

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΩΝ

**Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς, Καθηγητής ΕΜΠ**  
**Δρ. Σωτήριος Καρέλλας, Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ**

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ – ΖΩΓΡΑΦΟΥ  
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 9, 157 80 ΑΘΗΝΑ



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS**  
MECHANICAL ENGINEERING SCHOOL  
THERMAL ENGINEERING SECTION  
LABORATORY OF STEAM BOILERS AND THERMAL PLANTS  
**Prof. Dr.-Ing. Emmanouil Kakaras**  
**Assist. Prof. Dr.-Ing. Sotirios Karellas**

POLYTECHNIUPOLI - ZOGRAFOU  
9 HEROON POLYTECHNIU, 157 80 ATHENS

☎ +30 210 772 2810

**Fax:** +30 210 772 3663

**e-mail:** sotokar@mail.ntua.gr

## Σύγκριση κόστους θέρμανσης από διάφορες τεχνολογίες

**Δρ. Εμμανουήλ Κακαράς<sup>1,2</sup>, Δρ. Σωτήριος Καρέλλας<sup>1</sup>, Δρ. Παναγιώτης Βουρλιώτης<sup>1</sup>,  
Δρ. Παναγιώτης Γραμμέλης<sup>2</sup>, Πλάτων Πάλλης<sup>1</sup>, Εμμανουήλ Καραμπίνης<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Εργαστήριο Ατμοκινητήρων & Λεβήτων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

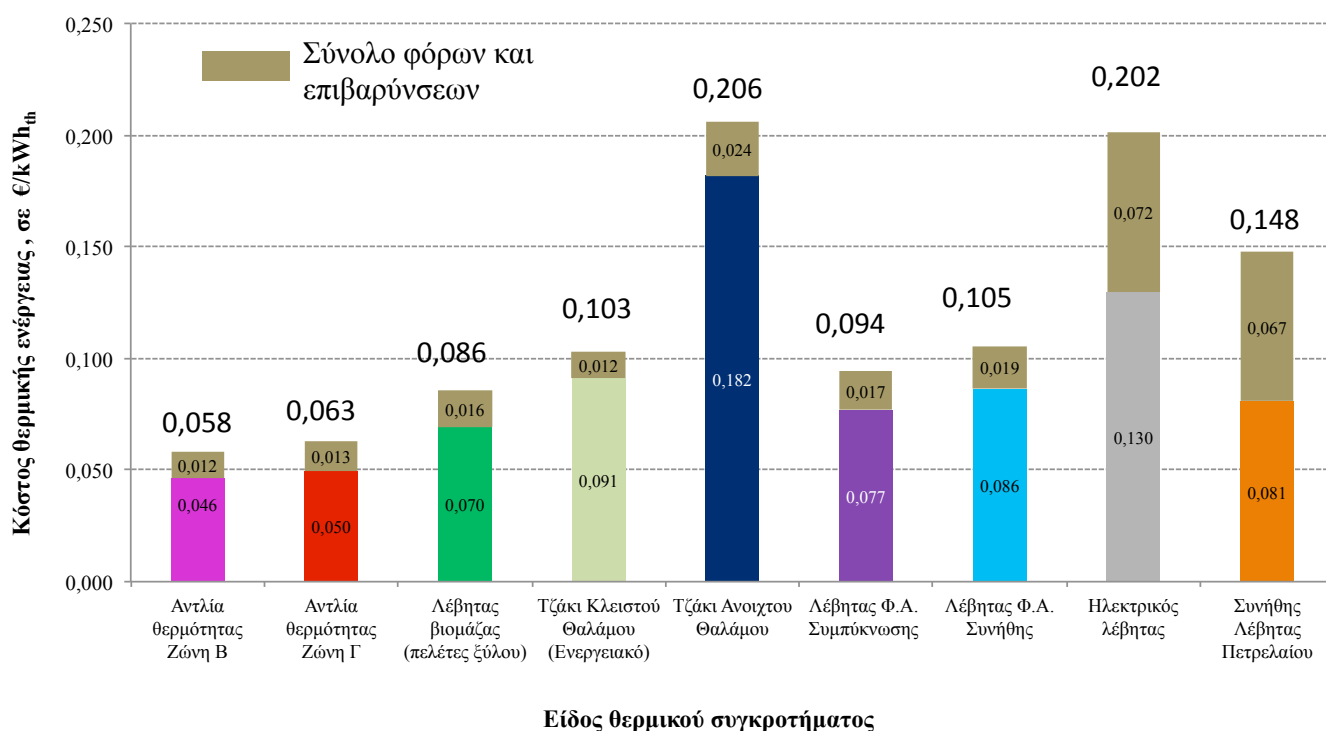
<sup>2</sup>Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων, Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης

**10 Ιανουαρίου 2013**

Το Εργαστήριο Ατμοκινητήρων και Λεβήτων του ΕΜΠ σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων πραγματοποίησε τεχνο-οικονομικούς υπολογισμούς σχετικά με κάποιες από τις διαθέσιμες τεχνολογίες θέρμανσης που χρησιμοποιούνται στην Ελληνική αγορά.

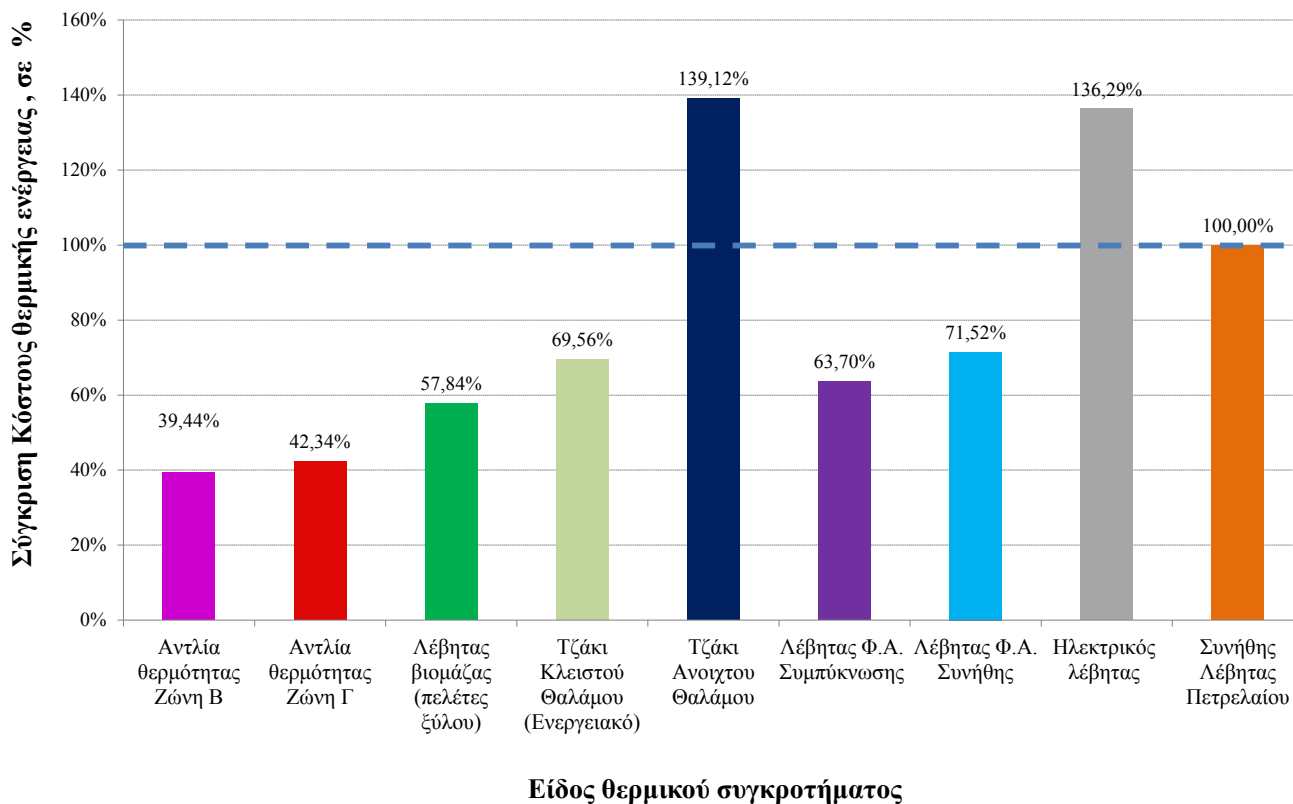
Τα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται σε αυτή τη μελέτη ισχύουν μόνο για τις παραδοχές που έχουν χρησιμοποιηθεί και οι οποίες παρατίθενται στο τέλος του κειμένου.

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται το κόστος ωφέλιμης θερμικής ενέργειας ανά είδος θερμικού συγκροτήματος. Στο Διάγραμμα αυτό εμφανίζεται το κόστος της θερμότητας σε €/kWh<sub>th</sub>, ενώ σε αυτό προστίθεται και η φορολόγηση και οι επιπλέον επιβαρύνσεις αναλόγως με το είδος καυσίμου ή την χρησιμοποιούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Από το καθαρό κόστος και τη φορολόγηση προκύπτει, στο ίδιο διάγραμμα, και η συνολική τιμή κόστους ωφέλιμης θερμικής ενέργειας.



**Διάγραμμα 1:** Κόστος ωφέλιμης θερμικής ενέργειας ανά είδος θερμικού συγκροτήματος.

Στο Διάγραμμα 2, συγκρίνεται το συνολικό κόστος της θερμικής ενέργειας των διαφόρων ειδών θερμικού συγκροτήματος με ένα συνήθη λέβητα πετρελαίου. Για τη σύγκριση αυτή έχει θεωρηθεί τιμή πετρελαίου στον καταναλωτή ίση με 1,285€/lt.



**Διάγραμμα 2:** Σύγκριση Κόστους θερμικής ενέργειας από κάθε είδος θερμικού συγκροτήματος με κόστος από συνήθη Λέβητα Πετρελαίου (για τιμή πετρελαίου ~1,285€/λίτρο).

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται και με τη μορφή πίνακα (Πίνακα 1). Στον πίνακα αυτόν παρατίθενται ο συντελεστής συμπεριφοράς (COP) ή ο βαθμός απόδοσης της κάθε τεχνολογίας (ως προς την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα) καθώς επίσης και το κόστος αγοράς καυσίμου ή ηλεκτρικής ενέργειας από τον καταναλωτή.

**Πίνακας 1:** Αποτελέσματα υπολογισμών κόστους θερμικής ενέργειας.

| Είδος θερμικού συγκροτήματος        | Βαθμός απόδοσης/ συντελεστής συμπεριφοράς | Κόστος αγοράς καυσίμου-ηλ. ενέργειας | Κόστος θερμικής ενέργειας €/kWh <sub>th</sub> | Κόστος θερμικής ενέργειας €/kWh, tax free | Σύγκριση Κόστους θερμικής ενέργειας σε % με Συνήθη Λέβητα Πετρελαίου |
|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|---|--|
| Αντλία θερμότητας <b>Ζώνη Β</b>     | 3,00                                      | *                                    | 0,058   | 0,046                                     | 39,44%   |
| Αντλία θερμότητας <b>Ζώνη Γ</b>     | 2,75                                      | *                                    | 0,063   | 0,050                                     | 42,34%   |
| Λέβητας βιομάζας (πελέτες ξύλου)    | 0,75                                      | 320€/tn                              | 0,086   | 0,070                                     | 57,84%   |
| Τζάκι Κλειστού Θαλάμου (Ενεργειακό) | 0,50                                      | 200€/tn                              | 0,103   | 0,091                                     | 69,56%   |
| Τζάκι Ανοιχτού Θαλάμου              | 0,25                                      | 200€/tn                              | 0,206   | 0,182                                     | 139,12%  |
| Λέβητας Φ.Α. Συμπύκνωσης            | 0,98                                      | 0,0923€/kWh <sub>th</sub> **         | 0,094   | 0,077                                     | 63,70%   |
| Λέβητας Φ.Α. Συνήθης                | 0,87                                      | 0,0923€/kWh <sub>th</sub> **         | 0,106   | 0,086                                     | 71,52%   |
| Ηλεκτρικός λέβητας                  | 1,00                                      | *                                    | 0,202   | 0,130                                     | 136,29%  |
| Συνήθης Λέβητας Πετρελαίου          | 0,87                                      | 1,285€/lt                            | 0,148   | 0,081                                     | 100,00%  |

**Όπου:**

\*Η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας έγινε σύμφωνα με το οικιακό τιμολόγιο της ΔΕΗ, χωρίς χρονοχρέωση (Τιμολόγιο Γ1): Θεωρείται 3φασική παροχή ρεύματος χωρίς νυκτερινό τιμολόγιο. Επίσης, θεωρείται ότι η τυπική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας ανεξάρτητης κατοικίας είναι περί τις 800 kWh<sub>e</sub> ανά τετράμηνο. Επομένως, η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη των θερμικών αναγκών αυτής θα τιμολογείται με κόστος που αντιστοιχεί σε κλίμακα μεγαλύτερη από τις 800 kWh<sub>e</sub> ανά τετράμηνο.

\*\* Ο υπολογισμός του κόστους ενέργειας Φ.Α. έχει υπολογισθεί με βάση την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα (Lower Heating Value, LHV). Το κόστος ενέργειας Φ.Α. με βάση την ανώτερη θερμογόνο ικανότητα, όπως αυτό παρουσιάζεται στα τιμολόγια (Higher Heating Value, HHV) είναι 0,0832 €/kWh<sub>th</sub>. Το υπολογιζόμενο κόστος προκύπτει για μια κατανάλωση 2000 kWh<sub>th</sub> ανά τετράμηνο.

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ Τ.Ε.Ε. 20701-3**

| ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ | ΝΟΜΟΙ   |
|----------------|---|
| <b>ΖΩΝΗ Α</b>  | Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).               |
| <b>ΖΩΝΗ Β</b>  | Αττικής (εκτός Κυθέρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώπιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας. |
| <b>ΖΩΝΗ Γ</b>  | Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.          |
| <b>ΖΩΝΗ Δ</b>  | Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.  |

## ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

**Βαθμοί απόδοσης:** Όλοι οι βαθμοί απόδοσης που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 είναι ως προς την κατώτερη θερμογόνο ικανότητα.

**Πετρέλαιο:** Για το καύσιμο αυτό χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη Γενική Γραμματεία Εμπορίου (<http://oil.gge.gov.gr/?p=3185> , <http://oil.gge.gov.gr/?p=3160>) και του Συνδέσμου Εταιριών Πετρελαιοειδών Ελλάδας (ΣΕΕΠΕ, [www.seepe.gr](http://www.seepe.gr) ). Θεωρήθηκε πετρέλαιο θέρμανσης, το οποίο, σύμφωνα με τις προαναφερθείσες πηγές, στις 28/12/2012 είχε μέση τιμή αντλίας – λιανική τιμή 1,285 €/lt, ή 0,1281 €/kWh<sub>th</sub> (Θερμογόνος ικανότητα πετρελαίου 10150 kcal/kg και πυκνότητα 0,85kg/lt). Η τιμή αυτή προκύπτει από την τιμή διυλιστηρίου (0,630 €/lt), το περιθώριο κέρδους της εταιρίας-πρατηριούχου είναι 0,072 €/lt, ενώ οι φόροι και δασμοί ανέρχονται στα 0,583 €/lt. Η ανάλυση του κόστους του πετρελαίου καθώς επίσης και των φόρων και δασμών για 1000 λίτρα πετρελαίου φαίνονται στον Πίνακα 2:

**Πίνακας 2:** Κοστολόγηση για 1000 lt πετρέλαιο θέρμανσης με μέση τιμή αντλίας στις 28/12/2012 (Πηγή ΣΕΕΠΕ).

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>Τιμή διυλιστηρίου</b>                    | <b>€ 630,48</b>  |
| <b>Ειδική εισφορά 1,2%</b>                  | <b>€ 7,57</b>    |
| <b>ΡΑΕ</b>                                  | <b>€ 0,21</b>    |
| <b>ΔΕΤΕ 0,5%</b>                            | <b>€ 4,80</b>    |
| <b>ΕΦΚ</b>                                  | <b>€ 330,00</b>  |
| <b>Περιθώριο<br/>Πρατηριούχου/εταιρείας</b> | <b>€ 71,66</b>   |
| <b>Λιανική Τιμή προ ΦΠΑ</b>                 | <b>€ 1044,72</b> |
| <b>ΦΠΑ 23%</b>                              | <b>€ 240,28</b>  |
| <b>Τιμή Αντλίας - Λιανική Τιμή</b>          | <b>€ 1285,00</b> |

**Φυσικό Αέριο:** Για την κοστολόγηση του φυσικού αερίου λήφθηκαν στοιχεία από την Φυσικό αέριο Αττικής (Εταιρεία Παροχής Αερίου Αττικής ΑΕ [www.aerioattikis.gr](http://www.aerioattikis.gr)).

Έτσι θεωρήθηκε το οικιακό τιμολόγιο- τιμολογήσεις 2012, με μέση τιμή χρέωσης ισχύος 6,36 €/60μέρες και χρέωση ενέργειας 0,0776 €/kWh<sub>th,HHV</sub>. Στις τιμές αυτές λαμβάνονται υπόψη οι φόροι ΦΠΑ (13%) και το ΔΕΤΕ (0,5%) για τη χρέωση ισχύος, ενώ στη χρέωση ενέργειας λαμβάνονται υπόψη οι φόροι: ΦΠΑ (13%), ΕΦΚ και ΔΕΤΕ (0,5%).

Η ανώτερη θερμογόνος ικανότητα του φυσικού αερίου θεωρήθηκε σύμφωνα με την ΕΠΑ Αττικής ΑΕ ίση με HHV=11,61kWh/Nm<sup>3</sup>.

**Ηλεκτρική ενέργεια:** Θεωρείται οικιακό τιμολόγιο χωρίς χρονοχρέωση (Τιμολόγιο Γ1, πηγή ΔΕΗ ΑΕ [www.dei.gr](http://www.dei.gr), (ημερομηνία πρόσβασης 09/01/2013)) 3φασική παροχή ρεύματος χωρίς νυκτερινό τιμολόγιο. Επίσης, θεωρείται ότι η τυπική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας ανεξάρτητης κατοικίας είναι περί της 800kWh<sub>e</sub> ανά τετράμηνο. Επομένως, η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη των θερμικών αναγκών αυτής θα τιμολογείται με κόστος που αντιστοιχεί σε κλίμακα μεγαλύτερη από τις 800 kWh<sub>e</sub> ανά τετράμηνο.

Θεωρήθηκε συνολική παραγόμενη θερμική ισχύς ίση με 2000 kWh<sub>th</sub> το τετράμηνο. Έτσι στην περίπτωση π.χ. της αντλίας θερμότητας με συντελεστή συμπεριφοράς COP=3, θα καταναλωθεί ηλεκτρική ενέργεια ίση με 2000/3=666,67kWh<sub>e</sub>. Συνεπώς, η κατανάλωση ρεύματος για θέρμανση σε αυτή την περίπτωση εμπίπτει στην κατηγορία συνολικής τετραμηνιαίας κατανάλωσης 1001-2000 kWh<sub>e</sub>, αφού θεωρείται ότι οι πρώτες 800 kWh<sub>e</sub> είναι για τις υπόλοιπες ανάγκες της κατοικίας. Στον ηλεκτρικό λέβητα, όπου θεωρήθηκε βαθμός απόδοσης ίσος με 1, για την αντίστοιχη παραγωγή ωφέλιμης θερμότητας, χρειάζονται 2000 kWh<sub>e</sub>. Έτσι η κατανάλωση ρεύματος για θέρμανση σε αυτή την περίπτωση εμπίπτει στην κατηγορία συνολικής τετραμηνιαίας κατανάλωσης μεγαλύτερη από 2000 kWh<sub>e</sub>.

Οι χρεώσεις της ΔΕΗ σύμφωνα με το τιμολόγιο Γ1 για τις τρεις τεχνολογίες θέρμανσης που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια φαίνονται στον Πίνακα 3.

**Πίνακας 3:** Χρεώσεις ηλεκτρικής ενέργειας (Πηγή ΔΕΗ).

|   | Αντλία θερμότητας |                | Ηλεκτρικός λέβητας |
|---|-------------------|----------------|--------------------|
| Βαθμός απόδοσης / Συντελεστής Συμπεριφοράς (-)                      | 3                 | 2,75           | 1                  |
| Τετραμηνιαία κατανάλωση χωρίς θέρμανση (kWh <sub>e</sub> )          | 800               | 800            | 800                |
| Τετραμηνιαία κατανάλωση λόγω θέρμανσης (kWh <sub>e</sub> )          | 666,67            | 727,27         | 2000               |
| <b>Συνολική Τετραμηνιαία κατανάλωση κατοικίας (kWh<sub>e</sub>)</b> | <b>1466,67</b>    | <b>1527,27</b> | <b>2800</b>        |
| Χρέωση Ενέργειας (Ανταγωνιστικές Χρεώσεις) (€/kWh <sub>e</sub> )    | 0,0815            | 0,0815         | 0,09155            |
| Χρέωση Ενέργειας (Δίκτυο Μεταφοράς) (€/kWh <sub>e</sub> )           | 0,00605           | 0,00605        | 0,00605            |
| Λοιπές Επιβαρύνσεις (Δίκτυο Μεταφοράς) (€/kWh <sub>e</sub> )        | 0,00046           | 0,00046        | 0,00046            |
| Χρέωση Ενέργειας (Δίκτυο Διανομής) (€/kWh <sub>e</sub> )            | 0,0217            | 0,0217         | 0,0217             |
| Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (€/kWh <sub>e</sub> )                     | 0,00699           | 0,00699        | 0,03987            |
| Τέλος ΑΠΕ (€/kWh <sub>e</sub> )                                     | 0,00599           | 0,00599        | 0,00599            |
| <b>Σύνολο (€/kWh<sub>e</sub>)</b>                                   | <b>0,12269</b>    | <b>0,12269</b> | <b>0,16562</b>     |

Σε αυτές τις χρεώσεις, προστέθηκε η χρέωση ισχύος για το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο διανομής, για 40 kW<sub>e</sub> ισχύ, ενώ το πάγιο λόγω τριφασικού ρεύματος χρεώθηκε στο ήμισυ στις καταναλώσεις λόγω θερμότητας.

Στις παραπάνω χρεώσεις προστέθηκαν οι εξής φόροι: ΕΦΚ Ν.3336/05= 0,0022EURO/kWh<sub>e</sub>, 5%ο ΕΙΔ. ΤΕΛ. Ν. 2093/92 13%ΦΠΑ.

Τέλος για τις αντλίες θερμότητας θεωρήθηκαν ότι είναι αντλίες 16kW με Max LW 75°C EW 65°C Min LW 65°C EW 55°C, ενώ για τη ζώνη Β θεωρήθηκε το κλίμα της Αθήνας, ενώ για τη ζώνη Γ της Αλεξανδρούπολης.

**Βιομάζα:** Για τις πελέτες και για τα καυσόξυλα θεωρήθηκε ΦΠΑ 23% και 13% αντίστοιχα.

Πελέτες ξύλου: Τιμή αγοράς καυσίμου (Συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ): 0,32 €/Kg ή 0,0640 €/kWh<sub>th</sub>. Κατώτερη θερμογόνο ικανότητα 18 MJ/kg.

Καυσόξυλα: Τιμή αγοράς καυσίμου (Συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ): 0,20 €/Kg ή 0,0514 €/kWh<sub>th</sub>. Κατώτερη θερμογόνο ικανότητα 14 MJ/kg.