

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί για μένα, ακόμα ένα κλείσιμο κεφαλαίου στις σπουδές μου, που η πραγματοποίησή του θα ήταν ανέφικτη χωρίς τη βοήθεια των γονιών μου σε όλα τα επίπεδα.

Ωστόσο για την περαίωση της καθεαυτό διπλωματικής εργασίας βοήθησαν αρκετοί άνθρωποι είτε από το εργασιακό μου περιβάλλον είτε φορείς ή εταιρείες στις οποίες απλά απευθύνθηκα για βοήθεια. Τους είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων γιατί με τη βοήθειά τους βρίσκομαι στην ευχάριστη θέση αυτή στιγμή να τους ευχαριστώ.

Χαρακτηριστικά θέλω να αναφερθώ στην συνάδελφο κα Ζαΐρα Τριβυζα για την ανεκτίμητη βοήθειά της και για το γεγονός ότι δε δίστασε να μοιραστεί μαζί μου την τεχνογνωσία της.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κο Χρήστο Κορρέ συνάδελφο Χημικό Μηχ/κό και αντιπρόσωπο εταιρείας κλιματιστικών μονάδων Φ.Α., για την εμπιστοσύνη αρχικά που μου έδειξε, να μοιραστεί δεδομένα της δουλειάς του, πριν καν η εταιρεία του κάνει προσφορά στο εν λόγω ξενοδοχείο που χρησιμοποίησα σαν μελέτη περίπτωσης.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην καθηγήτρια μου κα Μαρία Φούντη που επέβλεπε διακριτικά και ουσιαστικά τη δουλειά μου, δείχνοντας ανοχή στα μεγάλα διαστήματα αποχής μου από την περαίωση της διπλωματικής μου εργασίας λόγω του μεγάλου από μέρους μου φόρτου εργασίας.

## Εισαγωγικό Κεφάλαιο: Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία με τίτλο «Αξιολόγηση Δυνατοτήτων Χρήσης Φ.Α. σε Εγκαταστάσεις Κλιματισμού» εντάσσεται στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας & Προστασίας Περιβάλλοντος και σκοπό έχει την ανάλυση του κλιματισμού με Φυσικό Αέριο στον δευτερογενή και τριτογενή τομέα στην Ελλάδα.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή στην γενική έννοια του κλιματισμού, καθώς και στις μεθόδους που εφαρμόζονται στην περίπτωση που το Φ.Α. είναι η καύσιμη πρώτη ύλη. Συνοπτικά παρουσιάζονται τα μηχανήματα και το εύρος ισχύος αυτών που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά. Τέλος, γίνεται διερεύνηση στα κατά καιρούς χρησιμοποιούμενα εργαζόμενα ρευστά των ψυκτικών συστημάτων, την πηγή των περιβαλλοντικών προβλημάτων που σχετίζονται με την τρύπα του όζοντος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο με σημείο αναφοράς την μείωση των εκπομπών αερίων, παρουσιάζονται οι τάσεις της ελληνικής ενεργειακής αγοράς ως προς την χρήση του Φ.Α. Εν συνεχεία, με ανάλυση του ενεργειακού ισοζυγίου καθώς και της κατανομής της ενεργειακής κατανάλωσης της Ελλάδας ανακύπτει ο ρόλος της αλματώδους αύξησης των κλιματιστικών συστημάτων τα τελευταία χρόνια στις αιχμές του φορτίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Το τρίτο κεφάλαιο εστιάζει στα οικονομικά, λειτουργικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα του κλιματισμού με Φ.Α. που δρουν σαν κίνητρα στην νέα αυτή αγορά. Ειδικότερα, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα των δύο υπαρχουσών τεχνολογιών – των ψυκτών απορρόφησης και των αντλιών θερμότητας - έναντι των ηλεκτρικών ψυκτών. Κλείνοντας, αναφέρονται οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από ψυκτικά συγκροτήματα για εφαρμογές ζεστών νερών χρήσης, τρόπος για την αύξηση του δείκτη της ενεργειακής αποδοτικότητας της Ελλάδας.

Το τέταρτο κεφάλαιο κάνει την εισαγωγή στις δύο μελέτες περίπτωσης (ξενοδοχειακή μονάδα και νοσοκομείο) στις οποίες έχει ήδη τοποθετηθεί κλιματισμός με Φ.Α. ενώ στη συνέχεια μελετάται η αντικατάσταση συμβατικών ψυκτών με ψύκτες

απορρόφησης σε ξενοδοχειακή μονάδα στο κέντρο της Αθήνας και όλα αυτά εξετάζοντας παράλληλα την τιμολογιακή πολιτική της ΕΠΑ Αττικής και στο πως αυτή καθορίζει την ανταγωνιστικότητα του Φ.Α. Τέλος, από τις τιμές των οικονομικών κριτηρίων εξάγεται το συμπέρασμα ότι η επένδυση του κλιματισμού με Φ.Α. παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον και είναι οικονομικά συμφέρουσα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

<b><u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</u></b>	<b>1</b>
--------------------------------------	----------

<b><u>ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ (ΣΚΟΠΟΣ – ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ)</u></b>	<b>2</b>
---	----------

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ**

<b><u>1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΟΡΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ</u></b>	<b>4</b>
<b><u>1.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ – ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ</u></b>	<b>5</b>
<b><u>1.3 ΤΡΟΠΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ</u></b>	<b>5</b>
<b><u>1.4 ΤΡΟΠΟΙ ΨΥΞΕΩΣ ΧΩΡΩΝ</u></b>	<b>6</b>
<b><u>1.4.1 ΨΥΞΗ ΜΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΨΥΧΡΟΥ ΝΕΡΟΥ ( 6-8<sup>0</sup>C)</u></b>	<b>6</b>
<b><u>1.4.2 ΨΥΞΗ ΜΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΨΥΧΡΟΥ ΑΕΡΑ</u></b>	<b>7</b>
<b><u>1.5 ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ</u></b>	<b>8</b>
<b><u>1.5.1 ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ (GAS HEAT PUMP)</u></b>	<b>8</b>
<b><u>1.5.1.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</u></b>	<b>8</b>
<b><u>1.5.1.2 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</u></b>	<b>13</b>
<b><u>1.5.2 ΨΥΚΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ (ABSORPTION CHILLER)</u></b>	<b>15</b>
<b><u>1.5.2.1 ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O</u></b>	<b>15</b>
<b><u>1.5.2.2 ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ H<sub>2</sub>O-Λ/ΤΟΣ L<sub>1</sub>B<sub>R</sub>, ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΨΥΚΤΙΚΗΣ Λ/ΞΗΣ H<sub>2</sub>O/L<sub>1</sub>B<sub>R</sub></u></b>	<b>16</b>
<b><u>1.5.2.2.1 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ H<sub>2</sub>O/L<sub>1</sub>B<sub>R</sub></u></b>	<b>17</b>
<b><u>1.5.2.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ</u></b>	<b>18</b>
<b><u>1.5.2.2.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ</u></b>	<b>20</b>
<b><u>1.5.2.2.3.1 ΨΥΚΤΕΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΑΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (GAS - FIRED ABSORPTION CHILLER)</u></b>	<b>21</b>
<b><u>1.5.2.2.3.2 ΨΥΚΤΕΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΕΜΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (STEAM/ HOT WATER – FIRED ABSORPTION CHILLER)</u></b>	<b>23</b>
<b><u>1.6 ΕΡΕΥΝΑ ΑΓΟΡΑΣ ΣΤΙΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ Φ.Α. ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</u></b>	<b>25</b>
<b><u>1.7 ΤΟ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΡΕΥΣΤΟ</u></b>	<b>26</b>
<b><u>1.7.1 ΨΥΚΤΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ &amp; ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ. «ΟΙΚΟΚΟΓΙΚΑ» ΨΥΚΤΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ</u></b>	<b>28</b>
<b><u>1.8 COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE)</u></b>	<b>30</b>

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ - ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ Φ.Α.**

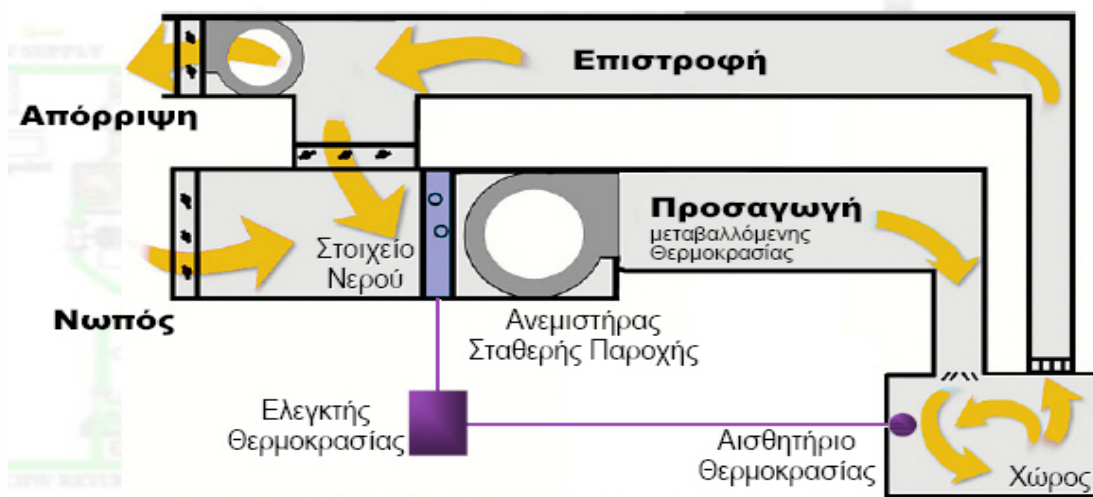
<b><u>2.1 ΤΑΣΕΙΣ ΠΑΓΚΟΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ</u></b>	<b>32</b>
<b><u>2.2 ΤΑΣΕΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ Φ.Α.</u></b>	<b>34</b>
<b><u>2.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ</u></b>	<b>36</b>
<b><u>2.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</u></b>	<b>42</b>
<b><u>2.4.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</u></b>	<b>45</b>
<b><u>2.5 Η ΓΕΝΕΑΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</u></b>	<b>45</b>
<b><u>2.5.1 Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</u></b>	<b>46</b>
<b><u>2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ Φ.Α. ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ</u></b>	<b>47</b>

<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ &amp; ΚΙΝΗΤΡΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ Φ.Α. ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</u></b>	<b>49</b>
<b><u>3.1 ΚΙΝΗΤΡΑ – ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ ΜΕ Φ.Α.</u></b>	<b>49</b>
<b><u>3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΨΥΚΤΩΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΕΝΑΝΤΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΨΥΚΤΩΝ</u></b>	<b>50</b>
<b><u>3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΑΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΨΥΚΤΩΝ</u></b>	<b>52</b>
<b><u>3.4 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u></b>	<b>53</b>
<b><u>3.4.1 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΖΕΣΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΧΡΗΣΗΣ</u></b>	<b>53</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ, ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ Φ.Α. ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΕΣ &amp; ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ</u></b>	<b>56</b>
<b><u>4.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ &amp; ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ</u></b>	<b>56</b>
<b><u>4.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ &amp; ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΣΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ ΜΕ Φ.Α.</u></b>	<b>56</b>
<b><u>4.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (CASE STUDIES)</u></b>	<b>59</b>
<b><u>4.3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΨΥΚΤΩΝ ΣΕ ΜΕΓΑΛΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ</u></b>	<b>59</b>
<b><u>4.3.2 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΕ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ</u></b>	<b>76</b>
<b><u>4.3.3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΕ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΚΛΙΝΙΚΩΝ</u></b>	<b>78</b>
<b><u>4.4 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</u></b>	<b>82</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΝΟΨΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</u></b>	<b>84</b>
<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></b>	<b>85</b>
<b><u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ</u></b>	<b>88</b>
<b><u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ</u></b>	<b>97</b>
<b><u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΣΜΗΕ ΓΙΑ ΔΙΧΜΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u></b>	<b>101</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή στην έννοια του κλιματισμού

### 1.1 Εισαγωγή στον όρο κλιματισμός

Με τον όρο κλιματισμό δεν εννοούμε μόνο την ψύξη του αέρα, αλλά ένα ευρύτερο μετασχηματισμό των κλιματικών συνθηκών ενός κλειστού χώρου. Στην εποχή μας ο άνθρωπος διαθέτει τις περισσότερες ώρες της ζωής του μέσα σε κλειστούς χώρους, είτε πρόκειται για την εργασία του είτε για τη διαμονή του. Γι' αυτό είναι σαφές ότι για να διατηρηθεί η απόδοση της εργασίας του σε ικανοποιητικά επίπεδα αφ' ενός και αφετέρου για να ζει περισσότερο άνετα, θα πρέπει οι συνθήκες τόσο της εργασίας του, όσο και της διαμονής του να είναι υγιεινές και ευχάριστες, ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον.



Εικόνα 1.1 Κύκλος μεταβολής εξωτερικών συνθηκών περιβάλλοντος

Οι χρησιμοποιούμενες συσκευές κλιματισμού μπορούν αυτόματα να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία, την υγρασία, την καθαρότητα, την κυκλοφορία και την ανανέωση του αέρα ενός κλιματιζόμενου χώρου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, δημιουργώντας έτσι μια ατμόσφαιρα ευεξίας, η οποία είναι απαραίτητη στον άνθρωπο, διότι όπως γνωρίζουμε οι άνθρωποι συσχετίζουν τα αισθήματα των ανέσεων τους με τις εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και του ποσοστού υγρασίας το οποίο περιέχει ο αέρας του χώρου, όπου εργάζονται ή διαμένουν.

Όταν η θερμοκρασία του χώρου είναι μεγαλύτερη της κανονικής (άνω των  $29^{\circ}\text{C}$  για το καλοκαίρι) ή μικρότερή της (κάτω των  $19^{\circ}\text{C}$  για το χειμώνα), τότε οι άνθρωποι αντιδρούν με δυσφορία, πράγμα που έχει επιπτώσεις στην απόδοσή τους και γενικά στη συμπεριφορά τους. Μαζί με την κατάλληλη θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου πρέπει να υπάρχει και η ανάλογη σχετική υγρασία αυτού, διότι εάν μεν η σχετική υγρασία είναι μεγαλύτερη της κανονικής (άνω των 40 – 50%), δηλαδή ο αέρας είναι πολύ υγρός, τότε δυσχεραίνεται η αναπνοή τους και δεν διευκολύνεται η ψύξη του σώματος τους, εάν δε η σχετική υγρασία είναι μικρότερη της κανονικής, δηλαδή ο

αέρας είναι πολύ ξηρός, τότε προκαλεί αϋπνία, νευρική υπερδιέγερση και τέλος ξήρανση του δέρματος [1].

## 1.2 Εφαρμογές του κλιματισμού - βασικά συστήματα κλιματισμού

**Οικιακός – Εμπορικός τομέας (συστήματα άνετης διαβίωσης):** στην περίπτωση αυτή υπάγονται οι κλιματιστικές συσκευές που δημιουργούν την ατμόσφαιρα ευεξίας στους χώρους διαμονής και εργασίας των ανθρώπων, όπως π.χ. οι κλιματιστικές συσκευές που εξυπηρετούν χώρους οικιών, γραφείων, εστιατορίων, κινηματογράφων, ξενοδοχείων, πλοίων κλπ.

**Βιομηχανικός τομέας (συστήματα βιομηχανικής χρήσεως):** στην περίπτωση αυτή ανήκουν οι κλιματιστικές συσκευές, οι οποίες εγκαθίστανται στις διάφορες βιομηχανίες και ανταποκρίνονται στις ειδικές συνθήκες που απαιτεί η παραγωγή προϊόντων κάθε βιομηχανικής μονάδας [1].

Προϊόν	Θερμοκρασία χώρου (°F)	Σχετική υγρασία (%)
Βιομηχανική κατασκευή σακχαρούχων προϊόντων	65 °F	45%
Βιομηχανία καπνού	90 °F	85% - 88%
Βιομηχανία υφαντουργίας	Διάφορες θερμοκρασίες ανάλογα τη φάση επεξεργασίας του νήματος ήτοι, από 75 °F - 87°F	55% - 60%
Βιομηχανία κατασκευής ένσφαιρων τριβέων	74 °F	35%
Βιομηχανία γούνων	110 °F	40%

Πίνακας 1.1 Συνθήκες κλιματισμού στο Βιομηχανικό τομέα ανά προϊόν

## 1.3 Τρόποι εφαρμογής του κλιματισμού

Ο κλιματισμός επιτυγχάνεται με τους εξής δύο τρόπους:

- I. Κεντρικός κλιματισμός
- II. Κλιματισμός με αυτόνομες μονάδες ή συνδυασμούς αυτών

Ο κεντρικός κλιματισμός εφαρμόζεται είτε με αεραγωγούς, είτε με στοιχεία (fan\_coil) τοποθετημένα εντός δαπέδων τοίχων και ορόφων.

**Ο κλιματισμός χώρου με αεραγωγό** εφαρμόζεται ευρέως στη χώρα μας και συνίσταται στην τροφοδότηση ανάλογης ποσότητας και ποιότητας αέρα εντός αυτού, με τη βοήθεια ισχυρών ανεμιστήρων. Ο εισερχόμενος αέρας πριν εισαχθεί εντός των κλιματιζόμενων χώρων ψύχεται, θερμαίνεται, υγραίνεται, αφυγραίνεται, καθαρίζεται και ανανεώνεται από την κεντρική κλιματιστική συσκευή, ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας. Αυτός ο τρόπος κλιματισμού εφαρμόζεται στις περιπτώσεις μεγάλων

φορτίων θερμότητας αφενός και αφετέρου όταν υπάρχει μεγάλη ανάγκη ανανεώσεως του αέρα των κλιματιζόμενων χώρων π.χ. κινηματογράφοι, θέατρα, τράπεζες κλπ.

**Ο κλιματισμός του χώρου με στοιχεία (FAN – COIL),** που τοποθετούνται εντός αυτού, είναι κατάλληλος για τις οικίες και τα γραφεία, συνίσταται δε στη χρήση στοιχείων ανάλογης ικανότητας με το χώρο τον οποίο θα εξυπηρετήσουν. Το στοιχείο αυτό είναι εφοδιασμένο και με ανεμιστήρες οι οποίοι επανακυκλοφορούν τον αέρα του χώρου, επομένως ο αέρας μπορεί να είναι είτε ψυχρός (καλοκαίρι), είτε θερμός (χειμώνας) ανάλογα με την εποχή του έτους. Τα στοιχεία (FAN – COIL) τοποθετούνται όπως ακριβώς και τα σώματα των καλοριφέρ, κάτω από τα παράθυρα και επιπροσθέτως επικοινωνούν με την ατμόσφαιρα, μέσω ανοίγματος του τοίχου (συνήθως 10x30 cm), όπου απορροφούν αέρα για την ανανέωση της ατμόσφαιρας του κλιματιζόμενου χώρου. Το (FAN – COIL), όταν για την ψύξη είναι με κατευθείαν εκτόνωση (direct) ή άμεση ψύξη, τότε για τη θέρμανση είναι εφοδιασμένο με τις ανάλογες ηλεκτρικές αντιστάσεις, ενώ όταν για την ψύξη χρησιμοποιεί ψυχρό νερό – το οποίο κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις του – τότε για τη θέρμανση χρησιμοποιεί θερμό νερό. Το ψυχρό νερό που κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις του (FAN – COIL), ψύχεται από τον ψύκτη της κεντρικής συσκευής και το θερμό νερό θερμαίνεται από το λέβητα της εγκαταστάσεως και η κυκλοφορία του εξασφαλίζεται με τις ανάλογες αντλίες.

**Ο κλιματισμός του χώρου με στοιχεία εντοιχισμένα εντός των δαπέδων, τοίχων και ορόφων** χρησιμοποιείται ευρέως στην Αμερική και την Ευρώπη. Τα στοιχεία ή σώματα είναι τυποποιημένων διαστάσεων και εντοιχίζονται είτε στην οροφή, είτε στους τοίχους και τέλος στο δάπεδο. Τα σώματα αυτά έχουν την καλύτερη απόδοσή τους όταν τοποθετούνται στην οροφή. Μέσα από τα στοιχεία εάν πρόκειται περί θερμάνσεως διέρχεται είτε θερμό νερό είτε υπέρθερμος ατμός, ενώ εάν πρόκειται περί ψύξεως διέρχεται είτε ψυχρό νερό είτε ψυκτικό υγρό. Η μέγιστη θερμοκρασία των εντοιχισμένων σωμάτων είναι οροφής 110 °F, δαπέδου 85°F και τοίχου 90°F (προκειμένου για τη θέρμανση).

Παλαιότερα για τη θέρμανση χρησιμοποιούντο και εντοιχισμένες ηλεκτρικές αντιστάσεις [1].

## 1.4 Μέθοδοι ψύξεως χώρων

### 1.4.1 Ψύξη με κυκλοφορία ψυχρού νερού (6 – 8°C)

Το χρησιμοποιούμενο νερό για την ψύξη των κλιματιζόμενων χώρων, αφού ψυχθεί εντός του ψύκτη της κεντρικής κλιματιστικής συσκευής οδηγείται προς τα ψυκτικά στοιχεία, τα οποία είναι τοποθετημένα στις κατάλληλες θέσεις των κλιματιζόμενων χώρων με τη βοήθεια ισχυρών κυκλοφορητών (αντλιών).

Όταν τα ψυκτικά στοιχεία είναι εντοιχισμένα, τότε η απορροφούμενη από αυτά θερμότητα είναι:

$$Q = hA(t_2 - t_1) \text{ BTU/h}$$

όπου:

Q= το απορροφούμενο ποσό θερμότητας σε BTU/h

A= η επιφάνεια του εντοιχισμένου στοιχείου σε Ft<sup>2</sup>

h= ο συντελεστής μεταδόσεως της θερμότητας με αγωγιμότητα και ακτινοβολία.



Εφόσον η μεταφορά θερμότητας γίνεται μόνο με ακτινοβολία, τότε η τιμή του  $h$  είναι  $h=1,08 \text{ BTU/h. Ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

Στην αντίθετη περίπτωση που η μεταφορά θερμότητας λαμβάνει χώρα με αγωγιμότητα, τότε οι τιμές του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας είναι ανάλογες με τη θέση τοποθέτησης του εντοιχισμένου στοιχείου π.χ.

- Για τον τοίχο το  $h=0,7 \text{ BTU/h. Ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
- Για την οροφή το  $h=1,1 \text{ BTU/h. Ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
- Για το πάτωμα το  $h=0,4 \text{ BTU/h. Ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

Η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ του ψυκτικού ρευστού και της επιφάνειας του ψυκτικού εντοιχισμένου στοιχείου δίδεται από τους τύπους:

- Για γυψοκονίαμα  $TD = \frac{1,30}{L}$
- Για σκυροκονίαμα  $TD = \frac{Q}{1,025L}$

Όπου  $L$  = το μήκος του στοιχείου [1].

#### 1.4.2 Ψύξη με κυκλοφορία ψυχρού αέρα

Ο χρησιμοποιούμενος για την ψύξη των κλιματιζόμενων χώρων αέρας, ψύχεται από την κεντρική συσκευή. Στη συνέχεια οδηγείται προς τους κλιματιζόμενους χώρους, μέσω αεραγωγών με κατάλληλη διατομή – με τη βοήθεια ισχυρών ανεμιστήρων – όπου αφαιρώντας θερμότητα τους ψύχει. Ωστόσο ένα μέρος της ποσότητας του αέρα (συνήθως το  $\frac{1}{4}$ ) δεν επιστρέφει πάλι στην κεντρική συσκευή ψύξεως για να ψυχθεί εκ νέου, αλλά εξέρχεται στην ατμόσφαιρα και τη θέση του καταλαμβάνει αντίστοιχη ποσότητα νωπού αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον, προκειμένου να επέλθει η ανανέωση του αέρα του κλιματιζόμενου χώρου.

Οι συμπιεστές που χρησιμοποιούνται για τον κεντρικό κλιματισμό είναι συνήθως ημίκλειστου τύπου, διβάθμιας συμπίεσης και χρησιμοποιούν το R22 ως ψυκτικό μέσο, όταν το ολικό φορτίο των κλιματιζόμενων χώρων είναι μέχρι 150 ψυκτικούς τόνους, ή

$$150 \times 12000 = 1.800.000 \text{ BTU/h}$$

Στην περίπτωση που το ψυκτικό φορτίο θερμότητας είναι μεγαλύτερο των 150 ψυκτικών τόνων, τότε χρησιμοποιούνται φυγοκεντρικοί συμπιεστές που λειτουργούν με R11 ως ψυκτικό μέσο.

Ψύξη με απευθείας εκτόνωση: κατά τη μέθοδο αυτή το ψυκτικό υγρό εξατμίζεται εντός των στοιχείων του κλιματιζόμενου χώρου απορροφά θερμότητα από αυτόν με αποτέλεσμα να του μειώνει τη θερμοκρασία.

Έμμεση ψύξη: κατά τη μέθοδο της έμμεσης ψύξης το δευτερεύον ψυκτικό υγρό αφού ψυχθεί από την κεντρική κλιματιστική συσκευή διοχετεύεται, προς τα ψυκτικά στοιχεία (με τη βοήθεια κυκλοφορητών) των κλιματιζόμενων χώρων, όπου αφαιρώντας θερμότητα από αυτούς, μειώνει τη θερμοκρασία τους. Στη συνέχεια το θερμασμένο δευτερεύον ψυκτικό ρευστό επιστρέφοντας στο ψυκτικό στοιχείο της κεντρικής κλιματιστικής συσκευής ψύχεται και πάλι για να επαναχρησιμοποιηθεί. Η μέθοδος αυτή

δεν χρησιμοποιείται σήμερα για τον κλιματισμό χώρων διαμονής ή εργασίας των ανθρώπων.

Για να αφαιρεθεί η θερμότητα από ένα χώρο τον οποίο θέλουμε να ψύξουμε και στη συνέχεια αυτή η θερμότητα να αποβληθεί στην ατμόσφαιρα, χρησιμοποιούμε ένα υγρό το οποίο εξατμίζεται (σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία), εντός του ψυχόμενου χώρου, απορροφά θερμότητα με αποτέλεσμα να μειώνει τη θερμοκρασία του ψυχόμενου χώρου. Το ψυκτικό υγρό, το οποίο εξατμίζεται εντός του ψυχόμενου χώρου απορροφά θερμότητα από αυτόν, ονομάζεται ψυκτικό μέσον. Τα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνται στην ψύξη είναι αρκετά, αλλά πρέπει όλα να έχουν ορισμένες βασικές ιδιότητες.

Το νερό εάν δεν είχε υψηλό σημείο βρασμού ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  ή  $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) θα ήταν ιδεώδες ψυκτικό ρευστό λόγω του ότι έχει τη μεγαλύτερη λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως ( $970,4\text{ btu/lb}$  σε  $5\text{ }^{\circ}\text{F}$  εξατμ.) [1].

Η ψύξη δημιουργείται κατά την εξάτμιση του ψυκτικού ρευστού - μέσου. Προκειμένου να ανακυκλωθεί το εξατμίζόμενο ρευστό, πρέπει οι ατμοί να συμπιεστούν με τη δαπάνη κινητήριας ενέργειας, σε τέτοιο μέγεθος, ώστε να γίνει εφικτή η επαναυροποίηση τους σε υψηλότερη θερμοκρασία, με τη βοήθεια νερού ψύξης. Δηλαδή η κινητήρια ενέργεια που δαπανάται για την άντληση της θερμότητας από τη χαμηλότερη στην υψηλότερη θερμοκρασία χρησιμοποιείται για τη συμπίεση των ατμών του ψυκτικού μέσου από τη χαμηλότερη στην υψηλότερη πίεση [2].

Ψύξη σημαίνει άντληση θερμότητας. Σύμφωνα με το πρώτο Θερμοδυναμικό αξίωμα, η αντλούμενη θερμότητα δεν μπορεί να εξαφανιστεί, πρέπει να απορριφθεί στο περιβάλλον. Μια τυπική ψυκτική μονάδα, η οποία αντλεί θερμότητα από τον ψυχόμενο χώρο και την απορρίπτει στον περιβάλλοντα αέρα, αποτελείται από:

- Τον εξατμιστήρα (ευρισκόμενο μέσα στον κλιματιζόμενο ή ψυχόμενο χώρο), όπου και παράγεται η ψύξη με εξάτμιση κατάλληλου υγρού,
- Τον συμπιεστή, ο οποίος καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια για να αναρροφήσει και να συμπίεσει στην κατάλληλη πίεση τους ατμούς του ψυκτικού, και τέλος
- Τον συμπυκνωτήρα, (που βρίσκεται έξω από τον ψυχόμενο χώρο), όπου συμπυκνώνονται οι ατμοί του ψυκτικού και απορρίπτει στο περιβάλλον η θερμότητα που αντλήθηκε μαζί με το έργο που δαπανήθηκε για τη συμπίεση [3].

## 1.5 Διαθέσιμες Τεχνολογίες ψύξης με Φυσικό Αέριο

### 1.5.1 Ψυκτικός κύκλος συμπίεσης (Gas Heat Pump)

Η αντλία θερμότητας με Φυσικό Αέριο λειτουργεί όπως μια συμβατική ηλεκτρική αντλία. Η μόνη διαφορά είναι ότι ο συμπιεστής δεν κινείται από ηλεκτροκινητήρα αλλά από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσεως που λειτουργεί με αέριο. Η αντλία θερμότητας έχει την ίδια αρχή λειτουργίας με τα ηλεκτρικά κλιματιστικά μηχανήματα αλλά η απαιτούμενη μηχανική ενέργεια για κίνηση του συμπιεστή δεν παρέχεται από συμβατικό ηλεκτρικό κινητήρα αλλά από θερμική μηχανή (μηχανή εσωτερικής καύσης, αεροστρόβιλος κλπ) καύσης Φυσικού Αερίου [4].

### 1.5.1.1 Θεωρητική αρχή λειτουργίας της Αντλίας Θερμότητας

Για την κατανόηση της λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας, μπορεί να γίνει παραλληλισμός με τη λειτουργία μιας κοινής αντλίας (π.χ. νερού). Έτσι ενώ είναι παράδοξο για ένα σώμα να μετακινείται από κάτω προς τα επάνω, με τη δαπάνη ποσού ενέργειας (μηχανικής ή ηλεκτρικής) που προσφέρεται μέσω της αντλίας, αυτό γίνεται εφικτό. Μάλιστα ξέρουμε ότι ο ενεργειακός ισολογισμός στην περίπτωση αυτή δίνει [5]:

$$mg h_1 + W = mg h_2$$

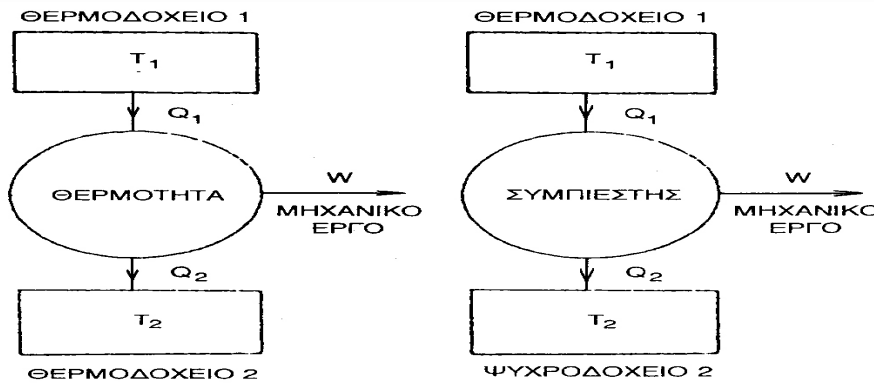
Η ενεργειακή κατάσταση του σώματος στο αρχικό (χαμηλότερο) επίπεδο ( $mgh_1$ ), αθροίζεται με το προσφερόμενο από την αντλία έργο  $W$  και δίνει την τελική ενεργειακή κατάσταση του σώματος ( $mgh_2$ ) όταν αυτό βρεθεί στο τελικό (υψηλότερο) επίπεδο. Αντίστοιχα σύμφωνα με το 2<sup>ο</sup> θερμοδυναμικό αξίωμα, η θερμότητα μεταδίδεται από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας και ποτέ προς την αντίθετη κατεύθυνση. Και εδώ όμως η αντιστροφή της φυσικής αυτής κινήσεως είναι εφικτή με την κατανάλωση κάποιας μορφής ενέργειας π.χ. ηλεκτρικής και την προσφορά αυτής μέσω της αντλίας θερμότητας. Έτσι με τη βοήθεια μιας πηγής ηλεκτρικού ρεύματος και ενός ψυκτικού κύκλου συμπίεσεως επιτυγχάνεται η μεταφορά ποσού ενέργειας διπλάσιου ή και τριπλάσιου της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Το έργο που παράγεται στον συμπίεστή  $W$  προστίθεται στην θερμότητα που μεταφέρεται  $Q_1$  και έτσι προκύπτει:

$$Q_1 + W = Q_2$$

Η παραπάνω σχέση δηλώνει ότι με την αντλία θερμότητας λαμβάνεται μεγαλύτερο ποσό ενέργειας από το έργο που καταναλώνεται κάτι που φαντάζει λογικό, αφού **η θερμότητα δε παράγεται με το έργο που δαπανάται, αλλά αποσπάται από το εξωτερικό περιβάλλον ή από το χώρο και μεταφέρεται αντίστοιχα στο χώρο (θέρμανση) ή στο περιβάλλον (δροσισμός).**

Η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας στηρίζεται στη θεωρητική αρχή της μηχανής Carnot, με αντίθετη φορά. Για τη λειτουργία της μηχανής Carnot απαιτούνται όπως φαίνεται στο **Σχήμα 1.1**, δύο θερμοδοχεία. Ένα θερμοδοχείο υψηλής  $T_1$  και ένα χαμηλής θερμοκρασίας  $T_2$ . Κατά τη λειτουργία της μηχανής αυτής παράγεται έργο με την πρόσδοση θερμότητας. Σε ιδανικές συνθήκες πλήρους αντιστρεψιμότητας και χωρίς απώλειες θερμότητας, ο συντελεστής αποδόσεως του κύκλου αυτού δίνεται από τη σχέση:

$$n = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$



**Σχήμα 1.1** Αρχή λειτουργίας αντλίας θερμότητας [5]

Αρχή λειτουργίας κύκλου Carnot

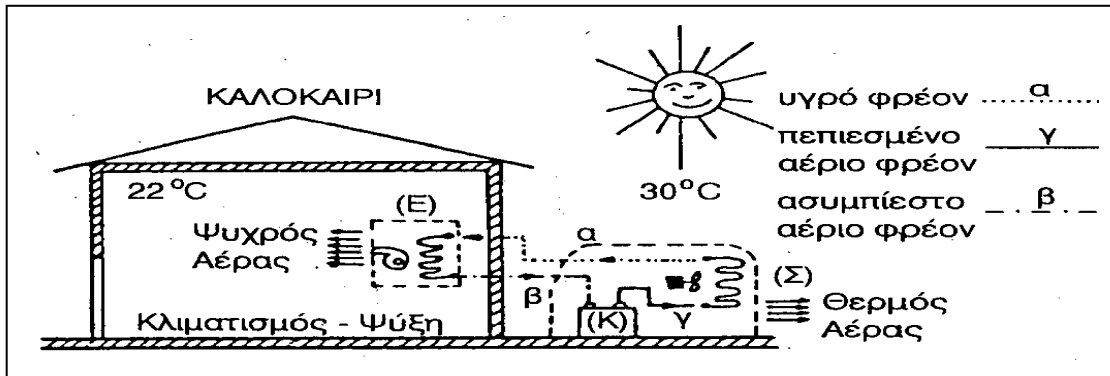
Διάγραμμα θερμοδυναμικής λειτουργίας της αντλίας θερμότητας κατά τον κλιματισμό του χώρου. Από τον δροσερό χώρο (θερμοδοχείο 2) αφαιρείται θερμότητα (με δαπάνη μηχανικού έργου  $W$ ), η οποία διοχετεύεται στο περιβάλλον (θερμοδοχείο 1).

Η αντιστροφή της λειτουργίας του παραπάνω κύκλου, αποδίδει τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Πρόκειται για παραγωγή ψυκτικής (θερμαντικής) ισχύος με κατανάλωση μηχανικού έργου. Ο συντελεστής απόδοσης της αντλίας θερμότητας σε ιδανικές συνθήκες, ο οποίος χαρακτηρίζει και την ποιότητα της, δίνεται από το αντίστροφο του συντελεστή  $\eta$ , που αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία ως COP. Σε μη ιδανικές συνθήκες ο συντελεστής COP δεν εξαρτάται μόνο από τις θερμοκρασίες των δύο θερμοδοχείων και δίδεται από τη σχέση:

$$\text{COP} = \frac{Q_{\theta}}{Q_{\theta} - Q_{\psi}} \xrightarrow{\text{απο τον κύκλο Carnot}} \frac{Q_{\theta}}{T_{\theta}} + \frac{Q_{\psi}}{T_{\psi}} = 0$$

Με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων διαφαίνεται ότι αποφασιστικής σημασίας στοιχεία που καθορίζουν τον βαθμό απόδοσης και επομένως το κατά πόσο η λειτουργία της αντλίας θερμότητας είναι συμφέρουσα οικονομικά, είναι η θερμοκρασία της πηγής από την οποία αντλείται η θερμότητα, η θερμοκρασία με την οποία αποβάλλεται η θερμότητα και το έργο που καταναλώνεται. Επομένως όσο μικρότερη είναι η διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκρασιών, τόσο λιγότερο έργο καταναλώνεται, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται ο βαθμός απόδοσης COP της αντλίας θερμότητας. Το γεγονός κάνει την αντλία θερμότητας πιο συμφέρουσα οικονομικά σε χώρες με ήπια κλίματα. Η τελευταία παρατήρηση έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας, λόγω των ειδικών κλιματικών συνθηκών που παρατηρούνται στο μέγιστο των περιοχών της [5].

Η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας, της επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί τόσο για ψύξη – δροσισμό το καλοκαίρι, όσο και για θέρμανση τον χειμώνα. Υπάρχουν συγκεκριμένες τεχνικές και έλεγχοι που χρησιμοποιούνται για την αντιστροφή της λειτουργίας της, ώστε να προσφέρει τότε θέρμανση και τότε ψύξη στον ίδιο χώρο (Σχήμα 1.2).

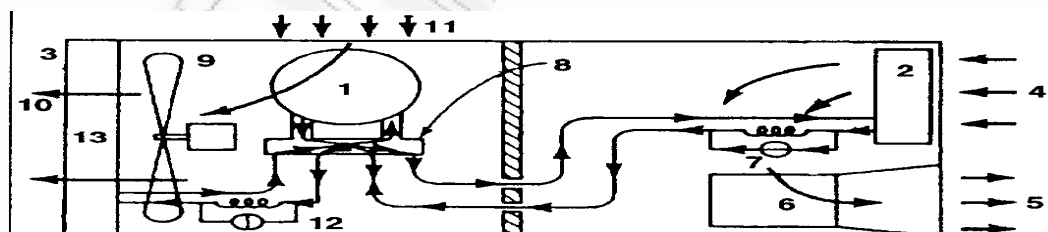


**Σχήμα 1.2** Ενδεικτική λειτουργία της αντλίας θερμότητας κατά τη θερινή περίοδο (διαδικασία δροσισμού). Το εξωτερικό τμήμα της Α.Θ. περιλαμβάνει ένα συμπιεστή ψυκτικού ρευστού (Κ), σωλήνωση και εναλλάκτη υγρού ψυκτικού – αέρα περιβάλλοντος και ανεμιστήρα, που εξαναγκάζει αέρα περιβάλλοντος να περάσει από τον εναλλάκτη. Ένας αντίστοιχος εναλλάκτης περιλαμβάνεται στο εσωτερικό τμήμα. Ένας ανεμιστήρας αναγκάζει τον αέρα του χώρου να έρχεται σε επαφή με την ψυχρή επιφάνεια του εναλλάκτη αυτού, στον οποίο κυκλοφορεί ψυχρό ρευστό (ψυκτικό [5]).

Η αντλία θερμότητας αποτελείται από το εσωτερικό τμήμα της, το οποίο τοποθετείται στον κλειστό χώρο (δωμάτιο, γραφείο) και το εξωτερικό (που αποτελεί τον κύριο μηχανισμό της αντλίας θερμότητας), το οποίο βρίσκεται στο εξωτερικό περιβάλλον που είναι διαθέσιμη και ανεξάντλητη ενεργειακή δεξαμενή, όπως ο αέρας, το έδαφος ή το νερό.

Οι φυσικές ενεργειακές δεξαμενές θεωρούνται ότι έχουν σταθερή θερμοκρασία σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή. Αυτό συμβαίνει γιατί ο ατμοσφαιρικός αέρας, το υγρό και ευθερμαγωγό έδαφος (σε κάποιο βάθος από την επιφάνεια), όπως και μια μεγάλη φυσική δεξαμενή νερού (πηγάδι, υπόγεια υγρή φλέβα, ποταμός ή λίμνη) πρακτικά δεν παρουσιάζουν αισθητή διαφορά θερμοκρασίας αν τους διοχετευτούν κάποιες σχετικά μικρές ποσότητες θερμότητας, που αντλούνται για τον κλιματισμό ενός χώρου, ή τους αφαιρέσουμε ανάλογες ποσότητες θερμότητας που χρειάζονται για τη θέρμανση του ίδιου χώρου το χειμώνα.

Η πιο απλή μορφή της αντλίας θερμότητας φαίνεται στο **Σχήμα 1.3**

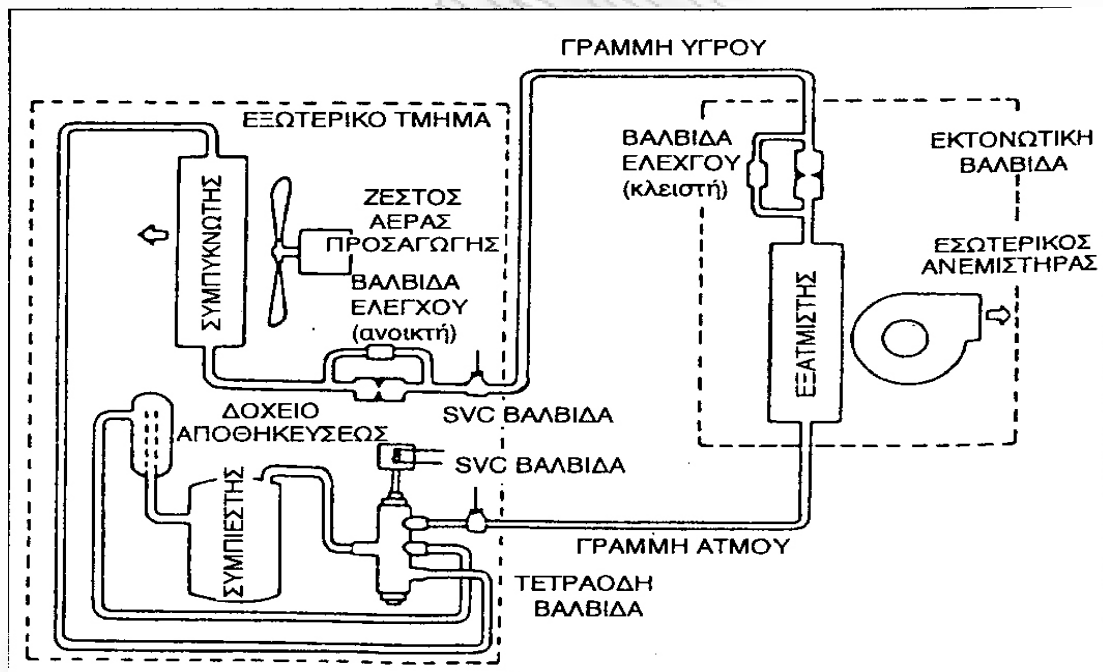


1. Συμπιεστής (κομπρεσσέρ)
2. Συμπυκνωτής (εναλλάκτης ατμών ψυκτικού - αέρα)
3. Εξατμιστής (εναλλάκτης ψυχρού υγρού - αέρα)
4. Νωπός αέρας από το περιβάλλον
5. Θερμός αέρας προς το περιβάλλον
6. Ανεμιστήρας
7. Αισθητήρας και θερμική βαλβίδα
8. Σύστημα (βαλβίδα) αντιστροφής της λειτουργίας
9. Ανεμιστήρας προσαγωγής αέρα στον εναλλάκτη
10. Προσαγωγή δροσερού αέρα στον χώρο
11. Προσαγωγή αέρα του χώρου στον εναλλάκτη
12. Αισθητήρας και ρυθμιστική βαλβίδα χώρου
13. Εναλλάκτης με σερπαντίνα (οφιοειδής σωλήνας)

**Σχήμα 1.3** Σχηματική παρουσίαση των κύριων στοιχείων και του τρόπου λειτουργίας της αντλίας θερμότητας, κατά τη λειτουργία της για ψύξη [5].

Αποτελείται από ένα συμπιεστή, ένα συμπυκνωτή, ένα εξατμιστή και τους ανεμιστήρες του εξατμιστή και του συμπυκνωτή, το σύστημα ελέγχου (αυτοματισμοί), τη στραγγαλιστική διάταξη και τέλος τον μηχανισμό της αντίστροφης λειτουργίας της. Η απορρόφηση και η απόδοση θερμότητας γίνονται με μεταβολή φάσεων (από υγρό σε αέριο και από αέριο σε υγρό), ρευστού κατάλληλων θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών, του ψυκτικού ρευστού.

Η λειτουργία της αντλίας θερμότητας κατά τους θερινούς μήνες φαίνεται στο **Σχήμα 1.4**. Μέσα από τον συμπιεστή, ο οποίος παίρνει κίνηση από τον κινητήρα, περνά το ψυκτικό ρευστό σε αέρια κατάσταση, σε χαμηλή πίεση. Στην έξοδο του συμπιεστή η πίεση και η θερμοκρασία του αέρα έχουν ανέβει σημαντικά. Περνώντας από τον συμπυκνωτή – εναλλάκτη έρχεται σε έμμεση επαφή με τη χαμηλότερη θερμοκρασία του αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος και αποβάλλει θερμότητα προς το περιβάλλον, υπό σταθερή σχεδόν θερμοκρασία. Η αποβολή θερμότητας έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή του αερίου υψηλής πίεσεως σε κορεσμένο υγρό ή και υπέρκορο. Στη συνέχεια το υγρό υψηλής πίεσεως περνά μέσα από τη βαλβίδα εκτονώσεως, όπου και υποβιβάζεται ως προς την πίεση και τη θερμοκρασία, σε χαμηλότερα ενεργειακά επίπεδα.



**Σχήμα 1.4** Θερινή λειτουργία της αντλίας θερμότητας [5]

Η αέρια και υγρή φάση του ψυκτικού ρευστού συνυπάρχουν στο σημείο αυτό και σε αναλογία που εξαρτάται κάθε φορά από τις αρχικές και τελικές συνθήκες. Η θερμοκρασία του ρευστού είναι χαμηλότερη τώρα από τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου που περιβάλλει τον εξατμιστή – εναλλάκτη, ώστε αέρας του χώρου κατά την

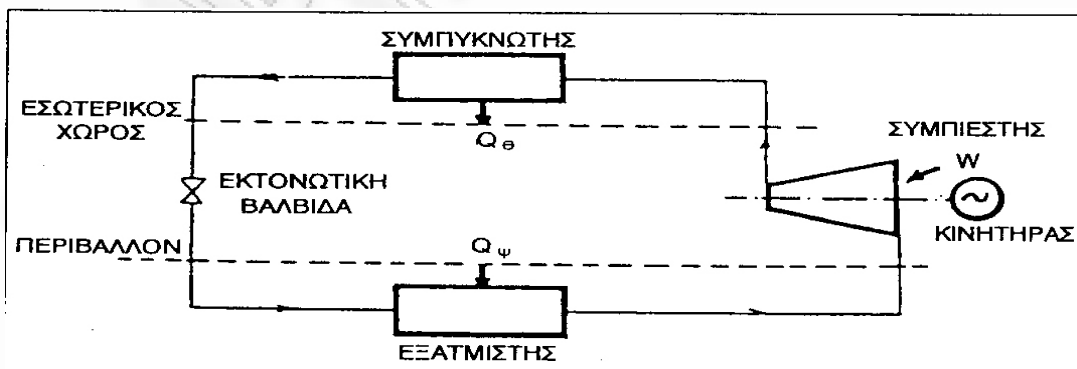
επαφή του με ψυκτικό ρευστό απορροφά θερμότητα, κάτω από σχεδόν σταθερή θερμοκρασία. Τα αποτελέσματα της διεργασίας αυτής είναι να φτάσει το ρευστό στην κατάσταση κορεσμένου ή και υπέρθερμου αερίου. Η αποβολή και απορρόφηση θερμότητας που πραγματοποιείται στον συμπυκνωτή και εξατμιστή αντίστοιχα, υποβοηθείται από ειδικούς ανεμιστήρες, οι οποίοι συντελούν στην ταχύτερη κυκλοφορία του περιβάλλοντος αέρα (νωπού ή εσωτερικού χώρου) [5].

### 1.5.1.2 Θερμοδυναμική εξέταση της αντλίας θερμότητας

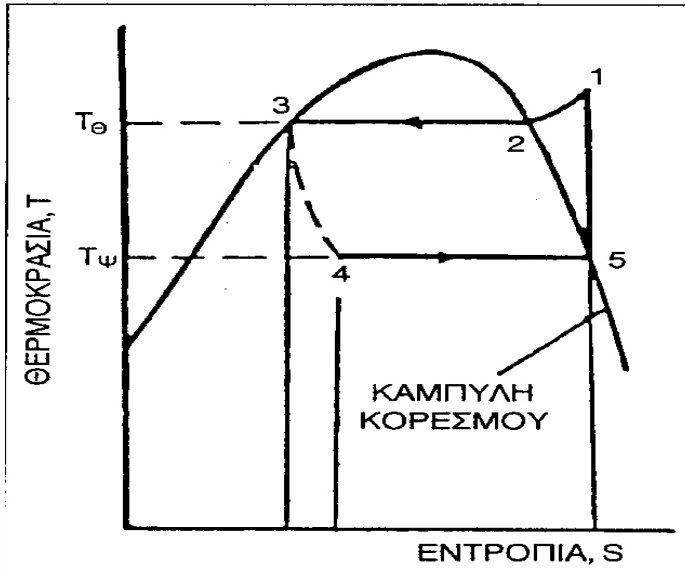
#### Θεωρητικός κύκλος

Ο θερμοδυναμικός κύκλος που αναφέρεται στη διαδοχική ατμοποίηση και υγροποίηση ενός ρευστού, αποτελεί την αφετηρία της μελέτης και λειτουργίας της αντλίας θερμότητας. Η διαδικασία λειτουργίας μοιάζει σημαντικά με την ανάδρομη μηχανή του Carnot. Η απλοποιημένη κατασκευαστική αρχή του κύκλου φαίνεται στο **Σχήμα 1.5**, ενώ οι θερμοδυναμικές μεταβολές σε διάγραμμα εντροπίας φαίνονται στο διάγραμμα του **Σχήματος 1.6**:

- Μεταβολή 1 – 2: Ο συμπιεσμένος και υπέρθερμος ατμός εισέρχεται στον συμπυκνωτή, ψύχεται μέχρι την κατάσταση κορεσμού και αποδίδει θερμότητα. Η πίεση παραμένει σταθερή, ενώ έχουμε μικρή πτώση της θερμοκρασίας του ατμού.
- Μεταβολή 2 – 3: Ο κορεσμένος ατμός που βρίσκεται μέσα στον συμπυκνωτή αρχίζει να υγροποιείται υπό σταθερή πίεση, ενώ συγχρόνως αποδίδει τη μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας.
- Μεταβολή 3 – 4: Το υγροποιημένο ρευστό εγκαταλείπει τον συμπυκνωτή, περνάει από την εκτονωτική βαλβίδα και ελαττώνεται η πίεση του. Η μεταβολή αυτή είναι ισενθαλπική, μη αντιστρεπτή και συνοδεύεται από μεγάλη πτώση της θερμοκρασίας.
- Μεταβολή 4 – 5: Το υγρό εισέρχεται στον εξατμιστή, παίρνει θερμότητα από την ψυχρή πηγή και ατμοποιείται με σταθερή πίεση και θερμοκρασία. Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ισοβαρής.
- Μεταβολή 5 – 1: Ο ατμός που βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού, εισέρχεται στον συμπιεστή. Με τη συμπίεση, η οποία θεωρητικά είναι ισεντροπική, ενώ στην πράξη περίπου ισεντροπική και αρκετά αδιαβατική, λόγω ταχύτητας, ανεβαίνει η θερμοκρασία, η ενθαλπία και η πίεση του ατμού [5].



**Σχήμα 1.5** Κατασκευαστική αρχή του κύκλου συμπίεσης ατμών [5]

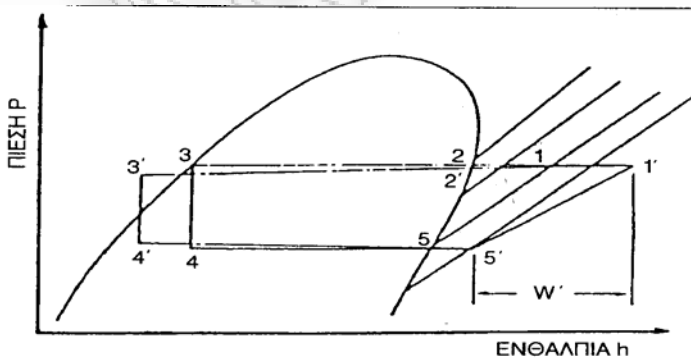


Σχήμα 1.6 Εντροπικό διάγραμμα του κύκλου συμπίεσης ατμών. Οι ίδιες μεταβολές φαίνονται στο διάγραμμα ενθαλπίας [5]

### Πραγματικός θερμοδυναμικός κύκλος

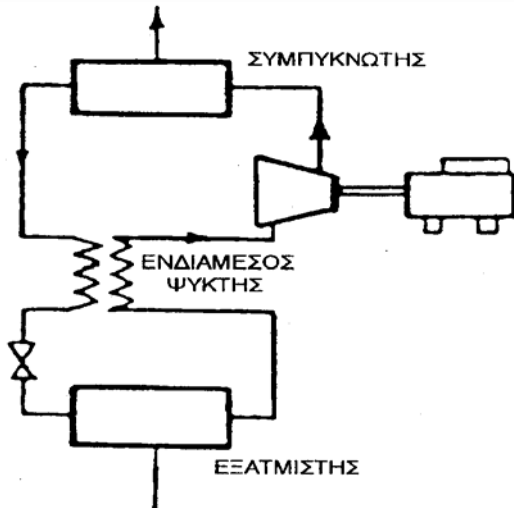
Οι αναγκαστικές τροποποιήσεις του θεωρητικού κύκλου είναι οι εξής:

- Εξαιτίας του κινδύνου σχηματισμού σταγόνων μέσα στον κύλινδρο συμπίεσης, ο ατμός οδηγείται υπέρθερμος στον συμπιεστή (σημείο 5' στο Σχήμα 1.7).
- Επειδή ο συμπιεστής δεν μπορεί να εκτελέσει μια καθαρή ισεντροπική συμπίεση, απαιτείται περισσότερο μηχανικό έργο. Το επιπλέον μηχανικό έργο  $W'$  γίνεται θερμότητα, που ανεβάζει τη θερμοκρασία εξόδου του ρευστού (σημείο 1' στο Σχήμα 1.7).
- Στους εναλλάκτες θερμότητας (συμπυκνωτή – εξατμιστή), οι μεταβολές είναι θεωρητικά ισοβαρείς και ισόθερμες. Στην πράξη όμως – λόγω της ταχύτητας που διατηρείται αρκετά μεγάλη – υπάρχει πτώση πίεσης, η οποία εμφανίζεται στο Σχήμα 1.7 με τις κεκλιμένες ευθείες 1'-3'-4'-5'.
- Επειδή υπάρχει κίνδυνος να σχηματιστεί ατμός πριν από την εκτονωτική βαλβίδα (από απρόβλεπτη θέρμανση ή πτώση πίεσης), πρέπει οπωσδήποτε να γίνει απόψυξη του υγρού (σημείο 3' στο Σχήμα 1.7) με τη βοήθεια ενός ενδιάμεσου ψύκτη (Σχήμα 1.8) [5].



Σχήμα 1.7 τροποποιήσεις του θεωρητικού κύκλου [5]





Σχήμα 1.8 ο ενδιάμεσος ψύκτης [5]

### 1.5.2 Ψύκτης απορρόφησης (absorption chillers)

Η τεχνολογία αυτή σε αντίθεση με τις κλασσικές ψυκτικές διατάξεις μηχανικής συμπίεσης χρησιμοποιεί δυο εργαζόμενα μέσα. Αυτά είναι το καθαυτό ψυκτικό μέσο (refrigerant) και το μέσο απορρόφησης (absorbent). Δυο κλασσικά ζεύγη τέτοιων μέσων είναι [7]:

- Αμμωνία - Νερό ( $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ )
- Νερό - Διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου ( $\text{H}_2\text{O} / \text{LiBr}$ )

Στην πρώτη περίπτωση το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία και το μέσο απορρόφησης το νερό. Στη δεύτερη περίπτωση ψυκτικό μέσο είναι το νερό και μέσο απορροφήσεως το διάλυμα βρωμιούχου λιθίου.

Οι ψυκτικές διατάξεις με απορρόφηση χρησιμοποιούν για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος το φαινόμενο της ατμοποίησης και επομένως για να έχουμε συνεχή λειτουργία με επαναχρησιμοποίηση του ψυκτικού μέσου απαιτείται να γίνει χρήση και της αντιστοίχου συμπύκνωσης. Η διαφορά των διατάξεων απορρόφησης έναντι των κλασσικών διατάξεων με συμπίεση ατμού έγκειται στην μη χρήση συμπιεστή ατμού ψυκτικού μέσου οιοδήποτε είδους. Για την μεταφορά του ψυκτικού μέσου από την χαμηλή πίεση ατμοποίησης στην υψηλή πίεση συμπύκνωσης γίνεται χρήση του φαινομένου της απορρόφησης. Λόγω της απορρόφησης αυτής του ατμοποιηθέντος ψυκτικού μέσου από το μέσο απορρόφησης έχουμε στην χαμηλή πίεση υγρό διάλυμα και όχι ατμό, το οποίο πρέπει να μεταφερθεί στην υψηλή πίεση. Η μεταφορά αυτή γίνεται είτε με την βοήθεια μηχανικής αντλίας είτε με χρήση κατάλληλης θερμοσιφωνικής αντλίας [7].

Στην περίπτωση που εφαρμόζεται στις ψυκτικές διατάξεις απορρόφησης με αδρανές αέριο δεν απαιτείται ουδεμία μηχανική ενέργεια. Αυτό συνεπάγεται την πλήρη έλλειψη κινουμένων μελών στις διατάξεις αυτές που τις καθιστά τελείως αθόρυβες κατά την λειτουργία τους. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται μηχανική αντλία στις διατάξεις με απορρόφηση η απαιτούμενη μηχανική ενέργεια είναι σε σύγκριση προς την αντίστοιχη των ψυκτικών εγκαταστάσεων με μηχανικό συμπιεστή ατμού μηδαμινή [7].

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψυκτικών διατάξεων με απορρόφηση είναι ότι απαιτούν ελάχιστη ή καθόλου μηχανική ενέργεια και ότι παράγουν την ψυκτική ισχύ μόνο με χρήση θερμικής ενέργειας. Η θερμική ενέργεια απαιτείται για τον εκ νέου διαχωρισμό του ψυκτικού μέσου από το μέσο απορρόφησης στην υψηλή πίεση όπου βρίσκονται. Ο διαχωρισμός αυτός επιτυγχάνεται με βρασμό και κλασματική απόσταξη. Η θερμική ενέργεια που προσδίδεται προέρχεται είτε από υδρατμό από καύση φυσικού αερίου. Είναι αξιοσημείωτο ότι όσο υψηλότερη θερμοκρασία έχει η θερμότητα που προσδίδεται για την λειτουργία της ψυκτικής διάταξης με απορρόφηση, τόσο χαμηλότερη θερμοκρασία ατμοποίησης δύναται να επιτευχθεί [7].

### 1.5.2.1 Ψυκτικός Κύκλος $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ .

Εξοπλισμός απορροφήσεως του είδους αυτού κατασκευάζονται σε μεγέθη διαφόρων ψυκτικών ισχύων που καλύπτουν όλη την γκάμα από λίγες εκατοντάδες Watt μέχρι 2 και 3 MW. Οι μεγάλες εγκαταστάσεις ευρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε χημικές βιομηχανίες και ιδιαίτερα σε διυλιστήρια υγρών καυσίμων.

Με μονοβάθμιες μονάδες του είδους αυτού παράγεται ευχερώς ψυκτική ισχύς στους  $-45^\circ\text{C}$  ή ακόμα και στους  $-75^\circ\text{C}$ . Την θερμοκρασία αυτή ουδεμία μονοβάθμια διάταξη συμπίεσης ατμού μπορεί να πλησιάσει λόγω του εξαιρετικά μεγάλου λόγου συμπίεσης που απαιτείται.

### 1.5.2.2 Ψυκτικός Κύκλος $\text{H}_2\text{O}$ - διαλύματος $\text{LiBr}$ .

#### Αρχή Λειτουργίας Ψυκτικής διάταξης $\text{H}_2\text{O}$ - $\text{LiBr}$ .

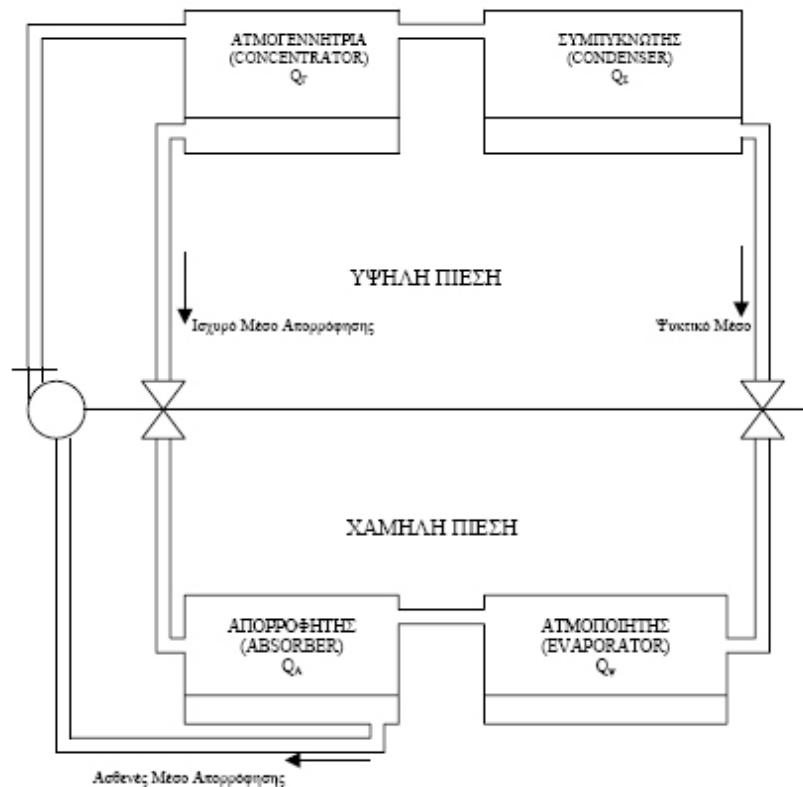
Η αρχή λειτουργίας των διατάξεων αυτών απεικονίζεται στο **Σχήμα 1.9**. Στην ατμογεννήτρια προσδίδεται έξωθεν η θερμική ενέργεια  $Q_g$ , που ατμοποιεί το ασθενές μέσο απορρόφησης το οποίο έχει προωθηθεί στην ατμογεννήτρια με την βοήθεια της αντλίας διαλύματος. Η ατμοποίηση έχει σαν αποτέλεσμα τον πλήρη διαχωρισμό του διμερούς μίγματος και την παραγωγή υδρατμών που οδεύουν προς τον συμπυκνωτή.

Η σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διμερών μιγμάτων είναι η ακόλουθη: Στην περίπτωση του ζεύγους  $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$  το μέσο απορρόφησης ( $\text{H}_2\text{O}$ ) έχει ίδια τάση ατμών και στην ατμογεννήτρια παράγεται μίγμα ατμών αμμωνίας και νερού, το οποίο απαιτεί αναβελτίωση για την παροχή προς τον συμπυκνωτή σχετικά αμιγούς ατμού ψυκτικού μέσου. Αντίθετα το μίγμα νερό - δ/μα  $\text{LiBr}$  χρησιμοποιεί ως μέσο απορρόφησης άλας ( $\text{LiBr}$ ), το οποίο στερείται ίδιας τάσης ατμών και έτσι στην ατμογεννήτρια παράγεται άμεσα μόνο ατμός ψυκτικού μέσου (υδρατμός) χωρίς να απαιτείται ουδεμία αναβελτίωση.

Κατόπιν το ισχυρό μέσο απορρόφησης ( $\text{LiBr}$ ) απομακρύνεται από την ατμογεννήτρια και μέσω της στραγγαλιστικής βαλβίδας επιστρέφει στον απορροφητή. Ο υδρατμός οδηγείται στον συμπυκνωτή όπου συμπυκνείται αποβάλλοντας την θερμότητα συμπύκνωσης. Το συμπύκνωμα πηγαίνει προς το τμήμα της εγκατάστασης με την χαμηλή πίεση μέσω δεύτερης βαλβίδας στραγγαλισμού και στην συνέχεια παράγει με την ατμοποίησή του στον ατμοποιητή, την ψυκτική ισχύ. Τέλος ο ατμός χαμηλής πίεσης που παράγεται στο στοιχείο ατμοποίησης ρέει προς τον απορροφητή όπου και απορροφάται από το ισχυρό μέσο απορρόφησης. Προϊόν της απορρόφησης αυτής είναι το ασθενές μέσο απορρόφησης το οποίο με την αντλία διαλύματος καταθλίβεται εκ νέου προς την ατμογεννήτρια.

Η θερμοκρασία παραγωγής ψυκτικής ισχύος εξαρτάται από την πίεση που επικρατεί στον ατμοποιητή. Περαιτέρω όμως η πίεση αυτή εξαρτάται από την σύνθεση του ισχυρού μέσου απορρόφησης στον απορροφητή καθώς και από την θερμοκρασία στον απορροφητή. Για να υπάρξει απορρόφηση των υδρατμών από το δ/μα άλατος LiBr πρέπει η πίεση ατμοποίησης να είναι μεγαλύτερη από την μερική πίεση των υδρατμών που βρίσκονται πάνω από το δ/μα LiBr στον απορροφητή.

Μια πραγματική ψυκτική εγκατάσταση απορρόφησης με εργαζόμενο ζεύγος  $H_2O - LiBr$  εκτός από τα στοιχεία που απεικονίζονται στο **Σχήμα 1.9** περιλαμβάνει και έναν εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος μεταφέρει θερμότητα από το θερμό ισχυρό μέσο απορρόφησης προς το ασθενές που οδεύει προς την ατμογεννήτρια. Επίσης περιλαμβάνει και έναν δεύτερο εναλλάκτη θερμότητας μεταξύ του θερμού συμπυκνώματος και του ψυχρού ατμού που εξέρχεται από τον ατμοποιητή. Ο δεύτερος αυτός εναλλάκτης λέγεται Εναλλάκτης Πρόψυξης.



**Σχήμα 1.9** Σχηματική παράσταση στοιχειώδους ψυκτικής διάταξης απορρόφησης  $H_2O$  διαλύματος LiBr [7]

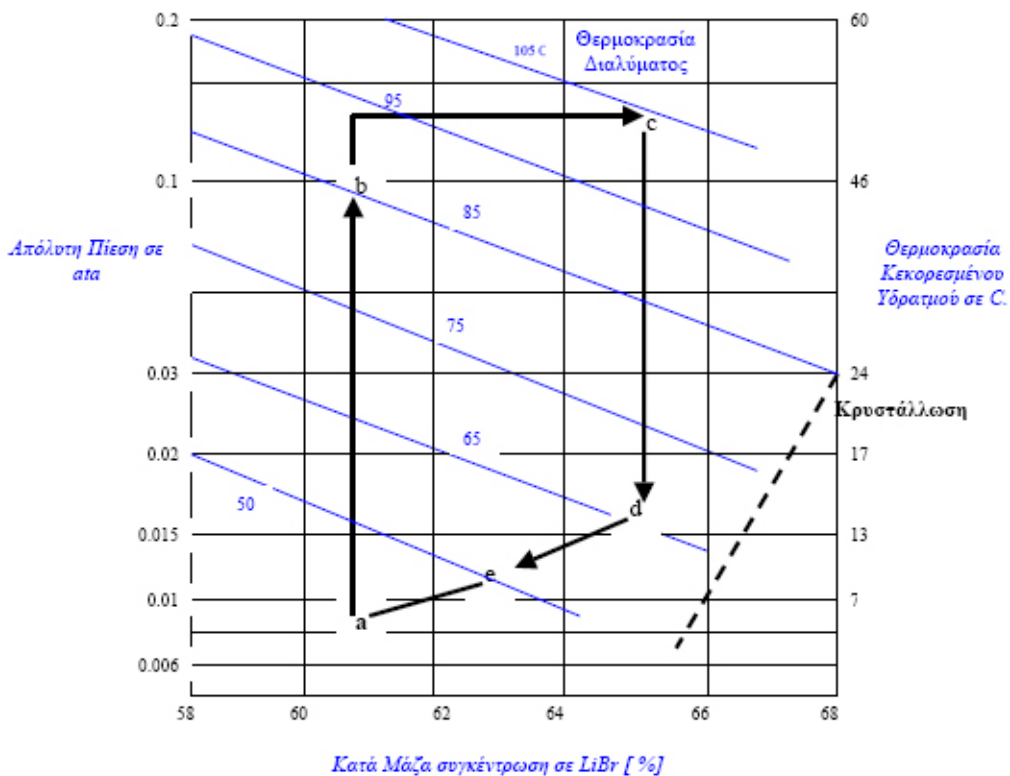
#### 1.5.2.2.1 Θερμοδυναμική Απεικόνιση Ψυκτικού Κύκλου $H_2O - LiBr$

Η παράσταση των μεταβολών του διαλύματος γίνεται σε διάγραμμα με άξονες την κατά μάζα συγκέντρωση και την πίεση. Ένα παράδειγμα παρόμοιου διαγράμματος δίνεται στο **Σχήμα 1.10**.

Η μεταβολή **ab** απεικονίζει την θέρμανση του ασθενούς μέσου απορρόφησης στον εναλλάκτη θερμότητας. Η περαιτέρω θέρμανση από το σημείο **b** μέχρι την "υψηλή" πίεση γίνεται εντός της ατμογεννήτριας, όπου στην συνέχεια έχουμε την παραγωγή ατμού ψυκτικού μέσου κατά μήκος της ισόθλιπτης μέχρι το σημείο **c**. Η ψύξη του ισχυρού μέσου απορρόφησης παρίσταται δια της μεταβολής **cd** και η ακολουθούσα απορρόφηση δια της μεταβολής **da**.

Οι μεταβολές αυτές λαμβάνουν χώρα μεταξύ διαλυμάτων συγκέντρωσης 61% και 65%. Από το **Σχήμα 1.10** είναι εμφανές ότι το σημείο **d** βρίσκεται κοντά στην οριακή γραμμή κρυστάλλωσης του δ/τος LiBr και πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την αποφυγή αυτής. Η εμφάνιση κρυστάλλων οι οποίοι προκαλούν ακόμα και διακοπή λειτουργίας είναι ένα από τα προβλήματα των διατάξεων αυτών.

Τέλος για μεγαλύτερη ασφάλεια λειτουργίας χρησιμοποιείται ανάμιξη του ισχυρού μέσου απορρόφησης, που προέρχεται από την ατμογεννήτρια με διάλυμα από τον απορροφητή προ της εισόδου αυτού στον απορροφητή. Είναι προφανές ότι η ανάμιξη εδώ επιτρέπει την χρήση μεγαλύτερης συγκέντρωσης για το ισχυρό μέσο απορρόφησης παρά το ότι η πίεση ατμοποίησης παραμένει εξ ίσου χαμηλή όπως και προηγουμένως.



**Σχήμα 1.10** Παράσταση των μεταβολών του δ/τος LiBr μιας διατάξεως απορρόφησης H<sub>2</sub>O διαλύματος LiBr [7]

#### 1.5.2.2 Περιγραφή λειτουργίας ψύκτη απορρόφησης

Η θερμότητα που εκλύεται από την καύση του φυσικού αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ψύξης νερού σε ψύκτες απορρόφησης. Το παραγόμενο

ψυχρό νερό χρησιμοποιείται για κλιματισμό χώρων όπως και το ψυχρό νερό των συμβατικών ηλεκτροκίνητων ψυκτών. Οι περισσότεροι ψύκτες απορρόφησης χρησιμοποιούν την ενέργεια της καύσης του φυσικού αερίου, αν και υπάρχουν συσκευές που εκμεταλλεύονται θερμό νερό από διάφορες πηγές ή ατμό ή ανακτημένη θερμότητα από εγκαταστάσεις μηχανών εσωτερικής καύσης ή στροβιλομηχανών [6].

Το μεγάλο πλεονέκτημα των ψυκτών απορρόφησης είναι η αμελητέα κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας η οποία χρησιμοποιείται μόνο για τη λειτουργία αντλίας νερού της μονάδας απορρόφησης. Παράλληλα ο ψύκτης δεν έχει παρά ελάχιστες φθορές και ανάγκη συντήρησης καθώς δεν έχει κινούμενα μέρη (κινητήρες κλπ). Αυτό τον καθιστά πολύ αξιόπιστο και του δίνει τη δυνατότητα να λειτουργεί συνεχώς για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα και σε μεγάλα φορτία, χωρίς να εμφανίζει φαινόμενα «κόπωσης».

Οι συμβατικοί ψύκτες με ηλεκτροκίνητο συμπιεστή χρησιμοποιούν ως ψυκτικό ρευστό υγρά μη φιλικά στο περιβάλλον όπως CFC και HCFC, που όσο και αν εξελίσσονται προς την κατεύθυνση της οικολογικής λειτουργίας, είναι βλαπτικά για το περιβάλλον. Οι ψύκτες απορρόφησης χρησιμοποιούν νερό και βρωμιούχο λίθιο (LiBr). Το βρωμιούχο λίθιο είναι απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον και δεν προκαλεί καμία επιβάρυνση [6].

Αν οι συνθήκες απαιτούν ψύξη με λειτουργία συμπιεστή δηλαδή συμβατικό σύστημα και η λειτουργία με ηλεκτρισμό είναι αδύνατη ή μη επιθυμητή, έχουμε τη δυνατότητα να εγκαταστήσουμε ψύκτη με συμπιεστή περιστρεφόμενο από κινητήρα εσωτερικής καύσης. Αυτός μπορεί να χρησιμοποιεί για καύσιμο είτε πετρέλαιο, όπως τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, είτε φυσικό αέριο. Οδηγούμενος από κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο συμπιεστής έχει τη δυνατότητα εύκολης ρύθμισης της ταχύτητας περιστροφής παράμετρος που συμβάλλει πολύ στην οικονομική λειτουργία όπως τα ηλεκτρικά συστήματα με inverter [8].

Με τον όρο ψύκτης με Φυσικό Αέριο εννοούμε μια διάταξη στην οποία το Φυσικό Αέριο χρησιμοποιείται απ' ευθείας για την άντληση θερμότητας, δηλαδή χωρίς κατανάλωση ηλεκτρισμού. Εδώ η μηχανική συμπίεση και συμπύκνωση των ατμών αντικαθίσταται από την χημική απορρόφηση. Σε αυτή την περίπτωση κατά την ψύξη εξατμίζεται στον εξαμιστήρα νερό και όχι κάποιο φρέον. Οι ατμοί του νερού απορροφώνται στη συνέχεια χημικά στον απορροφητήρα από ένα υγροσκοπικό υγρό και υγροποιούνται, χωρίς δαπάνη ηλεκτρισμού. Το υγρό αυτό είναι ένα διάλυμα βρωμιούχου λιθίου, που είναι ένα αβλαβές και χημικώς σταθερό άλας, παρόμοιο στις άλλες ιδιότητες με το χλωριούχο νάτριο, δηλαδή το κοινό αλάτι.

Το διάλυμα το οποίο προκύπτει, επειδή είναι αραιότερο του αρχικού πρέπει να αναγεννηθεί, δηλαδή να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Αυτό γίνεται μέσα στον αναγεννητήρα, ο οποίος θερμαίνεται από την καύση του Φυσικού Αερίου. Οι υδρατμοί που παράγονται κατά την αναγέννηση, συμπυκνώνονται στον συμπυκνωτήρα και ανακτώνται [3].

Στην ψύξη με απορρόφηση η συμπίεση γίνεται με τη χρήση κατάλληλης χημικής διεργασίας, με την οποία επιτυγχάνεται η συμπίεση των ατμών του ψυκτικού μέσου χωρίς δαπάνη ηλεκτρικού έργου. Για να ολοκληρωθεί η διεργασία ακολουθεί το στάδιο της αναγέννησης, στο οποίο το ψυκτικό ελευθερώνεται σε υψηλότερη πίεση μέσω βρασμού με τη βοήθεια θερμικής ενέργειας. Η χρήση της χημικής απορρόφησης δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το νερό ως ψυκτικό ρευστό, αντί των ρυπογόνων αλογονανθράκων.

Το νερό έχει υψηλή θερμοκρασία εξάτμισης. Με τη χρήση του επιτυγχάνεται χαμηλός ρυθμός ροής ψυκτικού (επομένως οικονομία θερμικής ενέργειας), γιατί για ορισμένο ψυκτικό φορτίο επανακυκλοφορεί μικρή μάζα ψυκτικού. Ιστορικά η ψύξη με απορρόφηση εφαρμόστηκε πρώτα στην παραγωγή ψύξης για τα κτίρια και τη βιομηχανία. Αργότερα με τη μείωση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος, υποκαταστάθηκε από την ψύξη με μηχανική συμπίεση, που με τη σειρά της απαιτεί τη χρήση, ως ψυκτικού υγρού, κατάλληλου αλογονάνθρακα (φρέον) αντί του νερού.

Η χημική απορρόφηση επιτυγχάνεται σε μια διάταξη που λέγεται απορροφητήρας. Εκεί οι υδρατμοί που παράγονται από την εξάτμιση του νερού ( $4^{\circ}\text{C}$ ) απορροφώνται από ένα κατάλληλο υγροσκοπικό απορροφητικό μέσο, δηλαδή μια ουσία, που είναι χημικά συγγενής προς το νερό. Η εξάτμιση του νερού σε τόσο χαμηλή θερμοκρασία επιτυγχάνεται σε κενό αέρα. Για να διατηρείται η ροή της θερμότητας των υδρατμών προς τον απορροφητήρα στους  $4^{\circ}\text{C}$  και η απορρόφηση του, πρέπει με κάποιο τρόπο το απορροφητικό αν αντικαθίσταται συνεχώς με νέο αναγεννημένο απορροφητικό μέσο. Αυτό στην πράξη δεν μπορεί να γίνει αν το απορροφητικό μέσο είναι στερεό. Γι' αυτό, αντί του στερεού χρησιμοποιείται ως υγροσκοπικό μέσο πυκνό υδατικό διάλυμα βρωμιούχου λιθίου.

Στην αναγεννήτρια γίνεται η εκρόφηση των ατμών του ψυκτικού σε υψηλότερη πίεση. Αυτό επιτυγχάνεται με βρασμό του μίγματος νερού – απορροφητικού σε υψηλότερη θερμοκρασία. Έτσι με τη βοήθεια θερμικής ενέργειας επανεκλύονται οι υδρατμοί σε υψηλότερη πίεση από αυτή που επικρατούσε στον εξατμιστήρα. Στην πίεση αυτή γίνεται εφικτή η επαναυγροποίηση του στους  $38^{\circ}\text{C}$  με τη βοήθεια νερού πύργου ψύξης ή αέρα. Στην τελική φάση το υγροποιημένο ψυκτικό, εκτονώνεται επιστρέφοντας στον εξατμιστήρα, για επανεξάτμιση. Τα παραπάνω αποτελούν την ολοκληρωμένη μορφή του **ψύκτη απορρόφησης απλής βαθμίδας**.

**Στον ψύκτη απορρόφησης διπλής βαθμίδας** η αναγέννηση του υγροσκοπικού διαλύματος γίνεται σε δύο στάδια. Στο αρχικό στάδιο χρησιμοποιείται ως πηγή θερμότητας η λανθάνουσα θερμότητα που εκλύεται κατά τη μερική συμπύκνωση των ατμών του ψυκτικού που παράγονται στην πρώτη γεννήτρια. Οι ατμοί της είναι αρκετά υψηλής θερμοκρασίας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση του επομένου σταδίου που γίνεται στη δεύτερη γεννήτρια. Σε αυτήν το ενδιάμεσο διάλυμα συμπυκνώνεται μέχρι να φθάσει στην τελική επιθυμητή τιμή.

Ο ψύκτης διπλής βαθμίδας χρειάζεται τη μισή θερμική ενέργεια από τον ψύκτη απλής βαθμίδας. Μπορεί όμως να εφαρμοστεί μόνο αν η πηγή θερμότητας είναι υψηλής θερμοκρασίας (φυσικό αέριο ή πετρέλαιο). Σε περίπτωση που υπάρχει διαθέσιμο ζεστό νερό χαμηλής θερμοκρασίας ( $90 - 98^{\circ}\text{C}$ ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ο ψύκτης απλής βαθμίδας.

Με τη διαρκώς αυξανόμενη σήμερα τιμή αγοράς της ηλεκτρικής κιλοβατώρας και το τιμολόγιο των εταιρειών παροχής αερίου σε ότι αφορά στη χρήση του Φυσικού Αερίου για κλιματισμό η ψύξη με Φυσικό Αέριο έγινε και πάλι ελκυστική [9].

### 1.5.2.2.3 Τεχνολογίες ψυκτικών μονάδων απορρόφησης

Τα κριτήρια ταξινόμησης των ψυκτικών μονάδων απορρόφησης  $\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}$  είναι ο τρόπος θέρμανσης της κύριας ατμογεννήτριας και το αν η μονάδα έχει μια ή περισσότερες ατμογεννήτριες. Έτσι διακρίνονται σε :

- **Εμμέσου Θέρμανσης (indirect fired)** ψυκτικές μονάδες, όπου η τροφοδότηση της ατμογεννήτριας γίνεται από ένα boiler με ατμό ή ζεστό νερό και Αμέσου

**Θέρμανσης (direct fired)** ψύκτες, που η θέρμανση στην ατμογεννήτρια γίνεται απευθείας μέσω της καύσης υγρών ή κυρίως αερίων καυσίμων.

- **Μονοβάθμιες (single - stage)** εγκαταστάσεις εάν έχουν μια ατμογεννήτρια και σε
- **Πολυβάθμιες (multi- stage)** εγκαταστάσεις εάν έχουν μια κύρια (primary) και μια ή περισσότερες δευτερεύουσες ατμογεννήτριες (secondary). Όλες οι εμπορικώς διατιθέμενες ψυκτικές μονάδες άμεσου θέρμανσης είναι διβάθμιες (two – stage machines). [7]

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στις ψυκτικές μονάδες  $H_2O - LiBr$  χρησιμοποιούνται υδρόψυκτοι συμπυκνωτές (παρουσία πύργων ψύξης) σε αντίθεση με τους ψύκτες  $NH_3 - H_2O$  που έχουν αερόψυκτους συμπυκνωτές (air-cooled condensers). Οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως για την ψύξη νερού κλιματιστικών εγκαταστάσεων. Λόγω της χρησιμοποίησης του νερού ως ψυκτικού μέσου στις διατάξεις αυτές η θερμοκρασία παραγωγής ψυκτικής ισχύος δεν κατέρχεται συνήθως κάτω των  $+ 4^{\circ}C$ .

Οι διατάξεις απορρόφησης αυτού του είδους κατασκευάζονται υπάρχουν σε γκάμα μεγάλης και μικρής ψυκτικής ισχύος. Οι μεγάλης ισχύος μονάδες κατασκευάζονται για ψυκτική ισχύ από 100 μέχρι 1500 ψυκτικούς τόνους (R.T) δηλ. από 0.35 μέχρι 5.3 MW και οι μικρές για ισχύ από 3 έως 25 R.T δηλ. από 0.01 έως 0.088 MW.

Οι διατάξεις μεγάλης ισχύος διακρίνονται από κατασκευαστικής πλευράς σε μονάδες δυο κελυφών (double effect) και μονάδες ενός κελύφους. Στην πρώτη περίπτωση το επάνω κέλυφος περικλείει την ατμογεννήτρια και τον συμπυκνωτή (υψηλή πίεση) και το κάτω τον απορροφητή και το στοιχείο ατμοποίησης (χαμηλή πίεση). Παρά την χρήση των όρων χαμηλή και υψηλή πίεση δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι ολόκληρη η μονάδα λειτουργεί υπό κενό και ότι στο επάνω κέλυφος επικρατεί πίεση περίπου 0.1 ata και στο κάτω 0.01 ata. Για τον λόγο αυτό οι μονάδες αυτές είναι ευαίσθητες στην παρουσία αδρανών αερίων, τα οποία ελαττώνουν το αναγκαίο κενό και γι' αυτό εφοδιάζονται πάντα με διάταξη εξαέρωσης.

Για ευχερέστερη σύγκριση και για μονοσήμαντο καθορισμό της ψυκτικής ισχύος αυτών των ψυκτικών διατάξεων έχουν γίνει αποδεκτές ως ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας αυτών (ASHRAE) τα παρακάτω:

- I. Θερμοκρασία εξόδου νερού από τον ψύκτη  $6.7^{\circ}C$  (44 F)
- II. Θερμοκρασιακή διαφορά ψυχομένου νερού  $5.5^{\circ}C$  (10 F)
- III. Θερμοκρασία εισόδου νερού στον πύργο ψύξης  $29.4^{\circ}C$  (85 F). Είναι σημαντικό η θερμοκρασία αυτή να κυμαίνεται μεταξύ  $23.9^{\circ}C$  και  $29.4^{\circ}C$  ώστε να αποφεύγονται προβλήματα κρυστάλλωσης του ψυκτικού μέσου. [7]

#### 1.5.2.2.3.1 Ψύκτες απορρόφησης άμεσης θέρμανσης (Gas — Fired Absorption Chillers)

Οι ψύκτες απορρόφησης άμεσης θέρμανσης που διατίθενται στο εμπόριο έχουν ονομαστικές ισχύεις που ξεκινούν από τα 105 KW (30 RT) και φθάνουν τα 3800 KW (1080 RT).

Η λειτουργία τους στηρίζεται στον ψυκτικό κύκλο  $H_2O - LiBr$  με διπλό κέλυφος. Οι ψύκτες άμεσης θέρμανσης χρειάζονται 1 BTU (1.055 KJ) από το καύσιμο αέριο

(ισχύς καυσίμου) για κάθε BTU ψυκτικής ισχύος που παράγουν (COP = 1.0). Με την κατασκευή όμως διπλού κελύφους καθώς και την χρησιμοποίηση πιεστικού καυστήρα επιτυγχάνεται υψηλός συντελεστής συμπεριφοράς (COP ~ 1.5 για ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας) και μείωση της κατανάλωσης καυσίμου έως και 40% σε σχέση με μονοβάθμιες εγκαταστάσεις. Επίσης λόγω του two-stage refrigeration cycle μειώνεται η απορριπτόμενη θερμότητα και επομένως το μέγεθος του Πύργου Ψύξης κατά 20% χαμηλότερο σε σχέση με τις μονοβάθμιες (single-stage) μονάδες. Έχουν ταυτόχρονη δυνατότητα παραγωγής νερού ψύξης και θερμού νερού (κοντά στους 80°C). και λειτουργικό σχεδιασμό με αποτέλεσμα να είναι εύκολη η εγκατάσταση και συντήρηση τους. Διαθέτουν καυστήρα χαμηλών εκπομπών NOX (< 30 ppm), ενώ παράλληλα έχουν αντλία διαλύματος LiBr με inverter.

Ειδικά για τους διβάθμιους ψύκτες απορρόφησης άμεσης θέρμανσης παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες οι ενδεικτικές παράμετροι λειτουργίας τους και τα συνήθη φυσικά τους χαρακτηριστικά.

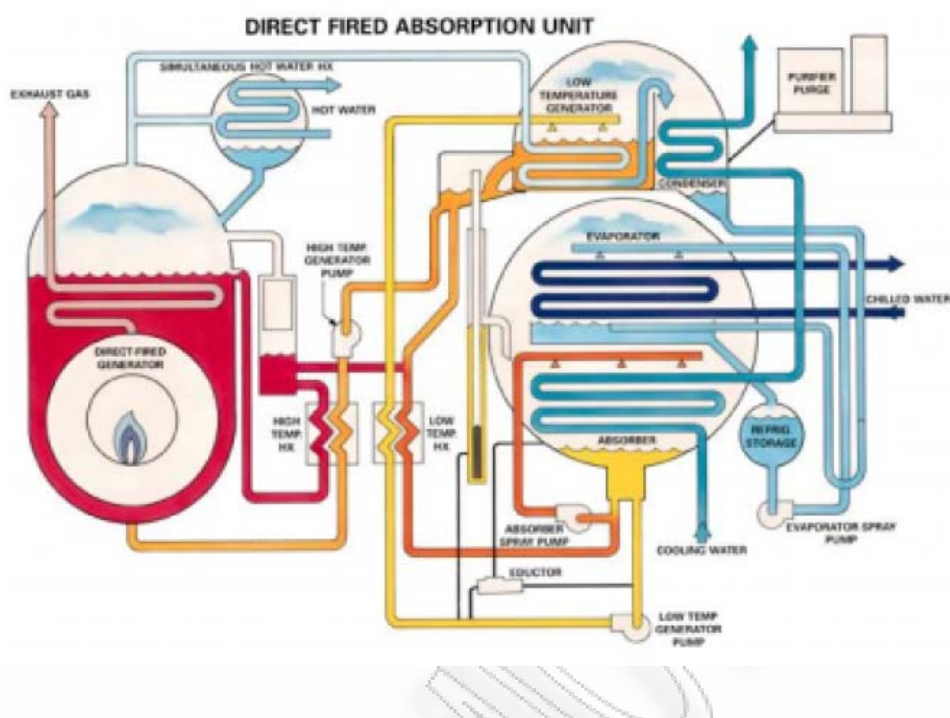
Χαρακτηριστικά Ψύκτη	Τυπική τιμή	Εύρος λειτουργίας
Κατανάλωση καυσίμου (Α.Θ.Δ.)	12000 BTU/RT*hr	11400 – 13000 BTU/RT*hr
COP Ψύξης (Α.Θ.Δ.)	1.0	-
Θερμοκρασία εισόδου νερού ψύξης	29 °C (85 F)	22.2 °C (72 F) ελάχιστη
Θερμοκρασία εξόδου νερού ψύξης	35 °C (95 F)	41 °C (105 F) μέγιστη
Παροχή νερού ψύξης	0.08 lps/kW (4.5 gpm/ton)	0.17 – 0.34 lps/kW (2.5 -5 gpm/ton)
Θερμοκρασία εισόδου ψυχόμενου νερού	12 °C (54 F)	-
Θερμοκρασία εξόδου ψυχόμενου νερού	7 °C (44 F)	5.6 - 16 °C (42 - 60 F)
Παροχή ψυχρού νερού	0.14 lps/kW (2.4 gpm/ton)	-
Ηλεκτρική κατανάλωση	0.003 – 0.011 kWh/kW	-

**Πίνακας 1.2** Τυπικά χαρακτηριστικά λειτουργίας Διβάθμιου ψύκτη άμεσης θέρμανσης [7]

Χαρακτηριστικά Ψύκτη	Μικρότερη μονάδα	Μεγαλύτερη μονάδα
Ονομαστική Ισχύς	20 tons (70 kW)	1500 tons (5300 kW)
Μήκος	1.8 m (6 ft)	8.8 m (29 ft)
Πλάτος	1.5 m (5 ft)	5.8 m (19 ft)
Ύψος	1.8 m (6 ft)	4 m (13 ft)
Βάρος εγκατάστασης	1542 kg (3400 lbs)	79380 kg (175000 lbs)

**Πίνακας 1.3** Τυπικά φυσικά χαρακτηριστικά Διβάθμιου ψύκτη άμεσης θέρμανσης [7]





Σχήμα 1.11 Ψυκτική μονάδα απορρόφησης άμεσης θέρμανσης [7]

#### 1.5.2.2.3.2 Ψύκτες απορρόφησης Έμμεσης Θέρμανσης (Steam /Hot Water - Fired Absorption Chillers).

Η ονομαστική ισχύς των μονοβάθμιων εγκαταστάσεων κυμαίνεται από 400 KW (110 RT) έως 6000 KW (1705 RT) ενώ των διβάθμιων κυμαίνεται από 1400 KW (400 RT) έως 4300 KW (1220 RT). Οι ψύκτες αυτού του είδους παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά

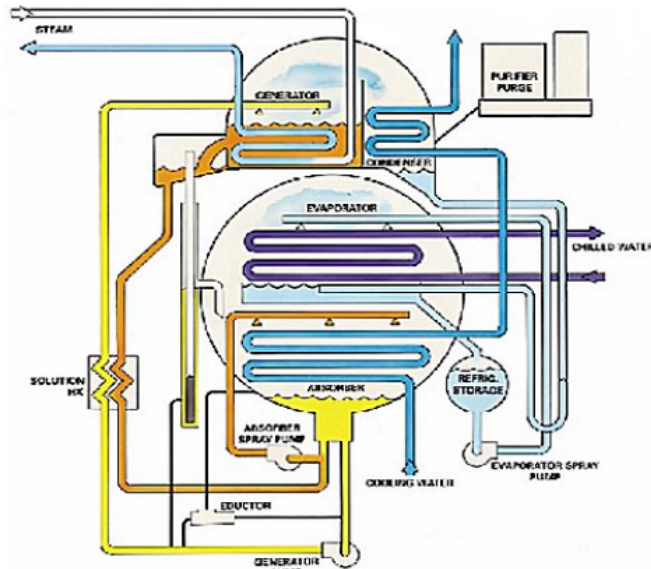
Βελτιωμένος Ψυκτικός Κύκλος :

- Χρησιμοποίηση θερμού νερού θερμοκρασίας 130 °C περίπου ή υπέρθερμου ατμού πίεσης κοντά στο 1 bar ως κύριας πηγή ενέργειας.
- Εξοικονόμηση ενέργειας με χρησιμοποίηση της θερμικής ενέργειας ατμού χαμηλής πίεσης που οδηγείται για απόρριψη για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος.
- Παραγωγή Ψύξης σε Μονάδες Τρι-Παραγωγής (Trigeneration Plants) ή σε Μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου - Μεγιστοποίηση του συνολικού βαθμού απόδοσης.

Ελάχιστα κινούμενα μέρη :

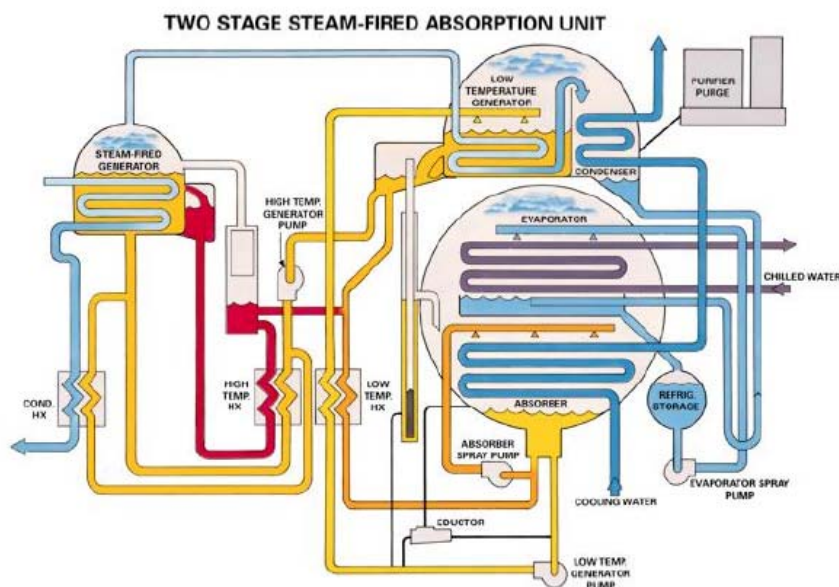
- Ερμητικά κλειστός συμπιεστής που ψύχεται με απεσταγμένο ψυκτικό μέσο (νερό).
- Αμελητέες μηχανικές απώλειες - Μηδαμινές απαιτήσεις συντήρησης.

Οι μονοβάθμιοι ψύκτες απορρόφησης λειτουργούν βέλτιστα για πίεση ατμού τροφοδοσίας που κυμαίνεται από 12 έως 15 psig (0.827 - 1.034 bar) και καταναλώνουν περίπου 18 lb/hr ατμό για κάθε ψυκτικό τόνο που παράγουν (2.3 Kgr/hr για κάθε KW ψυκτ.ισχύος). Οι μονοβάθμιοι ψύκτες είναι δυνατό να τροφοδοτηθούν και με ζεστό νερό. Στο **Σχήμα 1.12** εικονίζεται μια μονοβάθμια ψυκτική διάταξη έμμεσης θέρμανσης με ατμό.



**Σχήμα 1.12** Μονοβάθμια ψυκτική διάταξη απορρόφησης H<sub>2</sub>O - LiBr εμμέσου θέρμανσης με ατμό[7]

Οι διβάθμιοι ψύκτες συνήθως τροφοδοτούνται με ατμό πίεσης 100 psig (6.9 bar) και καταναλώνουν περίπου 10 lb/h ατμό για κάθε παραγόμενο RT (1.3 Kgr/h ατμό για κάθε KW ψυκτικής ισχύος). Η πίεση του ατμού μπορεί να κυμανθεί από 144 psig (9.94 bar) μέχρι 60 psig (4.14 bar). Είναι προφανές ότι όσο χαμηλότερη είναι η πίεση του ατμού τροφοδοσίας του ψύκτη τόσο μεγαλύτερη είναι η πτώση της παραγόμενης ψυκτικής ισχύος και του συντελεστή απόδοσης (COP). Στο **Σχήμα 1.13** εικονίζεται ένας διβάθμιος ψύκτης που θερμαίνεται με ατμό [7].



**Σχήμα 1.13** Διβάθμια ψυκτική διάταξη απορρόφησης H<sub>2</sub>O - LiBr εμμέσου θέρμανσης με ατμό[7]

### 1.6 Έρευνα αγοράς στις διαθέσιμες τεχνολογίες κλιματισμού με Φυσικό Αέριο στην Ελλάδα.

Στον πίνακα 1.4 παρουσιάζονται συνοπτικά τα μηχανήματα και το εύρος της ισχύος τους που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά, καθώς και οι εταιρίες που τα εμπορεύονται και στις δύο τεχνολογίες της ψύξης με Φυσικό Αέριο (απορρόφηση και αντλία θερμότητας).

Αναφορά σε:	Απορρόφηση (absorption)	Αντλία θερμότητας (gas heat pump)
Ισχύς μηχανημάτων	Κυρίως <b>υψηλή ισχύς</b> (υπάρχουν και μικρές μονάδες της Broad/KLT καθώς και απορρόφησης με αμμωνία της ROBUR/ ΕΝΕΡΓΕΙΑ)	<b>Χαμηλή ισχύς</b> (μπορούν να μπουν σε συστοιχία οπότε να καλύψουν μεγαλύτερες εγκαταστάσεις)
Υποκατηγορίες τεχνολογίας	Οι περισσότερες συσκευές λειτουργούν με διάλυμα νερού και βρωμιούχου λιθίου αλλά υπάρχουν και αυτές που λειτουργούν με διάλυμα νερού αμμωνίας (στην Ελλάδα μόνο ROBUR/ ΕΝΕΡΓΕΙΑ). Στο εξωτερικό κυκλοφορούν συσκευές αμμωνίας/νερού που επιτυγχάνουν αρνητική ψύξη, όχι για κλιματισμό αλλά π.χ για τρόφιμα. Υπάρχουν συσκευές απευθείας καύσης φυσικού αερίου και συσκευές έμμεσης χρήσης ενέργειας σε μορφή ζεστού νερού, ατμού ή καυσαερίων (συνήθως συνδυάζονται με συμπαραγωγή)	-
Μηχανικό σύστημα	Καυστήρας φυσικού αερίου στην συσκευή άμεσης καύσης για θερμική συμπίεση Εναλλάκτης θερμότητας για την έμμεση καύση	Κινητήρας καύσης φυσικού αερίου κινεί συμπιεστή αντί για συμβατικό ηλεκτρικό κινητήρα
Σύστημα ψύξης του συστήματος	Υδρόψυκτα επομένως απαιτείται πύργος ψύξης που τοποθετείται εξωτερικά π.χ στην οροφή. Στις μικρές μονάδες της BROAD BCT είναι ενσωματωμένες στο μηχάνημα.	Αερόψυκτα επομένως έχουν ανεμιστήρες στο εξωτερικό μηχάνημα.
Απόδοση (COP)	~1,1-1,3 (στην ψύξη) ~1 (στη θέρμανση)	1,3-1,5 στην ψύξη 1,5-1,7 στη θέρμανση
Συσκευές που αντιπροσωπεύ	Broad, Broad BCT, Carrier, LGCable, McQuay, Trane, York, Thermax,	GHP, Mitsubishi, Sanyo Com

ονται στην Ελλάδα	YAZAKI Robur	
Εταιρείες που αντιπροσωπεύουν μόνο συσκευές αερίου (όχι ηλεκτρικές)	Broad - ENERGA, Broad BCT - KLT, LGCable - Ηλιοστάτης, Thermax-Κοπελούζος, YAZAKI-ENIMEX Robur-ENERGEIA	GHP, Mitsubishi

**Πίνακας 1.4** Εταιρίες και διαθέσιμες συσκευές ψύξης με Φυσικό Αέριο στην ελληνική αγορά [10]

## 1.7 Το εργαζόμενο ρευστό

Οι απαιτήσεις της τεχνολογίας της ψύξεως ανάγκασαν τους ερευνητές να διαμορφώσουν ποικιλία μηχανών, που λειτουργούν με διάφορα συστήματα και επομένως απαιτούν ψυκτικό ρευστό κατάλληλων θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών, που θα πληρεί ένα σύνολο απαιτήσεων και προδιαγραφών για να ενδείκνυται η χρήση του σε ψυκτικό κύκλο.

Βασικό κριτήριο για την επιλογή του ψυκτικού ρευστού, είναι να υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ του κρίσιμου σημείου και της θερμοκρασίας συμπυκνώσεως. Ένα δεύτερο κριτήριο, που έχει σχέση με το είδος του συμπιεστή, είναι ο ειδικός όγκος του ρευστού στις συνθήκες λειτουργίας. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει επίσης να δοθεί στο γεγονός ότι η μέγιστη θερμοκρασία του κύκλου που βρίσκεται στη βαλβίδα εξόδου του συμπιεστή πρέπει να είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία ασφαλείας του ρευστού. Επιπρόσθετα το κανονικό σημείο βρασμού του να είναι σχετικά χαμηλό, γιατί με αυτό τον τρόπο παρέχεται η δυνατότητα λειτουργίας του ψυκτικού κύκλου σε σχετικά χαμηλές πιέσεις.

Για να μπορέσει όμως να χρησιμοποιηθεί ένα ψυκτικό ρευστό θα πρέπει ακόμη:

- Να μην υπάρχει κίνδυνος προκλήσεως πυρκαγιάς και δημιουργίας ανθυγιεινών συνθηκών.
- Να μην αλλοιώνεται και γενικά να παραμένει χημικώς σταθερό κατά τη διάρκεια των διεργασιών στις οποίες υπόκειται.
- Να μην αντιδρά χημικά με τα μέταλλα ή τα κράματα μετάλλων με τα οποία έρχεται σε επαφή.
- Να είναι αδιάλυτο και ανθεκτικό στα λιπαντικά.
- Να είναι οικονομικό, δηλαδή να έχει χαμηλό κόστος προμήθειας [5] .

Τα σπουδαιότερα από τα κλασικά ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν κατ' αποκλειστικότητα μέχρι το έτος 1920 στη βιομηχανία ψύχους είναι η αμμωνία, το διοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο του θείου. Εντούτοις και τα χλωριούχα – φθοριούχα παράγωγα του αιθανίου και μεθανίου άρχισαν να χρησιμοποιούνται ήδη σαν ψυκτικά μέσα ήδη από τα τέλη σχεδόν του 19<sup>ου</sup> αιώνα, ενώ μαζί με την αμμωνία χρησιμοποιούνται σήμερα κατά κύριο λόγο τα χλωριφθοριούχα, μερικά εκ των οποίων θεωρούνται υπεύθυνα για την καταστροφή του ατμοσφαιρικού όζοντος και ήδη υποκαθίστανται από νέα ψυκτικά ρευστά περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον.

Η **αμμωνία** είναι φθηνή, με πολύ καλές θερμοδυναμικές ιδιότητες και υψηλή ογκομετρική ψυκτική απόδοση. Τα υλικά κατασκευής ψυκτικών εγκαταστάσεων αμμωνίας είναι ο χάλυβας και ο χυτοσίδηρος. Άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται λόγω του ότι δεν προσβάλλονται από την αμμωνία, είναι διάφορα κράματα ορείχαλκου, πολλά μη μεταλλικά υλικά και πολλά ελαστομερή (για στεγανοποίηση). Αντίθετα αποφεύγονται οι γαλβανικές επιστρώσεις σιδήρου καθώς και ο χαλκός και τα κράματα του χαλκού – ψευδαργύρου, τα οποία προσβάλλονται από την αμμωνία. Η αμμωνία επιτρέπει να χρησιμοποιούνται υψηλές ταχύτητες ροής στις βαλβίδες και στις σωληνώσεις της τάξεως των 20-30 m/s, εξαιτίας της μικρής πυκνότητας του ατμού.

Μια άλλη σημαντική ιδιότητα της αμμωνίας είναι η διαλυτότητά της στο νερό. Μάλιστα η θερμοκρασία στερεοποίησης του ύδατος, μειώνεται με την πρόσμιξη αμμωνίας. Έτσι εξηγείται πως αντίθετα με άλλα ψυκτικά μέσα, με την αμμωνία δεν παρατηρείται η δια στερεοποίησης απόφραξη των οργάνων ρυθμίσεως και διακοπή της λειτουργίας της εγκαταστάσεως. **Βασικό μειονέκτημα της αμμωνίας είναι η τοξικότητά της** και θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση της σε περιπτώσεις που η τοξικότητα αυτή μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα.

Τα σύγχρονα ψυκτικά ρευστά, είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν ένα ή περισσότερα μόρια άνθρακα και φθορίου. Επίσης μπορεί να περιέχουν και άτομα χλωρίου, βρωμίου και υδρογόνου. Είναι προϊόντα μεγάλων χημικών βιομηχανιών και διακινούνται με πλήθος εμπορικών ονομασιών όπως:

- Freon της Du Pont ΗΠΑ
- Cenetron της Kali – Chemie Γερμανίας
- Frigen της Hoechst Γερμανίας
- Fridoma της VEB Fluorwerk Dohna Γερμανίας [5].

Επειδή η Du Pont κατέχει κυρίαρχη θέση στην παγκόσμια παραγωγή και διανομή τους, έχει επιβάλει την αντικατάσταση στην πράξη του αρχικού R της διεθνούς τυποποίησης από τη λέξη Freon ή το αρχικό γράμμα F που χαρακτηρίζει τα δικά της προϊόντα. Όταν επομένως γίνεται αναφορά για Freon 22 ή F22, πρόκειται για το R22 της τυποποίησης ASHRAE.

Οι φθοριοάνθρακες που χρησιμοποιούνται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις είναι κυρίως:

Το **R11** (τρίχλωροφθωρομεθάνιο,  $\text{CCl}_3$ , F11 ή Freon 11), χρησιμοποιείται λόγω του μεγάλου μοριακού του βάρους σε μονοβάθμιους και πολυβάθμιους φυγοκεντρικούς συμπιεστές μεγάλης ισχύος και κυρίως στη βιομηχανία, για την ψύξη ύδατος ή σε μεγάλες εγκαταστάσεις κλιματισμού για κεντρικό κλιματισμό οικοδομικών συγκροτημάτων, στη χημική βιομηχανία κλπ.

Το **R12** (τρίχλωροφθωρομεθάνιο,  $\text{CCl}_2$ , F12 ή Freon 12), λόγω των χαμηλών πιέσεων συμπυκνώσεως, είναι πιο κατάλληλο για τη λειτουργία αντλιών θερμότητας. Παρουσιάζει σημείο ζέσεως  $-29,8^\circ\text{C}$ , μοριακό βάρος 120,92 και θερμοκρασιακή περιοχή χρήσεως από  $-40$  έως  $+10^\circ\text{C}$ .

Το **R22** έχει σημείο ζέσεως  $-40,8^\circ\text{C}$ , μοριακό βάρος 86,48 και θερμοκρασιακή περιοχή χρήσεως από  $-80$  έως  $+5^\circ\text{C}$ . Για τη συμπίεσή του χρησιμοποιούνται κυρίως εμβολοφόροι συμπιεστές ανοικτοί ή κλειστοί.

Οι ενώσεις των φθοριούχων αλογονανθράκων ή «**συνθετικά**» ψυκτικά ρευστά, ή Freon που χρησιμοποιούνται σε ψυκτικά κυκλώματα, είναι γενικά σταθερές χημικές ενώσεις, ανθεκτικές στις μεταβολές θερμοκρασίας (Πίνακες 1.5 & 1.6). Κάθε ένα έχει διαφορετική χημική δομή και διαφορετικό βαθμό σταθερότητας. Η παρουσία ατόμων φθορίου στο μόριο, είναι η αιτία της σταθερότητας των ενώσεων και κατά κανόνα όσο περισσότερα άτομα φθορίου περιέχονται τόσο μεγαλύτερη είναι η σταθερότητα. Μερικά

δεδομένα που αποδεικνύουν τη θερμική σταθερότητα των προϊόντων Freon δίνονται στον Πίνακα 1.6.

Προϊόν	Χημικός Τύπος	Μοριακό Βάρος	Σημείο Βρασμού °C
Freon 14	CF <sub>4</sub>	88,0	-128,0
Freon 503	CHF <sub>3</sub> /CClF <sub>3</sub>	87,3	-88,7
Freon 23	CHF <sub>3</sub>	70,0	-82,0
Freon 13	CClF <sub>3</sub>	104,5	-81,4
Freon 116	CF <sub>3</sub> -CF <sub>3</sub>	138,0	-78,2
Freon 13B1	CBrF <sub>3</sub>	148,9	-57,8
Freon 502	CHClF <sub>2</sub> /CClF <sub>2</sub> - CF <sub>3</sub>	111,6	-45,6
Freon 22	CHClF <sub>2</sub>	86,5	-40,8
Freon 115	CClF <sub>2</sub> -CF <sub>3</sub>	154,5	-38,7
Freon 500	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> /CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	99,3	-33,5
Freon 12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	120,9	-29,8
Freon 114	CClF <sub>2</sub> - CClF <sub>2</sub>	170,9	3,8
Freon 11	CCl <sub>3</sub> F	137,4	23,8
Freon 113	CCl <sub>2</sub> - CClF <sub>2</sub>	187,4	47,6
<b>Άλλα Φθοριούχα Συνθετικά</b>			
Διφθοροαιθάνιο	CH <sub>3</sub> -CHF <sub>2</sub>	66,1	-24,7

Πίνακας 1.5 Μοριακό Βάρος και Σημείο Βρασμού των κυριότερων «Συνθετικών» Ψυκτικών [5]

Συνθετικό	Ανώτατη θερμ/σία °C για συνεχή έκθεση με παρουσία ψυκτέλαιου χάλυβος & χαλκού	Ρυθμός αποσυνθέσεως σε 205°C σε χάλυβα (% ανά έτος)
Freon 11	110	2
Freon 113	110	6
Freon 12	120	<1
Freon 114	120	1
Freon 22	150	*
Freon 502	150	*
Freon 13	>150	*

Πίνακας 1.6 Όρια θερμικής σταθερότητας των «Συνθετικών» Ψυκτικών [5]

### 1.7.1 Ψυκτικά ρευστά και προστασία του περιβάλλοντος. «Οικολογικά» Ψυκτικά ρευστά

Πηγή των περιβαλλοντικών προβλημάτων που σχετίζονται με την τρύπα του όζοντος, είναι η υπερβολική σταθερότητα των χρησιμοποιούμενων πλήρως αλογονομένων χλωροφθοριανθράκων (CFC ή FCKW στη διεθνή βιβλιογραφία). Διεθνείς συμφωνίες όπως το «Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ» και η τελική διατύπωση στη «Συνάντηση της Κοπεγχάγης» το 1992, έχουν ήδη θέσει σοβαρούς περιορισμούς την παραγωγή και χρήση πολύ σημαντικών ψυκτικών ρευστών όπως τα R11, R12, R113, R114 και R115. Από την 01.01.1996 απαγορεύεται πλήρως η παραγωγή CFC ψυκτικών ρευστών και επιτρέπεται μόνο η διάθεση ποσοτήτων που θα προκύπτουν από ανακύκλωση.

Τα μερικώς αλογονομένα ψυκτικά ρευστά που αναφέρονται και ως HCFC (π.χ. R22), θεωρούνται επίσης υπερβολικά σταθερά, αλλά και μειωμένης επιδράσεως στο όζον. Για τα ψυκτικά ρευστά ισχύουν απαγορεύσεις (μειώσεις) παραγωγής από το 1996, μέχρι πλήρους απαγορεύσεως το 2030. Οι τεχνολογικές και οικονομικές επιπτώσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές και δημιουργούν πλήθος δισεπίλυτων προβλημάτων.

Την περιβαλλοντική συμπεριφορά των ψυκτικών ρευστών συμφωνήθηκε να χαρακτηρίζουν τα παρακάτω μεγέθη [5]:

- **ODP:** Δυναμικό καταστροφής του όζοντος (Ozone Depletion Potential), για το οποίο συμφωνήθηκε να ληφθεί ως μονάδα η καταστροφή που προκαλεί στο όζον το R11. Κάθε ψυκτικό ρευστό λιγότερο ρυπογόνο πρέπει να έχει τιμή ODP 1.
- **CLP:** Δυναμικό φορτίσεως της ατμόσφαιρας με χλώριο (Chlorine Loading Potential). Η φόρτιση την οποία δημιουργεί το R11 λαμβάνεται ως μονάδα (αφετηρία μετρήσεων).
- **HGWP:** Δυναμικό παγκόσμιας αυξήσεως της θερμοκρασίας που οφείλεται μόνο σε αλογόνο ψυκτικού (Halocarbon Global Warming Potential). Συμφωνήθηκε και γι' αυτό να λαμβάνεται ως μονάδα η επίδραση του R11, στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- **PCR:** Φυτοχημική διέγερση (Photochemical Reactivity). Υλικό αναφοράς γι' αυτόν τον περιβαλλοντικό ρύπο λαμβάνεται το μεθάνιο. Σύμφωνα με την Αμερικανική Υπηρεσία Περιβάλλοντος υλικά με PCR μικρότερο του 36 θεωρείται ότι έχουν αμελητέα φωτοχημική διέγερση και δεν δημιουργούν «καπνιά» ("smog").

Από την έρευνα που γίνεται για τη δημιουργία μιας νέας γενιάς ψυκτικών ρευστών «φιλικών» προς το περιβάλλον ή «οικολογικών», παρ' όλη την εντατική προσπάθεια και τον τεράστιο ανταγωνισμό γιγαντιαίων πολυεθνικών χημικών βιομηχανιών δε φαίνεται ακόμα να έχει διαφανεί το ψυκτικό του άμεσου μέλλοντος. Πιθανώς το ψυκτικό **R134a** ( $\text{CH}_2\text{FCF}_3$ ) που προτείνει η Du Pont να αποτελεί μια ικανοποιητική επιλογή, η οποία φαίνεται προς το παρόν να επικρατεί πλήρως ως μεταβατική λύση. Ήδη όλοι οι κατασκευαστές ψυκτικών συγκροτημάτων (για ψύξη ή κλιματισμό) προσφέρουν μηχανήματα για το R134a, ή προτείνουν τρόπους αντικαταστάσεως του R11 ή R12 των μηχανημάτων τους με R134a.

Το R134a δεν αποτελεί τη μοναδική προσπάθεια υποκαταστάσεως των διαδεδομένων ψυκτικών με άλλα, λιγότερο εχθρικά προς το περιβάλλον. Εκτός από υδροφθοριοάνθρακες HFC, έρευνες πραγματοποιούνται και στον χώρο **παραγώγων** του **προπανίου** και του **αιθέρα**, ενώ παράλληλα γίνεται προσπάθεια να εντοπισθούν μείγματα γνωστών ψυκτικών μέσων που θα μπορούσαν να δώσουν ικανοποιητικές λύσεις σε συγκεκριμένες ανάγκες.

Αν εξεταστούν τα αλογονομένα παράγωγα του προπανίου σε τρίγωνο συγκρίσεως, συμπεριλαμβάνοντας τις ουσίες χωρίς χλώριο, φαίνεται ότι καμία ουσία, με εξαίρεση το προπάνιο, δε φθάνει το κανονικό σημείο βρασμού των R32 και R502, τα οποία γίνεται προσπάθεια να αντικαταστήσουν το R22. Τα παράγωγα του αιθέρα είναι τα προτιμότερα εναλλακτικά για μακροχρόνια στρατηγική, διότι η γέφυρα οξυγόνου στο μόριο προκαλεί μικρή βιωσιμότητα στην ατμόσφαιρα, πράγμα το οποίο σημαίνει χαμηλό «δυναμικό» θερμάνσεως της υψηλίου (HGWP). Επιπλέον έχουν χαμηλότερη μοριακή μάζα από τα παράγωγα του προπανίου. Ευρισκόμενη στους  $-59\text{ }^\circ\text{C}$ , η θερμοκρασία του πλήρως φθοριοποιημένου αιθέρα είναι χαμηλότερη από εκείνη του R22, αλλά αυτή η τιμή είναι πολύ χαμηλή για να είναι κατάλληλη ώστε να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του R22 ή του R502. Ενώ είναι πλήρως φθοριοποιημένα, μάλλον έχουν το δυναμικό θερμάνσεως της υψηλίου, το οποίο δεν

είναι πολύ υψηλό. Επιπροσθέτως αυτές οι ουσίες είναι μη αναφλέξιμες. Έχουν χαμηλή τοξικότητα και μεγάλη ενθαλπία εξατμίσεως, δηλαδή ιδιότητες οι οποίες θα επέτρεπαν την εφαρμογή τους ως ψυκτικών μέσων.

Σχετικοί πίνακες που συνοψίζουν τα πιθανά εναλλακτικά ψυκτικά ρευστά και τις ιδιότητές τους, σε σχέση με τα υλικά και την τοξικότητα, δείχνουν ότι η γνώση αυτών των ουσιών είναι μάλλον περιορισμένη και απαιτείται περισσότερη έρευνα. Αυτό ειδικά ισχύει στα παράγωγα του προπανίου και του αιθέρα τα οποία για το λόγο αυτό δε μπορούν να θεωρηθούν ως υποκατάστατα για το R22 και το R502 στο εγγύς μέλλον, αλλά μόνο ως εναλλακτικά μέσα σε μια μακροχρόνια στρατηγική. Τέλος παράλληλες έρευνες για την εύρεση εναλλακτικών ψυκτικών μέσων γίνονται με μείγματα του **R32** ως υποκατάστατα του R22 [5].

## 1.8 COP (Coefficient of performance)

Ο συντελεστής απόδοσης COP (μερικές φορές αναφέρεται και ως CP), μιας αντλίας θερμότητας είναι ο λόγος της εξερχόμενης θερμότητας προς το προσφερόμενο Έργο

$$\text{COP} = \frac{|Q|}{W} \quad (1),$$

όπου  $Q$  είναι η ωφέλιμη προσφερόμενη θερμότητα από τον συμπυκνωτή και  $W$  είναι το Έργο που καταναλώνεται από τον συμπιεστή. Από την παραπάνω εξίσωση φαίνεται ότι ο συντελεστής απόδοσης COP είναι αδιάστατο μέγεθος.

Σύμφωνα με τον πρώτο Νόμο της Θερμοδυναμικής σε ένα αντιστρεπτό σύστημα ισχύουν οι παρακάτω εξισώσεις

$$Q_{\text{hot}} = Q_{\text{cold}} + W \quad \text{και} \quad W = Q_{\text{hot}} - Q_{\text{cold}} \quad (2) \quad \text{όπου,}$$

$Q_{\text{hot}}$  είναι η θερμότητα που λαμβάνεται από ψυχρό δοχείο και  $Q_{\text{cold}}$  είναι η θερμότητα που αποδίδεται από το θερμό δοχείο.

Αντικαθιστώντας την εξίσωση (2) στην εξίσωση (1) έχουμε:

$$\text{COP}_{\text{heating}} = \frac{Q_{\text{hot}}}{Q_{\text{hot}} - Q_{\text{cold}}}$$

για μια αντλία θερμότητας που λειτουργεί με τη μέγιστη θεωρητική απόδοση (απόδοση Κύκλου Carnot) ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\frac{Q_{\text{hot}}}{T_{\text{hot}}} = \frac{Q_{\text{cold}}}{T_{\text{cold}}} \Rightarrow Q_{\text{cold}} = \frac{Q_{\text{hot}}}{T_{\text{hot}}} T_{\text{cold}} \quad \text{όπου,}$$

$T_{\text{hot}}$  και  $T_{\text{cold}}$  είναι οι θερμοκρασίες του θερμού και του ψυχρού δοχείου αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω προκύπτει:

$$\text{COP}_{\text{heating}} = \frac{T_{\text{hot}}}{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}} \quad (3)$$

ομοίως αποδεικνύεται ότι:



$$\text{COP}_{\text{cooling}} = \frac{Q_{\text{cold}}}{Q_{\text{hot}} - Q_{\text{cold}}} = \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}} \quad (4)$$

συνδυάζοντας τις εξισώσεις (3) και (4) προκύπτει η παρακάτω εξίσωση μεταξύ του συντελεστή  $\text{COP}_{\text{heating}}$  και του συντελεστή  $\text{COP}_{\text{cooling}}$ :

$$\text{COP}_{\text{cooling}} = \text{COP}_{\text{heating}} - 1$$

σημειώνεται ότι στις παραπάνω εξισώσεις όπου αναφέρεται θερμοκρασία, πρόκειται για την απόλυτη θερμοκρασία σε βαθμούς της κλίμακας Kelvin.

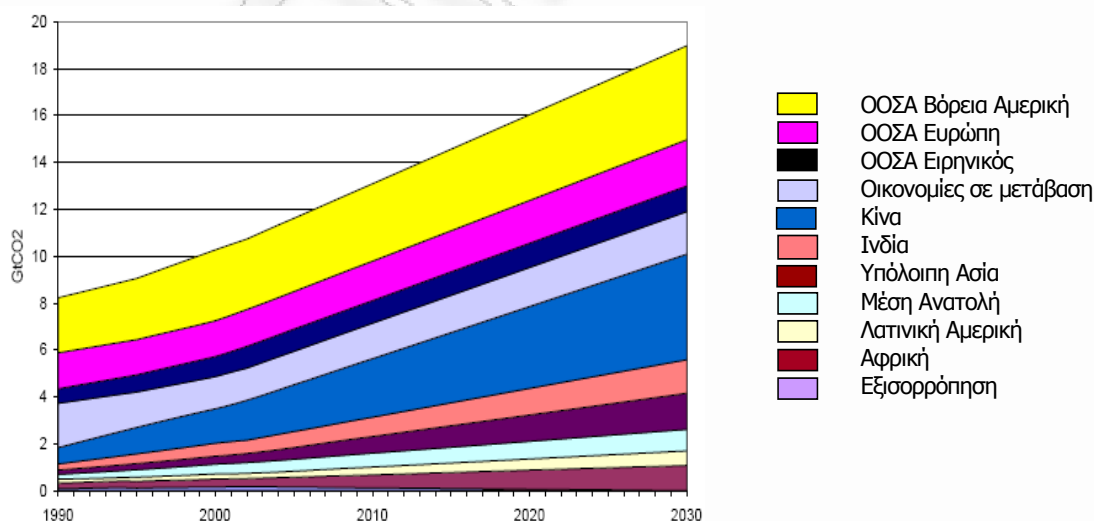
**Το  $\text{COP}_{\text{heating}}$  βρίσκει εφαρμογή στις αντλίες θερμότητας και το  $\text{COP}_{\text{cooling}}$  σε κλιματιστικές μονάδες ή καταψύκτες [11].**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Παρούσα ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα – δυνατότητες κλιματισμού με φυσικό αέριο

### 2.1 Τάσεις παγκόσμιας ενεργειακής αγοράς

Σύμφωνα με την πλειοψηφία της επιστημονικής κοινότητας, η αλλαγή στις κλιματικές συνθήκες οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων που εκπέμπονται κατά την καύση των υδρογονανθράκων. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, όπως η προκαταρκτική έκθεση του IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) και η έκθεση Stern, αν δεν ληφθούν μέτρα ελαχιστοποίησης των ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα θα υπάρξουν δυσμενείς επιπτώσεις στην παγκόσμια οικονομία. Σύμφωνα με τις ίδιες μελέτες, το κόστος των μέτρων πρόληψης είναι χαμηλότερο από το μισό του οικονομικού βάρους που θα επιφέρουν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Δεδομένου ότι το 60% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται από δραστηριότητες που σχετίζονται με την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, είναι φανερό ότι η εξέλιξη του ενεργειακού τομέα θα επηρεάσει πολύ σοβαρά το ζήτημα του περιβάλλοντος. Εξάλλου, οι πρόσφατες γεωπολιτικές εξελίξεις



**Σχήμα 2.1** Αναμενόμενη εξέλιξη εκπομπών CO<sub>2</sub> από τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής. Πηγή WRI 2006

που συνοδεύτηκαν από αυξήσεις των τιμών των καυσίμων, έφεραν το θέμα της ασφάλειας εφοδιασμού ενεργειακών προϊόντων σε προσιτές τιμές, σε σημαντική θέση της διεθνούς πολιτικής ατζέντας [12].

Ταυτόχρονα σημαντικές αλλαγές πρόκειται να σημειωθούν στη διεθνή ενεργειακή αγορά μέσα στα επόμενα χρόνια, επηρεάζοντας σε πολύ σημαντικό βαθμό και τον τομέα παραγωγής ηλεκτρισμού με τον οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένος ο κλιματισμός των χώρων, δεδομένου ότι αποτελεί το κυρίαρχο καύσιμο των υπαρχόντων κλιματιστικών μονάδων. Μερικά σημαντικά συμπεράσματα που προκύπτουν μεταξύ άλλων από την Έκθεση του 2006 για τις Διεθνείς Ενεργειακές Εξελίξεις (International Energy Outlook 2006) είναι τα ακόλουθα:

- Η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση πρόκειται να αυξηθεί κατά 71% την περίοδο 2003-2030.
- Τα ορυκτά καύσιμα θα συνεχίσουν να παρέχουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως.
- Το πετρέλαιο παραμένει η κυρίαρχη ενεργειακή πηγή.
- Οι τάσεις ως προς την ενεργειακή κατανάλωση στο επίπεδο του τελικού καταναλωτή, για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο 2003-2030, κυμαίνονται ανάλογα με το επίπεδο και τον ρυθμό οικονομικής ανάπτυξης της κάθε χώρας. Σε παγκόσμια βάση, η ενεργειακή ζήτηση στο βιομηχανικό τομέα αυξάνεται περισσότερο, με μέσο ρυθμό 2.4% ανά έτος. Στον οικιακό και στον εμπορικό τομέα οι αντίστοιχες αυξήσεις είναι 1.7% ανά έτος και 1.8% ανά έτος. Αντιθέτως στον τομέα των μεταφορών η αντίστοιχη αύξηση είναι 1.4% ανά έτος εξαιτίας των υψηλότερων τιμών πετρελαίου σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Όσον αφορά το είδος της ενεργειακής πηγής που χρησιμοποιείται, τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακας) θα συνεχίσουν να παρέχουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως, με το πετρέλαιο να παραμένει η κυρίαρχη ενεργειακή πηγή εξ αιτίας της σπουδαιότητάς του στους τομείς των μεταφορών και της βιομηχανίας.
- Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) γίνονται συγκρίσιμες οικονομικά με τα ορυκτά καύσιμα και η χρήση των ΑΠΕ αυξάνεται τόσο γρήγορα όσο και η κατανάλωση του Φ.Α. και του άνθρακα.
- Οι υψηλότερες τιμές ορυκτών καυσίμων ενισχύουν το ενδιαφέρον για παραγωγή ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια.
- Επίσης οι μη συμβατικές ενεργειακές πηγές (περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων τα βιοκαύσιμα, άνθρακας σε υγροποιημένη μορφή και αέριο σε υγροποιημένη μορφή) πρόκειται να καταστούν περισσότερο ανταγωνιστικές.
- Οι υψηλότερες τιμές του Φ.Α. καθιστούν τον άνθρακα οικονομικά ανταγωνιστικό, ιδιαίτερα στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Σαν αποτέλεσμα αυτού, η ζήτηση για τον άνθρακα αυξάνεται ταχύτερα από τη ζήτηση για το Φ.Α. την περίοδο 2003-2030.
- Ο άνθρακας και το Φ.Α. παραμένουν τα πιο σημαντικά καύσιμα για ηλεκτροπαραγωγή, συμμετέχοντας περισσότερο από 66% στην κάλυψη της συνολικής αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης.

Η συνεχιζόμενη στενή εξάρτηση από τον άνθρακα και τα άλλα ορυκτά καύσιμα σε πολλά μέρη του κόσμου, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ακόμη και αν τα κράτη που

ακολουθούν το Πρωτόκολλο του Κιότο μειώσουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> όπως έχουν δεσμευτεί, θα εξακολουθήσουν να αυξάνονται σημαντικά οι εκπομπές CO<sub>2</sub> σε παγκόσμιο επίπεδο [13].

## 2.2 Τάσεις ελληνικής ενεργειακής αγοράς σχετικά με το Φυσικό Αέριο

Η πιο σημαντική μεταβολή των τελευταίων ετών στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση είναι η χρήση του φυσικού αερίου που σταθεροποίησε τη χρήση του λιγνίτη στα 9 Mtoe ετησίως. Τα στερεά καύσιμα (κυρίως λιγνίτης) ήταν 8 Mtoe το 1990 (36% της ΔΠΕ) και έφθασαν τα 9 Mtoe (29% της ΔΠΕ) το 2005. Τα αέρια καύσιμα αυξήθηκαν από 0.14 Mtoe (0.6%) το 1990 σε 2.35 Mtoe το 2005 (7.6%). Το μερίδιο των πετρελαιοειδών είναι σχεδόν σταθερό από 12.8 Mtoe (57.8%) το 1990 σε 18 Mtoe (57.5%) το 2005. Το μερίδιο των ΑΠΕ παραμένει σταθερό και γύρω στο 5% μεταξύ 1990 (1.1 Mtoe) και 2005 (1.6 Mtoe) και παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις ανάλογα με την χρήση των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών.

Η συνολική ζήτηση της χώρας σε φυσικό αέριο καλύπτεται από εισαγωγές που γίνονται από τη Ρωσία (85%), μέσω της Βουλγαρίας, και σε μορφή υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) από την Αλγερία (15%). Το 2005, οι συνολικές εισαγωγές φυσικού αερίου ανήλθαν στα 2,8 δισ κ.μ. και το 2006 σε 3,1 δισ. κμ.

Η εισαγωγή του φυσικού αερίου στο Ελληνικό ενεργειακό σύστημα, ήταν το μεγαλύτερο ενεργειακό έργο μετά τον εξηλεκτρισμό της χώρας. Το έργο συμπεριλάμβανε τον αγωγό υψηλής πίεσης (70 bar) μήκους 512 χλμ με σωλήνα 28 ιντσών, το δίκτυο διανομής μέσης πίεσης (19 bar) στις πόλεις και στους σημειακούς καταναλωτές και τέλος το δίκτυο διανομής χαμηλής πίεσης (4 bar). Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της ΔΕΠΑ θα κατασκευαστούν περίπου 7000 χλμ, αγωγού χαμηλής πίεσης στις μεγάλες πόλεις μέχρι το 2010. Ένας τερματικός σταθμός υγροποιημένου φυσικού αερίου αποτελεί επίσης μέρος των υποδομών και βρίσκεται στη νήσο Ρεβυθούσα.

Αναμένεται ότι το φυσικό αέριο θα διεισδύσει τόσο στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής όσο και στην τελική κατανάλωση. Ταυτόχρονα θα συνεισφέρει στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής με την αντικατάσταση λιγνίτη και πετρελαίου, και στον τομέα της κατανάλωσης υποκαθιστώντας πετρελαϊκά προϊόντα και ηλεκτρική ενέργεια, οδηγώντας σε σημαντική διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας της εγχώριας αγοράς [12].

Έτος	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ηλεκτροπαραγωγή	62	489	997	1439	1432	1506	1669	1809	1812	2175
Βιομηχανία	86	291	410	439	366	385	446	477	537	526
Εταιρίες Παροχής Αερίου	-	11	13	28	75	116	159	215	304	400
Ειδικό εμπορικό καταναλωτές	-	0	0	0	9	14	14	12	16	16
<b>Σύνολο</b>	<b>148</b>	<b>792</b>	<b>1420</b>	<b>1906</b>	<b>1883</b>	<b>2121</b>	<b>2287</b>	<b>2514</b>	<b>2670</b>	<b>3117</b>

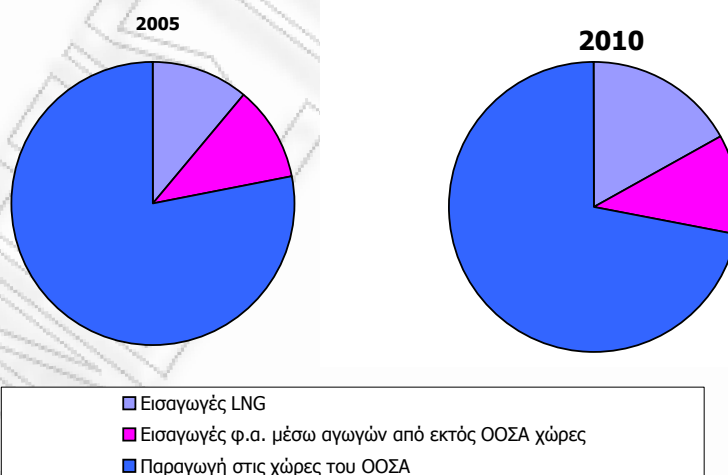
Πίνακας 2.1 Πωλήσεις Φυσικού Αερίου (εκ. Nm<sup>3</sup>), από το 1997 – 2006, Πηγή ΔΕΠΑ

Η διάθεση φυσικού αερίου στην Ελλάδα αυξήθηκε από 193 εκατ. κμ. το 1997 σε 2,8 δισ. το 2005 και σε 3.1 δισ. κμ. το 2006. Το φυσικό αέριο κάλυψε 7.5% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης το 2005 και αναμένεται να ξεπεράσει το 13% το 2010, λόγω αφενός μεν της κατανάλωσής του σε όλους τους οικονομικούς κλάδους, αφετέρου δε της μεγάλης χρήσης του στην ηλεκτροπαραγωγή (περίπου το 70% της σημερινής κατανάλωσης αερίου).

Η διείσδυση του φυσικού αερίου στην τελική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε το 2005 κατά 132% από τα επίπεδα του 2000. Το 73% της τελικής κατανάλωσης φυσικού αερίου οφείλεται στην βιομηχανία. Ο ρυθμός αύξησης της διείσδυσης φυσικού αερίου την τελευταία πενταετία είναι της τάξεως του 18%.

Την παγκόσμια κατάσταση στον τομέα του φυσικού αερίου χαρακτηρίζει η μεσοπρόθεσμα αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης λόγω πρόσθετων αναγκών αερίου για ηλεκτροπαραγωγή στις χώρες του ΟΟΣΑ και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι τιμές, συνδεδεμένες συνήθως με αυτές του πετρελαίου, αναμένεται να παραμείνουν σε υψηλά επίπεδα με κάποια ενδεχόμενη κάμψη μετά το 2010. Ο ρόλος της Ρωσίας είναι ήδη και αναμένεται να συνεχίσει να είναι, ζωτικής σημασίας στην προμήθεια των αγορών της Ε.Ε. με φυσικό αέριο. Αυξανόμενο ρόλο εκτιμάται ότι θα έχει το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (ΥΦΑ), του οποίου η παραγωγή αναμένεται ότι θα διπλασιαστεί, ενώ αναμένεται ότι οι αγορές ΥΦΑ θα γίνουν πιο ευέλικτες. Η αύξηση της ζήτησης της Βόρειας Αμερικής μπορεί να καλυφθεί μόνο με ΥΦΑ ενώ η αύξηση των Ευρωπαϊκών εισαγωγών αερίου μπορεί να ικανοποιηθεί μέσω ΥΦΑ και αγωγών. Το Κατάρ αναδεικνύεται σε μεγάλο εξαγωγέα ΥΦΑ. Σημαντικές επενδύσεις προγραμματίζονται για αποθήκευση φυσικού αερίου προκειμένου να μειωθεί η μεταβλητότητα των τιμών και να βελτιωθεί η αξιοπιστία τροφοδοσίας καθώς επίσης

**Η εξάρτηση των χωρών του ΟΟΣΑ από εισαγωγές αερίου αυξάνει**



μελετάται και η χρήση συμπιεσμένου φυσικού αερίου (ΣΦΑ) πέραν του τομέα των μεταφορών. Η ρύθμιση αποτελεί εργαλείο για την προώθηση του ανταγωνισμού και τις επενδύσεις. Διατυπώνεται πάντως σκεπτικισμός για την έγκαιρη ολοκλήρωση κατασκευής νέων έργων, κυρίως αγωγών, δεδομένου ότι λιγότερες από μισές από τις απαραίτητες επενδύσεις στον τομέα αερίου είναι δρομολογημένες [12].

Το 2006 ολοκληρώθηκε ο σχεδιασμός του νέου Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητα – Επιχειρηματικότητα (ΕΠΑΕ). Στον τομέα της Ενέργειας προβλέπονται παρεμβάσεις που θα συμβάλλουν, τόσο στο σταδιακό περιορισμό της

εξάρτησης της χώρας από το πετρέλαιο με την προώθηση των ενεργειακών δικτύων του φυσικού αερίου και του ηλεκτρισμού και την περαιτέρω διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο, όσο και στην ενδυνάμωση του γεωστρατηγικού ρόλου της χώρας στον ενεργειακό χάρτη της ευρύτερης περιοχής, μέσω της ένταξης της χώρας στα μεγάλα διεθνή δίκτυα.

Οι παρεμβάσεις αυτές για το Φυσικό Αέριο θα αφορούν κυρίως:

- Διείσδυση του φυσικού αερίου σε νέες περιοχές με την επέκταση των δικτύων διανομής στις περιφέρειες της Στερεάς Ελλάδας, της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης και της Κεντρικής Μακεδονίας, με σημαντική συμμετοχή ιδιωτικών κεφαλαίων.
- Επέκταση του Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου καθώς και την αύξηση της δυναμικότητας & ευστάθειας αυτού.
- Διασύνδεση του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου με την Ιταλία, για την ενίσχυση του ρόλου της χώρας στον ενεργειακό χάρτη της Ευρώπης [12].

### 2.3 Ενεργειακό Ισοζύγιο Ελλάδας

Η αλματώδης αύξηση των κλιματιστικών συστημάτων τα τελευταία χρόνια έχει προσθέσει σημαντικά φορτία στο εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο κατά τους θερινούς μήνες πρέπει να εξυπηρετήσει τα φορτία αυτά. Ενδεικτικό και επαναλαμβανόμενο φαινόμενο – το καλοκαίρι του 2003 - είναι το ότι ενώ η αιχμή του διασυνδεδεμένου συστήματος ανήλθε σε 9000 MW (Ιούλιος 2003) μόνο για 1064 ώρες ετησίως η ωριαία ζήτηση φορτίου του συστήματος ξεπέρασε τα 7000 MW. Αυτό σημαίνει ότι περίπου 2000 MW της ζήτησης του φορτίου οφείλονται στη χρήση ηλεκτροκίνητων κλιματιστικών μηχανημάτων κατά τους θερινούς μήνες με λειτουργία για μόλις 1000 ώρες ετησίως [14].

Η δεκαετία 1991 έως 2000, έφερε την ευρωπαϊκή ενεργειακή αγορά σε ένα νέο στάδιο. Η ραγδαία μεταβολή των καιρικών φαινομένων, ανέτρεψε τις προβλέψεις για το μέλλον και αύξησε σημαντικά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Λόγω των γνωστών καιρικών φαινομένων, όλες σχεδόν οι βιομηχανικές και αστικές δραστηριότητες έχουν διαρκώς μεγαλύτερες ψυκτικές και κλιματιστικές ανάγκες. Για να γίνει αντιληπτή η επίπτωση αυτή στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, παρουσιάζεται η μορφή της καταναλώσεως ισχύος από την ΔΕΗ κατά τα τελευταία χρόνια.

Συγκεκριμένα, κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται σταθερή μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος της τάξεως των 6GW, ενώ από τον Μάιο αυξάνει η ζήτηση αιχμής, η οποία μεγιστοποιείται τον Ιούλιο, δηλαδή την περίοδο μεγιστοποίησης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και των ψυκτικών αναγκών, φθάνοντας τα 7,3GW το 1999 και τα 8.0GW το 2000.

Χωρίς αμφιβολία, προκύπτει ότι οι σημερινές ανάγκες κλιματισμού αυξάνουν το φορτίο αιχμής, κατά 2,5GW, δηλ. όσο παράγουν 8 θερμικές μονάδες της ΔΕΗ. Με τις υφιστάμενες προβλέψεις για την μελλοντική ανάπτυξη του κλιματισμού, σε μερικά

χρόνια, η Ελλάδα θα χρειαστεί την ισοδύναμη ισχύ άλλων 8 τέτοιων μονάδων και ειδικά η Αθήνα, θα πρέπει να αποκτήσει άλλες 2 γραμμές μεταφοράς, για να μπορέσει να αντιμετωπίσει την αναμενόμενη αύξηση ζήτησης.

Η καθόλα γνωστή αυτή κατάσταση απαιτεί νέες, σύγχρονες και βιώσιμες λύσεις, ώστε να εξασφαλισθούν οι προοπτικές για την ανάπτυξη και την πρόοδο, με παράλληλη φροντίδα για το περιβάλλον και την βελτίωση της ποιότητας ζωής [15].

Έμπρακτη απόδειξη της ραγδαίας αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που έχει καταστήσει τη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος της χώρας κατά το θέρους ιδιαίτερα οριακή, αποτελεί η κίνηση του Υπουργείου Ανάπτυξης για τη συγκρότηση από το Σεπτέμβριο του 2004 ειδικής Ομάδας Εργασίας και με τη συμμετοχή των διοικήσεων των ΡΑΕ, ΔΕΣΜΗΕ και ΔΕΗ η οποία κατέληξε σε ένα συγκεκριμένο Πόρισμα για την Ηλεκτρική Επάρκεια του 2005. Παράλληλα το Υπουργείο Ανάπτυξης έθεσε σε εφαρμογή όλα τα αναγκαία μέτρα που μπορούσαν να ληφθούν για την όσο το δυνατό μεγαλύτερη διασφάλιση της ηλεκτρενεργειακής τροφοδοσίας λαμβάνοντας υπόψη τα στενά περιθώρια αλλά και το μεγάλο χρόνο που απαιτούν οι αναγκαίες επενδύσεις.

Σημαντικό στοιχείο των προτάσεων του Πορίσματος είναι η ανάγκη για Εξοικονόμηση Ενέργειας και Διαχείριση της Ζήτησης Ενέργειας με στόχο την περικοπή της μεγάλης θερινής αιχμής. Πρωτίστως όμως τονίζει ότι πρέπει να γίνει βίωμα όλων μας το γεγονός ότι η ηλεκτρική ενέργεια δεν αποτελεί αγαθό που μπορεί να σπαταλιέται και όλοι πρέπει να προσαρμόσουν την ενεργειακή τους συμπεριφορά ώστε να εξοικονομούν ενέργεια και να μειώνουν το κόστος του ηλεκτρικού συστήματος. Η εξοικονόμηση ενέργειας γενικότερα θα συμβάλει στη δραστική μείωση του συνολικού κόστους του ηλεκτρικού μας συστήματος, με άμεση συνέπεια τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της οικονομίας.

Το Δημόσιο ήδη, μετά από εισήγηση του Υπουργείου Ανάπτυξης, έχει υιοθετήσει την αντιστάθμιση της άεργου ισχύος στα δημόσια κτίρια με την εγκατάσταση εξοπλισμού αύξησης του συντελεστή ισχύος (συνφ).

Με τις κοινές Υπουργικές Αποφάσεις των Υπουργείων Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης με αριθ. Δ5/ΗΛ/Β/Φ1α/9021/17-5-2005 (ΦΕΚ Β' 689/23-5-05) και Δ5/ΗΛ/Β/οικ16954/13-9-2005 (ΦΕΚ Β' 1343/26-9-05) **αποφασίστηκε να εγκατασταθεί, στα κτίρια του Δημοσίου τομέα, της Αυτοδιοίκησης και των Εποπτευόμενων Φορέων** (ιδιόκτητα ή μισθωμένα) στο σύνολο της Ελληνικής Επικράτειας, κατάλληλος **εξοπλισμός αντιστάθμισης της άεργου ισχύος τους (συνφ) σε επίπεδο τουλάχιστον 0,95.**

Με την δεύτερη ως άνω Υπουργική Απόφαση **αποφασίσθηκε και η σύνδεση των κτιρίων του Δημοσίου Τομέα για την υποκατάσταση της χρήσης του πετρελαίου** θέρμανσης, μέτρο το οποίο συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, **με την χρήση καυσίμου φιλικότερου προς το περιβάλλον** και στην διαφοροποίηση των ενεργειακών πρώτων υλών προς περαιτέρω διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας.

Επίσης με την Απόφαση Α.Π. Δ5/ΗΛ/Β/Φ1/11061/14-6-05 (οικονομικά κίνητρα σε καταναλωτές για τη μείωση της ζήτησης ισχύος τον Ιούλιο του 2005 (ΦΕΚ Β' 825/16-6-2005) ορίστηκε, οι καταναλωτές που συνδέονται στο Σύστημα οφείλουν να διασφαλίζουν μέσω ωριαίο συντελεστή ισχύος για κάθε φόρτιση μεγαλύτερη του 50% της μέγιστης ισχύος τροφοδότησης του σε 0,95 από 0,92.

Επίσης με την Απόφαση του Υπουργείου Ανάπτυξης Α.Π. Δ5/ΗΛ/Β/Φ1/11061/14-6-2005 (ΦΕΚ Β' 825/16-6-05) ελήφθησαν μέτρα περιορισμού της ζήτησης ισχύος κατά τον Ιούλιο 2005, με στόχο την μείωση του Φορτίου στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, με υποχρέωση της ΔΕΗ να παρέχει οικονομικά κίνητρα προς τους επιλέγοντες καταναλωτές των οποίων οι εγκαταστάσεις είναι συνδεδεμένες στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα μέσω των τιμολογίων προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας. Ανάλογα μέτρα προωθήθηκαν και μελλοντικά με υπογραφή αντιστοίχου Υπουργικής Αποφάσεως.

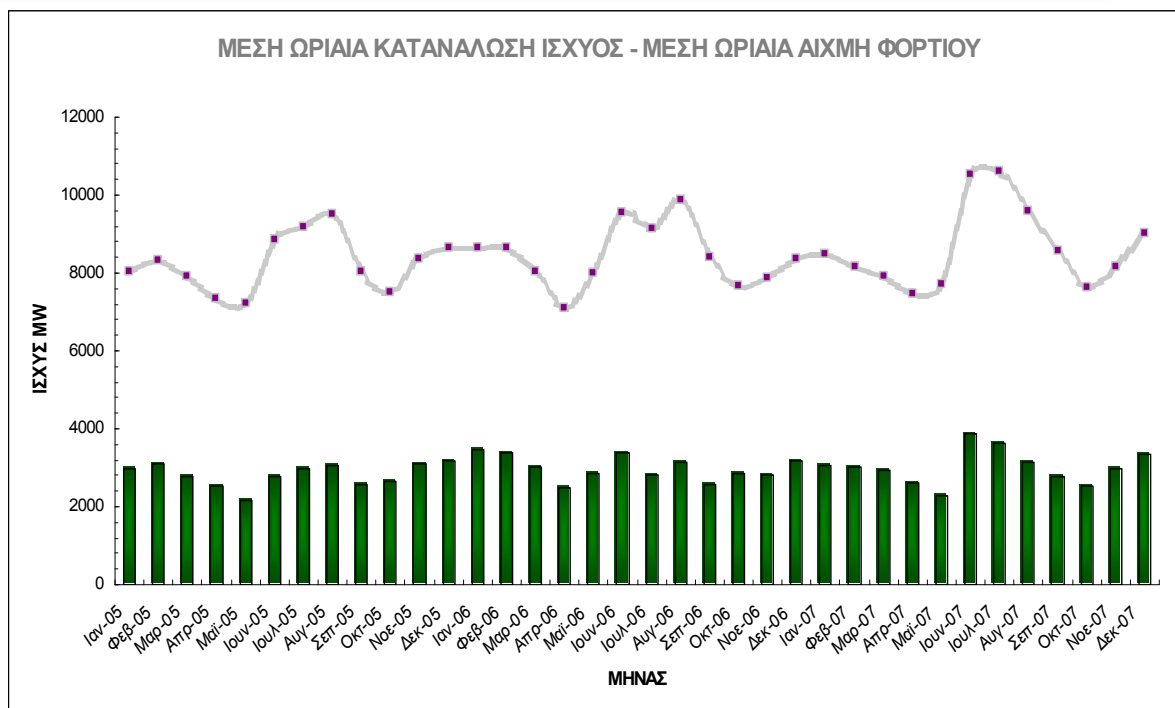
Το πρόβλημα της υψηλής και βραχείας αιχμής πρέπει να αντιμετωπιστεί σε μόνιμη βάση. Είναι χαρακτηριστικό ότι στις 2 Αυγούστου 2005 και στις 3 Αυγούστου 2005 η ζήτηση υπερέβη τα 9000 MW για 6 ώρες. Παράλληλα, για όλο το έτος 2005 η ζήτηση υπερέβη τα 9000 MW μόνο για 30 ώρες.

Επίσης διαπιστώνεται ότι η αυξημένη, κατά την κρίσιμη θερινή περίοδο και ώρες, λειτουργία των κλιματιστικών μηχανημάτων των κτιρίων συμβάλλει κατά ικανό ποσοστό στην αύξηση της αέργου ισχύος και στην μείωση του συντελεστού ισχύος (συνφ), ενώ συντελεί και στην αύξηση του φορτίου των κτιρίων κατά τις ώρες αιχμής ιδιαίτερα κατά την κρίσιμη θερινή περίοδο κατά την οποία αυξάνεται και η ζήτηση και η λειτουργία των κλιματιστικών μηχανημάτων.

Το κόστος λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος προκειμένου να καλύπτεται η ζήτηση αυτές τις ελάχιστες ώρες του έτους, είναι υπερβολικό και επιβαρύνει ανάλογα κάθε φορολογούμενο πολίτη. Αυτή τη στιγμή δαπανώνται εξαιρετικά μεγάλα ποσά εξαιτίας της ζήτησης ενέργειας αυτές τις λίγες ώρες του έτους. Η εγκατάσταση νέων σταθμών παραγωγής που θα λειτουργούν μόνο για αυτές τις αιχμές στη ζήτηση είναι μια ιδιαίτερα δαπανηρή λύση [16].

Στα διαγράμματα 2.1, 2.2 και 2.3 δίνεται η εικόνα των παραπάνω περιγραφών μέσα από την αναφορά στα έτη 2005 έως 2007, για τις αιχμές του φορτίου, από πού αυτές προέρχονται και τον τρόπο που καλύπτονται όταν εμφανίζονται. Αναλυτικότερα στο διάγραμμα 2.1 γίνεται ορατή η διαφορά μεγέθους της μέσης ωριαίας κατανάλωσης και της μέσης ωριαίας αιχμής του φορτίου. Σε αυτό το σημείο γίνεται αντιληπτό ότι τα μεγέθη θα παρουσίαζαν ακόμα μεγαλύτερη απόκλιση αν η σύγκρισή γινόταν μεταξύ της μέγιστης στιγμιαίας ισχύος και της μέσης ωριαίας κατανάλωσης. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η αιχμή παρουσιάζεται τις μεσημβρινές ώρες και ιδιαίτερα γύρω στις 14:00, ενώ τους χειμερινούς μήνες τις πρώτες βραδινές γύρω στις 19:00.

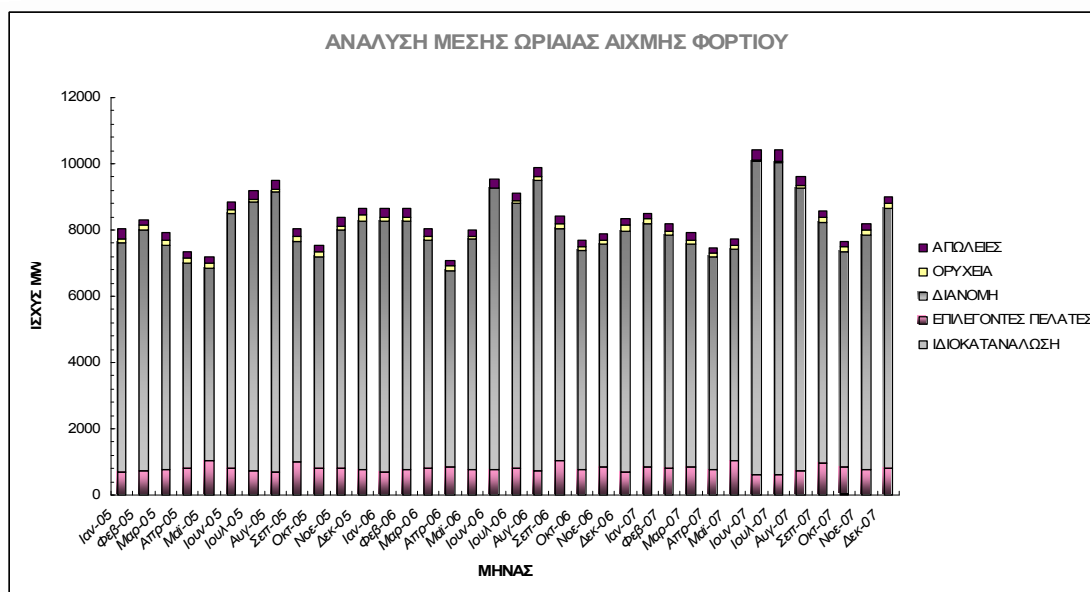




**Διάγραμμα 2.1** Απεικόνιση μέσης ωριαίας κατανάλωσης και μέσης ωριαίας αιχμής ηλεκτρικού φορτίου για τα έτη 2005 – 2007 [17].

Στο διάγραμμα 2.2 παρουσιάζονται τα μέρη και το ποσοστό που καθένα από αυτά καταλαμβάνει στην μέση ωριαία αιχμή του φορτίου. Στο σύστημα αποδίδονται ποσοστά μεγαλύτερα του 80 – 85%. Παρακάτω δίνεται η ερμηνεία των κατηγοριών που συμμετέχουν στην κάλυψη της μέσης ωριαίας ισχύος:

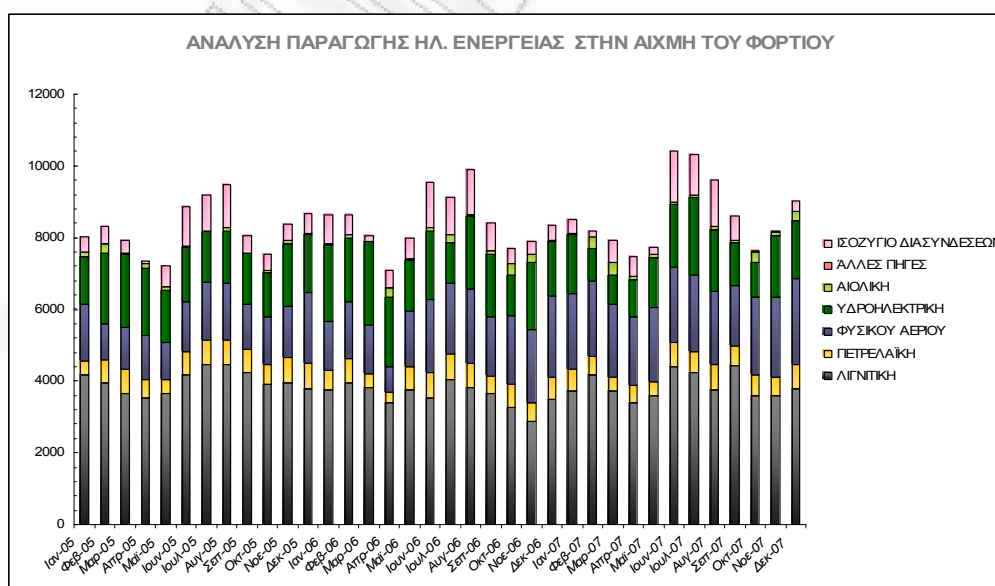
- **Ιδιοκατανάλωση παραγωγής:** αφορά την κατανάλωση της ισχύος από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όταν αυτές δεν είναι σε λειτουργία.
- **Επιλέγοντες πελάτες Υ.Τ.:** αφορά την κατανάλωση ισχύος των πελατών υψηλής τάσης, δηλαδή τις βιομηχανίες.
- **Διανομή:** αφορά την ηλεκτρική ισχύ που απορροφά το σύστημα.
- **Ορυχεία:** αφορά την κατανάλωση της ισχύος που αποδίδεται στα ορυχεία.
- **Απώλειες:** αναφέρεται στο ποσοστό των απωλειών του συστήματος που κινείται γύρω στο 2 – 3 % (**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ**).



**Διάγραμμα 2.2** Ανάλυση μέσης ωριαίας αιχμής ηλεκτρικού φορτίου για τα έτη 2005 – 2007 [17].

Στο διάγραμμα 2.3 καταγράφονται οι τύποι των μονάδων που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη της αιχμής του φορτίου καθώς και τα ποσοστά που συμμετέχουν. Αναλυτικότερα:

- Λιγνιτικές μονάδες: ποσοστά μεταξύ 55 – 64%
- Πετρελαϊκές μονάδες: ποσοστά μεταξύ 7 – 8%
- Μονάδες Φυσικού Αερίου: ποσοστά μεταξύ 12 – 27%
- Υδροηλεκτρικές μονάδες: ποσοστά μεταξύ 6 – 17%
- Αιολικές μονάδες: ποσοστά μεταξύ 2 – 5%
- Ισοζύγιο Διασυνδέσεων: ποσοστά μεταξύ 1 – 6,5% [17].



**Διάγραμμα 2.3** Απεικόνιση τύπου μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη μέσης ωριαίας αιχμής ηλεκτρικού φορτίου για τα έτη 2005 – 2007 [17].

Στον πίνακα 2.2 απεικονίζεται η εγκατεστημένη ισχύς στο διασυνδεδεμένο δίκτυο των σταθμών της ΔΕΗ, για το έτος 2006.

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΕΗ Α.Ε. (31/12/2006)							
	ΘΗΣ				ΥΗΣ**	ΑΠΕ***	ΣΥΝΟΛΟ
	Λιγνιτικές Μονάδες	Πετρελαϊκές Μονάδες	Μονάδες Φυσικού Αερίου	Σύνολο ΘΗΣ*			
<b>Διασυνδεδεμένο</b>	5.288	750	1.966	8.004	3.060	7	11.071
<b>Κρήτη, Ρόδος &amp; λοιπά αυτόνομα νησιά</b>	-	1.593	-	1.559	1	30	1.624
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>9.597</b>			<b>3.061</b>	<b>37</b>	<b>12.695</b>

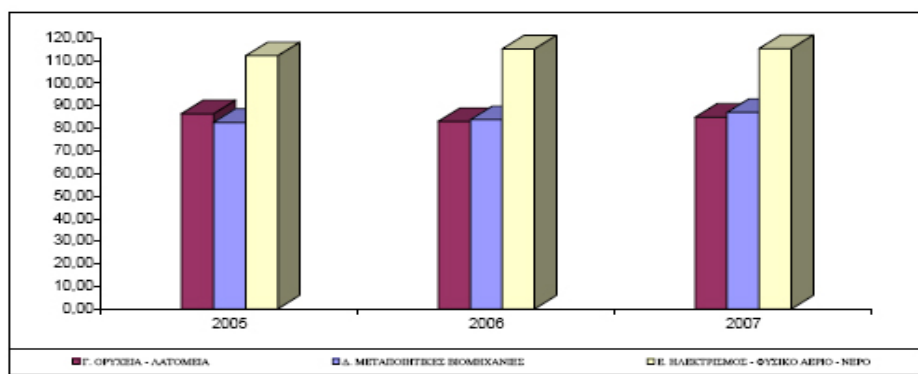
\* Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί  
 \*\* Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί  
 \*\*\* Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Πίνακας 2.2 Εγκατεστημένη ισχύς MW σταθμών ΔΕΗ, Πηγή ΔΕΗ

Στο παράρτημα Ι επισυνάπτεται το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας για τα έτη 1995 – 2004. Σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΣΥΕ), ο δείκτης παραγωγής ενέργειας παρουσιάζει αυξητικές τάσεις, όπως απεικονίζεται με βάση τα ίδια στοιχεία στο Σχήμα 2.3 [18].

Εξέλιξη Δείκτη Βιομηχανικής Παραγωγής, κατά κατηγορία, μηνός Ιανουαρίου των ετών 2005 - 2007 (Έτος βάσης 2000 = 100,0)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΟΣ		
	2005	2006	2007
Γ. ΟΡΥΧΕΙΑ – ΛΑΤΟΜΕΙΑ	86,49	83,09	84,95
Δ. ΜΕΤΑΠΟΙΗΤΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	82,70	83,87	87,1
Ε. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ – ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ - ΝΕΡΟ	112,18	115,22	115,44



Σχήμα 2.3 Εξέλιξη Ενεργειακού Δείκτη για τα έτη 2005 – 2007. Πηγή ΕΣΥΕ

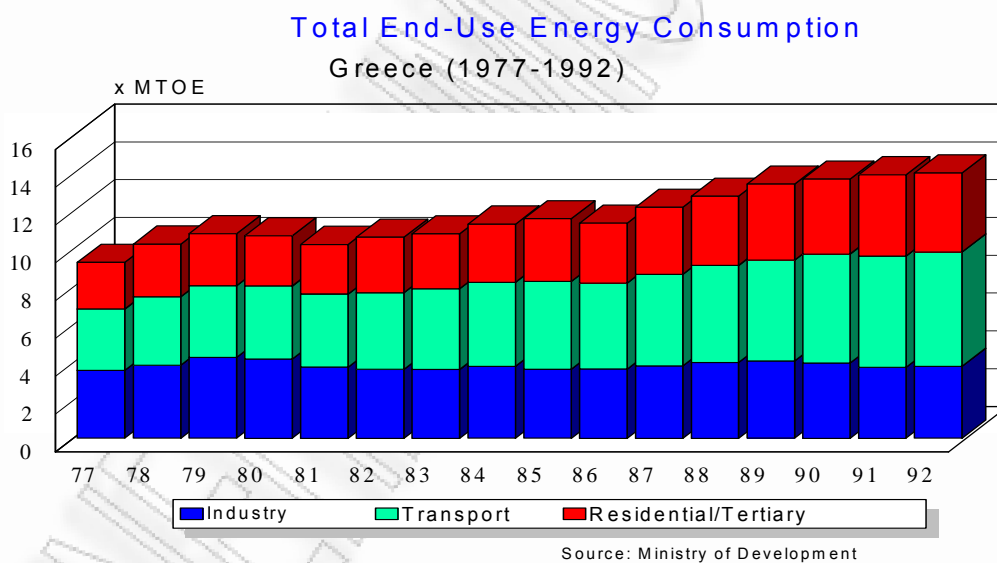
## 2.4 Κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα

Η ιδιαιτερότητα στη γεωμορφολογία της χώρας (πολλά νησιά, μεγάλοι ορεινοί όγκοι) με τη συνεπαγόμενη ανομοιομορφία στην κατανομή του πληθυσμού, δημιουργούν επιπρόσθετες δυσκολίες στην ανάπτυξη των ενεργειακών υποδομών που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων της εθνικής ενεργειακής πολιτικής.

Η Ελλάδα βρίσκεται μακριά από τις άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτός από την Ιταλία, και έτσι έχει αναπτύξει ενεργειακές σχέσεις κυρίως με τις γειτονικές της χώρες, τις χώρες της νοτιοανατολικής Ευρώπης, της Βορείου Αφρικής και την Τουρκία .

Ο λιγνίτης είναι η κύρια εγχώρια πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται αποκλειστικά σχεδόν στην ηλεκτροπαραγωγή. Το πετρέλαιο και ο λιγνίτης καλύπτουν περίπου το 86% της συνολικής διάθεσης ενέργειας, η οποία παρουσιάζει μια σταθερή αύξηση τα τελευταία χρόνια.

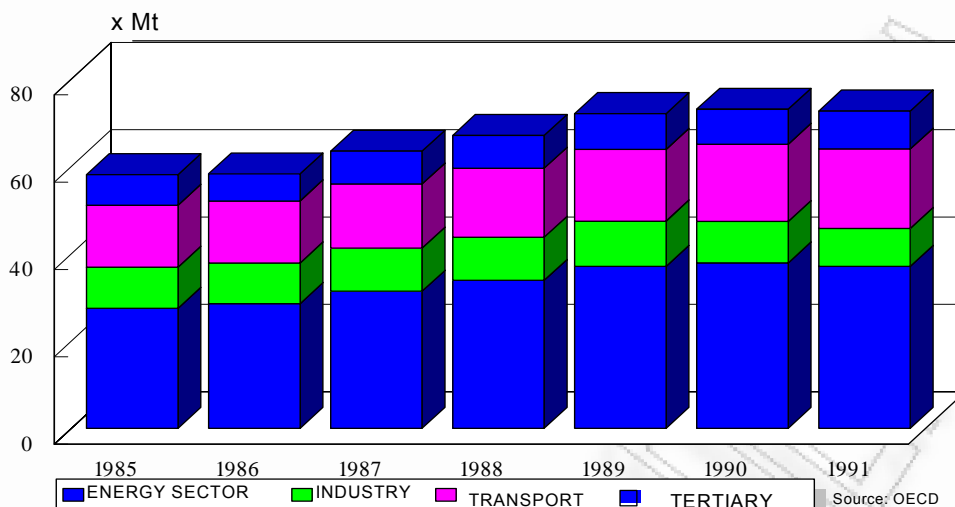
Η ενεργειακή κατανάλωση της Ελλάδας το έτος 1992 ήταν 569.4 PJ με ανοδικές τάσεις. Το διάγραμμα 2.4 παρουσιάζει την ενεργειακή κατανάλωση της χώρας για την περίοδο 1977 – 1992 [19].



**Διάγραμμα 2.4** Ενεργειακή κατανάλωση της Ελλάδας για τα έτη 1977 – 1992 [19].

Στο διάγραμμα 2.5 παρουσιάζονται και οι προκύπτουσες εκπομπές σε CO<sub>2</sub> σε ετήσια βάση, για τη χρονική περίοδο 1985 – 1991, αθροιστικά ανά τομέα.

### CO<sub>2</sub> EMISSIONS BY SECTOR GREECE : 1985 - 1991

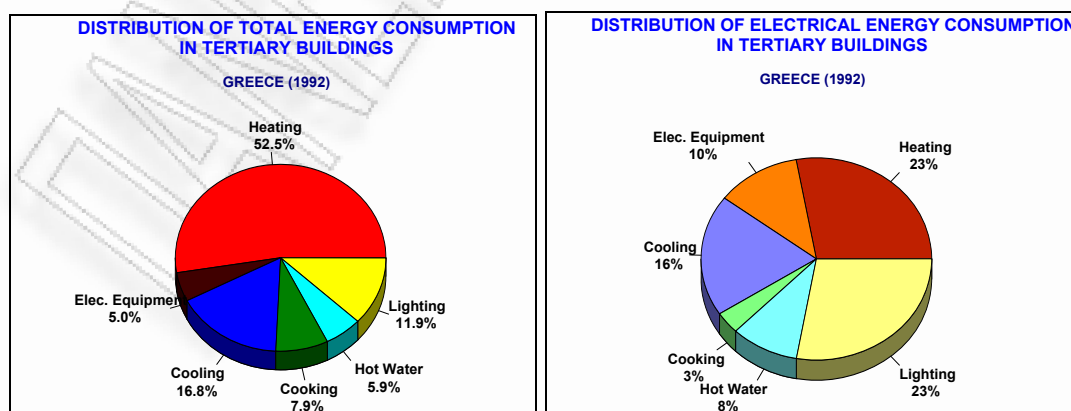


**Διάγραμμα 2.5** Εκπομπές CO<sub>2</sub> σε ετήσια βάση για τα έτη 1985 – 1991, ανά τομέα [19].

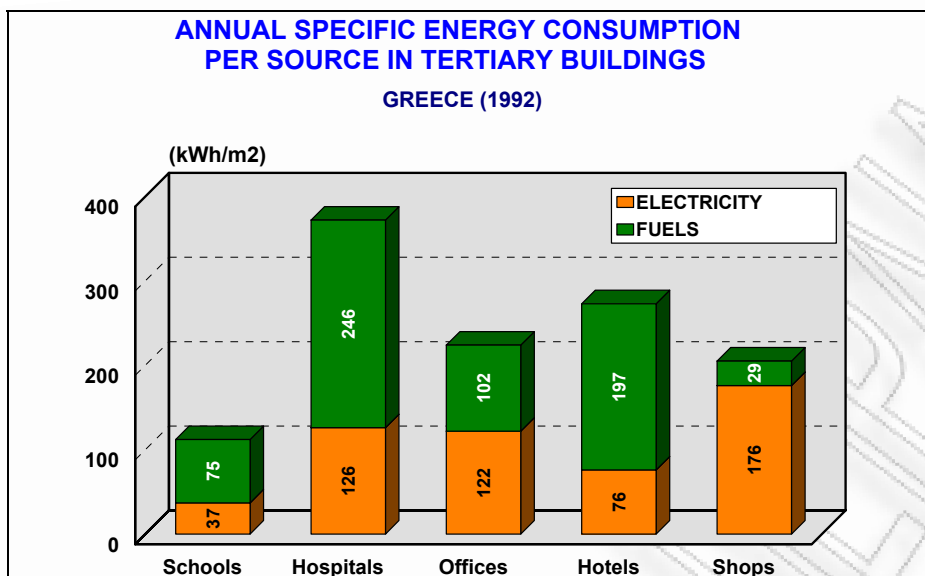
Από τα παραπάνω γίνεται εμφανές ότι παρά τις ήπιες κλιματικές συνθήκες ο κτιριακός τομέας είναι ένας εκ των μεγαλύτερων καταναλωτών ενέργειας. Ο οικιακός /τριτογενής τομέας υπολογίζεται στα 192.6 PJ το έτος 1992, ποσοστό 30% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας. Οι συνδεδεμένες με αυτό εκπομπές CO<sub>2</sub> αγγίζουν το 40% του συνόλου του ρύπου.

Τα τελευταία χρόνια το ποσοστό της κατανάλωσης του οικιακού τομέα έχει αυξηθεί σημαντικά και ο τριτογενής τομέας παρουσιάζει μια σταθερά μεγάλη αύξηση κατανάλωσης ενέργειας. Το σύνολο του τριτογενούς, οικιακού, δημόσιου και αγροτικού τομέα κατανάλωσε το 2005 το 41% της ενέργειας ενώ το αντίστοιχο ποσοστό του 1990 ήταν 32% [20].

Στα διαγράμματα 2.6 και 2.7 παρουσιάζεται το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, ενέργεια και καύσιμο αποκλείοντας τα οικιακά κτίρια.

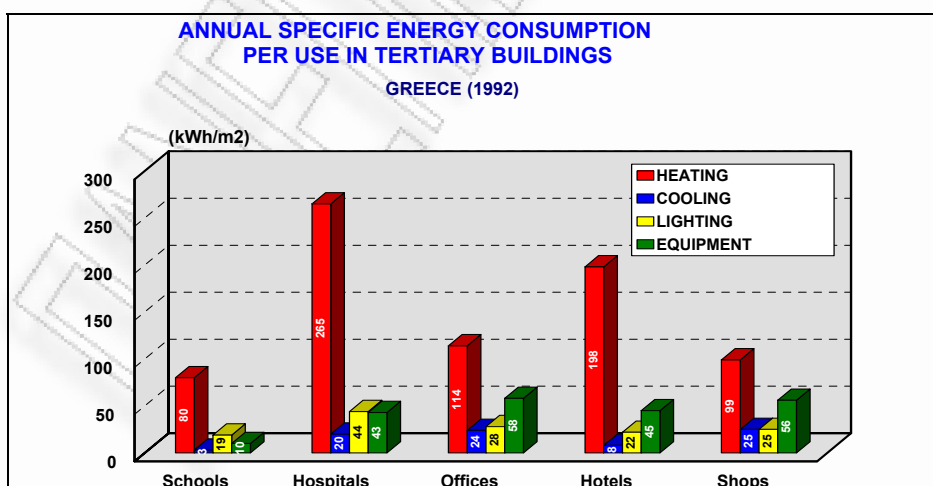


**Διάγραμμα 2.6** Προφίλ ολικής και ηλεκτρικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση. [19].



Διάγραμμα 2.7 Προφίλ ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση και καύσιμο. [19].

Η ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα έχει ανοδική τάση εξαιτίας της συνεχούς αύξησης εγκατάστασης κλιματιστικών μονάδων. Παραδειγματικά η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα των κλιματιστικών μονάδων το 1987 ήταν 300 MW ενώ μέχρι το 1992 είχε αγγίξει τα 906 MW. Ο οικιακός τομέας καταλαμβάνει τα 160 MW από αυτό το νούμερο. Ο ρυθμός εγκατάστασης κλιματιστικών μονάδων αυξάνει κάθε χρόνο με αποτέλεσμα τις αιχμές στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τους θερινούς μήνες. Τα τελευταία χρόνια το σύστημα ηλεκτροδότησης είναι ανεπαρκές με αποτέλεσμα τα συχνά πλέον μπλακ άουτ. Άλλοι παράγοντες που συμβάλουν στην αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης είναι η συνεχής προσθήκη νέου εξοπλισμού στον τριτογενή τομέα. Τα κτίρια γραφείων για παράδειγμα εξοπλίζονται με νέες συσκευές. Τέλος η άνοδος του βιοτικού επιπέδου συνεπάγεται αυξημένες απαιτήσεις για καλύτερες εσωτερικές συνθήκες.

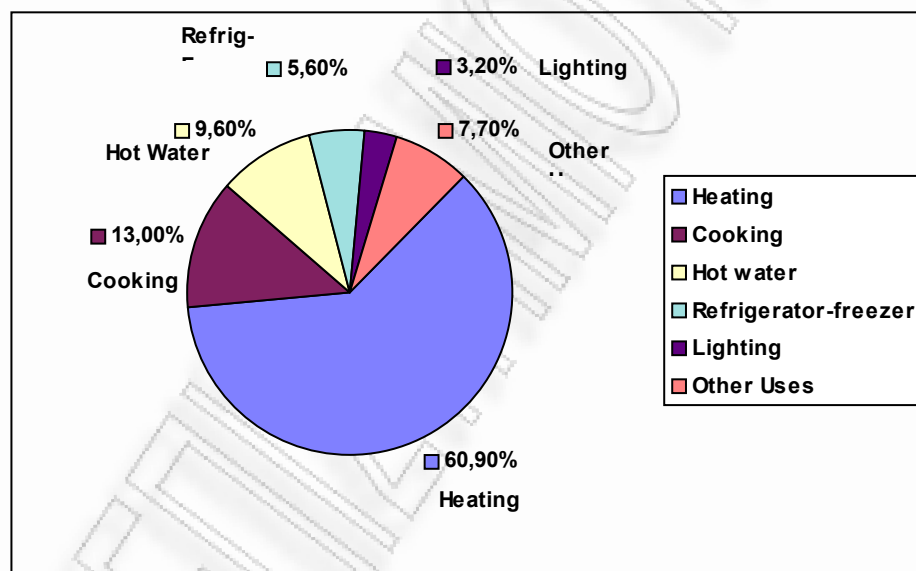


Διάγραμμα 2.8 Ενεργειακή κατανάλωση ανά χρήση για το έτος 1992. [19].

### 2.4.1 Ενεργειακή κατανάλωση στον οικιακό τομέα στην Ελλάδα

Η κατανομή της ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά χρήση φαίνεται στο διάγραμμα 2.9. Όπως φαίνεται το κομμάτι της θέρμανσης έχει το μεγαλύτερο μερίδιο στην ενεργειακή κατανάλωση. Περίπου το 35,5 % των κατοικιών θερμαίνονται με συστήματα κεντρικής θέρμανσης ενώ το εναπομείναν 64,5% έχει αυτονομία στην θέρμανση.

Η ενεργειακή κατανάλωση στον οικιακό τομέα έχει μια αυξητική τάση ως αποτέλεσμα των αυξημένων απαιτήσεων σε θέρμανση και κλιματισμό. Τα παρακάτω στατιστικά αποτελέσματα δεν περιλαμβάνουν την εκθετική αύξηση της χρήσης κλιματιστικών μονάδων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι περισσότερες κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης θερμαίνονται περιοδικά βάσει ενός συγκεκριμένου προγράμματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις εξαιτίας της απουσίας της θερμικής μόνωσης οι κατοικίες υποθερμαίνονται. Σαν αποτέλεσμα οι κάτοικοι χρησιμοποιούν πρόσθετο εξοπλισμό για θέρμανση στην προσπάθεια τους να επιτύχουν άνετες θερμοκρασίες.



**Διάγραμμα 2.9** Κατανομή της ενέργειας στον οικιακό τομέα ανά χρήση. [19].

### 2.5 Η γενεαλογία των κτιρίων στην Ελλάδα

Ο πληθυσμός της Ελλάδας είναι 11 εκατομμύρια κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2001 εκ των οποίων το 66% ζει σε αστικές περιοχές. Ειδικότερα το 35.5% του Ελληνικού πληθυσμού ζει στην Αττική (4 εκατομμύρια) και εξ' αυτών τα 2.8 εκατομμύρια ζουν στην Αθήνα.

Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα ισοδυναμεί σε περισσότερα των 3,8 εκατομμυρίων κτιρίων. Σύμφωνα με την πληθυσμιακή απογραφή του Δεκεμβρίου του 1990, το μεγαλύτερο μερίδιο του κτιριακού όγκου – περίπου το 90% - ανήκει στον

τριτογενή – οικιακό τομέα, ενώ το εναπομένει μόλις 10% εξυπηρετεί δραστηριότητες του πρωτογενή και δευτερογενή οικονομικού τομέα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.3

Τομέας	Αριθμός κτιρίων
Πρωτογενής Τομέας (Γεωργικός)	300.000
Δευτερογενής Τομέας (Βιομηχανία)	44.144
Τριτογενής Τομέας (Υπηρεσίες, Εμπορικός Τομέας, Οικίες, μικρές Παραγωγικές Μονάδες)	3.477.031

**Πίνακας 2.3** Κατανομή κτιριακού όγκου ανά τομέα [19].

Τα κτίρια του Πρωτογενή και του Δευτερογενή Τομέα που πρέπει να μελετηθούν ξεχωριστά με ιδιαίτερη μνεία τόσο στις οικιστικές ανάγκες όσο και στις διαδικασίες παραγωγής αντίστοιχα. Μια ανάλυση ωστόσο στον κτιριακό όγκο του Τριτογενή τομέα γίνεται με τη βοήθεια του Πίνακα 2.4, όπου θα μπορούσε να στηριχθεί μια Ενεργειακή και Περιβαλλοντική ανάλυση για την Ελλάδα.

Κατηγορία Χρήσης	Αριθμός κτιρίων
Σπίτια	2.496.091
Γραφεία & Μαγαζιά	104.850
Νοσοκομεία & Κλινικές	1.884
Ξενοδοχεία	9.943
Σχολεία	15.854
Εκκλησίες & Μοναστήρια	42.328
Πάρκινγκ	9.957
Πολλαπλής Χρήσεως (π.χ. κατοικίες & γραφεία/ μαγαζιά)	397.482
Λοιπά (κτίρια για ψυχαγωγία, στρατός, αστυνομικά τμήματα κλπ)	398.842

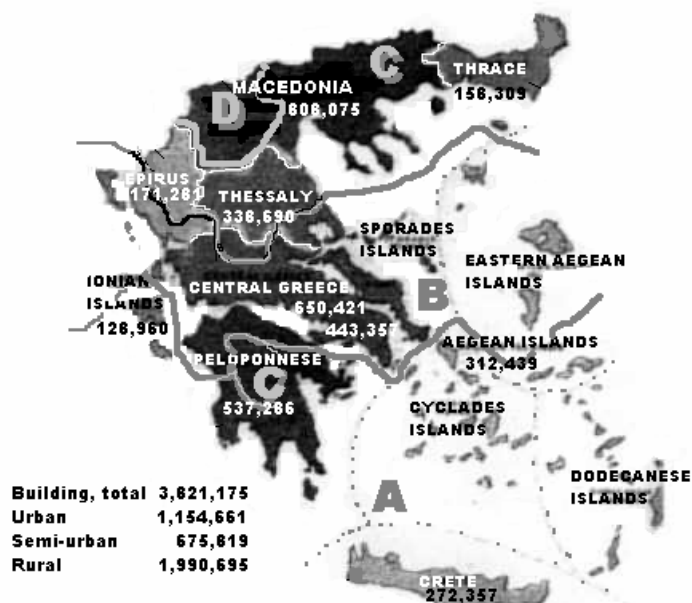
**Πίνακας 2.4** Κατανομή κτιριακού όγκου στον τριτογενή τομέα [19].

Στον Τριτογενή Τομέα στεγάζεται και το 5% του Δημοσίου ενώ το εναπομένει ανήκει στον Ιδιωτικό Τομέα. Από τον Πίνακα 2.4 προκύπτει ότι οι Οικίες είναι κατά πολύ η ισχύουσα πλειοψηφία αγγίζοντας το 73% του συνολικού κτιριακού όγκου στην Ελλάδα. Ο αριθμός αυτός περιλαμβάνει την πρώτη, τη δεύτερη και την εξοχική κατοικία.

### 2.5.1 Η κατανομή των κτιρίων στην Ελλάδα

Στο σχήμα 2.4, οι περιοχές Α, Β, C & D αντιπροσωπεύουν τις θερμικές ζώνες της χώρας, στις οποίες έχοντας ως βάση τους 19 °C, προκύπτουν οι κάτωθι degree – days, στην ουσία το ημερήσιο ολοκλήρωμα μιας συνάρτησης θερμοκρασίας – χρόνου χωρίς τις ανώτερες και κατώτερες οριακές τιμές του.





Σχήμα 2.3 Θερμικές ζώνες της Ελλάδας, με βάση τους 19 °C [19].

Η μέση ετήσια ηλιακή έκθεση ανά μονάδα επιφανείας είναι 1.200 kWh/m<sup>2</sup>.

Ζώνη	Degree - day
Ζώνη Α	601 – 1.100
Ζώνη Α	1.101 – 1.600
Ζώνη Α	1.601 – 2.200
Ζώνη Α	> 2.201

## 2.6 Εφαρμογές κλιματισμού με Φυσικό Αέριο στην Αθήνα

Στην Ελλάδα ο κλιματισμός με φυσικό αέριο βρίσκει πεδίο εφαρμογής τα τελευταία πέντε χρόνια, είναι ακόμα σε πολύ αρχικά στάδια εφαρμογής του και κυρίως σε ότι αφορά εμπορικούς και όχι οικιακούς πελάτες. Επιβεβαίωση των παραπάνω αποτελεί η ισχνή λίστα των εμπορικών πελατών στην Αθήνα σύμφωνα με στοιχεία που δόθηκαν από την ΕΠΑ Αττικής και που αφορούν πελάτες που ήδη κάνουν χρήση του κλιματισμού με φυσικό αέριο ή που πρόκειται να ξεκινήσουν τους ερχόμενους μήνες.

- ΙΑΣΩ
- ΙΑΣΩ GENERAL
- ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ
- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
- ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ ΙΛΙΣΣΟΣ

- ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ LEDRA MARRIOTT
- ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ OSCAR
- Ε.Ο.Φ.
- ΔΗΜΑΡΧΕΙΟ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ
- ΦΕΙΔΙΑΣ Α.Ε.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Πλεονεκτήματα και κίνητρα κλιματισμού με φυσικό αέριο στην Ελλάδα

### 3.1 Κίνητρα - πλεονεκτήματα στον κλιματισμό με Φυσικό Αέριο

Προκειμένου για την προώθηση μιας νέας τεχνολογίας κλιματισμού, όπως είναι αυτή με τη χρήση ως καύσιμο το Φυσικό Αέριο, οι ανά την Ελλάδα εταιρίες παροχής και εμπορίας Φυσικού Αερίου προσφέρουν κίνητρα στους νέους επενδυτές ώστε να προχωρήσουν στην αντίστοιχη επένδυση. Ο τρόπος για την επίτευξη του παραπάνω στόχου είναι αρχικά η διοργάνωση ημερίδων – εκθέσεων εκπαίδευσης και ενημέρωσης για τις νέες τεχνολογίες και εν συνεχεία η προσαρμογή ενός ανταγωνιστικού τιμολογίου σε σχέση με το αντίστοιχο της ΔΕΗ τιμολόγιο ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα η ΕΠΑ Αττικής επιδοτεί τη χρήση του Φυσικού Αερίου στον κλιματισμό, υιοθετώντας ειδικό τιμολόγιο χαμηλής χρέωσης.

Επιπλέον η υψηλή τεχνολογία χρήσης Φυσικού Αερίου για κλιματισμό επιδοτείται από το ΕΠΑΝ κατά 30% σε Συστήματα Υποκατάστασης Καυσίμου (ΥΠΟ) και κατά 40% σε Συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕ).

Ως καθαρό κίνητρο στους νέους επενδυτές προβάλλουν τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση της νέας αυτής τεχνολογίας και τα οποία δεν περιορίζονται στενά σε αυτά του οικονομικού χαρακτήρα βάσει των χαμηλότερων λειτουργικών εξόδων, αλλά αγγίζουν και περιβαλλοντικές πτυχές. Συνοπτικά παρακάτω παρατίθενται ανά τομείς τα πλεονεκτήματα στον κλιματισμό με Φυσικό Αέριο.

#### Οικονομικά πλεονεκτήματα:

- Σημαντικά χαμηλότερο λειτουργικό κόστος καυσίμου, το οποίο εξαρτάται άμεσα από το τιμολόγιο ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και από την απόδοση του ηλεκτρικού μηχανήματος με το οποίο συγκρίνουμε το μηχανήμα κλιματισμού Φυσικού Αερίου.
- Πολύ χαμηλότερο λειτουργικό κόστος συντήρησης, λόγω απουσίας κινούμενων μερών.
- Μείωση κόστους και χώρου εγκατάστασης ηλεκτρικού υποσταθμού για μεγάλα κτίρια.
- Αποφυγή χώρου εγκατάστασης δεξαμενής καυσίμων.
- Ενιαίος εξοπλισμός ψύξης ή /και θέρμανσης ή /και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.
- Η ψύξη με Φυσικό Αέριο εντάσσεται στην κατηγορία «Υποκατάσταση ηλεκτρισμού» του προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα» του Υπουργείου Ανάπτυξης και μπορεί να τύχει επιχορηγήσεως 30% του συνολικού προϋπολογισμού του έργου, μειώνοντας έτσι τον χρόνο απόσβεσης του μηχανήματος.

#### **Λειτουργικά πλεονεκτήματα:**

- Ο εξοπλισμός κλιματισμού με Φυσικό Αέριο λειτουργεί σε χαμηλά επίπεδα θορύβου.
- Η ψύξη με απορρόφηση είναι η πλέον αξιόπιστη τεχνολογία παραγωγής ψύξεως επειδή δεν έχει κινούμενα μέρη. Γι αυτό είναι και η πλέον κατάλληλη για περιπτώσεις όπου η λειτουργία της ψύξης είναι αναγκαία για πολλές ώρες της ημέρας ή συνεχώς. Σε αντίθεση με τους ηλεκτρικούς ψύκτες, οι ψύκτες απορροφήσεως λειτουργούν σταθερά, δεν απαιτούν εφεδρεία και η διάρκεια ζωής τους ξεπερνά τα 35 έτη.

#### **Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα:**

- Η χρήση του Φυσικού Αερίου είναι οικολογικά η βέλτιστη λύση καθώς η χρήση του συνεισφέρει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρύπων.
- Οι ψύκτες απορρόφησης δεν χρησιμοποιούν ως ψυκτικό μέσο το επιβλαβές για το περιβάλλον φρέον, αλλά νερό. Κατά την παραγωγή ψύξης δηλαδή στον εξατμιστήρα εξατμίζεται νερό. Με την εγκατάσταση ενός ψύκτη, ο οποίος θα κλιματίζει ολόκληρο το κτίριο, περιορίζεται σημαντικά η ρύπανση που θα προκαλούσαν οι διασκορπισμένες κλιματιστικές μονάδες.

#### **Λοιπά πλεονεκτήματα:**

- Το καλοκαίρι σε περιόδους καύσωνα όπου τα ηλεκτρικά φορτία είναι υψηλά, μειώνεται ο κίνδυνος συνολικών διακοπών στην τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια.
- Αποφεύγεται η σπατάλη πολύτιμων κεφαλαίων για ανέγερση νέων δαπανηρών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής για κάλυψη εποχιακών και μόνο φορτίων [21].

### **3.2 Πλεονεκτήματα ψυκτών Απορρόφησης έναντι ηλεκτρικών ψυκτών**

- Έχουν ελάχιστη ηλεκτρική κατανάλωση σε αντίθεση με τους συμβατικούς ψύκτες συμπίεσης που έχουν αυξημένες απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ψύκτες απορρόφησης να εμφανίζουν σημαντικά ενεργειακά πλεονεκτήματα κυρίως όταν τροφοδοτούνται από απορριπτόμενη θερμότητα.

- Οι ψυκτικές μονάδες απορρόφησης που τροφοδοτούνται με ατμό ή θερμό νερό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μονάδες τρι-παραγωγής (παραγωγή ηλεκτρικής, θερμικής και ψυκτικής ισχύος). Έτσι προσφέρουν την δυνατότητα σημαντικής αύξησης του συνολικού βαθμού απόδοσης της μονάδας συμπαραγωγής. Με άλλα λόγια αυτές οι μονάδες συνεισφέρουν τα μέγιστα σε οποιαδήποτε προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας, μειώνοντας παράλληλα το συνολικό κόστος λειτουργίας.
- Οι ψύκτες απορρόφησης είναι φιλικότεροι προς το περιβάλλον σε σχέση με τους ηλεκτρικούς ψύκτες. Συγκεκριμένα αφού η αρχή λειτουργίας τους δεν στηρίζεται στην χρήση κανενός είδους συμβατικού ψυκτικού μέσου (CFCs, HCFCs και MFCs), έχουν μηδενική επίδραση στην καταστροφή του όζοντος: ODP = 0 (Ozone Depletion Potential) και μικρή συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ειδικά οι ψύκτες που τροφοδοτούνται με ατμό ή θερμό νερό έχουν αρκετά μικρότερο GWP (Global Potential Warming) από τους ψύκτες που καίνε αέριο (gas-fired chillers) και εκπέμπουν CO<sub>2</sub>, αν και η καύση αερίου και ειδικά φυσικού αερίου θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον αφού δεν παράγονται SO<sub>2</sub>, SO, αιθάλη και στερεά σωματίδια, ρύποι ιδιαίτερα ζημιογόνοι για τον ανθρώπινο παράγοντα.
- Οι ψύκτες άμεσης θέρμανσης έχουν την δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφόρων καυσίμων μέσων (Diesel θέρμανσης, φυσικό αέριο, LPG, βιοαέριο κ.α.). Το γεγονός αυτό καθιστά ιδανική την εγκατάσταση τέτοιων μονάδων για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει επαρκής ηλεκτρικής ισχύς για τους παραδοσιακούς ηλεκτρικούς ψύκτες. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κτίρια με ήδη επιβαρημένη εγκατεστημένη ηλεκτρική εγκατάσταση από άλλες ενεργοβόρες διεργασίες. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι, πολλοί από τους καυστήρες που συνοδεύουν τις μηχανές απορρόφησης είναι "διπλού καυσίμου" (dual fuel) και μπορούν να τροφοδοτηθούν είτε με φυσικό αέριο είτε με πετρέλαιο. Αυτή η ευελιξία είναι ιδιαίτερα ελκυστική σε εφαρμογές όπου το πετρέλαιο είναι εύκολα διαθέσιμο π.χ. απομακρυσμένες περιοχές.
- Οι ψυκτικές εγκαταστάσεις απορρόφησης έχουν ελάχιστα κινούμενα μέρη (αντλίες ανακυκλοφορίας ψυκτικού μέσου/ απορροφητή). Για παράδειγμα ένας ψύκτης απορρόφησης 500 RT έχει 3 αντλίες που καταναλώνουν περίπου 5 hp (3.7 kW) ανά ώρα. Επομένως έχουν μεγάλο μηχανικό βαθμό απόδοσης, μικρές απαιτήσεις εμποτείας και συντήρησης και υψηλή αξιοπιστία.
- Τέλος παρουσιάζουν χαμηλά επίπεδα θορύβου και κραδασμών. Ένα absorption chiller ακούγεται όπως ένας ιδίου μεγέθους λέβητας με θορύβους σπηλαιώσης. Οπότε λόγω ανυπαρξίας ταλαντώσεων και θορύβου δεν απαιτείται απομόνωση των κραδασμών και ηχομόνωση του χώρου εγκατάστασης της ψυκτικής μηχανής [7].
- Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της ψύξης με απορρόφηση είναι ότι μπορεί να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ψύξης, εκτός από το Φυσικό Αέριο, το υγραέριο ή το πετρέλαιο θέρμανσης. Μπορεί ακόμα να αξιοποιηθεί και η ηλιακή θερμότητα ή η απόβλητη θερμότητα της βιομηχανίας.
- Οι ψύκτες απορρόφησης δεν απαιτούν εφεδρεία όπως οι ηλεκτρικοί ψύκτες ενώ το ίδιο ψυκτικό μηχάνημα λειτουργεί και ως λέβητας κεντρικής θέρμανσης κατά το χειμώνα.

- Η χρήση ψυκτών απορρόφησης δεν απαιτεί ξεχωριστούς υποσταθμούς της ΔΕΗ παρά μόνο τη συνήθη ηλεκτρική παροχή, ούτε αντίστοιχη υποδομή σε χώρους και καλωδιώσεις.
- Με τη χρήση ψυκτών απορρόφησης εξομαλύνεται η ζήτηση ηλεκτρισμού κατά τις ώρες αιχμής και μειώνεται ης μέγιστη ζήτηση που επιβαρύνει το κόστος λειτουργίας και δημιουργεί διακοπές ηλεκτρισμού.
- Οι ψυκτικές εγκαταστάσεις απορρόφησης χαρακτηρίζονται από μεγάλη διάρκεια ζωής άνω των 25 ετών των ηλεκτρικών ψυκτών.
- Ο ψύκτης απορρόφησης σε αντίθεση με τον ηλεκτρικό ψύκτη έχει ελάχιστες απαιτήσεις σε συντήρηση, καθώς δεν έχει κινούμενα μέρη, ούτε φρέον, ως εκ τούτου η μόνη εργασία που απαιτείται είναι ο ετήσιος έλεγχος του καυστήρα Φυσικού Αερίου και η καθαρότητα των αυλών. Στο πλαίσιο της ετήσιας συντήρησης γίνεται επίσης λήψη δείγματος βρωμιούχου λιθίου για να εξεταστεί η περιεκτικότητά του σε αναστολέα διάβρωσης για την αύξηση της αποδόσεως του ψύκτη, καθώς και οπτικός έλεγχος των λοιπών τμημάτων του ψύκτη [3].

### 3.3 Πλεονεκτήματα αντλιών θερμότητας έναντι ηλεκτρικών ψυκτών

- Η λειτουργία της κλιματιστικής μονάδας είναι αθόρυβη, καθιστώντας την κατάλληλη για χώρους όπου απαιτείται απόλυτη ησυχία, όπως νοσοκομεία και ξενοδοχεία.
- Έχουν χαμηλό λειτουργικό κόστος, καθώς η χρήση του φυσικού αερίου σε συνδυασμό με τα λοιπά λειτουργικά χαρακτηριστικά τους, τα καθιστά οικονομικότερα κατά 65% έναντι της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Έχουν αμελητέο κόστος συντήρησης απαιτώντας service κάθε 10.000 ώρες λειτουργίας, εξαιτίας της χαμηλόστροφης λειτουργίας του κινητήρα (έως 2550 στροφές/ λεπτό).
- Έχουν υψηλό και σταθερό βαθμό απόδοσης (COP) ακόμα και σε ακραίες συνθήκες -38 έως 45 οC, καθώς δεν διακόπτουν την κανονική λειτουργία κατά τη θέρμανση για αποπάγωση (defrost) του στοιχείου, αφού χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό η θερμότητα των καυσαερίων και του κυκλώματος ψύξης της μηχανής. Να σημειωθεί πως η μείωση της θερμικής ισχύος στις ηλεκτρικές αντλίες θερμότητας στους -2 οC είναι περίπου 20%.
- Είναι δυνατή η ταυτόχρονη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης κατά τη λειτουργία σε ψύξη, μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας.
- Δεν απαιτείται υποσταθμός της ΔΕΗ.
- Η επένδυση επιδοτείται μέσω διαφόρων προγραμμάτων (Ε.Ο.Τ., Γ. Π.Κ.Σ. κ.α.)
- Τα συστήματα αντικαθιστούν εύκολα τις ήδη υπάρχουσες συμβατικές ηλεκτροκίνητες μονάδες, χωρίς την επέμβαση στο εσωτερικό σύστημα.

- Η εξωτερική μονάδα μπορεί να είναι και ένας συνδυασμός περισσοτέρων της μίας εξωτερικής μονάδας (διαφορετικών ψυκτικών – θερμαντικών ισχύων) καλύπτοντας με αυτό τον τρόπο όλες τις ανάγκες σε ψυκτική και θερμική ισχύ, καθώς συνδέονται σε παράλληλη συστοιχία [23].

### 3.4 Εξοικονόμηση Ενέργειας

Ο δείκτης της ενεργειακής αποδοτικότητας για την Ελλάδα, ανέρχεται, σήμερα, στο 66,1%, ενώ ο αντίστοιχος Ευρωπαϊκός μέσος όρος βρίσκεται στο 71,3%, κατατάσσοντας την Ελλάδα τέσσερις θέσεις από το τέλος, όσον αφορά στην ορθή αξιοποίηση της συνολικής ενέργειας που διατίθεται στη χώρα σε σχέση μ' εκείνη που καταναλώνεται στην τελική χρήση.

Αν και η χώρα μας, βρίσκεται σε καλύτερη θέση από χώρες όπως η Ιταλία και η Ισπανία, όσον αφορά στην εξάρτησή της από εξωτερικές πηγές ενέργειας, είναι γεγονός ότι η Ελλάδα υστερεί στο βαθμό της διαφοροποίησης των ενεργειακών της πηγών, καθιστώντας την εξαρτημένη, κυρίως, από το πετρέλαιο. Σήμερα, το 57% της συνολικής ζήτησης ενέργειας στην Ελλάδα, καλύπτεται μέσω της κατανάλωσης του πετρελαίου [12].

Η προώθηση μέτρων και προγραμμάτων Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕ) και Ορθολογικής Χρήσης της Ενέργειας (ΟΧΕ) είναι θέμα μεγάλης προτεραιότητας της Ευρωπαϊκής και της Ελληνικής ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής. Με την υιοθέτηση των Ευρωπαϊκών Οδηγιών τέθηκε το νομικό πλαίσιο για την έκδοση υπουργικών αποφάσεων για την ενεργειακή σήμανση στην Ελλάδα.

Η εξοικονόμηση ενέργειας καλύπτεται από έναν αριθμό Οδηγιών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, όπως είναι η Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την «ενεργειακή απόδοση των κτιρίων», η οδηγία 2002/31 για τη σήμανση της κατανάλωσης ενέργειας των οικιακών κλιματιστικών, η Οδηγία 2004/8/ΕΚ για την προώθηση της «συμπαγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας» η Οδηγία 2005/32/ΕΚ για την «οικολογική σχεδίαση του εξοπλισμού» και τέλος η πρόσφατη Οδηγία 2006/32/ΕΚ για την βελτίωση της «Ενεργειακής Απόδοσης κατά την τελική χρήση και τις Ενεργειακές Υπηρεσίες».

Ειδικότερα η Οδηγία 2006/32/ΕΚ για την Ενεργειακή Απόδοση κατά την τελική χρήση και τις Ενεργειακές Υπηρεσίες, θέτει ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας στα κράτη-μέλη 9% για τα επόμενα εννέα χρόνια και επίσης υποχρεώνει τα κράτη-μέλη να εκπονήσουν σχέδια δράσης ενεργειακής απόδοσης (ΣΔΕΑ) ξεκινώντας την 30η Ιουνίου 2007 [12].

#### 3.4.1 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από ψυκτικά συγκροτήματα για εφαρμογές ζεστών νερών χρήσης.

«Η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας εντάσσεται στο κεφάλαιο των πρωτογενών πηγών ενέργειας καθώς, με επενδύσεις της τάξεως του 1€ στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας, εξοικονομούνται 2€ από τον τομέα του ενεργειακού

εφοδιασμού (παραγωγή, μεταφορά και διανομή) και ταυτόχρονα εξοικονομούνται πρώτες ύλες. Έτσι, οι διάφοροι διεθνείς ενεργειακοί οργανισμοί καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας αποτελεί το αποτελεσματικότερο μέσο μείωσης των εκπομπών 'Αερίων του Θερμοκηπίου' και προτείνουν σειρά μέτρων πολιτικής που συμβάλουν στην αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας.» [12].

Την ανάκτηση θερμότητας από ψυκτικά συγκροτήματα για εφαρμογές ζεστών νερών χρήσης την εξετάζουμε σε εγκαταστάσεις που έχουν ταυτόχρονες ψυκτικές και θερμαντικές ανάγκες, ή σε συστήματα με αποθήκευση θερμότητας, όπου υπάρχει μικρότερη ανάγκη για ταυτόχρονες ψυκτικές και θερμαντικές ανάγκες. Ως παραδείγματα εφαρμογών μπορούν να θεωρηθούν βιομηχανικές διεργασίες, τετρασωλήνιες εγκαταστάσεις κλιματισμού κτιρίων, ξενοδοχεία κλπ.

Σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας του ψυκτικού κύκλου, στην διαδικασία της ψύξης πρέπει πάντα να απορρίπτεται θερμότητα. Εάν δεν ανακτάται η εν λόγω θερμότητα τότε αυτή απορρίπτεται στο περιβάλλον. Στην περίπτωση που η θερμότητα αυτή ανακτάται υπάρχει η μη ελεγχόμενη και η ελεγχόμενη ανάκτηση της. Στην πρώτη περίπτωση η επιλογή και οι αποδόσεις αφορούν καθαρά και μόνο ένα μηχάνημα ψύξης, όπου όμως δεν υπάρχει κανένας έλεγχος τόσο στην ποσότητα της ανακτώμενης θερμότητας όσο και στην θερμοκρασία του ζεστού νερού που ανακτούμε. Στη δεύτερη περίπτωση ανατρέπονται τα μειονεκτήματα της πρώτης, αποκτώντας έλεγχο της ποσότητας και της θερμοκρασίας της ανακτώμενης θερμότητας, αλλά υπάρχει πιθανότητα υπέρ – διαστασιολόγησης του ψυκτικού συγκροτήματος και αυξημένη κατανάλωση σε λειτουργία ψύξης & ανάκτησης. Ο τύπος που δίνει την παραγόμενη θερμότητα σε kW είναι ο παρακάτω [22]:

$$\text{Θερμική Ισχύς [kW]} = 4,14 * \text{Παροχή Νερού [l/s]} * \Delta T_{\text{νερού}} [^{\circ}\text{C}]$$

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ανάκτησης (ψυκτικά συγκροτήματα με ολική ή μερική ανάκτηση θερμότητας, ύπαρξη δεξαμενών αποθήκευσης) της απορριπτόμενης θερμότητας αλλά αυτό που ενδιαφέρει για την κάθε φορά επιλογή του κατάλληλου συστήματος είναι η ποσότητα της ανακτώμενης θερμότητας και η θερμοκρασία του ζεστού νερού. Οι συσκευές ανάκτησης είναι στην ουσία εναλλάκτες θερμότητας οι οποίοι μεταφέρουν θερμότητα και σε κάποιες περιπτώσεις υγρασία μεταξύ των καυσαερίων και της παροχής της αέριας μάζας, εξαρτώμενες από τις θερμοκρασιακές διαφορές και τα επίπεδα υγρασίας. Σε μια ενεργειακή ανάλυση αυτού του τύπου είναι απαραίτητα τα προφίλ των ζεστών νερών χρήσης όλες τις ώρες της ημέρας καθώς και για όλους τους μήνες. Η ενεργειακή αυτή ανάλυση στηρίζεται στα θερμοδυναμικά διαγράμματα Πίεσης – Ενθαλπίας του ψυκτικού κύκλου, στο ψυκτικό υγρό του ψυκτικού συγκροτήματος και στην κάλυψη της μέγιστης διαφοράς μεταξύ ζήτησης και παραγωγής σε ζεστό νερό (παρουσιάζεται το μήνα Ιανουάριο). Η διαφορά αυτή προέρχεται από συνδυασμένα διαγράμματα ισχύος (kW) σε σχέση με τις ώρες της ημέρας του ψυκτικού φορτίου, του φορτίου των ζεστών νερών χρήσης και της καμπύλης του ψύκτη. Η ποσότητα της ανάκτησης εξαρτάται από την ηλεκτρική κατανάλωση του/των συμπιεστών σε kW και τον βαθμό απόδοσης τους και από τον τύπο της ανάκτησης (ελεγχόμενη ή μη). Η θερμοκρασία του ζεστού νερού εξαρτάται από την αποδοχή ή όχι μειωμένης ποσότητας ανάκτησης και το είδος του ψυκτικού μέσου, αφού κάθε ένα από αυτά έχει και διαφορετική θερμοκρασία κατάθλιψης.



Κάθε επιλογή έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η βέλτιστη κάθε φορά επιλογή μπορεί να διαφέρει από Έργο σε Έργο, αφού η ποσότητα της θερμότητας που μπορεί να ανακτηθεί, αλλάζει ανάλογα με τη διαμόρφωση του συστήματος και την επιλογή των μηχανημάτων. Ωστόσο η ανάκτηση θερμότητας είναι ένας εκ των βασικών παραμέτρων σχεδιασμού ενός ψυκτικού συγκροτήματος για οικονομικούς και περιβαλλοντικούς λόγους καθώς και λόγους συμμόρφωσης με τους ισχύοντες Κανονισμούς. Αναλυτικότερα, μειώνεται ο χρόνος αποπληρωμής του αρχικού κόστους επένδυσης εξαιτίας πρωτίστως του χαμηλότερου λειτουργικού κόστους, τις πιθανές μειώσεις φόρων και του οικονομικού πλεονεκτήματος από πιστώσεις εκπομπής ρύπων. Η ανάκτηση θερμότητας είναι «**Πράσινη Τεχνολογία**» γιατί μειώνει την κατανάλωση της Ενέργειας και (έμμεσα) την κατανάλωση των καυσίμων για την παράγωγή Ενέργειας. Επίσης χρησιμοποιείται στις δημόσιες σχέσεις και στα προγράμματα μάρκετινγκ για την «καλή» εικόνα της εταιρίας. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται συμμόρφωση με τους περιορισμούς για τις εκπομπές αερίων ρύπων, σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο και με την Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων [22].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μελέτες περίπτωσης, τεχνο-οικονομική αξιολόγηση εφαρμογής κλιματισμού με Φ.Α. σε ξενοδοχειακές & νοσοκομειακή μονάδα

### 4.1 Σκοπός κεφαλαίου και μελέτες περίπτωσης

Στο παρόν κεφάλαιο με τη βοήθεια τριών μελετών περίπτωσης διερευνάται η οικονομική βιωσιμότητα εγκατάστασης ενός συστήματος ψύξης κλιματισμού με μονάδες απορρόφησης σε εμπορικούς πελάτες. Η πρώτη περίπτωση εστιάζει και στο τεχνικό κομμάτι αφού αφορά τη μελέτη περίπτωσης όπου εξετάζεται και η δυνατότητα ή μη εγκατάστασης της μονάδας. Αναλυτικότερα, η αναφορά είναι σε ξενοδοχείο το οποίο έχει ήδη εγκατάσταση Φυσικού Αερίου για άλλες χρήσεις και ο πρώτη προσέγγιση αφορά στο αν το υπάρχων δίκτυο αερίου 'αντέχει' μια τέτοια επέκταση με τις απαιτούμενες δυναμικότητες για ψύξη. Στη συνέχεια η οικονομική προσέγγιση οδηγεί στην οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης. Στην δεύτερη και τρίτη μελέτη περίπτωσης το ξενοδοχείο και το νοσοκομείο αναφοράς έχουν προχωρήσει στην επένδυση, οπότε από τα τιμολόγια του φυσικού αερίου και την κοστολογική εκτίμηση του απαιτούμενου εξοπλισμού επιχειρείται η αντίστροφη προσέγγιση του θέματος. Με τη βοήθεια των καταναλώσεων αερίου οι χρεώσεις ανάγονται σε χρεώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος, υπολογίζεται η ετήσια εξοικονόμηση των λειτουργικών εξόδων και υπολογίζεται ο απαιτούμενος χρόνος απόσβεσης, ως ο μόνος οικονομικός δείκτης.

### 4.2 Οικονομικά στοιχεία και τιμολογιακή πολιτική στον κλιματισμό με Φ.Α.

Η τιμολογιακή πολιτική στον κλιματισμό με Φυσικό Αέριο καθορίζεται από τις Εταιρίες Παροχής Αερίου. Στόχος της ΕΠΑ Αττικής για τον κλιματισμό και τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού θερμότητας είναι η προώθηση αυτών των τεχνολογιών μέσω ευνοϊκότερων τιμολογίων, συμμετοχής της ΕΠΑ Αττικής σε δράσεις προώθησης της τεχνολογίας (ημερίδες, ευρωπαϊκά προγράμματα) καθώς και με ενημέρωση των πελατών για τις νέες αυτές τεχνολογίες, τα οφέλη που προσκομίζουν από αυτές και τις επιδοτήσεις που μπορούν να διεκδικήσουν προκειμένου να τις υλοποιήσουν.

Στόχος της νέας τιμολογιακής πολιτικής για κλιματισμό/ συμπαραγωγή είναι:

- Να είναι σχετικά σταθερή και χαμηλή η τιμή ώστε να είναι **ανταγωνιστικό** ως προς το ηλεκτρικό ρεύμα
- Να εξασφαλίζει την **ανάκτηση του κόστους** αγοράς του φυσικού αερίου
- Να **μην είναι πολύπλοκο** ιδίως για τους οικιακούς και μικρούς επαγγελματίες
- Να ισχύει όλη τη διάρκεια του έτους ώστε να μπορεί να **αποσβεστεί** το κόστος του εξοπλισμού

Οι τιμολογιακές κατηγορίες σύμφωνα με την ΕΠΑ Αττικής είναι δύο. Η πρώτη αφορά στον τομέα B2C, όπου η κατανάλωση είναι μικρότερη από 1.100 MWh το έτος

και η δεύτερη στον τομέα B2B, όπου η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από 1.100 MWh το έτος.

Σήμερα στην Αττική υπάρχουν 30 πελάτες με εγκατάσταση κλιματισμού με Φυσικό Αέριο, εκ των οποίων περίπου το 80% είναι εμπορικοί πελάτες, (20% ξενοδοχεία, 20% κλινικές/νοσοκομεία, 15% γραφεία).

Η τιμολογιακή πολιτική της ΕΠΑ Αττικής ορίζει τρεις τύπους τιμολογίων, το τιμολόγιο της θέρμανσης, το επαγγελματικό τιμολόγιο και το τιμολόγιο του κλιματισμού. Τα παραπάνω τιμολόγια συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού δίνουν τις παρακάτω εκπτώσεις ανά κατηγορία τιμολογίου:

- Το **τιμολόγιο θέρμανσης** είναι οικονομικότερο:
  - ✓ **20%** από το πετρέλαιο θέρμανσης (συμπ. ΦΠΑ). Την καλοκαιρινή περίοδο το τιμολόγιο θέρμανσης προκύπτει βάσει της υπολογιζόμενης τιμής του πετρελαίου θέρμανσης όπως προκύπτει από τα διυλιστήρια με πρόσθεση των φόρων και του περιθωρίου κέρδους.
  - ✓ **60%** από το ηλεκτρικό ρεύμα.
- Το **επαγγελματικό τιμολόγιο** είναι οικονομικότερο :
  - ✓ **40%** από το πετρέλαιο κίνησης
  - ✓ **30%** από το σχέση με υγραέριο
  - ✓ **50%** από το ηλεκτρικό ρεύμα.

Το **τιμολόγιο κλιματισμού** θέλοντας να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητά του προχώρησε στην **ενιαία χαμηλή χρέωση κατά τη διάρκεια όλου του έτους, ακόμα και τους χειμερινούς μήνες όπου η συσκευή λειτουργεί για θέρμανση και όχι για κλιματισμό**. Με αυτό τον τρόπο δε βασίζεται στο ανταγωνιστικό καύσιμο που είναι το ηλεκτρικό ρεύμα αλλά, είναι πιο **χαμηλό** από τα άλλα τιμολόγια και η τιμή αυτή είναι σταθερή ανά τρίμηνο [24].

Ο τύπος από τον οποίο προκύπτει η χρέωση του τιμολογίου του κλιματισμού είναι ο παρακάτω:

$$ΚΣ = 0,34 * B + 12 + AA, \text{ έτους}$$

όπου,

AA, έτους: 2008: 3, 2009: 4, 2010 και μετά:5

B, η μέση τιμή των πετρελαιοειδών του εξαμήνου που προηγείται από το τρέχον τρίμηνο.

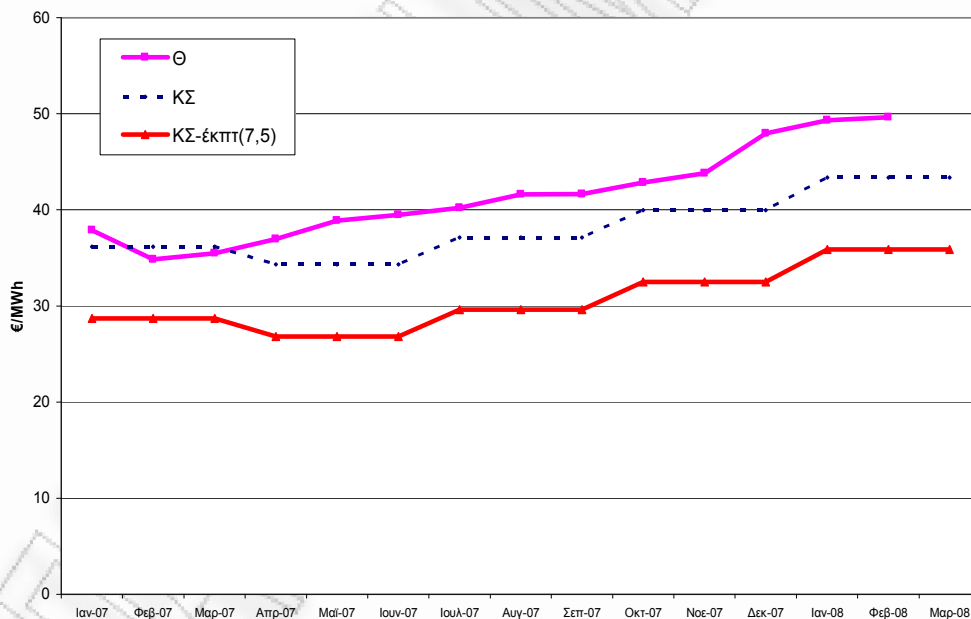
Επιπλέον έκπτωση στο παραπάνω τιμολόγιο είναι με ανώτερο και κατώτατο όριο τα **7,5-5,5 €/MWh** για τις πρώτες 25.000 ώρες πλήρους λειτουργίας. Στο διάγραμμα 4.1 παρουσιάζεται η σύγκριση μεταξύ των τιμολογίων θέρμανσης, κλιματισμού και κλιματισμού για τις πρώτες 25.000 ώρες πλήρους λειτουργίας.

Προτεινόμενη κατηγορία εξοπλισμού	Έκπτωση μετατροπής €/MWh
Συσκευές συνολικής ισχύος έως και 50 kW ΑΘΔ (οικιακές και μικρές εμπορικές)	7,5
Συσκευές συνολικής ισχύος από 50 kW έως και 300 kW ΑΘΔ (μεσαίες εμπορικές)	6,5
Συσκευές συνολικής ισχύος άνω των 300 kW ΑΘΔ (μεγάλες εμπορικές)	5,5

Πίνακας 4.1 Πωλήσεις Φυσικού Αερίου (εκ. Nm<sup>3</sup>), από το 1997 – 2006, Πηγή ΔΕΠΑ

Σύμφωνα με το διάγραμμα 4.1 οι μέσες τιμές του 2007 για το τιμολόγιο θέρμανσης ήταν 40,1 €/MWh, για το τιμολόγιο κλιματισμού ήταν 36,9 €/MWh και για το τιμολόγιο του κλιματισμού με τη μεγαλύτερη έκπτωση (είναι συνάρτηση της δυναμικότητας των εγκατεστημένων συσκευών) των 7,5 €/MWh, προκύπτουν 29,4€/MWh.

Σύγκριση τιμών τιμολογίων ΚΣ και Θ



Διάγραμμα 4.1 Απεικόνιση μέσης ωριαίας κατανάλωσης και μέσης ωριαίας αιχμής ηλεκτρικού φορτίου για τα έτη 2005 – 2007 [17].

### 4.3 Εισαγωγή στις μελέτες περίπτωσης ( case studies)

Σύμφωνα με τους Νόμους 2965/23.11.2001 & 3325/11.03.2005 «... σε βιομηχανίες – βιοτεχνίες και επαγγελματικά εργαστήρια που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα... επιβάλλεται η αντικατάστασή τους με αέριο καύσιμο, εντός ενός έτους από την ημερομηνία που είναι εφικτή η τροφοδοσία τους...»

Ο κλιματισμός με Φυσικό Αέριο είναι 20-30% οικονομικότερος από τον κλιματισμό με ηλεκτρικό ρεύμα. Η επιτυχάνουσα οικονομία είναι σε ευθεία συνάρτηση με το τιμολόγιο της ΔΕΗ και τις αποδόσεις των συγκρινόμενων εξοπλισμών [10].

Η εγκατάσταση ψύκτη απορρόφησης καύσεως αερίου για τον κλιματισμό – θέρμανση κτιρίων, αποτελεί μια παρέμβαση με σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στο σύστημα κεντρικού κλιματισμού των κτιρίων και απευθύνεται σε καταναλωτές που μπορούν να συνδεθούν ή χρησιμοποιούν ήδη φυσικό αέριο ή ακόμα και υγραέριο για θερμικές χρήσεις.

Οι ηλεκτρικοί ψύκτες που λειτουργούν το καλοκαίρι καταναλώνουν δαπανηρή ηλεκτρική ενέργεια αιχμής. Με την εγκατάσταση ψύκτη απορρόφησης υποκαθίσταται ηλεκτρισμός αιχμής με φθινό αέριο καύσιμο, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται εξομάλυνση της ζήτησης ηλεκτρισμού αιχμής στο Δίκτυο. Το ίδιο σύστημα τους χειμερινούς μήνες παρέχει θέρμανση.

Στην προσπάθεια διείσδυσης του φυσικού αερίου στην αγορά δημιουργήθηκε ειδικό τιμολόγιο αγοράς του φυσικού αερίου για ψύξη απορρόφησης με σταθερή τιμή όλο το χρόνο ίση με **27€/MWh**. Η τιμή αυτή είναι πολύ φθηνότερη από αυτή του φυσικού αερίου μόνο για θέρμανση (**≈42€/MWh**), οπότε προκύπτει εξοικονόμηση και από τη διαφορά τιμής αγοράς αερίου για θέρμανση.

Η ψύξη με απορρόφηση είναι η πλέον αξιόπιστη τεχνολογία παραγωγής ψύξεως, επειδή δεν έχει κινούμενα μέρη. Γι' αυτό είναι και η πλέον κατάλληλη για περιπτώσεις όπου η λειτουργία της ψύξης είναι αναγκαία για πολλές ώρες της ημέρας ή συνεχώς. Σε αντίθεση με τους ηλεκτρικούς ψύκτες, οι ψύκτες απορρόφησης λειτουργούν σταθερά, δεν απαιτούν εφεδρεία και η διάρκεια ζωής τους ξεπερνά τα 25 έτη. Εξαιρετικής σημασίας είναι το γεγονός ότι οι ψύκτες απορρόφησης έχουν σταθερή απόδοση, αφού δεν επηρεάζονται από την εξωτερική θερμοκρασία όπως οι ηλεκτρικοί ψύκτες. Σε περιόδους καύσιμα όπου τα ηλεκτρικά μηχανήματα παρουσιάζουν κατακόρυφη πτώση της απόδοσής τους με ταυτόχρονη αύξηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, οι ψύκτες απορρόφησης λειτουργούν σταθερά χωρίς επιπλέον κατανάλωση καυσίμου.

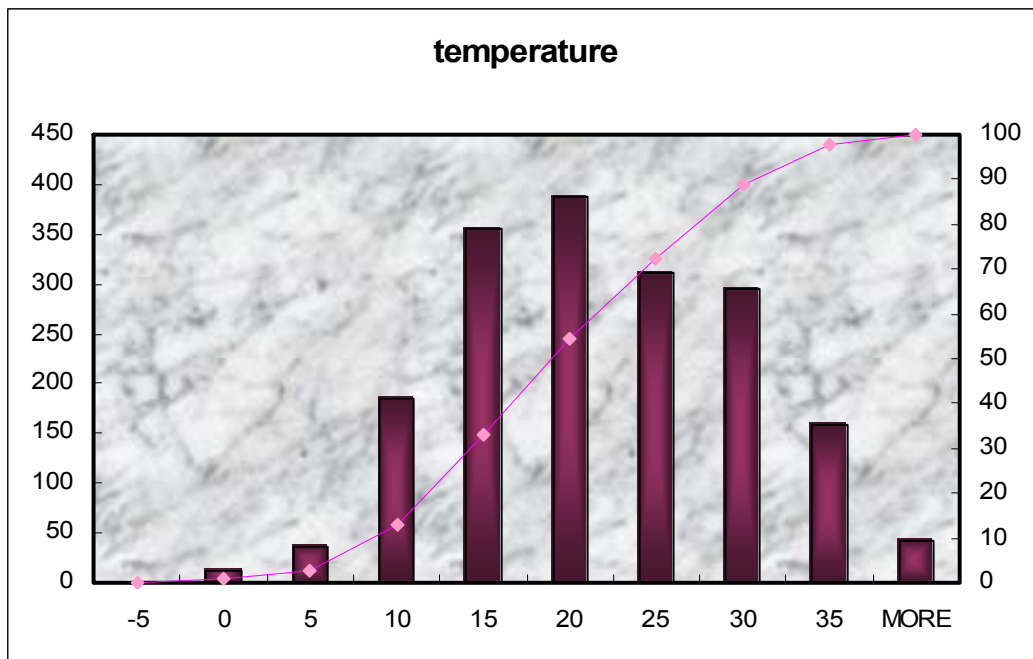
#### 4.3.1 Μελέτη περίπτωσης αντικατάστασης ηλεκτρικών ψυκτών σε μεγάλη ξενοδοχειακή μονάδα

Στη συνέχεια μελετάται η περίπτωση αντικατάστασης ηλεκτρικών ψυκτών (λειτουργούν τρία έτη μόνο) σε μεγάλη ξενοδοχειακή μονάδα η οποία τοποθετείται στο κέντρο της Αθήνας με ψύκτες απορρόφησης. Στο εν λόγω ξενοδοχείο υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου το οποίο καλύπτει τις ανάγκες του σε θέρμανση με τη βοήθεια τριών λεβήτων συνολικής ισχύος 3.000kW και σε ζεστά νερά με τρεις ατμογεννήτριες συνολικής ισχύος 2.100kW. Ο αρχικός έλεγχος – μελέτη έλαβε χώρα για το κατά πόσο το υπάρχων δίκτυο φυσικού αερίου «αντέχει» την επέκταση για την εγκατάσταση των

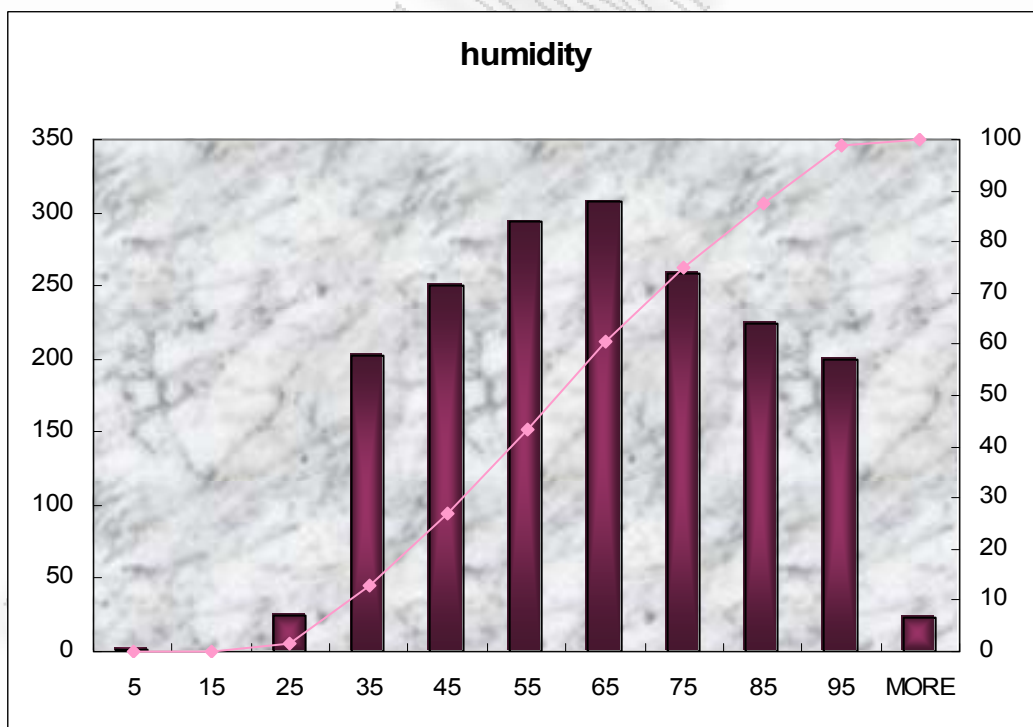
ψυκτών απορρόφησης. Στα πλαίσια της μεθοδολογίας χρειάζεται να γίνουν αναλυτικοί υπολογισμοί, για το αν μπορεί να προχωρήσει αυτή η επέκταση με βασικό κριτήριο την πτώση πίεσης εντός των σωληνώσεων να είναι εντός των ορίων που ορίζει το Φ.Ε.Κ. 236/26.3.1997 εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας άνω των 50mbar και μέγιστη πίεση λειτουργίας έως και 16bar, καθώς και η ροή εντός αυτών να είναι στρωτή. Εν συνεχεία εφόσον τα αποτελέσματα ήταν θετικά για την επέκταση του υπάρχοντος δικτύου, έγινε η απαιτούμενη τεχνικό - οικονομική μελέτη με τη βοήθεια της τεχνικής δ/σης του ξενοδοχείου, η οποία επέτρεψε τη διενέργεια μετρήσεων σχετικών με τις καταναλώσεις ενέργειας και ισχύος καθώς και πληρότητας του ξενοδοχείου. Ωστόσο στη συνολική μελέτη λήφθηκαν υπόψη και οι περιβαλλοντικές συνθήκες από μετρήσεις που δόθηκαν από το γραφείο παροχής υπηρεσιών ΕΜΥ για το έτος 2002 και παρακάτω δίνονται τα κρίσιμα στατιστικά μεγέθη [25].

	Ιαν-02	Φεβ-02	Μαρ-02	Απρ-02	Μαΐ-02	Ιουν-02	Ιουλ-02	Αυγ-02	Σεπτ-02	Οκτ-02	Νοε-02	Δεκ-02
<b>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ</b>												
μέση τιμή	8,8	13,2	13,9	16,0	22,5	28,4	31,3	29,0	23,4	19,8	16,0	10,1
διάμεσος	9	13,5	13,0	15,4	22,8	28,6	31,2	29,0	24,0	20,4	16,2	10,2
κορυφή	7,6	15,0	8,0	18,0	23,6	28,6	35,0	30,0	26,6	20,4	18,0	11,4
ασυμμετρία	0	-0,5	0,2	0,3	-0,1	0,0	-0,2	0,0	-0,2	-0,6	-0,2	-0,2
κύρτωση	-0,6	-0,7	-1,0	-0,4	-1,1	-0,2	-0,5	-0,7	-1,1	-0,2	-0,6	-0,2
ελάχιστη τιμή	-2	5,6	4,8	9,2	15,0	20,0	21,4	19,6	16,6	9,4	8,0	0,6
μέγιστη τιμή	19,4	19,6	24,0	24,6	29,6	36,8	38,8	38,2	29,4	26,8	22,2	18,2
κύμανση	22	14	19	15	15	17	17	19	13	17	14	18
διασπορά	8,8	13,2	13,9	16,0	22,5	28,4	31,3	29,0	23,4	19,8	16,0	10,1
τυπική απόκλιση	5	3,4	4,5	3,4	3,5	3,4	3,7	4,4	3,2	3,4	3,0	3,7
	Ιαν-02	Φεβ-02	Μαρ-02	Απρ-02	Μαΐ-02	Ιουν-02	Ιουλ-02	Αυγ-02	Σεπτ-02	Οκτ-02	Νοε-02	Δεκ-02
<b>ΥΓΡΑΣΙΑ</b>												
μέση τιμή	69,4	62,8	62,6	61,9	48,1	39,1	40,9	46,1	68,5	66,9	75,8	80,2
διάμεσος	69	61,0	61,0	62,0	44,0	37,0	39,0	42,0	64,0	68,0	77,0	81,0
κορυφή	69,0	47,0	64,0	67,0	33,0	32,0	29,0	38,0	51,0	52,0	79,0	93,0
ασυμμετρία	0	0,0	0,3	0,0	0,8	0,9	0,7	0,8	0,2	-0,4	-0,3	-0,6
κύρτωση	-0,8	-0,6	-0,5	-0,7	0,2	0,3	0,3	0,1	-1,2	1,0	-0,7	-0,1
ελάχιστη τιμή	32	20,0	30,0	25,0	25,0	21,0	16,0	21,0	35,0	0,0	44,0	41,0
μέγιστη τιμή	100,0	94,0	98,0	98,0	96,0	71,0	86,0	96,0	98,0	96,0	98,0	97,0
κύμανση	68	74	68	73	71	50	70	75	63	96	54	56
διασπορά	69,4	62,8	62,6	61,9	48,1	39,1	40,9	46,1	68,5	66,9	75,8	80,2
τυπική απόκλιση	15	17,3	15,3	15,6	14,4	10,1	13,3	15,9	15,7	15,3	13,4	11,9

**Πίνακας 4.2** Απεικόνιση των μέτρων κεντρικής θέσης, μορφής και μεταβλητότητας των μεγεθών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, για το έτος 2002 [25].



**Διάγραμμα 4.2** Απεικόνιση της συχνότητας εμφάνισης του εύρους των θερμοκρασιών από -5°C έως και 35+°C, για το έτος 2002 [25].



**Διάγραμμα 4.3** Απεικόνιση της συχνότητας εμφάνισης του εύρους της σχετικής υγρασίας, για το έτος 2002 [25].

Στις επόμενες σελίδες παραθέτονται τα βήματα και οι παραδοχές βάσει των οποίων έγινε η μελέτη για την επέκταση του δικτύου Φυσικού Αερίου.

#### 4.3.1.1. Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη αφορά την εγκατάσταση δικτύου καυσίμων αερίων. Οι υπολογισμοί έγιναν με χρήση του υπολογιστικού προγράμματος της **4M-FLOW 6 [26]**, για εξειδικευμένες εγκαταστάσεις δικτύων υγρών και αερίων σύμφωνα με τον κανονισμό εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 4 bar – ΦΕΚ 236/26.3.1997. Το πρόγραμμα λαμβάνει υπόψη και τα βοηθήματα:

- α) Τεχνολογία εγκαταστάσεων και χρήσεων φυσικού αερίου, ΣΜΗΒΕ, 1999
- β) Τεχνικοί κανόνες για εγκαταστάσεις αερίου, ΣΜΗΒΕ, 1994
- γ) Installation de Gaz, Cahier les charges, DTU 61.1, 1972
- δ) DVGW-TRGI, Technische Regeln für Gas-Installationen 1979
- ε) Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN [26].

#### 4.3.1.2. Προσδιορισμός των διαμέτρων των σωλήνων

Ο προσδιορισμός των διαμέτρων των σωλήνων και κατ' αντιστοιχία των ονομαστικών διαμέτρων τους σε μια εγκατάσταση σωληνώσεων βασίζεται στην επίτευξη μιας πτώσης πίεσης μικρότερης από κάποιο δεδομένο όριο για καθορισμένη παροχή αερίου στην εγκατάσταση.

Στην περιοχή χαμηλών πιέσεων (πίεση λειτουργίας μέχρι 100 mbar) η πτώση πίεσης υπολογίζεται με επαρκή ακρίβεια με τις μαθηματικές σχέσεις για ασυμπίεστη ροή (σταθερής πυκνότητας και άρα σταθερού όγκου), επειδή η επιτρεπόμενη συνολική πτώση πίεσης είναι μικρή και το προκύπτον σφάλμα είναι αμελητέο. Για πίεση λειτουργίας μεγαλύτερη από 100 mbar) η πτώση πίεσης υπολογίζεται με τις σχέσεις για συμπιεστή ροή.

Στις εγκαταστάσεις σωληνώσεων με ονομαστική τιμή της πίεσης σύνδεσης των συσκευών αερίου 20,0 mbar για τη 2η οικογένεια αερίων, η μέγιστη επιτρεπόμενη συνολική πτώση πίεσης μετά το μετρητή αερίου είναι  $\Delta p_{\text{επιτ.}} = 1,3 \text{ mbar}$ .

Στις σωληνώσεις τροφοδοσίας με πίεση λειτουργίας μεγαλύτερη από 20 mbar, η συνολική πτώση πίεσης μετά το μετρητή αερίου δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 5% της πίεσης λειτουργίας [25].

#### 4.3.1.3. Γενική διαδικασία υπολογισμού

Για τη διαστασιολόγηση του δικτύου σωληνώσεων σχεδιάσθηκε σε κάτοψη και κατακόρυφη διάταξη, και έγινε ένα αξονομετρικό σχέδιο. Στα σχέδια σημειώθηκαν τα μήκη των τμημάτων του δικτύου. Από τα σχέδια αναγνωρίζεται η θέση και το είδος των



οργάνων εξοπλισμού και των λοιπών στοιχείων μορφής καθώς δίνεται και η θέση, το είδος και η ισχύς των συσκευών.

Στη συνέχεια το δίκτυο διαιρείται σε επί μέρους τμήματα. Η διαίρεση γίνεται με βάση σημεία όπου μεταβάλλεται η παροχή όγκου αιχμής ή η ονομαστική διάμετρος του σωλήνα. Σ' αυτές τις θέσεις συναντάται κάποιο στοιχείο μορφής. Το στοιχείο μορφής στην αρχή προσμετράται στο θεωρούμενο τμήμα, ενώ το τελευταίο στοιχείο μορφής προσμετράται στο επόμενο επί μέρους τμήμα, με εξαίρεση τα στοιχεία T 90° - αντιρροής και τα διπλά τόξα T 90° - αντιρροής.

Για κάθε επί μέρους τμήμα προσδιορίζεται στη συνέχεια η παροχή όγκου αιχμής  $V_A$ , ξεκινώντας για ευκολία από τα σημεία σύνδεσης των συσκευών. Η διαστασιολόγηση του δικτύου με ονομαστική τιμή της πίεσης σύνδεσης των συσκευών αερίου 20,0 mbar γίνεται με την παραδοχή μέγιστης επιτρεπόμενης συνολικής πτώσης πίεσης  $\Delta p_{\text{επιτρ.}} = 1,3$  mbar. Η διαθέσιμη συνολική πτώσης πίεσης  $\Delta p_{\text{επιτρ.}} = 1,3$  mbar κατανέμεται,

- 0,8 mbar στους κεντρικούς αγωγούς τροφοδοσίας και
- 0,5 mbar στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών.

Αν πρόκειται για απλό δίκτυο σωληνώσεων (τροφοδοσία μέχρι 4 συσκευές) ή για δίκτυο με αναλογικά μικρού μήκους κεντρικό κλάδο διανομής, τότε δεν απαιτείται η κατανομή της διαθέσιμης συνολικής πτώσης πίεσης στον κεντρικό κλάδο τροφοδοσίας και στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών και ως μόνο κριτήριο χρησιμοποιείται η μη υπέρβαση των 1,3 mbar. Η διαστασιολόγηση του δικτύου με πίεση λειτουργίας μεγαλύτερη από 20 mbar γίνεται με μέγιστη επιτρεπόμενη συνολική πτώση πίεσης ίση με το 5% της πίεσης λειτουργίας.

Η ταχύτητα του αερίου στους σωλήνες δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 6 m/s [25].

#### 4.3.1.4. Προσδιορισμός της παροχής όγκου αιχμής $V_A$

Η παροχή όγκου αιχμής  $V_A$  προκύπτει σύμφωνα με την εξίσωση,  
$$V_A = \sum V_{\Sigma ME} f_{TME} + \sum V_{\Sigma \Theta P} f_{T\Theta P} + \sum V_{\Sigma \Theta X} f_{T\Theta X} + \sum V_{\Sigma \Theta A} f_{T\Theta A} + \sum V_{\Sigma BX} f_{TBX}$$
όπου

$V_{\Sigma II}$  οι τιμές σύνδεσης των συσκευών II,

$f_{TII}$  οι συντελεστές ταυτοχρονισμού των συσκευών II,

ενώ οι επί μέρους δείκτες II σημαίνουν

ME: μαγειρική εστία (κουζίνες, βραστήρες, χύτρες, φούρνοι αερίου)

ΘP: θερμαντήρας νερού ροής (ταχυθερμοσίφωνες)

ΘX: θερμαντήρας χώρου ή θερμαντήρες νερού αποθήκευσης

ΘA: θερμαντήρας ανακυκλοφορίας, θερμαντήρας συνδυασμένης λειτουργίας ή λέβητας αερίου με  $Q_n < 30$  kW

BX: συσκευές αερίου χρησιμοποιούμενες στη βιοτεχνία ή τη βιομηχανία καθώς και σε κεντρικές εγκαταστάσεις παρασκευής θερμού νερού και θέρμανσης σε συνδυασμό με λέβητες αερίου με  $Q_n > 30$  kW

Η τιμή σύνδεσης προσδιορίζεται από την ονομαστική θερμική φόρτιση της συσκευής, η οποία δίνεται επάνω στην πινακίδα της συσκευής καθώς και στις οδηγίες εγκατάστασης της.

Η διάκριση των συσκευών αερίου για τις εφαρμογές της οικιακής χρήσης σε τέσσερα είδη έγινε με βάση τις μεγάλες διαφορές σε σχέση με τον ταυτοχρονισμό στη χρήση τους. Οι συντελεστές ταυτοχρονισμού για κάθε είδος συσκευών δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Αριθμός των συσκευών	Συντελεστές ταυτοχρονισμού ανηγμένοι στις συσκευές		
	$f_{TME}$	$f_{TOP}$	$f_{TOX}$
1	0,621	1,000	1,000
2	0,448	0,607	0,800
3	0,371	0,456	0,703
4	0,325	0,373	0,641
5	0,294	0,320	0,597
6	0,271	0,283	0,564
7	0,253	0,255	0,537
8	0,239	0,234	0,515
9	0,227	0,217	0,496
10 και άνω	0,217	0,202	0,480

Ο εκάστοτε συντελεστής ταυτοχρονισμού  $f_{TBX}$  για συσκευές που χρησιμοποιούνται στη βιοτεχνία ή βιομηχανία καθώς και σε κεντρικές εγκαταστάσεις παρασκευής θερμού νερού χρήσης και θέρμανσης (λέβητες αερίου με  $P_n > 30$  kW) πρέπει να προσδιορίζεται λαμβάνοντας υπ' όψη τις συνθήκες χρήσης. Σε περίπτωση αμφιβολίας λαμβάνεται  $f_{TBX} = 1,0$  [25].

#### 4.3.1.5. Είδη ροών, στρωτή και τυρβώδης ροή

Οι ροές βασικά διακρίνονται σε δύο διαφορετικούς τύπους, τη στρωτή και την τυρβώδη.

Η ροή μέσα σε ένα σωλήνα είναι στρωτή, όταν ο αδιάστατος αριθμός Reynolds έχει τιμή μικρότερη από την κρίσιμη

$$Re = \frac{ud_i}{\nu} = \frac{ud_i \rho}{\eta} \leq 2300$$

όπου

- u η ταχύτητα του ρευστού,
- $d_i$  η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα,
- $\nu$  το κινηματικό ιξώδες,
- $\rho$  η πυκνότητα,
- $\eta$  το δυναμικό ιξώδες του ρευστού ( $\eta = \nu \rho$ ),

Για το πεδίο εφαρμογής του παρόντος κανονισμού μπορούν να ληφθούν

- δυναμικό ιξώδες (σταθερό για όλο το πεδίο πιέσεων)  $\eta = 11 \cdot 10^{-6}$  Pas
- κανονική πυκνότητα  $\rho = 0,79$  kg/m<sup>3</sup>
- κινηματικό ιξώδες (για πίεση λειτουργίας μέχρι 100 mbar)  $\nu = 14 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s

#### 4.3.1.6. Πτώση πίεσης σε σωλήνα

Η πτώση πίεσης  $\Delta p_{\tau p}$  λόγω τριβών μεταξύ δύο σημείων 1 και 2 ενός αγωγού σταθερής διατομής υπολογίζεται από τη σχέση,

$$\Delta p_{\tau p} = p_1 - p_2 = \xi \frac{l}{d_i} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

όπου

$\Delta p_{\tau p}$  η πτώση πίεσης λόγω τριβών,  
 $\xi$  ο συντελεστής αντίστασης ροής,  
 $d_i$  η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα,  
 $l$  το μήκος του σωλήνα,  
 $\rho$  η πυκνότητα του αερίου,  
 $v$  η ταχύτητα ροής του αερίου, [25]

#### 4.3.1.7. Υπολογισμός του συντελεστή αντίστασης ροής, $\xi$

Για στρωτή ροή ο συντελεστής αντίστασης ροής  $\xi$  υπολογίζεται

$$\xi = \frac{64}{\text{Re}}$$

Για τυρβώδη ροή σε σωλήνα διακρίνονται τρεις υδραυλικά διαφορετικές καταστάσεις:

- ροή σε υδραυλικά λείο σωλήνα,
- ροή σε υδραυλικά τραχύ σωλήνα και
- μεταβατική περιοχή μεταξύ υδραυλικά λείου και υδραυλικά τραχέος σωλήνα.

Για ροή σε λείους σωλήνες ισχύει η εξίσωση,

$$\frac{1}{\sqrt{\xi}} = 2 \log \frac{\text{Re} \sqrt{\xi}}{2,51}$$

δηλαδή ο συντελεστής αντίστασης κατά τη ροή σε υδραυλικά λείο σωλήνα εξαρτάται τώρα μόνον από τον αριθμό Reynolds.

Για τραχείς σωλήνες ισχύει η εξίσωση,

$$\frac{1}{\sqrt{\xi}} = 2 \log \frac{3,71 d_i}{K}$$

δηλαδή ο συντελεστής αντίστασης κατά τη ροή σε υδραυλικά τραχύ σωλήνα εξαρτάται τώρα μόνον από τη σχετική τραχύτητα.

Για ροή στη μεταβατική περιοχή ισχύει η εξίσωση των Prandtl-Colebrook,

$$\frac{1}{\sqrt{\xi}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\xi}} + \frac{K}{3,71 d_i} \right)$$

δηλαδή ο συντελεστής αντίστασης εξαρτάται τόσο από τον αριθμό Reynolds, όσο και από τη σχετική τραχύτητα  $K/d_i$ .

Για τυρβώδη ροή μπορεί να χρησιμοποιηθεί γενικά με επαρκή ακρίβεια η απλούστερη εξίσωση των Colebrook-White [25]

$$\xi = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{K}{3,7 \cdot d_i} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^2}$$

#### 4.3.1.8. Πτώση πίεσης σε τοπικές αντιστάσεις

Οι απώλειες πίεσης σε τοπικές αντιστάσεις  $\Delta p_T$  υπολογίζονται από τη σχέση,

$$\Delta p_T = \zeta \frac{\rho u^2}{2}$$

όπου

- $\Delta p_T$  η πτώση πίεσης,  
 $\zeta$  ο συντελεστής τοπικής αντίστασης,  
 $\rho$  η πυκνότητα του αερίου,  
 $u$  η ταχύτητα ροής του αερίου,

#### Στοιχεία Δικτύου

Οικογένεια Αερίου	2η Οικογένεια Ομάδα Η
Τύπος Κύριου Σωλήνα	Χαλυβδοσωλήνας βαρέως τύπου
Πρότυπο Κύριου Σωλήνα	ΕΛΟΤ 268 (prEN10255)
Τραχύτητα Κύριου Σωλήνα (μm)	500
Τύπος Δευτερεύοντος Σωλήνα	Πολυαιθυλένιο
Πρότυπο Δευτερεύοντος Σωλήνα	prEN 1555-1
Τραχύτητα Δευτερεύοντος Σωλήνα (μm)	20
Πίεση λειτουργίας (bar)	0.3
Θερμοκρασία λειτουργίας (°C)	15
Γεωδαιτικό ύψος κτιρίου σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας	3
Δυσμενέστερος Κλάδος	1..21
Απαιτούμενη Πίεση (mbar)	21.557

Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-0  
 Τύπος Εξαρτήματος

Ποσότη. Z ΣΖ

Στοιχείο συστολής  
 Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία

1 0.40 0.40  
 1 0.70 0.70

Συνολικό Z Εξαρτημάτων :

1.10

Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-1  
 Τύπος Εξαρτήματος

Ποσότη. Z ΣΖ

Στοιχείο T90, διαχωρ., κλάδος  
 Βαλβίδα (σφαιρική) διέλευσης  
 Ηλεκτροβάνα

3 1.30 3.90  
 2 0.50 1.00  
 1 3.00 3.00

Συνολικό Z Εξαρτημάτων :

7.90

Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-2  
 Τύπος Εξαρτήματος

Ποσότη. Z ΣΖ

Στοιχείο συστολής  
 Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία

1 0.40 0.40  
 1 0.70 0.70

Συνολικό Z Εξαρτημάτων :

1.10

Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-3  
 Τύπος Εξαρτήματος

Ποσότη. Z ΣΖ

Στοιχείο συστολής  
 Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία

1 0.40 0.40  
 1 0.70 0.70

Συνολικό Z Εξαρτημάτων :

1.10

Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-4 Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότ.	Z	ΣΖ
Στοιχείο συστολής	1	0.40	0.40
Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	1	0.70	0.70
Συνολικό Z Εξαρτημάτων :			1.10
Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-5 Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότ.	Z	ΣΖ
Στοιχείο συστολής	1	0.40	0.40
Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	1	0.70	0.70
Συνολικό Z Εξαρτημάτων :			1.10
Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-6 Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότ.	Z	ΣΖ
Στοιχείο συστολής	1	0.40	0.40
Στοιχείο T90, διαχωρ., κλάδος	1	1.30	1.30
Συνολικό Z Εξαρτημάτων :			1.70
Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-7 Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότ.	Z	ΣΖ
Στοιχείο συστολής	1	0.40	0.40
Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	1	0.70	0.70
Συνολικό Z Εξαρτημάτων :			1.10
Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-8 Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότ.	Z	ΣΖ
Στοιχείο συστολής	1	0.40	0.40
Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	1	0.70	0.70
Βαλβίδα (σφαιρική) διέλευσης	1	0.50	0.50
Συνολικό Z Εξαρτημάτων :			1.60
Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-9 Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότ.	Z	ΣΖ
Στοιχείο συστολής	1	0.40	0.40
Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	1	0.70	0.70
Συνολικό Z Εξαρτημάτων :			1.10
Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-10 Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότ.	Z	ΣΖ
Στοιχείο συστολής	1	0.40	0.40
Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	1	0.70	0.70
Συνολικό Z Εξαρτημάτων :			1.10

### Υπολογισμοί Σωληνώσεων Δικτύου Καυσίμων Αερίων

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα m	Είδος Συσσκευής	Παροχή Συσσκευής m <sup>3</sup> /h	Παροχή Αιχμής m <sup>3</sup> /h	Είδος Σωλήνα	Διάμετρος Σωλήνα mm	Ταχύτητα Αερίου m/s	Τύποι Εξαρτημάτων	Σζ εξαρτημάτων	Οδευση Σωλήνα	Τριβές Εξαρτημάτων mbar	Τριβές Ανωσης mbar	Τριβές Σωληνών mbar	Ολική Τριβή mbar
1.2	5		738.0	738.0	Κύρ.	5"	12.79	E-0	1.100		0.873		0.894	1.767
2.3	2		738.0	738.0	Κύρ.	5"	12.79	3	0.700	2	0.556	0.045	0.358	0.959
3.22	35		738.0	738.0	Κύρ.	5"	12.79	E-1	7.900		6.272		6.258	12.53
22.4	4		570.0	570.0	Κύρ.	5"	9.875	5	1.300		0.615		0.431	1.046
4.5	3		110.0	110.0	Κύρ.	2"	12.03	E-2	1.100	2	0.773	0.068	1.596	2.436
5.6	2	245	110.0	110.0	Κύρ.	2"	12.03	19	0.500		0.351		1.064	1.415
4.7	2.6		460.0	460.0	Κύρ.	5"	7.970	5	1.300		0.401		0.184	0.585
7.8	3		110.0	110.0	Κύρ.	2"	12.03	E-3	1.100	2	0.773	0.068	1.596	2.436
8.9	2	245	110.0	110.0	Κύρ.	2"	12.03	19	0.500		0.351		1.064	1.415
7.10	2.6		350.0	350.0	Κύρ.	5"	6.064	5	1.300		0.232		0.108	0.340
10.11	3		110.0	110.0	Κύρ.	2"	12.03	E-4	1.100	2	0.773	0.068	1.596	2.436
11.12	2	245	110.0	110.0	Κύρ.	2"	12.03	19	0.500		0.351		1.064	1.415
10.13	2.5		240.0	240.0	Κύρ.	3"	11.01	5	1.300		0.765		0.629	1.394
13.14	3		80.00	80.00	Κύρ.	2"	8.751	E-5	1.100	2	0.409	0.068	0.854	1.331
14.15	2	244	80.00	80.00	Κύρ.	2"	8.751	19	0.500		0.186		0.570	0.755
13.16	2.5		160.0	160.0	Κύρ.	3"	7.343	E-6	1.700		0.445		0.285	0.730
16.17	3		80.00	80.00	Κύρ.	2"	8.751	3	0.700	2	0.260	0.068	0.854	1.182
17.18	2	244	80.00	80.00	Κύρ.	2"	8.751	19	0.500		0.186		0.570	0.755
16.19	2.5		80.00	80.00	Κύρ.	3"	3.671	3	0.700		0.046		0.075	0.120
19.20	3		80.00	80.00	Κύρ.	2"	8.751	E-7	1.100	2	0.409	0.068	0.854	1.331
20.21	2	244	80.00	80.00	Κύρ.	2"	8.751	19	0.500		0.186		0.570	0.755
22.23	0.5		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	E-8	1.600	1	0.158	-0.011	0.016	0.163
23.24	4		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.125	0.194
24.25	6		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.187	0.257
25.26	3		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700	1	0.069	-0.068	0.094	0.095
26.27	2.5		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.078	0.147
27.28	24		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700	1	0.069	-0.543	0.750	0.276
28.29	3		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.094	0.163
29.30	1		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700	1	0.069	-0.023	0.031	0.078
30.31	10		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.312	0.382
31.32	2		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.062	0.132
32.33	10		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.312	0.382
33.34	10		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.312	0.382
34.35	12		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.375	0.444
35.36	3		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700	2	0.069	0.068	0.094	0.231
36.37	6		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	3	0.700		0.069		0.187	0.257
37.38	18		168.0	168.0	Κύρ.	4"	4.515	5	1.300		0.129		0.562	0.691
38.39	0.5		84.00	84.00	Κύρ.	2"	9.188	E-9	1.100		0.451		0.157	0.608
39.40	2	246	84.00	84.00	Κύρ.	2"	9.188	19	0.500		0.205		0.628	0.833
38.41	1		84.00	84.00	Κύρ.	2"	9.188	E-10	1.100		0.451		0.314	0.765
41.42	2	246	84.00	84.00	Κύρ.	2"	9.188	19	0.500		0.205		0.628	0.833

### Πτώσεις πιέσεων στους κλάδους (mbar)

Πτώση πίεσης στον κλάδο	1.6	:	20.153
Πτώση πίεσης στον κλάδο	1.9	:	20.738
Πτώση πίεσης στον κλάδο	1..12	:	21.078
Πτώση πίεσης στον κλάδο	1.15	:	20.707
Πτώση πίεσης στον κλάδο	1..18	:	21.288
Πτώση πίεσης στον κλάδο	1..21	:	21.557
Πτώση πίεσης στον κλάδο	1..40	:	20.971
Πτώση πίεσης στον κλάδο	1..42	:	21.128

Δυσμενέστερος κλάδος 1..21 : 21.557 [25]

### Προμέτρηση - Κοστολόγηση

A/A	Περιγραφή	Ποσοτ.
0		0
0	ΣΩΛΗΝΕΣ	0
0		0
0	Χαλυβδοσωλήνας βαρέως τύπου 2'	35.5
0	Χαλυβδοσωλήνας βαρέως τύπου 3'	7.5
0	Χαλυβδοσωλήνας βαρέως τύπου 4'	115
0	Χαλυβδοσωλήνας βαρέως τύπου 5'	51.2
0		0
0	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	0
0		0
0	Στοιχείο συστολής	10
0	Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	26
0	Στοιχείο T90, διαχωρ., κλάδος	9
0	Βαλβίδα (σφαιρική) διέλευσης	11
0	Ηλεκτροβάνα	1
0		0
0	ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ	0
0		0
0	ΑΤΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ 698kW	3
0	ΛΕΒΗΤΑΣ 1000kW	3
0	ΜΟΝΑΔΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ 810kW	2

Με τη βοήθεια των υπολογισμών του προγράμματος προκύπτει το συμπέρασμα ότι η επέκταση του δικτύου φυσικού αερίου είναι εφικτή, εξαιτίας του αποδεκτού αποτελέσματος στην πτώση πίεσης εντός των σωληνώσεων. Στην επόμενη σελίδα παρατίθεται το αξονομετρικό σχέδιο της όδευσης του δικτύου του Φυσικού Αερίου που περιλαμβάνει τόσο το υπάρχων δίκτυο όσο και το τμήμα της επέκτασης για την εγκατάσταση των δύο ψυκτών.

Στη συνέχεια παρατίθεται η τεχνο-οικονομική μελέτη της αντικατάστασης των υπάρχοντων συμβατικών ψυκτών με τους ψύκτες απορρόφησης.

1 Δίκτυο Φ.Α. εντός του κτιρίου των 300mbar, κυβικά αρχικής μελέτης 570Nm<sup>3</sup>/h

**το αρχικό δίκτυο τροφοδοτεί:**

3 ατμογεννήτριες των 600000Kcal/h (80Nm<sup>3</sup>/h) και 3 λέβητες των 860000Kcal/h (110Nm<sup>3</sup>/h). Σύνολο 570Nm<sup>3</sup>/h [27]

**Επέκταση υφιστάμενου δικτύου Φ.Α.**

μελετάται αν αρχικά αντέχει (πτώση πίεσης από τριβές) επέκταση δύο νέων μονάδων κλιματισμού των 810kW, σύνολο 1620kW (168 Nm<sup>3</sup>/h)

**ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ ΣΕ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ 4M, ΟΠΟΥ Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΡ ΕΙΝΑΙ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΦΕΚ 236/26.3.1997**

### **ΤΕΧΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

Το ξενοδοχείο τώρα διαθέτει 4 αερόψυκτους ψύκτες, TRANE (2\*RTAC 200 & 2\*RTAC 275) συνολικής ονομαστικής ψυκτικής ισχύος 1.000 RT

Ένας από τους τέσσερις ψύκτες (1 \* RTAC200) έχει χρήση εφεδρείας, επάγεται ότι η **πραγματική ψυκτική ισχύς αιχμής** είναι **635 RT**

Συνεπώς αρκούν **δύο ψύκτες απορροφήσεως 360 RT έκαστος**, για να καλυφθεί και η εφεδρεία

Για θερμοκρασία 45<sup>0</sup>C, η ηλεκτρική ισχύς των ψυκτών, είναι: (265+2\*358)KW=**980KW**.

Με τους ψύκτες απορρόφησης, η αιχμή δεν ξεπερνάει τα 25KW (πύργος ψύξης και αντλίες)

Η ανάλυση βασίστηκε σε μετρήσεις στο υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού με ηλεκτρικούς ψύκτες που έλαβαν χώρα από 20/5-10/7/06 και σε στοιχεία που δόθηκαν από την Τεχνική Διεύθυνση του Ξενοδοχείου [28].

Η **συνολική ηλεκτρική κατανάλωση** του Ξενοδοχείου για το έτος 2005 ήταν **8.944.800 KWh**

### **ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ:**

Οι μήνες λειτουργίας του κλιματισμού θεωρήθηκαν μόνο πέντε (Μάιος – Σεπτέμβριος)



Προσεγγιστικά, η κατανάλωση ηλεκτρισμού για ψύξη θεωρείται η διαφορά του κάθε θερινού μήνα από το μέσο όρο των χειμερινών μηνών.

ΜΗΝΑΣ ΕΤΟΥΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 2005	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh), 2005	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΨΥΞΗ (KWh), 2005	% ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ, 2005	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΗΛ. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ (KWh), 2006	ΠΡΟΒΛΕΨΗ max ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ 2006 ΧΡΕΩΣΗΣ ΗΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ <b>ΜΕ ΥΠΑΡΧΩΝ ΗΛ. ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ</b>	ΠΡΟΒΛΕΨΗ 2006 ΧΡΕΩΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ <b>ΜΕ ΥΠΑΡΧΩΝ ΗΛ. ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ</b>
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	252.000	-	-	-	-	-	-
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	648.000	-	-	-	-	-	-
ΜΑΡΤΙΟΣ	717.600	-	-	-	-	-	-
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	729.600	-	-	-	-	-	-
ΜΑΪΟΣ	876.000	263.314	16,5	194.258	580	11.273	5.652
ΙΟΥΝΙΟΣ	916.800	304.114	19,1	<b>224.358</b>	<b>670</b>	13.019	6.528
ΙΟΥΛΙΟΣ	1.041.600	428.914	26,9	316.428	945	18.362	9.207
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	955.200	342.514	21,5	252.687	755	14.663	7.352
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	866.400	253.714	15,9	187.176	559	10.862	5.446
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	744.000	-	-	-	-	-	-
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	597.600	-	-	-	-	-	-
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	600.000	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>8.944.800</b>	<b>1.592.570</b>		<b>1.174.908</b>		<b>68.180</b>	<b>34.186</b>

Βάσει των ανωτέρω, ο ηλεκτρισμός για ψύξη εκτιμήθηκε από την Τεχνική Δνση του Ξενοδοχείου σε **1.600.000 KWh/έτος, δηλ. 18% της συνολικής κατανάλωσης**

Τον **Ιούνιο 2006, βάσει των μετρήσεων** που πραγματοποιήθηκαν η κατανάλωση ηλεκτρισμού για ψύξη ήταν **224.358 KWh**.

Διατηρώντας τα παραπάνω ποσοστά, μπορεί να εκτιμηθεί η ηλεκτρική κατανάλωση για τους υπόλοιπους θερινούς μήνες, για το 2006

Από τις ίδιες μετρήσεις, βρέθηκε ότι η **μέση ισχύς των ψυκτών είναι 670KW**.

Αναλογικά υπολογίστηκε η μέγιστη ισχύς για τους υπόλοιπους μήνες

ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΔΕΗ ΕΤΟΥΣ 2006

Οι υπολογισμοί θα γίνουν με βάσει τις τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας υπό μέση τάση (MT)

Η μηνιαία χρέωση βασίζεται στο τιμολόγιο γενικής χρήσης, τιμολόγιο B1.

#### ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

οι πρώτες 400kWh ανά kW (ΚΜΖ, Καταγραφείσα Μέγιστη Ζήτηση ισχύος), χαρακτηρίζονται και σαν φορτίο αιχμής  
οι υπόλοιπες kWh, χαρακτηρίζονται και σαν φορτίο βάσης

0,05803 €/kWh  
0,03844 €/kWh

#### ΧΡΕΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ

ισχύς: χρεωστέα ζήτηση (ΧΖ)

9,7433 €/kW

Με βάση την επιφάνεια των θερμαινόμενων χώρων, οι ετήσιες ανάγκες θέρμανσης είναι **3.200 MWh**

Το 2006 μέσω της Σύμβασης με την ΕΠΑ, οι 1.600 MWh χρεώνονταν προς 43€/MWh και οι υπόλοιπες προς 34€/MWh

Στο τιμολόγιο φυσικού αερίου για κλιματισμό, η χρέωση είναι ενιαία και ίση με 27€/MWh.

Η **εξοικονόμηση** που προκύπτει είναι (ακριβές νόμισμα = 3.200-1.592 MWh το 2005)  $1600 \text{ MWh} * [(43-27)+(34-27)] \text{ €/MWh} = \mathbf{36.800 \text{ €}}$

Ο απαιτούμενος ηλεκτρισμός για τη λειτουργία του προτεινόμενου συστήματος κλιματισμού με Φ.Α. με ψύκτες απορρόφησης είναι το **3%** του συμβατικού.

Πρόβλεψη χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος με το προτεινόμενο σύστημα:

3.263,3 €

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΗΛ. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ (KWh), 2006

1174907,5

COP Ηλεκτρικού υπάρχοντος συστήματος:

3

COP προτεινόμενου συστήματος ψυκτών απορρόφησης:

1,36

Για τον υπολογισμό της **δαπάνης του καυσίμου** (φυσικού αερίου) μετατρέπουμε τις ηλεκτρικές kWh σε kWh Φ.Α. με τη βοήθεια του COP

Απαιτούμενες kWh Φ.Α. :

2591707,7 kWh

Κόστος απαιτούμενων kWh Φ.Α. :

69976,1 €

#### Δαπάνη

H<sub>2</sub>O:

Η δυναμικότητα του Πύργου Ψύξης είναι 4.280 KW στο 100% της λειτουργίας του.

Δεδομένου ότι οι Πύργοι Ψύξης θα λειτουργούν στο 60% της ονομαστικής τους ισχύος (=2.568KW), η κατανάλωση νερού είναι:

H <sub>2</sub> O λόγω εξάτμισης [=] kg/h	4416,96
H <sub>2</sub> O στρατσώνας [=] kg/h	1027,2
<b>TOTAL</b>	<b>5444,2 kg/h</b>

Η ετήσια κατανάλωση νερού για 5 μήνες λειτουργίας, 30 ημέρες το μήνα και 10 ώρες την ημέρα είναι 8.433 m<sup>3</sup>/έτος.

Αξίας €/έτος 6915 €  
(κόστος νερού 0,82 €/m<sup>3</sup>)

#### ΣΥΝΟΨΙΖΟΝΤΑΣ .....

#### ΜΗΝΙΑΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, [=]€

Ηλεκτρισμός 2006 για ψύξη	102.365
Δαπάνη συντήρησης	22000
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>124.365</b>

#### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ, [=]€

Ηλεκτρισμός 2006 για ψύξη	3.263
Δαπάνη συντήρησης	6.000
Δαπάνη καυσίμου	69.976
Δαπάνη νερού	6.915
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>86.154</b>

#### ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ, [=]€

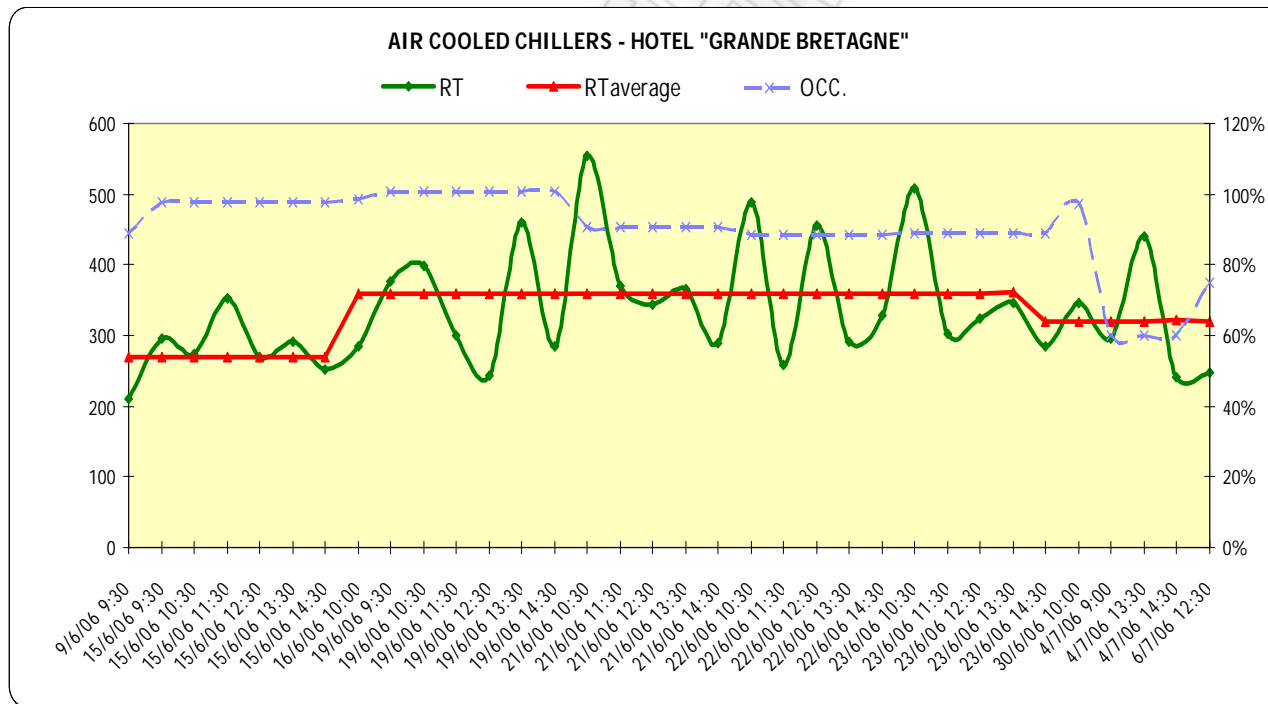
Εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους	38.211
Άλλες εξοικονομήσεις (αλλαγή τιμολογίου θέρμανσης)	36.800
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>75.011</b>

#### ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ, [=]€

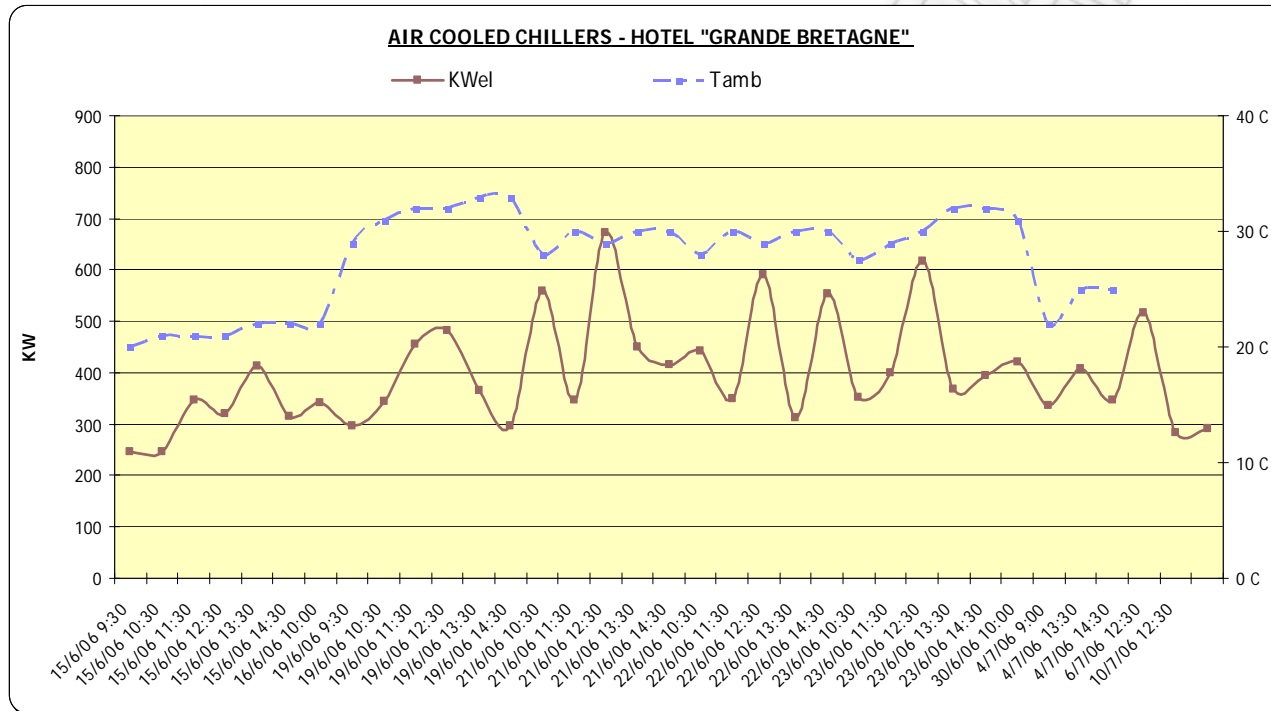
Προμήθεια & εγκατάσταση 2 ψυκτών απορρόφησης 360RT	506.000
--	---------

Δαπάνη επέκτασης δικτύου Φ.Α.	17.000	(Βλέπε Παράρτημα II)
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>523.000</b>	
<b>ΚΟΣΤΟΣ ΕΚΠΟΙΗΣΗΣ 4 ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΨΥΚΤΩΝ, [=]€</b>	160.000	
<b>ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ, [=]€</b>	160.000	
<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΜΕ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ</b>	2,7	ΕΤΗ
<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ</b>	4,8	ΕΤΗ

Στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν φαίνονται η μέση ψυκτική ισχύς ("Average RT"), σε σχέση με τη στιγμιαία ψυκτική ισχύ ("RT") και την πληρότητα του Ξενοδοχείου ("OCC.")



και η ηλεκτρική ισχύς (“KWel”), σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος (“Tamb”) αντίστοιχα



Στην παραπάνω μελέτη περίπτωσης μελετήθηκε η αντικατάσταση υπαρχόντων συμβατικών ψυκτών με ψύκτες απορρόφησης και κάτω από συγκεκριμένες παραδοχές (οικονομικού ύφους καθώς και πρόβλεψης κατανάλωσης ενέργειας) κρίθηκε οικονομικά συμφέρουσα σαν επένδυση

Στη συνέχεια για δύο περιπτώσεις ενός ξενοδοχείου και ενός συγκροτήματος κλινικών οι οποίες έχουν προβεί στην πραγματοποίηση της επένδυσης της χρήσης του Φυσικού Αερίου στον κλιματισμό, με υπαρκτά πλέον δεδομένα διερευνάται ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης.

### 4.3.2 Μελέτη περίπτωσης απολογισμού σε ξενοδοχειακή μονάδα

3 Δίκτυα Φ.Α. εντός του κτιρίου των 300mbar, κυβικά μελέτης 425Nm<sup>3</sup>/h [27]

		Kcal/h	kW	Nm <sup>3</sup> /h
		860000	1000	100
1° δίκτυο	1 Λέβητας 1427kW (1364000 Kcal/h) με καυστήρα 1586kW & 2 ατμογεννήτριες (μελλοντικά)	Nm <sup>3</sup> /h	kW	Kcal/h
2° δίκτυο	1 καυστήρας 650kW (559000 Kcal/h) του absorption chiller ισχύος 480kW (προσαύξηση στον καυστήρα 35%)		0	0
3° δίκτυο	1 μηχανή συμπαραγωγής 860000Kcal/h (μελλοντικά)			

Αντιστοίχιση Δικτύου με Σειριακό αριθμό μετρητή ΕΠΑ Αττικής

1° δίκτυο	330878
<b>2° δίκτυο</b>	<b>330868</b>
3° δίκτυο	37900

Στοιχεία Λογαριασμού Φ.Α. για τον 330868

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤ/ΣΗΣ	Nm <sup>3</sup>	MWh/Nm <sup>3</sup>	MWh	€/MWh	ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ €	ΧΡΕΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ €	ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ Φ.Α. €/MWh	kWh	ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ €	ΧΡΕΩΣΤΕΑ ΖΗΤΗΣΗ, ΧΖ [=]kW	ΧΡΕΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ €	ΠΑΓΙΟ ΑΝΑ ΜΗΝΑ
Νοε-07	17359	0,011536	200,247	33,9896	6806,32	83,7	34,41	200247	9541,46	300,51	3625,29	1091,235
Δεκ-07	22448	0,011475	257,580	33,9896	8755,03	83,7	34,31	257580	12270,49	300,51	3625,29	1091,235
Ιαν-08	20145	0,011473	231,124	37,3798	8639,35	83,7	37,74	231124	11011,18	300,51	3625,29	1091,235
Φεβ-08	18494	0,011342	209,759	37,3798	7840,75	83,7	37,78	209759	9994,23	300,51	3625,29	1091,235
Μαρ-08	17972	0,011392	204,737	37,3798	7653,03	83,7	37,79	204737	9755,18	300,51	3625,29	1091,235
Απρ-08	21983	0,011572	254,387	40,5282	10309,86	83,7	40,86	254387	12118,53	300,51	3625,29	1091,235

Μαϊ-08	17618	0,011384	200,563	40,5282	8128,47	83,7	40,95	200563	9556,51	300,51	3625,29	1091,235
Ιουν-08	15752	0,011315	178,234	40,5282	7223,50	83,7	41,00	178234	8493,63	300,51	3625,29	1091,235
Ιουλ-08	16645	0,011316	188,355	45,839	8634,00	83,7	46,28	188355	8975,39	300,51	3625,29	1091,235
Αυγ-08	18278	0,011238	205,408	45,839	9415,70	83,7	46,25	205408	9787,13	300,51	3625,29	1091,235
Σεπ-08	17370	0,011305	196,368	45,839	9001,31	83,7	46,27	196368	9356,81	300,51	3625,29	1091,235
Οκτ-08	19818	0,011907	235,973	49,2662	11625,49	83,7	49,62	235973	11242,01	300,51	3625,29	1091,235
			2562,734		104032,80	1004,40	40,99	2562734	122102,56		43503,52	13094,82
<b>TOTAL €</b>				<b>Φ.Α.</b>	<b>105037,20</b>			<b>ΔΕΗ</b>	<b>178700,89</b>			
<b>ΕΤΗΣΙΑ ΕΞ/ΣΗ: €</b>					<b>73663,70</b>							

[27]

#### ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΔΕΗ

Οι υπολογισμοί θα γίνουν με βάση τις τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας υπό μέση τάση (ΜΤ)  
Η μηνιαία χρέωση βασίζεται στο τιμολόγιο γενικής χρήσης, τιμολόγιο Β1.

#### ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

οι πρώτες 400kWh ανά kW (ΚΜΖ, Καταγραφείσα Μέγιστη Ζήτηση ισχύος), χαρακτηρίζονται και σαν φορτίο αιχμής  
οι υπόλοιπες kWh, χαρακτηρίζονται και σαν φορτίο βάσης

0,07185 €/kWh  
0,0476 €/kWh

#### ΧΡΕΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ

ισχύς: χρεωστέα ζήτηση (ΧΖ)

12,064 €/kW

#### ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΧΡΕΩΣΗ - ΠΑΓΙΟ

για ΧΖ ≤ 5kW

276,38 €

για ΧΖ > 5kW

2,7575\*(ΧΖ-5)+276,38 €

#### ΠΑΡΑΔΟΧΗ:

Για την ΚΜΖ θεωρούμε ότι σε θερμοκρασία 45<sup>0</sup>C, γίνεται χρήση του 80% των 480kW εγκατ/μήνης ισχύος βάσει της μελέτης  
συνφ= **0,99**

**350** kW

[31]

**ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ, [=]€**

<b>ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΣΤΟ ΤΕΛΩΝΕΙΟ:</b> (Περιλαμβάνεται το αντλιοστάσιο και ο οικίσκος)	130400 €	
<b>ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ &amp; ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ:</b>	182560 €	<b>[30]</b>
<b>ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ &amp; ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ:</b>	18200 €	
<b>ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΜΕ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ:</b>	1500 €	<b>[29]</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>332660</b> €	

**ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ:** **4,5** ΕΤΗ

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η χρήση του ψύκτη στην εν λόγω ξενοδοχειακή μονάδα καλύπτει ανάγκες τόσο ψύξης τους καλοκαιρινούς μήνες όσο και θέρμανσης τους χειμερινούς μήνες, όπως άλλωστε φαίνεται και από τον πίνακα της κατανάλωσης kWh Φυσικού Αερίου παραπάνω.

**4.3.3 Μελέτη περίπτωσης απολογισμού σε συγκρότημα κλινικών**

4 Δίκτυα Φ.Α. εντός του κτιρίου, 3 των 300mbar & 1 των 23mbar , κυβικά μελέτης 1416Nm<sup>3</sup>/h **[27]**

1° δίκτυο	300 mbar	2 ψύκτες απορρόφησης των 1484kW & 2 ψύκτες απορρόφησης των 70kW
2° δίκτυο	300 mbar	2 ψύκτες απορρόφησης των 872kW, παιδιατρική κλινική
3° δίκτυο	300 mbar	3 καυστήρες Φ.Α. των 1744kW & 2 καυστήρες για ατμογεννήτριες των 1343kW, κεντρικό λεβητοστάσιο



4° δίκτυο	23 mbar	2 φούρνοι των 60kW & 2 συσκευές μαγειρείου των 40kW
-----------	---------	---

Στην περίπτωση αυτή έχουν τοποθετηθεί 2 μετρητές από την ΕΠΑ Αττικής.  
1 σταθμός MRS 4/0,3bar για τα δίκτυα των 300mbar (B2B πελάτης) και ένας μετρητής για το δίκτυο των 23mbar (B2C πελάτης)

Στοιχεία Λογαριασμού Φ.Α. για τον 75053616

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤ/ΣΗΣ	Nm <sup>3</sup>	MWh/Nm <sup>3</sup>	MWh	€/MWh	ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ €	ΧΡΕΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ €	ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ Φ.Α. €/MWh	kWh	ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ €	ΧΡΕΩΣΤΕΑ ΖΗΤΗΣΗ, ΧΖ [=]kW	ΧΡΕΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ €	ΠΑΓΙΟ ΑΝΑ ΜΗΝΑ
Νοε-07	4482	0,011529	51,673	33,9896	1756,34	253,59	38,90	51672,98	3703,00	3176,77	38324,53	9022,53
Δεκ-07	0	0,011475	0,000	33,9896	0,00	253,59	#DIV/0!	0	0,00	3176,77	38324,53	9022,53
Ιαν-08	0	0,011473	0,000	37,3798	0,00	253,59	#DIV/0!	0	0,00	3176,77	38324,53	9022,53
Φεβ-08	0	0,011342	0,000	37,3798	0,00	253,59	#DIV/0!	0	0,00	3176,77	38324,53	9022,53
Μαρ-08	0	0,011392	0	37,3798	0,00	253,59	#DIV/0!	0	0,00	3176,77	38324,53	9022,53
Απρ-08	4694	0,011571	54,314	40,5282	2201,26	253,59	45,20	54314,27	3892,78	3176,77	38324,53	9022,53
Μαϊ-08	14187	0,011384	161,505	40,5282	6545,50	253,59	42,10	161504,8	11594,42	3176,77	38324,53	9022,53
Ιουν-08	27705	0,011315	313,482	40,5282	12704,86	253,59	41,34	313482,1	22513,99	3176,77	38324,53	9022,53
Ιουλ-08	31062	0,011316	351,498	45,839	16112,30	253,59	46,56	351497,6	25245,40	3176,77	38324,53	9022,53
Αυγ-08	31851	0,011238	357,942	45,839	16407,68	253,59	46,55	357941,5	25708,40	3176,77	38324,53	9022,53
Σεπ-08	20478	0,011305	231,504	45,839	10611,90	253,59	46,93	231503,8	16623,85	3176,77	38324,53	9022,53
Οκτ-08	12957	0,011907	154,279	49,2662	7600,74	253,59	50,91	154279	11075,25	3176,77	38324,53	9022,53

**TOTAL**

€  
**ΕΤΗΣΙΑ ΕΞ/ΣΗ: €**

1676,196

**Φ.Α.** 76983,67  
81494,63

73940,59 3043,08

**ΔΕΗ** 158478,30

120357,09 38121,21

ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΔΕΗ

Οι υπολογισμοί θα γίνουν με βάσει τις τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας υπό μέση τάση (ΜΤ)  
 Η μηνιαία χρέωση βασίζεται στο τιμολόγιο γενικής χρήσης, τιμολόγιο Β1.

#### ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

οι πρώτες 400kWh ανά kW (ΚΜΖ, Καταγραφείσα Μέγιστη Ζήτηση ισχύος), χαρακτηρίζονται και σαν φορτίο αιχμής 0,07185 €/kWh  
 οι υπόλοιπες kWh, χαρακτηρίζονται και σαν φορτίο βάσης 0,0476 €/kWh

#### ΧΡΕΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ

ισχύς: χρεωστέα ζήτηση (ΧΖ) 12,064 €/kW

#### ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΧΡΕΩΣΗ - ΠΑΓΙΟ

για ΧΖ <= 5kW 276,38 €

για ΧΖ > 5kW  $2,7575 \cdot (ΧΖ - 5) + 276,38$  €

#### ΠΑΡΑΔΟΧΗ:

Για την ΚΜΖ θεωρούμε ότι σε θερμοκρασία 45°C, γίνεται χρήση του 80% των 4850kW εγκατ/μήνης ισχύος βάσει της μελέτης **3700** kW  
 συνφ= **0,99**

#### ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ, [=]€

<b>ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ 70kW ΣΤΟ ΤΕΛΩΝΕΙΟ:</b>	26000 €	
(Περιλαμβάνεται το αντλιοστάσιο και ο οικίσκος)		
<b>ΤΜΧ</b>	2	τμχ
<b>ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ &amp; ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 2 ΜΟΝΑΔΩΝ 70kW:</b>	72800 €	<b>[30]</b>
<b>ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ &amp; ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ:</b>	7000 €	
<b>ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΜΕ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ:</b>	1500 €	<b>[29]</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ 1:</b>	<b>81300 €</b>	

<b>ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ 870kW ΣΤΟ ΤΕΛΩΝΕΙΟ:</b>	181000	€	
(Περιλαμβάνεται το αντλιοστάσιο και ο οικίσκος)			
<b>ΤΜΧ</b>	2	ΤΜΧ	
<b>ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ &amp; ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 2 ΜΟΝΑΔΩΝ 870kW:</b>	506800	€	<b>[30]</b>
<b>ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ &amp; ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ:</b>	25200	€	
<b>ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΜΕ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ:</b>	1500	€	<b>[29]</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ 2:</b>	<b>533500</b>	€	
<b>ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ 1480kW ΣΤΟ ΤΕΛΩΝΕΙΟ:</b>	254000	€	
(Περιλαμβάνεται το αντλιοστάσιο και ο οικίσκος)			
<b>ΤΜΧ</b>	2	ΤΜΧ	
<b>ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ &amp; ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 2 ΜΟΝΑΔΩΝ 70kW:</b>	711200	€	<b>[30]</b>
<b>ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ &amp; ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΥΡΓΟΥ ΨΥΞΗΣ:</b>	39200	€	
<b>ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΜΕ ΠΥΡΓΟ ΨΥΞΗΣ:</b>	1500	€	<b>[29]</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ 3:</b>	<b>751900</b>	€	
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ:</b>	<b>1366700</b>		
<b>ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ:</b>	<b>16,8</b>		ΕΤΗ

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η χρήση των ψύκτη στις εν λόγω νοσοκομειακές μονάδες καλύπτει αποκλειστικά ανάγκες ψύξης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπως άλλωστε φαίνεται και από τον πίνακα της κατανάλωσης kWh Φυσικού Αερίου παραπάνω.  
Επίσης εξαιτίας της φύσης των κτιρίων έχει δοθεί ιδιαίτερη μέριμνα στη μελέτη στο κομμάτι που αφορά την εφεδρεία.

Στην πρώτη περίπτωση της ξενοδοχειακής μονάδας υπολογίστηκε χρόνος απόσβεσης της επένδυσης 4,5 έτη ο οποίος και κρίνεται ως αποδεκτός. Το εν λόγω ξενοδοχείο όπως διαπιστώνεται και από τα τιμολόγια του Φυσικού Αερίου έκανε χρήση στον ψύκτη απορρόφησης τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση. Με αυτό τον τρόπο επωφελήθηκε οικονομικά του προνομιακού τιμολογίου του κλιματισμού της ΕΠΑ Αττικής και για θέρμανση τους χειμερινούς μήνες.

Στη δεύτερη περίπτωση των συγκροτημάτων των κλινικών υπολογίστηκε χρόνος απόσβεσης της επένδυσης 16,8 έτη ο οποίος και κρίνεται ως μη αποδεκτός. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κλινικές έκαναν χρήση των μονάδων απορρόφησης μόνο για ψύξη τους καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης λόγω της φύσης του κτιρίου δόθηκε μεγάλη βάση στην ύπαρξη υπέρ επαρκούς εφεδρείας.

#### 4.4 Σχολιασμός αποτελεσμάτων – προτάσεις

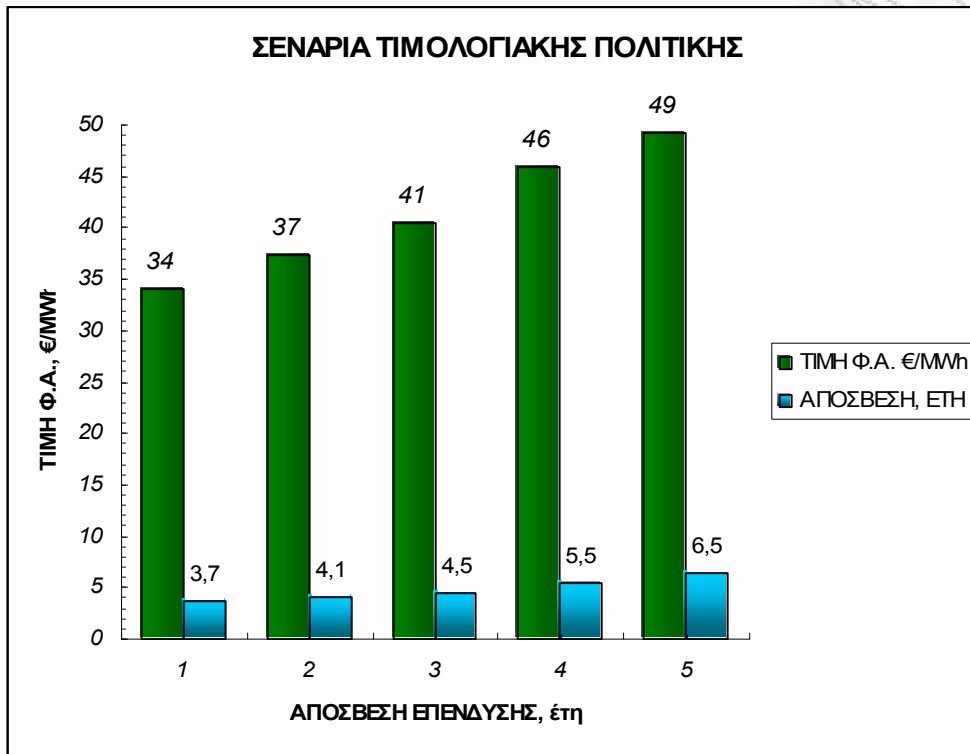
Οι τρεις μελέτες περίπτωσης που εξετάστηκαν για κλιματισμό με Φυσικό Αέριο αφορούσαν εμπορικούς καταναλωτές στην κατηγορία των οποίων εντάσσονται τα ξενοδοχεία και τα νοσοκομεία. Παρόλο που η έρευνα αγοράς εξέτασε όλες τις δυναμικότητες του εξοπλισμού που διατίθεται στην αγορά και που εξυπηρετούν και οικιακούς πελάτες, εντούτοις εστίασε στους αποκαλούμενους μεγάλους πελάτες. Είναι προφανές ότι μια τέτοια επένδυση σε μικρή κλίμακα (μιας μονοκατοικίας ή μιας πολυκατοικίας) δεν είναι εύκολο – έως αδύνατον να αποσβεστεί, τουλάχιστον ακόμα. Η παραπάνω διαπίστωση δεν αλλάζει ακόμα και από το γεγονός ότι οι οικιακοί πελάτες έχουν πιο ακριβό τιμολόγιο ΔΕΗ, οπότε και καλύτερη ποσοστιαία εξοικονόμηση, χωρίς όμως να καλύπτεται το κόστος της επένδυσης.

Επιπρόσθετα στους εμπορικούς πελάτες οι οποίοι και εξετάστηκαν με τρεις μελέτες περίπτωσης, οι ώρες λειτουργίας είναι κατά πολύ περισσότερες από ότι σε έναν οικιακό πελάτη. Όπως είναι αναμενόμενο για οποιαδήποτε επένδυση, η απόσβεση του εξοπλισμού είναι καλύτερη σε περίπτωση νέας εγκατάστασης καθώς εκεί πρέπει να αποσβεστεί μόνο η διαφορά του κόστους επένδυσης και όχι επιπλέον της αντικατάστασης του υπάρχοντος συμβατικού συστήματος ψύξης με το νέο.

Το τμήμα της αγοράς όπου είναι ξεκάθαρη η επιλογή του κλιματισμού με φυσικό αέριο αφορά πελάτες που θα πρέπει εναλλακτικά να βάλουν υποσταθμό μέσης τάσης ο οποίος έχει μεγάλο κόστος (από τη ΔΕΗ) και καταλαμβάνει ακριβό και πολύτιμο χώρο στο ισόγειο του πελάτη.

**Παράγοντα κλειδί** για την εξαγωγή των συμπερασμάτων επί της οικονομικής βιωσιμότητας στον κλιματισμό με Φυσικό Αέριο αποτελεί η **τιμολογιακή πολιτική της ΕΠΑ Αττικής**. Κινήσεις όπως αυτή της **ενιαίας χρέωσης** του ευνοϊκού τιμολογίου για τον κλιματισμό πέραν των καλοκαιρινών μηνών και τους χειμερινούς μήνες συντελεί τόσο σε επιπλέον εξοικονόμηση ενέργειας αφού γίνεται χρήση Φυσικού Αερίου αντί ηλεκτρικής ενέργειας και επιπλέον συμβάλει στην πιο γρήγορη απόσβεση του νέου εξοπλισμού αφού η χρήση πλέον είναι όλο το έτος. Η παραπάνω διαπίστωση φαίνεται και στην 2<sup>η</sup> μελέτη περίπτωσης του ξενοδοχείου που έχει ήδη εγκαταστήσει τους ψύκτες τους οποίους χρησιμοποιεί όλο το έτος, δηλαδή για κλιματισμό αλλά και για θέρμανση.

Στο διάγραμμα 4.4 μελετάται πως από τα διάφορα σενάρια στην τιμή του φυσικού αερίου επηρεάζεται ο χρόνος απόσβεσης σε πραγματικές συνθήκες της 2<sup>ης</sup> μελέτης περίπτωσης του ξενοδοχείου. Οι τιμές του Φυσικού Αερίου δεν είναι υποθετικές αλλά λαμβάνεται σταθερή για ετήσια βάση η μηνιαία τιμή χρέωσης αυτού από τον Νοέμβριο του 2007 έως τον Οκτώβριο του 2008.



**Διάγραμμα 4.4** Επηρεασμός απόσβεσης της επένδυσης του κλιματισμού με Φ.Α. βάσει σεναρίων τιμολογιακής πολιτικής στην τιμή πώλησης του Φ.Α..

Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται αισθητό το πόσο μπορεί να επηρεάσει η τιμή χρέωσης της kWh και πιθανώς να οδηγήσει σε επιπλέον μέτρα που να αφορούν ευνοϊκότερη τιμολόγηση τα πρώτα έτη λειτουργίας του συστήματος ή πιθανώς και ανάλογα με την κατανάλωση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Σύνοψη διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε ανασκόπηση των υπάρχουσών τεχνολογιών για αντικατάσταση συμβατικών μονάδων ψύξης με μονάδες που ως καύσιμη πρώτη ύλη χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο. Σύμφωνα άλλωστε με την τάση των ενεργειακών αγορών το φυσικό αέριο αποτελεί ένα από τα οικολογικά καύσιμα του μέλλοντος το οποίο αντιμετωπίζεται ευνοϊκά και διεισδύει όλο και περισσότερο σε αυτές.

**Ο κλιματισμός με φυσικό αέριο προσφέρει γενικότερα οφέλη όπως π.χ ότι δεν συμβάλει στην αιχμή της ΔΕΗ το καλοκαίρι και σε σχετικά blackouts.** Επίσης δεδομένου το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξάνεται συνεχώς, αναμένεται ότι θα βελτιώνονται σχετικά τα αποτελέσματα οικονομικής βιωσιμότητας του κλιματισμού με Φυσικό Αέριο σε περισσότερες περιπτώσεις. Επομένως το κράτος έχει συμφέρον να προωθήσει τον κλιματισμό με φυσικό αέριο ακόμα και στους τομείς όπου σήμερα δεν υπάρχει συμφέρουσα απόσβεση (οικιακός τομέας). Άλλωστε το Φυσικό Αέριο είναι καύσιμο ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον, οπότε χρήζει στήριξης σε οποιαδήποτε χρήση του.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εξετάσθηκε η οικονομική βιωσιμότητα εγκατάστασης ενός συστήματος ψύξης-κλιματισμού με Φ.Α. για τρεις διαφορετικές μελέτες περίπτωσης (δύο ξενοδοχεία και ένα νοσοκομείο). Σχετικά με τους εμπορικούς πελάτες, ένα σημαντικό συμπέρασμα που εξάγεται από τη διπλωματική είναι ότι έχουν τη **μεγάλη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας** μέσω του ψυκτικού συγκροτήματος αν το εκμεταλλευτούν για **εφαρμογές και στο ζεστό νερό χρήσης**. Το ύψος και οι ανάγκες των συγκεκριμένων κτιρίων είναι τέτοιες έτσι ώστε μια τέτοια πρόταση να μπορέσει να οδηγήσει σε σημαντικό οικονομικό όφελος. Επιπλέον με αυτό τον τρόπο αυξάνεται ο δείκτης της ενεργειακής αποδοτικότητας, ο οποίος στην Ελλάδα υπολείπεται του ευρωπαϊκού μέσου όρου κατά 4,8 επί της % ποσοστιαίες μονάδες.

Το κράτος και η οι εταιρείες εμπορίας του Φυσικού Αερίου (π.χ. ΕΠΑ) μπορούν να επικεντρωθούν σε κινήσεις ώστε να προωθηθεί ο κλιματισμός με Φυσικό Αέριο στο Δημόσιο Τομέα. Τέτοιου είδους κινήσεις θα ήταν για παράδειγμα η ένταξη του κόστους εξοπλισμού του κλιματισμού με φυσικό αέριο σε σύστημα τέλους καύσης (όπως είχε γίνει με τις εσωτερικές εγκαταστάσεις των νοσοκομείων), η υποστήριξη μελετητών δημοσίου για σύνταξη τευχών δημοπράτησης, η διοργάνωση καμπανιών και lobbying στους εμπλεκόμενους.

Τέλος όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς (κράτος, ΕΠΑ, ΥΠΑΝ, ΡΑΕ) συνεργαζόμενοι μπορούν να βοηθήσουν τον τομέα συντάσσοντας και υιοθετώντας κάποιο πρόγραμμα επιδότησης το οποίο θα βοηθούσε πολύ και που αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει κάτι.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Αναστασιάδης Σπ., Τεχνολόγου Μηχανολόγου Μηχανικού «Υπολογισμός Ψυκτικών Μονάδων, Εφαρμογές και Συμπιεστές Ψύξης», Εκδόσεις Τεχνικών & Επιστημονικών Βιβλίων, Αθήνα 1998.
- [2] Κορρές Χρ. Χημικός Μηχ/κος & Μπαρδάκας Ευστρ. Χημικός Μηχ/κος, Τεχνικές Σελίδες, «Ψύξη χωρίς ηλεκτρισμό», Ιούνιος 2003.
- [3] Κορρές Χρ. Χημικός Μηχ/κος, Heliostat Ltd, Εταιρική Παρουσίαση «Κλιματισμός με Φυσικό Αέριο – Η λύση για το μέλλον», 2004.
- [4] TRANE HORIZON TM, ABS-DS-4, Absorption Series, first Printing, October 1996.
- [5] Σελλούντος Β.Η. Μηχ/γος - Ηλ/γος Μηχ/κος Ε.Μ.Π., Θέρμανση & Κλιματισμός (Μελέτη, Κατασκευή, Εγκαταστάσεις, Υλικά, Δίκτυα, Εξοπλισμός), Κεφάλαιο 7, Τόμος Α, Εκδόσεις Δορυφόρος, 1996.
- [6] <http://www.amkat.gr/aeriocooling.htm>
- [7] <http://users.ntua.gr/rogdemma/logismiko.htm>
- [8] <http://www.amkat.gr/aeriocooling.htm>
- [9] <http://www.ghp.gr/meletes.htm>
- [10] Τμήμα μάρκετινγκ ΕΠΑ Αττικής
- [11] <http://en.wikipedia.org>
- [12] Υπουργείο Ανάπτυξης, 1<sup>η</sup> Έκθεση για το μακροχρόνιο ενεργειακό σχεδιασμό της Ελλάδας 2008 – 2020, Αύγουστος 2007.
- [13] <http://sup.kathimerini.gr/xtra/media/files> (ΔΕΗ) “Οι προοπτικές των διεθνών ενεργειακών εξελίξεων”.
- [14] [http://www.ypan.gr/results\\_cms.php](http://www.ypan.gr/results_cms.php) (ΥΠΑΝ: κλιματισμός επιδότηση key words)
- [15] <http://www.mte.gr/default.asp?itemid=838>
- [16] ΥΠΑΝ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, Ανάγκη μείωσης της λειτουργίας των κλιματιστικών μηχανημάτων και περιορισμού του φωτισμού των κτιρίων του Δημοσίου Τομέα (ιδιόκτητα ή μισθωμένα) κατά την

χρονική περίοδο από 03-07-2006 έως και τέλος Αυγούστου 2006 από την έναρξη έως την λήξη του ωραρίου.)

[17] ΔΕΣΜΗΕ > ανακοινώσεις & ειδήσεις > Μηνιαίο Δελτίο Ενέργειας, [www.desmie.acn.gr/up/files/energy](http://www.desmie.acn.gr/up/files/energy)

[18] Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών, Γενική Γραμματεία Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας (ΕΣΥΕ).

[19] SAVE II Programme, APPLICATION AND FOLLOW UP MODEL FOR BUILDING ENERGY AND ENVIRONMENTAL CERTIFICATION SCHEMES, Contract No 4.1031/Z/98-212, Country Report Greece, March 1999

[20] <http://www.iea.org/Textbase/stats/>

[21] Ελληνικός Σύνδεσμος Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΕΣΣΗΘ), «Συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, Κλιματισμός με καύση Φυσικού Αερίου, Δημήτρης Γαλανάκης, Γραμματέας ΕΣΣΗΘ, 26.04. 2004 Παρουσίαση ΚΛΙΜΑΤΑΙΡ

[22] Πρακτικά Ημερίδας για την «Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Συστήματα Κλιματισμού» 27.02.2008, ASHRAE Hellenic Chapter, Εισηγητής Αθ. Παλιογιάννης

[23] [www.3tech.gr](http://www.3tech.gr) Περιοδικό 3TECH ΜΑΡΤΙΟΣ – ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2007, ΤΕΥΧΟΣ 8

[24] Πρακτικά Ημερίδας για τις «Προοπτικές Φυσικού Αερίου για το 2008, Νέες Τεχνολογίες – Εφαρμογές» 27.02.2008, ΕΠΑ Αττικής, KLT ENERGY ΑΕ.

[25] Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Δ/ση Ε' Γραφείο Παροχής Υπηρεσιών, Ελ. Βενιζέλου 14, Ελληνικό ΤΚ16777, [sales@hnms.gr](mailto:sales@hnms.gr)

[26] Υπολογιστικό πρόγραμμα της **4M-FLOW 6**, για εξειδικευμένες εγκαταστάσεις δικτύων υγρών και αερίων.

[27] Τμήμα Πωλήσεων & Μελετών Μεγάλων Καταναλωτών ΕΠΑ Αττικής.

[28] Στοιχεία προσφοράς της ΗΛΙΟΣΤΑΤΗΣ ΕΠΕ, Λεωφ. Κηφισίας 10-12, 15125 Μαρούσι, Αθήνα Τηλ.: 210-6851 159, Fax: 210-6851 151 Web: [www.heliostat.gr](http://www.heliostat.gr)

[29] Απάντηση σε αίτηση προσφοράς για πύργους ψύξης προς ENIMEX ENERGY, Θεσσαλονίκη.

[30] Απάντηση σε αίτηση προσφοράς για ψύκτες απορρόφησης προς KLT ENERGY.



[31] <http://www.dei.com.gr/Default.aspx?id=3536&nt=19&lang=1> ΤΙΜΟΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΩΛΗΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ