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) και Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	< 5
CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, κτλ.	μικρότερες ποσότητες

Εικόνα 2.23 Χημική σύσταση φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο είναι άχρωμο και άοσμο. Η χαρακτηριστική του οσμή δίνεται τεχνικά ώστε να γίνεται αντιληπτό σε τυχόν διαρροές. Ανήκει στη δεύτερη οικογένεια των αέριων καυσίμων. Είναι ελαφρύτερο από τον αέρα: έχει ειδικό βάρος ίσο με 0,59.

Η καύση του φυσικού αερίου, σε σχέση με αυτή άλλων καυσίμων όπως ο γαιάνθρακας ή το λάδι, έχει λιγότερο επιβλαβείς συνέπειες για το περιβάλλον. Παράγει, για παράδειγμα, μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

Η άσφαλτος και τα βιτουμένια, τα πιο παλιά γνωστά προϊόντα του πετρελαίου, όπως και ενδείξεις για διαρροές φυσικού αερίου πρωτοβρέθηκαν μεταξύ 6000 και 2000 π.Χ. στην περιοχή που σήμερα βρίσκεται το Ιράν. Η χρήση του φυσικού αερίου αναφέρεται στην Κίνα το 900 π.Χ. περίπου, όπου ανοίχθηκαν γύρω στα 900-1100 φρέατα και το αέριο μεταφερόταν με αγωγούς από μπαμπού.

Στην Ευρώπη αυτές οι επιτεύξεις ήταν άγνωστες και το φυσικό αέριο δεν ανακαλύφθηκε παρά το 1659 στην Αγγλία. Το αέριο από απόσταξη ανθράκων ανακαλύφθηκε το 1670 και άρχισε να χρησιμοποιείται το 1790, γιατί ήταν πιο εύκολη η μεταφορά, η αποθήκευση και η χρησιμοποίησή του στις μηχανές εσωτερικής καύσεως και στον φωτισμό δρόμων και σπιτιών. Το 1821 η πόλη Φριντόνια (Fredonia) στην περιφέρεια της Νέας Υόρκης φωτιζόταν με φυσικό αέριο. Αλλά η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου εξακολουθούσε να είναι περιορισμένη, γιατί δεν υπήρχε τρόπος μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις και επί έναν αιώνα το φυσικό αέριο παρέμεινε στο περιθώριο της βιομηχανικής εξέλιξης, που βασίστηκε στον άνθρακα, το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό.

Η μέθοδος μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1920 και αποτέλεσε ένα σημαντικό στάδιο στη χρήση του αερίου. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ακολούθησε μια περίοδος τεράστιας κατανάλωσης, που συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Το 1960 η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ήταν 470 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα και το 1979 ήταν 1,459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Το 1950 το φυσικό αέριο αποτελούσε το 12% της καταναλισκόμενης παγκοσμίως ενέργειας, ένα ποσοστό που αυξήθηκε σε 14,6% το 1960 και σε 25% το 1980. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ) η κατανάλωση φυσικού αερίου θα υπερβεί την κατανάλωση άνθρακα το 2010 και το φυσικό αέριο θα καλύπτει το 1/4 των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών το 2030.

Το φυσικό αέριο είναι καύσιμο και πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας. Εξορύσσεται από υπόγειες κοιλότητες στις οποίες βρίσκεται υπό υψηλή πίεση. Σε αυτές τις κοιλότητες το φυσικό αέριο σχηματίστηκε με τρόπο παρόμοιο με τον τρόπο σχηματισμού του πετρελαίου. Μεταφέρεται προς τους τόπους όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί όπως είναι, χωρίς την ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας.

Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου βρίσκονται συνήθως μακριά από τα κύρια κέντρα καταναλώσεως· συνεπώς πρέπει να μεταφερθεί, αν και οι βιομηχανίες χημικής επεξεργασίας είναι συχνά εγκατεστημένες στην περιοχή της παραγωγής. Η μεταφορά του φυσικού αερίου εξαρτάται από την κατάστασή του. Σε αέρια κατάσταση μεταφέρεται με αγωγούς υπό υψηλή πίεση, ενώ σε υγρή κατάσταση μεταφέρεται με πλοία.

Οι μεγάλοι αγωγοί υψηλής πίεσης καθιστούν δυνατή τη μεταφορά του αερίου σε απόσταση χιλιάδων χιλιομέτρων. Παραδείγματα τέτοιων αγωγών είναι οι αγωγοί της Βόρειας Αμερικής, που εκτείνονται από το Τέξας και τη Λουιζιάνα μέχρι τη βορειοανατολική ακτή και από την Αλμπέρτα ως τον Ατλαντικό. Αγωγοί επίσης εκτείνονται από τη Σιβηρία μέχρι την Κεντρική και Δυτική Ευρώπη. Οι έρευνες για πετρέλαιο έχουν αποκαλύψει την ύπαρξη μεγάλων κοιτασμάτων αερίου στην Αφρική, Μέση Ανατολή, Αλάσκα και αλλού. Η μεταφορά από τέτοιες περιοχές γίνεται με πλοία. Το αέριο υγροποιείται στους -160 βαθμούς Κελσίου και μεταφέρεται, όπως το πετρέλαιο, με δεξαμενόπλοια ειδικά κατασκευασμένα για τον σκοπό αυτό. Ένα κυβικό μέτρο υγρού φυσικού αερίου αντιστοιχεί σε 600 κυβικά μέτρα αερίου σε ατμοσφαιρική πίεση. Το ειδικό βάρος του υγρού αερίου είναι σχετικά χαμηλό (περίπου 0,55). Η Ελλάδα προμηθεύεται φυσικό αέριο από την Ρωσία και την Αλγερία.

### **Πλεονεκτήματα Φυσικού Αερίου έναντι των συμβατικών υγρών καυσίμων**

Η χημική σύσταση του φυσικού αερίου (και των ομοειδών του) καθώς και η σύσταση των καυσαερίων του, συνιστούν δυο συνθήκες με υψηλό ενδιαφέρον από την σκοπιά της λειτουργίας με υψηλό βαθμό απόδοσης και της εξοικονόμησης ενέργειας ιδίως στις οικιακές εφαρμογές:

- Εξαιτίας της απουσίας προσμίξεων επιβαρυντικών για τα μέρη των συσκευών και των εγκαταστάσεων (καυστήρες, θάλαμοι καύσης, απαγωγή καυσαερίων κλπ), είναι απολύτως εφικτή η διατήρηση σταθερού βαθμού απόδοσης για ιδιαίτερα μεγάλες περιόδους.

- Επειδή τα προϊόντα της καύσης του φυσικού αερίου αποτελούνται κυρίως από νερό (υδρατμούς), καθίσταται εύκολα δυνατή η αξιοποίηση της λανθάνουσας θερμότητας των καυσαερίων (διαδικασία συμπύκνωσης), με αποτέλεσμα την αύξηση (πάνω από 20%) της ωφέλιμης θερμότητας που λαμβάνεται από δεδομένη ποσότητα καυσίμου - σημαντικό πλεονέκτημα για τον τελικό καταναλωτή αφού μπορεί να εξυπηρετήσει την εγκατάστασή του με λιγότερο καύσιμο.

Οι λέβητες φυσικού αερίου παρουσιάζουν τον ίδιο τρόπο λειτουργίας με τους λέβητες πετρελαίου, με την μόνη διαφορά στο καύσιμο. Πλέον είναι πολύ συχνή η χρήση τους στην χώρα μας διότι η τιμή του φυσικού αερίου είναι μικρότερη απ αυτή του πετρελαίου. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.

### Πλεονεκτήματα

Το φυσικό αέριο σε σχέση με το πετρέλαιο:

- είναι προς το παρόν φτηνότερο (~30%)
- είναι συνεχώς διαθέσιμο και δεν χρειάζεται να το προαγοράσετε και να το αποθηκεύσετε (πληρώνετε όσο χρησιμοποιείτε)
- χρησιμοποιεί συνήθως καυτήρες και λέβητες νεότερης γενιάς με καλύτερη απόδοση
- έχει γρηγορότερη απόκριση στη ρύθμιση θερμοκρασίας

### Μειονεκτήματα

- Περιορισμένο δίκτυο διανομής
- Μηνιαίο πάγιο για την παροχή αερίου
- Υψηλό κόστος αγοράς (καυστήρας, λέβητας, σωληνώσεις, καλοριφέρ)
- Υψηλό κόστος λειτουργίας
- Συνεχώς μεταβαλλόμενο κόστος καυσίμου
- Ανάγκη συντήρησης
- Φυσικό αέριο μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας



**Εικόνα 2.24** Λέβητας φυσικού αερίου

## 2.3 Καυστήρας Pellet

### Τι είναι το Pellet;

Το pellet είναι 100% φυσικό προϊόν. Προέρχεται από κατάλοιπα υλοτομίας, ξυλείας, επεξεργασίας ξύλου, αλλά σήμερα υπάρχει και καλλιέργεια των λεγόμενων ενεργειακών φυτών.

Pellet μπορεί να φτιαχτεί και από χαρτί εφημερίδες, νοβοπάν, φύλλα, χόρτα, κλαδιά κ.τ.λ. το οποίο ονομάζεται Agropellet.



Εικόνα 2.25 Πέλλετ

### Πως κατασκευάζεται το pellet;

Το pellet κατασκευάζεται από συμπίεση καταλοίπων επεξεργασίας του ξύλου. Το τυπικό τους σχήμα είναι κυλινδρικό. Χάρη στη λιγνίνη, ένα φυσικό συστατικό που απελευθερώνεται κατά τη συμπίεση του ξύλου, το pellet γίνεται συμπαγές και στερεό, χωρίς να χρειάζονται πρόσθετες συνδετικές ουσίες. Στην Ελλάδα υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα pellets βιομάζας καθώς λειτουργούν 5 εργοστάσια παραγωγής πέλλετ, ενώ εντός του 2010 άρχισε παραγωγή και ένα έκτο στο Νευροκόπι που είναι και το μεγαλύτερο στη χώρα.

Διάμετρος	6-8 mm
Μήκος	12-30,5 mm
Πυκνότητα	1,25 kg/m <sup>3</sup>
Τέφρα	<1%
Θερμογόνος δύναμη	>18 MJ/kg
Υγρασία	<8%

Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά pellet

## **Θέρμανση με πέλλετ**

Άλλη μία οικονομική λύση για θέρμανση, τουλάχιστον σε σχέση με το πετρέλαιο, αποτελούν οι καυστήρες βιομάζας (πέλλετ). Άλλωστε πλέον έχει αρθεί η απαγόρευση της καύσης πέλλετ για την κεντρική θέρμανση κατοικιών σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη. Έτσι ήδη αρκετοί έχουν αντικαταστήσει τον παραδοσιακό τους καυστήρα με καινούργιο, ο οποίος καίει το νέο αυτό, φιλικό προς το περιβάλλον καύσιμο.

Οι καυστήρες πέλλετ (pellet) χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλές αποδόσεις, δεν μολύνουν σχεδόν καθόλου το περιβάλλον και ανάλογα με το μοντέλο μπορούν να παράγουν μεταξύ 10.000 και 60.000 Btu ανά ώρα. Επειδή οι συγκεκριμένοι καυστήρες καίνε τα υπολείμματα ξύλου τόσο αποτελεσματικά, δεν χρειάζεται να υπάρχει μία κανονική καπνοδόχος, καθώς η εξαγωγή των καπνών μπορεί να γίνει μέσω μιας μικρής τρύπας στον τοίχο από ένα σωλήνα που καταλήγει σε εξωτερικό χώρο, αυτός ο σωλήνας αποτελείται από ένα ανοξείδωτο εσωτερικό και ένα αλουμινένιο εξωτερικό. Οι καυστήρες πέλλετ μπορούν να χρησιμοποιήσουν μία υπάρχουσα καπνοδόχο, αλλά συνήθως χρειάζεται να τροποποιηθεί προκειμένου να περνάει ο σωλήνας απ' όπου θα γίνεται η εξαγωγή του καπνού.

### **Αυτοματοποιημένη λειτουργία**

Μολονότι στην ουσία καίνε ξύλο, έστω και σε επεξεργασμένη μορφή, αυτό δεν σημαίνει ότι αποτελούν «παραδοσιακή» πρόταση, η οποία χαρακτηρίζεται από έλλειψη τεχνολογικής υπεροχής. Οι καυστήρες πέλλετ βασίζονται σε περίπλοκους υπολογιστές και ηλεκτρονικούς πίνακες κυκλωμάτων για να καθορίσουν το πόσα καύσιμα πέλλετ πρέπει να καούν. Τα περισσότερα μοντέλα έχουν τουλάχιστον δύο λειτουργίες καύσης και μερικά μοντέλα χρησιμοποιούν θερμοστάτες για να ελέγξουν αυτή την καύση.

### **Τροφοδοσία των καυστήρων και καύση των πέλλετ**

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των καυστήρων πέλλετ είναι ότι δεν χρειάζονται ανεφοδιασμό τόσο συχνά όσο άλλες συσκευές που καίνε ξύλα. Ανάλογα με τη συσκευή αλλά και τις ανάγκες σε θέρμανση, ο ανεφοδιασμός με πέλλετ ποικίλλει από μια φορά την ημέρα μέχρι δύο φορές την εβδομάδα ανάλογα με το μοντέλο καυστήρα και τις θερμαντικές ανάγκες. Για να γίνει ο ανεφοδιασμός απλώς τοποθετούνται τα πέλλετ σε μια χοάνη, η οποία κρατά μεταξύ 15 και 60 κιλά και από εκεί ένας μηχανισμός τα μεταφέρει στο εσωτερικό του καυστήρα. Το κάψιμο των πέλλετ μέσα στον καυστήρα είναι συνήθως βολικό, τακτοποιημένο και ασφαλές και τα πέλλετ συμπιέζονται και τοποθετούνται σε σάκους για μία καθαρή και εύκολη αποθήκευση για την άνετη διαχείριση τους. Οι καυστήρες πέλλετ ουσιαστικά δεν βγάζουν καπνό και παράγουν λιγότερη μυρωδιά από άλλες συσκευές καύσης ξύλου. Επιπλέον, το εξωτερικό μέρος του καυστήρα δεν χρησιμοποιείται για την ακτινοβολία της θερμότητας και παραμένει σχετικά δροσερό.

Η επιλογή του καυστήρα πέλλετ για θέρμανση προϋποθέτει συντήρηση και καθαρισμό για να λειτουργεί σωστά (μια φορά τον χρόνο) αλλά αυτή είναι σχετικά εύκολη και φτηνή. Ωστόσο, επειδή απαιτούν ηλεκτρισμό, πρέπει επιπρόσθετα να υπολογιστεί το πόσο επιπλέον ρεύμα θα καταναλώνουν. Οι περισσότεροι καυστήρες

πέλλετ κοστίζουν από 1.700€ μέχρι 4.000€. Ενώ η τιμή του πέλλετ ως καύσιμο, ανέρχεται σε 250-350 ευρώ ανά τόνο.

## **Μέρη Συστήματος Καυστήρα Pellet**

Σε γενικές γραμμές οι λέβητες πέλλετ έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από τους γνωστούς σε όλους μας λέβητες πετρελαίου. Κατά τα άλλα, αποτελούνται και αυτοί από 5 βασικά μέρη, τα εξής:

### **1. Δεξαμενή**

Ο χώρος αποθήκευσης του καυσίμου pellet. Σε κάποιους (μικρότερους) λέβητες, η δεξαμενή είναι ενσωματωμένη στον λέβητα, ενώ σε κάποιους μεγαλύτερους η δεξαμενή αποθήκευσης βρίσκεται κάπου κοντά και επικοινωνεί με τον καυστήρα μέσω ενός σωλήνα με ατέρμονα κοχλία, ο οποίος προωθεί το πέλλετ στον χώρο καύσης. Στο σύστημα υπάρχουν δικλείδες ασφαλείας, οι οποίες εμποδίζουν την υποχώρηση της φωτιάς από τον χώρο καύσης προς τον χώρο αποθήκευσης.

### **2. Χώρος Καύσης**

Ο χώρος καύσης (λέβητας) είναι ο χώρος όπου γίνεται η καύση του πέλλετ. Το άναμμα, γίνεται είτε με χρήση blower θερμού αέρα (όταν είναι αυτόματο ) είτε με μία απλή ηλεκτρική αντίσταση και στη συνέχεια με τη βοήθεια αέρα που προωθείται από ανεμιστήρα, συντηρείται και δυναμώνει η φλόγα στον θάλαμο καύσης.

### **3. Χώρος Ανταλλαγής Θερμότητας**

Ο χώρος αυτός είναι ουσιαστικά ο χώρος (διαδρομή) από όπου περνούν τα καυσαέρια που κατευθύνονται προς την καμινάδα και ο οποίος περιλαμβάνει σωληνώσεις (υδραυλούς) από όπου περνάει το νερό του λέβητα που μεταφέρεται στα σώματα του καλοριφέρ. Η διαδρομή αυτή είναι λιγότερο ή περισσότερο πολύπλοκη ανάλογα με τον σχεδιασμό του λέβητα και είναι σχεδιασμένη έτσι, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή απορρόφηση της θερμότητας των καυσαερίων από το νερό. Όσο μεγαλύτερη απορρόφηση θερμότητας επιτυγχάνεται, τόσο πιο μεγάλη γίνεται η απόδοση του λέβητα.

### **4. Καπνοδόχος**

Η καπνοδόχος είναι ένα από τα σημαντικότερα σημεία του συστήματος. Μία σωστή καπνοδόχος βοηθά την σωστή λειτουργία του λέβητα και είναι κάτι που πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε όλες τις εγκαταστάσεις. Κάθε λέβητας έχει συγκεκριμένες προδιαγραφές για την καπνοδόχο που δίνονται από τον κατασκευαστή. Οι προδιαγραφές αυτές πρέπει να ακολουθούνται πιστά από τον εγκαταστάτη.

### **5. Κεντρική Μονάδα Ελέγχου PLC (Programmable Logic Controller)**

Όλες οι λειτουργίες και τα μέρη του λέβητα πέλλετ προγραμματίζονται ελέγχονται και από την Μονάδα Ελέγχου PLC που υπάρχει επάνω του. Αυτή η μονάδα χρησιμοποιεί



μία σειρά από αισθητήρες ώστε να προσαρμόσει την λογική καύση και λειτουργία του λέβητα ανάλογα με την ζήτηση θερμότητας. Η Μονάδα Ελέγχου PLC είναι πολύ σημαντικό στοιχείο του λέβητα. Μία εξελιγμένη Μονάδα Ελέγχου προσφέρει μεγάλη οικονομία καυσίμου. Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό να προμηθευτούμε μία Μονάδα Ελέγχου τελευταίας τεχνολογίας.



Εικόνα 2.26 Μέρη καυστήρα πέλλετ

Παρακάτω αναφέρονται τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συστημάτων θέρμανσης με χρήση πέλλετ.

### Πλεονεκτήματα

- Η βιομάζα θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί ότι κόβεται μπορεί να ξαναφυτευτεί
- Υπάρχει δυνατότητα εγχώριας παραγωγής
- Χαμηλότερο κόστος κατανάλωσης από πετρέλαιο και φυσικό αέριο (επηρεάζεται από την απόδοση του λέβητα και της καυσίμης ύλης)
- Σχετικά μικρό κόστος λειτουργίας (ανάλογα με το είδος)

- Η καύση του πέλλετ έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στο πέλλετ συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- Εφόσον το πέλλετ είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

### **Μειονεκτήματα**

- Ανάγκη μεγάλου ωφέλιμου χώρου (καυστήρας-λέβητας + αποθηκευτικός χώρος)
- Υψηλό κόστος συντήρησης όταν χρησιμοποιούνται pellet χαμηλής ποιότητας
- Ανάγκη συνεχούς ανατροφοδότησης (ανάλογα με το είδος της βιομάζας και του καυστήρα)
- Τακτικό καθάρισμα
- Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή του πέλλετ δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
- Βάσει των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση των πέλλετ που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
- Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

## **2.4 Καυστήρας Ξύλου**

Η απόδοση ενέργειας όλων των καυσίμων, αποδίδεται από το (φυσικό) μέγεθος που ονομάζουμε "Θερμογόνο δύναμη", η οποία εκφράζει την απόδοση ενέργειας κατά την καύση μιας μονάδας καυσίμου (συνήθως kgf ή λίτρο).

Η θερμογόνο δύναμη του ξύλου μετράται σε ενέργεια/kg καυσίμου και δεν είναι σταθερή, αφού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, με κυριότερους το είδος του ξύλου και την περιεχόμενη υγρασία.

Στη χώρα μας, τα πιο συνηθισμένα είδη ξύλου, είναι ο δρυς, η οξιά, η ελιά και τα κανοφόρα δένδρα. Η καύση των ξύλων αυτών διαφέρει αρκετά. Στον παρακάτω πίνακα δίδεται η θερμογόνο δύναμη για κάθε είδος ξύλου:

Είδος ξύλου	Θερμογόνος δύναμη kcal/kg	
	Ξύλο	Φλοιός
Έλατο	4.440 - 4.650	6.080
Ερυθρέλατο	4.500 - 4.700	4.900
Πεύκο	4.780 - 6.790	5.040 – 5.980
Κυπαρίσσι	5.290	-
Δρυς	4.390 - 5.280	4.140 – 4.600
Οξιά	4.500 - 4.870	5.340
Ακακία	4.500	-
Σκλήθρα	4.300 - 4.400	4.670
Ταυρος	4.060	-
Λεύκη	4.120 - 5.350	4.240 – 4.670
Ιτιά	4.190 - 4.260	

**Πίνακας 2.2** Είδη Ξύλου και Θερμογόνος δύναμή τους για υγρασία 12%

Εκτός από την θερμογόνο δύναμη, τα διαφορετικά είδη ξύλου, καίγονται με διαφορετικό τρόπο.

Ο δρυς και η ελιά, είναι ξύλα δύσκολα στο άναμμα, αλλά όταν αρχίσει η καύση τους καίγονται αργά με χαμηλή φλόγα που την διατηρούν για πολλές ώρες, ιδιότητες που τα καθιστούν ιδανικά καύσιμα για βαριά συνεχόμενη χρήση.

Η οξιά, ανάβει πιο εύκολα και καίγεται με πιο δυνατή φλόγα. Θεωρείται ιδανικό καύσιμο για τζάκια, ειδικά αν είναι στεγνή.

Τα κωνοφόρα όπως το πεύκο το έλατο, και τα ρητινώδη όπως η ιτιά και η λεύκα, ανάβουν εύκολα, καίγονται με δυνατή φλόγα, αλλά κατά την καύση τους δημιουργείται καπνός που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στη λειτουργία του ξυλολέβητα, ειδικά αν αυτός δεν έχει εγκατασταθεί σωστά.

### **Ξυλολέβητες Πυρόλυσης**

Πυρόλυση ονομάζουμε τη χημική διάσπαση οργανικών υλικών που λαμβάνει χώρα όταν αυτά θερμαίνονται σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου και άλλων αντιδραστηρίων. Τυπικό παράδειγμα πυρόλυσης είναι το μαγείρεμα των τροφών με τηγάνισμα ή ψήσιμο. (αν και το μαγείρεμα λαμβάνει χώρα στο περιβάλλον ο φλοιός της τροφής εμποδίζει το οξυγόνο να έρθει σε επαφή με το εσωτερικό). Η εκτενής πυρόλυση που αφήνει ως κατάλοιπο μόνο άνθρακα ονομάζεται ανθρακοποίηση.

Αεριοποίηση ονομάζεται η μετατροπή στερεών καυσίμων σε αέρια καύσιμα με τη μέθοδο της πυρόλυσης. Η αεριοποίηση των καυσίμων γίνεται παρουσία ατμού ή αέρα σε ποσότητα μικρότερη από την απαιτούμενη για τέλεια καύση (ατελής καύση).

Στην περίπτωση του ξύλου, η πυρόλυση μπορεί ανάλογα με τη θερμοκρασία που λαμβάνει χώρα να οδηγήσει στη μετατροπή του ξύλου σε κάρβουνο (200-250 °C - πυρόλυση) ή σε μίγμα αερίων καυσίμων (800 ~ 850 °C - αεριοποίηση) με θερμογόνου δύναμη περίπου 8 MJ/m<sup>3</sup>, αποτελούμενο από μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), ίχνη βαρύτερων υδρογονανθράκων (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, κλπ), μονοξείδιο (CO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), υδρογόνο (H<sub>2</sub>), υδρατμούς (H<sub>2</sub>O) και άζωτο (N<sub>2</sub>), καθώς και επιμολυντές, (σωματίδια, ενώσεις πίσσας, τέφρα, αμμωνία, οξέα και σύνθετοι υδρογονάνθρακες).

Στους ξυλολέβητες αεριοποίησης (ή πυρόλυσης, ή ανεστραμμένης φλόγας όπως τους ονομάζουμε), αξιοποιείται το φαινόμενο της αεριοποίησης για την καύση των ξύλων με τη μέγιστη δυνατή απόδοση.

Σε έναν λέβητα πυρόλυσης, η καύση του ξύλου λαμβάνει χώρα σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (λ~0.30), πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα την έκλυση του καύσιμου αερίου όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Το αέριο που προκύπτει από την αεριοποίηση των ξύλων, αναμιγνύεται με οξυγόνο από το περιβάλλον και καίγεται αποδίδοντας ενέργεια στο νερό του λέβητα.

Ο λέβητας αποτελείται από τρία κυρίως τμήματα.

Το ανώτερο τμήμα είναι ο χώρος φόρτωσης, ο χώρος δηλαδή στον οποίο τοποθετούμε τα καύσιμα ξύλα. Στο θάλαμο αυτό λαμβάνει χώρα ξήρανση των ξύλων ενώ στο κατώτερο τμήμα του λαμβάνει χώρα η αεριοποίηση των ξύλων και η παραγωγή του καύσιμου αερίου μίγματος.

Το κατώτερο τμήμα είναι ο χώρος καύσης, στον οποίο λαμβάνει χώρα η καύση του αερίου μίγματος που παράχθηκε από την πυρόλυση.

Θα μπορούσε κανείς να πει ότι ένας λέβητας πυρόλυσης, είναι λέβητας καύσης αερίων καυσίμων, των αερίων που παράγονται από την αεριοποίηση του ξύλου. Η ένταση της πυρόλυσης και της διαδικασίας καύσης καθορίζεται από την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα στους δύο θαλάμους καύσης. Η παροχή αέρα στους λέβητες αεριοποίησης ελέγχεται με ανεμιστήρα προσαγωγής, ο οποίος προσάγει την σωστή ποσότητα αέρα καύσης ανάλογα με την ζήτηση. Με τον προσεκτικό έλεγχο της θερμοκρασίας και των επιπέδων οξυγόνου είναι δυνατό να μετατραπεί, ουσιαστικά όλη η πρώτη ύλη, σε αέριο.

Οι λέβητες ξύλου είναι ένα ακόμη σύστημα θέρμανσης με καύση στερεού καυσίμου. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη το ξύλο. Έχουν απόδοση περίπου στο 80%.

Δεν αποτελεί πολύ διαδεδομένο σύστημα θέρμανσης καθώς το βασικό του μειονέκτημα είναι ότι η τροφοδοσία πρέπει να ρυθμίζεται από κάποιον εξωτερικό παράγοντα και δεν είναι μια αυτοματοποιημένη διαδικασία όπως συμβαίνει στην περίπτωση του λέβητα pellet.

Επίσης, το καύσιμο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το ξύλο του οποίου το σχήμα παίζει ρόλο στην καύση και δημιουργεί κάποια προβλήματα. Πιο συγκεκριμένα, απαιτεί προσωπική κοπή από τον ιδιώτη και εκτός από αυτό πολλές φορές το σχήμα που προκύπτει είναι διαφορετικό από το προδιαγραφόμενο με συνέπεια την απώλεια χώρου στο θάλαμο καύσης. Με άλλα λόγια στον ίδιο χώρο συγκεντρώνουμε λιγότερο

καύσιμο και άρα πρέπει να επαναλαμβάνουμε πιο συχνά την διαδικασία ανατροφοδοσίας.

Οι λέβητες πυρόλυσης θα πρέπει να εγκαθίστανται υποχρεωτικά σε συνδυασμό με δοχείο αδρανείας (buffer tank) και τρίοδη θερμομικτική βαλβίδα.

### **Εγκατάσταση δοχείου αδρανείας.**

Η εγκατάσταση δοχείου αδρανείας στους ξυλολέβητες κρίνεται απαραίτητη για μια σειρά από λόγους (που θα συζητηθούν παρακάτω), με κυριότερο την ασφάλεια της εγκατάστασης.

Η ύπαρξη του δοχείου αδρανείας εξασφαλίζει ότι σε περίπτωση υπερθέρμανσης του λέβητα, η πλεονάζουσα ενέργεια του λέβητα θα μπορεί να απορροφηθεί στη μάζα νερού του δοχείου αδρανείας ώστε να μην δημιουργούνται επικίνδυνες καταστάσεις.

### **Τρίοδη θερμομικτική βαλβίδα.**

Όπως γράφτηκε παραπάνω, όταν η καύση του ξύλου γίνεται σε χαμηλή θερμοκρασία θαλάμου, τότε το μίγμα αερίων καυσίμων που δημιουργείται από την αεριοποίηση του ξύλου δεν καίγεται, αλλά μεταφέρεται (μαζί με άλλα στερεά υπολείμματα του καυσίμου) με τα καυσαέρια στο σύστημα απαγωγής καυσαερίων (καπναγωγός / καπνοδόχος) όπου ψύχεται περαιτέρω και μετατρέπεται σε κρεόζωτο.

Το κρεόζωτο είναι ένα ελαιώδες κίτρινο υγρό, μείγμα αρωματικών οργανικών ενώσεων που μπορεί να ληφθεί από απόσταξη ξύλων. Το χρώμα του γίνεται μαύρο όταν το κρεόζωτο εκτεθεί στο φως.

Έχει ερεθιστική γεύση και διαπεραστική οσμή καπνού και είναι εξαιρετικά εύφλεκτο. Σε περίπτωση ανάφλεξης του μπορούν να αναπτυχθούν θερμοκρασίες > 1000οC, κατάσταση πολύ επικίνδυνη για την καπνοδόχο της εγκατάστασης.

Για την αποφυγή δημιουργίας κρεοζώτου, όπως είπαμε και παραπάνω, απαιτείται η εγκατάσταση μιας τρίοδης βαλβίδας που λειτουργεί θερμοστατικά.

Η τρίοδη τοποθετείται με τέτοιο τρόπο, ώστε όταν η θερμοκρασία του θαλάμου καύσης είναι μικρότερη από 55οC, η βαλβίδα να επιστρέφει τα νερά στον θάλαμο καύσης, μέχρι να ανέβει η θερμοκρασία του πάνω από τους 55οC. Με την βαλβίδα αυτήν, εξασφαλίζουμε ότι η θερμοκρασία θαλάμου θα είναι πάντα τέτοια ώστε τα αέρια καύσιμα που δημιουργούνται από την πυρόλυση να καίγονται και η θερμοκρασία καυσαερίων να είναι τέτοια ώστε να μην υγροποιηθούν πριν την έξοδο τους στο περιβάλλον.



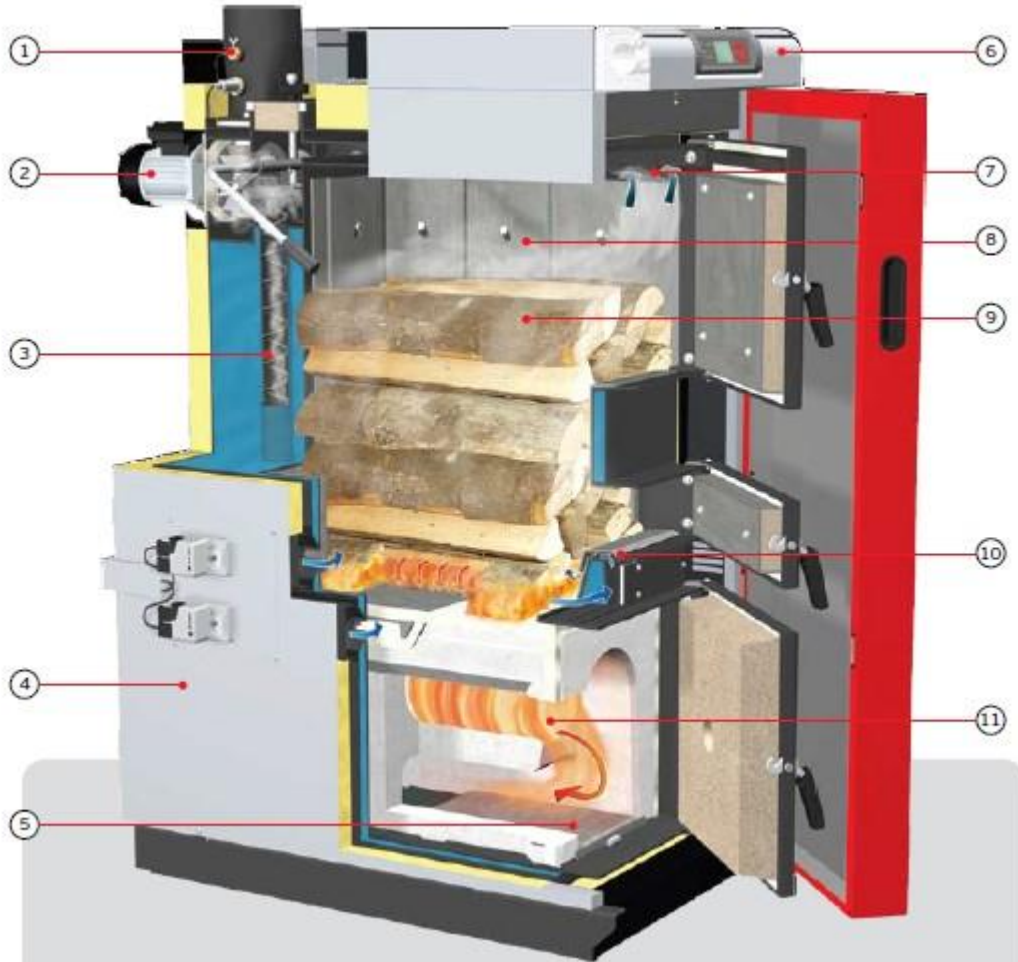
**Εικόνα 2.27** Τρίοδη Βαλβίδα

### Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό κόστος λειτουργίας
- Μεγάλο δίκτυο διανομής
- Χαμηλή παραγωγή τέφρας που σημαίνει λιγότερο καθάρισμα
- Η διεργασία καύσης του ξύλου είναι μια διεργασία με μηδενικό ισοζύγιο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθώς κατά την καύση απελευθερώνεται τόσο διοξείδιο του άνθρακα όσο απορροφήθηκε κατά τον σχηματισμό του ξύλου.
- Η καύση γίνεται ελεγχόμενα και αυτό συνεπάγεται λιγότερα οξείδια αζώτου και θείου καθώς και μεγαλύτερη απόδοση

### Μειονεκτήματα

- Συνεχής καθαρισμός
- Στάχτη στον θάλαμο καύσης
- Συνεχής τροφοδοσία με καύσιμη ύλη από εξωτερικό παράγοντα
- Υγρασία που ενδεχομένως να εμπεριέχεται στο ξύλο μειώνει την θερμογόνο δύναμή του, καθώς και τον βαθμό απόδοσης του λέβητα
- Προϊόντα ατελούς καύσης λόγω έλλειψης στοιχειομετρικής καύσης στο σύνολο του θαλάμου καύσης
- Μεγάλα κομμάτια καύσιμης ύλης που έχουν σαν αποτέλεσμα την μειωμένη επιφάνεια καύσης
- Το κύριο προϊόν της καύσης είναι το CO<sub>2</sub> το οποίο συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου



**Εικόνα 2.28** Λέβητας Ξύλου

1. Αισθητήρας ελέγχου του συντελεστή λ για τέλεια καύση.
2. Σύστημα βελτιστοποίησης απόδοσης για υψηλή απόδοση και εύκολο καθαρισμό.
3. Θερμομόνωση πετροβάμβακα υψηλής ποιότητας
4. Χειροκίνητη ρύθμιση πρωτεύοντος και δευτερεύοντος κυκλώματος αέρα.
5. Θυρίδα με μεγάλο άνοιγμα για τον εύκολο καθαρισμό του λέβητα.
6. Πίνακας οργάνων με δυνατότητα ελέγχου του συντελεστή “λάμδα”.
7. Σύστημα αναρρόφησης καπνού (αναθυμιάσεις) κατά τη διαδικασία τροφοδοσίας του λέβητα.
8. Θάλαμος φόρτωσης με ειδική επένδυση για την αποφυγή επικάλυψης υπολειμμάτων.
9. Ο θάλαμος φόρτωσης εξασφαλίζει μεγάλα χρονικά διαστήματα ανατροφοδότησης.
10. Αυτόματη προθέρμανση του λέβητα μέσω ειδικών αεραγωγών.
11. Νέος θάλαμος καύσης για ακόμη μικρότερη εκπομπή ρύπων προς το περιβάλλον.

Ο αισθητήρας λάμδα ή αισθητήρας οξυγόνου είναι μια ηλεκτρονική διάταξη που προσδιορίζει την περιεκτικότητα ενός υγρού ή αερίου σε οξυγόνο. Η εφαρμογή του ξεκίνησε το 1970 από την κατασκευάστρια εταιρία Bosch. Χρησιμοποιείται σε διατάξεις όπου πραγματοποιείται καύση, όπως μηχανές εσωτερικής καύσης ή λέβητες, έτσι ώστε να γίνει όσο το δυνατόν πιο κοντά στη στοιχειομετρία της αντίδρασης.

## 2.5 Ενεργειακό Τζάκι

Ενεργειακό Τζάκι ονομάζεται κάθε τζάκι που κάνει χρήση της ροής ζεστού αέρα, ώστε να θερμάνει έναν χώρο, εκμεταλλευόμενο την ενεργειακή εστία κλειστού τύπου που διαθέτει. Η εστία αυτή μπορεί να είναι κατασκευασμένη από πολλά υλικά τεράστιας αντοχής στη φωτιά (κεραμικό, βερμικουλίτη, τερμότ ή σαμότ) και μέσα σε αυτή γίνεται η καύση του ξύλου.

Μια μεγάλη διαφορά ανάμεσα στο συμβατικό και το ενεργειακό τζάκι είναι πως εδώ όλη η λειτουργία γίνεται με κλειστή την πόρτα της εστίας, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται αρκετά υψηλότερες θερμοκρασίες μέσα στο θάλαμο και συνεπώς να μεταφέρεται πιο ζεστός αέρας στον χώρο που επιθυμούμε να θερμάνουμε.

Παρακάτω αναλύονται μερικές σημαντικές πτυχές που σχετίζονται με το ενεργειακό τζάκι, στην προσπάθεια να παρουσιαστούν πολύπλευρα τα οφέλη και τα πλεονεκτήματα αυτής της σχετικά σύγχρονης επιλογής θέρμανσης.

Αρχίζοντας την ανάλυση για το ενεργειακό τζάκι να τονίσουμε ότι πρόκειται για μια αρκετά αποδοτική επιλογή (60-85% αποδοτικότητα), έως και 5 φορές πιο αποδοτικό από τα συμβατικά. Εκτός αυτού αποτελούν και μια αρκετά "πράσινη" επιλογή, μιας και κατά τη λειτουργία τους η καύση των παραγόμενων μονοξειδίων του άνθρακα στην κλειστή εστία είναι πληρέστερη, με αποτέλεσμα να εκπέμπονται λιγότερα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα.

Γενικότερα όμως υπάρχουν και άλλες διαφορές ανάμεσα στη συμβατική και την ενεργειακή εστία. Τα παραδοσιακά τζάκια ανοιχτού τύπου παράγουν θερμότητα και ζεσταίνουν μόνο όπου φτάνει η φλόγα και έτσι έχουμε τοπικά αποτελέσματα. Εκτός αυτού η λειτουργία των συμβατικών βασίζεται στην καμινάδα, η οποία όμως προκαλεί τεράστια απώλεια θερμότητας (200-400m<sup>3</sup>/hr). Από την άλλη στο ενεργειακό τζάκι δεν υπάρχει άμεση επαφή της καμινάδας με το εσωτερικό του σπιτιού, όσο η πόρτα της εστίας παραμένει κλειστή.

Όλα αυτά σε συνδυασμό με την ανοιχτή εστία έχουν ως αποτέλεσμα η θερμογόνος απόδοση του ξύλου που καίγεται να είναι μόλις 10-15%, ενώ προκαλούν και την ανάγκη καύσης μεγαλύτερης ποσότητας ξύλων, τα οποία με τη σειρά τους ρυπαίνουν το περιβάλλον και είναι οι κύριοι υπεύθυνοι για το φαινόμενο της αιθαλομίχλης. Εδώ να τονίσουμε πως με το ενεργειακό τζάκι δημιουργείται και μια φιλική και άνετη



ατμόσφαιρα στο χώρο, καθώς δεν δεσμεύει την υγρασία του χώρου και έτσι δεν έχουμε μια ξηρή και αποπνικτική ατμόσφαιρα μέσα στο σπίτι, όπως συνήθως.

Από την άλλη πλευρά το ενεργειακό τζάκι έχει το πλεονέκτημα ότι θερμαίνει ομοιόμορφα τα τοιχώματα της εστίας περιμετρικά, η οποία μένει κλειστέι και κρατάει όλη τη ζέστη στο εσωτερικό. Στη συνέχεια εμείς επιλέγουμε που θα διοχετευτεί αυτή η θερμότητα, περιορίζοντας σημαντικά τις απώλειες και συνεπώς και την ποσότητα των ξύλων που καίμε και τους παραγόμενους ρύπους. Ενδεικτικά μια μέση κατανάλωση για μια ενεργειακή εστία είναι περίπου 4 με 6 κιλά καυσόξυλα την ώρα.

### **Τύποι Ενεργειακών Τζακιών**

Όταν αναφερόμαστε στο ενεργειακό τζάκι υπάρχουν διάφοροι τύποι, τους οποίους καλό είναι εδώ να αναφέρουμε και να παρουσιάσουμε. Πρώτα από όλα υπάρχει ο διαχωρισμός σε αερόθερμα και υδραυλικά. Αερόθερμο ενεργειακό τζάκι είναι αυτό που διοχετεύει την υψηλή θερμοκρασία στον αέρα και ζεσταίνει την ατμόσφαιρα, ενώ το υδραυλικό την μεταφέρει στο νερό του εκάστοτε δικτύου θέρμανσης.

Πιο συγκεκριμένα διαχωρίζονται σε υποκατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας. Αρχικά έχουμε το απλό που με την καύση διοχετεύει στο χώρο τον θερμό αέρα με φυσική διάχυση, επιτρέποντας και τη δευτερογενή επανάκαυση των καπναερίων για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ξύλων. Η θερμική τους ισχύς κυμαίνεται ανάμεσα στα 7,5 με 18 KW, ενώ μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά επιφάνειες 60-140m<sup>2</sup>.

Πιο πλήρη λύση αποτελεί το ενεργειακό τζάκι με βεντιλατέρ (μοτέρ τζακιού), που αλλιώς ονομάζεται βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρα. Εδώ ακριβώς με τη βοήθεια του βεντιλατέρ μπορούμε να παρέχουμε ζεστό αέρα σε κάθε χώρο, αφού το διοχετεύει όπου εμείς επιλέξουμε. Έτσι πετυχαίνουμε την ομοιόμορφη θέρμανση ενός ή περισσότερων χώρων, επιτυγχάνοντας θερμική ισχύ 20-27KW, ικανή να θερμάνει 100-150m<sup>2</sup>.

Για περιπτώσεις όπου θέλουμε να θερμάνουμε πολλαπλούς χώρους και όχι μόνο αυτό που βρίσκεται η εστία, συνήθως είναι πιο αποτελεσματικό το υδραυλικό ενεργειακό τζάκι. Πρόκειται για ειδικές ενεργειακές εστίες με χιτώνια, από τα οποία διαπερνά νερό. Αυτό το σύστημα επιτρέπει τη σύνδεση του σώματος με το σύστημα κεντρικής θέρμανσης (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ). Με αυτό τον τρόπο το ενσωματωμένο boiler μεταφέρει το ζεστό νερό σε όλα τα σώματα και έτσι διοχετεύει ομοιόμορφα τη ζέστη, όπου εμείς επιλέξουμε. Αρκεί να καούν κάποια ξύλα για να αποκτήσουμε την επιθυμητή θερμοκρασία που θα εκκινήσει την κίνηση του νερού και μετά χρειαζόμαστε σημαντικά μικρότερες ποσότητες, απλά για συντήρηση. Αποτελούν κατά μια έννοια τη νέα γενιά και είναι εφικτό να καλύψουν αποτελεσματικά επιφάνειες 100-200m<sup>2</sup>.

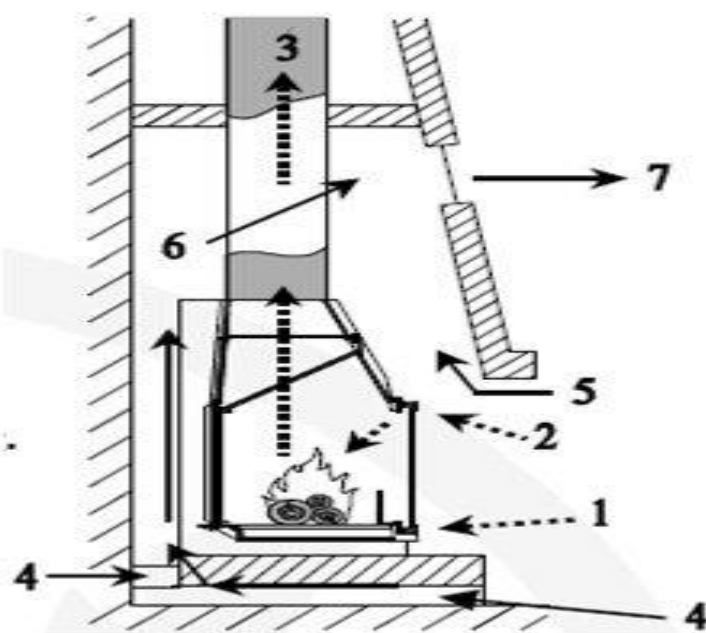
Μια κάπως ξεχωριστή κατηγορία αποτελούν τα ένθετα τζάκια, που είναι δηλαδή ένα παραδοσιακό συμβατικό τζάκι (ανοιχτού τύπου) που έχει μετατραπεί σε ενεργειακό τζάκι. Για να επιτευχθεί αυτό ουσιαστικά τοποθετείται η κασέτα τζακιού (γνωστή και

ως ένθετο) μέσα στο συμβατικό τζάκι και το αναβαθμίζει, κάνοντας το πλέον κλειστού τύπου. Η ροή αέρα μπορεί να είναι φυσική είναι βεβαιωμένη (με βεντιλατέρ) ανάλογα με τις ανάγκες, με το τελικό αποτέλεσμα να είναι ικανό να θερμάνει χώρους 80-120m<sup>2</sup>.

### Ενεργειακό τζάκι (κλειστού τύπου)

Τα ενεργειακά αερόθερμα τζάκια είναι εστίες καύσης ξύλου κλειστού τύπου με πυρίμαχο τζάμι. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. **Μονού τοιχώματος.** Εστίες φτιαγμένες εξολοκλήρου από μαντέμι.

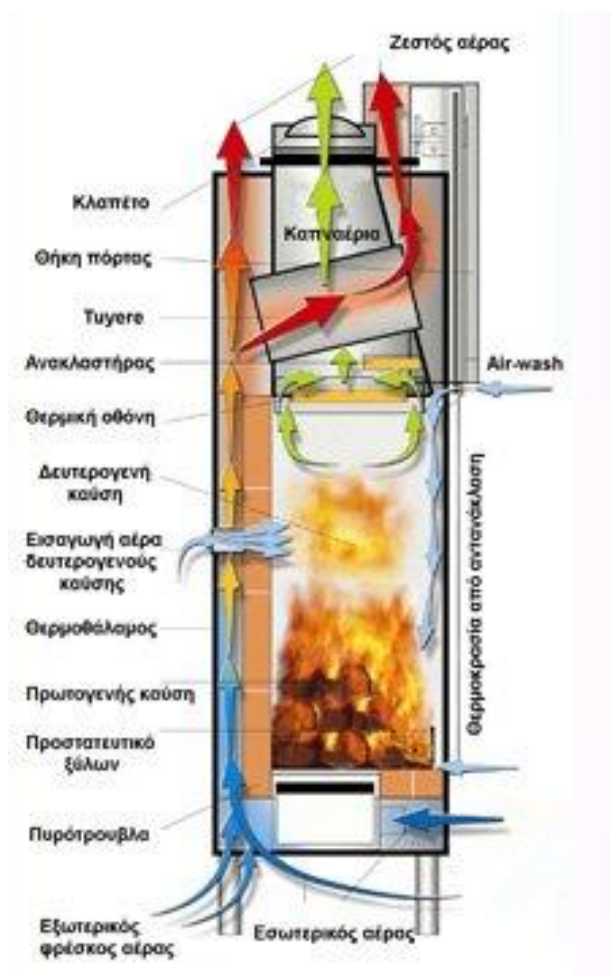


Εικόνα 2.29 Ενεργειακό τζάκι μονού τοιχώματος

Ο αέρας που περνάει περιμετρικά από την εστία, ζεσταίνεται, ανεβαίνει ψηλά, με φυσική ροή, και βγαίνει στο δωμάτιο μέσω περσίδων. Περιορισμένης θερμικής απόδοσης. Ιδανικά για την θέρμανση ενιαίου χώρου μέχρι 60-70 m<sup>2</sup>.

1. Κύρια είσοδος και ρυθμιστής εισαγωγής αέρα καύσης (για τον έλεγχο της κατανάλωσης ξύλων)
2. Air wash (εισαγωγή αέρα για την μείωση λερωμάτος του τζαμιού)
3. Εξαγωγή καπναερίων
4. Είσοδος φρέσκου αέρα για θέρμανση
5. Φρέσκος αέρας για θέρμανση μεταξύ συσκευής και περιβλήματος.
6. Κίνηση του αέρα καθώς θερμαίνεται
7. Έξοδος θερμού αέρα από περσίδες στον χώρο

2. **Τριπλού τοιχώματος.** Τα δύο εξωτερικά τοιχώματα είναι φτιαγμένα από χάλυβα, ενώ το εσωτερικό μπορεί να είναι από χάλυβα, μαντέμι, κεραμικό ή πυρότουβλο.



**Εικόνα 2.30** Ενεργειακό τζάκι τριπλού τοιχώματος

Ο αέρας περνά ανάμεσα στα δύο εξωτερικά τοιχώματα της εστίας, ζεσταίνεται, με φυσική ροή ανεβαίνει προς τα πάνω, περνά μέσα από ειδικά διαμορφωμένους εναλλάκτες και κατευθύνεται μέσω αεραγωγών σε περσίδες, από όπου διοχετεύονται στον χώρο.

Είναι υψηλής θερμαντικής ισχύς και αποδόσεις (μέχρι 85%) και μπορούν να πάρουν ανεμιστήρα και να διανέμουν τον αέρα σε ολόκληρο το σπίτι. Ιδανικά για θέρμανση σπιτιών μέχρι 160-170 m<sup>2</sup>.

Ανάλογα την κατασκευή, διαθέτουν ρυθμιστές καύσης και τάμπερ, για τον έλεγχο της κατανάλωσης και της συντήρησης των ξύλων.

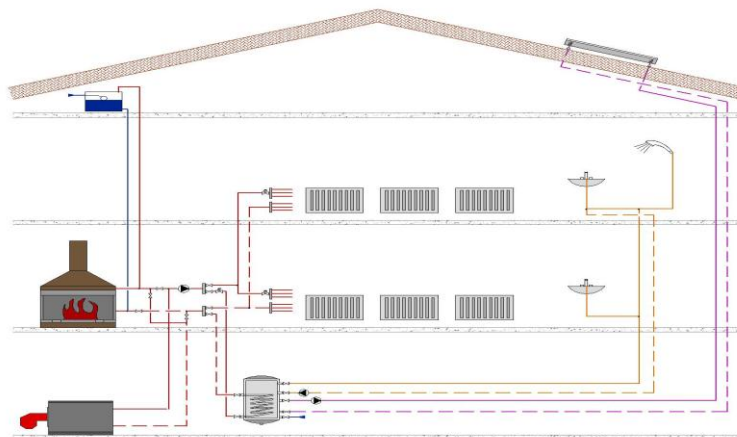
Δεν δημιουργούν απώλειες θέρμανσης, είναι ασφαλή και οι ρύποι τους (ειδικά στα μοντέλα με δευτερογενή καύση) είναι περιορισμένοι.

## Σύνδεση ενεργειακού τζακιού με καλοριφέρ.

Το ενεργειακό τζάκι λειτουργεί όπως ένα κλασσικό τζάκι το οποίο έχει δεχτεί κάποιες τροποποιήσεις για μεγαλύτερη απόδοση και καλύτερη εκμετάλλευση της θερμότητας. Η λειτουργία του δηλαδή είναι η γνωστή. Ανάβουμε τη φλόγα και την συντηρούμε καίγοντας καυσόξυλα, μπρικέτες (συσσωματώματα ξύλου ή βιομάζας τα οποία κατασκευάζονται χωρίς προσθήκη χημικών, κολλών, κλπ και έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία) ή πέλλετ (παρόμοια με τις μπρικέτες μόνο που έχουν συγκεκριμένες διαστάσεις για να είναι συμβατά με αυτόματες μηχανές τροφοδοσίας).

Τα υπόλοιπα τα κάνει ο ενσωματωμένος εναλλάκτης και ο αυτοματισμός του τζακιού ή του εγκαταστάτη. Αποσπά μέρος της θερμότητας που παράγεται από την καύση (60-70%), την μεταφέρει στο νερό και ελέγχει την διανομή του (προς το καλοριφέρ και το δοχείο του ζεστού νερού χρήσης). Ο εναλλάκτης θερμότητας μπορεί να είναι πίσω από τον χώρο καύσης και σε επαφή μαζί του με τη μορφή πεπλατυσμένων μεταλλικών δοχείων νερού, αλλά και στη ροή των καυσαερίων με τη μορφή σωλήνων. Έτσι εκμεταλλεύεται την θερμότητα που συσσωρεύεται στα τοιχώματα του χώρου καύσης αλλά και την θερμότητα των καυσαερίων.

Ένα ενεργειακό τζάκι νερού αποδίδει συνήθως το 75-80% της θερμότητας της καύσης. Τη στιγμή που ένα απλό τζάκι (ανοιχτού τύπου) αποδίδει περίπου 10% της θερμότητας. Αυτή η διαφορά στην απόδοση οφείλεται στην καλύτερη καύση του ξύλου λόγω ελεγχόμενης στοιχειομετρίας. Στις ανοιχτές εστίες η καύση δεν είναι στοιχειομετρική (σωστή αναλογία αέρα-καυσίμου) καθώς δεν υπάρχει έλεγχος του αέρα που εισέρχεται στον χώρο καύσης (συνήθως είναι πολύ μεγαλύτερος). Επίσης, στα κοινά τζάκια η θερμότητα που μπορούμε να πάρουμε προέρχεται από την ακτινοβολία της φλόγας και του χώρου καύσης στον χώρο. Το υπόλοιπο της θερμότητας από την καύση χάνεται μέσω των καυσαερίων και των τοιχωμάτων προς τον εξωτερικό τοίχο. Κάποια ενεργειακά τζάκια είναι υβριδικά. Χρησιμοποιούν, δηλαδή, δυο τύπους καυσίμων. Υπάρχουν μοντέλα που καίνε ξύλο ή μπρικέτες και πέλετ, άλλα που καίνε ξύλο ή μπρικέτες και φυσικό αέριο, κλπ. Αυτό δίνει στο τζάκι τη δυνατότητα της αυτοτροφοδοσίας. Να μην χρειάζεται δηλαδή να είμαστε στον χώρο και να το τροφοδοτούμε εμείς.



Εικόνα 2.31 Συνδεσμολογία ενεργειακού τζακιού

### Παραδοσιακό τζάκι (ανοιχτού τύπου)

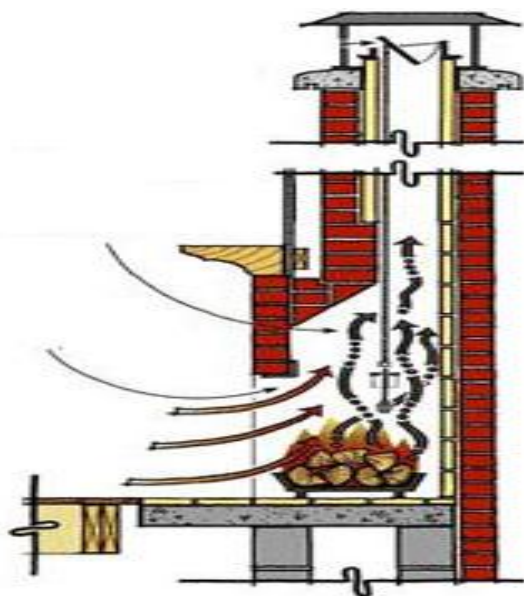
Είναι κατασκευασμένα από πυρότουβλο ή μαντέμι και ζεσταίνουν τοπικά όπου φτάνει η ακτινοβολία .

Είτε δουλεύουν είτε όχι, η καμινάδα λειτουργεί σαν ένας αγωγός που ρουφάει μέσα από το σπίτι τεράστιες ποσότητες αέρα από 200- 400 m<sup>3</sup> ανά ώρα. Σύμφωνα δε με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, αντίστοιχες ποσότητες κρύου αέρα, θα μπουν στο σπίτι με ότι αντίστοιχα αυτό συνεπάγεται. Θυμηθείτε τη λαϊκή ρήση «μπροστά πύρα και πίσω κλαδευτήρα.» Όταν λειτουργεί το τζάκι, έχουμε μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας απ' ότι όταν δεν λειτουργεί. Να σημειώσετε, ότι όταν είναι σβηστό, ακόμα και με κλειστό το τάμπερ, έχουμε απώλειες λόγω του ότι το διάκενο που υπάρχει αθροιζόμενο είναι 15 cm<sup>2</sup> .

Η φωτιά δεν ελέγχεται παρά μόνον από το πόσα ξύλα του βάζουμε.

Χαρακτηρίζονται από τη χαμηλή απόδοση ενέργειας 10-15%.

Ρυπαίνουν πολύ το περιβάλλον. Υπάρχουν μετρήσεις που αποδεικνύουν ότι ένα παραδοσιακό τζάκι που καίει καυσόξυλα ρυπαίνει το περιβάλλον όσο ένας καυστήρας μιας μέσης πολυκατοικίας. Αποφασίζοντας κάποιος να τοποθετήσει ένα παραδοσιακό τζάκι, ουσιαστικά ακυρώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό την θερμομόνωση του κτηρίου, μια και ανοίγει ουσιαστικά μια τρύπα στην οροφή. Επίσης τα παραδοσιακά τζάκια δεν παρέχουν καμία ασφάλεια.



Εικόνα 2.32 Παραδοσιακό τζάκι

Παρακάτω αναφέρονται τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ενεργειακών τζακιών.

### **Πλεονεκτήματα**

- Το ξύλο είναι φθινό καύσιμο
- Μεγάλη ενεργειακή απόδοση
- Εκπομπή λιγότερων ρύπων σε σχέση με άλλα συστήματα θέρμανσης
- Καλαισθησία
- Έλεγχος καύσης

### **Μειονεκτήματα**

- Τροφοδότηση από εξωτερικό παράγοντα
- Υψηλό κόστος εγκατάστασης
- Συνεχής καθαρισμός εστίας και καμινάδας
- Εκπομπή ρύπων που είναι υπεύθυνοι για το φαινόμενο του θερμοκηπίου αλλά και της αιθαλομίχλης
- Υψηλό ποσοστό υγρασίας στα ξύλα μειώνει την απόδοση του συστήματος

## **2.6 Αντλίες Θερμότητας**

Αντλία θερμότητας (heat pump) ονομάζουμε τη μηχανολογική διάταξη που μας επιτρέπει να μεταφέρουμε ενέργεια από έναν χώρο χαμηλής θερμοκρασίας, σε έναν χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας.

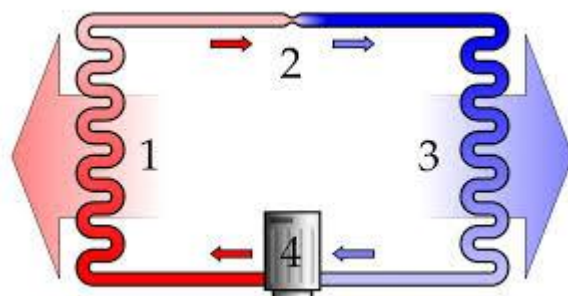
Ήδη από τον ορισμό, γίνεται φανερό ότι οι αντλίες θερμότητας σχεδιάζονται για να μεταφέρουν θερμότητα (θερμική ενέργεια) με φορά αντίθετη από αυτήν της φυσικής ροής. Για την μεταφορά αυτή, απαιτείται κατανάλωση ενέργειας.

(Όπως ακριβώς στην υδραυλική, το νερό πηγαίνει μόνο του (ρέει) από το ψηλό σημείο στο χαμηλό (λόγω βαρύτητας) και χρειαζόμαστε μια αντλία νερού για να μεταφέρουμε το νερό αντίθετα με την φυσική του ροή (να το ανεβάσουμε ψηλότερα), έτσι και η θερμική ενέργεια "ρέει" από μόνη της από το σώμα υψηλής θερμοκρασίας (ζεστό) στο σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας (κρύο) και χρειαζόμαστε μια "αντλία θερμότητας" για να αντιστρέψουμε την κίνηση της ενέργειας και να την μεταφέρουμε από την χαμηλή θερμοκρασία (κρύο) στην υψηλή (ζεστό).

### **Αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας**

Οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν όλα τα ψυκτικά μηχανήματα και η λειτουργία τους βασίζεται στις ίδιες αρχές που εφαρμόζονται στα ψυγεία, καταψύκτες, κλιματιστικά μηχανήματα κλπ. Η λειτουργία

τους βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο, που είναι ένας αένας κύκλος εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού (εργαζόμενο μέσο) σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα:



**Εικόνα 2.33** Ψυκτικός κύκλος

Το ρευστό (ψυκτικό μέσο) που ρέει μέσα στις σωλήνες, στη θέση 1, είναι υγρό σε μεγάλη πίεση και θερμοκρασία, μετά το συμπιεστή. Στη θέση 1, αποβάλλεται η θερμότητα που απέδωσε κατά την συμπίεση ο συμπιεστής. Στη συνέχεια, το ψυκτικό μέσο εκτονώνεται (μειώνεται η πίεση του) στην εκτονωτική βαλβίδα (2), και εξατμίζεται (λόγω της πτώσης της πίεσης) στον εξατμιστή στη θέση 3, όπου ψύχεται και προσλαμβάνει θερμότητα. Στη συνέχεια το κρύο ψυκτικό μέσο, σε αέρια ακόμη μορφή, συμπιέζεται στον συμπιεστή, υγροποιείται, θερμαίνεται, αποβάλλει θερμότητα και ούτω κάθε εξής.

Το σημαντικό είναι ότι σε κάθε κύκλο, αποβάλλεται θερμότητα (ενέργεια) στη θέση 1 και προσλαμβάνεται (ενέργεια) στη θέση 3, άρα εφόσον ο κύκλος είναι διαρκής υπάρχει μια διαρκής μεταφορά θερμότητας από το σημείο 3 στο σημείο 1 και συνεπώς με τον ψυκτικό κύκλο μπορούμε να μεταφέρουμε θερμότητα (ενέργεια) μεταξύ δυο σημείων.

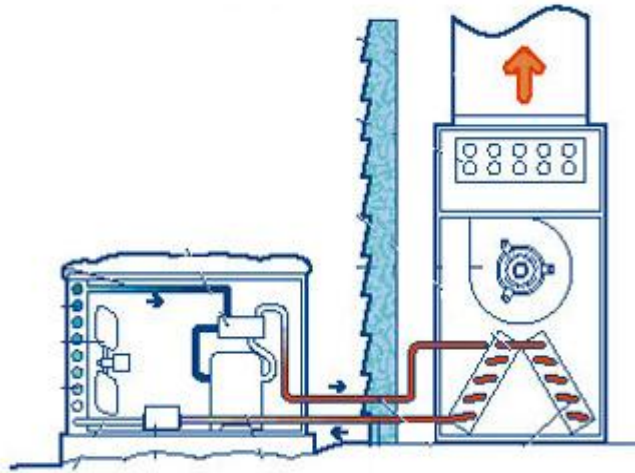
Η λειτουργία αυτή (η μεταφορά θερμότητας από ένα σημείο σε ένα άλλο) είναι που έδωσε το όνομα "αντλίες θερμότητας" στις συσκευές που λειτουργούν με βάση τον ψυκτικό κύκλο.

### **Είδη αντλιών θερμότητας**

Ανάλογα με το ρευστό στο οποίο αποβάλλει (ή από το οποίο προσλαμβάνει) την ενέργεια η αντλία στα σημεία (1) και (3) του ψυκτικού κύκλου, οι αντλίες θερμότητας ταξινομούνται σε:

#### **1. Αντλίες θερμότητας αέρος / αέρος**

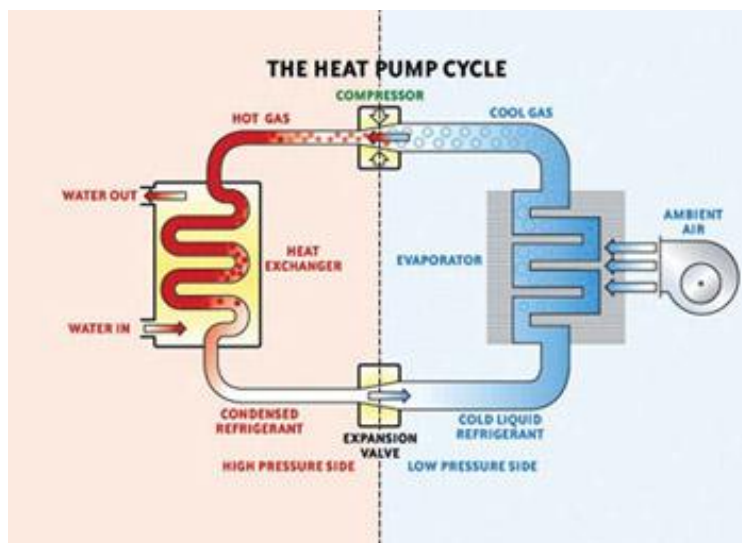
Είναι αντλίες που διαθέτουν και στο σημείο 1 και στο σημείο 3 εναλλάκτη θερμότητας αέρα / ψυκτικού. Είναι τα γνωστά σε όλους μας κλιματιστικά μηχανήματα διαιρούμενου τύπου (split type). Ειδικά στον διαιρούμενο τύπο το ένα στοιχείο (εναλλάκτης στη θέση 3) βρίσκεται μέσα στο σπίτι μας και προσλαμβάνει ενέργεια (αφαιρεί θερμότητα / ψύχει τον χώρο), και το άλλο σημείο (1) είναι επίσης εναλλάκτης ψυκτικού μέσου / αέρα και αποβάλλει θερμότητα έξω από το σπίτι μας.



Εικόνα 2.34 Αντλία θερμότητας αέρος/αέρος

## 2. Αντλίες θερμότητας αέρος / νερού.

Οι αντλίες αυτές στην μια πλευρά (σημείο 3) αντί για στοιχείο έχουν εναλλάκτη ψυκτικού μέσου / νερού και αφαιρούν θερμότητα (ψύχουν νερό) αντί για αέρα. Με τις αντλίες αυτές δηλαδή, μπορούμε να αντλούμε θερμότητα (και άρα να ψύχουμε νερό) και να την αποβάλλουμε στο περιβάλλον (όπως γίνεται και στα κλιματιστικά μηχανήματα της προηγούμενης κατηγορίας).

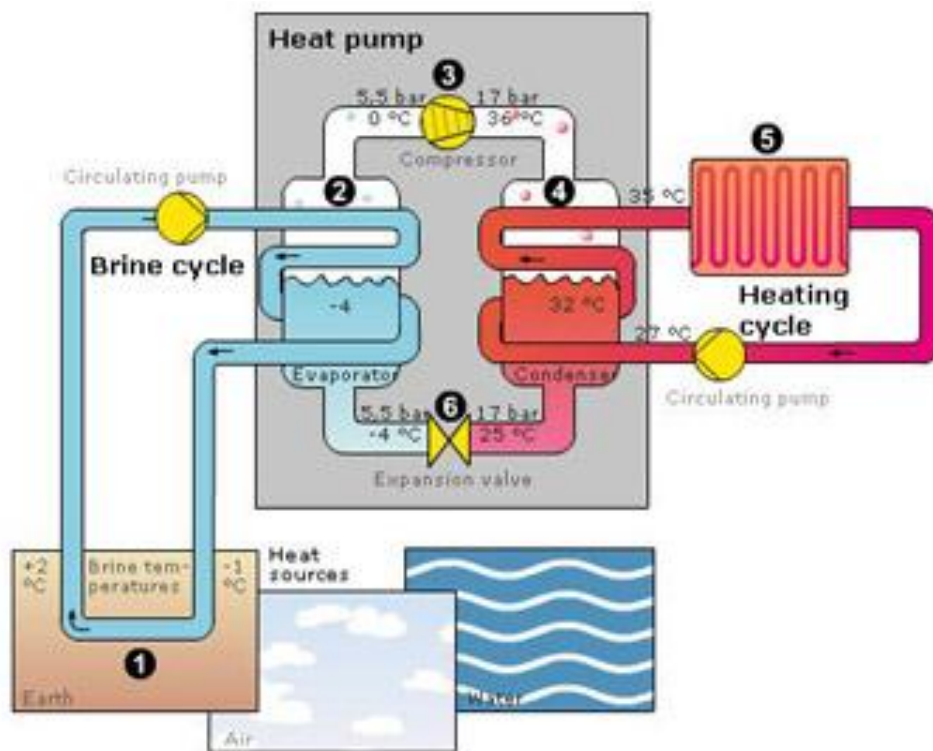


Εικόνα 2.35 Αντλία θερμότητας αέρος/νερού



### 3. Αντλίες θερμότητας νερού / νερού.

Στις αντλίες αυτές και οι δύο εναλλάκτες είναι εναλλάκτες νερού, και το ψυκτικό μέσο μεταφέρει θερμότητα από τη μια μάζα νερού στην άλλη. Τέτοιες αντλίες, είναι οι υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας με πύργο ψύξης και οι αντλίες νερού / νερού που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις με γεωεναλλάκτη (γεωθερμικές).



Εικόνα 2.36 Αντλία θερμότητας νερού/νερού

Ανάλογα με τη θέση των διαφόρων στοιχείων τους, οι αντλίες θερμότητας ταξινομούνται σε:

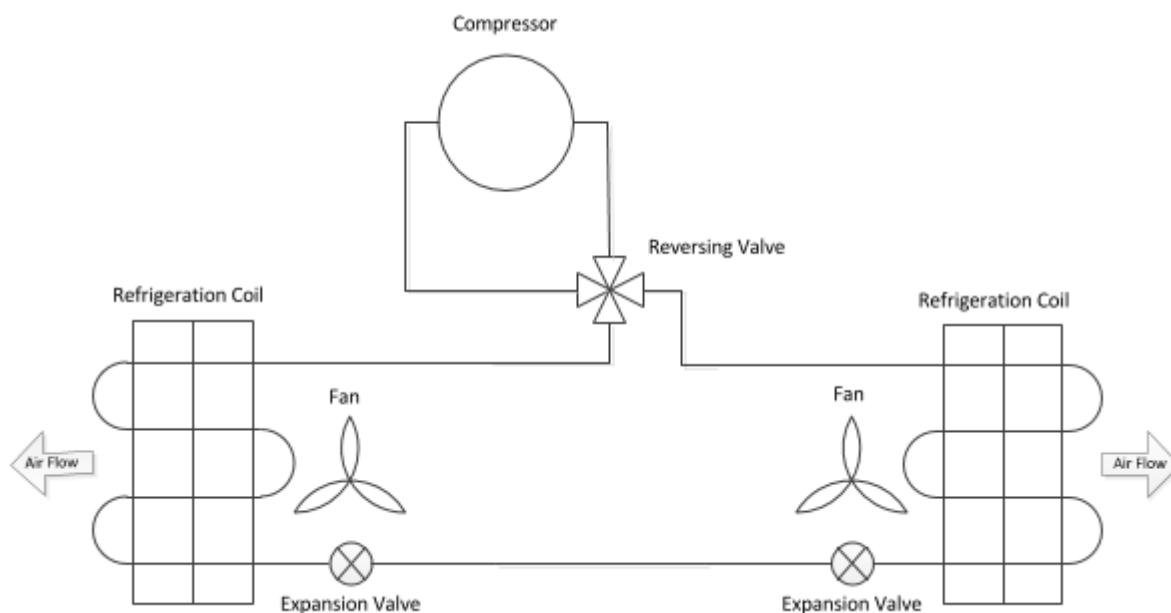
- Ενιαίες ή αυτόνομες (Compact) όπου όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος.
- Διαιρούμενες ή διμερούς τύπου (Split units). Ο ατμοποιητής (ή ο συμπυκνωτής) είναι ανεξάρτητος του υπολοίπου συστήματος.

Ανάλογα με το είδος της κινητήριας μηχανής, οι αντλίες θερμότητας ταξινομούνται σε:

- Αντλίες με ηλεκτροκίνητους συμπιεστές
- Αντλίες με συμπιεστές κινούμενους από μηχανές εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, ατμός, αέριο κλπ)
- Αντλίες με συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης (θερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας).

## Αναστροφή κύκλου

Με την προσθήκη μιας δεύτερης εκτονωτικής βαλβίδας (που δεν λειτουργεί ως εκτονωτική, αλλά ως στένωση όταν δέχεται τη ροή ανάποδα) και μιας τετράοδης βάνας, οι σημερινές αντλίες θερμότητας μπορούν να ανατρέφουν τον κύκλο τους και να μεταφέρουν την θερμότητα προς την αντίθετη φορά.



Εικόνα 2.37 Αναστροφή κύκλου

Με τον τρόπο αυτόν, μπορούμε την ίδια αντλία θερμότητας να την χρησιμοποιούμε το χειμώνα για να μεταφέρουμε θερμότητα από έξω στο σπίτι, και το καλοκαίρι για να μεταφέρουμε τη θερμότητα από το σπίτι έξω. Όταν επιλέγουμε λειτουργία στο κλιματιστικό μας, στην ουσία χειριζόμαστε την τετράοδη βάνα του μηχανήματος για να αναστρέψουμε τη ροή του ψυκτικού.

### Στοιχεία αντλιών θερμότητας.

Στην πράξη τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά όσο στη θεωρία, και οι αντλίες θερμότητας δεν είναι τόσο απλά μηχανήματα όσο απλή είναι η αρχή λειτουργίας τους. Εκτός από τα παραπάνω βασικά εξαρτήματα, μια αντλία θερμότητας περιέχει ηλεκτρονικές πλακέτες που επιτηρούν τη λειτουργία των τμημάτων της συσκευής, αισθητήρια για να μετράται η θερμοκρασία και η πίεση του ψυκτικού μέσου πριν και μετά το συμπιεστή, επιτηρητή φάσεων για την διακρίβωση της σωστής ηλεκτρικής παροχής, εξαρτήματα αυτοματισμού, χειριστήρια, οθόνες ενδείξεων κλπ., τα οποία στα σύγχρονα εξελιγμένα μηχανήματα επεκτείνονται σε ρύθμιση στροφών των ανεμιστήρων των στοιχείων και διαθέτουν ενσωματωμένη ηλεκτρονική λογική για να αποφασίζουν κάθε στιγμή τις βέλτιστες ρυθμίσεις όλων των τμημάτων του μηχανήματος.



**Εικόνα 2.38** Εξωτερική μονάδα αντλίας θερμότητας

Τα συστατικά μέρη μιας σύγχρονης αντλίας θερμότητας αέρος με αναστροφή κύκλου είναι:

1. Ο συμπιεστής (κομπρεσέρ) που συμπιέζει το αέριο και του αυξάνει τη θερμοκρασία.
2. Ο συμπυκνωτής όπου συμπυκνώνεται το συμπιεσμένο αέριο και υγροποιείται αποβάλλοντας θερμότητα.
3. Ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή που κινεί τον αέρα του περιβάλλοντος στο στοιχείο του συμπυκνωτή για να αποβάλλει το ψυκτικό την ενέργεια του (κατάσταση ψύξης)
4. Η βαλβίδα εκτόνωσης στην οποία το υγρό ψυκτικό μέσο εκτονώνεται και μετατρέπεται σε αέριο με παράλληλη μείωση της θερμοκρασίας του.
5. Ο εξατμιστής (ο εναλλάκτης νερού όπου εξατμίζεται το ψυκτικό υγρό και απορροφά ενέργεια από το νερό) όπου ψύχεται το νερό.
  - 6.α Αν η αντλία είναι αέρα / αέρα, τότε ο εξατμιστής είναι τύπου στοιχείου και υπάρχει ανεμιστήρας που κινεί τον αέρα του χώρου γύρω από τον εξατμιστή για να τον ψύξει.
  - 6.β Αν η αντλία θερμότητας είναι αέρα / νερού, τότε αντί για ανεμιστήρα, η αντλία διαθέτει έναν κυκλοφορητή (ή αντλία inline σε μεγαλύτερα μεγέθη αντλιών) που θέτει σε κίνηση το νερό ώστε να ψυχθεί στον εναλλάκτη από το εξατμιζόμενο ψυκτικό μέσο.
7. Η τετράοδη βάνα που αναστρέφει τον κύκλο (και κατ' επέκταση τη φορά μεταφοράς της ενέργειας).
8. Τα αισθητήρια θερμοκρασίας και πίεσης στο συμπιεστή και τον εξατμιστήρα.

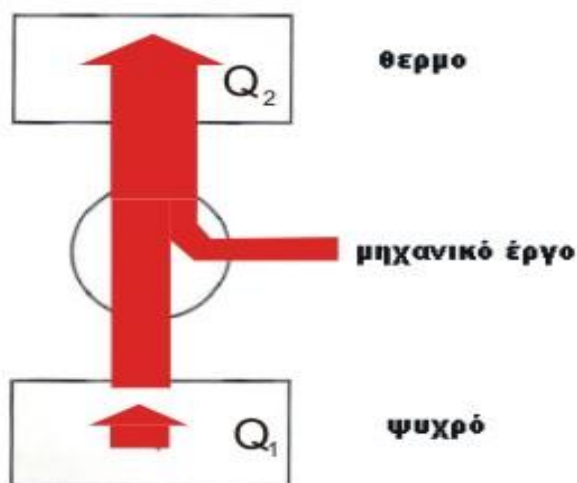
9. Οι πλακέτα που επιτηρεί με τη βοήθεια των αισθητηρίων τη συνολική λειτουργία της αντλίας θερμότητας, την προστατεύει από φθορά και καταστροφή, και εκτελεί τις απαιτούμενες ρυθμίσεις στην τετράοδη, τις εκτονωτικές και τους ανεμιστήρες ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

10. Το κέλυφος της αντλίας με τη βάση στήριξης.

11. Το χειριστήριο.

### Βαθμός απόδοσης αντλιών θερμότητας

Η ροή ενέργειας σε μια αντλία θερμότητας που λειτουργεί σε κατάσταση θέρμανσης, έχει όπως στο παρακάτω σχήμα:



**Εικόνα 2.39** Ροή ενέργειας σε μια αντλία θερμότητας

Η αντλία αντλεί από το ψυχρό περιβάλλον μια ποσότητα θερμότητας (ενέργειας)  $Q_1$ , προσθέτει μηχανικό έργο ( $W$ ) στο συμπιεστή, και αποδίδει ποσό ενέργειας  $Q_2$  στον ψυχρό χώρο.

Όταν η αντλία λειτουργεί σε κατάσταση θέρμανσης, το "θερμό" είναι ο χώρος, το "ψυχρό" το περιβάλλον, και το ζητούμενο είναι το  $Q_2$ , ενώ όταν αυτή λειτουργεί σε κατάσταση ψύξης, το "ψυχρό" είναι ο χώρος, το "θερμό" είναι το περιβάλλον και το ζητούμενο είναι το  $Q_1$ .

Ο ενεργειακός ισολογισμός στο σχήμα, απαιτεί

$$Q_2 = Q_1 + W.$$

## **Βαθμός απόδοσης σε λειτουργία θέρμανσης**

Ο λόγος της μεταφερόμενης θερμότητας προς το καταναλισκόμενο έργο ( $Q_2 / W$  σε θέρμανση), ονομάζεται ειδικός βαθμός απόδοσης της αντλίας (COP, coefficient of performance).

## **Βαθμός απόδοσης σε λειτουργία ψύξης**

Ο λόγος της μεταφερόμενης θερμότητας προς το καταναλισκόμενο έργο ( $Q_1 / W$  σε ψύξη), ονομάζεται βαθμός ενεργειακής απόδοσης της αντλίας (EER, energy efficiency ratio).

Τόσο ο ειδικός βαθμός απόδοσης COP όσο και ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης EER εξαρτώνται:

- από τη θερμοκρασία της "πηγής" (TQ1)
- από τη θερμοκρασία του "αποδέκτη" (TQ2)
- από τα μηχανικά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας
- από τις ιδιότητες του εργαζόμενου μέσου.

και μεταβάλλονται διαρκώς, αφού τόσο η θερμοκρασία του ψυχρού (περιβάλλοντος στη θέρμανση - χώρου στην ψύξη) όσο και η θερμοκρασία θερμού (χώρου στη θέρμανση - περιβάλλοντος στην ψύξη) δεν είναι σταθερές, αλλά διαρκώς μεταβάλλονται.

Για την αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των αντλιών θερμότητας έχει καθιερωθεί η μέτρηση του COP και του EER σε τυποποιημένες συνθήκες (συνθήκες Eurovent) που είναι:

- για τη θέρμανση

Θερμοκρασία θερμού = 20 C και

Θερμοκρασία εισόδου εξωτερικού αέρα 7 C / 6 C WB (ψυχρού)

- και για την ψύξη

Θερμοκρασία θερμού = 27 C και

Θερμοκρασία εισόδου εξωτερικού αέρα 35 C / 6 C WB

Οι βαθμοί απόδοσης σε συνθήκες Eurovent χαρακτηρίζουν την ποιότητα κατασκευής μιας αντλίας θερμότητας, αφού ο υπολογισμός τους αναφέρεται στις ίδιες συνθήκες για όλες τις αντλίες .

Επειδή όμως σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας οι θερμοκρασίες δεν ισούνται με τις θερμοκρασίες που καθορίζονται στο πρότυπο Eurovent, ορίζουμε και τον μέσο ή ετήσιο ειδικό βαθμό απόδοσης SCOP (για την θέρμανση) και τον μέσο ή ετήσιο βαθμό ενεργειακής απόδοσης SEER (για λειτουργία ψύξης) οι οποίοι είναι στην ουσία οι μέσοι βαθμοί απόδοσης μιας αντλίας

θερμότητας σε ετήσια λειτουργία και αυτοί οι βαθμοί αποτελούν το καλύτερο κριτήριο αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας.

Στις σύγχρονες αντλίες θερμότητας συναντάμε τιμές COP και EER μεγαλύτερες του 3.0, γεγονός που τις κατατάσσει στις συσκευές αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών . Τιμή COP (ή EER) ίση με 3.0 σημαίνει ότι για κάθε μονάδα ενέργειας που καταναλώνει μια αντλία θερμότητας, μεταφέρει (αποδίδει) τρεις (3) μονάδες ενέργειας.

### **Αντλίες θερμότητας τύπου inverter για οικιακή χρήση**



**Εικόνα 2.40** Εξωτερική μονάδα inverter

Οι αντλίες θερμότητας που έχουν τη δυνατότητα αυξομείωσης των στροφών του συμπιεστή με τη χρήση ειδικής διάταξης που λέγεται inverter, ονομάζονται αντλίες θερμότητας τύπου inverter, και στην ουσία είναι αντλίες θερμότητας μεταβλητού φορτίου, έχουν δηλαδή τη δυνατότητα να αυξομειώνουν την ενέργεια που μεταφέρουν, αυξομειώνοντας την παροχή του ψυκτικού μέσου.

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας inverter επέτρεψε την κατασκευή αντλιών θερμότητας υψηλής απόδοσης και μικρού μεγέθους σε λογικό κόστος παραγωγής.

Η συνεχιζόμενη αύξηση της τιμής των καυσίμων που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά για τη θέρμανση κατοικιών (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κ.λ.π.) σε συνδυασμό με το διαρκώς μειούμενο κόστος κτήσης των αντλιών θερμότητας, καθιστά τις "οικιακές" αντλίες θερμότητας πλέον μια συμφέρουσα επιλογή για τη θέρμανση της σύγχρονης κατοικίας.

Οι οικιακές αντλίες θερμότητας ξεκινούν από μεγέθη κοντά στα 6kW, φτάνουν μέχρι και τα 20kW, και μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης για εφαρμογές σε μικρά διαμερίσματα, μονοκατοικίες και μικρές οικοδομές.

Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης μια αντλίας θερμότητας είναι υψηλό και θα τρώμαζε τον καθένα, αλλά η εξοικονόμηση χρημάτων που επιτυγχάνεται με τα συστήματα αυτά –της τάξεως του 60% και άνω- θα υποχρεώσουν ίσως πολλούς να διερευνήσουν συντόμως την συγκεκριμένη αγορά.

Τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Η διαφορά ενός συστήματος τύπου αντλίας θερμότητας, είτε χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία του αέρα (αντλία αέρα/νερού) είτε του εδάφους (γεωθερμική αντλία) για να μεταφέρει τη θερμότητα, είναι πως λειτουργεί πολύ πιο αποτελεσματικά και εξοικονομεί περισσότερη ενέργεια.

Και αυτό διότι οι αντλίες θερμότητας χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό απόδοσης (COP), ο οποίος για τις αντλίες αέρα-νερού κυμαίνεται από 2,5 έως 3 ενώ στην περίπτωση των γεωθερμικών αντλιών (νερού – νερού) μπορεί να φτάσει και το 5. Αυτό σημαίνει ότι μία αντλία αέρα – νερού με COP=3, για κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει, αποδίδει 3 kWh θερμικής ενέργειας. Ειδικά εάν το σύστημα λειτουργεί αρκετές ώρες με το νυχτερινό τιμολόγιο το κόστος πέφτει σημαντικά, ενώ μεγάλη εξοικονόμηση μπορούμε να επιτύχουμε στην περίπτωση που η αντλία συνδυαστεί με ενδοδαπέδια θέρμανση αντί για σώματα καλοριφέρ.

#### **Όμως ποιο είναι το πρόβλημα το οποίο καθιστά πολλές φορές την αντλία θερμότητας ως μη συμφέρουσα λύση;**

Οι αντλίες θερμότητας είναι πιο διαδεδομένες σε περιοχές με ήπιο κλίμα όπου οι μέσες θερμοκρασίες το χειμώνα δεν πέφτουν κάτω από τους 7 C καθώς σε χαμηλότερες θερμοκρασίες η απόδοσή τους μειώνεται σημαντικά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σχηματίζεται πάγος στην εξωτερική μονάδα ανταλλαγής θερμότητας ο οποίος εμποδίζει την ροή αέρα. Προκειμένου να λύσει αυτό το πρόβλημα η αντλία θερμότητας μετατρέπεται προσωρινά σε λειτουργία ψύξης ώστε να μετατρέψει τον εξατμιστή του εξωτερικού μέρους σε συμπυκνωτή για να απελευθερωθεί θερμότητα και να λιώσει ο πάγος. Προκειμένου να μην παραχθεί ψυχρός αέρας στον χώρο που θερμαίνουμε στο εσωτερικό της αντλίας υπάρχει μια ηλεκτρική αντίσταση η οποία θερμαίνει τον αέρα που εισέρχεται.

Το πρόβλημα του πάγου γίνεται ακόμη πιο έντονο στις χαμηλές θερμοκρασίες γι' αυτό οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούνται παράλληλα και με άλλες συμβατικές μεθόδους θέρμανσης όπως το φυσικό αέριο ή οι καυστήρες πετρελαίου, οι οποίες χρησιμοποιούνται τις μέρες του χειμώνα όπου η θερμοκρασία είναι αρκετά χαμηλή. Σε αυτή την περίπτωση η αντλία θερμότητας χρησιμοποιείται όσο το επιτρέπουν οι εξωτερικές θερμοκρασίες και αν ξεπεραστεί το κρίσιμο σημείο όπου ο βαθμός απόδοσης έχει μειωθεί πάρα πολύ τότε χρησιμοποιούμε το βοηθητικό σύστημα.



**Εικόνα 2.41** Αντλία θερμότητας

### **Πλεονεκτήματα**

- Μεγάλος βαθμός απόδοσης που συνεπάγεται εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων
- Ευκολία εγκατάστασης
- Πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης
- Ασφάλεια καθώς δεν υπάρχει κάποια διαδικασία καύσης
- Δυνατότητα συνδυασμού με πολλά συστήματα θέρμανσης, όπως ενδοδαπέδια θέρμανση, θερμαντικά σώματα και fan coils
- Υπάρχουν αντλίες θερμότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ψύξη και για θέρμανση

### **Μειονεκτήματα**

- Υψηλό κόστος αγοράς
- Πρέπει να τοποθετείται σε χώρο εκτός της κατοικίας διότι κάνει θόρυβο
- Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες πέφτει αισθητά ο βαθμός απόδοσης του συστήματος
- Αντλίες θερμότητας με χρήση fan coils προκαλούν μετακίνηση της σκόνης με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αναπνευστικά και αισθητικά προβλήματα



## 2.7 Τηλεθέρμανση

Τηλεθέρμανση (Τ/Θ) ορίζεται η παροχή θέρμανσης με ειδικό δίκτυο μονωμένων αγωγών που μεταφέρουν ζεστό νερό, το οποίο θερμαίνεται σε λέβητες, συνήθως σε θερμοηλεκτρικά εργοστάσια, αρκετά μακριά από το χώρο κατανάλωσης. Είναι δηλαδή η θέρμανση των κτιρίων μιας πόλης ή ενός τμήματος της πόλης από κεντρικό καυστήρα και όχι από ατομικούς.

Η θέρμανση του νερού γίνεται με την καύση αερίου, πετρελαίου ή γαιανθράκων (λιγνιτών) σε ένα εργοστάσιο παραγωγής κυρίως ηλεκτρικής ενέργειας και συμπληρωματικά θερμικής ή αντίστροφα.



Εικόνα 2.42 Δίκτυο τηλεθέρμανσης

Η θερμότητα, η οποία απαιτείται για τη θέρμανση του νερού της τηλεθέρμανσης, προέρχεται από τον ατμό που χρησιμοποιείται στο εργοστάσιο και ειδικότερα από το τέλος της διαδικασίας. Ο ατμός έχει μια θερμοκρασία 120οC-140οC. Με τον θερμό αυτόν ατμό θερμαίνεται το νερό που χρησιμοποιείται στην τηλεθέρμανση, περνώντας οι σωλήνες, με τους οποίους μεταφέρεται, δίπλα από τον ατμό - δηλαδή σε έναν εναλλάκτη θερμότητας. Στην αρχή της παροχής, το νερό έχει θερμοκρασία 100οC και στην επιστροφή 20ο - 40οC.

Η πρώτη μικρού μεγέθους εγκατάσταση Τ/Θ στην Ελλάδα ξεκίνησε στην Πτολεμαΐδα το 1960, θερμαίνοντας τον οικισμό της ΔΕΗ στο Προάστιο Εορδαίας από τον ΑΗΣ Πτολεμαΐδας. Σήμερα εγκαταστάσεις Τ/Θ διαθέτουν οι πόλεις της Κοζάνης, Πτολεμαΐδας, Αμύνταιου, Φιλώτα και Μεγαλόπολης που αξιοποιούν το θερμικό φορτίο των γειτονικών θερμοηλεκτρικών σταθμών.

### Ιστορική αναδρομή

Η τεχνολογία της τηλεθέρμανσης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Ισλανδία όπου σήμερα έχουν επιτύχει την κάλυψη του 98% των ενεργειακών αναγκών για

θέρμανση, στην Εσθονία, Πολωνία, Δανία, Σουηδία και Φιλανδία περίπου το 50% και σε πολλές άλλες Ευρωπαϊκές χώρες μικρότερα ποσοστά.

Η πρώτη μικρού μεγέθους εγκατάσταση Τ/Θ στην Ελλάδα ξεκίνησε στην Πτολεμαΐδα το 1960, θερμαίνοντας τον οικισμό της ΔΕΗ στο Προάστιο Εορδαίας από τον ΑΗΣ Πτολεμαΐδος.

Σήμερα εγκαταστάσεις Τ/Θ διαθέτουν οι πόλεις της Κοζάνης, Πτολεμαΐδος, Αμυνταίου, Φιλώτα και Μεγαλόπολης που αξιοποιούν το θερμικό φορτίο των γειτονικών θερμοηλεκτρικών σταθμών.

Με την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας στην Ελλάδα και την δυνατότητα κατασκευής μονάδων ΣΗΘ (με χρήση φυσικού αερίου, βιοαερίου κτλ) από ιδιωτικές επενδύσεις είναι προφανές ότι σύντομα θα δούμε εγκαταστάσεις Τ/Θ και σε άλλες ελληνικές πόλεις ( πρόσφατα η πόλη των Σερρών απέκτησε δίκτυο Τ/Θ αξιοποιώντας την εγκατάσταση ΣΗΘ της εταιρείας Θέρμη Σερρών).

### **Βασικά μέρη ενός συστήματος τηλεθέρμανσης**

Τα βασικά μέρη ενός συστήματος τηλεθέρμανσης είναι ο κεντρικός σταθμός παραγωγής ενέργειας, το δίκτυο διανομής θερμότητας και οι υποσταθμοί των κτιρίων.

#### **α) Κεντρικός σταθμός παραγωγής ενέργειας**

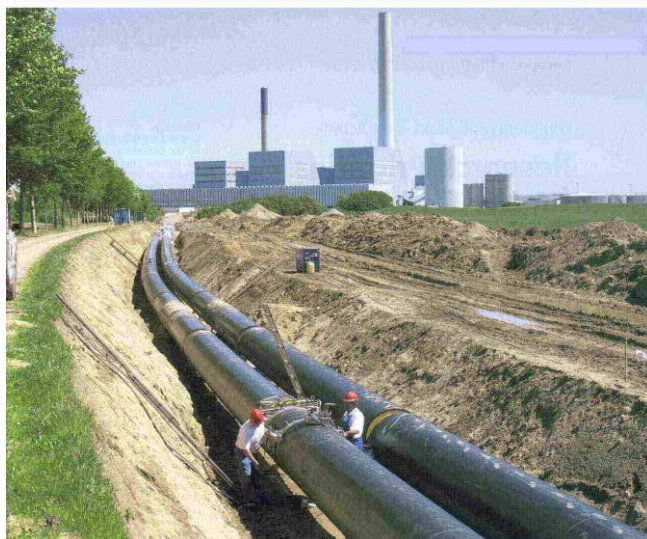
Η παραγωγή θερμικής ενέργειας μπορεί να είναι είτε αυτόνομη είτε συνδυασμένη με παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρωτογενής ενέργεια για την παραγωγή της θερμότητας στους σταθμούς παραγωγής ή συμπαραγωγής μπορεί να προέρχεται από συμβατικά ορυκτά καύσιμα, από πυρηνικά καύσιμα, από γεωθερμία, από ηλιακή ενέργεια από καύση απορριμμάτων ή βιομάζα. Οι κεντρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας περιλαμβάνουν τους λέβητες ή τους εναλλάκτες θερμότητας ως κύριες μονάδες και συμπληρωματικά τους καυστήρες τις δεξαμενές καυσίμου τις αντλίες τις μονάδες επεξεργασίας νερού(αποσκλήρυνση), τα όργανα μετρήσεων, ασφαλείας και ελέγχου, τις καπνοδόχους κ.λ.π. ανάλογα με τις διεργασίες που πραγματοποιούνται.



**Εικόνα 2.43** Κεντρικός σταθμός παραγωγής ενέργειας

## β) Το δίκτυο διανομής

Συνίσταται από ένα δίκτυο σωληνώσεων για τη μεταφορά της θερμότητας με φορέα τον ατμό, το θερμό ή το υπέρθερμό νερό. Το δίκτυο σωληνώσεων αποτελείται συνήθως από προμονωμένους χαλύβδινους αγωγούς οι οποίοι οδεύονται απευθείας μέσα στο έδαφος ή σε υπόγεια κανάλια από μπετόν.



Εικόνα 2.44 Δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης

## γ) Τους υποσταθμούς των κτιρίων

Στους υποσταθμούς των κτιρίων συνδέονται οι εγκαταστάσεις των καταναλωτών με το δίκτυο. Κάθε υποσταθμός αποτελείται από το σταθμό απόδοσης θερμότητας το οποίο είναι ιδιοκτησία του δικτύου και το μηχανοστάσιο του κτιρίου το οποίο είναι ιδιοκτησία του καταναλωτή.



Εικόνα 2.45 Υποσταθμός κτιρίου

Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης συγκροτείται από τρία ανεξάρτητα υδραυλικά διαχωρισμένα δίκτυα.

1. **Το δίκτυο μεταφοράς** υπέρθερμου νερού θερμοκρασίας μέχρι 150°C (με δίδυμους προμονωμένους αγωγούς για την προσαγωγή και επιστροφή του νερού από την πόλη που το μήκος τους καλύπτει αποστάσεις μέχρι και 50km). Για την μεταφορά του υπέρθερμου νερού απαιτούνται ειδικές εγκαταστάσεις με αντλιοστάσια κυρίων αντλιών μεταφοράς παροχής 1000m<sup>3</sup>/h, αντλιών διατήρησης πίεσης δικτύου, αναπλήρωσης και επεξεργασίας νερού. Επίσης προβλέπονται λεβητοστάσια εφεδρείας και αιχμών για την κάλυψη του δικτύου σε περίπτωση βλαβών και ανεπάρκειας των μονάδων παραγωγής θερμότητας. Τα δίκτυα μεταφοράς χαρακτηρίζονται από την υψηλή πίεση έως PN 25 bar την υψηλή διαφορική πίεση, την υψηλή διαφορική θερμοκρασία (50°C και άνω) καθώς και από την μεταβλητή παροχή.
2. **Το δίκτυο διανομής** το οποίο εγκαθίσταται μέσα στην πόλη με κεντρικούς άξονες, κλάδους και διακλαδώσεις, μεταφέρει την θερμότητα από τον ή τους υποσταθμούς στα συστήματα θερμάνσεως εντός των κτιρίων (βρόγχους ανάμιξης, υποσταθμούς). Για την εξυπηρέτηση του δικτύου διανομής προβλέπεται εξοπλισμός με αντλίες ανακυκλοφορίας στους εναλλάκτες στους βρόγχους ανάμιξης, αντλίες διατήρησης πίεσεως, αντλίες επεξεργασίας νερού καθώς και σύστημα ελέγχου.
3. **Το δίκτυο κατανάλωσης** με τις διάφορες εγκαταστάσεις είναι ίσως το πιο δύσκολο μέρος του όλου συστήματος της Τηλεθέρμανσης. Είναι πιθανό να αποτελείται από συνδυασμό μονοσωληνίων και δισωληνίων εγκαταστάσεων οπότε είναι δύσκολος ο έλεγχος και οι ρυθμίσεις του  $\Delta t$  (ειδικά οι μονόσωληνιες εγκαταστάσεις χωρίς βρόγχους ανάμιξης μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα με χαμηλό  $\Delta t$ .)

### **Τηλεθέρμανση: Οικονομία και προστασία του περιβάλλοντος**

Η λειτουργία της Τ/Θ ωφελεί τόσο την περιοχή και τους κατοίκους της, όσο και την εθνική μας οικονομία, διότι

- Αναβαθμίστηκε η ποιότητα ζωής των κατοίκων που απολαμβάνουν ένα καθαρότερο περιβάλλον, απαλλαγμένο από τις καμινάδες των κεντρικών θερμάνσεων που λειτουργούσαν με μαζούτ και πετρέλαιο, που επιβάρυναν την ήδη επιβαρημένη από τις δραστηριότητες της ΔΕΗ ατμόσφαιρα μας.
- Οι κάτοικοι της Κοζάνης δαπάνησαν για τη θέρμανση τους 65 εκατομμύρια ευρώ λιγότερα, αυξάνοντας ανάλογα το διαθέσιμο εισόδημα τους. Στο μέλλον και κάθε χρόνο το ποσό αυτό θα είναι 10 εκατ. ευρώ, περίπου.
- Εξοικονομήθηκε συνάλλαγμα λόγω μη κατανάλωσης 380.000 τόνων πετρελαίου θέρμανσης. Κάθε χρόνο θα εξοικονομούνται 32.000 τόνοι πετρελαίου θέρμανσης.
- Δημιουργήθηκαν νέες θέσεις εργασίας, άμεσα και έμμεσα, και δόθηκε νέα ώθηση στην εμπορική και βιοτεχνική δραστηριότητα της πόλης.

- Από το 1994 απασχολούνται σαράντα εργαζόμενοι για τη λειτουργία του συστήματος και υπολογίζεται ότι στην κατασκευή του έργου από το 1993 μέχρι σήμερα απασχολήθηκαν πάνω από 100 άτομα, ανά έτος.
- Υπάρχει η δυνατότητα της περαιτέρω ανάπτυξης της περιοχής με πολλαπλές δραστηριότητες, στον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα, όπως είναι τα θερμοκήπια, τα ξηραντήρια κ.α.

### Πλεονεκτήματα

- Οικονομικότερη ενέργεια, μεγάλος βαθμός απόδοσης, ειδικά όταν η τηλεθέρμανση γίνεται σε συνδυασμό με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Χαμηλό κόστος συντήρησης για τους καταναλωτές.
- Εξοικονόμηση χώρων (λεβητοστάσια).
- Κεντρικός έλεγχος ρύπων.
- Μείωση κινδύνων από πυρκαγιά και ατυχήματα.

### Μειονεκτήματα

- Αφού ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα και αγνοούνται οι ανανεώσιμες πηγές, οι συνέπειες για το Περιβάλλον εξακολουθούν να είναι άσχημες, το κόστος της ενέργειας συνεχίζει να είναι υψηλό τόσο οικονομικά, όσο και κλιματολογικά.
- Αρχικό κόστος εγκατάστασης



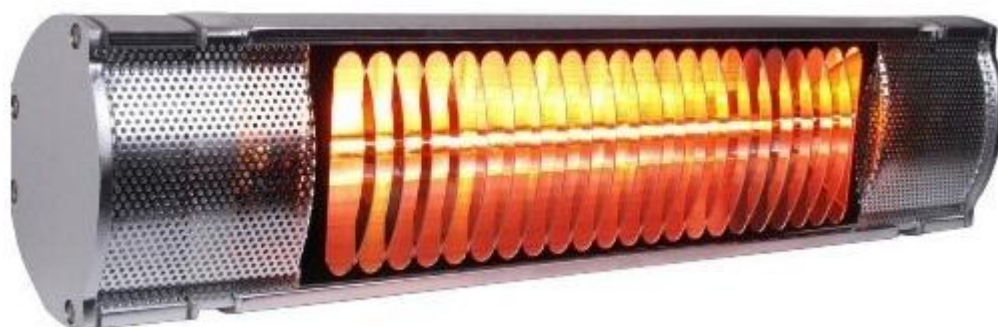
**Εικόνα 2.46** Ρύποι από την λειτουργία των σταθμών παραγωγής Η.Ε.

## 2.8 Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης

### 2.8.1 Θερμαντήρες ακτινοβολίας

Οι θερμαντήρες ακτινοβολίας περιέχουν ένα θερμαντικό στοιχείο το οποίο φτάνει σε υψηλή θερμοκρασία. Το στοιχείο αυτό συνήθως καλύπτεται από ένα γυαλί και με έναν ανακλαστήρα ο οποίος κατευθύνει την ενέργεια προς συγκεκριμένη κατεύθυνση. Το στοιχείο εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία η οποία μεταφέρεται μέσω του αέρα μέχρις ότου συναντήσει κάποια απορροφητική επιφάνεια, όπου ένα μέρος της απορροφάται και ένα άλλο ανακλάται. Η θερμότητα που εκλύεται ζεσταίνει αμέσως τους ανθρώπους και τα αντικείμενα που βρίσκονται στο χώρο και όχι τόσο τον αέρα. Αυτός ο τρόπος θέρμανσης είναι χρήσιμος σε περιοχές όπου μη θερμαινόμενος αέρας εισάγεται στο χώρο. Επίσης είναι ιδανικός για διαμερίσματα και γκαράζ όπου είναι επιθυμητή η θέρμανση σε συγκεκριμένα σημεία. Οι θερμαντήρες ακτινοβολίας λειτουργούν αθόρυβα αλλά αποτελούν κίνδυνο όταν βρίσκονται κοντά σε ξύλινες επιφάνειες καθώς είναι δυνατό να πάρουν φωτιά εξ' αιτίας της υψηλής συγκέντρωσης θερμότητας που έχουν χωρίς κάποια ασφάλεια υπερθέρμανσης.

Παρακάτω απεικονίζεται ένας θερμαντήρας ακτινοβολίας όπου σπείρες σύρματος πυρακτώσεως νικελίου χρωμίου είναι τοποθετημένο μέσα σε έναν κύλινδρο πυριτίου όπου είναι ανοιχτός από την εξωτερική πλευρά. Υπάρχουν και μοντέλα υπέρυθρων θερμαντήρων όπου ο πυριτικός κύλινδρος καλύπτει πλήρως την ωμική αντίσταση ή το κράμα της ωμικής αντίστασης δεν αποτελείται από Νικέλιο και Χρώμιο.



**Εικόνα 2.47** Θερμαντήρας ακτινοβολίας

## 2.8.2 Ηλεκτρικά Καλοριφέρ

Σε ένα καλοριφέρ ή αλλιώς θερμαντήρα συναγωγής, το θερμαντικό στοιχείο θερμαίνει τον αέρα που έρχεται σε επαφή με αυτό μέσω της συναγωγής. Ο ζεστός αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα σε σχέση με τον ψυχρό αέρα και έτσι ανυψώνεται επιτρέποντας την εισαγωγή νέας ποσότητας ψυχρού αέρα παίρνοντας την θέση του. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα ρεύμα θερμού αέρα που εξέρχεται από τον θερμαντήρα, θερμαίνοντας τον χώρο τριγύρω και αφού έχει χάσει την θερμότητα που είχε αρχικά να επιστρέψει στο θερμαντήρα για να επαναληφθεί ο κύκλος. Μερικές φορές οι συσσωρευτές αυτοί είναι γεμάτοι με λάδι λειτουργώντας ως θερμοσυσσωρευτές. Συγκεκριμένα για την Ελλάδα είναι συνηθισμένο σε παλαιές οικείες να χρησιμοποιούνται θερμοσυσσωρευτές όπου υπάρχει δυνατότητα νυχτερινού ρεύματος το οποίο είναι μειωμένο κατά περίπου 30% σε σχέση με το κανονικό. Οι θερμοσυσσωρευτές είναι ιδανικοί για θέρμανση κλειστών χώρων καθώς λειτουργούν αθόρυβα και έχουν πολύ μικρό κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς σε σχέση με τους θερμαντήρες ακτινοβολίας. Ενδείκνυται για χώρους όπου απαιτείται θέρμανση για σύντομο χρονικό διάστημα ή για περιπτώσεις όπου πραγματοποιείται θέρμανση στο χώρο χωρίς να υπάρχει επιτήρηση από κάποιον.



Εικόνα 2.48 Ηλεκτρικό καλοριφέρ

## 2.8.3 Αερόθερμα

Το αερόθερμο λειτουργεί με την βοήθεια ενός ανεμιστήρα και μιας ηλεκτρικής αντίστασης. Πιο συγκεκριμένα το θερμαντικό στοιχείο που είναι συνήθως μια ηλεκτρική αντίσταση θερμαίνει τον αέρα και στη συνέχεια με την βοήθεια του ανεμιστήρα διαχέεται στο χώρο που θέλουμε να θερμάνουμε. Ο μηχανισμός μετάδοσης θερμότητας που στηρίζεται η συσκευή είναι η εξαναγκασμένη συναγωγή. Η συσκευή αυτή μπορεί να θερμάνει αρκετά γρήγορα έναν χώρο όμως έχει δύο βασικά μειονεκτήματα. Πρώτον, κάνει θόρυβο και δεύτερον αυξάνει την συγκέντρωση της σκόνης στον αέρα με αποτέλεσμα να μειώνει την ποιότητα του.

Η απόδοση τους είναι 100% ,δηλαδή μετατρέπουν όλη την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική. Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει ο ανεμιστήρας δεν πάει χαμένη καθώς αρχικά αποθηκεύεται με την μορφή κινητικής ενέργειας στο ρευστό(αέρας) και στη συνέχεια αποδίδεται στο χώρο υπό μορφή θερμότητας μέσω της εξαναγκασμένης συναγωγής όπως είπαμε προηγουμένως. Τα αερόθερμα αν και αποδοτικά δεν μπορούν να συναγωνιστούν συστήματα καύσης λόγω της αυξημένης τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος. Το γεγονός αυτό τα καθιστά ιδανικά για περιστασιακή χρήση και όχι για μόνιμη.



**Εικόνα 2.49** Αερόθερμο

#### **2.8.4** Θερμοσυσσωρευτές

Ο θερμοσυσσωρευτής είναι μια συσκευή η οποία αποθηκεύει θερμότητα κατά την διάρκεια της νύχτας, όπου το ηλεκτρικό ρεύμα είναι πιο φθινό, την οποία απελευθερώνει κατά την διάρκεια της μέρας.

Ένας θερμοσυσσωρευτής αποτελεί μια τράπεζα θερμότητας όπου αποθηκεύεται η θερμότητα που θα χρησιμοποιηθεί αργότερα. Η τράπεζα αυτή αποτελείται από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα τα οποία είναι χημικώς αδρανή. Για τον λόγο αυτό τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι το νερό, κεραμικά όπως πήλινα τούβλα ή τσιμέντο. Έτσι οι ηλεκτρικές αντιστάσεις που υπάρχουν στο εσωτερικό αυτών των στοιχείων απελευθερώνουν θερμότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα η οποία αποθηκεύεται και στη συνέχεια απελευθερώνεται στο χώρο που εμείς θέλουμε να θερμάνουμε. Πολλές φορές για να επιτευχθεί πιο γρήγορη θέρμανση ενός χώρος χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες οι οποίοι κατανέμουν καλύτερα το θερμικό φορτίο στο χώρο.





**Εικόνα 2.50** Θερμοσυσσωρευτής

### **Πλεονεκτήματα**

- Δεν χρειάζονται συντήρηση
- Εύκολη εγκατάσταση
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας τη νύχτα λόγω νυχτερινού κοστολογίου της ΔΕΗ

### **Μειονεκτήματα**

- Δεν μπορούν να θερμάνουν μεγάλους χώρους
- Οι απώλειες θερμότητας κατά την διαδικασία φόρτισης που έχουν ως αποτέλεσμα την άσκοπη θέρμανση του χώρου όπου βρίσκεται ο θερμοσυσσωρευτής κατά την διάρκεια της νύχτας
- Στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες έτσι ώστε να επιτευχθεί καλύτερη και γρηγορότερη μετάδοση θερμότητας προκαλείται μείωση της ποιότητας του αέρα λόγω της αύξησης της ποσότητας σκόνης με δυσάρεστες συνέπειες για το ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα
- Καταλαμβάνουν πολύ χώρο και έχουν μεγάλο βάρος εξ' αιτίας του υλικού που περιέχουν για να αποθηκεύουν θερμότητα.

### **2.8.5 Θερμαντικά πάνελ υπέρυθρης ακτινοβολίας**

Όπως και οι θερμοσυσσωρευτές, τα πάνελ παράγουν υπέρυθρη ακτινοβολία μακρού κύματος που θεωρείται η πιο υγιεινή μορφή θερμότητας, ωστόσο, σε αντίθεση με τους θερμοσυσσωρευτές, αποδίδουν άμεσα τη θερμότητα όποτε ακριβώς τη χρειάζεστε

Περιέχουν αντιστάσεις και οι επιφάνειες τους είναι επιστρωμένες με ειδικά υλικά (κεραμικά υλικά, πολυαμίδιο άνθρακα, γραφίτη, κρυστάλλους χαλαζία κλπ) που απορροφούν την παραγόμενη θερμότητα και την ακτινοβολούν στο χώρο

Η υπέρυθρη ακτινοβολία θερμαίνει απευθείας το σώμα σας και τα αντικείμενα χωρίς να θερμαίνει τον αέρα. Ειδικά τα αντικείμενα με μεγάλη θερμική μάζα (π.χ. τούβλα,

κεραμικά πλακάκια) αποθηκεύουν τη θερμότητα και την αποδίδουν σταδιακά στο χώρο

Επειδή δεν θερμαίνουν τον αέρα αλλά το σώμα και τα δομικά υλικά, είναι σημαντικό να υπάρχει καλή θερμομόνωση στο σπίτι γιατί αλλιώς όση θερμότητα θα αποθηκεύεται στους τοίχους και την οροφή θα χάνεται γρήγορα στο περιβάλλον. Δεν θερμαίνουν τον αέρα και η αίσθηση τους σε ένα κρύο σπίτι είναι ουσιαστικά όπως όταν βρίσκεστε έξω σε μια κρύα μέρα του χειμώνα και ο ήλιος ζεσταίνει το δέρμα και τα ρούχα σας αλλά όχι τον αέρα, ενώ πρέπει να υπάρχει οπτική επαφή με το πάνελ για να σας ζεσταίνει το σώμα. Γι' αυτό το λόγο πολλοί την προτιμούν για τοπική θέρμανση και όχι ολόκληρου του σπιτιού.

Έχουν χαμηλότερο κόστος αγοράς και δεν καταλαμβάνουν μεγάλο ωφέλιμο χώρο σε σχέση με τη χρήση πετρελαίου ή φυσικού αερίου.

Αποδίδουν ομοιόμορφα τη θερμότητα και έχουν μειωμένη κατανάλωση σε σχέση με τα περισσότερα ηλεκτρικά συστήματα θέρμανσης.

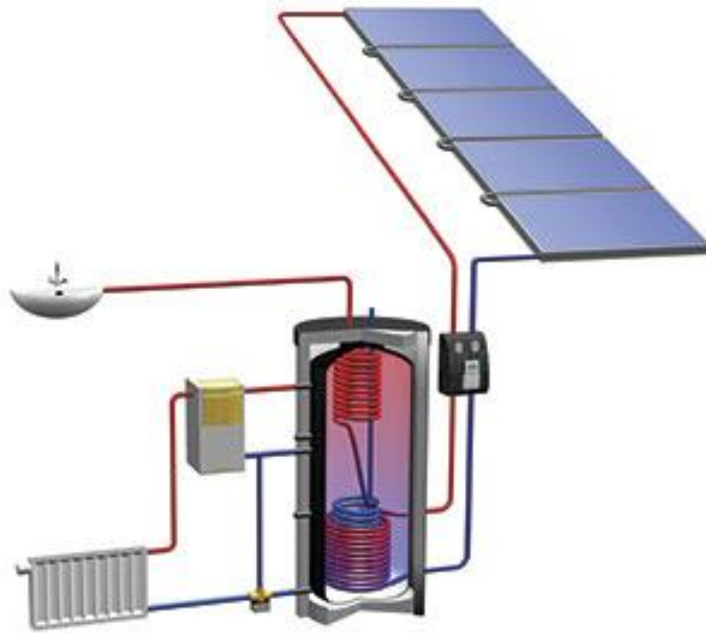
Βοηθούν στην μείωση της υγρασίας στους τοίχους και είναι απλά στην τοποθέτηση και δεν απαιτούν συντήρηση.



**Εικόνα 2.51** Θερμαντικό πάνελ υπέρυθρης ακτινοβολίας

## 2.9 Ηλιακοί Συλλέκτες

- Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης έχουν λειτουργία παρόμοια με αυτή του θερμοσίφωνα, ωστόσο απαιτούν πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια συλλεκτών.
- Το νερό που ζεσταίνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες χρησιμοποιείται στα καλοριφέρ.
- Έχουν υψηλό κόστος κτήσης και οικονομική λειτουργία κυρίως όπου υπάρχει καλή θερμομόνωση και σώματα χαμηλής θερμοκρασίας (καλοριφέρ μεγάλης επιφάνειας τύπου πάνελ ή ενδοδαπέδια θέρμανση).
- Το σύστημα είναι προβληματικό τις ημέρες όπου δεν υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια (οπότε έχει και το περισσότερο κρύο...) οπότε είναι ούτως ή άλλως απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου βοηθητικού λέβητα.



**Εικόνα 2.52** Ηλιακό σύστημα θέρμανσης

Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης, παρόλο που δεν αποτελούν λύση στην οποία θα μπορούσαμε να στηριχθούμε εξ ολοκλήρου για τη θέρμανση του σπιτιού μας, τελευταία, δεδομένης της επιτακτικής ανάγκης για μείωση της κατανάλωσης καυσίμων, προσελκύουν όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον, καθώς μπορούν να συμβάλουν στη θέρμανση μιας κατοικίας, σε ποσοστό που μπορεί να φτάσει έως και το 40%, γλιτώνοντάς μας έτσι από σημαντικά έξοδα.

### **Πως λειτουργεί**

Η βασική αρχή της λειτουργίας της ηλιακής θέρμανσης, η οποία συχνά συναντάται και με την ονομασία «Ηλιακή υποβοήθηση θέρμανσης» λόγω του ότι λειτουργεί υποστηρικτικά, είναι η τοποθέτηση συστοιχίας συλλεκτών στην ταράτσα ή τη στέγη του κτιρίου, οι οποίοι ζεσταίνουν νερό.

Το ζεστό νερό, στη συνέχεια, αποθηκεύεται σε ένα θερμοδοχείο (boiler) και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της θέρμανσης του κτιρίου. Επίσης το σύστημα αυτό παράγει και ζεστό νερό χρήσης.

Ένα τέτοιο σύστημα, δεδομένου ότι η απόδοσή του εξαρτάται από τις συνθήκες ηλιοφάνειας, μπορεί να συμβάλει στο μέγιστο βαθμό κατά την αρχή και το τέλος της χειμερινής περιόδου (Οκτώβριο, Νοέμβριο, Μάρτιο, Απρίλιο) όταν οι ημέρες και οι ώρες ηλιοφάνειας είναι πολλές και οι ανάγκες της λειτουργίας του κεντρικού συστήματος θέρμανσης είναι μικρές, ενώ οι απώλειες λειτουργίας και αδράνειας του είναι σημαντικές.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένα σύστημα ηλιακής θέρμανσης μπορεί να τοποθετηθεί όχι μόνο σε νέες κατοικίες αλλά και σε παλιές ενώ, όπως υποστηρίζουν άνθρωποι του χώρου, η εξοικονόμηση ενέργειας που γίνεται εγγυάται την γρήγορη απόσβεση της αξίας του συστήματος.

## Ιδανικός συνδυασμός για ενδοδαπέδια θέρμανση

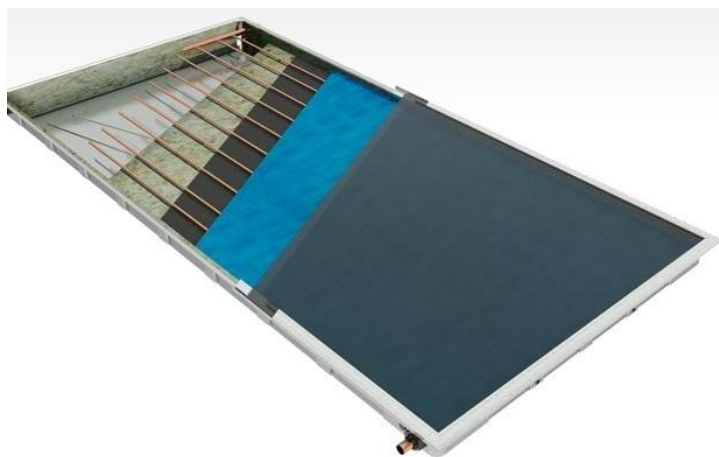
Ένα σύστημα ηλιακής θέρμανσης μπορεί να συνδυαστεί με λέβητα, ενεργειακό τζάκι ή και αντλία θερμότητας αέρα-νερού για μέγιστη οικονομία.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας συνδυάζεται ιδανικά με την ενδοδαπέδια θέρμανση αλλά και την χρήση fan coils, ενώ δεν συνίσταται στην περίπτωση όπου ήδη χρησιμοποιούνται κλασσικά θερμαντικά σώματα.

Μάλιστα, σύμφωνα με τους ανθρώπους του χώρου, στην περίπτωση κατοικιών στην οποία υπάρχει ήδη ή πρόκειται να εγκατασταθεί ενδοδαπέδια θέρμανση επιβάλλεται η υποβοήθηση με ηλιακή ενέργεια καθώς, με μικρή σχετικά επιπλέον επένδυση και βέβαια ένα καλό σχεδιασμό, μπορεί εύκολα να επιτευχθεί εξοικονόμηση 30-50% της απαιτούμενης συμβατικής ενέργειας και με τα αντίστοιχα περιβαλλοντικά οφέλη.

Ένας ηλιακός συλλέκτης αποτελείται κυρίως από τέσσερα μέρη:

- Την πλάκα συλλογής της ακτινοβολίας
- Τους σωλήνες ροής του νερού
- Την κάλυψη (κρύσταλλο) της πλάκας απορρόφησης και
- Το θερμικά μονωμένο πλαίσιο πάνω στο οποίο στερεώνονται τα υπόλοιπα εξαρτήματα.



**Εικόνα 2.53** Ηλιακός συλλέκτης

## **Λειτουργία ηλιακών συλλεκτών**

Η λειτουργία των ηλιακών συλλεκτών βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στο χώρο ανάμεσα στην πλάκα απορρόφησης και τη γυάλινη επικάλυψη. Καταρχήν η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στην (συνήθως μαύρη) απορροφητική πλάκα, ανεβάζοντας τη θερμοκρασία της. Η πλάκα με τη σειρά της εκπέμπει μεγάλους μήκους κύματος ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία) για την οποία το τζάμι που καλύπτει την πλάκα είναι σχεδόν αδιαφανές. Έτσι η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (η ζέστη) παγιδεύεται ανάμεσα στην πλάκα και το τζάμι, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση όσον αφορά τη θέρμανση του νερού (που κυκλοφορεί σε σωλήνες που είναι σ' επαφή με την πλάκα στο πίσω μέρος της ή ενσωματωμένοι σ' αυτή).

Οι κρίσιμοι παράγοντες για την καλή απόδοση του συστήματος είναι η μεγάλη απορροφητικότητα της πλάκας στην ηλιακή ακτινοβολία, ο μικρός συντελεστής εκπομπής της πλάκας στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία και η μεγάλη αδιαφάνεια του κρυστάλλου για τη δεύτερη. Τα υλικά που προσφέρουν την καλύτερη σχέση απόδοσης-τιμής είναι γυαλί και επιφάνεια από αλουμίνιο ή χαλκό με επίστρωση τιτανίου.

## **Πλεονεκτήματα**

- Εξοικονόμηση καυσίμου
- Γρήγορη απόσβεση της επένδυσης
- Μειωμένη συντήρηση
- Μείωση ρύπων
- Δεν καταργείται το υπάρχον σύστημα θέρμανσης
- Πολύ μικρές επεμβάσεις στις υφιστάμενες κατοικίες

## **Μειονεκτήματα**

- Υψηλό αρχικό κόστος
- Δεν μπορεί να σταθεί σαν αυτόνομο σύστημα θέρμανσης, διότι εξαρτάται από την ηλιοφάνεια με αποτέλεσμα τις μέρες με συννεφιά να μην αποδίδει. Επίσης η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού πολλές φορές δεν ξεπερνά τους 50 C , γεγονός που το καθιστά αδύνατο να σταθεί σαν αυτόνομο σύστημα θέρμανσης.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Συστήματα Ψύξης

### 3. Ψύξη

Η ψύξη είναι μία από τις βασικές λειτουργίες του κλιματισμού και ορίζεται ως η διεργασία αφαίρεσης θερμικής ενέργειας (θερμότητας) από τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την πτώση της θερμοκρασίας ή τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε ορισμένα όρια.

#### Ιστορική αναδρομή

Παρόλο που η μεταφορά θερμότητας μέσω μηχανημάτων για την παροχή κλιματισμού είναι μια σχετικά σύγχρονη εφεύρεση, η ψύξη των κτιρίων δεν είναι. Οι ευκατάστατοι αρχαίοι Ρωμαίοι διοχέτευαν νερό υδραγωγείου μέσα στους τοίχους για να ψύχουν τα πολυτελή τους σπίτια.

Το 2ο αιώνα ο Κινέζος εφευρέτης Ding Huan της Δυναστείας Han επινόησε ένα περιστρεφόμενο ανεμιστήρα για κλιματισμό, με επτά χειροκίνητους τροχούς 3 μέτρων σε διάμετρο. Το 747, ο αυτοκράτορας Xuanzong της δυναστείας Tang (618-907) είχε χτίσει στο αυτοκρατορικό ανάκτορο την Αίθουσα Δροσιάς (Liang Tian), την οποία το Tang Yulin περιγράφει ως έχουσα για κλιματισμό ανεμιστήρες τροχούς τροφοδοτούμενος με νερό, καθώς και ρεύματα πιδάκων νερού από σιντριβάνια. Κατά τη διάρκεια της μετέπειτα δυναστείας Song (960-1279), οι γραπτές πηγές ανέφεραν τον περιστρεφόμενο ανεμιστήρα κλιματισμού ως ακόμη πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο.

Η μεσαιωνική Περσία είχε κτίρια που χρησιμοποιούσαν στέρνες και αιολικούς πύργους για την ψύξη των κτιρίων κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου: οι στέρνες ήταν μεγάλες ανοικτές (όχι υπόγειες) δεξαμενές σε κεντρικές αυλές, που συνέλεγαν βρόχινο νερό. Οι αιολικοί πύργοι είχαν παράθυρα που μπορούσαν να αλιεύσουν τον άνεμο και εσωτερικά πτερύγια που κατεύθυναν τη ροή αέρα προς τα κάτω, στο εσωτερικό του κτιρίου, συνήθως πάνω από την στέρνα και μέσω ενός κατάντη πύργου ψύξης. Το νερό της στέρνας εξατμιζόταν ψύχοντας τον αέρα μέσα στο κτίριο.

Οι εξαεριστήρες επινοήθηκαν στη μεσαιωνική Αίγυπτο και χρησιμοποιούνταν ευρέως σε πολλά σπίτια σε όλο το Κάιρο κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα. Αυτοί οι ανεμιστήρες περιγράφονται αργότερα λεπτομερώς από τον Abd al-Latif al-Baghdadi το 1200, που ανέφερε ότι σχεδόν κάθε σπίτι στο Κάιρο είχε ανεμιστήρα, και ότι κόστιζαν από 1 έως 500 δηνάρια ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους. Οι περισσότεροι ανεμιστήρες στην πόλη ήταν προσανατολισμένοι προς την Qibla, όπως ήταν η πόλη γενικότερα.

Το 1820, ο Βρετανός επιστήμονας και εφευρέτης Michael Faraday ανακάλυψε ότι συμπιέζοντας και υγροποιώντας αμμωνία μπορούσε να ψύξει τον αέρα, όταν η υγροποιημένη αμμωνία αφηνόταν να εξατμιστεί.

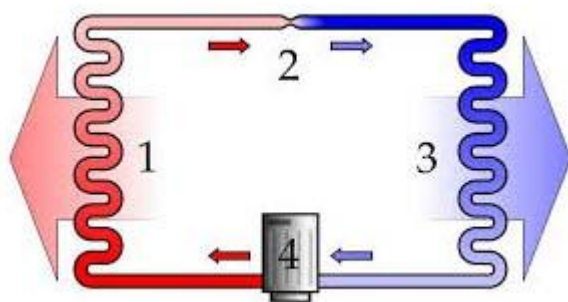
Το 1842, ο John Gorrie γιατρός από τη Φλόριντα χρησιμοποίησε τεχνολογία συμπίεσης για τη δημιουργία πάγου, τον οποίο χρησιμοποιούσε για να ψύχει αέρα για τους ασθενείς του στο νοσοκομείο.

Πρόωρες εμπορικές εφαρμογές κλιματισμού είχαν κατασκευαστεί για την ψύξη του αέρα περισσότερο για την ανάπτυξη της βιομηχανίας παρά για προσωπική άνεση. Το 1902 εφευρέθηκε το πρώτο σύγχρονο ηλεκτρικό κλιματιστικό από τον Willis Haviland Carrier στο Syracuse, της Νέας Υόρκης. Σχεδιασμένη για να βελτιώνει τη διαδικασία ελέγχου παραγωγής σε ένα εργοστάσιο εκτύπωσης, η εφεύρεσή αυτή δεν ρύθμιζε μόνο τη θερμοκρασία αλλά και την υγρασία. Η χαμηλή θερμοκρασία και η υγρασία χρειαζόντουσαν για να συμβάλλουν στη διατήρηση των διαστάσεων του χαρτιού και την εξισορρόπηση των μελανιών. Αργότερα η τεχνολογία του Carrier εφαρμόστηκε για την αύξηση της παραγωγικότητας στον εργασιακό χώρο, και ιδρύθηκε η Εταιρεία Κλιματισμού Carrier Αμερικής για να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ζήτηση. Με την πάροδο του χρόνου ο κλιματισμός άρχισε να χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της άνεσης σε σπίτια και οχήματα. Οι πωλήσεις κατοικιών διευρύνθηκαν σημαντικά κατά τη δεκαετία του 1950.

### 3.1 Αντλία Θερμότητας

Σε αντίθεση με την θέρμανση τα συστήματα ψύξης είναι πολύ λιγότερα. Η ψύξη με αντλίες θερμότητας είναι το επικρατέστερο σύστημα ψύξης σε όλων των ειδών τα κτίρια. Η λειτουργία τους αναφέρθηκε στην ενότητα 2.6. Στην ψύξη γίνεται μια αντιστροφή του κύκλου και έτσι μεταφέρουμε θερμότητα από τον χώρο που θέλουμε να ψύξουμε προς το περιβάλλον.

Η λειτουργία των αντλιών θερμότητας, βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο, έναν αέριο κύκλο εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού όπως στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 3.1 Ψυκτικός κύκλος στην αντλία θερμότητας

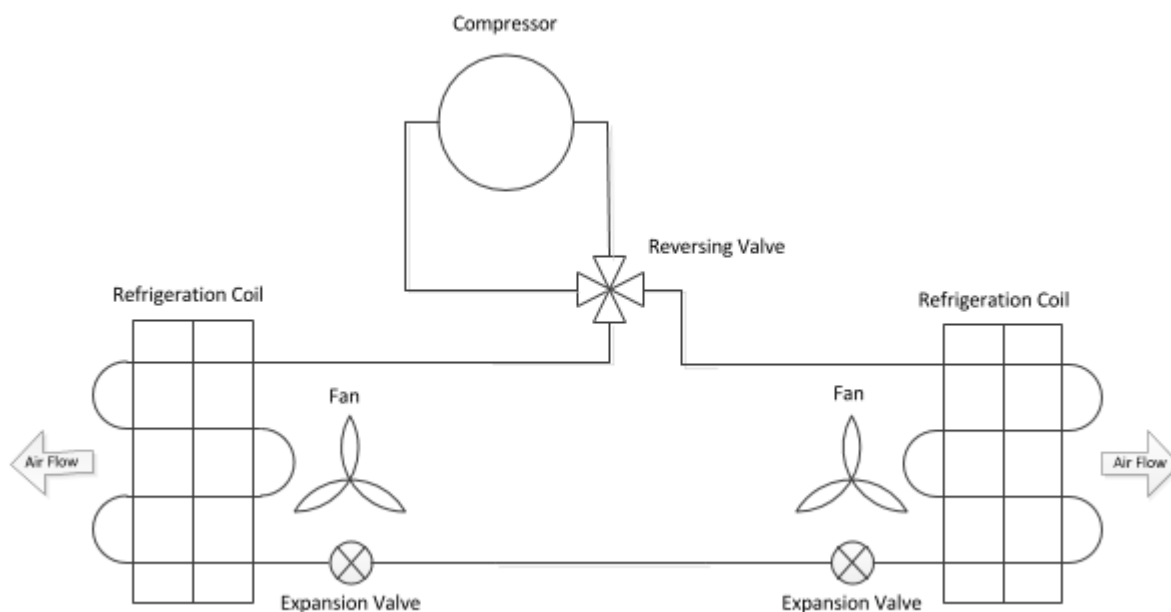
1. Συμπυκνωτής
2. Βαλβίδα εκτόνωσης
3. Εξατμιστής
4. Συμπιεστής

Το ρευστό (ψυκτικό μέσο) που ρέει μέσα στις σωλήνες, στη θέση 1, είναι υγρό σε μεγάλη πίεση και θερμοκρασία, μετά το συμπιεστή. Στη θέση 1, αποβάλλεται θερμότητα, ενώ μετά το ψυκτικό μέσο, εκτονώνεται (μειώνεται η πίεση του) στην εκτονωτική βαλβίδα (2), και εξατμίζεται (λόγω της πτώσης της πίεσης) στον εξατμιστή στη θέση 3, όπου ψύχεται και προσλαμβάνει θερμότητα. Στη συνέχεια το κρύο ψυκτικό μέσο, σε αέρια ακόμη μορφή, συμπιέζεται στον συμπιεστή, υγροποιείται, θερμαίνεται, αποβάλλει θερμότητα και ούτω κάθε εξής.

Το σημαντικό είναι ότι σε κάθε κύκλο, αποβάλλεται θερμότητα στη θέση 1 και προσλαμβάνεται στη θέση 3, άρα εφόσον ο κύκλος είναι διαρκής υπάρχει μια διαρκής μεταφορά θερμότητας από το σημείο 3 στο σημείο 1 και άρα με τον ψυκτικό κύκλο μπορούμε να μεταφέρουμε θερμότητα (ενέργεια) μεταξύ δυο σημείων, και αυτός είναι ο λόγος που οι συσκευές που λειτουργούν με τον τρόπο αυτόν ονομάζονται αντλίες θερμότητας.

### Αναστροφή κύκλου

Με την προσθήκη μιας δεύτερης εκτονωτικής βαλβίδας (που δεν λειτουργεί ως εκτονωτική, αλλά ως στένωση όταν δέχεται τη ροή ανάποδα) και μιας τετράοδης βάνας, οι σημερινές αντλίες θερμότητας μπορούν να ανατρέφουν τον κύκλο τους και να μεταφέρουν την θερμότητα προς την αντίθετη φορά.

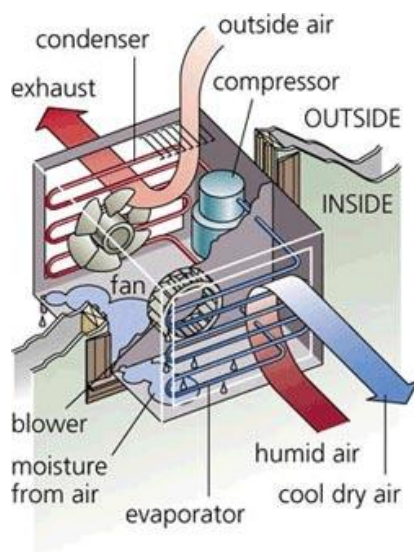


**Εικόνα 3.2** Αναστροφή κύκλου

Με τον τρόπο αυτόν, μπορούμε την ίδια αντλία θερμότητας να την χρησιμοποιούμε το χειμώνα για να μεταφέρουμε θερμότητα από έξω στο σπίτι, και το καλοκαίρι για να μεταφέρουμε τη θερμότητα από το σπίτι έξω. Όταν επιλέγουμε λειτουργία στο κλιματιστικό μας, στην ουσία χειριζόμαστε την τετράοδη βάνα του μηχανήματος για να αναστρέψουμε τη ροή του ψυκτικού.



Τα κλιματιστικά βασίζονται σ αυτόν τον ψυκτικό κύκλο και άρα αποτελούν στην ουσία μια αντλία θερμότητας αέρος/αέρος. Στην χώρα μας είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος ψύξης, η εγκατάστασή τους είναι εύκολη και σχετικά οικονομική.



**Εικόνα 3.3** Τρόπος λειτουργίας κλιματιστικού

### **Συστήματα Ψύξης VRV - VRF**

Τα συστήματα κλιματισμού VRV - VRF είναι συστήματα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου freon για θέρμανση και ψύξη χώρων.

VRV (Variable Refrigerant Volume) και VRF (Variable Refrigerant Flow) είναι ονομασίες που αναφέρονται στην ίδια τεχνολογία ανάλογα με τον κατασκευαστή του κλιματιστικού συστήματος.

Μια εγκατάσταση θέρμανσης - ψύξης χώρων με VRV - VRF αποτελείτε από:

- αντλία θερμότητας με συμπιεστή τεχνολογίας inverter
- εσωτερικές μονάδες χώρων
- δίκτυο σωληνώσεων χαλκού για την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου freon
- δίκτυο απορροής των συμπυκνωμάτων των εσωτερικών μηχανημάτων

Ο συμπιεστής INVERTER έχει την δυνατότητα λειτουργίας με μεταβαλλόμενο αριθμό στροφών, ανάλογα με την συχνότητα που δέχεται ο κινητήρας του, μεταβάλλοντας έτσι τη ροή του ψυκτικού μέσου freon.

Το αισθητήριο που είναι ενσωματωμένο στην εσωτερική μονάδα του συστήματος ανιχνεύει τη θερμοκρασία του δωματίου και τη διαβιβάζει στο σύστημα ελέγχου - αυτοματισμού της μονάδας που δίνει οδηγίες στο σύστημα INVERTER με την επιλογή κατάλληλης συχνότητας.

Το σύστημα INVERTER επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα λειτουργίας του συμπιεστή του κλιματιστικού μηχανήματος σύμφωνα με τη θερμοκρασία του χώρου, δηλ. μεταβάλλει την ψυκτική/θερμική απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος ανάλογα με τα φορτία του χώρου. Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες (πολλές στροφές συμπιεστή) όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας χώρου και επιθυμητής, και σε χαμηλές συχνότητες (λίγες στροφές συμπιεστή) όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή. Το INVERTER επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και εκτελεί την ανάλογη αλλαγή στροφών στο συμπιεστή που έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή της ροής του ψυκτικού μέσου freon.

Όταν η επιθυμητή θερμοκρασία επιτευχθεί, το INVERTER ελαττώνει σταδιακά την ισχύ του. Μια χαμηλής ισχύος λειτουργία του κλιματιστικού στα 30 Hz, διατηρεί άνετη θερμοκρασία, αντίθετα με τις συμβατικές μονάδες που ξοδεύουν πρόσθετη ισχύ με τη επαναλαμβανόμενη ON-OFF λειτουργία τους στα 50Hz. Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στη τεχνολογία INVERTER και ενός συμβατικού κλιματιστικού είναι επίσης η ισχύς και το αμπεράζ κατά την εκκίνηση.

Τα συστήματα VRV - VRF έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης πολλών εσωτερικών μονάδων σε μία εξωτερική μονάδα, γραμμικό έλεγχο απόδοσης μέσω συμπιεστών INVERTER 10-100 % και δυνατότητα ανάπτυξης του κεντρικού δικτύου σωληνώσεων freon μέχρι και 100 μέτρα ανά εσωτερική μονάδα, με μέγιστη υψομετρική διαφορά εξωτερικής-εσωτερικής μονάδας 50 μέτρα.

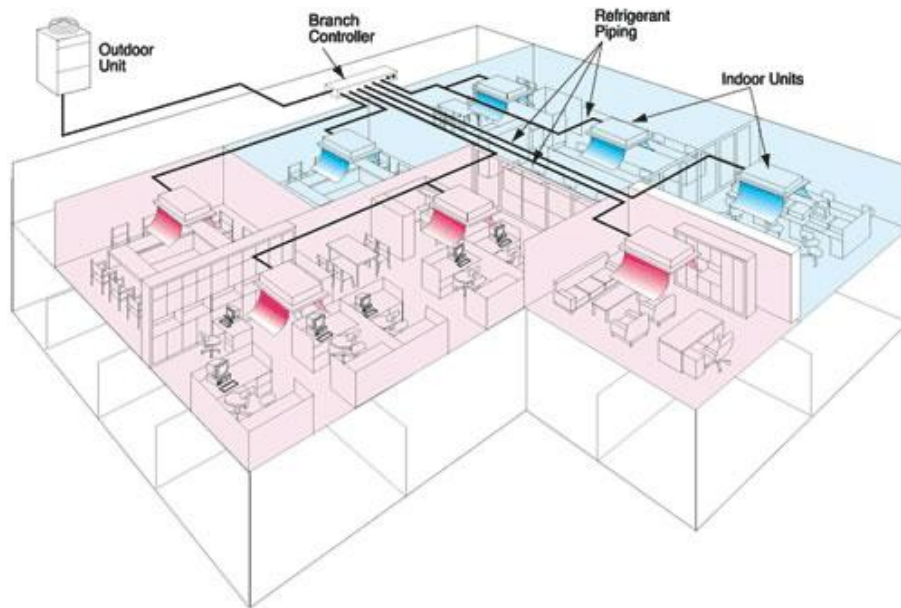
Υπολογίζεται ότι για λειτουργία του συστήματος στο 50% του φορτίου, επιτυγχάνεται με το σύστημα VRV - VRF εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 40 % περίπου έναντι ενός συμβατικού συστήματος.

Ανάλογα με την ιδιομορφία του εσωτερικού χώρου μπορούμε να διαλέξουμε ένα εσωτερικό μηχανήμα από τις παρακάτω κατηγορίες:

- Τύπου κασέτας 4 κατευθύνσεων
- Τύπου κασέτας 2 κατευθύνσεων
- Τύπου οροφής
- Τύπου κρυφού οροφής
- Τύπου τοίχου
- Τύπου δαπέδου
- Τύπου κρυφού δαπέδου

Τα εσωτερικά μηχανήματα του τύπου κρυφού οροφής έχουν επίσης την δυνατότητα να συνδεθούν με μικρό δίκτυο αεραγωγών διανομής αέρα.

Οι κατασκευαστές των συστημάτων VRV - VRF συμπληρώνουν την γκάμα των εσωτερικών μηχανημάτων με την προμήθεια εναλλάκτη θερμότητας αέρα-αέρα για εξαερισμό των χώρων.



**Εικόνα 3.4** Σύστημα ψύξης VRV – VRF

## **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> : Ενεργειακές Ανάγκες Κτιρίων**

### **4. Ενεργειακές Ανάγκες Κτιρίου**

Για την μελέτη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πρόγραμμα RETScreen. Η μελέτη θα γίνει με βάση τις 4 κλιματικές ζώνες που ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ. Για την διεξαγωγή της παρακάτω μελέτης επιλέχθηκαν οι περιοχές της Θεσσαλονίκης, της Αθήνας, της Κοζάνης και του Ηρακλείου Κρήτης. Οι περιοχές αυτές ανήκουν στην Γ, Β, Δ και Α κλιματική ζώνη αντίστοιχα. Για την μελέτη χρησιμοποιήθηκε ένα σπίτι 3 ορόφων, συνολικής έκτασης 270 τ.μ με νότια πρόσοψη, έτος κατασκευής το 1990 και κακής θερμομόνωσης σύμφωνα με τα πρότυπα που ορίζει το υπολογιστικό πρόγραμμα.

#### **4.1 Το Πρόγραμμα RETScreen**

Το **Λογισμικό Ανάλυσης Έργων Καθαρής Ενέργειας RETScreen** είναι το πρωτότυπο παγκοσμίως λογισμικό υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με την καθαρή ενέργεια. Παρέχεται εντελώς δωρεάν από την Κυβέρνηση του Καναδά στα πλαίσια της αναγνώρισης της ανάγκης να υιοθετηθεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και για τη μείωση της ρύπανσης. Το

RETScreen είναι αποδεδειγμένα ένα εργαλείο ενδυνάμωσης σε έργα καθαρής ενέργειας παγκοσμίως.

Το λογισμικό αυτό μειώνει σημαντικά τα κόστη (τόσο τα οικονομικά όσο και τα χρονικά) που σχετίζονται με τον εντοπισμό και την αξιολόγηση πιθανών ενεργειακών έργων. Αυτά τα κόστη, τα οποία ανακύπτουν στα στάδια προ-σκοπιμότητας, σκοπιμότητας, ανάπτυξης, και σχεδιασμού, μπορούν να αποτελέσουν σημαντικά εμπόδια για την ανάπτυξη των Ενεργειακά Αποδοτικών Τεχνολογιών και Τεχνολογιών ΑΠΕ. Βοηθώντας στην άρση αυτών των εμποδίων, το λογισμικό αυτό μειώνει το κόστος της υλοποίησης έργων και της επιχειρηματικότητας στον τομέα της καθαρής ενέργειας.

Το RETScreen επιτρέπει στους φορείς λήψης αποφάσεων και τους επαγγελματίες να προσδιορίζουν εάν ή όχι ένα προτεινόμενο έργο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενεργειακής απόδοσης, ή συμπαραγωγής ενέργειας είναι οικονομικά σκόπιμο. Αν ένα έργο είναι βιώσιμο - ή αν δεν είναι- το RETScreen θα βοηθήσει το φορέα λήψης αποφάσεων να το αντιληφθεί: γρήγορα, αδιαμφισβήτητα, σε φιλικό-προς-το-χρήστη περιβάλλον και με σχετικά ελάχιστο κόστος.



**Εικόνα 4.1** Πρόγραμμα RETScreen

Το RETScreen υπήρξε άμεσα υπεύθυνο για πάνω από \$7 δισεκατομμύρια σε εξοικονομήσεις των χρηστών παγκοσμίως, ένας αριθμός που αναμένεται να αυξηθεί σε ενδεχομένως πάνω από \$8 δισεκατομμύρια μέχρι το 2013. Χάρη στην ενδυνάμωση που παρέχει στην καθαρή ενέργεια, το RETScreen συνεισφέρει έμμεσα σε μια ουσιαστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου - μία μείωση που συντηρητικά εκτιμάται να φτάσει τα 20 εκατομμύρια τόνους ετησίως μέχρι το 2013. Και μέχρι το 2013, εκτιμάται ότι το RETScreen θα έχει βοηθήσει στην κινητοποίηση της εγκατάστασης τουλάχιστον 24 GW εγκατεστημένης δυναμικότητας καθαρής ενέργειας παγκοσμίως με μια αξία περίπου τα \$41 δισεκατομμύρια.

Το RETScreen είναι το πιο ολοκληρωμένο προϊόν του είδους του, επιτρέποντας σε μηχανικούς, αρχιτέκτονες και στους υπεύθυνους οικονομικού σχεδιασμού να μοντελοποιούν και να αναλύουν οποιοδήποτε έργο καθαρής ενέργειας. Οι φορείς λήψης αποφάσεων μπορούν να διεξάγουν μία πρότυπη ανάλυση πέντε βημάτων, η οποία περιλαμβάνει ενεργειακή ανάλυση, ανάλυση κόστους, ανάλυση εκπομπών, οικονομική ανάλυση, και ανάλυση ευαισθησίας/κινδύνου.

Οι τεχνολογίες που εμπεριέχονται στα μοντέλα έργων του RETScreen περιλαμβάνουν τα πάντα και συμπεριλαμβάνουν τόσο παραδοσιακές όσο και μη-παραδοσιακές πηγές καθαρής ενέργειας, καθώς επίσης και συμβατικές πηγές ενέργειας και τεχνολογίες. Μία δειγματοληψία αυτών των μοντέλων έργων περιέχει: ενεργειακή απόδοση (από μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις μέχρι μεμονωμένες

κατοικίες), θέρμανση και ψύξη (π.χ. βιομάζα, αντλίες θερμότητας, και ηλιακή θέρμανση αέρα/ νερού), ενέργεια (συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών όπως ηλιακή, αιολική, κυματική, υδροδυναμική, γεωθερμική, κ.τ.λ., αλλά επίσης και των συμβατικών τεχνολογιών όπως αεριοστρόβιλοι/ ατμοστρόβιλοι και παλινδρομικοί κινητήρες), και συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ή συμπαραγωγή).

Πλήρως ενσωματωμένες σε αυτά τα αναλυτικά εργαλεία υπάρχουν βάσεις δεδομένων: προϊόντος, έργου, υδρολογικές και κλιματολογικές (οι τελευταίες με 6,700 θέσεις επίγειων σταθμών συν δορυφορικά δεδομένα της NASA που καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια του πλανήτη), καθώς επίσης και σύνδεσμοι προς παγκόσμιους χάρτες ενεργειακών πόρων. Επίσης, προκειμένου να βοηθήσει το χρήστη να ξεκινήσει γρήγορα την ανάλυση, το RETScreen διαθέτει ενσωματωμένη μία εκτενή βάση δεδομένων γενικών προτύπων έργων καθαρής ενέργειας.

## 4.2 Χαρακτηριστικά Οικίας

Θα μελετηθεί μια τριώροφη οικία με Νότια πρόσοψη, η οποία θα έχει συνολική έκταση 270 τ.μ. και θα έχει κακή θερμομόνωση σύμφωνα με το υπολογιστικό πρόγραμμα καθώς το έτος κατασκευής της είναι το 1990. Στην οικία διαμένει μια τετραμελής οικογένεια.

Οικία	
Έκταση	270 τ.μ.
Όροφοι	3
Έτος κατασκευής	1990
Πρόσοψη	Νότια
Άτομα	4

**Πίνακας 4.1** Χαρακτηριστικά οικίας

Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται πιο συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά κελύφους, οροφής και παραθύρων.

## Χαρακτηριστικά Κελύφους

### Ιδιότητες κτιριακού κελύφους

Τύπος	Τοίχος - υπέργειος			
Περιγραφή				
Μονάδες	$m^2 \cdot ^\circ C/W$	Συντελεστής R		
Περιγραφή	Στρώμα	Πυκνότητα mm	Αγωγιμότητα W/m - $^\circ C$	Αντίσταση $m^2 \cdot ^\circ C/W$
Συντελεστής μεταφοράς εξωτερικής επιφάνειας				0,030
Τσιμεντόστοκος	1	10,0	1,100	0,009
Μπετόν (1600 kg/m <sup>3</sup> )	2	10,0	0,750	0,013
Ορυκτοβάμβακας - μέσης πυκνότητας	3	30,0	0,039	0,769
Τούβλο - πολύτρυπτο	4	200,0	0,330	0,606
Μπετόν (1600 kg/m <sup>3</sup> )	5	10,0	0,750	0,013
	6			
	7			
	8			
Συντελεστής μεταφοράς εσωτερικής επιφάνειας				0,120
Τιμή R - ονομαστική			$m^2 \cdot ^\circ C/W$	1,561

Πίνακας 4.2 Ιδιότητες τοίχων κτιρίου

## Χαρακτηριστικά Οροφής

### Ιδιότητες κτιριακού κελύφους

Τύπος	Οροφή			
Περιγραφή				
Μονάδες	$m^2 \cdot ^\circ C/W$	Συντελεστής R		
Περιγραφή	Στρώμα	Πυκνότητα mm	Αγωγιμότητα W/m - $^\circ C$	Αντίσταση $m^2 \cdot ^\circ C/W$
Συντελεστής μεταφοράς εξωτερικής επιφάνειας				0,018
Μπετόν (1600 kg/m <sup>3</sup> )	1	250,0	0,750	0,333
Ξύλο - μαλακό	2	50,0	0,120	0,417
Κεραμικό πλακίδιο	3	20,0	1,900	0,011
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
Συντελεστής μεταφοράς εσωτερικής επιφάνειας				0,107
Τιμή R - ονομαστική			$m^2 \cdot ^\circ C/W$	0,886

Πίνακας 4.3 Ιδιότητες οροφής κτιρίου

## Χαρακτηριστικά Παραθύρων

Ιδιότητες παραθύρου

Βασική περίπτωση

[Δείτε βάση δεδομένων προϊόντων](#)

Προσανατολισμός	Τύπος	Πλάτος mm	Υψος mm	Μονάδα κόστους \$	Αριθμός	Επιφάνεια m <sup>2</sup>	Κέντρο υαλοπίνακα		Βαθμονομημένο παράθυρο		Ρυθμισμένος		Περιγραφή	
							U <sub>κ</sub> (W/m <sup>2</sup> )/°C	ΣΗΘκ (SHGCcg)	Τιμή U (U- value) (W/m <sup>2</sup> )/°C	ΣΗΘΚ (SHGC)	Τιμή U (U- value) (W/m <sup>2</sup> )/°C	ΣΗΘΚ (SHGC)		
1	Δυτικά	Ολισθαίνουσα/ον	1.500	1.000		2	3,0	2,04	0,71	2,86	0,53	3,32	0,43	Διπλό, Καθαρό
2	Δυτικά	Ολισθαίνουσα/ον	1.500	2.000		2	6,0	2,73	0,75	3,42	0,66	3,51	0,65	Διπλό, Καθαρό
3	Δυτικά	Ολισθαίνουσα/ον	1.500	2.000		2	6,0	2,04	0,71	2,86	0,53	2,96	0,51	Διπλό, Καθαρό
4	Δυτικά	Κούφωμα	500	2.000		4	4,0	2,04	0,71	2,86	0,53	2,88	0,53	Διπλό, Καθαρό
5	Νόπος	Ολισθαίνουσα/ον	500	1.000		12	6,0	2,73	0,75	3,42	0,66	4,64	0,50	Διπλό, Καθαρό
6	Νόπος	Ολισθαίνουσα/ον	1.500	1.000		2	3,0	2,73	0,75	3,42	0,66	3,83	0,61	Διπλό, Καθαρό
7	Βόρεια	Ολισθαίνουσα/ον	500	1.000		12	6,0	2,73	0,75	3,42	0,66	4,64	0,50	Διπλό, Καθαρό
8	Βόρεια	Ολισθαίνουσα/ον	1.500	1.000		2	3,0	2,73	0,75	3,42	0,66	3,83	0,61	Διπλό, Καθαρό
9	Ανατολή	Κούφωμα	300	300		1	0,1	2,04	0,71	2,86	0,53	3,96	0,29	Διπλό, Καθαρό

**Πίνακας 4.4** Χαρακτηριστικά παραθύρων

Επομένως συνοψίζοντας τα παραπάνω προκύπτει ο πίνακας των συνολικών θερμικών αντιστάσεων της οικίας.

Θερμικές αντιστάσεις στο σύνολο του κτιρίου (m <sup>2</sup> · °C / W )	
Τοίχοι	1,561
Οροφή	0,886
Παράθυρα (μέσος όρος)	0,3

**Πίνακας 4.5** Θερμικές αντιστάσεις κτιρίου

### 4.3 Διαστασιολόγηση Συστήματος Θέρμανσης


Κατά την εκκίνηση του προγράμματος RETScreen ανοίγει ένα αρχείο excel το οποίο αποτελείται από τρεις καρτέλες. Η πρώτη είναι η καρτέλα **εκκίνησης** (start), η δεύτερη είναι η καρτέλα **ενεργειακού μοντέλου** (Energy Model) και η τρίτη είναι η καρτέλα **εργαλείων** (Tools). Αρχικά στην καρτέλα εκκίνησης εισάγουμε γενικά στοιχεία για την μελέτη, όπως όνομα μελέτης, το όνομα της εταιρίας για την οποία ετοιμάζεται η συγκεκριμένη μελέτη, ονομασία και τοποθεσία έργου κ.α.

### Πληροφορία έργου [Δείτε Βάση δεδομένων έργου](#)

Όνομασία έργου	Ενεργειακές Ανάγκες Κπρίου
Τοποθεσία έργου	Θεσσαλονίκη
Συντάχθηκε για	Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Συντάχθηκε από	Τομπουλίδης Χρήστος
Τύπος έργου	Παραγωγή θερμότητας
Τεχνολογία	Λέβητας
Τύπος ανάλυσης	Μέθοδος 1
Θερμογόνος ικανότητα αναφοράς	Ανώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (ΑΘΙ)
Δείξε ρυθμίσεις	<input type="checkbox"/>

### Συνθήκες αναφοράς τοποθεσίας [Επιλέξτε τοποθεσία κλιματικών δεδομένων](#)

Θέση κλιματολογικών δεδομένων	Thessaloniki/Mikra
Δείξε δεδομένα	<input type="checkbox"/>



[Συμπληρώστε το φύλλο Ενεργειακό Μοντέλο](#)

RETScreen4 2013-08-28
© Minister of Natural Resources Canada 1997-2013.

Εικόνα 4.2 Αρχική καρτέλα προγράμματος RETScreen

Ξεκινώντας την μελέτη εισάγουμε στο κελί **Τύπος έργου** την επιλογή παραγωγή θερμότητας. Στη συνέχεια επιλέγουμε την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται το κτίριο μας. Αρχικά η πρώτη πόλη που θα μελετήσουμε είναι η Θεσσαλονίκη. Αφού επιλέξουμε την τοποθεσία, το RETScreen μας παρουσιάζει όλα τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής καθώς και την θερμοκρασία βάσει της οποίας πρέπει να γίνει ο σχεδιασμός του συστήματος θέρμανσης. Στην προκειμένη περίπτωση η θερμοκρασία είναι -1.9 C.



	Θέση κλιματολογικών Τοποθεσία Μονάδα δεδομένων έργου	
	Γεωγραφικό πλάτος	°B
Γεωγραφικό μήκος	°A	23,0
Υψόμετρο	m	4
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού	°C	-1,9
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού	°C	32,8
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους	°C	22,7

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα °C	Σχετική υγρασία %	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια			Ατμοσφαιρική πίεση kPa	Ταχύτητα ανέμου m/Δευτερόλεπτ	Θερμοκρασία εδάφους °C	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης °C-ημ	Βαθμο-ημέρες ψύξης °C-ημ
			kWh/m <sup>2</sup> /ημ	kPa	m/Δευτερόλεπτ					
Ιανουάριος	5,5	74,4%	1,70	96,6	2,9	1,5	388	0		
Φεβρουάριος	6,3	69,8%	2,75	96,4	3,3	3,3	328	0		
Μάρτιος	9,2	69,5%	3,79	96,3	3,1	8,0	273	0		
Απρίλιος	13,5	68,2%	5,00	96,0	2,9	14,1	135	105		
Μάιος	18,7	65,4%	6,21	96,1	2,7	20,6	0	270		
Ιούνιος	23,5	57,8%	7,22	96,1	3,4	26,1	0	405		
Ιούλιος	25,8	55,5%	6,93	96,1	3,4	28,9	0	490		
Αύγουστος	25,5	57,0%	6,27	96,1	3,1	28,3	0	481		
Σεπτέμβριος	21,4	62,8%	4,85	96,3	2,9	23,2	0	342		
Οκτώβριος	16,3	70,9%	3,00	96,6	2,5	15,9	53	195		
Νοέμβριος	10,7	75,6%	1,88	96,5	2,7	8,2	219	21		
Δεκέμβριος	6,6	77,3%	1,41	96,6	2,8	2,5	353	0		
<b>Ετήσιο</b>	<b>15,3</b>	<b>67,0%</b>	<b>4,26</b>	<b>96,3</b>	<b>3,0</b>	<b>15,1</b>	<b>1.748</b>	<b>2.308</b>		
Μετρημένο σε	m					10,0	0,0			

Πίνακας 4.6 Κλιματικά δεδομένα Θεσσαλονίκης

Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε την διαδικασία για τις υπόλοιπες περιοχές και παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

Περιοχή	Θερμοκρασία Θέρμανσης βάσει σχεδιασμού (°C )	Θερμικό Φορτίο (W / m <sup>2</sup> )	Απαιτούμενη Ενέργεια (MWh)
Θεσσαλονίκη	-1.9	65	31
Αθήνα	3.1	60	24
Κοζάνη	-4	70	43
Ηράκλειο	6.9	55	22

#### Πίνακας 4.7 Απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση

Όπως ήταν αναμενόμενο, παρατηρούμε ότι η περιοχή της Κοζάνης εμφανίζει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε θέρμανση, αφού η συγκεκριμένη περιοχή ανήκει στη κλιματική ζώνη Δ κατά τον ΚΕΝΑΚ. Οι λιγότερες απαιτήσεις εμφανίζονται στο Ηράκλειο που ανήκει στην κλιματική ζώνη Α, καθώς είναι η Νοτιότερη περιοχή αλλά είναι και παραθαλάσσια, γι' αυτό και έχει ηπιότερο κλίμα.

Το RETScreen υπολογίζει την κατανομή των ενεργειακών απαιτήσεων ανάλογα με τον μήνα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

#### Χαρακτηριστικά φορτίου βασικής περίπτωσης

Μήνας	Μέσο φορτίο θέρμανσης kW
Ιανουάριος	10
Φεβρουάριος	8
Μάρτιος	6
Απρίλιος	3
Μαΐος	0
Ιούνιος	0
Ιούλιος	0
Αύγουστος	0
Σεπτέμβριος	0
Οκτώβριος	1
Νοέμβριος	4
Δεκέμβριος	8
Αιχμή φορτίου - ετήσιο	18

Εικόνα 4.3 Κατανομή ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση ανά μήνα

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του προγράμματος παρατηρούμε ότι το σύστημα μας θα πρέπει να έχει ισχύ 18 KW. Ας δούμε όμως πόσες ώρες θα βρίσκεται σε λειτουργία προκειμένου να παράξει τα απαιτούμενα ποσά θερμότητας. Για τον υπολογισμό αυτό θα πάμε στον μήνα Ιανουάριο όπου είναι ο πιο απαιτητικός μήνας σε θέρμανση για την πόλη της Θεσσαλονίκης, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Αρχικά αθροίζουμε το μέσο φορτίο θέρμανσης (δεξιά στήλη) και έτσι συνολικά προκύπτουν 40 KW. Επομένως καταλαβαίνει κανείς ότι οι ενεργειακές ανάγκες για τον μήνα Ιανουάριο αντιστοιχούν στο 1/4 (25%) των συνολικών. Άρα οι MWh που χρειάζονται για τον μήνα Ιανουάριο είναι:

$$0.25 \cdot 31 \text{ [MWh]} = 7.75 \text{ [MWh]}$$

Για τον υπολογισμό των ημερήσιων ωρών λειτουργίας χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$(\text{Μηνιαία ενέργεια που καταναλώνεται}) / [(\text{Αριθμός ημερών ανά μήνα}) * (\text{Ωρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης ανά ημέρα})] = \text{Ισχύς συστήματος θέρμανσης}$

Άρα θα έχουμε:  $7.75 \text{ [MWh]} / 31[\text{ημέρες}] * [\text{h}] = 18 \text{ [KW]} \Rightarrow \text{hr} = 13.9 \text{ ή } 13 \text{ ώρες και } 54 \text{ λεπτά}$

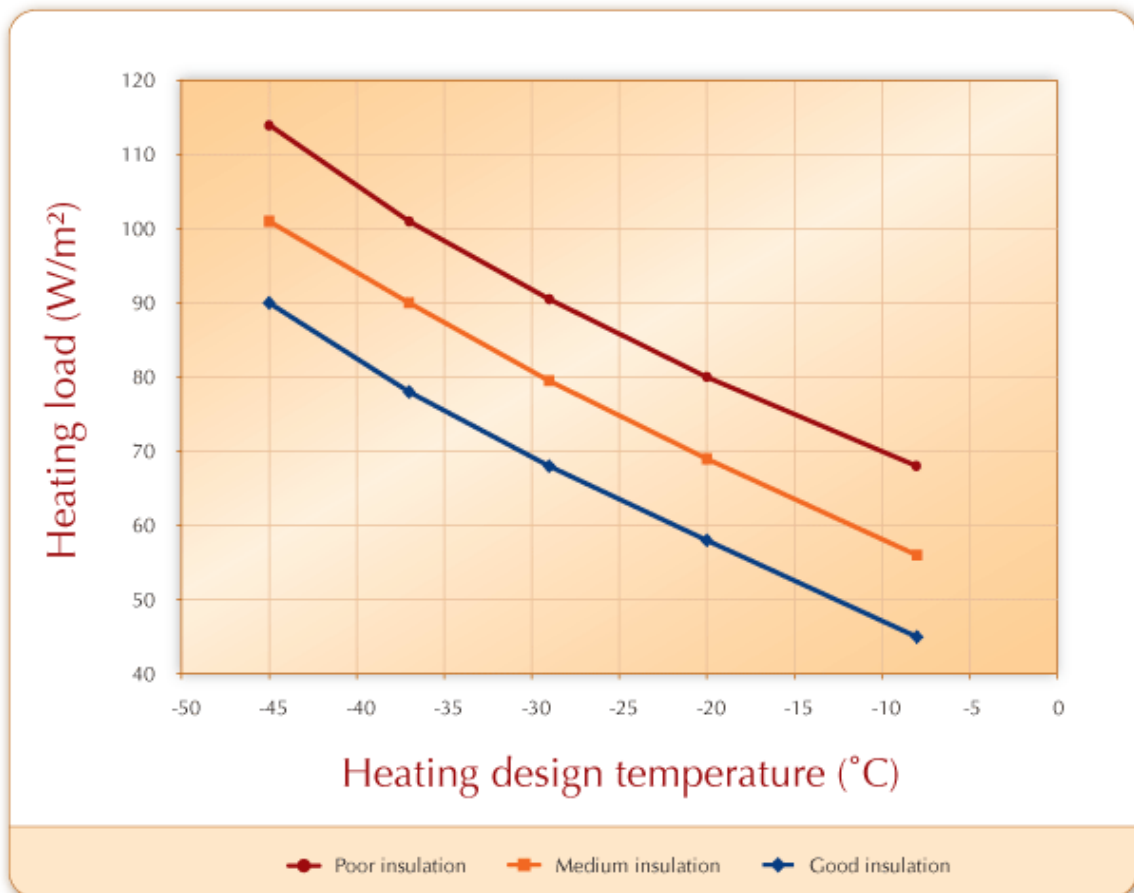
Εμείς ,όμως, θέλουμε το σύστημα μας να δουλεύει 12 [hr] προκειμένου να καταπονείται λιγότερο αλλά και να καταναλώνει λιγότερη ενέργεια. Επομένως για δώδεκα ώρες λειτουργίας προκύπτει ότι η απαιτούμενη ισχύς θα είναι 20.8 [Kw] για την περιοχή της Θεσσαλονίκης. Επαναλαμβάνοντας την διαδικασία για τις υπόλοιπες περιοχές προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Περιοχή	Ισχύς Συστήματος Θέρμανσης [ KW]
Θεσσαλονίκη	22 (20.8)
Αθήνα	15
Κοζάνη	28 (27.5)
Ηράκλειο	19 (18.8)

**Πίνακας 4.8** Ισχύς συστήματος θέρμανσης για 12 ώρες λειτουργίας κατά μέσο όρο ανά ημέρα

Σημειώνεται ότι στα αποτελέσματα έγινε στρογγυλοποίηση προς τα πάνω. Αυτό δεν επηρεάζει την μελέτη μας διότι είναι φυσιολογικό να κάνουμε μια μικρή υπερδιαστασιολόγηση για λόγους ασφαλείας.

Επίσης οι τιμές του Θερμικού Φορτίου [KW] λήφθηκαν από το παρακάτω διάγραμμα συναρτήσεως της Θερμοκρασίας Θέρμανσης βάσει σχεδιασμού. Ακόμη όλα τα αποτελέσματα προκύπτουν από το διάγραμμα που αντιστοιχεί στην κακή θερμομόνωση.

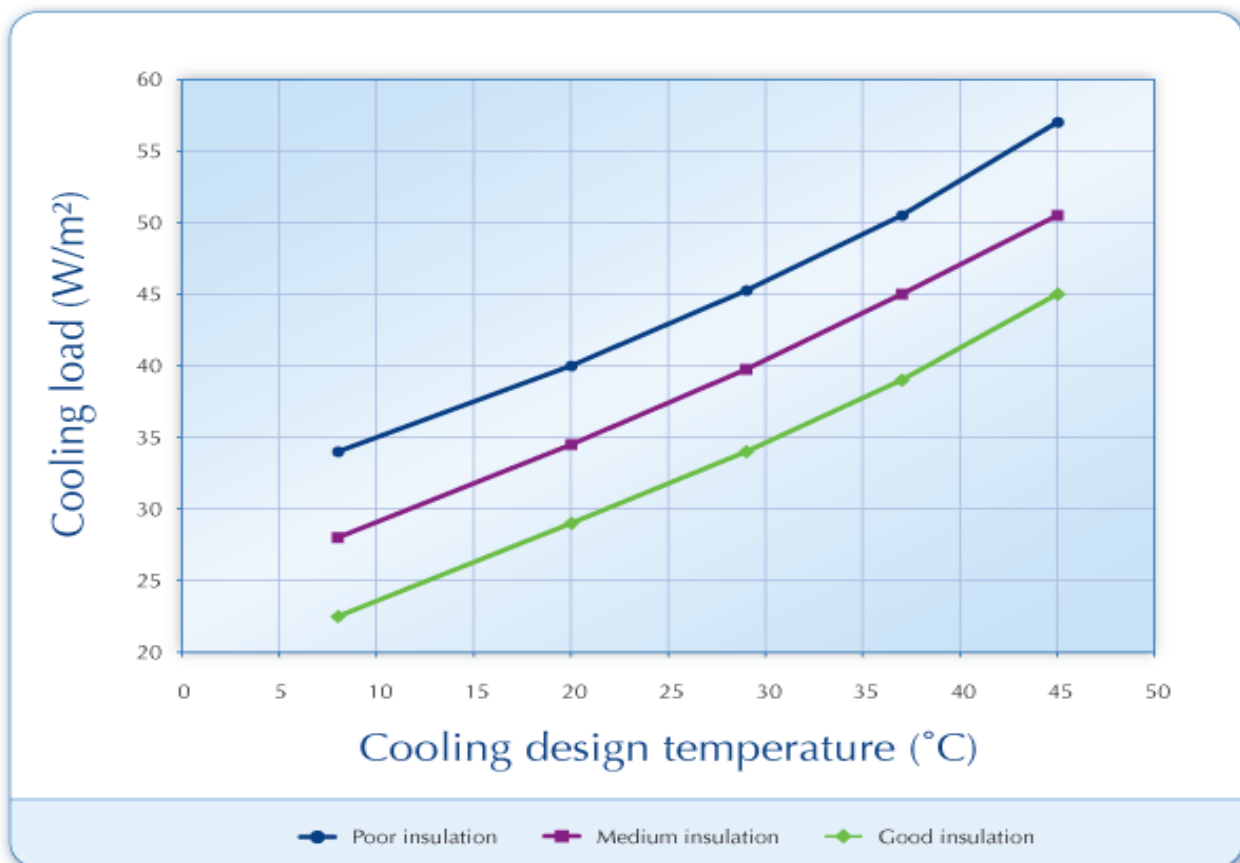


**Εικόνα 4.4** Διάγραμμα θερμικού φορτίου συναρτήσει της θερμοκρασίας θέρμανσης βάσει σχεδιασμού

#### 4.4 Διαστασιολόγηση Συστήματος Ψύξης

Ξεκινώντας την μελέτη εισάγουμε στο κελί **Τύπος έργου** την επιλογή παραγωγή ψύξης. Στη περίπτωση της ψύξης στο κελί **Τεχνολογία** εμφανίζονται πέντε συστήματα ψύξης, με την πιο κοινή την αντλία θερμότητας η οποία έχει σαν πηγή ενέργειας το ηλεκτρικό ρεύμα και βαθμό απόδοσης COP =1.5.

Αρχικά ξεκινάμε την μελέτη με την διαστασιολόγηση του συστήματος. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιούμε τον πίνακα ψυκτικών φορτίων που υπάρχει στην βάση δεδομένων σε συνδυασμό με την θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού που μας δίνεται για την κάθε τοποθεσία στην καρτέλα της εκκίνησης. Να σημειώσουμε ότι στο πίνακα παρουσιάζονται τρεις γραφικές παραστάσεις. Για καλή, κακή και μέτρια θερμομόνωση. Επιλέγουμε την χειρότερη περίπτωση που είναι η κακή θερμομόνωση.



**Εικόνα 4.5** Διάγραμμα ψυκτικού φορτίου συναρτήσει της θερμοκρασίας ψύξης βάσει σχεδιασμού

Πραγματοποιώντας την διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα

Περιοχή	Θερμοκρασία Ψύξης βάσει σχεδιασμού ( $^{\circ}C$ )	Ψυκτικό Φορτίο ( $W/m^2$ )	Απαιτούμενη Ενέργεια (MWh)
Θεσσαλονίκη	32.8	47	32
Αθήνα	33.8	48	39
Κοζάνη	28.5	44	28
Ηράκλειο	30.2	46	46

**Πίνακας 4.9** Απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη

Όπως ήταν αναμενόμενο οι μεγαλύτερες ανάγκες για ψύξη εμφανίζονται στην περιοχή του Ηρακλείου, αφού βρίσκεται νοτιότερα από όλες τις περιοχές. Αντίθετα η Κοζάνη έχει τις λιγότερες απαιτήσεις σε ψύξη καθώς βρίσκεται βόρεια αλλά είναι και σε μεγάλο υψόμετρο. Για τους ίδιους λόγους είναι φυσιολογικό η Αθήνα να έχει μεγαλύτερες ανάγκες για ψύξη από την Θεσσαλονίκη.

Το RETScreen κάνει αυτόματη διαστασιολόγηση του συστήματος ψύξης για την περιοχή της Θεσσαλονίκης και επομένως προκύπτουν οι παρακάτω μηνιαίες απαιτήσεις.

### Χαρακτηριστικά φορτίου βασικής περίπτωσης

<b>Μήνας</b>	<b>Μέσο φορτίο ψύξης kW</b>
Ιανουάριος	0
Φεβρουάριος	0
Μάρτιος	0
Απρίλιος	2
Μαίος	5
Ιούνιος	8
Ιούλιος	9
Αύγουστος	9
Σεπτέμβριος	6
Οκτώβριος	4
Νοέμβριος	0
Δεκέμβριος	0

**Αιχμή φορτίου - ετήσιο 13**

#### Εικόνα 4.6 Κατανομή ενεργειακών απαιτήσεων για ψύξη ανά μήνα

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του προγράμματος παρατηρούμε ότι το σύστημα μας θα πρέπει να έχει ισχύ 13 KW. Ας δούμε όμως πόσες ώρες θα βρίσκεται σε λειτουργία προκειμένου να παράξει τα απαιτούμενα ποσά ψύξης. Για τον υπολογισμό αυτό θα πάμε στον μήνα Αύγουστο ο οποίος μαζί με τον Ιούλιο έχει τις μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη για την πόλη της Θεσσαλονίκης, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Αρχικά αθροίζουμε το μέσο φορτίο ψύξης (δεξιά στήλη) και έτσι συνολικά προκύπτουν 43 KW. Όμως το συνολικό φορτίο ψύξης σε KW για την περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου, που θεωρείται η περίοδος ψύξης έχει τιμή 37 KW. Το ποσοστό που αναλογεί στον μήνα Αύγουστο είναι 24.32% ή 0.2432.

Άρα οι MWh που χρειάζονται για τον μήνα Αύγουστο είναι:

$$0.2432 * 32 \text{ [MWh]} = 7.78 \text{ [MWh]}$$

Αύγουστος έχει 31 ημέρες, άρα:

$$7.78 \text{ [MWh]}/31 \text{ [ημέρες]} * [h]=13 \text{ [KW]} \rightarrow [h]=19.3 \text{ ή } 19 \text{ ώρες και } 18 \text{ λεπτά.}$$

Εμείς όμως θέλουμε το σύστημα μας να δουλεύει 12 ώρες προκειμένου να καταπονείται λιγότερο αλλά και να καταναλώνει λιγότερη ενέργεια. Η λειτουργία του συστήματος φυσικά δεν χρειάζεται να είναι συνεχόμενη, αλλά μπορεί να είναι διακοπτόμενη ανάλογα με την διακύμανση των ενεργειακών αναγκών που υπάρχει στην διάρκεια της ημέρας.

Επομένως για 12 ώρες λειτουργίας του συστήματος θα έχουμε :

$$7.78 \text{ [MWh]}/31 \text{ [ημέρες]} * 12 \text{ [h]} = 20.91 \text{ [KW]}$$

Επαναλαμβάνοντας την διαδικασία για τις υπόλοιπες περιοχές προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Περιοχή	Ισχύς Συστήματος Ψύξης [ KW]
Θεσσαλονίκη	21 (20.91)
Αθήνα	24 (23.78)
Κοζάνη	19 (18.92)
Ηράκλειο	30 (29.39)

**Πίνακας 4.10** Ισχύς συστήματος ψύξης για 12 ώρες λειτουργίας κατά μέσο όρο ανά ημέρα

Παρατηρούμε λοιπόν ,όπως ήταν αναμενόμενο, ότι το Ηράκλειο έχει τις μεγαλύτερες ανάγκες για ψύξη καθώς είναι η νοτιότερη πόλη και έχει πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Τελευταία πόλη σε ψυκτικές ανάγκες είναι η Κοζάνη διότι βρίσκεται σε μεγάλο υψόμετρο και έχει το δροσερότερο κλίμα κατά την περίοδο της ψύξης.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> : Τεχνοοικονομική Ανάλυση

### 5. Τεχνοοικονομική Ανάλυση

Σ αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν τα κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας του κάθε συστήματος, και θα μελετηθούν τα χρόνια απόσβεσης της επένδυσης. Επίσης θα γίνει και μια ειδικότερη ανάλυση, ανάλογα με τις αυξομειώσεις των τιμών των καυσίμων και του ρεύματος. Έτσι λοιπόν θα είμαστε σε θέση να ταξινομήσουμε όλα τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, ανάλογα με το συνολικό κόστος, και να δείξουμε ποια είναι η πιο συμφέρουσα λύση σε κάθε κλιματική ζώνη όπως ορίζονται απ τον ΚΕΝΑΚ.

#### 5.1 Κόστος Εγκατάστασης

##### 5.1.1 Θέρμανση

Για την παρακάτω τεχνοοικονομική ανάλυση συμβουλευτήκαμε διάφορες τεχνικές εταιρίες του χώρου και επιλέξαμε τον καλύτερο συνδυασμό ποιότητας και τιμής.

Επίσης πρέπει να διευκρινίσουμε ότι σε συστήματα που προσφέρουν και ψύξη και θέρμανση όπως για παράδειγμα οι αντλίες θερμότητας, η διαστασιολόγηση γίνεται με βάση την περίοδο με τις υψηλότερες ενεργειακές ανάγκες.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτά που αναφέρθηκαν προκύπτουν οι παρακάτω περιπτώσεις:

Περιοχή	Θέρμανση [KW]	Ψύξη [KW]	Διαστασιολόγηση [KW]
Θεσσαλονίκη	22	21	22
Αθήνα	15	24	24
Κοζάνη	28	19	28
Ηράκλειο	19	30	30

**Πίνακας 5.1** Διαστασιολόγηση συστήματος θέρμανσης και ψύξης



Θα ξεκινήσουμε την ανάλυση κόστους εγκατάστασης από τα συστήματα διανομής της θερμότητας. Τα βασικότερα συστήματα διανομής της θερμότητας είναι η ενδοδαπέδια θέρμανση και τα θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ). Στην περίπτωση των καλοριφέρ στο κόστος συμπεριλαμβάνεται το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των καλοριφέρ καθώς και οι συλλέκτες και οι σωλήνες διανομής του ζεστού νερού του κάθε ορόφου ενώ στην περίπτωση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης συμπεριλαμβάνεται το κόστος του συλλέκτη, των σωληνώσεων αλλά και της πολυστερίνης που τοποθετείται απαραίτητα στο δάπεδο για λόγους θερμομόνωσης. Το σύστημα θέρμανσης στην περίπτωση των καλοριφέρ είναι δισωλήνιο προκειμένου να έχουμε μεγαλύτερη απόδοση.

Στον χώρο του μπάνιο χρησιμοποιήθηκε καλοριφέρ ισχύος 1 [KW] ενώ στους υπόλοιπους χώρους χρησιμοποιήθηκαν καλοριφέρ των 2 [KW]. Το κόστος για τα καλοριφέρ διαμορφώνεται στις τιμές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ισχύς [KW]	Κόστος Εγκατάστασης Καλοριφέρ [€]	Τύπος Σωλήνα	Κόστος ανά μέτρο [€]	Συνολικό Μήκος [m]	Κόστος Σωληνώσεων [€]
15	1240	Φ28x3	1.62	250	405
19	1490	Φ32x3	2.20	250	550
22	1740	Φ32x3	2.20	250	550
28	2070	Φ40x4	3.80	250	950

**Πίνακας 5.2** Κόστος εγκατάστασης καλοριφέρ και σωληνώσεων

Τώρα θα υπολογίσουμε το κόστος εγκατάστασης της ενδοδαπέδιας θέρμανσης το οποίο θα είναι αρκετά υψηλό σε σχέση με τα καλοριφέρ, αλλά προσφέρει εξοικονόμηση 30-35% συγκριτικά με τα καλοριφέρ. Το κόστος της ενδοδαπέδιας υπολογίζεται με βάση τα τετραγωνικά του χώρου όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Συνολική Επιφάνεια [ $m^2$ ]	Κόστος ανά $m^2$ [€]	Συνολικό Κόστος [€]
270	49	13230

**Πίνακας 5.3** Κόστος εγκατάστασης ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Το κόστος των σωληνώσεων από το λεβητοστάσιο προς τον κάθε όροφο είναι ίδιο και για τα δύο συστήματα διανομής θερμότητας και ισούται προσεγγιστικά με 500 €. Επομένως το συνολικό κόστος εγκατάστασης του κάθε συστήματος διανομής θερμότητας είναι:

Περιοχή	Ισχύς [KW]	Κόστος Καλοριφέρ [€]	Κόστος Ενδοδαπέδιας [€]
Αθήνα	15	2145	13730
Ηράκλειο	19	2540	13730
Θεσσαλονίκη	22	2790	13730
Κοζάνη	28	3520	13730

**Πίνακας 5.4** Συνολικό κόστος εγκατάστασης καλοριφέρ και ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Στη συνέχεια θα μελετήσουμε το κόστος εγκατάστασης που προκύπτει για το κάθε λεβητοστάσιο. Τα βασικά μέρη του λεβητοστασίου είναι τα παρακάτω:

Εξάρτημα	Ποσότητα	Συνολικό Κόστος [€]
Λέβητας, Καυστήρας, Πίνακας	1	A/Π
Δοχείο διαστολής	1	80
Boiler (200L)	1	350
Κυκλοφορητής	1	210
Ηλεκτροβάνες	4	300

**Πίνακας 5.5** Εξαρτήματα λεβητοστασίου

Λόγω της τυποποίησης θα χρησιμοποιηθούν δύο ειδών λέβητες. Ο ένας θα μας καλύπτει έως και 22 [KW] ενώ ο άλλος είναι κατάλληλος για μεγαλύτερες ισχύεις οπότε μας καλύπτει για την περίπτωση των 28 [KW]. Εξάλλου οι τιμές των λεβήτων ισχύος 15-22 [KW] δεν διαφέρουν πολύ.

Είδος Λέβητα	Κόστος εγκατάστασης [€]	
	15-22 [KW]	28 [KW]
Πετρελαίου	2000	2200
Φυσικού Αερίου	4500	5000
Pellet	2600	2900
Ξύλου	3100	3400
Ενεργειακό Τζάκι	3200	3500

**Πίνακας 5.6** Κόστος εγκατάστασης λεβήτων

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε το κόστος εγκατάστασης για τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης. Στη περίπτωση των ηλεκτρικών συσκευών θέρμανσης θα χρησιμοποιήσουμε θερμοπομπούς. Τόσο τα κλιματιστικά όσο και οι αντλίες θερμότητας είναι τεχνολογίας inverter προκειμένου να επιτυγχάνεται η μέγιστη οικονομία.

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]			
	15 [KW]	19 [KW]	22 [KW]	28 [KW]
Θερμοπομποί	900	1200	1350	1800
Κλιματιστικά	2700 (3x5 KW )	3300 (2x7 KW & 1x5 KW)	3600 (3x7 KW)	4800 (4x7 KW)
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	5700	6300	7500	8700
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	5700	6300	7500	8700

**Πίνακας 5.7** Κόστος εγκατάστασης των υπόλοιπων συστημάτων θέρμανσης

Επειδή ορισμένα συστήματα δεν είναι αυτόνομα αλλά απαιτούν σύνδεση στο δίκτυο παροχής όπως συμβαίνει στην περίπτωση του φυσικού αερίου και της τηλεθέρμανσης προκύπτουν κόστη σύνδεσης τα οποία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Σύστημα	Τέλη Σύνδεσης [€]	
	15-22 [KW]	28 [KW]
Φυσικό Αέριο	541.20	541.20
Τηλεθέρμανση	5650	6200

**Πίνακας 5.8** Τέλη σύνδεσης φυσικού αερίου και τηλεθέρμανσης

Να σημειώσουμε ότι στην περίπτωση της τηλεθέρμανσης η χρέωση κυμαίνεται στα  $3.5 [€/m^2]$  +Φ.Π.Α και η χρέωση για τον εναλλάκτη θερμότητας στις περιπτώσεις όπου η ισχύς κυμαίνεται από 15-22 KW είναι  $3630 [€]$ +Φ.Π.Α ενώ στην περίπτωση των 28 KW είναι  $4060 [€]$ +Φ.Π.Α. Η ισχύς του εναλλάκτη θερμότητας είναι 20 και 40 [Mcal] αντίστοιχα.

Στην περίπτωση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας πρέπει να πραγματοποιηθούν επιπλέον διεργασίες οι οποίες θα συμπεριλαμβάνουν το κόστος των γεωτρήσεων. Πρόκειται για γεωτρήσεις βάθους 100 μέτρων μέσα στις οποίες τοποθετούνται τετραπλοί γεωεναλλάκτες διατομής Φ32. Προσεγγιστικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι μια γεώτρηση βάθους 100 μέτρων αντιστοιχεί σε περίπου 5 KW αλλά αυτό δεν είναι απόλυτο καθώς μπορούν να υπάρξουν διακυμάνσεις ανάλογα με την θερμική διάχυση των γεωλογικών στρωμάτων.

Ισχύς [KW]	Κόστος Γεωτρήσεων [€]	Κόστος Γεωεναλλακτών [€]	Συνολικό Κόστος [€]
15	6000	2300	8300
19	8000	3100	11100
22	10000	3900	13900
28	12000	4600	16600

**Πίνακας 5.9** Κόστος εγκατάστασης εξωτερικής πηγής θερμότητας της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας

Πλέον είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος εγκατάστασης για το κάθε σύστημα θέρμανσης. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ορισμένα από τα συστήματα θέρμανσης μπορούν να λειτουργήσουν μόνο με ένα από τα δυο συστήματα διανομής (καλοριφέρ, ενδοδαπέδια), ενώ οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης και το κλιματιστικό δεν χρειάζονται κάποιο σύστημα διανομής. Όσο για τις αντλίες θερμότητας το τελευταίο χρόνο έχει κυκλοφορήσει στην αγορά η αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών από την εταιρία Daikin, στην περίπτωση αυτή η

αντλία θερμότητας μπορεί να συνδυαστεί και με καλοριφέρ, διότι η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού μπορεί να φτάσει και τους 80 C.

Σύστημα Θέρμανσης	Κόστος Εγκατάστασης [€]							
	Καλοριφέρ				Ενδοδαπέδια Θέρμανση			
	15 KW	19 KW	22 KW	28 KW	15 KW	19 KW	22 KW	28 KW
Λέβητας Πετρελαίου	5085	5480	5730	6660	16670	16670	16670	16870
Λέβητας Φυσικού Αερίου	8126	8521	8771	10001	19711	19711	19711	20211
Λέβητας Pellet	5685	6080	6330	7360	17270	17270	17270	17570
Λέβητας Ξύλου	6185	6580	6830	7860	17770	17770	17770	18070
Ενεργειακό Τζάκι	6285	6680	6930	7960	17870	17870	17870	18170
Τηλεθέρμανση	8735	9130	9380	10660	20320	20320	20320	20870
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού					20370	20970	22170	23370
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας					28670	32070	36070	39970

**Πίνακας 5.10** Συνολικό κόστος εγκατάστασης ανάλογα με την απαιτούμενη ισχύ και το σύστημα διανομής θερμότητας

Για τις ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης και το κλιματιστικό έχουμε:

Σύστημα Θέρμανσης	Κόστος Εγκατάστασης [€]			
	15 KW	19 KW	22 KW	28 KW
Κλιματιστικό	2700	3300	3600	4800
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	900	1200	1350	1800

**Πίνακας 5.11** Συνολικό κόστος εγκατάστασης ηλεκτρικών συσκευών και κλιματιστικού ανάλογα με την απαιτούμενη ισχύ

Όπως ήταν αναμενόμενο οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης και το κλιματιστικό έχουν πολύ χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης, διότι δεν χρησιμοποιούν κάποιο σύστημα διανομής θέρμανσης ούτε έχουν κάποιο κόστος λεβητοστασίου. Παρακάτω όμως θα γίνει αντιληπτό γιατί δεν αποτελούν την καλύτερη λύση θέρμανσης.

### 5.1.2 Ψύξη

Στην περίπτωση της ψύξης έχουμε να μελετήσουμε λιγότερα συστήματα. Πιο συγκεκριμένα, έχουμε το κλιματιστικό, την αντλία θερμότητας αέρος-νερού και την γεωθερμική αντλία θερμότητας. Στην περίπτωση της αντλίας θερμότητας αέρος-νερού και της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας έχουμε σαν σύστημα διανομής της παραγόμενης θερμότητας την ενδοδαπέδια ενώ στο κλιματιστικό δεν έχουμε κάποιο σύστημα διανομής. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων ψύξης που αναφέρθηκαν.

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]			
	19 [KW]	21 [KW]	24 [KW]	30 [KW]
Κλιματιστικά	3300 (2x7 KW & 1x5 KW)	3600 (3x7 KW)	4200 (2x7 KW & 2x5 KW)	5400 (3x7 KW & 2x5 KW)
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	6300	7500	8000	9200
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	6300	7500	8000	9200

**Πίνακας 5.12** Κόστος εγκατάστασης συστημάτων ψύξης

Όσον αφορά την γεωθερμική αντλία θερμότητας, θα πρέπει να κάνουμε εκ νέου την διαστασιολόγηση διότι στην ψύξη έχουμε διαφορετική απαιτούμενη ισχύ. Τα νέα κόστη παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Ισχύς [KW]	Κόστος Γεωτρήσεων [€]	Κόστος Γεωεναλλακτών [€]	Συνολικό Κόστος [€]
19	8000	3080	11080
21	10000	3850	13850
24	10000	3850	13850
30	12000	4620	16620

**Πίνακας 5.13** Κόστος γεωτρήσεων και γεωεναλλακτών

Σημειώνεται ότι το κόστος λεβητοστασίου παραμένει 940 € όπως στην θέρμανση, και το κόστος της ενδοδαπέδιας θα είναι πάλι 13730 €. Επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος εγκατάστασης των συστημάτων ψύξης.

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]			
	19 [KW]	21 [KW]	24 [KW]	30 [KW]
Κλιματιστικά	3300	3600	4200	5400
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	20970	22170	22670	23870
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	32050	36020	36520	40490

**Πίνακας 5.14** Συνολικό κόστος εγκατάστασης συστημάτων ψύξης ανάλογα με την απαιτούμενη ισχύ

## 5.2 Κόστος λειτουργίας

Στη συγκεκριμένη παράγραφο θα μελετηθεί το κόστος λειτουργίας του κάθε συστήματος θέρμανσης και ψύξης. Αρχικά θα υπολογιστεί το κόστος λειτουργίας για μια χειμερινή περίοδο και στη συνέχεια θα επεκταθεί σε βάθος 35 χρόνων καθώς είναι μια μέση τιμή για την διάρκεια ζωής μιας σύγχρονης κατοικίας. Τέλος θα γίνει ανάλυση του κόστους λειτουργίας στην περίπτωση που μεταβάλλονται οι τιμές ανά παραγόμενη κιλοβατώρα [KWh] για απρόβλεπτους λόγους.

### 5.2.1 Θέρμανση

Για την θέρμανση έχουμε επιλέξει μέχρι στιγμής όπως ήδη αναφέραμε δέκα συστήματα. Το καθένα από αυτά έχει τον δικό του τρόπο λειτουργίας τον οποίο εξηγήσαμε στα προηγούμενα κεφάλαια. Αυτό όμως που δεν αναφέρθηκε προηγουμένως είναι το κόστος λειτουργίας τους, το οποίο προκειμένου να γίνει πιο εύκολο στη μελέτη μετατρέπεται για όλα τα συστήματα σε ευρώ ανά κιλοβατώρα ή [€/KWh].

Στους πίνακες που θα ακολουθήσουν αναλύονται διάφορα χαρακτηριστικά των συστημάτων όπως η θερμογόνος δύναμη των καυσίμων που χρησιμοποιούν, ο βαθμός απόδοσης κ.α. Τώρα στα συστήματα θέρμανσης που λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα, όπως οι αντλίες θερμότητας, η τηλεθέρμανση και τα κλιματιστικά σαν καύσιμο θεωρείται το ηλεκτρικό ρεύμα. Τα συστήματα θέρμανσης που θα αναλυθούν είναι τα εξής:

- Λέβητας Πετρελαίου
- Λέβητας Φυσικού Αερίου
- Λέβητας Pellet
- Λέβητας Ξύλου

- Ενεργειακό Τζάκι
- Τηλεθέρμανση
- Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης
- Κλιματιστικό
- Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού
- Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Σε αυτό το σημείο θα αναφέρουμε ότι οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης δεν αναλύθηκαν περισσότερο διότι όλες έχουν βαθμό απόδοσης ίσο με ένα. Με άλλα λόγια ισχύει ότι η θερμική ενέργεια που αποδίδουν ισούται με την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν. Έτσι λοιπόν δεν έχει κάποιο νόημα να μελετώνται ξεχωριστά και για τον λόγο αυτό θα μελετηθούν όλες μαζί με τον όρο Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης.

Πριν συνεχιστεί η μελέτη θα επιλέξουμε τις μονάδες μέτρησης των καυσίμων των διάφορων συστημάτων.

Σύστημα	Μονάδες Μέτρησης Καυσίμου
Λέβητας Πετρελαίου	L
Λέβητας Φυσικού Αερίου	m <sup>3</sup>
Λέβητας Pellet	Kg
Λέβητας Ξύλου	Kg
Ενεργειακό Τζάκι	Kg
Τηλεθέρμανση	KWh
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	KWh
Κλιματιστικό	KWh
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	KWh
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	KWh

**Πίνακας 5.15** Μονάδες μέτρησης καυσίμων των συστημάτων θέρμανσης

Επίσης είναι χρήσιμο να παρουσιαστεί ο βαθμός απόδοσης του κάθε συστήματος θέρμανσης. Σημειώνεται ότι η επιλογή των συστημάτων έγινε με βάση τον συνδυασμό ποιότητας και τιμής, επομένως και ο βαθμός απόδοσης είναι αντίστοιχος αυτού του συνδυασμού.



Σύστημα	Βαθμός απόδοσης [100%]
Λέβητας Πετρελαίου	0.85
Λέβητας Φυσικού Αερίου	0.95
Λέβητας Pellet	0.9
Λέβητας Ξύλου	0.7
Ενεργειακό Τζάκι	0.75
Τηλεθέρμανση	1
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	1
Κλιματιστικό	1.5
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	2
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	5

**Πίνακας 5.16** Βαθμός απόδοσης συστημάτων θέρμανσης

Στην συνέχεια προκειμένου να συνεχίσουμε τους υπολογισμούς είναι απαραίτητο να παρουσιάζουμε την θερμογόνο δύναμη του κάθε καυσίμου. Όπου θερμογόνος δύναμη ορίζεται η ενέργεια που εκλύεται από την καύση μιας μονάδας μέτρησης ενός καυσίμου. Επειδή όμως ορισμένα συστήματα έχουν βαθμό απόδοσης διαφορετικό της μονάδας, είτε μεγαλύτερο είτε μικρότερο, χρησιμοποιούμε ένα μέγεθος που λέγεται πραγματική θερμογόνο δύναμη και στην ουσία είναι το γινόμενο της θερμογόνου δύναμης του καυσίμου με τον βαθμό απόδοσης του κάθε συστήματος όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Σύστημα	Θερμογόνος Δύναμη Καυσίμου [KWh/M.M]	Πραγματική Απόδοση Καυσίμου [KWh/M.M]
Λέβητας Πετρελαίου	11.9	10.115
Λέβητας Φυσικού Αερίου	11	10.45
Λέβητας Pellet	5.2	4.68
Λέβητας Ξύλου	4.2	2.94
Ενεργειακό Τζάκι	4.2	3.15
Τηλεθέρμανση	1	1
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	1	1
Κλιματιστικό	1	1.5
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	1	2
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	1	5

**Πίνακας 5.17** Πραγματική απόδοση καυσίμων των συστημάτων θέρμανσης

Παρατηρούμε ότι την μεγαλύτερη πραγματική απόδοση την έχει το σύστημα φυσικού αερίου που ανήκει στα συστήματα που εμπεριέχουν διεργασία καύσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι λέβητες φυσικού αερίου παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης συγκριτικά με τους υπόλοιπους λέβητες.

Στα συστήματα τα οποία δεν περιέχουν διεργασία καύσης και έχουν σαν πηγή ενέργειας το ηλεκτρικό ρεύμα παρατηρούμε ότι την μεγαλύτερη απόδοση την έχουν οι αντλίες θερμότητας και πιο συγκεκριμένα η γεωθερμική αντλία θερμότητας.

Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε αυτό που ενδιαφέρει κυρίως τον χρήστη που είναι το κόστος λειτουργίας ή με άλλα λόγια τα λεφτά που πληρώνει για κάθε κιλοβατώρα που παράγεται. Σημειώνεται ότι το κόστος ανά κιλοβατώρα προκύπτει διαιρώντας το μοναδιαίο κόστος καυσίμου με την πραγματική απόδοση καυσίμου.

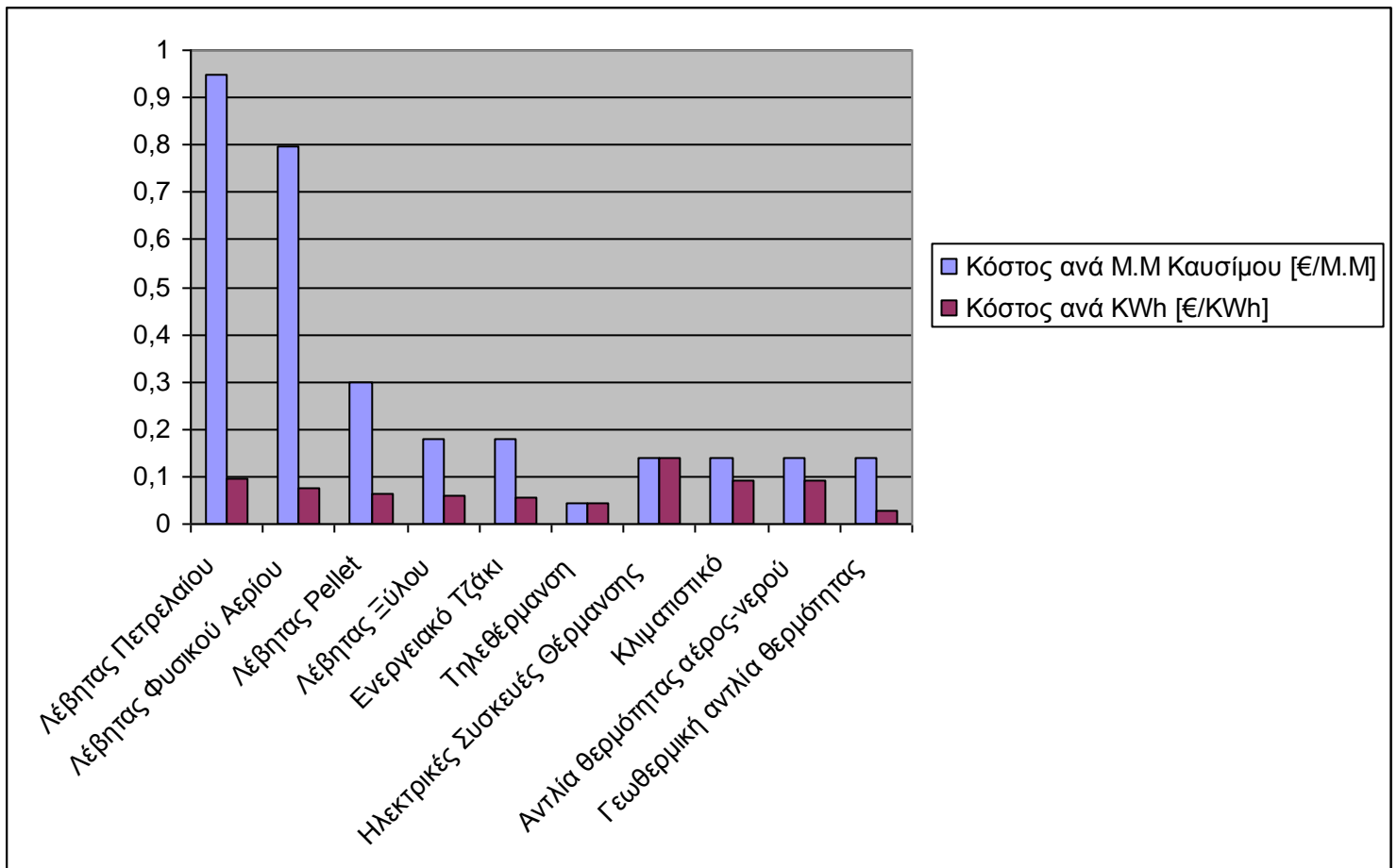
Σύστημα	Κόστος ανά Μ.Μ Καυσίμου [€/Μ.Μ]	Κόστος ανά KWh [€/KWh]
Λέβητας Πετρελαίου	0.95	0.094
Λέβητας Φυσικού Αερίου	0.796	0.076
Λέβητας Pellet	0.3	0.064
Λέβητας Ξύλου	0.18	0.061
Ενεργειακό Τζάκι	0.18	0.057
Τηλεθέρμανση	0.0435	0.0435
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	0.14	0.140
Κλιματιστικό	0.14	0.093
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	0.14	0.070
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	0.14	0.028

**Πίνακας 5.18** Κόστος ανά KWh συστημάτων θέρμανσης

Σημειώνεται ότι στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούμε ηλεκτρικό ρεύμα λαμβάνουμε υπόψη την χειρότερη περίπτωση, δηλαδή το κανονικό κοστολόγιο της ΔΕΗ και όχι το βραδινό.

Παρατηρούμε ότι το χαμηλότερο κόστος ανά KWh το εμφανίζουν η γεωθερμική αντλία θερμότητας, η τηλεθέρμανση και το ενεργειακό τζάκι. Αντίθετα οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης, ο λέβητας πετρελαίου και το κλιματιστικό εμφανίζουν το υψηλότερο κόστος ανά KWh.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σχηματικά στο παρακάτω διάγραμμα.

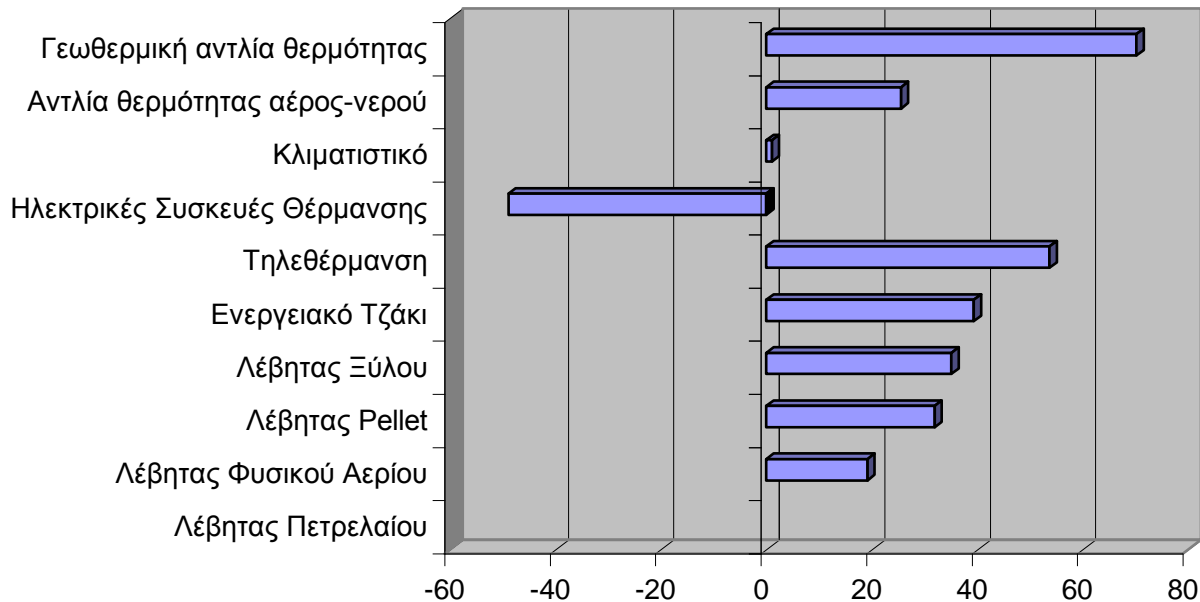


**Διάγραμμα 5.1** Κόστος ανά Μ.Μ καυσίμου και κόστος ανά ΚWh

Βάσει του διαγράμματος γίνεται αντιληπτό ότι το μικρότερο κόστος ανά ΚWh εμφανίζεται στην περίπτωση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, ενώ αποδεικνύεται γιατί οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης αποτελούν την χειρότερη λύση.

Συγκρίνοντας τον λέβητα πετρελαίου καθώς είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα θέρμανσης με τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης παρατηρούνται τα παρακάτω αποτελέσματα.

### Ποσοστιαία Διαφορά %



**Διάγραμμα 5.2** Ποσοστιαία διαφορά % του λέβητα πετρελαίου με τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης

Παρατηρούμε ότι όλα τα συστήματα με εξαίρεση τις ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης είναι πιο οικονομικά στη λειτουργία τους από το πετρέλαιο. Όπως βλέπουμε από το διάγραμμα η περίπτωση της τηλεθέρμανσης είναι κατά 53% πιο οικονομικό στη λειτουργία της απ' ό,τι το πετρέλαιο, η αντλία θερμότητας αέρος-νερού, ο λέβητας φυσικού αερίου και ο λέβητας pellet είναι έως και 30% πιο οικονομικά στη λειτουργία τους απ' ό,τι το πετρέλαιο.

Αφού λοιπόν έχουμε αυτά τα στοιχεία στη διάθεση μας μπορούμε να υπολογίσουμε πόσο θα κοστίσει σε κάποιον μια περίοδο θέρμανσης. Όπως ήδη αναφέραμε θα μελετήσουμε τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις, την ίδια οικία τοποθετημένη στις τέσσερις διαφορετικές κλιματικές ζώνες κατά τον ΚΕΝΑΚ. Στο σημείο αυτό πρέπει να ανατρέξουμε στο τέταρτο κεφάλαιο και να θυμηθούμε τις ενεργειακές ανάγκες που προέκυψαν για την κάθε περιοχή (Πίνακας 4.7). Στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας το συνολικό ποσό ενέργειας που χρειαζόμαστε για θέρμανση ετησίως με το κόστος ανά παραγόμενη κιλοβατώρα προκύπτουν οι ζητούμενες τιμές.

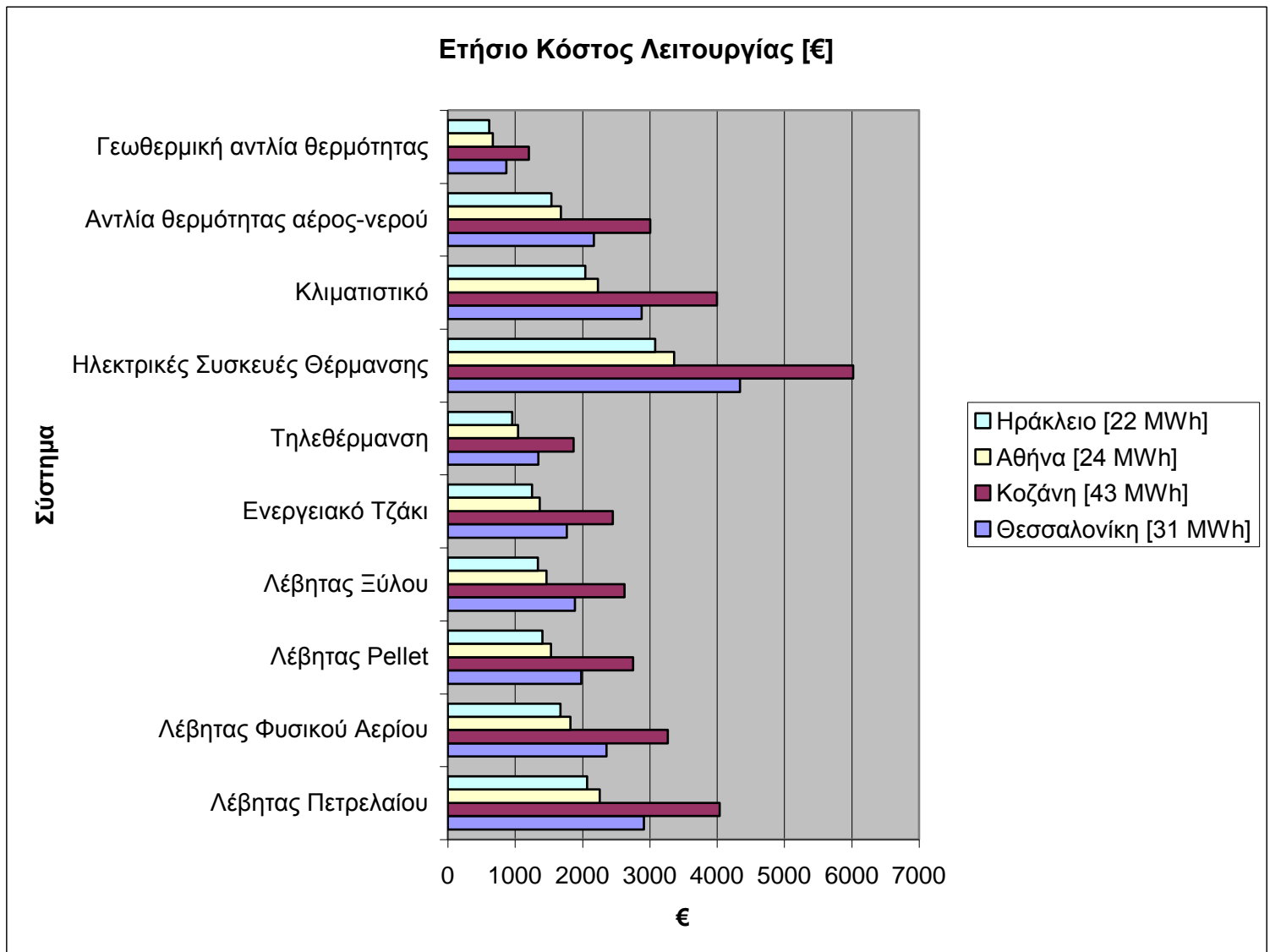
Σύστημα	Θεσσαλονίκη [31 MWh]	Κοζάνη [43 MWh]
	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]	
Λέβητας Πετρελαίου	2914	4042
Λέβητας Φυσικού Αερίου	2356	3268
Λέβητας Pellet	1984	2752
Λέβητας Ξύλου	1891	2623
Ενεργειακό Τζάκι	1767	2451
Τηλεθέρμανση	1349	1871
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	4340	6020
Κλιματιστικό	2883	3999
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	2170	3010
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	868	1204

**Πίνακας 5.19** Ετήσιο κόστος λειτουργίας θέρμανσης σε Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Αθήνα [24 MWh]	Ηράκλειο [22 MWh]
	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]	
Λέβητας Πετρελαίου	2256	2068
Λέβητας Φυσικού Αερίου	1824	1672
Λέβητας Pellet	1536	1408
Λέβητας Ξύλου	1464	1342
Ενεργειακό Τζάκι	1368	1254
Τηλεθέρμανση	1044	957
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	3360	3080
Κλιματιστικό	2232	2046
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	1680	1540
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	672	616

**Πίνακας 5.20** Ετήσιο κόστος λειτουργίας θέρμανσης σε Αθήνα και Ηράκλειο

Έτσι λοιπόν είμαστε σε θέση να παρουσιάσουμε συγκεντρωτικά το ετήσιο κόστος λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης ανάλογα με τις κλιματικές ζώνες όπως αυτές ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ.



**Διάγραμμα 5.3** Ετήσιο κόστος λειτουργίας συστήματος θέρμανσης ανάλογα με την περιοχή

Παρατηρούμε ότι, όπως ήταν αναμενόμενο, η περιοχή της Κοζάνης παρουσιάζει το μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας, και αυτό συμβαίνει διότι η Κοζάνη έχει τις υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση. Στην συνέχεια ακολουθεί η Θεσσαλονίκη, η Αθήνα και τέλος το Ηράκλειο.

Τώρα συγκρίνοντας τα συστήματα θέρμανσης μεταξύ τους βλέπουμε ότι οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης έχουν το υψηλότερο κόστος λειτουργίας, σε αντίθεση με την γεωθερμική αντλία θερμότητας και την τηλεθέρμανση οι οποίες αποτελούν δύο απ τις καλύτερες λύσεις.

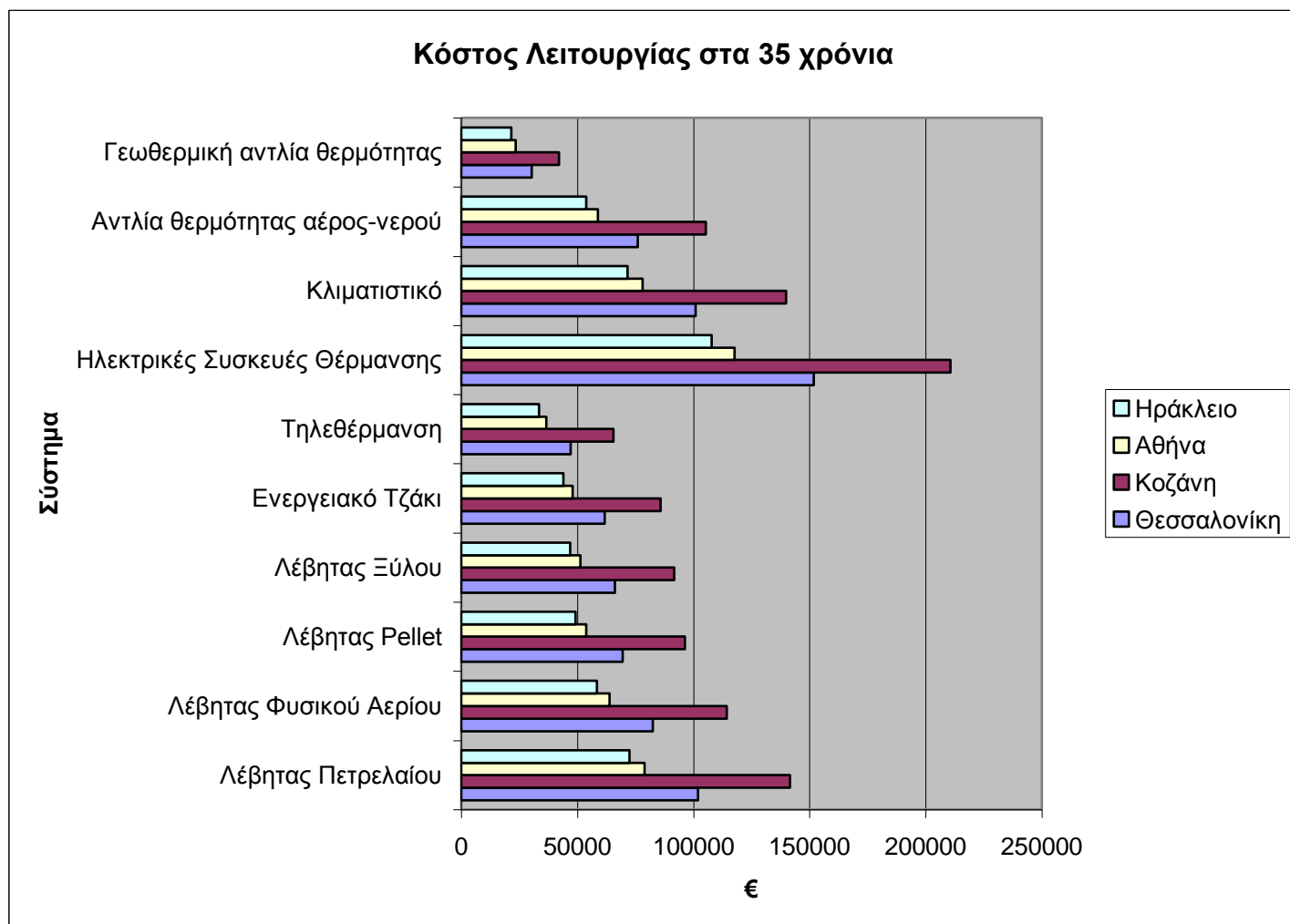
Για παράδειγμα αν πάρουμε την γεωθερμική αντλία θερμότητας στο Ηράκλειο και την συγκρίνουμε με τον Λέβητα πετρελαίου της Κοζάνης παρατηρούμε ότι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ετησίως κατά 85%, δηλαδή ο κάτοικος του Ηρακλείου στην περίπτωση αυτή γλιτώνει κάθε χρόνο 3400 € σε σχέση με τον κάτοικο της Κοζάνης.

Με όλα τα παραπάνω πλέον μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος στα 35 χρόνια που πήραμε σαν τον μέσο χρόνο ζωής της οικίας. Για τον υπολογισμό αυτό πολλαπλασιάζουμε το ετήσιο κόστος λειτουργίας με τα συνολικά χρόνια ζωής της οικίας. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα παρακάτω.

<b>Συνολικό Κόστος Λειτουργίας Θέρμανσης στα 35 χρόνια [€]</b>				
<b>Σύστημα</b>	<b>Θεσσαλονίκη</b>	<b>Κοζάνη</b>	<b>Αθήνα</b>	<b>Ηράκλειο</b>
Λέβητας Πετρελαίου	101990	141470	78960	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	114380	63840	58520
Λέβητας Pellet	69440	96320	53760	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	91805	51240	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	85785	47880	43890
Τηλεθέρμανση	47215	65485	36540	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	210700	117600	107800
Κλιματιστικό	100905	139965	78120	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	105350	58800	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	42140	23520	21560

**Πίνακας 5.21** Συνολικό κόστος λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης στα 35 χρόνια

Παρακάτω παρουσιάζεται το συγκεντρωτικό γράφημα με το κόστος λειτουργίας του κάθε συστήματος θέρμανσης στα 35 χρόνια ζωής της οικίας. Όπως ήταν αναμενόμενο οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης, το κλιματιστικό και ο λέβητας πετρελαίου έχουν κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια μεγαλύτερο των 100.000 €, και συγκεκριμένα στην περίπτωση της Κοζάνης οι ηλεκτρικές συσκευές έχουν κόστος λειτουργίας 210.700 €. Αντίθετα η γεωθερμική αντλία θερμότητας παρουσιάζει κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια μικρότερο των 45.000 € και αποτελεί την καλύτερη λύση. Επίσης η τηλεθέρμανση και το ενεργειακό τζάκι εμφανίζουν αρκετά χαμηλότερο κόστος από τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης.



**Διάγραμμα 5.4** Συνολικό κόστος λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης στα 35 χρόνια

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε πόσα χρήματα θα μπορούσε να εξοικονομήσει κάποιος, αν αντί για λέβητα πετρελαίου χρησιμοποιούσε κάποιο άλλο σύστημα θέρμανσης. Η επιλογή σύγκρισης του λέβητα πετρελαίου με τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελεί το πιο διαδεδομένο σύστημα θέρμανσης στην χώρα μας. Επίσης επειδή η τιμή του πετρελαίου αυξομειώνεται συνεχώς, και κατά βάση βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι θέλουν να αντικαταστήσουν τον λέβητα πετρελαίου με κάποιο άλλο πιο οικονομικό σύστημα θέρμανσης.



<b>Ποσό εξοικονόμησης χρημάτων σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου στα 35 χρόνια [€]</b>				
<b>Σύστημα</b>	<b>Θεσσαλονίκη</b>	<b>Κοζάνη</b>	<b>Αθήνα</b>	<b>Ηράκλειο</b>
Λέβητας Πετρελαίου	-	-	-	-
Λέβητας Φυσικού Αερίου	19530	27090	15120	13860
Λέβητας Pellet	32550	45150	25200	23100
Λέβητας Ξύλου	35805	49665	27720	25410
Ενεργειακό Τζάκι	40145	55685	31080	28490
Τηλεθέρμανση	54775	75985	42420	38885
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	-49910	-69230	-38640	-35420
Κλιματιστικό	1085	1505	840	770
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	26040	36120	20160	18480
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	71610	99330	55440	50820

**Πίνακας 5.22** Ποσό εξοικονόμησης χρημάτων στα 35 χρόνια σε σύγκριση με τον λέβητα πετρελαίου

Από τον παραπάνω πίνακα αντιλαμβανόμαστε ότι εκτός των ηλεκτρικών συσκευών, που δεν συμφέρουν σε καμία περίπτωση, τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης έχουν χαμηλότερο κόστος λειτουργίας σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου. Όπως ήταν αναμενόμενο η μεγαλύτερη εξοικονόμηση επιτυγχάνεται στην περιοχή της Κοζάνης, όπου έχουμε τις μεγαλύτερες απαιτήσεις ενέργειας.

## 5.2.2 Ψύξη

Στην ψύξη τα πράγματα είναι πιο απλά διότι έχουμε να μελετήσουμε λιγότερα συστήματα απ' ό,τι στην θέρμανση. Συγκεκριμένα έχουμε τις κλιματιστικές συσκευές, την αντλία θερμότητας αέρος-νερού και την γεωθερμική αντλία θερμότητας. Αρχικά θα αναφέρουμε τον βαθμό απόδοσης των τριών συστημάτων ψύξης.

Σύστημα	Βαθμός Απόδοσης
Κλιματιστικό	1.5
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	2
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	5

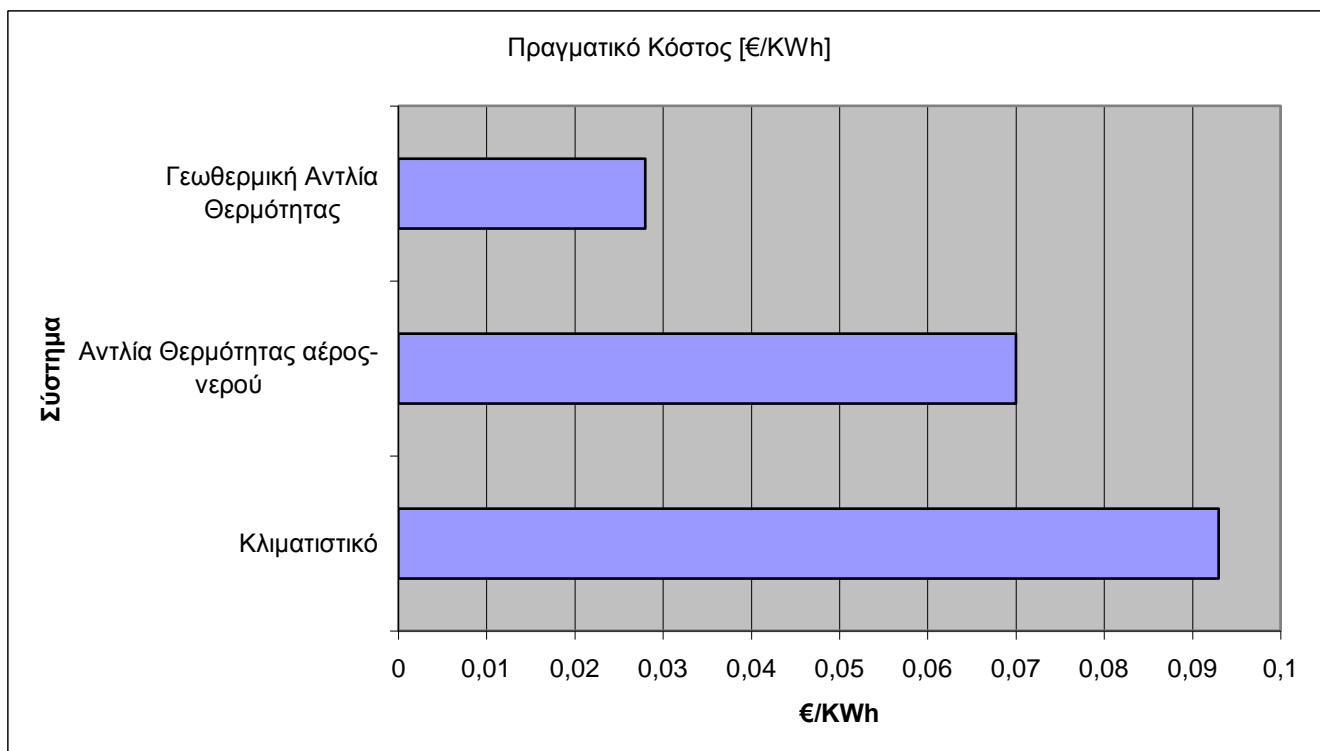
**Πίνακας 5.23** Βαθμός απόδοσης συστημάτων ψύξης

Εφόσον γνωρίζουμε τους βαθμούς απόδοσης των συστημάτων ψύξης μπορούμε να υπολογίσουμε το λειτουργικό κόστος. Αρχικά θα υπολογίσουμε το κόστος που προκύπτει για κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα σε κάθε περίπτωση. Το κόστος αυτό προκύπτει διαιρώντας το αρχικό κόστος της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος με τον βαθμό απόδοσης του κάθε συστήματος.

Σύστημα	Κόστος Ρεύματος [€/KWh]	Βαθμός Απόδοσης	Πραγματικό Κόστος [€/KWh]
Κλιματιστικό	0.14	1.5	0.093
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	0.14	2	0.07
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	0.14	5	0.028

**Πίνακας 5.24** Πραγματικό κόστος παραγόμενης KWh

Όπως φαίνεται και από το παρακάτω γράφημα το μικρότερο κόστος το εμφανίζει η γεωθερμική αντλία θερμότητας, ενώ το μεγαλύτερο οι κλιματιστικές συσκευές. Γεγονός που ήταν αναμενόμενο, διότι το αρχικό κόστος της κιλοβατώρας είναι ίδιο και για τα τρία συστήματα, άρα όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος τόσο μικρότερο είναι το πραγματικό κόστος της παραγόμενης κιλοβατώρας.



**Διάγραμμα 5.5** Πραγματικό κόστος KWh του κάθε συστήματος ψύξης

Αφού λοιπόν έχουμε υπολογίσει το κόστος που προκύπτει για κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος που προκύπτει για μια καλοκαιρινή περίοδο. Οι ενεργειακές ανάγκες έχουν υπολογιστεί στην ενότητα 4.4 και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Περιοχή	Απαιτούμενη Ενέργεια (MWh)
Θεσσαλονίκη	32
Αθήνα	39
Κοζάνη	28
Ηράκλειο	46

**Πίνακας 5.25** Απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη ανάλογα με την περιοχή

Έχοντας λοιπόν τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να υπολογίσουμε το κόστος λειτουργίας των συστημάτων ψύξης για μια καλοκαιρινή περίοδο.

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας Συστημάτων Ψύξης [€]			
	Θεσσαλονίκη [32 MWh]	Κοζάνη [28 MWh]	Αθήνα [39 MWh]	Ηράκλειο [46 MWh]
Κλιματιστικό	2976	2604	3627	4278
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	2240	1960	2730	3220
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	896	784	1092	1288

**Πίνακας 5.26** Ετήσιο κόστος λειτουργίας συστημάτων ψύξης

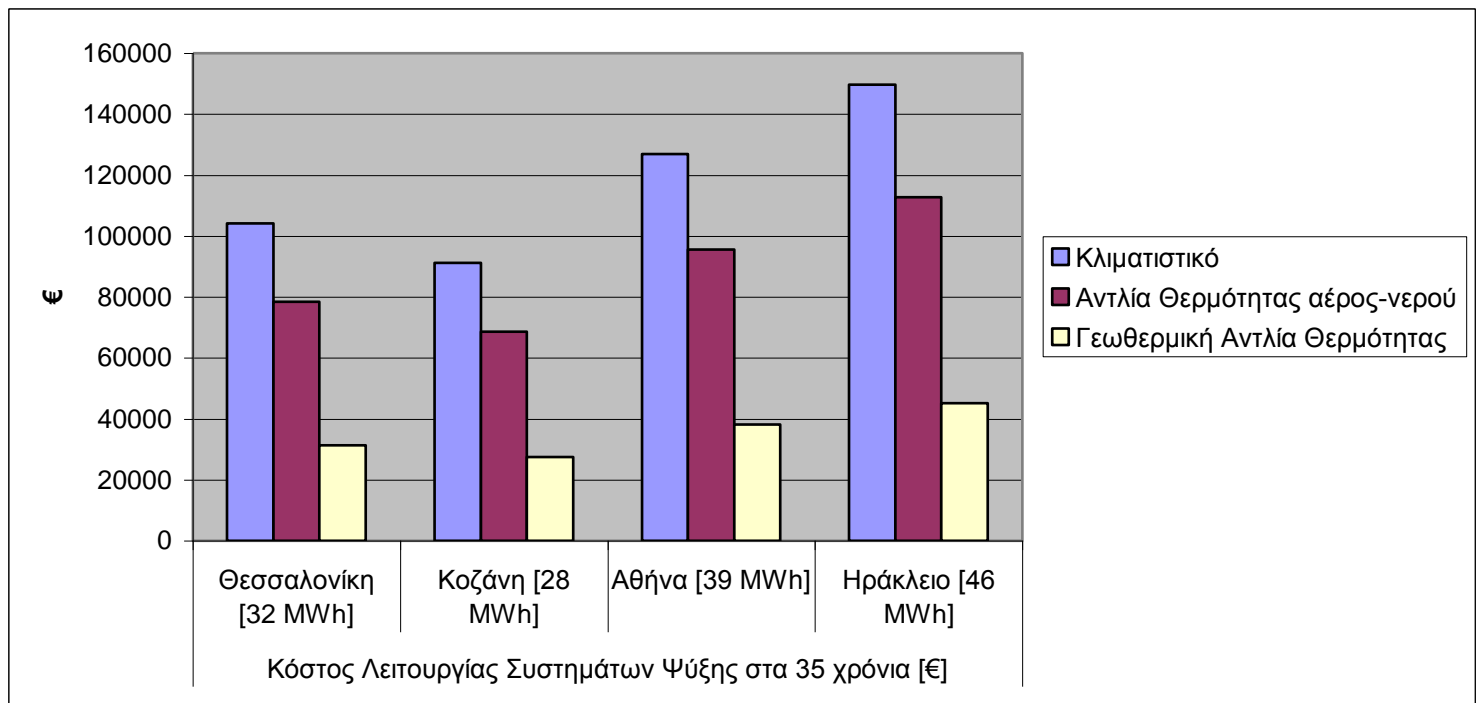
Παρατηρούμε ότι μία οικία στην Κοζάνη (που έχει ίδια χαρακτηριστικά με την οικία που μελετάμε) χρησιμοποιώντας ως σύστημα ψύξης την γεωθερμική αντλία θερμότητας θα είχε ετήσιο κόστος λειτουργίας 784 €. Ενώ αντίθετα αν η οικία βρισκόταν στο Ηράκλειο, και αντί για γεωθερμική αντλία θερμότητας χρησιμοποιούσαμε κλιματιστικές συσκευές, το ετήσιο κόστος λειτουργίας θα ήταν 4278 €. Επίσης παρατηρούμε ότι η Αθήνα και το Ηράκλειο έχουν μεγαλύτερο ετήσιο κόστος λειτουργίας σε σχέση με την Θεσσαλονίκη και την Κοζάνη, γεγονός που είναι απολύτως φυσιολογικό απ την στιγμή που η Αθήνα και το Ηράκλειο έχουν μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις για ψύξη.

Αν επεκτείνουμε το κόστος λειτουργίας των συστημάτων ψύξης στα 35 χρόνια της οικίας τα αποτελέσματα θα είναι όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα σε ένα συγκεντρωτικό γράφημα.

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας Συστημάτων Ψύξης στα 35 χρόνια [€]			
	Θεσσαλονίκη [32 MWh]	Κοζάνη [28 MWh]	Αθήνα [39 MWh]	Ηράκλειο [46 MWh]
Κλιματιστικό	104160	91140	126945	149730
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	78400	68600	95550	112700
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	31360	27440	38220	45080

**Πίνακας 5.27** Κόστος λειτουργίας συστημάτων ψύξης στα 35 χρόνια

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα για την πιο εύκολη κατανόηση των αποτελεσμάτων.



**Διάγραμμα 5.6** Κόστος λειτουργίας συστημάτων ψύξης στα 35 χρόνια ανάλογα με τις κλιματικές ζώνες

Αν πάμε στην περιοχή του Ηρακλείου η οποία είναι η πιο απαιτητική την καλοκαιρινή περίοδο, βλέπουμε ότι το κόστος λειτουργίας των κλιματιστικών συσκευών στα 35 χρόνια φτάνει στα 149.730 €. Αν αντικαταστήσουμε τις κλιματιστικές συσκευές με μία γεωθερμική αντλία θερμότητας παρατηρούμε ότι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση, στο κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια, σχεδόν 70%. Ποσό που είναι μεγαλύτερο των 100.000 €. Τέλος με όλα αυτά αντιλαμβανόμαστε ότι η πιο συμφέρουσα λύση (ως προς το κόστος λειτουργίας) είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας, ενώ η χειρότερη λύση είναι οι κλιματιστικές συσκευές.

### 5.3 Μεταβολή του λειτουργικού κόστους από απρόβλεπτους παράγοντες (what if analysis)

Σε αυτή την παράγραφο θα γίνει ανάλυση με βάση την αυξομείωση του κόστους των διάφορων καυσίμων ή του ηλεκτρικού ρεύματος από απρόβλεπτους παράγοντες. Οι αυξομειώσεις αυτές δεν θα ξεπερνάνε το 15% κάθε φορά. Για το σκοπό της ανάλυσης αυτής θα γίνουν οι εξής ομαδοποιήσεις:

- Ομάδα Α: Λέβητας Πετρελαίου, Λέβητας Φυσικού Αερίου.
- Ομάδα Β: Λέβητας Pellet, Λέβητας Ξύλου και Ενεργειακό Τζάκι
- Ομάδα Γ: Τηλεθέρμανση
- Ομάδα Δ: Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης, Κλιματιστικό, Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού, Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας

Ο διαχωρισμός έγινε με βάση το είδος του καυσίμου που έχουμε στη κάθε περίπτωση καθώς και τον φορέα παροχής. Με άλλα λόγια στην πρώτη ομάδα έχουμε υδρογονάνθρακες και φορέα παροχής εκτός Ελλάδος, γεγονός που την καθιστά εξαρτώμενη. Στην ομάδα Β έχουμε τους καυστήρες οι οποίοι έχουν ως καύσιμο το ξύλο και την βιομάζα, και ο φορέας παροχής είναι εγχώριος αλλά και εξωτερικός. Στην ομάδα Γ έχουμε την τηλεθέρμανση η οποία είναι προϊόν της καύσης του λιγνίτη και ο φορέας παροχής είναι η Δημόσια Εταιρεία Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ). Στην ομάδα Δ έχουμε αποκλειστική εξάρτηση από την ηλεκτρική ενέργεια και άρα στην περίπτωση που δεν υπάρχει αυτονομία, για παράδειγμα λόγω φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, ο φορέας παροχής είναι η ΔΕΗ. Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Ομάδα	Καύσιμο- Πηγή Ενέργειας	Φορέας Παροχής
A	Υδρογονάνθρακες	Εξωτερικός
B	Βιομάζα	Εσωτερικός και Εξωτερικός
Γ	Υδρογονάνθρακες	Εσωτερικός
Δ	Ηλεκτρική Ενέργεια	Εσωτερικός

**Πίνακας 5.28** Ομαδοποίηση των συστημάτων θέρμανσης με βάση το καύσιμο και τον φορέα παροχής

### **Περίπτωση 1<sup>η</sup>: Αύξηση των τιμών της ομάδας Α κατά 5,10 και 15%**

Έστω ότι για άγνωστο λόγο αυξάνονται οι τιμές στα καύσιμα της ομάδας Α. Εξετάζονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις όπου έχουμε αύξηση κατά 5,10 και 15% αντίστοιχα. Από τον παρακάτω πίνακα θα πάρουμε τις τιμές για το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο.

<b>Καύσιμο</b>	<b>Κόστος ανά Μ.Μ καυσίμου [€]</b>	<b>Μεταβολή 5%</b>	<b>Μεταβολή 10%</b>	<b>Μεταβολή 15%</b>
Πετρέλαιο	0,95	0,9975	1,045	1,0925
Φυσικό Αέριο	0,796	0,8358	0,8756	0,9154

**Πίνακας 5.29** Μεταβολή κατά 5,10 και 15% στις τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου

Άρα το κόστος ανά παραγόμενη κιλοβατώρα θα γίνει όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

<b>Καύσιμο</b>	<b>Κόστος ανά KWh [€/KWh]</b>		
	<b>Μεταβολή 5%</b>	<b>Μεταβολή 10%</b>	<b>Μεταβολή 15%</b>
Πετρέλαιο	0,0986	0,1033	0,1080
Φυσικό Αέριο	0,0800	0,0838	0,0876

**Πίνακας 5.30** Μεταβολή κατά 5,10 και 15% στο κόστος ανά KWh

Επομένως είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τα νέα ετήσια κόστη λειτουργίας, που προκύπτουν με τις παραπάνω μεταβολές, του λέβητα πετρελαίου και του λέβητα φυσικού αερίου. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι πίνακες που προκύπτουν για μεταβολή 5,10 και 15% . Σημειώνεται ότι οι τιμές στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερές διότι δεν υπήρξε κάποια μεταβολή στην τιμή του καυσίμου τους.

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Λέβητας Πετρελαίου	3057	3203	3348	4240	4442	4644
Λέβητας Φυσικού Αερίου	2479	2597	2716	3439	3603	3767

**Πίνακας 5.31** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή 5,10 και 15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Λέβητας Πετρελαίου	2367	2479	2592	2170	2273	2376
Λέβητας Φυσικού Αερίου	1920	2011	2102	1760	1843	1927

**Πίνακας 5.32** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή 5,10 και 15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Εφόσον έχουμε υπολογίσει το ετήσιο κόστος λειτουργίας για όλες τις περιοχές βάσει των αλλαγών που έγιναν, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια.



Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Λέβητας Πετρελαίου	106995	112105	117180	148400	155470	162540
Λέβητας Φυσικού Αερίου	86765	90895	95060	120365	126105	131845

**Πίνακας 5.33** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5,10 και 15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Λέβητας Πετρελαίου	82845	86765	90720	75950	79555	83160
Λέβητας Φυσικού Αερίου	67200	70385	73570	61600	64505	67445

**Πίνακας 5.34** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5,10 και 15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Αφού έχουμε υπολογίσει το νέο λειτουργικό κόστος στα 35 χρόνια και για τις τέσσερις περιοχές, βάσει των αλλαγών που προέκυψαν στην τιμή του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, μπορούμε να παρουσιάσουμε τον νέο συγκεντρωτικό πίνακα που θα περιλαμβάνει όλα τα συστήματα θέρμανσης. Στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια παραμένει ίδιο απ την στιγμή που δεν είχαμε κάποια μεταβολή στις τιμές τους. Επίσης θα παρουσιαστούν διαγράμματα για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

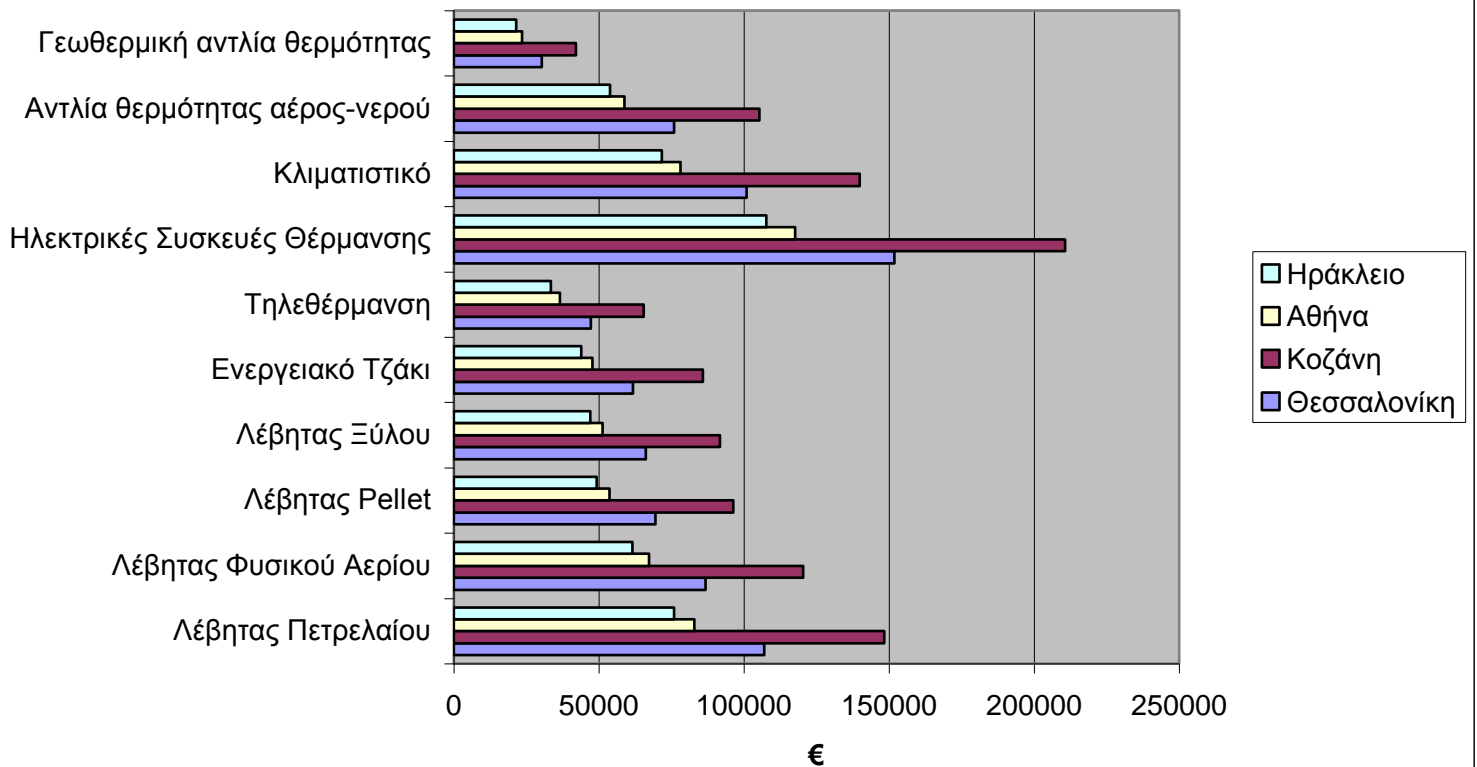
Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]								
Σύστημα	Θεσσαλονίκη		Κοζάνη		Αθήνα		Ηράκλειο	
	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Λέβητας Πετρελαίου	106995	112105	148400	155470	82845	86765	75950	79555
Λέβητας Φυσικού Αερίου	86765	90895	120365	126105	67200	70385	61600	64505
Λέβητας Pellet	69440	69440	96320	96320	53760	53760	49280	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	66185	91805	91805	51240	51240	46970	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	61845	85785	85785	47880	47880	43890	43890
Τηλεθέρμανση	47215	47215	65485	65485	36540	36540	33495	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	151900	210700	210700	117600	117600	107800	107800
Κλιματιστικό	100905	100905	139965	139965	78120	78120	71610	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	75950	105350	105350	58800	58800	53900	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	30380	42140	42140	23520	23520	21560	21560

**Πίνακας 5.35** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5 και 10% στα καύσιμα της ομάδας Α

Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]				
Σύστημα	Θεσσαλονίκη	Κοζάνη	Αθήνα	Ηράκλειο
Λέβητας Πετρελαίου	117180	162540	90720	83160
Λέβητας Φυσικού Αερίου	95060	131845	73570	67445
Λέβητας Pellet	69440	96320	53760	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	91805	51240	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	85785	47880	43890
Τηλεθέρμανση	47215	65485	36540	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	210700	117600	107800
Κλιματιστικό	100905	139965	78120	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	105350	58800	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	42140	23520	21560

**Πίνακας 5.36** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 15% στα καύσιμα της ομάδας Α

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5%

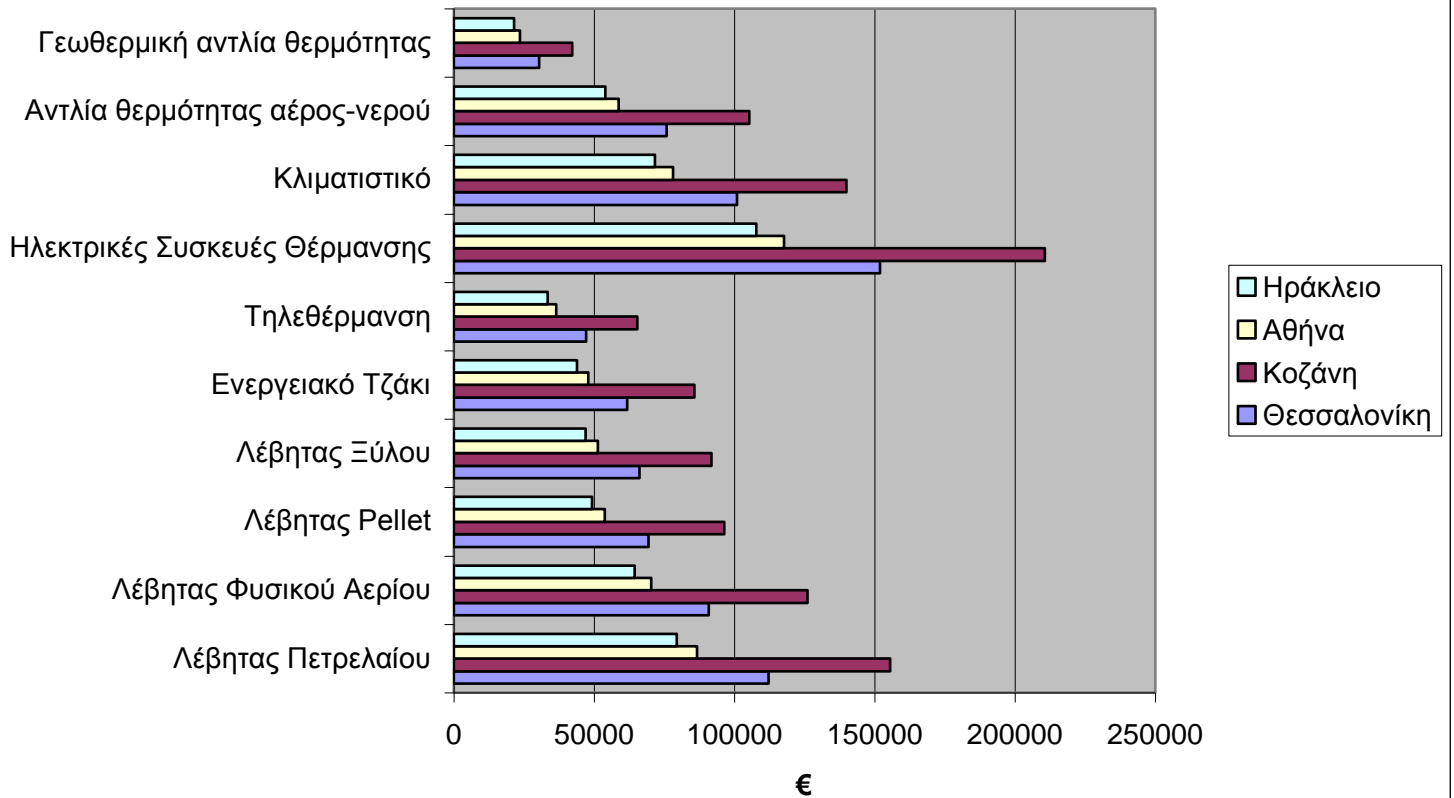


**Διάγραμμα 5.7** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 5%

Με την αύξηση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 5% παρατηρούμε ότι ο λέβητας πετρελαίου, μετά τις ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης, αποτελεί την πιο ακριβή λύση, ξεπερνώντας τις κλιματιστικές συσκευές. Ο λέβητας φυσικού αερίου βλέπουμε ότι αποτελεί ακριβότερη λύση από μία αντλία θερμότητας αέρος-νερού. Αντιλαμβανόμαστε ότι στα επόμενα διαγράμματα όπου η αύξηση ανέρχεται στο 10 και 15%, οι λέβητες πετρελαίου και φυσικού αερίου θα αποτελούν τις πιο ακριβές λύσεις μαζί με τις ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης, που βρίσκονται εκτός συναγωνισμού λόγω του τεράστιου λειτουργικού κόστους.

Για τις Νοτιότερες πόλεις όπως της Αθήνας και του Ηρακλείου ένα σύστημα που κερδίζει έδαφος όλο και περισσότερο το τελευταίο χρονικό διάστημα είναι η αντλία θερμότητας αέρος-νερού καθώς οι σχετικά υψηλές μέσες θερμοκρασίες της χειμερινής περιόδου δεν εμποδίζουν την εύρυθμη λειτουργία του συγκεκριμένου συστήματος το οποίο για να έχει την απόδοση για την οποία έχει σχεδιαστεί πρέπει η θερμοκρασία να είναι πάνω από 7 C. Παρατηρώντας λοιπόν το διάγραμμα για τις πόλεις της Αθήνας και του Ηρακλείου και συγκρίνοντας τον λέβητα φυσικού αερίου με την αντλία θερμότητας αέρος-νερού βλέπουμε ότι η διαφορά των δυο συστημάτων είναι αρκετά μικρή, με την αντλία θερμότητας να αποτελεί πιο συμφέρουσα λύση.

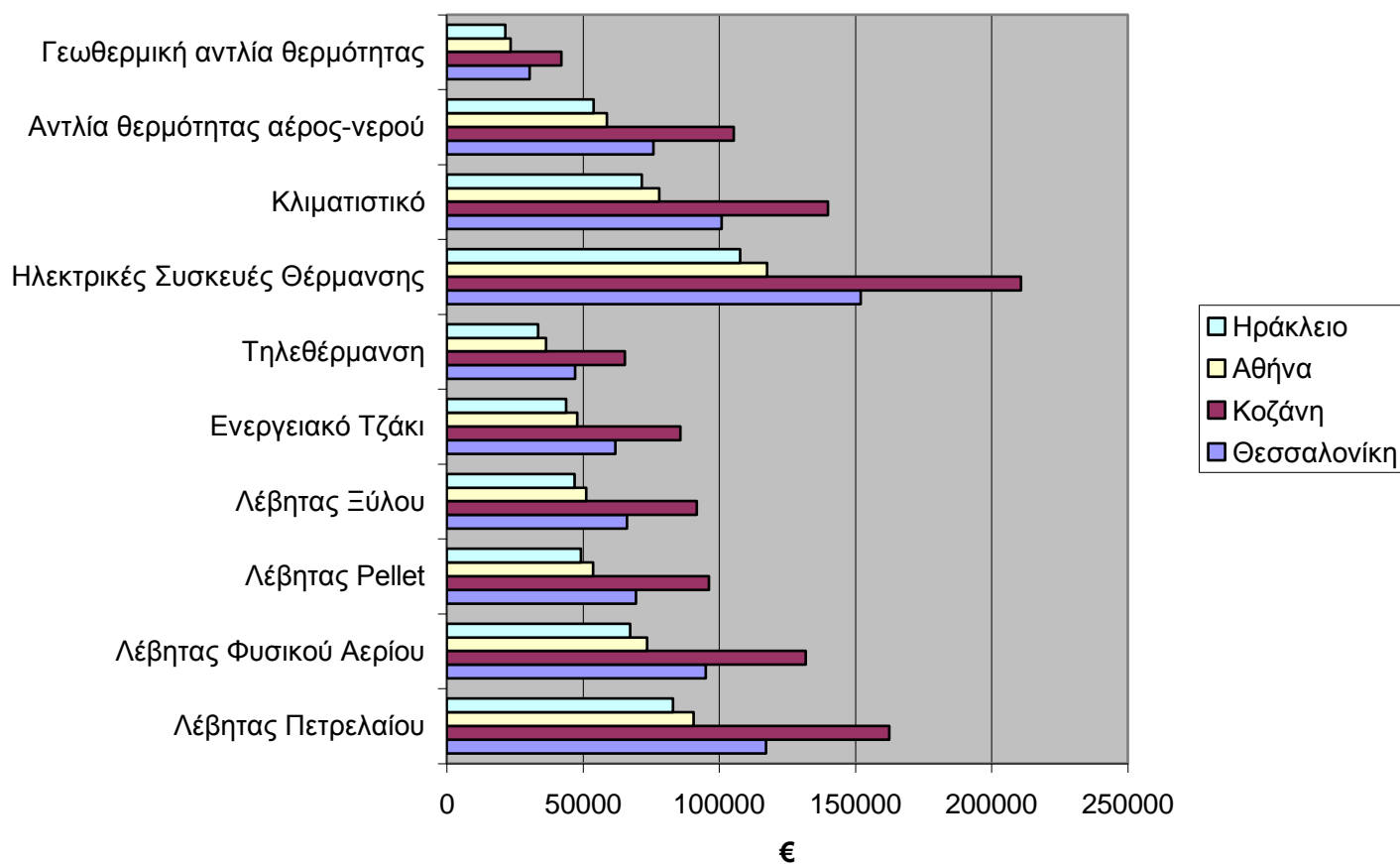
### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 10%



**Διάγραμμα 5.8** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 10%

Με αύξηση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 10% βλέπουμε ότι ο λέβητας πετρελαίου στην περιοχή της Κοζάνης, έχει κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια μεγαλύτερο των 150.000 €. Απ την άλλη ο λέβητας φυσικού αερίου αποτελεί καλύτερη λύση απ αυτή του λέβητα πετρελαίου, αλλά το κόστος λειτουργίας του βλέπουμε ότι πλησιάζει το κόστος των κλιματιστικών. Παρατηρούμε λοιπόν ότι ένας κάτοικος της Κοζάνης που χρησιμοποιεί γεωθερμική αντλία θερμότητας, εξοικονομεί στα 35 χρόνια σχεδόν 90.000 € σε σχέση με τον λέβητα αερίου και πάνω από 110.000 € σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου. Στην περιοχή της Κοζάνης όμως επειδή το πιο διαδεδομένο σύστημα θέρμανσης είναι η τηλεθέρμανση, βλέπουμε ότι αποτελεί την καλύτερη λύση μετά την γεωθερμική αντλία θερμότητας, και η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται στα 35 χρόνια σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου ανέρχεται περίπου στις 90.000 €.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 15%



**Διάγραμμα 5.9** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 15%

Με 15% αύξηση στις τιμές των καυσίμων της ομάδας Α βλέπουμε ότι δεν υπάρχει κάποια αλλαγή στην κατάταξη, αλλά παρατηρούμε ότι ο λέβητας φυσικού αερίου πλησιάζει κατά πολύ τις κλιματιστικές συσκευές, και το κόστος λειτουργίας του στα 35 χρόνια στην περιοχή της Θεσσαλονίκης φτάνει τις 100.000 €. Απ την άλλη ο λέβητας πετρελαίου στις περιοχές της Αθήνας και του Ηρακλείου ξεπερνάει τις 80.000 €.

## **Περίπτωση 2<sup>η</sup>: Μείωση των τιμών της ομάδας Α κατά 5,10 και 15%**

Έστω ότι για άγνωστο λόγο μειώνονται οι τιμές στα καύσιμα της ομάδας Α. Εξετάζονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις όπου έχουμε μείωση κατά 5,10 και 15% αντίστοιχα. Από τον παρακάτω πίνακα θα πάρουμε τις τιμές για το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο.

<b>Καύσιμο</b>	<b>Κόστος ανά Μ.Μ καυσίμου [€]</b>	<b>Μεταβολή -5%</b>	<b>Μεταβολή -10%</b>	<b>Μεταβολή -15%</b>
Πετρέλαιο	0,95	0,9025	0,855	0,8075
Φυσικό Αέριο	0,796	0,7562	0,7164	0,6766

**Πίνακας 5.37** Μεταβολή κατά -5,-10 και -15% στις τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου

Άρα το κόστος ανά παραγόμενη κιλοβατώρα θα γίνει όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

<b>Καύσιμο</b>	<b>Κόστος ανά KWh [€/KWh]</b>		
	<b>Μεταβολή -5%</b>	<b>Μεταβολή -10%</b>	<b>Μεταβολή -15%</b>
Πετρέλαιο	0,0892	0,0845	0,0798
Φυσικό Αέριο	0,0724	0,0685	0,0647

**Πίνακας 5.38** Μεταβολή κατά -5,-10 και -15% στο κόστος ανά KWh

Επομένως είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τα νέα ετήσια κόστη λειτουργίας, που προκύπτουν με τις παραπάνω μεταβολές, του λέβητα πετρελαίου και του λέβητα φυσικού αερίου. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι πίνακες που προκύπτουν για μεταβολή -5,-10 και -15% . Σημειώνεται ότι οι τιμές στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερές διότι δεν υπήρξε κάποια μεταβολή στην τιμή του καυσίμου τους.

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Λέβητας Πετρελαίου	2766	2620	2475	3837	3635	3433
Λέβητας Φυσικού Αερίου	2243	2125	2007	3112	2948	2784

**Πίνακας 5.39** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή -5,-10 και -15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Λέβητας Πετρελαίου	2141	2029	1916	1963	1860	1756
Λέβητας Φυσικού Αερίου	1737	1645	1554	1592	1508	1424

**Πίνακας 5.40** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή -5,-10 και -15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Εφόσον έχουμε υπολογίσει το ετήσιο κόστος λειτουργίας για όλες τις περιοχές βάσει των αλλαγών που έγιναν, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια.

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Λέβητας Πετρελαίου	96810	91700	86625	134295	127225	120155
Λέβητας Φυσικού Αερίου	78505	74375	70245	108920	103180	97440

**Πίνακας 5.41** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5,-10 και -15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Λέβητας Πετρελαίου	74935	71015	67060	68705	65100	61460
Λέβητας Φυσικού Αερίου	60795	57575	54390	55720	52780	49840

**Πίνακας 5.42** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5,-10 και -15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Αφού έχουμε υπολογίσει το νέο λειτουργικό κόστος στα 35 χρόνια και για τις τέσσερις περιοχές, βάσει των αλλαγών που προέκυψαν στην τιμή του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, μπορούμε να παρουσιάσουμε τον νέο συγκεντρωτικό πίνακα που θα περιλαμβάνει όλα τα συστήματα θέρμανσης. Στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια παραμένει ίδιο απ την στιγμή που δεν είχαμε κάποια μεταβολή στις τιμές τους. Επίσης θα παρουσιαστούν διαγράμματα για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.



**Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]**

Σύστημα	Θεσσαλονίκη		Κοζάνη		Αθήνα		Ηράκλειο	
	-5%	-10%	-5%	-10%	-5%	-10%	-5%	-10%
Λέβητας Πετρελαίου	96810	91700	134295	127225	74935	71015	68705	65100
Λέβητας Φυσικού Αερίου	78505	74375	108920	103180	60795	57575	55720	52780
Λέβητας Pellet	69440	69440	96320	96320	53760	53760	49280	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	66185	91805	91805	51240	51240	46970	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	61845	85785	85785	47880	47880	43890	43890
Τηλεθέρμανση	47215	47215	65485	65485	36540	36540	33495	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	151900	210700	210700	117600	117600	107800	107800
Κλιματιστικό	100905	100905	139965	139965	78120	78120	71610	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	75950	105350	105350	58800	58800	53900	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	30380	42140	42140	23520	23520	21560	21560

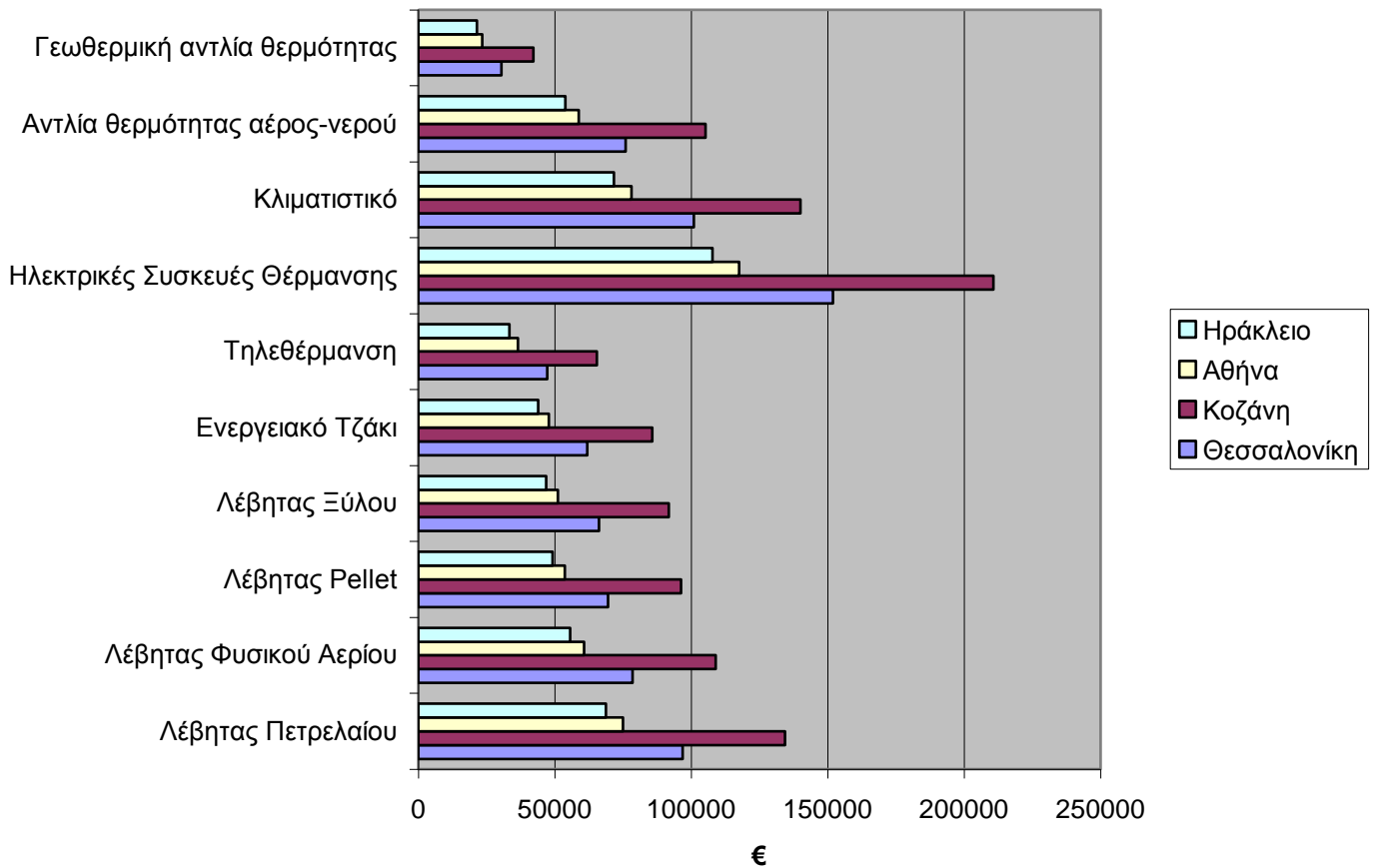
**Πίνακας 5.43** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5 και -10% στα καύσιμα της ομάδας Α

**Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]**

Σύστημα	Θεσσαλονίκη	Κοζάνη	Αθήνα	Ηράκλειο
Λέβητας Πετρελαίου	86625	120155	67060	61460
Λέβητας Φυσικού Αερίου	70245	97440	54390	49840
Λέβητας Pellet	69440	96320	53760	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	91805	51240	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	85785	47880	43890
Τηλεθέρμανση	47215	65485	36540	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	210700	117600	107800
Κλιματιστικό	100905	139965	78120	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	105350	58800	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	42140	23520	21560

**Πίνακας 5.44** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -15% στα καύσιμα της ομάδας Α

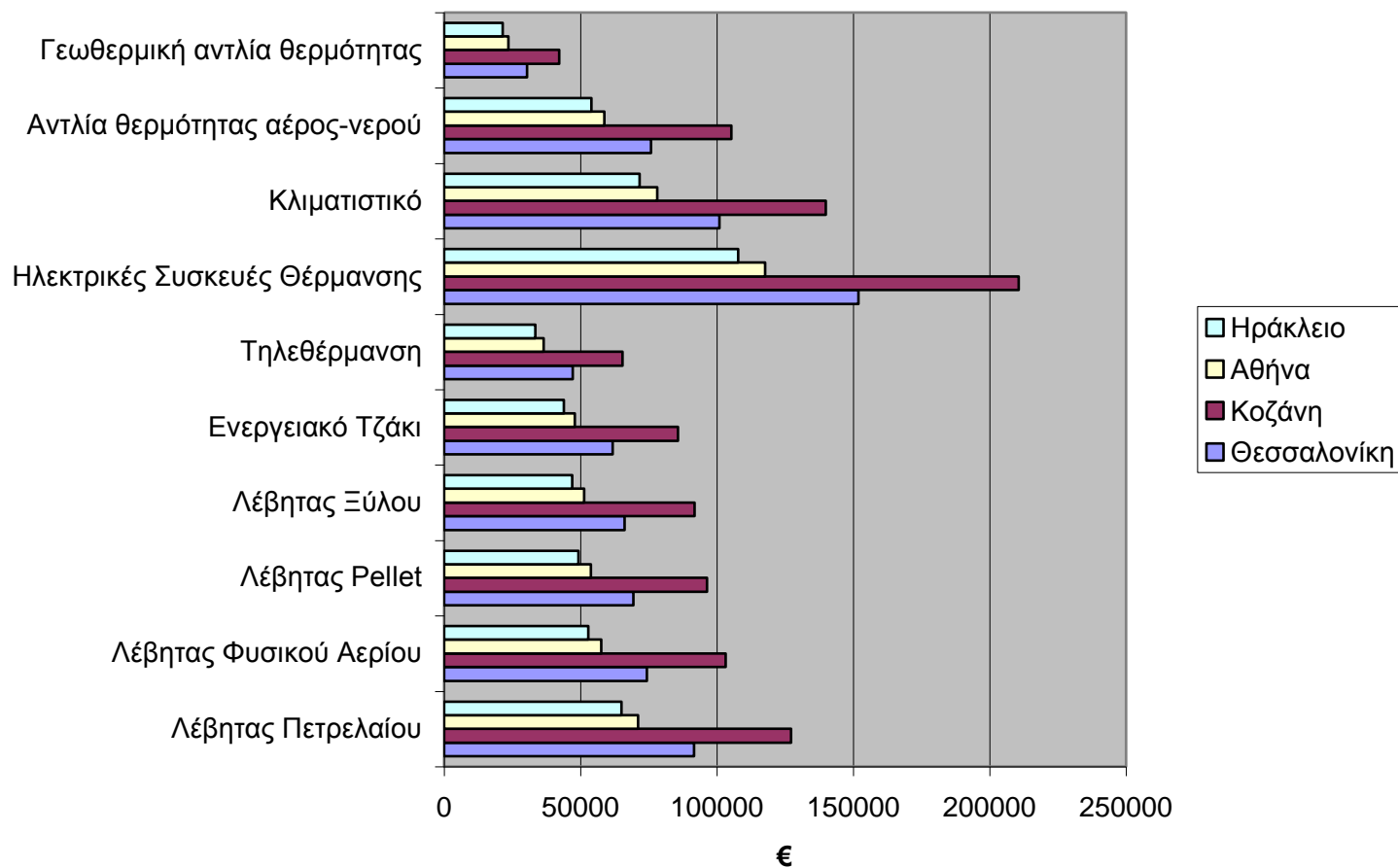
### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5%



**Διάγραμμα 5.10** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 5%

Με μείωση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 5% παρατηρούμε ότι λέβητας φυσικού αερίου γίνεται πολύ ανταγωνιστικός σε σχέση με την αντλία θερμότητας αέρος νερού. Επίσης βλέπουμε ότι ο λέβητας πετρελαίου αποτελεί καλύτερη λύση (βάσει του κόστους λειτουργίας) απ αυτήν των κλιματιστικών. Στην περιοχή της Θεσσαλονίκης το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια του λέβητα πετρελαίου βλέπουμε ότι έπεσε κάτω απ τις 100.000 €, ενώ το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια του λέβητα φυσικού αερίου στην περιοχή του Ηρακλείου είναι λίγο μεγαλύτερο των 50.000 €. Αντιλαμβανόμαστε ότι στα επόμενα διαγράμματα, που η μεταβολή είναι μεγαλύτερη, θα έχουμε αλλαγές στην κατάταξη.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -10%

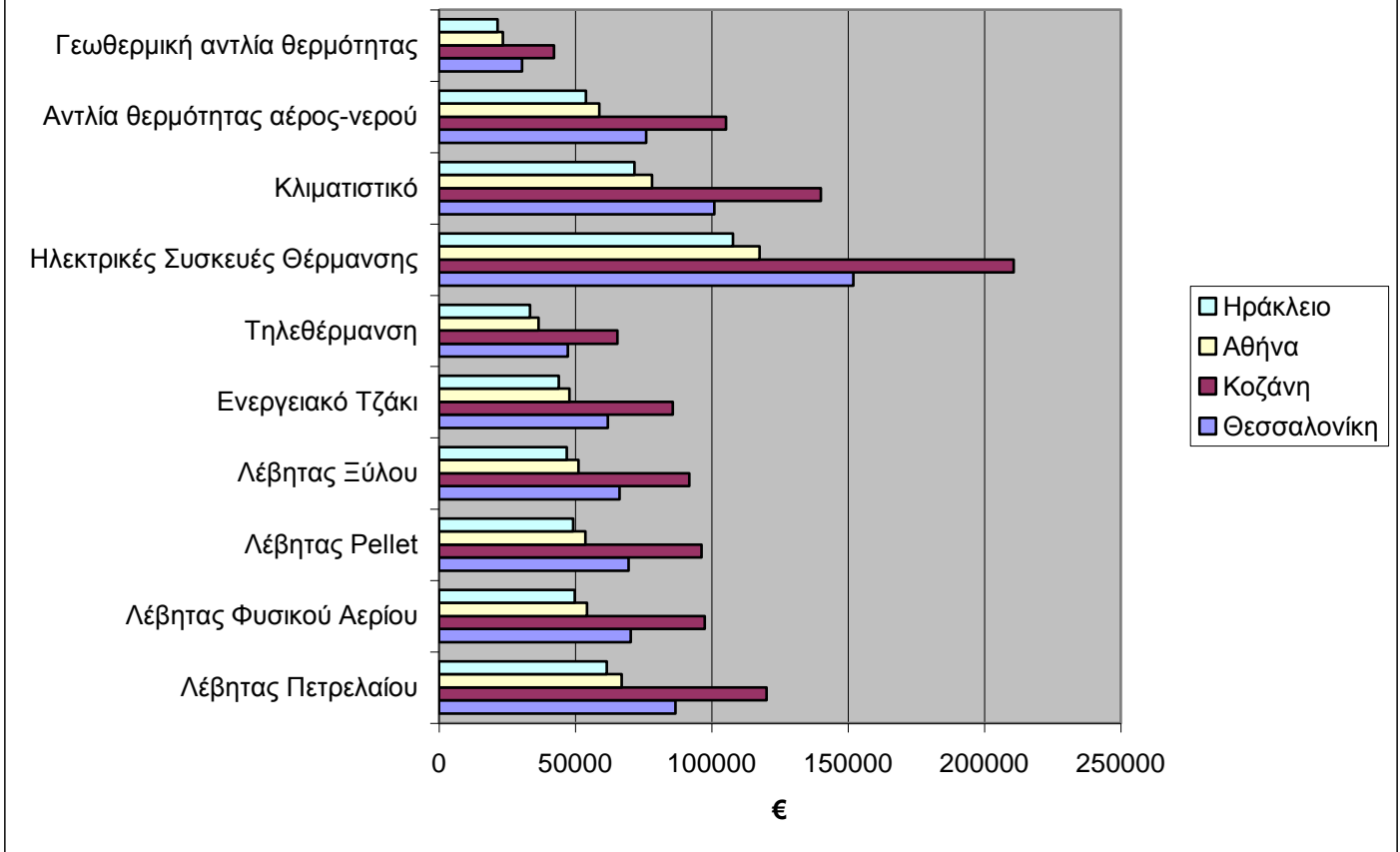


**Διάγραμμα 5.11** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 10%

Με μείωση στις τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 10% βλέπουμε ότι λέβητας πετρελαίου αρχίζει να αποτελεί αρκετά καλύτερη λύση από τα κλιματιστικά. Επίσης ο λέβητας φυσικού αερίου πλέον είναι οικονομικά καλύτερη λύση από την αντλία θερμότητας αέρος-νερού, και μάλιστα βλέπουμε ότι το κόστος λειτουργίας του στα 35 χρόνια πλησιάζει τα κόστη του ενεργειακού τζακιού και των λεβήτων ξύλου και πέλλετ.

Στην περιοχή του Ηρακλείου η τιμή του κόστους λειτουργίας στα 35 χρόνια του λέβητα φυσικού αερίου είναι σχεδόν 50.000 €, τιμή που είναι αρκετά μειωμένη σε σχέση με τις τιμές πριν την μεταβολή του κόστους των καυσίμων της ομάδας Α. Αλλά πάλι η μείωση αυτή δεν είναι αρκετή ώστε ο λέβητας αερίου να γίνει ανταγωνιστικός σε σχέση με την γεωθερμική αντλία θερμότητας.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -15%



**Διάγραμμα 5.12** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου κατά 15%

Εδώ παρατηρούμε ότι με την μείωση των τιμών των καυσίμων της ομάδας Α κατά 15%, ο λέβητας φυσικού αερίου έχει σχεδόν το ίδιο κόστος λειτουργίας με τον λέβητα pellet. Από την άλλη ο λέβητας πετρελαίου στην περιοχή της Κοζάνης έχει κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια σχεδόν 120.000 €, κόστος διπλάσιο απ αυτό του λέβητα πετρελαίου στην περιοχή του Ηρακλείου.

Τέλος με όλα αυτά αντιλαμβανόμαστε ότι ο λέβητας πετρελαίου πάλι αποτελεί ακριβή λύση παρόλο που μειώθηκαν οι τιμές των καυσίμων, ενώ αντίθετα ο λέβητας φυσικού αερίου με αυτήν την μείωση αρχίζει και αποτελεί πολύ ανταγωνιστικό σύστημα θέρμανσης.

### **Περίπτωση 3<sup>η</sup>: Αύξηση των τιμών της ομάδας Β κατά 5,10 και 15%**

Να θυμίσουμε ότι στην ομάδα Β περιλαμβάνεται ο λέβητας pellet, ο λέβητας ξύλου και το ενεργειακό τζάκι. Κοινό χαρακτηριστικό των τριών συστημάτων είναι ότι έχουν για καύσιμο την βιομάζα. Έστω ότι για άγνωστο λόγο αυξάνονται οι τιμές στα καύσιμα της ομάδας Β. Εξετάζονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις όπου έχουμε αύξηση κατά 5,10 και 15% αντίστοιχα. Από τον παρακάτω πίνακα θα πάρουμε τις τιμές για το πέλλετ και το ξύλο.

Καύσιμο	Κόστος ανά Μ.Μ καυσίμου [€]	Μεταβολή 5%	Μεταβολή 10%	Μεταβολή 15%
Πέλλετ	0,3	0,315	0,33	0,345
Ξύλο	0,18	0,189	0,198	0,207

**Πίνακας 5.45** Μεταβολή κατά 5,10 και 15% στις τιμές του πέλλετ και του ξύλου

Άρα το κόστος ανά παραγόμενη κιλοβατώρα θα γίνει όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Σύστημα	Κόστος ανά KWh [€/KWh]		
	Μεταβολή 5%	Μεταβολή 10%	Μεταβολή 15%
Λέβητας Pellet	0.0673	0.0705	0.0737
Λέβητας Ξύλου	0.0643	0.0673	0.0704
Ενεργειακό Τζάκι	0.06	0.0629	0.0657

**Πίνακας 5.46** Μεταβολή κατά 5,10 και 15% στο κόστος ανά KWh

Επομένως είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τα νέα ετήσια κόστη λειτουργίας, που προκύπτουν με τις παραπάνω μεταβολές, του λέβητα πέλλετ, του λέβητα ξύλου και του ενεργειακού τζακιού. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι πίνακες που προκύπτουν για μεταβολή 5,10 και 15%. Σημειώνεται ότι οι τιμές στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερές διότι δεν υπήρξε κάποια μεταβολή στην τιμή του καυσίμου τους.

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Λέβητας Pellet	2087	2186	2285	2894	3032	3170
Λέβητας Ξύλου	1993	2088	2183	2764	2896	3028
Ενεργειακό Τζάκι	1860	1949	2037	2580	2703	2826

**Πίνακας 5.47** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή 5,10 και 15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Λέβητας Pellet	1615	1692	1769	1481	1551	1622
Λέβητας Ξύλου	1543	1616	1690	1414	1482	1549
Ενεργειακό Τζάκι	1440	1509	1577	1320	1383	1446

**Πίνακας 5.48** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή 5,10 και 15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Εφόσον έχουμε υπολογίσει το ετήσιο κόστος λειτουργίας για όλες τις περιοχές βάσει των αλλαγών που έγιναν, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια.

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Λέβητας Pellet	73045	76510	79975	101290	106120	110950
Λέβητας Ξύλου	69755	73080	76405	96740	101360	105980
Ενεργειακό Τζάκι	65100	68215	71295	90300	94605	98910

**Πίνακας 5.49** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5,10 και 15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Λέβητας Pellet	56525	59220	61915	51835	54285	56770
Λέβητας Ξύλου	54005	56560	59150	49490	51870	54215
Ενεργειακό Τζάκι	50400	52815	55195	46200	48405	50610

**Πίνακας 5.50** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5,10 και 15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Αφού έχουμε υπολογίσει το νέο λειτουργικό κόστος στα 35 χρόνια και για τις τέσσερις περιοχές, βάσει των αλλαγών που προέκυψαν στην τιμή του πέλλετ και του ξύλου, μπορούμε να παρουσιάσουμε τον νέο συγκεντρωτικό πίνακα που θα περιλαμβάνει όλα τα συστήματα θέρμανσης. Στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια παραμένει ίδιο απ την στιγμή που δεν είχαμε κάποια μεταβολή στις τιμές τους. Επίσης θα παρουσιαστούν διαγράμματα για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]								
Σύστημα	Θεσσαλονίκη		Κοζάνη		Αθήνα		Ηράκλειο	
	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Λέβητας Πετρελαίου	101990	101990	141470	141470	78960	78960	72380	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	82460	114380	114380	63840	63840	58520	58520
Λέβητας Pellet	73045	76510	101290	106120	56525	59220	51835	54285
Λέβητας Ξύλου	69755	73080	96740	101360	54005	56560	49490	51870
Ενεργειακό Τζάκι	65100	68215	90300	94605	50400	52815	46200	48405
Τηλεθέρμανση	47215	47215	65485	65485	36540	36540	33495	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	151900	210700	210700	117600	117600	107800	107800
Κλιματιστικό	100905	100905	139965	139965	78120	78120	71610	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	75950	105350	105350	58800	58800	53900	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	30380	42140	42140	23520	23520	21560	21560

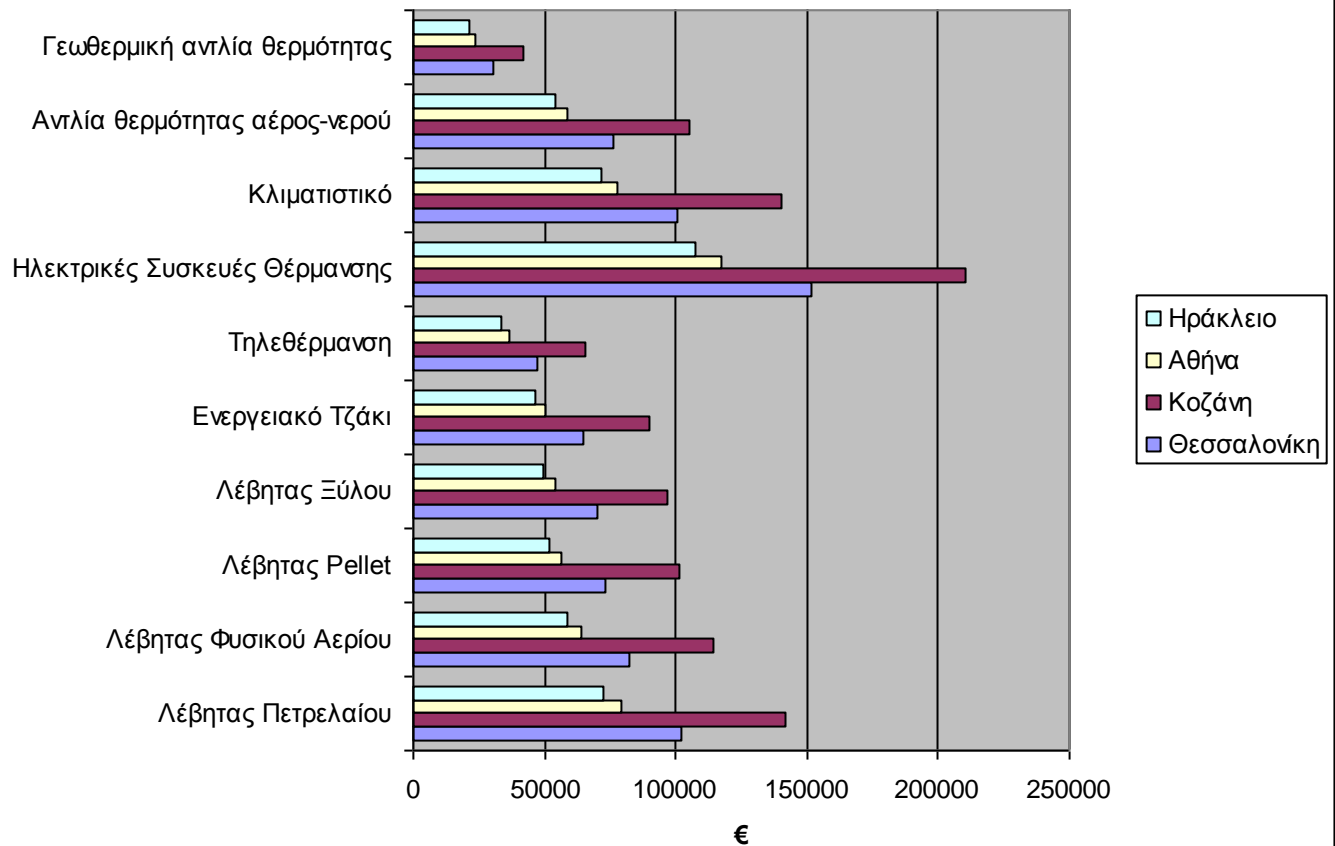
**Πίνακας 5.51** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5 και 10% στα καύσιμα της ομάδας Β

Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]				
Σύστημα	Θεσσαλονίκη	Κοζάνη	Αθήνα	Ηράκλειο
Λέβητας Πετρελαίου	101990	141470	78960	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	114380	63840	58520
Λέβητας Pellet	79975	110950	61915	56770
Λέβητας Ξύλου	76405	105980	59150	54215
Ενεργειακό Τζάκι	71295	98910	55195	50610
Τηλεθέρμανση	47215	65485	36540	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	210700	117600	107800
Κλιματιστικό	100905	139965	78120	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	105350	58800	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	42140	23520	21560

**Πίνακας 5.52** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 15% στα καύσιμα της ομάδας Β



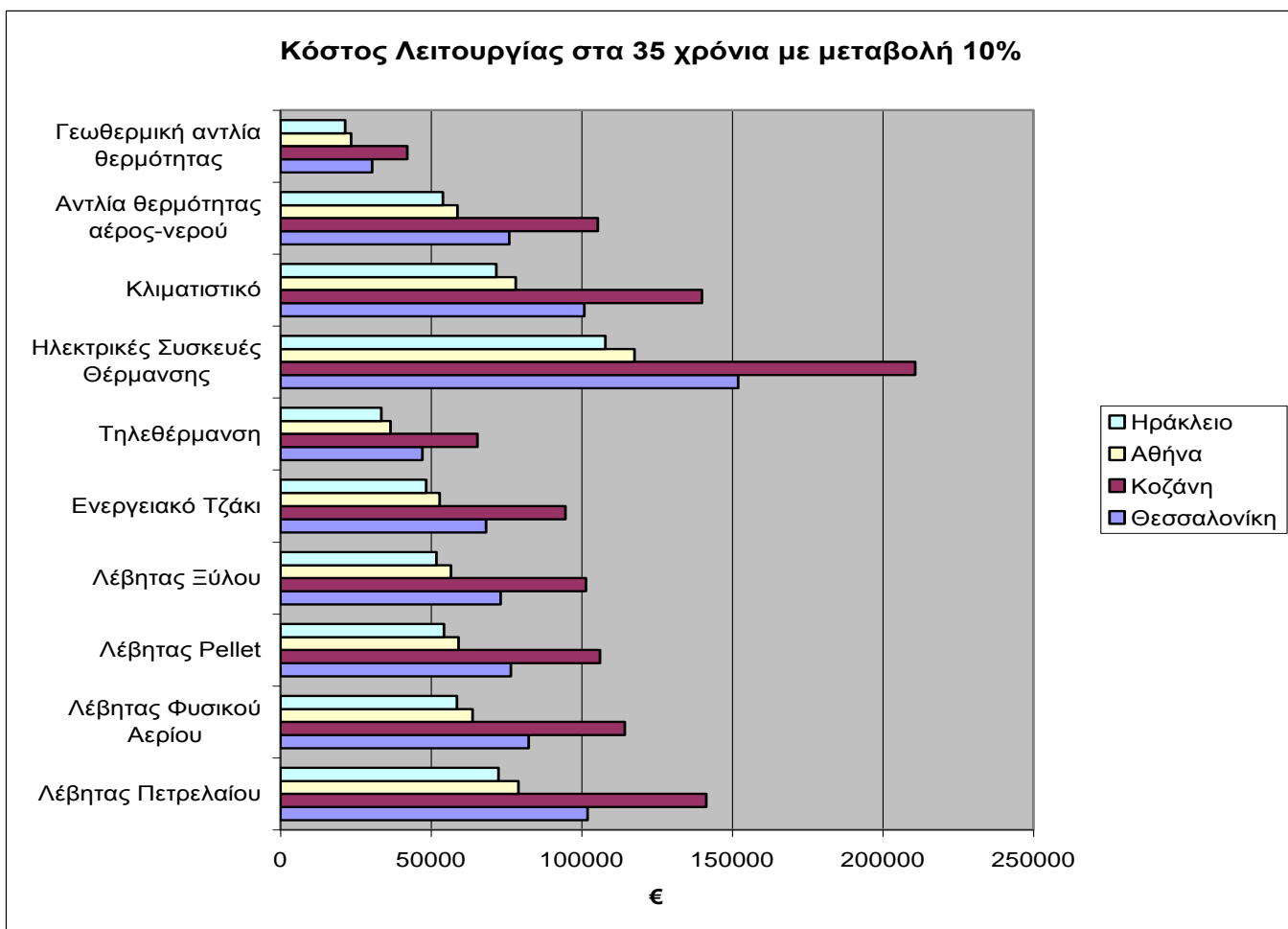
### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5%



**Διάγραμμα 5.13** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση των τιμών του πέλλετ και του ξύλου κατά 5%

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι με την αύξηση των τιμών του πέλλετ και του ξύλου κατά 5%, ο λέβητας πέλλετ στην περιοχή της Κοζάνης έχει κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια μεγαλύτερο των 100.000 € και ο λέβητας ξύλου στην ίδια περιοχή έχει κόστος λειτουργίας σχεδόν 100.000 €. Έτσι λοιπόν καταλαβαίνουμε ότι η τηλεθέρμανση, που είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα θέρμανσης στην Κοζάνη, αποτελεί πολύ καλύτερη λύση απ αυτές των λεβήτων βιομάζας.

Στην περιοχή της Αθήνας τώρα βλέπουμε ότι το ενεργειακό τζάκι έχει κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια 50.000 €, και αποτελεί μία απ τις καλύτερες λύσεις, παρόλο που αυξήθηκε η τιμή του ξύλου κατά 5%.

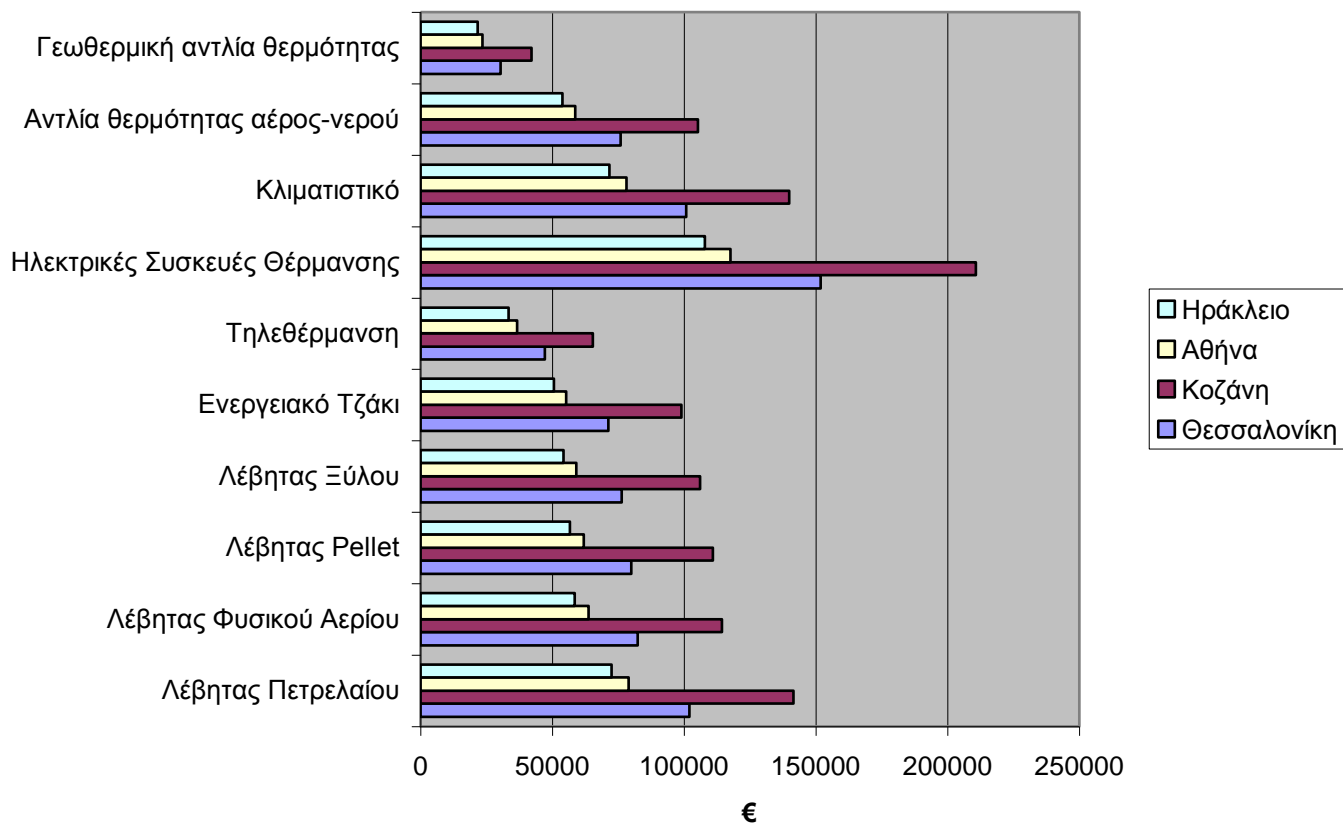


**Διάγραμμα 5.14** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση των τιμών του πέλλετ και του ξύλου κατά 10%

Τώρα με αύξηση των τιμών των καυσίμων της ομάδας Β κατά 10%, παρατηρούμε ότι ο λέβητας πέλλετ ξεπερνά σε κόστος την αντλία θερμότητας αέρος-νερού, ενώ το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια του λέβητα ξύλου πλησιάζει πολύ το κόστος της αντλίας θερμότητας. Αντίθετα το ενεργειακό τζάκι παραμένει πάλι ανταγωνιστική λύση.

Επίσης βλέπουμε ότι το κόστος λειτουργίας του λέβητα πέλλετ πλησιάζει αρκετά το κόστος του λέβητα φυσικού αερίου. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι οι λέβητες βιομάζας, με μια αύξηση στις τιμές των καυσίμων μεγαλύτερη του 10%, θα αποτελούν μη συμφέρουσες λύσεις, διότι θα έχουν κόστος λειτουργίας αντίστοιχο του λέβητα φυσικού αερίου, και εφόσον οι λέβητες αυτοί εξαρτώνται από εξωτερικό παράγοντα, ο λέβητας φυσικού αερίου θα αποτελεί καλύτερη λύση.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 15%



**Διάγραμμα 5.15** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση των τιμών του πέλλετ και του ξύλου κατά 15%

Με αύξηση τώρα κατά 15% στις τιμές των καυσίμων της ομάδας Β βλέπουμε ότι οι λέβητες βιομάζας και το ενεργειακό τζάκι αποτελούν καλύτερη λύση από τον λέβητα πετρελαίου, αλλά σε σχέση με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας έχουν διπλάσιο κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια.

Στην περιοχή του Ηρακλείου βλέπουμε ότι το ενεργειακό τζάκι ξεπερνά πλέον τις 50.000 €, με το κόστος των λεβήτων βιομάζας να είναι ακόμα πιο αυξημένο. Επίσης παρατηρούμε ότι το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια των λεβήτων βιομάζας ξεπερνά το κόστος της αντλίας θερμότητας αέρος-νερού, κάνοντας την καλύτερη λύση.

#### **Περίπτωση 4<sup>η</sup>: Μείωση των τιμών της ομάδας Β κατά 5,10 και 15%**

Έστω ότι για άγνωστο λόγο μειώνονται οι τιμές στα καύσιμα της ομάδας Β. Εξετάζονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις όπου έχουμε μείωση κατά 5,10 και 15% αντίστοιχα. Από τον παρακάτω πίνακα θα πάρουμε τις τιμές για το πέλλετ και το ξύλο.

Καύσιμο	Κόστος ανά Μ.Μ καυσίμου [€]	Μεταβολή -5%	Μεταβολή -10%	Μεταβολή -15%
Πέλλετ	0,3	0,285	0,27	0,255
Ξύλο	0,18	0,171	0,162	0,153

**Πίνακας 5.53** Μεταβολή κατά -5,-10 και -15% στις τιμές του πέλλετ και του ξύλου

Άρα το κόστος ανά παραγόμενη κιλοβατώρα θα γίνει όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Σύστημα	Κόστος ανά KWh [€/KWh]		
	Μεταβολή -5%	Μεταβολή -10%	Μεταβολή -15%
Λέβητας Pellet	0.0609	0.0577	0.0545
Λέβητας Ξύλου	0.0582	0.0551	0.052
Ενεργειακό Τζάκι	0.0543	0.0514	0.0486

**Πίνακας 5.54** Μεταβολή κατά -5,-10 και -15% στο κόστος ανά KWh

Επομένως είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τα νέα ετήσια κόστη λειτουργίας, που προκύπτουν με τις παραπάνω μεταβολές, του λέβητα πέλλετ, του λέβητα ξύλου και του ενεργειακού τζακιού. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι πίνακες που προκύπτουν για μεταβολή -5,-10 και -15%. Σημειώνεται ότι οι τιμές στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερές διότι δεν υπήρξε κάποια μεταβολή στην τιμή του καυσίμου τους.

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Λέβητας Pellet	1888	1788	1689	2619	2481	2343
Λέβητας Ξύλου	1803	1708	1613	2501	2369	2238
Ενεργειακό Τζάκι	1683	1594	1506	2334	2211	2089

**Πίνακας 5.55** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή -5,-10 και -15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Λέβητας Pellet	1462	1385	1308	1340	1269	1199
Λέβητας Ξύλου	1396	1322	1249	1280	1212	1145
Ενεργειακό Τζάκι	1303	1234	1166	1194	1131	1069

**Πίνακας 5.56** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή -5,-10 και -15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Εφόσον έχουμε υπολογίσει το ετήσιο κόστος λειτουργίας για όλες τις περιοχές βάσει των αλλαγών που έγιναν, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια.

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Λέβητας Pellet	66080	62580	59115	91665	86835	82005
Λέβητας Ξύλου	63105	59780	56455	87535	82915	78330
Ενεργειακό Τζάκι	58905	55790	52710	81690	77385	73115

**Πίνακας 5.57** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5,-10 και -15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Λέβητας Pellet	51170	48475	45780	46900	44415	41965
Λέβητας Ξύλου	48860	46270	43715	44800	42420	40075
Ενεργειακό Τζάκι	45605	43190	40810	41790	39585	37415

**Πίνακας 5.58** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5,-10 και -15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Αφού έχουμε υπολογίσει το νέο λειτουργικό κόστος στα 35 χρόνια και για τις τέσσερις περιοχές, βάσει των αλλαγών που προέκυψαν στην τιμή του πέλλετ και του ξύλου, μπορούμε να παρουσιάσουμε τον νέο συγκεντρωτικό πίνακα που θα περιλαμβάνει όλα τα συστήματα θέρμανσης. Στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια παραμένει ίδιο απ την στιγμή που δεν είχαμε κάποια μεταβολή στις τιμές τους. Επίσης θα παρουσιαστούν διαγράμματα για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

**Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]**

Σύστημα	Θεσσαλονίκη		Κοζάνη		Αθήνα		Ηράκλειο	
	-5%	-10%	-5%	-10%	-5%	-10%	-5%	-10%
Λέβητας Πετρελαίου	101990	101990	141470	141470	78960	78960	72380	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	82460	114380	114380	63840	63840	58520	58520
Λέβητας Pellet	66080	62580	91665	86835	51170	48475	46900	44415
Λέβητας Ξύλου	63105	59780	87535	82915	48860	46270	44800	42420
Ενεργειακό Τζάκι	58905	55790	81690	77385	45605	43190	41790	39585
Τηλεθέρμανση	47215	47215	65485	65485	36540	36540	33495	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	151900	210700	210700	117600	117600	107800	107800
Κλιματιστικό	100905	100905	139965	139965	78120	78120	71610	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	75950	105350	105350	58800	58800	53900	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	30380	42140	42140	23520	23520	21560	21560

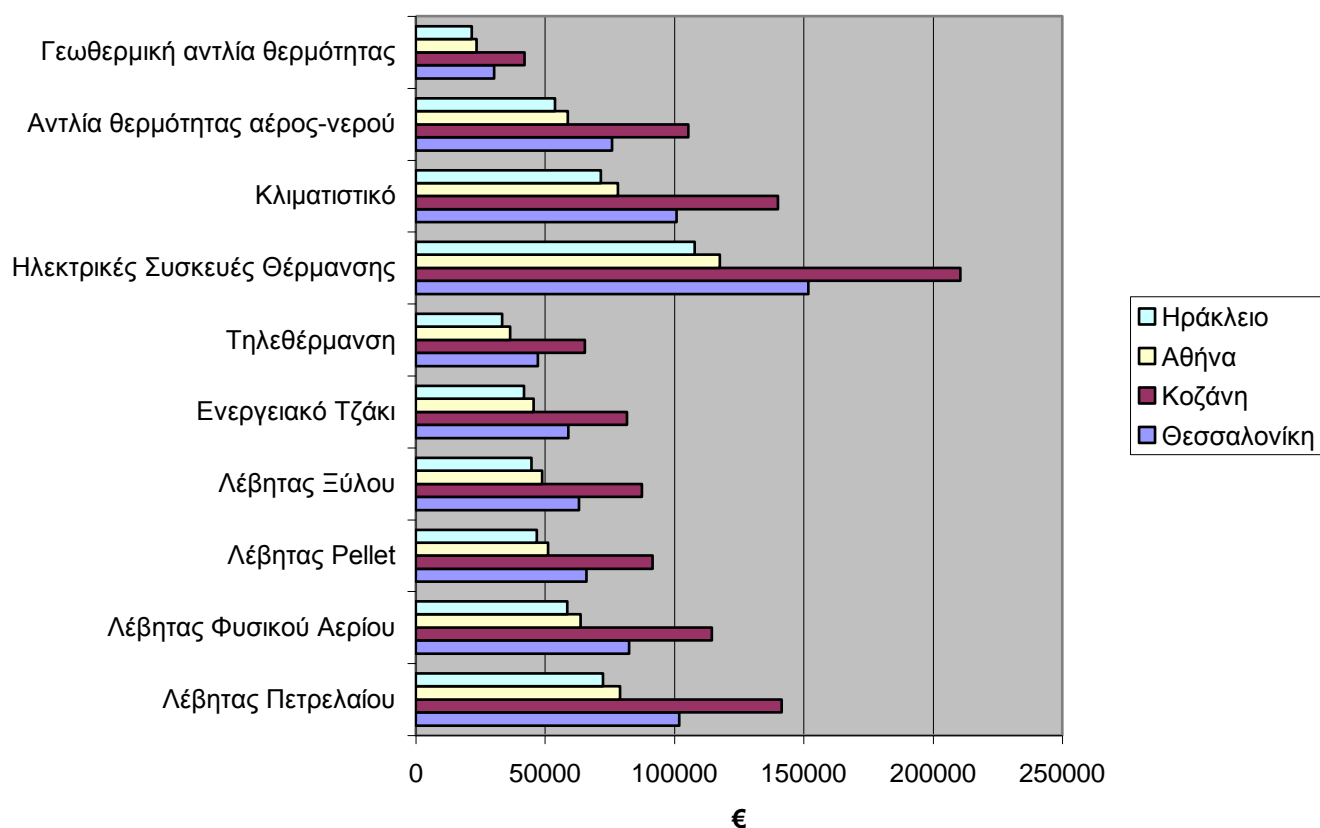
**Πίνακας 5.59** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5 και -10% στα καύσιμα της ομάδας Β

**Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]**

Σύστημα	Θεσσαλονίκη	Κοζάνη	Αθήνα	Ηράκλειο
Λέβητας Πετρελαίου	101990	141470	78960	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	114380	63840	58520
Λέβητας Pellet	59115	82005	45780	41965
Λέβητας Ξύλου	56455	78330	43715	40075
Ενεργειακό Τζάκι	52710	73115	40810	37415
Τηλεθέρμανση	47215	65485	36540	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	210700	117600	107800
Κλιματιστικό	100905	139965	78120	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	105350	58800	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	42140	23520	21560

**Πίνακας 5.60** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -15% στα καύσιμα της ομάδας Β

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5%



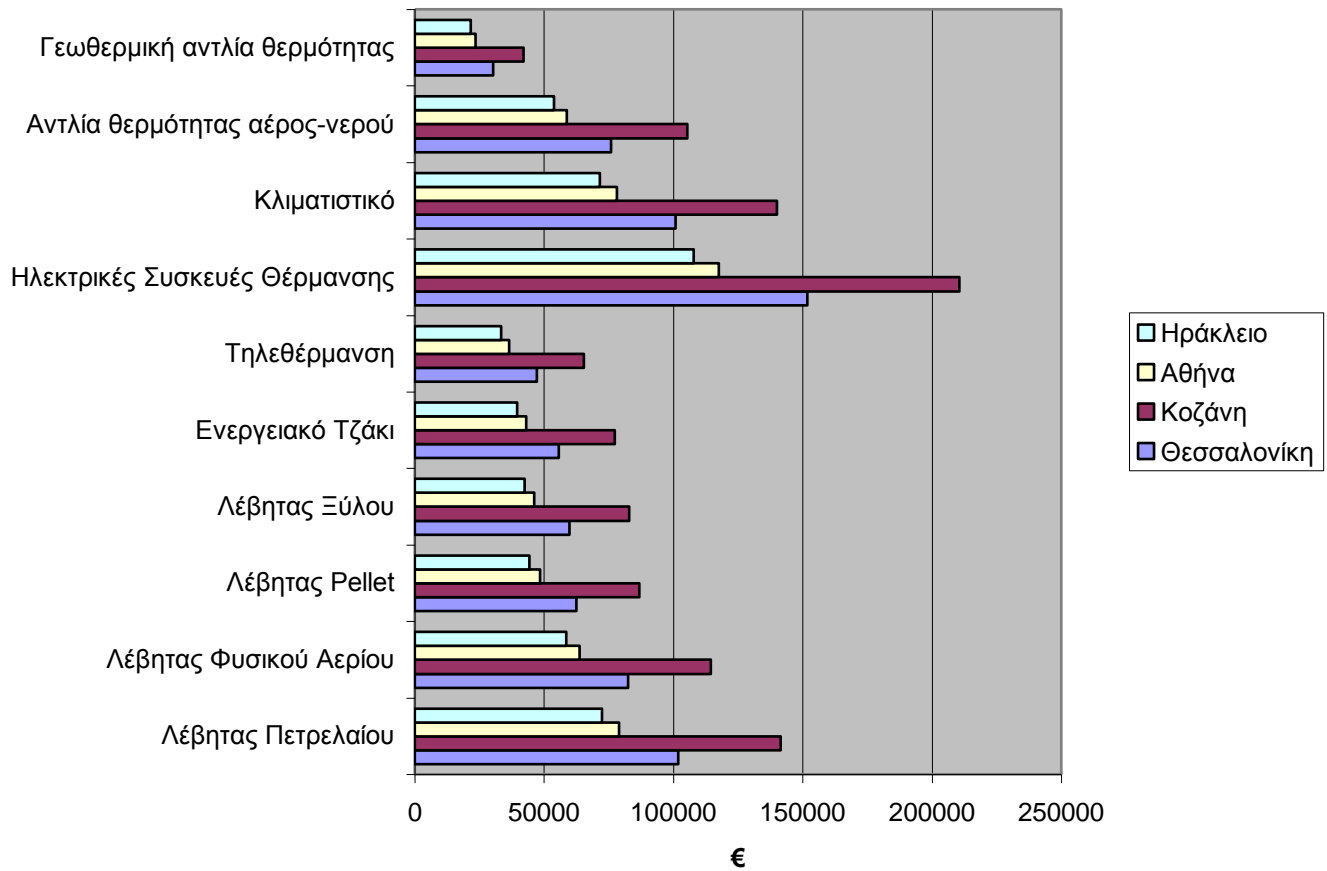
**Διάγραμμα 5.16** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση των τιμών του πέλλετ και του ξύλου κατά 5%

Όπως ήταν αναμενόμενο οι λέβητες βιομάζας και το ενεργειακό τζάκι, μαζί με την τηλεθέρμανση και την γεωθερμική αντλία θερμότητας αποτελούν τις πιο οικονομικές λύσεις. Αυτό συνέβαινε και πριν την μείωση των τιμών του πέλλετ και του ξύλου κατά 5%, απλά τώρα με την μεταβολή αυτή τα συστήματα της ομάδας Β γίνονται αρκετά πιο οικονομικά (ως προς το κόστος λειτουργίας) από την αντλία θερμότητας αέρος-νερού.

Επίσης παρατηρούμε ότι με την μεταβολή αυτή τα συστήματα θέρμανσης της ομάδας Β, στις περιοχές της Αθήνας και του Ηρακλείου, παρουσιάζουν κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια μικρότερο των 50.000 €.



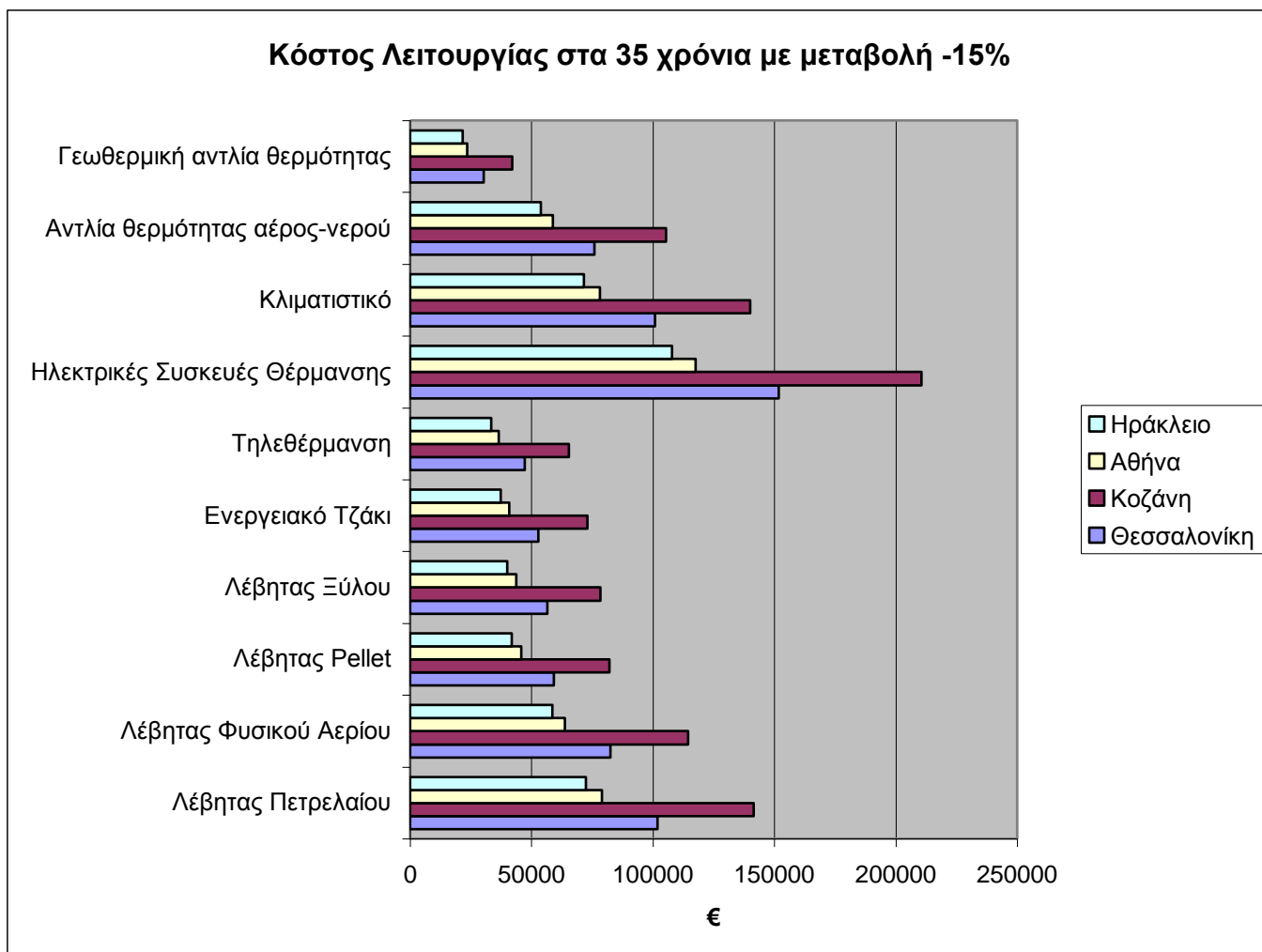
### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -10%



**Διάγραμμα 5.17** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση των τιμών του πέλλετ και του ξύλου κατά 10%

Αν τώρα η μείωση στις τιμές του πέλλετ και του ξύλου είναι 10% βλέπουμε ότι το ενεργειακό τζάκι αρχίζει να γίνεται ανταγωνιστικό σε σχέση με την τηλεθέρμανση, ενώ οι λέβητας βιομάζας ισχυροποιούν την θέση τους στα οικονομικά συστήματα θέρμανσης.

Στην περιοχή της Θεσσαλονίκης βλέπουμε ότι οι λέβητες βιομάζας έχουν κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια μικρότερο των 70.000 €, αντίθετα ο λέβητας φυσικού αερίου έχει κόστος μεγαλύτερο των 75.000 € και αυτός του πετρελαίου μεγαλύτερο των 100.000 €. Επομένως αντιλαμβανόμαστε ότι οι λέβητες βιομάζας με την μείωση των τιμών κατά 10% , αποτελούν μια πολύ συμφέρουσα λύση.



**Διάγραμμα 5.18** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση των τιμών του πέλλετ και του ξύλου κατά 15%

Με μείωση των τιμών των καυσίμων της ομάδας Β κατά 15%, παρατηρούμε ότι το ενεργειακό τζάκι και οι λέβητες βιομάζας έχουν σχεδόν ίδιο κόστος λειτουργίας με την τηλεθέρμανση. Επίσης με την μεταβολή αυτή μικραίνει αρκετά και η ψαλίδα ανάμεσα σε γεωθερμική αντλία θερμότητας και συστημάτων θέρμανσης της ομάδας Β.

Από την στιγμή που τα συστήματα θέρμανσης της ομάδας Β αποτελούσαν οικονομικές λύσεις και πριν τις μεταβολές των τιμών, είναι απολύτως φυσιολογικό με μείωση των τιμών του πέλλετ και του ξύλου έως και 15% να γίνονται ακόμα πιο οικονομικές λύσεις και πιο ελκυστικές. Το βασικότερο μειονέκτημά τους όμως, που είναι η εξάρτηση από εξωτερικά παράγοντα, πολλές φορές εμποδίζει τους ανθρώπους να καταφύγουν σε μια τέτοια λύση.

### **Περίπτωση 5<sup>η</sup>: Αύξηση των τιμών της ομάδας Γ κατά 5,10 και 15%**

Επισημαίνεται ότι στην ομάδα Γ συμπεριλαμβάνεται μόνο η τηλεθέρμανση. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε ξεχωριστά το σύστημα της τηλεθέρμανσης είναι ότι αποτελεί μια ιδιαίτερη περίπτωση, και στην χώρα μας χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στο δήμο Κοζάνης.

Αρχικά θα υπολογίσουμε το κόστος ανά παραγόμενη KWh με αύξηση των τιμών κατά 5,10 και 15%.

Σύστημα	Κόστος ανά KWh [€/KWh]			
	Κόστος ανά KWh	Μεταβολή 5%	Μεταβολή 10%	Μεταβολή 15%
Τηλεθέρμανση	0.0435	0.0457	0.0479	0.05

**Πίνακας 5.61** Μεταβολή κατά 5,10 και 15% στο κόστος ανά KWh

Επομένως είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τα νέα ετήσια κόστη λειτουργίας, που προκύπτουν με τις παραπάνω μεταβολές στην τιμή της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι πίνακες που προκύπτουν για μεταβολή 5,10 και 15%. Σημειώνεται ότι οι τιμές στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερές διότι δεν υπήρξε κάποια μεταβολή στην τιμή του καυσίμου τους.

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Τηλεθέρμανση	1417	1485	1550	1965	2060	2150
Σύστημα	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
	Τηλεθέρμανση	1097	1150	1200	1005	1054

**Πίνακας 5.62** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή 5,10 και 15% για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

Εφόσον έχουμε υπολογίσει το ετήσιο κόστος λειτουργίας για όλες τις περιοχές βάσει των αλλαγών που έγιναν, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια.

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Τηλεθέρμανση	49595	51975	54250	68775	72100	75250
Σύστημα	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
	Τηλεθέρμανση	38395	40250	42000	35175	36890

**Πίνακας 5.63** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5,10 και 15% για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

Αφού έχουμε υπολογίσει το νέο λειτουργικό κόστος στα 35 χρόνια και για τις τέσσερις περιοχές, βάσει των αλλαγών που προέκυψαν στην τιμή της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης, μπορούμε να παρουσιάσουμε τον νέο συγκεντρωτικό πίνακα που θα περιλαμβάνει όλα τα συστήματα θέρμανσης. Στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια παραμένει ίδιο απ την στιγμή που δεν είχαμε κάποια μεταβολή στις τιμές τους. Επίσης θα παρουσιαστούν διαγράμματα για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

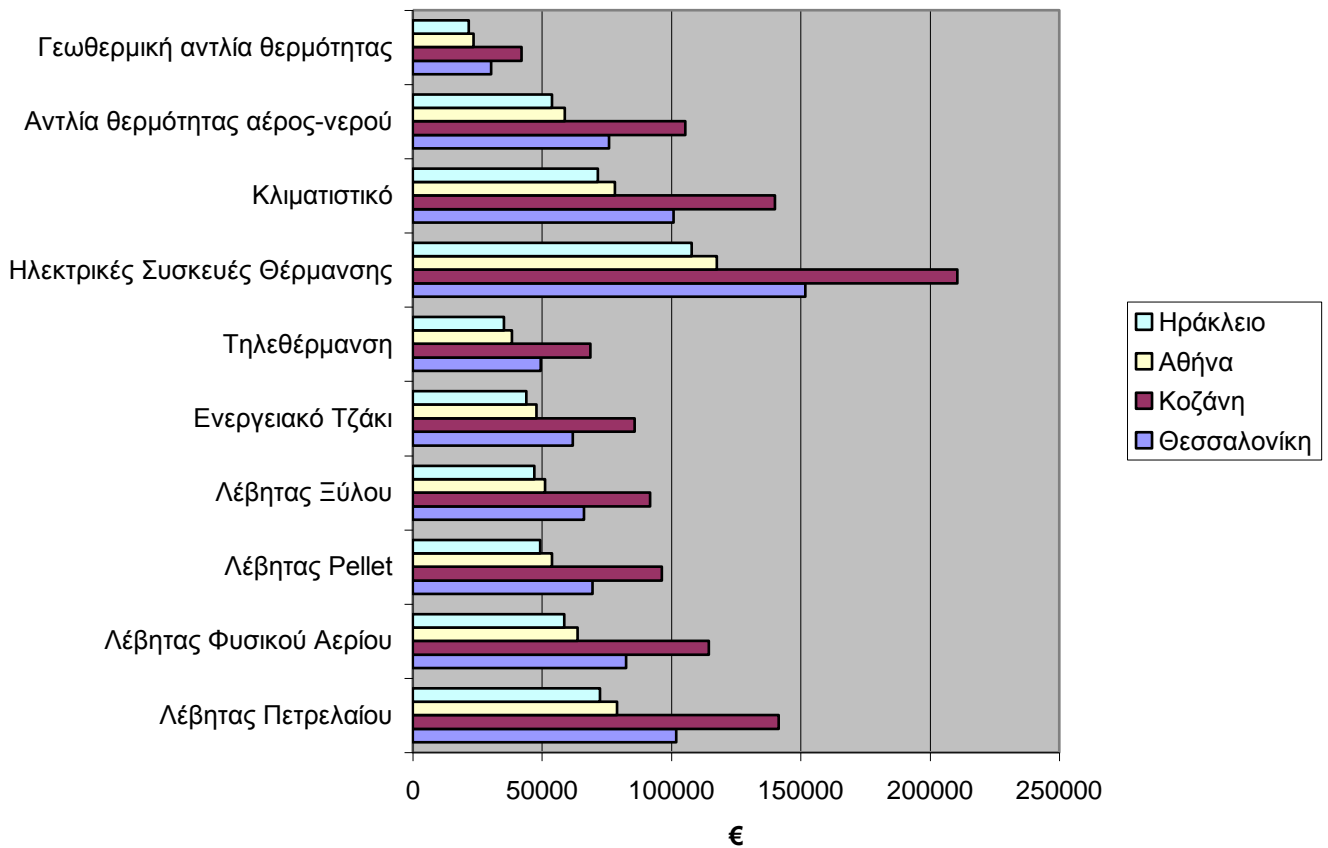
Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]								
Σύστημα	Θεσσαλονίκη		Κοζάνη		Αθήνα		Ηράκλειο	
	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Λέβητας Πετρελαίου	101990	101990	141470	141470	78960	78960	72380	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	82460	114380	114380	63840	63840	58520	58520
Λέβητας Pellet	69440	69440	96320	96320	53760	53760	49280	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	66185	91805	91805	51240	51240	46970	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	61845	85785	85785	47880	47880	43890	43890
Τηλεθέρμανση	49595	51975	68775	72100	38395	40250	35175	36890
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	151900	210700	210700	117600	117600	107800	107800
Κλιματιστικό	100905	100905	139965	139965	78120	78120	71610	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	75950	105350	105350	58800	58800	53900	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	30380	42140	42140	23520	23520	21560	21560

**Πίνακας 5.64** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5 και 10% στα καύσιμα της ομάδας Γ

Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]				
Σύστημα	Θεσσαλονίκη	Κοζάνη	Αθήνα	Ηράκλειο
Λέβητας Πετρελαίου	101990	141470	78960	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	114380	63840	58520
Λέβητας Pellet	69440	96320	53760	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	91805	51240	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	85785	47880	43890
Τηλεθέρμανση	54250	75250	42000	38500
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	210700	117600	107800
Κλιματιστικό	100905	139965	78120	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	105350	58800	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	42140	23520	21560

**Πίνακας 5.65** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 15% στα καύσιμα της ομάδας Γ

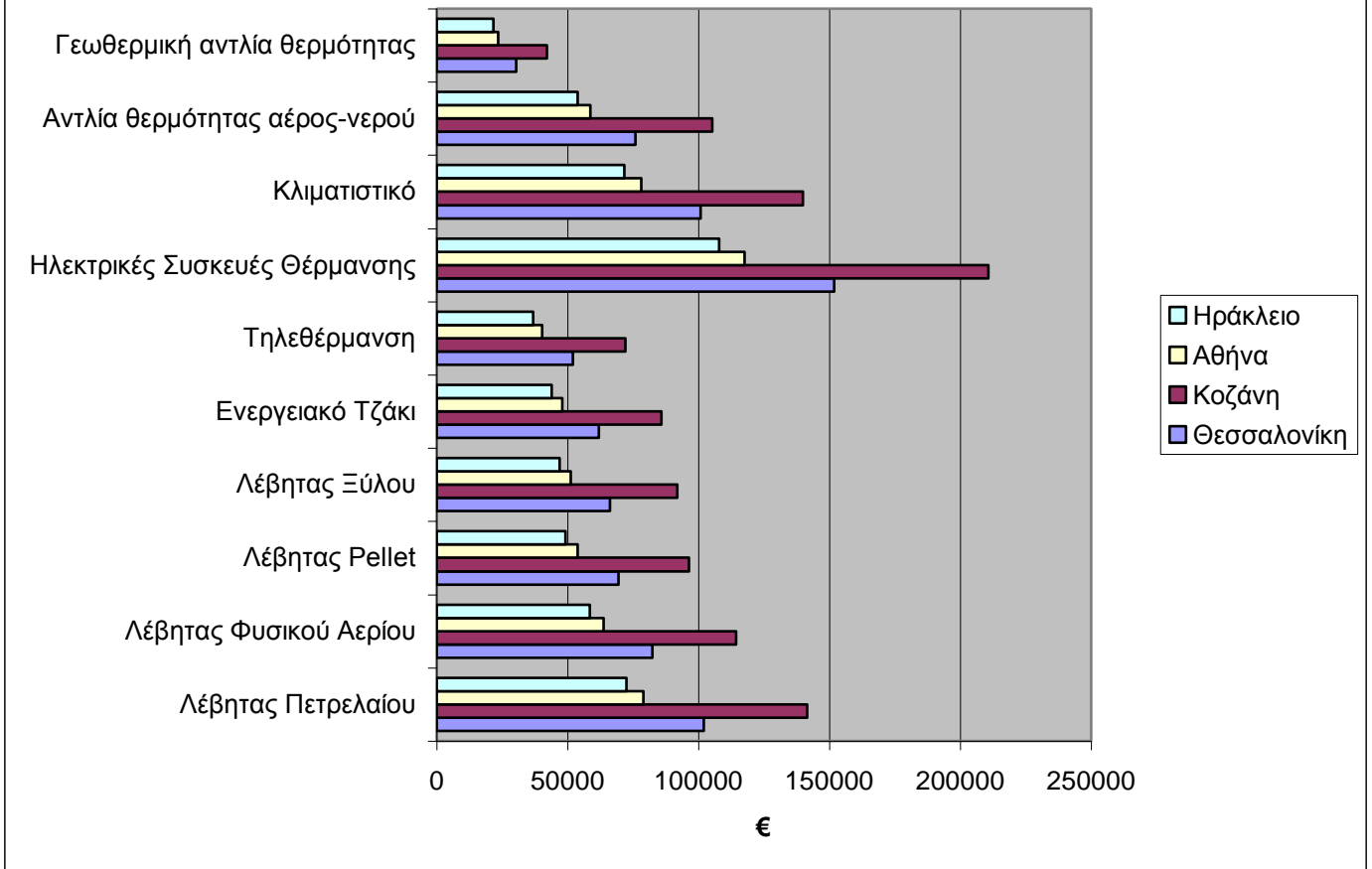
### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5%



**Διάγραμμα 5.19** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση της τιμής της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης κατά 5%

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι ακόμα και με αύξηση κατά 5% στην τιμή της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης, το σύστημα αυτό παραμένει το οικονομικότερο μετά την γεωθερμική αντλία θερμότητας. Στην περιοχή της Θεσσαλονίκης βλέπουμε ότι το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια ανέρχεται στα 50.000 €, αντίθετα στις περιοχές του Ηρακλείου και της Αθήνας το κόστος παραμένει μικρότερο των 40.000 €. Η τηλεθέρμανση που είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα στην Κοζάνη, μετά την αύξηση κατά 5%, έχει κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια σχεδόν 69.000 €, που σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου είναι οικονομικότερο κατά 72.000 € που αποτελεί ένα πολύ σημαντικό ποσό.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 10%

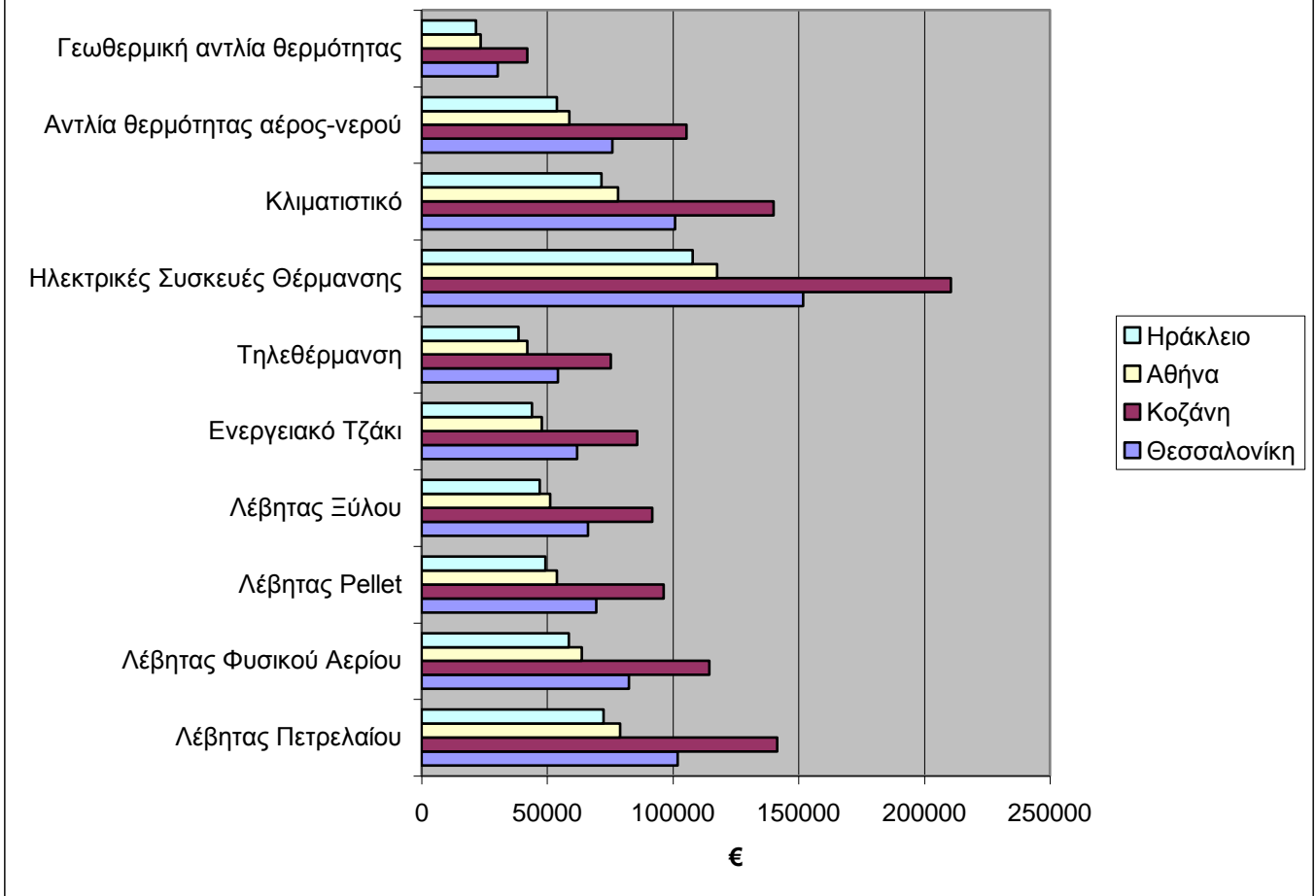


**Διάγραμμα 5.20** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση της τιμής της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης κατά 10%

Παρατηρούμε ότι και με αύξηση κατά 10% στην τιμή της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης, δεν υπάρχουν αλλαγές στην κατάταξη του κόστους λειτουργίας στα 35 χρόνια.

Πάλι στην περιοχή της Κοζάνης η τηλεθέρμανση σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου εμφανίζει σημαντική οικονομία στα 35 χρόνια, κοντά στις 69.500 €. Ενώ σε σχέση με τον λέβητα φυσικού αερίου η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται αγγίζει τις 42.500 €.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 15%



**Διάγραμμα 5.21** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση της τιμής της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης κατά 15%

Τέλος ακόμα και με αύξηση 15% στην τιμή της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης, η κατάταξη μένει ως έχει. Αλλά είναι φανερό ότι το κόστος λειτουργίας της τηλεθέρμανσης στα 35 χρόνια πλησιάζει αρκετά το κόστος λειτουργίας του ενεργειακού τζακιού. Επίσης στην περιοχή της Θεσσαλονίκης βλέπουμε ότι το κόστος πλέον ξεπερνά τις 50.000 €, αντίθετα στις περιοχές της Αθήνας και του Ηρακλείου παραμένει μικρότερο των 45.000 €.

Επομένως με όλα αυτά γίνεται κατανοητό ότι η τηλεθέρμανση αποτελεί μια πολύ αξιόπιστη λύση και συγχρόνως πολύ οικονομική σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης. Απλά στην χώρα μας ελάχιστες περιοχές έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα θέρμανσης.



### **Περίπτωση 6<sup>η</sup>: Μείωση των τιμών της ομάδας Γ κατά 5,10 και 15%**

Αρχικά θα υπολογίσουμε το κόστος ανά παραγόμενη KWh με μείωση των τιμών κατά 5,10 και 15%.

Σύστημα	Κόστος ανά KWh [€/KWh]			
	Κόστος ανά KWh	Μεταβολή -5%	Μεταβολή -10%	Μεταβολή -15%
Τηλεθέρμανση	0.0435	0.0413	0.0392	0.037

**Πίνακας 5.66** Μεταβολή κατά -5,-10 και -15% στο κόστος ανά KWh

Επομένως είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τα νέα ετήσια κόστη λειτουργίας, που προκύπτουν με τις παραπάνω μεταβολές στην τιμή της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι πίνακες που προκύπτουν για μεταβολή -5,-10 και -15% . Σημειώνεται ότι οι τιμές στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερές διότι δεν υπήρξε κάποια μεταβολή στην τιμή του καυσίμου τους.

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Τηλεθέρμανση	1280	1215	1147	1871	1686	1591

Σύστημα	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
	Τηλεθέρμανση	991	941	888	909	862

**Πίνακας 5.67** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή -5,-10 και -15% για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

Εφόσον έχουμε υπολογίσει το ετήσιο κόστος λειτουργίας για όλες τις περιοχές βάσει των αλλαγών που έγιναν, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια.

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Τηλεθέρμανση	44800	42525	40145	65485	59010	55685
Σύστημα	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
	Τηλεθέρμανση	34685	32935	31080	31815	30170

**Πίνακας 5.68** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5,-10 και -15% για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες

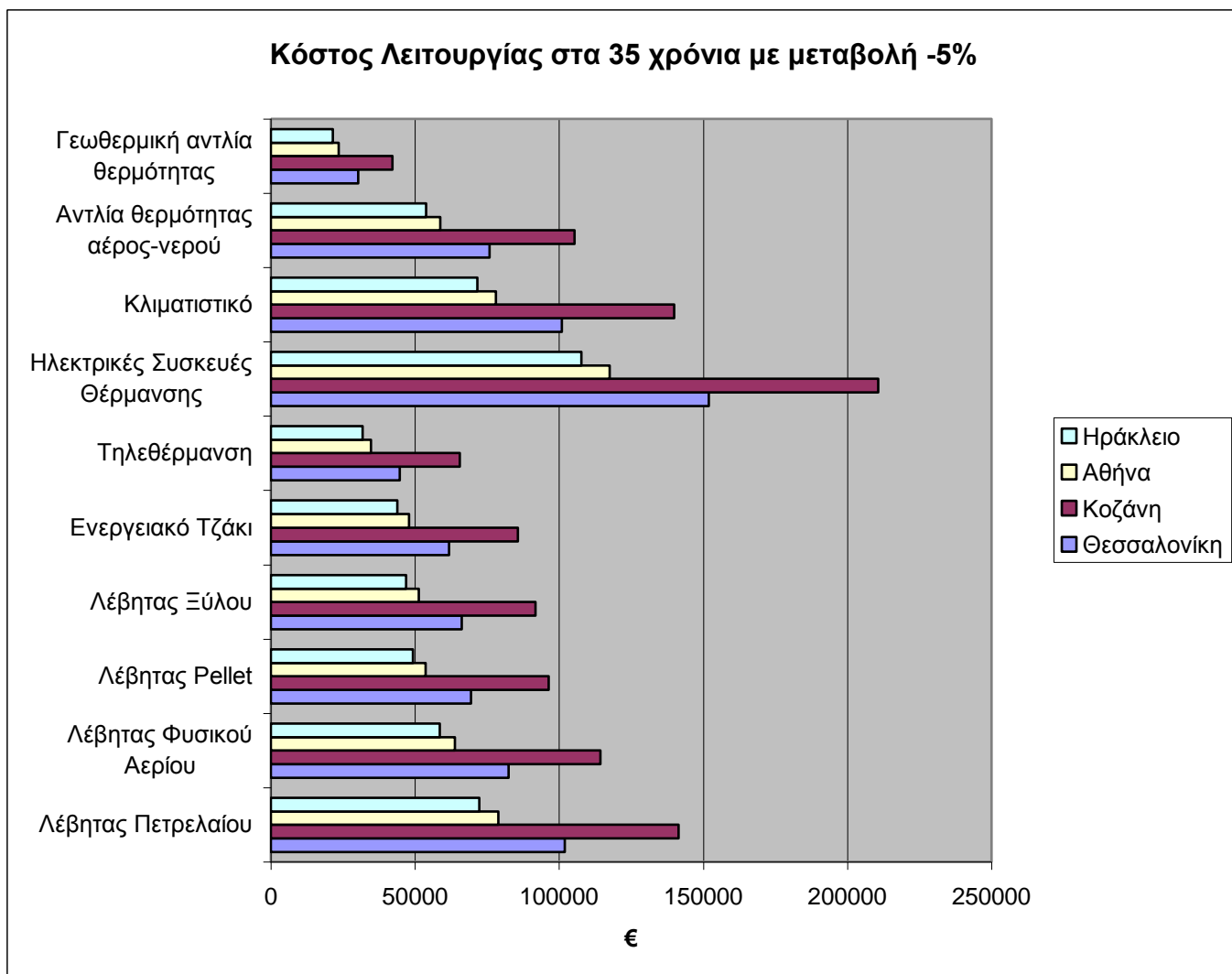
Αφού έχουμε υπολογίσει το νέο λειτουργικό κόστος στα 35 χρόνια και για τις τέσσερις περιοχές, βάσει των αλλαγών που προέκυψαν στην τιμή της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης, μπορούμε να παρουσιάσουμε τον νέο συγκεντρωτικό πίνακα που θα περιλαμβάνει όλα τα συστήματα θέρμανσης. Στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια παραμένει ίδιο απ την στιγμή που δεν είχαμε κάποια μεταβολή στις τιμές τους. Επίσης θα παρουσιαστούν διαγράμματα για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]								
Σύστημα	Θεσσαλονίκη		Κοζάνη		Αθήνα		Ηράκλειο	
	-5%	-10%	-5%	-10%	-5%	-10%	-5%	-10%
Λέβητας Πετρελαίου	101990	101990	141470	141470	78960	78960	72380	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	82460	114380	114380	63840	63840	58520	58520
Λέβητας Pellet	69440	69440	96320	96320	53760	53760	49280	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	66185	91805	91805	51240	51240	46970	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	61845	85785	85785	47880	47880	43890	43890
Τηλεθέρμανση	44800	42525	65485	59010	34685	32935	31815	30170
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	151900	210700	210700	117600	117600	107800	107800
Κλιματιστικό	100905	100905	139965	139965	78120	78120	71610	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	75950	105350	105350	58800	58800	53900	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	30380	42140	42140	23520	23520	21560	21560

**Πίνακας 5.69** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5 και -10% στα καύσιμα της ομάδας Γ

Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]				
Σύστημα	Θεσσαλονίκη	Κοζάνη	Αθήνα	Ηράκλειο
Λέβητας Πετρελαίου	101990	141470	78960	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	114380	63840	58520
Λέβητας Pellet	69440	96320	53760	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	91805	51240	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	85785	47880	43890
Τηλεθέρμανση	40145	55685	31080	28490
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	151900	210700	117600	107800
Κλιματιστικό	100905	139965	78120	71610
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	75950	105350	58800	53900
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	30380	42140	23520	21560

**Πίνακας 5.70** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -15% στα καύσιμα της ομάδας Γ

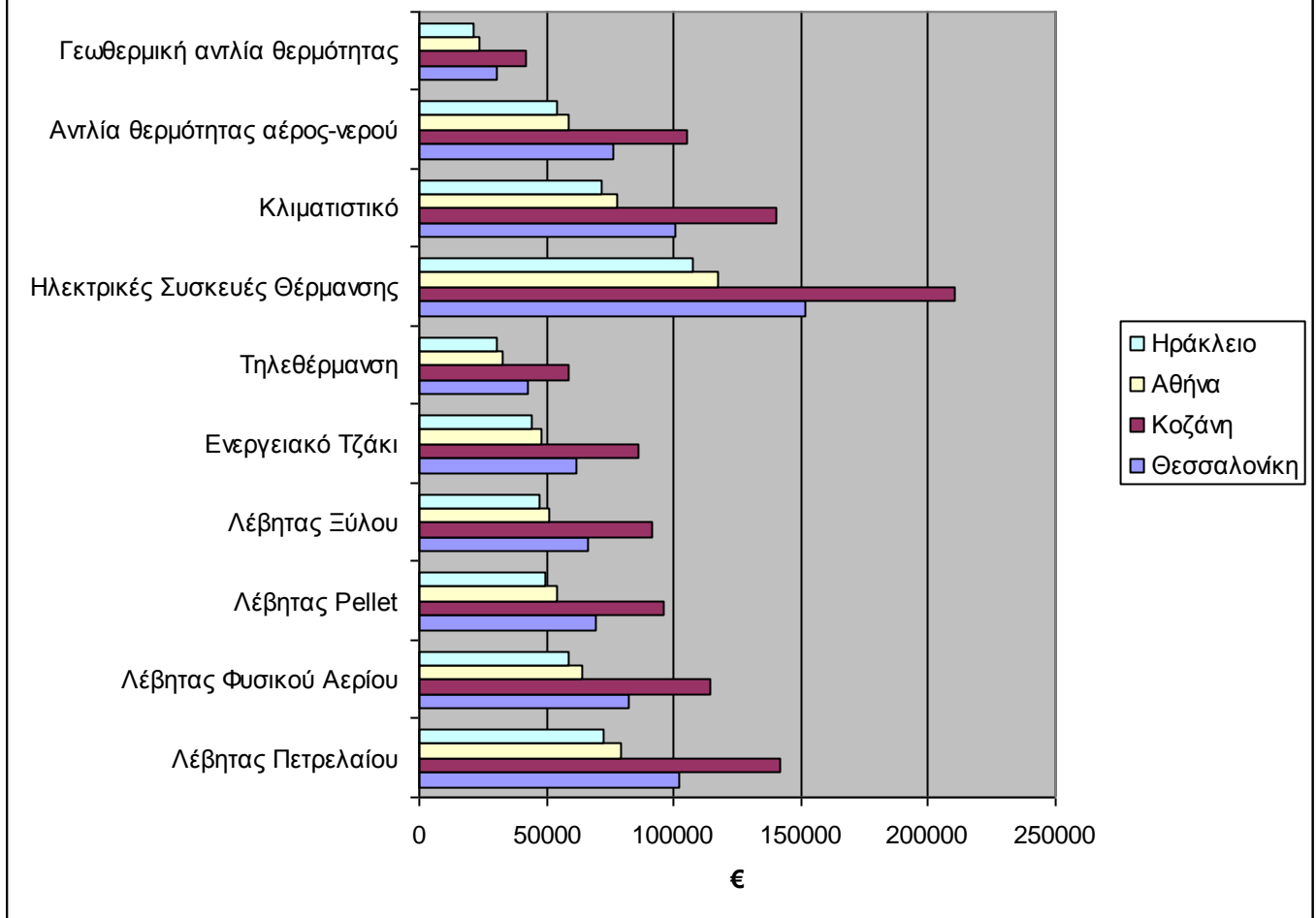


**Διάγραμμα 5.22** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση της τιμής της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης κατά 5%

Παρατηρούμε λοιπόν ότι με μείωση της τιμής της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης κατά 5%, η τηλεθέρμανση γίνεται ένα πολύ οικονομικό σύστημα, και το κόστος λειτουργίας της στα 35 χρόνια μικραίνει κι άλλο σε σχέση με το κόστος του ενεργειακού τζακιού και των λεβήτων βιομάζας.

Στις περιοχές της Αθήνας και του Ηρακλείου μάλιστα το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια είναι μικρότερο των 35.000 €, πόσο που είναι πολύ ικανοποιητικό σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -10%

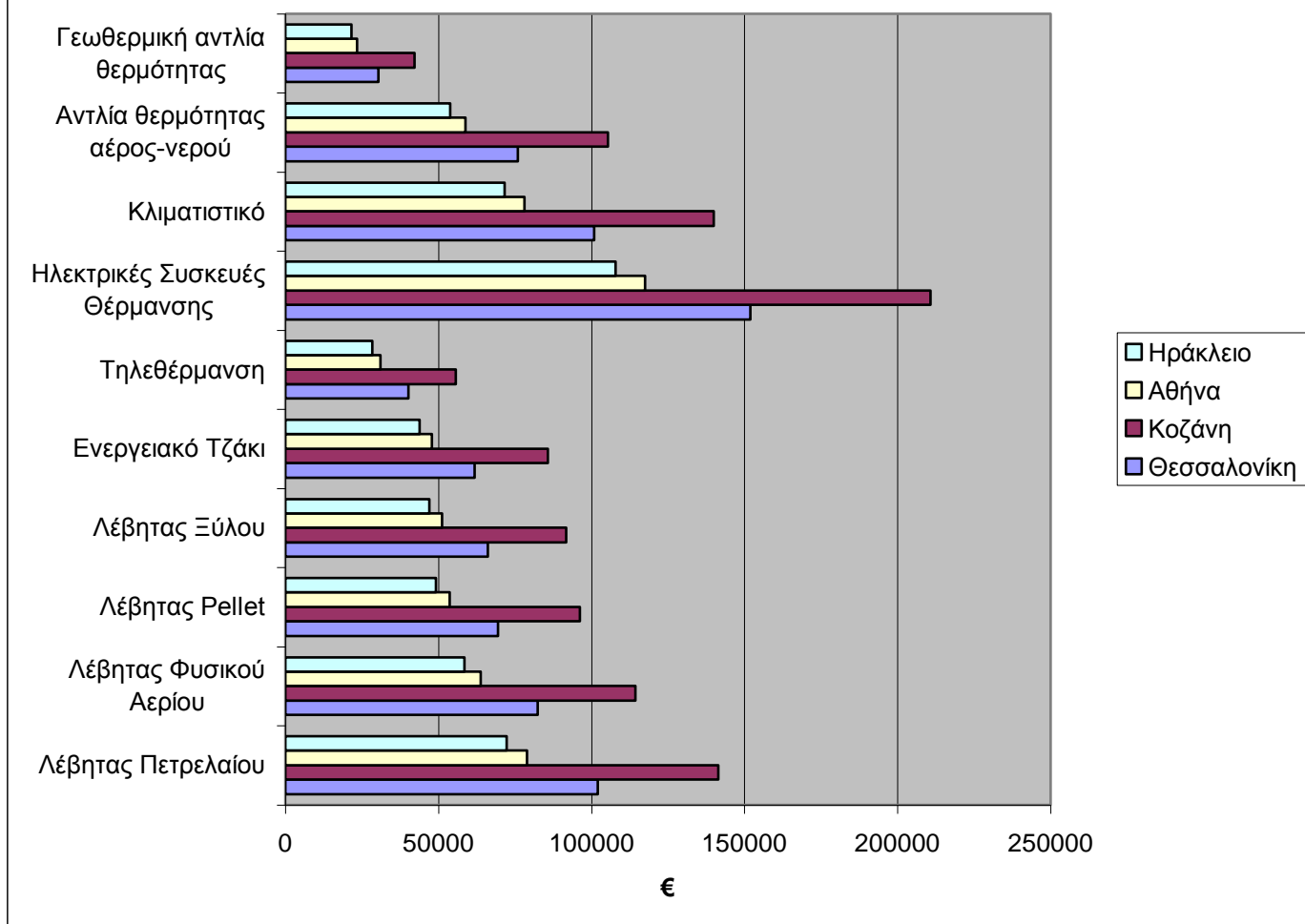


**Διάγραμμα 5.23** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση της τιμής της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης κατά 10%

Με μείωση τώρα κατά 10% στην τιμή της παραγόμενης KWh, από το παραπάνω διάγραμμα είναι φανερό ότι η τηλεθέρμανση και η γεωθερμική αντλία θερμότητας αποτελούν μακράν τις πιο οικονομικές λύσεις.

Βλέπουμε ότι στην περιοχή της Κοζάνης με χρήση της τηλεθέρμανσης αντί του λέβητα πετρελαίου, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση γύρω στο 58% ένα ποσό που αγγίζει τις 83.000 €.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -15%



**Διάγραμμα 5.24** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση της τιμής της παραγόμενης KWh της τηλεθέρμανσης κατά 15%

Αν η μείωση της παραγόμενης KWh φτάσει το 15% παρατηρούμε ότι η τηλεθέρμανση έχει κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια λίγο μεγαλύτερο απ αυτό της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.

Επομένως αν ένας κάτοικος της Κοζάνης επιλέξει να αντικαταστήσει την τηλεθέρμανση με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας, για να κάνει την απόσβεση το νέο σύστημα θέρμανσης θα χρειαστεί να περάσουν 30 χρόνια ίσως και παραπάνω. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η γεωθερμική αντλία θερμότητας έχει υψηλό κόστος εγκατάστασης, και η διαφορά του κόστους λειτουργίας των δυο συστημάτων θέρμανσης, με μεταβολή -15%, γίνεται πλέον πολύ μικρή.

### **Περίπτωση 7<sup>η</sup>: Αύξηση των τιμών της ομάδας Δ κατά 5,10 και 15%**

Να θυμίσουμε ότι στην ομάδα Δ περιλαμβάνονται οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης, το κλιματιστικό, η αντλία θερμότητας αέρος-νερού και η γεωθερμική αντλία θερμότητας. Κοινό χαρακτηριστικό των τριών συστημάτων είναι ότι έχουν για καύσιμο την ηλεκτρική ενέργεια. Έστω ότι για άγνωστο λόγο αυξάνονται οι τιμές στα καύσιμα της ομάδας Δ. Εξετάζονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις όπου έχουμε αύξηση κατά 5,10 και 15% αντίστοιχα. Από τον παρακάτω πίνακα θα πάρουμε τις τιμές του κόστους ανά KWh.

Σύστημα	Κόστος ανά KWh [€/KWh]			
	Κόστος ανά KWh	Μεταβολή 5%	Μεταβολή 10%	Μεταβολή 15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	0,140	0,147	0,154	0,161
Κλιματιστικό	0,093	0,098	0,1027	0,1073
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	0,070	0,0735	0,077	0,0805
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	0,028	0,0294	0,0308	0,0322

**Πίνακας 5.71** Μεταβολή κατά 5,10 και 15% στο κόστος ανά KWh

Επομένως είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τα νέα ετήσια κόστη λειτουργίας, που προκύπτουν με τις παραπάνω μεταβολές, των ηλεκτρικών συσκευών θέρμανσης, του κλιματιστικού, της αντλίας θερμότητας αέρος-νερού και της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι πίνακες που προκύπτουν για μεταβολή 5,10 και 15% . Σημειώνεται ότι οι τιμές στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερές διότι δεν υπήρξε κάποια μεταβολή στην τιμή του καυσίμου τους.

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	4557	4774	4991	6321	6622	6923
Κλιματιστικό	3038	3183	3327	4214	4415	4615
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	2279	2387	2496	3161	3311	3462
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	911	955	998	1264	1324	1385

**Πίνακας 5.72** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή 5,10 και 15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	3528	3696	3864	3234	3388	3542
Κλιματιστικό	2352	2464	2576	2156	2259	2361
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	1764	1848	1932	1617	1694	1771
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	706	739	773	647	678	708

**Πίνακας 5.73** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή 5,10 και 15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Εφόσον έχουμε υπολογίσει το ετήσιο κόστος λειτουργίας για όλες τις περιοχές βάσει των αλλαγών που έγιναν, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια.



Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	159495	167090	174685	221235	231770	242305
Κλιματιστικό	106330	111405	116445	147490	154525	161525
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	79765	83545	87360	110635	115885	121170
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	31885	33425	34930	44240	46340	48475

**Πίνακας 5.74** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5,10 και 15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	123480	129360	135240	113190	118580	123970
Κλιματιστικό	82320	86240	90160	75460	79065	82635
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	61740	64680	67620	56595	59290	61985
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	24710	25865	27055	22645	23730	24780

**Πίνακας 5.75** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5,10 και 15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Αφού έχουμε υπολογίσει το νέο λειτουργικό κόστος στα 35 χρόνια και για τις τέσσερις περιοχές, βάσει των αλλαγών που προέκυψαν στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, μπορούμε να παρουσιάσουμε τον νέο συγκεντρωτικό πίνακα που θα περιλαμβάνει όλα τα συστήματα θέρμανσης. Στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια παραμένει ίδιο απ την στιγμή που δεν είχαμε κάποια μεταβολή στις τιμές τους. Επίσης θα παρουσιαστούν διαγράμματα για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

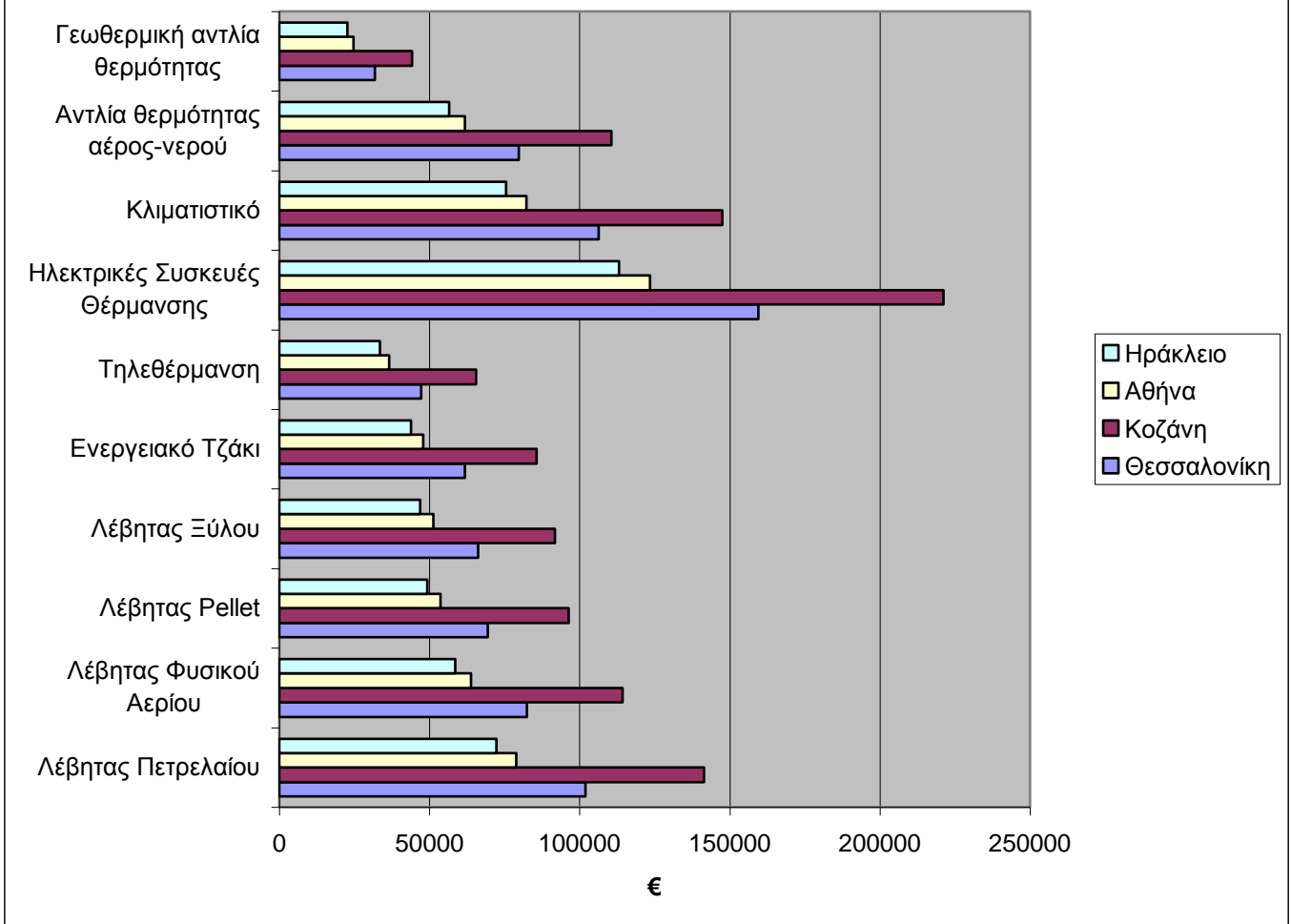
Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]								
Σύστημα	Θεσσαλονίκη		Κοζάνη		Αθήνα		Ηράκλειο	
	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Λέβητας Πετρελαίου	101990	101990	141470	141470	78960	78960	72380	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	82460	114380	114380	63840	63840	58520	58520
Λέβητας Pellet	69440	69440	96320	96320	53760	53760	49280	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	66185	91805	91805	51240	51240	46970	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	61845	85785	85785	47880	47880	43890	43890
Τηλεθέρμανση	47215	47215	65485	65485	36540	36540	33495	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	159495	167090	221235	231770	123480	129360	113190	118580
Κλιματιστικό	106330	111405	147490	154525	82320	86240	75460	79065
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	79765	83545	110635	115885	61740	64680	56595	59290
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	31885	33425	44240	46340	24710	25865	22645	23730

**Πίνακας 5.76** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5 και 10% στα καύσιμα της ομάδας Δ

Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]				
Σύστημα	Θεσσαλονίκη	Κοζάνη	Αθήνα	Ηράκλειο
Λέβητας Πετρελαίου	101990	141470	78960	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	114380	63840	58520
Λέβητας Pellet	69440	96320	53760	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	91805	51240	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	85785	47880	43890
Τηλεθέρμανση	47215	65485	36540	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	174685	242305	135240	123970
Κλιματιστικό	116445	161525	90160	82635
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	87360	121170	67620	61985
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	34930	48475	27055	24780

**Πίνακας 5.77** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 15% στα καύσιμα της ομάδας Δ

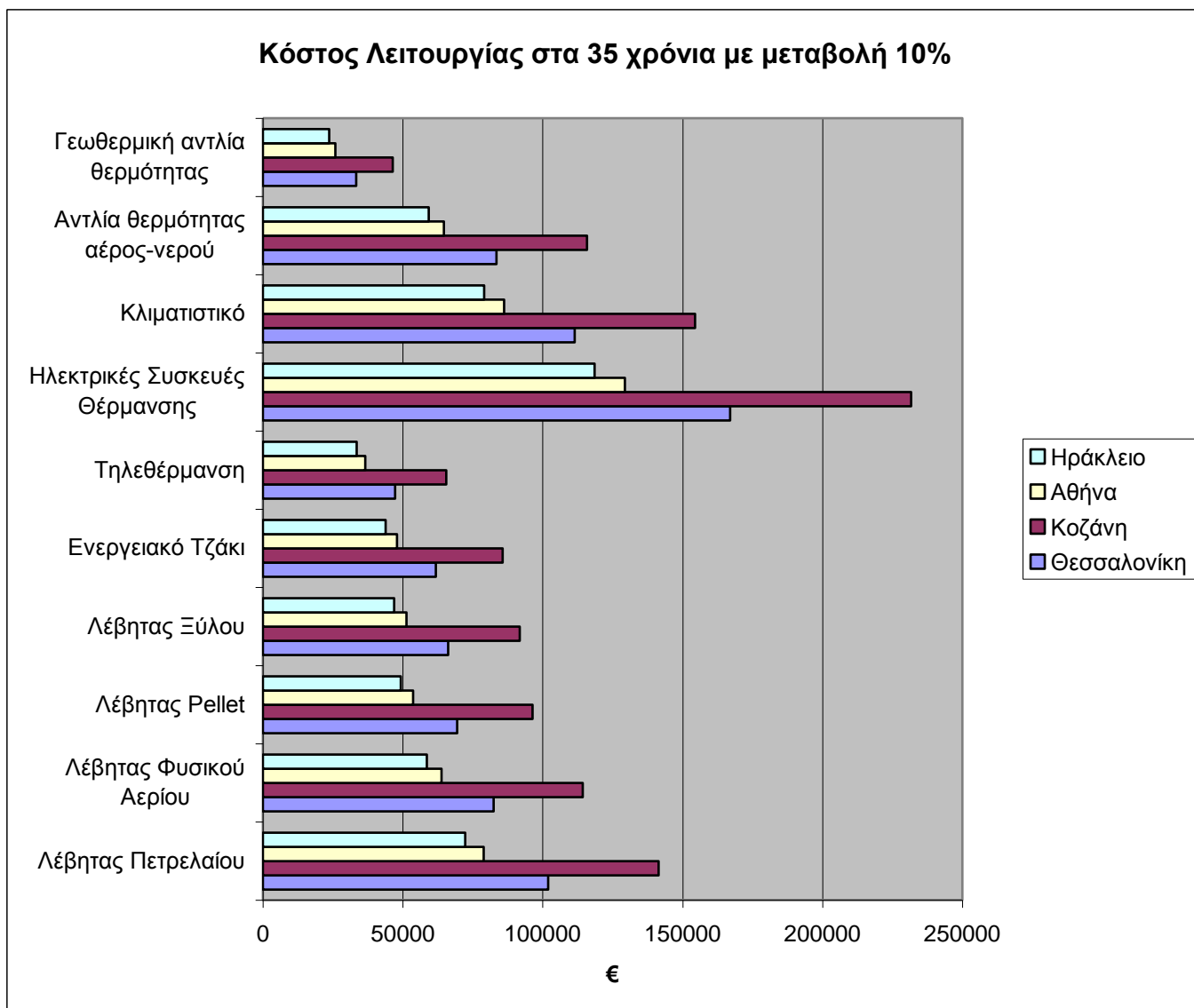
### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή 5%



**Διάγραμμα 5.25** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 5%

Παρατηρούμε ότι με αύξηση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 5%, όπως ήταν αναμενόμενο, οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης έχουν τεράστιο κόστος λειτουργίας και για τον λόγο αυτό αποτελούν ακατάλληλη λύση. Επίσης βλέπουμε ότι τα κλιματιστικά εμφανίζουν μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας από τον λέβητα πετρελαίου, και από την άλλη οι αντλίες θερμότητας αέρος-νερού πλησιάζουν αρκετά τον λέβητα φυσικού αερίου.

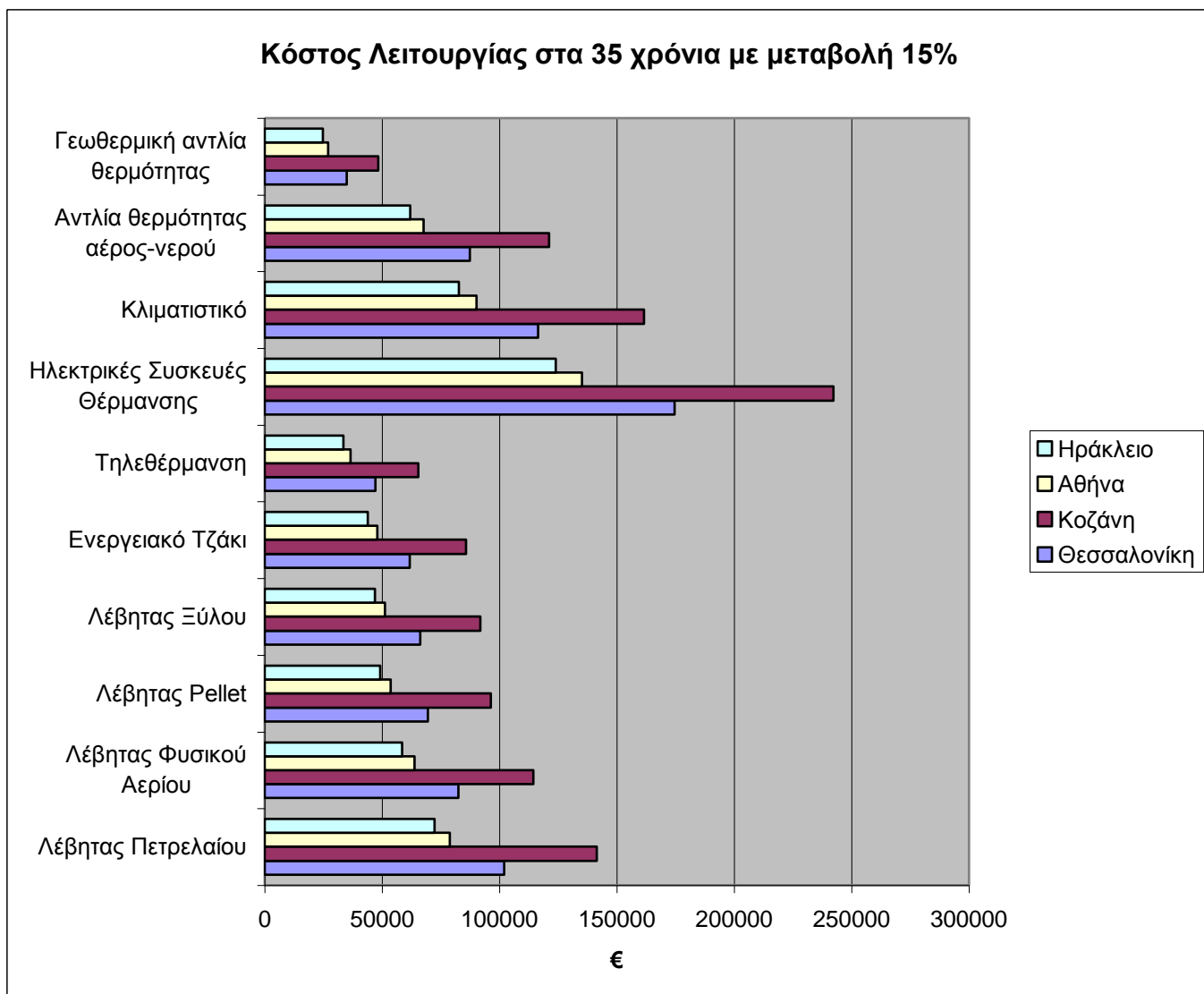
Η γεωθερμική αντλία θερμότητας παραμένει η πιο οικονομική λύση ως προς το κόστος λειτουργίας, παρόλο που η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος αυξήθηκε κατά 5%.



**Διάγραμμα 5.26** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 10%

Με αύξηση τώρα 10% στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, παρατηρούμε ότι το κλιματιστικό και οι ηλεκτρικές συσκευές εμφανίζουν το μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια, ακολουθώντας ο λέβητας πετρελαίου και η αντλία θερμότητας αέρος-νερού.

Η αντλία θερμότητας αέρος-νερού εμφανίζει πλέον μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας από τον λέβητα φυσικού αερίου. Και μάλιστα στην περιοχή της Κοζάνης το κόστος λειτουργίας της στα 35 χρόνια φτάνει στις 116.000 €.



**Διάγραμμα 5.26** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με αύξηση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 15%

Τέλος από το παραπάνω διάγραμμα, όπου έχουμε αύξηση στην τιμή του ρεύματος 15%, γίνεται φανερό ότι παρόλο που αυξήθηκε η τιμή του ρεύματος, η γεωθερμική αντλία θερμότητας αποτελεί την καλύτερη λύση με την τηλεθέρμανση να ακολουθεί. Αντίθετα η αντλία θερμότητας αέρος-νερού έχει αρκετά μεγάλο κόστος λειτουργίας, και επομένως συγκαταλέγεται στις μη συμφέρουσες λύσεις. Εμφανίζοντας μάλιστα, στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια κοντά στις 90.000 €.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας έχουν κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια, σε όλες τις περιοχές, μικρότερο των 50.000 €, ενώ οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης στην περιοχή της Κοζάνης έχουν κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια σχεδόν 245.000 €, διαφορά που αγγίζει τις 200.000 €.

### **Περίπτωση 8<sup>η</sup>: Μείωση των τιμών της ομάδας Δ κατά 5,10 και 15%**

Έστω ότι για άγνωστο λόγο μειώνονται οι τιμές στα καύσιμα της ομάδας Δ. Εξετάζονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις όπου έχουμε μείωση κατά 5,10 και 15% αντίστοιχα. Από τον παρακάτω πίνακα θα πάρουμε τις τιμές του κόστους ανά KWh.

Σύστημα	Κόστος ανά KWh [€/KWh]			
	Κόστος ανά KWh	Μεταβολή -5%	Μεταβολή -10%	Μεταβολή -15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	0,140	0,133	0,126	0,119
Κλιματιστικό	0,093	0,0887	0,084	0,0793
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	0,070	0,0665	0,063	0,0595
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	0,028	0,0266	0,0252	0,0238

**Πίνακας 5.78** Μεταβολή κατά -5,-10 και -15% στο κόστος ανά KWh

Επομένως είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε τα νέα ετήσια κόστη λειτουργίας, που προκύπτουν με τις παραπάνω μεταβολές, των ηλεκτρικών συσκευών θέρμανσης, του κλιματιστικού, της αντλίας θερμότητας αέρος-νερού και της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι πίνακες που προκύπτουν για μεταβολή 5,10 και 15% . Σημειώνεται ότι οι τιμές στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης παραμένουν σταθερές διότι δεν υπήρξε κάποια μεταβολή στην τιμή του καυσίμου τους.

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	4123	3906	3689	5719	5418	5117
Κλιματιστικό	2749	2604	2459	3813	3612	3411
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	2062	1953	1845	2860	2709	2559
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	825	781	738	1144	1084	1023

**Πίνακας 5.79** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή -5,-10 και -15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	3192	3024	2856	2926	2772	2618
Κλιματιστικό	2128	2016	1904	1951	1848	1745
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	1596	1512	1428	1463	1386	1309
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	638	605	571	585	554	524

**Πίνακας 5.80** Ετήσιο κόστος λειτουργίας με μεταβολή -5,-10 και -15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Εφόσον έχουμε υπολογίσει το ετήσιο κόστος λειτουργίας για όλες τις περιοχές βάσει των αλλαγών που έγιναν, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια.

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Θεσσαλονίκη [31MWh]			Κοζάνη [43 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	144305	136710	129115	200165	189630	179095
Κλιματιστικό	96203	91140	86077	133443	126420	119397
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	72153	68355	64558	100083	94815	89548
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	28861	27342	25823	40033	37926	35819

**Πίνακας 5.81** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5,-10 και -15% για Θεσσαλονίκη και Κοζάνη

Σύστημα	Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]					
	Αθήνα [24 MWh]			Ηράκλειο [22 MWh]		
	-5%	-10%	-15%	-5%	-10%	-15%
Ηλεκτρικές Συσκευές	111720	105840	99960	102410	97020	91630
Κλιματιστικό	74480	70560	66640	68273	64680	61087
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	55860	52920	49980	51205	48510	45815
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	22344	21168	19992	20482	19404	18326

**Πίνακας 5.82** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5,-10 και -15% για Αθήνα και Ηράκλειο

Αφού έχουμε υπολογίσει το νέο λειτουργικό κόστος στα 35 χρόνια και για τις τέσσερις περιοχές, βάσει των αλλαγών που προέκυψαν στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, μπορούμε να παρουσιάσουμε τον νέο συγκεντρωτικό πίνακα που θα περιλαμβάνει όλα τα συστήματα θέρμανσης. Στα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης το κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια παραμένει ίδιο απ την στιγμή που δεν είχαμε κάποια μεταβολή στις τιμές τους. Επίσης θα παρουσιαστούν διαγράμματα για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.



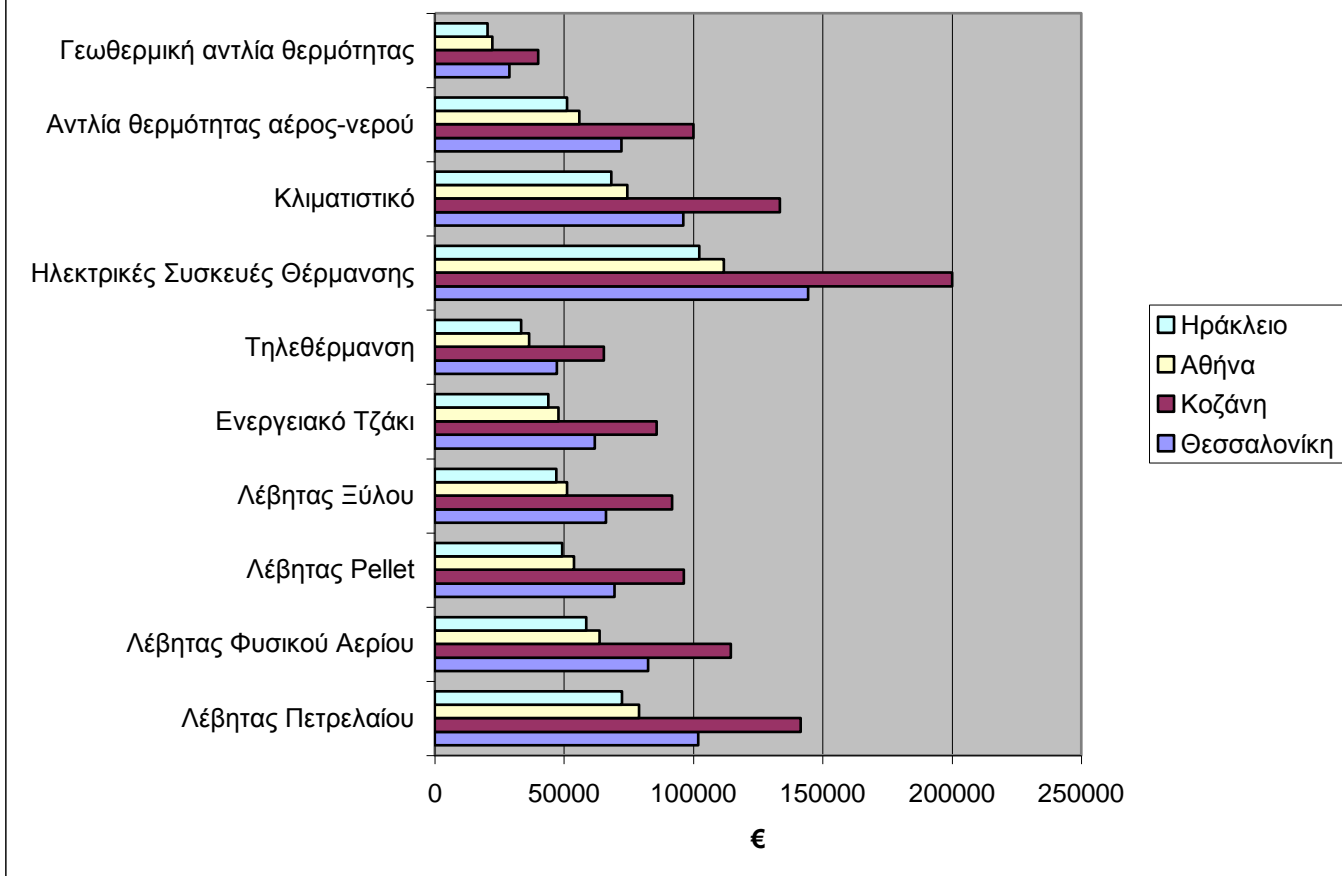
Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]								
Σύστημα	Θεσσαλονίκη		Κοζάνη		Αθήνα		Ηράκλειο	
	-5%	-10%	-5%	-10%	-5%	-10%	-5%	-10%
Λέβητας Πετρελαίου	101990	101990	141470	141470	78960	78960	72380	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	82460	114380	114380	63840	63840	58520	58520
Λέβητας Pellet	69440	69440	96320	96320	53760	53760	49280	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	66185	91805	91805	51240	51240	46970	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	61845	85785	85785	47880	47880	43890	43890
Τηλεθέρμανση	47215	47215	65485	65485	36540	36540	33495	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	144305	136710	200165	189630	111720	105840	102410	97020
Κλιματιστικό	96203	91140	133443	126420	74480	70560	68273	64680
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	72153	68355	100083	94815	55860	52920	51205	48510
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	28861	27342	40033	37926	22344	21168	20482	19404

**Πίνακας 5.83** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5 και -10% στα καύσιμα της ομάδας Δ

Συνολικό Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια [€]				
Σύστημα	Θεσσαλονίκη	Κοζάνη	Αθήνα	Ηράκλειο
Λέβητας Πετρελαίου	101990	141470	78960	72380
Λέβητας Φυσικού Αερίου	82460	114380	63840	58520
Λέβητας Pellet	69440	96320	53760	49280
Λέβητας Ξύλου	66185	91805	51240	46970
Ενεργειακό Τζάκι	61845	85785	47880	43890
Τηλεθέρμανση	47215	65485	36540	33495
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	129115	179095	99960	91630
Κλιματιστικό	86077	119397	66640	61087
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	64558	89548	49980	45815
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	25823	35819	19992	18326

**Πίνακας 5.84** Συνολικό κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -15% στα καύσιμα της ομάδας Δ

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -5%

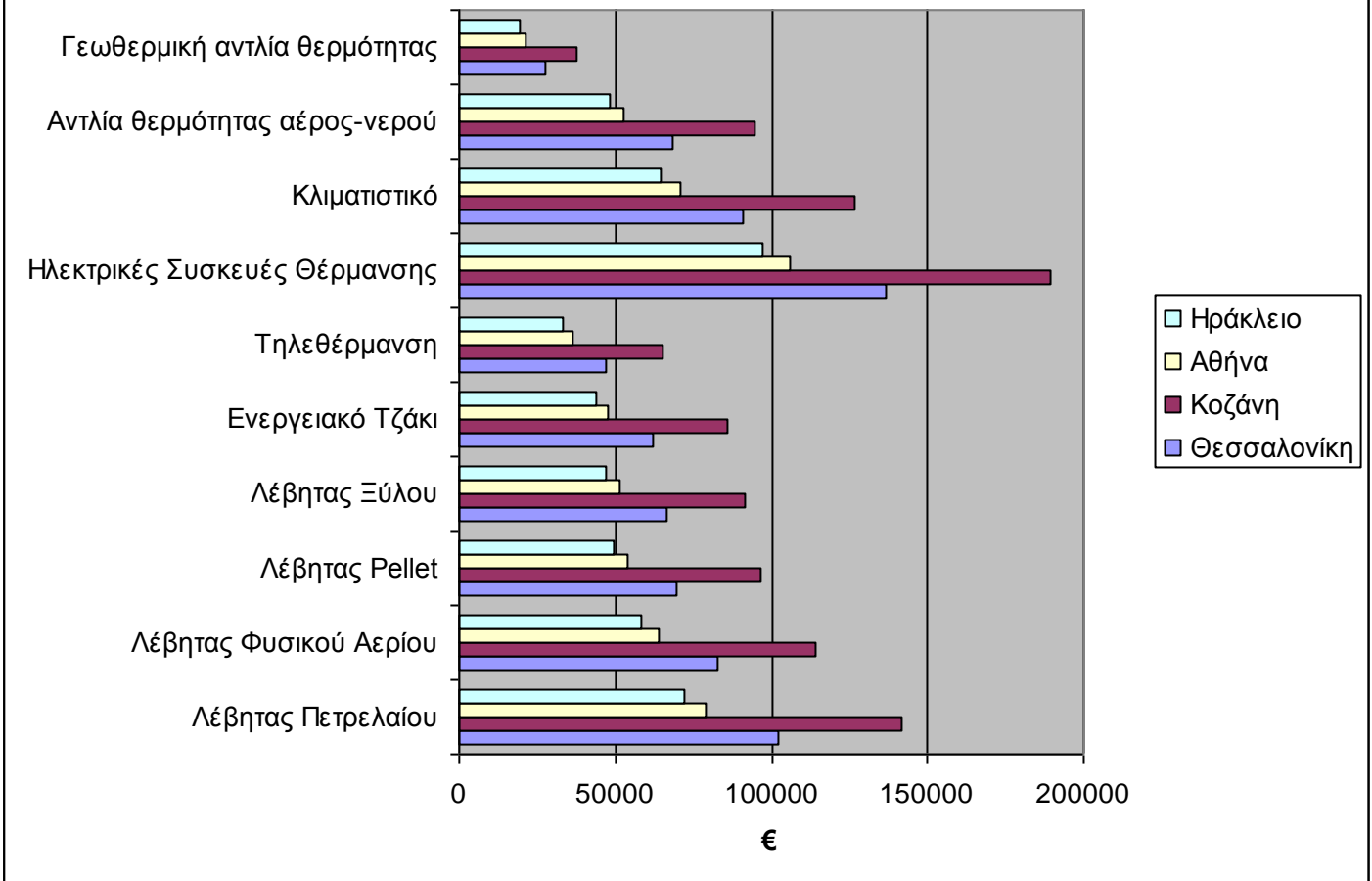


**Διάγραμμα 5.27** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 5%

Αν μειωθεί η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 5% παρατηρούμε ότι η αντλία θερμότητας αέρος-νερού αρχίζει να γίνεται πολύ ανταγωνιστική με τους λέβητες βιομάζας. Το κλιματιστικό από την άλλη εμφανίζει πλέον πιο χαμηλό κόστος λειτουργίας από τον λέβητα πετρελαίου. Η γεωθερμική αντλία θερμότητας ήταν το οικονομικότερο σύστημα θέρμανσης (ως προς το κόστος λειτουργίας) πόσο μάλλον τώρα που μειώθηκε η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης βλέπουμε ότι ακόμα και με μείωση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος, έχουν το μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια και δεν αποτελούν καλή λύση.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -10%



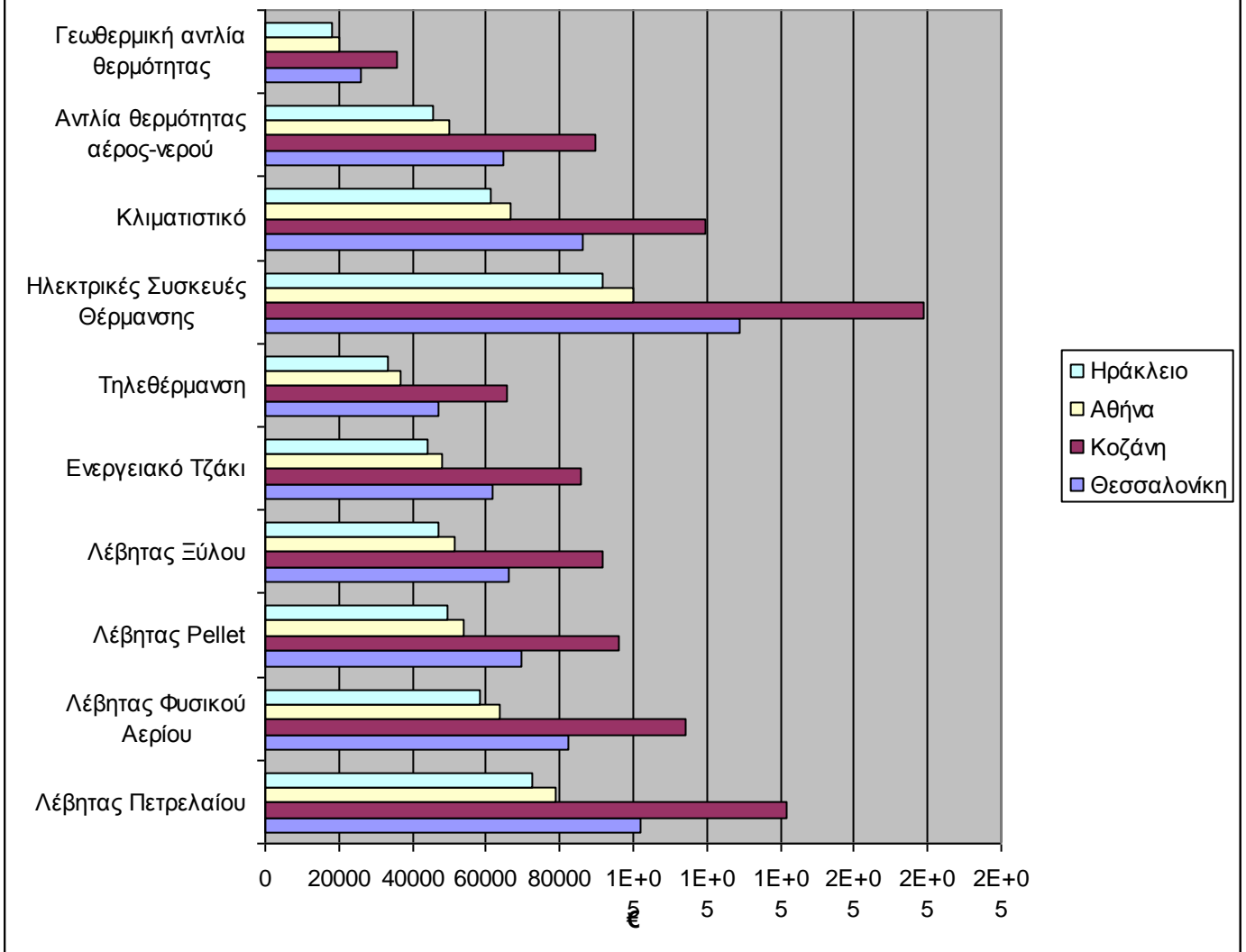
**Διάγραμμα 5.28** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 10%

Αν τώρα η μείωση στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος είναι 10%, βλέπουμε ότι η αντλία θερμότητας αέρος-νερού αποτελεί πλέον καλύτερη λύση από τον λέβητα pellet, και το κόστος λειτουργίας της στα 35 χρόνια φτάνει πολύ κοντά στο κόστος του ξυλολέβητα.

Οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης συνεχίζουν να αποτελούν την χειρότερη λύση, έχοντας μάλιστα κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια πολύ μεγαλύτερο από τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης.

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας, όπως ήταν αναμενόμενο, ισχυροποιεί ολοένα και περισσότερο την θέση της.

### Κόστος Λειτουργίας στα 35 χρόνια με μεταβολή -15%



**Διάγραμμα 5.29** Κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια με μείωση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 15%

Τέλος από το παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι με μείωση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 15%, το κόστος λειτουργίας της αντλίας θερμότητας αέρος-νερού γίνεται μικρότερο και από το κόστος λειτουργίας του λέβητα ξύλου και είναι σχεδόν ίσο με το κόστος του ενεργειακού τζακιού. Γεγονός που κάνει την αντλία θερμότητας αέρος-νερού μία απ τις καλύτερες λύσεις. Το κλιματιστικό πλέον εμφανίζει κόστος λειτουργίας αρκετά χαμηλότερο από τον λέβητα πετρελαίου, και εφόσον έχει πολύ χαμηλό κόστος εγκατάστασης θα ήταν μια καλή λύση για να αντικαταστήσουμε τον λέβητα πετρελαίου της οικίας μας.

Μπορεί να αντιληφθεί κανείς τα οφέλη ενός κατοίκου του Ηρακλείου, που χρησιμοποιεί στην οικία του γεωθερμική αντλία θερμότητας, η οποία έχει κόστος λειτουργίας στα 35 χρόνια κάτω από 18.500 €.

Με όλα αυτά λοιπόν συμπεραίνουμε ότι τα πιο αποδοτικά συστήματα θέρμανσης, δεν επηρεάζονται πολύ από τις αυξομειώσεις των παραπάνω περιπτώσεων, γεγονός που τα καθιστά την καλύτερη λύση για μια οικία σαν αυτή που μελετάμε. Αντίθετα τα συστήματα θέρμανσης που έχουν υψηλό κόστος λειτουργίας, ακόμα και μείωση 15% στην τιμή του καυσίμου τους, δεν μπορούν να γίνουν ανταγωνιστικά σε σχέση με τα καλύτερα συστήματα θέρμανσης.

Όσον αφορά τα συστήματα ψύξης μια τέτοια ανάλυση (what if analysis) δεν έχει κάποιο νόημα, διότι τα συστήματα αυτά λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα και επομένως θα συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο σε τυχόν αυξομειώσεις της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος.

## 5.4 Κρίσιμες Τιμές Λειτουργικού Κόστους

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε τις μέγιστες αυξήσεις και μειώσεις που μπορούν να γίνουν στις τιμές των καυσίμων των συστημάτων θέρμανσης, χωρίς να αλλάζει η κατάταξή τους ως προς το κόστος λειτουργίας. Για να γίνει αυτό θα χρησιμοποιήσουμε σαν μέτρο σύγκρισης το κόστος ανά παραγόμενη KWh, διότι όσο μεγαλύτερο είναι το κόστος αυτό τόσο μεγαλύτερο είναι και το κόστος λειτουργίας. Αρχικά θα παρουσιάσουμε την κατάταξη με βάση το κόστος ανά παραγόμενη KWh, από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο, και στην συνέχεια θα υπολογίσουμε την μέγιστη αύξηση και την μέγιστη μείωση της τιμής αυτής ώστε το κάθε σύστημα να μην ξεπερνάει το επόμενο ή το προηγούμενο.

Σύστημα	Κόστος ανά KWh [€/KWh]
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	0.140
Λέβητας Πετρελαίου	0.094
Κλιματιστικό	0.093
Λέβητας Φυσικού Αερίου	0.076
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	0.070
Λέβητας Pellet	0.064
Λέβητας Ξύλου	0.061
Ενεργειακό Τζάκι	0.057
Τηλεθέρμανση	0.0435
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	0.028

**Πίνακας 5.85** Κατάταξη συστημάτων θέρμανσης ανάλογα με το κόστος ανά KWh

Για να υπολογίσουμε την μέγιστη μείωση, αφαιρούμε από το κόστος ανά KWh του συστήματος που μελετάμε το κόστος ανά KWh του αμέσως επόμενου συστήματος και στην συνέχεια το διαιρούμε με το κόστος ανά KWh του συστήματος που μελετάμε. Αντίστοιχα υπολογίζεται και η μέγιστη αύξηση. Σημειώνεται ότι οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης έχουν μόνο μέγιστη μείωση, διότι βρίσκονται στην κορυφή της κατάταξης, ενώ η γεωθερμική αντλία θερμότητας έχει μόνο μέγιστη αύξηση διότι βρίσκεται στον πάτο της κατάταξης.

Σύστημα	Κόστος ανά KWh [€/KWh]	Μέγιστη Αύξηση %	Μέγιστη Μείωση %
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	0.140	-	32.85
Λέβητας Πετρελαίου	0.094	48.94	1.06
Κλιματιστικό	0.093	1.08	18.28
Λέβητας Φυσικού Αερίου	0.076	22.37	7.89
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	0.070	8.57	8.57
Λέβητας Pellet	0.064	9.37	4.69
Λέβητας Ξύλου	0.061	4.92	6.56
Ενεργειακό Τζάκι	0.057	7.02	23.68
Τηλεθέρμανση	0.0435	31.03	35.63
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	0.028	55.36	-

**Πίνακας 5.86** Μέγιστες αυξομειώσεις στις τιμές των καυσίμων χωρίς να αλλάζει η κατάταξη ως προς το κόστος λειτουργίας

Παρατηρούμε λοιπόν ότι και με αύξηση 55% στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος η γεωθερμική αντλία θερμότητας παραμένει το οικονομικότερο (ως προς το λειτουργικό κόστος) σύστημα θέρμανσης. Από την άλλη οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης χρειάζονται μείωση του ηλεκτρικού ρεύματος κατά 32.85% για να γίνουν ανταγωνιστικές σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου.

Βλέπουμε ότι ο λέβητας πετρελαίου και το κλιματιστικό είναι τα πιο ευαίσθητα συστήματα θέρμανσης, με την έννοια ότι με μια αύξηση της τιμής του ρεύματος κατά 1.08% ή με μια μείωση της τιμής του πετρελαίου κατά 1.06% έχουμε αλλαγή στην κατάταξη, μεταξύ αυτών των δύο συστημάτων.

Επίσης από τον παραπάνω πίνακα αντιλαμβανόμαστε ότι για να γίνει η τηλεθέρμανση το οικονομικότερο σύστημα θέρμανσης θα πρέπει να έχουμε μείωση στην τιμή της KWh 35.63% που είναι πολύ μεγάλο ποσοστό. Γεγονός που καθιστά την γεωθερμική αντλία θερμότητας την πιο αξιόπιστη και πιο ασφαλή λύση.

## 5.5 Συνολικό Κόστος & Απόσβεση

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε το συνολικό κόστος των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, αλλά και το διάστημα που χρειάζονται για να γίνει η απόσβεση του συστήματος. Το συνολικό κόστος ορίζεται ως το άθροισμα του κόστους εγκατάστασης και του κόστους λειτουργίας, τα οποία έχουν υπολογιστεί στις προηγούμενες ενότητες. Αρχικά θα μελετήσουμε τα συστήματα θέρμανσης.

### 5.5.1 Συστήματα Θέρμανσης

Να θυμίσουμε ότι στο κόστος εγκατάστασης είχαμε δύο περιπτώσεις, η πρώτη ήταν με σύστημα διανομής τα καλοριφέρ και η δεύτερη με σύστημα διανομής την ενδοδαπέδια. Στην περίπτωση όμως των κλιματιστικών και των ηλεκτρικών συσκευών θέρμανσης δεν έχουμε κάποιο σύστημα διανομής. Αρχικά θα μελετήσουμε το συνολικό κόστος και την απόσβεση για την περιοχή της Θεσσαλονίκης όπου η ισχύς είναι 22 KW.

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]			Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]
	Καλοριφέρ	Ενδοδαπέδια	Χωρίς Σύστημα Διανομής	
Λέβητας Πετρελαίου	5730	16670	-	2914
Λέβητας Φυσικού Αερίου	8771	19711	-	2356
Λέβητας Pellet	6330	17270	-	1984
Λέβητας Ξύλου	6830	17770	-	1891
Ενεργειακό Τζάκι	6930	17870	-	1767
Τηλεθέρμανση	9380	20320	-	1349
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	-	-	1350	4340
Κλιματιστικό	-	-	3600	2883
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	-	22170	-	2170
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	-	36070	-	868

**Πίνακας 5.87** Συνολικό κόστος συστημάτων θέρμανσης για την περιοχή της Θεσσαλονίκης

Αρχικά θα συγκρίνουμε τον λέβητα πετρελαίου που είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα θέρμανσης με την γεωθερμική αντλία θερμότητας που έχει το μικρότερο κόστος λειτουργίας. Αν στην οικία που μελετάμε έχουμε λέβητα πετρελαίου με σύστημα διανομής την ενδοδαπέδια θέρμανση, και θέλουμε να τον αντικαταστήσουμε με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας, θα πρέπει να πληρώσουμε

το κόστος αγοράς την αντλίας που είναι 7500 € και το κόστος των γεωτρήσεων και των γεωεναλλακτών που είναι 13900 € για την περιοχή της Θεσσαλονίκης όπως αναφέρθηκαν στην ενότητα 5.1. Άρα συνολικά το επιπλέον κόστος θα είναι 21400 €, εφόσον δεν έχουμε κάποια αλλαγή στην ενδοδαπέδια θέρμανση. Όμως κάθε χρόνο με την γεωθερμική αντλία θερμότητας εξοικονομούμε σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου 2046 €, άρα η απόσβεση θα γίνει περίπου σε 10 χρόνια. Με τον ίδιο τρόπο προκύπτει ότι και η αντλία θερμότητας αέρος-νερού αποσβένεται σε 10 χρόνια. Αντίθετα οι λέβητες βιομάζας και το ενεργειακό τζάκι αποσβένονται σε λιγότερο από 3,5 χρόνια. Αν τώρα αντί για ενδοδαπέδια θέρμανση είχαμε καλοριφέρ, για να αντικαταστήσουμε τον λέβητα πετρελαίου με την γεωθερμική αντλία θερμότητας που λειτουργεί με ενδοδαπέδια θέρμανση, θα πληρώναμε επιπλέον 36070 €, επομένως η απόσβεση θα γινόταν σχεδόν σε 17 χρόνια. Ενώ η αντλία θερμότητας αέρος-νερού χρειάζεται 28,5 χρόνια για να κάνει την απόσβεση.

Για να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος αθροίζουμε το κόστος εγκατάστασης με το ετήσιο κόστος λειτουργίας επί τα χρόνια λειτουργίας. Δηλαδή:

Κόστος Εγκατάστασης+(Κόστος Λειτουργίας\* Έτη Λειτουργίας)= Συνολικό Κόστος

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε το συνολικό κόστος για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης.

Σύστημα	Συνολικό Κόστος [€]		
	Καλοριφέρ	Ενδοδαπέδια	Χωρίς Σύστημα Διανομής
Λέβητας Πετρελαίου	107720	118660	-
Λέβητας Φυσικού Αερίου	91231	102171	-
Λέβητας Pellet	75770	86710	-
Λέβητας Ξύλου	73015	83955	-
Ενεργειακό Τζάκι	68775	79715	-
Τηλεθέρμανση	56595	67535	-
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	-	-	153250
Κλιματιστικό	-	-	104505
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	-	98120	-
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	-	66450	-

**Πίνακας 5.88** Συνολικό κόστος συστημάτων θέρμανσης για 35 χρόνια λειτουργίας στην περιοχή της Θεσσαλονίκης



Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι στα 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, τα πιο αποδοτικά συστήματα που έχουν μεγάλο κόστος εγκατάστασης εμφανίζουν μεγάλη εξοικονόμηση σε σχέση με τα συστήματα θέρμανσης που έχουν μικρό κόστος εγκατάστασης, αλλά μεγάλο κόστος λειτουργίας. Για παράδειγμα αν πάρει κανείς τον λέβητα πετρελαίου με σύστημα διανομής την ενδοδαπέδια θέρμανση, βλέπουμε ότι στα 35 χρόνια λειτουργίας έχει συνολικό κόστος μεγαλύτερο κατά 52210 € από μία γεωθερμική αντλία θερμότητας. Ακόμη και στην περίπτωση των καλοριφέρ η διαφορά αυτή είναι πάνω από 40000 €. Επίσης ο λέβητας φυσικού αερίου με ενδοδαπέδια ξεπερνάει το συνολικό κόστος μια αντλίας θερμότητας αέρος-νερού.

Για την περίπτωση της Κοζάνης όπου η ισχύς είναι 28 KW έχουμε:

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]			Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]
	Καλοριφέρ	Ενδοδαπέδια	Χωρίς Σύστημα Διανομής	
Λέβητας Πετρελαίου	6660	16870	-	4042
Λέβητας Φυσικού Αερίου	10001	20211	-	3268
Λέβητας Pellet	7360	17570	-	2752
Λέβητας Ξύλου	7860	18070	-	2623
Ενεργειακό Τζάκι	7960	18170	-	2451
Τηλεθέρμανση	10660	20870	-	1871
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	-	-	1800	6020
Κλιματιστικό	-	-	4800	3999
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	-	23370	-	3010
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	-	39970	-	1204

**Πίνακας 5.89** Συνολικό κόστος συστημάτων θέρμανσης για την περιοχή της Κοζάνης

Αρχικά θα υπολογίσουμε σε πόσα χρόνια γίνεται η απόσβεση αν αντικαταστήσουμε τον λέβητα πετρελαίου με την τηλεθέρμανση. Το επιπλέον κόστος που πρέπει να πληρώσουμε είναι 6200 € (τέλη σύνδεσης + εναλλάκτης θερμότητας). Η εξοικονόμηση όμως που επιτυγχάνεται ετησίως είναι 2171 €, άρα η απόσβεση θα γίνει σε λιγότερο από 3 χρόνια. Αν όμως αντί για τηλεθέρμανση επιλέγαμε την γεωθερμική αντλία θερμότητας θα πληρώναμε επιπλέον κόστος 25300 €, που υπολογίζεται από το κόστος αγοράς, το κόστος των γεωτρήσεων και των γεωεναλλακτών. Κάθε έτος όμως η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται είναι 2838 €, άρα η απόσβεση θα γινόταν σε λιγότερο από 9 χρόνια. Επίσης αν αντικαθιστούσαμε τον λέβητα πετρελαίου με ένα ενεργειακό τζάκι ή με λέβητες βιομάζας, η απόσβεση θα γινόταν σε λιγότερο από 3 χρόνια. Η αντικατάσταση ενός λέβητα αερίου με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας, αποσβένεται περίπου σε 12 χρόνια, ενώ αν αντί για

γεωθερμική αντλία θερμότητας χρησιμοποιήσουμε αντλία θερμότητας αέρος- νερού η απόσβεση θα γίνει σε 33 χρόνια.

Σημειώνεται ότι οι παραπάνω συγκρίσεις γίνονται για συστήματα θέρμανσης με ίδιο σύστημα διανομής, έτσι ώστε να μην χρειάζεται να αντικαθιστούμε τα καλοριφέρ με ενδοδαπέδια, ή το αντίθετο.

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε το συνολικό κόστος για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης.

Σύστημα	Συνολικό Κόστος [€]		
	Καλοριφέρ	Ενδοδαπέδια	Χωρίς Σύστημα Διανομής
Λέβητας Πετρελαίου	148130	158340	-
Λέβητας Φυσικού Αερίου	124381	134591	-
Λέβητας Pellet	103680	113890	-
Λέβητας Ξύλου	99665	109875	-
Ενεργειακό Τζάκι	93745	103955	-
Τηλεθέρμανση	76145	86355	-
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	-	-	212500
Κλιματιστικό	-	-	144765
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	-	128720	-
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	-	82110	-

**Πίνακας 5.90** Συνολικό κόστος συστημάτων θέρμανσης για 35 χρόνια λειτουργίας στην περιοχή της Κοζάνης

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι στα 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης, η τηλεθέρμανση και η γεωθερμική αντλία θερμότητας αποτελούν τις καλύτερες λύσεις. Ένας λέβητας πετρελαίου με ενδοδαπέδια θέρμανση θα στοιχίσει 158340 € για 35 χρόνια λειτουργίας, ενώ η τηλεθέρμανση 86355 €, επομένως επιλέγοντας την τηλεθέρμανση εξοικονομούμε 71985 €. Στην περίπτωση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας η εξοικονόμηση ανέρχεται στα 76230 €. Από την άλλη αν χρησιμοποιήσουμε ένα ενεργειακό τζάκι με σύστημα διανομής τα καλοριφέρ εξοικονομούμε σε σχέση με μια αντλία θερμότητας αέρος-νερού σχεδόν 35000 €. Βλέπουμε ότι οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης και το κλιματιστικό είναι τα πιο ακριβά συστήματα μαζί με τον λέβητα πετρελαίου.

Για την περιοχή του Ηρακλείου όπου η ισχύς είναι 19 KW έχουμε:

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]			Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]
	Καλοριφέρ	Ενδοδαπέδια	Χωρίς Σύστημα Διανομής	
Λέβητας Πετρελαίου	5480	16670	-	2068
Λέβητας Φυσικού Αερίου	8521	19711	-	1672
Λέβητας Pellet	6080	17270	-	1408
Λέβητας Ξύλου	6580	17770	-	1342
Ενεργειακό Τζάκι	6680	17870	-	1254
Τηλεθέρμανση	9130	20320	-	957
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	-	-	1200	3080
Κλιματιστικό	-	-	3300	2046
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	-	20970	-	1540
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	-	32070	-	616

**Πίνακας 5.91** Συνολικό κόστος συστημάτων θέρμανσης για την περιοχή του Ηρακλείου

Στην περίπτωση του Ηρακλείου θα ήταν σκόπιμο να συγκρίνουμε τον λέβητα πετρελαίου με τις αντλίες θερμότητας, κι αυτό διότι το Ηράκλειο είναι μια περιοχή με μέση θερμοκρασία τον χειμώνα πάνω από 7 C, επομένως οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν με τον μέγιστο βαθμό απόδοσης όπως έχουμε αναφέρει και στο κεφάλαιο 2. Αν θεωρήσουμε ότι έχουμε ενδοδαπέδια θέρμανση και θέλουμε να αντικαταστήσουμε τον λέβητα πετρελαίου με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας, το επιπλέον κόστος που πρέπει να πληρώσουμε είναι το κόστος αγοράς, το κόστος γεωτρήσεων και των γεωεναλλακτών και ανέρχεται στα 17400 €. Η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται όμως αγγίζει τα 1452 € ετησίως, άρα η απόσβεση θα γίνει σε 12 χρόνια. Αν όμως επιλέγαμε αντλία θερμότητας αέρος-νερού το επιπλέον κόστος που θα πληρώναμε θα ήταν 6300 €, και η απόσβεση θα γινόταν πάλι στα 12 χρόνια. Ενώ οι λέβητες βιομάζας και το ενεργειακό τζάκι αποσβένονται σε λιγότερο από 5 χρόνια.

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε το συνολικό κόστος για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης.

Σύστημα	Συνολικό Κόστος [€]		
	Καλοριφέρ	Ενδοδαπέδια	Χωρίς Σύστημα Διανομής
Λέβητας Πετρελαίου	77860	89050	-
Λέβητας Φυσικού Αερίου	67041	78231	-
Λέβητας Pellet	55360	66550	-
Λέβητας Ξύλου	53550	64740	-
Ενεργειακό Τζάκι	50570	61760	-
Τηλεθέρμανση	42625	53815	-
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	-	-	109000
Κλιματιστικό	-	-	74910
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	-	74870	-
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	-	53630	-

**Πίνακας 5.92** Συνολικό κόστος συστημάτων θέρμανσης για 35 χρόνια λειτουργίας στην περιοχή του Ηρακλείου

Όπως ήταν αναμενόμενο παρατηρούμε πάλι ότι η γεωθερμική αντλία θερμότητας, η τηλεθέρμανση, το ενεργειακό τζάκι και οι λέβητες βιομάζας εμφανίζουν το μικρότερο συνολικό κόστος, και επομένως η καλύτερη λύση θα ήταν να καταφύγουμε σε αυτές τις επιλογές. Πιο συγκεκριμένα η γεωθερμική αντλία θερμότητας σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου εξοικονομεί 35420 € στα 35 χρόνια λειτουργίας του συστήματος. Και η τηλεθέρμανση εξοικονομεί 35235 €, επομένως μπορούμε να πούμε ότι στην περιοχή του Ηρακλείου η τηλεθέρμανση είναι το ίδιο ανταγωνιστική με την γεωθερμική αντλία θερμότητας, για 35 χρόνια λειτουργίας του συστήματος. Επίσης βλέπουμε ότι ο λέβητας φυσικού αερίου, το κλιματιστικό και οι αντλίες θερμότητας αέρος-νερού έχουν σχεδόν το ίδιο συνολικό κόστος για 35 χρόνια λειτουργίας, παρόλο που αρχικά το κόστος εγκατάστασης την αντλίας θερμότητας είναι πολύ μεγαλύτερο από τα υπόλοιπα.

Για την περιοχή της Αθήνας όπου η ισχύς είναι 15 KW έχουμε:

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]			Ετήσιο Κόστος Λειτουργίας [€]
	Καλοριφέρ	Ενδοδαπέδια	Χωρίς Σύστημα Διανομής	
Λέβητας Πετρελαίου	5085	16670	-	2256
Λέβητας Φυσικού Αερίου	8126	19711	-	1824
Λέβητας Pellet	5685	17270	-	1536
Λέβητας Ξύλου	6185	17770	-	1464
Ενεργειακό Τζάκι	6285	17870	-	1368
Τηλεθέρμανση	8735	20320	-	1044
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	-	-	900	3360
Κλιματιστικό	-	-	2700	2232
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	-	20370	-	1680
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	-	28670	-	672

**Πίνακας 5.93** Συνολικό κόστος συστημάτων θέρμανσης για την περιοχή της Αθήνας

Στην περιοχή της Αθήνας θα συγκρίνουμε αρχικά τον λέβητα πετρελαίου με τον λέβητα φυσικού αερίου. Αν στην οικία που μελετάμε χρησιμοποιούμε λέβητα πετρελαίου με σύστημα διανομής είτε καλοριφέρ είτε ενδοδαπέδια και θέλουμε να τον αντικαταστήσουμε με έναν λέβητα αερίου θα πρέπει να πληρώσουμε επιπλέον 5041 €. Όμως η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται ετησίως αγγίζει τα 432 €, άρα η απόσβεση θα γίνει σε λιγότερο από 12 χρόνια. Αν τώρα αντί για λέβητα φυσικού αερίου επιλέγαμε γεωθερμική αντλία θερμότητας, θα πληρώναμε επιπλέον 14000 €, αλλά θα είχαμε εξοικονόμηση ετησίως 1584 €, άρα η απόσβεση θα γινόταν σε λιγότερο από 9 χρόνια. Αντίθετα αν επιλέγαμε τελικά του λέβητες βιομάζας ή το ενεργειακό τζάκι θα είχαμε απόσβεση σε λιγότερο από 4,5 χρόνια.

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε το συνολικό κόστος για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης.

Σύστημα	Συνολικό Κόστος [€]		
	Καλοριφέρ	Ενδοδαπέδια	Χωρίς Σύστημα Διανομής
Λέβητας Πετρελαίου	84045	95630	-
Λέβητας Φυσικού Αερίου	71966	83551	-
Λέβητας Pellet	59445	71030	-
Λέβητας Ξύλου	57425	69010	-
Ενεργειακό Τζάκι	54165	65750	-
Τηλεθέρμανση	45275	56860	-
Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης	-	-	118500
Κλιματιστικό	-	-	80820
Αντλία θερμότητας αέρος-νερού	-	79170	-
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	-	52190	-

**Πίνακας 5.94** Συνολικό κόστος συστημάτων θέρμανσης για 35 χρόνια λειτουργίας στην περιοχή της Αθήνας

Βλέπουμε ότι για άλλη μια φορά η γεωθερμική αντλία θερμότητας και η τηλεθέρμανση στα 35 χρόνια λειτουργίας τους, εμφανίζουν συνολικό κόστος πολύ μικρότερο από τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης. Σε σχέση με τον λέβητα πετρελαίου η εξοικονόμηση που γίνεται είναι 43440 € για την γεωθερμική αντλία και 38770 € για την τηλεθέρμανση. Αν όμως ο λέβητας είναι φυσικού αερίου η εξοικονόμηση θα είναι 31361 € για την γεωθερμική αντλία και 26691 € για την τηλεθέρμανση. Βλέπουμε ότι οι ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης και το κλιματιστικό, μαζί με του λέβητες υδρογονανθράκων αποτελούν τα συστήματα με το μεγαλύτερο συνολικό κόστος. Σίγουρα και το συνολικό κόστος της αντλίας θερμότητας αέρος-νερού είναι αρκετά υψηλό, αλλά οι υπολογισμοί μας γίνονται για αντλίες θερμότητας αέρος-νερού με βαθμό απόδοσης 2, επομένως καταλαβαίνουμε ότι αν χρησιμοποιούσαμε αντλίες θερμότητας με βαθμό απόδοσης 3 το συνολικό κόστος θα ήταν από τα πιο χαμηλά.

### 5.5.2 Συστήματα Ψύξης

Στα συστήματα ψύξης τα πράγματα είναι πιο απλά διότι έχουμε να μελετήσουμε μόνο 3 συστήματα που είναι το κλιματιστικό, η αντλία θερμότητας αέρος-νερού και η γεωθερμική αντλία θερμότητας. Επίσης σημειώνεται ότι το σύστημα διανομής είναι η ενδοδαπέδια για τις αντλίες θερμότητας.

Αρχικά θα μελετήσουμε την περιοχή της Θεσσαλονίκης όπου η ισχύς είναι 21 KW.

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]	Κόστος Λειτουργίας [€]
Κλιματιστικό	3600	2976
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	22170	2240
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	36020	896

**Πίνακας 5.95** Συνολικό κόστος συστημάτων ψύξης για την περιοχή της Θεσσαλονίκης

Αν θεωρήσουμε ότι θα αντικαταστήσουμε τις κλιματιστικές συσκευές με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας, και στην οικία δεν υπάρχει ενδοδαπέδια θα έχουμε να πληρώσουμε επιπλέον κόστος 36020 €. Και εφόσον η εξοικονόμηση που γίνεται ετησίως είναι 2080 €, η απόσβεση θα γίνει περίπου σε 17 χρόνια. Αν όμως θεωρήσουμε ότι στην οικία μας υπάρχει ήδη ενδοδαπέδια θέρμανση, το επιπλέον κόστος που θα πρέπει να πληρώσουμε θα είναι 21350 € (κόστος αγοράς + κόστος γεωτρήσεων και γεωεναλλακτών), άρα η απόσβεση θα γίνει περίπου σε 10 χρόνια. Στην περίπτωση που επιλέγαμε όμως αντλία θερμότητας αέρος-νερού και δεν υπήρχε ενδοδαπέδια στην οικία, η απόσβεση θα γινόταν σε 30 χρόνια, ενώ αν υπήρχε η ενδοδαπέδια η απόσβεση θα γινόταν περίπου σε 10 χρόνια.

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε το συνολικό κόστος για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων ψύξης.

Σύστημα	Συνολικό Κόστος [€]
Κλιματιστικό	107760
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	100570
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	67380

**Πίνακας 5.96** Συνολικό κόστος συστημάτων ψύξης για 35 χρόνια λειτουργίας για την περιοχή της Θεσσαλονίκης

Από τον παραπάνω πίνακα είναι φανερό ότι η καλύτερη περίπτωση είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας η οποία στα 35 χρόνια λειτουργίας εξοικονομεί 40380 € σε σχέση με τα κλιματιστικά και 33190 € σε σχέση με την αντλία θερμότητας αέρος-νερού. Η διαφορά ανάμεσα σε κλιματιστικά και αντλία θερμότητας αέρος-νερού είναι 7190 €, για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων.

Για την περιοχή της Κοζάνης όπου η ισχύς είναι 19 KW έχουμε:

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]	Κόστος Λειτουργίας [€]
Κλιματιστικό	3300	2604
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	20970	1960
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	32050	784

**Πίνακας 5.97** Συνολικό κόστος συστημάτων ψύξης για την περιοχή της Κοζάνης

Αν θεωρήσουμε ότι θα αντικαταστήσουμε τις κλιματιστικές συσκευές με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας, και στην οικία δεν υπάρχει ενδοδαπέδια θα έχουμε να πληρώσουμε επιπλέον κόστος 32050 €. Και εφόσον η εξοικονόμηση που γίνεται ετησίως είναι 1820 €, η απόσβεση θα γίνει σε λιγότερο από 18 χρόνια. Αν όμως θεωρήσουμε ότι στην οικία μας υπάρχει ήδη ενδοδαπέδια θέρμανση, το επιπλέον κόστος που θα πρέπει να πληρώσουμε θα είναι 17380 € (κόστος αγοράς + κόστος γεωτρήσεων και γεωεναλλακτών), άρα η απόσβεση θα γίνει σε λιγότερο από 10 χρόνια. Στην περίπτωση που επιλέγαμε όμως αντλία θερμότητας αέρος-νερού και δεν υπήρχε ενδοδαπέδια στην οικία, η απόσβεση θα γινόταν σε 33 χρόνια, ενώ αν υπήρχε η ενδοδαπέδια η απόσβεση θα γινόταν σε λιγότερο από 10 χρόνια.



Στον παρακάτω πίνακα έχουμε το συνολικό κόστος για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων ψύξης.

Σύστημα	Συνολικό Κόστος [€]
Κλιματιστικό	94440
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	89570
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	59490

**Πίνακας 5.98** Συνολικό κόστος συστημάτων ψύξης για 35 χρόνια λειτουργίας για την περιοχή της Κοζάνης

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η καλύτερη περίπτωση είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας η οποία στα 35 χρόνια λειτουργίας εξοικονομεί 34950 € σε σχέση με τα κλιματιστικά και 30080 € σε σχέση με την αντλία θερμότητας αέρος-νερού. Η διαφορά ανάμεσα σε κλιματιστικά και αντλία θερμότητας αέρος-νερού είναι 4870 €, για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων.

Για την περιοχή της Αθήνας όπου η ισχύς είναι 24 KW έχουμε:

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]	Κόστος Λειτουργίας [€]
Κλιματιστικό	4200	3627
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	22670	2730
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	36520	1092

**Πίνακας 5.99** Συνολικό κόστος συστημάτων ψύξης για την περιοχή της Αθήνας

Αν θεωρήσουμε ότι θα αντικαταστήσουμε τις κλιματιστικές συσκευές με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας, και στην οικία δεν υπάρχει ενδοδαπέδια θα έχουμε

να πληρώσουμε επιπλέον κόστος 36520 €. Και εφόσον η εξοικονόμηση που γίνεται ετησίως είναι 2535 €, η απόσβεση θα γίνει περίπου σε 14,5 χρόνια. Αν όμως θεωρήσουμε ότι στην οικία μας υπάρχει ήδη ενδοδαπέδια θέρμανση, το επιπλέον κόστος που θα πρέπει να πληρώσουμε θα είναι 21850 € (κόστος αγοράς + κόστος γεωτρήσεων και γεωεναλλακτών), άρα η απόσβεση θα γίνει σε λιγότερο από 9 χρόνια. Στην περίπτωση που επιλέγαμε όμως αντλία θερμότητας αέρος-νερού και δεν υπήρχε ενδοδαπέδια στην οικία, η απόσβεση θα γινόταν σε 25 χρόνια, ενώ αν υπήρχε η ενδοδαπέδια η απόσβεση θα γινόταν σε λιγότερο από 9 χρόνια.

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε το συνολικό κόστος για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων ψύξης.

Σύστημα	Συνολικό Κόστος [€]
Κλιματιστικό	131145
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	118220
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	74740

**Πίνακας 5.100** Συνολικό κόστος συστημάτων ψύξης για 35 χρόνια λειτουργίας για την περιοχή της Αθήνας

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η καλύτερη περίπτωση είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας η οποία στα 35 χρόνια λειτουργίας εξοικονομεί 56405 € σε σχέση με τα κλιματιστικά και 43480 € σε σχέση με την αντλία θερμότητας αέρος-νερού. Η διαφορά ανάμεσα σε κλιματιστικά και αντλία θερμότητας αέρος-νερού είναι 12925 €, για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων.

Για την περιοχή του Ηρακλείου όπου η ισχύς είναι 30 KW έχουμε:

Σύστημα	Κόστος Εγκατάστασης [€]	Κόστος Λειτουργίας [€]
Κλιματιστικό	5400	4278
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	23870	3220
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	40490	1288

**Πίνακας 5.101** Συνολικό κόστος συστημάτων ψύξης για την περιοχή του Ηρακλείου

Αν θεωρήσουμε ότι θα αντικαταστήσουμε τις κλιματιστικές συσκευές με μια γεωθερμική αντλία θερμότητας, και στην οικία δεν υπάρχει ενδοδαπέδια θα έχουμε να πληρώσουμε επιπλέον κόστος 40490 €. Και εφόσον η εξοικονόμηση που γίνεται ετησίως είναι 2990 €, η απόσβεση θα γίνει περίπου σε 13,5 χρόνια. Αν όμως θεωρήσουμε ότι στην οικία μας υπάρχει ήδη ενδοδαπέδια θέρμανση, το επιπλέον κόστος που θα πρέπει να πληρώσουμε θα είναι 25820 € (κόστος αγοράς + κόστος γεωτρήσεων και γεωεναλλακτών), άρα η απόσβεση θα γίνει σε λιγότερο από 9 χρόνια. Στην περίπτωση που επιλέγαμε όμως αντλία θερμότητας αέρος-νερού και δεν υπήρχε ενδοδαπέδια στην οικία, η απόσβεση θα γινόταν σε 22,5 χρόνια, ενώ αν υπήρχε η ενδοδαπέδια η απόσβεση θα γινόταν σε λιγότερο από 9 χρόνια.

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε το συνολικό κόστος για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων ψύξης.

Σύστημα	Συνολικό Κόστος [€]
Κλιματιστικό	155130
Αντλία Θερμότητας αέρος-νερού	136570
Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας	85570

**Πίνακας 5.102** Συνολικό κόστος συστημάτων ψύξης για 35 χρόνια λειτουργίας για την περιοχή του Ηρακλείου

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η καλύτερη περίπτωση είναι η γεωθερμική αντλία θερμότητας η οποία στα 35 χρόνια λειτουργίας εξοικονομεί 69560 € σε σχέση με τα κλιματιστικά και 51000 € σε σχέση με την αντλία θερμότητας αέρος-νερού. Η διαφορά ανάμεσα σε κλιματιστικά και αντλία θερμότητας αέρος-νερού είναι 18560 €, για 35 χρόνια λειτουργίας των συστημάτων.

Με όλα αυτά λοιπόν αντιλαμβανόμαστε ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι απαιτήσεις για ψυκτική ισχύ τόσο μεγαλύτερο είναι το συνολικό κόστος των συστημάτων ψύξης, αλλά και η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται. Δηλαδή το Ηράκλειο που είναι η πιο απαιτητική περιοχή για ψύξη εμφανίζει μεγαλύτερα ποσά εξοικονόμησης με την χρήση των πιο αποδοτικών συστημάτων από την Κοζάνη η οποία έχει τις μικρότερες απαιτήσεις για ψύξη. Αυτόματως αυτό σημαίνει ότι και η απόσβεση των συστημάτων γίνεται πιο γρήγορα στις περιοχές με μεγαλύτερες απαιτήσεις. Το ίδιο ισχύει και για τα συστήματα θέρμανσης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μεθοδολογία, Τεχνικές και Θεωρία για Οικονομοτεχνικές Μελέτες, Καρβούνης Σωτήρης, Εκδόσεις 'Σταμούλη', 2006

### Ηλεκτρονική

1. [www.retscreen.net/el/home.php](http://www.retscreen.net/el/home.php)
2. [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)
3. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
4. [www.sieline.gr](http://www.sieline.gr)
5. [www.lenntech.com](http://www.lenntech.com)
6. [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr)
7. [www.mcit.gov.cy](http://www.mcit.gov.cy)
8. [www.inventoraircondition.gr](http://www.inventoraircondition.gr)
9. [www.electroclimatistiki.gr](http://www.electroclimatistiki.gr)
10. [www.tmltd.gr/cool/vrv.htm](http://www.tmltd.gr/cool/vrv.htm)
11. [www.estianet.gr](http://www.estianet.gr)
12. [www.news.gr](http://www.news.gr)
13. [www.oikofire.gr](http://www.oikofire.gr)
14. [www.multiclima.gr](http://www.multiclima.gr)
15. [www.primedu.uoa.gr](http://www.primedu.uoa.gr)
16. [www.eetemher.gr](http://www.eetemher.gr)
17. [www.e-domisi.gr](http://www.e-domisi.gr)