



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
& ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

**Τεχνο-Οικονομική ανάλυση νέας μονάδας
τριπαραγωγής ενέργειας με φυσικό αέριο στο 401
Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ
Σιάφα Αλέξανδρου**

Επιβλέπων: Τατσιόπουλος Ηλίας
Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012

Ευχαριστίες

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κ Ηλία Τατσιόπουλο ο οποίος δέχτηκε την πρόταση του θέματος της παρούσας διπλωματικής και συνέβαλε για την ολοκλήρωση της.

Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω για την βοήθεια και την υπομονή του, τον Δρ. Αθανάσιο Ρεντιζέλα, ΙΔΑΧ του Τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας, ο οποίος ανέλαβε την επίβλεψη της εργασίας. Χωρίς την βοήθεια του, η δομή και το περιεχόμενο της παρούσας διπλωματικής δεν θα ήταν τόσο ολοκληρωμένο.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τχη (ΤΧ) Σωτήρη Αργυρόπουλο, Διευθυντή Τεχνικού στο 401 Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών, για την αμέριστη βοήθεια του στην συλλογή των ενεργειακών και τεχνικών πληροφοριών, αλλά και τον κ. Γεωργόπουλο, προϊστάμενο της τεχνικής υπηρεσίας του 401 ΓΣΝΑ.

Έποψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά το αντικείμενο της τριπαραγωγής ενέργειας, δηλαδή την συμπαραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη περίπτωσης τριπαραγωγής ενέργειας στο 401 Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών με καύση φυσικού αερίου. Κύριος στόχος είναι η εύρεση βέλτιστης λύσης ως προς την εγκατεστημένη ισχύ, την περίοδο λειτουργίας κατά την διάρκεια του έτους και ο έλεγχος βιωσιμότητας της επένδυσης

Στα 1^ο Κεφάλαιο έχουμε μια εισαγωγή στη συμπαραγωγή και τριπαραγωγή, εξετάζοντας τις επιπτώσεις (θετικές –αρνητικές) και τις εφαρμογές που έχει στον πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή τομέα.

Στο 2^ο Κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση της υπάρχουσας συμπαραγωγής στην Ελλάδα και παραθέτονται οι φορείς που σχετίζονται με την άδεια εγκατάστασης αλλά και το υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο.

Στο 3^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται μια βιβλιογραφική επισκόπηση τις υπάρχουσας κατάστασης στο εξωτερικό, τόσο γενικά περί συμπαραγωγής και τριπαραγωγής, όσο και ειδικά ως προς την συμπαραγωγή σε νοσοκομεία, που αφορά και την μελέτη περίπτωσης. Αναφέρεται ακόμα πως καταλήγουμε στην εύρεση βέλτιστου σχεδιασμού και λειτουργίας της μονάδας.

Στο 4^ο Κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι υπάρχουσες τεχνολογίες συμπαραγωγής και τριπαραγωγής. Θα γίνει σύγκριση μεταξύ των τεχνολογιών και θα οριστούν ορισμένοι δείκτες συμπεριφοράς ενός συστήματος.

Στο 5^ο και 6^ο Κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα οικονομικά στοιχεία της τριπαραγωγής και την μεθοδολογία ανάλυσης της επένδυσης, ώστε να οδηγήσει στον βέλτιστο σχεδιασμό και λειτουργία του συστήματος.

Στο 7^ο Κεφάλαιο αναφέρονται οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει το εν λόγω κτίριο. Εξετάζεται με προσοχή ο τρόπος υπολογισμού των φορτίων (ηλεκτρικών, θερμικών ψυκτικών) για ένα νοσοκομείο και παραθέτονται οι τεχνικές απαιτήσεις του συστήματος.

Στο 8^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται όλα τα τεχνικά και ενεργειακά στοιχεία του 401 Γενικού Στρατιωτικού Νοσοκομείου Αθηνών

Στο 9^ο Κεφάλαιο ακολουθεί η τεchnο-οικονομική ανάλυση ενός συστήματος τριπαραγωγής, η ανάλυση ευαισθησίας ως προς τις κρίσιμες παραμέτρους του συστήματος, η μελέτη εμπορίας ρύπων

Στο 10^ο Κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική και δίνονται ορισμένες προτάσεις για περαιτέρω μελέτη

Abstract

This Diploma thesis concerns the subject of Trigeneration energy, ie produce electricity, heating and cooling. The aim of this thesis is the case study of Trigeneration at 401 General Military Hospital of Athens, burning natural gas. The main objective is to find an optimal solution in terms of installed capacity, the operating time during the year and the viability of the investment control

In the first chapter we have an introduction in cogeneration and Trigeneration, examining the impact (positive - negative) and their applications at the primary, secondary and tertiary sectors.

The second chapter provides an overview of the existing cogeneration in Greece and listed entities associated with the installation license and the existing legislative framework.

The third chapter presents a literature review of the current situation abroad, both for CHP and Trigeneration, especially for cogeneration in hospitals. It is also reported how we conclude to find an optimal design and operation for the unit.

In the fourth chapter, we study the existing cogeneration and Trigeneration technologies. We compare the technologies and define some behavior indicators of our system.

In the fifth and sixth chapter the financial data of Trigeneration is analyzed and the investment analysis methodology that lead to optimal design and operation of the system is presented.

In the seventh chapter is analyzed the unusual features in Hospitals. The calculation of loads (electrical, thermal cooling) is examined and listed the technical requirements of the system.

The eighth chapter presents all the technical and energy data of the 401 General Military Hospital of Athens

In the ninth chapter follows the techno-economic analysis of a Trigeneration system, the sensitivity analysis on critical system parameters, the emissions trading system and the conclusions resulting from this Diploma thesis

In the 10th Chapter presents the conclusions of this thesis and some suggestions for further study

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1^ο

Εισαγωγή

| | |
|--|----|
| 1.1 Σκοπός της εργασίας | 13 |
| 1.2 Η συμπαραγωγή | 13 |
| 1.3 Οι σημερινές συνθήκες | 16 |
| 1.4 Επιπτώσεις συμπαραγωγής και τριπαραγωγής | 16 |
| 1.4.1 Θετικές επιπτώσεις | 17 |
| 1.4.2 Αρνητικές επιπτώσεις | 19 |
| 1.5 Οι επιπτώσεις της συμπαραγωγής στο Περιβάλλον-Αέρα | 21 |
| 1.5.1 Εκπεμπόμενοι ρύποι | 22 |
| 1.5.2 Ισορροπίες εκπομπών | 23 |
| 1.5.2.1 Σφαιρική ισορροπία | 23 |
| 1.5.2.2 Τοπική ισορροπία | 24 |
| 1.6 Οι εφαρμογές της Συμπαραγωγής | 26 |
| 1.6.1 Πρωτογενής τομέας | 27 |
| 1.6.2 Δευτερογενής τομέας | 27 |
| 1.6.3 Τριτογενής τομέας | 28 |
| 1.7 Διάρθρωση της εργασίας | 29 |

Κεφάλαιο 2^ο

Η Συμπαραγωγή στην Ελλάδα

| | |
|--|----|
| 2.1 Ελλάδα και ενέργεια | 30 |
| 2.2 Ανάπτυξη της συμπαραγωγής στο παρελθόν | 30 |
| 2.3 Καύσιμη ύλη για μονάδες συμπαραγωγής | 31 |
| 2.4 Φυσικό αέριο και συμπαραγωγή | 32 |
| 2.5 Κατηγορίες μονάδων συμπαραγωγής | 34 |
| 2.6 Πρωτόκολλο του Κιότο | 35 |
| 2.7 Εθνική Ενεργειακή Πολιτική | 36 |
| 2.8 Νομοθετικό πλαίσιο σχετικό με τη συμπαραγωγή | 39 |
| 2.8.1 Σημαντικοί φορείς | 39 |
| 2.8.1.1 Ρ.Α.Ε.-Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας | 39 |
| 2.8.1.2 Υπουργείο Ανάπτυξης | 40 |
| 2.8.1.3 Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας & κλιματικής αλλαγής | 40 |
| 2.8.2 Νομοθεσία για τον ηλεκτρισμό | 41 |
| 2.8.3 Νομοθεσία για τα καύσιμα | 42 |
| 2.9 Άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας | 42 |
| 2.10 Αναγκαιότητα ανάπτυξης της συμπαραγωγής | 43 |
| 2.11 Δίκτυο ηλεκτροδότησης | 44 |
| 2.11.1 Χαρακτηριστικά του δικτύου ηλεκτροδότησης | 44 |
| 2.11.2 Μεταφορά | 44 |
| 2.11.3 Διανομή | 45 |

| | |
|---|----|
| 2.11.4 Χρέωση σύνδεσης | 45 |
| 2.11.4.1 Χρέωση μεταφοράς | 45 |
| 2.11.4.2 Χρέωση διανομής | 45 |
| 2.12 Εμπόδια στην ανάπτυξη της συμπαραγωγής | 46 |

Κεφάλαιο 3^ο

Βιβλιογραφική επισκόπηση και βέλτιστος σχεδιασμός των συστημάτων συμπαραγωγής - τριπαραγωγής

| | |
|---|----|
| 3.1 Βιβλιογραφική επισκόπηση συμπαραγωγής | 47 |
| 3.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση τριπαραγωγής | 48 |
| 3.3 Βιβλιογραφική επισκόπηση ενεργειακών καταναλώσεων σε νοσοκομεία | 52 |
| 3.4 Τρόποι λειτουργίας των συστημάτων συμπαραγωγής | 57 |
| 3.5 Διαδικασία επιλογής συστήματος και σχεδιασμός | 57 |
| 3.6 Καμπύλες φορτίων | 60 |
| 3.6.1 Προφίλ φορτίων | 60 |
| 3.6.2 Καμπύλες διάρκειας φορτίου | 62 |
| 3.6.3 Καμπύλη ισχύος φορτίου | 62 |
| 3.7 Εκτίμηση της απόδοσης | 63 |

Κεφάλαιο 4^ο

Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας

| | |
|---|----|
| 4.1 Γενικά | 66 |
| 4.1.1 Συστήματα συμπαραγωγής κύκλου αιχμής | 66 |
| 4.1.2 Συστήματα συμπαραγωγής κύκλου βάσης | 67 |
| 4.2 Δείκτες συμπεριφοράς του συστήματος | 68 |
| 4.2.1 Δείκτες ενεργειακής συμπεριφοράς | 68 |
| 4.2.2 Δείκτες Αξιοπιστίας, Διαθεσιμότητας και Χρησιμοποίησης | 71 |
| 4.3 Συστήματα Συμπαραγωγής | 72 |
| 4.3.1 Συστήματα ατμοστροβίλου | 73 |
| 4.3.1.1 Σύστημα συμπαραγωγής με ατμοστρόβilo αντίθλιψης | 75 |
| 4.3.1.2 Σύστημα συμπαραγωγής με ατμοστρόβilo απομάστευσης | 75 |
| 4.3.1.3 Σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού | 76 |
| 4.3.1.4 Σύστημα συμπαραγωγής σε κύκλο βάσης Rankine με οργανικά ρευστά (organic Rankine cycles, ORC). | 77 |
| 4.3.2 Συστήματα Αεριοστροβίλου | 77 |
| 4.3.2.1 Συστήματα αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου | 78 |
| 4.3.2.2 Συστήματα αεριοστροβίλου κλειστού κύκλου | 79 |
| 4.3.3 Συστήματα με παλινδρομική Μηχανή Εσωτερικής Καύσης | 80 |
| 4.3.4 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου | 83 |
| 4.3.4.1 Συστήματα συνδυασμένων κύκλων Joule-Rankine | 83 |
| 4.3.4.2 Συστήματα συνδυασμένων κύκλων Diesel – Rankine | 84 |
| 4.3.5 Σύγχρονα συστήματα | 84 |
| 4.3.5.1 Κυψέλες καυσίμου | 84 |

| | |
|--|-----|
| 4.3.5.2 Μηχανές Stirling | 86 |
| 4.3.5.3 Micro turbines | 87 |
| 4.3.5.4 Τυποποιημένες μονάδες συμπαραγωγής - «Πακέτα» | 89 |
| 4.4 Συγκεντρωτικοί πίνακες για τα συστήματα συμπαραγωγής | 91 |
| 4.5 Συστήματα ανάκτησης απορριπτόμενης θερμότητας | 93 |
| 4.6 Συστήματα Τριπαραγωγής | 93 |
| 4.6.1 Ψύκτες απορρόφησης | 94 |
| 4.6.1.1 Βασική αρχή ενός ψύκτη απορρόφησης | 94 |
| 4.6.1.2 Απόδοση των ψυκτών απορρόφησης | 96 |
| 4.6.2 Ψύκτες Li – Br | 97 |
| 4.6.2.1 Ψύκτες Li – Br μονού κελύφους | 97 |
| 4.6.2.2 Ψύκτες Li – Br διπλού κελύφους | 97 |
| 4.6.3 Ψύκτες αμμωνίας – νερού | 98 |
| 4.6.4 Συγκεντρωτικός πίνακας για τα συστήματα τριπαραγωγής | 99 |
| 4.7 Γεννήτριες | 100 |
| 4.8 Συστήματα ελέγχου | 100 |

Κεφάλαιο 5^ο

Οικονομικά στοιχεία συστημάτων Συμπαραγωγής – Τριπαραγωγής

| | |
|---|-----|
| 5.1 Κόστος επένδυσης | 102 |
| 5.1.1 Κόστος εξοπλισμού | 102 |
| 5.1.2 Κόστος εγκατάστασης | 103 |
| 5.1.3 Κόστος μελέτης | 103 |
| 5.1.4 Απρόβλεπτα έξοδα | 103 |
| 5.2 Δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης | 106 |
| 5.3 Τιμή ηλεκτρισμού | 108 |
| 5.4 Τιμή καυσίμου | 110 |
| 5.5 Προγράμματα οικονομικής στήριξης έργων/δράσεων συμπαραγωγής | 111 |

Κεφάλαιο 6^ο

Οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων Τριπαραγωγής

| | |
|---|-----|
| 6.1 Γενικά – Ορισμοί βασικών οικονομικών παραμέτρων | 112 |
| 6.1.1 Τόκος και επιτόκιο(d) | 112 |
| 6.1.2 Οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης(N) | 112 |
| 6.1.3 Πληθωρισμός (i) | 112 |
| 6.1.4 Παρούσα αξία(P) | 113 |
| 6.1.5 Συντελεστής παρούσας αξίας | 113 |
| 6.1.6 Συντελεστής τοκοχρεωλυτικής απόσβεσης (capital recovery factor, CRF) | 114 |
| 6.1.7 Σταθερές και τρέχουσες τιμές | 114 |
| 6.2. Οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης | 115 |
| 6.2.1 Καθαρή παρούσα αξία (net present value, NPV) | 115 |
| 6.2.2 Απόδοση κεφαλαίου (internal rate of return, IRR) | 116 |

| | |
|---|-----|
| 6.2.3 Λόγος οφέλους /κόστους (benefit to cost ratio, BCR) | 116 |
| 6.2.4 Έντοκη περίοδος αποπληρωμής (discounted pay back period, DPB) | 117 |
| 6.3 Αξιολόγηση συστημάτων συμπαραγωγής σε επίπεδο ιδιώτη επενδυτή | 117 |
| 6.3.1 Ετήσιο καθαρό όφελος (F_t) | 118 |
| 6.3.2 Ετήσιο λειτουργικό όφελος (f_t) | 119 |
| 6.3.3 Κόστος συμβατικού τρόπου κάλυψης ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών | 120 |
| 6.3.4 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστήματος συμπαραγωγής | 121 |

Κεφάλαιο 7^ο

Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακών καταναλώσεων σε νοσοκομεία & τεχνικές απαιτήσεις συστήματος

| | |
|---|-----|
| 7.1 Πλεονεκτήματα της εφαρμογής της συμπαραγωγής στα νοσοκομεία | 122 |
| 7.2 Απαραίτητα δεδομένα πριν την εκτίμηση | 123 |
| 7.3 Βασικές ηλεκτρικές ενεργειακές καταναλώσεις σε νοσοκομεία | 123 |
| 7.3.1 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό | 124 |
| 7.3.2 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στους ανελκυστήρες | 125 |
| 7.3.3 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ρευματοδότες | 126 |
| 7.3.4 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε συγκρότημα πλύσης ρούχων | 127 |
| 7.3.5 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε χώρο προετοιμασίας γευμάτων | 128 |
| 7.3.6 Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τον ιατρικό εξοπλισμό | 131 |
| 7.3.7 Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τον κλιματισμό | 132 |
| 7.3.8 Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τον αερισμό | 135 |
| 7.4 Βασικές θερμικές ενεργειακές καταναλώσεις σε νοσοκομεία | 135 |
| 7.4.1 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στο συγκρότημα πλύσης ρούχων | 135 |
| 7.4.2 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στο χώρο προετοιμασίας γευμάτων | 136 |
| 7.4.3 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στην αποστείρωση | 140 |
| 7.4.3.1 Γενικά περί αποστείρωσης | 140 |
| 7.4.3.2 Διαδικασία υπολογισμού των κλιβάνων | 141 |
| 7.4.4 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας για θερμό νερό χρήσης | 143 |
| 7.4.5 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση | 144 |
| 7.4.6 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας για ύγρανση | 149 |
| 7.5 Αρχική εκτίμηση | 150 |
| 7.6 Διασύνδεση του συστήματος συμπαραγωγής στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις | 152 |
| 7.6.1 Σύνδεση των συστημάτων συμπαραγωγής με το δίκτυο Ηλεκτρισμού | 152 |
| 7.6.2 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις νοσοκομείων - Υποσταθμός μέσης τάσης – Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη - Ηλεκτρικά δίκτυα μέσης τάσης | 153 |
| 7.6.3 Σύνδεση του συστήματος συμπαραγωγής με το σύστημα | |

| | |
|---|-----|
| θέρμανσης | 155 |
| 7.6.4 Χώρος τοποθέτησης του συστήματος συμπαραγωγής | 157 |

Κεφάλαιο 8^ο

Περιγραφή μελέτης περίπτωσης - 401 Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών

| | |
|--|-----|
| 8.1 Ιστορία του Νοσοκομείου | 158 |
| 8.2 Αποστολή του Νοσοκομείου | 159 |
| 8.3 Λειτουργική και οργανωτική δομή | 160 |
| 8.3.1 Εξωτερικά Ιατρεία | 160 |
| 8.3.2 Κλινικές | 160 |
| 8.3.3 Εργαστήρια | 161 |
| 8.3.4 Ειδικές μονάδες | 162 |
| 8.3.5 Διοίκηση | 162 |
| 8.4 Τεχνικά Στοιχεία | 163 |
| 8.4.2 Υφιστάμενος ενεργειακός εξοπλισμός | 163 |
| 8.4.2.1 Εξοπλισμός κάλυψης θερμικών φορτίων | 163 |
| 8.4.2.2 Εξοπλισμός κάλυψης ψυκτικών φορτίων | 164 |
| 8.4.2.3 Εξοπλισμός κέντρου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας | 165 |
| 8.5 Στοιχεία ενεργειακών καταναλώσεων | 166 |
| 8.5.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας | 167 |
| 8.5.2 Κατανάλωση Φυσικού Αερίου | 172 |
| 8.5.3 Καταναλώσεις Τυπικού Έτους | 175 |
| 8.5.4 Ηλεκτρική κατανάλωση κλιματισμού | 177 |
| 8.6 Κόστος συμβατικής λύσης | 177 |
| 8.7 Περιβαλλοντικό κόστος | 180 |
| 8.8 Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας | 181 |

Κεφάλαιο 9^ο

Επιλογή συστήματος τριπαραγωγής και οικονομοτεχνική μελέτη

| | |
|--|-----|
| 9.1 Επιλογή συστήματος τριπαραγωγής | 183 |
| 9.1.1 Τα κριτήρια επιλογής του συστήματος | 183 |
| 9.1.2 Διαστασιολόγηση του συστήματος | 184 |
| 9.1.3 Παραδοχές | 184 |
| 9.2 Οικονομοτεχνική μελέτη | 188 |
| 9.2.1 Προσδιορισμός βέλτιστης εγκατεστημένης ισχύος και ωρών λειτουργίας | 188 |
| 9.2.1.1 Σενάριο 3 x 380 (1140) kW | 189 |
| 9.2.1.2 Σύγκριση των σεναρίων | 200 |
| 9.2.2 Ανάλυση Ευαισθησίας στις κρίσιμες παραμέτρους | 209 |
| 9.2.2.1 Τιμή φυσικού αερίου | 209 |
| 9.2.2.2 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την τιμή φυσικού Αερίου | 216 |
| 9.2.2.3 Τιμή ηλεκτρικού ρεύματος | 224 |

| | |
|---|-----|
| 9.2.2.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την τιμή ηλεκτρικού ρεύματος | 231 |
| 9.2.2.5 Κόστος εκπεμπόμενων ρύπων | 239 |
| Κεφάλαιο 10° | |
| Συμπεράσματα & προτάσεις | |
| 10.1 Συμπεράσματα | 249 |
| 10.2 Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη | 251 |
| Βιβλιογραφία | |
| 1.Ελληνική Βιβλιογραφία | 253 |
| 2. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία | 256 |
| Παράρτημα Α | |
| Υπολογισμοί υπολοίπων σεναρίων | |
| A.1 Σενάριο 124 kW | 258 |
| A.2 Σενάριο 238 kW | 266 |
| A.3 Σενάριο 300 kW | 274 |
| A.4 Σενάριο 400 kW | 282 |
| A.5 Σενάριο 501 kW | 290 |
| A.6 Σενάριο 600 kW | 298 |
| A.7 Σενάριο 800 kW | 306 |
| A.8 Σενάριο 895 kW | 314 |
| A.9 Σενάριο 1000 kW | 322 |
| A.10 Σενάριο 1160 kW | 330 |
| Παράρτημα Β | |
| Χαρακτηριστικά διαθέσιμων αεριομηχανών | 338 |
| Παράρτημα Γ | |
| Γενικό Βιομηχανικό Τιμολόγιο 2012 | 339 |
| Παράρτημα Δ | |
| Τιμολόγια Φυσικού Αερίου οικιακής χρήσης | 340 |

Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη περίπτωσης τριπαραγωγής ενέργειας (ηλεκτρισμός – θερμότητα - ψύξη) στο 401 Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών και η σύγκριση της με την υφιστάμενη κατάσταση (ηλεκτρισμός – θερμότητα). Κύριος στόχος είναι η εύρεση βέλτιστης λύσης ως προς την εγκατεστημένη ισχύ αλλά και την περίοδο λειτουργίας κατά την διάρκεια του έτους.

1.2 Η συμπαραγωγή

Ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων ενός καταναλωτή (ή μιας ομάδας καταναλωτών) είναι η αγορά ηλεκτρισμού από το εθνικό δίκτυο και η καύση κάποιου καυσίμου (σε λέβητα ή κλίβανο, κ.λ.π.) για την παραγωγή θερμότητας. Οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής έχουν βαθμό απόδοσης 30-45% εκπέμποντας μεγάλες ποσότητες ρύπων από την κατανάλωση των καυσίμων. Οι απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τον σταθμό στον καταναλωτή είναι της τάξεως του 8-10%.

Συνεπώς μια τεχνολογία ικανή να μειώσει την συνολική κατανάλωση των καυσίμων με ταυτόχρονη αύξηση του βαθμού απόδοσης από την ανεξάρτητη παραγωγή καθεμίας από τις ανωτέρω μορφές ενέργειας είναι ιδιαίτερα επιθυμητή. Λύση στα παραπάνω έρχεται να δώσει η τεχνολογία της συμπαραγωγής, η οποία εάν εφαρμοστεί σωστά, όχι μόνο βελτιώνει σημαντικά τον ενεργειακό βαθμό απόδοσης αλλά και συμβάλλει στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων ανά μονάδα χρήσιμης μορφής ενέργειας.

Συμπαραγωγή ονομάζουμε την συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής ενέργειας από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. [E1]

Ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης σημαίνει κατανάλωση μικρότερης ποσότητας καυσίμων για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ενέργειας με προφανή οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Η απόδοση των συστημάτων συμπαραγωγής φτάνει το 80-85%, εξοικονομώντας ενέργεια κατά 15%-40%, σε σχέση με την παραγόμενη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια από ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς και λέβητες

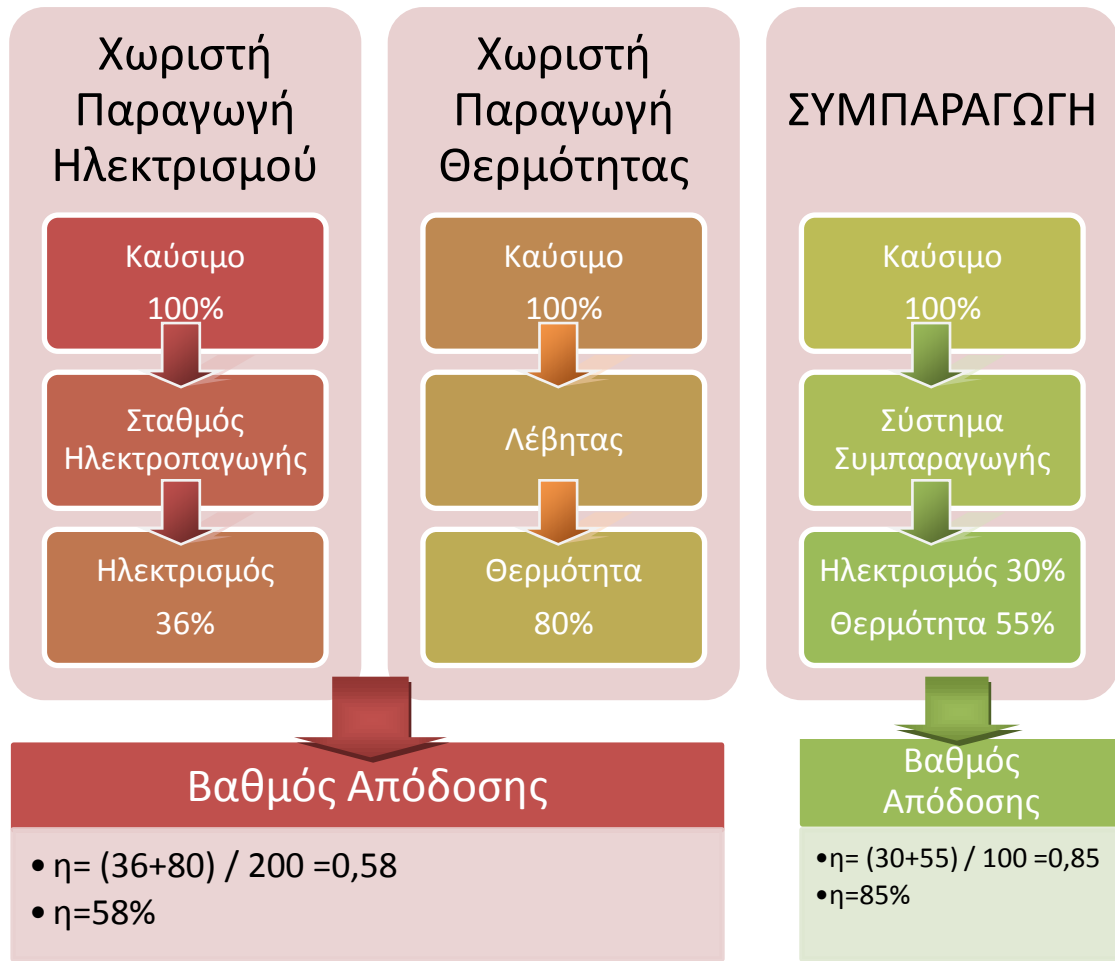
αντίστοιχα. Η εξοικονόμηση αυτή προκύπτει από την ανάκτηση και αξιοποίηση θερμότητας, που διαφορετικά θα αποβαλλόταν στο περιβάλλον κατά την λειτουργία των συμβατικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής. Επιπροσθέτως, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια μονάδα συμπαραγωγής συνήθως καλύπτει τις τοπικές ανάγκες για ηλεκτρισμό, με συνέπεια οι απώλειες μεταφοράς και διανομής να είναι αμελητέες.

Τριπαραγωγή έχουμε όταν η θερμική ενέργεια χρησιμοποιείται τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη ή κλιματισμό. Η ψύξη ή ο κλιματισμός επιτυγχάνονται με μηχανές απορρόφησης, που λειτουργούν με ατμό ή θερμό νερό. [Ε1], [1]

Επειδή η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ευκολότερη και φτηνότερη από την μεταφορά θερμικής, οι εγκαταστάσεις συμπαραγωγής βρίσκονται συνήθως όσο πιο κοντά γίνεται στο χώρο όπου θα καταναλωθεί η θερμική ενέργεια και διαστασιολογούνται έτσι ώστε να καλύπτουν το θερμικό φορτίο. Όταν παράγεται λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από αυτή που απαιτείται, είναι απαραίτητο να αγοραστεί. Συνήθως όμως, παράγεται πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μπορεί είτε να πουληθεί στο δίκτυο είτε να παρασχεθεί σε άλλον καταναλωτή μέσω του συστήματος διανομής (wheeling).[1]

Όταν οι συμπαραγωγικοί σταθμοί καλύπτουν τις θερμικές (ή ψυκτικές) ανάγκες πόλεων ή οικισμών, ο όρος που χρησιμοποιείται είναι η τηλεθέρμανση (ή τηλεψύξη).

Η τηλεθέρμανση (ή η τηλεψύξη) είναι η εφαρμογή μεθόδων κεντρικής παραγωγής θερμότητας (ή ψύξης) και η διανομή της (συνήθως με τη μορφή ζεστού ή ψυχρού νερού) για θέρμανση ή ψύξη σε κατοικίες ή άλλες εφαρμογές.



Σχήμα 1.1 Σύγκριση του βαθμού απόδοσης χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας σε σχέση με την συμπααραγωγή [Ε2]



Σχήμα 1.2 Διάγραμμα ροής ενέργειας και απωλειών αυτής σε TWh [Ε4], [5]

Ως ενεργειακή πηγή μπορεί να είναι οποιοδήποτε καύσιμο, ωστόσο στα πλαίσια εξοικονόμησης φυσικών πόρων και προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κρίνεται αποδοτικότερη και πιο συμφέρουσα η χρήση καυσίμων φιλικότερων προς το περιβάλλον, όπως το φυσικό αέριο και η βιομάζα. [E3]

Οι επιπτώσεις της συμπαραγωγής σε οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο είναι πολλαπλές. Οι εφαρμογές της διακρίνονται σε τέσσερις κύριους τομείς: στο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας, τον βιομηχανικό τομέα, τον εμπορικό-κτιριακό τομέα (τριτογενής) και τον αγροτικό.

Η εξοικονόμηση της ενέργειας και η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων δεν είναι αρκετά κίνητρα για μια επένδυση σε σύστημα συμπαραγωγής, εάν και η ίδια η επένδυση δεν είναι οικονομικά βιώσιμη. Οι οικονομικές και νομοθετικές ρυθμίσεις εκ μέρους της πολιτείας, η εξεύρεση πόρων για τις σχετικές επενδύσεις και οι οικονομικές συνθήκες κάτω από τις οποίες θα λειτουργήσει μια μονάδα συμπαραγωγής, είναι κρίσιμης σημασίας για την βιωσιμότητα της επένδυσης. [E1]

1.3 Οι σημερινές συνθήκες

Αν και η συμπαραγωγή ήταν γνωστή από τις αρχές του 20ου αιώνα, τα τελευταία 20 χρόνια έχει σημειωθεί τεχνολογική πρόοδος που επιτρέπει την ευρύτερη εφαρμογή της. Το 1995 η COGEN Europe εκπόνησε μελέτη με τίτλο “The Barriers to Combined Heat and Power in Europe”, όπου παρουσιάζει τα βασικά εμπόδια που ανέστειλαν την εξάπλωση της συμπαραγωγής στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα εκείνη την περίοδο. Τα περισσότερα πήγαζαν από την ύπαρξη μονοπωλίου στην αγορά ηλεκτρισμού. Είναι γεγονός ότι οι συνθήκες στην αγορά ενέργειας μεταβάλλονται διαρκώς και με γρήγορους ρυθμούς. Οδεύουμε σταδιακά προς την ολική απελευθέρωση αγοράς ενέργειας. Διαφανή και σαφή νομικά πλαίσια, που ορίζουν τους κανονισμούς και την λειτουργία των αγορών ενέργειας, απαιτούνται έτσι ώστε να επιτευχθεί σχετική σταθερότητα και δυνατότητα μελλοντικής πρόβλεψης των τιμών στην αγορά ενέργειας. Μακροχρόνια, με την προϋπόθεση ότι η αγορά θα προσαρμοστεί κατάλληλα στις νέες συνθήκες και οι ιθύνοντες θα λάβουν τα απαραίτητα μέτρα για την ρύθμιση της λειτουργίας της, η συμπαραγωγή θα γνωρίσει σημαντική εξάπλωση. [1][2]

1.4 Επιπτώσεις συμπαραγωγής και τριπαραγωγής

Η συμπαραγωγή μπορεί να έχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στην εξάντληση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας, στο περιβάλλον και στην κοινωνία. Οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις μπορούν να μετριασθούν ή και να εξαλειφθούν με σωστή επιλογή του είδους και της θέσης του συστήματος συμπαραγωγής, την προσεκτική ένταξή του στο ευρύτερο ενεργειακό

σύστημα της περιοχής ή της χώρας και με την επιμελημένη συντήρηση κατά τη διάρκεια της ζωής του.[E1]

1.4.1 Θετικές επιπτώσεις

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα της συμπαραγωγής, αν εφαρμοστεί σωστά, είναι:

- ⊙ Βαθμός απόδοσης: Υψηλότερος βαθμός απόδοσης σε σχέση με συμβατικές τεχνολογίες χωριστής ηλεκτροπαραγωγής και παραγωγής θερμότητας.[E3]
- ⊙ Εξοικονόμηση καυσίμου: Με τα συστήματα συμπαραγωγής επιτυγχάνεται η καλύτερη αξιοποίηση της πρωτογενούς πηγής ενέργειας, δεδομένου ότι αξιοποιείται και η θερμική, η οποία αναπόφευκτα παράγεται κατά την διαδικασία μετατροπής της πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική. Με αυτόν τον τρόπο συμβάλλουν στην εξοικονόμηση καυσίμων και εμμέσως στην αποφυγή εξάντλησης των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.[E3]
- ⊙ Ελαχιστοποίηση απωλειών: Τα συστήματα συμπαραγωγής βρίσκονται κοντά στον καταναλωτή σε σχέση με τους κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που είναι της τάξης του 8–10%. Οι μειωμένες απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένας άλλος παράγοντας που συμβάλλει στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. [E3] Ο πίνακας 1.1 δίνει τις απώλειες του δικτύου (εκφρασμένες σε ποσοστά) διαφόρων ευρωπαϊκών χωρών.

| Απώλειες δικτύου σε διάφορες χώρες της ΕΕ (%) | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|
| | 1990 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
| Αυστρία | 8,0 | 6,8 | 6,5 | 6,2 | 6,2 | 6,2 |
| Βέλγιο | 6,5 | 5,6 | 5,4 | 5,2 | 5,2 | 5,2 |
| Δανία | 9,5 | 8,2 | 7,9 | 7,6 | 7,5 | 7,4 |
| Φινλανδία | 4,5 | 4,1 | 4,0 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| Γαλλία | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 9,4 |
| Γερμανία | 5,5 | 4,6 | 4,3 | 4,1 | 4,1 | 4,1 |
| Ελλάδα | 10,0 | 8,7 | 8,4 | 8,0 | 8,0 | 7,7 |
| Ιταλία | 8,0 | 6,9 | 6,7 | 6,4 | 6,4 | 6,3 |
| Ιρλανδία | 10,0 | 9,6 | 9,5 | 9,4 | 9,4 | 8,9 |
| Ολλανδία | 4,5 | 4,1 | 4,0 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| Πορτογαλία | 10,2 | 10,2 | 10,2 | 10,2 | 9,9 | 9,6 |
| Ισπανία | 10,0 | 9,1 | 8,9 | 8,6 | 8,4 | 8,2 |
| Σουηδία | 9,0 | 7,7 | 7,4 | 7,1 | 7,0 | 6,9 |
| Ηνωμένο Βασίλειο | 9,5 | 8,97 | 8,16 | 7,6 | 7,86 | 7,51 |
| Ευρωπαϊκός μέσος όρος (χωρίς Λουξεμβούργο) | 8,2 | 7,46 | 7,24 | 7 | 6,4 | 6,8 |

Πίνακας 1.1 Απώλειες δικτύου σε διάφορες χώρες της Ε.Ε. [E3], [4]

- Ⓢ Ενίσχυση του ενεργειακού δυναμικού: Παρέχει ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε τοπικές ενεργειακές ανάγκες και ασφάλεια εφοδιασμού. Τα συστήματα συμπαραγωγής μπορούν να σχεδιάζονται και να εγκαθίστανται ακόμα και σε γεωγραφικά απόμακρες περιοχές, εξυπηρετώντας τις ανάγκες των τοπικών καταναλωτών. Προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε απρόβλεπτες μεταβολές της ζήτησης του ηλεκτρισμού. Σε κρατικό επίπεδο, η συμπαραγωγή αυξάνει το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής και περιορίζει τις ανάγκες κατασκευής νέων μεγάλων κεντρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, αυξάνει τη σταθερότητα του ηλεκτρικού δικτύου της χώρας και την αξιοπιστία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. [E3]
- Ⓢ Αύξηση της αξιοπιστίας ηλεκτροδότησης των καταναλωτών: Αυξάνεται η αξιοπιστία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας με την παράλληλη λειτουργία συστημάτων συμπαραγωγής και των κεντρικών σταθμών
- Ⓢ Αύξηση της σταθερότητας ηλεκτρικών δικτύων: Η «Διανεμημένη Παραγωγή» της ηλεκτρικής ενέργειας μειώνει την φόρτιση και τις απώλειες των δικτύων μεταφοράς και διανομής. [3]
- Ⓢ Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων προς το περιβάλλον: Επιτυγχάνεται με την αποδοτικότερη εκμετάλλευση καυσίμου μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων προς το περιβάλλον σε σφαιρική κλίμακα, με την προϋπόθεση ότι το καύσιμο που χρησιμοποιείται δεν είναι κατώτερης ποιότητας από εκείνο της χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου συνοδεύεται από μια έμμεση μείωση των ρύπων από τον υπόλοιπο κύκλο του καυσίμου (εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά, αποθήκευση). [E1] Το πλεονέκτημα αυτό καθίσταται ιδιαίτερα σημαντικό σήμερα, ενόψει της ραγδαίας επιβάρυνσης και καταστροφής του περιβάλλοντος σε παγκόσμια κλίμακα. Η μείωση των μολυσματικών ρύπων είναι ένας στόχος άλλωστε που έχει τεθεί και από το Πρωτόκολλο του Κιότο. [E3]
- Ⓢ Κοινωνικά οφέλη: Η γεωγραφική διασπορά των συστημάτων συμπαραγωγής δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας, συγκρατεί εκεί το εργατικό δυναμικό και συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη του τόπου με την ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, που σχετίζονται με την κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία των μονάδων. [E3]
- Ⓢ Συμβολή στην αποκέντρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας («Διανεμημένη Παραγωγή»): τα συστήματα συμπαραγωγής σχεδιάζονται έτσι ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες των τοπικών καταναλωτών, αποφεύγοντας τις απώλειες μεταφοράς και αυξάνοντας την ευελιξία του συστήματος που χρησιμοποιείται.[2] Επακόλουθο της Διανεμημένης Παραγωγής είναι η αποκέντρωση της λήψης σχετικών αποφάσεων και η ενδυνάμωση του ρόλου της τοπικής αυτοδιοίκησης. [E1]

- Ⓒ Οικονομικά οφέλη στη εθνική οικονομία: Η συμπαραγωγή προσφέρει όφελος στην εθνική οικονομία μειώνοντας το σύνολο των δαπανών για τα εισαγόμενα καύσιμα. Αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία στα πλαίσια της ελληνικής ενεργειακής πολιτικής, καθώς η μειωμένη ανάγκη καυσίμων αποτελεί λύση για την μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από εισαγωγές. [E1]
- Ⓒ Οικονομικά οφέλη για τον χρήστη: Επιτυγχάνεται ο περιορισμός του χρηματοοικονομικού κόστους χάρη στον μικρό χρόνο εγκατάστασης των συστημάτων συμπαραγωγής σε σχέση με αυτόν που απαιτείται για την κατασκευή ενός κεντρικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής Αυτό με την σειρά του συμβάλλει στην μείωση του μοναδιαίου κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. [3]
- Ⓒ Ανατρέπει τα οποιαδήποτε μονοπώλια στην αγορά: Αποτελεί ευκαιρία να δημιουργηθούν συνθήκες ανταγωνισμού και ποικιλότητα στην ηλεκτροπαραγωγή. Το γεγονός αυτό την καθιστά από τα πιο σημαντικά εργαλεία στην προώθηση της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας. [2]

Στην περίπτωση της τριπαραγωγής μπορούμε να προσθέσουμε στα παραπάνω πλεονεκτήματα και την ανακούφιση του δικτύου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες: Χάρη στην τριπαραγωγή, κατά την διάρκεια του θέρους, κυρίως στις Μεσογειακές χώρες, δεν θα παρουσιάζεται τόσο αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για να καλυφθούν οι ανάγκες ψύξης. Το γεγονός αυτό αυξάνει τη σταθερότητα των δικτύων ηλεκτρισμού και βελτιώνει την αποδοτικότητα του συστήματος, αφού οι καλοκαιρινές αιχμές ως τώρα καλύπτονται από τις εταιρείες ηλεκτρισμού μέσω εφεδρικών μονάδων και το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατά την περίοδο του καλοκαιριού είναι υπερφορτωμένο. [3]

1.4.2 Αρνητικές επιπτώσεις

Όπως προαναφέρθηκε εάν δεν γίνει προσεκτική επιλογή του είδους και της θέσης της μονάδας, υπάρχει η περίπτωση η τεχνολογία της συμπαραγωγής όχι μόνο να μην έχει τα παραπάνω αποτελέσματα, αλλά οι επιπτώσεις της να είναι ιδιαίτερα επιζήμιες κυρίως σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο.

- Ⓒ Η εξάπλωση της συμπαραγωγής μπορεί να έχει αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις στο εθνικό σύστημα ηλεκτρισμού, εάν αυτό έχει ικανότητα παραγωγής μεγαλύτερη από τη ζήτηση ή εάν ο ρυθμός αύξησης της ικανότητας με την κατασκευή νέων σταθμών είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό αύξησης της ζήτησης και για διάφορους λόγους δεν μπορεί να επιβραδυνθεί. Τότε το κόστος κεφαλαίου μοιράζεται σε μικρότερη ποσότητα

παραγόμενου ηλεκτρισμού με αποτέλεσμα την αύξηση του μοναδιαίου κόστους.

- Ⓢ Επίσης μπορεί εν γένει η συμπαραγωγή να συντελεί στην μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, αλλά είναι ενδεχόμενη η αύξηση των ρύπων σε τοπική κλίμακα. Όταν πολλές μικρές και διεσπαρμένες μονάδες συμπαραγωγής αντικαθιστούν μεγάλους κεντρικούς σταθμούς με υψηλές καπνοδόχους, τότε δεν είναι εξασφαλισμένη η βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Οι κεντρικοί σταθμοί βρίσκονται κατά κανόνα έξω από αστικά κέντρα και οι υψηλές καπνοδόχοι συντελούν σε ικανοποιητικό διασκορπισμό των ρύπων. Αντίθετα, οι μικρές μονάδες συμπαραγωγής, που έχουν σχετικά χαμηλότερες καπνοδόχους, είναι εγκατεστημένες κοντά ή και μέσα σε κατοικημένες περιοχές, επιβαρύνοντας το περιβάλλον τους.
- Ⓢ Η επίπτωση της συμπαραγωγής στο περιβάλλον εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως από την τεχνολογία συμπαραγωγής και το καύσιμο που χρησιμοποιεί, σε σχέση με την συμβατική χωριστή παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, και τις τοπικές συνθήκες. Τα διάφορα συστήματα συμπαραγωγής έχουν διαφορετικές εκπομπές ρύπων. Από την άλλη, ένα σύστημα συμπαραγωγής μπορεί να μειώνει την εκπομπή ενός ρύπου αλλά να αυξάνει την εκπομπή ενός άλλου. Από τις διαθέσιμες τεχνολογίες συμπαραγωγής οι κινητήρες Diesel και Otto έχουν τις υψηλότερες εκπομπές ρύπων. Καθώς οι κινητήρες αυτοί είναι πιο κατάλληλοι για εφαρμογές συμπαραγωγής στον εμπορικό-βιομηχανικό τομέα, ο κίνδυνος από τις εκπομπές τους είναι αυξημένος διότι στις κατοικημένες περιοχές οι κάτοικοι είναι άμεσα εκτεθειμένοι στους ρύπους του αέρα, οι διασπορά των οποίων εμποδίζεται από τα μεγάλα κτίρια.
- Ⓢ Η διακίνηση των καυσίμων και η απομάκρυνση των στερεών καταλοίπων της καύσης μπορεί να προκαλέσει ρύπανση του εδάφους και των υδάτων της περιοχής.
- Ⓢ Τέλος ο θόρυβος τόσο από τη λειτουργία του ίδιου του συστήματος όσο και από την κίνηση, που αναπτύσσεται για την εξυπηρέτησή του, αυξάνει την ηχητική ρύπανση. Επομένως απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός έτσι ώστε να μειωθεί η ενόχληση από την κίνηση. Συγκεκριμένα μέτρα μπορούν επίσης να μειώσουν τον θόρυβο του ίδιου του συστήματος. Τα συστήματα συμπαραγωγής θα πρέπει να πληρούν προδιαγραφές που ορίζονται από νομικά πλαίσια και σχετίζονται με τα επίπεδα θορύβου, για να προφυλαχθούν τα άτομα που ζουν στο γύρω χώρο ή δουλεύουν εκεί. Για παράδειγμα ο θόρυβος που εκπέμπεται από μια μηχανή εσωτερικής καύσης είναι συνήθως μεγαλύτερος από 95 db. Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις το υψηλότερο επίπεδο θορύβου που θεωρείται ότι δεν προκαλεί μακροσκοπικά προβλήματα ακοής είναι 80db. Στις κατοικημένες περιοχές τα όρια είναι χαμηλότερα και εξαρτώνται από την τοποθεσία και την ώρα της ημέρας. Οπότε απαραίτητα είναι τα μέτρα μείωσης θορύβου στα επιτρεπτά επίπεδα. Όταν το σύστημα συμπαραγωγής τοποθετηθεί στο υπόγειο ενός

κτιρίου θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα αντίστοιχα υλικά που μειώνουν τον θόρυβο στο ίδιο το δωμάτιο, να ενισχυθεί η κατασκευή των τοίχων, ταβανιών και πατωμάτων για να προφυλαχτούν από τον θόρυβο και τα γειτονικά δωμάτια και να χρησιμοποιηθεί κατάλληλος εξοπλισμός στην έξοδο καυσαερίων, μειώνοντας τον θόρυβο προς τα έξω.

- Ⓔ Εάν το σύστημα συμπαραγωγής τοποθετηθεί στο υπόγειο ή στη ταράτσα ενός κτιρίου, επιπλέον εξοπλισμός για την μείωση των κραδασμών είναι απαραίτητος. Η πιο φτηνή λύση στα παραπάνω προβλήματα και εφόσον δεν διατίθεται εσωτερικός χώρος είναι η τοποθέτηση του συστήματος συμπαραγωγής εξωτερικά του κτιρίου, μέσα σε container και εξοπλισμένο με τα αντίστοιχα συστήματα μείωσης θορύβου.

Επομένως η εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής σε κατοικημένες περιοχές, πρέπει να πληρεί ορισμένες προϋποθέσεις. Αυτά τα μέτρα ενδέχεται να είναι δαπανηρά και ίσως οι εμπλεκόμενοι να επιδιώξουν να τα παραβλέψουν. Για αυτόν το λόγο θα πρέπει η κυβέρνηση να υιοθετήσει κατάλληλη διαδικασία αδειοδότησης, η οποία θα υποχρεώνει την εφαρμογή των παραπάνω μέτρων. [1]

1.5 Οι επιπτώσεις της συμπαραγωγής στο Περιβάλλον-Αέρα

Η παραγωγή ενέργειας για τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης επιφέρει ποικίλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα συστήματα παραγωγής θερμικής ή ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία αποτελούν τους κυριότερους παράγοντες ρύπανσης, είναι εκείνα που χρησιμοποιούν μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Πολύ σημαντικό ζήτημα όσον αφορά τις επιπτώσεις της συμπαραγωγής στο περιβάλλον είναι η επίδρασή της στην ποιότητα του αέρα του περιβάλλοντος. Το ζήτημα αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα κυρίως στις κατοικημένες περιοχές, όπου ο αέρας μπορεί να είναι ήδη επιβαρυνμένος από ρύπους. Η ποσοτικοποίηση της επίπτωσης είναι πολύπλοκη καθώς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Η ανάλυση οφείλει να γίνει σε δύο επίπεδα, σε τοπικό και σε σφαιρικό. Αρχικά θα πρέπει να υπολογιστούν οι εκπομπές ρύπων του συστήματος συμπαραγωγής και οι εκπομπές των συμβατικών συστημάτων χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, λαμβάνοντας υπόψη το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιεί το καθένα από αυτά.

Οι κυριότεροι εκπεμπόμενοι ρύποι από την ανάφλεξη των καυσίμων, που θεωρούνται επιβλαβείς, είναι:

- Ⓔ το διοξείδιο του άνθρακα CO₂
- Ⓔ το μονοξείδιο του άνθρακα CO
- Ⓔ τα οξειδία του αζώτου NO_x
- Ⓔ τα οξειδία του θείου SO_x, συνήθως διοξείδιο του θείου SO₂
- Ⓔ οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες

© τα στερεά σωματίδια

Νόμοι και κανονισμοί καθορίζουν τα μέγιστα επίπεδα εκπομπής τους για τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής και συνήθως εφαρμόζονται και στα συστήματα συμπαραγωγής. Μερικές χώρες έχουν θεσπίσει ειδικούς νόμους για τα συστήματα συμπαραγωγής. Ο πίνακας 1.2 δίνει τις τυπικές μη ελεγχόμενες εκπομπές ρύπων των διάφορων τεχνολογιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα επίπεδα εκπομπής εξαρτώνται από την τεχνολογία συμπαραγωγής, τον χρόνο κατασκευής, την κατάσταση του συστήματος, το φορτίο λειτουργίας, το είδος και η ποιότητα του καυσίμου, την αντιρρυπαντική τεχνολογία κτλ. Επομένως ο πίνακας 1.2 χρησιμεύει μόνο για μια πρώτη εκτίμηση. Η ακριβής εκτίμηση θα πρέπει να βασίζεται σε πληροφορίες από τους κατασκευαστές των συγκεκριμένων συστημάτων ή από σχετικές μετρήσεις.

| Εκπομπές ρύπων συστημάτων συμπαραγωγής | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------------|------|-----------------|-----------|
| Σύστημα | Καύσιμο | Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης (%) | Εκπομπές (gr/kWh _e) | | | | | |
| | | | CO ₂ | NO _x | CO | HC | SO _x | Σωματίδια |
| Diesel | Diesel 0.2% S | 35 | 738,15 | 4,08 | 15,56 ⁽²⁾ | 0,46 | 0,91 | 0,32 |
| | Διπλό ⁽¹⁾ | | 593,35 | 3,81 | 11,30 ⁽³⁾ | 3,95 | 0,09 | 0,04 |
| Αεριοστρόβιλου | Αέριο | 25 | 808,16 | 0,13 | 2,14 | 0,10 | ≈0 | 0,07 |
| | Diesel 0.2% S | | 1033,41 | 0,05 | 4,35 | 0,10 | 0,91 | 0,18 |
| Αεριοστρόβιλο υ χαμηλού NO _x | Αέριο | 35 | 577,26 | 0,30 | 0,50 | 0,05 | ≈0 | 0,05 |
| Ατμοστρόβιλου νέου | Άνθρακας | 25 | 1406,40 | 0,26 | 4,53 | 0,07 | 7,75 | 0,65 |
| | Μαζούτ | | 1100,00 | ≈0 | 1,94 | 0,07 | 5,18 | 0,65 |
| | Αέριο | | 808,16 | ≈0 | 1,29 | 0,26 | 0,46 | 0,07 |
| Κυψέλες καυσίμου (PAFC) | Αέριο | 40 | 505,10 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | ≈0 | ≈0 |

(1) 90% της ενέργειας από φυσικό αέριο και 10% από καύσιμο Diesel
 (2) νεότεροι κινητήρες εκπέμπουν 11-12 gr NO_x/kWh_e
 (3) νεότεροι κινητήρες εκπέμπουν 7-8 gr NO_x/kWh_e

Πίνακας 1.2 Εκπομπές ρύπων για συστήματα συμπαραγωγής. [E2], [E29]

1.5.1 Εκπεμπόμενοι ρύποι

Το διοξείδιο του άνθρακα απαρτίζει το επιβλαβέστερο συστατικό των προϊόντων καύσης, ενώ η αύξηση της περιεκτικότητας αυτού στην ατμόσφαιρα αποτελεί ουσιαστική αιτία πρόκλησης των περιβαλλοντικών αλλαγών. Η παραγωγή του

βρίσκεται σε αναλογία με την ποσότητα και τη σύνθεση του χρησιμοποιούμενου καυσίμου.

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα δηλητηριώδες αέριο που παράγεται μέσω ατελούς καύσεως. Μπορεί να μειωθεί μέσω του ικανοποιητικού ελέγχου της ποσότητας του οξυγόνου, ώστε να επιτευχθεί τέλεια καύση.

Το διοξείδιο του θείου αποτελεί ένα όξινο αέριο που προέρχεται από την ανάφλεξη καυσίμων που περιέχουν θείο, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας, η βιομάζα. Η όξινη βροχή ευθύνεται για την εκπομπή του διοξειδίου του θείου και μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στο χάλυβα.

Τα οξείδια του αζώτου παράγονται από την ανάφλεξη οποιουδήποτε καυσίμου στον αέρα. Ο σχηματισμός αυτών εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τις συνθήκες καύσεως, όπως τη θερμοκρασία και την αναλογία αέρα προς καύσιμο. Τέλος, συμβάλουν στη δημιουργία όξινης βροχής και αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους αστικούς ρυπογόνους παράγοντες.

Οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες παράγονται σε αφθονία από παλινδρομικές μηχανές και αποτελούν σημαντικό παράγοντα δημιουργίας αιθαλομίχλης, δυσχεραίνοντας σημαντικά τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η εκπομπή σωματιδίων αφορά κυρίως μονάδες που χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα, όπως μαζούτ και πετρέλαιο Diesel. Μπορεί να περιοριστεί η εκπομπή τους με χρήση κατάλληλων φίλτρων, με τη χρήση καλής ποιότητας καυσίμου και με έλεγχο της καύσης

1.5.2 Ισορροπίες εκπομπών

Είναι χρήσιμο να γίνει σύγκριση μεταξύ του συστήματος συμπαραγωγή και των συστημάτων χωριστής παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας που αντικαθιστά, από την πλευρά των εκπεμπόμενων ρύπων. Η εκτίμηση αυτής της σύγκρισης εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση των συστημάτων. Στην χωριστή παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, η ηλεκτρική συνήθως προέρχεται από κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, ενώ η θερμική παράγεται τοπικά από τους λέβητες. Αν λάβουμε υπόψη όλους τους ρύπους που εκπέμπονται στο σύνολο της παραγωγής και συμπαραγωγής, τότε επιβάλλεται μια σφαιρική εκτίμηση. Αν πάλι λάβουμε υπόψη μόνο τους ρύπους που παράγονται στην εγκατάσταση, τότε επιβάλλεται μια τοπική εκτίμηση. [1]

1.5.2.1 Σφαιρική ισορροπία

Η επίδραση της συμπαραγωγής από πλευράς ρύπων εκφράζεται με τη διαφορά εκπομπών, η οποία ορίζεται από τη σχέση :

$$\Delta m_x = m_{xc} - m_{xw} - m_{xq}$$

Όπου

| | |
|--------------|---|
| Δm_x | Η διαφορά εκπομπών του ρύπου X |
| m_{xc} | Η εκπομπή του ρύπου X του συστήματος συμπαραγωγής |
| m_{xw} | Η εκπομπή του ρύπου X του συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού, το οποίο αντικαθίσταται από το σύστημα συμπαραγωγής |
| m_{xq} | Η εκπομπή του ρύπου του συστήματος παραγωγής θερμότητας, το οποίο αντικαθίσταται από το σύστημα συμπαραγωγής |

Εάν ο προσδιορισμός των εκπομπών πρόκειται να στηριχθεί στα δεδομένα των πινάκων 1.2, 1.3 και 1.4, τότε ισχύουν οι σχέσεις:

$$m_{xc} = \mu_{xc} W$$

$$m_{xw} = \mu_{xw} W$$

$$m_{xq} = \mu_{xq} Q$$

Όπου

| | |
|------------|--|
| μ_{xc} | Οι εκπομπές του ρύπου X σε gr ανά ωφέλιμη KWh του συστήματος συμπαραγωγής |
| μ_{xw} | Οι εκπομπές του ρύπου X σε gr ανά ωφέλιμη KWh του συστήματος παραγωγής ηλεκτρισμού |
| μ_{xq} | Οι εκπομπές του ρύπου X σε gr ανά ωφέλιμη KWh του συστήματος παραγωγής θερμότητας |
| W | Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το σύστημα συμπαραγωγής |
| Q | Η ωφέλιμη θερμική ενέργεια που παράγεται από το σύστημα συμπαραγωγής |

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί σε συγκεκριμένες τεχνολογίες, όπως στους κινητήρες Diesel, η οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση των εκπομπών CO, NOx και HC. Εάν το σύστημα πρόκειται να εγκατασταθεί σε ευαίσθητη περιοχή, τότε επιβάλλεται να εφαρμοστούν τεχνικές περιορισμού των ρύπων. Όταν το φυσικό αέριο αντικαθιστά άλλα καύσιμα, όπως το μαζούτ, οι εκπομπές των οξειδίων του θείου και στερεών σωματιδίων που παρουσιάζονται από την καύση άνθρακα ή άλλων υγρών καυσίμων, σχεδόν εξαφανίζονται.

1.5.2.2 Τοπική ισορροπία

Στην περίπτωση της χωριστής παραγωγής, ο ηλεκτρισμός προέρχεται από κεντρικούς σταθμούς, που βρίσκονται μακριά από την θέση που θα εγκατασταθεί η μονάδα συμπαραγωγής. Επομένως σε τοπική κλίμακα η εκτίμηση γίνεται κυρίως λαμβάνοντας υπόψη την μονάδα συμπαραγωγής και τον λέβητα, που παρείχε πριν την αντικατάσταση, την θερμική ενέργεια. Έτσι η σχέση απλοποιείται :

$$\Delta m_x = m_{xc} - m_{xq}$$

Εάν δεν υπάρχουν πληροφορίες από τους κατασκευαστές των συγκεκριμένων συστημάτων ή από σχετικές μετρήσεις, πρώτες εκτιμήσεις των εκπεμπόμενων ρύπων μπορούν να γίνουν με τα στοιχεία του πίνακα 1.2 και με αυτά που δίνουν οι πίνακες 1.5 και 1.6. Τονίζεται ότι οι τιμές είναι ενδεικτικές.

| Εκπομπές ρύπων κεντρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------------------|----------------------|-----------------|----|----|-----------------|-----------|
| Σύστημα | Καύσιμο | Βαθμός Απόδοσης (%) | Εκπομπές (gr/100kWh) | | | | | |
| | | | CO ₂ | NO _x | CO | HC | SO _x | Σωματίδια |
| Ατμοστρόβιλου παλαιό | Ανθρακας 3% S | 34 | 103412 | 313 | 18 | 5 | 1987 | 141 |
| Ατμοστρόβιλου νέο | Ανθρακας | 31* | 113420 | 250 | 18 | 5 | 600 | 14 |
| Ατμοστρόβιλου παλαιό | Μαζούτ 1%S | 31 | 88706 | 318 | 18 | 5 | 476 | 23 |
| Ατμοστρόβιλου νέο | Μαζούτ χαμηλού θείου | 31 | 88706 | 136 | 18 | 5 | 363 | 14 |
| Ατμοστρόβιλου παλαιό | Φυσικό αέριο | 31 | 65174 | 304 | 9 | 18 | ≈0 | 5 |
| Αεριοστρόβιλου | Diesel | 34 | 75986 | 240 | 55 | 18 | 14 | 18 |
| | Αέριο | 34 | 59424 | 195 | 55 | ≈0 | ≈0 | 5 |
| Αεριοστρόβιλου χαμηλού NOx | Αέριο | 38 | 53168 | 50 | 30 | ≈0 | ≈0 | 4 |

(*) Ο μικρότερος βαθμός απόδοσης των νέων συστημάτων ατμοστρόβιλου οφείλεται στις συσκευές εξουδετέρωσης εκπομπών NO_x και SO₂.

Πίνακας 1.3 Εκπομπές ρύπων κεντρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής [E2], [E29]

| Εκπομπές ρύπων λεβήτων νερού και ατμού | | | | | | | |
|--|--------------|---|-----------------|----|----|-----------------|-----------|
| Σύστημα | Καύσιμο | Εκπομπές (gr/100kWh ωφέλιμης ενέργειας) | | | | | |
| | | CO ₂ | NO _x | CO | HC | SO _x | Σωματίδια |
| Λέβητας νερού | Αέριο | 25255 | 19 | 3 | 2 | ≈0 | 2 |
| | Diesel 0,2%S | 32294 | 25 | 6 | 2 | 37 | 3 |
| Ατμολέβητας | Ανθρακας | 43950 | 136 | 8 | 2 | 232 | 20 |
| | Μαζούτ | 34373 | 57 | 6 | 2 | 155 | 20 |
| | Αέριο | 25255 | 39 | 3 | ≈0 | ≈0 | 2 |
| Βιομηχανικός λέβητας | Ανθρακας 2%S | 43950 | 112 | 16 | 8 | 565 | 98 |
| | Μαζούτ 1%S | 34373 | 78 | 6 | 2 | 203 | 30 |
| | Αέριο | 25255 | 33 | 3 | ≈0 | ≈0 | 3 |

Ο βαθμός απόδοσης θεωρείται 80%

Πίνακας 1.4 Εκπομπές ρύπων λεβήτων νερού και ατμού [E2], [E29]

Ο Πίνακας 1.5 περιλαμβάνει συγκρίσεις εκπομπών συστημάτων συμπαραγωγής με συστήματα χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.

| Παραδείγματα σύγκρισης εκπομπών μεταξύ συστημάτων συμπαραγωγής και συστημάτων χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|
| Ρύπος | Συνδυασμοί συστήματος συμπαραγωγής - χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας | | | | | | | | | | | |
| | 1-A | | 1-B | | 2-A | | 2-B | | 3-A | | 3-B | |
| | gr | % | gr | % | gr | % | gr | % | gr | % | gr | % |
| CO ₂ | -51024 | -46,2 | -89458 | -59,9 | -62454 | -52 | -99888 | -63,4 | -70791 | -46,7 | -108225 | -57,2 |
| NO _x | 812 | 255 | 802 | 244,5 | -290 | -85,3 | -300 | -85,7 | -283 | -68,7 | -293 | -69,4 |
| CO | 320 | 525 | 357 | 1487 | -33 | -52,4 | 4 | 15,4 | -68 | -100 | -31 | -100 |
| HC | 375 | 1875 | 388 | 5543 | -15 | -75 | -2 | -28,6 | 4 | 18,2 | 17 | 188,9 |
| SO _x | -208 | -95,9 | -794 | -98,9 | -273 | -99,3 | -859 | -99,8 | -415 | -90 | -1001 | -95,6 |
| Σωματίδια | -44 | -91,7 | -40 | -90,9 | -51 | -91,1 | -47 | -90,4 | -77 | -91,7 | -73 | -91,3 |
| <p>Συστήματα συμπαραγωγής</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Κινητήρας Diesel διπλού καυσίμου(50% της ενέργειας από φυσικό αέριο, 10% από καύσιμο Diesel) με $\eta_e = \eta_{th} = 0,35$ (PHR=1) 2. Νέος αεριοστρόβιλος φυσικού αερίου με $\eta_e = 0,35$, $\eta_{th} = 0,55$ (PHR=0,778) 3. Νέος ατμοστρόβιλος φυσικού αερίου με $\eta_e = 0,25$, $\eta_{th} = 0,55$ (PHR=0,455) <p>Συστήματα χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας</p> <ol style="list-style-type: none"> A. Αεριοστρόβιλος με καύσιμο Diesel και βιομηχανικός ατμολέβητας με καύσιμο μαζούτ B. Νέος ατμοστρόβιλος με καύσιμο άνθρακα και βιομηχανικός ατμολέβητας με καύσιμο μαζούτ <p>-Το αρνητικό πρόσημο σημαίνει μείωση εκπομπών με τη συμπαραγωγή -Τα ποσοστά προσδιορίστηκαν με βάση αναγωγής τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας -η_e, η_{th}, η : ηλεκτρικός, θερμικός και ολικός ενεργειακός βαθμός απόδοσης αντίστοιχα -οι τιμές αναφέρονται σε παραγωγή 100kWh ηλεκτρικής ενέργειας</p> | | | | | | | | | | | | |

Πίνακας 1.5 Σύγκριση συστημάτων συμπαραγωγής και συστημάτων χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας [E2] [E29]

1.6 Οι εφαρμογές της Συμπαραγωγής

Η συμπαραγωγή πρωτοεμφανίστηκε γύρω στο 1890 στον βιομηχανικό τομέα, κυρίως σε χημικές βιομηχανίες και χάρτου, όπου υπάρχει συνεχής ζήτηση ηλεκτρισμού και θερμότητας. Σήμερα οι διαθέσιμες τεχνολογίες προσφέρουν μεγάλη δυνατότητα επιλογών οπότε και την δυνατότητα να εφαρμοστούν σε περισσότερους τομείς. Οι τέσσερις κύριοι τομείς εφαρμογής της συμπαραγωγής αναλύονται παρακάτω. [2]

Οι εφαρμογές της συμπαραγωγής μπορούν να καταταγούν βάσει της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος των συστημάτων συμπαραγωγής. Η ηλεκτρική ισχύς των συστημάτων συμπαραγωγής κυμαίνεται από 1 kWe έως 500 MWe. Για την συμπαραγωγή μεγάλης κλίμακας, δηλαδή για ισχείς μεγαλύτερες των 1 MWe, τα χαρακτηριστικά των συστημάτων προσδιορίζονται με σκοπό την βελτιστοποίηση της εφαρμογής για κάθε ξεχωριστή περίπτωση. Για εφαρμογές συμπαραγωγής μικρής κλίμακας, δηλαδή για ισχείς μικρότερες των 1 MWe, τα συστήματα έχουν τυποποιημένη μορφή («πακέτα»), γεγονός που διευκολύνει την εγκατάστασή τους. Τα συστήματα για βιομηχανικές εφαρμογές έχουν εύρος 1-50 MWe, αν και υπάρχουν εξαιρέσεις. Είναι δύσκολη η διάκριση ανάμεσα σε μικρή και μεγάλη

κλίμακα, καθώς αυτή διαφοροποιείται από χώρα σε χώρα. Σε γενικές γραμμές όμως μπορούμε να θεωρήσουμε ότι από 1 MWe έως 10 MWe μιλάμε για συμπαραγωγή μεσαίας κλίμακας και άνω των 10 MWe για συμπαραγωγή μεγάλης κλίμακας. Οι μη βιομηχανικές εφαρμογές έχουν μεγάλο εύρος, από 1 kWe (οικιακή εφαρμογή) μέχρι 10 MWe (εφαρμογές τηλεθέρμανσης). Ισχύεις μικρότερες των 1 MWe θεωρούνται εφαρμογές μικρής κλίμακας. “Mini” κλίμακα έχουμε για εφαρμογές μικρότερες των 500 kWe και “micro” για εφαρμογές μικρότερες των 20 kWe. Συνοπτικά έχουμε τον πίνακα 1.6 [2]

| Κατηγοριοποίηση των εφαρμογών συμπαραγωγής βάσει της εγκατεστημένης ισχύος τους | |
|---|------------------|
| Κλίμακα εφαρμογής συμπαραγωγής | Εύρος ισχύος |
| Μεγάλη | >10 MWe |
| Μεσαία | 1 MWe -10 MWe |
| Μικρή | 500 kWe -1 MWe |
| Mini | 20 kWe - 500 kWe |
| micro | < 20 kWe |

Πίνακας 1.5 Εφαρμογές συμπαραγωγής βάσει της εγκατεστημένης ισχύος τους [E29]

1.6.1 Πρωτογενής τομέας

Αν και δεν είναι πολύ διαδεδομένη η συμπαραγωγή σε αυτόν τον τομέα, η εφαρμογή της ωστόσο μπορεί να εξοικονομήσει καύσιμα και να έχει θετικές οικονομικές επιπτώσεις σε αγροτικές κοινότητες. Υπολείμματα αγροτικών διεργασιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο. Πολλά υποσχόμενες εφαρμογές περιλαμβάνουν την παραγωγή αιθανόλης, την ξήρανση γεωργικών προϊόντων και την θέρμανση θερμοκηπίων, οικιών κτλ. Ενισχύει την οικονομική ανάπτυξη του τόπου, καθώς χρησιμοποιεί τοπικές πηγές ενέργειας και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας. Τέλος έχει ευνοϊκή επίδραση στο περιβάλλον με πολλαπλούς τρόπους. [E1]

1.6.2 Δευτερογενής τομέας

Πολλές βιομηχανικές διεργασίες απαιτούν θερμότητα, παράλληλα με τις ανάγκες για ηλεκτρισμό, για να ολοκληρωθούν. Κατατάσσονται ανάλογα με την απαιτούμενη θερμοκρασία:

- ⊙ Διεργασίες χαμηλών θερμοκρασιών (<100°C)
- ⊙ Διεργασίες μέτριων θερμοκρασιών (100-300°C)
- ⊙ Διεργασίες υψηλών θερμοκρασιών (300-700°C)
- ⊙ Διεργασίες πολύ υψηλών θερμοκρασιών (>700°C)

Οι περισσότερες βιομηχανίες με σημαντικό δυναμικό παραγωγής έχουν ορισμένες παραγωγικές διεργασίες, που παράγουν ή αποβάλλουν θερμότητα σε ικανοποιητική ποσότητα και ποιότητα (θερμοκρασιακή στάθμη), η οποία μπορεί να προστεθεί σε εκείνη που παράγεται άμεσα από το σύστημα συμπαραγωγής, με ανάκτησή της. Ορισμένες χημικές διεργασίες παράγουν καύσιμα αέρια, που μπορούν να αποτελέσουν καύσιμο είτε για τους λέβητες είτε για το ίδιο το σύστημα συμπαραγωγής. [E1]

Στην Ελλάδα το σύνολο της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος των μονάδων βιομηχανικής συμπαραγωγής είναι 245MW και αποτελεί περίπου το 2,4% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος. Οι εφαρμογές της συμπαραγωγής στη βιομηχανία αναφέρονται κυρίως σε μεγάλα βιομηχανικά συστήματα (>50MWe) και μόνο στο μέλλον μπορούμε να αναμένουμε την ανάπτυξη μικρότερου και μεσαίου μεγέθους συστημάτων (1MWe – 50MWe), με την ανάπτυξη νέων μικρότερων τεχνολογιών, καινοτόμων σχημάτων ενεργειακών υπηρεσιών, κ.α. [E3]

1.6.3 Τριτογενής τομέας

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα συστήματα συμπαραγωγής μικρής κλίμακας που εγκαθίστανται σε μεγάλα ξενοδοχεία, νοσοκομεία, πανεπιστημιούπολεις, κολυμβητήρια, γυμναστήρια, εμπορικά κτίρια, σχολεία, κτίρια γραφείων, κατοικίες, κτλ. Κατάλληλες για την εξυπηρέτηση των κτιρίων είναι οι μονάδες συμπαραγωγής σε μορφή πακέτου. Από πλευρά αναγκών θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ο τομέας διακρίνεται σε τρεις υποτομείς:

- ⊙ Νοσοκομεία και ξενοδοχεία
- ⊙ Πολυκατοικίες
- ⊙ Κτίρια γραφείων

Ο καθένας από αυτούς χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη μορφή της καμπύλης φορτίου. Άλλου είδους κτίρια έχουν καμπύλες φορτίου, που προκύπτουν με συνδυασμό των τριών υποτομέων. Η συμπαραγωγή εδώ μπορεί να καλύπτει ανάγκες ηλεκτρισμού, θέρμανσης και ψύξης (τριπαραγωγή). Η μελέτη σκοπιμότητας και ο τελικός σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να βασίζονται στην καμπύλη φορτίου του συγκεκριμένου κτιρίου. Οι μέγιστες τιμές ή ένας μέσος όρος των τιμών που αφορούν το φορτίο δεν επαρκούν καθώς ενδέχεται να οδηγήσουν σε λανθασμένα αποτελέσματα και επιλογές. [E1]

Μελέτες σκοπιμότητας έχουν δείξει ότι στα ψυχρά κλίματα, οι μεγάλες χρονικές περιόδους ζήτησης θερμικής ενέργειας για θέρμανση συμβάλλουν στην βιωσιμότητα των συστημάτων συμπαραγωγής. Στα θερμά κλίματα, η απαίτηση ψυκτικής ισχύος με ταυτόχρονη κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό και θερμότητα, είναι οι παράγοντες που κάνουν ένα σύστημα συμπαραγωγής βιώσιμο. Η διαθεσιμότητα του φυσικού αερίου και των μονάδων συμπαραγωγής σε μορφή πακέτου, καθώς

επίσης και η δυνατότητα παρακολούθησης εξ αποστάσεως της λειτουργίας των συστημάτων έχουν συντελέσει στην προώθηση των εφαρμογών της συμπαραγωγής στον τριτογενή τομέα. [2] Ο ετεροχρονισμός μεταξύ ηλεκτρικού και θερμικού φορτίου στις κατοικίες καθώς και η μεταβολή της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια του 24-ώρου, καθιστούν απαραίτητη την ύπαρξη συστήματος αποθήκευσης θερμότητας, προκειμένου να επιτευχθεί οικονομική εκμετάλλευση του συστήματος συμπαραγωγής.

Στην Ελλάδα υπάρχουν, προς το παρόν, δύο πειραματικές εγκαταστάσεις, στο Ηλιακό χωριό της Λυκόβρυσης και στο Αμερικάνικο Κολλέγιο της Αγ.Παρασκευής στην Αττική. Αλλαγές στο νομοθετικό πλαίσιο διαμορφώνουν ένα πιο ευνοϊκό κλίμα για περαιτέρω μελέτες στον τριτογενή τομέα. Συγκεκριμένα μελέτες σκοπιμότητας σε ελληνικά νοσοκομεία δείχνουν ότι η εγκατάσταση μονάδων συμπαραγωγής είναι συμφέρουσα όταν η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται τόσο τον χειμώνα (για θέρμανση) όσο και το καλοκαίρι (για δροσισμό). [E1]

1.7 Διάρθρωση της εργασίας

Στα κεφάλαια που ακολουθούν θα δούμε μια βιβλιογραφική επισκόπηση τις υπάρχουσας κατάστασης σε Ελλάδα και εξωτερικό τόσο γενικά περί συμπαραγωγής όσο και ειδικά ως προς την συμπαραγωγή σε νοσοκομεία, που αφορά και την μελέτη περίπτωσης.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι υπάρχουσες τεχνολογίες συμπαραγωγής και τριπαραγωγής. Θα γίνει σύγκριση μεταξύ των τεχνολογιών και θα οριστούν ορισμένοι δείκτες συμπεριφοράς ενός συστήματος.

Σε κάθε τεχνικό έργο υπάρχει η οικονομική πλευρά, στα κεφάλαια που ακολουθούν δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στα οικονομικά στοιχεία της τριπαραγωγής και στην μεθοδολογία ανάλυσης της επένδυσης, ώστε να οδηγήσει στον βέλτιστο σχεδιασμό και λειτουργία του συστήματος.

Η μελέτη περίπτωσης που εξετάζεται σε αυτή την διπλωματική εργασία αφορά ένα νοσοκομείο. Η ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει το εν λόγω κτίριο εξετάζονται με προσοχή ως προς τον τρόπο υπολογισμού των φορτίων (ηλεκτρικών, θερμικών ψυκτικών).

Τέλος παρουσιάζονται όλα τα τεχνικά και ενεργειακά στοιχεία του 401 Γενικού Στρατιωτικού Νοσοκομείου Αθηνών και ακολουθεί τεchnο-οικονομική ανάλυση ενός συστήματος τριπαραγωγής.

Κεφάλαιο 2^ο Η Συμπαραγωγή στην Ελλάδα

2.1 Ελλάδα και ενέργεια

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από μία ασθενή αλλά γρήγορα αναπτυσσόμενη οικονομία, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα ευρωπαϊκά κράτη. Η ασφάλεια της παρεχόμενης ενέργειας απαρτίζει ένα επίμαχο θέμα στην Ελλάδα λόγω των περιορισμένων εγχώριων ενεργειακών πηγών και της απομόνωσής της από χώρες που έχουν τη δυνατότητα εξαγωγής ενέργειας.

Η παραγωγή ηλεκτρισμού προέρχεται κατά 90% από θερμική ενέργεια. Ο λιγνίτης αποτελεί το θεμελιώδες καύσιμο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας στην ηπειρωτική χώρα, προσεγγίζοντας το 64% του συνολικά παραγόμενου ηλεκτρισμού. Το φυσικό αέριο έχει καταστεί σημαντικό τα τελευταία χρόνια και προτίθεται να αναχθεί σε ένα από τα ουσιαστικότερα καύσιμα πρωτογενούς ενέργειας μετά την αναμενόμενη απελευθέρωση της αγοράς και τη λειτουργία των αγωγών που θα συνδέσουν την Ελλάδα με την Ιταλία και το Ιράν. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η κατανάλωση του φυσικού αερίου για την παραγωγή ενέργειας πρόκειται να τριπλασιαστεί στα επόμενα δέκα χρόνια. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιπροσωπεύουν το 8,1% του συνολικά παραγόμενου ηλεκτρισμού. Η υδροηλεκτρική ενέργεια αντικατοπτρίζει κατά κύριο λόγο το ποσοστό αυτό, ενώ η βιομάζα και η ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζονται από ενδιαφέρουσες προοπτικές. [E5]

2.2 Ανάπτυξη της συμπαραγωγής στο παρελθόν

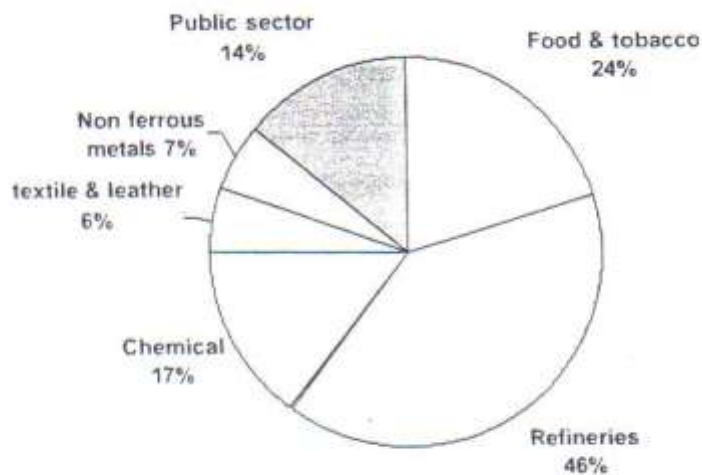
Η συνεισφορά της συμπαραγωγής στην παραγωγή ηλεκτρισμού ανέρχεται στο 3,4% του συνολικά παραγόμενου ηλεκτρισμού· ποσοστό που αποτελεί ένα από τα χαμηλότερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς της συμπαραγωγής ήταν 708MWe το 2000 με παραγωγή ηλεκτρισμού περί τα 3122GWh. Η παραγωγή θερμότητας ανερχόταν στα 1103TJ. [E1]

Στην Ελλάδα, η συμπαραγωγή αναπτύσσεται με αργούς ρυθμούς λόγω ποικίλων λόγων:

- ⊗ Ζεστό κλίμα και φτωχή βιομηχανική υποδομή
- ⊗ Πρόσφατη εισχώρηση του φυσικού αερίου στη χώρα και συνεπαγόμενη έλλειψη κατάλληλων τιμολογίων κυρίως για τον τριτογενή τομέα

- Ⓒ Οι γραφειοκρατικές διαδικασίες για την εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων συμπαραγωγής είναι ιδιαίτερα σύνθετες και η τεχνολογία αντιμετωπίζει μέτρια τεχνογνωσία
- Ⓒ Η ύπαρξη μιας μονοπωλιακής ηλεκτρικής οντότητας (Δ.Ε.Η.- Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού) η οποία δεν υποστηρίζει επαρκώς τη συμπαραγωγή. Ωστόσο, η συγκεκριμένη επιχείρηση έχει αρχίσει να δραστηριοποιείται στον εν λόγω τομέα τα τελευταία χρόνια.

Η πλειοψηφία των μονάδων συμπαραγωγής εγκαταστάθηκε μεταξύ του 1970 και 1980 χωρίς οικονομικά κίνητρα. Η ανάπτυξη της συμπαραγωγής έχει αρχίσει να σημειώνεται με την ύπαρξη κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου και της παροχής φυσικού αερίου.



Σχήμα 2.1 Συμπαραγωγή ανά τομέα στην Ελλάδα [Ε1]

2.3 Καύσιμη ύλη για μονάδες συμπαραγωγής

Το φυσικό αέριο απαρτίζει τη βέλτιστη επιλογή για τις μονάδες συμπαραγωγής. Μερικές μονάδες χρησιμοποιούν λιγνίτη ως καύσιμη ύλη και παρέχουν τηλεθέρμανση στο βόρειο τμήμα της χώρας.

Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει τις εγκατεστημένες μονάδες συμπαραγωγής ανάλογα με το είδος της καύσιμης ύλης που χρησιμοποιούν. Επίσης, παρέχει πληροφορίες σχετικές με τη θερμική και ηλεκτρική ισχύ που παράγουν.

| Είδος καύσιμης ύλης | Μέγιστη ισχύς | | | Παραγωγή | | | Καύσιμο | Αριθμός μονάδων |
|---------------------|---------------|----------|---------|-------------|-----------|----------|---------|-----------------|
| | Ηλεκτρική | | Θερμική | Ηλεκτρισμός | | Θέρμανση | Input | |
| | CHP MW | Gross MW | Net MW | ECHP GWh | Gross GWh | NetTJ | TJ | |
| Στερεό | 34 | 495 | 120 | 147 | 2132 | 1174 | 21844 | 2 |
| Υγρό | 97 | 97 | 423 | 415 | 415 | 5178 | 8075 | 14 |
| Αέριο | 114 | 114 | 368 | 575 | 575 | 5207 | 10798 | 18 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 245 | 706 | 910 | 1137 | 3122 | 11560 | 40717 | 34 |

Πίνακας 2.1 Μονάδες συμπαραγωγής και τύποι χρησιμοποιούμενων καυσίμων [Ε2], [6]

Παράλληλα με όσα επισημάνθηκαν παραπάνω, η βιομάζα διαθέτει καλές προοπτικές λόγω των υπολογίσιμων ποσοτήτων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων που παράγονται ετησίως στην Ελλάδα. Υπάρχουν ήδη τρεις(3) μονάδες συμπαραγωγής με βιομάζα και παράγουν 179GWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως.

Ο Πίνακας 2.2 που ακολουθεί κατηγοριοποιεί τις μονάδες συμπαραγωγής ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη καύσιμη ύλη (λιγνίτης, φυσικό αέριο, κ.ά) και δίδει πληροφορίες για την ισχύ καυσίμου, την ηλεκτρική και θερμική ισχύ αυτών.

2.4 Φυσικό αέριο και συμπαραγωγή

Το φυσικό αέριο είναι η νέα πηγή ενέργειας, που έφτασε πρόσφατα στην Ελλάδα, μέσω αγωγών από τη Ρωσία, αλλά, και σε υγροποιημένη μορφή, από την Αλγερία. Αποτελεί μία μοναδική ευκαιρία για διάφορους τομείς της οικονομίας, να μειώσουν το ενεργειακό τους κόστος, αλλά και να βελτιώσουν τις εκπομπές αέριων ρύπων προς το περιβάλλον.

Η άφιξη του φυσικού αερίου στην Ελλάδα και οι δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία της συμπαραγωγής οδήγησαν στη δραστηριοποίηση ενός σημαντικού αριθμού εταιριών ή οργανισμών, με στόχους την ενημέρωση του επιχειρηματικού κόσμου, την παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών για τη μελέτη και κατασκευή εγκαταστάσεων συμπαραγωγής με το «κλειδί στο χέρι», τη συντήρηση, λειτουργία και εκμετάλλευση εγκαταστάσεων συμπαραγωγής.

Η αγορά της συμπαραγωγής μέχρι και σήμερα, παρ' όλα τα θετικά βήματα που έγιναν από την Πολιτεία (π.χ. νέος ενεργειακός νόμος, Ν.2773/99, επιδοτήσεις σε συστήματα ΣΗΘ τόσο από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας, ΕΠΕ, του Β' ΚΠΣ όσο και από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» του Γ' ΚΠΣ, κ.λ.π.), παραμένει δύσπιστη και σε κατάσταση αναμονής για τους εξής λόγους:

- Ⓢ Έλλειψη διασαφήνισης του υπάρχοντος νομικού πλαισίου, μετά την απελευθέρωση του τομέα της Ενέργειας το Φεβρουάριο του 2001. Ο νέος ενεργειακός νόμος, Ν.2773/99, που ψηφίστηκε το Δεκέμβριο του 1999, απαιτεί τη διασαφήνιση πολλών σημείων με Προεδρικά Διατάγματα
- Ⓢ Δυσκολία στον προσδιορισμό των βασικών μεγεθών για οικονομικοτεχνικές αναλύσεις στον ενεργειακό τομέα
- Ⓢ Παντελής έλλειψη τιμολογιακής πολιτικής για συμπαραγωγή στον τριτογενή τομέα
- Ⓢ Έλλειψη ανταγωνιστικής τιμολογιακής πολιτικής για συμπαραγωγή στον βιομηχανικό τομέα. Η υπάρχουσα τιμολόγηση Φ.Α. για συμπαραγωγή και του τρόπου υπολογισμού της τιμής του, καλύφθηκε από τη ΔΕΠΑ τον Οκτώβριο του 1999, αλλά λόγω της αβεβαιότητας και της καθυστέρησης οδήγησε σημαντικά ενεργειακά έργα ΣΗΘ, που επιλέχθηκαν για επιδότηση από το ΕΠΕ του Β' ΚΠΣ, στην απένταξη
- Ⓢ Καθυστέρηση του διαγωνισμού διανομής του φυσικού αερίου για τις μεγάλες πόλεις, τα προηγούμενα χρόνια. Πρόσφατα, η διανομή του φυσικού αερίου στη Θεσσαλονίκη, Λάρισα και Βόλο ανατέθηκε στην ITALGAS, ενώ για το δίκτυο της Αθήνας η διανομή ανατέθηκε στην κοινοπραξία Cinergy(USA) και Shellgas(UK), μετά από πολυετείς διαδικασίες
- Ⓢ Δυσκολίες για την περαιτέρω ανάπτυξη του δικτύου διανομής φυσικού αερίου
- Ⓢ Αδυναμία της ΔΕΠΑ για την τήρηση του προβλεπόμενου χρονοδιαγράμματος για τη σύνδεση μεγάλων βιομηχανιών
- Ⓢ Έλλειψη εμπειρίας στην ενεργειακή διαχείριση και αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων

| Καύσιμη ύλη | | Μονάδες | Δημόσιες υπηρεσίες | Αυτοπαραγωγοί | ΣΥΝΟΛΟ |
|--------------|-----------------|----------|--------------------|---------------|--------|
| Λιγνίτης | Ισχύς καυσίμου | TJ (NCV) | 21844 | | 21844 |
| | Ηλεκτρική ισχύς | GWh | 2132 | | 2132 |
| | Θερμική ισχύς | TJ | 1174 | | 1174 |
| Φυσικό αέριο | Ισχύς καυσίμου | TJ (NCV) | | 10798 | 10798 |
| | Ηλεκτρική ισχύς | GWh | | 575 | 575 |
| | Θερμική ισχύς | TJ | | 5207 | 5207 |
| Άλλα καύσιμα | Ισχύς καυσίμου | TJ (NCV) | | 8075 | 8075 |
| | Ηλεκτρική ισχύς | GWh | | 415 | 415 |
| | Θερμική ισχύς | TJ | | 5178 | 5178 |
| ΣΥΝΟΛΟ | Ισχύς καυσίμου | TJ (NCV) | 21844 | 18872 | 40717 |
| | Ηλεκτρική ισχύς | GWh | 2132 | 990 | 3122 |
| | Θερμική ισχύς | TJ | 1174 | 10386 | 11560 |

Πίνακας 2.2 Μονάδες συμπαραγωγής, χρησιμοποιούμενα καύσιμα και παραγωγή ενέργειας [E2], [6]

2.5 Κατηγορίες μονάδων συμπαραγωγής

Οι δύο κατηγορίες μονάδων συμπαραγωγής που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι οι αεριοστρόβιλοι και οι ατμοστρόβιλοι αντίθλιψης. (Η κατάσταση αυτή ίσχυε το 2003, ωστόσο σήμερα έχει μεταβληθεί).

| Τύπος συστήματος | Μέγιστη ισχύς | | | Παραγωγή | | | Καύσιμο | Αριθμός μονάδων |
|--|---------------|----------|---------|-------------|-----------|----------|----------|-----------------|
| | Ηλεκτρική | | Θερμική | Ηλεκτρισμός | | Θέρμανση | Input | |
| | CHP MW | Gross MW | Net MW | ECHP GWh | Gross GWh | Net TJ | TJ (NVC) | |
| Συνδυασμένος κύκλος | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Αεριοστρόβιλος με ανακομιδή θερμότητας | 106 | 106 | 218 | 664 | 664 | 33708 | 7766 | 10 |
| Μηχανές εσωτερικής καύσης | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ατμοστρόβιλος αντίθλιψης | 600 | 600 | 693 | 473 | 2458 | 7852 | 32951 | 24 |
| Άλλα | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 706 | 706 | 910 | 1137 | 3122 | 11560 | 40717 | 34 |

Πίνακας 2.3 Συστήματα συμπαραγωγής που έχουν εγκατασταθεί στην Ελλάδα [Ε2], [6]

2.6 Πρωτόκολλο του Κιότο

Η Ελλάδα έχει το περιθώριο να αυξήσει κατά 25% τις εκπομπές CO₂ από το επίπεδο του 1990 κατά τη διάρκεια της περιόδου συμμόρφωσης, δηλαδή 2008-2012. Το 2003 οι εκπομπές του CO₂ ήταν αυξημένες κατά 23% σε σχέση με το προηγούμενο επίπεδο. Επιπρόσθετα, αν δεν ληφθούν ουσιαστικά μέτρα άμεσα, το ποσοστό του CO₂ θα αυξηθεί μέχρι το 2010 κατά 38,9% σε σχέση με εκείνο του 1990.

Το δεύτερο πανελλήνιο πρόγραμμα κλιματολογικών αλλαγών αναδεικνύει την προώθηση της συμπαραγωγής στο βιομηχανικό και τριτογενή τομέα ως το ουσιαστικότερο εργαλείο στο πεδίο της ενέργειας.

Το 1990, το 50% του εκπεμπόμενου CO₂ στην Ελλάδα προερχόταν από την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το συγκεκριμένο υψηλό ποσοστό του CO₂ αποδίδεται κατά κύριο λόγο στη διαδεδομένη χρήση του λιγνίτη και του πετρελαίου για την παραγωγή ενέργειας. Η «υιοθέτηση» του φυσικού αερίου απαρτίζει τη θεμελιώδη περιβαλλοντική στρατηγική για τη μείωση των εκπομπών. Ωστόσο, η ριζική

αναδιάρθρωση της αγοράς και η ανάπτυξη της βιομηχανική υποδομής κρίνονται απαραίτητες προκειμένου να περατωθεί ο παραπάνω στόχος. [Ε6]

2.7 Εθνική Ενεργειακή Πολιτική

Η στροφή της εθνικής μας περιβαλλοντικής και ενεργειακής πολιτικής τα τελευταία χρόνια σε δράσεις που κατατείνουν στην προστασία του περιβάλλοντος, στην ορθολογική χρήση και διαχείριση των φυσικών πόρων, στην χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κ. ά. αποτελεί την καθοριστική δικλείδα προς ένα «πράσινο» - αειφόρο μέλλον! Ιδιαίτερα όταν γνωρίζουμε ότι στην Ελλάδα η ενεργειακή ένταση από το 1990 (εκφραζόμενη σαν λόγος της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας προς το ΑΕΠ) ήταν κατά 60% μεγαλύτερη από ότι στην Κοινότητα των 12 χωρών, κατά μέσο όρο, ενώ στην περίοδο 1980 -1990 ο δείκτης ενεργειακής έντασης αυξήθηκε με μέσο ρυθμό 1,1%. [Ε6]

Με δεδομένο ότι η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας για τις μεταφορές, τη βιομηχανία και τον οικιακό, εμπορικό και τριτογενή τομέα είναι υπεύθυνες για τις κλιματικές αλλαγές του πλανήτη, το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ προώθησε το 1995 το Ελληνικό Πρόγραμμα για την "Κλιματική Μεταβολή" που αφορά στη λήψη μέτρων για τη σταθεροποίηση των εκπομπών των αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα. Παράλληλα εξειδικεύτηκαν τα μέτρα που αφορούν στον κτιριακό τομέα που συμβάλλει στην παραγωγή του 30% περίπου της τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο και ως εκ τούτου είναι υπεύθυνος για την παραγωγή του 40 % του διοξειδίου του άνθρακα, ώστε να περιοριστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι ήπιες κλιματικές συνθήκες και η υψηλή ηλιοφάνεια που επικρατούν στην χώρα μας δεν δικαιολογούν τέτοιο υψηλό ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης. Με τη λήψη των κατάλληλων επεμβάσεων τόσο στο ίδιο το κτίριο, όσο και στα οικιστικά σύνολα η κατάσταση μπορεί να είναι αναστρέψιμη, αρκεί να ισχύσουν νέοι περιβαλλοντικοί και ενεργειακοί δείκτες, κριτήρια και παράμετροι που θα επιτρέπουν ευνοϊκές σχέσεις δομημένου - ελεύθερου χώρου, ελαχιστοποίηση των δυσμενών επιπτώσεων στην πόλη και των δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται σ' αυτήν, ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τα ίδια τα κτίρια. Η εξοικονόμηση ενέργειας και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν τη δικλείδα προς ένα «πράσινο» μέλλον.

Η νομοθεσία και τα κανονιστικά μέτρα που ισχύουν σήμερα, παρά τις πρόσφατες σημαντικές βελτιώσεις, δεν καλύπτουν ακόμη επαρκώς το φάσμα των ελλείψεων. Τονίζεται έτσι όλο και με περισσότερη έμφαση η ανάγκη να αμβλυνθούν οι αδυναμίες, κύρια σε θέματα πιστοποίησης αλλά και μηχανισμών ελέγχου της εφαρμογής των κανονισμών.

Κάθε προσπάθεια εφαρμογής προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας στην Ελλάδα έρχεται αντιμέτωπη με τα παρακάτω προβλήματα:

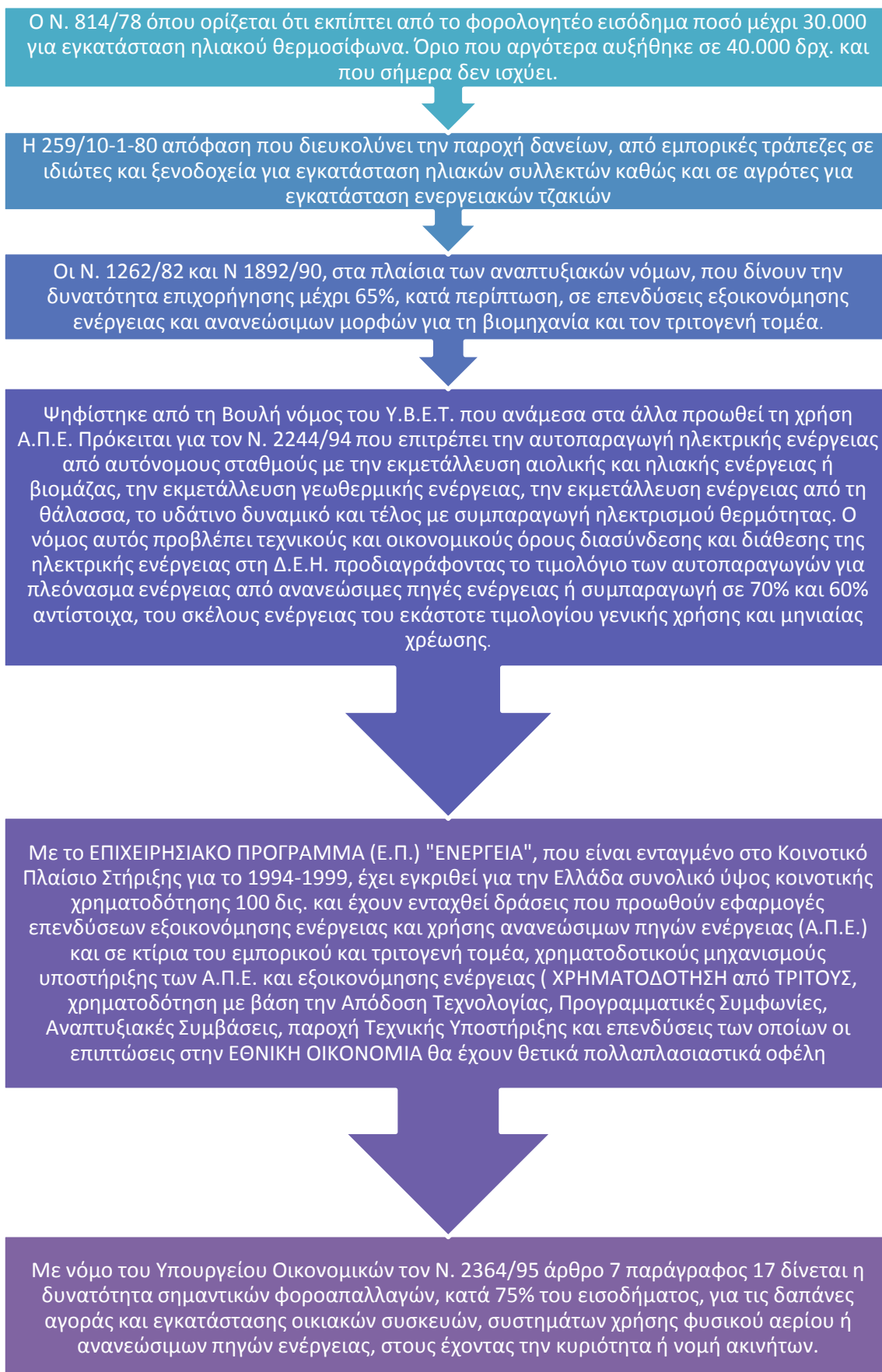
- Ⓢ Απουσία οργανογράμματος εφαρμογής ενός πραγματοποιήσιμου προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας με βραχυπρόθεσμες παρεμβάσεις και μακροπρόθεσμους στόχους.
- Ⓢ Απουσία ικανού και αναγκαίου θεσμικού πλαισίου.
- Ⓢ Απουσία ανάλογης φορολογικής πολιτικής που θα προωθεί στόχους εξοικονόμησης ενέργειας
- Ⓢ Χαμηλό βαθμό απόδοσης του υπάρχοντος ενεργειακού συστήματος
- Ⓢ Η εκμετάλλευση των Κοινοτικών πόρων γίνεται κύρια για μεμονωμένες επενδύσεις Ε.Ε. χωρίς αποδεδειγμένο συνολικό αποτέλεσμα.
- Ⓢ Απουσία αρχείου ενεργειακών δεδομένων.
- Ⓢ Απουσία ανταγωνισμού στο χώρο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ⓢ Αδυναμία εμπορικής εκμετάλλευσης των Α.Π.Ε.
- Ⓢ Αδυναμία παρακολούθησης και ελέγχου εφαρμογής των ισχυόντων νόμων.
- Ⓢ Απουσία ενεργειακής συνείδησης.
- Ⓢ Απουσία αποθεμάτων πρωτογενούς ενέργειας.

Επειδή η ενεργειακή κατανάλωση συσχετίζεται άμεσα με τις ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων το σύνολο των υφιστάμενων νομοθετημάτων απευθύνονται σε αυτό με διάκριση μεταξύ του οικιακού και τριτογενή τομέα και αφορά σε οικοδομικούς, κτιριοδομικούς και άλλους κανονισμούς αλλά και σε αναπτυξιακά κίνητρα που απευθύνονται αποκλειστικά σε ορισμένους μόνο κλάδους του τριτογενή τομέα με έμφαση στον τουρισμό, ενώ το νομοθετικό πλαίσιο του βασικού νόμου Ν. 40/75 και των σχετικών ρυθμίσεων έχουν εκδοθεί για επιμέρους χρήσεις ενεργειακής κατανάλωσης.

Παράλληλα:

- Ⓢ Από το 1979 ισχύει η υποχρεωτική εφαρμογή της θερμομόνωσης στα νέα κτίρια και μόνο τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται επαρκώς. Αν και η θέσπιση του κανονισμού της θερμομόνωσης επέβαλε μία νέα αντίληψη στην κατασκευή των κτιρίων, εν τούτοις δεν εφαρμόζεται επαρκώς, παράλληλα δεν εμπεριέχει έννοιες για ορθολογική χρήση ενέργειας, ή εξοικονόμηση ενέργειας., ούτε προδιαγράφει το αναγκαίο σύστημα πιστοποίησης.
- Ⓢ Τα νομοθετήματα που σχετίζονται με τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών αφορούν σε κατοικημένες περιοχές.
- Ⓢ Οι οικονομικού περιεχομένου νόμοι προβλέπουν επιδοτήσεις για επενδύσεις σε παραγωγικές μόνο δραστηριότητες για εφαρμογή μέτρων ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας.
- Ⓢ Ο νόμος 1512 / 85 προβλέπει τη δυνατότητα παροχής Κινήτρων για εξοικονόμηση ενέργειας σε υφιστάμενα και νεοαναγειρόμενα κτίρια για την προώθηση της χρήσης «ήπιων μορφών ενέργειας» και συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας (άρθρο 6).

Κατά καιρούς θεσπίστηκαν οικονομικά κίνητρα και διευκολύνσεις, όπως :



Σχήμα 2.2 Χρονολόγιο θέσπισης οικονομικών κινήτρων και διευκολύνσεων

2.8 Νομοθετικό πλαίσιο σχετικό με τη συμπαραγωγή

Η Ελλάδα καταβάλλει προσπάθειες προκειμένου να εισαγάγει ένα ρυθμιστικό πλαίσιο για τον ηλεκτρισμό και τα καύσιμα. Οι συγκεκριμένες προσπάθειες αποβλέπουν στην ενθάρρυνση διάφορων επενδύσεων στον εκσυγχρονισμό της ενεργειακής υποδομής και στην «ευθυγράμμιση» της Ελλάδας με τα υπόλοιπα ευρωπαϊκά κράτη. Η νομική μεταρρύθμιση βρίσκεται ακόμα σε αρχικό στάδιο, εντούτοις αρκετές αξιόλογες αλλαγές αναμένεται να διαδραματιστούν τα επόμενα χρόνια.

2.8.1 Σημαντικοί φορείς

2.8.1.1 Ρ.Α.Ε.-Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

Ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 2000, ενώ πρωταρχικό της μέλημα είναι να συμβουλευεί τον υπουργό ανάπτυξης για θέματα ενέργειας και να παρέχει άδειες παραγωγής. Ορισμένες από τις αρμοδιότητές της επισημαίνονται παρακάτω: [Ε8]

- Ⓢ Επιβλέπει το Hellenic Transmission System Operator (HTSO) - (Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ)
- Ⓢ Παρακολουθεί και ελέγχει τη λειτουργία της αγοράς ενέργειας σε όλους τους τομείς της και εισηγείται στα αρμόδια όργανα τη λήψη των αναγκαίων μέτρων για την τήρηση των κανόνων του ανταγωνισμού και την προστασία των καταναλωτών
- Ⓢ Γνωμοδοτεί για τη χορήγηση αδειών που προβλέπονται από διατάξεις νόμων σχετικών με δραστηριότητες στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, διοργανώνει, παρακολουθεί και ελέγχει τις διαδικασίες χορήγησης αδειών και ελέγχει τον τρόπο άσκησης των δικαιωμάτων που παρέχονται με αυτές.
- Ⓢ Συλλέγει, οργανώνει, επεξεργάζεται και αξιολογεί, υπό τον όρο της εχεμύθειας και της προστασίας του επιχειρηματικού και άλλων απορρήτων, τα αναγκαία για την εκπλήρωση της αποστολής της τεχνικά, οικονομικά, λογιστικά, εμπορικά και άλλα συναφή στοιχεία, που αφορούν τα πρόσωπα που ασκούν δραστηριότητα στον τομέα της ενέργειας
- Ⓢ Επιβάλλει στους παραβάτες των σχετικών με την ενέργεια, τα πρόστιμα που προβλέπονται
- Ⓢ Συνεργάζεται με αντίστοιχες αρχές άλλων κρατών ή με διεθνείς οργανισμούς και συμμετέχει σε δραστηριότητες των εν λόγω αρχών και οργανισμών
- Ⓢ Ενημερώνει την Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για την απελευθέρωση της αγοράς του φυσικού αερίου

2.8.1.2 Υπουργείο Ανάπτυξης

Το Υπουργείο Ανάπτυξης απαρτίζει την κυβερνητική αρχή που επιφορτίζεται με τα ζητήματα της ενέργειας. Επιβλέπει τις δραστηριότητες της Ρ.Α.Ε. και έχει την ουσιαστικότερη επιρροή σε νομοθετικές και ρυθμιστικές διαδικασίες. Επιπρόσθετα, το υπουργείο ανάπτυξης είναι υπεύθυνο για τη γενικότερη πολιτική στον τομέα του ηλεκτρισμού και των καυσίμων. Πιο συγκεκριμένα: [E10]

- Ⓢ Μεριμνά για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος από τις επιπτώσεις των Δραστηριοτήτων Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Ⓢ Φροντίζει για την ικανοποίηση του συνόλου των ενεργειακών αναγκών της χώρας
- Ⓢ Ελέγχει αν οι κάτοχοι άδειας παραγωγής ή προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να χρηματοδοτούν τις δραστηριότητες για τις οποίες τους χορηγήθηκε άδεια
- Ⓢ Προάγει τον υγιή ανταγωνισμό στους τομείς της παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής και κάθε άλλης μορφής ενέργειας
- Ⓢ Προστατεύει τα συμφέροντα των καταναλωτών και ιδίως τις τιμές, τους όρους προμήθειας, την ασφάλεια εφοδιασμού, την τακτική παροχή και την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών προμήθειας ηλεκτρικής και κάθε άλλης μορφής ενέργειας
- Ⓢ Λαμβάνει υπόψη τις δαπάνες στις οποίες προβαίνουν οι κάτοχοι άδειας για την έρευνα, ανάπτυξη και χρήση νέων τεχνικών μεθόδων και διαδικασιών για την παραγωγή, μεταφορά, διανομή ή προμήθεια ηλεκτρικής ή άλλης μορφής ενέργειας
- Ⓢ Προστατεύει το κοινό από κινδύνους που δημιουργούνται από τις ενεργειακές δραστηριότητες και μεριμνά για την τήρηση των κανόνων υγιεινής και ασφάλειας όσων απασχολούνται στις δραστηριότητες αυτές.

2.8.1.3 Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας & κλιματικής αλλαγής

Αποστολή του Υπουργείου αποτελεί η διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, των ανανεώσιμων φυσικών πόρων και των υδατικών πόρων, η ορθή διαχείριση των μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων και η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η εξοικονόμηση ενέργειας, η αντιμετώπιση, μετριασμός και προσαρμογή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, η αστική αναγέννηση, ο βιώσιμος χωροταξικός σχεδιασμός με σεβασμό στην αρχιτεκτονική κληρονομιά, και ο συντονισμός των περιβαλλοντικών πολιτικών της κυβέρνησης. [E6]

2.8.2 Νομοθεσία για τον ηλεκτρισμό

Η Δ.Ε.Η. προβαίνει σε δεσμεύσεις για νέα δυνατότητα παραγωγής, παρόλα αυτά υπάρχουν πολλοί ιδιώτες και επιχειρήσεις οι οποίοι προβαίνουν σε επενδύσεις για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και την ανάπτυξη του ανταγωνισμού. Το ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο για τον ηλεκτρισμό που ορίζει και την τιμολόγηση του δομείται από τους ακόλουθους νόμους:

Νόμος 2773/99

- Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις

Κοινή Υπουργική Απόφαση 4/11/2004

- Τροποποίηση και συμπλήρωση της αντιστοίχισης των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία

Νόμος 3426/2005

- Επιτάχυνση της διαδικασίας για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Νόμος 3468/2006

- Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπααραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις

Υπουργική Απόφαση Ν. 3734/2009

- Καθορισμός εναρμονισμένων τιμών αναφοράς των βαθμών απόδοσης για τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας
- Καθορισμός λεπτομερειών της μεθόδου υπολογισμού της ηλεκτρικής ενέργειας από συμπαραγωγή και της αποδοτικότητας συμπαραγωγής

Νόμος 3851/2010

- Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής

Νόμος 4001/2011

- Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις.

Νόμος 889/2012

- Τροποποίηση και συμπλήρωση της απόφασης του Υπουργού Ανάπτυξης Δ5-ΗΛ/Γ/Φ1/οικ.15641 (ΦΕΚ Β' 1420/15.7.2009) περί καθορισμού των λεπτομερειών της μεθόδου υπολογισμού της ηλεκτρικής ενέργειας από συμπαραγωγή και της αποδοτικότητας συμπαραγωγής και ρύθμιση θεμάτων σχετικών με την αδειοδότηση των Μονάδων παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Συμπααραγωγή και Συμπααραγωγή Υψηλής Αποδοτικότητας και τη συμμετοχή τους στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας και το Σύστημα Εγγυημένων Τιμών ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ καθώς και την αποζημίωση αυτών

2.8.3 Νομοθεσία για τα καύσιμα

Νόμος 2364/1995

- Καθιστά την Δ.Ε.Π.Α. υπεύθυνη για την εισαγωγή, μεταφορά και διανομή του φυσικού αερίου στην Ελλάδα σε μεγάλους καταναλωτές (ζήτηση 100 εκατομμύρια $\text{NM}^3/\text{έτος}$)
- Ορίζει το ελληνικό κράτος ως οντότητα με αρμοδιότητες ελέγχου και διατηρεί τη Δ.Ε.Π.Α. υπό την κυριότητα της πολιτείας. Ο ουσιαστικός ρόλος της ελληνικής κυβέρνησης είναι να ενθαρρύνει ιδιωτικές επενδύσεις για λόγους επέκτασης του δικτύου και τόνωσης του ανταγωνισμού.

Υπουργική Απόφαση Ν. 4955/2006

- Ορισμός τιμολογίου μεταφοράς φυσικού αερίου και αεριοποίησης ΥΦΑ.

Νόμος 4001/2011

- Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις.

2.9 Άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Η κατασκευή εγκαταστάσεων παραγωγής και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπεται σε όσους έχει χορηγηθεί άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή έχουν νομίμως εξαιρεθεί από την υποχρέωση αυτή. Πιο συγκεκριμένα, η άδεια παραγωγής χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης, ύστερα από γνώμη της Ρ.Α.Ε. σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις που προβλέπονται στον Κανονισμό Αδειών. [Ε8]

Η άδεια πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τα εξής στοιχεία: α) Το πρόσωπο στο οποίο χορηγείται το δικαίωμα, β) Το σταθμό ηλεκτροπαραγωγής για τον οποίο χορηγείται η άδεια, τον τόπο εγκατάστασής του, το δυναμικό παραγωγής και τη χρησιμοποιούμενη καύσιμη ύλη.

Η άδεια επιτρέπεται να επεκτείνεται, αν αυξηθεί το δυναμικό της παραγωγής ή να τροποποιείται, αν αλλάζουν τα υπόλοιπα στοιχεία της. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητο να επισημάνουμε πως η χορήγηση άδειας παραγωγής δεν απαλλάσσει τον κάτοχο της από την υποχρέωση να λαμβάνει άλλες άδειες ή εγκρίσεις που προβλέπονται από την ισχύουσα νομοθεσία, όπως οι άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας.

2.10 Αναγκαιότητα ανάπτυξης της συμπαραγωγής

Η συμπαραγωγή παράγει περίπου το 3,4% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Ωστόσο, το συγκεκριμένο ποσοστό αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά λόγω της σημειωθείσας οικονομικής ανάπτυξης. Οι ακόλουθοι παράγοντες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση της συμπαραγωγής στην Ελλάδα: [E1]

- ⊙ Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας συνετέλεσε στην εμφάνιση πολλών εργολαβικών προσφορών, η πλειοψηφία των οποίων σχετίζεται με το φυσικό αέριο
- ⊙ Το 2001 πραγματοποιήθηκε αδειοδότηση για την κατασκευή μονάδων με δυναμικότητα 400MWe. Δύο μικρές μονάδες συμπαραγωγής εγκαταστάθηκαν το 2003 στη Βοιωτία για λογαριασμό της Δ.Ε.Η. με δυναμικότητα 35MW, ενώ μία μονάδα για το Αλουμίνιο της Ελλάδας των 150MW ολοκληρώθηκε μόλις το 2004. Επιπλέον, η Δ.Ε.Η. πρόκειται να εγκαταστήσει επιπρόσθετη δυναμικότητα 198MW στο προσεχές μέλλον
- ⊙ Η ηλεκτρική ζήτηση αναμένεται να αυξηθεί. Σύμφωνα με τη Ρ.Α.Ε. 6000MWe επιπρόσθετης δυναμικότητας θα χρειαστούν για την κάλυψη των αναγκών το 2015
- ⊙ Θα υπάρξουν μεταβολές στο σύστημα της Ελλάδας και θα καταστήσουν το φυσικό αέριο διαθέσιμο, δημιουργώντας αξιόλογες προδιαγραφές για το μέλλον:
 - Σημαντικά έργα υποδομής βρίσκονται σε εξέλιξη προκειμένου να συνδεθεί η με το Ιράν, την Τουρκία και την Ιταλία
 - Η δημιουργία τιμολογίου για το φυσικό αέριο βρίσκεται υπό συζήτηση μεταξύ της Δ.Ε.Π.Α. – (Δημόσια Επιχείρηση Παροχής Αερίου) και της ελληνικής κυβέρνησης
 - Η ελληνική κυβέρνηση προωθεί τη στροφή προς το φυσικό αέριο προκειμένου να τηρηθούν οι κλιματολογικές δεσμεύσεις και να επιτευχθεί η πολιτική παροχής ενέργειας
- ⊙ Η ευρωπαϊκή πολιτική και τα σενάρια στήριξης για την επίτευξη μιας μοναδικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου στην Ευρώπη θα πρέπει να υιοθετήσουν τεχνολογίες όπως η συμπαραγωγή

Το πρόγραμμα «Future Cogen» μελέτησε την πιθανή ανάπτυξη της συμπαραγωγής στην Ελλάδα υιοθετώντας τέσσερα πιθανά σενάρια:

- ⊙ Σύμφωνα με την υπάρχουσα τακτική, μόνο μία μετριοπαθής ανάπτυξη της συμπαραγωγής θα μπορούσε να σημειωθεί με δυναμικότητα 440MWe εγκατεστημένης ισχύος
- ⊙ Σύμφωνα με την τακτική της απελευθέρωσης(χειρότερη περίπτωση σεναρίου), η δυναμικότητα της συμπαραγωγής συρρικνώνεται αρχικά

προσεγγίζοντας τα 328MWe της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος το 2020, δηλαδή περίπου ίδια δυναμικότητα με εκείνη του 2000

- Ⓢ Σύμφωνα με το σενάριο του Κιότο, όπου το συνολικό κόστος για την παραγωγή ενέργειας λαμβάνει υποκειμενικό χαρακτήρα και η ευρωπαϊκή πολιτική επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στην «αποκεντρωμένη» ενέργεια, η δυναμικότητα στην Ελλάδα μπορεί να φτάσει τα 809MWe το 2020
- Ⓢ Τέλος, σύμφωνα με μία τακτική όπου παρέχονται ορισμένα προνόμια λόγω της επίγνωσης των κλιματολογικών αλλαγών, η συμπαραγωγή στην Ελλάδα μπορεί να πλησιάσει τη δυναμικότητα των 578MWe.

Σύμφωνα με το ευνοϊκότερο σενάριο, εκτιμάται ότι η συμπαραγωγή μικρής κλίμακας θα αναλογεί μόνο στο 3% του συνολικά παραγόμενου ηλεκτρισμού το 2020. Τέτοιου είδους μονάδες δύνανται να εγκατασταθούν στον τριτογενή τομέα (ξενοδοχεία, νοσοκομεία, πανεπιστήμια), ωστόσο η πρόοδος αυτή εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την περαιτέρω διεύθυνση του φυσικού αερίου στην Ελλάδα. [Ε6], [7]

2.11 Δίκτυο ηλεκτροδότησης

2.11.1 Χαρακτηριστικά του δικτύου ηλεκτροδότησης

Το ελληνικό δίκτυο ηλεκτροδότησης είναι επί του παρόντος συνδεδεμένο με το αντίστοιχο της Αλβανίας, Βουλγαρίας, πρώην Γιουγκοσλαβίας και Ιταλίας, ενώ υπάρχουν προοπτικές σύνδεσης και με άλλα ευρωπαϊκά κράτη. Σ' ό,τι αφορά το εσωτερικό της χώρας, τα νησιά της ανατολικής Ελλάδας συνδέονται με την ηπειρωτική μέσω υποθαλάσσιων γραμμών, εντούτοις υπάρχουν ακόμα αρκετά μη συνδεδεμένα νησιά.

2.11.2 Μεταφορά

Η Δ.Ε.Η. παραμένει κάτοχος του δικτύου μεταφοράς, ωστόσο η ΑΔΜΗΕ αποτελεί το νέο Transmission System Operator and Transmission Market Operator. [Ε9]

Η ΑΔΜΗΕ είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία, επισκευή και ανάπτυξη του συστήματος μεταφοράς, καθώς και για τις αλληλοσυνδέσεις με άλλα συστήματα. Επιπλέον, επιφορτίζεται με τον καταμερισμό του ηλεκτρισμού στις εγκαταστάσεις παραγωγής ώστε να υπάρχει μία αναλογία ανάμεσα στη ζήτηση και την παροχή του ηλεκτρισμού. Τέλος, καταπιάνεται με όλες τις βοηθητικές υπηρεσίες και την επέκταση του δικτύου.

2.11.3 Διανομή

Η έμμεσα εμπλεκόμενη πρόσβαση στηριζόμενη σε δημοσιευμένα τιμολόγια θα μπορούσε να καταστεί εφικτή, αν και η Δ.Ε.Η. παραμένει κάτοχος και διαχειριστής του συστήματος διανομής. Η Δ.Ε.Η., λοιπόν, εξακολουθεί να έχει υπό την αρμοδιότητά της τη λειτουργία, εκμετάλλευση, επισκευή και ανάπτυξη του δικτύου. Η διαχείριση του δικτύου εγκρίνεται από τον υπουργό ανάπτυξης μετά τη συμβουλευτική παρέμβαση της Ρ.Α.Ε. και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. [Ε8]

2.11.4 Χρέωση σύνδεσης

2.11.4.1 Χρέωση μεταφοράς

Κάθε χρόνο μέχρι τις 30 Σεπτεμβρίου, ο διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς εκτιμά το ετήσιο κόστος του συστήματος και το υποβάλλει στον υπουργό ανάπτυξης προκειμένου να εγκριθεί. Έπειτα, η ΑΔΜΗΕ ανακοινώνει τις χρεώσεις των παραγωγών και των πελατών για το επόμενο έτος. Ο πίνακας που μπορεί να βρεθεί στον ισόχωρο της ΡΑΕ περιέχει τη χρέωση για το δίκτυο μεταφοράς για εγκαταστάσεις συμπαραγωγής(θα πρέπει να προστεθεί το ποσό των 0,99€ ανά MWh ως χρέωση ενέργειας).

2.11.4.2 Χρέωση διανομής

Η ΡΑΕ εγκρίνει τους υπολογισμούς του ετήσιου κόστους για τη χρέωση διανομής. Το 30% του υπολογιζόμενου κόστους θα καταβληθεί από τους παραγωγούς, ενώ το 70% από τους πελάτες.

2.12 Εμπόδια στην ανάπτυξη της συμπαραγωγής

Στην Ελλάδα υπάρχουν τα εξής εμπόδια στην ανάπτυξη της συμπαραγωγής:

Έλλειψη διαφάνειας

- Τη δεδομένη χρονική περίοδο υπάρχει γενική έλλειψη διαφάνειας στα ελληνικά συστήματα ηλεκτρισμού και καυσίμων· έλλειψη η οποία αναχαιτίζει τον ανταγωνισμό.

Διοικητικοί φραγμοί

- Καταχρηστική εμπλοκή της ελληνικής κυβέρνησης σε ποικίλες διαδικασίες
- Πολύπλοκες διαδικασίες αδειοδότησης
- Η πλήρης διαδικασία είναι μακροσκελής προκαλώντας με αυτό τον τρόπο τη δημιουργία μεγάλης περιόδου μεταξύ της χρηματοδοτικής έγκρισης και της διασφάλισης των σχετικών αδειών. Η απλοποίηση της διαδικασίας αδειοδότησης θα ενθαρρύνει την εγκατάσταση νέων μονάδων συμπαραγωγής

Οικονομικά προβλήματα

- Εξάρτηση σε μεγάλο βαθμό από τη Δ.Ε.Η. και ειδικότερα στα πλαίσια του τιμολογίου ηλεκτρισμού και της σύνδεσης στο δίκτυο
- Μεγάλες περίοδοι οικονομικής απόσβεσης

Κεφάλαιο 3^ο

Βιβλιογραφική επισκόπηση και βέλτιστος σχεδιασμός των συστημάτων συμπαραγωγής - τριπαραγωγής

3.1 Βιβλιογραφική επισκόπηση συμπαραγωγής

Η συμπαραγωγή πρωτοεμφανίσθηκε στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ γύρω στα 1890. Κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα, οι περισσότερες βιομηχανίες είχαν δικές τους μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ατμολέβητα-στρόβιλο, που λειτουργούσαν με άνθρακα. Πολλές από τις μονάδες αυτές ήταν συμπαραγωγικές (χρησιμοποιούσαν τον ατμό για βιομηχανικές διαδικασίες). Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι περίπου το 58% του ηλεκτρισμού που παραγόταν σε βιομηχανίες των ΗΠΑ στις αρχές του 1900 προέρχονταν από μονάδες συμπαραγωγής. [1]

Η ανάπτυξη των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρισμού που προσέφεραν σχετικά φθηνή και αξιόπιστη ηλεκτρική ενέργεια, καθώς και η διαθεσιμότητα υγρών καυσίμων και φυσικού αερίου σε χαμηλές τιμές που έκανε τη λειτουργία των λεβήτων οικονομικά συμφέρουσα, επέφερε την κάμψη της χρήσης της συμπαραγωγής. Αναφέρεται συγκεκριμένα ότι στις ΗΠΑ η βιομηχανική συμπαραγωγή μειώθηκε στο 15% του όλου δυναμικού ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το 1950 και έπεσε στο 5% μέχρι το 1974. Όμως, από το 1973 και μετά εμφανίζεται αντίστροφη πορεία όχι μόνο στις ΗΠΑ αλλά και σε χώρες της Ευρώπης, στην Ιαπωνία κ.α., γεγονός που οφείλεται κυρίως στην απότομη αύξηση των τιμών των καυσίμων. [1]

Συστήματα που εμφανίζουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης και μπορούν να χρησιμοποιήσουν εναλλακτικά καύσιμα, καθίστανται ενδιαφέροντα εξαιτίας της αύξησης των τιμών καυσίμων και της αβεβαιότητας συνεχούς ύπαρξης αποθεμάτων. [E1] [1]

Η ανοδική πορεία στη διάδοση της συμπαραγωγής τα τελευταία 30 χρόνια συνοδεύτηκε και από αξιοσημείωτη πρόοδο της σχετικής τεχνολογίας. Οι βελτιώσεις και οι εξελίξεις συνεχίζονται και νέες τεχνικές αναπτύσσονται και δοκιμάζονται (π.χ. κυψέλες υδρογόνου) fuel cells αλλά ήδη η συμπαραγωγή έχει φθάσει σε επίπεδο ωριμότητας με αποδεδειγμένη αποδοτικότητα και αξιοπιστία. [E1] [1]

Οι κυβερνήσεις των Ευρωπαϊκών κρατών, οι ΗΠΑ και η Ιαπωνία λαμβάνουν ενεργό ρόλο στην αύξηση της χρήσης της συμπαραγωγής. Οι μέθοδοι παρακίνησης για τη χρήση συμπαραγωγής αφορούν κυρίως: νομοθετικές ρυθμίσεις, οικονομικά κίνητρα και οικονομική υποστήριξη για την έρευνα και ανάπτυξη [1].

3.2 Βιβλιογραφική επισκόπηση τριπαραγωγής

Η αρχή της ανάπτυξης τριπαραγωγής στις ΗΠΑ χρονολογείται από το 1978, όταν η Κοινή Ωφέλεια Ρυθμιστική Πολιτική Πράξη του 1978 (PURPA) θεσπίστηκε για να απαιτήσει οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ανεξάρτητους προμηθευτές και ως εκ τούτου, την τόνωση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της τριπαραγωγής. Το 1995, η εγκατεστημένη ισχύς της τριπαραγωγής στις ΗΠΑ ήταν 45GW σε σύγκριση με 12GW το 1980. Σε αυτήν την περίοδο, ο μέσος όρος αύξησης της ικανότητας ετησίως ήταν περίπου 2.2GW [11].

Ωστόσο, στα μέσα της δεκαετίας του 1990, η έννοια της απελευθερωμένης αγοράς εισήχθη μέσα στη βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την κυβέρνηση, κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, έντονου ανταγωνισμού και αστάθειας στην ηλεκτρική ενέργεια η αγορά μπλοκάρει την ταχεία ανάπτυξη της τριπαραγωγής. Η εγκατεστημένη ισχύς της τριπαραγωγής αυξήθηκε ελάχιστα από 45GW το 1995 σε 46GW το 1998. Στη συνέχεια, η κυβέρνηση των ΗΠΑ πήρε μια σειρά από μέτρα για την προώθηση τριπαραγωγής. Κατ' αρχάς, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ (DOE), με τη συνεργασία της περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) και η Heat & Power Association (CHPA), έβαλε ένα «στόχο συμπαραγωγής» σε ισχύ το 1998. Ο στόχος της ήταν να ενισχύσει την εγκατεστημένη ισχύ της τριπαραγωγής από 46GW το 1998 σε 92GW το 2010. Στη συνέχεια, το 1999, το όραμα δημοσιεύθηκε από το DOE, η οποία παρουσίασε ένα χρονοδιάγραμμα ανάπτυξης της τριπαραγωγής. Προτάθηκε ότι τα εμπόδια για τη σύνδεση καταναμημένων εφαρμογών τριπαραγωγής με τα δίκτυα κοινής ωφέλειας πρέπει να εξαλειφθούν, για την επίτευξη αλλαγής πριν 2005. Μέχρι το 2010, η τριπαραγωγή πρέπει να εφαρμόζονται στο 25% των νέων κατασκευών και το 10% των υφιστάμενων εμπορικών και βιομηχανικών κτιρίων. Η τριπαραγωγή θα αντικαταστήσει το 50% των κτιρίων με απλή συμπαραγωγή. Μέχρι το 2020, το 50% των νέων κατασκευών και το 25% των υφιστάμενων εμπορικών / βιομηχανικών κτιρίων θα είναι εξοπλισμένα με τριπαραγωγή [11].

Το 2001, η Εθνική Επιτροπή Ανάπτυξης Ενεργειακή Πολιτική (NEPD), κατευθύνθηκε στο "να αναπτύξουν μια εθνική ενεργειακή πολιτική για να βοηθήσει τον ιδιωτικό τομέα, και, εφόσον είναι αναγκαίο και σκόπιμο, το κράτος και οι τοπικές κυβερνήσεις, να βοηθήσουν στην αξιόπιστη προώθηση, οικονομικά προσιτή, και περιβαλλοντικά αποδεκτή παραγωγή και διανομή της ενέργειας για το μέλλον." Η συμπαραγωγική πολιτική περιελάμβανε συστάσεις που περιέχονται στην Εθνική Ενεργειακή Πολιτική του 2001, που ορίζονται από την NEPD και περιλαμβάνουν την ενθάρρυνση της αυξημένης χρήσης αυτών των καθαρότερων, πιο αποτελεσματικών, τεχνολογιών συμπαραγωγής μειώνοντας την απόσβεση για έργα συμπαραγωγής ή παροχής φορολογικών επενδύσεων ή πίστωσης. [11]

Η εγκατεστημένη ισχύς της τριπαραγωγής το 2001 ήταν 56GW και περίπου επτά τοις εκατό των συνολικής εγκατεστημένης ισχύς εκείνο το έτος. Στις ΗΠΑ η αγορά

τριπαραγωγής αυξήθηκε σημαντικά το 2002, αλλά έκτοτε έχει επιβραδυνθεί σημαντικά αντιμετωπίζοντας τις υψηλές τιμές του φυσικού αερίου και την υπαρξη κανονιστικών φραγμών. Η μεγάλη συσκότιση του 2003 στη Βόρεια Αμερική επέφερε σημαντική αναθεώρηση των επιλογών για την ελαχιστοποίηση τέτοιων διαταραχών στο μέλλον. Η τριπαραγωγή μπορεί να μειώσει την ευπάθεια σε αυτές τις διακοπές, 35.2GW μη διασυνδεδεμένης τριπαραγωγής προστέθηκε από το 1990 ως το 2003, 7.2GW διασυνδεδεμένης τριπαραγωγής προστέθηκε το ίδιο χρονικό διάστημα. [11] [22]

Η συνολική δυναμικότητα της ηλεκτρικής ενέργειας της τριπαραγωγής στις ΗΠΑ έφθασαν τα 80GW το 2004. Υπήρχαν 1540 υφιστάμενες εμπορικές εφαρμογές τριπαραγωγής, με 9024MW και 1189 βιομηχανικές εγκαταστάσεις με τριπαραγωγή 65.621 MW. [22]

Εκτιμάται ότι το δυναμικό των ΗΠΑ σε τριπαραγωγή θα μπορούσε να είναι 209.9GW, με βάση την ανάλυση των δεδομένων συνολικής δυναμικότητας το 1999. Η βιομηχανική τριπαραγωγή θα μπορούσε να είναι 88 GW και 75GW του εμπορικού τομέα. Ακόμη και υπό συνθήκες υψηλής τιμής του φυσικού αερίου η τριπαραγωγή θα κυριαρχεί στο βιομηχανικό και εμπορικό δυναμικό της αγοράς. Επίσης, τριπαραγωγή σήμερα δεν χρησιμοποιείται όσο θα έπρεπε στον τομέα των εμπορικών κτιρίων, όπου υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες [11] [22].

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι πιο σημαντικές νομοθετικές πρωτοβουλίες της ανάπτυξης της τριπαραγωγής είναι, η Οδηγία για τη συμπαραγωγή, η Οδηγία Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών, η Οδηγία για την Νέα ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο, και η Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, καθώς και η Φορολογία των ενεργειακών προϊόντων οδηγίων. Οι πολιτικές της ΕΕ αναγνωρίζουν τη σημασία της τριπαραγωγής για την επίτευξη των δεσμεύσεων της κλιματικής αλλαγής και καθορίζουν την ύπαρξη δυνατών μέσων για την προώθηση της τεχνολογίας στο επίπεδο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Όταν η στρατηγική εκδόθηκε το 1997, το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τριπαραγωγή στην ΕΕ ήταν περίπου 9%. Η στρατηγική θέτει ως στόχο το 18% μέχρι το 2010. Ωστόσο, τα πιθανά μέτρα και μέσα για την επίτευξη αυτού του στόχου δεν έχουν μέχρι στιγμής οριστεί σε βάθος. [11] [22] [23]

Η ανάπτυξη της τριπαραγωγής στην ΕΕ χαρακτηρίζεται από μια ευρεία ποικιλία, τόσο στην κλίμακα όσο και στη φύση της ανάπτυξης. Αυτή η ποικιλομορφία αντανακλά διαφορές στις προτεραιότητες της πολιτικής, των φυσικών πόρων, την ιστορία, τον πολιτισμό και το κλίμα και έχει στενούς δεσμούς με τη δομή και τη δραστηριότητα της ηλεκτρικής αγοράς ενέργειας. Προφανώς, ο κύριος λόγος για αυτή την ποικιλομορφία ήταν οι διαφορετικές πολιτικές επιλογές που γίνονται από τις κυβερνήσεις σε θέματα ενέργειας. [11] [25]

Στην ΕΕ οι χώρες που πρωτοπορούν στην προώθηση της τριπαραγωγής είναι η Αυστρία, η Δανία, η Φινλανδία και η Ολλανδία.

Στη Γερμανία, η απελευθέρωση είχε αρνητικές επιπτώσεις στην τριπαραγωγή λόγω πολέμων των τιμών μεταξύ των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας που έχουν προκαλέσει ηλεκτρική ενέργεια να πωλείται κάτω από το κόστος παραγωγής της. Αν και η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας έχει αρχίσει να αυξάνεται και πάλι, περίπου 20GW τριπαραγωγής έκλεισαν πριν από το 2001. Έτσι, η κυβέρνηση έχει λάβει διάφορα μέτρα. Κατ' αρχάς, οικολογική φορολογική μεταρρύθμιση σε όσα συστήματα συμπαραγωγής έχουν συνολική απόδοση 70% ή περισσότερο και απαλλάσσει τους φόρους από την ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο. Το δεύτερο μέτρο ήταν το Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης που καθιστά υποχρεωτική την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από συμπαραγωγή με μια επιπλέον επιδότηση. Επιπλέον, ένα μοντέλο ποσόστωσης εισήχθη, και επιβάλλει ότι κάθε εταιρία που προμηθεύει ηλεκτρική ενέργεια για τον τελικό καταναλωτή πρέπει να παρέχει ένα ορισμένο ποσοστό ενέργειας από συμπαραγωγή. [11]

Στην Αγγλία από το 2000, η κυβέρνηση εισήγαγε ένα ευρύ φάσμα μέτρων για τη στήριξη της ανάπτυξη της ικανότητας τριπαραγωγής. Τα μέτρα αυτά εμπίπτουν σε διάφορες κατηγορίες: φορολογικά κίνητρα, επιδότηση υποστήριξη, κανονιστικό πλαίσιο, προώθηση της καινοτομίας. Τα βασικά μέτρα στήριξης που ευνοούν την τριπαραγωγή στη βιομηχανία ήταν η απαλλαγή της τριπαραγωγής από την υποχρέωση ύπαρξης ενέργειας απο ανανεώσιμη βάση. Κατά την διάρκεια τη δεκαετία του 1990, η εγκατεστημένη ισχύς συμπαραγωγής στο Ηνωμένο Βασίλειο υπερδιπλασιάστηκε. Ωστόσο, αυτή η έντονη τάση έχει διακοπεί από τις πρόσφατες συνθήκες της αγοράς. [11]

Προσπάθειες έχουν γίνει σε πολλές χώρες της ΕΕ για την άρση των εμποδίων και την προώθηση της συμπαραγωγής. Διάφορα κίνητρα χρησιμοποιούνται, όπως σχετικά υψηλές τιμές για τις εξαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας που πωλείται στο δίκτυο, καθώς και επιχορηγήσεις για επενδύσεις. Τα περισσότερα από τα μέτρα αυτά σχεδιάστηκαν σε μια εποχή όταν πολλά από τα εμπόδια για την ανάπτυξη της τριπαραγωγής προέρχονταν από την ύπαρξη μονοπωλιακών αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Τα πιο συχνά εμπόδια της τριπαραγωγής στην ΕΕ ήταν:

- Ⓢ χαμηλή τιμή που καταβάλλεται για το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που εξάγεται στο δίκτυο
- Ⓢ υψηλές αμοιβές για top-up και back-up προμήθειες

Στη δεκαετία του 1980, η Κίνα έδειξε την ανησυχία της για την ανάπτυξη τριπαραγωγής (και συμπαραγωγής) για πρώτη φορά. Η κυβέρνηση τόνισε ότι το μέγεθος και είδος των συστημάτων αυτών πρέπει να καθορίζεται από τη θερμότητα που απαιτούν οι χρήστες, (heat-match mode).

Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, πολλά συστήματα 3 - 12MW ατμοστρόβιλων έχουν κατασκευαστεί. Στα τέλη της δεκαετίας 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990, όταν η Κίνα γνώρισε προβλήματα στην ηλεκτροδότηση, η κυβέρνηση, προχώρησε μια σειρά από πολιτικές που περιλαμβάνονται φοροαπαλλαγή, έκπτωση φόρου των επενδύσεων και την άμεση επιχορήγηση για τα έργα

εξοικονόμησης ενέργειας τριπαραγωγής. Η ταχεία ανάπτυξη των συστημάτων τριπαραγωγής επιβραδύνθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990, οι πολιτικές καταργήθηκαν λόγω διάφορων παραγόντων, όπως μια αφθονία της ηλεκτρικής ενέργειας, και η μονοπώληση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

Μετά το Εθνικό Δίκαιο Εξοικονόμησης Ενέργειας, που τέθηκε σε ισχύ το 1998, η Κίνα ενθαρρύνει την ανάπτυξη των γενικών τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Μέσα από το τέλος του 1999, υπήρχαν μέχρι και 1402 μονάδες συμπαραγωγής με ικανότητα άνω των 6 MW στην Κίνα. Η συνολική χωρητικότητα των μονάδων αυτών ήταν 28.153 MW, που αποτελεί το 12,6% της ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση καυσίμων. Ωστόσο, τα περισσότερα συστήματα τροφοδοτούνται με άνθρακα που εφαρμόζεται σε λέβητες και τουρμπίνες ατμού ως κινητήρια δύναμη.

Το 2001, η κυβέρνηση θέσπισε τη ρύθμιση της συμπαραγωγής για την καλύτερη διαχείριση της (συμπεριλαμβανομένων των έργων τριπαραγωγής). Τόνισε τη «heat-match mode» λειτουργία και όρισε το χαμηλότερο περιορισμό του βαθμού απόδοσης και το PHR των διαφόρων συστημάτων. Αυτό μέτρο ήταν που πυροδότησε την ανάπτυξη, όχι μόνο για τις κεντρικές μονάδες συμπαραγωγής, αλλά και της μικρής κλίμακας τριπαραγωγής. Κατά τα τελευταία χρόνια, μονάδες συμπαραγωγής με ψυκτική ικανότητα αναπτύσσετε ραγδαία, και αρκετές πόλεις έχουν καύση άνθρακα μονάδων συμπαραγωγής με την παροχή ψυχρού ικανότητας. Η Jinan έχει 49.6MW ψύξης, από τριπαραγωγή, και στη Hangzhou υπάρχουν δύο συστήματα άνω των 120MW ψύξης το κάθε ένα. Συστήματα τριπαραγωγής που βασίζονται στην καύση του φυσικού αερίου (σε στροβίλους ή κινητήρες) έχουμε στη Σαγκάη, στο Κεντρικό Νοσοκομείο Huangpu, στο Pudong International Airport, και το σύστημα που χρησιμοποιείται στο Πανεπιστήμιο Tsinghua [11].

Τρέχουσες εξελίξεις τριπαραγωγής στην Κίνα έχουν ορισμένα μοναδικά χαρακτηριστικά. Μετά τη heat-match mode λειτουργία, οι χρήστες επιλέγουν το μέγεθος του συστήματος με βάση την πρακτική θερμότητα που απαιτείται στον χώρο, σαν αποτέλεσμα έχουμε να υπάρχουν πολλοί περισσότερες μικρής κλίμακας μονάδες από ό, τι σε μεγάλες επιχειρήσεις.

Σε μικρού και μεσαίου μεγέθους πόλεις της βόρειας Κίνας, μονάδες συμπαραγωγής ατμού παρέχουν θέρμανση τόσο για βιομηχανικές διαδικασίες όσο και οικιακή θέρμανση χώρου, ενώ οι συνδέσεις θέρμανσης και οι διανομές είναι αρκετά πολύπλοκες και απαιτεί μια μεγάλη επένδυση. Σε μεγάλες πόλεις του βορρά, μονάδες συμπαραγωγής αποτελούνται από μεγάλους ατμοστροβίλους (περισσότερο από 100 MW ανά μονάδα) οι οποίοι μπορούν να παρέχουν θέρμανση χώρου 10 εκατομμυρίων m². Οι περισσότερες μονάδες συμπαραγωγής έχουν δημιουργηθεί σε μεγάλες βιομηχανίες αποκλειστικά για τις απαιτήσεις ισχύος και θερμότητας της βιομηχανία.

Τα περισσότερα συστήματα τριπαραγωγής που υποστηρίζονται από το κυβέρνηση δημιουργούν ικανότητα ψύξης για τη χρήση σε εργοστάσια κλωστοϋφαντουργίας, χημικών βιομηχανιών ή μεγάλα θεσμικά κτίρια. Εγχώρια ψύξη χώρων από συστήματα τριπαραγωγής δεν μπορεί να υπάρξει, καθώς το πρόβλημα της

μέτρησης και της επιβάρυνσης παραμένει. Σε γενικές γραμμές, πάνω από το 95% της τριπαραγωγής ή τα συστήματα συμπαραγωγής τροφοδοτούνται με άνθρακα περιορίζοντας τα συστήματα συνδυασμένου κύκλου. Δεδομένου ότι η παραγωγική ικανότητα του φυσικού αερίου είναι χαμηλή και η τιμή του φυσικού αερίου είναι σχετικά ακριβή, τέτοια έργα στην Κίνα είναι περιορισμένα

Η ικανότητα εφαρμογών τριπαραγωγής στην Κίνα προβλέπεται να αυξηθεί με υψηλό ρυθμό κατά τα επόμενα έτη, με εκτιμώμενη δυνητική αύξηση του 3.1GW ετησίως, εκ των οποίων 620MW για τις βιομηχανίες, 2000MW για τις πόλεις στη βόρεια Κίνα και 500MW για νέα βιομηχανική περιοχή στη νότια Κίνα. [11]

3.3 Βιβλιογραφική επισκόπηση ενεργειακών καταναλώσεων σε νοσοκομεία

Σε κάθε ενεργειακό σύστημα, έτσι και το ενεργειακό σύστημα των νοσοκομείων με ξεχωριστή παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας διακρίνεται στα εξής μέρη :

- ⊙ την παραγωγή ενέργειας
- ⊙ τη διανομή ενέργειας
- ⊙ τη χρήση ενέργειας

Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός νοσοκομείου, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με τα ειδικά τους χαρακτηριστικά, τρεις μορφές ενεργειακών πηγών [14]:

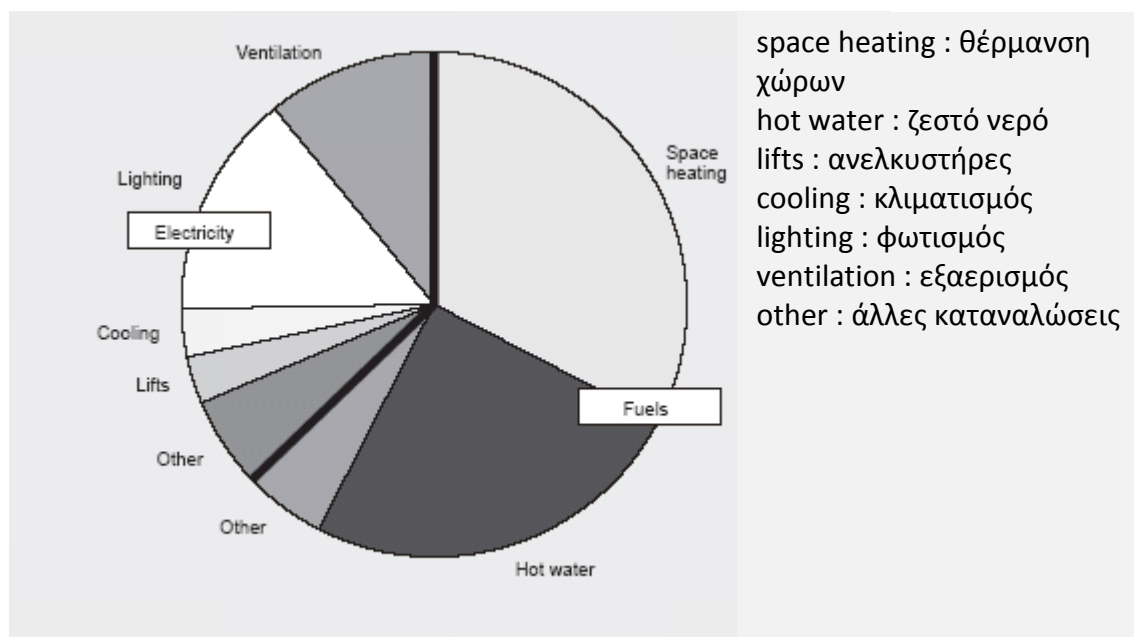
- ⊙ Καύσιμα: Χρησιμοποιούνται σε λέβητες αερίου, πετρελαίου, για θέρμανση χώρων, παραγωγή θερμού νερού χρήσης και ατμού. Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται και στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε φορτία έκτακτης ανάγκης (χειρουργεία, μονάδα εντατικής θεραπείας, κ.λ.π) και σε περιπτώσεις διακοπής ρεύματος από το δίκτυο της πόλης. Τα καύσιμα μπορούν, επίσης, να παράγουν και ηλεκτρική ενέργεια εντός του νοσοκομείου, όταν λειτουργεί μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας.
- ⊙ Ηλεκτρισμός: Χρησιμοποιείται κυρίως για φωτισμό, αερισμό, δροσισμό και κίνηση μηχανημάτων. Γενικά, αυτός ο τύπος ενέργειας δεν μπορεί να αντικατασταθεί από άλλες ενεργειακές πηγές. Ο ηλεκτρισμός παρέχεται κυρίως από τις εταιρείες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά μια άλλη εναλλακτική λύση, που χρησιμοποιείται όλο και πιο συχνά, είναι τα νοσοκομεία να παράγουν τη δική τους ηλεκτρική ενέργεια, μέσω ενός συστήματος συμπαραγωγής που εγκαθίσταται μέσα στο νοσοκομείο.
- ⊙ Ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές: Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται μερικές φορές στα νοσοκομεία για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης, προκειμένου να μειωθεί η χρήση άλλων μορφών ενέργειας, όπως επίσης και

για τη θέρμανση χώρων και βέβαια το ηλιακό φως για τη μείωση του τεχνητού φωτισμού, όπου αυτό είναι δυνατό. Άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η βιομάζα, αποτελούν συχνά το καύσιμο για τους λέβητες, κυρίως σε εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης. Εφόσον υπάρχει δυνατότητα για τηλεθέρμανση, αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί στη μεγαλύτερη δυνατή έκταση. Μία εγκατάσταση τηλεθέρμανσης, που χρησιμοποιεί συχνά τη συμπαραγωγή, είναι συνήθως πολύ πιο αποδοτική και φθηνή από τη χρήση των τοπικών λεβήτων.

Για την ικανοποίηση των θερμικών και ηλεκτρικών αναγκών των νοσοκομείων υπάρχουν κανονισμοί που περιγράφουν το πώς μπορούν να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις αυτές (κανονισμοί για τη θερμική μόνωση, τον αερισμό, το φωτισμό, τις εσωτερικές θερμοκρασίες, κ.λ.π.). Οι απαιτήσεις των κανονισμών για τις επιμέρους εγκαταστάσεις είναι περιληπτικά οι ακόλουθες: [14] [15]

- Ⓢ Θερμική μόνωση: Οι θερμικές ιδιότητες του περιβλήματος του κτιρίου είναι πολύ σημαντικές, αφού σε ένα νοσοκομείο απαιτείται ελάχιστη θερμοκρασία 21 ή 22°C [19,28] η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 26°C κατά τη διάρκεια των πιο θερμών μηνών. Οι κανονισμοί επιβάλλουν όρια στους συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους επιφανειών για τον υπολογισμό των απωλειών θερμότητας.
- Ⓢ Αερισμός: Τα επίπεδα αερισμού εξαρτώνται από το είδος του χώρου (συνήθης χώρος ή χώρος εντατικής θεραπείας) και μεταβάλλονται τυπικά από 35 έως 140m³ ανά άτομο και ανά ώρα. Τα χειρουργεία είναι συνήθως μεταξύ των χώρων που έχουν τις υψηλότερες απαιτήσεις, με επίπεδα αερισμού περίπου στα 30-55m³ ανά m² δαπέδου και ώρα [14].
- Ⓢ Φωτισμός: Ο φωτισμός ενός χώρου νοσοκομείου εξαρτάται από τη χρήση του. Ο πίνακας 8.1 δίνει τη στάθμη φωτισμού που χρησιμοποιείται συνήθως στους υπολογισμούς των εγκαταστάσεων φωτισμού σε νοσοκομεία [E16].
- Ⓢ Συνθήκες Υγρασίας Εσωτερικού Αέρα: Το επίπεδο άνεσης καλύπτει σχετικές υγρασίες από 40-70% σε θερμοκρασίες 22-26°C φυσιολογικές για νοσοκομεία.

Το Σχήμα 3.1 δείχνει πώς μπορεί να διαχωρισθεί η ενεργειακή κατανάλωση, σύμφωνα με τις μεγαλύτερες εφαρμογές που μπορεί αυτή να έχει σε ένα νοσοκομείο. Η παχιά συνεχής γραμμή οριοθετεί και διαχωρίζει την ηλεκτρική ενέργεια (φωτισμός, αερισμός, δροσισμός κ.α) από τη θερμική ενέργεια (θέρμανση, θερμό νερό χρήσης, αποστείρωση). Τα νέα νοσοκομεία συχνά διαθέτουν αναλογικά περισσότερους κλιματιζόμενους χώρους, καθώς και περισσότερο εκτεταμένα συστήματα αερισμού- εξαερισμού. Γι αυτό, τα νέα νοσοκομεία καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από τα παλαιότερα [14].



Σχήμα 3.1 Απεικόνιση του τρόπου κατανομής της ενέργειας κατανάλωσης ανάλογα με τις ουσιαστικές εφαρμογές σε ένα νοσοκομείο (η έντονη γραμμή διαχωρίζει την ηλεκτρική από τη θερμική ενέργεια)

Η θερμική ενέργεια χρησιμοποιείται περισσότερο για τη θέρμανση των χώρων και για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης, ενώ ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται κυρίως για φωτισμό, κίνηση, αερισμό και δροσισμό. Ο φωτισμός και ο αερισμός συχνά καλύπτουν το 50-60% της ηλεκτρικής ενεργειακής κατανάλωσης. Το νοσοκομείο καταναλίσκει ένα βασικό θερμικό και ένα βασικό ηλεκτρικό φορτίο. Το βασικό θερμικό φορτίο αποτελείται από το θερμό νερό χρήσης, το θερμικό φορτίο του συγκροτήματος του πλυντηρίου και του χώρου προετοιμασίας γευμάτων, την αποστείρωση και τις απώλειες παραγωγής και διανομής της θερμικής ενέργειας. Το βασικό ηλεκτρικό φορτίο αποτελείται από το φωτισμό, από τα ηλεκτρικά φορτία συγκροτήματος πλύσης και χώρου προετοιμασίας γευμάτων, το φορτίο ρευματοδοτών, τους ανελκυστήρες, κ.λ.π. [14]

Όταν συγκρίνονται μεταξύ τους στοιχεία που αναφέρονται σε ενεργειακές καταναλώσεις, είναι σημαντικό να εξετάζονται σε σχέση με τη γεωγραφική περιοχή στην οποία βρίσκεται το νοσοκομείο, όπως και με το κλίμα που επικρατεί σε αυτήν. Για να διευκολυνθεί η σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης των νοσοκομείων, τα στοιχεία παρουσιάζονται συνήθως με διαφορετικές μορφές, όπως π.χ. ανά αριθμό κλινών, ανά m^2 θερμαινόμενης επιφάνειας δαπέδου ή ανά m^2 μικτής επιφάνειας δαπέδου. Έχει καθιερωθεί να εξετάζεται το πηλίκο του συνολικού εμβαδού του νοσοκομείου προς τον αριθμό των κλινών νοσηλείας, δηλαδή το εμβαδόν ανά κλίνη. Το συνολικό εμβαδόν του νοσοκομείου προκύπτει ως το άθροισμα των μικτών εμβαδών όλων των επιμέρους τμημάτων του και του μικτού εμβαδού της διατμηματικής κυκλοφορίας. Το εμβαδόν ανά κλίνη, λοιπόν, εξαρτάται από το λειτουργικό περιεχόμενο του νοσοκομείου, από την κτιριολογική διάταξη και από τις διαστάσεις των επιμέρους χώρων. Οι τιμές αυτές των ετησίων ενεργειακών καταναλώσεων δείχνουν την ενεργειακή απόδοση κάθε νοσοκομείου. Η ενεργειακή

κατάσταση ενός ίδιου νοσοκομείου μεταβάλλεται από χώρα σε χώρα, αφού οι τοπικές κλιματικές συνθήκες διαφέρουν. Δεν είναι, επομένως, δυνατό να επιτευχθεί ο βέλτιστος ενεργειακός συνδυασμός σε διεθνές επίπεδο. Αυτό μπορεί να γίνει σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο. [E19]

Στη συνέχεια δίδονται οι συνολικές ετήσιες ηλεκτρικές και θερμικές καταναλώσεις σε δώδεκα νοσοκομεία από όλο τον κόσμο (από τη Νορβηγία μέχρι την Αυστραλία), χωρίς να αναφέρεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εύρεση των καταναλώσεων αυτών. Η προαναφερθείσα ευρεία εξεταζόμενη περιοχή καλύπτει πολλά διαφορετικά κλίματα και απαιτήσεις για το σχεδιασμό των ενεργειακών συστημάτων. [14]

Αν και έχει αναλυθεί η στατιστική των ενεργειακών αυτών καταναλώσεων, δεν υπάρχουν απλοί ή προφανείς λόγοι για τους οποίους κάποιες χώρες εμφανίζουν υψηλότερη ή χαμηλότερη κατανάλωση από τη μέση. Στην έρευνα αυτή παρέχονται τα στοιχεία για τις ετήσιες μέσες ηλεκτρικές και θερμικές ενεργειακές καταναλώσεις για νοσοκομεία σε 6 χώρες, σε MWh/κλίνη. Η ηλεκτρική κατανάλωση ανά κλίνη κυμαίνεται από 5,1MWh (Ιταλία) σε 28,1MWh (Αυστραλία) με μία μέση κατανάλωση 16,1MWh. Η θερμική κατανάλωση είναι περισσότερο ομοιόμορφη κυμαινόμενη μεταξύ 23,3MWh (Ιταλία) και 42,8MWh (Καναδάς) με μία μέση κατανάλωση 33,9MWh.

Στην ίδια έρευνα δίνεται η ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση για ένα τυπικό δείγμα νοσοκομείων από εννέα χώρες. Τα δεδομένα παρουσιάζονται με τη μορφή kWh/m² μικτής επιφάνειας δαπέδου για τη μέση ετήσια ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση. Η ηλεκτρική κατανάλωση ανά m² μικτής επιφάνειας δαπέδου κυμαίνεται από 61kWh (Ελβετία) έως 330kWh (Καναδάς), με μία μέση κατανάλωση 145kWh. Η θερμική κατανάλωση κυμαίνεται μεταξύ 168kWh (Σουηδία) και 670kWh (USA), με μία μέση τιμή 367kWh.

Στα πλαίσια της ίδιας έρευνας, δίδεται η μέση ετήσια ηλεκτρική και θερμική κατανάλωση ανά κλίνη για τα υπό εξέταση επιμέρους νοσοκομεία. Η αναγνώριση των δειγμάτων των νοσοκομείων γίνεται από τη διεθνώς αποδεκτή συντομογραφία της ονομασίας της χώρας από την οποία προέρχεται το δείγμα, με έναν αριθμό που υποδηλώνει τον αριθμό του εξετασθέντος δείγματος στην ίδια χώρα π.χ. UK1, US2 κ.λ.π. (όπου UK σημαίνει Μ. Βρετανία, US σημαίνει Ηνωμένες Πολιτείες, AU σημαίνει Αυστραλία, NO σημαίνει Νορβηγία, CA σημαίνει Καναδά, SE σημαίνει Σουηδία και CH σημαίνει Ελβετία). Οι ηλεκτρικές καταναλώσεις ανά κλίνη μεταβάλλονται σημαντικά από 5,7MWh/κλίνη (UK1) έως 96,6MWh/κλίνη (US1), με μία μέση κατανάλωση 27,5MWh/κλίνη. Οι θερμικές καταναλώσεις δεν μεταβάλλονται τόσο σημαντικά, κυμαινόμενες από 28,9MWh/κλίνη (AU1) μέχρι 116,7MWh/κλίνη (US1), με μία μέση τιμή 56,6MWh/κλίνη. Οι τιμές αυτές είναι σημαντικά υψηλότερες από τους μέσους όρους των χωρών, όπως αυτοί παρουσιάστηκαν προηγουμένως. [14]

Περαιτέρω και στα πλαίσια της έρευνας αυτής, παρουσιάζονται στοιχεία για τη μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρική και θερμική σε kWh/m² θερμαινόμενης

επιφάνειας δαπέδου. Η ηλεκτρική κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2) θερμαινόμενης επιφάνειας μεταβάλλεται από 65kWh(CA1) σε 345kWh(US1), με μία μέση κατανάλωση 186kWh. Η θερμική κατανάλωση μεταβάλλεται από 156kWh(NO1) σε 966kWh(CA1), με μέση τιμή 425kWh. Αυτό που είναι αξιοσημείωτο, είναι η πολύ υψηλή ηλεκτρική ενεργειακή κατανάλωση ανά τετραγωνικό μέτρο για το νοσοκομείο US1 και επίσης η θερμική για CA1. Για το US1, οι λόγοι είναι ότι το εξεταζόμενο νοσοκομείο είναι καινούργιο και πανεπιστημιακό και έχει μεγαλύτερη επιφάνεια ανά κλίνη ($280m^2/κλίνη$) συγκρινόμενο με τα $120-180m^2/κλίνη$, μέγεθος που ισχύει για τα περισσότερα νοσοκομεία, που εξετάζονται στην έρευνα αυτή[28]. Στην Ελλάδα, στα σύγχρονα δημόσια γενικά νοσοκομεία το εμβαδόν ανά κλίνη είναι συνήθως της τάξης των $90m^2$ και σπάνια υπερβαίνει τα $100 m^2$. Στα παλαιότερα, το εμβαδόν ανά κλίνη είναι αισθητά μικρότερο. Στα σύγχρονα γενικά νοσοκομεία σε χώρες με προηγμένο σύστημα υγείας, το εμβαδόν ανά κλίνη συνήθως κυμαίνεται από $100 m^2$ έως $130 m^2$, ενώ στα πανεπιστημιακά από $130 m^2$ έως $160 m^2$ [14] [E19].

Για τα ελληνικά νοσοκομεία, η μέση ετήσια θερμική ενέργεια είναι $300kWh/m^2$ μικτής επιφάνειας δαπέδου, ενώ η ηλεκτρική είναι $110kWh/m^2$ μικτής επιφάνειας δαπέδου. Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα ελληνικά νοσοκομεία εμφανίζεται να είναι μεγαλύτερη από αυτή της Ελβετίας, του Βελγίου και της Ολλανδίας. [E19]

Το 1992, στα πλαίσια των Ευρωπαϊκών προγραμμάτων SAVE και ALTENER από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), καταγράφηκαν 127 νοσοκομεία και συγκεντρώθηκαν στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας σε αυτά. Πήρε μέρος το 70% των μεγαλύτερων νοσοκομειακών μονάδων της χώρας (84 μονάδες). Ο υπολογισμός της θερμικής κατανάλωσης σε kWh, βασίσθηκε στα τιμολόγια αγοράς υγρών καυσίμων, όπου η κατανάλωση σε λίτρα πολλαπλασιάστηκε με τη θερμογόνο δύναμη καυσίμων. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας προέκυψε από το άθροισμα των θερμικών και ηλεκτρικών καταναλώσεων. Από την ανάλυση των στοιχείων προέκυψε ότι μόνο ένα ποσοστό 8% των νοσοκομείων (κυρίως τα κέντρα υγείας) κατανάλωναν ενέργεια μικρότερη των $200kWh/m^2$. Ένα ποσοστό 56% κατανάλωνε από $200-400 kWh/m^2$. Ένα μεγάλο ποσοστό (19%) κατανάλωνε πάνω από $400kWh/m^2$ και μάλιστα ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό (17%) κατανάλωνε πάνω από $500kWh/m^2$. Η μέση κατανάλωση ενέργειας των νοσοκομείων, σύμφωνα πάντα με την ίδια πηγή, ήταν περίπου $370kWh/m^2$ το έτος. Η μέση ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας ήταν περίπου $80kWh/m^2$ το έτος. Στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι το μέσο θερμικό φορτίο βάσης ήταν $141kWh/m^2$ έτος, το μέσο ηλεκτρικό φορτίο βάσης ήταν $71kWh/m^2$ και το μέσο συνολικό φορτίο βάσης $225kWh/m^2$ το έτος. Προέκυψε, επίσης, ότι η ποσοστιαία αναλογία της συνολικής κατανάλωσης της ενέργειας ηλεκτρισμού και καυσίμων των Ελληνικών νοσοκομείων για το έτος 1994 ήταν 1 προς 4. [E17] [E19]

3.4 Τρόποι λειτουργίας των συστημάτων συμπαραγωγής

Οι τρόποι λειτουργίας, δηλαδή οι τρόποι ρύθμισης της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος σε κάθε χρονική στιγμή, είναι:

- Ⓢ Παραγωγή θερμότητας ίση με το θερμικό φορτίο (heat match). Εάν παράγεται περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από το φορτίο, η περίσσεια πωλείται στο δίκτυο. Εάν παράγεται λιγότερη, τότε το έλλειμμα συμπληρώνεται από το δίκτυο.
- Ⓢ Παραγωγή ηλεκτρισμού ίσου με το ηλεκτρικό φορτίο (electricity match). Πρόσθετες ανάγκες θερμότητας καλύπτονται από βοηθητικό λέβητα, ενώ η περίσσεια θερμότητα μπορεί να αποβάλλεται από ψυγεία.
- Ⓢ Μικτός τρόπος (Mixed-match mode). Παρακολούθηση άλλοτε του θερμικού και άλλοτε του ηλεκτρικού φορτίου. Η απόφαση βασίζεται στην εκτίμηση παραμέτρων όπως είναι τα επίπεδα των φορτίων, η τιμή των καυσίμων και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την συγκεκριμένη ημέρα και ώρα.
- Ⓢ Πλήρης κάλυψη του θερμικού και ηλεκτρικού φορτίου σε κάθε χρονική στιγμή χωρίς σύνδεση με το δίκτυο (Stand-alone mode ή Αυτόνομη Λειτουργία).

Απαιτείται επαρκής εφεδρεία ισχύος και πολύπλοκο σύστημα συμπαραγωγής. Ο πρώτος τρόπος προσφέρει τη υψηλότερη ενεργειακή και οικονομική απόδοση για τα συστήματα στον βιομηχανικό και τριτογενή τομέα. Είναι φανερό ότι ο τρόπος λειτουργίας εξαρτάται από και επηρεάζει τον σχεδιασμό του συστήματος. Κρίσιμη για την οικονομικότητα του είναι η διαστασιολόγηση των μηχανημάτων [E1] [E2] [10]

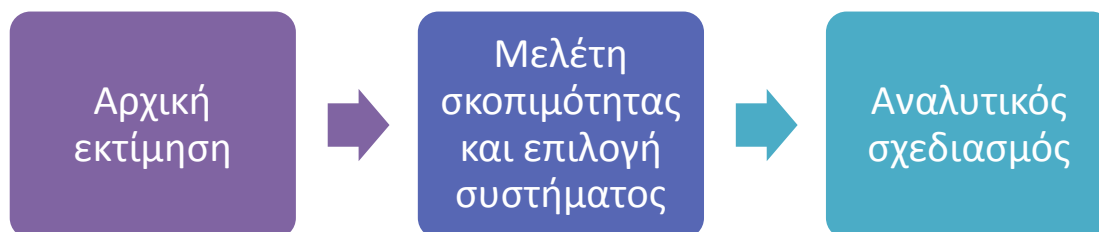
3.5 Διαδικασία επιλογής συστήματος και σχεδιασμός

Πριν από οποιαδήποτε εκτίμηση της εφαρμογής της συμπαραγωγής, πρέπει να μελετηθούν πιθανές αλλαγές στις ενεργειακές απαιτήσεις. Για παράδειγμα εάν ληφθούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, τότε το γεγονός αυτό όχι μόνο οδηγεί σε εξοικονόμηση χρημάτων, αλλά και επηρεάζει σημαντικά την επιλογή του συστήματος. Η επιλογή του βέλτιστου συστήματος πρέπει να βασιστεί σε κριτήρια που έχουν σχέση με την οικονομική απόδοση, την ενεργειακή απόδοση, την αδιάκοπη λειτουργία και άλλα μέτρα απόδοσης. Επομένως με σκοπό την βελτιστοποίηση πρέπει να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με:

- Ⓢ Το είδος του συστήματος
- Ⓢ Το ποσοστό κάλυψης του θερμικού και ηλεκτρικού φορτίου από το σύστημα

- Ⓢ Την σύνδεση ή μη του συστήματος με το ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς και το είδος της σύνδεσης.
- Ⓢ Τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος

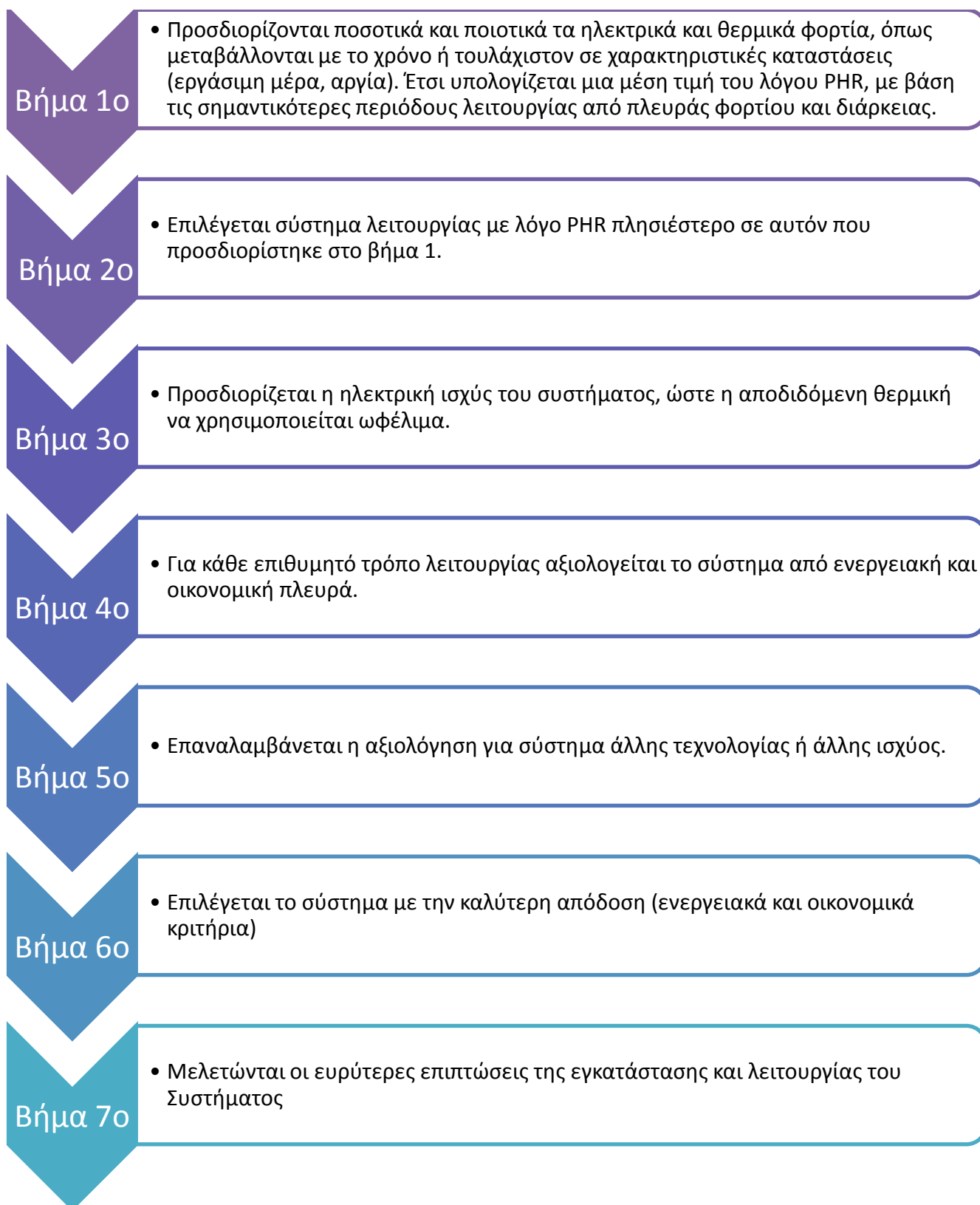
Επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη νόμοι και σχετικοί κανονισμοί ή αποφάσεις, που μπορεί να επιβάλλουν όρια στις σχεδιαστικές και λειτουργικές παραμέτρους, όπως το επίπεδο θορύβου, οι εκπομπές ρύπων κ.α. Η όλη διαδικασία από την αρχική σκέψη μέχρι τον τελικό σχεδιασμό μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια.



Σχήμα 3.2 Στάδια σχεδιασμού του συστήματος

Η μεγάλη ποικιλία λύσεων από πλευράς σχεδιασμού και λειτουργίας οδήγησε στην δημιουργία προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή όπως το BHP Screening Tool και το RETScreen

Γενικά η επιλογή μπορεί να ακολουθήσει την πορεία που φαίνεται στο σχήμα της παρακάτω σελίδας.



Σχήμα 3.3 Αναλυτική απεικόνιση των σταδίων σχεδιασμού ενός συστήματος [Ε1]

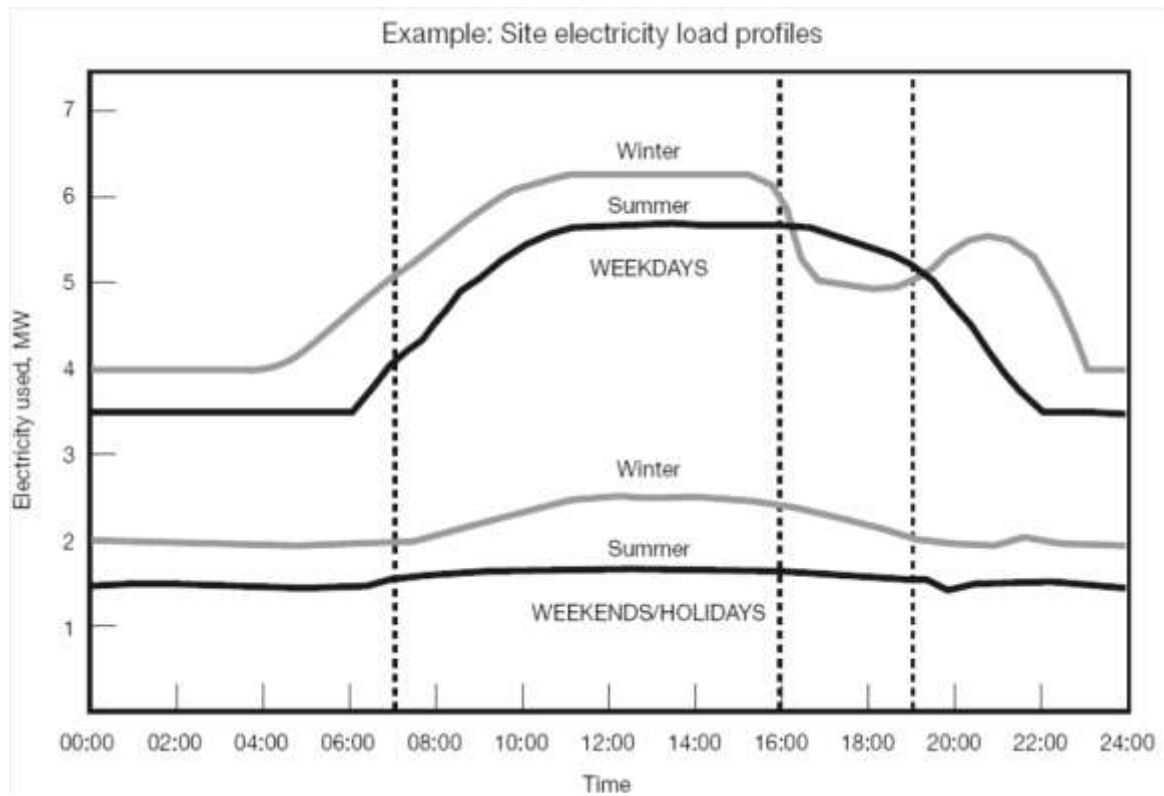
3.6 Καμπύλες φορτίων

3.6.1 Προφίλ φορτίων

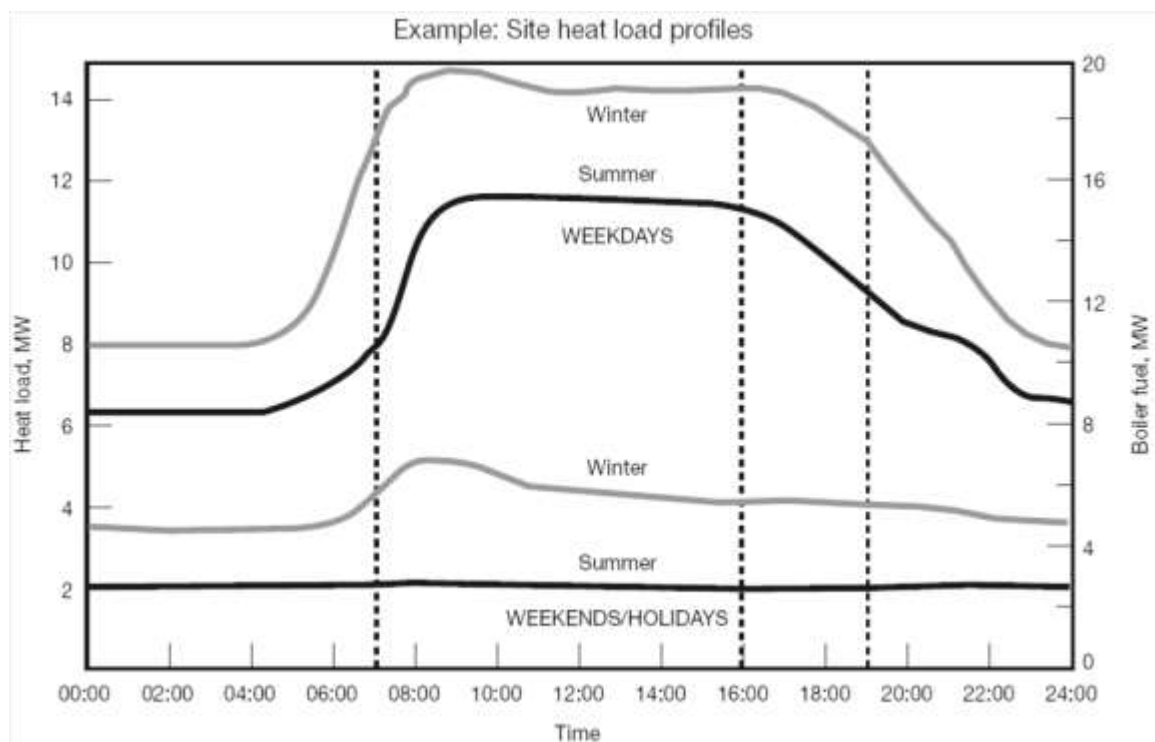
Τα ηλεκτρικά και θερμικά φορτία μεταβάλλονται με το χρόνο. Κάθε μία μορφή ενέργειας που απαιτείται έχει το δικό της προφίλ. Επιπροσθέτως οι αιχμές των διάφορων φορτίων δεν παρουσιάζονται συγχρόνως. Αν η επιλογή του συστήματος βασιστεί σε μέσους όρους φορτίων, τότε το πιο πιθανό είναι να έχει ως αποτέλεσμα χαμηλή ολική ετήσια απόδοση, χαμηλό λόγο εξοικονόμησης καυσίμου και χαμηλή οικονομική απόδοση.

Για μια νέα εγκατάσταση, πηγή χρήσιμων πληροφοριών μπορεί να αποτελούν παρόμοιες εγκαταστάσεις, για τις οποίες υπάρχουν τα απαραίτητα στοιχεία. Για τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις, οι πληροφορίες μπορούν να προέλθουν από λογαριασμούς καυσίμων και ηλεκτρισμού. Τα δεδομένα θα πρέπει να υποστούν ανάλογη επεξεργασία ώστε να παρέχουν ουσιαστικές πληροφορίες. Για παράδειγμα, για να υπολογιστεί η θερμική ενέργεια που τελικά χρησιμοποιείται, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη το βαθμό απόδοσης του λέβητα. Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμες επαρκείς πληροφορίες, ειδικές συσκευές μέτρησης σε συνεργασία με το δίκτυο μπορούν να τοποθετηθούν και να δώσουν τα αναγκαία δεδομένα. Οποιαδήποτε μελλοντικά σχέδια επεκτάσεων ή τροποποιήσεων της εγκατάστασης πρέπει να συμπεριληφθούν για την πρόβλεψη μελλοντικών φορτίων

Σκοπός είναι να κατασκευάσουμε το ωριαίο ημερήσιο προφίλ των φορτίων. Τα προφίλ σχεδιάζονται έτσι ώστε να απεικονίζουν όμοιες, από άποψη φορτίου, μέρες. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχουν χαρακτηριστικά προφίλ ανάλογα με την εποχή, τον μήνα, την μέρα της εβδομάδας (εργάσιμη ή αργία)



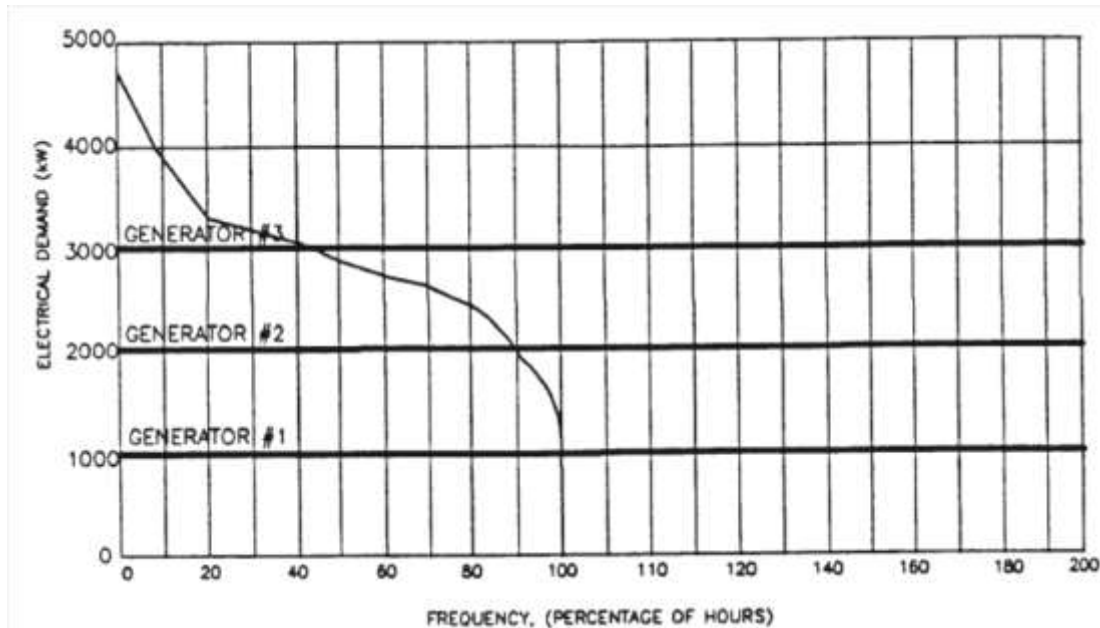
Διάγραμμα 3.1 Παράδειγμα ημερήσιου προφίλ ηλεκτρικού φορτίου [26]



Διάγραμμα 3.2 Παράδειγμα ημερήσιου προφίλ θερμικού φορτίου [26]

3.6.2 Καμπύλες διάρκειας φορτίου

Για κάθε μορφή ενέργειας είναι χρήσιμο να σχεδιάσουμε την καμπύλη διάρκειας φορτίου, η οποία δείχνει πόσες ώρες συνολικά (σε ένα μήνα ή χρόνο) η απαιτούμενη θερμότητα ξεπέρασε μια συγκεκριμένη τιμή. Στους άξονες του διαγράμματος μπορούμε είτε να έχουμε τις τιμές (kW, ώρες) είτε ποσοστά (επί της συνολικής ζήτησης, επί του χρονικού διαστήματος). Η καμπύλη διάρκειας φορτίου μας παρέχει πληροφορίες σχετικά με το φορτίο βάσης ή το φορτίο αιχμής. Ένα παράδειγμα παρουσιάζεται για καλύτερη κατανόηση.



Διάγραμμα 3.3 Παράδειγμα καμπύλης διάρκειας ηλεκτρικού φορτίου σε συνδυασμό με τη λειτουργία τριών γεννητριών [1]

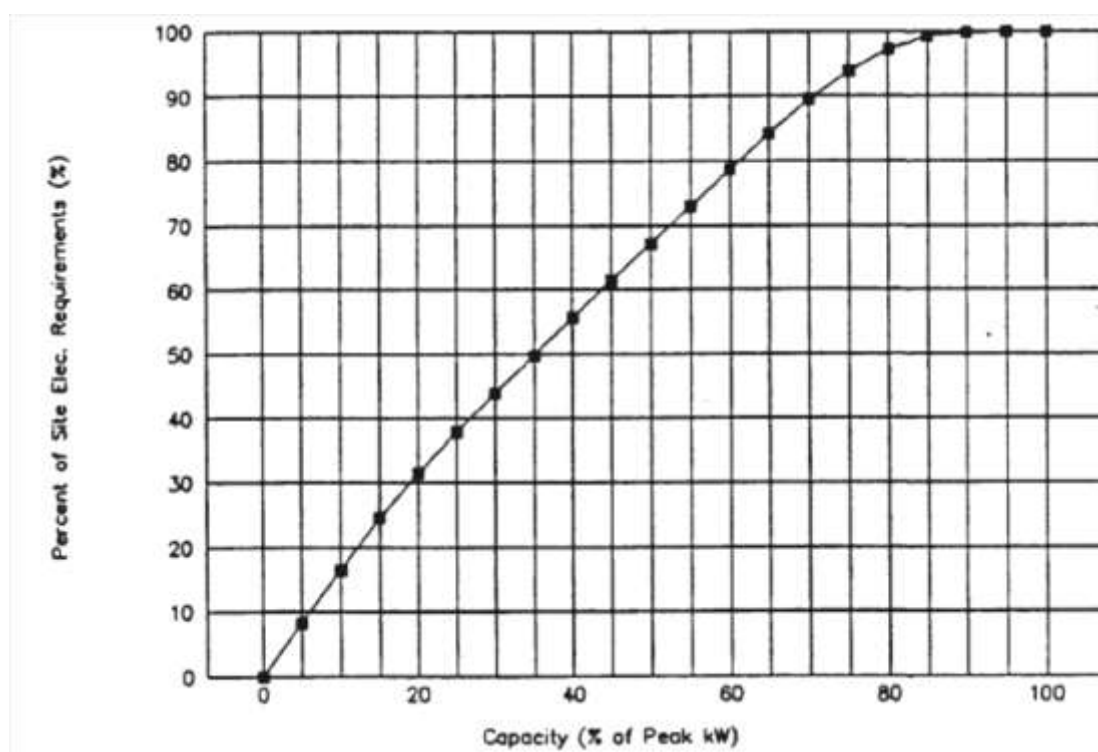
Στο διάγραμμα 3.3 παρουσιάζεται μια καμπύλη διάρκειας φορτίου με αιχμή 4800kW. Ας υποθέσουμε ότι εγκαθίστανται 3 μηχανές-γεννήτριες, η καθεμία με ισχύ 1000kW. Η πρώτη λειτουργεί στο ονομαστικό φορτίο διαρκώς. Η δεύτερη στο 95% του ονομαστικού και η τρίτη στο 65%. Η απόδοση των μηχανών για λειτουργία σε μερικό φορτίο είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη, καθώς συνεπάγεται χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση. Άλλοι συνδυασμοί ως προς τον αριθμό των μηχανών και τις ονομαστικές τους ισχύες μπορούν να εξεταστούν με τη βοήθεια της καμπύλης διάρκειας φορτίου. Παράλληλα θα πρέπει να εξεταστεί και η αντίστοιχη καμπύλη για το θερμικό φορτίο. [1]

3.6.3 Καμπύλη ισχύος φορτίου

Ολοκληρώνοντας τον προσδιορισμό της περιοχής κάτω από την καμπύλη διάρκειας φορτίου, δημιουργούμε την καμπύλη ισχύος φορτίου (capacity load curve), που

συσχετίζει την ζητούμενη ισχύ με το συνολικό φορτίο που βρίσκεται σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο ενέργειας ή κάτω από αυτό.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 3.4 η εγκατάσταση θα χρησιμοποιήσει το 90% της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας στο διάστημα ενός μηνός σε επίπεδα ενέργειας που ισοδυναμούν με το 70% της αιχμής ενέργειας. Συνεπώς εάν μια μηχανή έχει διαστασιολογηθεί να καλύπτει το 70% της μέγιστης ενέργειας, τότε αυτή θα παρέχει το 90% της ζήτησης ενέργειας στο διάστημα ενός μηνός. Για να αυξήσουμε την παροχή της ενέργειας από 90% στο 100%, δηλαδή μια αύξηση της τάξεως του 11%, η ισχύς της μηχανής θα πρέπει να αυξηθεί από 70% στο 100%, δηλαδή κατά 43%. Η αύξηση της ισχύς της μηχανής πάνω από 40%, για μια αύξηση κατά 11% της παραγόμενης ενέργειας, μπορεί να μην συμφέρει οικονομικά, εκτός και αν η περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να πωληθεί στο δίκτυο με ευνοϊκούς όρους. Παράλληλα θα πρέπει να εξεταστεί εάν η παραγόμενη θερμική ενέργεια χρησιμοποιείται σε ικανοποιητικό επίπεδο. [1]



Διάγραμμα 3.4 Παράδειγμα μηνιαίας καμπύλης ισχύος [1]

3.7 Εκτίμηση της απόδοσης

Ο σκοπός αυτής της ανάλυσης είναι να υπολογιστούν τα ενεργειακά και οικονομικά κριτήρια. Συγκεκριμένα στην περίπτωση των ενεργειακών κριτηρίων, ετήσια δεδομένα είναι απαραίτητα. Για αυτό κατασκευάζεται ένα μαθηματικό μοντέλο του συστήματος και γενικότερα της εγκατάστασης, καθώς αυτή χαρακτηρίζεται από διαφορετικά φορτία.

Το μοντέλο μπορεί να είναι είτε πρόχειρο, βασισμένο σε μέσες τιμές ζήτησης και απόδοσης, είτε ακριβείας, βασισμένο στην ζήτηση κάθε ώρα του χρόνου και στην πραγματική απόδοση του συστήματος και το πως η τελευταία επηρεάζεται από τη λειτουργία σε μερικό φορτίο και τις συνθήκες υπό τις οποίες λειτουργεί.

Σε κάθε επίπεδο προσέγγισης, δεδομένα όπως τα παρακάτω, πρέπει να προσδιοριστούν, για να επιλεγθεί ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος.

- Ⓢ Τα θερμικά και ηλεκτρικά φορτία της εγκατάστασης
- Ⓢ Η ηλεκτρική ισχύς του κάθε συστήματος συμπαραγωγής
- Ⓢ Η ισχύς που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση
- Ⓢ Η ισχύς που αγοράζεται από ή πωλείται στο δίκτυο
- Ⓢ Η παραγόμενη θερμική ισχύς από κάθε μονάδα
- Ⓢ Η παραγόμενη θερμική ενέργεια από τη μονάδα συμπαραγωγής
- Ⓢ Η κατανάλωση καυσίμου από κάθε μονάδα συμπαραγωγής
- Ⓢ Η κατανάλωση καυσίμου από επιπρόσθετους λέβητες
- Ⓢ Η κατανάλωση καυσίμου που εξοικονομείται χάρη στη συμπαραγωγή
- Ⓢ Τον ετήσιο αριθμό ωρών λειτουργίας του συστήματος συμπαραγωγής, με την προϋπόθεση ότι αυτός δεν ξεπερνά την διαθεσιμότητα του συστήματος
- Ⓢ Ο συντελεστής φορτίου του συστήματος συμπαραγωγής
- Ⓢ Το ποσοστό του ηλεκτρισμού, που παράγεται από το σύστημα συμπαραγωγής, και χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση
- Ⓢ Το ποσοστό της κάθε μορφής απαιτούμενης ενέργειας που καλύπτεται από τη συμπαραγωγή
- Ⓢ Ο ετήσιος ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής
- Ⓢ Ο ετήσιος θερμικός βαθμός απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής
- Ⓢ Ο ετήσιος ολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος
- Ⓢ Η κατανάλωση καυσίμου για χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας
- Ⓢ Ο λόγος εξοικονόμησης καυσίμου

Για κάθε εγκατάσταση τα οικονομικά και ενεργειακά κριτήρια υπολογίζονται για διάφορες τεχνολογίες συμπαραγωγής και διάφορους συνδυασμούς. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων οδηγούν στο πιο κατάλληλο σύστημα για την συγκεκριμένη εφαρμογή.

Η τεχνολογική και οικονομική εκτίμηση όμως για μια τόσο μεγάλη ποικιλία συνδυασμών, είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και χρονοβόρα. Μαθηματικές μέθοδοι

βελτιστοποίησης μπορούν να εφαρμοστούν για να διευκολύνουν την διαδικασία.
[1]

Γενικά οι συνθήκες είναι ευνοϊκές για συμπαραγωγή όταν το σύστημα συμπαραγωγής πρόκειται να λειτουργήσει επί αρκετές ώρες το έτος (πάνω από 4000) και οι καμπύλες θερμικού και ηλεκτρικού φορτίου να μην παρουσιάζουν μεγάλη χρονική απόκλιση (διαφορά φάσης) μεταξύ τους. Αν όμως ο ετεροχρονισμός είναι έντονος, ίσως χρειασθεί η εγκατάσταση συστήματος αποθήκευσης θερμότητας (ή ηλεκτρισμού), προκειμένου να είναι ενεργειακά αποδοτική η λειτουργία του συστήματος συμπαραγωγής.[1]

Κεφάλαιο 4^ο

Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας

4.1 Γενικά

Η πρόοδος της τεχνολογίας μας έχει επιτρέψει να έχουμε στην διάθεση μας διαφορές τεχνικές συμπαραγωγής. Κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο καθώς κάθε κτήριο έχει τις δικούς του απαιτήσεις ανάλογα με την κατηγορία που ανήκει, τα διαθέσιμα καύσιμα που έχουμε και τις ώρες λειτουργίας του. Για να μπορέσουμε να γνωρίζουμε ποιο σύστημα είναι πιο αποδοτικό για την περίπτωση μας πρέπει να ξέρουμε τις απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και ηλεκτρισμό της εγκατάστασης.

Τα περισσότερα συστήματα συμπαραγωγής μπορούν να χαρακτηριστούν είτε ως συστήματα «κορυφής» (topping systems) είτε ως συστήματα «βάσης» (bottoming systems). Στα συστήματα κορυφής, ρευστό υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ η αποβαλλόμενη θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται σε θερμικές διεργασίες, θέρμανση χώρων ή ακόμη και για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στα συστήματα βάσης, παράγεται πρώτα θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας και κατόπιν τα θερμά αέρια διοχετεύονται συνήθως σε λέβητα ανακομιδής θερμότητας, όπου παράγεται ατμός που κινεί ατμοστροβιλογεννήτρια. Επίσης, είναι δυνατόν τα θερμά αέρια να διοχετευτούν σε αεριοστρόβιλο, που κινεί την ηλεκτρογεννήτρια χωρίς την παρεμβολή λέβητα. [Ε1] [1]

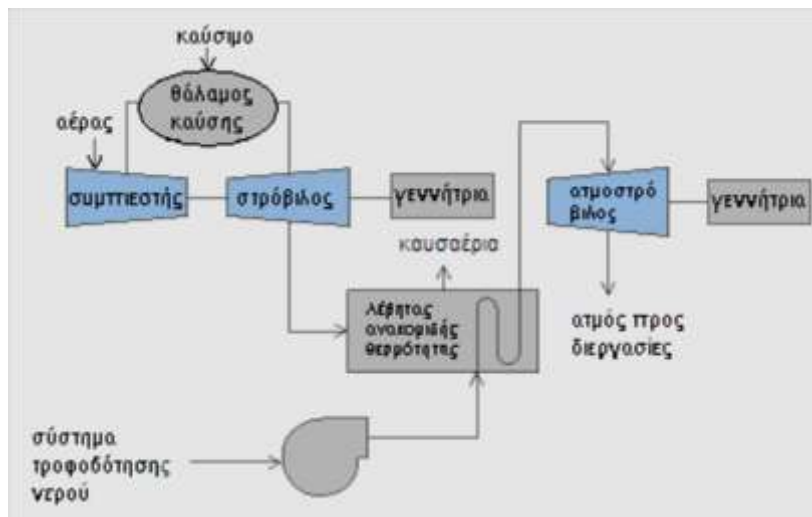
Τα συστήματα συμπαραγωγής συνήθως ταξινομούνται βάσει του κινητήρα (prime mover), της γεννήτριας και του καυσίμου που χρησιμοποιούν

4.1.1 Συστήματα συμπαραγωγής κύκλου αιχμής

Τα συστημάτων συμπαραγωγής κύκλου αιχμής είναι τα εξής τέσσερα:

- © Στον πρώτο τύπο τα καύσιμα καταναλώνονται σε έναν αεριοστρόβιλο ή μια μηχανή diesel για την παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ισχύος. Τα καυσαέρια παρέχουν θερμότητα για διεργασίες, ή οδηγούνται σε ένα λέβητα ανάκτησης θερμότητας όπου παράγεται ατμός για τη λειτουργία ενός δευτερεύοντος ατμοστρόβιλου. Αυτό είναι ένα σύστημα αιχμής συνδυασμένου κύκλου.

- Ⓢ Ο δεύτερος τύπος συστήματος καταναλώνει καύσιμα (οποιοδήποτε είδους) για την παραγωγή ατμού υψηλής πίεσης που στη συνέχεια οδηγείται σε ατμοστρόβιλο παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Η εξαγωγή παρέχει ατμό διεργασιών χαμηλής πίεσης. Αυτό είναι ένα ατμοστροβιλικό σύστημα αιχμής.
- Ⓢ Ο τρίτος τύπος καταναλώνει καύσιμα όπως είναι το φυσικό αέριο, το diesel, τα ξύλα, ο αεριοποιημένος άνθρακας, ή το αέριο ΧΥΤΑ. Το ζεστό νερό από το σύστημα ψύξης των χιτωνίων της μηχανής οδηγείται σε έναν λέβητα ανάκτησης θερμότητας, όπου μετατρέπεται σε ατμό διεργασιών και ζεστό νερό για θέρμανση χώρων.
- Ⓢ Ο τέταρτος τύπος είναι ένα αεριοστροβιλικό σύστημα αιχμής. Ένας στρόβιλος φυσικού αερίου οδηγεί μια γεννήτρια και τα καυσαέρια οδηγούνται σε ένα λέβητα ανάκτησης θερμότητας όπου παράγεται ατμός και θερμότητα διεργασιών. Σε μία μονάδα κύκλου αιχμής χρησιμοποιούνται πάντοτε κάποια πρόσθετα καύσιμα, πέραν αυτών που απαιτούνται για την παραγωγική διεργασία, και έτσι υφίσταται ένα λειτουργικό κόστος που σχετίζεται με την ηλεκτροπαραγωγή.

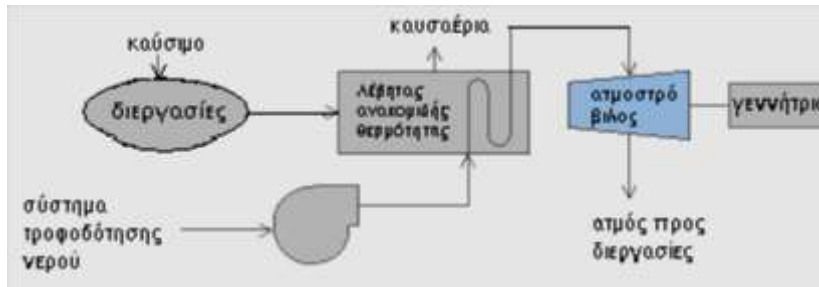


Σχήμα 4.1 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας συστήματος κορυφής

4.1.2 Συστήματα συμπαραγωγής κύκλου βάσης

Τα συστήματα «βάσης» είναι πολύ λιγότερο συνηθισμένα από τα αντίστοιχα «κορυφής». Τέτοια συστήματα συναντώνται σε βαριές βιομηχανίες, όπως αυτές του γυαλιού ή οι μεταλλουργικές, όπου χρησιμοποιούνται φούρνοι πολύ υψηλών θερμοκρασιών. Ένας λέβητας ανάκτησης της απόβλητης θερμότητας συλλέγει τη θερμότητα που αποβάλλεται από κάποια θερμική παραγωγική διεργασία. Αυτή η απορριπτόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να παραχθεί ατμός ο οποίος κινεί έναν ατμοστρόβιλο που παράγει ηλεκτρισμό. Δεδομένου ότι το

καύσιμο καίγεται πρώτα κατά την παραγωγική διεργασία, δεν απαιτείται καμία πρόσθετη ποσότητα καυσίμου για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας [Ε2], [8]



Σχήμα 4.2 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας συστήματος βάσης

4.2 Δείκτες συμπεριφοράς του συστήματος

4.2.1 Δείκτες ενεργειακής συμπεριφοράς

Πριν από την περιγραφή των τεχνολογιών της συμπαραγωγής, είναι απαραίτητο να καθοριστούν συγκεκριμένοι δείκτες που να προσδιορίζουν τη θερμοδυναμική απόδοση ενός συστήματος συμπαραγωγής και να διευκολύνουν τη σύγκριση των εναλλακτικών επιλογών (συστημάτων). Πολυάριθμοι τέτοιοι δείκτες έχουν εμφανιστεί στη βιβλιογραφία, και οι σημαντικότεροι από αυτούς ορίζονται σε αυτή την παράγραφο. Χρησιμοποιούνται τα σύμβολα που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

| Σύμβολα που χρησιμοποιούνται στους δείκτες ενεργειακής συμπεριφοράς | |
|---|--|
| Σύμβολα | Επεξήγηση |
| W | Ηλεκτρική ή μηχανική ισχύς |
| Q | Θερμική ισχύς |
| W_s | Η ισχύς στον άξονα της κύριας πηγής ενέργειας. |
| $H_{fΣ}$ | Ισχύς καυσίμου που καταναλώνεται από το σύστημα συμπαραγωγής |
| m_f | Παροχή καυσίμου για την χωριστή παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής ισχύος |
| $m_{fΣ}$ | Παροχή καυσίμου σε σύστημα συμπαραγωγής |
| H_{fW} | Ισχύς καυσίμου για χωριστή παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ισχύος |
| H_{fQ} | Ισχύς καυσίμου για χωριστή παραγωγή θερμικής ισχύος |
| $H_{fΣ}$ | Ολική ισχύς καυσίμου για χωριστή παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) και θερμικής ισχύος |
| H_u | Κατώτερη θερμογόνοος ικανότητα (δύναμη) καυσίμου |

Πίνακας 4.1 Σύμβολα δεικτών ενεργειακής συμπεριφοράς

Στην Ευρώπη η ανάλυση συνήθως γίνεται με την κατώτερη θερμογόνο δύναμη (ΚΘΔ). Στις ΗΠΑ συνήθως χρησιμοποιείται η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (ΑΘΔ) Ηο. [Ε2]

Η ισχύς καυσίμου που καταναλώνεται από ένα σύστημα για τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας δίνεται από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} H_{fW} &= m_f H_u \\ H_{fQ} &= m_f H_u \\ H_{fX} &= H_{fW} + H_{fQ} \end{aligned}$$

ενώ σε ένα σύστημα συμπαραγωγής έχουμε:

$$H_{f\Sigma} = m_{f\Sigma} H_u$$

Ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα (π.χ. του αεριοστροβίλου, της μηχανής Diesel ή Otto, του ατμοστροβίλου, κλπ.) ορίζεται ως:

$$n_m = \frac{W_S}{H_{f\Sigma}}$$

Ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής (n_e):

$$n_e = \frac{W}{H_{f\Sigma}}$$

Θερμικός βαθμός απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής (n_h ή n_{th}):

$$n_h = \frac{Q}{H_{f\Sigma}}$$

Ολικός ενεργειακός βαθμός απόδοσης (n):

$$n = n_h + n_e = \frac{W + Q}{H_{f\Sigma}}$$

Η ποιότητα της θερμότητας είναι χαμηλότερη από αυτήν της ηλεκτρικής ενέργειας και ελαττώνεται με τη θερμοκρασία στην οποία είναι διαθέσιμη (δηλαδή η ποιότητα της θερμότητας υπό μορφή ζεστού νερού είναι χαμηλότερη από την ποιότητά της υπό μορφή ατμού). Συνεπώς, δεν είναι σκόπιμο να προστίθεται η ηλεκτρική ενέργεια και η θερμότητα, όπως στην περίπτωση της τελευταίας εξίσωσης και μερικές φορές είναι παραπλανητική μια σύγκριση μεταξύ συστημάτων με βάση τον ενεργειακό βαθμό απόδοσης. Ακόμα κι αν μέχρι τώρα συνήθως χρησιμοποιούνται οι ενεργειακοί βαθμοί απόδοσης, μία θερμοδυναμικά

ακριβέστερη αξιολόγηση και μία δικαιότερη σύγκριση μεταξύ των συστημάτων μπορεί να γίνει βάσει των εξεργειακών αποδοτικότητων.

Λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR, Power to heat ratio:):

$$PHR = \frac{W}{Q} = \frac{n_e}{n_h}$$

Λόγος εξοικονόμησης ενέργειας καυσίμου (FESR, Fuel energy savings ratio):

$$FESR = \frac{H_{fX} - H_{f\Sigma}}{H_{fX}}$$

Προκειμένου ένα σύστημα συμπαραγωγής να αποτελεί μια λογική επιλογή από την άποψη της εξοικονόμησης ενέργειας, πρέπει να είναι: $FESR > 0$.

Από τις παραπάνω εξισώσεις οδηγούμαστε στις παρακάτω σχέσεις:

$$\eta = \eta_e \left(1 + \frac{1}{PHR} \right)$$

$$PHR = \frac{\eta_e}{\eta_{th}} = \frac{\eta_e}{\eta - \eta_e}$$

οι οποίες βοηθούν στον καθορισμό αποδεκτών τιμών του λόγου ηλεκτρισμού προς θερμότητα ενός συστήματος, όταν είναι γνωστός ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσής του. Πρέπει να αναφερθεί ότι, σε κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες για την επιλογή ενός συστήματος συμπαραγωγής.

Εάν θεωρηθεί ότι ένα σύστημα συμπαραγωγής αντικαθιστά διακριτές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας με βαθμούς απόδοσης η_w και η_Q , αντίστοιχα, τότε αποδεικνύεται ότι

$$FESR = 1 - \frac{PHR + 1}{\eta \left(\frac{PHR}{\eta_w} + \frac{1}{\eta_Q} \right)}$$

όπου οι δείκτες W και Q υποδηλώνουν τη διακριτή παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και της θερμότητας (π.χ. από μία μονάδα ηλεκτροπαραγωγής και έναν λέβητα), αντίστοιχα. Κατά συνέπεια, εάν ένα σύστημα συμπαραγωγής με συνολικό βαθμό απόδοσης $\eta=0,80$ και λόγο ηλεκτρισμού προς θερμότητα $PHR=0,60$ υποκαθιστά μια μονάδα ηλεκτροπαραγωγής με απόδοση $\eta_w=0,35$ και έναν λέβητα με απόδοση $\eta_Q=0,85$, τότε από την εξίσωση προκύπτει: $FESR=0,325$. Αυτό σημαίνει ότι η συμπαραγωγή μειώνει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά 32,5%. Η απόδοση ενός συστήματος εξαρτάται από το φορτίο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Από την άλλη, ο βαθμός χρησιμοποίησης των παραγόμενων ενεργειακών μορφών επηρεάζεται από την αρχική επιλογή (σχεδιασμός) του συστήματος, τη

στρατηγική της συμπαραγωγής (λειτουργικός έλεγχος) και τη σύμπτωση μεταξύ της παραγωγής και χρήσης των ωφέλιμων ενεργειακών μορφών. Για τους λόγους αυτούς, οι ολοκληρωτικοί δείκτες για μία χρονική περίοδο, π.χ. οι ετήσιοι δείκτες, είναι συχνά σημαντικότεροι από τους στιγμιαίους ή τους ονομαστικούς, δεδομένου ότι είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικοί της πραγματικής απόδοσης του συστήματος. Επιπλέον υπάρχουν νομικά ζητήματα που καθιστούν σημαντικές τις ολοκληρωτικές τιμές των δεικτών. Παραδείγματος χάριν, σύμφωνα με το σχετικό νόμο για τα θέματα συμπαραγωγής στην Ελλάδα, για να μπορεί ένα σύστημα συμπαραγωγής να είναι επιλέξιμο για επιδότηση πρέπει να έχει ένα ετήσιο συνολικό βαθμό απόδοσης τουλάχιστον 65% στο βιομηχανικό τομέα, και τουλάχιστον 60% στον τριτογενή τομέα. Εντούτοις, σε όλα τα προηγούμενα χρησιμοποιήθηκαν η ηλεκτρική και θερμική ισχύς και η ισχύς των καυσίμων (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου), καταλήγοντας σε τιμές δεικτών που ισχύουν μόνο για μια ορισμένη χρονική στιγμή ή για ένα συγκεκριμένο φορτίο. Όλοι οι ανωτέρω ορισμοί ισχύουν επίσης εάν η ισχύς αντικατασταθεί από την ενέργεια σε μία ορισμένη χρονική περίοδο. Τότε, οι προκύπτουσες ολοκληρωτικές τιμές των δεικτών υποδηλώνουν την απόδοση του συστήματος κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής. Έτσι, η εξίσωση

$$n = n_h + n_e = \frac{W + Q}{H_{f\Sigma}}$$

μπορεί να γραφτεί επίσης ως εξής

$$\eta_a = \frac{W_{ea} + Q_a}{H_{fa}}$$

όπου

W_{ea} Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το σύστημα συμπαραγωγής κατά τη διάρκεια ενός έτους

Q_a Η ετήσια παραγωγή θερμικής ενέργειας

H_{fa} Η ενέργεια των καυσίμων που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια ενός έτους

Συνεπώς, η τελευταία εξίσωση παρέχει τον ετήσιο ολικό βαθμό απόδοσης η_a του συστήματος συμπαραγωγής. [E1], [E2], [1]

4.2.2 Δείκτες Αξιοπιστίας, Διαθεσιμότητας και Χρησιμοποίησης

Αποτελούν δείκτες μέσω των οποίων προσδιορίζεται το κατά πόσο το σύστημα είναι ικανό να λειτουργεί ικανοποιητικά.

ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ (reliability): Ως αξιοπιστία θεωρείται η πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικά ένα σύστημα για δεδομένο χρονικό διάστημα και με προκαθορισμένες συνθήκες. [E1][9]

$$Reliability(\%) = \frac{T - (S + U)}{T - s} \cdot 100$$

ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (availability): Διαθεσιμότητα είναι η πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικά ένα σύστημα σε τυχαία χρονική στιγμή. Η μέση ετήσια διαθεσιμότητα είναι ίση με το ποσοστό του χρόνου κατά το οποίο ένα σύστημα μπορεί να λειτουργεί ικανοποιητικά (λαμβάνονται υπόψη η προληπτική συντήρηση και οι έκτακτες βλάβες).[E1][9]

$$Availability(\%) = \frac{T - (S + U)}{T} \cdot 100$$

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ (utilisation): είναι το ποσοστό που λαμβάνει υπόψη το χρονικό διάστημα που όντως λειτουργεί το σύστημα ικανοποιητικά, και επομένως περιλαμβάνει όλες τις περιπτώσεις, εξαιτίας των οποίων σταμάτησε να λειτουργεί από εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. μικρό θερμικό φορτίο) [9]

$$Utilisation(\%) = \frac{A}{T} \cdot 100$$

όπου

- T Το χρονικό διάστημα που απαιτείται να λειτουργεί το σύστημα (ώρες/χρόνο)
- S Προγραμματισμένη παύση λειτουργίας για συντήρηση (ώρες/χρόνο)
- U Έκτακτη παύση λειτουργίας (ώρες/χρόνο)
- A Το χρονικό διάστημα που όντως λειτουργεί ικανοποιητικά μέσα στο χρονικό διάστημα T

4.3 Συστήματα Συμπαραγωγής

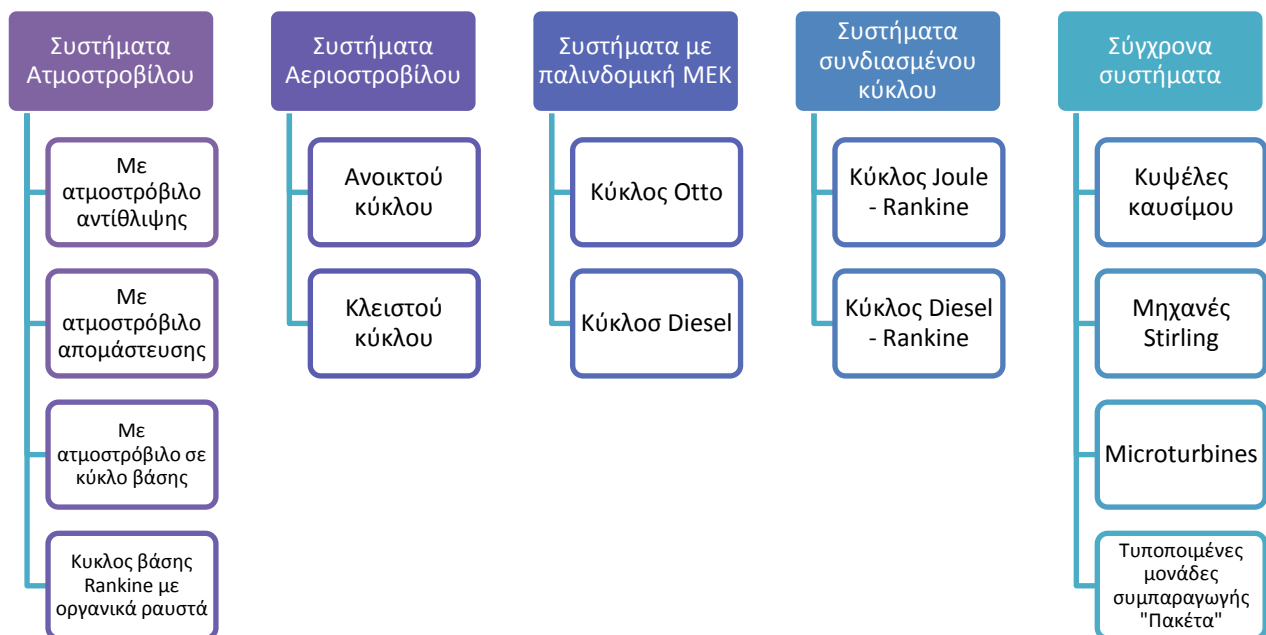
Η συμπαραγωγή δεν απαρτίζει μία συγκεκριμένη τεχνολογία, αλλά εφαρμογή τεχνολογιών που σε συνδυασμό καλύπτουν ηλεκτρικές και θερμικές ανάγκες, με σκοπό την βελτίωση του βαθμού απόδοσης. Οι ανάγκες αυτές διαφοροποιούνται από εγκατάσταση σε εγκατάσταση, συνεπώς ο τύπος και ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος θα πρέπει να επιλεγθούν προσεκτικά. [E1]

Ένα σύστημα συμπαραγωγής αποτελείται κυρίως από τέσσερα στοιχεία:

- ⊕ Τον κινητήρα (prime mover): Ο κινητήρας μπορεί να είναι ατμοστρόβιλος, αεριοστρόβιλος, παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης, συνδυασμένος κύκλος, κυψέλες καυσίμου, μηχανή Stirling ή micro-turbine. Ο κινητήρας κινεί τη γεννήτρια.
- ⊕ Τη γεννήτρια : Αυτή μπορεί να είναι σύγχρονη, ασύγχρονη ή αυτοδιεγειρόμενη ασύγχρονη. Αυτή παράγει την ηλεκτρική ενέργεια.

- ☉ Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας : Αυτό ανακτά την απορριπτόμενη θερμότητα από τα ρευστά που έχουν σχέση με τη λειτουργία της μηχανής (με εναλλάκτες ανάκτησης θερμότητας) και από τα καυσαέρια (με λέβητα ανάκτησης θερμότητας που αποκαλείται και λέβητας καυσαερίων).
- ☉ Το σύστημα ελέγχου : Αυτό διασφαλίζει την ασφαλή και ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος συμπαραγωγής.

Οι μονάδες συμπαραγωγής γενικά κατατάσσονται με βάση το είδος του κινητήρα, της γεννήτριας και του καυσίμου που χρησιμοποιείται. Με κριτήριο τον κινητήρα, είναι διαθέσιμες διάφορες τεχνικές συμπαραγωγής, οι οποίες σχηματικά παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 4.3 Τεχνικές συμπαραγωγής με κριτήριο τον κινητήρα

4.3.1 Συστήματα ατμοστρόβιλου

Αποτελείται από μια πηγή θερμότητας (heat source), τον ατμοστρόβιλο και τη διάταξη απομάκρυνσης θερμότητας (heat sink). Ο θερμοδυναμικός κύκλος του ατμοστρόβιλου είναι ο κύκλος Rankine, παρόλο που εφαρμόζονται και κάποιοι άλλοι, όπως οι κύκλοι αναθέρμανσης και αναγέννησης, και ο συνδυασμένος κύκλος. Ο κύκλος Rankine είναι ο βασικός κύκλος των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Ο ατμοστρόβιλος μπορεί να αποτελείται από πολλές βαθμίδες, κάθε μία από τις οποίες μπορεί να οριστεί με την ανάλυση της εκτόνωσης του ατμού από μία υψηλότερη σε μία χαμηλότερη πίεση.

Είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα συμπαραγωγής και οι συνθήκες λειτουργίας τους ποικίλλουν μέσα σε ένα μεγάλο εύρος. Σε εφαρμογές συμπαραγωγής, η πίεση του ατμού κυμαίνεται από μερικά bar μέχρι 100 bar (σε μεγάλες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής μπορούν να χρησιμοποιηθούν και υψηλότερες πιέσεις). Η θερμοκρασία του ατμού φτάνουν μέχρι και 450°C (σε μεγάλες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής μέχρι 540°C)

Είναι κατάλληλα για ισχείς 500kW-100MW ή και μεγαλύτερες. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε καύσιμο. Ακόμη και στερεά απόβλητα καίγονται σε ειδικούς λέβητες εφοδιασμένους με συστήματα κατακράτησης ή και εξουδετέρωσης ρύπων και τοξικών ουσιών, που δημιουργούνται κατά την καύση.

Ο βαθμός απόδοσης φθάνει το 60-85% και δεν πέφτει έντονα κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο (δηλ. φορτίου μικρότερο του ονομαστικού). Όμως, ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης είναι χαμηλός (15-20%), που συντελεί σε μικρό λόγο ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR = 0.1–0.5). Γενικά όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του ατμού που απαιτείται για τις θερμικές διεργασίες, τόσο χαμηλότερος είναι ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης. Αύξηση του ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης μέχρι ενός σημείου μπορεί να επιτευχθεί με αύξηση της πίεσης και θερμοκρασίας του ατμού στην είσοδο του αμοστροβίλου.

Τα συστήματα αμοστροβίλου έχουν υψηλή αξιοπιστία, που φτάνει το 95%, υψηλή διαθεσιμότητα (90-95%) και μεγάλη διάρκεια ζωής (25-35 έτη). Όμως, ο χρόνος εγκατάστασης είναι σχετικά μεγάλος: 12-18 μήνες για μικρές μονάδες και μέχρι τρία έτη για μεγαλύτερα συστήματα.

| Μειονεκτήματα | Πλεονεκτήματα |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλή απόδοση σε μερικό φορτίο • Ογκώδης κατασκευή • Αργή ανταπόκριση σε μεταβολές φορτίου • Υψιλό αρχικό κόστος • Ανάγκη για ατμό υψηλής ενθαλπίας • Μικρός λόγος PHR | <ul style="list-style-type: none"> • Υψηλός ολικός βαθμός απόδοσης • Χρήση οποιουδήποτε καυσίμου • Έξοδος ατμού στην επιθυμητή θερμοκρασία και πίεση • Μεγάλο εύρος ισχύων • Υψηλή αξιοπιστία και διαθεσιμότητα • Μεγάλος κύκλος ζωής |

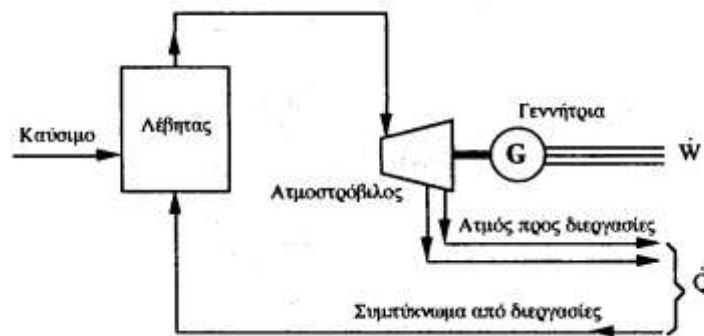
Πίνακας 4.2 Μειονεκτήματα – Πλεονεκτήματα συστημάτων Αμοστροβίλου

Υπάρχουν τέσσερις βασικές διατάξεις συστημάτων της κατηγορίας αυτής: το σύστημα συμπαραγωγής με αμοστροβίλο αντίθλιψης, όπου ο ατμός εξέρχεται του

στροβίλου σε πιέσεις υψηλότερες της ατμοσφαιρικής, το σύστημα συμπαραγωγής με αμοστρόβιλο απομάστευσης, όπου ο ατμός εξέρχεται του στροβίλου σε πιέσεις χαμηλότερες της ατμοσφαιρικής, το σύστημα με αμοστρόβιλο σε κύκλο βάσης (Bottoming Cycle) και το σύστημα με αμοστρόβιλο σε κύκλο βάσης Rankine με οργανικά ρευστά (Bottoming Rankine Cycle ή Organic Rankine Cycle, ORC). [E1][2]

4.3.1.1 Σύστημα συμπαραγωγής με αμοστρόβιλο αντίθλιψης

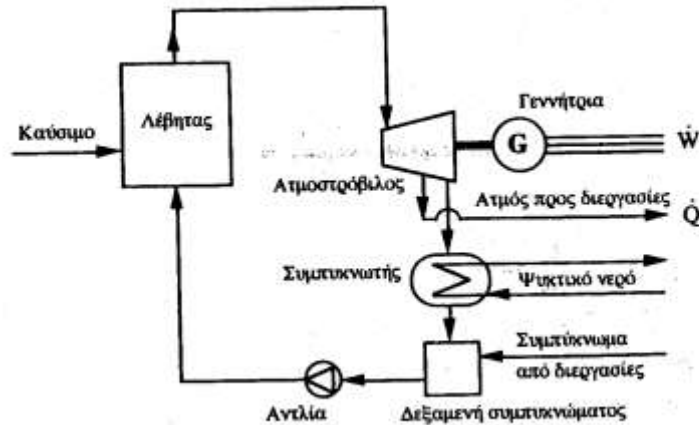
Ατμός υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας παράγεται σε λέβητα με κατανάλωση καυσίμου και χρησιμοποιείται για την κίνηση αμοστρόβιλου στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη η ηλεκτρογεννήτρια. Ο ατμός βγαίνει από τον στροβίλο σε πίεση και θερμοκρασία κατάλληλη για τις θερμικές διεργασίες. Ο όρος αντίθλιψη οφείλεται στο ότι η πίεση αυτή είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής (3-20 bar). Απομάστευση μέρους του ατμού από ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου στις επιθυμητές πιέσεις είναι επίσης δυνατή. Το σύστημα αντίθλιψης είναι απλό σε μορφή, έχει μικρό κόστος, μειωμένη ή καθόλου ανάγκη ψυκτικού νερού και υψηλό βαθμό απόδοσης (περίπου 85%). Όμως η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι στενά συνδεδεμένη με την απαιτούμενη θερμότητα. [E1]



Σχήμα 4.4 Σύστημα συμπαραγωγής με αμοστρόβιλο αντίθλιψης

4.3.1.2 Σύστημα συμπαραγωγής με αμοστρόβιλο απομάστευσης

Μέρος του ατμού απομαστεύεται από μια ή περισσότερες βαθμίδες του στροβίλου στις επιθυμητές πιέσεις, ενώ ο υπόλοιπος αποτονώνεται μέχρι τη πίεση του συμπυκνωτή που είναι 0,05-0,10 bar (αντιστοιχεί σε θερμοκρασία συμπύκνωσης περίπου 33°C). Τα συστήματα απομάστευσης έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 80% και τη δυνατότητα ανεξάρτητης (μέσα σε ορισμένα όρια) ρύθμισης της θερμικής και ηλεκτρικής ισχύος. [E1]

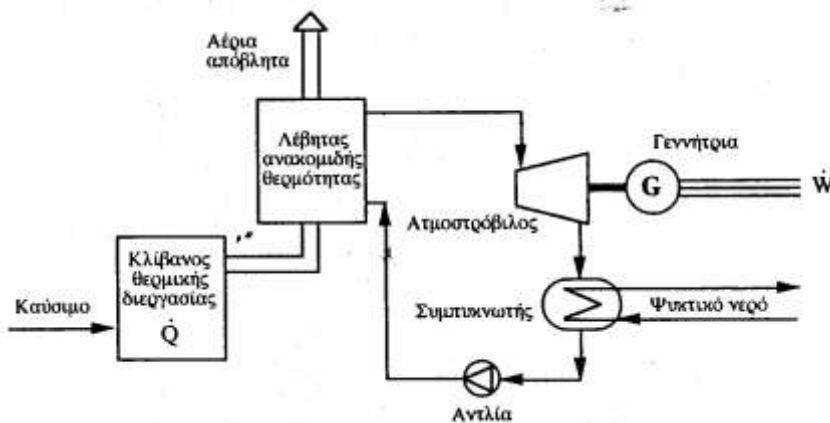


Σχήμα 4.5 Σύστημα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο απομάστευσης

4.3.1.3 Σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού

Αρκετές βιομηχανίες έχουν αέρια απόβλητα υψηλής θερμοκρασίας (1000- 1200°C). Μετά τη θερμική διεργασία τα αέρια έχουν ακόμα υψηλή θερμοκρασία(500- 600°C) και αντί να αποβληθούν στην ατμόσφαιρα, μπορούν να περάσουν μέσα από λέβητα ανακομιδής θερμότητας (heat recovery steam generator, HRSG), όπου παράγεται ατμός που κινεί μια ατμοστροβιλογεννήτρια.

Τυπική περιοχή τιμών του ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης είναι 5-15%. Είναι μεν χαμηλός, αλλά ο ηλεκτρισμός παράγεται από θερμότητα που διαφορετικά θα χανόταν, χωρίς πρόσθετη κατανάλωση καυσίμου. [E1]



Σχήμα 4.6 Σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού

4.3.1.4 Σύστημα συμπαραγωγής σε κύκλο βάσης Rankine με οργανικά ρευστά (organic Rankine cycles, ORC).

Στον κύκλο βάσης του σχήματος 4.5, το μέσο είναι το νερό, το οποίο εξατμίζεται με ανακομιδή θερμότητας σε υψηλή θερμοκρασία (500°C ή μεγαλύτερη). Όμως στην περίπτωση που η διαθέσιμη θερμότητα βρίσκεται σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες (80-300°C), μπορούν να χρησιμοποιηθούν οργανικά ρευστά (π.χ. τουλουένη), βελτιώνοντας την απόδοση του συστήματος. Τα οργανικά υγρά έχουν δύο βασικά μειονεκτήματα έναντι του νερού: (i) είναι πιο ακριβά από το νερό, οπότε οποιαδήποτε απώλεια του ρευστού οδηγεί σε σημαντικά έξοδα και (ii) οργανικά ρευστά, όπως η τουλουένη, θεωρούνται επικίνδυνα, οπότε απαιτείται ο κατάλληλος εξοπλισμός προστασίας.

Έχουν ισχύ από 2 kW έως 10 MW και ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης χαμηλό (10 - 30%), που εξαρτάται από τη θερμοκρασία στην οποία είναι διαθέσιμη η θερμότητα. Το σημαντικό με αυτό το σύστημα είναι το γεγονός ότι παράγουν επιπλέον ισχύ χωρίς την χρήση περισσότερου καυσίμου. Ο χρόνος εγκατάστασης μονάδων μέχρι 50 kW είναι 4 – 8 μήνες, ενώ για μεγαλύτερες αυξάνεται στα 1-2 χρόνια. Δεν υπάρχουν στατιστικά δεδομένα για την αξιοπιστία του συστήματος, καθώς δεν είναι ακόμα ώριμη τεχνική. Η διαθεσιμότητά του εκτιμάται από 80% - 90% και η διάρκεια ζωής του 20 χρόνια. [1]

4.3.2 Συστήματα Αεριοστροβίλου

Είναι από τα πιο διαδεδομένα συστήματα για μεσαίες ή μεγαλύτερες ισχύεις. (κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες kilowatts μέχρι μερικές εκατοντάδες megawatts). Πρόσφατες έρευνες στοχεύουν στην ανάπτυξη των micro turbines, που έχουν ισχύ μερικά kilowatts. Οι τυποποιημένες μονάδες έχουν συμβάλει στην εξάπλωση αυτού του συστήματος. [1]

| Μειονεκτήματα | Πλεονεκτήματα |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ανάγκη για καυσαέριο υψηλής ποιότητας • Ανάγκη για εξειδικευμένο προσωπικό λειτουργίας • Ανάγκη για υψηλή πίεση φυσικού αερίου εάν εφόσον αυτό είναι το καύσιμο που χρησιμοποιείται • Περιορισμένο εύρος μεγεθών • Υψηλά επίπεδα θορύβου • Πιθανό μεγάλο διάστημα διακοπής λειτουργίας για συντήρηση | <ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλό αρχικό κόστος • Μεγάλη διαθεσιμότητα • Υψηλός βαθμός απόδοσης σε μεγάλα μεγέθη • Ικανότητα αλλαγής καυσίμου • Γρήγορη κατασκευή και εγκατάσταση • Μικρό βάρος και όγκος • Υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων • Άμεση ανταπόκριση σε μεταβολές φορτίου |

Πίνακας 4.3 Μειονεκτήματα – Πλεονεκτήματα συστημάτων Αεριοστροβίλου

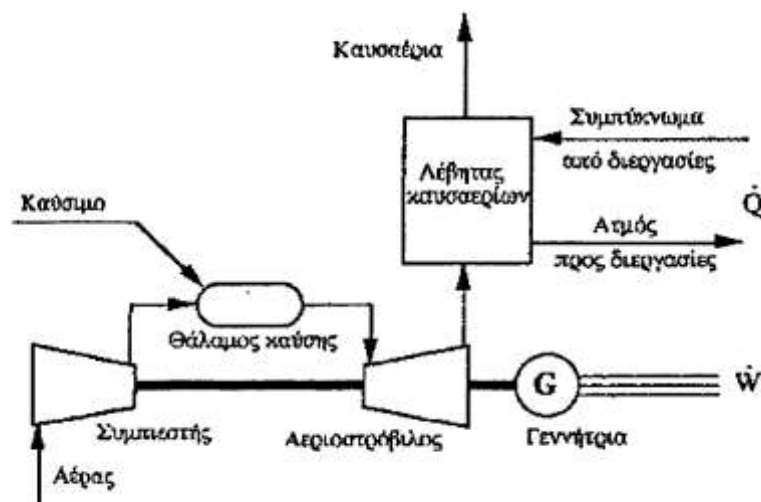
Υπάρχουν δύο βασικές διατάξεις: ανοικτού και κλειστού κύκλου.

4.3.2.1 Συστήματα αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου

Ο θερμοδυναμικός κύκλος που σχετίζεται με την πλειοψηφία των αεριοστροβλικών συστημάτων είναι ο κύκλος Brayton (γνωστός και ως Joule cycle), στον οποίο ο ατμοσφαιρικός αέρας, που είναι το εργαζόμενο μέσο, διέρχεται από τον στρόβιλο μόνο μία φορά. Οι θερμοδυναμικές διεργασίες του κύκλου Brayton περιλαμβάνουν τη συμπίεση του ατμοσφαιρικού αέρα, την εισαγωγή και ανάφλεξη του καυσίμου, και την εκτόνωση των θερμών καυσαερίων μέσω του στροβίλου. Η αναπτυσσόμενη ισχύς χρησιμοποιείται για την κίνηση του συμπιεστή και της ηλεκτρογεννήτριας.

Οι περισσότερες αεριοστροβλικές μονάδες είναι ανοικτού τύπου: αέρας αναρροφάται από την ατμόσφαιρα, συμπιέζεται και οδηγείται στο θάλαμο καύσης. Τα καυσαέρια αποτονώνονται στον αεριοστρόβιλο (που κινεί τη γεννήτρια), από τον οποίο βγαίνουν με θερμοκρασία 300-600 οC. Η σημαντική ισχύς που απαιτείται για την κίνηση του συμπιεστή και η υψηλή θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι οι κύριες αιτίες του μικρού βαθμού απόδοσης ενός τέτοιου συστήματος ηλεκτροπαραγωγής (25-35% και σε σύγχρονες προηγμένες μονάδες 40%).

Η υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων κάνει τις μονάδες αυτές ιδανικές για συμπαραγωγή αυξάνοντας το βαθμό απόδοσης στο 60-80%. Η εκμετάλλευση της θερμότητας των καυσαερίων γίνεται είτε με άμεση χρήση σε θερμικές διεργασίες (θέρμανση, ξήρανση, κ.λ.π.), είτε με διοχέτευση αυτών σε λέβητα ανακομιδής θερμότητας (λέγεται και λέβητας καυσαερίων). Εκεί παράγεται ατμός υψηλών χαρακτηριστικών, που είναι κατάλληλος όχι μόνο για θερμικές διεργασίες αλλά και για την κίνηση ατμοστροβίλου συνδεδεμένου με γεννήτρια ή άλλο μηχάνημα (σύστημα συνδυασμένου κύκλου).



Σχήμα 4.7 Σύστημα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου

Τα συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου έχουν ισχύ 100kW-100MW. Λειτουργούν συνήθως με φυσικό αέριο ή ελαφρά αποστάγματα εξεξηλωμένη μορφή. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει δοθεί στο γεγονός ότι τα πτερύγια του στρόβιλου είναι άμεσα εκτεθειμένα στα καυσαέρια, επομένως τα προϊόντα καύσης δεν πρέπει να περιέχουν συστατικά που προκαλούν διάβρωση και τα στερεά σωματίδια πρέπει να είναι αρκετά μικρού μεγέθους ώστε να μην προκαλούν φθορά κατά την πρόσκρουσή τους στα πτερύγια.

Ο χρόνος εγκατάστασης των συστημάτων συμπαραγωγής αεριοστρόβιλων είναι 9-14 μήνες για ισχείς μέχρι 7MW και φθάνει τα δύο έτη για μεγαλύτερες μονάδες. Η αξιοπιστία προσεγγίζει το 95% και η μέση διαθεσιμότητα το 90-95%. Η χρήσιμη διάρκεια ζωής είναι 15-20 έτη και μπορεί να μειωθεί σημαντικά από καύσιμο κακής ποιότητας ή ανεπαρκή συντήρηση.

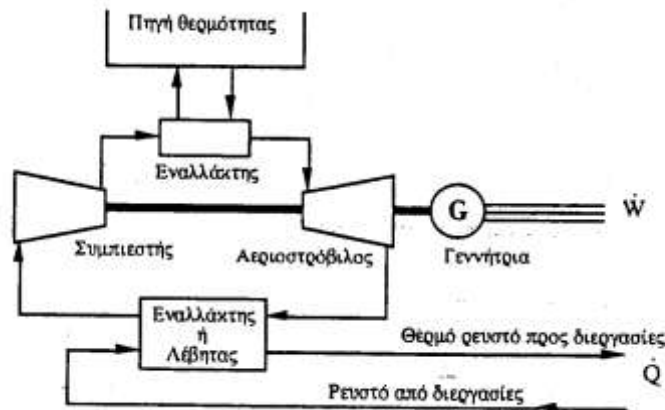
Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης είναι της τάξεως του 40%, ενώ ο ολικός βαθμός απόδοσης κυμαίνεται στην περιοχή του 60-80%. Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης είναι υψηλότερος τόσο στο πλήρες φορτίο όσο και σε μερικό φορτίο, αλλά η μείωσή του σε μερικό φορτίο είναι πιο έντονη από εκείνη των συστημάτων ατμοστρόβιλου. Τέλος, ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα είναι υψηλότερος από αυτόν του συστήματος ατμοστρόβιλου. [E1][1]

4.3.2.2 Συστήματα αεριοστρόβιλου κλειστού κύκλου

Στα συστήματα αεριοστρόβιλου κλειστού κύκλου, το εργαζόμενο ρευστό (συνήθως ήλιο ή αέρας) κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Θερμαίνεται μέχρι την κατάλληλη θερμοκρασία σε εναλλακτική θερμότητας, πριν από την είσοδο στον αεριοστρόβιλο, και ψύχεται μετά την έξοδό του από αυτόν. Καθώς το ρευστό δεν συμμετέχει στην καύση διατηρείται καθαρό και έτσι αποφεύγεται η μηχανική και χημική διάβρωση του αεριοστρόβιλου από τα προϊόντα της καύσης. Η εξωτερική καύση επιτρέπει τη χρήση οποιουδήποτε καυσίμου στα συστήματα αυτά: άνθρακα, απόβλητα βιομηχανιών ή πόλεων, βιομάζα, υγρά ή αέρια καύσιμα παραγόμενα από βιομάζα, κ.λ.π.. Πυρηνική ή ηλιακή ενέργεια μπορούν επίσης να αποτελέσουν πηγή θερμότητας

Η αξιοπιστία των συστημάτων κλειστού τύπου προβλέπεται ότι θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη των συστημάτων ανοικτού κύκλου, ενώ η διαθεσιμότητα θα είναι υψηλότερη χάρη στις μικρότερες απαιτήσεις συντήρησης, που οφείλονται στην καθαρότητα του εργαζόμενου ρευστού.

Ο βαθμός απόδοσης και ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα βρίσκονται περίπου στα ίδια επίπεδα με εκείνα των συστημάτων ανοικτού κύκλου. Τα συστήματα κλειστού κύκλου έχουν το πλεονέκτημα ότι ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης δεν μειώνεται σε μερικό φορτίο.[E1][1][3]



Σχήμα 4.8 Σύστημα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο κλειστού κύκλου

4.3.3 Συστήματα με παλινδρομική Μηχανή Εσωτερικής Καύσης

Ένας τρόπος διάκρισης αυτών των συστημάτων είναι βασισμένος στον κύκλο εσωτερικής καύσης της μηχανής. Υπάρχουν δύο: ο κύκλος Diesel και ο κύκλος Otto. Τα κύρια μηχανικά μέρη των μηχανών κύκλου Otto και Diesel είναι τα ίδια. Και οι δύο χρησιμοποιούν ένα κυλινδρικό θάλαμο καύσης κατά μήκος του οποίου κινείται ένα κατάλληλα εφαρμοσμένο έμβολο.

Στον κύκλο Otto χρησιμοποιείται ένας σπινθηριστής για την ανάφλεξη ενός έτοιμου μίγματος αέρα καυσίμου που εισάγεται στον κύλινδρο. Από την άλλη, μια μηχανή Diesel συμπιέζει τον αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο σε υψηλή πίεση, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του στα επίπεδα της θερμοκρασίας ανάφλεξης του καυσίμου που εγχέεται υπό υψηλή πίεση.[E2]

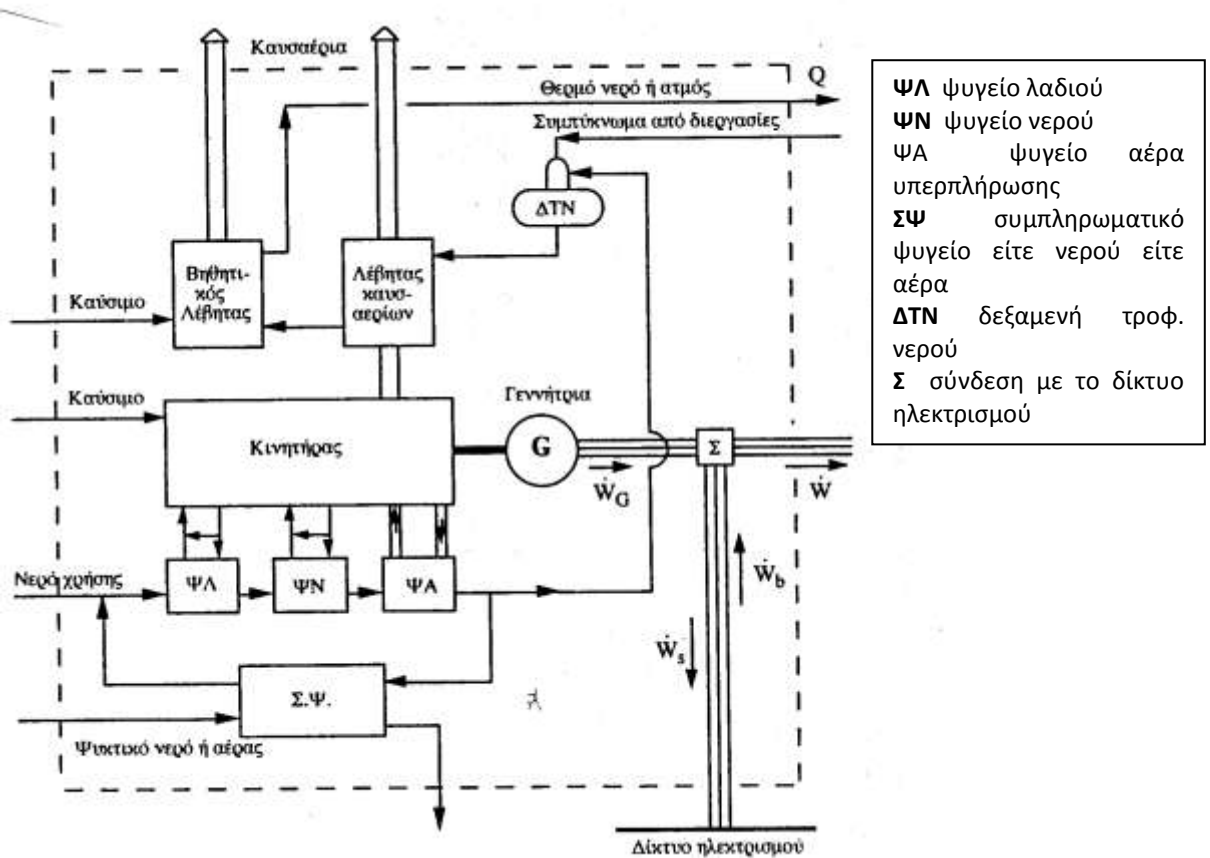
Οι μηχανές Otto αποκαλούνται και αεριομηχανές (gas engines) καθώς λειτουργούν με αέριο καύσιμο, όπως φυσικό αέριο, βιοαέριο, κτλ. Ο κύκλος Diesel λειτουργεί σε υψηλότερη θερμοκρασία και πίεση από τον Otto. Για αυτόν τον λόγο στον κύκλο Diesel χρησιμοποιούνται βαρύτερα καύσιμα όπως πετρέλαιο, μαζούτ, κατάλοιπα από την απόσταξη του πετρελαίου κτλ. [1]

Ένας άλλος τρόπος διάκρισης βασισμένος στο μέγεθος της μηχανής είναι :

- Ⓢ Μονάδες μικρής κλίμακας με αεριομηχανή (15 – 1000kW) ή κινητήρα Diesel (75-1000kW)
- Ⓢ Συστήματα μέσης ισχύος (100-6000kW) με αεριομηχανή ή κινητήρα Diesel
- Ⓢ Συστήματα μεγάλης ισχύος (άνω των 6000kW) με κινητήρα Diesel

Τα καυσαέρια των κινητήρων βρίσκουν είτε άμεση είτε έμμεση χρήση. Η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι 300-400 °C, δηλαδή αισθητά χαμηλότερη από εκείνη του αεριοστρόβιλου, γι' αυτό και κάνει πιο συχνή την ανάγκη για συμπληρωματική θερμότητα. Αυτή αποκτάται είτε με τοποθέτηση καυστήρα και προσαγωγή αέρα για καύση συμπληρωματικού καυσίμου στο λέβητα καυσαερίων, είτε με εγκατάσταση βοηθητικού λέβητα. Το σχήμα 4.9 απεικονίζει ένα γενικό

διάγραμμα ροής ενός τέτοιου συστήματος, χωρίς να αποτελεί τη μόνη δυνατή διάταξη. Ο κινητήρας κινεί τη γεννήτρια. Τέσσερις εναλλάκτες ανακτούν θερμότητα από ρευστά που έχουν σχέση με τη λειτουργία της μηχανής: ψυγείο λαδιού, ψυγείο νερού (του κλειστού κυκλώματος του κινητήρα), ψυγείο αέρα υπερπλήρωσης και εναλλάκτης ανακομιδής θερμότητας από τα καυσαέρια του κινητήρα (ή λέβητας καυσαερίων). Με τη θερμότητα αυτή θερμαίνεται το νερό που προορίζεται για διάφορες χρήσεις.



Σχήμα 4.9 Σύστημα συμπαραγωγής με παλινδρομική ΜΕΚ

Η συγκέντρωση ισχύος του κινητήρα αυξάνει με υπερπλήρωση του θαλάμου καύσης. Ο στροβιλοπληρωτής (λέγεται και ζεύγος υπερπλήρωσης) αποτελείται από αεροστρόβιλο που κινείται με τα καυσαέρια του κινητήρα και κινεί φυγοκεντρικό αεροσυμπιεστή. Για να αυξηθεί ο βαθμός πληρότητας των κυλίνδρων, ο αέρας ψύχεται σε ειδικό ψυγείο προσφέροντας θερμότητα στο νερό χρήσης.

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις από πλευράς θερμοκρασίας εξόδου του αέρα από το ψυγείο: χαμηλή θερμοκρασία (περίπου 45 °C) ή υψηλή θερμοκρασία (περίπου 90 °C). Η χαμηλή θερμοκρασία συντελεί σε υψηλότερο βαθμό πληρότητας και επομένως υψηλότερη συγκέντρωση ισχύος. Όμως, η ανακτώμενη θερμότητα βρίσκει περιορισμένη χρήση, διότι το νερό στην έξοδο του ψυγείου έχει χαμηλή θερμοκρασία. Η λύση αυτή μπορεί να επιλεγεί όταν υπάρχει ανάγκη προθέρμανσης νερού, που έρχεται στο σύστημα με θερμοκρασία 20-25 °C. Εάν το νερό έρχεται στο σύστημα με θερμοκρασία 60-70 °C, τότε η λύση της υψηλής θερμοκρασίας είναι

προτιμότερη από πλευράς εκμεταλλεύσεως της ενέργειας του καυσίμου καθώς αυξάνει τον ολικό βαθμό απόδοσης του συστήματος κατά 3-5%.[E1][1]

Με ανάκτηση θερμότητας από τα τρία ψυγεία, το νερό θερμαίνεται μέχρι τους 75-80 °C. Κατόπιν έρχεται στον εναλλάκτη ανακομιδής θερμότητας των καυσαερίων, όπου θερμαίνεται μέχρι τους 85-90 °C ή και ατμοποιείται. Η ελάχιστη επιτρεπτή θερμοκρασία των καυσαερίων στην έξοδο του εναλλάκτη εξαρτάται από την περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο. Για καύσιμο Diesel, το όριο είναι 160-170 °C, ενώ για φυσικό αέριο είναι 90 - 100°C. Ο βαθμός απόδοσης μικρών και μεσαίων κινητήρων είναι 35-45%, ενώ σε σύγχρονους μεγάλους κινητήρες φθάνει το 50%. Ο βαθμός απόδοσης ενός συστήματος συμπαραγωγής με εμβολοφόρο κινητήρα εσωτερικής καύσης βρίσκεται στην περιοχή του 80%.

Η διάρκεια ζωής είναι 15-20 έτη και εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδας, την ποιότητα του καυσίμου και την ποιότητα της συντήρησης. Οι παλινδρομικοί κινητήρες απαιτούν τακτικότερη συντήρηση απ' ό,τι τα άλλα συστήματα με αποτέλεσμα μικρότερη μέση ετήσια διαθεσιμότητα 80-90%. Είναι διαθέσιμα σε ένα μεγάλο εύρος ισχύων (75 kW - 50 MW) και μπορούν να χρησιμοποιήσουν αέρια και υγρά καύσιμα.

Ο λόγος PHR κυμαίνεται από 0,8–2,4 και ο χρόνος εγκατάστασης από 9-12 μήνες. Αυτά τα χαρακτηριστικά συνέβαλαν στο να εξαπλωθούν ιδιαίτερα στον εμπορικό και κτιριακό τομέα. [1]

| Μειονεκτήματα | Πλεονεκτήματα |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Πιο πολύπλοκες μηχανές απο τους στροβίλους • Δυσκολία στον έλεγχο θορύβου ιδίως σε μηχανές Diesel • Υψηλό κόστος συντήρησης | <ul style="list-style-type: none"> • Υψηλός βαθμός απόδοσης, που επηρεάζεται ελάχιστα απο τις μεταβολές του φορτίου • Γρήγορη εκκίνηση • Χαμηλό κόστος εγκατάστασης • Μεγάλο εύρος ισχύων • Μεγάλη ποικιλία αέριων και υγρών καυσίμων • Υψηλή διαθεσιμότητα • Πολλάπλή χρησιμότητα απο πολλές μηχανές συνδεδεμένες παράλληλα • Θερμότητα διαθέσιμη σε δυο επίπεδα θερμοκρασίας (καυσαέρια και ψυκτικά υγρά μηχανής) |

Πίνακας 4.4 Μειονεκτήματα – Πλεονεκτήματα συστημάτων ΜΕΚ

4.3.4 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου

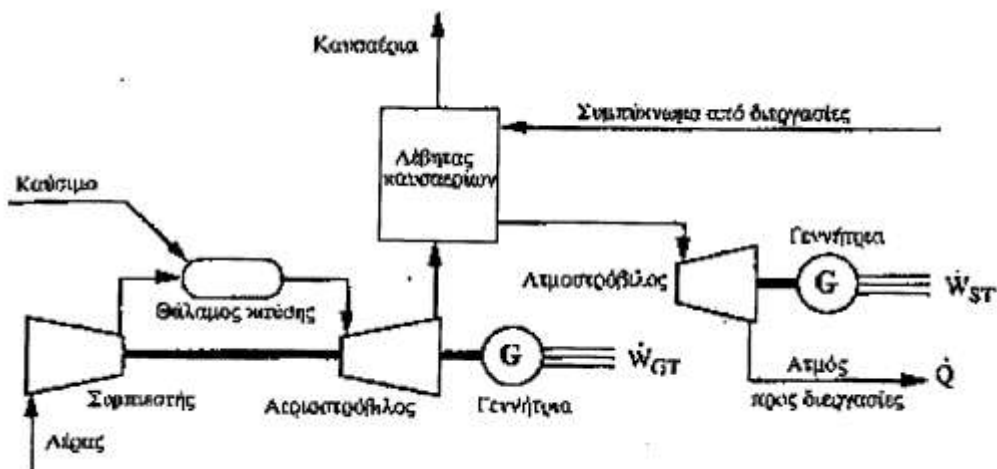
Ο όρος «συνδυασμένος κύκλος» αναφέρεται σε συστήματα με δύο θερμοδυναμικούς κύκλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο ρευστό και λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Ο κύκλος υψηλής θερμοκρασίας (κορυφής) αποβάλλει θερμότητα, που ανακτάται και χρησιμοποιείται από τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας (βάσης) για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, αυξάνοντας έτσι τον βαθμό απόδοσης. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστροβίλου-ατμοστροβίλου (κύκλοι Joule-Rankine).

| Μειονεκτήματα | Πλεονεκτήματα |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Δεν συμφέρει οικονομικά σε μικρά μεγέθη | <ul style="list-style-type: none"> • Υψηλότερος ολικός βαθμός απόδοσης από αεριοστροβίλους και ατμοστροβίλους |

Πίνακας 4.5 Μειονεκτήματα – Πλεονεκτήματα συστημάτων συνδυασμένου κύκλου

4.3.4.1 Συστήματα συνδυασμένων κύκλων Joule-Rankine

Το σχήμα 4.10 δείχνει τα βασικά χαρακτηριστικά ενός τέτοιου συστήματος. Η υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεριοστροβίλου (περίπου 17%) επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στον λέβητα καυσαερίων, εάν κριθεί αναγκαία για την αύξηση ισχύος του συστήματος. Η συμπληρωματική καύση αυξάνει το βαθμό απόδοσης του συστήματος κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο, αλλά κάνει την εγκατάσταση πιο περίπλοκη. Η ισχύς των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20-400MW, ενώ κατασκευάζονται επίσης μικρότερες μονάδες με ισχύ 4- 11MW.



Σχήμα 4.10 Σύστημα συμπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου με ατμοστρόβιλο αντίθληψης

Ο χρόνος εγκατάστασης είναι 2-3 έτη. Είναι δυνατή η ολοκλήρωση της εγκατάστασης σε δύο στάδια: εγκαθίσταται πρώτα η μονάδα αεριοστροβίλου, που μπορεί να είναι έτοιμη για λειτουργία σε 12-18 μήνες. Ενώ αυτή λειτουργεί, συμπληρώνεται το σύστημα με τη μονάδα του ατμοστροβίλου. Η αξιοπιστία των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου είναι 80-85%, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα 77-85% και ο οικονομικός χρόνος ζωής 15-25 έτη. Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης βρίσκεται συνήθως στην περιοχή του 35-45%, ενώ ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι 70-88%. Λειτουργία σε μερικό φορτίο έχει αρνητική επίδραση στο βαθμό απόδοσης του συστήματος.[E1][1]

4.3.4.2 Συστήματα συνδυασμένων κύκλων Diesel – Rankine

Επίσης είναι δυνατός ο συνδυασμός κύκλου Diesel με κύκλο Rankine. Στην διάταξη 4.10 η μονάδα συμπιεστή – θαλάμου καύσης – αεριοστροβίλου αντικαθίσταται από τον κινητήρα Diesel και τους εναλλάκτες θερμότητας που τον συνοδεύουν.

4.3.5 Σύγχρονα συστήματα

Τα σύγχρονα συστήματα δεν είναι ακόμα ώριμες διαδικασίες για να μπου σε εφαρμογή. Τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται στο στάδιο της έρευνας και ανάπτυξης.

4.3.5.1 Κυψέλες καυσίμου

Η κυψέλη καυσίμου είναι μια ηλεκτροχημική συσκευή, που μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρισμό χωρίς τη μεσολάβηση της καύσης. Είναι ιδανικά αυτά τα συστήματα για τον εμπορικό-κτιριακό τομέα, χάρη στην αποτελεσματική και αθόρυβη λειτουργία τους. Προς το παρόν πρόκειται για τεχνολογία που βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας και ανάπτυξης και το κόστος παραγωγής τους είναι αρκετά υψηλό, αλλά αναμένεται τα επόμενα χρόνια να εισέλθουν δυναμικά στην αγορά.

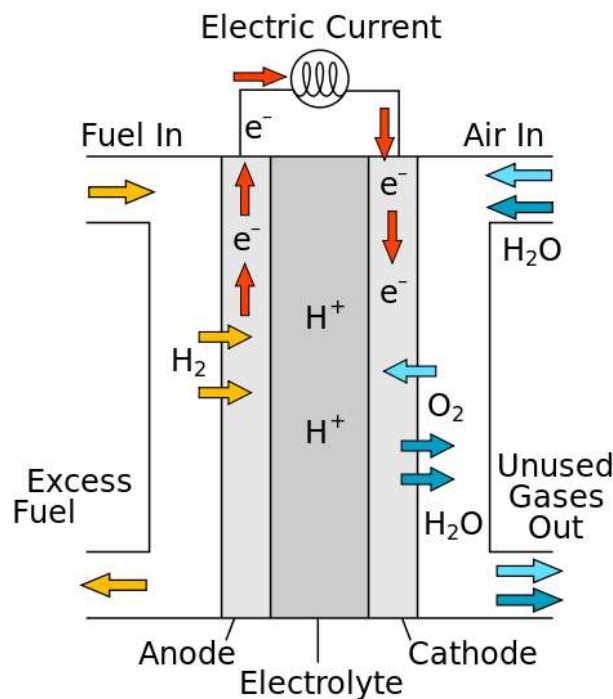
Στη βασική της μορφή λειτουργεί ως εξής: υδρογόνο και οξυγόνο αντιδρούν με τη παρουσία ηλεκτρολύτη και παράγουν νερό, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσεται ένα ηλεκτροχημικό δυναμικό που προκαλεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο). Καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη, παράγεται θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα.

Το απαιτούμενο υδρογόνο παράγεται από ορυκτά καύσιμα και συνήθως από μεθάνιο, που αποτελεί το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου. Ορισμένοι τύποι κυψελών μπορούν να λειτουργήσουν και με μονοξείδιο του άνθρακα ή

υδρογονάνθρακες. Οι κυψέλες χαρακτηρίζονται από τον ηλεκτρολύτη και τη θερμοκρασία λειτουργίας. Διάφοροι τύποι κυψελών είναι :

- ⊗ Αλκαλικές κυψέλες καυσίμου (AFC)
- ⊗ Κυψέλες μεμβράνης (PEM)
- ⊗ Κυψέλες καυσίμου φωσφορικού οξέος (PAFC)
- ⊗ Κυψέλες καυσίμου τηγμένων ανθρακικών αλάτων (MCFC)
- ⊗ Κυψέλες καυσίμου στερεού οξειδίου (SOFC)

Από τους παραπάνω τύπους μόνο οι PAFC έχουν αναπτυχθεί σε βαθμό που να είναι ήδη κατάλληλες για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και είναι εμπορικά διαθέσιμες.



Σχήμα 4.11 Απλοποιημένη απεικόνιση κυψέλης καυσίμου

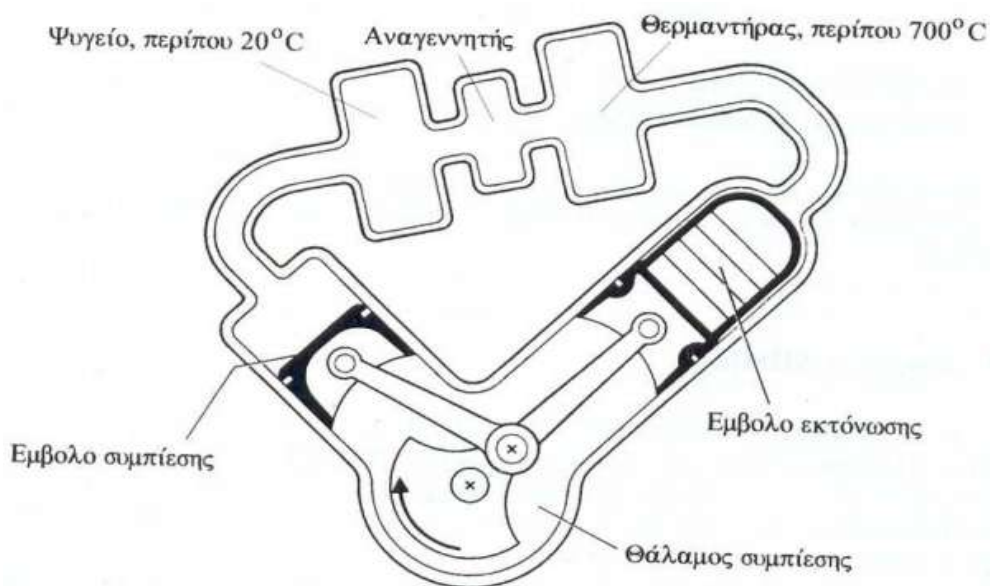
Οι κυψέλες δεν έχουν κινητά μέρη ενώ η λειτουργία τους είναι ήσυχη και χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση. Οι PAFC έχουν ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης της τάξης του 37 - 45% και εξαρτάται από την ποιότητα του καυσίμου και τη θερμοκρασία λειτουργίας. Ο ολικός βαθμός απόδοσης φτάνει το 85-90%, ενώ ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα βρίσκεται στην περιοχή 0,8-1,0. Οι χαμηλές εκπομπές ρύπων και η χαμηλή στάθμη θορύβου κάνουν τις κυψέλες καυσίμου κατάλληλες για εγκατάσταση σε κατοικημένες περιοχές και σε κτίρια, όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κτλ. [E1][1][3]

| Μειονεκτήματα | Πλεονεκτήματα |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Υψηλό κόστος κατασκευής • Μικρή διάρκεια ζωής • Πολύ υψηλό κόστος συντήρησης • Βρίσκεται ακόμα στο στάδιο ανάπτυξης • Αργή εκκίνηση • Διάβρωση στην περίπτωση υγρών ηλεκτρολυτών • Μικρή συγκέντρωση ισχύος (ισχύς ανα μονάδα όγκου) | <ul style="list-style-type: none"> • Μικρός χρόνος εγκατάστασης • Ευκολία αυτοματισμού • Χαμηλές εκπομπές ρύπων • Χαμηλή στάθμη θορύβου • Δεν έχει κινητά μέρη • Διατήρηση υψηλού ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης ακόμη και σε μερικό φορτίο • Λίγες απαιτήσεις συντήρησης • Ευελιξία στον λόγο PHR • Αρθρωτή δομή • Γρήγορη απόκριση στις μεταβολές του φορτίου |

Πίνακας 4.6 Μειονεκτήματα – Πλεονεκτήματα συστήματος κυψέλης καυσίμου

4.3.5.2 Μηχανές Stirling

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι επίσης δυνατή με μηχανές Stirling. Η τεχνική αυτή δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί και διαδοθεί αρκετά, αλλά το ενδιαφέρον για την ανάπτυξή της έχει αυξηθεί χάρη στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει σε σύγκριση με συστήματα κινητήρων Diesel, αεριοστροβίλων ή ατμοστροβίλων: δυνατότητα υψηλότερου βαθμού απόδοσης, μεγαλύτερη ευελιξία καυσίμου, καλή συμπεριφορά σε μερικό φορτίο, χαμηλές εκπομπές ρύπων, χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.



Σχήμα 4.12 Απλοποιημένη απεικόνιση κινητήρα Stirling

Το παραπάνω σχήμα αποτελεί μια απλοποιημένη απεικόνιση κινητήρα Stirling. Αέριο (π.χ., υδρογόνο, ήλιο, κ.λ.π.) συμπιέζεται και εκτονώνεται σε διάταξη κυλίνδρου - δύο εμβόλων με αποτέλεσμα την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα. Το αέριο θερμαίνεται σε εναλλάκτη θερμότητας χωρίς να συμμετέχει στην καύση (κινητήρας εξωτερικής καύσης). Υπάρχουν ποικίλες διατάξεις κινητήρων, που περιγράφονται αναλυτικά στη βιβλιογραφία.

Αρχικά, η έρευνα και ανάπτυξη είχε ως αντικείμενο κινητήρες ισχύος 3-100 kW, κατάλληλους για αυτοκίνητα. Η προσπάθεια στράφηκε κατόπιν και προς κινητήρες ισχύος μέχρι 1-1,5 MW με αναμενόμενη διάρκεια ζωής της τάξεως των 20 ετών. Χάρη στην εξωτερική καύση και τον κλειστό κύκλο λειτουργίας, τα κινούμενα μέρη του κινητήρα δεν εκτίθενται στα προϊόντα της καύσης με αποτέλεσμα οι φθορές να είναι περιορισμένες. Όμως, απαιτούνται στεγανωτικές διατάξεις για την αποφυγή διαρροών τόσο του αερίου υψηλής πίεσης προς το εξωτερικό του κυλίνδρου όσο και του λιπαντικού λαδιού προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Η κατασκευή αποτελεσματικών διατάξεων με ικανοποιητική διάρκεια ζωής είναι ένα από τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν.

Η εξωτερική καύση στις μηχανές Stirling επιτρέπει τη χρήση διαφόρων καυσίμων: υγρά ή αέρια καύσιμα, άνθρακας, αέρια ή υγρά προερχόμενα από άνθρακα, καύσιμα προερχόμενα από βιομάζα, ακόμη και απορρίμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επιπλέον, είναι δυνατή η αλλαγή καυσίμου χωρίς διακοπή της λειτουργίας ή μετατροπή των ρυθμίσεων του κινητήρα. Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης βρίσκεται στο 40% και ο ολικός στα 60- 80%. [Ε1]

| Μειονεκτήματα | Πλεονεκτήματα |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ανάγκη για στεγανωτικές διατάξεις • Βρίσκεται σε ερευνητικό στάδιο • Υψηλό κόστος | <ul style="list-style-type: none"> • Ευελιξία καυσίμου • Καλή συμπεριφορά σε μερικό φορτίο • Χαμηλές εκπομπές ρύπων • Χαμηλή στάθμη θορύβων και κραδασμών • Υψηλός βαθμός απόδοσης • Μικρός χρόνος εγκατάστασης • Κατάλληλος για μαζική παραγωγή • Περιορισμένες φθορές |

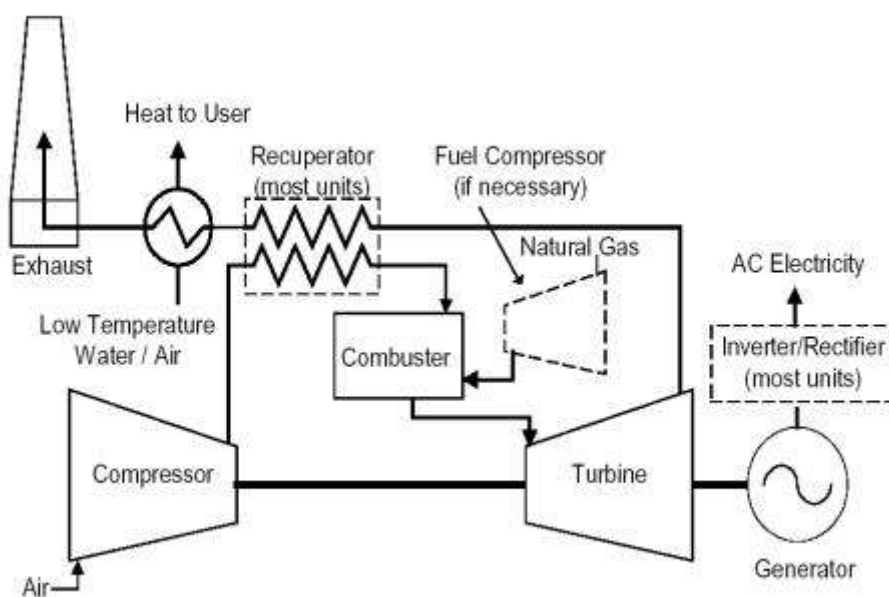
Πίνακας 4.7 Μειονεκτήματα – Πλεονεκτήματα συστήματος μηχανής Stirling

4.3.5.3 Micro turbines

Είναι μια νέα κατηγορία αεριοστροβίλων, η οποία μελετάται τα τελευταία χρόνια. Σε αυτό το στάδιο η απόδοσή της είναι χαμηλή και το κόστος της υψηλό. Η

ευρωπαϊκή ένωση δεν έχει πραγματοποιήσει ακόμη καμία αξιολογη μελέτη για την ανάπτυξη και βελτίωση της συγκεκριμένης τεχνικής.[3]

Τα συστήματα αεριοστροβίλων μικρότερων των 1 MWe έχει αποδειχθεί ως τώρα ότι δεν συμφέρουν οικονομικά. Έρευνες οδήγησαν στην κατασκευή micro turbines, που η ηλεκτρική ισχύς τους κυμαίνεται από 25 kWe έως 200 kWe. Ως καύσιμο χρησιμοποιούν φυσικό αέριο, καθώς επίσης και ορυκτά καύσιμα. Σε σχέση με τις παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης έχουν χαμηλότερο κόστος συντήρησης. Τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής την κάνει ικανή να εφαρμοστεί σε οικιακό, κτιριακό και εμπορικό τομέα. Καθώς τα συστήματα αυτά βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης, δεν υπάρχουν συγκεντρωμένα στοιχεία για την απόδοσή τους πέρα από αυτά σε επίπεδο εργαστηρίου. [2]



Σχήμα 4.13 Απεικόνιση συστήματος Micro turbine

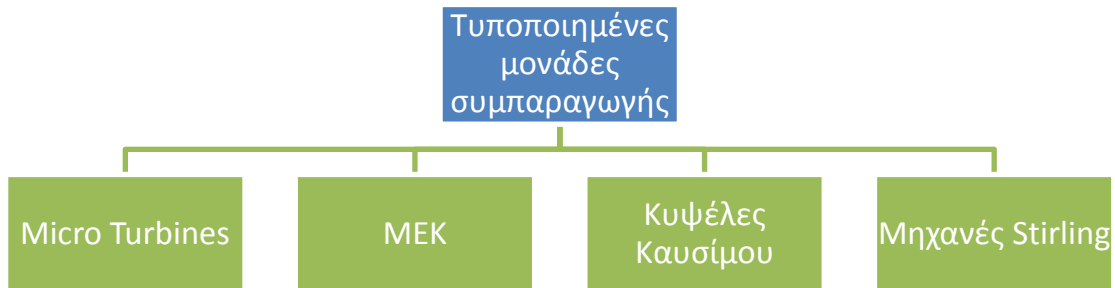
Η λειτουργία τους είναι παρόμοια με αυτήν των αεριοστροβίλων με μια διαφορά. Τα περισσότερα συστήματα αυτής της κατηγορίας έχουν ενσωματωμένο σύστημα ανάκτησης θερμότητας (recuperator) για την ανακομιδή μέρους της θερμότητας των καυσαερίων με σκοπό την προθέρμανση του αέρα καύσης. [E2][10]

| Μειονεκτήματα | Πλεονεκτήματα |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Βρίσκεται σε ερευνητικό στάδιο • Υψηλό κόστος • Μικρός ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης | <ul style="list-style-type: none"> • Μικρό μέγεθος και βάρος • Εύκολη εγκατάσταση • Χαμηλό κόστος συντήρησης • Υψηλή αξιοπιστία • Ανεκτά επίπεδα θορύβου • Χαμηλές εκπομπές ρύπων • Καυσαέρια υψηλής θερμοκρασίας |

Πίνακας 4.8 Μειονεκτήματα – Πλεονεκτήματα συστήματος Micro turbine

4.3.5.4 Τυποποιημένες μονάδες συμπαραγωγής - «Πακέτα»

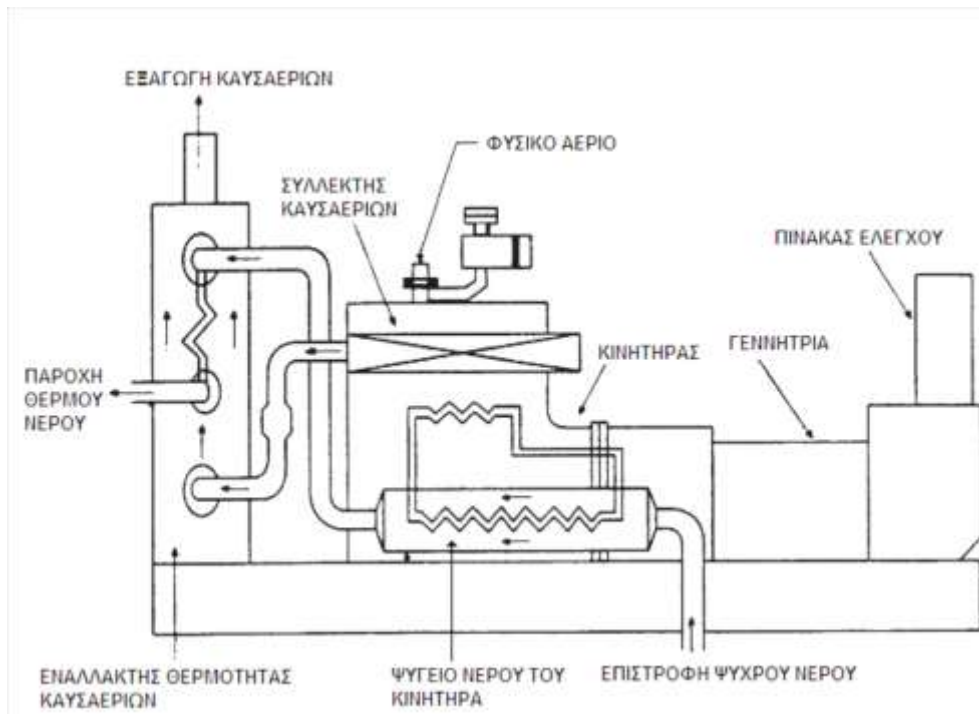
Μεγάλη ώθηση στη διάδοση της συμπαραγωγής αναμένεται ότι θα δώσει η μαζική παραγωγή τυποποιημένων μονάδων σε μορφή πακέτου με ηλεκτρική ισχύ 10-1000kW, που έχουν χαμηλό κόστος, μικρό όγκο, εύκολη εγκατάσταση (το μόνο που απαιτείται είναι η σύνδεσή τους με τα υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα) και αυτοματοποιημένη λειτουργία χωρίς τη συνεχή παρακολούθηση από εξειδικευμένο προσωπικό. Από σχετικές μελέτες έχει υπολογιστεί ότι η διαθεσιμότητα κυμαίνεται στο 79% με τυπική απόκλιση 22,9%. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται στις τυποποιημένες μονάδες συμπαραγωγής μικρής κλίμακας φαίνονται στο παρακάτω σχήμα [Ε1][10]



Σχήμα 4.14 Τεχνικές που χρησιμοποιούνται στις τυποποιημένες μονάδες συμπαραγωγής

Οι μονάδες αυτές συνήθως έχουν κινητήρα Diesel. Σε ισχείς μικρότερες των 100kW είναι δυνατή η χρήση κινητήρα Otto, ενώ σε ισχείς μεγαλύτερες των 600kW είναι δυνατή η χρήση αεριοστροβίλου. Μπορούν να λειτουργούν με υγρό ή αέριο καύσιμο. Το φυσικό αέριο είναι ιδιαίτερα κατάλληλο καύσιμο για τις μονάδες αυτές χάρη στην καθαρότητα, την έλλειψη ανάγκης αποθήκευσης και τη χαμηλή του τιμή. Ένα πακέτο αποτελείται από :

- ⊙ Τον κινητήρα, ο οποίος κινεί την γεννήτρια
- ⊙ Τη γεννήτρια, που παράγει την ηλεκτρική ενέργεια
- ⊙ Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας από την απορριπτόμενη θερμότητα του νερού ψύξης της μηχανής και των καυσαερίων
- ⊙ Το σύστημα ελέγχου για ασφαλή και ικανοποιητική λειτουργία
- ⊙ Το σύστημα εξάτμισης για την εξαγωγή των προϊόντων καύσης
- ⊙ Την θερμική και ηχητική μόνωση για να μειώνονται τα επίπεδα θορύβου και για να προφυλλάσσεται από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες και τη φωτιά



Σχήμα 4.15 Απεικόνιση συστήματος τυποποιημένης μονάδας συμπαραγωγής με χρήση ΜΕΚ

Οι τυποποιημένες μονάδες ονομάζονται και πακέτα καθώς είναι «συσκευασμένες» από τους κατασκευαστές, έτοιμες να τοποθετηθούν πάνω σε βάση από σκυρόδεμα και να συνδεθούν στο σύστημα ηλεκτρισμού, καυσίμου και θέρμανσης (plug and play). Συνήθως κάθε μονάδα είναι τοποθετημένη σε τυποποιημένο εμπορευματοκιβώτιο (container), κατάλληλα ηχομονωμένο, πλήρως αυτόνομη και περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα υποσυστήματα για τη λειτουργία της (εξοπλισμός ισχύος, βοηθητικός εξοπλισμός και ψυγεία).[Ε1][10]

Μικροεπεξεργαστές, εγκατεστημένοι στο χώρο όπου βρίσκεται η μονάδα, παρακολουθούν τις τιμές κρίσιμων παραμέτρων και μεταβιβάζουν τις σχετικές πληροφορίες, μέσω αποκλειστικής τηλεφωνικής γραμμής, σε κεντρικό υπολογιστή. Όταν η εξέλιξη των τιμών ορισμένων παραμέτρων δείχνει επερχόμενη βλάβη, ειδοποιείται η ομάδα συντήρησης, που επεμβαίνει πριν ακόμη η βλάβη εκδηλωθεί. Τα πακέτα με κινητήρα Diesel είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για τις εφαρμογές του εμπορικού – κτιριακού τομέα. Το 27-35% της ενέργειας του καυσίμου μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και το 50-55% σε θερμότητα. Επομένως, ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα είναι 0,5-0,7, ενώ ο ολικός βαθμός απόδοσης φθάνει το 80%. Οι εφαρμογές των τυποποιημένων πακέτων συμπαραγωγής παρουσιάζεται στον πίνακα 4.9. Τα πακέτα, δηλαδή, βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στον τριτογενή τομέα.

| Εφαρμογή | Περιοχή Ισχύος (kW) |
|-----------------------|---------------------|
| Εστιατόρια | 50-80 |
| Πολυκατοικίες | 50-100 |
| Καταστήματα Τροφίμων | 90-120 |
| Ξενοδοχεία | 100-2000 |
| Νοσοκομεία | 300-1000 |
| Εμπορικά Κέντρα | 500-1500 |
| Εκπαιδευτικά Ιδρύματα | 500-1500 |
| Κτίρια Γραφείων | 500-2000 |

Πίνακας 4.9 Εφαρμογές τυποποιημένων μονάδων συμπαραγωγής

4.4 Συγκεντρωτικοί πίνακες για τα συστήματα συμπαραγωγής

| Σύστημα | Ηλεκτρική ισχύς (MW) | Μέση ετήσια διαθεσιμότητα(%) | Ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης(%) | | Ολικός βαθμός απόδοσης(%) | Λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα |
|---------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------|------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | | πλήρες φορτίο | φορτίο 50% | | |
| Ατμοστρόβιλος | 0,5-100* | 90-95 | 14-30 | 13-25 | 60-85 | 0,1-0,3 |
| Αεριοστρόβιλος ανοικτού κύκλου | 0,1-100 | 90-95 | 20-35 | 15-29 | 60-80 | 0,5-0,8 |
| Αεριοστρόβιλος κλειστού κύκλου | 0,5-100 | 90-95 | 30-35 | 30-35 | 60-80 | 0,5-0,8 |
| Συνδυασμένου κύκλου | 4-100* | 77-85 | 35-45 | 25-35 | 70-88 | 0,6-1,1 |
| Κινητήρας Diesel | 0,07-40 | 80-90 | 35-45 | 32-40 | 60-80 | 1,2-1,4 |
| Πακέτο με παλινδρομικό κινητήρα | 0,0015-2 | 80-85 | 27-35 | 25-32 | 60-80 | 0,5-0,7 |

(*)Η τιμή των 100MW είναι το πιο συνηθισμένο άνω όριο σε βιομηχανικές εφαρμογές. Συστήματα του είδους αυτού κατασκευάζονται και με μεγαλύτερες ισχύεις

Πίνακας 4.10 Σύγκριση των τεχνικών χαρακτηριστικών των διαφόρων συστημάτων συμπαραγωγής [E1]

| | ΜΕΚ | Αεριομηχανή | Ατμοστρόβιλος | Αεριοστρόβιλος | Κυψέλες καυσίμου |
|---|---|----------------------------------|---------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Ηλ.βαθμός απόδοσης (%) | 30-50 | 25-45 | 30-42 | 25-40 | 40-70 |
| Ισχύς (MW) | 0,05-5 | 0,05-5 | οποιαδήποτε | 3-200 | 0,2-2 |
| Καταλαμβανόμενος χώρος (ft ²) | 0,22 | 0,22-0,31 | <0,1 | 0,02-0,61 | 0,6-4 |
| Κόστος εγκατάστασης (\$/kW) | 800-1500 | 800-1500 | 800-1000 | 700-900 | >3000 |
| Κόστος λειτουργίας (\$/kWh) | 0,005-0,008 | 0,007-0,015 | 0,004 | 0,002-0,008 | 0,003-0,015 |
| Διαθεσιμότητα (%) | 90-95 | 92-97 | 99-100 | 90-98 | >95 |
| Χρόνος εκκίνησης | 10sec | 10sec | 1hr-1day | 10min-1hr | 3hrs-2days |
| Καύσιμα | πετρέλαιο-κατάλοιπα διύλισης πετρελαίου | φυσικό αέριο, βιοαέριο, προπάνιο | οποιοδήποτε | φυσικό αέριο, βιοαέριο, προπάνιο | φυσικό αέριο, προπάνιο, υδρογόνο |
| Εκπομπές NO _x (lb/MWhr) | 3-33 | 2,2-28 | 1,8 | 0,3-4 | <0,02 |
| Απόδοση (Btu/kWh) | 3400 | 1000-5000 | | 3400-12000 | 500-3700 |
| Θερμοκρασία (F) | 180-900 | 300-500 | | 500-1100 | 140-700 |

Πίνακας 4.11 Σύγκριση μεταξύ των συστημάτων συμπαραγωγής ως προς τα χαρακτηριστικά λειτουργίας αυτών [E2], [6], [11]

| Προσδιορισμός συστήματος | Έκταση μεγέθους | Σχόλια |
|--------------------------|-----------------|-------------------------------|
| Μεγάλης κλίμακας | >1MWe | βιομηχανικός τομέας |
| Μεσαίας κλίμακας | 60kWe-1MWe | βιομηχανικός-εμπορικός τομέας |
| Μικρής κλίμακας | <60kWe | εμπορικός τομέας |

Πίνακας 4.12 Κατηγοριοποίηση των συστημάτων συμπαραγωγής βάση της εγκατεστημένης ισχύος

4.5 Συστήματα ανάκτησης απορριπτόμενης θερμότητας

Συστήματα ανάκτησης θερμότητας ονομάζουμε τα συστήματα μέσω των οποίων μπορεί να γίνει εκμετάλλευση μέρους της θερμότητας που αποβάλλεται από κάποια επιμέρους μονάδα παραγωγής ενέργειας (συνήθως θερμότητας) προς όφελος του κύριου συστήματος παραγωγής. Στα συστήματα αυτά, η διαδικασία επανάκτησης γίνεται μέσω θερμοεναλλαγής μεταξύ των ρευστών που αποβάλλονται (αερίων ή υγρών) και ρευστών που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία (π.χ. αέρας καύσης, νερά διεργασιών κλπ).

Η επιτυχία της συμπαραγωγής στηρίζεται στην χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας, καθώς παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμότητα περιέχεται στα καυσαέρια ή και στα ψυγεία των μηχανών. Άμεση χρήση της θερμότητας λαμβάνει χώρα εκεί που υπάρχουν θερμικές διεργασίες (όπως ξήρανση, θέρμανση). Όμως η άμεση χρήση των καυσαερίων εμπεριέχει την επαφή τους με το αντικείμενο που θέλουμε να θερμανθεί και η άμεση χρήση των ρευστών των ψυγείων μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στο σύστημα θέρμανσης. Για αυτό τον λόγο είναι απαραίτητος ο εξοπλισμός ανακομιδής θερμότητας, που μετατρέπει την θερμότητα που παράγεται από τον κύριο κινητήρα σε άλλες μορφές και έπειτα την διανέμει για κατανάλωση. Οι πιο συνήθεις μέθοδοι ανακομιδής θερμότητας είναι η παραγωγή ατμού (από τους αεριοστρόβιλους και τα καυσαέρια μηχανών) και η θέρμανση νερού από πηγές θερμότητας μεσαίας και χαμηλής στάθμης.

Ο λέβητας ανακομιδής θερμότητας είναι απαραίτητο στοιχείο σε μια εγκατάσταση συμπαραγωγής. Ανακτά την θερμότητα από τα καυσαέρια των αεριοστροβίλων ή των παλινδρομικών μηχανών εσωτερικής καύσης. Η πιο απλή μορφή του είναι ο εναλλάκτης ανακομιδής θερμότητας, μέσα από τον οποίο περνούν τα καυσαέρια και η ανακτώμενη θερμοκρασία θερμαίνει το νερό που προορίζεται για διάφορες χρήσεις. Έπειτα τα καυσαέρια διοχετεύονται στην καμινάδα εξαγωγής καυσαερίων και εκλύονται στην ατμόσφαιρα, περιέχοντας ακόμα κάποια ποσότητα θερμοκρασίας. Σε αυτή την περίπτωση τα προϊόντα καύσης του κινητήρα δεν έχουν μεταβληθεί. Οι λέβητες καυσαερίων σχεδιάζονται ανάλογα με την επιλογή του είδους του κινητήρα. [Ε1][1]

4.6 Συστήματα Τριπαραγωγής

Στην Ελλάδα, σε αντίθεση με τις βόρειες χώρες, η θέρμανση των κτηρίων απαιτείται για περίπου 5 έως το πολύ 6 μήνες τον χρόνο. Κάτι τέτοιο έχει σαν αποτέλεσμα να κάνει την χρήση της συμπαραγωγής εξαιρετικά ασύμφορη. Επιπροσθέτως υπάρχει έντονη ανάγκη για ψύξη κατά τους θερινούς μήνες. Η παραγωγή της ψύξης μέσα από τη χρήση θερμικής ενέργειας ενός συστήματος συμπαραγωγής μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση ψυκτών απορρόφησης

Οι εφαρμογές της τρι-παραγωγής ως σήμερα είναι σχετικά περιορισμένες, πραγματοποιούνται συνήθως από μεγάλες σχετικά μονάδες όπως νοσοκομεία,

πανεπιστήμια, βιομηχανικές μονάδες, μεγάλες κτιριακές μονάδες, αεροδρόμια κλπ. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι κατά βάση το φυσικό αέριο, και σε μικρότερη κλίμακα το πετρέλαιο. Η μεγαλύτερη εξάπλωση αυτών των τεχνολογιών είναι αναμενόμενη, λόγω των σημαντικών τεχνολογικών εξελίξεων και της μείωσης του κόστους των ψυκτών απορρόφησης τα τελευταία χρόνια. Για παράδειγμα, η πόλη της Στοκχόλμης διαθέτει εδώ και μερικά χρόνια δίκτυο τηλεψύξης παράλληλα με το δίκτυο τηλεθέρμανσης, ενώ αντίστοιχο δίκτυο δημιουργείται και στο Άμστερνταμ. Βλέποντας τα παραδείγματα αυτά σε χώρες της βόρειας Ευρώπης, θα περίμενε κανείς να δει πολύ περισσότερες εφαρμογές στη Νότια Ευρώπη, όπου τα απαιτούμενα ψυκτικά φορτία είναι τάξεις μεγέθους μεγαλύτερα.

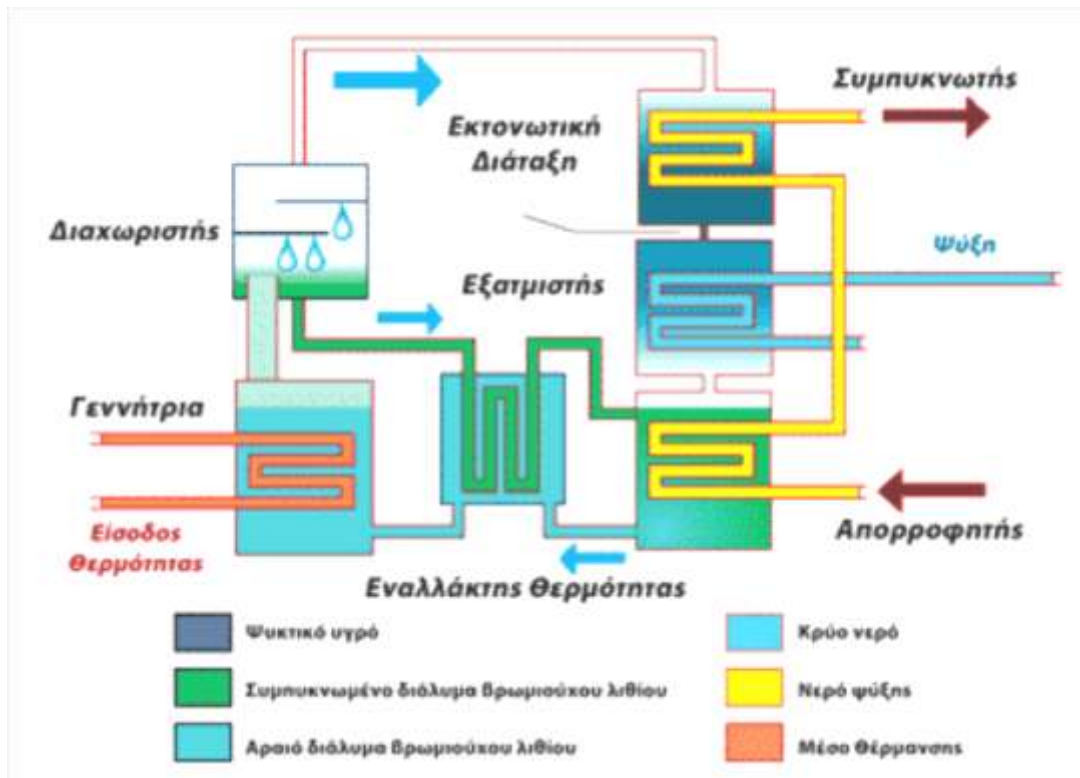
Οι περισσότερες μονάδες τριπαραγωγής που συναντώνται σήμερα βασίζονται στην χρήση ΜΕΚ ή μικροστροβίλων με ταυτόχρονη χρήση κύκλου απορρόφησης. Η χρήση την τριπαραγωγής ενδείκνυται για κτήρια που έχουν ανάγκες για ταυτόχρονη χρήση ηλεκτρισμού – θέρμανσης ή ηλεκτρισμού – ψύξης άνω των 4500 με 5000 ωρών ετησίως.

4.6.1 Ψύκτες απορρόφησης

Οι ψύκτες απορρόφησης, ο μηχανισμός που παρέχει ψύξη, χρησιμοποιώντας τη θερμική ενέργεια από την συμπαραγωγή, είναι το δεύτερο σημαντικότερο κομμάτι σε μια εγκατάσταση τριπαραγωγής, μετά από την μονάδα συμπαραγωγής. Οι ψύκτες απορρόφησης βασίζονται στη συμπύκνωση και την εξάτμιση για να παράγουν ψύξη. Έχουν έναν εξατμιστή, έναν συμπυκνωτή, που διαστέλλει το ψυκτικό μέσο για να παράγει ψύξη, και μια πηγή θερμότητας (καυστήρας, ατμός, ζεστό νερό, απορριπτόμενη θερμότητα). Οι ψύκτες απορρόφησης που παρέχονται στο εμπόριο λειτουργούν με ατμό, ζεστό νερό ή αέρια-προϊόντα καύσης. Παρακάτω παρουσιάζονται οι ψύκτες Li-Br και οι ψύκτες αμμωνίας-νερού.

4.6.1.1 Βασική αρχή ενός ψύκτη απορρόφησης

Στην απλή του μορφή, ένας ψύκτης απορρόφησης αποτελείται από έναν εξατμιστή, έναν συμπυκνωτή, έναν απορροφητή, μια γεννήτρια και μια αντλία διαλύματος. Στον κύκλο απορρόφησης, η συμπίεση του ατμοποιημένου ψυκτικού μέσου πραγματοποιείται στον απορροφητή, στην αντλία και την γεννήτρια. Ο ατμός που παράγεται στον εξατμιστή απορροφάται από το υγρό μέσο απορρόφησης στον απορροφητή, το οποίο στη συνέχεια οδηγείται στην γεννήτρια, όπου το ψυκτικό μέσο απελευθερώνεται ως ατμός και εν συνεχεία συμπυκνώνεται. Το μέσο απορρόφησης οδηγείται πάλι στον απορροφητή για να ανακτήσει και πάλι το ψυκτικό μέσο. Θερμότητα παρέχεται στην γεννήτρια σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία και απορρίπτεται από τον απορροφητή σε χαμηλή θερμοκρασία.



Σχήμα 4.1 Η βασική αρχή τη μηχανής ψύξης απορρόφησης μονού κελύφους

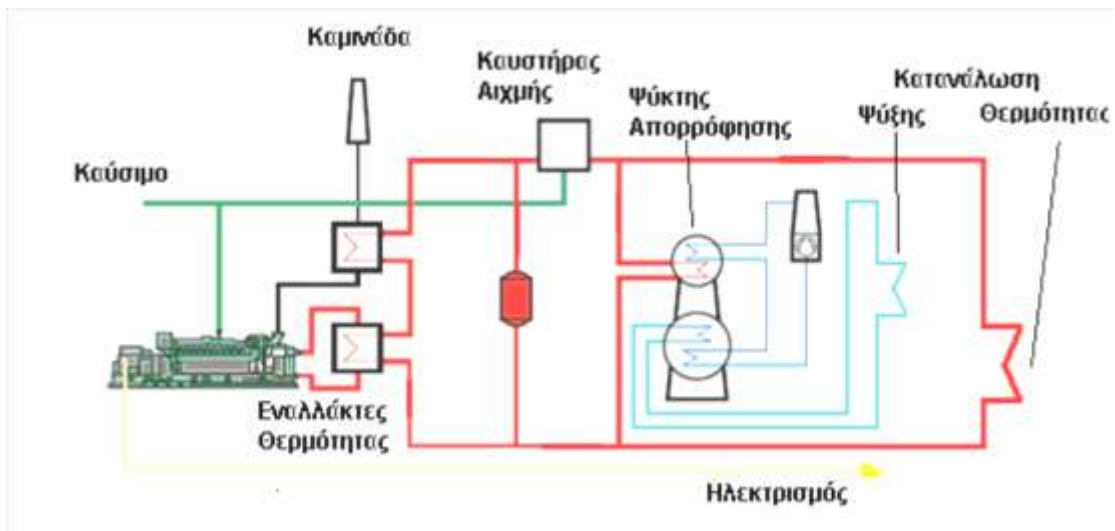
Σε έναν κύκλο απορρόφησης, το ψυκτικό μέσο και το μέσο απορρόφησης αποτελούν το ζεύγος εργασίας. Πολλά ζευγάρια έχουν προταθεί αλλά μόνο δύο χρησιμοποιούνται σήμερα: αμμωνία με νερό ως απορροφητή και νερό με διάλυμα βρωμιούχου λιθίου (LiBr) ως απορροφητή. Το ζεύγος αμμωνία/νερό συναντάται κυρίως σε εφαρμογές ψύξης με χαμηλές θερμοκρασίες εξάτμισης (κάτω από 0°C). Το ζεύγος νερό/LiBr χρησιμοποιείται ευρέως για κλιματισμό, όπου απαιτούνται θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 0°C. Η πίεση στις συσκευές αμμωνίας/νερού είναι συνήθως μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής ενώ τα συστήματα με νερό/LiBr λειτουργούν κάτω από μερικό κενό.

Στα συστήματα ψύξης με απορρόφηση που χρησιμοποιούν LiBr/νερό η πηγή θερμότητας πρέπει να βρίσκεται σε θερμοκρασία 60-80°C ενώ μπορεί να φτάσει και έως 150°C σε σύστημα διπλού κελύφους. Για συστήματα που χρησιμοποιούν αμμωνία/νερό η απαιτούμενη θερμοκρασία είναι 100-120°C.

Ο βασικός κύκλος μπορεί να τροποποιηθεί με πολλούς τρόπους. Περαιτέρω βελτιώσεις μπορούν να επιτευχθούν αν εκμεταλλευτούμε πιο αποτελεσματικά την υψηλή θερμοκρασία της διαθέσιμης θερμότητας. Τα αποκαλούμενα συστήματα διπλού κελύφους έχουν δύο ζευγάρια γεννήτριας-απορροφητή με σκοπό την εκμετάλλευση της διαθέσιμης θερμότητας σε δύο στάδια. Το κόστος συντήρησης των ψυκτών απορρόφησης ποικίλλει κατά περίπτωση. [3]

| Μειονεκτήματα | Πλεονεκτήματα |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Υψηλό αρχικό κόστος • Μονάδες μεγάλης ισχύος με μεγάλο βάρος • Κατανάλωση νερού στους πύργους ψύξης • Χαμηλός συντελεστής συμπεριφοράς | <ul style="list-style-type: none"> • Πολύ μικρή κατανάλωση ηλεκτρισμού • Αυξημένη αξιοπιστία • Μικρό κόστος συντήρησης • Χαμηλά επίπεδα θορύβου και κραδασμών • Μη εκπομπή ουσιών, επιβλαβών για το στρώμα του όζοντος |

Πίνακας 4.1 Μειονεκτήματα – Πλεονεκτήματα ψυκτών απορρόφησης σε σχέση με τους συμβατικούς ψύκτες



Σχήμα 4.2 Μονογραμμικό διάγραμμα ψύξης απορρόφησης μονού κελύφους

4.6.1.2 Απόδοση των ψυκτών απορρόφησης

Η ισχύς των ψυκτικών συστημάτων εκφράζεται σε kW και καθορίζεται από τη μέγιστη ποσότητα της θερμότητας που μπορεί να εξαχθεί. Οι κατασκευαστές των ψυκτικών συστημάτων εκφράζουν την ισχύ τους σε τόνους (RT, refrigeration tons) και την ενεργειακή τους απόδοση σε kW/ton. 1 ton είναι περίπου 3,516 kW. . Ο συντελεστής απόδοσης (COP) καθορίζει την ενεργειακή αποδοτικότητα ενός ψυκτικού συστήματος και είναι ο λόγος της θερμότητας που επάγεται προς την απαιτούμενη παρεχόμενη ενέργεια. [E2]

$$COP_{\text{ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ}} = \frac{\text{ΨΥΚΤΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ (kW)}}{\text{ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (kW)}}$$

Ο συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς (COP) είναι αδιάστατο μέγεθος

4.6.2 Ψύκτες Li - Br

Τα περισσότερα συστήματα με νερό/ βρωμιούχο λιθίο ως ζεύγος εργασίας έχουν σχεδιαστεί για εφαρμογές κλιματισμού. Διαχωρίζονται σε συσκευές μονού κελύφους και συσκευές διπλού κελύφους.

Από τα συστήματα συμπαραγωγής μικρής κλίμακας, μόνο οι στρόβιλοι μπορούν να τροφοδοτήσουν ψύκτες διπλού και τριπλού κελύφους. Οι περισσότερες τυποποιημένες μονάδες συμπαραγωγής παράγουν ζεστό νερό σε θερμοκρασία περίπου 80-90°C, που είναι κατάλληλο για χρήση από έναν ψύκτη μονού κελύφους [E2]

4.6.2.1 Ψύκτες Li – Br μονού κελύφους

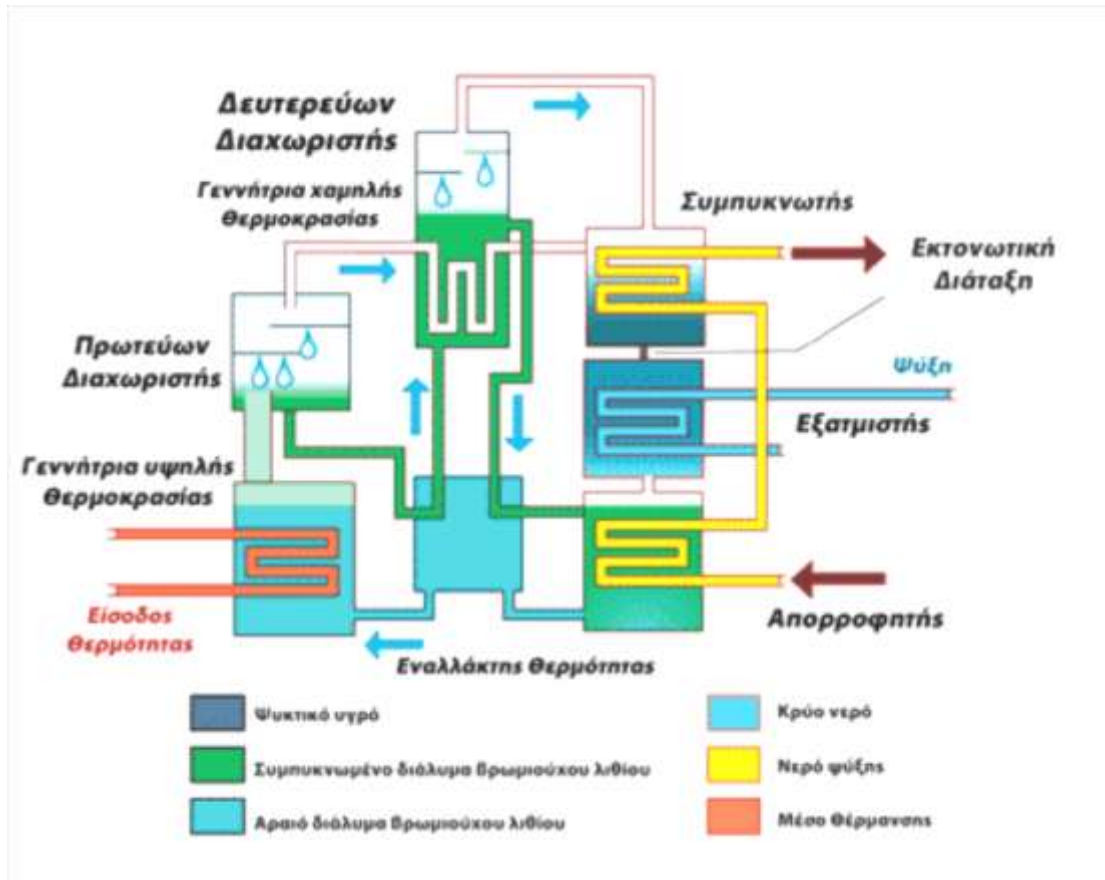
Οι περισσότεροι κατασκευαστές προσφέρουν συσκευές μονού κελύφους από περίπου 100 RT έως 1500 RT, δηλαδή από 350 kWth έως 5.2 MWth. Αυτές τροφοδοτούνται από ατμό με πίεση από 135 έως 205 kPa g (2-3 bar), ο οποίος αντιστοιχεί σε θερμοκρασία ατμού από 110 έως 120°C. Εναλλακτικά μπορούν να τροφοδοτηθούν από ζεστό νερό θερμοκρασίας από 115 έως 150°C και μέγιστη πίεση 9 bar. Ο συντελεστής απόδοσης τους (COP) κυμαίνεται από 0.6 έως 0.7. Η κατανάλωση ατμού μιας μηχανής μονού κελύφους είναι περίπου 2.3 kg/h ανά kWth. Η παροχή του ζεστού νερού κυμαίνεται από 30 έως 72 kg/h ανά kWth.

4.6.2.2 Ψύκτες Li – Br διπλού κελύφους

Οι συσκευές διπλού κελύφους έχουν περίπου το ίδιο εύρος ψυκτικής ισχύος με τις μηχανές μονού κελύφους. Ο ατμός είναι το μέσο που προτιμάται για την παροχή θερμότητας. Ο ατμός εδώ θα πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 1100 -1200 kPa (10-11 bar), συνθήκες που αντιστοιχούν σε θερμοκρασία από 175 έως 185°C. Σύμφωνα με συλλεχθείσες πληροφορίες, είναι επίσης δυνατόν η τροφοδότηση των συσκευών αυτών με ζεστό νερό, θερμοκρασίας μεταξύ 155 και 205°C. Ο συντελεστής απόδοσης (COP) κυμαίνεται μεταξύ 0.9 και 1.2. Αυτό σημαίνει ότι ο πύργος ψύξης που απαιτείται για ένα ψύκτη διπλού κελύφους είναι μικρότερος από ότι για ένα μονού κελύφους κατά 40% περίπου. Η κατανάλωση ατμού στις συσκευές διπλού κελύφους είναι περίπου 1.4 kg/h ανά kWth. [3]

Η πολυπλοκότητα των ψυκτών διπλού κελύφους έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους τους σε αντίθεση με αυτούς του μονού κελύφους. Οι μονάδες διπλού κελύφους προτιμούνται περισσότερο από αυτές του μονού κυρίως λόγω της

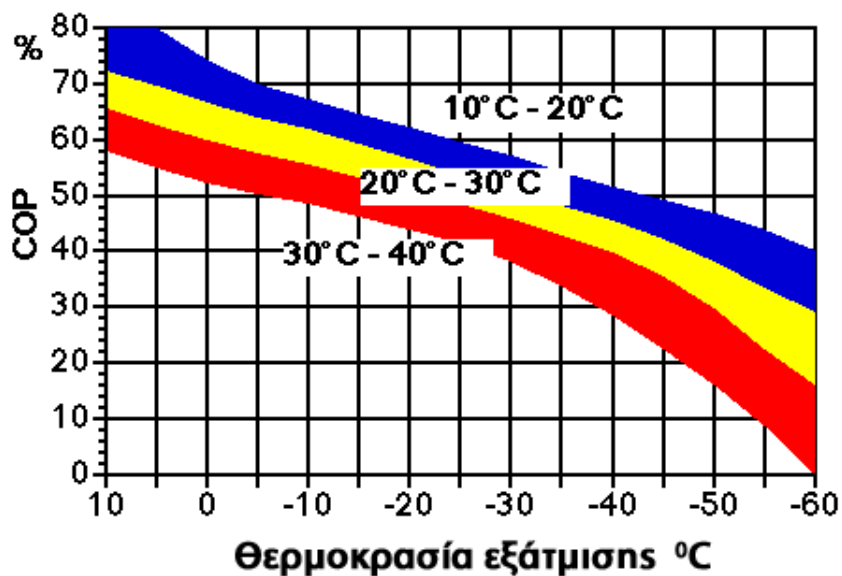
αυξημένης ενεργειακής αποδοτικότητας και της μειωμένης κατανάλωσης νερού.
[E2]



Σχήμα 4.3 Η βασική αρχή τη μηχανής ψύξης απορρόφησης διπλού κελύφους

4.6.3 Ψύκτες αμμωνίας - νερού

Οι ψύκτες αμμωνίας - νερού σχεδιάστηκαν αρχικά για βιομηχανικές εφαρμογές ψύξης, όπως για την ψύξη τροφών. Αυτό το είδος είναι προτεινόμενο όταν απαιτούνται θερμοκρασίες κάτω από 0°C, αφού οι μονάδες με νερό/LiBr δεν μπορούν να λειτουργήσουν στις θερμοκρασίες αυτές. Η θερμοκρασία στην οποία πρέπει να παρέχεται ο ατμός για να τροφοδοτήσει μια μονάδα εξαρτάται από τη διαθέσιμη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού και από τη θερμοκρασία ψύξης που θέλουμε να πετύχουμε.[3]



Διάγραμμα 4.1 Ο Βαθμός απόδοσης του ψύκτη αμμωνίας - νερού συναρτήσει της θερμοκρασίας εξάτμισης

4.6.4 Συγκεντρωτικός πίνακας για τα συστήματα τριπαραγωγής

| | NH ₃ - Νερό | | LiBr - Νερό | |
|----------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Βαθμίδα | Μονή | Μονή | Μονή | Διπλή |
| Ψυκτική ισχύς kW | 20 – 2500 | 300 – 5000 | 300 – 5000 | 300 – 5000 |
| COP | 0,6 – 0,7 | 0,5 – 0,6 | 0,9 – 1,1 | 0,9 – 1,1 |
| Θερμοκρασιακό εύρος (οC) | 120 – 132 | 120 – 132 | 150 – 170 | 150 – 170 |
| Κόστος μηχανημάτων (€/ton) | 1250 έως 1750 | 870 έως 920 | 930 έως 980 | 930 έως 980 |

Πίνακας 4.2 Πίνακας βασικών χαρακτηριστικών συστημάτων τριπαραγωγής [11]

4.7 Γεννήτριες

Όλα τα συστήματα συμπαραγωγής, με εξαίρεση τις κυψέλες καυσίμου, απαιτούν μια γεννήτρια, η οποία κινείται από τον κινητήρα. Οι γεννήτριες μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και μπορεί να είναι σύγχρονες ή ασύγχρονες. [Ε2]

Η σύγχρονη γεννήτρια μπορεί να λειτουργεί ανεξάρτητα από άλλη μονάδα παραγωγής και από το δίκτυο. Η τάση και η συχνότητα καθορίζονται αποκλειστικά από τον εξοπλισμό ελέγχου του συστήματος. Η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα καθορίζει την συχνότητα και παραμένει σταθερή με την μεταβολή του φορτίου. Συνεπώς μπορεί να παρέχει ηλεκτρισμό σε περίπτωση διακοπής παροχής από το δίκτυο και για αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εφεδρική γεννήτρια.

Η ασύγχρονη γεννήτρια μπορεί να λειτουργεί μόνο σε παραλληλία με άλλες μονάδες παραγωγής, συνήθως με το δίκτυο. Το δίκτυο διεγείρει την γεννήτρια και καθορίζει την τάση και τη συχνότητά της. Αν η τάση του δικτύου μηδενισθεί ή εάν αποσυνδεθεί η γεννήτρια, η τελευταία παύει να λειτουργεί. Συνεπώς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εφεδρική. Η σύνδεσή της με το δίκτυο είναι απλή.

Οι σύγχρονες γεννήτριες με ισχύ λιγότερη από 200 kWe είναι πιο ακριβές από τις αντίστοιχες ασύγχρονες. Πάνω από 200 kWe ισχύ δεν παρατηρούνται ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις στις τιμές. Ο πιο συνηθισμένος τύπος γεννήτριας σε μονάδες συμπαραγωγής μικρής κλίμακας είναι η ασύγχρονη. [1]

4.8 Συστήματα ελέγχου

Για τη λειτουργία των συστημάτων συμπαραγωγής, διατίθενται συστήματα ελέγχου βασισμένα σε μικροεπεξεργαστές. Αυτά παρέχουν τη δυνατότητα τα διάφορα συστήματα συμπαραγωγής να λειτουργούν για την κάλυψη κάποιου φορτίου βάσης, να παρακολουθούν τα ηλεκτρικά ή τα θερμικά φορτία, είτε να λειτουργούν κατά ένα οικονομικοτεχνικά βέλτιστο τρόπο (τρόπος μικτής κάλυψης). Στην τελευταία περίπτωση, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίβλεψη της απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής, περιλαμβανομένων:

- ⊗ του βαθμού απόδοσης του συστήματος και του ποσού της διαθέσιμης ωφέλιμης θερμότητας,
- ⊗ των ηλεκτρικών και των θερμικών αναγκών του χρήστη, της ποσότητας της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να αποδοθεί στο δίκτυο, και του ποσού της θερμότητας που πρέπει να απορριφθεί στο περιβάλλον,
- ⊗ του κόστους της αγοραζόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και της αξίας των πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας, δεδομένου ότι αυτά μπορεί να

μεταβάλλονται ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την ημέρα της εβδομάδας, ή την εποχή.

Με βάση τα δεδομένα αυτά, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να καθορίσει ποιος τρόπος λειτουργίας είναι ο πιο οικονομικός, ακόμη και το κατά πόσο η μονάδα πρέπει να διακόψει τη λειτουργία της. Επιπλέον, με την παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας, όπως είναι η αποδοτικότητα, οι ώρες λειτουργίας, η θερμοκρασία των καυσαερίων, οι θερμοκρασίες του νερού ψύξης, κλπ., ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να βοηθήσει στον προγραμματισμό της συντήρησης του συστήματος.

Εάν το σύστημα λειτουργεί χωρίς άμεση επίβλεψη, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να συνδεθεί μέσω τηλεφωνικής γραμμής με ένα κέντρο τηλε-παρακολούθησης, όπου η ανάλυση των δεδομένων μέσω Η/Υ μπορεί να προειδοποιήσει το εξειδικευμένο προσωπικό για μία επικείμενη ανάγκη προγραμματισμένης ή μη συντήρησης. Επιπλέον, ως τμήμα ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων, ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να συντάσσει εκθέσεις για την τεχνική και την οικονομική απόδοση του συστήματος. [E1][E2]

Κεφάλαιο 5^ο

Οικονομικά στοιχεία συστημάτων Συμπαραγωγής – Τριπαραγωγής

5.1 Κόστος επένδυσης

Αποτελείται από το κόστος των μηχανημάτων, της εγκατάστασης και το κόστος μελέτης και διαχείρισης της μονάδας (project, engineering and management costs).

5.1.1 Κόστος εξοπλισμού

Το κόστος εξοπλισμού περιλαμβάνει την αγορά των μηχανημάτων, συμπεριλαμβανομένου ΦΠΑ, και την μεταφορά τους ως το μέρος εγκατάστασης. Εξαρτάται κάθε φορά από τον τύπο της μονάδας συμπαραγωγής. Κάποια επιμέρους κόστη που αφορούν τον εξοπλισμό είναι:

- Ⓢ Το μοντέλο του κινητήρα και της γεννήτριας (Prime mover and generator set). Εξαρτάται από την παραγόμενη ισχύ, την τάση της γεννήτριας, την δυνατότητα χρήσης εναλλακτικού καυσίμου, τις τεχνικές μείωσης εκπεμπόμενων ρύπων και θορύβου
- Ⓢ Σύστημα ανάκτησης και απόρριψης θερμότητας Εξαρτάται από το απαιτούμενο μέσο (ατμός, ζεστό ή παγωμένο νερό), την ποιότητα θερμικής ενέργειας, τον αριθμό απαιτούμενων επιπέδων πίεσης και θερμοκρασίας, το σύστημα ελέγχου ρύπων και την παροχή νερού
- Ⓢ Επιπρόσθετη «τροφοδότηση». Δηλαδή το εάν απαιτείται επιπρόσθετη θερμική ισχύς ή η χρήση εναλλακτικού μέσου
- Ⓢ Παροχή καυσίμου. Περιλαμβάνεται η σύνδεση με το σύστημα παροχής καυσίμου, η δυνατότητα αποθήκευσής του. Συγκεκριμένα για το φυσικό αέριο εξετάζεται η ανάγκη συμπίεσής, εφόσον η πίεση της γραμμής πρέπει να αυξηθεί.
- Ⓢ Πίνακας ελέγχου Η ανάγκη για αυτοματοποίηση και η απαίτηση για λειτουργία χωρίς παρακολούθηση.
- Ⓢ Σύνδεση με την ηλεκτρική εγκατάσταση. Αφορά την γραμμή σύνδεσης και τον εξοπλισμός ασφαλείας και μετρήσεων.
- Ⓢ Σωληνώσεις Αφορά την σύνδεση με το νερό, τον ατμό και τον συμπιεσμένο αέρα.
- Ⓢ Σύστημα εξάτμισης
- Ⓢ Συστήματα αερισμού και καύσης (Ventilation and combustion air systems)

© Φόροι

5.1.2 Κόστος εγκατάστασης

Αποτελείται από τα εξής:

- © Άδεια εγκατάστασης
- © Αγορά και προετοιμασία του χώρου εγκατάστασης
- © Κατασκευή κτιρίου
- © Εγκατάσταση της μονάδας
- © Τα απαραίτητα σχέδια κατασκευής

5.1.3 Κόστος μελέτης

Περιλαμβάνει τα έξοδα για τον σχεδιασμό, την ανάλυση και την ανάπτυξη του συστήματος συμπαραγωγής. Αποτελεί το 15-30% του κόστους των μηχανημάτων και της κατασκευής. Ενδεικτικά κάποιες από αυτές τις δαπάνες είναι :

- © Τα αρχιτεκτονικά και τεχνικά σχέδια
- © Η επίβλεψη της κατασκευής
- © Οι περιβαλλοντικές μελέτες και τα έξοδα αδειάς
- © Ειδικοί σύμβουλοι και ελεγκτές
- © Νομικά έξοδα
- © Εκπαίδευση προσωπικού

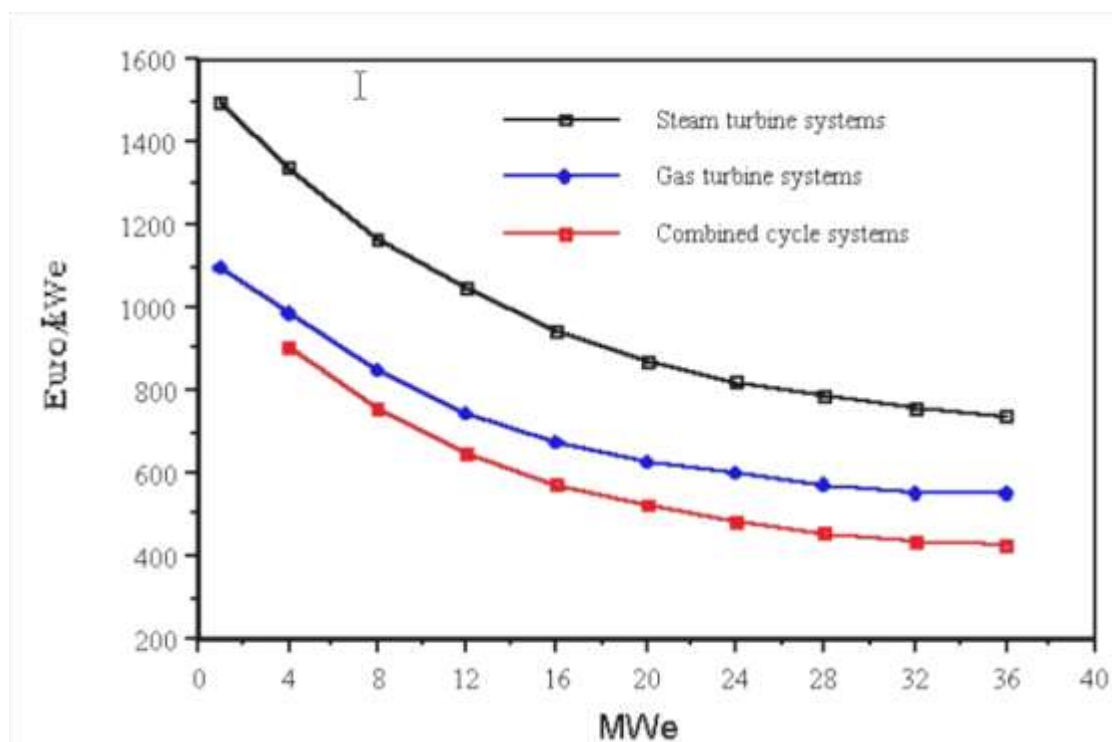
Επιπρόσθετα έξοδα μπορούν να προκύψουν από τον τρόπο χρηματοδότησης του όλου έργου, όπως τα έξοδα τράπεζας και η ασφάλιση.

5.1.4 Απρόβλεπτα έξοδα

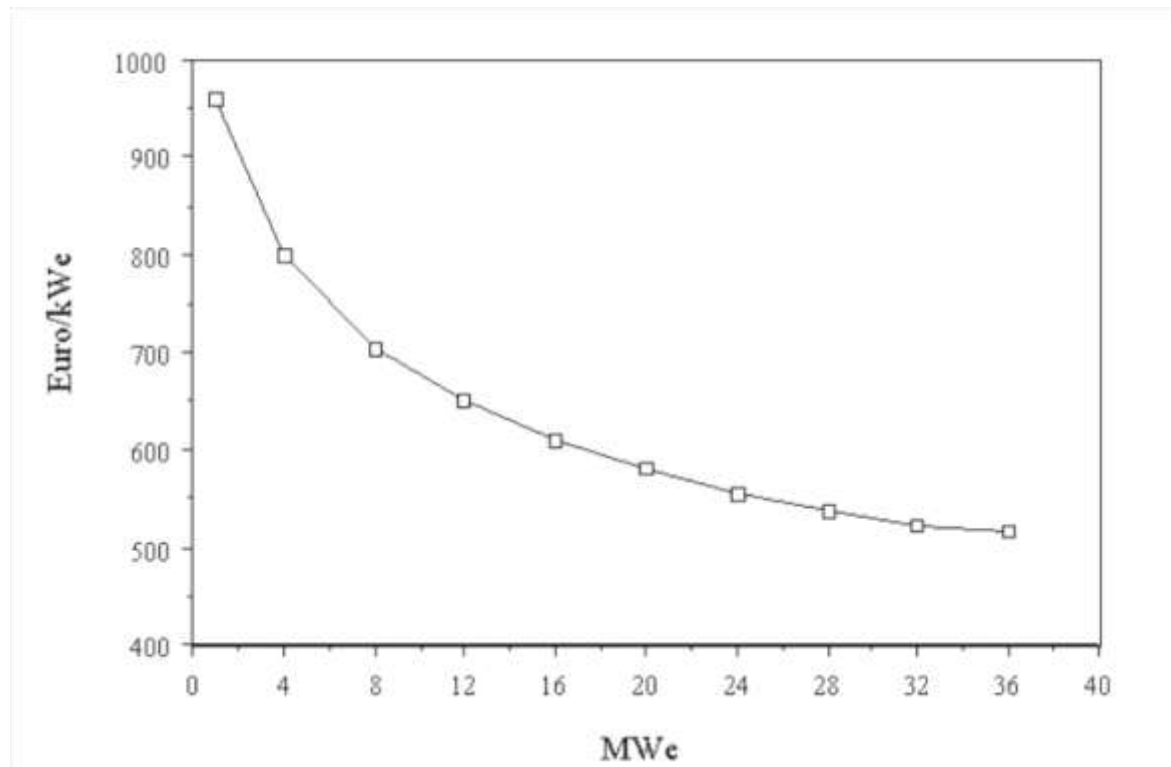
Τα απρόβλεπτα έξοδα υπολογίζονται σε ποσοστό 15-20% από το συνολικό κόστος στην αρχή της σχεδιασμού της μονάδας, ενώ μετά την ολοκλήρωσή του μπορεί το ποσοστό αυτό να μειωθεί στα 5%. Ο τρόπος με τον οποίο κατανέμονται τα ποσοστά των διάφορων δαπανών φαίνεται στον πίνακα 5.1. [1]

| Είδος δαπάνης | % από το συνολικό κόστος |
|---|--------------------------|
| Μονάδα συμπαραγωγής συμπεριλαμβανομένου και του συστήματος ανάκτησης θερμότητας | 55 |
| Γενική επίβλεψη της οργάνωσης, έλεγχος και νομικές διεργασίες | 15 |
| Επικουρικά συστήματα | 5 |
| Σύνδεση με το δίκτυο | 5 |
| Εργασίες στο χώρο εγκατάστασης | 10 |
| Εγκατάσταση και αποδοχές εξειδικευμένου προσωπικού | 5 |
| Κόστος της μελέτης | 5 |
| Σύνολο | 100 |

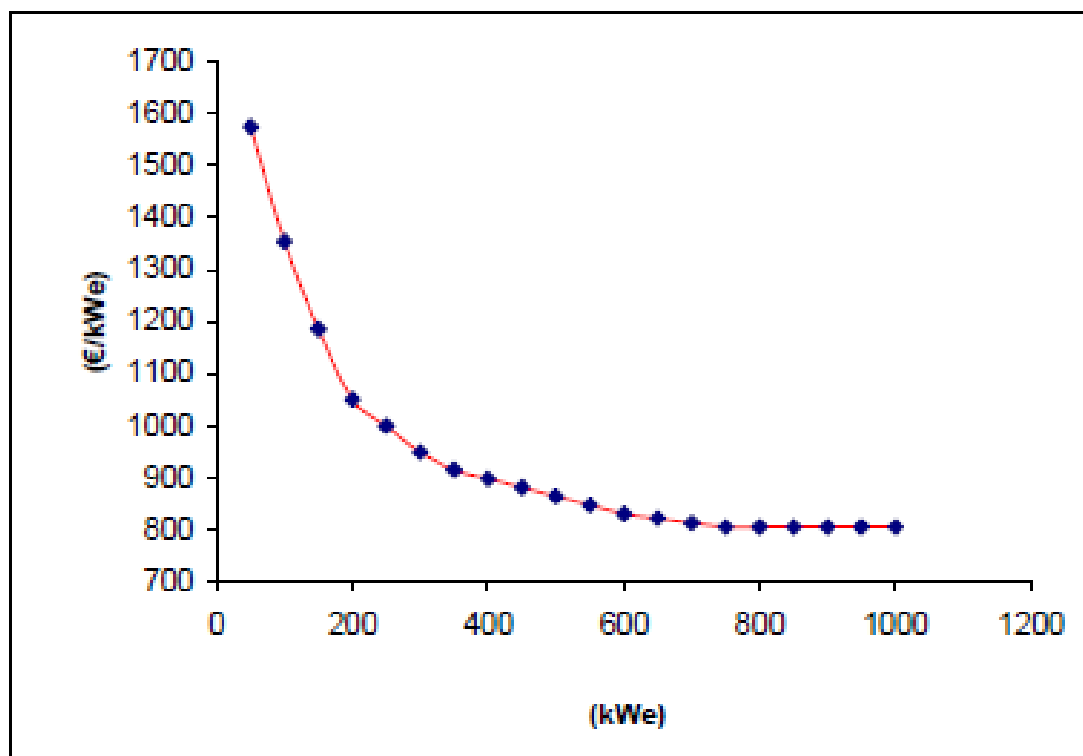
Πίνακας 5.1 Πίνακας ανάλυσης των δαπανών για συμπαραγωγή μικρής κλίμακας [1]



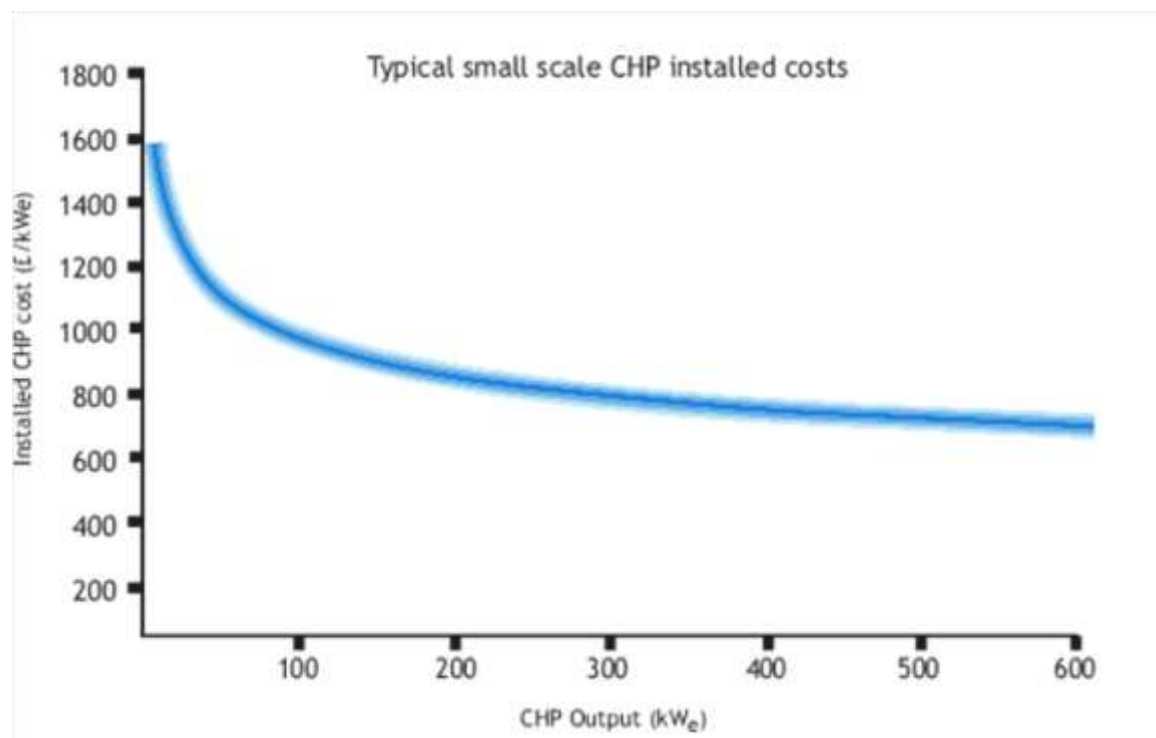
Διάγραμμα 5.1 Το κόστος επένδυσης σε διάφορα συστήματα συμπαραγωγής μεσαίας και μεγάλης κλίμακας συναρτήσει της ηλεκτρικής ισχύος



Διάγραμμα 5.2 Το κόστος επένδυσης συστημάτων συμπαραγωγής με κινητήρα Diesel συναρτήσει της ηλεκτρικής ισχύος



Διάγραμμα 5.3 Κόστος επένδυσης τυποποιημένων πακέτων συμπαραγωγής με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης συναρτήσει της ηλεκτρικής ισχύος



Διάγραμμα 5. 4 Κόστος επένδυσης μονάδων συμπαραγωγής μικρής κλίμακας συναρτήσει της ηλεκτρικής ισχύος [9]

5.2 Δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης

Οι δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις επιλογές που έγιναν κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή του συστήματος. Υπάρχει περίπτωση οι ενέργειες που είχαν σκοπό την μείωση του αρχικού κόστους να οδηγήσουν σε αύξηση των δαπανών λειτουργίας και συντήρησης, με αποτέλεσμα να έχουν αρνητική επίδραση στην οικονομική βιωσιμότητα της μονάδας. Οι βασικές λειτουργικές δαπάνες και τα έξοδα συντήρησης είναι:

@ Το καύσιμο

Αποτελεί το πιο βασικό λειτουργικό κόστος, το οποίο μπορεί να φτάνει και το 80% του συνολικού λειτουργικού κόστους. Θα πρέπει λοιπόν να λάβουμε σοβαρά υπόψη το τιμολόγιο του παροχέα καυσίμου στον υπολογισμό των δαπανών.

@ Το προσωπικό

Εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδας και το βαθμό στον οποίο αυτή είναι αυτοματοποιημένη. Μικρές μονάδες (μέχρι 10MW περίπου) μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς επίβλεψη. Μονάδες μεσαίας κλίμακας (10-30 MW) συνήθως απαιτούν την παρουσία ενός ατόμου για να ελέγχει την σωστή λειτουργία της μονάδας. Μεγαλύτερες μονάδες απαιτούν παραπάνω του ενός ατόμου. Εάν το σύστημα περιλαμβάνει και έναν ατμολέβητα ή χρησιμοποιείται στερεό καύσιμο, τότε το προσωπικό είναι απαραίτητο ακόμα και σε μικρές μονάδες. Είναι πολύ

σημαντικό να διασαφηνιστεί εάν είναι απαραίτητο να προσληφθούν εξειδικευμένα άτομα ή εάν το ήδη υπάρχων προσωπικό είναι σε θέση να χειριστεί το σύστημα.

Ⓢ Τα έξοδα συντήρησης

Εξαρτώνται κυρίως από τον τύπο της μονάδας, το είδος του καυσίμου, τον κύκλο λειτουργίας (το πόσο συχνά τίθεται σε λειτουργία και τερματίζεται αυτή) και το περιβάλλον μέσα στο οποίο λειτουργεί. Εάν υπάρχει εξειδικευμένο προσωπικό τότε το κόστος συντήρησης μπορεί να μειωθεί αισθητά. Από την άλλη υπάρχει η δυνατότητα να αναλάβει την συντήρηση κάποια εταιρεία, οπότε τα έξοδα εξαρτώνται σε αυτήν την περίπτωση από το εκάστοτε συμβόλαιο που θα υπογραφεί. Στην περίπτωση που υπάρχει ενσωματωμένο σύστημα ελέγχου της λειτουργίας της μονάδας, οι δαπάνες συντήρησης μειώνονται καθώς η συντήρηση δεν θα γίνεται για προληπτικούς λόγους, παρά μόνο όταν οι ενδείξεις του συστήματος ελέγχου δείχνουν ότι απαιτείται κάτι τέτοιο.

Ⓢ Η ασφάλεια

Συνυπολογίζεται στα λειτουργικά έξοδα. Μπορεί να καλύπτει μόνο βλάβες των μηχανημάτων ή μπορεί να επεκταθεί η κάλυψη που προσφέρει και να περιλαμβάνει ακόμα και απώλεια εσόδων ή διακοπή λειτουργίας λόγω εργασιών. Το κόστος της ασφάλειας είναι ανάλογο της μονάδας, το ιστορικό λειτουργίας των μηχανημάτων και τον τρόπο λειτουργίας αυτών. Έχει εύρος 0,25-2% του αρχικού κεφαλαίου.

Ⓢ Οι αποδοχές διοικητικού προσωπικού

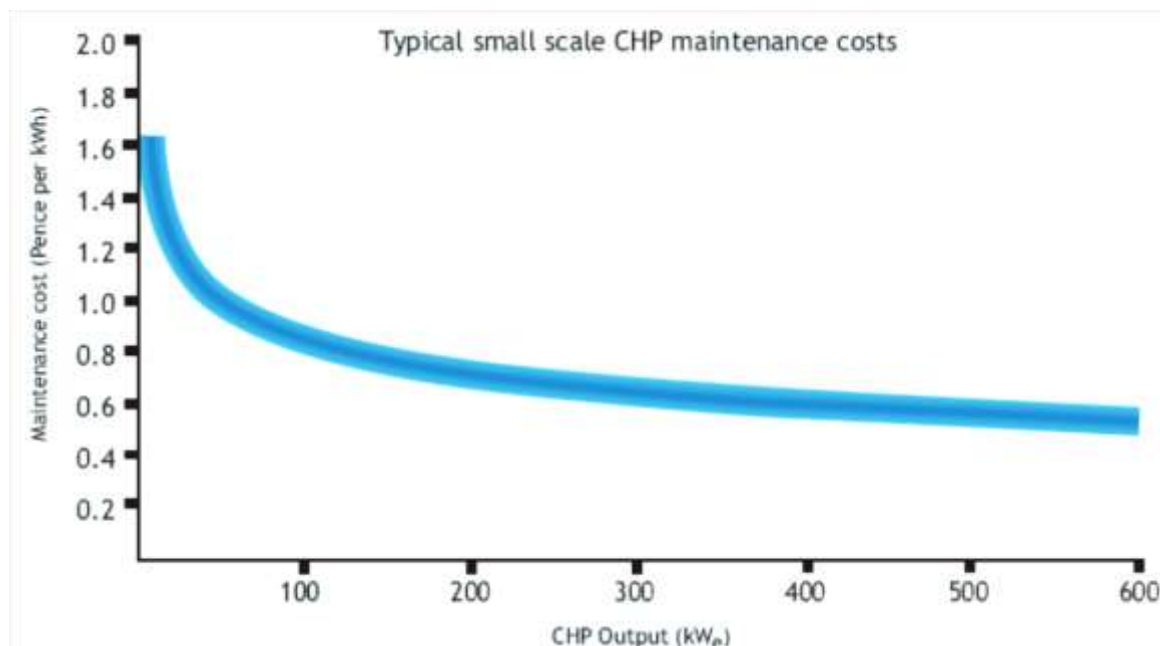
Ⓢ Οι φόροι

Ⓢ Οι τόκοι (εάν έχει προηγηθεί δανεισμός για την χρηματοδότηση του όλου έργου)

Γενικότερα οι δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης διακρίνονται σε σταθερές και μεταβλητές. Οι σταθερές είναι ανεξάρτητες από το εάν λειτουργεί το σύστημα ή όχι. Οι μεταβλητές εξαρτώνται από το φορτίο υπό το οποίο λειτουργεί το σύστημα και από τα διάφορα ανταλλακτικά και αναλώσιμα. Για κάθε μονάδα συμπαραγωγής μπορούν να εκτιμηθούν οι δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης. Στον πίνακα 3.3 δεν γίνεται διάκριση μεταξύ σταθερών και μεταβλητών δαπανών αλλά δίνεται ένας μέσος όρος των εξόδων. [1]

| Τύπος συστήματος | Δαπάνες συντήρησης €/ MWh |
|-----------------------|------------------------------|
| Ατμοστροβίλου | 1,5 - 2,3 |
| Αεριοστροβίλου | 4,6 - 5,4 |
| Συνδυασμένου κύκλου | 4,6 - 5,4 |
| Παλινδρομικής μηχανής | 5,8 - 9,2 |

Πίνακας 5.2 Δαπάνες συντήρησης συστημάτων συμπαραγωγής



Διάγραμμα 5.5 Κόστος συντήρησης μονάδων συμπαραγωγής μικρής κλίμακας συναρτήσει της ηλεκτρικής ισχύος [9]

5.3 Τιμή ηλεκτρισμού

Η Ελλάδα διαθέτει μέση τιμή 0,063€ ανά kWh, ταυτόσημη με τη μέση βιομηχανική τιμή. Ωστόσο, η επικρατούσα κατάσταση αναμένεται να τροποποιηθεί λόγω της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. [E5]

Αυτοπαραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται εκείνος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των δικών του αναγκών. Διακρίνεται σε «συνδεδεμένο» ή «αυτόνομο, ανάλογα αν ο σταθμός του είναι συνδεδεμένος ή όχι με το δίκτυο

Ανεξάρτητος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται εκείνος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια και τη διαθέτει αποκλειστικά στο δίκτυο

Σχήμα 2.3 Ορισμοί Αυτοπαραγωγού και Ανεξάρτητου παραγωγού

Απαγορεύεται στους αυτοπαραγωγούς και ανεξάρτητους παραγωγούς να διαθέτουν σε τρίτους ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τους σταθμούς τους. Το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας του αυτοπαραγωγού και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τους ανεξάρτητους παραγωγούς διατίθεται στη διαχειριστή του συστήματος, σύμφωνα με τους όρους σχετικής σύμβασης που συνάπτεται μεταξύ τους. Ο διαχειριστής έχει την υποχρέωση να αγοράζει ηλεκτρική

ενέργεια. Η υποχρέωση αυτή δεν υφίσταται στην περίπτωση μόνο που υπάρχει πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας από αυτοπαραγωγό, εφόσον με αιτιολογημένη απόφαση διαπιστώνεται ότι οι τοπικές συνθήκες δεν επιτρέπουν τη διάθεσή της στην κατανάλωση.

Η τιμή του παρεχόμενου από τη Δ.Ε.Η. ηλεκτρισμού είναι σε άμεση εξάρτηση από την τάση στην οποία κάθε συμπαραγωγός είναι συνδεδεμένος με το εθνικό δίκτυο. Παρόλ' αυτά, ο νόμος 3851/2010 περιέχει άρθρα που αφορούν στην τιμολόγηση. Έτσι, η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως εξής:

| Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από: | Τιμή Ενέργειας (€/MWh) | |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| | Διασυνδεδεμένο Σύστημα | Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά |
| (ιστ) Σ.Η.Θ.Υ.Α. | 87,85xΣΡ | 99,45xΣΡ |

Οι τιμές της περίπτωσης (ιστ) του ανωτέρω πίνακα που αφορούν σε σταθμούς Σ.Η.Θ.Υ.Α. που κάνουν χρήση φυσικού αερίου προσαυξάνονται κατά ποσό ίσο με την τιμή επί το συντελεστή ρήτρας φυσικού αερίου ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$\Sigma P = 1 + (M.T.\Phi.A. - 26) / (100 \times \eta_{el})$$

Όπου:

M.T.Φ.Α.: η ανά τρίμηνο μέση μοναδιαία τιμή πώλησης φυσικού αερίου για συμπαραγωγή σε €/MWh ανωτέρας θερμογόνου δύναμης (Α.Θ.Δ.) στους χρήστες Φ.Α. στην Ελλάδα, εξαιρουμένων των πελατών ηλεκτροπαραγωγής. Η τιμή αυτή ορίζεται με μέριμνα της Δ.Ε.Π.Α. Α.Ε. και κοινοποιείται ανά τρίμηνο στον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε..

η_{el} : ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης της διάταξης Σ.Η.Θ.Υ.Α. επί ανωτέρας θερμογόνου δύναμης (Α.Θ.Δ.) φυσικού αερίου, η οποία ορίζεται σε 0,33 για μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. $\leq 1\text{MWe}$, και σε 0,35 για μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. $> 1\text{MWe}$.

Η τιμή του ΣΡ δεν μπορεί να είναι μικρότερη της μονάδας. Στην περίπτωση που οι ανωτέρω Σ.Η.Θ.Υ.Α. που κάνουν χρήση φυσικού αερίου αξιοποιούν τα καυσαέρια για γεωργικούς σκοπούς ο συντελεστής ΣΡ μπορεί να προσαυξάνεται με απόφαση της Ρ.Α.Ε. μέχρι 20%. Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. πραγματοποιείται ανά μήνα με βάση τη Μ.Τ.Φ.Α. του προηγούμενου τριμήνου. Οι τιμές του ανωτέρω πίνακα για τους Αυτοπαραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας ισχύουν μόνο για σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. με εγκατεστημένη ισχύ έως τριάντα πέντε (35) MW και για το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που διατίθεται στο Σύστημα ή το Δίκτυο, το οποίο μπορεί να ανέλθει μέχρι ποσοστό 20%

της συνολικά παραγόμενης, από τους σταθμούς αυτούς, ηλεκτρικής ενέργειας, σε ετήσια βάση.

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. πραγματοποιείται ανά μήνα με βάση τη Μ.Τ.Φ.Α. του προηγούμενου τριμήνου. Για την περίπτωση (ιστ), η προσαύξηση κατά 15% εφαρμόζεται μόνο στο σταθερό σκέλος της τιμολόγησης, εφόσον η επένδυση υλοποιείται χωρίς επιχορήγηση από οποιοδήποτε εθνικό, ευρωπαϊκό ή διεθνές πρόγραμμα ή αναπτυξιακό νόμο, για την κάλυψη τμήματος της σχετικής δαπάνης ούτε υπόκειται σε φοροαπαλλαγή οποιασδήποτε μορφής περιλαμβανομένου και του αφορολόγητου αποθεματικού.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από σταθμούς Α.Π.Ε. που εγκαθίστανται σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά και βραχονησίδες της Ελληνικής Επικράτειας και οι οποίοι συνδέονται στο Σύστημα μέσω νέας υποθαλάσσιας διασύνδεσης απαραίτητης για τη διοχέτευση της παραγόμενης ενέργειας, το κόστος της οποίας επιβαρύνονται εξ ολοκλήρου οι κάτοχοι των οικείων αδειών παραγωγής, με εξαίρεση τα τυχόν πρόσθετα έργα της παραγράφου 5 του άρθρου 11 του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, τιμολογείται με βάση την τιμή του στοιχείου α' για Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά του ανωτέρω πίνακα τιμολόγησης, προσαυξημένη κατά ποσοστό 10% πλέον του ποσοστού επί τοις εκατό που ορίζεται από την τετραγωνική ρίζα του λόγου της ευθείας απόστασης σε χιλιόμετρα μεταξύ της εξόδου του τερματικού υποσταθμού ανύψωσης των σταθμών και του σημείου του υφιστάμενου Συστήματος τα οποία συνδέονται μέσω του νέου έργου σύνδεσης, προς το δεκαπλάσιο της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος των σταθμών σε MW. Η προσαύξηση δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερη από 25%.

5.4 Τιμή καυσίμου

Το φυσικό αέριο έχει αναδειχθεί σε καύσιμο βέλτιστης επιλογής για μονάδες συμπαραγωγής και η επιλογή αυτή τείνει να καθιερωθεί. Η ελληνική κυβέρνηση ενθαρρύνει τη διείσδυση του φυσικού αερίου προκειμένου να επιτύχει τους εθνικούς περιβαλλοντικούς στόχους. Πρωταρχικό πρόβλημα αποτελεί η ύπαρξη λιγοστών πηγών φυσικού αερίου.

Η Δ.Ε.Π.Α. μελετά την αξιολόγηση ενός νέου συστήματος τιμολογίου για το φυσικό αέριο, λόγω της επικείμενης απελευθέρωσης της αγοράς. Ωστόσο θεμελιώδεις αλλαγές στο τιμολόγιο πρόκειται να σημειωθούν, το νέο τιμολόγιο θα είναι ενιαίο για ολόκληρη τη χώρα και η μεταφορά θα χρεώνεται ανεξάρτητα από την απόσταση του σημείου κατανάλωσης από το σημείο παραγωγής. [E12], [E13]

5.5 Προγράμματα οικονομικής στήριξης έργων/δράσεων συμπαραγωγής

Η επέκταση της συμπαραγωγής στην Ελλάδα κρίνεται περιορισμένη, παρά την οικονομική στήριξη που παρέχεται από την κυβέρνηση. Εκτός από τα πλεονεκτήματα που προβλέπει για τη συμπαραγωγή ο νόμος 3851/2010. Το κύριο διαθέσιμο πρόγραμμα στήριξης είναι “Operational Programme Competitiveness II”.

Το “Operational Programme Competitiveness II” βρίσκεται σε εφαρμογή την περίοδο 2007-2013 και ανέρχεται στα $1519 \cdot 10^6$ €, εκ των οποίων το 80% προέρχεται από ευρωπαϊκά κεφάλαια μέσω του τρίτου κοινοτικού πλαισίου στήριξης και το υπόλοιπο 20% από εθνικά κεφάλαια. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα απέβλεπε στους ακόλουθους στόχους: [E11]

- Ⓢ Προώθηση της ιδιωτικής επένδυσης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμπαραγωγή
- Ⓢ Προώθηση της επιχειρηματικής δραστηριότητας στον ενεργειακό τομέα. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο χρηματοδοτούνται εγχειρήματα στο πεδίο της συμπαραγωγής και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πρωταρχικός στόχος καθίσταται η μεγιστοποίηση του υπάρχοντος ενεργειακού δυναμικού και η εφαρμογή νέας τεχνολογίας
- Ⓢ Ασφάλεια της παρεχόμενης ενέργειας μέσω περάτωσης των έργων σύνδεσης της Ελλάδας με την Τουρκία και την Ιταλία
- Ⓢ Ειδική ενεργειακή υποδομή για τα νησιά και για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Καταβολή προσπάθειας ώστε να επιλυθεί το πρόβλημα της έλλειψης ηλεκτρισμού στα νησιά
- Ⓢ Λειτουργία της απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας
- Ⓢ Παρατεταμένη ανάπτυξη που να αφορά στην εισχώρηση του φυσικού αερίου προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές του CO₂

Κεφάλαιο 6^ο Οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων Τριπαραγωγής

6.1 Γενικά – Ορισμοί βασικών οικονομικών παραμέτρων

Η ενεργειακή απόδοση, που μπορεί να έχει ένα σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας δεν είναι η μόνη που παίζει ρόλο στην επιλογή ενός συστήματος τριπαραγωγής, γενικά, είναι δύσκολο να αποφασίσει κανείς την εγκατάστασή του, εάν δεν προβλέπεται ότι η επένδυση θα είναι και οικονομικά συμφέρουσα.

Η οικονομική αξιολόγηση στηρίζεται σε ορισμένους δείκτες ή κριτήρια. Για να αποφευχθούν παραπλανητικά αποτελέσματα και λανθασμένα συμπεράσματα, ο κάθε δείκτης πρέπει να υπολογίζεται με αναγωγή μελλοντικών αξιών και όρων σε παρούσες αξίες. [E14], [E15]

6.1.1 Τόκος και επιτόκιο(d)

Επιτόκιο είναι ο τόκος ανά μονάδα χρόνου και κεφαλαίου. Συνήθως, εκφράζεται επί τοις εκατό ανά έτος. Υπάρχουν δύο όψεις του επιτοκίου: το επιτόκιο δανεισμού, που ο δανειζόμενος καταβάλλει για χρήματα που δανείσθηκε και επομένως αποτελεί δαπάνη, και το επιτόκιο αγοράς που κερδίζει κάποιος όταν δανείζει ή επενδύει χρήματα. Το επιτόκιο αγοράς μπορεί να είναι επίσης ο επιθυμητός ή αναμενόμενος βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης.

6.1.2 Οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης(N)

Ως οικονομικός κύκλος ζωής μιας επένδυσης θεωρείται η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας ανακτάται το αρχικό επενδυτικό κεφάλαιο καθώς και η επιθυμητή απόδοση αυτού. Ο οικονομικός κύκλος ζωής πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος της πραγματικής ζωής του βασικού εξοπλισμού της επένδυσης.

6.1.3 Πληθωρισμός (i)

Πληθωρισμός είναι η αύξηση του κόστους των αγαθών και υπηρεσιών ανά μονάδα χρόνου. Ο πληθωρισμός των επιμέρους συνιστωσών κόστους μιας επένδυσης μπορεί να διαφέρει από συνιστώσα σε συνιστώσα και από έτος σε έτος. Για λόγους ευκολίας, συνηθίζεται ο πληθωρισμός να αναφέρεται σε ένα έτος και σε συγκεκριμένη ομάδα δαπανών, π.χ., μισθοδοσία, καύσιμα, ανταλλακτικά, κ.λ.π.

6.1.4 Παρούσα αξία(P)

Εάν σήμερα επενδυθεί ποσό P , το άθροισμα κεφαλαίου και τόκων μετά από N περιόδους θα είναι

$$F = P \cdot \prod_{t=1}^N (1 + d_t)$$

όπου d_t είναι το επιτόκιο αγοράς κατά το έτος t . Αντίστροφα, για να αποκτηθεί ποσό F μετά από N περιόδους, πρέπει σήμερα να επενδυθεί ποσό

$$P = \frac{F}{\prod_{t=1}^N (1 + d_t)}$$

Το P λέγεται παρούσα αξία του μελλοντικού ποσού F . Εάν το επιτόκιο θεωρηθεί σταθερό, τότε

$$P = \frac{F}{(1 + d)^N}$$

Το επιτόκιο d λέγεται και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία.

6.1.5 Συντελεστής παρούσας αξίας

Εάν μια πληρωμή επαναλαμβάνεται κάθε χρονική περίοδο επί N περιόδους και δεν μεταβάλλεται παρά μόνο εξαιτίας πληθωρισμού, τότε η παρούσα αξία των N ποσών υπολογίζεται με τη σχέση

$$P = \sum_{t=1}^N P_t = A \cdot PWF(N, i, d)$$

Όπου:

| | |
|------------|--|
| A | το ποσό της πρώτης πληρωμής |
| PWF | συντελεστής παρούσας αξίας |
| i | δείκτης πληθωρισμού μιας χρονικής περιόδου |
| d | επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία |

Εάν μπορεί να θεωρηθεί ότι η πληρωμή επαναλαμβάνεται στο τέλος της κάθε περιόδου, τότε ο συντελεστής παρούσας αξίας υπολογίζεται με τη σχέση

$$PWF(N,i,d) = \sum_{t=1}^N \frac{(1+i)^{t-1}}{(1+d)^t}$$

6.1.6 Συντελεστής τοκοχρεωλυτικής απόσβεσης (capital recovery factor, CRF)

Λέγεται επίσης και συντελεστής ανάκτηση κεφαλαίου. Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ετήσιου κόστους(ή ετήσια αξίας) κεφαλαίου μιας επένδυσης. Ισχύει η σχέση

$$A = P \cdot CRF(N, d)$$

όπου:

| | |
|------------|--|
| A | ετήσιο κόστος κεφαλαίου |
| P | ποσό της επένδυσης |
| CRF | συντελεστής τοκοχρεωλυτικής απόσβεσης: |

$$CRF(N,d) = \frac{d \cdot (1+d)^N}{(1+d)^N - 1}$$

Οι ίδιες σχέσεις χρησιμοποιούνται επίσης και για τον προσδιορισμό των ισόποσων δόσεων **A**, που πρέπει να καταβάλλονται στο τέλος κάθε περιόδου ώστε σε **N** περιόδους, να εξοφληθεί δάνειο ύψους **P** με επιτόκιο δανεισμού **d**.

6.1.7 Σταθερές και τρέχουσες τιμές

Σε μια οικονομική ανάλυση, οι χρηματοροές μπορούν να εκφραστούν είτε σε τρέχουσες είτε σε σταθερές τιμές.

Έκφραση σε τρέχουσες τιμές είναι το πραγματικό ποσό χρημάτων που καταβάλλεται ή εισπράττεται σε κάποια χρονική στιγμή.

Έκφραση σε σταθερές τιμές είναι το ποσό χρημάτων σε δεδομένη χρονική στιγμή, που είναι ισοδύναμο(από πλευράς αγοραστικής αξίας) με το πραγματικό. Η στιγμή αυτή(χρόνος αναφοράς) μπορεί να επιλεγεί αυθαίρετα. Συχνά ως χρόνος αναφοράς ορίζεται η αρχή του πρώτου έτους του οικονομικού κύκλου ζωής.

Η αναγωγή πραγματικών τιμών σε σταθερές τιμές με βάση **N** έτη πριν γίνεται με χρήση του δείκτη πληθωρισμού. Ισχύει η σχέση

$$F' = \frac{F}{\prod_{t=1}^N (1+i_t)} = \frac{F}{(1+\bar{i})^N}$$

όπου:

| | |
|-----------------------------|--|
| F | πραγματικό ποσό |
| F' | ανηγμένο σε σταθερές τιμές ποσό |
| i_t | δείκτης πληθωρισμού κατά το έτος t |
| \bar{i} | μέσος ετήσιος δείκτης πληθωρισμού των N ετών |

Οι επενδύσεις σε συστήματα συμπαραγωγής είναι εντάσεως κεφαλαίου και επομένως μακροχρόνιας απόσβεσης. Είναι λοιπόν σκόπιμο, οι συνιστώσες κόστους και οφέλους να εκφράζονται σε σταθερές τιμές.

6.2. Οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης

Διάφοροι οικονομικοί δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση συστημάτων συμπαραγωγής : καθαρή παρούσα αξία, απόδοση κεφαλαίου, λόγος οφέλους/κόστους, έντοκη περίοδος αποπληρωμής, κ.λ.π.. Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται σύστημα αναφοράς με το οποίο συγκρίνεται αυτό της συμπαραγωγής. Ως σύστημα αναφοράς θεωρείται εδώ ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών: αγορά ηλεκτρισμού από τη Δ.Ε.Η. και παραγωγή θερμότητας με λέβητα του χρήστη. [E14], [E15]

6.2.1 Καθαρή παρούσα αξία (net present value, NPV)

Καθαρή παρούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης, που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανηγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Η καθαρή παρούσα αξία προσδιορίζεται από τη σχέση

$$NPV = -k + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$$

όπου:

| | |
|--------------------------|--|
| k | αρχική επένδυση |
| F_t | ετήσιο καθαρό όφελος |
| N | οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης |
| d | επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία(επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου) |
| SV_N | αξία εκποίηση(απομένουσα αξία) της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής N |

Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- Ⓔ NPV>0 Η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικός κύκλος ζωής N και επιθυμητός βαθμός απόδοσης της επένδυσης, d)
- Ⓔ NPV=0 Η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d
- Ⓔ NPV<0 Η επένδυση είναι αντιοικονομική

6.2.2 Απόδοση κεφαλαίου (internal rate of return, IRR)

Η απόδοση κεφαλαίου είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς, IRR, που κάνει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών και εισπράξεων ίση με το μηδέν. Προσδιορίζεται ως λύση της εξίσωσης :

$$NPV_{(d=IRR)}=0$$

όπου NPV η παρούσα αξία, ενώ η ένδειξη d=IRR υπονοεί ότι η εξίσωση λύνεται ως προς d.

6.2.3 Λόγος οφέλους /κόστους (benefit to cost ratio, BCR)

Το πηλίκο του συνολικού οφέλους προς το συνολικό κόστος μιας επένδυσης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, N, με όλα τα ποσά ανηγμένα σε παρούσα αξία, αποτελεί επίσης ένα κριτήριο οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης. Ο λόγος αυτός ορίζεται από τη σχέση :

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{B_t}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+d)^t}}$$

όπου:

B_t όφελος κατά το έτος t

C_t κόστος κατά το έτος t (η τιμή C₀ αντιστοιχεί στην αρχική επένδυση)

Εάν οι ετήσιες δαπάνες αφαιρεθούν από τα κέρδη, τότε ο αριθμητής της παραπάνω σχέσης αποτελείται από το καθαρό όφελος και η σχέση απλουστεύεται στη μορφή:

$$BCR = \frac{NPV + k}{k} = 1 + \frac{NPV}{k}$$

Μια επένδυση είναι οικονομικά βιώσιμη, αν ο λόγος οφέλους/κόστους είναι μεγαλύτερος ή ίσος με τη μονάδα ($BCR \geq 1$). Ειδικότερα για επενδύσεις συμπαραγωγής, «όφελος» είναι η παρούσα αξία του συνόλου της εξοικονόμησης λειτουργικών δαπανών, ενώ «κόστος» είναι η παρούσα αξία της αρχικής επένδυσης και του συνόλου των λειτουργικών δαπανών του συστήματος.

6.2.4 Έντοκη περίοδος αποπληρωμής (discounted pay back period, DPB)

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου. Προσδιορίζεται ως λύση της εξίσωσης:

$$NPV_{(N=DPB)}=0$$

Όπου

NPV η παρούσα αξία, ενώ η ένδειξη $N=DPB$ υπονοεί ότι η εξίσωση λύνεται ως προς N .

Αν η αξία εκποίησης είναι ίση με το μηδέν ($SV_N=0$) και επιπλέον θεωρηθεί ότι το ετήσιο λειτουργικό όφελος F_t παραμένει σταθερό σε σταθερές τιμές, τότε η λύση της εξίσωσης παίρνει την αναλυτική μορφή:

$$DPB = \frac{-\ln\left(1 - \frac{d \cdot k}{F}\right)}{\ln(1 + d)}$$

Μία επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη, αν η τιμή του DPB ικανοποιεί τις προσδοκίες του επενδυτή ως προς το χρόνο αποπληρωμής.

6.3 Αξιολόγηση συστημάτων συμπαραγωγής σε επίπεδο ιδιώτη επενδυτή

Η οικονομική βιωσιμότητα επενδύσεων σε συστήματα συμπαραγωγής εξαρτάται από: α) τα ετήσια λειτουργικά οφέλη που προκύπτουν από την υποκατάσταση αγοράς ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας από την επιχείρηση ηλεκτρισμού καθώς και από την εξοικονόμηση καυσίμου για παραγωγή θερμικής ενέργειας με συμβατικό λέβητα, β) το κόστος κατασκευής και λειτουργίας του συστήματος συμπαραγωγής.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος προσδιορισμού των ετήσιων δαπανών και του ετήσιου λειτουργικού οφέλους. [E15]

6.3.1 Ετήσιο καθαρό όφελος (F_t)

Προκειμένου να αξιολογηθεί μια επένδυση συμπαραγωγής σε επίπεδο ιδιώτη επενδυτή, είναι αναγκαίο να προσδιορισθεί η ταμειακή εξυπηρέτησή της και κατόπιν να υπολογισθεί η καθαρή απόδοση των ιδίων κεφαλαίων.

Τα ίδια κεφάλαια μιας ιδιωτικής επένδυσης εξαρτώνται από τη δυνατότητα του ίδιου του επενδυτή να δεσμεύσει κεφάλαια σε μονάδα συμπαραγωγής, από τα επίπεδα επιχορηγήσεων, που προσφέρονται μέσω αναπτυξιακών νόμων ή άλλων προγραμμάτων, και από τη δυνατότητα πρόσβασης του επενδυτή στην εγχώρια ή διεθνή χρηματαγορά.

Το ύψος των ιδίων κεφαλαίων, k , μιας επένδυσης προσδιορίζεται από τη σχέση

$$k = C - C_\varepsilon - L = (1 - \pi_\varepsilon - I)C$$

Όπου

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| C | κόστος του συστήματος συμπαραγωγής |
| C_ε | ποσό επένδυσης |
| L | ποσό προερχόμενο από δανεισμό |
| π_ε | ποσοστό επένδυσης |
| I | ποσοστό δανεικού κεφαλαίου: $I = L/C$ |

Η ετήσια δόση αποπληρωμής του δανείου προκύπτει από τη σχέση

$$A_L = L \cdot CRF(N_L, r)$$

Όπου

| | |
|-------------------------|----------------------------------|
| N_L | περίοδος αποπληρωμής του δανείου |
| r | επιτόκιο δανεισμού |

Η δόση αυτή αποτελείται από ένα μέρος του δανεικού κεφαλαίου και από τους τόκους. Οι τόκοι μειώνονται σταδιακά κατά τη διάρκεια της περιόδου αποπληρωμής του δανείου, διότι εξαρτώνται από το ποσό δανεισμού που έχει απομείνει στην αρχή του κάθε έτους. Είναι χρήσιμα τα εξής μεγέθη:

| | |
|--------------------------------|---|
| L_t | υπολειπόμενο ποσό δανείου στην αρχή του έτους t |
| ΔL_t | μείωση του ποσού του δανείου στο τέλος του έτους t |
| L_{t+1} | υπολειπόμενο ποσό δανείου στην αρχή του έτους $t+1$: |

$$L_{t+1} = L_t - \Delta L_t$$

Το ετήσιο καθαρό όφελος που προκύπτει από την ένταξη ενός συστήματος συμπαραγωγής στο ενεργειακό σύστημα μιας επιχείρησης προσδιορίζεται από τη σχέση

$$F_t = f_t - A_L - \phi f_{\phi t}$$

Όπου

| | |
|--------------|---|
| F_t | καθαρό όφελος κατά το έτος t |
| f_t | λειτουργικό όφελος κατά το έτος t |
| ϕ | φορολογική κλίμακα του επενδυτή |
| $f_{\phi t}$ | φορολογητέα κέρδη κατά το έτος t : $f_{\phi t} = f_t - A_{L_t}$ |
| A | ετήσια λογιστικής απόσβεσης |
| v | χρονική διάρκεια λογιστικής απόσβεσης |
| I_{L_t} | υπολειπόμενο ποσοστό δανείου κατά το έτος t |

Με αντικατάσταση του $f_{\phi t}$ έχουμε:

$$F_t = (1 - \phi)f_t + \phi A - (A_L - \phi I_{L_t})$$

6.3.2 Ετήσιο λειτουργικό όφελος (f_t)

Το ετήσιο λειτουργικό όφελος για τον τελικό χρήστη του συστήματος συμπαραγωγής είναι η διαφορά μεταξύ της ετήσιας αξίας της παραγόμενης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και του κόστους λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος:

$$F_t = (K_{\eta} + \Pi + K_{\theta} - K_f - \Delta)_t$$

Όπου

| | |
|--------------|--|
| K_{η} | αξία ηλεκτρικής ενέργειας που έχει παραχθεί από το σύστημα συμπαραγωγής, |
| Π | πρόσοδος από την πώληση της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας, |
| K_{θ} | αξία θερμικής ενέργειας που έχει παραχθεί από το σύστημα συμπαραγωγής, |
| K_f | κόστος καυσίμου του συστήματος συμπαραγωγής, |
| Δ | δαπάνες συντήρησης και λειτουργίας (πλην καυσίμου) του συστήματος συμπαραγωγής |

Ο δείκτης t σημαίνει ότι τα μεγέθη μέσα στην παρένθεση αναφέρονται στο έτος t .

Εάν κάποια δαπάνη αυξάνει διαδοχικά με ρυθμό διάφορο του γενικού πληθωρισμού, ο οποίος είναι ίσος με μηδέν κατά την ανάλυση σε σταθερές τιμές, τότε το ύψος της δαπάνης αυτής κατά το έτος t υπολογίζεται με τη σχέση

$$κ_t = κ(1+i)^t$$

όπου

κ αρχική τιμή της δαπάνης
i ετήσιος διαφορικός (ως προς το γενικό) δείκτης πληθωρισμού

6.3.3 Κόστος συμβατικού τρόπου κάλυψης ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών

Από την πλευρά του τελικού χρήστη, το σύστημα συμπαραγωγής θεωρείται ότι υποκαθιστά την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας από την επιχείρηση ηλεκτρισμού και την παραγωγή θερμότητας με λέβητα συμβατικού καυσίμου(συμβατικό τρόπο). Το κόστος για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό και θερμότητα με τον τρόπο αυτόν συμβολίζονται με K_{η} και K_{θ} αντίστοιχα. Όταν υπάρχει περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα συμπαραγωγής, τότε αυτή πωλείται στο δίκτυο και αποφέρει κάποια πρόσοδο Π .

Η τιμή του K_{η} είναι συνάρτηση της ηλεκτρικής ισχύος και της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Προσδιορίζεται με βάση τα τιμολόγια καταναλωτών της επιχείρησης ηλεκτρισμού. Η τιμή του Π εξαρτάται από την πωλούμενη ηλεκτρική ενέργεια και προσδιορίζεται με βάση τα τιμολόγια αυτοπαραγωγών της Δ.Ε.Η.. Το κόστος θερμότητας K_{θ} , θεωρείται εδώ ότι αποτελείται από το κόστος καυσίμου, δηλαδή δεν περιλαμβάνει το κόστος κεφαλαίου του λέβητα, διότι ο λέβητας μπορεί να υπάρχει ως εφεδρική πηγή ενέργειας ακόμη και όταν εγκατασταθεί σύστημα συμπαραγωγής. Δίνονται στη συνέχεια οι εκφράσεις προσδιορισμού των K_{η} , K_{θ} και Π στο επίπεδο του τελικού χρήστη καθώς και ορισμένων ενεργειακών μεγεθών που απαιτούνται για το σκοπό αυτό.

Το κόστος ηλεκτρισμού, που αποφεύγεται χάρη στο σύστημα συμπαραγωγής, υπολογίζεται με τη σχέση

$$K_{\eta} = \sum_{\mu=1}^{12} [\varepsilon_{\eta} \cdot T_{\Delta\text{ΕΗ}} \cdot I + \kappa_P \cdot P]_{\mu}$$

Όπου

ε_{η} μηνιαία παραγωγή ηλεκτρισμού του συστήματος συμπαραγωγής,
 $T_{\Delta\text{ΕΗ}}$ τιμολόγιο κατανάλωσης της ΔΕΗ,
 I ποσοστό της παραγόμενης από το σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο ιδιοκαταναλίσκεται
 P συμβατική ισχύς(αποτελεί συμφωνία μεταξύ επιχείρησης και ΔΕΗ),
 κ_P τιμή μονάδας συμβατικής ισχύος,
 μ δείκτης μήνα.

Η ετήσια πρόσοδος από την πώληση της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας προσδιορίζεται με τη σχέση:

$$\Pi = \sum_{\mu=1}^{12} [\varepsilon_{\eta} \cdot T_{\text{αυτ}} \cdot (1 - I)]_{\mu}$$

όπου

$T_{\text{αυτ}}$ είναι το τιμολόγιο αυτοπαραγωγών της ΔΕΗ.

Το κόστος θερμότητας, που αποφεύγεται χάρη στο σύστημα συμπαραγωγής, υπολογίζεται με τη σχέση

$$K_{\theta} = \frac{c_{f\Lambda} \cdot E_{\theta}}{H_{u\Lambda} \cdot \eta_{\Lambda}}$$

Όπου

$c_{f\Lambda}$ κόστος μονάδας καυσίμου του λέβητα,
 E_{θ} ετήσιο ποσό θερμότητας που προήλθε από το σύστημα συμπαραγωγής,
 $H_{u\Lambda}$ κατώτερη θερμογόνος ικανότητα καυσίμου του λέβητα,
 η_{Λ} ενεργειακός βαθμός απόδοσης συμβατικού λέβητα.

6.3.4 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης συστήματος συμπαραγωγής

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης των συστημάτων συμπαραγωγής αποτελείται από τις δαπάνες καυσίμου και τις υπόλοιπες δαπάνες (προσωπικού, συντήρηση, αναλώσιμων, ανταλλακτικών, κ.λ.π.). Το ετήσιο κόστος καυσίμου προσδιορίζεται από τη σχέση

$$K_{f\Sigma} = \frac{c_{f\Sigma} \cdot E_{\eta}}{H_{u\Sigma} \cdot \eta_e}$$

Όπου

$c_{f\Sigma}$ κόστος μονάδας καυσίμου του συστήματος συμπαραγωγής,
 E_{η} ετήσια παραγωγή ηλεκτρισμού του συστήματος συμπαραγωγής,
 $H_{u\Sigma}$ κατώτερη θερμογόνος ικανότητα καυσίμου του συστήματος συμπαραγωγής,
 η_e ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής.

Οι υπόλοιπες δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες

$$\Delta = \Delta_{\sigma} + \Delta_{\mu}$$

Όπου

Δ_{σ} σταθερές δαπάνες,
 Δ_{μ} μεταβλητές δαπάνες.

Κεφάλαιο 7^ο

Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακών καταναλώσεων σε νοσοκομεία & τεχνικές απαιτήσεις συστήματος

7.1 Πλεονεκτήματα της εφαρμογής της συμπαραγωγής στα νοσοκομεία

Ευνοϊκή είναι η εφαρμογή της συμπαραγωγής στα νοσοκομεία καθώς λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ολόκληρο το χρόνο και έχουν βασικά φορτία ηλεκτρισμού και θερμότητας. Είναι καταναλωτές μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Με την εφαρμογή της συμπαραγωγής στα νοσοκομεία, τα τελευταία μπορούν να απολαμβάνουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- ⊕ Εξοικονόμηση οικονομικών πόρων : Αυτό αποδίδεται στην ουσιαστική μείωση του κόστους που καταβάλλει το νοσοκομείο για την παραγωγή θερμικής και την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, τα παραπάνω οικονομικά μεγέθη πρέπει να αντισταθμιστούν από το κόστος της εγκατάστασης της μονάδας συμπαραγωγής. Το τελευταίο εξαρτάται από τον τρόπο χρηματοδότησης του συγκεκριμένου έργου. Έχει παρατηρηθεί σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που ήδη έχουν βάλει σε εφαρμογή την συμπαραγωγή, ότι οι δαπάνες για την εξασφάλιση της ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να μειωθούν ως και 30%.
- ⊕ Καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών και αυξημένη αξιοπιστία: Τα νοσοκομεία οφείλουν να παρέχουν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας. Είναι αναπόφευκτες, όμως, οι βλάβες και οι συντηρήσεις, οι οποίες επιδρούν στην παροχή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η συμπαραγωγή βελτιώνει την ποιότητα των υπηρεσιών. Επίσης αυξάνεται η αξιοπιστία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας είτε αντιμετωπίζοντας μια πιθανή ανάγκη αυξημένης ζήτησης (καθώς οι μονάδες συμπαραγωγής μπορούν να λειτουργούν παράλληλα με την εισαγωγή ηλεκτρισμού από το δίκτυο) είτε αντιμετωπίζοντας μια πιθανή διακοπή, καθώς η μονάδα συμπαραγωγής μπορεί να λειτουργεί σε συνδυασμό με την εφεδρική γεννήτρια.
- ⊕ Αύξηση των επενδύσεων στον τομέα της υγείας: Τα χρήματα που δαπανώνται για τον ηλεκτρισμό και τη θέρμανση είναι προκαθορισμένα. Δηλαδή, η παροχή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας είναι ίδια ανεξάρτητα από το αν ο θάλαμος είναι πλήρης ή όχι. Η συμπαραγωγή μειώνει το κόστος παραγωγής ενέργειας λόγω της μικρότερης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Τα χρηματικά που εξοικονομούνται μπορούν να επενδυθούν για τη φροντίδα και την ποιότητα των υπηρεσιών που λαμβάνουν οι ασθενείς.

- Ⓢ Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα: Η συμπαραγωγή προωθεί ένα πιο υγιές περιβάλλον μειώνοντας τις εκπομπές των ρύπων και των επιβλαβών συνεπειών που έχουν οι ρύποι στην ατμόσφαιρα. Το ουσιαστικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα απαρτίζουν οι κλιματολογικές αλλαγές εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. [12]

7.2 Απαραίτητα δεδομένα πριν την εκτίμηση

Η επιλογή μιας μονάδας συμπαραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της θερμοδυναμικής και οικονομικής ανάλυσης, είναι δύσκολο και περίπλοκο πρόβλημα. Η συμπαραγωγή είναι μεν ιδανική λύση για τα νοσοκομεία, αλλά απαιτείται προσεκτική ανάλυση των δεδομένων, με την βοήθεια των οποίων μπορούμε να αποφανθούμε εάν είναι τελικά συμφέρουσα η επιλογή ενός συστήματος συμπαραγωγής και μάλιστα να καθορίσουμε και τον τύπο του. Τέτοιες πληροφορίες είναι :

- Ⓢ Ποια κτίρια θα εξυπηρετεί η συμπαραγωγή
- Ⓢ Ο τύπος του συστήματος διανομής (νερό ή ατμός)
- Ⓢ Χώρος για την τοποθέτηση του συστήματος συμπαραγωγής
- Ⓢ Το ημερήσιο και ετήσιο προφίλ του θερμικού και ηλεκτρικού φορτίου
- Ⓢ Τα τιμολόγια των καυσίμων και του ηλεκτρισμού και οι μηνιαίοι λογαριασμοί
- Ⓢ Πιθανές επεκτάσεις του χώρου
- Ⓢ Η κατάσταση του υπάρχοντος εξοπλισμού
- Ⓢ Πιθανοί τρόποι χρηματοδότησης της μελέτης
- Ⓢ Ύπαρξη ικανού και εξειδικευμένου προσωπικού για αναλάβει τη λειτουργία και την συντήρηση

Πριν την διαστασιολόγηση της μονάδας συμπαραγωγής είναι σημαντικό να έχουν ληφθεί οποιαδήποτε άλλα μέτρα που οδηγούν στην περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας. Η σωστή διαστασιολόγηση είναι κρίσιμης σημασίας για την βιωσιμότητα της εφαρμογής. Οι παραπάνω πληροφορίες επιτρέπουν την διεξαγωγή αρχικής εκτίμησης για το εάν η εφαρμογή της συμπαραγωγής είναι συμφέρουσα ή όχι. [12]

7.3 Βασικές ηλεκτρικές ενεργειακές καταναλώσεις σε νοσοκομεία

Τα νοσοκομεία είναι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών κυρίως αποτελείται από τα μερικά φορτία:

- Ⓢ φωτισμός,

- Ⓢ ανελκυστήρες,
- Ⓢ ρευματοδότες,
- Ⓢ κατανάλωση του συγκροτήματος πλύσης ρούχων,
- Ⓢ κατανάλωση του χώρου προετοιμασίας γευμάτων,
- Ⓢ ιατρικός εξοπλισμός,
- Ⓢ κλιματισμός και αερισμός

7.3.1 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

Ο φωτισμός είναι από τα μεγαλύτερα ηλεκτρικά φορτία σε ένα νοσοκομείο και ποσοτικά καλύπτει περίπου το 30-50% της συνολικής ηλεκτρικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για φωτισμό εξαρτάται από την απόδοση των λαμπτήρων και από τις ώρες χρήσης. [13]

Οι πολλές ώρες λειτουργίας των λαμπτήρων στα νοσοκομεία, τυπικά 4000-5000 ώρες σε δωμάτια ασθενών και όλο το χρόνο σε χώρους αναμονής, ανελκυστήρες, κλιμακοστάσια και χώρους συνάθροισης, κάνουν τον ακριβή σχεδιασμό του φωτισμού, καθώς και την υψηλή αποδοτικότητα του, σημαντικούς παράγοντες για την ποιότητα του φωτισμού καθώς και την υψηλή ενεργειακή του απόδοση. [13]

Ο φωτισμός ενός χώρου εξαρτάται από τη φωτεινή ισχύ των λαμπτήρων που διαθέτει. Στην περίπτωση που προβλέπεται να εγκατασταθούν φωτιστικά με λυχνίες φθορισμού, τότε απαιτείται φωτοτεχνική μελέτη στην οποία έχουν σημασία: η χρήση των χώρων, οι χρωματισμοί των επιφανειών των χώρων και η διεύθυνση της φωτεινής δέσμης των φωτιστικών. [E16]

Στη Μ. Βρετανία η ετήσια κατανάλωση για φωτισμό με λαμπτήρες φθορισμού σε νοσοκομεία είναι συνήθως 20kWh/m². Οι εξελίξεις στην τεχνολογία του φωτισμού έχουν οδηγήσει μέχρι και 50% στην εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με αυτήν που ίσχυε πριν μερικά χρόνια. Η εξοικονόμηση προέρχεται από ορθολογική χρήση του φωτισμού σε συνδυασμό με βελτιωμένη απόδοση των φωτιστικών [13].

Οι τιμές της κατανάλωσης για φωτισμό ποικίλλουν από χώρα σε χώρα σημαντικά. Για παράδειγμα τα Σουηδικά νοσοκομεία καταναλώνουν 37kWh/m², ενώ τα Ολλανδικά νοσοκομεία καταναλώνουν περίπου 60kWh/m². Επίσης, η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση στα Γαλλικά νοσοκομεία μεταβάλλεται από 34 έως 39 kWh/m². Στα Ελληνικά νοσοκομεία ο φωτισμός καλύπτει το 17% της ηλεκτρικής εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος. Η μέση ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό σε νοσοκομεία της Ελλάδας είναι της τάξεως των 35 έως 52,1kWh/m². Παρατηρείται ότι η ενεργειακή κατανάλωση λόγω φωτισμού στην Ελλάδα είναι μεγαλύτερη από αυτή που εμφανίζεται στη Γαλλία, έστω και αν η ηλιοφάνεια στην Ελλάδα είναι μεγαλύτερη από αυτήν της Γαλλίας. Η ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό για όλα τα Ελληνικά νοσοκομεία είναι: 1) 40kWh/m² το έτος, ανεξάρτητα κλιματικής ζώνης, που κτίσθηκαν από το 1981 μέχρι το 2001 και 2) 45kWh/m² το έτος για τα νοσοκομεία που κτίσθηκαν μετά το 2001. [14] [15] [E17] [E18] [E19]

7.3.2 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στους ανελκυστήρες

Οι ανελκυστήρες διακρίνονται σε ηλεκτροκίνητους και σε υδραυλικούς. Για την εγκατάσταση των ανελκυστήρων πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τα πιο κάτω στοιχεία: Ο αριθμός των εξυπηρετούμενων ατόμων, ο αριθμός στάσεων, το είδος του κτιρίου, η επιφάνεια των ορόφων, η θέση του μηχανοστάσιου και οι τυχόν ειδικές απαιτήσεις. Με βάση τα παραπάνω συντάσσεται κυκλοφοριακή μελέτη από την οποία προκύπτει ο αριθμός των ανελκυστήρων, η χωρητικότητα εκάστου και η κατάλληλη ταχύτητα. [E20]

Οι ανελκυστήρες σε νοσοκομεία αναλαμβάνουν την κυκλοφορία του προσωπικού, των φαρμακευτικώνσκευασμάτων, των λινών, των φαγητών και των φορείων. Για λόγους υγιεινής αλλά και αισθητικής, θα πρέπει να γίνεται διαχωρισμός στις χρήσεις. Σε κτίρια, όπου οι χώροι νοσηλείας, εξετάσεων και θεραπείας βρίσκονται σε ορόφους, θα πρέπει οι ανελκυστήρες να είναι κατάλληλοι για τη μεταφορά φορείων. Ανά 100 κλίνες θα πρέπει να υπάρχει ένας ανελκυστήρας πολλαπλών χρήσεων, τουλάχιστον όμως δύο ανελκυστήρες προσώπων. Επιπλέον, θα πρέπει να προστεθούν δύο τουλάχιστον μικρότεροι ανελκυστήρες για κινητά ιατρικά όργανα, προσωπικό και επισκέπτες [E21].

Ανάλογα με τις απαιτήσεις, χρησιμοποιούμε ανελκυστήρες απλού χειρισμού για ταχύτητες μικρότερες του 0,8m/s και για μεγαλύτερες ταχύτητες τους αυτόματους ανελκυστήρες με σύστημα χειρισμού επιλογής-περισυλλογής (selective-collective) ανόδου-καθόδου ή μόνο περισυλλογής κατά την κάθοδο (down collective) ή και προγραμματισμού με ειδικό κινητήριο μηχανισμό. Η οικονομική ταχύτητα που χρησιμοποιείται σήμερα στους υδραυλικούς ανελκυστήρες είναι 0,65 ÷ 0,75m/s. Επίσης διακρίνουμε ανελκυστήρες μίας ταχύτητος ή δύο ταχυτήτων ανάλογα με τις απαιτήσεις. Επίσης σε μεγάλα κτίρια, όπως τα νοσοκομεία, όπου εγκαθίστανται δύο ή περισσότεροι ανελκυστήρες, για να επιτευχθεί καλύτερος συντονισμός αυτών, δημιουργείται ομαδοποίηση αυτών (μέσω συστήματος διπλής επιλογής-περισυλλογής κλπ.) [E20].

Οι κινητήρες των ανελκυστήρων των νοσοκομείων μπορεί να αποτελούν το 10% της ηλεκτρικής κατανάλωσης σε αυτά. Πολύ συχνά οι ανελκυστήρες στα νοσοκομεία λειτουργούν συνεχώς, έστω και εάν η συνολική χρήση αυτών κατά τη διάρκεια της νύκτας δε θεωρείται επιβεβλημένη. Στη βιβλιογραφία δίνονται οι προδιαγραφές για τους ανελκυστήρες που χρησιμοποιούνται στα Ελληνικά νοσοκομεία, όπου μεταξύ των άλλων, καθορίζονται η ελάχιστη ανυψωτική ικανότητα, καθώς και οι προτεινόμενες ταχύτητες των ανελκυστήρων [16] [E19] [E20] [E22]

Ο υπολογισμός της ισχύος του κινητήρα έλξης ($P_{κιν.έλξης}$) δίδεται από τη σχέση:

$$P_{κιν.έλξης} = \frac{F \cdot v}{75n_{ολ}} \text{ σε (PS)}$$

όπου:

F η περιφερειακή δύναμη σε Kr,
 v η ταχύτητα του θαλάμου σε m/s και
 n_{ολ} ο βαθμός απόδοσης.

Η ισχύς του κινητήρα (P_{κινητήρα}) λαμβάνεται μεγαλύτερη από την ισχύ κανονικής λειτουργίας κατά ένα συντελεστή ασφάλειας σ (συνήθως 1,5÷2), οπότε είναι:

$$P_{\text{κινητήρα}} = \sigma \cdot \frac{F \cdot v}{75n_{\text{ολ}}} \text{ σε (PS)}$$

Με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς λαμβάνεται σ = 2 και n_{ολ} = 0,6 , οπότε προκύπτει η σχέση:

$$P_{\text{κινητήρα}} = \frac{F \cdot v}{75 \cdot 0,6} \text{ σε (PS)} \quad \text{ή} \quad P_{\text{κινητήρα}} = \frac{F \cdot v}{102 \cdot 0,3} \text{ σε (kW)}$$

Η πραγματική ισχύς του κινητήρα στην περίπτωση υδραυλικού ανελκυστήρα είναι [90]:

$$P_{\text{υδρ.ανελ.}} = \frac{\dot{V} \cdot p}{600 \cdot n} \text{ σε (kW)}$$

όπου: .

V η παροχή της αντλίας σε lit/min,
 p η στατική πίεση υπό πλήρες φορτίο σε bar και
 n ο βαθμός απόδοσης που υπολογίζεται συναρτήσει της πίεσης p και του τύπου της αντλίας, (ως μέση τιμή μπορεί να ληφθεί 0,70)[E20].

Η ετήσια ηλεκτρική ενεργειακή κατανάλωση για τους ανελκυστήρες στα Γαλλικά νοσοκομεία είναι 4÷6 kWh/m². Στα Βρετανικά νοσοκομεία η ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε 12,5% για ανελκυστήρες, 37% για φωτισμό, 8,5% για τις αντλίες νερού, 3% για τις αντλίες λεβήτων, 19,5% για το σύστημα αερισμού, 2% για το σύστημα δροσισμού και 18% για υπόλοιπα. Για τα Ελληνικά νοσοκομεία δεν υπάρχουν σχετικές αναφορές για τις καταναλώσεις των ανελκυστήρων σε αυτά. [15] [16]

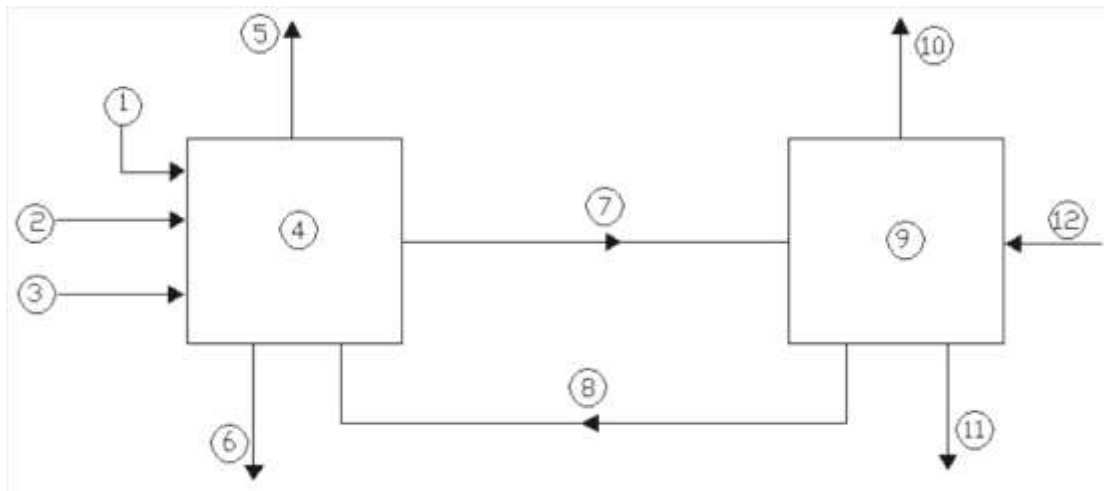
7.3.3 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ρευματοδότες

Τα ηλεκτρικά φορτία στα νοσοκομεία διακρίνονται κατά σειρά σπουδαιότητας σε αδιάλειπτα, κρίσιμα και κοινά. Όπως προκύπτει από τις προδιαγραφές, αναμένεται μεγαλύτερη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας δαπέδου σε χώρους χειρουργείων, μονάδες εντατικής παρακολούθησης (ΜΕΠ), μονάδες εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ), ανάνηψης κλπ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι ηλεκτρικές απαιτήσεις ανά κλίνη σε ΜΕΘ είναι περίπου 1kW. Στα δωμάτια ασθενών υπάρχει ένας αριθμός απλών ή διπλών ρευματοληπτών 16A, 220V ικανός να τροφοδοτεί φορτία κρίσιμα ή κοινά. [E22]

Η κατανάλωση για μικρές ιατρικές συσκευές μεταβάλλεται από 17kWh/m^2 το έτος για τα πανεπιστημιακά νοσοκομεία μακράς παραμονής μέχρι $4,4\text{kWh/m}^2\text{y}$ στα μικρής παραμονής μη πανεπιστημιακά νοσοκομεία, χωρίς να γίνεται μνεία στον τρόπο υπολογισμού των καταναλώσεων αυτών.[15]

7.3.4 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε συγκρότημα πλύσης ρούχων

Οι εγκαταστάσεις πλυντηρίων είναι από τα σημαντικότερα ηλεκτρικά και θερμικά φορτία των νοσοκομείων όπου καταναλώνεται και η μεγαλύτερη ποσότητα νερού. Οι εγκαταστάσεις πλυντηρίων των νοσοκομείων καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια για μηχανική κίνηση και φωτισμό στο χώρο του πλυντηρίου. Το σχήμα 7.1 που ακολουθεί δίνει απλοποιημένα τις ενεργειακές ροές σε εγκαταστάσεις πλυντηρίων.



Σχήμα 7.1 Μπλοκ διάγραμμα λειτουργίας μιας μονάδας λεβητοστασίου - πλυντηρίου

1. Αέρας καύσης, 2. Ενέργεια καυσίμου, 3. Είσοδος νερού, 4. Λέβητας, 5. Καυσαέρια λέβητα, 6. Στρατσώνα, 7. Σωληνώσεις ατμού, 8. Επιστροφή συμπυκνωμάτων, 9. Πλυντήριο, 10. Απαέρια από στεγνωτήρια, σιδερωτήρια κ.λ.π., 11. Νερά μετά τη διαδικασία πλύσης, 12. Καθαρό νερό [E19]

Η κατανάλωση νερού παρουσιάζεται αυξημένη, αφενός μεν εξαιτίας των ειδικών απαιτήσεων πλύσης που υπάρχουν στο νοσοκομειακό ιματισμό (ειδικός ιματισμός χειρουργείων, λερωμένα ρούχα, σεντόνια κλπ.) και αφετέρου εξαιτίας των μεγάλων απαιτήσεων σε ιματισμό των ασθενών και του προσωπικού του νοσοκομείου. Μια τυπική παραγωγική διαδικασία σε εγκαταστάσεις πλυντηρίων παρέχεται από τον ακόλουθο βασικό εξοπλισμό που καταναλώνει ενέργεια: μηχανές πλυσίματος και στυψίματος, στεγνωτικές μηχανές, καθώς και μηχανές σιδερώματος [17].

Η κατάσταση αυτή μπορεί εύκολα να οδηγήσει σε επιλογή συσκευής που ικανοποιεί μεν τις λειτουργικές απαιτήσεις του χρήστη, αλλά δεν εξασφαλίζει τη βέλτιστη επιλογή του ως προς τις ενεργειακές καταναλώσεις αυτής. Στην περίπτωση

των νοσοκομείων υπάρχουν στατιστικά στοιχεία από τη βιβλιογραφία που καθορίζουν τον αριθμό και το είδος των συσκευών, ανάλογα με το είδος του νοσοκομείου και τον αριθμό των κλινών αυτού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η αγορά όλων των συσκευών σε ένα νοσοκομείο δεν ανατίθεται στον ίδιο κατασκευαστή, οπότε δεν είναι εύκολη η υλοποίηση μίας μελέτης ενεργειακών καταναλώσεων. Πάντως, σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει χωρίς ιδιαίτερη αναφορά στη μέθοδο υπολογισμού, η συνολική κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται από 0,12 έως 0,35 kWh/kg_{ξ.ι} για διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. [17] [E16] [E19] [E22]

7.3.5 Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε χώρο προετοιμασίας γευμάτων

Η διατροφή των ασθενών θέτει υψηλές απαιτήσεις στην προετοιμασία, καθώς συχνά απαιτείται διαφορετική διατροφή σε λευκώματα, λίπη, υδατάνθρακες, βιταμίνες και μεταλλικά στοιχεία στα διάφορα φαγητά τους. Στα νοσοκομεία επικρατούν συστήματα παροχής φαγητού, τα οποία αντιστοιχούν στις μεμονωμένες φάσεις της συνήθους προετοιμασίας φαγητού (προπαρασκευή, προετοιμασία, μεταφορά, διανομή) [E21].

Σε ένα νοσοκομείο, το μαγειρείο διαμορφώνεται ανάλογα με την τακτική λειτουργίας του και υπάρχουν πολλές εναλλακτικές τακτικές λειτουργίας. Σε ό,τι αφορά στον τρόπο παρασκευής των γευμάτων, οι κυριότερες τακτικές λειτουργίας στη Μ. Βρετανία είναι [18]:

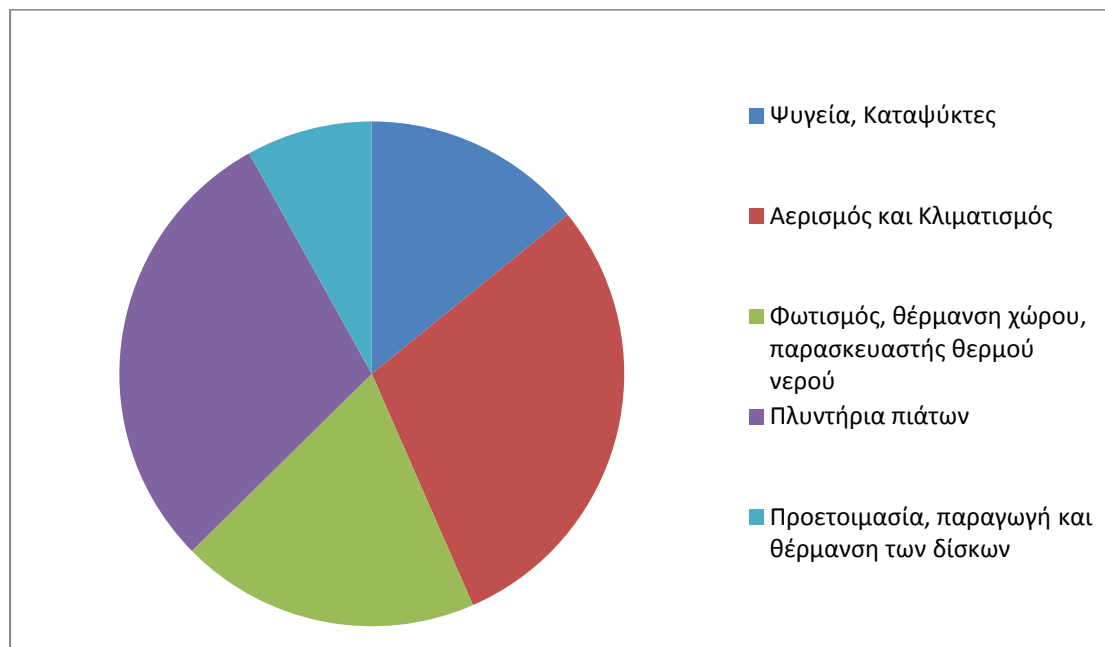
- ⊙ του καθημερινού μαγειρέματος των γευμάτων που θα καταναλωθούν την ίδια ημέρα,
- ⊙ του μαγειρέματος γευμάτων που καταψύχονται για να καταναλωθούν σε μελλοντικό χρόνο, αναθερμαινόμενα.

Η δεύτερη τακτική (της κατάψυξης) πλεονεκτεί στα μεγάλα κυρίως νοσοκομεία, καθώς οδηγεί σε οικονομία προσωπικού, οικονομία αγοράς και παρασκευής (λόγω μαζικότητας, αφού παρασκευάζεται ένα μόνο είδος γεύματος την ημέρα) και σε αποφυγή σπατάλης (λόγω ευέλικτης ανταπόκρισης στις μεταβολές ζήτησης). Σε ό,τι αφορά στον τρόπο σερβιρίσματος των γευμάτων σε νοσοκομεία της Μ. Βρετανίας, οι κυριότερες εναλλακτικές τακτικές λειτουργίας είναι [18]:

- ⊙ της μεταφοράς της ποσότητας φαγητού κάθε νοσηλευτικής μονάδας σε ιδιαίτερο χώρο (office φαγητού) της νοσηλευτικής μονάδας, όπου γίνεται η μεριδοποίηση.
- ⊙ του κεντρικού σερβιρίσματος του δίσκου σε κάθε ασθενή.

Η δεύτερη τακτική παρέχει αυστηρότερα ελεγμένο φαγητό, εφόσον το φαγητό έχει αναθερμανθεί κεντρικά και η μεταφορά γίνεται σε πιάτα/δίσκους ειδικής μόνωσης. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται εύχρηστο σύστημα κυκλοφορίας για τη διανομή με χρήση ειδικών βαγονέτων. Ιδιαίτερη σημασία έχει η παρασκευή ειδικών γευμάτων που είναι συμβατά με την θεραπευτική αγωγή του κάθε ασθενούς και η οποία

πρέπει να ελέγχεται από διαιτολόγο. Το μαγειρείο τροφοδοτεί και το εστιατόριο προσωπικού το οποίο κατά κανόνα λειτουργεί με σύστημα αυτοεξυπηρέτησης. Η επιλογή του εξοπλισμού κουζίνας ελληνικών νοσοκομείων δίδεται στη βιβλιογραφία για εξοπλισμό που χρησιμοποιεί ατμό ή ηλεκτρισμό [18] [E16] [E19] [E22].



Διάγραμμα 7.1 Ανάλυση της ηλεκτρικής κατανάλωσης σε μια τυπική κουζίνα νοσοκομείου που καταψύχει τα μαγειρεμένα γεύματα (cook and chill)

Η ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων εξαρτάται από τους διάφορους τύπους και τα μεγέθη των κουζινών. Οι κύριοι τομείς ενεργειακής κατανάλωσης είναι οι ακόλουθοι: η προετοιμασία, η παραγωγή και θέρμανση των δίσκων, τα ψυγεία, ο κλιματισμός και ο αερισμός του χώρου κουζίνας, ο εσωτερικός φωτισμός, η θέρμανση του χώρου κουζίνας, το θερμό νερό και το πλύσιμο των πιάτων. Στο διάγραμμα 7.1 φαίνεται η ανάλυση της ηλεκτρικής κατανάλωσης σε μία τυπική κουζίνα νοσοκομείου που ακολουθεί το σύστημα του μαγειρέματος γευμάτων τα οποία καταψύχονται για να καταναλωθούν σε μελλοντικό χρόνο αναθερμαινόμενα. Στον πίνακα 7.1 δίνεται μια ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης σε μαγειρεία νοσοκομείων [18] [E19].

| Εξοπλισμός | Ποσοστιαία ενεργειακή κατανάλωση (%) |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Πλυντήρια | 20 |
| Κουζίνα/Γκριλιέρα | 15 |
| Εξοπλισμός παρασκευής σουπών | 5 |
| Θερμαινόμενες σκευοθήκες | 5 |
| Ψυγεία/Καταψύκτες | 30 |
| Φωτισμός | 10 |
| Εξαερισμός | 10 |
| Άλλα | 5 |

Πίνακας 7.1 Ανάλυση της ηλεκτρικής κατανάλωσης σε κουζίνα νοσοκομείου

Η ενεργειακή κατανάλωση για παρασκευή γευμάτων εξαρτάται από το καύσιμο που χρησιμοποιείται για το μαγείρεμα και από το εάν τα γεύματα μαγειρεύονται στο νοσοκομείο ή αναθερμαίνονται, αφού έχουν πρώτα καταψυχθεί. Η επιλογή του καυσίμου για την παραγωγή γευμάτων στα νοσοκομεία εξαρτάται από το κόστος, τη διαθεσιμότητα, την καταλληλότητα, την ασφάλεια παροχής και την ανάγκη αποφυγής της εξάρτησης από μία πηγή [18].

Ο ηλεκτρισμός απαιτείται για τις περισσότερες από τις συσκευές προετοιμασίας γευμάτων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε ορισμένες συσκευές που είναι ικανές να προσφέρουν θερμότητα για την προετοιμασία γευμάτων. Όταν επιλέγονται ηλεκτρικές συσκευές για προσφορά θερμότητας, θα πρέπει να προσεχθεί η καμπύλη ηλεκτρικού φορτίου του νοσοκομείου, αφού είναι πιθανόν να υπάρξουν οικονομικές επιπτώσεις, εφόσον το ηλεκτρικό φορτίο για το μαγείρεμα αυξήσει την ολική μέγιστη ηλεκτρική ζήτηση [18].

Εάν η προετοιμασία των γευμάτων γίνεται εκτός νοσοκομείου, η ηλεκτρική ισχύς που χρειάζεται προκειμένου να θερμανθούν τα αμαξίδια φαγητού και η επίδραση της στην μέγιστη ζήτηση θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη. Ο Πίνακας 7.2 δίνει αντιπροσωπευτικές τιμές της ενεργειακής κατανάλωσης (ηλεκτρικής και θερμικής) για κουζίνες νοσοκομείων στη Μ. Βρετανία [13] [18].

Η χρησιμοποίηση φυσικού αερίου αντί ηλεκτρισμού είναι συνήθως η πλέον αποδοτική χρήση καυσίμου. Το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού κουζίνας πρέπει να τροφοδοτείται με φυσικό αέριο, εφόσον αυτό είναι διαθέσιμο. Η χρήση ατμού ως πηγή ενέργειας για την προετοιμασία γευμάτων έχει μόνο περιορισμένη εφαρμογή, αλλά προσφέρει πλεονέκτημα ως εναλλακτική πηγή ενέργειας, εάν διακοπεί η παροχή ηλεκτρισμού ή φυσικού αερίου. Εάν τα γεύματα προετοιμάζονται στο νοσοκομείο, η μέση ενεργειακή κατανάλωση είναι 1kWh/γεύμα αντιπροσωπεύοντας ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης [15] [18].

| Τακτική προετοιμασίας γευμάτων | Ηλεκτρική ενέργεια (kWh) | | Φυσικό αέριο (kWh) | |
|--|--------------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | Ανά γεύμα | Ανά κλίνη/έτος | Ανά γεύμα | Ανά κλίνη/έτος |
| Προετοιμασία γευμάτων στο νοσοκομείο και χρησιμοποίηση ηλεκτρισμού | 0,5 | 548 | - | - |
| Προετοιμασία γευμάτων στο νοσοκομείο και χρησιμοποίηση φυσικού αερίου | 0,3 | 328 | 0,29 | 314 |
| Προετοιμασία και ψύξη των γευμάτων στο νοσοκομείο | 0,9 | 986 | - | - |
| Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι ηλεκτρισμός θα χρησιμοποιηθεί ακόμα και στην περίπτωση κουζινών με χρήση φυσικού αερίου. | | | | |

Πίνακας 7.2 Αντιπροσωπευτικές τιμές ενεργειακής κατανάλωσης για κουζίνες νοσοκομείων στη Μ. Βρετανία

Έχουν καταγραφεί ακραίες ενεργειακές καταναλώσεις που κυμαίνονται από 0,5 έως 10kWh ανά γεύμα. Σύμφωνα με την ίδια πηγή, η ενεργειακή κατανάλωση στα Γαλλικά νοσοκομεία κυμαίνεται από 1,3 έως 1,65 kWh/γεύμα. Η ηλεκτρική κατανάλωση για την παραγωγή γευμάτων στα νοσοκομεία της Δανίας είναι 0,75 έως 2 kWh/γεύμα [15] [E19].

Ο Πίνακας 7.3 σχετίζεται με τη διανομή της ενέργειας ανά τελική χρήση για μαγείρεμα, ψύξη τροφίμων και θερμό νερό χρήσης και δίνει τιμές απαιτήσεων ισχύος και ενέργειας [19].

| | Καθημερινό μαγείρεμα – κατανάλωση | Μαγείρεμα – Ψύξη |
|-------------------|--|---|
| Μαγείρεμα | 350-2000 Wh/γεύμα | 150-400 Wh/γεύμα |
| Ψύξη τροφίμων | Ενέργεια: 50-90Wh/γεύμα Ισχύς: 6-8 W/γεύμα | Ενέργεια: 200-300Wh/γεύμα Ισχύς: 10-30 W/γεύμα |
| Θερμό νερό χρήσης | Ενέργεια:150-1300Wh/γεύμα Ισχύς: 10-500 W/γεύμα | |

Πίνακας 7.3 Απαιτήσεις ισχύος και ενέργειας για μαγείρεμα, ψύξη τροφίμων και θερμό νερό χρήσης [19]

7.3.6 Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τον ιατρικό εξοπλισμό

Ο ιατρικός εξοπλισμός του νοσοκομείου περιλαμβάνει όλα τα μηχανήματα σύγχρονης τεχνολογίας και συνήθως προϋποθέτει αυστηρές απαιτήσεις για τη συνεχή και αδιάλειπτη παροχή ενέργειας. Είναι πρακτικά αδύνατο να καταταγεί ο εξοπλισμός αυτός σύμφωνα με την ενεργειακή του κατανάλωση, καθόσον το

φορτίο και οι χρόνοι χρήσης μεταβάλλονται σημαντικά. Σημειώνεται πάντως ότι εξοπλισμός σε περιοχή ισχύος 100 kW μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κλάσματα του δευτερολέπτου [14].

Ο υπολογισμός των ενεργειακών καταναλώσεων είναι δύσκολος με δεδομένη τη μεγάλη ποικιλία ιατρικού εξοπλισμού και την κατανομή του. Αυτό όμως δε δημιουργεί σημαντικό πρόβλημα, γιατί οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις του ιατρικού εξοπλισμού καλύπτουν μόνο ένα μικρό ποσοστό του συνολικού ενεργειακού φορτίου του νοσοκομείου[14].

7.3.7 Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τον κλιματισμό

Ως κλιματισμό ενός χώρου, εννοούμε τη διατήρηση σταθερών συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας ανεξάρτητα από τις μεταβολές των αντίστοιχων μεγεθών του περιβάλλοντος. Ο κλιματισμός ενός χώρου επιτυγχάνεται συνήθως με την προσαγωγή αέρα ο οποίος υφίσταται επεξεργασία σε μια συσκευή (κλιματιστική συσκευή) στην οποία θερμαίνεται ή ψύχεται αντίστοιχα και συγχρόνως υγραίνεται ή αφυγραίνεται καιτελικά προσάγεται στο χώρο [E19].

Η εφαρμογή του κατάλληλου κλιματισμού στα νοσοκομεία αποτελεί έναν ευνοϊκό παράγοντα για τη θεραπεία των ασθενών. Σε μερικές δε περιπτώσεις, η διατήρηση των ειδικών συνθηκών κλιματισμού αποτελεί μέρος της θεραπείας (π.χ. κλιματισμός μονάδων εντατικής θεραπείας). Παράλληλα, η ανάπτυξη ανεπιθύμητων συνθηκών σε μη κλιματιζόμενους χώρους έχει αποδειχτεί ότι παράγει μολύνσεις άσχετες με την πάθηση για την οποία εισήχθη ο ασθενής στο νοσοκομείο (π.χ. υπερβολική ξηρότητα του αέρα).

Ορισμένοι χώροι, όπως πχ. τα χειρουργεία, είναι αδύνατο να λειτουργήσουν χωρίς κλιματισμό ειδικών απαιτήσεων. Επομένως, η εφαρμογή του κλιματισμού στα νοσοκομεία είναι στην ουσία λειτουργική απαίτηση και όχι πολυτέλεια. Οι βασικές διαφορές μεταξύ του κλιματισμού νοσοκομείων και του κλιματισμού άλλων κτιρίων είναι προφανείς, αν ληφθούν υπ' όψιν οι εξής ιδιαιτερότητες που υπάρχουν στα νοσοκομεία [E16] [E23]:

- Ⓒ Η απαίτηση να αποκλείεται η μεταφορά αέρα από το ένα τμήμα του νοσοκομείου σε άλλο για την αποφυγή μετάδοσης μολύνσεων.
- Ⓒ Οι ειδικές απαιτήσεις στον αερισμό και στο φιλτράρισμα, ώστε να αραιώνουν και να απομακρύνονται πλήρως τα τοξικά αέρια, οι οσμές και οι μικροοργανισμοί.
- Ⓒ Τα διαφορετικά κριτήρια που εφαρμόζονται στον καθορισμό των επιθυμητών τιμών θερμοκρασίας και υγρασίας στα διάφορα τμήματα και χώρους του νοσοκομείου.
- Ⓒ Η απαίτηση να γίνεται ο έλεγχος και η ρύθμιση των συνθηκών με μεγάλη ακρίβεια.

Τα χαρακτηριστικά του φορτίουψύξης ενός νοσοκομείου εξαρτώνται, αφενός μεν από τα κτιριοδομικά δεδομένα και από τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες και αφετέρου από τις ειδικές απαιτήσεις στις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, καθώς και στην ποσότητα, καθαρότητα και κίνηση του αέρα κλπ., για κάθε τμήμα και κάθε επί μέρους χώρο του νοσοκομείου. Επομένως, ένα νοσοκομείο χαρακτηρίζεται από ένα σημαντικό αριθμό ζωνών (υπό την έννοια του ελέγχου των συνθηκών που επικρατούν σε αυτές, π.χ. αυξημένη πίεση έναντι άλλου χώρου, μεγαλύτερη ασηψία κ.λ.π.) που προκύπτουν, αφενός μεν από τα συνήθη κριτήρια διαχωρισμού σε ζώνες, αφετέρου δε από τις απαιτήσεις του να ικανοποιηθούν τα τέσσερα κριτήρια που προαναφέρθηκαν. Ακόμα, για να επιτευχθεί ευελιξία στη λειτουργία, απλοποίηση στην εξασφάλιση αναγκαίας εφεδρείας, καθώς και να ικανοποιηθούν άλλοι παράγοντες (π.χ. ειδικές θερμοκρασιακές απαιτήσεις, περισσότερη υγρασία κ.λ.π), επιβάλλεται η διάκριση περισσότερων, σε σχέση με άλλες εφαρμογές, λειτουργικών ζωνών σε ένα νοσοκομείο [E23].

Ένα νοσοκομείο περιέχει χώρους με διαφορετικές διαβαθμίσεις όσον αφορά στην κρισιμότητα εφαρμογής των τεσσάρων ειδικών απαιτήσεων που προαναφέρθηκαν. Η απαίτηση, όμως, να αποκλειστεί η μόλυνση από αερομεταφερόμενους μικροοργανισμούς εφαρμόζεται ακόμα και για τους χώρους που δεν εξυπηρετούν άμεσα τους νοσηλευόμενους (π.χ. πτέρυγες διοίκησης, βοηθητικοί χώροι κλπ.). Γι αυτό, η εξασφάλιση και η διατήρηση της καθαρότητας του αέρα στους χώρους του νοσοκομείου και ο έλεγχος της κίνησής του στους διάφορους χώρους είναι βασικές προϋποθέσεις για την επιτυχία του κλιματισμού στα νοσοκομεία. Η βασική μέθοδος για τον έλεγχο της κίνησης του αέρα από χώρο σε χώρο είναι η διατήρηση μίας σχετικής υπερπίεσης ή υποπίεσης στους διάφορους χώρους, έτσι ώστε η κίνηση του αέρα να γίνεται μόνο από άσηπτους ή καθαρούς χώρους προς άλλους σηπτικούς. [E16] [E19] [E22] [E23].

Η πρόβλεψη των καταναλώσεων θέρους μπορεί να γίνει με απλουστευμένη μέθοδο αντίστοιχη με την εφαρμοζόμενη για χειμερινή κατανάλωση βαθμοημερών. Βαθμοημέρες (θέρμανσης ή ψύξης) είναι ένα μέσο υπολογισμού της ενεργειακής ζήτησης ώστε να διατηρηθεί το εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου σε συνθήκες θερμικής άνεσης για τον άνθρωπο[E19].

Ως ψυχροημέρα (cooling degree day, CDD) ορίζεται η θετική απόκλιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (θ_m), (η οποία υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των θερμοκρασιών που η εξωτερική θερμοκρασία υπερβαίνει μία ορισθείσα θερμοκρασία, την αποκαλούμενη βασική), από μια θερμοκρασία βάσης (θ_b) η οποία πρακτικά είναι η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος πάνω από την οποία ο κλιματισμός θέρους ενεργοποιείται, ώστε να διατηρήσει την εσωτερική θερμοκρασία σε ένα επίπεδο άνεσης. Η θερμοκρασία βάσης είναι μία τυχαία αλλά γενικά αποδεκτή θερμοκρασία και εξαρτάται από τις προσωπικές προτιμήσεις των ανθρώπων οι οποίοι ζουν ή εργάζονται σε ένα κτίριο. Παραδοσιακά, οι ψυχροημέρες προσδιορίζονται από τη βασική θερμοκρασία των 25°C. Οι τιμές των ψυχροημερών κατά τη διάρκεια του έτους υπολογίζονται από το άθροισμα των τιμών των ψυχροημερών εκάστης ημέρας κατά τη διάρκεια ενός έτους. Οι

ψυχρομέρες θέρους περιλαμβάνουν αυτές κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, από 1^η Ιουνίου έως 30 Σεπτεμβρίου. [E19].

Η κατανάλωση θέρους καθορίζεται από ένα σημαντικό αριθμό παραμέτρων, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- ⊗ Τα αθροιστικά μεγέθη των εξωτερικών συνθηκών.
- ⊗ Η μορφή και η χρονική κατανομή ενοίκησης και χρήσης του νοσοκομείου που καθορίζει την αθροιστική επίδραση φορτίων από άτομα, φώτα και εσωτερικές πηγές, όπως επίσης και τις απαιτήσεις σε νωπό αέρα και εσωτερικές συνθήκες [E22].
- ⊗ Η ζητούμενη από το σχεδιασμό του συστήματος και η αντίστοιχα επιτυγχανόμενη από το σύστημα αυτοματισμού ακρίβεια στις εσωτερικές συνθήκες [E22].

Η μέθοδος ψυχρομερών είναι η πλέον κοινή πρακτική μέθοδος, προκειμένου να αποτιμηθεί η επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και χρησιμοποιείται ως μία ορθολογιστική προσέγγιση των ενεργειακών αναγκών αυτού σε κλιματισμό θέρους. Σύμφωνα με τον ορισμό τους, οι ψυχρομέρες(CDD) υπολογίζονται από τη σχέση [E19].

$$CDD = (1 \text{ ημέρα}) \sum_{\text{ημέρες}} (\theta_m - \theta_b)^+$$

Το σύμβολο (+) στη σχέση δείχνει ότι μόνο θετικές τιμές θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, εννοώντας ότι εάν $\theta_m < \theta_b$ τότε $CDD > 0$. Στην περίπτωση που η μέση ημερήσια θερμοκρασία λαμβάνεται χρησιμοποιώντας τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος σε ωριαία βάση, τότε μπορούν να υπολογιστούν οι ψυχρώρες, οπότε η πρόβλεψη καταναλώσεων θέρους γίνεται περισσότερο ακριβής.

Η καταναλισκόμενη ενέργεια για κλιματισμό θέρους με χρήση των ψυχρομερών δίδεται από τη σχέση [E19] :

$$E_c = \frac{q_g \cdot (CDD) \cdot 24}{1000 \cdot (SEER) \cdot \Delta\theta_d} \text{ σε (kWh)}$$

όπου:

| | |
|------------------|--|
| E_c | είναι η καταναλισκόμενη ενέργεια για κλιματισμό θέρους σε kWh, |
| q_g | το ψυκτικό φορτίο σχεδιασμού σε Btu/h, |
| CDD | οι ψυχρομέρες σε °F ημέρα , |
| $\Delta\theta_d$ | η θερμοκρασιακή διαφορά σχεδιασμού σε ο F και |
| SEER | ο λόγος της εποχιακής ενεργειακής απόδοσης σε Btu/h/W. |

Ο ενεργειακός συντελεστής φόρτισης ή λειτουργίας (ϵ) μιας ψυκτικής εγκατάστασης ή λόγος εποχιακής ενεργειακής απόδοσης (SEER) ονομάζεται ο λόγος της

αντλούμενης θερμότητας (Q_o) διά του απαιτούμενου έργου (L_c) και δίδεται από την ακόλουθη σχέση.

$$\varepsilon = \frac{|Q_o|}{|L_c|}$$

Ο συντελεστής αυτός, που είναι συνήθως μεγαλύτερος της μονάδος, εκφράζει την αποδοτικότητα ενός ψυκτικού κύκλου, διότι είναι ο λόγος της αντλούμενης θερμότητας διά του καταναλισκόμενου έργου. Για τα Ελληνικά νοσοκομεία ισχύει: $1RT=1,1kWh/h$, $1RT=12000 Btu/h$, $1kWh=3412 Btu$ [E22] είναι,

$$SEER = \frac{1RT}{1,1 \frac{kWh}{h}} = \frac{12000 \frac{Btu}{h}}{1,1 \times 1000W} = \frac{12000}{1100} \cong 10,9 \frac{Btu}{h} \text{ ή } 3,2 \frac{W}{W}$$

Στατιστικά δεδομένα για ενεργειακές καταναλώσεις από κτίρια σε λειτουργία με διαφορετικές χρήσεις θα ήταν χρήσιμα για μία προσεγγιστική εκτίμηση, αλλά δεν υπάρχουν ακόμη δημοσιεύσεις για τα ελληνικά δεδομένα. [E19]

7.3.8 Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τον αερισμό

Σε σύγχρονα νοσοκομεία, η ηλεκτρική κατανάλωση από την εγκατάσταση αερισμού μπορεί να αποτελέσει ποσοστό μεγαλύτερο του 30% της συνολικής ηλεκτρικής εγκατάστασης του νοσοκομείου. Προκειμένου να προσεγγίσουμε το συνολικό φορτίο, θα πρέπει να γίνει μία καταγραφή όλων των ισχύων των κινητήρων των ανεμιστήρων. Η ενεργειακή κατανάλωση εξαιτίας αερισμού στα Γαλλικά νοσοκομεία κυμαίνεται από 45 έως 55 kWh/m² το έτος χωρίς αναφορά στον τρόπο υπολογισμού [15] [16].

7.4 Βασικές θερμικές ενεργειακές καταναλώσεις σε νοσοκομεία

Τα νοσοκομεία είναι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για την κάλυψη των θερμικών απαιτήσεων, αποτελείται από τα μερικά θερμικά φορτία που ακολουθούν: θερμικό φορτίο του συγκροτήματος πλύσης ρούχων, θερμικό φορτίο του χώρου προετοιμασίας γευμάτων, αποστείρωση, θερμό νερό χρήσης, θέρμανση και ύγρανση. [13] [15]

7.4.1 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στο συγκρότημα πλύσης ρούχων

Οι εγκαταστάσεις πλυντηρίων αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα θερμικά φορτία στα νοσοκομεία. Το σύνηθες μέσο που χρησιμοποιείται είναι ο ατμός. Ο ατμός αυτός παράγεται από λέβητες με καύση πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Εναλλακτικά, η θερμική ενέργεια μπορεί να παρέχεται τοπικά με καύση φυσικού αερίου ή να γίνεται χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Το σχήμα 8.4 δίνει απλοποιημένα τη λειτουργία πλυντηρίων νοσοκομείων με χρήση ατμού. Όπως έχει προαναφερθεί στην παράγραφο 8.2.4, μια τυπική παραγωγική διαδικασία σε εγκαταστάσεις πλυντηρίων αποτελείται από τον ακόλουθο κύριο εξοπλισμό που καταναλώνει σημαντικά ποσά θερμικής ενέργειας: μηχανές πλυσίματος και στυψίματος, στεγνωτικές μηχανές, καθώς και μηχανές σιδερώματος. [13] [15]

Οι ενεργειακές καταναλώσεις των επιμέρους μηχανημάτων έχουν διαφορές από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε επιλογή μηχανημάτων που ικανοποιούν μεν τις λειτουργικές απαιτήσεις του χρήστη, αλλά δεν εξασφαλίζουν τη βέλτιστη επιλογή ως προς τις ενεργειακές καταναλώσεις του συγκροτήματος πλύσης ρούχων γενικά.

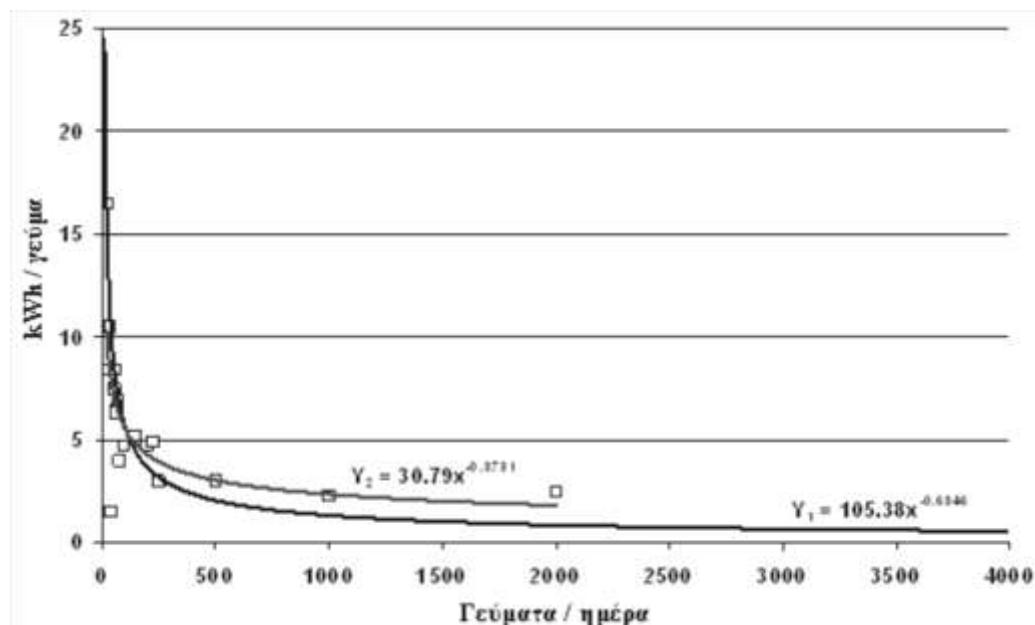
Μπορεί να καθορίζεται ο αριθμός και το είδος των μηχανημάτων, ανάλογα με το είδος του νοσοκομείου και τον αριθμό των κλινών. Επειδή όμως στις περισσότερες περιπτώσεις η αγορά όλων των μηχανημάτων σε ένα πλυντήριο νοσοκομείου δε γίνεται από τον ίδιο κατασκευαστή, δεν είναι εφικτή η υλοποίηση μιας μελέτης βελτιστοποίησης των ενεργειακών καταναλώσεων με σκοπό την μείωση αυτών. [17] [E22]

Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας σε πλυντήρια νοσοκομείων κυμαίνεται από 2,02 έως 2,89 kWh/kg_{ξ.ι.}. Για τις διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες και την Αγγλία η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα πλυντήρια είναι περίπου 2,52 kgατμού/kg_{ξ.ι.}. Σύμφωνα με άλλη βιβλιογραφία, η χρήσιμη θερμική ενέργεια στα πλυντήρια είναι περίπου 2 kWh/kg_{ξ.ι.} και η κατανάλωση ατμού είναι 2,90 kWh/kg_{ξ.ι.}, ενώ η καταναλισκόμενη θερμική ενέργεια ανέρχεται σε 2,8 kWh/kg_{ξ.ι.}, και η κατανάλωση ατμού είναι 4 kgατμού/kg_{ξ.ι.}. Επίσης, σε νοσοκομεία με ένα μέσο όρο 3kg ξηρού ιματισμού ανά ημέρα και κλίνη, τα πλυντήρια των νοσοκομείων που στην πλειονότητα τους χρησιμοποιούν ατμό καταναλώνουν συνολικά περίπου 4kWh για 1kg ξηρού ιματισμού. Τέλος, ως ελάχιστη συνολική μέση ενεργειακή κατανάλωση σε πλυντήρια δίνεται η τιμή 2,66 kWh/kg_{ξ.ι.}. [15] [17] [E19].

7.4.2 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στο χώρο προετοιμασίας γευμάτων

Οι χώροι προετοιμασίας γευμάτων στα νοσοκομεία καταναλώνουν σημαντική θερμική ενέργεια. Το 2004 πραγματοποιήθηκε ένα πρόγραμμα με την επωνυμία “ενεργειακή απόδοση σε βιομηχανικές κουζίνες” που υποστηρίχθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση, στα πλαίσια του προγράμματος SAVE II, με τη συμμετοχή πέντε Κρατών-Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιλαμβανομένης και της Ελλάδας [19].

Το κύριο αντικείμενο αυτού του προγράμματος ήταν να περιγράψει εσωτερικές συνθήκες για ενεργειακή απόδοση των βιομηχανικών κουζινών, επικεντρώνοντας την προσοχή του σε διαφορετικές βιομηχανικές κουζίνες, σύμφωνα με το μέγεθος και το είδος του κτιρίου (νοσοκομείο, ξενοδοχείο, εστιατορίο κλπ.). Το πρόγραμμα περιελάμβανε μικρές κουζίνες 100-250 πιάτων την ημέρα, μέσου μεγέθους κουζίνες 250-750 πιάτων την ημέρα και μεγάλες κουζίνες με περισσότερα των 750 πιάτων την ημέρα. Οι κουζίνες μπορούσαν να είναι εξοπλισμένες για να χρησιμοποιήσουν ακατέργαστες πρώτες ύλες για την παρασκευή γευμάτων, ημικατεργασμένες και κατεργασμένες.



Διάγραμμα 7.2 Ειδική ενεργειακή κατανάλωση σε kWh/γεύμα για κουζίνες ως συνάρτηση του αριθμού των γευμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες και στην Ελλάδα

- $Y_1=f(x)$: Μαθηματική προσέγγιση της συνολικής ενέργειας ανά γεύμα σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες
 $Y_2=f(x)$: Μαθηματική προσέγγιση της συνολικής ενέργειας ανά γεύμα στην Ελλάδα
 x : Αριθμός των προετοιμαζόμενων γευμάτων ανά ημέρα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 7.3.5, οι κύριες καταναλώσεις στις βιομηχανικές κουζίνες είναι το μαγείρεμα, τα ψυγεία, ο αερισμός, ο κλιματισμός, η θέρμανση, ο φωτισμός και η πλύση των πιάτων – δίσκων κ.λ.π. Ένα από τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής υπήρξε η εύρεση ενός δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης για κάθε χώρα. Το διάγραμμα 7.2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα αυτού του προγράμματος για τους ενεργειακούς δείκτες για κουζίνες διάφορων Ευρωπαϊκών χωρών συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, δηλαδή ενέργεια ανά γεύμα ως συνάρτηση του αριθμού των γευμάτων ανά ημέρα. Μια μαθηματική προσέγγιση για τη συνολική ενέργεια ανά γεύμα (Y_1) στις διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες δίδεται από τη σχέση[19] :

$$Y_1 = 105,38 \cdot x^{-0,6346}$$

όπου x είναι ο αριθμός των προετοιμαζόμενων γευμάτων ή προετοιμαζόμενων και προσφερόμενων ανά ημέρα.

Στο ίδιο σχήμα εμφανίζονται δεδομένα από ενεργειακές θερμικές καταναλώσεις σε κουζίνες στην Ελλάδα. Η παρακάτω σχέση προσεγγίζει ικανοποιητικά τα στατιστικά δεδομένα για την Ελλάδα [E19]:

$$Y_2 = 30,79 \cdot x^{-0,3731}$$

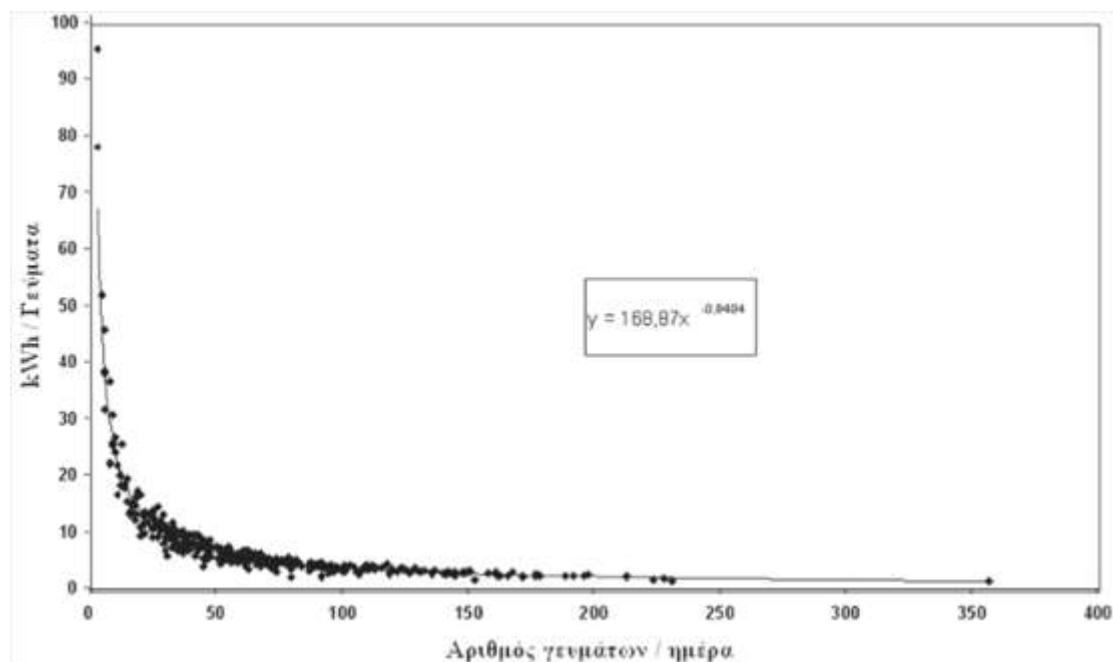
όπου Y_2 η συνολική ενέργεια ανά γεύμα σε κουζίνες και x είναι ο αριθμός των προετοιμαζόμενων γευμάτων ή προετοιμαζόμενων και προσφερόμενων ανά ημέρα.

Οι κουζίνες των νοσοκομείων διαφέρουν ως προς τις ενεργειακές τους καταναλώσεις από τις κουζίνες π.χ. εστιατορίων, ξενοδοχείων γιατί έχουν διαφορετικές καταναλώσεις μεταξύ μεσημεριανού και βραδινού φαγητού, μεταξύ εργάσιμων ημερών και αργιών (συμπεριλαμβανομένων σαββατοκύριακων), έχουν δε επίσης οι τελευταίες διαφορετικές καταναλώσεις και σε ετήσια βάση μεταξύ περιόδου καλοκαιριού και χειμώνα. Για τους λόγους αυτούς, ο εξοπλισμός είναι τις περισσότερες φορές υπερδιαστασιολογημένος ώστε να είναι δυνατόν να ανταποκριθεί στην αιχμή, αλλά λειτουργεί με χαμηλή απόδοση σε μέση ζήτηση. Τέτοιου είδους μεταβολές δεν παρατηρούνται σε κουζίνες κτιρίων υπηρεσιών υγείας όπου η προετοιμασία των γευμάτων παρουσιάζει σχετική ομοιομορφία και δεν εμφανίζει σημαντικές μεταβολές ως προς το χρόνο (π.χ. γηροκομεία, νοσοκομεία χρόνιων παθήσεων κ.λ.π.). Η σωστή διαστασιολόγηση του εξοπλισμού είναι σημαντικός παράγοντας για την ενεργειακή κατανάλωση της κουζίνας. [19] [E19]

Στο διάγραμμα 7.3 δίνεται η ενεργειακή κατανάλωση της κουζίνας ενός εστιατορίου συναρτήσει του αριθμού των διαφόρων παρασκευαζόμενων γευμάτων. Όταν ο αριθμός αυτός μειώνεται, η ενέργεια ανά γεύμα αυξάνει, εξαιτίας του γεγονότος ότι το μέγεθος των διαφόρων συσκευών της κουζίνας έχει επιλεγεί για μια μέση ημερήσια λειτουργία στην περιοχή των 100 με 150 γευμάτων [60]. Η παρακάτω σχέση που ακολουθεί είναι μια μαθηματική προσέγγιση της στατιστικής ανάλυσης κατά το διάγραμμα 7.3.

$$Y = 168,87 \cdot x^{-0,9404}$$

όπου x είναι ο αριθμός των γευμάτων ανά ημέρα



Διάγραμμα 7.3 Ενεργειακή κατανάλωση της κουζίνας σε ένα εστιατόριο ως συνάρτηση του αριθμού των διαφόρων προσφερόμενων γευμάτων

Τα ελληνικά νοσοκομεία, στην πλειονότητα τους, ακολουθούν το σύστημα του καθημερινού μαγειρέματος των γευμάτων που θα καταναλωθούν την ίδια ημέρα και μόνον ορισμένα των μαγειρευμένων γευμάτων που καταψύχονται για να καταναλωθούν σε μελλοντικό χρόνο, αφού αναθερμανθούν [E19].

Στις κουζίνες των περισσότερων Ελληνικών νοσοκομείων προβλέπονται βραστήρες ατμού οι οποίοι είναι κυρίως ηλεκτρικοί (βραστήρες με ηλεκτρική ατμοπαραγωγή). Γι' αυτό, το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης στην κουζίνα των Ελληνικών νοσοκομείων είναι ηλεκτρική και μικρό μόνο μέρος θερμική. Η ύπαρξη εξοπλισμού κουζίνας με χρήση πετρελαίου αποσκοπεί σχεδόν αποκλειστικά στην ύπαρξη εφεδρικής λύσης.

Η κατανάλωση ενέργειας στις εγκαταστάσεις παρασκευής γευμάτων συνήθως αγνοείται γιατί θεωρείται ασήμαντη. Οι προσπάθειες έχουν στραφεί κυρίως στο βιομηχανικό τομέα από τον οποίο και αναμένεται η μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Όμως, η διαδικασία προετοιμασίας γευμάτων πολύ συχνά οδηγεί σε μία υπέρμετρη κατανάλωση ενέργειας [E19].

Στη Μ.Βρετανία σε έρευνα που διεξήχθη μόνο το 30% των εταιριών που ασχολούνται με την προετοιμασία γευμάτων στο βιομηχανικό χώρο διέθεταν μετρητές ηλεκτρισμού, αερίου και νερού. Σε άλλη περίπτωση, από τις 850 κουζίνες που ερευνηθήκαν, βρέθηκε ότι τελικά μόνο 4 είχαν μετρητή νερού, 44 αερίου και 41 ηλεκτρισμού. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τις καταναλώσεις ηλεκτρισμού, νερού, ή φυσικού αερίου μεμονωμένα για τις κουζίνες των νοσοκομείων, ώστε να έχουμε εικόνα της κατανάλωσης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας σε αυτά, αποτελεί, όμως, κοινή διαπίστωση ότι οι κουζίνες αποτελούν πολύ μεγάλα ενεργειακά φορτία στα ελληνικά νοσοκομεία [20] [E16] [E19].

7.4.3 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στην αποστείρωση

7.4.3.1 Γενικά περί αποστείρωσης

Υπάρχουν αυστηροί κανονισμοί για την αποστείρωση εργαλείων, οργάνων και υλικών, εξαιτίας του κινδύνου εξάπλωσης μολύνσεων, λοιμώξεων κλπ [92]. Ως αποτέλεσμα των προηγούμενων, οι υπηρεσίες αποστείρωσης παρέχονται αφενός μεν από το κεντρικό τμήμα αποστείρωσης, όπως, επίσης, και σε ειδικές θέσεις μέσα στο νοσοκομείο. Η αποστείρωση καλύπτει ένα μικρό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του νοσοκομείου[E16].

Ο ατμός είναι ένα πολύ αποτελεσματικό μέσο αποστείρωσης, γιατί το νερό είναι απαραίτητο σε χημικές αντιδράσεις καταστροφής των μικροοργανισμών κατά τη θέρμανση τους. Οι κλίβανοι ατμού χρησιμοποιούνται κυρίως σε κεντρικές αποστειρώσεις νοσοκομείων. Σε αυτούς γίνεται η αποστείρωση ιματισμού και υλικών που χρησιμοποιούνται στα χειρουργεία και τα άλλα τμήματα του νοσοκομείου (εξωτερικά ιατρεία, κλινικές κλπ.) [E19].

Ο ατμός έχει πίεση περίπου 2,5bar και θερμοκρασία περίπου 135°C. Για μικρότερη θερμοκρασία από προηγούμενως απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος για αποστείρωση. Το πρώτο τμήμα των περισσότερων διαδικασιών αποστείρωσης με ατμό είναι ένα στάδιο κατά το οποίο αφαιρείται αέρας του θαλάμου και αντικαθίσταται με ατμό, χρησιμοποιώντας συχνά ένα σύστημα παλλόμενης μεταβολής της πίεσης. Αυτό εξασφαλίζει τη διείσδυση του ατμού και τη διασφάλιση συνθηκών υγρής αποστείρωσης σε όλο το φορτίο. Μετά την αποστείρωση, η θερμοκρασία του υλικού μειώνεται με μείωση της πίεσης του κλιβάνου σε επίπεδο κάτω από την ατμοσφαιρική. Αυτή είναι η φάση ξήρανσης των προς αποστείρωση αντικειμένων. [E16]

Οι συνήθως χρησιμοποιούμενοι κλίβανοι ατμού είναι κατάλληλοι για αντικείμενα από γυαλί, μέταλλο και λάστιχο, καθώς και πλαστικά υλικά που αντέχουν στη θέρμανση. Οι κλίβανοι ατμού διακρίνονται ως προς την προέλευση του ατμού σε δύο κατηγορίες: τους κλιβάνους με παροχή ατμού από το κεντρικό λεβητοστάσιο του νοσοκομείου (παροχή από ατμολέβητα ή ατμογεννήτρια σε συνδυασμό με άλλα θερμικά φορτία), καθώς και εκείνους με ατμοπαραγωγή μέσω ηλεκτρικών αντιστάσεων σε δικό τους ατμοδοχείο. Οι συνήθεις κλίβανοι για κέντρα αποστείρωσης νοσοκομείου παρέχονται σε μεγέθη με όγκο θαλάμου από 308 μέχρι 910 λίτρα (συνήθως περίπου 460 και 595 λίτρα). Μεγάλοι κλίβανοι με μέγεθος θαλάμου πάνω από 3000 λίτρα για την απολύμανση στρωμάτων και κλινών χρησιμοποιούνται κυρίως για την πτέρυγα λοιμωδών νόσων του νοσοκομείου. Η βιβλιογραφία δίνει τις απαιτήσεις του τμήματος κεντρικής αποστείρωσης των Ελληνικών νοσοκομείων σε εξοπλισμό, ανάλογα με τον αριθμό κλινών [E16] [E19] [E22].

7.4.3.2 Διαδικασία υπολογισμού των κλιβάνων

Ο όγκος των απαιτούμενων αποστειρωμένων υλικών την ημέρα

Ο υπολογισμός των κλιβάνων για τα Ελληνικά νοσοκομεία μπορεί να είναι εφικτός κατά προσέγγιση. Για το σκοπό αυτό, έχουν καθοριστεί ορισμένοι δείκτες, όπως ο όγκος των απαιτούμενων υλικών προς αποστείρωση ανά κλίνη (V) σε $\text{dm}^3/\text{εβδομάδα}$, καθώς και το πακέτο που έχει οριστεί ως μία μονάδα του όγκου του κλιβάνου ($1 \text{ πακέτο} = 48 \div 54 \text{ dm}^3$).

Ο συνολικός όγκος $V_{\text{ολ}}$ των απαιτούμενων αποστειρωμένων υλικών την ημέρα δίνεται από το άθροισμα των επιμέρους αναγκών των διαφόρων τμημάτων (κλινικές, εξωτερικά ιατρεία, χειρουργεία, κ.λ.π.), ως ακολούθως [Ε16]:

Τα απαιτούμενα αποστειρωμένα υλικά την ημέρα ανά κλινική (V_k)

Υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$V_k = \frac{V \cdot K \cdot k}{t} \text{ σε } \left(\frac{\text{dm}^3}{\text{ημέρα}} \right)$$

όπου

- K** ο αριθμός των κρεβατιών,
k ο συντελεστής κατειλημμένων κρεβατιών ($0,85 \div 1$) και
t οι εργάσιμες ημέρες στη μονάδα αποστείρωσης ανά εβδομάδα (συνήθως $t = 5$ και μία βάρδια ημερησίως)

Τα απαιτούμενα ανά εξωτερικό ιατρείο υλικά την ημέρα (V_t):

Δίνονται από τη παρακάτω σχέση:

$$V_t = \frac{V \cdot N_{\text{εξ.ασθενών}}}{t} \text{ σε } \left(\frac{\text{dm}^3}{\text{ημέρα}} \right)$$

όπου

- $N_{\text{εξ.ασθενών}}$** ο ημερήσιος αριθμός των εξωτερικών ασθενών

Τα απαραίτητα αποστειρωμένα υλικά την ημέρα για επεμβάσεις :

Υπολογίζονται ως ακολούθως:

- α) για τα χειρουργεία

$$V_{\chi} = 90 \cdot \chi \cdot \varepsilon \text{ σε } \left(\frac{dm^3}{\etaμέρα} \right)$$

όπου

χ ο αριθμός των χειρουργικών τραπεζών και ο μέσος ημερήσιος αριθμός επεμβάσεων ανά χειρουργική τράπεζα ($\varepsilon = 5$).

β) για την αίθουσα μικροεπεμβάσεων

$$V_{\mu} = 50 \cdot \mu \text{ σε } \left(\frac{dm^3}{\etaμέρα} \right)$$

όπου μ ο αριθμός των μικροεπεμβάσεων (για 350 κρεβάτια συνήθως $\mu = 7$).

γ) για ενδοσκοπήσεις

$$V_{\varepsilon} = 25 \cdot (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \text{ σε } \left(\frac{dm^3}{\etaμέρα} \right)$$

όπου

ε_1 ο αριθμός επεμβάσεων σε εξωτερικούς ασθενείς (περίπου 1,2% των εξωτερικών ασθενών στα εξωτερικά ιατρεία: χειρουργικό, γυναικολογικό, οφθαλμολογικό και ΩΡΛ) και

ε_2 ο αριθμός επεμβάσεων σε εσωτερικούς ασθενείς (περίπου 2% του αθροίσματος των κρεβατιών των κλινικών: χειρουργική, γυναικολογική, οφθαλμολογική, ΩΡΛ και ΜΕΘ)

Ο απαιτούμενος αριθμός κλιβάνων

Ο απαιτούμενος αριθμός κλιβάνων (α) δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha = \frac{1,05 \cdot V_{ολ}}{V_{κλ} \cdot m}$$

Όπου

$V_{ολ}$ σε dm^3 ,

$V_{κλ}$ ο όγκος των κλιβάνων σε lit και

m ο αριθμός των κλιβανισμών την ημέρα.

Και το $V_{ολ}$ υπολογίζεται από την σχέση

$$V_{ολ} = \sum V_k + V_t + V_{\chi} + V_{\mu} + V_{\varepsilon} \text{ σε } \left(\frac{dm^3}{\etaμέρα} \right)$$

Συνήθεις χωρητικότητες των κλιβάνων σε πακέτα είναι: 66 πακέτα, 99 πακέτα και 132 πακέτα. Από όλα τα παραπάνω υπολογίζεται ο συνολικός ημερήσιος όγκος ($V_{ολ}$) των προς αποστείρωση υλικών, καθώς και ο συνολικός ημερήσιος αριθμός των πακέτων ($\Pi_{ολ}$) που αφορούν το τμήμα κεντρικής αποστείρωσης. Ο υπολογισμός μπορεί να γίνει και από τον αριθμό των πακέτων

$$\alpha = \frac{1,05 \cdot \Pi_{ολ}}{\pi_{κλ}}$$

Όπου

$\pi_{κλβ}$ η ημερήσια παραγωγή του κλιβάνου σε πακέτα των $48dm^3$ (παραδοχή: $\pi=45$ πακέτα/ημέρα). Μέγεθος πακέτου (SPRi / ISO: $600 \times 400 \times 200mm$ $48dm^3$ ή $6 \times 3 \times 3 = 54dm^3$).

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση είναι της τάξης των $500kWh/κλίνη$. Η απαιτούμενη ισχύς για αποστείρωση είναι μικρή, γύρω στα $1kW$ για αποκεντρωμένο εξοπλισμό σε ειδικές θέσεις και μερικά kW για μεγάλα κεντρικά συστήματα (κεντρική αποστείρωση) [14].

7.4.4 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας για θερμό νερό χρήσης

Η εγκατάσταση θερμού νερού χρήσης εξασφαλίζει την παροχή νερού στην απαιτούμενη ποσότητα και πίεση για την εξυπηρέτηση των αναγκών κάθε τμήματος του νοσοκομείου. Αν και το νερό που θα διανεμηθεί μπορεί να μην είναι πόσιμο, εν τούτοις, επειδή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για πλύση, πρέπει να φθάσει στο σημείο της κατανάλωσης σε εξαιρετική κατάσταση από πλευράς υγιεινής. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να υπάρξει μέριμνα για αποτροπή τυχόν ανάπτυξης βακτηρίων, όπως της *legionella*. Εξ αιτίας του γεγονότος ότι δεν μπορούν να υπάρξουν χημικά πρόσθετα, οι υψηλές θερμοκρασίες παρασκευής, διανομής θα πρέπει να διατηρηθούν, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος ανάπτυξης δημιουργίας καθαλάτωσης (scalding). Η θερμοκρασία αποθήκευσης διατηρείται περίπου στους $55^\circ C$. [21]

Στα ελληνικά νοσοκομεία η θερμοκρασία θερμού νερού χρήσης είναι $45^\circ C$, εκτός ορισμένων χώρων, όπως το μαγειρείο, το πλυντήριο και το ανατομείο που τροφοδοτούνται με θερμό νερό χρήσης $65^\circ C$. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται οι απαιτούμενες θερμοκρασίες νερού στα διάφορα τμήματα των νοσοκομείων [E16] [E19] [E22].

Στα νοσοκομεία η ζήτηση θερμού νερού χρήσης είναι συνεχής και σημαντική ως προς την ποσότητα η οποία είναι 80 έως 130 λίτρα ανά ημέρα και κλίνη. Στις ΗΠΑ η κατανάλωση είναι 100 έως 150 λίτρα ανά ημέρα και κλίνη. Μία μέση τιμή της τάξεως των 100 λίτρων ανά ημέρα και κλίνη θεωρείται ικανοποιητική για τους υπολογισμούς. Τα συστήματα παρασκευής θερμού νερού χρήσης καταναλώνουν

σημαντική ποσότητα ενέργειας και η κατασκευή και η λειτουργία τους διέπεται από κανονισμούς. Στα Ελληνικά νοσοκομεία η διανομή ψυχρού και θερμού νερού χρήσης καθορίζεται από τεχνική οδηγία του ΤΕΕ [E16] [E19] [E24].

Το θερμό νερό χρήσης παρασκευάζεται σε boilers από εναλλάκτες με στοιχείο θερμού νερού ή από εναλλάκτες με στοιχείο ατμού. Το θερμαντικό στοιχείο καλύπτει την αιχμή ζήτησης και η αποθηκευτική ικανότητα των boilers είναι κατ'ελάχιστο η απαιτούμενη για συνεχή κατανάλωση μιας ώρας υπό συνθήκες αιχμής [E19] [E22].

Σημειώνεται ότι οι ανάγκες του νοσοκομείου (με δυναμικότητα μεγαλύτερη από 150 κλίνες) σε θερμό νερό για θέρμανση χώρων και για χρήση σε υδραυλικούς υποδοχείς καλύπτονται συνήθως από δύο λέβητες ατμού με πίεση $p > 1 \text{at}$, που βρίσκονται στο κτίριο ενέργειας. Το δίκτυο ατμού καλύπτει επί πλέον τις ανάγκες σε ατμό πίεσης έως 3bar δηλαδή θέρμανση μέσω εναλλακτών με στοιχεία ατμού (συνήθως $0,5 \div 1 \text{at}$), θερμό νερό μέσω εναλλακτών με στοιχείο ατμού ($0,3 \div 1 \text{at}$), ατμός για βραστήρες μαγειρείων ($0,3 \div 0,5 \text{at}$), ατμός για πλυντήρια (συνήθως στεγνωτήρια στοιχεία ατμού $0,3 \div 0,5 \text{at}$ και κύλινδρος με $p > 1 \text{at}$), ατμός για κλιβάνους αποστείρωσης ($2,5 \text{at}$) και θερμαντικό και μεταθερμαντικό στοιχείο για τον κλιματισμό. [E16]

Η επιλογή του αριθμού των παρασκευαστήρων θερμού νερού γίνεται με κριτήριο την αδιάλειπτη τροφοδότηση των κτιρίων του νοσοκομείου. Για το σκοπό αυτό, οι παρασκευαστήρες θερμού νερού είναι διπλοί σε κάθε θερμικό υποσταθμό. Η ετήσια θερμική ενεργειακή κατανάλωση για θερμό νερό χρήσης στα Ολλανδικά νοσοκομεία είναι περίπου 3500kWh/κλίνη. Για τα Γαλλικά νοσοκομεία η θερμική κατανάλωση για θερμό νερό χρήσης κυμαίνεται από 60 έως 90 kWh/m². Η μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας για θερμό νερό χρήσης στα Ελληνικά νοσοκομεία είναι από 105 έως 135 kWh/m² [15] [E18] [E19].

7.4.5 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση

Το σύστημα θέρμανσης καταναλώνει σημαντική θερμική ενέργεια στα νοσοκομεία. Στο σύστημα αυτό προσλαμβάνεται θερμική ενέργεια η οποία παρέχεται α) από τους λέβητες με καύση αερίου ή πετρελαίου σε αυτούς και διανέμεται μέσω του δικτύου διανομής, β) από αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια γ) από συστήματα συμπαραγωγής. Μία άλλη δυνατότητα είναι να χρησιμοποιείται τηλεθέρμανση (εφόσον υπάρχει τέτοια δυνατότητα) [14].

Η χρήση συστήματος κλιματισμού σε νοσοκομεία παρουσιάζει πολλές ιδιαιτερότητες που δεν εμφανίζονται σε άλλα συνήθη κτίρια (ξενοδοχεία, γραφεία κ.λπ.). Στα νοσοκομεία όλοι οι χώροι που χρησιμοποιούνται, είτε για διάγνωση και νοσηλεία, είτε για θεραπεία, απαιτούν συνθήκες θερμικής άνεσης μεγαλύτερες αυτών των συνήθων κτιρίων (απαιτούν θερμοκρασίες μεταξύ 22 και 26°C) και

γί'αυτό η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση είναι αυξημένη έναντι άλλων κτιρίων. Οι αυξημένες απαιτήσεις "άνεσης" στα νοσοκομεία εξαρτώνται, εκτός από την κατά περίπτωση κατάλληλη θερμοκρασία (στις περισσότερες Ευρωπαϊκές Χώρες ισχύει για χώρους νοσηλείας 21° 24°C , για χώρους θεραπείας 22° 24°C και για ειδικούς χώρους ειδικών 18° 26°C), από τη σωστή υγρασία του αέρα και την καθαρότητα αυτού που καθορίζονται από τη βιβλιογραφία [15] [E22] [E23].

Ο αέρας στα νοσοκομεία δεν θα πρέπει να είναι ούτε πολύ ξηρός (αφυδάτωση) ούτε πολύ υγρός (εφίδρωση). Οι συνθήκες άνεσης των ασθενών απαιτούν σχετική υγρασία από 40 έως 70% σε θερμοκρασίες ξηρού θερμομέτρου από 20° έως 27°C . Οι συνθήκες υγρασίας στους διάφορους χώρους των Ελληνικών νοσοκομείων καθορίζονται σε προδιαγραφές του Υπουργείου Υγείας. Προς αποφυγή των μολύνσεων, ο αέρας των χώρων του νοσοκομείου πρέπει να ανανεώνεται. Ο αριθμός των εναλλαγών του αέρα στους διάφορους χώρους στα ελληνικά νοσοκομεία δίνεται σε προδιαγραφές του Υπουργείου Υγείας και σε τεχνική οδηγία του ΤΕΕ [E22] [E23].

Για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων κατά το χειμώνα, διακρίνει κανείς τις εξωτερικές θερμικές απώλειες και τις εσωτερικές. Ως εξωτερικές θερμικές απώλειες στη μελέτη κλιματισμού θεωρούνται οι θερμικές απώλειες που οφείλονται στο αισθητό και στο λανθάνον θερμικό φορτίο από αερισμό (λόγω είσοδου εξωτερικού αέρα στο χώρο). [E19]

Στις εσωτερικές θερμικές απώλειες διακρίνουμε το αισθητό θερμικό φορτίο (από αγωγιμότητα, από άτομα, από φωτισμό και άλλες συσκευές, από διαπίδυση και απώλειες αεραγωγών) και το λανθάνον θερμικό φορτίο (από άτομα, διαπίδυση και από συσκευές). Το θερμικό κέρδος από ακτινοβολία μέσω των υαλοπινάκων δεν λαμβάνεται υπόψη, διότι αποτελεί αφαιρετέα ποσότητα η οποία για λόγους ασφάλειας παραλείπεται. Επίσης, για τους ίδιους λόγους δεν λαμβάνουμε συνήθως υπόψη τα φορτία των ατόμων, του φωτισμού, τις απώλειες αεραγωγών και τα φορτία των κινητήρων και λοιπών συσκευών, εκτός από ειδικές περιπτώσεις [E19].

Κλιματισμός είναι η διαδικασία ελέγχου και ρύθμισης εντός προκαθορισμένων ορίων της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα μέσα σε ένα κτίριο. Κατά τη διαδικασία του κλιματισμού, ο αέρας του κτιρίου υφίσταται με ελεγχόμενο τρόπο θέρμανση ή ψύξη, ύγρανση ή αφύγρανση. Οι παραπάνω επεξεργασίες είναι δυνατό να συμβαίνουν στο σύνολο ή μερικώς, ανάλογα με τις ανάγκες. Η βασική κατάταξη των συστημάτων κλιματισμού γίνεται με κύριο κριτήριο τον τρόπο και τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνονται η τελική διαμόρφωση των συνθηκών άνεσης στον κλιματιζόμενο χώρο και, κυρίως, η διαμόρφωση των επιθυμητών συνθηκών της θερμοκρασίας. Αυτά είναι: το σύστημα κλιματισμού μόνο με αέρα, το σύστημα κλιματισμού μόνο με νερό και το σύστημα κλιματισμού αέρα-νερού. [E19] [E23]

Επιπρόσθετα του προηγούμενου κύριου κριτηρίου, μία κατάταξη με κριτήριο τη θέση της θερμικής μηχανής ως προς τον κλιματιζόμενο χώρο και την έκταση εφαρμογής του συστήματος κλιματισμού αποτελούν οι δύο βασικές κατηγορίες: κεντρικά συστήματα κλιματισμού καθώς και τοπικά συστήματα κλιματισμού.

Σε όλα τα νέα Ελληνικά νοσοκομεία που κατασκευάστηκαν μετά το 1985 προβλέπεται πλήρης κλιματισμός ολόκληρου του νοσοκομείου, συμπεριλαμβανομένων των νοσηλευτικών μονάδων και των βοηθητικών κτιρίων (οίκος ιατρών και αδελφών, παιδικός σταθμός, κτίριο πειραματόζων). Το προβλεπόμενο σύστημα κλιματισμού είναι γενικά μόνο με αέρα για τους εσωτερικούς χώρους (all-air) και με συνδυασμό αέρα και τοπικών μονάδων ανεμιστήρα-στοιχείου (FCU) για τους εσωτερικούς χώρους που είναι σε επαφή με την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου. Θερμαντικά σώματα προβλέπονται μόνο για ειδικές περιπτώσεις (π.χ. WC ασθενών, διάδρομοι, πλατύσκαλα κλπ.). Οι νοσηλευτικές μονάδες κλιματίζονται με FCU τοποθετημένα στην περίμετρο και με προκλιματιζόμενο νωπό αέρα που προσάγεται με αεραγωγούς και στόμια από την οροφή των θαλάμων. Παρόμοιο σύστημα προβλέπεται συνήθως και για τους χώρους διοίκησης και γραφείων/εξεταστηρίων ιατρών. Θέρμανση με αέρα, χωρίς κλιματισμό θέρους, προβλέπεται για ορισμένους βοηθητικούς χώρους (π.χ. αποθήκες).

Οι κλιματιστικές μονάδες με τις οποίες εξασφαλίζονται ο κλιματισμός και αερισμός του νοσοκομείου είναι εγκατεστημένες συνήθως σε μηχανοστάσια. Οι κλιματιστικές μονάδες του υπογείου λαμβάνουν νωπό αέρα από τα δώματα, συνήθως, των νοσηλευτικών μονάδων, μέσω κεντρικών αεραγωγών και φυγοκεντρικών ανεμιστήρων τοποθετημένων στα υπόγεια μηχανοστάσια. Οι ανεμιστήρες που βρίσκονται είτε στο υπόγειο είτε στα δώματα των κτιρίων καταθλίβουν τον αέρα σε δίκτυο αεραγωγών απ' όπου τροφοδοτούνται με νωπό αέρα οι κλιματιστικές μονάδες. Η απόρριψη του ακάθαρτου αέρα των συστημάτων κλιματισμού που ελέγχονται από τα μηχανοστάσια του υπογείου επιτυγχάνεται μέσω άλλων κατακόρυφων αγωγών στα δώματα των κτιρίων των νοσηλευτικών μονάδων. Πληροφορίες για τη μελέτη αντιβακτηριακού κλιματισμού και του κλιματισμού γενικά δίνονται στη βιβλιογραφία [8,40,64]. Η σύγκριση καταναλώσεων ενέργειας για θέρμανση μεταξύ νοσοκομείων θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν (εκτός από τον αριθμό των βαθμομερών της περιοχής που είναι κτισμένα τα νοσοκομεία) τις τυχόν μεταβολές σε παροχή νωπού αέρα, την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης κ.ά.

Τα φορτία θέρμανσης των ελληνικών νοσοκομείων υπολογίζονται συνήθως σύμφωνα με την μέθοδο DIN 4701/1977. Αν και, όπως ελέγχθη προηγουμένως, η θερμοκρασία των διαφόρων χώρων του νοσοκομείου είναι διαφορετική, μπορούμε να θεωρήσουμε ως ενιαία θερμοκρασία του εσωτερικού του νοσοκομείου τους 22°C [15] [E19].

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης θέρμανσης, χρησιμοποιείται η μέθοδος των βαθμομερών (DD:degree-days). Διευκρινίζεται ότι ως βαθμομέρα θεωρείται το άθροισμα των $\Delta\theta$ ανά ώρα (διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας χώρου και μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος) κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Η μέθοδος στηρίζεται στη διαπίστωση ότι το ποσό ενέργειας που χρειάζεται για διατήρηση της θερμοκρασίας άνεσης σε ένα χώρο εξαρτάται βασικά από τη διαφορά των θερμοκρασιών χώρου και περιβάλλοντος. Στοιχεία για τις βαθμομέρες στις μεγαλύτερες πόλεις που βρίσκονται στις προαναφερθείσες κλιματικές ζώνες, όπως

επίσης και η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία για τις πόλεις αυτές, δίδονται στη βιβλιογραφία. Μια σύντομη επεξήγηση της μεθόδου βαθμομερών δίδεται στη συνέχεια. [E19] [21]

Η θερμική ισορροπία ενός κτιρίου χαρακτηρίζεται από τη θερμοκρασία ισορροπίας $\theta_{ισορ}$. Αυτή ορίζεται ως η τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας θ_o στην οποία για καθορισμένη τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας θ_i οι ολικές θερμικές απώλειες $q_{απώλειες}$ είναι ίσες με το θερμικό κέρδος από τον ήλιο, τον αριθμό των ατόμων που ζουν ή εργάζονται στο κτίριο, τον εσωτερικό φωτισμό του κτιρίου κλπ.

$$q_{απώλειες} = K_{ολικό}(\theta_i - \theta_{ισορ}) \text{ σε (W)}$$

όπου:

| | |
|-----------------|---|
| $K_{ολικό}$ | ο συντελεστής θερμικών απωλειών του κτιρίου σε W/K, |
| θ_i | η εσωτερική θερμοκρασία σε °K, |
| θ_o | η εσωτερική θερμοκρασία σε °K και |
| $\theta_{ισορ}$ | η θερμοκρασία που χαρακτηρίζει τη θερμική ισορροπία ενός κτιρίου σε °K. |

Επομένως :

$$\theta_{ισορ} = \theta_i - \frac{q_{απώλειες}}{K_{ολικό}} \text{ σε (}^\circ\text{C)}$$

Θέρμανση επομένως χρειάζεται όταν η θ_o είναι χαμηλότερη της $\theta_{ισορ}$.

Εάν χρησιμοποιηθούν μέσες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας σε ημερήσια βάση, οι βαθμομέρες θέρμανσης $DD_{h(\theta_{ισορ})}$ (degree-days) θα δίδεται από τη σχέση:

$$DD_{h(\theta_{ισορ})} = (1\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\alpha) \sum_{\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\varsigma} (\theta_{ισορ} - \theta_{o,\mu\acute{\epsilon}\sigma\sigma})$$

όπου:

| | |
|--|--|
| $DD_{h(\theta_{ισορ})}$ | είναι οι βαθμομέρες θέρμανσης ως συνάρτηση της $\theta_{ισορ}$ που σχετίζεται με την θ_i το θερμικό κέρδος και το $K_{ολικό}$, |
| $\theta_{ισορ}$ | είναι η θερμοκρασία που χαρακτηρίζει τη θερμική ισορροπία ενός κτιρίου και |
| $\theta_{o,\mu\acute{\epsilon}\sigma\sigma}$ | η μέση ημερήσια τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας για μια ορισμένη ημέρα. |

Σημειώνεται ότι το άθροισμα $\sum(\theta_{ισορ} - \theta_{o,\mu\acute{\epsilon}\sigma\sigma})$ μπορεί να εκτείνεται χρονικά σε μία χρονική περίοδο, όπως μήνας, έτος κλπ. Η θερμοκρασία ισορροπίας $\theta_{ισορ}$ είναι γνωστή ως βάση των βαθμομερών. Βαθμομέρες θέρμανσης ή βαθμώρες για θερμοκρασίες ισορροπίας 18°C έχουν ευρεθεί και δίδονται με τη μορφή πινάκων, καθόσον η θερμοκρασία αυτή αντιπροσώπευε τις μέσες συνθήκες σε τυπικά κτίρια κατά το παρελθόν.

Οι βαθμομέρες κλιματισμού θέρους μπορεί να ληφθούν χρησιμοποιώντας μία σχέση που είναι ανάλογη με αυτήν για τις βαθμομέρες θέρμανσης

$$DD_{h(t_{ισορ})} = (1\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\alpha) \sum_{\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\epsilon\varsigma} (\theta_{ισορ} - \theta_{ο,μ\acute{\epsilon}\sigma\sigma})$$

Σημειώνεται ότι, ενώ ο ορισμός της θερμοκρασίας ισορροπίας είναι ίδιος όπως αυτός για τη θέρμανση για ένα δεδομένο κτίριο, η αριθμητική της τιμή είναι γενικά διαφορετική από αυτήν για θέρμανση διότι τα ραπώλειες, Κολικό και θι μπορεί να είναι διαφορετικά.

Το μηνιαίο φορτίο L για τη θέρμανση του χώρου είναι ανάλογο του αριθμού των βαθμομερών στη διάρκεια του μήνα[E19]:

$$L = 24(UA)_b \cdot D \cdot f_e \text{ σε } (Wh)$$

όπου:

- D** ο αριθμός βαθμομερών του μήνα,
(UA)_b το γινόμενο του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U σε W/m²K και της περιβάλλουσας επιφάνειας A του κτιρίου σε m² και
f_e ο συντελεστής λειτουργίας. Ανάλογα με τη φύση του κτιρίου και για λειτουργία 8-16 ώρες την ημέρα, είναι f_e = 0,70 - 0,85 και f_e =1 για συνεχή λειτουργία (24 ώρες).

Ο αριθμός των βαθμομερών μίας ημέρας είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας αναφοράς και της μέσης θερμοκρασίας αυτής της μέρας. Ο αριθμός βαθμομερών του μήνα είναι το άθροισμα των βαθμομερών όλων των ημερών του μήνα. Η θερμοκρασία αναφοράς είναι συνήθως 18 °C. Υπάρχουν εφαρμογές, όπου απαιτείται ο αριθμός των βαθμομερών με βάση διαφορετική από τους 18°C, όπως αυτή των νοσοκομείων. Στην περίπτωση αυτή ο αριθμός βαθμομερών ανά μήνα βρίσκεται προσεγγιστικά από τον τύπο [2]:

$$D = \left\{ N \cdot \Delta\theta_b + (0,744 + 0,00387 \cdot D_a - 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D_a^2) \cdot N \frac{-(\Delta\theta_b + 11,11)^2}{9,02} \right\}^+$$

όπου:

- D_a** ο αριθμός ετήσιων βαθμομερών με βάση τους 18°C,
Δθ_b η διαφορά μεταξύ της νέας θερμοκρασίας βάσης και της μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος του μήνα και
N είναι ο αριθμός ημερών του μήνα.

Ο συμβολισμός + σημαίνει ότι γίνονται δεκτές μόνο θετικές τιμές.

Η ενεργειακή θερμική κατανάλωση για θέρμανση στα Γαλλικά νοσοκομεία κυμαίνεται από 100 μέχρι 135 kWh m² το έτος (2500 βαθμομέρες με βάση 18°C) στη Δανία 193 kWh m² το έτος (2900 βαθμομέρες στη Δανία). Στη Μ.Βρετανία η πραγματική ενεργειακή κατανάλωση σε νοσοκομείο 600 κλινών είναι 260 kWh m²

το έτος. Στην Ελλάδα η μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας για θέρμανση των νοσοκομείων κυμαίνεται από 90 έως 145 kWh/m² αναλόγως της χρονολογίας κατασκευής και της κλιματικής ζώνης[15] [13] [E18] [E19].

7.4.6 Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας για ύγρανση

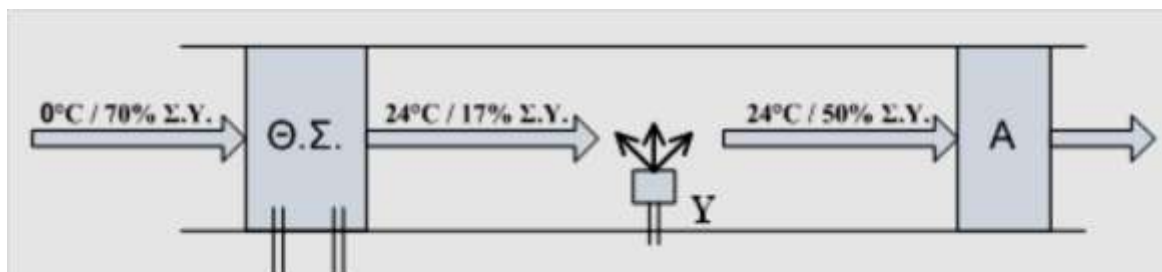
Ο έλεγχος της υγρασίας του αέρα έχει σημασία γιατί ως κύρια παράμετρος των συνθηκών άνεσης μπορεί:

- ⊕ να προκαλέσει ανεπιθύμητα συμπυκνώματα σε διάφορες επιφάνειες,
- ⊕ να διευκολύνει την εκδήλωση ηλεκτροστατικών φαινομένων και
- ⊕ να παραμορφώσει υλικά που είναι ευαίσθητα στην υγρασία[E23].

Η υψηλή υγρασία μειώνει τη διεργασία της ψύξης του δέρματος του ανθρώπου με εξάτμιση του ιδρώτα του και δημιουργείται έτσι στο άτομο αίσθηση υψηλότερης θερμοκρασίας από την πραγματική. Σε γενικές γραμμές τα όρια της ανεκτής από τον άνθρωπο σχετικής υγρασίας είναι 40 έως 70%. Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες διαθέτουν σύστημα ύγρανσης του αέρα. Οι υγραντήρες είναι συσκευές που ρυθμίζουν τις επιθυμητές συνθήκες υγρασίας του κλιματιζόμενου αέρα. Οι γνωστότεροι τύποι υγραντήρων λειτουργούν προσθέτοντας υγρασία στον κλιματιζόμενο αέρα, είτε με ψεκασμό ή με εξάτμιση νερού μέσω ηλεκτρικής αντίστασης είτε με έγχυση ατμού [E23].

Για τους υγραντήρες ατμού που χρησιμοποιούνται περισσότερο στα νοσοκομεία διατίθεται ατμός χωρίς οσμές ή προσμίξεις. Ο ατμός εγχέεται στο ρεύμα του αέρα και προσθέτει υγρασία. Ο καθαρός ατμός που απαιτείται για ύγρανση παράγεται από εναλλάκτες ατμού-ατμού. Οι εναλλάκτες παράγουν συνήθως ατμό πίεσης 3bar από αποσκληρυνθέν νερό χρησιμοποιώντας συνήθως ατμό πίεσης 5bar. Κάθε εναλλάκτης καλύπτει την συνολική ποσότητα ατμού ύγρανσης. [E16]

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και για εξωτερικές συνθήκες χειμώνα: 0°C και 70% - 80% σχετική υγρασία, εσωτερικές συνθήκες: 22°C - 24°C και σχετική υγρασία 50%- - 60%, το παρακάτω μπλοκ διάγραμμα εκφράζει τις θερμοδυναμικές καταστάσεις του αέρα κατά τη θέρμανση[E16].



Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις προηγούμενες συνθήκες, η παροχή ατμού από τον υγραντή είναι[E16]:

$$V_{\text{νερού ύγρανσης}} = \frac{V_{\text{αέρα}}}{0,84} 6,6 \times 10^{-3} \text{ σε } \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$$

όπου

$V_{\text{αέρα}}$ η παροχή αέρα σε m^3/h .

Ακόμη, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Υπουργείου Υγείας, ισχύει [E22]:

$$V_{\text{νερού ύγρανσης}} = 0,0012 \times V_{\text{αέρα}} \times (W_{\text{αέρα εξόδου}} - W_{\text{αέρα εισόδου}}) \text{ σε } \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$$

όπου

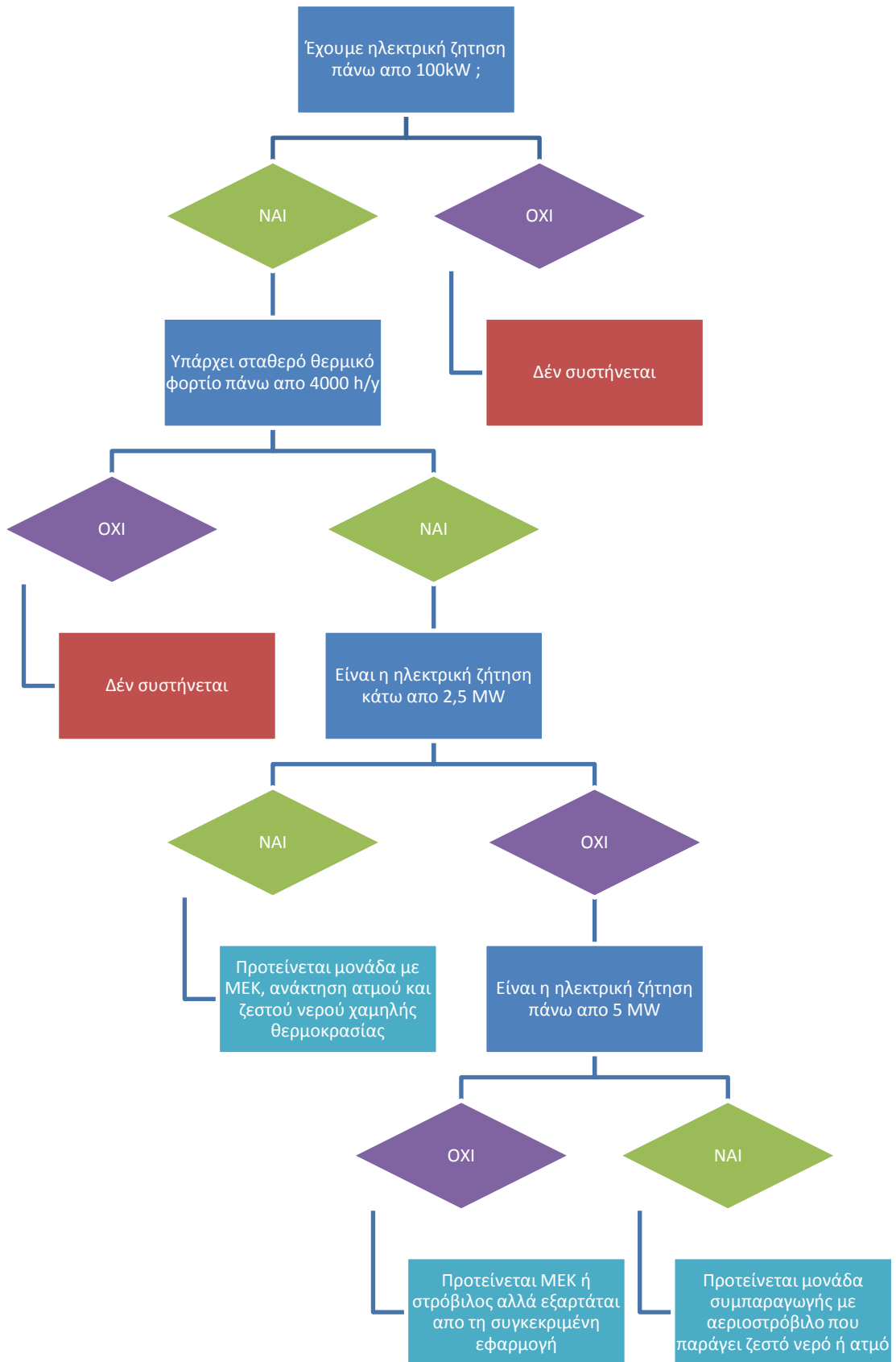
$V_{\text{αέρα}}$ είναι η παροχή του αέρα σε m^3/h και

$W_{\text{αέρα}}$ η απόλυτη υγρασία του αέρα σε $\text{gr}_{\text{νερού}} / \text{kg}_{\text{αέρα}}$.

7.5 Αρχική εκτίμηση

Πριν από τη μελέτη της συμπαραγωγής, πρέπει να εξαντληθούν όλοι οι τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας. Μερικές απλές επιδιορθώσεις μπορούν να αποφέρουν σημαντικές αλλαγές στις συνολικές απαιτήσεις φορτίου του νοσοκομείου και να αλλάξουν ουσιαστικά το λόγο ηλεκτρισμού προς θερμότητα, ο οποίος με τη σειρά του θα επηρεάσει τον τύπο και το μέγεθος του συστήματος συμπαραγωγής. Μια γρήγορη πρώτη εκτίμηση μπορεί να γίνει με το διάγραμμα αποφάσεων 7.4.

Αν η αρχική εκτίμηση δώσει θετική απάντηση, τότε μια λεπτομερής μελέτη από ειδικούς είναι απαραίτητη για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος. Ας σημειώσουμε πως η μεγάλη ποικιλία λύσεων τόσο από πλευράς σχεδιασμού όσο και λειτουργίας κάνουν μάλλον αδύνατη την εξαντλητική μελέτη όλων των δυνατών συνδυασμών με συμβατικές μεθόδους. Ένα ευρύ σύνολο προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή, που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το εύρος εφαρμογών και το βάθος ανάλυσης, έχουν αναπτυχθεί για το σκοπό αυτό και είναι εμπορικά διαθέσιμα.



Διάγραμμα 7.4 Διάγραμμα αποφάσεων για την εύρεση βέλτιστης λύσης συμπαραγωγής για την εφαρμογή

7.6 Διασύνδεση του συστήματος συμπαραγωγής στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις

Το σύστημα συμπαραγωγής δεν λειτουργεί απομονωμένο αλλά αποτελεί μέρος μιας πολύ πιο σύνθετης εγκατάστασης. Για μια αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία, η σύνδεση μεταξύ του συστήματος συμπαραγωγής και των υφιστάμενων δικτύων θέρμανσης, ζεστού νερού, ατμού και ηλεκτρισμού πρέπει να μελετηθεί επιμελώς. Επίσης θα πρέπει να προνοηθεί ο τρόπος παροχής του καυσίμου, πιθανός χώρος αποθήκευσης αυτού και κατάλληλο σύστημα για την εξαγωγή των καυσαερίων. [8]

Είναι απίθανο το σύστημα συμπαραγωγής να καλύψει όλες τις ανάγκες, θερμικές και ηλεκτρικές. Η επιπρόσθετη απαιτούμενη θερμική και ηλεκτρική ενέργεια θα καλυφθεί με συμβατικές πηγές. Το σύστημα συμπαραγωγής θα πρέπει να λειτουργεί σαν πρωτεύων λέβητας για την μεγιστοποίηση των κερδών. Ο ηλεκτρισμός που παράγεται χρησιμοποιείται επί τόπου και σε περίπτωση πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή μπορεί να εξαχθεί στο δίκτυο ηλεκτρισμού. [9]

7.6.1 Σύνδεση των συστημάτων συμπαραγωγής με το δίκτυο ηλεκτρισμού

Η εφαρμογή της τεχνολογίας συμπαραγωγής ποικίλλει από χώρα σε χώρα και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως οι τιμές του ηλεκτρισμού, οι νόμοι που ισχύουν στον ενεργειακό τομέα, την ύπαρξη ή μη περιβαλλοντικής πολιτικής, την διαθεσιμότητα καυσίμου και την ύπαρξη υποδομής διανομής αυτού και τις τεχνικές απαιτήσεις της εγκατάστασης. Οι σημαντικές παράμετροι για επένδυση στη συμπαραγωγή είναι:

- ⊙ Το επενδυτικό κόστος του συστήματος
- ⊙ Οι δαπάνες λειτουργίας
- ⊙ Η τιμή του ηλεκτρισμού που αγοράζεται
- ⊙ Ο ρυθμός αποπληρωμής του ηλεκτρισμού που πωλείται στο δίκτυο
- ⊙ Η ζητούμενη θερμότητα
- ⊙ Οι ώρες λειτουργίας (συντελεστής φορτίου)
- ⊙ Μηχανολογικά και θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά του λέβητα και του συστήματος συμπαραγωγής

Οι παραπάνω παράμετροι καθορίζουν τους τομείς όπου μπορεί να εφαρμοστεί η συμπαραγωγή. Κατά την εφαρμογή της συμπαραγωγής όμως πρέπει να ληφθεί υπόψη και η σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο. Το απαιτούμενο κόστος για τη σύνδεση ενός συστήματος συμπαραγωγής στο δίκτυο ενδέχεται να αποδειχθεί

καθοριστικός παράγοντας στο εάν τελικά θα πραγματοποιηθεί η εγκατάστασή του ή όχι. Το κόστος αυτό εξαρτάται από την θέση της εγκατάστασης, την υφιστάμενη τοπολογία του τοπικού δικτύου, την κατάσταση του δικτύου και τον εξοπλισμό που απαιτείται για την σύνδεση και ταυτόχρονα εξασφαλίζει την αξιοπιστία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Γενικότερα, τα τεχνικά ερωτήματα που τίθενται για την σύνδεση μιας μονάδας συμπαραγωγής με τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής είναι :

- Ⓢ Το είδος της γεννήτριας
- Ⓢ Η θέση του σημείου της σύνδεσης με τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής
- Ⓢ Η προστασία
- Ⓢ Η ροή του φορτίου και οι απώλειες
- Ⓢ Η ρύθμιση της τάσης
- Ⓢ Η σταθερότητα

Κάθε ένα από τα παραπάνω ερωτήματα πρέπει να μελετηθεί ξεχωριστά, καθώς αποτελεί το καθένα έναν μεγάλο τομέα από μόνο του. Μπορεί να συνδεθεί το σύστημα συμπαραγωγής είτε στο δίκτυο υψηλής τάσης, είτε στο δίκτυο διανομής χαμηλότερης τάσης. Έτσι υπεισέρχονται διάφορες τεχνικές εφαρμογές από πλευράς σύνδεσης του συστήματος με το εθνικό δίκτυο. Τα συστήματα συμπαραγωγής συνήθως σχεδιάζονται να λειτουργούν σε παραλληλία με το εθνικό δίκτυο. Αυτό επιτρέπει την εισαγωγή επιπρόσθετης ηλεκτρικής ενέργειας και την εξαγωγή πλεονάζουσας (αμφίδρομη σύνδεση). Και το σύστημα και το δίκτυο πρέπει να είναι προστατευμένα από πιθανή διαταραχή στην παροχή εξαιτίας της παραλληλίας.

Είναι υψίστης σημασίας η σταθερότητα του συστήματος. Στο υφιστάμενο δίκτυο ή στην εγκατάσταση είναι πιθανό να απαιτούνται τροποποιήσεις ώστε να τοποθετηθεί το σύστημα συμπαραγωγής. Το δίκτυο μπορεί να καλύψει τα ηλεκτρικά φορτία αιχμής ή το σύνολο των ηλεκτρικών φορτίων εάν το σύστημα συμπαραγωγής βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Θα πρέπει να διασφαλιστεί η δυνατότητα να μπορεί το σύστημα συμπαραγωγής να αποσυνδεθεί από το δίκτυο.[1]

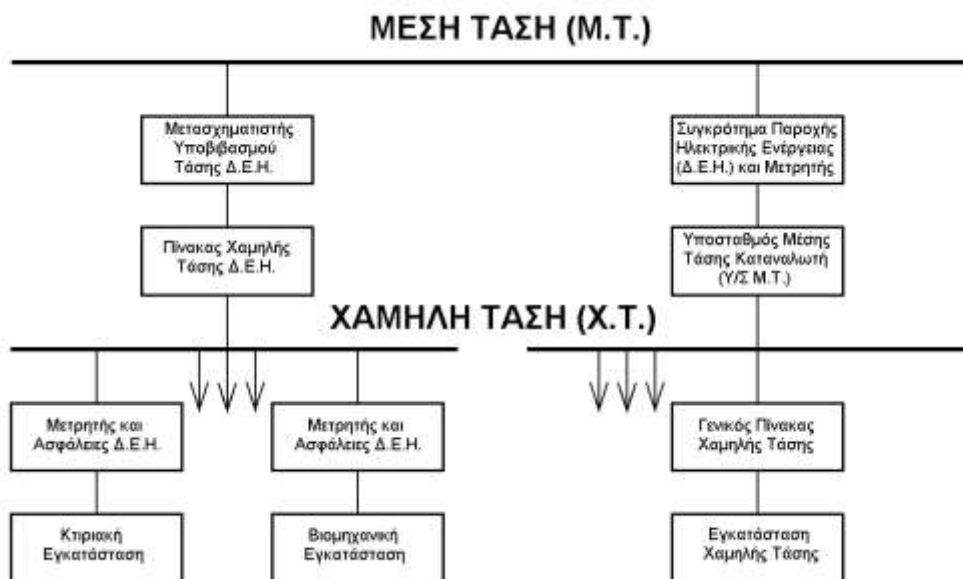
7.6.2 Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις νοσοκομείων - Υποσταθμός μέσης τάσης – Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη - Ηλεκτρικά δίκτυα μέσης τάσης

Στη χώρα μας η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται, μεταφέρεται και διανέμεται από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.). Η παραγωγή της γίνεται στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενώ η μεταφορά της μέσω των δικτύων υψηλής και υπέρ-υψηλής τάσης, του δικτύου μέσης τάσης (Μ.Τ.) (στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα τριφασικά δίκτυα των 6,6 kV, 15 kV και 20 kV, συχνότητας 50 Hz) και το δίκτυο χαμηλής τάσης (Χ.Τ.) (στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα τριφασικά δίκτυα 380 V συχνότητας 50 Hz και τα μονοφασικά δίκτυα 220 V συχνότητας 50 Hz). Σαν

αντιπροσωπευτικά παραδείγματα καταναλωτών μέσης τάσης είναι τα νοσοκομεία, οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις, τα ξενοδοχεία, οι βιομηχανίες κ.λ.π. Αντίστοιχα παραδείγματα καταναλωτών χαμηλής τάσης είναι οι κτιριακές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις που μπορεί να είναι μονοφασικές ή τριφασικές.

Στο Σχήμα 7.2 δίνεται παραστατικά σε μορφή λειτουργικού διαγράμματος (διάγραμμα βαθμίδων), ο τρόπος που διανέμεται η ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης. Από το δίκτυο της μέσης τάσης τροφοδοτούνται, μέσω μετασχηματιστή (Μ/Σ) και του πίνακα χαμηλής τάσης που συγκροτούν τον υποσταθμό της Δ.Ε.Η., οι κτιριακές και βιομηχανικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης με τριφασικά ή μονοφασικά δίκτυα. Από το ίδιο δίκτυο της μέσης τάσης τροφοδοτούνται επίσης και τα ηλεκτροβόρα συγκροτήματα εγκαταστάσεων (Νοσοκομεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, ξενοδοχεία, εργοστάσια, βιομηχανίες κ.λ.π.) τα οποία εν συνεχεία διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια στις εγκαταστάσεις τους με τον ίδιο τρόπο.

Ειδικότερα, σε νοσοκομεία με δυναμικότητα μεγαλύτερη από 100÷150 κρεβάτια χρειάζεται συνήθως υποσταθμός μέσης τάσης. Η παροχή μέσης τάσης από το δίκτυο της ΔΕΗ προς τον υποσταθμό ενός νοσοκομείου γίνεται συνήθως μέσω συγκροτήματος πινάκων της ΔΕΗ πλησίον του υποσταθμού. Σύμφωνα με τις τεχνικές απαιτήσεις του Υπουργείου Υγείας, ο υποσταθμός μέσης τάσης είναι κατάλληλος για τη διπλάσια ηλεκτρική ισχύ του νοσοκομείου (π.χ. δύο μετασχηματιστές εκ των οποίων ο ένας εφεδρικός του άλλου). Κατά τον τρόπο αυτό υπάρχει αυξημένη αξιοπιστία στη λειτουργία του υποσταθμού, γιατί παρέχεται η δυνατότητα για εργασίες συντήρησης και εργασίες αποκατάστασης βλαβών, χωρίς να διακόπτεται η παροχή της τάσης από το δίκτυο της πόλης. Ο χειρισμός των μετασχηματιστών του υποσταθμού ενός νοσοκομείου γίνεται μέσω πινάκων μέσης τάσης. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία σύντομη αναφορά στους πίνακες μέσης τάσης, που κρίνεται σκόπιμο να περιλαμβάνει ο υποσταθμός μέσης τάσης ενός νοσοκομείου. [Ε16] [Ε25] [Ε26]



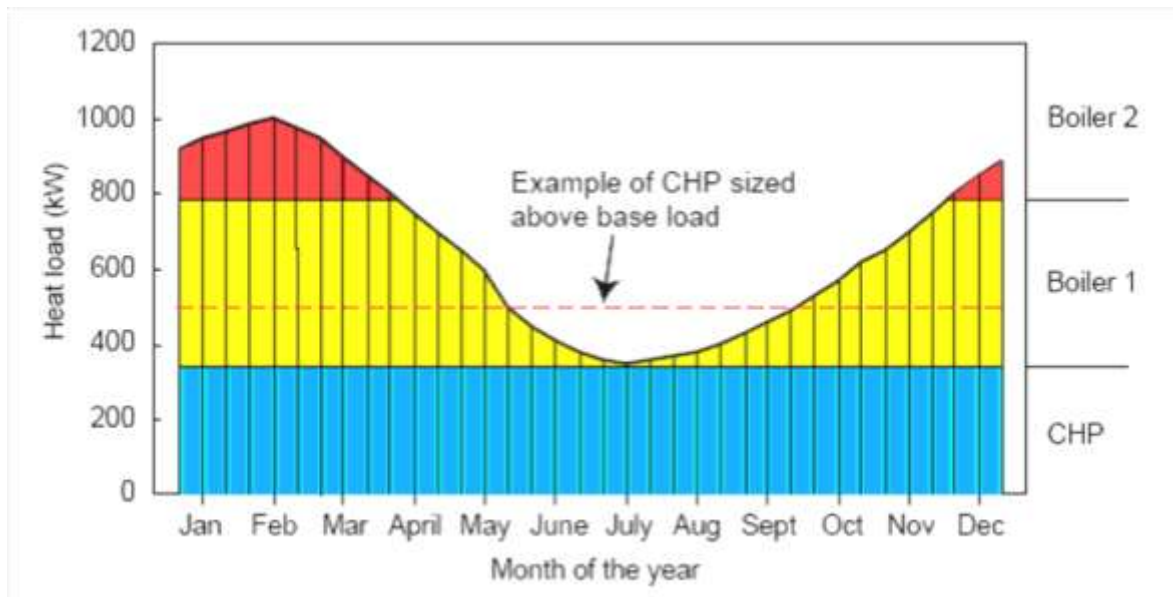
Σχήμα 7.2 Τρόπος διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης, υπό μορφή λειτουργικού διαγράμματος

7.6.3 Σύνδεση του συστήματος συμπαραγωγής με το σύστημα θέρμανσης

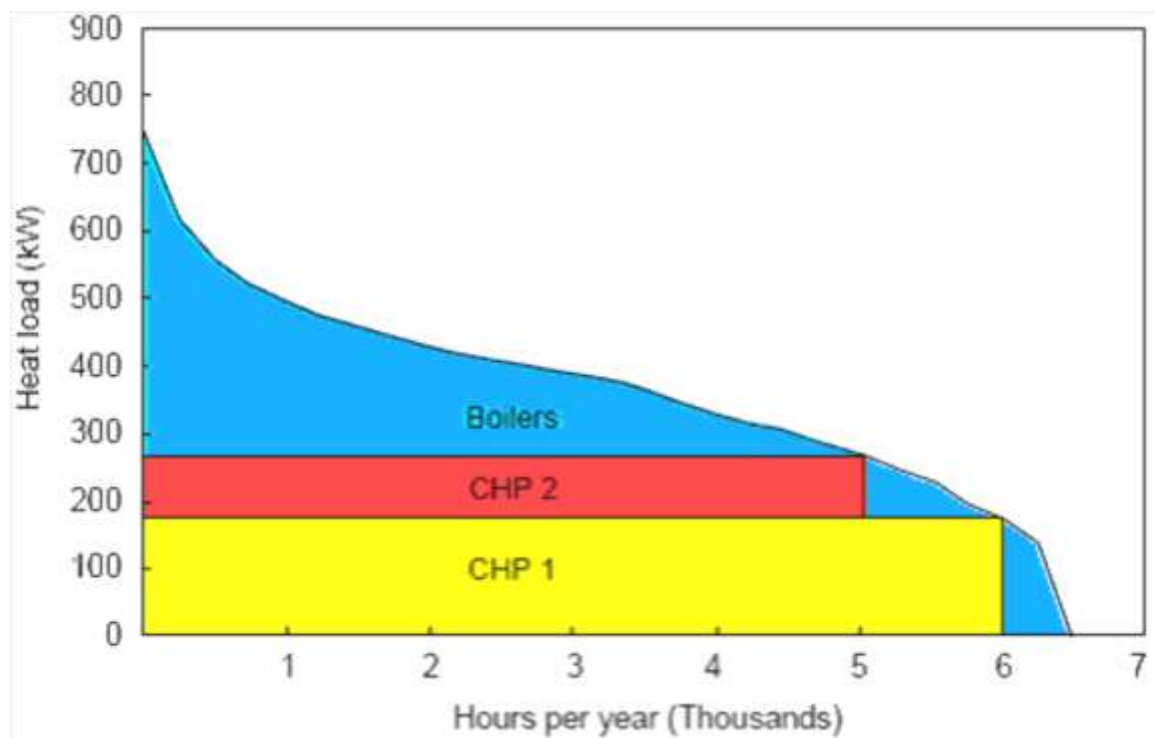
Αναλυτικά σχέδια των υφιστάμενων συστημάτων θέρμανσης, ατμού και ζεστού νερού θα πρέπει να είναι διαθέσιμα, έτσι ώστε να γίνει αντιληπτή η λειτουργία τους και να εντοπιστούν πιθανές βλάβες ή φθορές. Μερικά βασικά ερωτήματα πρέπει να απαντηθούν για την βέλτιστη σύνδεση του συστήματος συμπαραγωγής με τα δίκτυα θέρμανσης, ατμού και ζεστού νερού σχετικά με τις αποδόσεις των λεβήτων, τις θερμοκρασίες και τις πιέσεις.

Αν και το σύστημα συμπαραγωγής αντικαθιστά σε σημαντικό βαθμό τους λέβητες, οι τελευταίοι παραμένουν έτσι ώστε να μπορεί να καλυφθεί το θερμικό φορτίο αιχμής (διαγράμματα 7.5 και 7.6). Σε κάποιες εφαρμογές η θερμική ενέργεια που παράγεται από το σύστημα συμπαραγωγής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αλλού πέρα από την θέρμανση των χώρων και του νερού χρήσης. Για εγκαταστάσεις με ψυκτικά φορτία κατά τη διάρκεια του θέρους, ο κλιματισμός με ψύκτες απορρόφησης απαιτεί θερμική ενέργεια. Τα περισσότερα συστήματα συμπαραγωγής μικρής κλίμακας παρέχουν ζεστό νερό χαμηλής θερμοκρασίας (LTHW, 80-90°C) και επομένως μπορούν να συνδεθούν άμεσα με το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Επίσης υπάρχουν μονάδες που παρέχουν ζεστό νερό μεσαίας θερμοκρασίας (MTHW 90-120°C), αν και είναι λιγότερο συνηθισμένα.

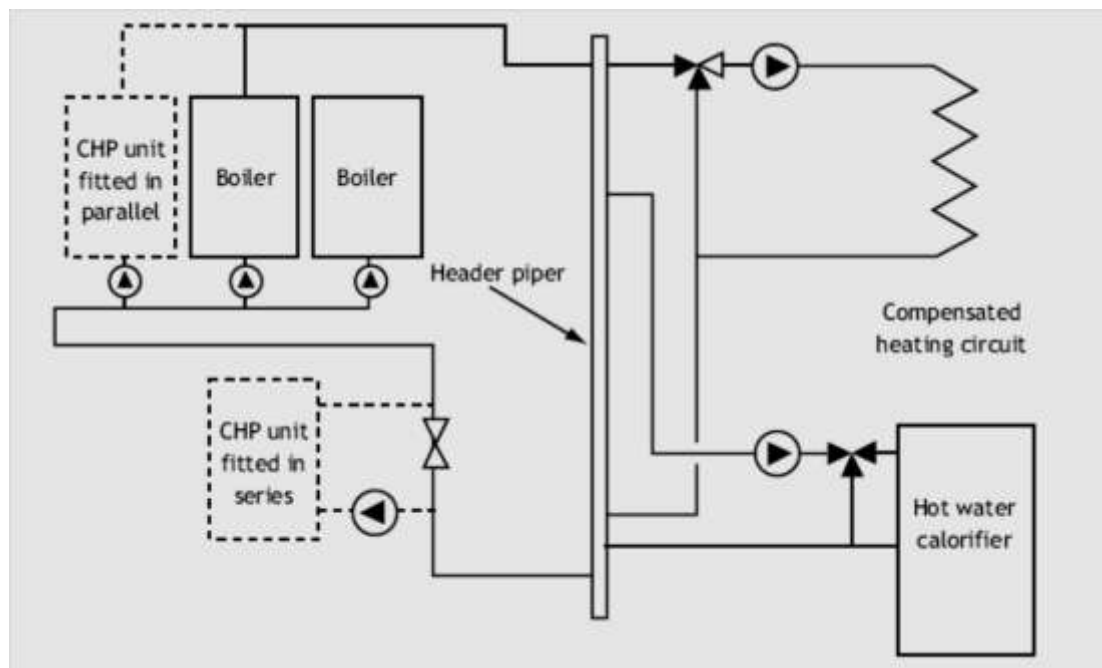
Το σύστημα συμπαραγωγής (CHP unit) μπορεί να συνδεθεί σε σειρά ή παράλληλα με τους λέβητες (boilers), όπως φαίνεται στο σχήμα 7.3. Η σύνδεση σε σειρά είναι η πιο διαδεδομένη καθώς έχει την λιγότερη επίδραση στη λειτουργία του υπάρχοντος συστήματος. Η παράλληλη σύνδεση προτιμάται στην περίπτωση νέων εγκαταστάσεων, όπου το σύστημα συμπαραγωγής θα καλύπτει ένα μεγάλο μέρος των θερμικών αναγκών. Όποια σύνδεση και να χρησιμοποιηθεί, το σημαντικό είναι το σύστημα συμπαραγωγής να λειτουργεί σαν πρωτεύων λέβητας (lead boiler) για να μεγιστοποιούνται οι ώρες λειτουργίας του. [8]



Διάγραμμα 7.5 Παράδειγμα κάλυψης της θερμικής ενέργειας, που δεν μπορεί να καλύψει η μονάδα συμπαραγωγής, από εφεδρικούς λέβητες [8]



Διάγραμμα 7.6 Κάλυψη της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας από τη μονάδα συμπαραγωγής και τους εφεδρικούς λέβητες [8]



Σχήμα 7.3 Σύνδεση της μονάδας συμπαραγωγής σε σειρά και παράλληλα με το υπάρχον σύστημα θέρμανσης [8]

7.6.4 Χώρος τοποθέτησης του συστήματος συμπαραγωγής

Η θέση για την εγκατάσταση του συστήματος συμπαραγωγής θα επιλεγεί λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω:

- Ⓢ Η πρόσβαση στον ηλεκτρισμό, την θέρμανση και στην παροχή καυσίμου
- Ⓢ Η στάθμη θορύβου
- Ⓢ Οι εκπομπές των καυσαερίων
- Ⓢ Ο εξαερισμός και οι απαιτήσεις για την ποιότητα του αέρα
- Ⓢ Η μεταφορά, πρόσβαση και τοποθέτηση του συστήματος
- Ⓢ Οι απαιτήσεις για την συντήρηση του συστήματος [8]

Κεφάλαιο 8^ο

Περιγραφή μελέτης περίπτωσης - 401 Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών

8.1 Ιστορία του Νοσοκομείου

Το 401 Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών ιδρύθηκε το 1904 και σήμερα αποτελεί το μεγαλύτερο Στρατιωτικό Νοσοκομείο και ένα από τα μεγαλύτερα Νοσηλευτικά Ιδρύματα στην Ελλάδα.

1904-1945: Το ως άνω Νοσοκομείο εγκαταστάθηκε στην περιοχή εγγύς της Μονής Πετράκη πίσω από το σημερινό ΝΙΜΤΣ.

Παρά τις αντιξοότητες, το παλιό εκείνο Νοσοκομείο, με την πάροδο του χρόνου, αναλόγως των οικονομικών δυνατοτήτων βελτιούμενο απετέλεσε τη υγειονομική βάση του Ελληνικού Στρατού. Νοσήλευσε χιλιάδες τραυματίες και ασθενείς, όλων των πολεμικών περιόδων (1912-13, Α' και Β' Παγκόσμιος Πόλεμος, Κατοχής, Εμφύλιος). Υπήρξε το βασικό νοσοκομείο εκπαίδευσης των νεότερων υγειονομικών αξιωματικών, των αδελφών Νοσοκόμων και οπλιτών υγειονομικού, για αυτό και έλαβε αργότερα τον τίτλο «Νοσοκομείο Εκπαίδευσης»

1945: Συγχώνευση το 1ο και 2ο ΓΣΝ με το Α' Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Εκπαίδευσης και ονομάζεται 421 ΓΣΝΕ.



Εικόνα 8.1 Είσοδος του 401 ΓΣΝΑ

1946: Μετονομασία σε 401ΣΝ.

1954: Μετονομασία σε 401 ΓΣΝ Εκπαιδεύσεως.

1958: Σχεδιασμός των νέων εγκαταστάσεων του Νοσοκομείου το οποίο θα περιλαμβάνει 600 κλίνες. Το συγκρότημα του Νοσοκομείου τιμής ένεκεν φέρει το όνομα του Ανωτάτου Γενικού Αρχιάτρου Μπελιά Δημητρίου.

1967: Αρχίζουν οι κυρίως εργασίες για την αποπεράτωση του κτιρίου σε εντατικό ρυθμό.

1970: Ολοκλήρωση των εργασιών. Λαμβάνει τη σημερινή ονομασία: 401 ΓΣΝΑ.

1971: Έναρξη λειτουργίας.

Σήμερα: Είναι το μεγαλύτερο Στρατιωτικό Νοσοκομείο και από τα μεγαλύτερα και πιο σύγχρονα στην Ελλάδα. [E27]

8.2 Αποστολή του Νοσοκομείου

Το 401 Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών έχει αποστολή τη Νοσηλεία, την Εκπαίδευση και την Έρευνα.

A. Νοσηλεία. Το 401 ΓΣΝΑ περιθάλπει και νοσηλεύει:

- Ⓢ Εν ενεργεία Στρατιωτικό Προσωπικό και Μέλη οικογενειών τους.
- Ⓢ Απόστρατους Αξιωματικούς και Υπαξιωματικούς και Μέλη των οικογενειών τους
- Ⓢ Προσωπικό Σωμάτων Ασφαλείας
- Ⓢ Πολιτικό Προσωπικό του Υ.ΕΘ.Α.
- Ⓢ Κάθε Έλληνα πολίτη μετά από έγκριση της Διεύθυνσης του Νοσοκομείου και των Προϊστάμενων Κλιμακίων

B. Εκπαίδευση. Ο Εκπαιδευτικός ρόλος του 401 ΓΣΝΑ περιλαμβάνει:

- Ⓢ Εκπαίδευση Στρατιωτικών Ιατρών και Νοσηλευτών
- Ⓢ Εκπαίδευση Οπλιτών του Υγειονομικού Σώματος Στρατού Ξηράς
- Ⓢ Εκπαίδευση Πολιτικών Ιατρών μετά από έγκριση του Υπουργείου Υγείας

Γ. Έρευνα. Η Ερευνητική αποστολή του 401 ΓΣΝΑ περιλαμβάνει την διεξαγωγή κλινικών και εργαστηριακών μελετών μέσω της Ερευνητικής Μονάδας. [E27]

8.3 Λειτουργική και οργανωτική δομή

8.3.1 Εξωτερικά Ιατρεία

Τα εξωτερικά ιατρεία που λειτουργούν στο 401 ΓΣΝΑ είναι τα εξής:

| | |
|------------------------------|-----------------------------|
| Αγγειοχειρουργικό | Ογκολογικό |
| Αιματολογικό | Οδοντιατρικό |
| Ακτινολογικό | Ορθοδοντικό |
| Αλλεργιολογικό | Ορθοπεδικό |
| Γαστρεντερολογικό | Ουρολογικό |
| Γναθοχειρουργικό | Οφθαλμολογικό |
| Γυναικολογικό | Παθολογικό |
| Δερματολογικό | Παιδιατρικό |
| Ενδοκρινολογικό | Πλαστική Χειρουργική |
| Θωρακοχειρουργικό | Πνευμονολογικό |
| Ιατρείο Γεωγραφικής Ιατρικής | Ρευματολογικό |
| Καρδιολογικό | Φυσική Αποκατάσταση |
| Κεφαλαλγίας | Χειρουργικό |
| Νευροχειρουργικό | Ωτορινολαρυγγικό |
| Νευρολογικό | Φυσική Ιατρική Αποκατάσταση |
| Νεφρολογικό | |

[Ε27]

8.3.2 Κλινικές

Οι κλινικές που λειτουργούν στο 401 ΓΣΝΑ είναι οι εξής:

| | |
|-------------------|----------------|
| ΙΣΟΓΕΙΟ | |
| Πνευμονολογική | Νευρολογική |
| Βιοπροστασία | Δερματολογική |
| 1ος ΟΡΟΦΟΣ | |
| Α' Ορθοπεδική | Καρδιολογική |
| Β' Ορθοπεδική | |
| 2ος ΟΡΟΦΟΣ | |
| Α' Παθολογική | Ρευματολογική |
| Β' Παθολογική | Γαστρεντερ/κή |
| Νευροχειρ/κή | |
| 3ος ΟΡΟΦΟΣ | |
| Α' Χειρουργική | Β' Χειρουργική |
| Αγγειοχειρ/κή | Θωρακοχειρ/κή |
| 4ος ΟΡΟΦΟΣ | |
| Γναθοπροσωπική | Ουρολογική |

| | |
|-------------------|--------------|
| Πλαστική | Ωτορινολα/κή |
| Οφθαλμολογική | Διασυνδετική |
| Ψυχολόγοι | |
| 5ος ΟΡΟΦΟΣ | |
| 5ος Α' | 5ος Β' |
| 6ος ΟΡΟΦΟΣ | |
| 6ος Α' | |

[Ε27]

8.3.3 Εργαστήρια

Συνοπτικά τα εργαστήρια που λειτουργούν στο 401 ΓΣΝΑ

| | |
|---|-------------------------------|
| Τμήμα Απεικόνισης | |
| Αξονικός Τομογράφος | Κλασσικό Ακτινολογικό |
| Μαγνητικός Τομογράφος | Υπέρηχοι |
| Αξονικός/Μαγνητικός | |
| Πυρηνική Ιατρική | |
| Μέτρηση Οστικής Πυκνότητας | |
| Ιατρική Βιοπαθολογία | |
| Κέντρο Ελέγχου Μεσογειακής Αναιμίας και Αιμοσφαιρινοπαθειών | Βιοχημικό |
| Γενική Μικροβιολογία | Ουροχημικό |
| Ανοσολογικό | Αιματολογικό |
| Ερευνητική Μονάδα | |
| Κλινική Έρευνα | Ανοσολογικό Εργαστήριο |
| Ιολογικό Εργαστήριο | Εργαστήριο Μοριακής Βιολογίας |
| Παθολογοανατομικό-Κυτταρολογικό Εργαστήριο | |
| Ιατρική Φυσική | |
| Τμήμα 1 | Τμήμα 2 |
| Καρδιολογικό | |
| Αιμοδυναμικό | Υπερηχοκαρδιογράφος |
| Test Κοπώσεως | |
| Ενδοσκοπήσεις | |
| Βρογχοσκόπηση | Κυστεοσκόπηση |
| Γαστροσκόπηση | |
| Λοιπά Εργαστήρια | |
| Υπέρηχοι Γυναικολογικού | Σπειρομέτρηση |
| Εγκεφαλογράφος | |

[Ε27]

8.3.4 Ειδικές μονάδες

Οι ειδικές μονάδες που λειτουργούν στο 401 ΓΣΝΑ είναι τα εξής: [Ε27]

| |
|--|
| Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών (ΤΕΠ) |
| Μονάδες Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ) – Καρδιολογική, Γενική |
| Τμήμα Μεσογειακής Αναιμίας |
| Μονάδα Μαστού |
| Μονάδα Αιμοδοσίας |
| Μονάδα Τεχνητού Νεφρού |
| Μονάδα Εγκαυμάτων |

8.3.5 Διοίκηση

Οι διευθύνσεις και υπηρεσίες που υποστηρίζουν διοικητικά το 401 ΓΣΝΑ είναι οι εξής: [Ε27]

| | |
|---|--------------------|
| Γενική Διεύθυνση | Κ.Ψ.Μ (Κυλικείο) |
| Ανθρώπινο Δυναμικό (1 ^ο Γραφείο) | Τμήμα Αρχείου |
| Υπηρεσία Ασφαλείας (2 ^ο Γραφείο) | Ταμείο |
| Υπηρεσία Εκπαίδευσης (3 ^ο Γραφείο) | Τμήμα Στρατολογίας |
| Οικονομική Υπηρεσία (4 ^ο Γραφείο) | Ταχυδρομείο |
| Γραφείο Έρευνας και Πληροφορικής | Κουρείο |
| Τεχνική Υπηρεσία | Φωτογραφείο |
| Λόχος Διοικήσεως | Ιερός Ναός |



Εικόνα 8.2 Νέα πτέρυγα 401 ΓΣΝΑ

8.4 Τεχνικά Στοιχεία

8.4.1 Επιφάνεια των κτιρίων

Το νοσοκομείο είναι χωρισμένο σε 5 κτίρια. Με τις εξής επιφάνειες:

| Κτίριο | Επιφάνεια (m ²) |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Κλινικές | 17514 |
| Εξωτερικά Ιατρεία | 3326 |
| ΔΥΓ | 3547 |
| Νέα Πτέρυγα | 9000 |
| Πτέρυγα Διοικήσεως – Λοιποί Χωροι | 16897 |
| Σύνολο | 41284 |

Πίνακας 8.1 Επιφάνειες υπαρχόντων κτιρίων

8.4.2 Υφιστάμενος ενεργειακός εξοπλισμός

8.4.2.1 Εξοπλισμός κάλυψης θερμικών φορτίων

Στο χώρο εξωτερικά από τα κτίρια του νοσοκομείου υπάρχει το λεβητοστάσιο στο οποίο υπάρχουν 2 λέβητες, ενώ υπάρχει πρόβλεψη και για τρίτο. Ο λέβητας (No1) και ο λέβητας (No2) είναι κύριοι, ενώ η εγκατάσταση του τρίτου έχει σαν σκοπό να λειτουργήσει σαν εφεδρικός σε περιόδους συντήρησης ή βλάβης ενός εκ των άλλων δυο.

Ο ατμός που παράγεται από τους λέβητες χρησιμοποιείται για παραγωγή ζεστού νερού για θέρμανση και χρήση, και ως ατμός στα πλυντήρια, την αποστείρωση, τα χειρουργεία και την κουζίνα. Η παραγωγή του ζεστού νερού γίνεται μέσω θερμαντήρων νερού χρήσης.

| | Λέβητας No1 | Λέβητας No2 | Λέβητας No3 (Εφεδρικός) |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Έτος κατασκευής | 2000 | 2004 | Σε εξέλιξη η αγορά |
| Καύσιμο | Φυσικό Αέριο | Φυσικό Αέριο | Φυσικό Αέριο |
| Εγκατεστημένη θερμική ισχύς (kcal/h) | 3.000.000 | 3.250.000 | 3.000.000 |
| Πίεση λειτουργίας (bar) | 10 | 10 | |
| Θερμ. Επιφάνεια (m ²) | 140 | 140 | |
| Ατμοπαραγωγή (kg/h) | 5000 | 5000 | |
| Τελική Χρήση | Θέρμανση, πλυντήρια, κουζίνα, | Θέρμανση, πλυντήρια, κουζίνα, | |

Πίνακας 8.2 Στοιχεία υπαρχόντων ατμολεβήτων

| | Boiler | Εναλλάκτες Ατμού |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Εγκατεστημένη θερμική ισχύς (kcal/h) | 16 x 300.000 4.800.000 | 12 x 650.000 7.800.000 |
| Μέσο | Ατμός | Ατμός |
| Τελική Χρήση | Νερό Χρήσης (ΖΝΧ) | θέρμανση |
| | | |

Πίνακας 8.3 Στοιχεία υπαρχόντων θερμαντήρων

Η συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύς των λεβήτων χωρίς τους εφεδρικούς λέβητες είναι 6.250.000kcal/h (7267,45 kW). Εκτιμάται ότι το συνολικό θερμικό φορτίο του νοσοκομείου είναι περίπου 5.900kW.

8.4.2.2 Εξοπλισμός κάλυψης ψυκτικών φορτίων

Το νοσοκομείο έχει κατασκευαστεί το 1971 οπότε η νομοθεσία δεν προέβλεπε την ύπαρξη κεντρικού κλιματισμού στα νοσοκομεία. Κατά την διάρκεια των ετών προστέθηκαν πάνω από 180 κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου (split units) και 10 αερόψυκτες κεντρικές κλιματιστικές μονάδες. Στη Νεα Πτέρυγα έχουμε την απευθείας εγκατάσταση κεντρικού κλιματισμού με την κατασκευή της. Αναλυτικότερα ο εξοπλισμός κάλυψης ψυκτικών φορτίων παρουσιάζεται στους πίνακες 8.4 και 8.5

| | Τεμάχια | kW |
|---------------|------------|----------------|
| 9.000 BTU | 63 | 166,131 |
| 12.000 BTU | 31 | 108,996 |
| 13.000 BTU | 2 | 7,618 |
| 14.000 BTU | 12 | 49,224 |
| 18.000 BTU | 29 | 152,946 |
| 24.000 BTU | 44 | 309,408 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 181 | 794,323 |

Πίνακας 8.4 Στοιχεία υπαρχόντων κλιματιστικών διαιρούμενου τύπου (split units)

| | Τεμάχια | kW |
|---------------------|-----------|--------------|
| Interklima MPCA-158 | 1 | 158,4 |
| CLIVET WSAN-EE 282 | 1 | 35,39 |
| FYROGENIS FAWC 2100 | 1 | 244 |
| FYROGENIS FAWC 272 | 1 | 60,8 |
| FYROGENIS FAWC 362 | 1 | 87,2 |
| Carrier 30RH | 1 | 92 |
| FYROGENIS FAWC 844 | 3 | 630 |
| Interklima MD-11 | 19 | 2.280 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 28 | 3.588 |

Πίνακας 8.5 Στοιχεία υπαρχόντων κεντρικών κλιματιστικών μονάδων

Η συνολική εγκατεστημένη ψυκτική ισχύς των κλιματιστικών για το σύνολο του νοσοκομείου είναι 4.282,32 kW. Εκτιμάται ότι το συνολικό θερμικό φορτίο του νοσοκομείου είναι περίπου 2.265 kW ή 644 RT

8.4.2.3 Εξοπλισμός κέντρου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Για την κάλυψη των συνολικών αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια το Νοσοκομείο τροφοδοτείται από το Δίκτυο Μέσης Τάσης της ΔΕΗ, μέσω δύο υποσταθμών συνολικής ισχύος 7.500 kVA με 3 μετασχηματιστές στο κτίριο της νέας πτέρυγας (3 x 1250 kVA) και 3 μετασχηματιστές (3 x 1.250 kVA) που εξυπηρετούν το υπόλοιπο νοσοκομείο.

Ως εφεδρική κάλυψη υπάρχουν 4 ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη συνολικής ισχύος 3.360 kVA, με 2 Η/Ζ (2 x 550 kVA) στο κτήριο Νέας πτέρυγας και 2 (των 760 kVA και 1500 kVA) που εξυπηρετούν το υπόλοιπο νοσοκομείο.

| | Μετασχηματιστές | Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη |
|---------------------|-----------------|-----------------------|
| Νέα Πτέρυγα | 3 x 1250 kVA | 2 x 550 kVA |
| Υπόλοιπο Νοσοκομείο | 3 x 1250 kVA | 760 kVA και 1500 kVA |

Πίνακας 8.6 Στοιχεία εξοπλισμού κάλυψης ηλεκτρικών φορτίων

Η ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνεται στις εξής χρήσεις:

- ⊙ Φωτισμός χώρων
- ⊙ Παραγωγή μηχανικής ισχύος (ηλεκτροκινητήρες)
- ⊙ Δροσισμός χώρων
- ⊙ Ανελκυστήρες, αντλίες, διάφορα ιατρικά μηχανήματα
- ⊙ Πλυντήρια, μαγειρεία, θερμοτράπεζες, συμπιεστές κλπ.
- ⊙ Ιατρικά Μηχανήματα

Ο βασικός ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός αφορά κυρίως τον εξοπλισμό των μαγειρικών, των πλυντηρίων – στεγνωτηρίων και των κλιματιστικών. Ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω:

- Ⓢ Μαγειρεία: Η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς για την κάλυψη των αναγκών των διαφόρων συσκευών (φούρνοι, ψυγεία, μηχανές παρασκευής φαγητών) εκτιμάται σε 400 kW.
- Ⓢ Πλυντήρια: Η συνολική ονομαστική ηλεκτρική ισχύς των ηλεκτρικών πλυντηρίων ανέρχεται σε 200 kW.
- Ⓢ Ιατρικός Εξοπλισμός: Ο ιατρικός εξοπλισμός που χαρακτηρίζεται από υψηλή ηλεκτρική ισχύ περιλαμβάνει:
 - ❖ Μαγνητικό Τομογράφο (120 kW)
 - ❖ Αξονικό Τομογράφο (100 kW)
 - ❖ Μηχανήματα απεικόνισης (250 kW)
 - ❖ Λοιπό Εργαστηριακό Εξοπλισμό (100 kW)

8.5 Στοιχεία ενεργειακών καταναλώσεων

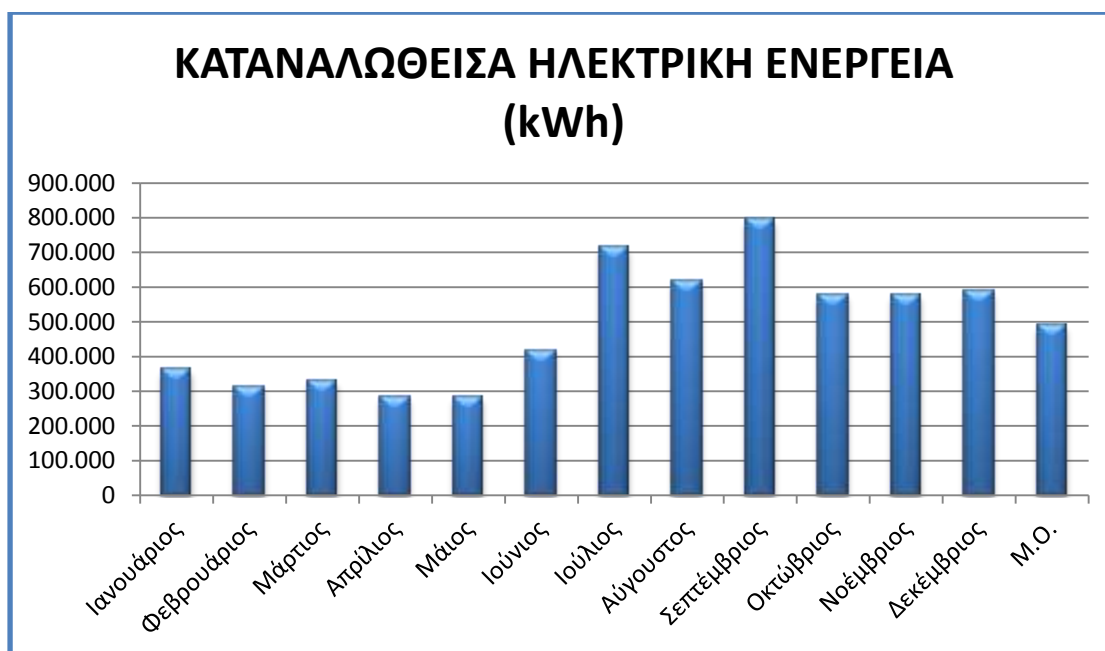
Το Νοσοκομείο στην παρούσα φάση καταναλώνει θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Η Ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ και η Θερμική ενέργεια προέρχεται από καύση Φυσικού Αερίου που προέρχεται από σύνδεση με το δίκτυο αερίου της ΕΠΑ Αττικής. Σαν «Συμβατική Λύση» μπορούμε να θεωρήσουμε την παραπάνω κατάσταση. Στις επόμενες παραγράφους γίνεται λεπτομερής καταγραφή των καταναλώσεων για το έτος 2011, όπως αυτά προέκυψαν από τα αρχεία του νοσοκομείου.

8.5.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας

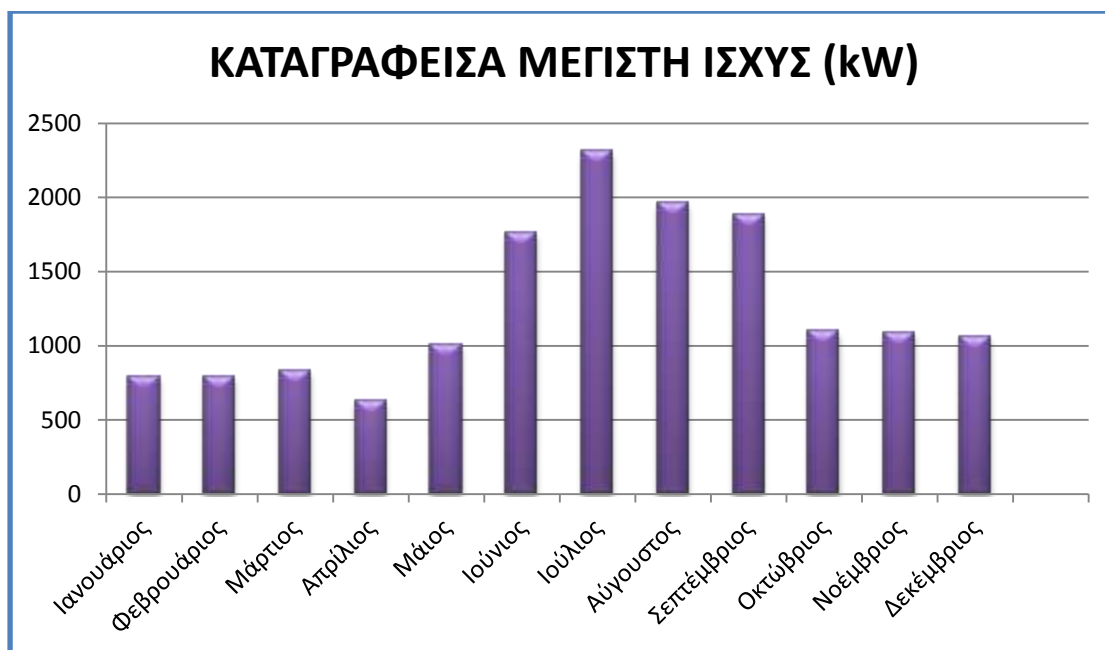
Στον παρακάτω πίνακα καταγράφουμε την μηνιαία κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας για το 2011 αλλά και την μέγιστη ισχύ που παρουσιάστηκε.

| Μήνας | ΚΑΤΑΝΑΛΩΘΕΙΣΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh) | ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙΣΑ ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (kW) | συνφ |
|----------------------------|--|---------------------------------|-------------|
| Ιανουάριος | 360.000 | 789 | 1,00 |
| Φεβρουάριος | 312.000 | 790 | 1,00 |
| Μάρτιος | 328.000 | 825 | 1,00 |
| Απρίλιος | 280.000 | 625 | 1,00 |
| Μάιος | 280.000 | 1.002 | 1,00 |
| Ιούνιος | 416.000 | 1.758 | 1,00 |
| Ιούλιος | 712.000 | 2.306 | 1,00 |
| Αύγουστος | 616.000 | 1.956 | 1,00 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 1.887 | 1,00 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 1.094 | 1,00 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 1.090 | 1,00 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 1.060 | 1,00 |
| Σύνολο | 5.832.000 | | |
| Μηνιαίος Μέσος Όρος | 486.000 | | 1,00 |

Πίνακας 8.7 Μηνιαία καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων για το 2011



Διάγραμμα 8.1 Μηνιαία καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια για το 2011



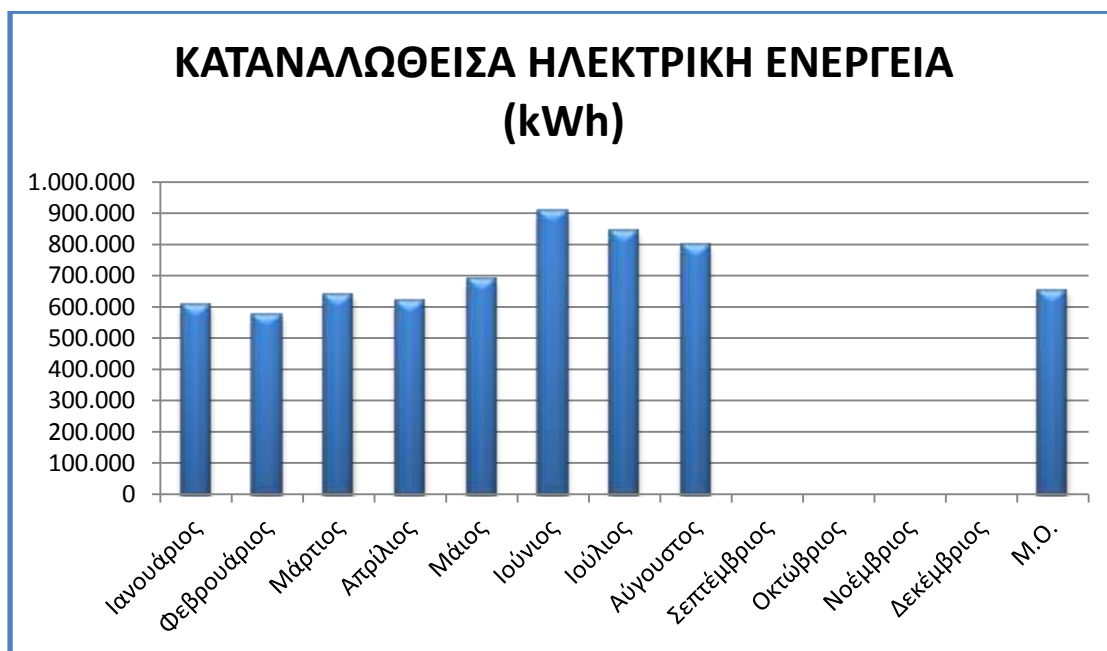
Διάγραμμα 8.2 Μηνιαία διακύμανση καταγραφείσας μέγιστης ισχύος για το 2011

Γενικές παρατηρήσεις στα διαγράμματα είναι ότι η καταναλωθείσα ενέργεια κατά τους θερινούς μήνες είναι σημαντικά πιο αυξημένη η οποία οφείλεται στην ανάγκη για δροσισμό κατά τους μήνες του καλοκαιριού. Ακόμα λόγω του δροσισμού οφειλονται και οι αιχμές που εμφανίζονται. Η διαφορά στην συμπεριφορά των μηνών Ιανουαρίου – Απριλίου και Οκτωβρίου – Δεκεμβρίου οφείλεται στην λειτουργία της Νέας Πτέρυγας.

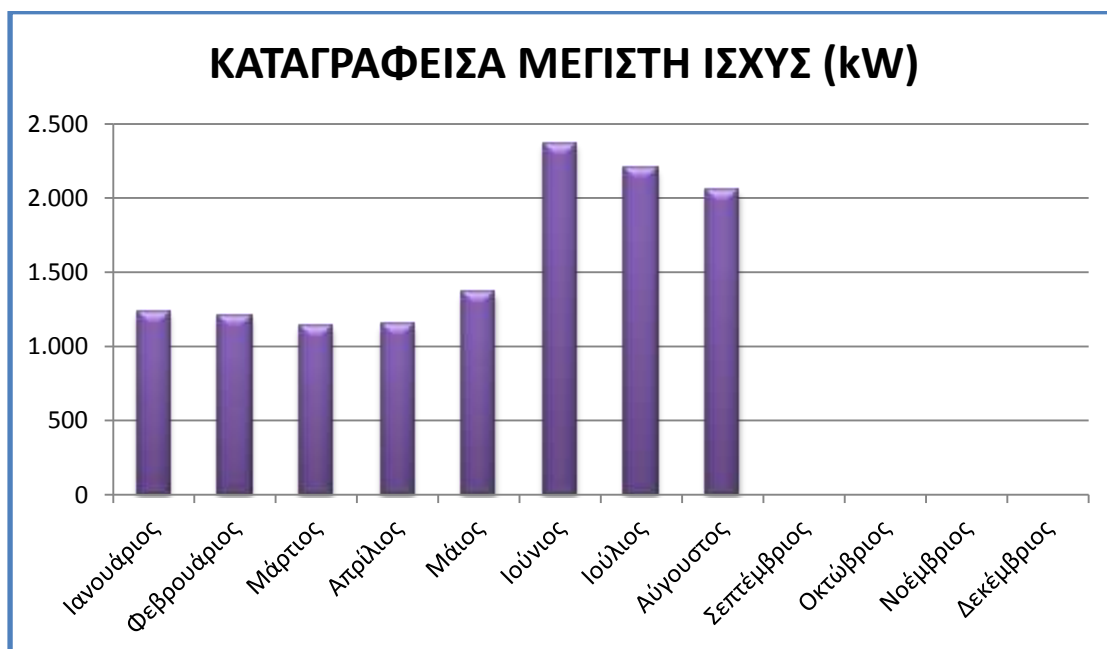
Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε 5.832 MWh και με μέγιστη ισχύ τον Ιούλιο, 2.306 kW. Για να μπορέσουμε να βγάλουμε πιο ασφαλή συμπεράσματα για την κατανάλωση του νοσοκομείου εξετάζουμε και τα δεδομένα του 2012 (εκτίμηση Αύγουστος 2012) .

| Μήνας | ΚΑΤΑΝΑΛΩΘΕΙΣΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh) | ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙΣΑ ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (kW) | συνφ |
|-------------|--|---------------------------------|------|
| Ιανουάριος | 608.000 | 1.232 | 1,00 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 1.206 | 1,00 |
| Μάρτιος | 640.000 | 1.136 | 1,00 |
| Απρίλιος | 616.000 | 1.141 | 1,00 |
| Μάιος | 688.000 | 1.362 | 1,00 |
| Ιούνιος | 904.000 | 2.366 | 1,00 |
| Ιούλιος | 840.000 | 2.199 | 1,00 |
| Αύγουστος | 800.000 | 2.050 | 1,00 |
| Σεπτέμβριος | | | |
| Οκτώβριος | | | |
| Νοέμβριος | | | |
| Δεκέμβριος | | | |

Πίνακας 8.8 Μηνιαία καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων για το 2012



Διάγραμμα 8.3 Μηνιαία καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια για το 2012

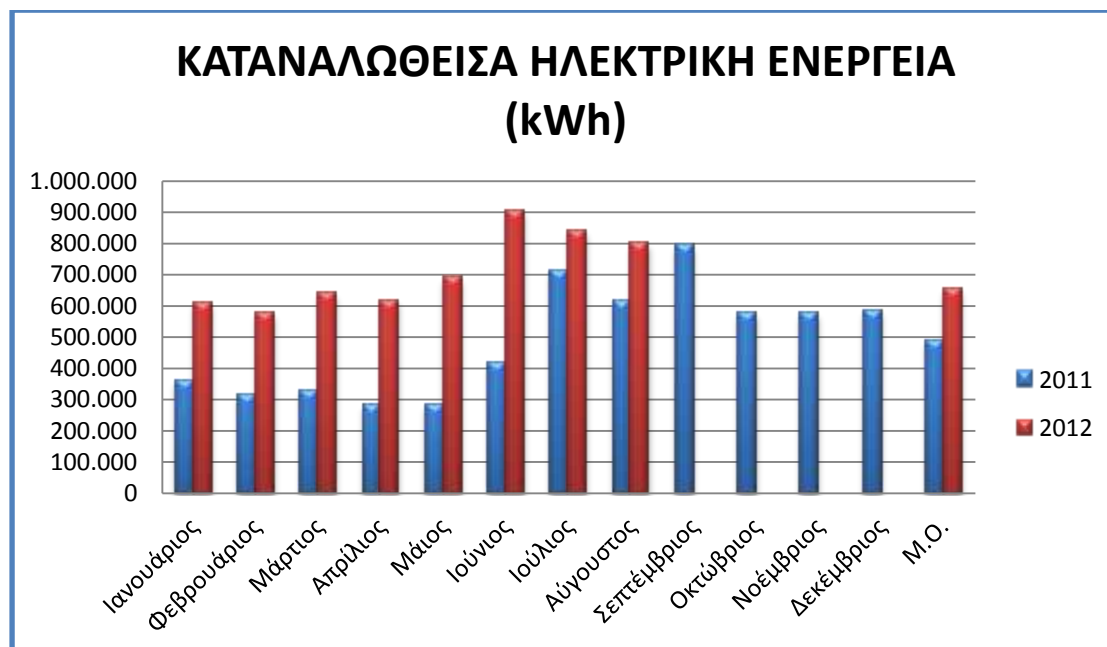


Διάγραμμα 8.4 Μηνιαία διακύμανση καταγραφείσας μέγιστης ισχύος για το 2012

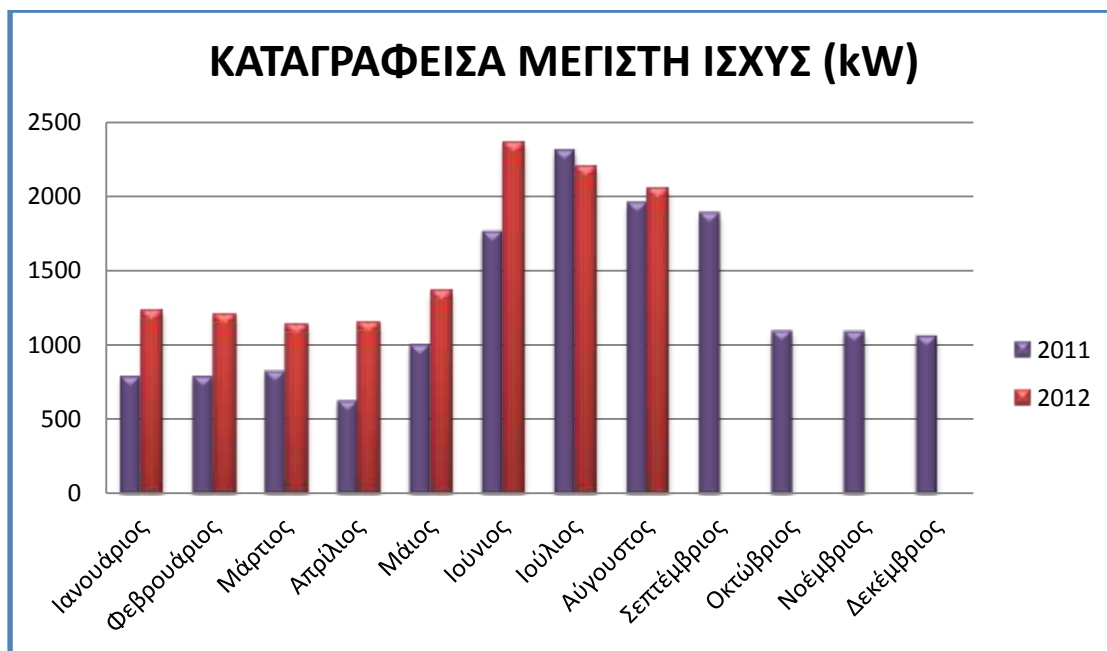
Στη συνέχεια θα κάνουμε σύγκριση των τιμών για τα δυο αυτά έτη ώστε να έχουμε ένα προφίλ το οποίο να αντιπροσωπεύει τις ανάγκες του νοσοκομείου για ηλεκτρισμό.

| Έτος | ΚΑΤΑΝΑΛΩΘΕΙΣΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh) | | ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙΣΑ ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (kW) | | συνφ |
|----------------------------|--|------------------|---------------------------------|-------|-------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | |
| Ιανουάριος | 360.000 | 608.000 | 789 | 1.232 | 1,00 |
| Φεβρουάριος | 312.000 | 576.000 | 790 | 1.206 | 1,00 |
| Μάρτιος | 328.000 | 640.000 | 825 | 1.136 | 1,00 |
| Απρίλιος | 280.000 | 616.000 | 625 | 1.141 | 1,00 |
| Μάιος | 280.000 | 688.000 | 1.002 | 1.362 | 1,00 |
| Ιούνιος | 416.000 | 904.000 | 1.758 | 2.366 | 1,00 |
| Ιούλιος | 712.000 | 840.000 | 2.306 | 2.199 | 1,00 |
| Αύγουστος | 616.000 | 800.000 | 1.956 | 2.050 | 1,00 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | | 1.887 | | 1,00 |
| Οκτώβριος | 576.000 | | 1.094 | | 1,00 |
| Νοέμβριος | 576.000 | | 1.090 | | 1,00 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | | 1.060 | | 1,00 |
| Σύνολο | 5.832.000 | 3.920.000 | | | |
| Μηνιαίος Μέσος Όρος | 486.000 | 653.333 | | | 1,00 |

Πίνακας 8.9 Μηνιαία καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων για το 2012



Διάγραμμα 8.5 Σύγκριση μηνιαίας καταναλωθείσας ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2011 - 2012



Διάγραμμα 8.6 Σύγκριση μηνιαίας διακύμανσης καταγραφείσας μέγιστης ισχύος για τα έτη 2011 - 2012

Για να έχουμε ασφαλέστερα συμπεράσματα θα θεωρήσουμε σαν σωστό δείγμα καταναλώσεων για ένα έτος, τους μήνες από Σεπτέμβριο μέχρι Δεκέμβριο του 2011 και από Ιανουάριο μέχρι Αύγουστο του 2012.

8.5.2 Κατανάλωση Φυσικού Αερίου

Η κάλυψη των θερμικών φορτίων, όπως είδαμε νωρίτερα, γίνεται με την χρήση των λεβήτων (No1 και No2) οι οποίοι καταναλώνουν φυσικό αέριο. Στον παρακάτω πίνακα καταγράφουμε την μηνιαία κατανάλωση φυσικού αερίου για το 2010, 2011 και 2012 αλλά και την κατανάλωση θερμικής ενέργειας

| Έτος | ΚΑΤΑΝΑΛΩΘΕΝ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (Nm ³) | | | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MWh) | | |
|----------------------------|---|----------------|----------------|-------------------------------------|------------------|------------------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Ιανουάριος | | 99.224 | 197.268 | | 1.136,879 | 2.321,966 |
| Φεβρουάριος | | 90.640 | 179.133 | | 1.039,184 | 2.113,363 |
| Μάρτιος | | 107.001 | 175.482 | | 1.252,154 | 2.049,057 |
| Απρίλιος | | 61.659 | 99.462 | | 722,874 | 1.153,489 |
| Μάιος | | 34.119 | 65.106 | | 392,200 | 748,792 |
| Ιούνιος | 25.199 | 30.766 | 50.115 | 288,562 | 364,427 | 575,491 |
| Ιούλιος | 23.571 | 26.392 | 45.270 | 269,913 | 306,654 | 523,214 |
| Αύγουστος | 24.935 | 35.208 | 45.294 | 285,531 | 413,514 | 523,500 |
| Σεπτέμβριος | 26.824 | 60.562 | | 307,163 | 691,803 | |
| Οκτώβριος | 31.931 | 92.497 | | 365,642 | 1.053,671 | |
| Νοέμβριος | 63.632 | 173.246 | | 728,659 | 1.989,749 | |
| Δεκέμβριος | 84.810 | 162.131 | | 971,170 | 1.866,205 | |
| Σύνολο | 280.902 | 973.445 | 857.130 | 3.216,64 | 11.229,31 | 10.008,87 |
| Μηνιαίος Μέσος Όρος | 40.128 | 81.120 | 107.141 | 459,520 | 935,776 | 1251,11 |

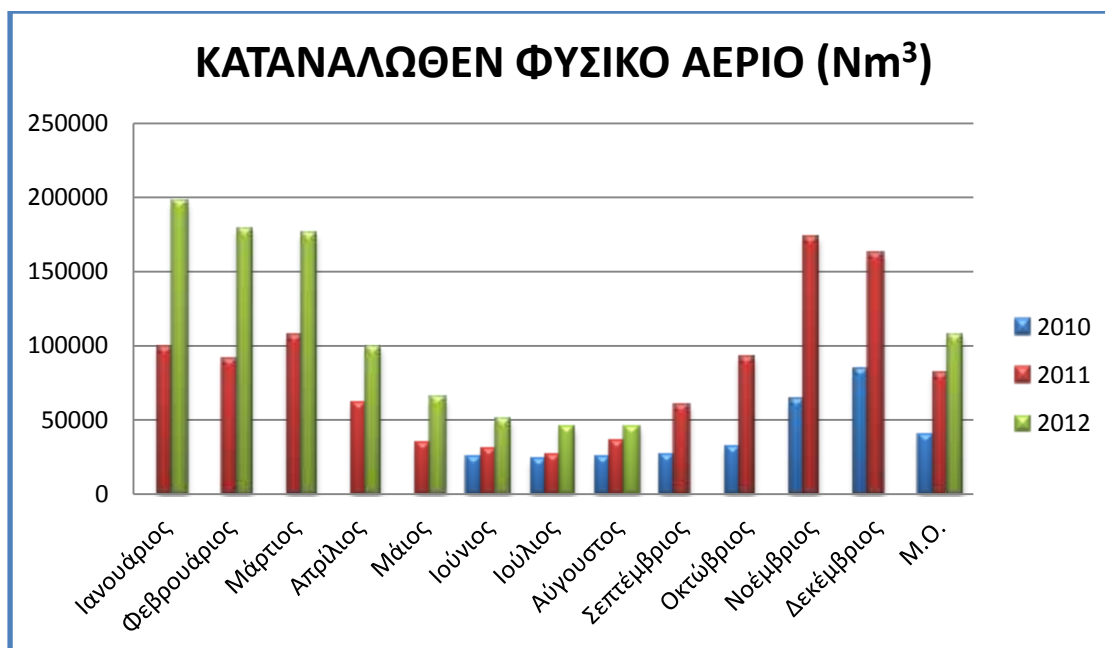
Πίνακας 8.10 Μηνιαία κατανάλωση φυσικού αερίου για την κάλυψη των θερμικών φορτίων για το 2010, 2011 και 2012

Ο υπολογισμός της θερμικής ενέργειας έχει γίνει από την ΕΠΑ Αττικής και φαίνεται απευθείας από τους μηνιαίους λογαριασμούς. Η σχέση που χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό τους είναι η εξής:

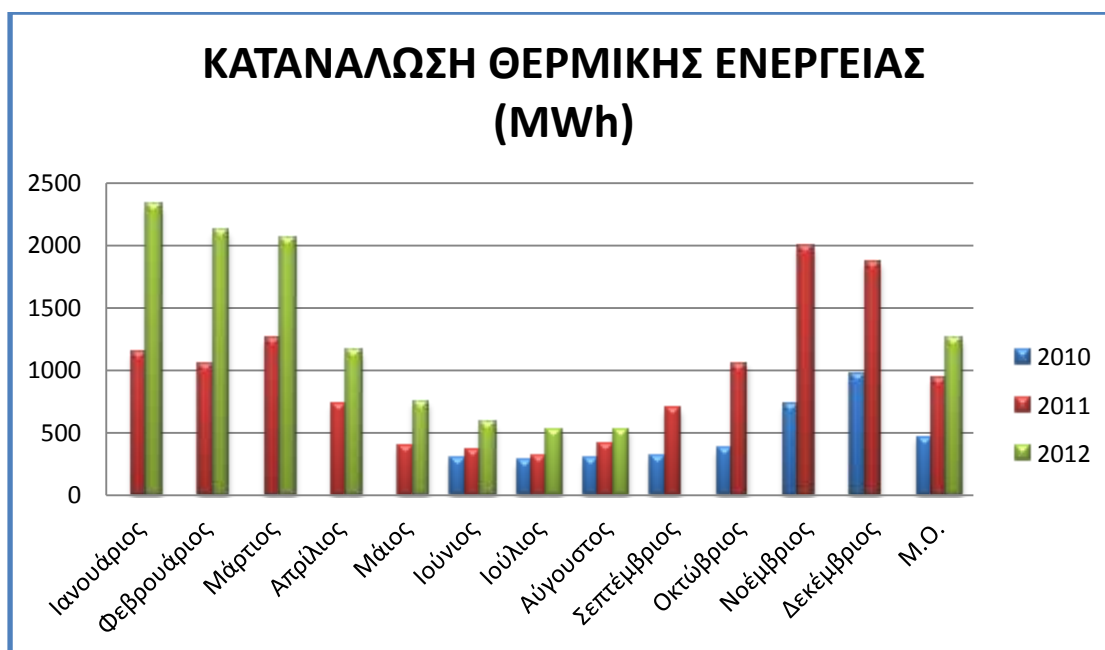
$$\text{Ωφέλιμη θερμική ενέργεια (MWh)} = \text{Παροχή (Nm}^3\text{)} \times \text{Α.Θ.Δ.} \left(\frac{\text{MWh}}{\text{Nm}^3} \right)$$

Όπου:

Α.Θ.Δ. Ανώτερη Θερμογόνο Δύναμη του φυσικού αερίου για την τρέχουσα περίοδο έκδοσης του λογαριασμού



Διάγραμμα 8.7 Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης φυσικού αερίου για τα έτη 2010 - 2011 - 2012



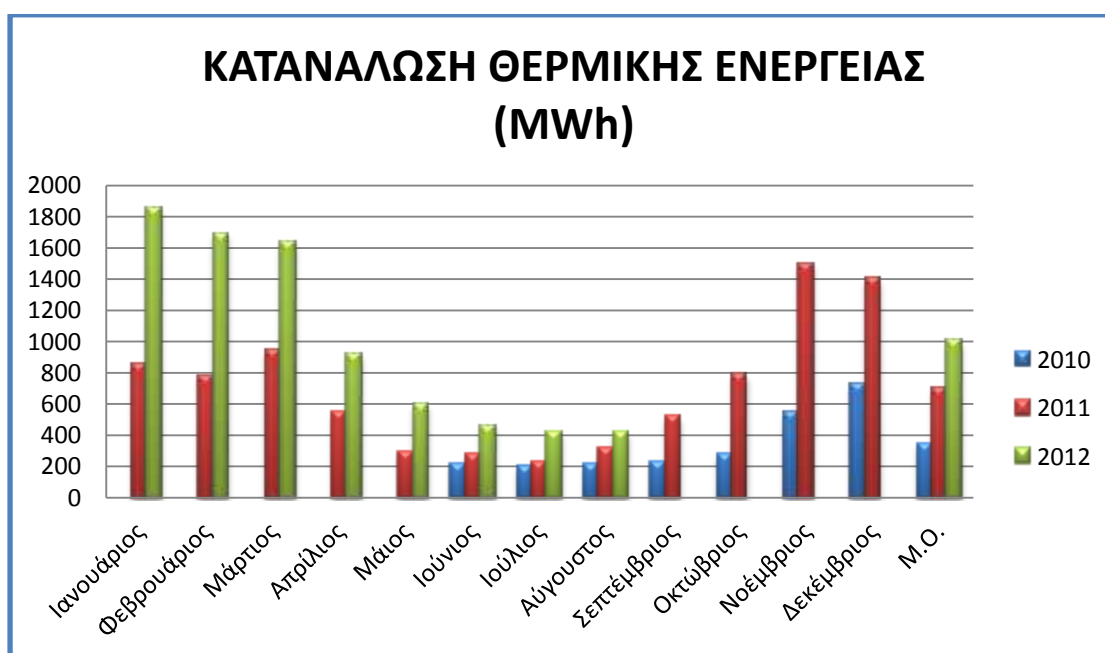
Διάγραμμα 8.8 Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για τα έτη 2010 - 2011 - 2012

Από ότι φαίνεται από τα διαγράμματα η λειτουργία της Νεας Πτέρυγας έχει επίδραση και στην κατανάλωση της θερμικής ενέργειας. Μια ακόμα διαπίστωση είναι ότι σε αντίθεση με την ηλεκτρική κατανάλωση, η θερμική μεγιστοποιείται κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών, κυρίως λόγω των αναγκών για θέρμανση των χώρων. Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας που έχουμε σαν δεδομένο από τους λογαριασμούς της ΕΠΑ Αττικής δεν πρέπει να ταυτίζεται με την κατανάλωση

ωφέλιμης θερμικής ενέργεια από το νοσοκομείο. Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την κατανάλωση της ωφέλιμης πρέπει να γνωρίζουμε την απόδοση της συνολικής εγκατάστασης των λεβήτων με το δίκτυο. Για την περίπτωση μας δίνεται από εκτιμήσεις της Τεχνικής Υπηρεσίας ότι έχει βαθμό απόδοσης 75%

| Έτος | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MWh) | | | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΩΦΕΛΙΜΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MWh) | | |
|----------------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|--|------------------|-----------------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Ιανουάριος | | 1.136,879 | 2.321,966 | | 852,659 | 1.857,573 |
| Φεβρουάριος | | 1.039,184 | 2.113,363 | | 779,388 | 1.690,690 |
| Μάρτιος | | 1.252,154 | 2.049,057 | | 939,115 | 1.639,246 |
| Απρίλιος | | 722,874 | 1.153,489 | | 542,155 | 922,791 |
| Μάιος | | 392,200 | 748,792 | | 294,150 | 599,034 |
| Ιούνιος | 288,562 | 364,427 | 575,491 | 216,421 | 273,320 | 460,393 |
| Ιούλιος | 269,913 | 306,654 | 523,214 | 202,434 | 229,990 | 418,571 |
| Αύγουστος | 285,531 | 413,514 | 523,500 | 214,148 | 310,135 | 418,800 |
| Σεπτέμβριος | 307,163 | 691,803 | | 230,372 | 518,852 | |
| Οκτώβριος | 365,642 | 1.053,671 | | 274,231 | 790,253 | |
| Νοέμβριος | 728,659 | 1.989,749 | | 546,494 | 1.492,312 | |
| Δεκέμβριος | 971,170 | 1.866,205 | | 728,377 | 1.399,654 | |
| Σύνολο | 3.216,64 | 11.229,31 | 10.008,87 | 2412,48 | 8.421,986 | 8.007,10 |
| Μηνιαίος Μέσος Όρος | 459,520 | 935,776 | 1251,11 | 344,64 | 701,8321 | 1000,887 |

Πίνακας 8.11 Μηνιαία κατανάλωση θερμικής ενέργειας και ωφέλιμης θερμικής ενέργειας για την κάλυψη των θερμικών φορτίων για το 2010, 2011 και 2012



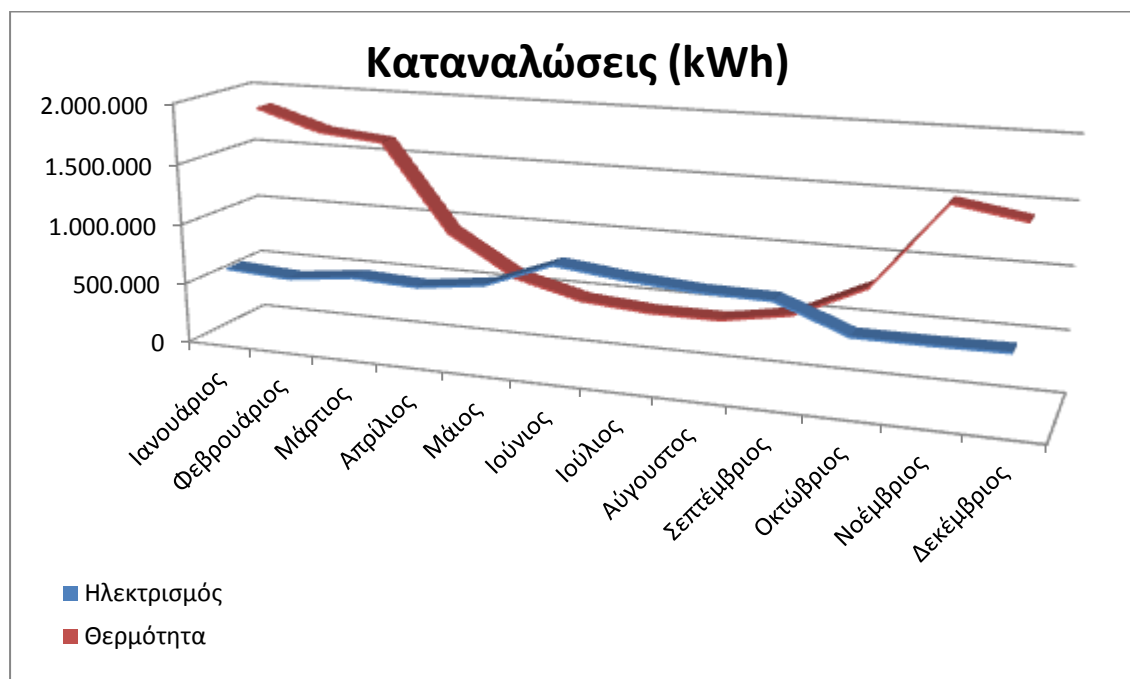
Διάγραμμα 8.9 Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας και ωφέλιμης θερμικής ενέργειας για τα έτη 2010 - 2011 - 2012

8.5.3 Καταναλώσεις Τυπικού Έτους

Στον παρακάτω πίνακα έχουμε τις καταναλώσεις ηλεκτρισμού και ωφέλιμης θερμικής ενέργειας για ένα τυπικό έτος (με την λειτουργία της Νέας πτέρυγας). Σαν τυπικό έτος ορίζουμε την περίοδο από Σεπτέμβριο 2011 μέχρι Αύγουστο 2012

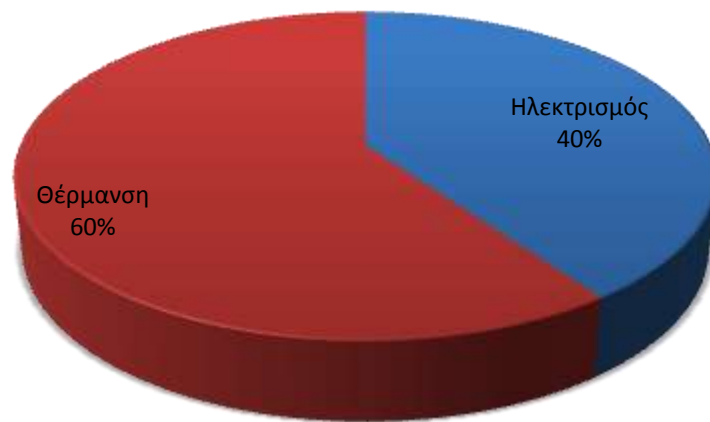
| Μήνας | ΚΑΤΑΝΑΛΩΘΕΙΣΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh) | ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙΣΑ ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (kW) | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΩΦΕΛΙΜΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh) |
|-------------|--|---------------------------------|--|
| Ιανουάριος | 608.000 | 1.232 | 1.857.573 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 1.206 | 1.690.690 |
| Μάρτιος | 640.000 | 1.136 | 1.639.246 |
| Απρίλιος | 616.000 | 1.141 | 922.791 |
| Μάιος | 688.000 | 1.362 | 599.034 |
| Ιούνιος | 904.000 | 2.366 | 460.393 |
| Ιούλιος | 840.000 | 2.199 | 418.571 |
| Αύγουστος | 800.000 | 2.050 | 418.800 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 1.887 | 518.852 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 1.094 | 790.253 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 1.090 | 1492.312 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 1.060 | 1.399.654 |

Πίνακας 8.12 Μηνιαίες καταναλώσεις ενός τυπικού ημερολογιακού έτους



Διάγραμμα 8.10 Σύγκριση μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και ωφέλιμης θερμικής ενέργειας για ένα τυπικό έτος

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (kWh)



Διάγραμμα 8.11 Σύγκριση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και ωφέλιμης θερμικής ενέργειας για ένα τυπικό έτος

8.5.4 Ηλεκτρική κατανάλωση κλιματισμού

Ο υπολογισμός της ηλεκτρικής ενέργειας που προορίζεται για κλιματισμό είναι ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία καθώς το νοσοκομείο έχει πολλές μεμονωμένες μονάδες (split) οι οποίες λειτουργούν υπ' ευθύνη του χρήστη του χώρου. Οι μεγάλες κλιματιστικές δεν έχουν δικό τους ρολόι κατανάλωσης, επομένως τα δεδομένα του ηλεκτρισμού συμπεριλαμβάνουν όλες τις καταναλώσεις του νοσοκομείου. Από τη Τεχνική Υπηρεσία του νοσοκομείου έχει γίνει εκτίμηση των καταναλώσεων του κλιματισμού σε σχέση με την συνολική κατανάλωση.

| Μήνας | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh) | ΠΟΣΟΣΤΟ ΧΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ (%) | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ (kWh) |
|-------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Ιανουάριος | 608.000 | 5 | 30.400 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 5 | 28.800 |
| Μάρτιος | 640.000 | 5 | 32.000 |
| Απρίλιος | 616.000 | 5 | 30.800 |
| Μάιος | 688.000 | 5 | 34.400 |
| Ιούνιος | 904.000 | 35 | 316.400 |
| Ιούλιος | 840.000 | 35 | 294.000 |
| Αύγουστος | 800.000 | 30 | 240.000 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 25 | 198.000 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 5 | 28.800 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 5 | 28.800 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 5 | 29.200 |
| Σύνολο | 8.200.000 | | 1.291.600 |

Πίνακας 8.13 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό και συντελεστής χρήσης

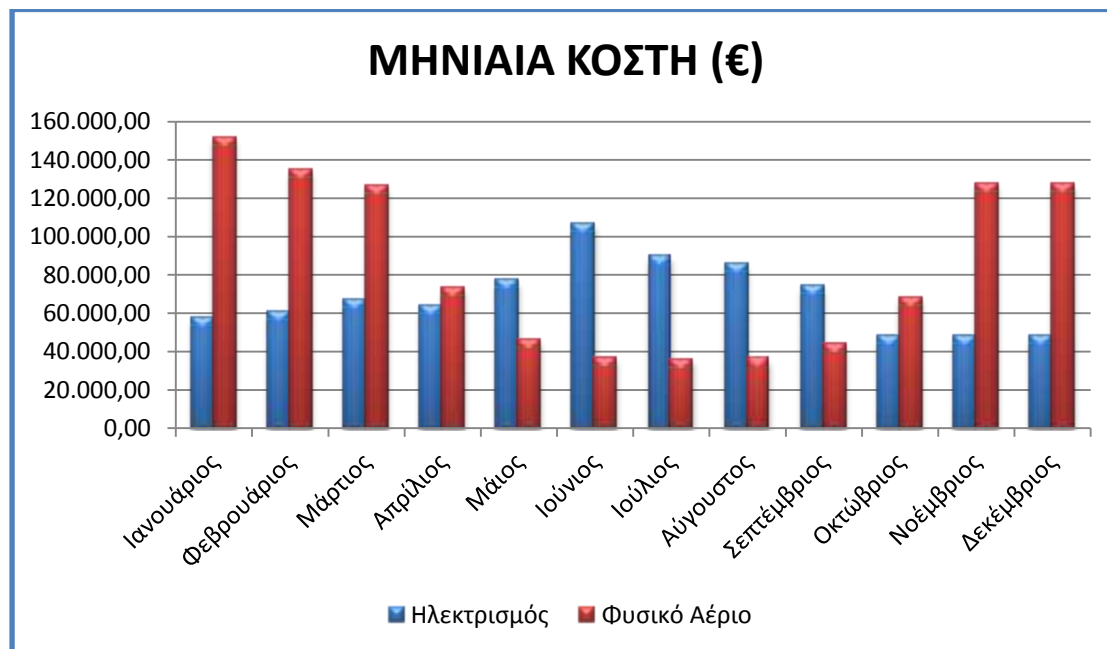
8.6 Κόστος συμβατικής λύσης

Το κόστος για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νοσοκομείου προκύπτει από τους λογαριασμούς που διατηρεί στο αρχείο της η Τεχνική Υπηρεσία. Ο ηλεκτρισμός από την ΔΕΗ και το φυσικό αέριο από την ΕΠΑ Αττικής. Έτσι έχουμε τα παρακάτω κόστη.

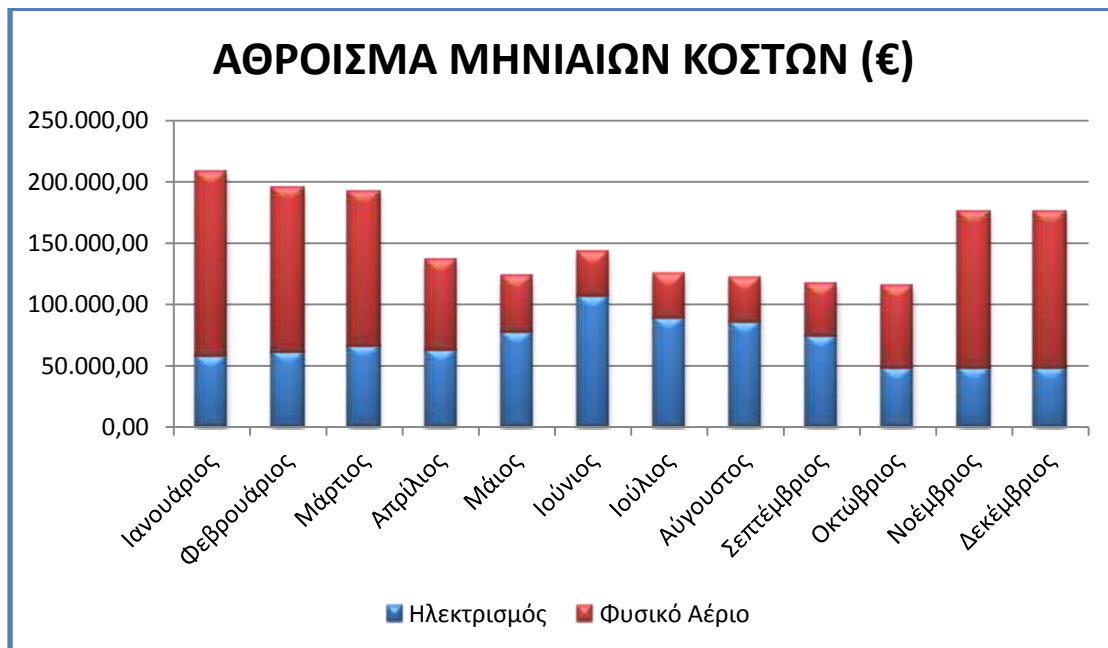
| Μήνας | ΚΟΣΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€) | ΚΟΣΤΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (€) |
|---------------|---------------------------------|---------------------------|
| Ιανουάριος | 57.285,55 | 151.426 |
| Φεβρουάριος | 60.786,70 | 134.231 |
| Μάρτιος | 66.279,41 | 126.027 |
| Απρίλιος | 63.442,90 | 73.366 |
| Μάιος | 76.624,86 | 46.249 |
| Ιούνιος | 106.260,15 | 36.355 |
| Ιούλιος | 89.589,16 | 35.818 |
| Αύγουστος | 85.323,01 | 36.005 |
| Σεπτέμβριος | 73.868,25 | 43.458,01 |
| Οκτώβριος | 47.525,03 | 68.211,91 |
| Νοέμβριος | 47.508,23 | 127.598,57 |
| Δεκέμβριος | 47.844,15 | 126.992,46 |
| Σύνολο | 822.337 | 1.005.738 |

Πίνακας 8.14 Συγκεντρωτικός πίνακας από τα ποσά τα οποία καταβλήθηκαν για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών

Επομένως το συνολικό ενεργειακό κόστος του νοσοκομείου είναι



Διάγραμμα 8.12 Μηνιαία κόστη για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών του νοσοκομείου για την διάρκεια ενός τυπικού έτους



Διάγραμμα 8.13 Άθροισμα μηνιαίων κοστών για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών του νοσοκομείου για την διάρκεια ενός τυπικού έτους



Διάγραμμα 8.14 Σύγκριση ετήσιας δαπάνης για ηλεκτρική ενέργεια και φυσικό αέριο για ένα τυπικό έτος

8.7 Περιβαλλοντικό κόστος

Η ενεργειακές καταναλώσεις του νοσοκομείου έχουν και περιβαλλοντικό κόστος από τις εκπομπές αερίων ρύπων. Για να μπορέσουμε στη συνέχεια να κάνουμε σύγκριση των λύσεων με την υπάρχουσα κατάσταση, πρέπει να υπολογίσουμε τις ετήσιες εκπεμπόμενες ποσότητες.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή ρύπων από τους κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η κατανάλωση καυσίμου στους λέβητες, η καύση του οποίου σε τοπική κλίμακα εκπέμπει ρύπους, αφορά την κάλυψη των θερμικών φορτίων του νοσοκομείου στην περίπτωση της συμβατικής λύσης.

| Ρύπος | Συντελεστής εκπομπής ρύπου λόγω παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (kg/MWh) | Συντελεστής εκπομπής ρύπου λόγω κατανάλωσης φυσικού αερίου στους λέβητες του Νοσοκομείου (kg/MWh _{LHV}) |
|------------------|---|---|
| CO ₂ | 850 | 196,31 |
| SO ₂ | 15,5 | 0 |
| CO | 0,18 | 0,024 |
| NO _x | 1,2 | 0,152 |
| HC | 0,05 | 0,0058 |
| Στερεά Σωματίδια | 0,8 | 0,00724 |

Πίνακας 8.15 Συντελεστές εκπομπών αερίων ρύπων

| Ρύπος | Εκπεμπόμενες ποσότητες λόγω παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (kg/έτος) | Εκπεμπόμενες ποσότητες λόγω κατανάλωσης φυσικού αερίου στους λέβητες του Νοσοκομείου (kg/έτος) | Συνολική εκπεμπόμενη ποσότητα ρύπων για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (kg/έτος) |
|------------------|--|--|--|
| CO ₂ | 6.970.000,00 | 3.064.457,99 | 10.034.457,99 |
| SO ₂ | 127.100,00 | - | 127.100,00 |
| CO | 1.476,00 | 374,65 | 1.850,65 |
| NO _x | 9.840,00 | 2.372,77 | 12.212,77 |
| HC | 410 | 90,54 | 500,54 |
| Στερεά Σωματίδια | 6.560,00 | 113,02 | 6.673,02 |

Πίνακας 8.16 Ετήσιες εκπομπές ρύπων από την συμβατική λύση

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων ρύπων από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής έχει γίνει θεωρώντας ότι ο μέσος βαθμός απόδοσης του δικτύου είναι 37%

8.8 Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας

Πριν ξεκινήσουμε την μελέτη για εγκατάσταση τριπαραγωγής επιβάλλεται να εξετάσουμε όλα τα πιθανά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Κάτι τέτοιο έχει σαν σκοπό να μειώσει τα φορτία τα οποία παρουσιάζονται, με αποτέλεσμα να επιλεγούν μικρότερες μηχανές για την εγκατάσταση μας. Ορισμένες σημαντικές ελλείψεις και πιθανά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας είναι τα παρακάτω:

- Ⓢ Οι θερμοστάτες στα δωμάτια μπορούν να ρυθμίσουν την θερμοκρασία του χώρου. Δεν υπάρχει λόγος να παρατηρείται το σύννηθες φαινόμενο οι ασθενείς να ανοίγουν παράθυρα όταν υπερθερμαίνονται τα δωμάτια.
- Ⓢ Οι κλιματιστικές συσκευές διαιρούμενου τύπου (split units), οι οποίες είναι ανεξέλεγκτα τοποθετημένες, ελέγχονται τοπικά και παρέχουν μόνο ψύξη ή θέρμανση χωρίς να καλύπτουν τις απαιτούμενες συνθήκες ανέσεως (έλεγχος σχετικής υγρασίας, ποιότητα, ανανέωσης και ταχύτητας προσαγωγής του αέρα, κ.λ.π). Η λειτουργία τους είναι ανεξέλεγκτη και εξαρτάται από τους ασθενείς και τους επισκέπτες. Η μονάδα εντατικής θεραπείας, τα χειρουργεία, τα εξωτερικά ιατρεία, τα έκτακτα περιστατικά και τα δωμάτια νοσηλείας έχουν όλα διαφορετικές απαιτήσεις όσον αφορά τον κλιματισμό. Η βελτίωση στον κλιματισμό με αντικατάσταση των split units με κεντρικό σύστημα κλιματισμού (αερόψυκτο ή υδρόψυκτο σύστημα παραγωγής ψυχρού νερού) θα οδηγούσε πιθανόν σε μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που μεταβάλλει τις ενεργειακές απαιτήσεις του νοσοκομείου σε ηλεκτρισμό.
- Ⓢ Στα νοσοκομεία η μέση ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης είναι σημαντική. Οι κλιματολογικές συνθήκες της Αττικής είναι ευνοϊκές για την εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων με σκοπό την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Μια τέτοια εγκατάσταση πιθανόν να οδηγούσε σε εξοικονόμηση καυσίμου και κόστους.

Επιπλέον άλλα σημαντικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας είναι τα παρακάτω:

- Ⓢ Μόνωση των λεβήτων
- Ⓢ Μόνωση δικτύου διανομής ατμού και ζεστού νερού
- Ⓢ Εισαγωγή νέων τεχνολογιών, όπως ηλιακά συστήματα ή ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας
- Ⓢ Μόνωση των ελλειπών μονωμένων στοιχείων του κτιριακού κελύφους
- Ⓢ Χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης

- © Συστήματα ελέγχου φωτισμού (π.χ. χρονοσυστήματα, ανιχνευτές παρουσίας)

Για διευκόλυνση της μελέτης θα θεωρήσουμε ότι οι παραπάνω βελτιώσεις έχουν πραγματοποιηθεί. Η παραδοχή αυτή γίνεται καθώς για να μπορέσουμε να έχουμε ασφαλή αποτελέσματα από τις επεμβάσεις μας θα έπρεπε να περιμέναμε τουλάχιστον ένα ημερολογιακό έτος για να προβούμε στην μελέτη τριπαραγωγής.

Κεφάλαιο 9^ο

Επιλογή συστήματος τριπαραγωγής και οικονομοτεχνική μελέτη

9.1 Επιλογή συστήματος τριπαραγωγής

9.1.1 Τα κριτήρια επιλογής του συστήματος

Τα κριτήρια επιλογής ενός συστήματος τριπαραγωγής για μια συγκεκριμένη εφαρμογή είναι περίπλοκα και επηρεάζονται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες. Οι δύο βασικότεροι είναι τα ηλεκτρικά και τα θερμικά φορτία του κτηρίου όσον αφορά τις μεταβολές τους συναρτήσει του χρόνου. Οι δυο αυτοί παράγοντες όμως συνδέονται άμεσα με την τιμή αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας και την τιμή του καυσίμου.

Το μέγεθος της ηλεκτρικής ισχύος των μονάδων τριπαραγωγής προσδιορίζεται έτσι ώστε να καλύπτει το βασικό θερμικό φορτίο Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα είναι προτιμότερο να επιδεχθεί μικρότερο μέγεθος μονάδας παρά να υπερδιαστασιοποιηθεί, έτσι ώστε να μεγιστοποιήσουμε τις ώρες που θα λειτουργήσει σε πλήρες φορτίο. (συμφέρουσα λύση τουλάχιστον 4.500 ώρες/έτος).. Όμως το σημαντικότερο κριτήριο από όλα είναι ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (P/R) καθώς η σχέση αυτή συναρτάται προς τον ολικό βαθμό απόδοσης του συστήματος.

Στην τελική μας επιλογή πρέπει επιπροσθέτως να συνεκτιμήσουμε τα εξής:

- Ⓢ Την διαθεσιμότητα του καυσίμου (Φυσικό αέριο)
- Ⓢ Την απαιτούμενη πίεση ατμού
- Ⓢ Την μηχανική απόδοση
- Ⓢ Την διαθεσιμότητα του υπάρχοντος εξοπλισμού και υποδομών
- Ⓢ Τις απαιτήσεις συντήρησης
- Ⓢ Την ποσότητα των εκπεμπόμενων ρύπων
- Ⓢ Τις τροποποιήσεις στο δίκτυο του παραγόμενου ατμού

9.1.2 Διαστασιολόγηση του συστήματος

Η σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος είναι το πιο σημαντικό κομμάτι της μελέτης καθώς από μια υπερδιαστασιολόγηση η όλη επένδυση μπορεί να αποδειχτεί αποτυχημένη.

Στο νοσοκομείο ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR) είναι εντός των ορίων των παλινδρομικών μηχανών εσωτερικής καύσης. Εφόσον έχουμε την δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου θα επιλέξουμε την κατηγορία των αεριομηχανών. Στην παρούσα διπλωματική δεν εξετάζεται ο ατμοστρόβιλος λόγω του υψηλού κόστους κτήσης και συντήρησης, καθώς και της πολυπλοκότητας της εγκατάστασης. Άλλα ούτε και το σύστημα του αεριοστρόβιλου για τους ίδιους λόγους.

Η μονάδα τριπαραγωγής που θα επιλέχθει θα έχει σαν στόχο να ικανοποιήσει τα ηλεκτρικά φορτία του νοσοκομείου. Βάση του νέου νόμου για συμπαραγωγή, για να υπάρξει ευνοϊκή τιμή αγοράς ηλεκτρισμού από την ΔΕΗ (χαρακτηρισμός ΣΥΘΥΑ) πρέπει το σύστημα να έχει συνολικό βαθμό απόδοσης μεγαλύτερο του 68% (ΥΑ 889/2012)

Η πλεονάζουσα θερμική ενέργεια θα αποθηκεύεται στα μέσα που ήδη διαθέτει το νοσοκομείο κατά τους χειμερινούς μήνες και κατά τους θερινούς μέσω ψυκτών απορρόφησης θα καλύπτονται τα απαιτούμενα φορτία ψύξης του νοσοκομείου.

9.1.3 Παραδοχές

Για να μην γίνει ιδιαίτερα σύνθετο το μοντέλο και να διευκολυνθεί η μελέτη έγιναν ορισμένες παραδοχές, οι οποίες εναρμονίζονται με τις τιμές που δίνονται από την διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία.

- ⊙ Οι τυπικές καταναλώσεις έτους προκύπτουν από τα δεδομένα μόνο ενός έτους (Κεφάλαιο 8^ο). Για να προκύψουν ασφαλή αποτελέσματα είναι απαραίτητο να γίνει ενεργειακή επιθεώρηση του νοσοκομείου και να συλλεχτούν δεδομένα τουλάχιστον δυο ημερολογιακών ετών.
- ⊙ Η επιλογή της μονάδας συμπαραγωγής και οι βέλτιστες ώρες λειτουργίας δεν υπολογίζονται μέσω της καμπύλης διάρκειας φορτίου, αλλά με δοκιμές μονάδων με διαφορετική εγκατεστημένη ισχύ.
- ⊙ Η επιλογή του τύπου της μονάδας συμπαραγωγής προκύπτει εξετάζοντας τον λόγο ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHR) των ενεργειακών καταναλώσεων του νοσοκομείου ο οποίος είναι $PHR = 1,52$. Βάση της βιβλιογραφίας ο λόγος παραπέμπει σε μηχανές εσωτερικής καύσης και εφόσον το διαθέσιμο μέσο καύσης είναι το φυσικό αέριο επιλέγονται οι αεριομηχανές (gas engines).

- Ⓔ Το μέγεθος του ψύκτη απορρόφησης θεωρείται ότι δεν πρέπει να υπερβαίνει το 50% των απαιτούμενων ψυκτικών φορτίων, ώστε να καλύπτονται μόνο τα φορτία βάσης, δηλαδή δυνατότητα εγκατάστασης μέχρι ψύκτη 320 RT.
- Ⓔ Ο συντελεστής COP των ψυκτών λαμβάνεται ίσος με 0,7 και οι μετατροπές για τα ψυκτικά φορτία λαμβάνονται ως, $1 \text{ RT} = 1,1 \text{ kWe}$ και $1 \text{ RT} = 3,516 \text{ kWth}$.
- Ⓔ Οι ώρες λειτουργίας του κλιματισμού με βάση τα δεδομένα του Κεφαλαίου 8 της παρούσας εργασίας υπολογίζονται να κυμαίνονται περίπου στις 1500 ώρες ανά έτος και κατανέμονται με βάση τον πίνακα 8.13.
- Ⓔ Το κόστος φυσικού αερίου (€/kWh) για καύση στους λέβητες του νοσοκομείου έχει υπολογιστεί σαν η μέση τιμή του τυπικού έτους που θεωρήσαμε στο Κεφάλαιο 8 της παρούσας εργασίας, δηλαδή 0,0644278 €/kWh ή 64,4278 (€/MWh).
- Ⓔ Το κόστος φυσικού αερίου (€/kWh) για καύση στο σύστημα συμπαραγωγής του νοσοκομείου έχει υπολογιστεί σαν η μέση τιμή του τυπικού έτους που θεωρήσαμε στο Κεφάλαιο 8 της παρούσας εργασίας, με την διαφορά ότι λόγω διαφορετικής τιμολογιακής πολιτικής της ΕΠΑ διαμορφώνεται για τους μήνες Οκτώβριο μέχρι και Απρίλιο 5% λιγότερο, δηλαδή 0,0612064 €/kWh ή 61,2064 (€/MWh) και για τους μήνες Μάιο μέχρι και Σεπτέμβριο 15% λιγότερο, δηλαδή 0,0547636 €/kWh ή 54,7636 (€/MWh)
- Ⓔ Η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας προς την ΔΕΗ έχει υπολογιστεί βάση της κείμενης νομοθεσίας συναρτήσει της τιμής πώλησης φυσικού αερίου για συμπαραγωγή, δηλαδή 0,169480 €/kWh
- Ⓔ Το κόστος αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο της ΔΕΗ έχει υπολογιστεί σαν η μέση τιμή του τυπικού έτους που θεωρήσαμε στο Κεφάλαιο 8 της παρούσας εργασίας έχοντας ενοποιήσει το κόστος ισχύος και ενέργειας, δηλαδή 0,100285 €/kWh
- Ⓔ Στις παραπάνω τιμές δεν έχει υπολογιστεί καθόλου το ΦΠΑ και λοιπές κρατήσεις ή φόροι.
- Ⓔ Η υπάρχουσα απόδοση του συστήματος και του δικτύου διανομής έχει ληφθεί ίση με 80%, σύμφωνα με υπολογισμούς της Τεχνικής Υπηρεσίας του νοσοκομείου.
- Ⓔ Το κόστος συντήρησης ενός συστήματος συμπαραγωγής έχει ληφθεί ίσο με 0,0105 (€/kWh)
- Ⓔ Το κόστος αγοράς ενός συστήματος συμπαραγωγής έχει ληφθεί ίσο με 1025 (€/kW)

- Ⓒ Το κόστος αγοράς ενός ψύκτη απορρόφησης έχει ληφθεί ίσο με 1000 (€/RT)
- Ⓒ Η αμοιβή των συμβούλων για κάθε σενάριο υπολογισμού έχει υπολογιστεί σταθερή και ίση με 60.000 €
- Ⓒ Τα απρόβλεπτα, λόγω των παραπάνω θεωρήσεων, έχουν υπολογιστεί προσθέτοντας 15% στο μερικό σύνολο του κόστους επένδυσης
- Ⓒ Οι συντελεστές για τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων ρύπων δίνονται στο Κεφάλαιο 8 της παρούσας διπλωματικής εργασίας.
- Ⓒ Για τον υπολογισμό της Καθαρής Παρούσας αξίας έχει ληφθεί επιτόκιο αναγωγής $d=8\%$ το $SVn=0$ και ο χρόνος ζωής της επένδυσης $N=20$ χρόνια
- Ⓒ Οι μονάδες συμπαραγωγής έχουν ληφθεί από τον κατάλογο της εταιρίας COGENCO Ltd
- Ⓒ Η κατανομή των ωρών λειτουργίας ανά μήνα, για το κάθε σενάριο, έχει υπολογιστεί συναρτήσει του συντελεστή χρήσης του ηλεκτρισμού δηλαδή:

| Μήνας | Συντελεστής χρήσης Ηλεκτρισμού |
|-------------|--------------------------------------|
| Ιανουάριος | 0,074146341 |
| Φεβρουάριος | 0,070243902 |
| Μάρτιος | 0,07804878 |
| Απρίλιος | 0,075121951 |
| Μάιος | 0,083902439 |
| Ιούνιος | 0,110243902 |
| Ιούλιος | 0,102439024 |
| Αύγουστος | 0,097560976 |
| Σεπτέμβριος | 0,096585366 |
| Οκτώβριος | 0,070243902 |
| Νοέμβριος | 0,070243902 |
| Δεκέμβριος | 0,071219512 |
| Σύνολο | 1 |

Πίνακας 9.1 Συντελεστής χρήσης ηλεκτρισμού

Και ως εκ τούτου προκύπτει η παρακάτω κατανομή ωρών (οι τιμές 5000 ωρών, 6000 ωρών, κλπ αφορούν τις ώρες λειτουργίας της μονάδας συμπαραγωγής σε ετήσια βάση):

| Σενάριο | Έτος | 5000 ώρες | 5500 ώρες | 6000 ώρες |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ιανουάριος | 744 | 370,7317073 | 407,804878 | 444,8780488 |
| Φεβρουάριος | 672 | 351,2195122 | 386,3414634 | 421,4634146 |
| Μάρτιος | 744 | 390,2439024 | 429,2682927 | 468,2926829 |
| Απρίλιος | 720 | 375,6097561 | 413,1707317 | 450,7317073 |
| Μάιος | 744 | 419,5121951 | 461,4634146 | 503,4146341 |
| Ιούνιος | 720 | 551,2195122 | 606,3414634 | 661,4634146 |
| Ιούλιος | 744 | 512,195122 | 563,4146341 | 614,6341463 |
| Αύγουστος | 744 | 487,804878 | 536,5853659 | 585,3658537 |
| Σεπτέμβριος | 720 | 482,9268293 | 531,2195122 | 579,5121951 |
| Οκτώβριος | 744 | 351,2195122 | 386,3414634 | 421,4634146 |
| Νοέμβριος | 720 | 351,2195122 | 386,3414634 | 421,4634146 |
| Δεκέμβριος | 744 | 356,097561 | 391,7073171 | 427,3170732 |
| Σύνολο | 8760 | 5000 | 5500 | 6000 |

Πίνακας 9.2 Κατανομή ωρών ανά μήνα για κάθε σενάριο λειτουργίας (1)

| Σενάριο | 6500 ώρες | 7000 ώρες | 7500 ώρες | 8000 ώρες |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ιανουάριος | 481,9512195 | 519,0243902 | 556,097561 | 593,1707317 |
| Φεβρουάριος | 456,5853659 | 491,7073171 | 526,8292683 | 561,9512195 |
| Μάρτιος | 507,3170732 | 546,3414634 | 585,3658537 | 624,3902439 |
| Απρίλιος | 488,2926829 | 525,8536585 | 563,4146341 | 600,9756098 |
| Μάιος | 545,3658537 | 587,3170732 | 629,2682927 | 671,2195122 |
| Ιούνιος | 716,5853659 | 771,7073171 | 826,8292683 | 881,9512195 |
| Ιούλιος | 665,8536585 | 717,0731707 | 768,2926829 | 819,5121951 |
| Αύγουστος | 634,1463415 | 682,9268293 | 731,7073171 | 780,4878049 |
| Σεπτέμβριος | 627,804878 | 676,097561 | 724,3902439 | 772,6829268 |
| Οκτώβριος | 456,5853659 | 491,7073171 | 526,8292683 | 561,9512195 |
| Νοέμβριος | 456,5853659 | 491,7073171 | 526,8292683 | 561,9512195 |
| Δεκέμβριος | 462,9268293 | 498,5365854 | 534,1463415 | 569,7560976 |
| Σύνολο | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |

Πίνακας 9.3 Κατανομή ωρών ανά μήνα για κάθε σενάριο λειτουργίας (2)

Τονίζεται ότι η παρούσα διπλωματική εργασία είναι μια μελέτη σκοπιμότητας τριπαραγωγής και για να προχωρήσει κάποιος στην επένδυση (την εγκατάσταση ενός συστήματος τριπαραγωγής) πρέπει να προηγηθεί αναλυτικός σχεδιασμός του συστήματος.

9.2 Οικονομοτεχνική μελέτη

9.2.1 Προσδιορισμός βέλτιστης εγκατεστημένης ισχύος και ωρών λειτουργίας

Για την επιλογή της βέλτιστης μονάδας εγκατάστασης θα γίνουν δοκιμές διαφορετικών μονάδων συμπαραγωγής και ωρών λειτουργίας. Οι μονάδες οι οποίες επιλέχθηκαν έχουν διαφορά 100 kWe μεταξύ τους και είναι οι εξής:

| Μονάδα | Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | Θερμική Ισχύς (kWth) | Ισχύς καυσίμου (kW) | Ολικός Βαθμός Απόδοσης | Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | Θερμικός Βαθμός Απόδοσης |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 124 | 203 | 363 | 90,10% | 34,2 | 55,9 |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 238 | 359 | 667 | 89,50% | 35,7 | 53,8 |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 300 | 438 | 824 | 89,60% | 36,4 | 53,2 |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 400 | 613 | 1120 | 90,40% | 35,7 | 54,7 |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | 501 | 518 | 1298 | 78,50% | 38,6 | 39,9 |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 600 | 900 | 1659 | 90,40% | 36,2 | 54,2 |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 800 | 1223 | 2230 | 90,70% | 35,9 | 54,8 |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | 895 | 1246 | 2540 | 84,30% | 35,2 | 49,1 |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 1000 | 1250 | 2600 | 86,50% | 38,5 | 48,1 |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 1160 | 1442 | 2974 | 87,50% | 39,0 | 48,5 |
| 3 x CGC-0380MA-080-NG-50 | 3x380 | 3x 450 | 3x 1026 | 80.9% | 37,0 | 43,9 |

Πίνακας 9.4 Μονάδες συμπαραγωγής σεναρίων

Η επιλογή του σεναρίου «3 x CGC-0380MA-080-NG-50» έγινε ώστε να εξεταστεί ποιες διαφορές θα παρουσιάσουν δυο σενάρια με παραπλήσια εγκατεστημένη ισχύ, αλλά διαφορετικό ολικό βαθμό απόδοσης.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το σύστημα συμπαραγωγής προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τις ώρες λειτουργίας με την ηλεκτρική ισχύ του συστήματος συμπαραγωγής. Η παραγόμενη θερμική ενέργεια από το σύστημα συμπαραγωγής προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τις ώρες λειτουργίας με την θερμική ισχύ του συστήματος συμπαραγωγής.

Το έλλειμμα ηλεκτρικής (ή θερμικής) ενέργειας προκύπτει εάν από την παραγόμενη ηλεκτρική (ή θερμική) ενέργεια από το σύστημα συμπαραγωγής αφαιρεθεί η απαιτούμενη ηλεκτρική (ή θερμική) ενέργεια του νοσοκομείου. Στην περίπτωση που το αποτέλεσμα προκύπτει θετικό, τότε έχουμε πλεόνασμα.

Για λόγους οικονομίας χώρου θα γίνει αναλυτική περιγραφή μόνο για ένα από τα παραπάνω σενάρια. Τα αποτελέσματα από τα υπόλοιπα σενάρια υπάρχουν στο αντίστοιχο παράρτημα της παρούσας διπλωματικής.

9.2.1.1 Σενάριο 3 x 380 (1140) kW

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| Μονάδα | 3 x CGC-0380MA-080-NG-50 |
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 3x380 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 3x 450 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 3x 1026 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 80.9% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 37% |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 43,9% |

Πίνακας 9.5 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαραγωγής σεναρίου

Στους πίνακες από 9.6 μέχρι 9.13 υπολογίζεται η παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας της μονάδας συμπαραγωγής για τον κάθε μήνα του έτους, στην συνέχεια αφαιρείται από την αντίστοιχη καταναλωθείσα μορφή ενέργειας. Αν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό υπάρχει έλλειμμα, ενώ αν είναι θετικό πλεόνασμα. Ο τελικός υπολογισμός ελλείμματος ή πλεονάσματος προκύπτει προσθέτοντας τα αποτελέσματα κάθε μήνα συνολικά. Ο παραπάνω υπολογισμός όμως δεν είναι σωστός αν δεν υπολογιστεί και το σύνολο πλεονάσματος και ελλείμματος χωριστά.

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) |
|---------------|--|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 422.634,15 | -185.365,85 | 464.897,56 | -143.102,44 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 400.390,24 | -175.609,76 | 440.429,27 | -135.570,73 |
| Μάρτιος | 640.000 | 444.878,05 | -195.121,95 | 489.365,85 | -150.634,15 |
| Απρίλιος | 616.000 | 428.195,12 | -187.804,88 | 471.014,63 | -144.985,37 |
| Μάιος | 688.000 | 478.243,90 | -209.756,10 | 526.068,29 | -161.931,71 |
| Ιούνιος | 904.000 | 628.390,24 | -275.609,76 | 691.229,27 | -212.770,73 |
| Ιούλιος | 840.000 | 583.902,44 | -256.097,56 | 642.292,68 | -197.707,32 |
| Αύγουστος | 800.000 | 556.097,56 | -243.902,44 | 611.707,32 | -188.292,68 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 550.536,59 | -241.463,41 | 605.590,24 | -186.409,76 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 400.390,24 | -175.609,76 | 440.429,27 | -135.570,73 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 400.390,24 | -175.609,76 | 440.429,27 | -135.570,73 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 405.951,22 | -178.048,78 | 446.546,34 | -137.453,66 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 5.700.000,00 | -2.500.000,00 | 6.270.000,00 | -1.930.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -2.500.000,00 | Έλλειμμα | -1.930.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας 9.6 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 507.160,98 | -100.839,02 | 549.424,39 | -58.575,61 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 480.468,29 | -95.531,71 | 520.507,32 | -55.492,68 |
| Μάρτιος | 640.000 | 533.853,66 | -106.146,34 | 578.341,46 | -61.658,54 |
| Απρίλιος | 616.000 | 513.834,15 | -102.165,85 | 556.653,66 | -59.346,34 |
| Μάιος | 688.000 | 573.892,68 | -114.107,32 | 621.717,07 | -66.282,93 |
| Ιούνιος | 904.000 | 754.068,29 | -149.931,71 | 816.907,32 | -87.092,68 |
| Ιούλιος | 840.000 | 700.682,93 | -139.317,07 | 759.073,17 | -80.926,83 |
| Αύγουστος | 800.000 | 667.317,07 | -132.682,93 | 722.926,83 | -77.073,17 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 660.643,90 | -131.356,10 | 715.697,56 | -76.302,44 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 480.468,29 | -95.531,71 | 520.507,32 | -55.492,68 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 480.468,29 | -95.531,71 | 520.507,32 | -55.492,68 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 487.141,46 | -96.858,54 | 527.736,59 | -56.263,41 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 6.840.000,00 | -1.360.000,00 | 7.410.000,00 | -790.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -1.360.000,00 | Έλλειμμα | -790.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας 9.7 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 591.687,80 | -16.312,20 | 633.951,22 | 25.951,22 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 560.546,34 | -15.453,66 | 600.585,37 | 24.585,37 |
| Μάρτιος | 640.000 | 622.829,27 | -17.170,73 | 667.317,07 | 27.317,07 |
| Απρίλιος | 616.000 | 599.473,17 | -16.526,83 | 642.292,68 | 26.292,68 |
| Μάιος | 688.000 | 669.541,46 | -18.458,54 | 717.365,85 | 29.365,85 |
| Ιούνιος | 904.000 | 879.746,34 | -24.253,66 | 942.585,37 | 38.585,37 |
| Ιούλιος | 840.000 | 817.463,41 | -22.536,59 | 875.853,66 | 35.853,66 |
| Αύγουστος | 800.000 | 778.536,59 | -21.463,41 | 834.146,34 | 34.146,34 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 770.751,22 | -21.248,78 | 825.804,88 | 33.804,88 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 560.546,34 | -15.453,66 | 600.585,37 | 24.585,37 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 560.546,34 | -15.453,66 | 600.585,37 | 24.585,37 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 568.331,71 | -15.668,29 | 608.926,83 | 24.926,83 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 7.980.000,00 | -220.000,00 | 8.550.000,00 | 350.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -220.000,00 | Έλλειμμα | |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | 350.000,00 |

Πίνακας 9.8 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 676.214,63 | 68.214,63 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 640.624,39 | 64.624,39 |
| Μάρτιος | 640.000 | 711.804,88 | 71.804,88 |
| Απρίλιος | 616.000 | 685.112,20 | 69.112,20 |
| Μάιος | 688.000 | 765.190,24 | 77.190,24 |
| Ιούνιος | 904.000 | 1.005.424,39 | 101.424,39 |
| Ιούλιος | 840.000 | 934.243,90 | 94.243,90 |
| Αύγουστος | 800.000 | 889.756,10 | 89.756,10 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 880.858,54 | 88.858,54 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 640.624,39 | 64.624,39 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 640.624,39 | 64.624,39 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 649.521,95 | 65.521,95 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 9.120.000,00 | 920.000,00 |
| | | Έλλειμμα | |
| | | Πλεόνασμα | 920.000,00 |

Πίνακας 9.9 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) |
|---------------|--|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 500.487,80 | -1.357.085,00 | 550.536,59 | -1.307.036,21 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 474.146,34 | -1.216.544,06 | 521.560,98 | -1.169.129,42 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 526.829,27 | -1.112.416,33 | 579.512,20 | -1.059.733,40 |
| Απρίλιος | 922.791 | 507.073,17 | -415.718,03 | 557.780,49 | -365.010,71 |
| Μάιος | 599.034 | 566.341,46 | -32.692,14 | 622.975,61 | 23.942,01 |
| Ιούνιος | 460.393 | 744.146,34 | 283.753,54 | 818.560,98 | 358.168,18 |
| Ιούλιος | 418.571 | 691.463,41 | 272.892,21 | 760.609,76 | 342.038,56 |
| Αύγουστος | 418.800 | 658.536,59 | 239.736,59 | 724.390,24 | 305.590,24 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 651.951,22 | 98.508,82 | 717.146,34 | 163.703,94 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 474.146,34 | -368.790,46 | 521.560,98 | -321.375,82 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 474.146,34 | -1.117.652,86 | 521.560,98 | -1.070.238,22 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 480.731,71 | -1.012.232,29 | 528.804,88 | -964.159,12 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 6.750.000,00 | -5.738.240,00 | 7.425.000,00 | -5.063.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.633.131,16 | Έλλειμμα | -6.256.682,93 |
| | | Πλεόνασμα | 894.891,16 | Πλεόνασμα | 1.193.442,93 |

Πίνακας 9.10 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) |
|---------------|--|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 600.585,37 | -1.256.987,43 | 650.634,15 | -1.206.938,65 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 568.975,61 | -1.121.714,79 | 616.390,24 | -1.074.300,16 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 632.195,12 | -1.007.050,48 | 684.878,05 | -954.367,55 |
| Απρίλιος | 922.791 | 608.487,80 | -314.303,40 | 659.195,12 | -263.596,08 |
| Μάιος | 599.034 | 679.609,76 | 80.576,16 | 736.243,90 | 137.210,30 |
| Ιούνιος | 460.393 | 892.975,61 | 432.582,81 | 967.390,24 | 506.997,44 |
| Ιούλιος | 418.571 | 829.756,10 | 411.184,90 | 898.902,44 | 480.331,24 |
| Αύγουστος | 418.800 | 790.243,90 | 371.443,90 | 856.097,56 | 437.297,56 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 782.341,46 | 228.899,06 | 847.536,59 | 294.094,19 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 568.975,61 | -273.961,19 | 616.390,24 | -226.546,56 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 568.975,61 | -1.022.823,59 | 616.390,24 | -975.408,96 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 576.878,05 | -916.085,95 | 624.951,22 | -868.012,78 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 8.100.000,00 | -4.388.240,00 | 8.775.000,00 | -3.713.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.912.926,83 | Έλλειμμα | -5.569.170,73 |
| | | Πλεόνασμα | 1.524.686,83 | Πλεόνασμα | 1.855.930,73 |

Πίνακας 9.11 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) |
|---------------|--|---------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 700.682,93 | -1.156.889,87 | 750.731,71 | -1.106.841,09 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 663.804,88 | -1.026.885,52 | 711.219,51 | -979.470,89 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 737.560,98 | -901.684,62 | 790.243,90 | -849.001,70 |
| Απρίλιος | 922.791 | 709.902,44 | -212.888,76 | 760.609,76 | -162.181,44 |
| Μάιος | 599.034 | 792.878,05 | 193.844,45 | 849.512,20 | 250.478,60 |
| Ιούνιος | 460.393 | 1.041.804,88 | 581.412,08 | 1.116.219,51 | 655.826,71 |
| Ιούλιος | 418.571 | 968.048,78 | 549.477,58 | 1.037.195,12 | 618.623,92 |
| Αύγουστος | 418.800 | 921.951,22 | 503.151,22 | 987.804,88 | 569.004,88 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 912.731,71 | 359.289,31 | 977.926,83 | 424.484,43 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 663.804,88 | -179.131,92 | 711.219,51 | -131.717,29 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 663.804,88 | -927.994,32 | 711.219,51 | -880.579,69 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 673.024,39 | -819.939,61 | 721.097,56 | -771.866,44 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 9.450.000,00 | -3.038.240,00 | 10.125.000,00 | -2.363.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.225.414,63 | Έλλειμμα | -4.881.658,54 |
| | | Πλεόνασμα | 2.187.174,63 | Πλεόνασμα | 2.518.418,54 |

Πίνακας 9.12 Παραγωγή θερμότητας (3)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα (kWh) |
|---------------|--|----------------|-------------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 800.780,49 | -1.056.792,31 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 758.634,15 | -932.056,25 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 842.926,83 | -796.318,77 |
| Απρίλιος | 922.791 | 811.317,07 | -111.474,13 |
| Μάιος | 599.034 | 906.146,34 | 307.112,74 |
| Ιούνιος | 460.393 | 1.190.634,15 | 730.241,35 |
| Ιούλιος | 418.571 | 1.106.341,46 | 687.770,26 |
| Αύγουστος | 418.800 | 1.053.658,54 | 634.858,54 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 1.043.121,95 | 489.679,55 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 758.634,15 | -84.302,65 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 758.634,15 | -833.165,05 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 769.170,73 | -723.793,27 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 10.800.000,00 | -1.688.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.537.902,44 |
| | | Πλεόνασμα | 2.849.662,44 |

Πίνακας 9.13 Παραγωγή θερμότητας (4)

Παρατηρείται ότι (σενάριο 8000 ωρών), κατά τους θερινούς μήνες υπάρχουν ελαφρώς αυξημένα ποσά πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας και μεγάλα ποσά πλεονάζουσας θερμικής ενέργειας η οποία χρησιμοποιείται, μέχρι ενός βαθμού, για παραγωγή ψύξης και η υπόλοιπη απορρίπτεται στο περιβάλλον.

Τους χειμερινούς μήνες αντιθέτως υπάρχουν μικρότερα ποσά πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας και μεγάλα ελλείμματα θερμικής ενέργειας τα οποία πρέπει να καλυφθούν με την χρήση των λεβήτων του νοσοκομείου

Η συγκεκριμένη συμπεριφορά παρατηρείται σε όλα τα σενάρια ωρών λειτουργίας, απλά όσο αυξάνονται οι ώρες λειτουργίας αυξάνεται και η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού.

Στους πίνακες 9.14 και 9.15 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά το ενεργειακό ισοζύγιο της μονάδας συμπαραγωγής μαζί με την κατανάλωση καυσίμου που έχει.

Ο υπολογισμός της απόδοσης της εγκατάστασης προκύπτει, αν από την συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια αφαιρεθεί το αντίστοιχο πλεόνασμα και στην συνέχεια το ποσό αυτό διαιρεθεί με την συνολική κατανάλωση καυσίμου

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 5.700.000,00 | 6.270.000,00 | 6.840.000,00 | 7.410.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -2.500.000,00 | -1.930.000,00 | -1.360.000,00 | -790.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 6.750.000,00 | 7.425.000,00 | 8.100.000,00 | 8.775.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -6.633.131,16 | -6.256.682,93 | -5.912.926,83 | -5.569.170,73 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 894.891,16 | 1.193.442,93 | 1.524.686,83 | 1.855.930,73 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 15.390.000,00 | 16.929.000,00 | 18.468.000,00 | 20.007.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 7.837.639,02 | 8.621.402,93 | 9.405.166,83 | 10.188.930,73 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 7.552.360,98 | 8.307.597,07 | 9.062.833,17 | 9.818.069,27 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 75,08% | 73,85% | 72,64% | 71,62% |

Πίνακας 9.14 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 7.980.000,00 | 8.550.000,00 | 9.120.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -220.000,00 | - | - |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | 350.000,00 | 920.000,00 |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 9.450.000,00 | 10.125.000,00 | 10.800.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -5.225.414,63 | -4.881.658,54 | -4.537.902,44 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 2.187.174,63 | 2.518.418,54 | 2.849.662,44 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 21.546.000,00 | 23.085.000,00 | 24.624.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 10.972.694,63 | 11.756.458,54 | 12.540.222,44 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 10.573.305,37 | 11.328.541,46 | 12.083.777,56 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 70,75% | 68,47% | 65,59% |

Πίνακας 9.15 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | 418 | 557 | 712 | 866 | 1.021 | 1.175 | 1.330 |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | 119 | 158 | 202 | 246 | 290 | 334 | 378 |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | 118 | 158 | 202 | 246 | 290 | 320 | 320 |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 194.700 | 260.700 | 333.300 | 405.900 | 478.500 | 528.000 | 528.000 |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.005.300 | 7.939.300 | 7.866.700 | 7.794.100 | 7.721.500 | 7.672.000 | 7.672.000 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 2.305.300 | 1.669.300 | 1.026.700 | 384.100 | -258.500 | -878.000 | -1.448.000 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWth) | -6.633.131 | -6.256.683 | -5.912.927 | -5.569.171 | -5.225.415 | -4.881.659 | -4.537.902 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 15.390.000 | 16.929.000 | 18.468.000 | 20.007.000 | 21.546.000 | 23.085.000 | 24.624.000 |

Πίνακας 9.16 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρείται πως τροποποιούνται τα ενεργειακά δεδομένα μετά την εγκατάσταση των ψυκτών απορρόφησης. Στο πεδίο «Νέα ψυκτική ισχύς» υπολογίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη ψυκτική ισχύς που μπορεί να εγκατασταθεί στο σύστημα συμφωνά με τις παραδοχές που έχουν γίνει.

Το υπολειπόμενο πλεόνασμα θερμικής ενέργειας απορρίπτεται στο περιβάλλον και το πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας πωλείτε στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Η υπολογιζόμενη κατανάλωση καυσίμου αφορά μόνο την συμπαραγωγή και όχι τυχών καύση στους λέβητες του νοσοκομείου η οποία υπολογίζεται στον επόμενο πίνακα.

Στον πίνακα φαίνονται αναλυτικά, τα οικονομικά στοιχεία της εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπαραγωγής (€) | 893.309,04 | 982.639,94 | 1.071.970,85 | 1.161.301,75 | 1.250.632,65 | 1.339.963,56 | 1.429.294,46 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 534.197,91 | 503.880,73 | 476.196,40 | 448.512,07 | 420.827,74 | 393.143,41 | 365.459,08 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 231.187,12 | 167.405,83 | 102.962,66 | 38.519,49 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 43.810,61 | 208.121,58 | 401.328,91 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.718.544,07 | 1.719.761,50 | 1.722.949,90 | 1.726.138,31 | 1.711.439,78 | 1.614.760,39 | 1.489.184,64 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 109.531,28 | 108.313,85 | 105.125,45 | 101.937,04 | 116.635,57 | 213.314,96 | 338.890,71 |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kW) | 798.000,00 | 798.000,00 | 798.000,00 | 798.000,00 | 798.000,00 | 798.000,00 | 798.000,00 |
| | 1.168.500,00 | 1.168.500,00 | 1.168.500,00 | 1.168.500,00 | 1.168.500,00 | 1.168.500,00 | 1.168.500,00 |
| | 1.539.000,00 | 1.539.000,00 | 1.539.000,00 | 1.539.000,00 | 1.539.000,00 | 1.539.000,00 | 1.539.000,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | 118.000,00 | 158.000,00 | 202.000,00 | 246.000,00 | 290.000,00 | 320.000,00 | 320.000,00 |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 1.346.500,00 | 1.386.500,00 | 1.430.500,00 | 1.474.500,00 | 1.518.500,00 | 1.548.500,00 | 1.548.500,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 1.548.475,00 | 1.594.475,00 | 1.645.075,00 | 1.695.675,00 | 1.746.275,00 | 1.780.775,00 | 1.780.775,00 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 1.548.475,00 | 1.594.475,00 | 1.645.075,00 | 1.695.675,00 | 1.746.275,00 | 1.780.775,00 | 1.780.775,00 |

Πίνακας 9.17 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

Στον πίνακα 9.17 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του κόστους του καταναλισκόμενου καυσίμου από την μονάδα συμπαραγωγής όπως αυτό προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της κατανάλωσης σε (kWh) επί την ειδική τιμή όπως την ορίσαμε στις παραδοχές.

Το κόστος του φυσικού αερίου στους λέβητες έχει υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας την τιμή ανα kWh, λαμβάνοντας υπόψη ότι το έλλειμμα μας πρέπει να το διαιρεθεί με το 0,8 καθώς ο βαθμός απόδοσης των λεβήτων και του δικτύου είναι 80%.

Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας έχει υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας τις kWh που έχουμε έλλειμμα με την τιμή ανά kWh που έχουν ορίσει στις παραδοχές.

Το κόστος συντήρησης έχει υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας τις κιλοβατώρες που έχει παράγει το σύστημα της συμπαραγωγής, με την τιμή που έχει οριστεί για την συντήρηση στις παραδοχές.

Τα έσοδα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας την τιμή αγοράς από την ΔΕΗ, όπως αυτή έχει οριστεί στις παραδοχές με το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας συμπαραγωγής.

Το συνολικό ενεργειακό κόστος λειτουργίας έχει προκύψει προσθέτοντας το κόστος φυσικού αερίου μονάδας συμπαραγωγής, το κόστος φυσικού αερίου για τους λέβητες, το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράζεται από το δίκτυο της ΔΕΗ, το κόστος συντήρησης της μονάδας συμπαραγωγής και αφαιρώντας τα έσοδα που υπάρχουν από την πώληση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Η εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους έχει προκύψει, αν από το συνολικό ενεργειακό κόστος λειτουργίας της συμβατικής λύσης του νοσοκομείου, (Κεφάλαιο 8) αφαιρεθεί το νέο συνολικό ενεργειακό κόστος λειτουργίας.

Το κόστος συστήματος συμπαραγωγής έχει υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας την τιμή που κοστίζει το κάθε kW της εγκατεστημένη ισχύος με την εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ του σεναρίου.

Το κόστος του ψύκτη απορρόφησης έχει υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας την τιμή ανά εγκατεστημένο RT με το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος.

Το κόστος της αμοιβής των συμβούλων είναι σταθερό και ίσο με 60.000 ευρώ

Το σύνολο 1 έχει υπολογιστεί προσθέτοντας το κόστος συστήματος συμπαραγωγής, το κόστος του ψύκτη απορρόφησης και την αμοιβή των συμβούλων. Αλλά όπως έχει αναφερθεί στην τιμή αυτή πρέπει να προστεθεί ακόμα 15%

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 14,14 | 14,72 | 15,65 | 16,63 | 14,97 | 8,35 | 5,25 |
| NPV(€) d=8% | -473.080,79 | -531.033,68 | -612.937,88 | -694.842,08 | -601.129,83 | 313.582,72 | 1.546.503,97 |
| NPV(€) d=5% | -183.473,20 | -244.645,05 | -334.979,59 | -425.314,12 | -292.738,05 | 877.600,89 | 2.442.552,35 |
| IRR | 3,6% | 3,1% | 2,5% | 1,8% | 2,9% | 10,3% | 18,4% |

Πίνακας 9.18 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

Με μια σύντομη παρατήρηση (καθώς θα εξετασθούν αναλυτικά οι παρακάτω δείκτες για όλα τα σενάρια) συμπεραίνεται ότι η περίοδος αποπληρωμής αυξάνεται όσο περισσότερο λειτουργεί η μονάδα. Με το που αρχίζει να παρουσιάζει πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια την οποία και πωλείται, η περίοδος αποπληρωμής μειώνεται σημαντικά.

Η επένδυσή όπως προκύπτει από τον δείκτη IRR καθίσταται συμφέρουσα μονό για λειτουργία 7500 ή 8000 ωρών ετησίως.

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 6.608.403 | 6.277.549 | 5.949.106 | 5.620.664 | 5.511.947 | 5.729.714 | 5.947.482 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 35.732 | 25.874 | 15.914 | 5.954 | - | - | - |
| CO (kg/έτος) | 983 | 894 | 805 | 716 | 674 | 700 | 727 |
| NO _x (kg/έτος) | 6.366 | 5.765 | 5.163 | 4.560 | 4.268 | 4.436 | 4.605 |
| HC (kg/έτος) | 253 | 227 | 201 | 176 | 163 | 169 | 176 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 2.016 | 1.515 | 1.009 | 503 | 203 | 211 | 219 |

Πίνακας 9.19 Ποσότητες εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| CO ₂ (%) | 34,14 | 37,44 | 40,71 | 43,99 | 45,07 | 42,90 | 40,73 |
| SO ₂ (%) | 71,89 | 79,64 | 87,48 | 95,32 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| CO (%) | 46,87 | 51,67 | 56,48 | 61,29 | 63,59 | 62,15 | 60,71 |
| NO _x (%) | 47,87 | 52,79 | 57,73 | 62,66 | 65,05 | 63,67 | 62,29 |
| HC (%) | 49,53 | 54,65 | 59,78 | 64,91 | 67,46 | 66,18 | 64,89 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 69,79 | 77,30 | 84,89 | 92,47 | 96,95 | 96,83 | 96,71 |

Πίνακας 9.20 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

Από τους πίνακες 9.19 και 9.20 παρατηρείται ότι η μείωση όλων των εκπεμπόμενων ρύπων είναι αρκετά μεγάλη, όσο μάλιστα αυξάνονται οι ώρες λειτουργίας παρατηρείται ακόμα μεγαλύτερη ποσοστιαία μείωση των εκπομπών.

Στο σενάριο των 7000 ωρών παρατηρείται η μεγαλύτερη ποσοστιαία μείωση όλων των ρύπων, όπου για το CO₂ φτάνει το 45% και για το SO₂ το 100% μίας και δεν χρησιμοποιείται πλέον ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται στους ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς της ΔΕΗ.

Η μείωση των υπολοίπων ρύπων και ειδικότερα του CO, NO_x και HC είναι εξίσου σημαντική καθώς είναι μεγαλύτερη του 60% και η μείωση των στερεών σωματιδίων φτάνει περίπου στο 97%.

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν μελέτες που αποσκοπούν στην εύρεση βέλτιστων σεναρίων σχεδιασμού και λειτουργίας με σκοπό να έχουν μέγιστη μείωση του περιβαλλοντικού κόστους. [27]

9.2.1.2 Σύγκριση των σεναρίων

Για να μπορέσει να προχωρήσει κάποιος στη σωστή επιλογή της μονάδας συμπαραγωγής πρέπει να συγκρίνει όλα τα σενάρια. Η σύγκριση αυτή θα γίνει ως προς την εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους, το Simple payback period, το NPV και το IRR της κάθε μονάδας.

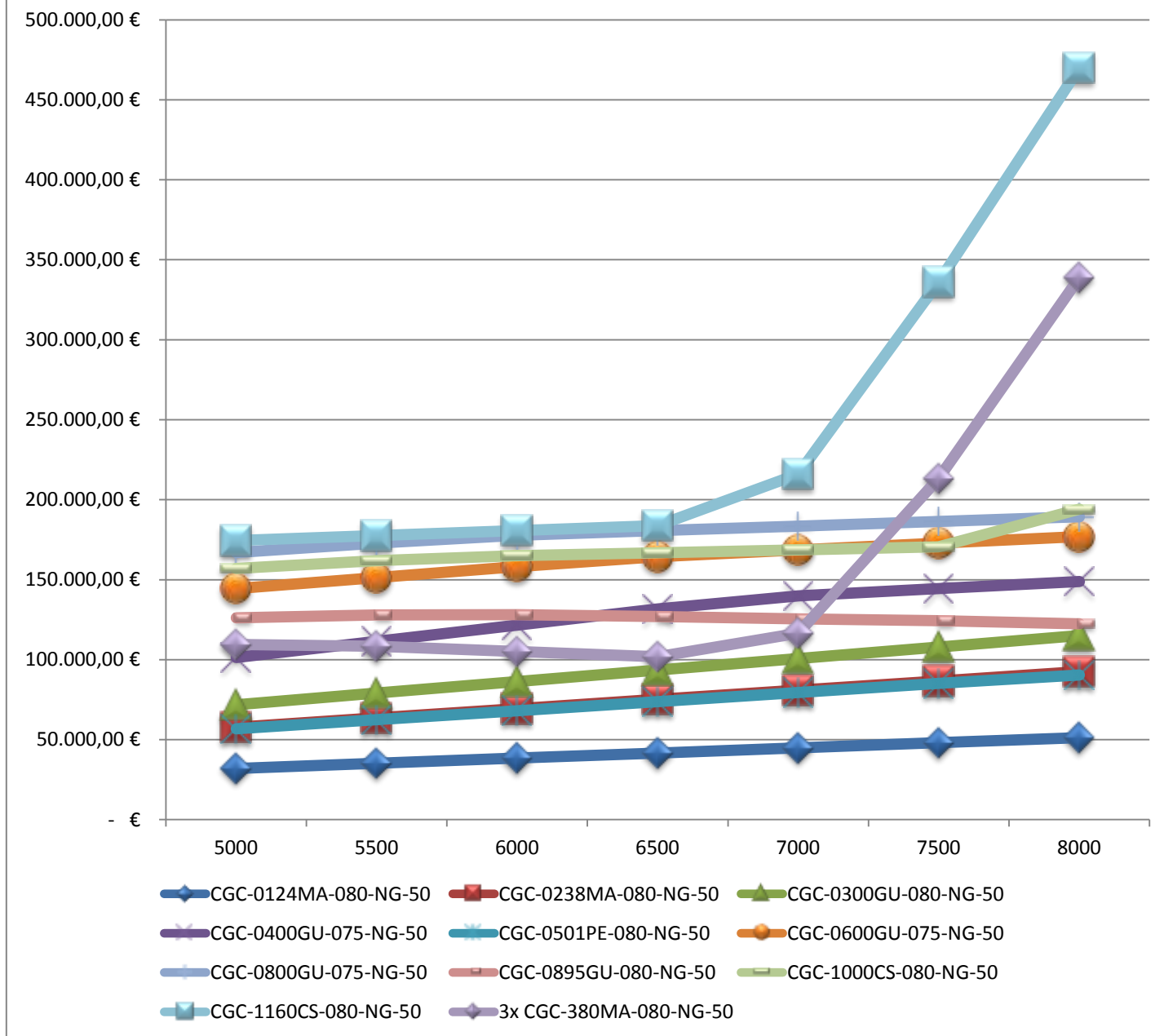
| Μοντέλο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 32.058,29€ | 35.264,12€ | 38.469,95€ | 41.675,78€ |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 57.824,87€ | 63.607,35€ | 69.389,84€ | 75.172,33€ |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 71.904,33€ | 79.094,77€ | 86.285,20€ | 93.475,63€ |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 101.358,55€ | 111.494,40€ | 121.630,26€ | 131.766,11€ |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | 56.786,12€ | 62.464,73€ | 68.143,34€ | 73.821,95€ |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 144.512,22€ | 151.275,28€ | 158.203,81€ | 164.365,05€ |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 167.046,02€ | 172.912,54€ | 177.769,70€ | 180.662,56€ |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | 126.211,00€ | 128.060,20€ | 128.133,04€ | 126.930,88€ |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 157.055,60€ | 161.972,72€ | 165.116,77€ | 166.803,55€ |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 174.494,50€ | 177.605,33€ | 180.716,15€ | 183.826,97€ |
| 3xCGC-380MA-080-NG-50 | 109.531,28€ | 108.313,85€ | 105.125,45€ | 101.937,04€ |

Πίνακας 9.21 Συγκεντρωτικός πίνακας εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους σε € (1)

| Μοντέλο | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 44.881,61€ | 48.087,44€ | 51.293,27€ |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 80.954,81€ | 86.737,30€ | 92.519,78€ |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 100.666,06€ | 107.856,50€ | 115.046,93€ |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 139.853,17€ | 144.495,46€ | 148.958,93€ |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | 79.500,57€ | 85.179,18€ | 90.379,72€ |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 168.620,62€ | 172.876,18€ | 176.889,39€ |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 183.555,42€ | 186.448,29€ | 189.341,15€ |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | 125.563,26€ | 124.361,10€ | 122.497,06€ |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 168.655,79€ | 170.508,03€ | 194.063,43€ |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 215.951,54€ | 336.158,45€ | 469.923,77€ |
| 3xCGC-380MA-080-NG-50 | 116.635,57€ | 213.314,96€ | 338.890,71€ |

Πίνακας 9.22 Συγκεντρωτικός πίνακας εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους σε € (2)

Εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους



Διάγραμμα 9.1 Εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους για διαφορετική εγκατεστημένη ισχύ (€)

Συμφωνά με τα δεδομένα των πινάκων, αλλά και από το διάγραμμα 9.1, όσο χρησιμοποιούνται μονάδες συμπαραγωγής για να καλυφτούν τα φορτία βάσης παρουσιάζεται σταδιακή αύξηση του ποσού της εξοικονομούμενης ενέργειας.

Από την στιγμή όμως που αρχίζουν να καλύπτουν και ένα μέρος από τα φορτία αιχμής, η εξοικονόμηση δεν αυξάνει αναλογικά με την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος.

Για τα σενάρια που υπάρχει πώληση ηλεκτρικής ενέργειας προς το δίκτυο της ΔΕΗ παρατηρείται ότι υπάρχει μια απότομή αύξηση του ποσού της εξοικονόμησης λόγω των εσόδων που προκύπτουν από την πώληση.

Παρόλα αυτά σημαντικό ρόλο παίζουν και ο συνολικός βαθμός απόδοσης της κάθε μονάδας συμπαραγωγής, αλλά και οι επιμέρους ηλεκτρικοί βαθμοί απόδοσης και θερμικοί βαθμοί απόδοσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το σενάριο 1160 και 3 x 380 όπου αν και έχουν παραπλήσια εγκατεστημένη ισχύ παρατηρείται αρκετά μεγάλη διαφορά στην εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους

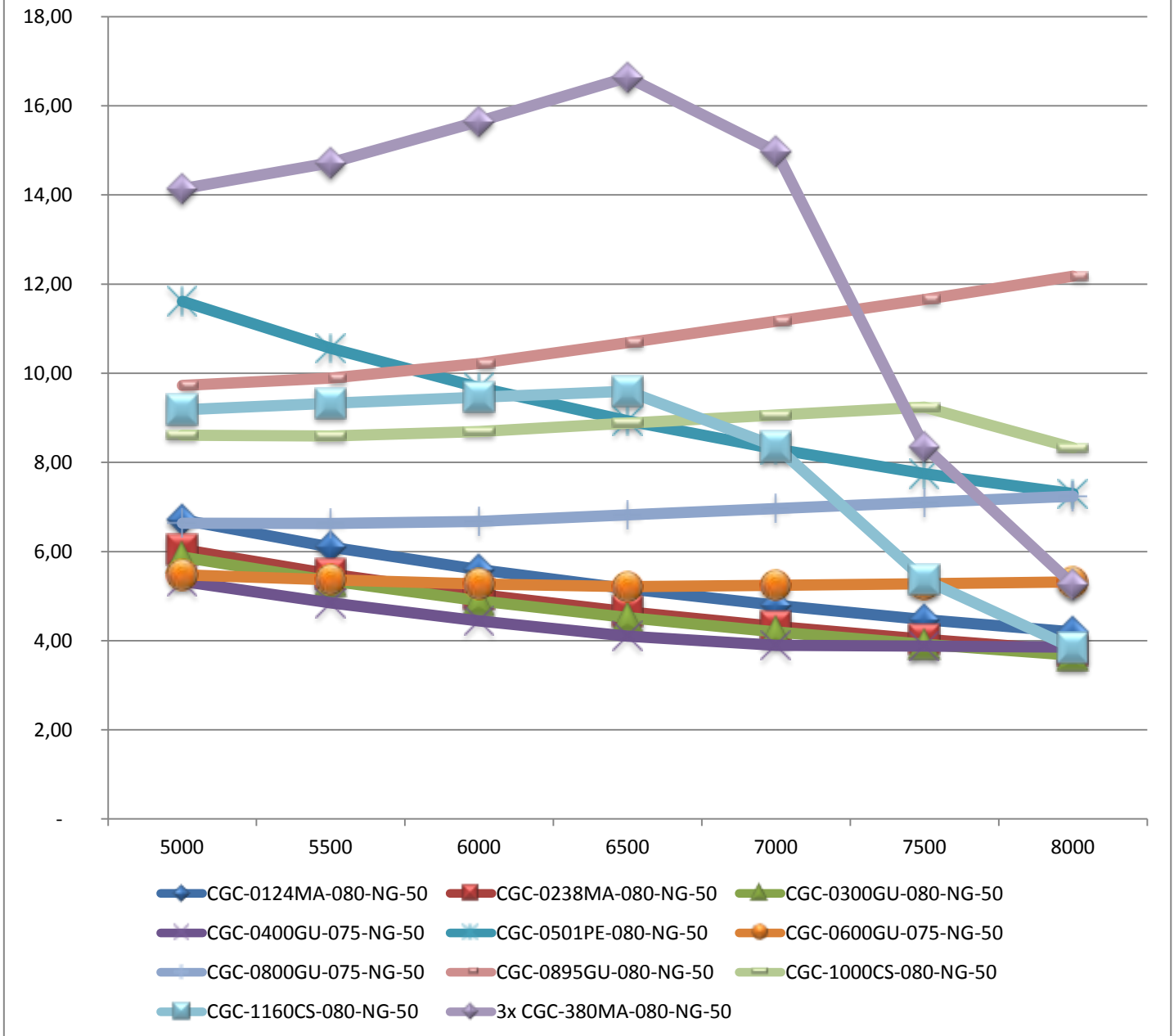
| Μοντέλο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 6,71 | 6,10 | 5,59 | 5,16 |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 6,04 | 5,50 | 5,04 | 4,65 |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 5,88 | 5,34 | 4,90 | 4,52 |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 5,33 | 4,85 | 4,44 | 4,10 |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | 11,61 | 10,56 | 9,68 | 8,93 |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 5,47 | 5,37 | 5,27 | 5,21 |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 6,64 | 6,63 | 6,68 | 6,82 |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | 9,73 | 9,89 | 10,22 | 10,69 |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 8,61 | 8,59 | 8,69 | 8,88 |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 9,18 | 9,32 | 9,46 | 9,60 |
| 3xCGC-380MA-080-NG-50 | 14,14 | 14,72 | 15,65 | 16,63 |

Πίνακας 9.23 Συγκεντρωτικός πίνακας Απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) σε έτη (1)

| Μοντέλο | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 4,79 | 4,47 | 4,19 |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 4,32 | 4,03 | 3,78 |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 4,20 | 3,92 | 3,67 |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 3,90 | 3,88 | 3,85 |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | 8,30 | 7,74 | 7,30 |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 5,24 | 5,28 | 5,32 |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 6,97 | 7,11 | 7,24 |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | 11,17 | 11,66 | 12,18 |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 9,06 | 9,24 | 8,33 |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 8,36 | 5,37 | 3,84 |
| 3xCGC-380MA-080-NG-50 | 14,97 | 8,35 | 5,25 |

Πίνακας 9.24 Συγκεντρωτικός πίνακας Απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) σε έτη (2)

Απλή περίοδος αποπληρωμής



Διάγραμμα 9.2 Απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) για διαφορετική εγκατεστημένη ισχύ (έτη)

Στο διάγραμμα της απλής περιόδου αποπληρωμής παρατηρείται και πάλι διαφορετική συμπεριφορά μεταξύ των σεναρίων που καλύπτουν αυστηρά φορτία βάσης (μέχρι 400kW) και στα σενάρια που προσπαθούν να καλύψουν και ένα μέρος από τις καταναλώσεις αιχμής του νοσοκομείου.

Η απλή περίοδος αποπληρωμής πέφτει κατακόρυφα μόλις ξεκινάει η πώληση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στην ΔΕΗ με αποτέλεσμα να κυμαίνεται περίπου στα 4 χρόνια για το σενάριο 1160 kW και στα 5 χρόνια για το 3x380 kW.

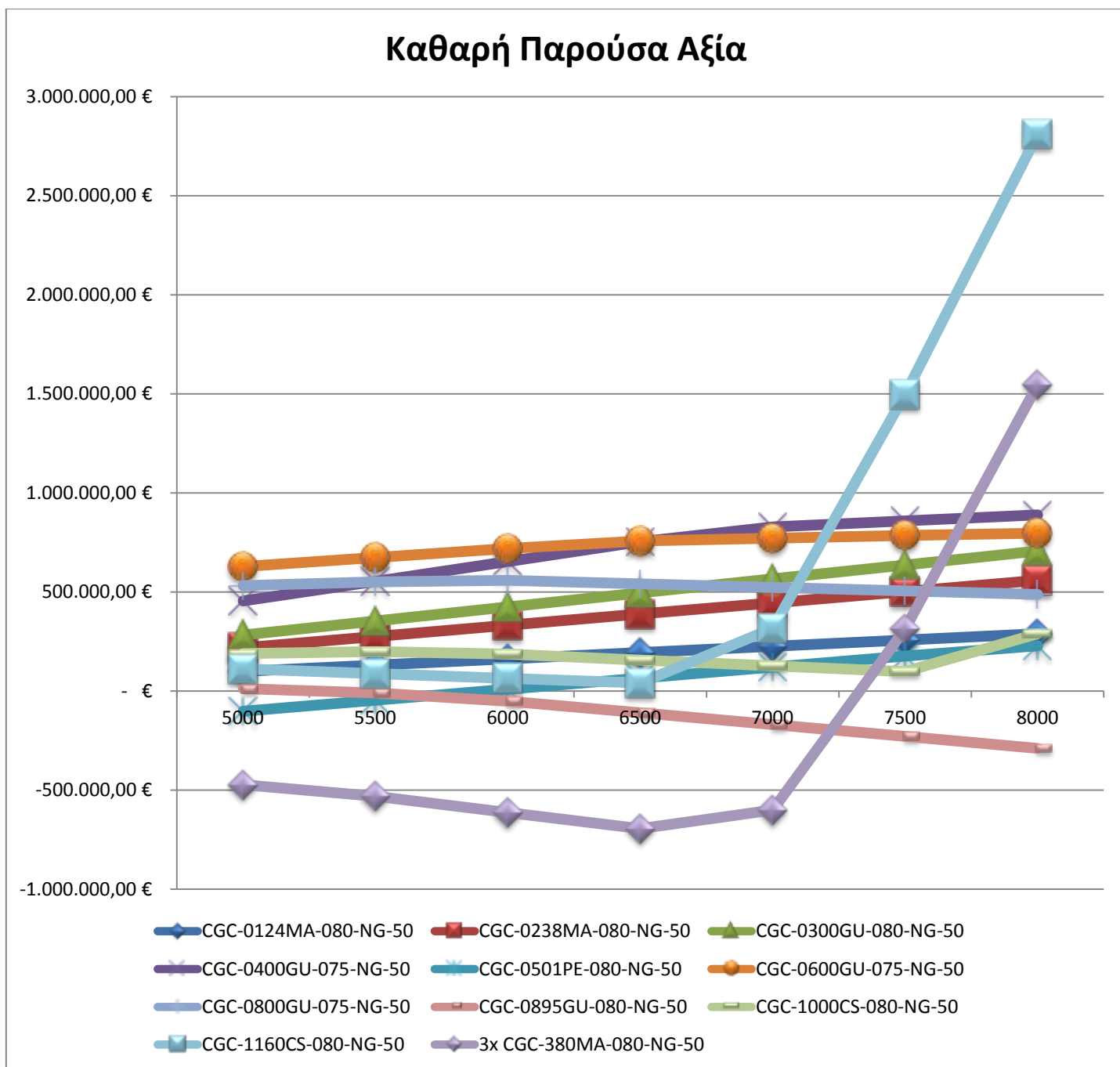
Οι μεγάλες διαφορές, μεταξύ των σεναρίων, που παρατηρούνται στο διάγραμμα έχουν άμεση σχέση με το ποσό της απορριπτόμενης θερμότητας από το σύστημα στο περιβάλλον. Δηλαδή παράγεται ενέργεια η οποία δεν χρησιμοποιείται πουθενά, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει εξοικονόμηση από κάπου. Η απώλεια αυτή ισοσταθμίζεται μόνο όταν ξεκινάν να υπάρχουν έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

| Μοντέλο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 99.588,06€ | 131.063,37€ | 162.538,67€ | 194.013,98€ |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 218.190,55€ | 274.963,86€ | 331.737,16€ | 388.510,47€ |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 283.342,33€ | 353.939,06€ | 424.535,80€ | 495.132,53€ |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 454.653,15€ | 554.168,47€ | 653.683,78€ | 753.199,10€ |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | -102.019,27€ | -46.265,83€ | 9.487,62€ | 65.241,07€ |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 627.642,26€ | 673.342,97€ | 719.518,30€ | 757.010,33€ |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 531.482,45€ | 551.130,79€ | 558.569,08€ | 540.971,65€ |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | 11.676,91€ | -9.267,33€ | -51.102,19€ | -110.055,14€ |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 189.595,06€ | 198.772,05€ | 185.940,83€ | 156.501,81€ |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 111.262,75€ | 87.755,28€ | 64.247,80€ | 40.740,33€ |
| 3xCGC-380MA-080-NG-50 | -473.080,79€ | -531.033,68€ | -612.937,88€ | -694.842,08€ |

Πίνακας 9.25 Συγκεντρωτικός πίνακας Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) (1)

| Μοντέλο | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------|--------------|---------------|---------------|
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 225.489,29€ | 256.964,59€ | 288.439,90€ |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 445.283,77€ | 502.057,08€ | 558.830,39€ |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 565.729,26€ | 636.326,00€ | 706.922,73€ |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 827.999,05€ | 858.627,75€ | 888.650,69€ |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | 120.994,52€ | 176.747,96€ | 227.807,71€ |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 771.192,09€ | 785.373,84€ | 796.026,12€ |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 523.374,22€ | 505.776,78€ | 488.179,35€ |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | -169.482,70€ | -228.435,65€ | -289.287,05€ |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 127.537,41€ | 98.573,00€ | 289.593,41€ |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 315.894,07€ | 1.496.103,24€ | 2.809.430,86€ |
| 3xCGC-380MA-080-NG-50 | -601.129,83€ | 313.582,72€ | 1.546.503,97€ |

Πίνακας 9.26 Συγκεντρωτικός πίνακας Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) (2)



Διάγραμμα 9.3 Καθαρή παρούσα αξία (NPV) για διαφορετική εγκατεστημένη ισχύ (€)

Στο διάγραμμα 9.3 παρουσιάζεται η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσής, για όλα τα σενάρια εγκατεστημένης ισχύος. Οι μονάδες που καλύπτουν τα φορτία βάσης έχουν αυξημένη ΚΠΑ με μοναδική διαφορά της μονάδας 501 kW η οποία έχει αρκετά μικρότερο βαθμό απόδοσης σε σχέση με την άλλες που επιλέχθηκαν.

Η μονάδα με 600 kW είναι το όριο στο οποίο παρουσιάζεται αλλαγή συμπεριφοράς με την ΚΠΑ να αρχίζει να έχει φθίνουσα πορεία όσο αυξάνονται οι ώρες λειτουργίας. Αυτή η αλλαγή συμπεριφοράς, που φαίνεται αρκετά έντονα στη μονάδα 895 kW έχει να κάνει κυρίως με τα πολύ μεγάλα ποσά απορριπτόμενης

Θερμικής ενέργειας στο περιβάλλον τα οποία όμως δεν αντισταθμίζονται με έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας όπως γίνεται στις μονάδες από 1000 kW και πάνω. Σημαντικό ρόλο για τις μεταξύ τους διαφορές παίζει και ο συνολικός βαθμός απόδοσης της κάθε μονάδας συμπαραγωγής αλλά και ο θερμικός και ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης τους

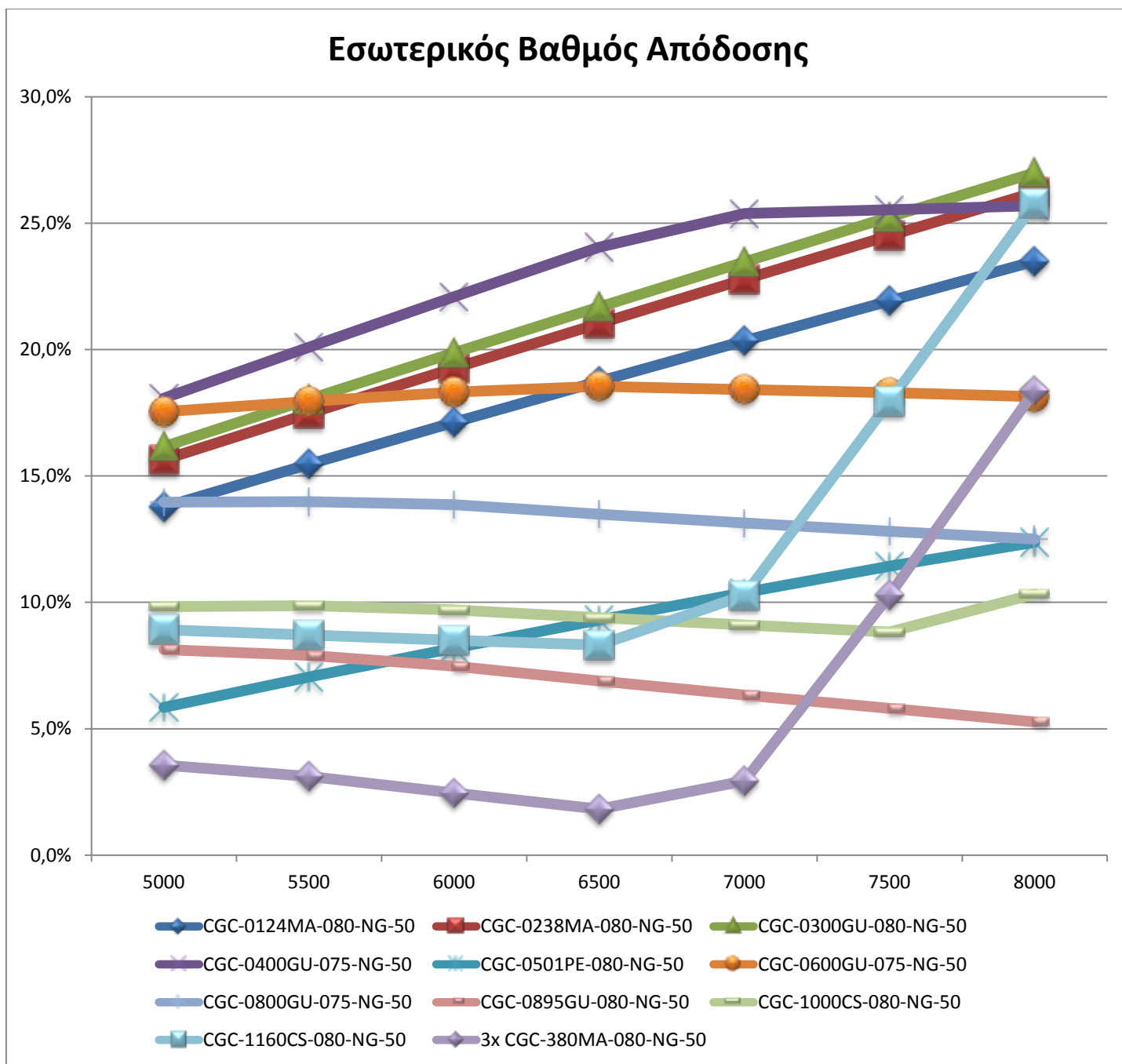
Χαρακτηριστικό παράδειγμα της διαφοράς που κάνει η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι το σενάριο 3x380 kW όπου ενώ παρουσιάζεται αρνητική ΚΠΑ με φθίνοντα ρυθμό, με το που ξεκινάει η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει εκθετική αύξηση της ΚΠΑ και άνοδο της στις θετικές τιμές.

| Μοντέλο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 13,8% | 15,5% | 17,1% | 18,7% |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 15,6% | 17,5% | 19,3% | 21,0% |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 16,2% | 18,0% | 19,9% | 21,7% |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 18,1% | 20,1% | 22,1% | 24,1% |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | 5,8% | 7,0% | 8,2% | 9,3% |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 17,5% | 17,9% | 18,3% | 18,5% |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 14,0% | 14,0% | 13,9% | 13,5% |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | 8,1% | 7,9% | 7,5% | 6,9% |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 9,8% | 9,9% | 9,7% | 9,4% |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 8,9% | 8,7% | 8,5% | 8,3% |
| 3xCGC-380MA-080-NG-50 | 3,6% | 3,1% | 2,5% | 1,8% |

Πίνακας 9.27 Συγκεντρωτικός πίνακας Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) (1)

| Μοντέλο | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 20,3% | 21,9% | 23,5% |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 22,8% | 24,5% | 26,2% |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 23,5% | 25,2% | 27,0% |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 25,4% | 25,5% | 25,7% |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | 10,4% | 11,4% | 12,4% |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 18,4% | 18,3% | 18,1% |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 13,1% | 12,8% | 12,5% |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | 6,3% | 5,8% | 5,3% |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 9,1% | 8,8% | 10,3% |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 10,3% | 17,9% | 25,8% |
| 3xCGC-380MA-080-NG-50 | 2,9% | 10,3% | 18,4% |

Πίνακας 9.28 Συγκεντρωτικός πίνακας Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) (2)



Διάγραμμα 9.4 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) για διαφορετική εγκατεστημένη ισχύ (%)

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης σχετίζεται άμεσα με την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσής. Έτσι, υπάρχει παρόμοια συμπεριφορά των μονάδων που καλύπτουν φορτία βάσης και διαφορετική αυτών με μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μονάδες που καλύπτουν τα φορτία βάσης έχουν ιδιαίτερα υψηλό EBA ο οποίος ξεπερνά το 25%. Όσο αυξάνεται η εγκατεστημένη ισχύ παρατηρείται ότι ο EBA αρχίζει να μειώνεται και μόνο όταν ξεκινάει η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας προς το δίκτυο της ΔΕΗ, αυξάνεται και πάλι.

Για να επιλεγεί η βέλτιστη λύση πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα παραπάνω διαγράμματα. Η τελική επιλογή όμως, γίνεται συνυπολογίζοντας και ορισμένες άλλες παραμέτρους όπως:

- Ⓔ Κάθε πότε γίνεται συντήρηση της μονάδας συμπαραγωγής και για πόσο μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Ⓔ Το διαθέσιμο προσωπικό για την επιτήρηση του συστήματος.
- Ⓔ Οι μελλοντικές επεκτάσεις του νοσοκομείου.
- Ⓔ Ο δείκτης διαθεσιμότητα του συστήματος (Κεφάλαιο 4^ο)
- Ⓔ Ο δείκτης αξιοπιστίας του συστήματος (Κεφάλαιο 4^ο)
- Ⓔ Ο δείκτης χρησιμοποίησης του συστήματος (Κεφάλαιο 4^ο)

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω θα επιλεγεί σαν βέλτιστη λύση, το σενάριο 3 x 380 kW και όχι το 1160 kW γιατί αναμένεται να έχει μεγαλύτερους δείκτες χρησιμοποίησης και αξιοπιστίας, λόγω της ύπαρξης 3 μικρότερων μονάδων οι οποίες λειτουργούν και ανεξάρτητα.

Η πιθανότητα να πάθουν βλάβη και οι τρεις μονάδες του συστήματος και να μείνει εκτός λειτουργίας είναι πολύ μικρότερη από το να πάθει κάποια βλάβη μία μεγάλη κεντρική μονάδα.

Ακόμα δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί μικρότερη ισχύ στο 100% της απόδοσης της σε περίπτωση που εμφανίζονται μικρότερα φορτία κάποια μέρα ή κατά την διάρκεια της νύχτας, δηλαδή γίνεται να προσαρμοστούν καλύτερα τα παραγόμενα φορτία σε σχέση με τα απαιτούμενα φορτία του νοσοκομείου.

Τα αρνητικά που παρουσιάζει το παραπάνω σενάριο είναι η μικρή απόδοση σε λίγες ώρες λειτουργίας, πράγμα το οποίο αποφεύγεται επιλέγοντας το σενάριο 1160 kW.

Θα υπενθυμίζεται ότι η παρούσα διπλωματική εργασία είναι μια μελέτη σκοπιμότητας τριπαραγωγής και για να προχωρήσει κάποιος στην επένδυση (την εγκατάσταση ενός συστήματος τριπαραγωγής) πρέπει να προχωρήσει πρώτα στον αναλυτικό σχεδιασμό του συστήματος λαμβάνοντας υπόψη με περισσότερη προσοχή όλες τις παραπάνω λεπτομέρειες.

9.2.2 Ανάλυση Ευαισθησίας στις κρίσιμες παραμέτρους

9.2.2.1 Τιμή φυσικού αερίου

Η τιμή του φυσικού αερίου μεταβάλλεται κάθε μήνα αναλόγως την σύσταση του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μεταβάλλεται ίσως ο πιο καθοριστικός παράγοντας της επένδυσης, καθώς η τιμή του φυσικού αερίου επηρεάζει και την τιμή πώλησης του πλεονάζοντος ηλεκτρισμού του συστήματος μας, προς το δίκτυο της ΔΕΗ. Τα σενάρια $\pm 10 - 30\%$ αναφέρονται στο δεδομένο κόστος, σενάριο 0% (Κεφάλαιο 8^ο)

| Σενάριο | -30% | -20% | -10% | 0% |
|---------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| Ιανουάριος | 105.998 | 121.141 | 136.283 | 151.426 |
| Φεβρουάριος | 93.962 | 107.385 | 120.808 | 134.231 |
| Μάρτιος | 88.219 | 100.822 | 113.424 | 126.027 |
| Απρίλιος | 51.356 | 58.693 | 66.029 | 73.366 |
| Μάιος | 32.374 | 36.999 | 41.624 | 46.249 |
| Ιούνιος | 25.449 | 29.084 | 32.720 | 36.355 |
| Ιούλιος | 25.073 | 28.654 | 32.236 | 35.818 |
| Αύγουστος | 25.204 | 28.804 | 32.405 | 36.005 |
| Σεπτέμβριος | 30.420,61 | 34.766,41 | 39.112,21 | 43.458,01 |
| Οκτώβριος | 47.748,34 | 54.569,53 | 61.390,72 | 68.211,91 |
| Νοέμβριος | 89.319,00 | 102.078,86 | 114.838,71 | 127.598,57 |
| Δεκέμβριος | 88.894,72 | 101.593,97 | 114.293,21 | 126.992,46 |
| Σύνολο | 704.017 | 804.590 | 905.164 | 1.005.738 |

Πίνακας 9.29 Συγκεντρωτικός πίνακας μεταβολών του κόστους φυσικού αερίου

| Σενάριο | 0% | +10% | +20% | +30% |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Ιανουάριος | 151.426 | 166.569 | 181.711 | 196.854 |
| Φεβρουάριος | 134.231 | 147.654 | 161.077 | 174.500 |
| Μάρτιος | 126.027 | 138.630 | 151.232 | 163.835 |
| Απρίλιος | 73.366 | 80.703 | 88.039 | 95.376 |
| Μάιος | 46.249 | 50.874 | 55.499 | 60.124 |
| Ιούνιος | 36.355 | 39.991 | 43.626 | 47.262 |
| Ιούλιος | 35.818 | 39.400 | 42.982 | 46.563 |
| Αύγουστος | 36.005 | 39.606 | 43.206 | 46.807 |
| Σεπτέμβριος | 43.458,01 | 47.803,81 | 52.149,61 | 56.495,41 |
| Οκτώβριος | 68.211,91 | 75.033,10 | 81.854,29 | 88.675,48 |
| Νοέμβριος | 127.598,57 | 140.358,43 | 153.118,28 | 165.878,14 |
| Δεκέμβριος | 126.992,46 | 139.691,71 | 152.390,95 | 165.090,20 |
| Σύνολο | 1.005.738 | 1.106.312 | 1.206.886 | 1.307.459 |

Πίνακας 9.30 Συγκεντρωτικός πίνακας μεταβολών του κόστους φυσικού αερίου

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 625.316,33 | 687.847,96 | 750.379,59 | 812.911,23 | 875.442,86 | 937.974,49 | 1.000.506,12 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 373.938,54 | 352.716,51 | 333.337,48 | 313.958,45 | 294.579,42 | 275.200,39 | 255.821,36 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 231.187,12 | 167.405,83 | 102.962,66 | 38.519,49 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 32.419,28 | 154.007,26 | 296.978,17 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.290.291,99 | 1.273.805,30 | 1.258.499,73 | 1.243.194,16 | 1.221.392,99 | 1.148.942,62 | 1.055.109,31 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 236.061,98 | 252.548,66 | 267.854,23 | 283.159,80 | 304.960,97 | 377.411,35 | 471.244,66 |

Πίνακας 9.31 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο -30%)

Οι πίνακες από 9.31 μέχρι και 9.36 μας δείχνουν πως μεταβάλλονται τα οικονομικά στοιχεία της εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής αν μεταβληθεί το κόστος του φυσικού αερίου κατά τα ποσά που φαίνονται στους πίνακες 9.29 και 9.30.

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπαγωγής (€) | 714.647,23 | 786.111,95 | 857.576,68 | 929.041,40 | 1.000.506,12 | 1.071.970,85 | 1.143.435,57 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 427.358,33 | 403.104,58 | 380.957,12 | 358.809,65 | 336.662,19 | 314.514,73 | 292.367,26 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 231.187,12 | 167.405,83 | 102.962,66 | 38.519,49 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 36.216,39 | 172.045,37 | 331.761,75 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.433.042,68 | 1.422.457,37 | 1.413.316,46 | 1.404.175,54 | 1.384.741,92 | 1.304.215,21 | 1.199.801,09 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 193.885,08 | 204.470,39 | 213.611,30 | 222.752,22 | 242.185,84 | 322.712,55 | 427.126,67 |

Πίνακας 9.32 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο -20%)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 803.978,14 | 884.375,95 | 964.773,76 | 1.045.171,58 | 1.125.569,39 | 1.205.967,20 | 1.286.365,02 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 480.778,12 | 453.492,66 | 428.576,76 | 403.660,86 | 378.744,97 | 353.829,07 | 328.913,17 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 231.187,12 | 167.405,83 | 102.962,66 | 38.519,49 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 40.013,50 | 190.083,47 | 366.545,33 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.575.793,38 | 1.571.109,44 | 1.568.133,18 | 1.565.156,92 | 1.548.090,85 | 1.459.487,80 | 1.344.492,86 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 151.708,18 | 156.392,12 | 159.368,37 | 162.344,63 | 179.410,70 | 268.013,76 | 383.008,69 |

Πίνακας 9.33 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπααραγωγής (σενάριο -10%)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 982.639,94 | 1.080.903,94 | 1.179.167,93 | 1.277.431,93 | 1.375.695,92 | 1.473.959,91 | 1.572.223,91 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 587.617,70 | 554.268,80 | 523.816,04 | 493.363,28 | 462.910,51 | 432.457,75 | 402.004,99 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 231.187,12 | 167.405,83 | 102.962,66 | 38.519,49 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 47.607,72 | 226.159,68 | 436.112,48 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.861.294,77 | 1.868.413,57 | 1.877.766,63 | 1.887.119,69 | 1.874.788,71 | 1.770.032,98 | 1.633.876,41 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 67.354,38 | 60.235,58 | 50.882,52 | 41.529,46 | 53.860,43 | 158.616,16 | 294.772,73 |

Πίνακας 9.34 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπααραγωγής (σενάριο +10%)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 1.071.970,85 | 1.179.167,93 | 1.286.365,02 | 1.393.562,10 | 1.500.759,19 | 1.607.956,27 | 1.715.153,36 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 641.037,49 | 604.656,87 | 571.435,68 | 538.214,48 | 504.993,29 | 471.772,09 | 438.550,90 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 231.187,12 | 167.405,83 | 102.962,66 | 38.519,49 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 51.404,83 | 244.197,79 | 470.896,06 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 2.004.045,46 | 2.017.065,64 | 2.032.583,35 | 2.048.101,07 | 2.038.137,64 | 1.925.305,57 | 1.778.568,19 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 25.177,48 | 12.157,30 | -3.360,41 | -18.878,13 | -8.914,70 | 103.917,37 | 250.654,75 |

Πίνακας 9.35 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο +20%)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 1.161.301,75 | 1.277.431,93 | 1.393.562,10 | 1.509.692,28 | 1.625.822,45 | 1.741.952,63 | 1.858.082,80 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 694.457,29 | 655.044,95 | 619.055,32 | 583.065,69 | 547.076,06 | 511.086,43 | 475.096,80 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 231.187,12 | 167.405,83 | 102.962,66 | 38.519,49 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 55.201,94 | 262.235,89 | 505.679,64 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 2.146.796,16 | 2.165.717,70 | 2.187.400,08 | 2.209.082,45 | 2.201.486,57 | 2.080.578,16 | 1.923.259,96 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | -16.999,42 | -35.920,97 | -57.603,34 | -79.285,72 | -71.689,84 | 49.218,57 | 206.536,77 |

Πίνακας 9.36 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο +30%)

9.2.2.2 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την τιμή φυσικού αερίου

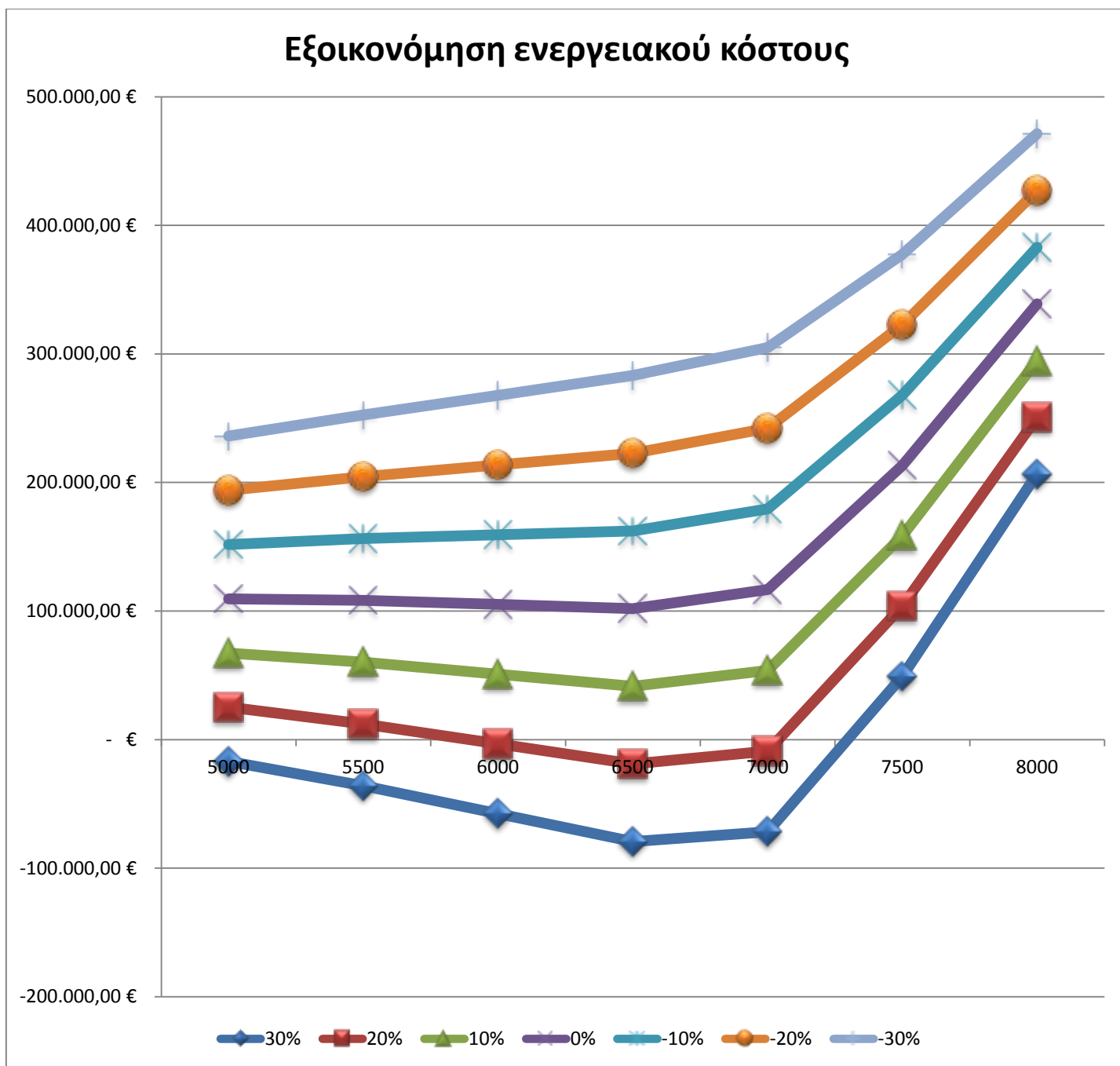
Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά πως μεταβάλλονται η εξοικονόμηση του ενεργειακού κόστους, η απλή περίοδος αποπληρωμής, η καθαρή παρούσα αξία και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης, για μεταβολές του κόστους φυσικού αερίου.

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 30% | -16.999,42€ | -35.920,97€ | -57.603,34€ | -79.285,72€ |
| 20% | 25.177,48€ | 12.157,30€ | -3.360,41€ | -18.878,13€ |
| 10% | 67.354,38€ | 60.235,58€ | 50.882,52€ | 41.529,46€ |
| 0% | 109.531,28€ | 108.313,85€ | 105.125,45€ | 101.937,04€ |
| -10% | 151.708,18€ | 156.392,12€ | 159.368,37€ | 162.344,63€ |
| -20% | 193.885,08€ | 204.470,39€ | 213.611,30€ | 222.752,22€ |
| -30% | 236.061,98€ | 252.548,66€ | 267.854,23€ | 283.159,80€ |

Πίνακας 9.37 Συγκεντρωτικός πίνακας εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| 30% | -71.689,84€ | 49.218,57€ | 206.536,77€ |
| 20% | -8.914,70€ | 103.917,37€ | 250.654,75€ |
| 10% | 53.860,43€ | 158.616,16€ | 294.772,73€ |
| 0% | 116.635,57€ | 213.314,96€ | 338.890,71€ |
| -10% | 179.410,70€ | 268.013,76€ | 383.008,69€ |
| -20% | 242.185,84€ | 322.712,55€ | 427.126,67€ |
| -30% | 304.960,97€ | 377.411,35€ | 471.244,66€ |

Πίνακας 9.38 Συγκεντρωτικός πίνακας εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους (2)



Διάγραμμα 9.5 Εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους για διαφορετικό κόστος Φυσικού Αερίου(€)

Από το διάγραμμα 9.5 παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η τιμή του φυσικού αερίου τόσο μειώνεται το ποσό της εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους. Ενώ όσο μειώνεται η τιμή του φυσικού αερίου τόσο αυξάνεται το ποσό της εξοικονόμησης.

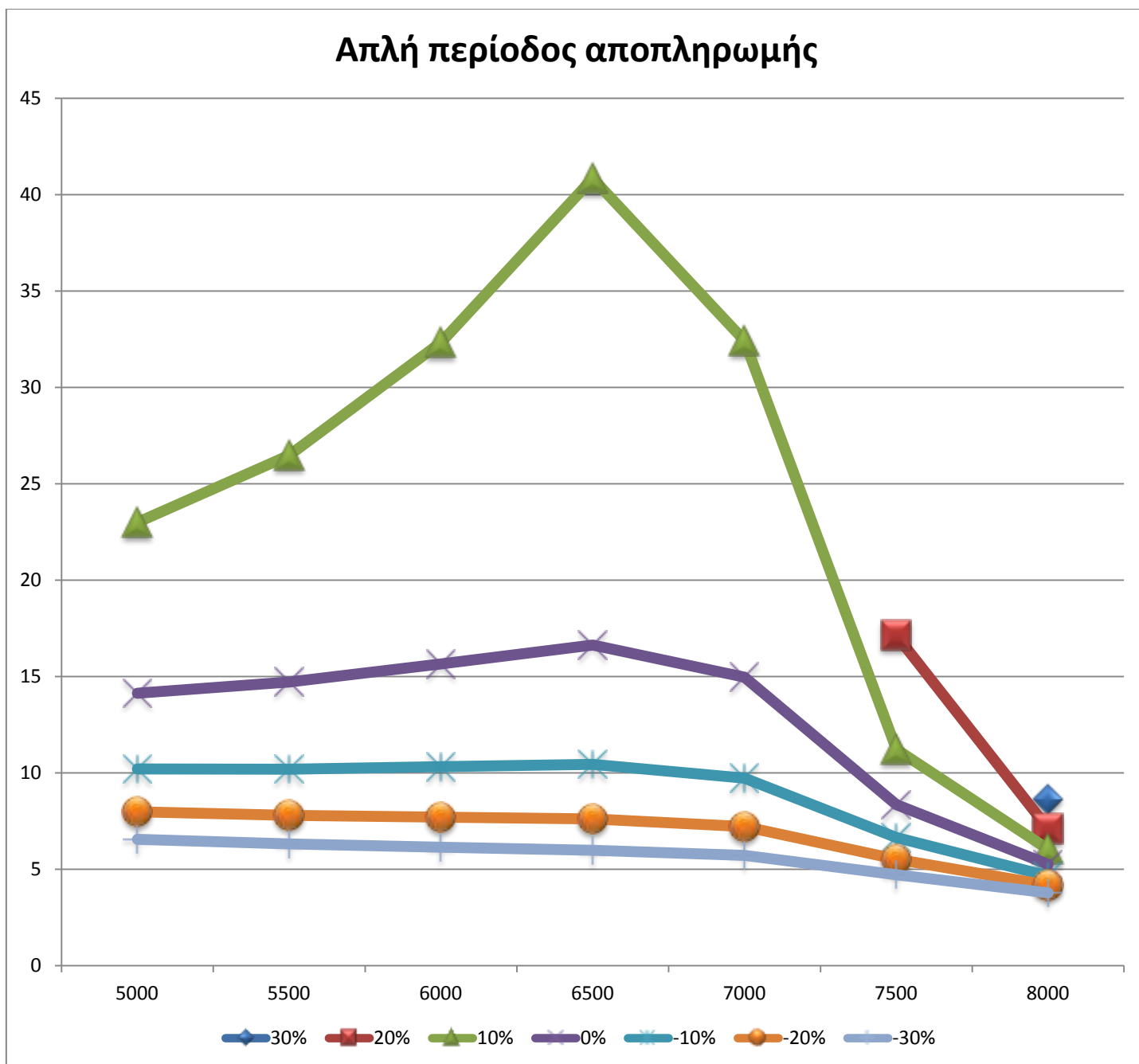
Παρόλα αυτά η τιμή του φυσικού αερίου και γενικότερα η τιμή των καυσίμων επηρεάζουν την τιμή πώλησης της κιλοβατώρας με αποτέλεσμα να πρέπει να ληφθούν με ιδιαίτερη προσοχή οι εκτιμήσεις που θα γίνουν.

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|------|------|------|------|
| 30% | - | - | - | - |
| 20% | - | - | - | - |
| 10% | 23,0 | 26,5 | 32,3 | 40,8 |
| 0% | 14,1 | 14,7 | 15,6 | 16,6 |
| -10% | 10,2 | 10,2 | 10,3 | 10,4 |
| -20% | 8,0 | 7,8 | 7,7 | 7,6 |
| -30% | 6,6 | 6,3 | 6,1 | 6,0 |

Πίνακας 9.39 Συγκεντρωτικός πίνακας Απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) σε έτη (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|------|------|------|
| 30% | - | - | 8,6 |
| 20% | - | 17,1 | 7,1 |
| 10% | 32,4 | 11,2 | 6,0 |
| 0% | 15,0 | 8,3 | 5,3 |
| -10% | 9,7 | 6,6 | 4,6 |
| -20% | 7,2 | 5,5 | 4,2 |
| -30% | 5,7 | 4,7 | 3,8 |

Πίνακας 9.40 Συγκεντρωτικός πίνακας Απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) σε έτη (2)



Διάγραμμα 9.6 Απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) για διαφορετικό κόστος Φυσικού Αερίου (έτη)

Η απλή περίοδος αποπληρωμής, σε περίπτωση που πέσει η τιμή του φυσικού αερίου, βλέπουμε ότι ακολουθεί μια σταθερά πτωτική τάση με την απόσταση μεταξύ των σεναρίων να μικραίνει όσο μειώνεται η τιμή.

Αντίθετα σε περίπτωση που έχουμε αύξηση της τιμής του φυσικού αερίου παρατηρείται για το ίδιο ποσοστό αύξησης ή μείωσης, να εμφανίζεται μια εκθετική αύξηση της περιόδου αποπληρωμής και στη συνέχεια μια κατακόρυφη μείωση της. Αυτή η συμπεριφορά εξηγείται αφού η αύξηση των καυσίμων χωρίς ταυτόχρονη αύξηση της τιμής του ηλεκτρισμού μας οδηγεί στο να παράγεται πολύ ακριβότερο ρεύμα από ότι αγοράζεται από το δίκτυο της ΔΕΗ.

Όταν όμως αρχίζει η πώληση ηλεκτρισμού προς την ΔΕΗ λόγω της υπάρχουσας νομοθεσίας, που ορίζει την τιμή πώλησης προς την ΔΕΗ συναρτήσει της τιμής αγοράς του φυσικού αερίου, η περίοδος αποπληρωμής επανέρχεται σε βιώσιμα επίπεδα για την επένδυση.

Πρέπει να τονιστεί ότι για αύξηση 20% (5000 έως 7000 ώρες) και 30% (5000 έως 7500 ώρες) της τιμής του φυσικού αερίου η επένδυσή δεν είναι βιώσιμη, καθώς η περίοδος αποπληρωμής ξεπερνάει την διάρκεια ζωής του έργου που έχει οριστεί 20 χρόνια. Το ίδιο ισχύει και για αύξηση 10% (5000 έως 7000 ώρες) απλά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για να φανεί η έντονη διαφορά της συμπεριφοράς σε σχέση με το αν υπήρχε μείωση των τιμών.

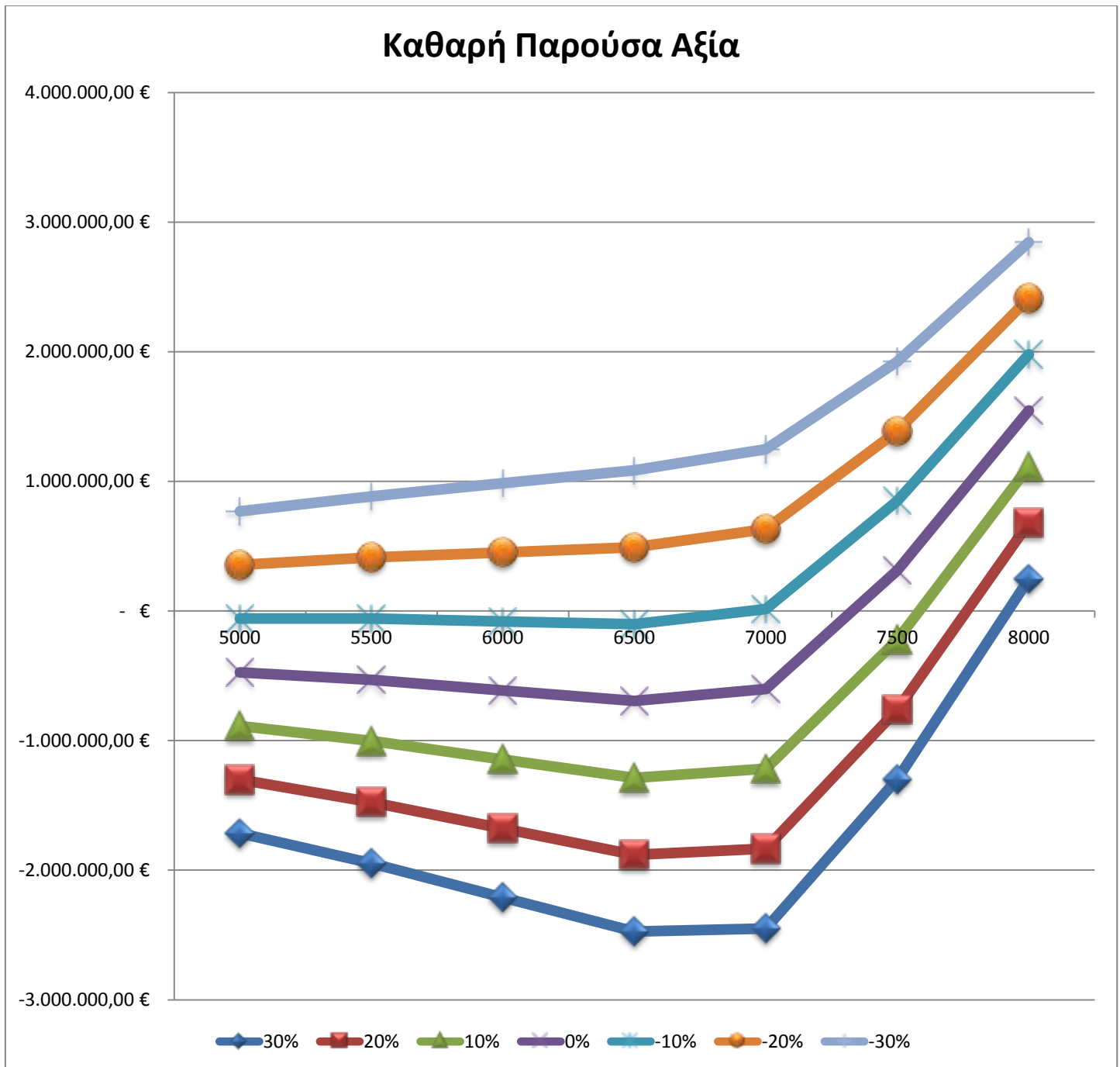
Σε κάθε περίπτωση παρατηρείται ότι ακόμα και αν υπάρχει αύξηση της τιμής 30% αν η συμπαραγωγή λειτουργεί για 8000 ώρες ετησίως θα έχει γίνει απόσβεση της επένδυση σε περίπου 8,6 χρόνια.

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 30% | -1.715.377,86€ | -1.947.152,37€ | -2.210.633,12€ | -2.474.113,86€ |
| 20% | -1.301.278,84€ | -1.475.112,81€ | -1.678.068,04€ | -1.881.023,27€ |
| 10% | -887.179,81€ | -1.003.073,24€ | -1.145.502,96€ | -1.287.932,68€ |
| 0% | -473.080,79€ | -531.033,68€ | -612.937,88€ | -694.842,08€ |
| -10% | -58.981,77€ | -58.994,12€ | -80.372,80€ | -101.751,49€ |
| -20% | 355.117,26€ | 413.045,44€ | 452.192,27€ | 491.339,10€ |
| -30% | 769.216,28€ | 885.085,01€ | 984.757,35€ | 1.084.429,70€ |

Πίνακας 9.41 Συγκεντρωτικός πίνακας Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|----------------|----------------|---------------|
| 30% | -2.450.136,41€ | -1.297.539,81€ | 247.033,46€ |
| 20% | -1.833.800,88€ | -760.498,97€ | 680.190,30€ |
| 10% | -1.217.465,36€ | -223.458,13€ | 1.113.347,14€ |
| 0% | -601.129,83€ | 313.582,72€ | 1.546.503,97€ |
| -10% | 15.205,70€ | 850.623,56€ | 1.979.660,81€ |
| -20% | 631.541,23€ | 1.387.664,40€ | 2.412.817,65€ |
| -30% | 1.247.876,76€ | 1.924.705,24€ | 2.845.974,49€ |

Πίνακας 9.42 Συγκεντρωτικός πίνακας Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) (2)



Διάγραμμα 9.7 Καθαρή παρούσα αξία (NPV) για διαφορετικό κόστος Φυσικού Αερίου (€)

Από το διάγραμμα 9.7 παρατηρείται ότι η όσο μειώνεται η τιμή του φυσικού αερίου, τόσο αυξάνεται η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης. Ενώ όσο αυξάνεται η τιμή του φυσικού αερίου τόσο μειώνεται η ΚΠΑ της επένδυσης.

Σε κάθε περίπτωση παρατηρείται ότι ακόμα και αν υπάρχει αύξηση της τιμής 30% αν η συμπαραγωγή λειτουργεί για 8000 ώρες ετησίως θα προκύψουν θετικές τιμές ΚΠΑ

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| 30% | - | - | - | - |
| 20% | - | - | - | - |
| 10% | - | - | - | - |
| 0% | 3,6% | 3,1% | 2,5% | 1,8% |
| -10% | 7,5% | 7,5% | 7,3% | 7,2% |
| -20% | 11,0% | 11,3% | 11,5% | 11,7% |
| -30% | 14,2% | 14,8% | 15,3% | 15,8% |

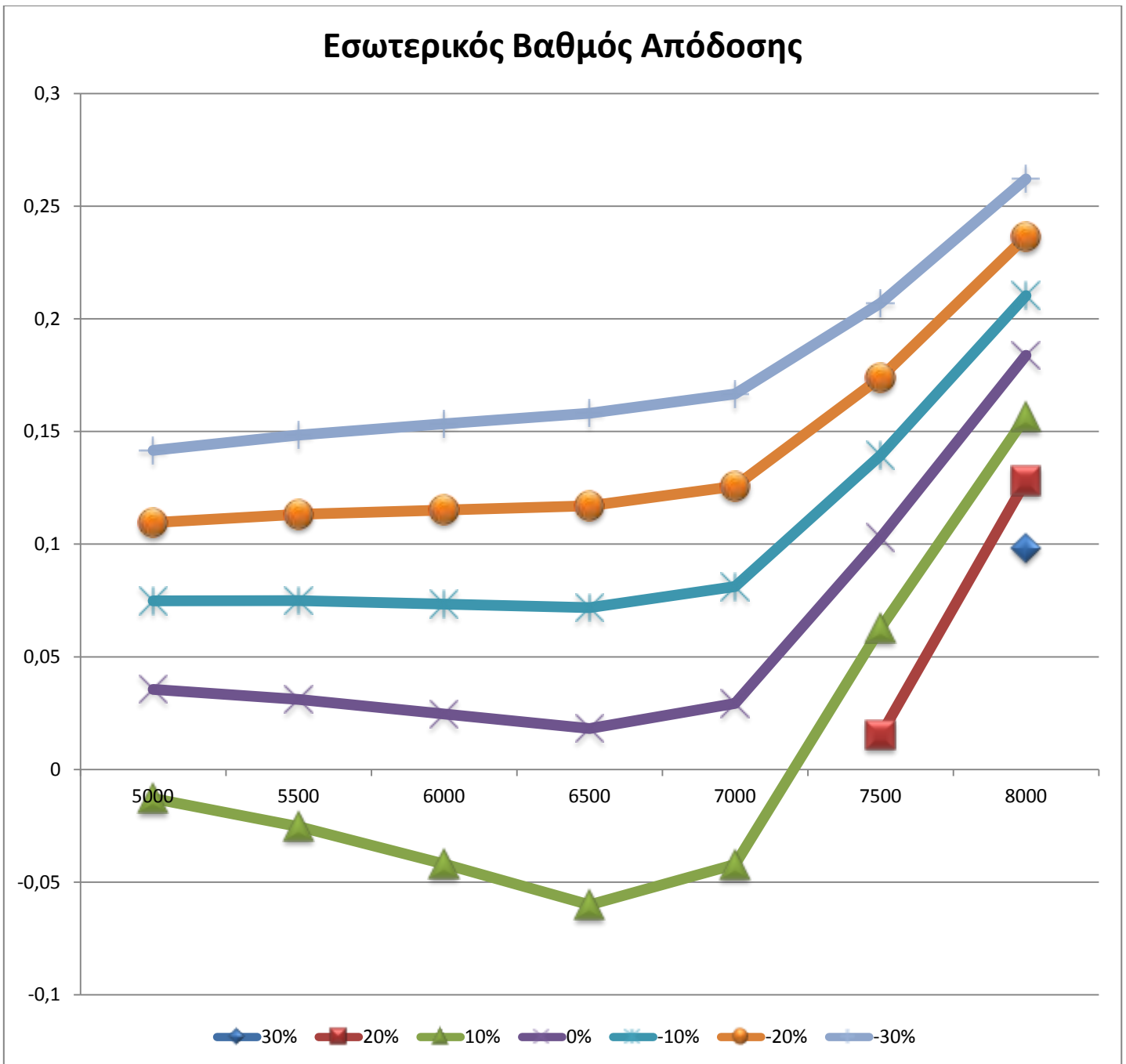
Πίνακας 9.43 Συγκεντρωτικός πίνακας Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|-------|-------|-------|
| 30% | - | - | 9,8% |
| 20% | - | 1,5% | 12,8% |
| 10% | - | 6,3% | 15,6% |
| 0% | 2,9% | 10,3% | 18,4% |
| -10% | 8,1% | 13,9% | 21,0% |
| -20% | 12,6% | 17,4% | 23,6% |
| -30% | 16,7% | 20,7% | 26,2% |

Πίνακας 9.44 Συγκεντρωτικός πίνακας Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) (2)

Από τους πίνακες 9.43 και 9.44 αλλά και από το διάγραμμα 9.8 παρατηρείται ότι δεν μπορεί να οριστεί εσωτερικός βαθμός απόδοσης για τα σενάρια που προβλέπουν αύξηση της τιμής φυσικού αερίου για εύρος λειτουργίας από 5000 μέχρι και 7500 ώρες ετησίως

Αντιθέτως σε κάθε περίπτωση προκύπτει ΕΒΑ σε ικανοποιητικό ποσοστό ώστε να προχωρήσει στην επένδυση για όλα τα σενάρια που προβλέπουν λειτουργία 8000 ωρών ετησίως.



Διάγραμμα 9.8 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) διαφορετικό κόστος Φυσικού Αερίου (%)

9.2.2.3 Τιμή ηλεκτρικού ρεύματος

Η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος κατά καιρούς μεταβάλλεται. Η μεταβολή αυτή σχετίζεται με το ενεργειακό μίγμα της χώρας αλλά και την τιμή των καυσίμων. Η τιμή του ηλεκτρισμού όμως παίζει πολύ καθοριστικό ρόλο στην επένδυση, καθώς ο στόχος είναι να καλύπτονται πρωτίστως τα ηλεκτρικά φορτία του νοσοκομείου και δευτερευόντως τα θερμικά και ψυκτικά. Η μεταβολή του κόστους ηλεκτρισμού για της διάφορες διακυμάνσεις της τιμής φαίνεται παρακάτω. Τα σενάρια $\pm 10 - 30\%$ αναφέρονται στο δεδομένο κόστος, σενάριο 0% (Κεφάλαιο 8^ο)

| Σενάριο | -30% | -20% | -10% | 0% |
|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Ιανουάριος | 40.099,89 | 45.828,44 | 51.557,00 | 57.285,55 |
| Φεβρουάριος | 42.550,69 | 48.629,36 | 54.708,03 | 60.786,70 |
| Μάρτιος | 46.395,59 | 53.023,53 | 59.651,47 | 66.279,41 |
| Απρίλιος | 44.410,03 | 50.754,32 | 57.098,61 | 63.442,90 |
| Μάιος | 53.637,40 | 61.299,89 | 68.962,37 | 76.624,86 |
| Ιούνιος | 74.382,11 | 85.008,12 | 95.634,14 | 106.260,15 |
| Ιούλιος | 62.712,41 | 71.671,33 | 80.630,24 | 89.589,16 |
| Αύγουστος | 59.726,11 | 68.258,41 | 76.790,71 | 85.323,01 |
| Σεπτέμβριος | 51.707,78 | 59.094,60 | 66.481,43 | 73.868,25 |
| Οκτώβριος | 33.267,52 | 38.020,02 | 42.772,53 | 47.525,03 |
| Νοέμβριος | 33.255,76 | 38.006,58 | 42.757,41 | 47.508,23 |
| Δεκέμβριος | 33.490,91 | 38.275,32 | 43.059,74 | 47.844,15 |
| Σύνολο | 575.636 | 657.870 | 740.104 | 822.337 |

Πίνακας 9.45 Συγκεντρωτικός πίνακας μεταβολών του κόστους ηλεκτρικού ρεύματος (1)

| Σενάριο | 0% | +10% | +20% | +30% |
|---------------|------------|------------|------------|------------|
| Ιανουάριος | 57.285,55 | 63.014,11 | 68.742,66 | 74.471,22 |
| Φεβρουάριος | 60.786,70 | 66.865,37 | 72.944,04 | 79.022,71 |
| Μάρτιος | 66.279,41 | 72.907,35 | 79.535,29 | 86.163,23 |
| Απρίλιος | 63.442,90 | 69.787,19 | 76.131,48 | 82.475,77 |
| Μάιος | 76.624,86 | 84.287,35 | 91.949,83 | 99.612,32 |
| Ιούνιος | 106.260,15 | 116.886,17 | 127.512,18 | 138.138,20 |
| Ιούλιος | 89.589,16 | 98.548,08 | 107.506,99 | 116.465,91 |
| Αύγουστος | 85.323,01 | 93.855,31 | 102.387,61 | 110.919,91 |
| Σεπτέμβριος | 73.868,25 | 81.255,08 | 88.641,90 | 96.028,73 |
| Οκτώβριος | 47.525,03 | 52.277,53 | 57.030,04 | 61.782,54 |
| Νοέμβριος | 47.508,23 | 52.259,05 | 57.009,88 | 61.760,70 |
| Δεκέμβριος | 47.844,15 | 52.628,57 | 57.412,98 | 62.197,40 |
| Σύνολο | 822.337 | 904.571 | 986.805 | 1.069.039 |

Πίνακας 9.46 Συγκεντρωτικός πίνακας μεταβολών του κόστους ηλεκτρικού ρεύματος (2)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 893.309,04 | 982.639,94 | 1.071.970,85 | 1.161.301,75 | 1.250.632,65 | 1.339.963,56 | 1.429.294,46 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 534.197,91 | 503.880,73 | 476.196,40 | 448.512,07 | 420.827,74 | 393.143,41 | 365.459,08 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 161.830,99 | 117.184,08 | 72.073,86 | 26.963,64 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 43.810,61 | 208.121,58 | 401.328,91 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.649.187,94 | 1.669.539,75 | 1.692.061,11 | 1.714.582,46 | 1.711.439,78 | 1.614.760,39 | 1.489.184,64 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | -67.813,81 | -88.165,62 | -110.686,98 | -133.208,33 | -130.065,65 | -33.386,26 | 92.189,49 |

Πίνακας 9.47 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο -30%)

Στους πίνακες από 9.47 μέχρι και 9.52 παρουσιάζεται πως μεταβάλλονται τα οικονομικά στοιχεία της εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής αν μεταβληθεί το κόστος αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατά τα ποσά που φαίνονται στους πίνακες 9.45 και 9.46.

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 893.309,04 | 982.639,94 | 1.071.970,85 | 1.161.301,75 | 1.250.632,65 | 1.339.963,56 | 1.429.294,46 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 534.197,91 | 503.880,73 | 476.196,40 | 448.512,07 | 420.827,74 | 393.143,41 | 365.459,08 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 184.949,70 | 133.924,67 | 82.370,13 | 30.815,59 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 43.810,61 | 208.121,58 | 401.328,91 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.672.306,65 | 1.686.280,34 | 1.702.357,37 | 1.718.434,41 | 1.711.439,78 | 1.614.760,39 | 1.489.184,64 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | -8.698,78 | -22.672,47 | -38.749,50 | -54.826,54 | -47.831,91 | 48.847,48 | 174.423,23 |

Πίνακας 9.48 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο -20%)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπαραγωγής (€) | 893.309,04 | 982.639,94 | 1.071.970,85 | 1.161.301,75 | 1.250.632,65 | 1.339.963,56 | 1.429.294,46 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 534.197,91 | 503.880,73 | 476.196,40 | 448.512,07 | 420.827,74 | 393.143,41 | 365.459,08 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 208.068,41 | 150.665,25 | 92.666,39 | 34.667,54 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 43.810,61 | 208.121,58 | 401.328,91 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.695.425,36 | 1.703.020,92 | 1.712.653,64 | 1.722.286,36 | 1.711.439,78 | 1.614.760,39 | 1.489.184,64 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 50.416,25 | 42.820,69 | 33.187,97 | 23.555,25 | 34.401,83 | 131.081,22 | 256.656,97 |

Πίνακας 9.49 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο -10%)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπαγωγής (€) | 893.309,04 | 982.639,94 | 1.071.970,85 | 1.161.301,75 | 1.250.632,65 | 1.339.963,56 | 1.429.294,46 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 534.197,91 | 503.880,73 | 476.196,40 | 448.512,07 | 420.827,74 | 393.143,41 | 365.459,08 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 254.305,84 | 184.146,42 | 113.258,93 | 42.371,44 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 43.810,61 | 208.121,58 | 401.328,91 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.741.662,79 | 1.736.502,09 | 1.733.246,17 | 1.729.990,26 | 1.711.439,78 | 1.614.760,39 | 1.489.184,64 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 168.646,30 | 173.807,00 | 177.062,92 | 180.318,83 | 198.869,31 | 295.548,70 | 421.124,45 |

Πίνακας 9.50 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο +10%)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 893.309,04 | 982.639,94 | 1.071.970,85 | 1.161.301,75 | 1.250.632,65 | 1.339.963,56 | 1.429.294,46 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 534.197,91 | 503.880,73 | 476.196,40 | 448.512,07 | 420.827,74 | 393.143,41 | 365.459,08 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 277.424,55 | 200.887,00 | 123.555,19 | 46.223,38 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 43.810,61 | 208.121,58 | 401.328,91 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.764.781,50 | 1.753.242,67 | 1.743.542,44 | 1.733.842,20 | 1.711.439,78 | 1.614.760,39 | 1.489.184,64 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 227.761,33 | 239.300,16 | 249.000,39 | 258.700,63 | 281.103,05 | 377.782,44 | 503.358,19 |

Πίνακας 9.51 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο +20%)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπαραγωγής (€) | 893.309,04 | 982.639,94 | 1.071.970,85 | 1.161.301,75 | 1.250.632,65 | 1.339.963,56 | 1.429.294,46 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 534.197,91 | 503.880,73 | 476.196,40 | 448.512,07 | 420.827,74 | 393.143,41 | 365.459,08 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 300.543,26 | 217.627,58 | 133.851,46 | 50.075,33 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 39.900,00 | 43.890,00 | 47.880,00 | 51.870,00 | 55.860,00 | 59.850,00 | 63.840,00 |
| | 59.850,00 | 65.835,00 | 71.820,00 | 77.805,00 | 83.790,00 | 89.775,00 | 95.760,00 |
| | 79.800,00 | 87.780,00 | 95.760,00 | 103.740,00 | 111.720,00 | 119.700,00 | 127.680,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 43.810,61 | 208.121,58 | 401.328,91 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.787.900,21 | 1.769.983,25 | 1.753.838,70 | 1.737.694,15 | 1.711.439,78 | 1.614.760,39 | 1.489.184,64 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 286.876,36 | 304.793,32 | 320.937,87 | 337.082,42 | 363.336,79 | 460.016,18 | 585.591,93 |

Πίνακας 9.52 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής (σενάριο +30%)

9.2.2.4 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την τιμή ηλεκτρικού ρεύματος

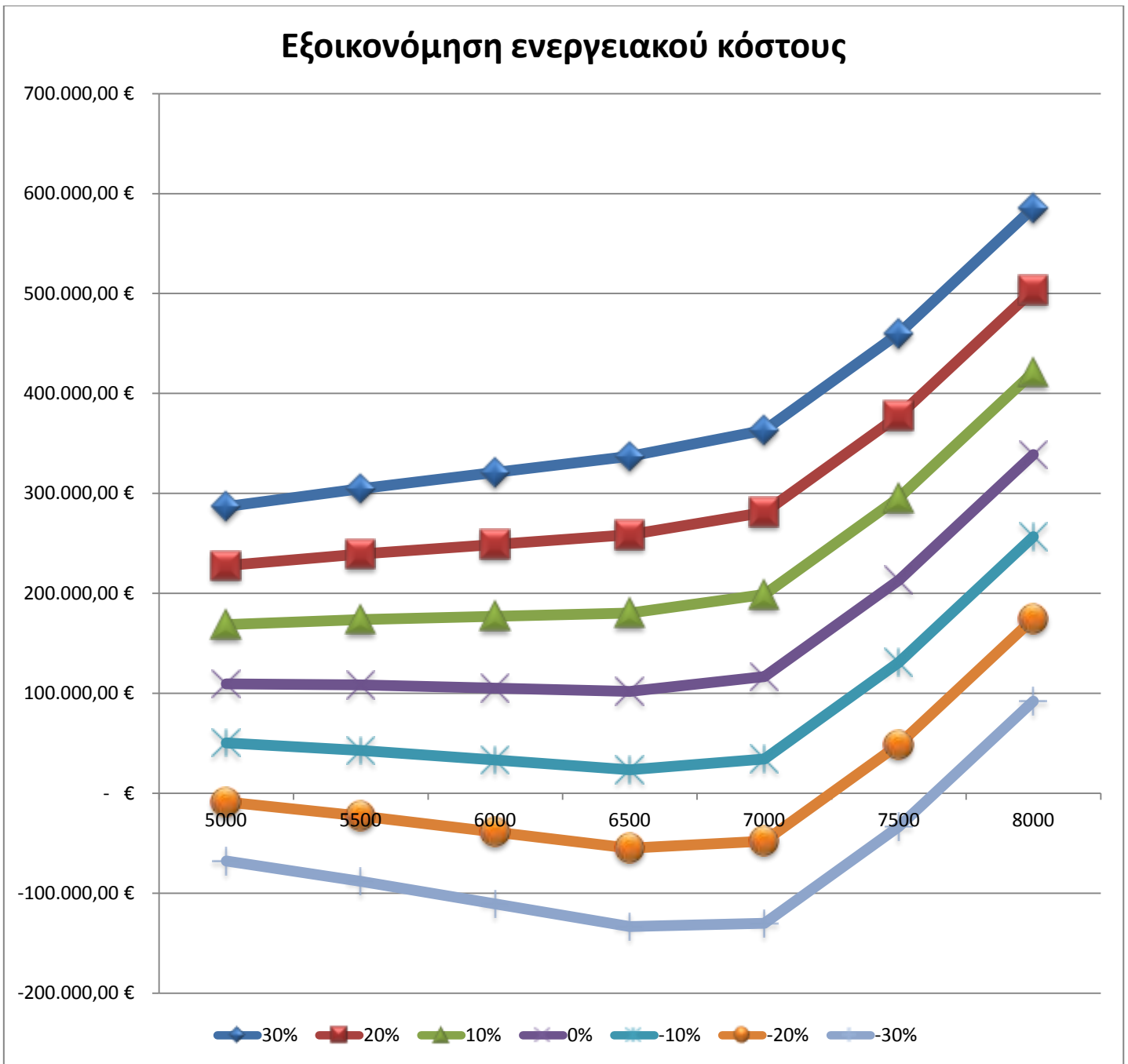
Στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά πως μεταβάλλονται η εξοικονόμηση του ενεργειακού κόστους, η απλή περίοδος αποπληρωμής, η καθαρή παρούσα αξία και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης, για μεταβολές του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας.

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 30% | 286.876,36€ | 304.793,32€ | 320.937,87€ | 337.082,42€ |
| 20% | 227.761,33€ | 239.300,16€ | 249.000,39€ | 258.700,63€ |
| 10% | 168.646,30€ | 173.807,00€ | 177.062,92€ | 180.318,83€ |
| 0% | 109.531,28€ | 108.313,85€ | 105.125,45€ | 101.937,04€ |
| -10% | 50.416,25€ | 42.820,69€ | 33.187,97€ | 23.555,25€ |
| -20% | -8.698,78€ | -22.672,47€ | -38.749,50€ | -54.826,54€ |
| -30% | -67.813,81€ | -88.165,62€ | -110.686,98€ | -133.208,33€ |

Πίνακας 9.53 Συγκεντρωτικός πίνακας εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|--------------|-------------|-------------|
| 30% | 363.336,79€ | 460.016,18€ | 585.591,93€ |
| 20% | 281.103,05€ | 377.782,44€ | 503.358,19€ |
| 10% | 198.869,31€ | 295.548,70€ | 421.124,45€ |
| 0% | 116.635,57€ | 213.314,96€ | 338.890,71€ |
| -10% | 34.401,83€ | 131.081,22€ | 256.656,97€ |
| -20% | -47.831,91€ | 48.847,48€ | 174.423,23€ |
| -30% | -130.065,65€ | -33.386,26€ | 92.189,49€ |

Πίνακας 9.54 Συγκεντρωτικός πίνακας εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους (2)



Διάγραμμα 9.9 Εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους για διαφορετικό κόστος Ηλεκτρικού ρεύματος (€)

Στο διάγραμμα 9.9 παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας τόσο αυξάνεται το ποσό της εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους. Ενώ όσο μειώνεται η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος τόσο μειώνεται και το ποσό της εξοικονόμησης.

Παρόλα αυτά τιμή πώλησης της κιλοβατώρας επηρεάζεται από την τιμή του φυσικού αερίου και γενικότερα η τιμή των καυσίμων. Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω θα πρέπει, να εξεταστεί κατά πόσο το συγκεκριμένο διάγραμμα μπορεί

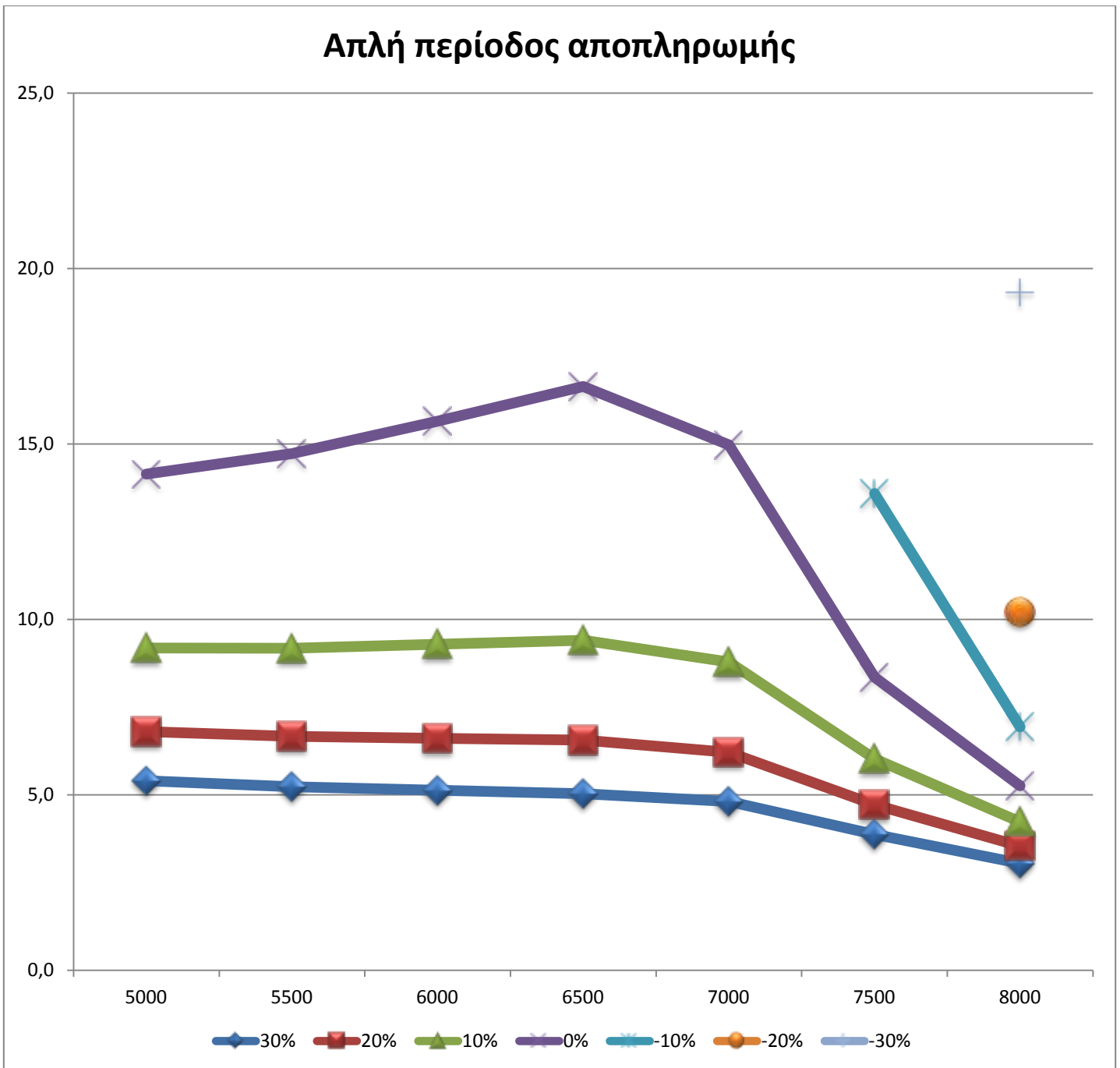
να δώσει ασφαλείς εκτιμήσεις για την αναμενόμενη εξοικονόμηση σε περίπτωση αύξησης της τιμής του ηλεκτρισμού

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|------|------|------|------|
| 30% | 5,4 | 5,2 | 5,1 | 5,0 |
| 20% | 6,8 | 6,7 | 6,6 | 6,6 |
| 10% | 9,2 | 9,2 | 9,3 | 9,4 |
| 0% | 14,1 | 14,7 | 15,6 | 16,6 |
| -10% | - | - | - | - |
| -20% | - | - | - | - |
| -30% | - | - | - | - |

Πίνακας 9.55 Συγκεντρωτικός πίνακας απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) σε έτη (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|------|------|------|
| 30% | 4,8 | 3,9 | 3,0 |
| 20% | 6,2 | 4,7 | 3,5 |
| 10% | 8,8 | 6,0 | 4,2 |
| 0% | 15,0 | 8,3 | 5,3 |
| -10% | - | 13,6 | 6,9 |
| -20% | - | - | 10,2 |
| -30% | - | - | 19,3 |

Πίνακας 9.56 Συγκεντρωτικός πίνακας απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) σε έτη (2)



Διάγραμμα 9.10 Απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) για διαφορετικό κόστος Ηλεκτρικού ρεύματος (έτη)

Η απλή περίοδος αποπληρωμής, σε περίπτωση που ανέβει η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, φαίνεται ότι ακολουθεί μια σταθερά πτωτική τάση με την απόσταση μεταξύ των σεναρίων να μικραίνει όσο μειώνεται η τιμή.

Αντίθετα σε περίπτωση που εμφανιστεί μείωση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος, για το ίδιο ποσοστό μείωσης, παρατηρείται μια εκθετική αύξηση της περιόδου αποπληρωμής (όχι τόσο απότομη όσο είχε παρατηρηθεί στην αντίστοιχη αύξηση της τιμής του φυσικού αερίου) και στη συνέχεια μια κατακόρυφη μείωση. Αυτή η συμπεριφορά εξηγείται αφού η μείωση της τιμής αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος

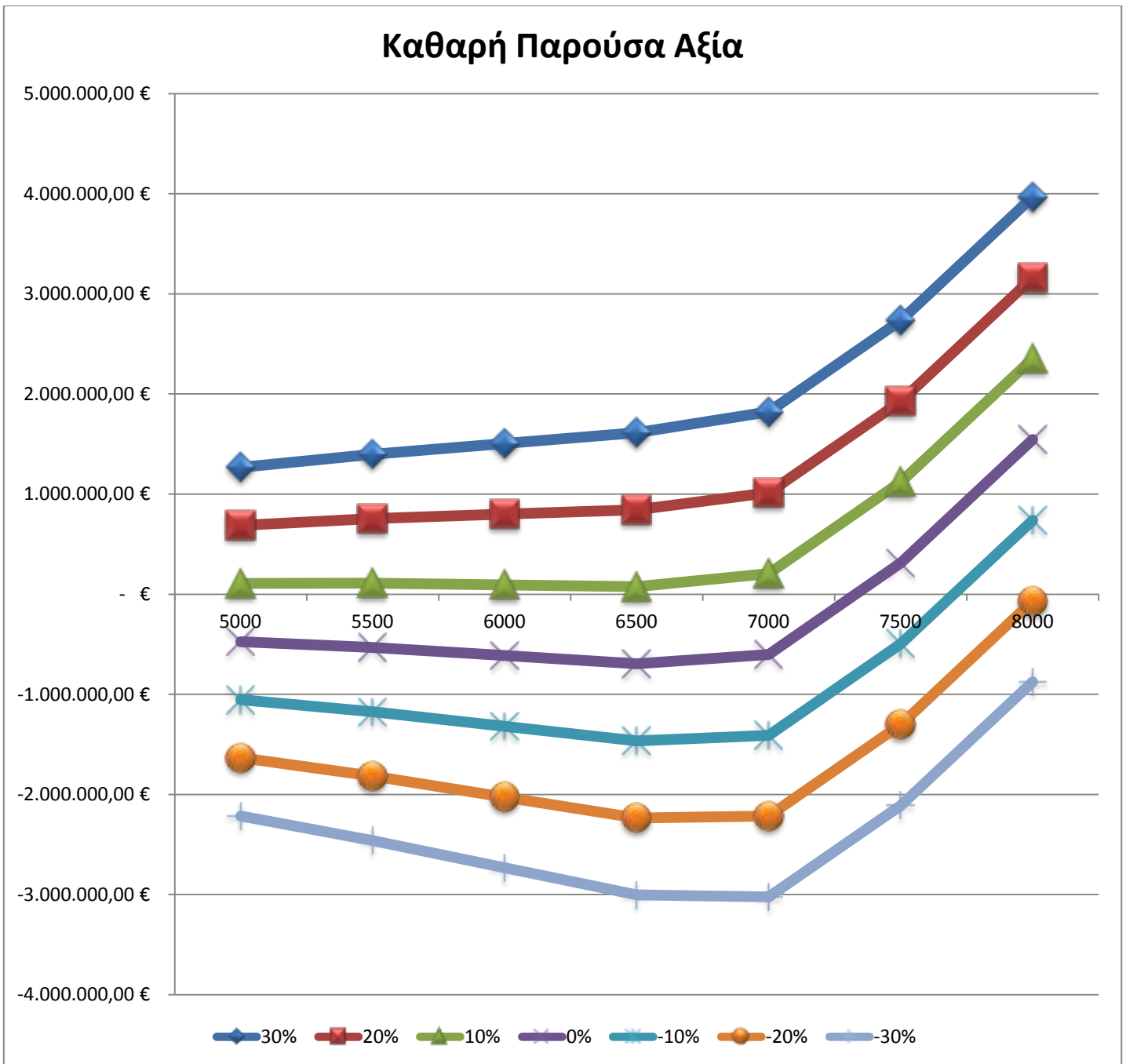
χωρίς ταυτόχρονη μείωση της τιμής του φυσικού αερίου οδηγεί στο να παράγεται πολύ ακριβότερο ρεύμα από ότι αν αγοραζόταν από το δίκτυο της ΔΕΗ. Όταν όμως αρχίζει η πώληση προς την ΔΕΗ του πλεονάσματος ρεύματος που υπάρχει, η περίοδος αποπληρωμής επανέρχεται σε βιώσιμα επίπεδα για την επένδυση μας.

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 30% | 1.268.119,38€ | 1.398.030,72€ | 1.505.940,29€ | 1.613.849,86€ |
| 20% | 687.719,32€ | 755.009,25€ | 799.647,57€ | 844.285,88€ |
| 10% | 107.319,27€ | 111.987,79€ | 93.354,84€ | 74.721,90€ |
| 0% | -473.080,79€ | -531.033,68€ | -612.937,88€ | -694.842,08€ |
| -10% | -1.053.480,85€ | -1.174.055,15€ | -1.319.230,61€ | -1.464.406,06€ |
| -20% | -1.633.880,90€ | -1.817.076,62€ | -2.025.523,33€ | -2.233.970,04€ |
| -30% | -2.214.280,96€ | -2.460.098,09€ | -2.731.816,05€ | -3.003.534,02€ |

Πίνακας 9.57 Συγκεντρωτικός πίνακας Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|----------------|----------------|---------------|
| 30% | 1.821.019,12€ | 2.735.731,66€ | 3.968.652,92€ |
| 20% | 1.013.636,14€ | 1.928.348,68€ | 3.161.269,94€ |
| 10% | 206.253,15€ | 1.120.965,70€ | 2.353.886,96€ |
| 0% | -601.129,83€ | 313.582,72€ | 1.546.503,97€ |
| -10% | -1.408.512,81€ | -493.800,26€ | 739.120,99€ |
| -20% | -2.215.895,79€ | -1.301.183,25€ | -68.261,99€ |
| -30% | -3.023.278,77€ | -2.108.566,23€ | -875.644,97€ |

Πίνακας 9.58 Συγκεντρωτικός πίνακας Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) (2)



Διάγραμμα 9.11 Καθαρή παρούσα αξία (NPV) για διαφορετικό κόστος Ηλεκτρικού ρεύματος (€)

Στο διάγραμμα 9.11 παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, τόσο αυξάνεται η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης. Ενώ όσο μειώνεται η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος τόσο μειώνεται η ΚΠΑ της επένδυσης.

Σε αντίθεση με την μεταβολή του φυσικού αερίου αν μεταβληθεί η τιμή αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος υπάρχει περίπτωση να εμφανίζονται μόνο αρνητικές τιμές για την ΚΠΑ ακόμα και αν λειτουργεί για 8000 ώρες ετησίως (μείωση 20% και 30%)

Για να υπάρξουν ασφαλέστερα αποτελέσματα για την βιωσιμότητα της επένδυσης μας θα πρέπει να εξεταστεί πως κινείται ο δείκτης του εσωτερικού βαθμού απόδοσης της επένδυσης.

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| 30% | 17,8% | 18,5% | 18,9% | 19,3% |
| 20% | 13,6% | 13,9% | 14,0% | 14,2% |
| 10% | 8,9% | 8,9% | 8,8% | 8,6% |
| 0% | 3,6% | 3,1% | 2,5% | 1,8% |
| -10% | - | - | - | - |
| -20% | - | - | - | - |
| -30% | - | - | - | - |

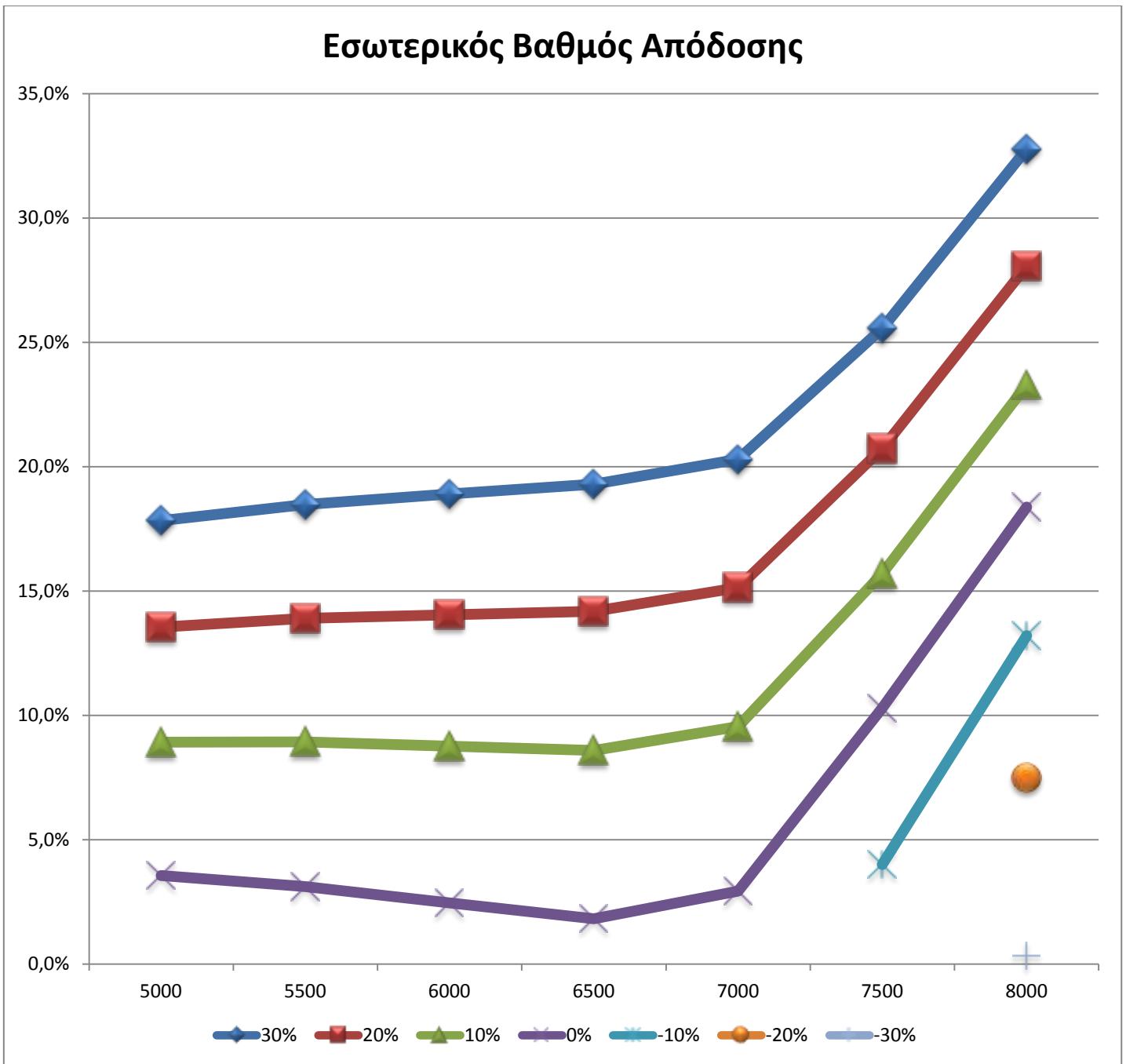
Πίνακας 9.59 Συγκεντρωτικός πίνακας Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|-------|-------|-------|
| 30% | 20,3% | 25,6% | 32,8% |
| 20% | 15,1% | 20,7% | 28,1% |
| 10% | 9,6% | 15,7% | 23,3% |
| 0% | 2,9% | 10,3% | 18,4% |
| -10% | - | 4,0% | 13,2% |
| -20% | - | - | 7,5% |
| -30% | - | - | 0,3% |

Πίνακας 9.60 Συγκεντρωτικός πίνακας Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) (2)

Από τους πίνακες 9.59 και 9.60 αλλά και από το διάγραμμα 9.12 παρατηρείται ότι δεν μπορεί να οριστεί εσωτερικός βαθμός απόδοσης, για τα σενάρια που προβλέπουν αύξηση της τιμής φυσικού αερίου για εύρος λειτουργίας από 5000 μέχρι και 7500 ώρες ετησίως

Για την περίπτωση της μείωσης 30% δεν μπορεί να οριστεί ούτε στις 8000 ώρες λειτουργίας ο δείκτη του ΕΒΑ. Αντιθέτως για τις άλλες δυο περιπτώσεις μείωσης της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος ο ΕΒΑ κινείται σε ικανοποιητικό ποσοστό ώστε να προχωρήσει η επένδυση, για όλα τα σενάρια που προβλέπουν λειτουργία 8000 ωρών ετησίως.



Διάγραμμα 9.12 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) διαφορετικό κόστος Ηλεκτρικού ρεύματος (%)

9.2.2.5 Κόστος εκπεμπόμενων ρύπων

Η Ελλάδα έχει αποκλειστεί έως το 2013 από τις Συνδιαλλαγές για το Εμπόριο Ρύπων. Μετά το 2013 η κατάσταση πρόκειται να αλλάξει και το εμπόριο ρύπων θα παίζει σημαντικό ρόλο στην βιωσιμότητα μιας επένδυσης.

Εξαιρετικής δυσκολίας θα είναι η τρίτη ευρωπαϊκή περίοδος εμπορίας ρύπων, από το 2013 έως το 2020. Η βασική δυσκολία είναι ότι από την 1η Ιανουαρίου του 2013 η ηλεκτροπαραγωγή υποχρεούται να αγοράζει όλα τα δικαιώματα εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από δημοπρασίες, αντί για δωρεάν παροχή του μεγαλύτερου μέρους τους, όπως γίνεται σήμερα. Αυτό θα οδηγήσει σε πολύ μεγάλη επιβάρυνση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, ειδικά στην Ελλάδα της μεγάλης συμμετοχής λιγνίτη. Το κόστος παραγωγής από λιγνίτη μπορεί να ανέβει μέχρι και 25% - 30%.

Οι υπόλοιποι κλάδοι, από 1/1/2013 θα πάρουν το 80% των δικαιωμάτων που αντιστοιχούν στην παραγωγή τους, με βάση όμως την απόδοση των δέκα καλύτερων (από τη σκοπιά των χαμηλότερων εκπομπών) αντίστοιχων μονάδων στην Ευρώπη. Τα υπόλοιπα δικαιώματα πρέπει να τα αγοράσουν. Και βεβαίως δεν θα είναι μόνο το 20%, αλλά και η διαφορά από τη «δεκάδα - υπόδειγμα». Το 2020 το ποσοστό της δωρεάν χορήγησης πέφτει στο 30%. [E28]

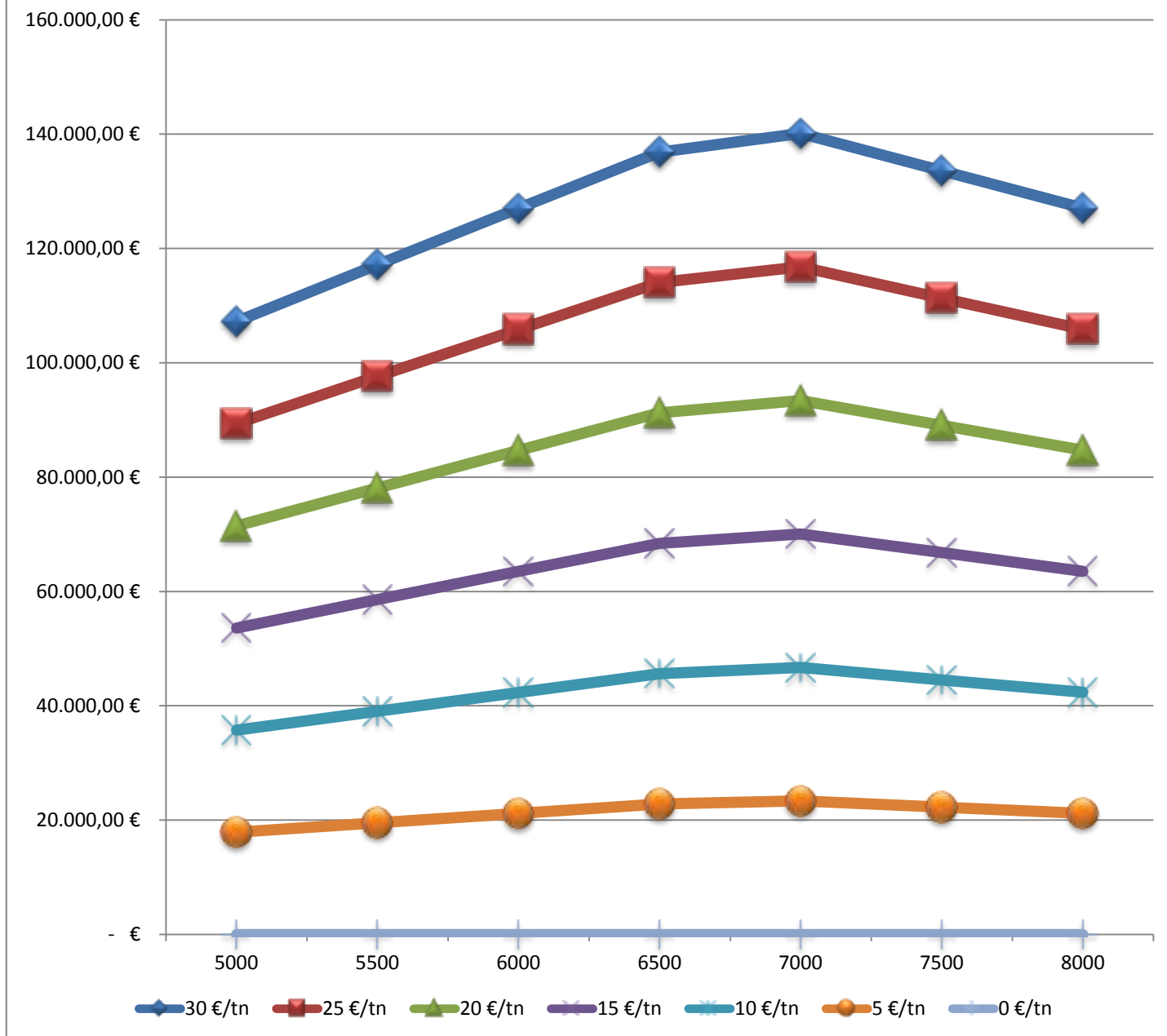
Με βάση τα παραπάνω μπορεί να θεωρηθεί ότι η επένδυση θα έχει ένα επιπλέον έσοδο από την μείωση παραγωγής CO₂ καθώς γλυτώνει χρήματα τα οποία θα έπρεπε να δαπανήσει για αγορά δικαιωμάτων ρύπων.

Τα έσοδα από την πώληση δικαιωμάτων ρύπων για διάφορες τιμές ανά τόνο φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 30 €/tn | 107.231,75€ | 117.157,39€ | 127.010,66€ | 136.863,93€ | 140.125,45€ | 133.592,42€ | 127.059,39€ |
| 25 €/tn | 89.359,79€ | 97.631,15€ | 105.842,21€ | 114.053,27€ | 116.771,21€ | 111.327,02€ | 105.882,82€ |
| 20 €/tn | 71.487,83€ | 78.104,92€ | 84.673,77€ | 91.242,62€ | 93.416,97€ | 89.061,61€ | 84.706,26€ |
| 15 €/tn | 53.615,87€ | 58.578,69€ | 63.505,33€ | 68.431,96€ | 70.062,72€ | 66.796,21€ | 63.529,69€ |
| 10 €/tn | 35.743,92€ | 39.052,46€ | 42.336,89€ | 45.621,31€ | 46.708,48€ | 44.530,81€ | 42.353,13€ |
| 5 €/tn | 17.871,96€ | 19.526,23€ | 21.168,44€ | 22.810,65€ | 23.354,24€ | 22.265,40€ | 21.176,56€ |
| 0 €/tn | -€ | -€ | -€ | -€ | -€ | -€ | -€ |

Πίνακας 9.61 Συγκεντρωτικός πίνακας εσόδων από την πώληση δικαιωμάτων CO₂ (€)

Έσοδα από πώληση δικαιωμάτων ρύπων



Διάγραμμα 9.13 Έσοδα από πώληση δικαιωμάτων ρύπων για διαφορετική τιμή ανά τόνο (€)

Τα έσοδα που προκύπτουν από την πώληση των δικαιωμάτων ρύπων CO₂ αυξάνονται αναλογικά όσο αυξάνεται η τιμή του κάθε τόνου. Επίσης, όσο αυξάνονται οι ώρες λειτουργίας το ποσό αυτό σταδιακά αυξάνεται. Όταν ξεκινήσει να παρουσιάζεται πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο και πωλείτε στην ΔΕΗ, ξεκινάν να παρουσιάζονται και μεγάλα ποσά πλεονάζουσας θερμικής ενέργειας, την οποία την απορρίπτονται στο περιβάλλον.

Αρχίζει δηλαδή να παράγεται ενέργεια -και κατ' επέκταση ρύποι- η οποία δεν χρησιμοποιεί το νοσοκομείο. Για να εξεταστεί αν συμφέρει η προηγούμενη βέλτιστη λύση της λειτουργίας 8000 ωρών ετησίως, θα πρέπει να υπολογιστεί η

εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους, εφόσον προστεθούν και τα έσοδα από την πώληση δικαιωμάτων ρύπων.

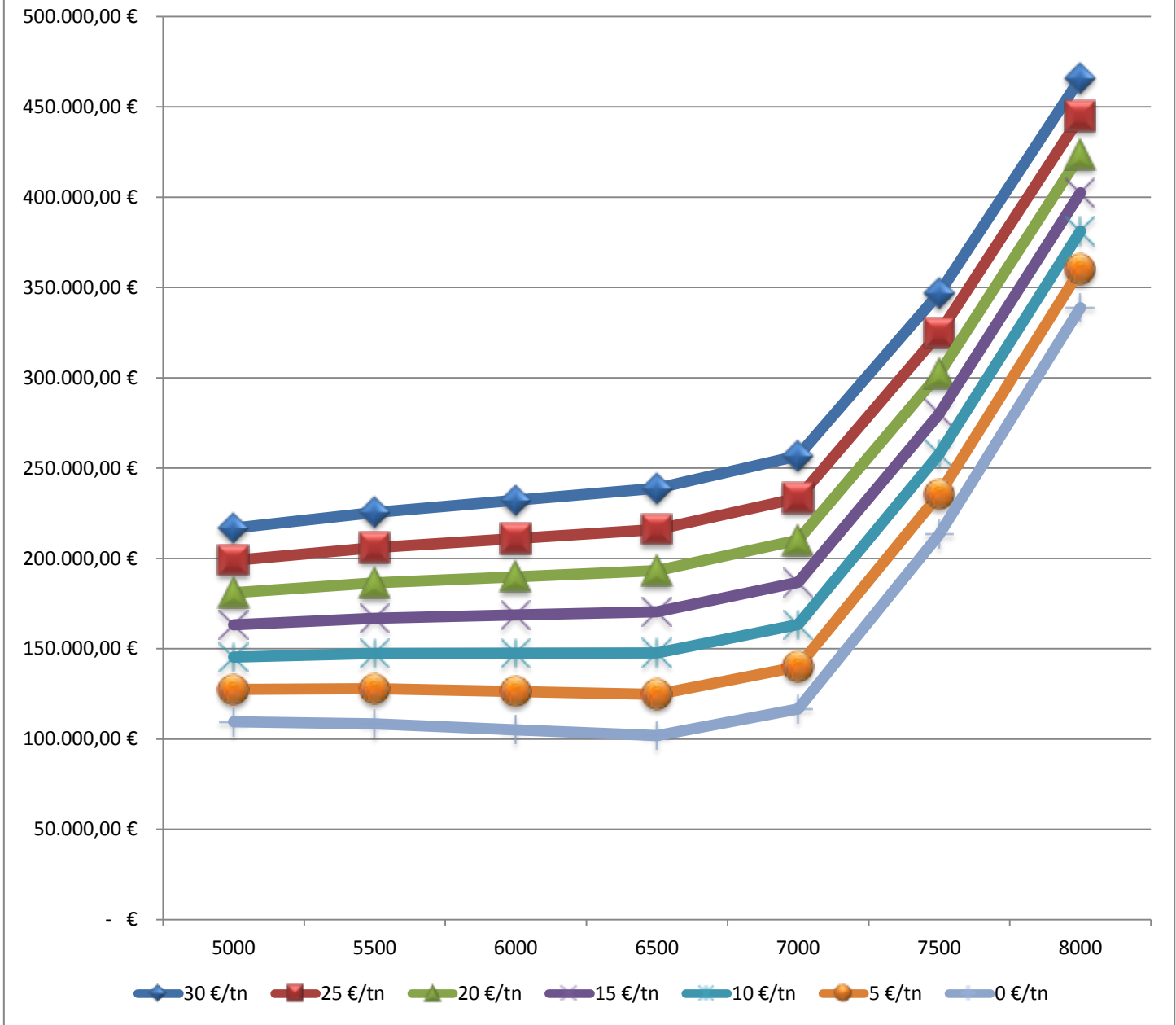
| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 30 €/tn | 216.763,02€ | 225.471,23€ | 232.136,10€ | 238.800,97€ |
| 25 €/tn | 198.891,07€ | 205.945,00€ | 210.967,66€ | 215.990,32€ |
| 20 €/tn | 181.019,11€ | 186.418,77€ | 189.799,22€ | 193.179,66€ |
| 15 €/tn | 163.147,15€ | 166.892,54€ | 168.630,77€ | 170.369,01€ |
| 10 €/tn | 145.275,19€ | 147.366,31€ | 147.462,33€ | 147.558,35€ |
| 5 €/tn | 127.403,23€ | 127.840,08€ | 126.293,89€ | 124.747,70€ |
| 0 €/tn | 109.531,28€ | 108.313,85€ | 105.125,45€ | 101.937,04€ |

Πίνακας 9.62 Συγκεντρωτικός πίνακας εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| 30 €/tn | 256.761,01€ | 346.907,38€ | 465.950,10€ |
| 25 €/tn | 233.406,77€ | 324.641,98€ | 444.773,54€ |
| 20 €/tn | 210.052,53€ | 302.376,57€ | 423.596,97€ |
| 15 €/tn | 186.698,29€ | 280.111,17€ | 402.420,41€ |
| 10 €/tn | 163.344,05€ | 257.845,77€ | 381.243,84€ |
| 5 €/tn | 139.989,81€ | 235.580,36€ | 360.067,28€ |
| 0 €/tn | 116.635,57€ | 213.314,96€ | 338.890,71€ |

Πίνακας 9.63 Συγκεντρωτικός πίνακας εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους (2)

Εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους



Διάγραμμα 9.14 Εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους για διαφορετική τιμή πώλησης δικαιωμάτων CO2 ανά τόνο (€)

Εκτός από το προφανές, ότι δηλαδή η προσθήκη ενός επιπλέον εσόδου θα αυξήσει το ποσό της εξοικονόμησης ενεργειακού κόστους με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής. Παρατηρείται ότι οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών, όταν ξεκινάει η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στην ΔΕΗ, συγκλίνουν όλο και περισσότερο με την αύξηση των ωρών λειτουργίας.

Η αύξηση των εσόδων δηλαδή από την παραγωγή ηλεκτρισμού μειώνει τα έσοδα από την πώληση δικαιωμάτων ρύπων.

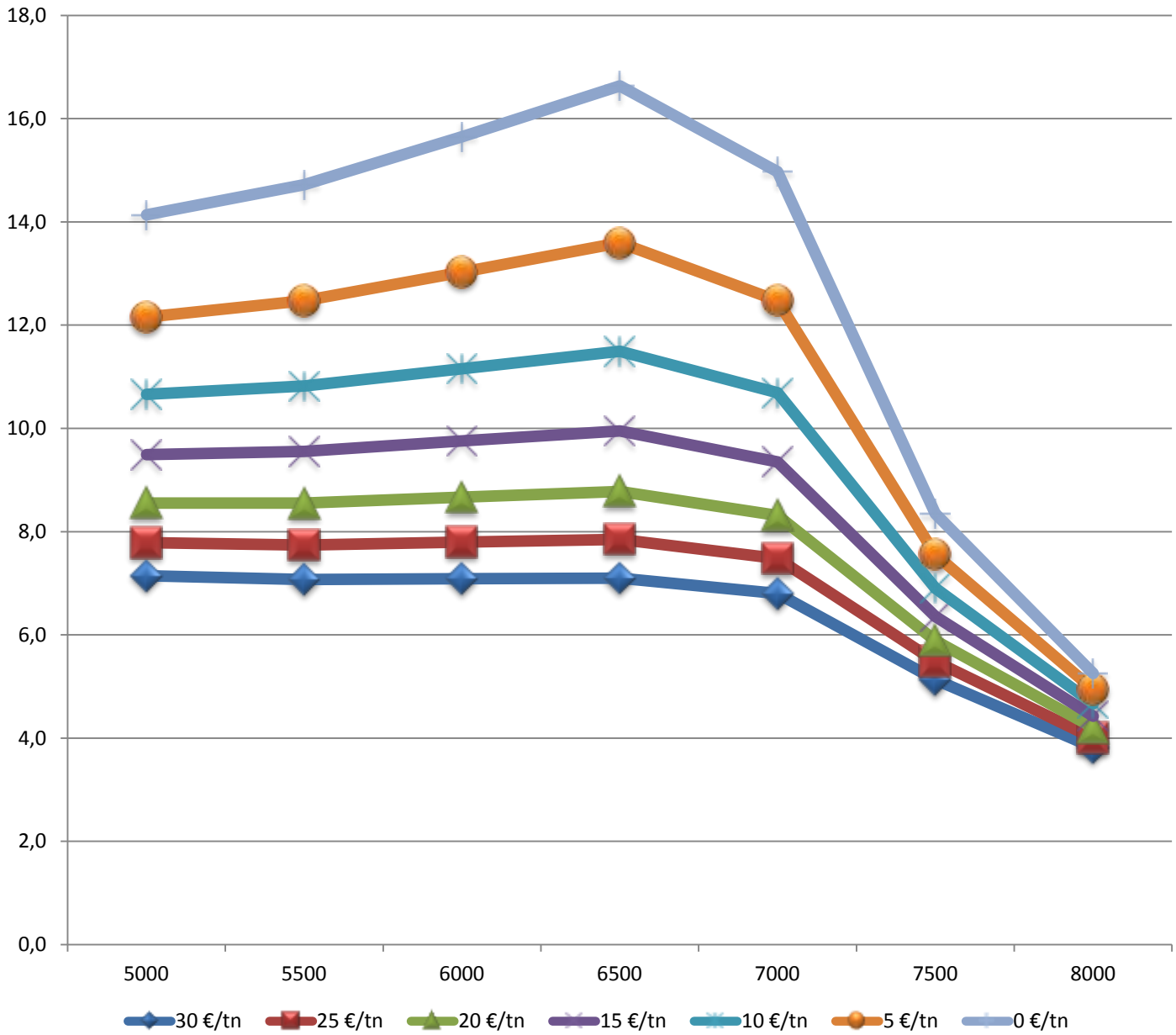
| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|------|------|------|------|
| 30 €/tn | 7,1 | 7,1 | 7,1 | 7,1 |
| 25 €/tn | 7,8 | 7,7 | 7,8 | 7,9 |
| 20 €/tn | 8,6 | 8,6 | 8,7 | 8,8 |
| 15 €/tn | 9,5 | 9,6 | 9,8 | 10,0 |
| 10 €/tn | 10,7 | 10,8 | 11,2 | 11,5 |
| 5 €/tn | 12,2 | 12,5 | 13,0 | 13,6 |
| 0 €/tn | 14,1 | 14,7 | 15,6 | 16,6 |

Πίνακας 9.64 Συγκεντρωτικός πίνακας απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) σε έτη (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|------|------|------|
| 30 €/tn | 6,8 | 5,1 | 3,8 |
| 25 €/tn | 7,5 | 5,5 | 4,0 |
| 20 €/tn | 8,3 | 5,9 | 4,2 |
| 15 €/tn | 9,4 | 6,4 | 4,4 |
| 10 €/tn | 10,7 | 6,9 | 4,7 |
| 5 €/tn | 12,5 | 7,6 | 4,9 |
| 0 €/tn | 15,0 | 8,3 | 5,3 |

Πίνακας 9.65 Συγκεντρωτικός πίνακας απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) σε έτη (2)

Απλή περίοδος αποπληρωμής



Διάγραμμα 9.15 Απλή περίοδος αποπληρωμής (SPP) για διαφορετική τιμή πώλησης δικαιωμάτων CO2 ανά τόνο (έτη)

Όπως είναι φυσικό, εφόσον υπάρχει μια επιπλέον πηγή εσόδων, χωρίς ταυτόχρονα να παρουσιάζεται κάποιο επιπλέον έξοδο, η απλή περίοδος αποπληρωμής μειώνεται.

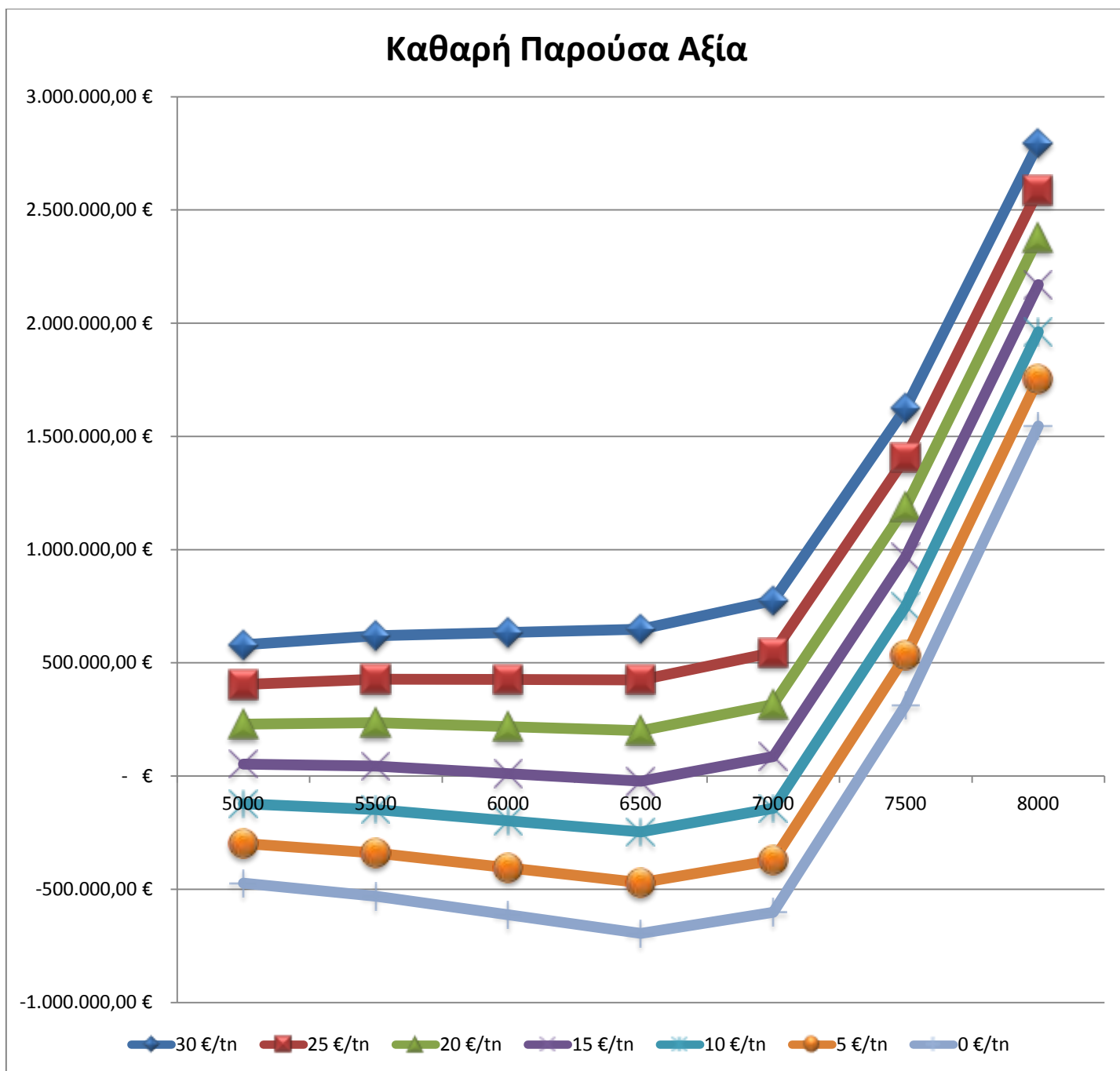
Αυτό που πρέπει να παρατηρηθεί είναι ότι παρόλο που όλα τα σενάρια ξεκινάνε με αρκετά μεγάλο εύρος (περίπου 7 έτη), όσο αφορά την περίοδο αποπληρωμής, όταν η μονάδα συμπαραγωγής λειτουργεί για 8000 ώρες ετησίως η περίοδος αποπληρωμής κυμαίνεται από 4 έως 5 έτη, δηλαδή έχει εύρος περίπου 1 χρόνο.

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 30 €/tn | 579.736,32€ | 619.234,80€ | 634.071,47€ | 648.908,13€ |
| 25 €/tn | 404.266,80€ | 427.523,39€ | 426.236,57€ | 424.949,76€ |
| 20 €/tn | 228.797,28€ | 235.811,97€ | 218.401,68€ | 200.991,39€ |
| 15 €/tn | 53.327,76€ | 44.100,56€ | 10.566,79€ | -22.966,98€ |
| 10 €/tn | -122.141,75€ | -147.610,85€ | -197.268,10€ | -246.925,34€ |
| 5 €/tn | -297.611,27€ | -339.322,27€ | -405.102,99€ | -470.883,71€ |
| 0 €/tn | -473.080,79€ | -531.033,68€ | -612.937,88€ | -694.842,08€ |

Πίνακας 9.66 Συγκεντρωτικός πίνακας Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|--------------|---------------|---------------|
| 30 €/tn | 774.642,48€ | 1.625.212,78€ | 2.793.991,79€ |
| 25 €/tn | 545.347,09€ | 1.406.607,77€ | 2.586.077,16€ |
| 20 €/tn | 316.051,71€ | 1.188.002,76€ | 2.378.162,52€ |
| 15 €/tn | 86.756,33€ | 969.397,75€ | 2.170.247,88€ |
| 10 €/tn | -142.539,06€ | 750.792,74€ | 1.962.333,25€ |
| 5 €/tn | -371.834,44€ | 532.187,73€ | 1.754.418,61€ |
| 0 €/tn | -601.129,83€ | 313.582,72€ | 1.546.503,97€ |

Πίνακας 9.67 Συγκεντρωτικός πίνακας Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) (2)



Διάγραμμα 9.16 Καθαρή παρούσα αξία (NPV) για διαφορετική τιμή πώλησης δικαιωμάτων CO2 ανά τόνο (€)

Και σε αυτή την περίπτωση εφόσον υπάρχει μια επιπλέον πηγή εσόδων, χωρίς ταυτόχρονα να παρουσιάζεται κάποιο επιπλέον έξοδο, η ΚΠΑ της επένδυσης αυξάνεται.

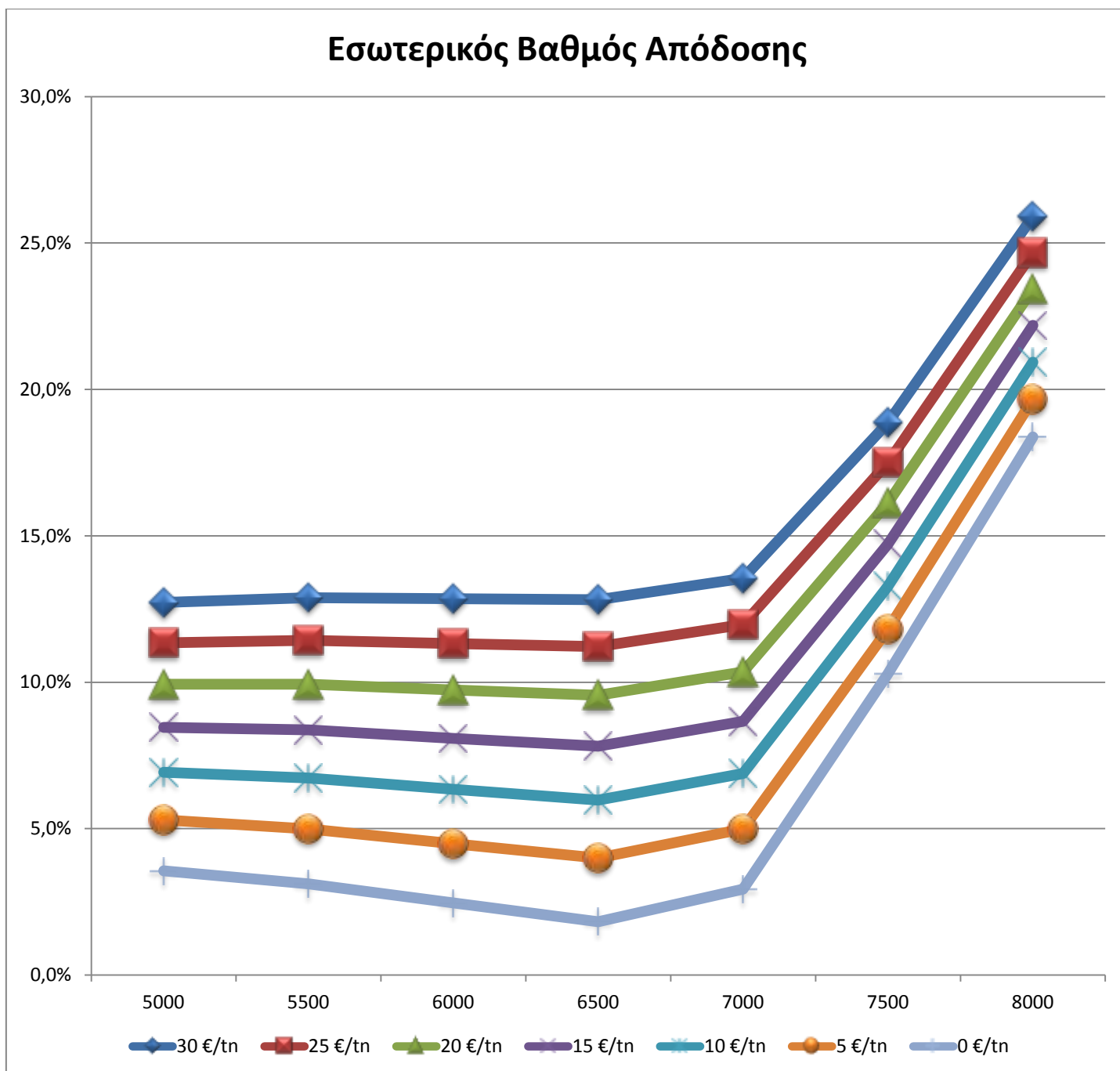
Αυτό που μπορεί να παρατηρηθεί, είναι το γεγονός ότι αν έχουμε τιμή πώλησης πάνω από 15 ευρώ ανά τόνο, τότε η ΚΠΑ εμφανίζει μόνο θετικές τιμές, πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα, όπως φαίνεται και στο επόμενο διάγραμμα, να αυξάνεται και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης.

| Σενάριο | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| 30 €/tn | 12,7% | 12,9% | 12,9% | 12,8% |
| 25 €/tn | 11,3% | 11,4% | 11,3% | 11,2% |
| 20 €/tn | 9,9% | 9,9% | 9,7% | 9,6% |
| 15 €/tn | 8,5% | 8,4% | 8,1% | 7,8% |
| 10 €/tn | 6,9% | 6,7% | 6,3% | 6,0% |
| 5 €/tn | 5,3% | 5,0% | 4,5% | 4,0% |
| 0 €/tn | 3,6% | 3,1% | 2,5% | 1,8% |

Πίνακας 9.68 Συγκεντρωτικός πίνακας Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) (1)

| Σενάριο | 7000 | 7500 | 8000 |
|---------|-------|-------|-------|
| 30 €/tn | 13,5% | 18,9% | 25,9% |
| 25 €/tn | 12,0% | 17,5% | 24,7% |
| 20 €/tn | 10,4% | 16,1% | 23,4% |
| 15 €/tn | 8,7% | 14,7% | 22,2% |
| 10 €/tn | 6,9% | 13,3% | 20,9% |
| 5 €/tn | 5,0% | 11,8% | 19,7% |
| 0 €/tn | 2,9% | 10,3% | 18,4% |

Πίνακας 9.69 Συγκεντρωτικός πίνακας Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) (2)



Διάγραμμα 9.17 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) για διαφορετική τιμή πώλησης δικαιωμάτων ανά τόνο CO2 (%)

Όπως είναι και το αναμενόμενο, εφόσον υπάρχει μια επιπλέον πηγή εσόδων, χωρίς ταυτόχρονα να προκύπτει κάποιο επιπλέον έξοδο, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης αυξάνεται.

Αυτό που αξίζει να παρατηρηθεί είναι το γεγονός ότι, ενώ με το υπάρχον σύστημα (τη μη ύπαρξη εμπορίου ρύπων) η επένδυσή για 5000 ως 7000 ώρες λειτουργίας ετησίως δεν είναι συμφέρουσα (EBA < 3,5%) μόλις εμφανιστούν έσοδα (έστω και με τιμή 5 ευρώ ανά τόνο) ο EBA κινείται σε επίπεδα άνω του 3,5%, που επιτρέπει να χαρακτηριστεί η επένδυση συμφέρουσα.

Κεφάλαιο 10^ο Συμπεράσματα & προτάσεις

10.1 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα διπλωματική αφορούν τόσο την τρόπο επιλογής της βέλτιστης λύσης για την εγκατάσταση συμπαραγωγής, όσο και την περίοδο λειτουργίας κατά την διάρκεια του χρόνου. Εξετάστηκε ακόμα η συμπεριφορά της επένδυσης μεταβάλλοντας κρίσιμες παραμέτρους, ώστε να διερευνηθεί η ευαισθησία της επιλογής που έγινε.

Όπως παρουσιάστηκε, η επιλογή της βέλτιστης εγκατεστημένης ισχύος όσο και των ωρών λειτουργίας είναι μια σύνθετη διαδικασία η οποία σχετίζεται άμεσα με τον συνολικό βαθμό απόδοσης της μονάδας συμπαραγωγής, αλλά και τους επιμέρους ηλεκτρικό και θερμικό βαθμό απόδοσης.

Με βάση την ισχύουσα νομοθεσία συμφέρει να επιδιωχθεί η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας προς το δίκτυο της ΔΕΗ καθώς αποφέρει ένα σημαντικό έσοδο το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στην βιωσιμότητα της επένδυσης.

Η χρήση των ψυκτών απορρόφησης, εκτός του γεγονότος ότι χρησιμοποιεί την πλεονάζουσα θερμική ενέργεια κατά τους καλοκαιρινούς μήνες για να παράγει ψύξη χωρίς να επιβαρύνεται το περιβάλλον, εξοικονομεί σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία μπορούν να διατεθούν προς πώληση και να αυξήσουν τα έσοδα.

Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω, διακρίνονται διαφορετικές βέλτιστες λύσεις ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας της μονάδας συμπαραγωγής. Η εγκατάσταση μικρών μονάδων συμπαραγωγής, που καλύπτουν τα φορτία βάσης (100 -400 kW), επιφέρει σίγουρη απόσβεση και μεγάλο εσωτερικό βαθμό απόδοσης της επένδυσης για κάθε σενάριο διαφορετικών ωρών λειτουργίας ανά έτος.

Αντιθέτως όταν αρχίζει το σύστημα να καλύπτει κάποιες από τις αιχμές (500 – 1000 kW) χωρίς να πωλείται και πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια προς το δίκτυο, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης, έχει σταθερά πτωτικές τάσεις όσο αυξάνονται οι ώρες λειτουργίας της συμπαραγωγής.

Όταν αρχίζει η διάθεση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο, οι μονάδες με μεγάλη εγκατεστημένη ισχύ (μεγαλύτερη του 1MW) εμφανίζουν αλλαγή της συμπεριφοράς και γίνονται το ίδιο συμφέρουσες με αυτές που καλύπτουν τα φορτία βάσης.

Επομένως σαν βέλτιστή λύση προτείνεται μονάδα η οποία καλύπτει πλήρως τα ηλεκτρικά φορτία του νοσοκομείου, παράγοντας ταυτόχρονα και πλεόνασμα. Επιπροσθέτως πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε ο βαθμός απόδοσης του συστήματος τριπαραγωγής να είναι εντός των ορίων για τον χαρακτηρισμό ως ΣΗΘΥΑ, άρα τοποθετείται και ένα άνω όριο το οποίο δεν πρέπει να υπερβούμε κατά την εγκατάσταση του συστήματος μας. Τέτοια επιλογή είναι η εγκατάσταση τριών μονάδων 380 kW (1140 kW).

Η μονάδα τριπαραγωγής που επιλέχθηκε έχει διαφορετική συμπεριφορά για 5000 έως 6500 ώρες και διαφορετική από 7000 έως 8000. Αρχικά παρουσιάζεται αρκετά χαμηλός εσωτερικός βαθμός απόδοσης, πράγμα το οποίο καθιστά την επένδυση ασύμφορη. Όταν αυξάνονται οι ώρες λειτουργίας και παράγεται περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, η οποία πωλείται στο δίκτυο, και εγκαθίστανται μεγαλύτεροι ψύκτες απορρόφησης, που επιτρέπουν την περαιτέρω εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας, ο εσωτερικός βαθμός επένδυσης αυξάνεται και την καθιστά βιώσιμη.

Εάν παρόλα αυτά χρειαστεί να εγκατασταθεί μονάδα συμπαραγωγής η οποία να λειτουργεί από 5000 έως 6500 ώρες ετησίως, τότε θα πρέπει να τοποθετηθεί εγκατάσταση ισχύος μέχρι 400 kW, όπου εμφανίζει το μέγιστο εσωτερικό βαθμό απόδοσης για το παραπάνω εύρος ωρών. Η ίδια συμπεριφορά παρατηρείται και στην καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης.

Επισημάνεται ότι για την μελέτη περίπτωσης, το παραπάνω σενάριο αποτελεί και το κρίσιμο όριο για την μετάβαση από απλή συμπαραγωγή (ηλεκτρισμός – θερμότητα) σε τριπαραγωγή (ηλεκτρισμός – θερμότητα – ψύξη).

Η επένδυση έχει σχετικά μικρή περίοδο αποπληρωμής, που επιτρέπει να συμπεράνουμε ότι είναι βιώσιμη και θα εξοικονομήσει οικονομικούς πόρους σε μια τόσο σημαντική περίοδο για το ελληνικό δημόσιο (στο οποίο υπάγεται το νοσοκομείο).

Εάν η απλή περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης επιβάλλεται να είναι μικρότερη των έξι ετών, για λειτουργία 7500 ωρών ετησίως προτείνεται η 1160 kW και για λειτουργία 8000 ωρών προτείνονται οι 3x380 kW.

Σε περίπτωση που μεταβληθούν οι κύριες παράμετροι της επένδυσης, δηλαδή η τιμή αγοράς φυσικού αερίου και η τιμή αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος, η επένδυση παραμένει βιώσιμη, ακόμα και για τις ακραίες περιπτώσεις. Παρόλα αυτά πρέπει να ληφθεί υπόψη και η αλληλεξάρτηση μεταξύ των εν λόγω παραμέτρων, ώστε να μην προκύψουν εσφαλμένα συμπεράσματα.

Η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων με τη χρήση της τριπαραγωγής είναι αρκετά μεγάλη, 50% μείωση στο CO₂ και σχεδόν 100% για SO₂ για τη μονάδα που προτείνεται. Η μείωση των υπολοίπων ρύπων και ειδικότερα του CO, NO_x και HC είναι εξίσου σημαντική καθώς είναι μεγαλύτερη του 60% και η μείωση των στερεών σωματιδίων φτάνει περίπου στο 97%.

Η μελέτη της εμπορίας ρύπων πρέπει να ληφθεί υπόψη καθώς αναμένονται αλλαγές στην κείμενη νομοθεσία, οι οποίες πιθανό να επηρεάσουν την επένδυση.

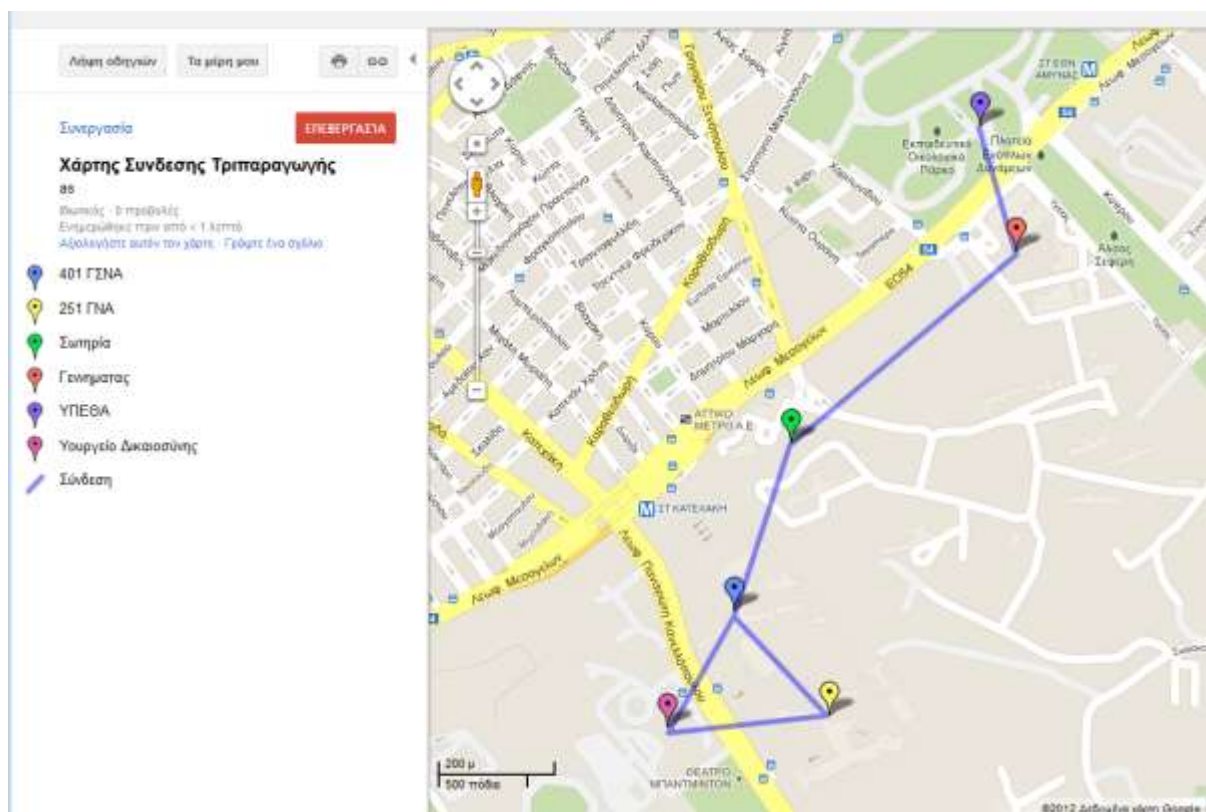
Σε κάθε περίπτωση συνεπώς συνιστάται η περαιτέρω διερεύνηση αφού η μελέτη σκοπιμότητας τριπαραγωγής έβγαλε θετικά αποτελέσματα. Το επόμενο βήμα για να προχωρήσει η υλοποίηση της επένδυσης (η εγκατάσταση ενός συστήματος τριπαραγωγής) είναι να προηγηθεί αναλυτικός σχεδιασμός του συστήματος.

10.2 Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη

Σαν προτάσεις για μελέτη στο μέλλον θα μπορούσαν να είναι:

- Ⓒ Η μελέτη σκοπιμότητας για εγκατάσταση τριπαραγωγής σε ένα δίκτυο δημοσίων κτιρίων τα οποία στεγάζονται κοντά το ένα με το άλλο όπως, το 401 ΓΣΝΑ, 251 ΓΝΑ, το γενικό νοσοκομείο νοσημάτων θώρακος Αθηνών «Σωτηρία», το γενικό νοσοκομείο Αθηνών «Γεννηματάς», το Υπουργείο Δικαιοσύνης και το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας.

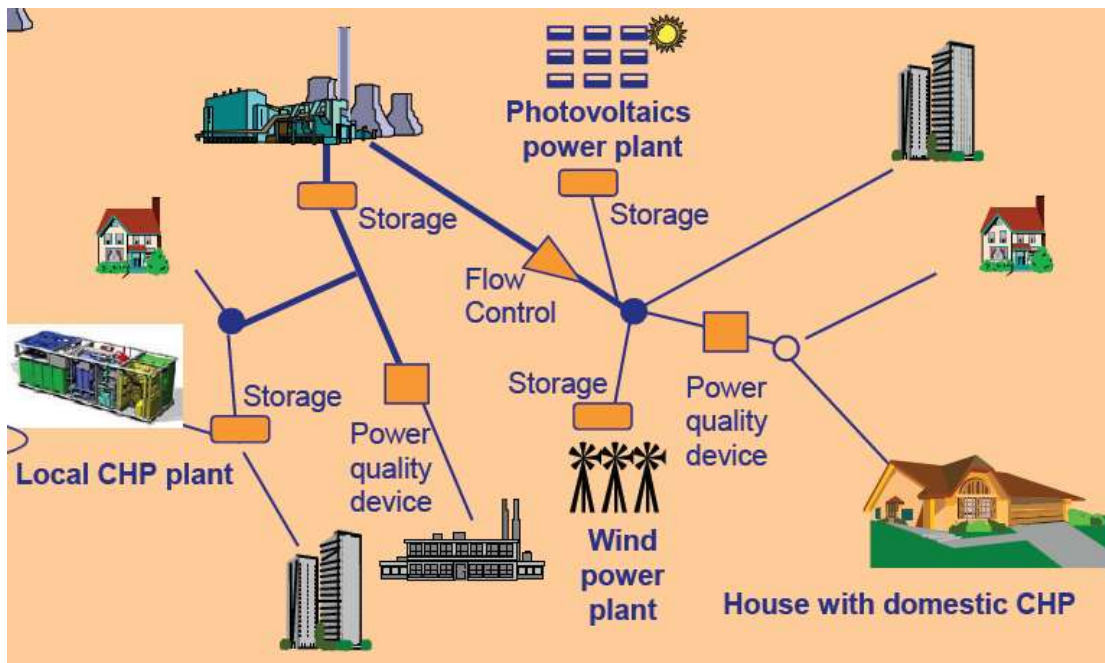
Εικόνα 10.1 Χάρτης σύνδεσης συστημάτων συμπαραγωγής - τριπαραγωγής



- Ⓒ Η μελέτη σκοπιμότητας για εγκατάσταση τριπαραγωγής σε νοσοκομεία στην επαρχία, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν σαν καύσιμο την βιομάζα. Η επαρχία έχει αποθέματα βιομάζας τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν

αντί για φυσικό αέριο. Σε αυτή την περίπτωση θα μεταβαλλόταν αρκετά δεδομένα για τον υπολογισμό της βιωσιμότητας ενός συστήματος συμπαραγωγής

- Ⓢ Η εύρεση της βέλτιστης περιβαλλοντικά λύσης για την εγκατάσταση τριπαραγωγής. Δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο η εγκατάσταση της συμπαραγωγής θα βελτιώσει περισσότερο τις συνθήκες του περιβάλλοντος μειώνοντας τους ρύπους.
- Ⓢ Πως επηρεάζεται το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της Ελλάδας ή το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, από την διεύδυση της αποκεντρωμένης ηλεκτροπαραγωγής (ανανεώσιμες πηγές και συμπαραγωγή). Μπορεί να γίνει ανάλυση ως προς το περιβαλλοντικό και οικονομικό αντίκτυπο, αλλά και από το πόσο αξιόπιστη είναι μια τέτοια μορφή δικτύου



Εικόνα 10.2 Δίκτυο αποκεντρωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [E30]

Βιβλιογραφία

1. Ελληνική Βιβλιογραφία

- [E1] Φραγκόπουλος Χρήστος, Ηλίας Π. Καρυδογιάννης, Γιάννης Κ. Καραλής.
‘Συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού’, 1994, Ελληνικό Κέντρο
Παραγωγικότητας
- [E2] Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας’, Κέντρο
Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Ευρωπαϊκή Επιτροπή
- [E3] Κ. Θεοφύλακτος, Ημερίδα ‘Διείσδυση του φυσικού αερίου στην αγορά
ενέργειας. Τεχνικά προβλήματα, προοπτικές, ασφάλεια’, Θέμα: ‘Η μικρή
συμπαραγωγή στον τριτογενή τομέα στην Ελλάδα-Ο ρόλος του φυσικού αερίου’,
2004, Αθήνα
- [E4] ‘Ανάλυση Έργου Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας’, 2005,
RETScreen, Υπουργείο Φυσικών Πόρων Καναδά, www.etscreen.net, accessed:
10/2011
- [E5] www.dei.gr, accessed: 6/2012
- [E6] www.minenv.gr, accessed: 6/2012
- [E7] ‘Ν. 4001/2011’, Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Ελληνική Δημοκρατία
- [E8] www.rae.gr, accessed: 6/2012
- [E9] www.admie.gr, accessed: 6/2012
- [E10] www.ypoian.gr, accessed: 6/2012
- [E11] www.antagonistikotita.gr accessed: 6/2012
- [E12] www.desfa.gr, accessed: 6/2012
- [E13] www.depa.gr, accessed: 6/2012
- [E14] Παναγιωτακόπουλος Δ., 2005, «Συστημική μεθοδολογία και τεχνική
οικονομική», εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη
- [E15] Αραβώσης Κ., 2007, «Κατάρτιση και αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων και
προγραμμάτων», εκδόσεις Οικονομική Βιβλιοθήκη, Αθήνα
- [E16] Μπούρκας Π. Δ., 1999, “Εφαρμογές Εγκαταστάσεων σε Νοσοκομεία” Ε.Μ.Π.
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Αθήνα,

- [E17] Σωφρόνης Η. και Μαρκογιαννάκης Γ., 1999 “Κατανάλωση Ενέργειας στα Δημόσια Νοσοκομεία”, Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Διπλωματούχων Μηχανολόγων - Ηλεκτρολόγων, Τεύχος 314, σελ. 49-54
- [E18] Λάλας Δ., Μπαλαράς Κ. Α., Γαγλία Α., Μοιρασγεντής Σ., Σαραφίδης Ι. και Γεωργοπούλου Ε., 2002, “Διερεύνηση Υποστηρικτικών Πολιτικών για την προώθηση των μέτρων πολιτικής του ΥΠΕΧΩΔΕ σχετικά με μείωση των εκπομπών CO₂ στον οικιακό – τριτογενή τομέα”, Έκθεση Προόδου Α’ & Β’ φάσης, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) – Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Αθήνα
- [E19] Κατσάνης Ι., 2009, «Μια προσέγγιση των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων σε ελληνικά νοσοκομεία για τον προσδιορισμό του συστήματος συμπαραγωγής», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- [E20] Μαλαχίας Γ., 2006, “ Ανελκυστήρες”, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα
- [E21] Neufert E., 1976, “Οικοδομική”, 2η έκδοση, Εκδόσεις Γκιούρδα, Αθήνα
- [E22] Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, 2001, “Προδιαγραφές Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων Νοσοκομείων”, Γενική Διεύθυνση Διοικητικής Υποστήριξης και Τεχνικών Υποδομών, Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών, Τμήμα Μελετών και Προδιαγραφών, Γ’ Έκδοση
- [E23] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2423/86, “Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Κλιματισμός κτηριακών χώρων”, Β’ Έκδοση 2002, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα
- [E24] ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2411/86, “Εγκαταστάσεις σε κτήρια και οικόπεδα: Διανομή κρύου – ζεστού νερού”, Β’ Έκδοση 1992, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα
- [E25] Μπούρκας Π, Ουζούνoglou Ν., 1989, Βιοϊατρική τεχνολογία και ειδικές νοσοκομειακές εγκαταστάσεις, εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα
- [E26] Μπούρκας Π.Δ., 1992, Εφαρμογές κτιριακών-βιομηχανικών μελετών και εγκαταστάσεων, εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα
- [E27] 401.army.gr, accessed: 7/2012
- [E28] Ελαφρού Γ., 2011, «Το εμπόριο ρύπων έφερε 111 εκ. ευρώ», εφημερίδα Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, Αθήνα
- [E29] Μπαλάνου Ε., 2007, «Εφαρμογή της συμπαραγωγής στο Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών Σισμανόγλειο», ΕΜΠ

- [E30] Θεοφυλάκτος Κ., 2005, «Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας στο νέο ενεργειακό τοπίο», Ημερίδα ΤΕΕ «Λιγνίτης και ΦΑ στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας», Αθήνα
- [E31] Θεοφυλάκτος Κ., 2009, «Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας στην Ελλάδα σήμερα – ο ρόλος της βιομάζας», Συνέδριο ΤΕΕ «Τεχνολογικές εφαρμογές ΑΠΕ σε νησιωτικές περιοχές», Ρόδος
- [E32] Θεοφυλάκτος Κ., 2009, «Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας και ο ρόλος του φυσικού αερίου», προσυνέδριο ενέργειας ΤΕΕ, Κέρκυρα
- [E33] «Οδηγός ενεργειακής επιθεώρησης: Μέρος 1^ο Μεθοδολογία και τεχνικές», 2000, ΚΑΠΕ, Αθήνα
- [E34] «Οδηγός ενεργειακής επιθεώρησης: Μέρος 2^ο Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας», 2000, ΚΑΠΕ, Αθήνα
- [E35] «Οδηγός ενεργειακής επιθεώρησης: Μέρος 3^ο», 2000, ΚΑΠΕ, Αθήνα
- [E36] «Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα HVAC», ΚΑΠΕ, Αθήνα
- [E37] «Οδηγός καύσης λεβήτων και κλιβάνων – φούρνων», 1996, ΚΑΠΕ, Αθήνα
- [E38] «Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας στη βιομηχανική ψύξη», 1996, ΚΑΠΕ, Αθήνα

2. Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- [1] 'EDUCOGEN', The European Educational Tool on Cogeneration, 2001, Second Edition,
- [2] 'EDUCOGEN', 2001, A guide to cogeneration, SAVE Programme
- [3] 'Trigeneration in the Mediterranean Countries, technologies and prospects for the tertiary sector', LDK consultants, www.ldk.gr accessed: 10/2011
- [4] 'Electricity transport regimes and their impact on cogeneration', 2000, Cogen Europe briefing paper
- [5] RETScreen® Combined Heat and Power (Cogeneration) Projects, www.etscreen.net, accessed: 10/2011
- [6] 'Training guide on combined heat & power systems', CRES, European Commission
- [7] 'The future of CHP in the European Market – The European Cogeneration Study', 2001, SAVE Programme
- [8] 'The Application of Combined Heat and Power in the UK Health Service', Good practice guide 60, Energy Efficiency, Best Practice Programme
- [9] 'Combined heat and power for buildings, Selecting, installing and operating CHP in buildings – a guide for building services engineers', Good practice guide 388, Action Energy from the Carbon Trust
- [10] 'Cogeneration (CHP)- A Technology Portrait', 2002, Institute for Thermal turbomachinery and Machine Dynamics, Graz University of Technology, Vienna
- [11] D.W. Wu, R.Z. Wang, 2006, "Combiend cooling, heating and power: A review", *Progress in energy and combustion science* 32, 459-495
- [12] 'Combined heat and power in hospitals', Good practice guide 267, Energy Efficiency, Best Practice Programme
- [13] British Government's Energy Efficiency Best Practice Programme "Energy Consumption in Hospitals", 1996, Energy Consumption Guide 72, Watford, UK
- [14] Jakelius S., 1996 "Learning from experience with Energy Savings in Hospitals", Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies, Sittard

- [15] Commission of the European Communities, Directorate-General for Energy (DG XVII), 1993, "Energy Efficiency in Hospitals and Clinics", A Thermie Action Programme, Paris
- [16] Electricity Savings in Hospitals- A Guide for Energy and Estate Managers, 1993, Good Practice Guide 54, Crown
- [17] NHS Estates, 1994, "Laundry - Health Building Note 25", HMSO, Crown, London
- [18] NHS Estates, 1997, "Catering Department - Health Building Note 10", The Stationery Office, Crown, London
- [19] SAVE Contract "INKISUP" no4.1031/Z/02-101/2002.
www.oekvenergy.at/website/output.php?idfile=1061
- [20] Batty W. J. and Probert S. D., 1998, "Benefits of Energy Monitoring and Auditing in the Catering Industry", Applied Energy, Vol.34, pp. 193-211
- [21] Day A. R., Ratcliffe M. S. and Shepherd K. J., 2003, "Heating Systems Plant and Control", Blackwell Publishing, Oxford, U.K
- [22] Smith M. 2004, (Office of Distributed Energy US Department of Energy). Fifth annual CHP roadmap workshop.
- [23] Energy for Sustainable Development (ESD) Ltd. And COGEN Europe et al. The future of CHP in the European market—The European Cogeneration Study. May 2001.
- [24] Minett S. (COGEN Europe). Micro-CHP needs specific treatment in the European directive on cogeneration. 2003
- [25] COGEN Europe (www.cogen.org). A guide to cogeneration. March 2001
- [26] Good practice guide 227, 'How to appraise CHP, a simple investment appraisal methodology', Energy Efficiency, Best Practice Programme
- [27] JiangJian Wang, Zhiqiang Zhai, Youyin Jing, Chunfa Zhang, 2010, "Optimization design of BCHP system to maximize to save energy and reduce environmental impact", Energy, Vol 35, pp. 3388-3398

Παράρτημα Α

Υπολογισμοί υπολοίπων σεναρίων

Παρακάτω παρατίθενται οι υπολογισμοί που παραλήφθηκαν στο 9^ο Κεφάλαιο για τον υπολογισμό της βέλτιστης λύσης.

Α.1 Σενάριο 124 kW

| Μονάδα | CGC-0124MA-080-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 124 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 203 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 363 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 90,10% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 34,2 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 55,9 |

Πίνακας Α.1 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαραγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 45.970,73 | -562.029,27 | 50.567,80 | -557.432,20 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 43.551,22 | -532.448,78 | 47.906,34 | -528.093,66 |
| Μάρτιος | 640.000 | 48.390,24 | -591.609,76 | 53.229,27 | -586.770,73 |
| Απρίλιος | 616.000 | 46.575,61 | -569.424,39 | 51.233,17 | -564.766,83 |
| Μάιος | 688.000 | 52.019,51 | -635.980,49 | 57.221,46 | -630.778,54 |
| Ιούνιος | 904.000 | 68.351,22 | -835.648,78 | 75.186,34 | -828.813,66 |
| Ιούλιος | 840.000 | 63.512,20 | -776.487,80 | 69.863,41 | -770.136,59 |
| Αύγουστος | 800.000 | 60.487,80 | -739.512,20 | 66.536,59 | -733.463,41 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 59.882,93 | -732.117,07 | 65.871,22 | -726.128,78 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 43.551,22 | -532.448,78 | 47.906,34 | -528.093,66 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 43.551,22 | -532.448,78 | 47.906,34 | -528.093,66 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 44.156,10 | -539.843,90 | 48.571,71 | -535.428,29 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 620.000,00 | -7.580.000,00 | 682.000,00 | -7.518.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -7.580.000,00 | Έλλειμμα | -7.518.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.2 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 55.164,88 | -552.835,12 | 59.761,95 | -548.238,05 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 52.261,46 | -523.738,54 | 56.616,59 | -519.383,41 |
| Μάρτιος | 640.000 | 58.068,29 | -581.931,71 | 62.907,32 | -577.092,68 |
| Απρίλιος | 616.000 | 55.890,73 | -560.109,27 | 60.548,29 | -555.451,71 |
| Μάιος | 688.000 | 62.423,41 | -625.576,59 | 67.625,37 | -620.374,63 |
| Ιούνιος | 904.000 | 82.021,46 | -821.978,54 | 88.856,59 | -815.143,41 |
| Ιούλιος | 840.000 | 76.214,63 | -763.785,37 | 82.565,85 | -757.434,15 |
| Αύγουστος | 800.000 | 72.585,37 | -727.414,63 | 78.634,15 | -721.365,85 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 71.859,51 | -720.140,49 | 77.847,80 | -714.152,20 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 52.261,46 | -523.738,54 | 56.616,59 | -519.383,41 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 52.261,46 | -523.738,54 | 56.616,59 | -519.383,41 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 52.987,32 | -531.012,68 | 57.402,93 | -526.597,07 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 744.000,00 | -7.456.000,00 | 806.000,00 | -7.394.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -7.456.000,00 | Έλλειμμα | -7.394.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.3 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 64.359,02 | -543.640,98 | 68.956,10 | -539.043,90 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 60.971,71 | -515.028,29 | 65.326,83 | -510.673,17 |
| Μάρτιος | 640.000 | 67.746,34 | -572.253,66 | 72.585,37 | -567.414,63 |
| Απρίλιος | 616.000 | 65.205,85 | -550.794,15 | 69.863,41 | -546.136,59 |
| Μάιος | 688.000 | 72.827,32 | -615.172,68 | 78.029,27 | -609.970,73 |
| Ιούνιος | 904.000 | 95.691,71 | -808.308,29 | 102.526,83 | -801.473,17 |
| Ιούλιος | 840.000 | 88.917,07 | -751.082,93 | 95.268,29 | -744.731,71 |
| Αύγουστος | 800.000 | 84.682,93 | -715.317,07 | 90.731,71 | -709.268,29 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 83.836,10 | -708.163,90 | 89.824,39 | -702.175,61 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 60.971,71 | -515.028,29 | 65.326,83 | -510.673,17 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 60.971,71 | -515.028,29 | 65.326,83 | -510.673,17 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 61.818,54 | -522.181,46 | 66.234,15 | -517.765,85 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 868.000,00 | -7.332.000,00 | 930.000,00 | -7.270.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -7.332.000,00 | Έλλειμμα | -7.270.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.4 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 73.553,17 | -534.446,83 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 69.681,95 | -506.318,05 |
| Μάρτιος | 640.000 | 77.424,39 | -562.575,61 |
| Απρίλιος | 616.000 | 74.520,98 | -541.479,02 |
| Μάιος | 688.000 | 83.231,22 | -604.768,78 |
| Ιούνιος | 904.000 | 109.361,95 | -794.638,05 |
| Ιούλιος | 840.000 | 101.619,51 | -738.380,49 |
| Αύγουστος | 800.000 | 96.780,49 | -703.219,51 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 95.812,68 | -696.187,32 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 69.681,95 | -506.318,05 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 69.681,95 | -506.318,05 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 70.649,76 | -513.350,24 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 992.000,00 | -7.208.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -7.208.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.5 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 75.258,54 | -1.782.314,26 | 82.784,39 | -1.774.788,41 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 71.297,56 | -1.619.392,84 | 78.427,32 | -1.612.263,08 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 79.219,51 | -1.560.026,09 | 87.141,46 | -1.552.104,14 |
| Απρίλιος | 922.791 | 76.248,78 | -846.542,42 | 83.873,66 | -838.917,54 |
| Μάιος | 599.034 | 85.160,98 | -513.872,62 | 93.677,07 | -505.356,53 |
| Ιούνιος | 460.393 | 111.897,56 | -348.495,24 | 123.087,32 | -337.305,48 |
| Ιούλιος | 418.571 | 103.975,61 | -314.595,59 | 114.373,17 | -304.198,03 |
| Αύγουστος | 418.800 | 99.024,39 | -319.775,61 | 108.926,83 | -309.873,17 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 98.034,15 | -455.408,25 | 107.837,56 | -445.604,84 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 71.297,56 | -771.639,24 | 78.427,32 | -764.509,48 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 71.297,56 | -1.520.501,64 | 78.427,32 | -1.513.371,88 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 72.287,80 | -1.420.676,20 | 79.516,59 | -1.413.447,41 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 1.015.000,00 | -11.473.240,00 | 1.116.500,00 | -11.371.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -11.473.240,00 | Έλλειμμα | -11.371.740,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.6 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 90.310,24 | -1.767.262,56 | 97.836,10 | -1.759.736,70 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 85.557,07 | -1.605.133,33 | 92.686,83 | -1.598.003,57 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 95.063,41 | -1.544.182,19 | 102.985,37 | -1.536.260,23 |
| Απρίλιος | 922.791 | 91.498,54 | -831.292,66 | 99.123,41 | -823.667,79 |
| Μάιος | 599.034 | 102.193,17 | -496.840,43 | 110.709,27 | -488.324,33 |
| Ιούνιος | 460.393 | 134.277,07 | -326.115,73 | 145.466,83 | -314.925,97 |
| Ιούλιος | 418.571 | 124.770,73 | -293.800,47 | 135.168,29 | -283.402,91 |
| Αύγουστος | 418.800 | 118.829,27 | -299.970,73 | 128.731,71 | -290.068,29 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 117.640,98 | -435.801,42 | 127.444,39 | -425.998,01 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 85.557,07 | -757.379,73 | 92.686,83 | -750.249,97 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 85.557,07 | -1.506.242,13 | 92.686,83 | -1.499.112,37 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 86.745,37 | -1.406.218,63 | 93.974,15 | -1.398.989,85 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 1.218.000,00 | -11.270.240,00 | 1.319.500,00 | -11.168.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -11.270.240,00 | Έλλειμμα | -11.168.740,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.7 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 105.361,95 | -1.752.210,85 | 112.887,80 | -1.744.685,00 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 99.816,59 | -1.590.873,81 | 106.946,34 | -1.583.744,06 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 110.907,32 | -1.528.338,28 | 118.829,27 | -1.520.416,33 |
| Απρίλιος | 922.791 | 106.748,29 | -816.042,91 | 114.373,17 | -808.418,03 |
| Μάιος | 599.034 | 119.225,37 | -479.808,23 | 127.741,46 | -471.292,14 |
| Ιούνιος | 460.393 | 156.656,59 | -303.736,21 | 167.846,34 | -292.546,46 |
| Ιούλιος | 418.571 | 145.565,85 | -273.005,35 | 155.963,41 | -262.607,79 |
| Αύγουστος | 418.800 | 138.634,15 | -280.165,85 | 148.536,59 | -270.263,41 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 137.247,80 | -416.194,60 | 147.051,22 | -406.391,18 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 99.816,59 | -743.120,21 | 106.946,34 | -735.990,46 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 99.816,59 | -1.491.982,61 | 106.946,34 | -1.484.852,86 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 101.202,93 | -1.391.761,07 | 108.431,71 | -1.384.532,29 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 1.421.000,00 | -11.067.240,00 | 1.522.500,00 | -10.965.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -11.067.240,00 | Έλλειμμα | -10.965.740,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.8 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 120.413,66 | -1.737.159,14 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 114.076,10 | -1.576.614,30 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 126.751,22 | -1.512.494,38 |
| Απρίλιος | 922.791 | 121.998,05 | -800.793,15 |
| Μάιος | 599.034 | 136.257,56 | -462.776,04 |
| Ιούνιος | 460.393 | 179.036,10 | -281.356,70 |
| Ιούλιος | 418.571 | 166.360,98 | -252.210,22 |
| Αύγουστος | 418.800 | 158.439,02 | -260.360,98 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 156.854,63 | -396.587,77 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 114.076,10 | -728.860,70 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 114.076,10 | -1.477.723,10 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 115.660,49 | -1.377.303,51 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 1.624.000,00 | -10.864.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -10.864.240,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.9 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 620.000,00 | 682.000,00 | 744.000,00 | 806.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -7.580.000,00 | -7.518.000,00 | -7.456.000,00 | -7.394.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 1.015.000,00 | 1.116.500,00 | 1.218.000,00 | 1.319.500,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -11.473.240,00 | -11.371.740,00 | -11.270.240,00 | -11.168.740,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 1.815.000,00 | 1.996.500,00 | 2.178.000,00 | 2.359.500,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 924.321,95 | 1.016.754,15 | 1.109.186,34 | 1.201.618,54 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 890.678,05 | 979.745,85 | 1.068.813,66 | 1.157.881,46 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 90,08% | 90,08% | 90,08% | 90,08% |

Πίνακας Α.10 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 868.000,00 | 930.000,00 | 992.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -7.332.000,00 | -7.270.000,00 | -7.208.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 1.421.000,00 | 1.522.500,00 | 1.624.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -11.067.240,00 | -10.965.740,00 | -10.864.240,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 2.541.000,00 | 2.722.500,00 | 2.904.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 1.294.050,73 | 1.386.482,93 | 1.478.915,12 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 1.246.949,27 | 1.336.017,07 | 1.425.084,88 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 90,08% | 90,08% | 90,08% |

Πίνακας Α.11 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | - | - | - | - | - | - | - |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | - | - | - | - | - | - | - |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | | | | | | | |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | - | - | - | - | - | - | - |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.200.000,00 | 8.200.000,00 | 8.200.000,00 | 8.200.000,00 | 8.200.000,00 | 8.200.000,00 | 8.200.000,00 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 7.580.000,00 | 7.518.000,00 | 7.456.000,00 | 7.394.000,00 | 7.332.000,00 | 7.270.000,00 | 7.208.000,00 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWth) | 11.473.240,00 | 11.371.740,00 | 11.270.240,00 | 11.168.740,00 | 11.067.240,00 | 10.965.740,00 | 10.864.240,00 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 1.815.000,00 | 1.996.500,00 | 2.178.000,00 | 2.359.500,00 | 2.541.000,00 | 2.722.500,00 | 2.904.000,00 |

Πίνακας Α.12 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπαραγωγής (€) | 105.351,26 | 115.886,39 | 126.421,51 | 136.956,64 | 147.491,77 | 158.026,89 | 168.562,02 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 923.995,12 | 915.820,84 | 907.646,56 | 899.472,28 | 891.297,99 | 883.123,71 | 874.949,43 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 760.160,67 | 753.943,00 | 747.725,32 | 741.507,65 | 735.289,98 | 729.072,30 | 722.854,63 |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 4.340,00 | 4.774,00 | 5.208,00 | 5.642,00 | 6.076,00 | 6.510,00 | 6.944,00 |
| | 6.510,00 | 7.161,00 | 7.812,00 | 8.463,00 | 9.114,00 | 9.765,00 | 10.416,00 |
| | 8.680,00 | 9.548,00 | 10.416,00 | 11.284,00 | 12.152,00 | 13.020,00 | 13.888,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | - | - | - |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.796.017,06 | 1.792.811,23 | 1.789.605,40 | 1.786.399,57 | 1.783.193,74 | 1.779.987,91 | 1.776.782,08 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 32.058,29 | 35.264,12 | 38.469,95 | 41.675,78 | 44.881,61 | 48.087,44 | 51.293,27 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 86.800,00 | 86.800,00 | 86.800,00 | 86.800,00 | 86.800,00 | 86.800,00 | 86.800,00 |
| | 127.100,00 | 127.100,00 | 127.100,00 | 127.100,00 | 127.100,00 | 127.100,00 | 127.100,00 |
| | 167.400,00 | 167.400,00 | 167.400,00 | 167.400,00 | 167.400,00 | 167.400,00 | 167.400,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | - | - | - | - | - | - | - |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 187.100,00 | 187.100,00 | 187.100,00 | 187.100,00 | 187.100,00 | 187.100,00 | 187.100,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 | 215.165,00 |

Πίνακας Α.13 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 6,71 | 6,10 | 5,59 | 5,16 | 4,79 | 4,47 | 4,19 |
| NPV(€) d=8% | 99.588,06 | 131.063,37 | 162.538,67 | 194.013,98 | 225.489,29 | 256.964,59 | 288.439,90 |
| NPV(€) d=5% | 184.352,21 | 224.303,93 | 264.255,65 | 304.207,37 | 344.159,09 | 384.110,81 | 424.062,53 |
| IRR | 13,8% | 15,5% | 17,1% | 18,7% | 20,3% | 21,9% | 23,5% |

Πίνακας Α.14 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 9.614.692,33 | 9.572.715,76 | 9.530.739,20 | 9.488.762,63 | 9.446.786,07 | 9.404.809,50 | 9.362.832,93 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 117.490,00 | 116.529,00 | 115.568,00 | 114.607,00 | 113.646,00 | 112.685,00 | 111.724,00 |
| CO (kg/έτος) | 1.752,16 | 1.742,31 | 1.732,46 | 1.722,61 | 1.712,76 | 1.702,91 | 1.693,06 |
| NO _x (kg/έτος) | 11.551,80 | 11.485,70 | 11.419,60 | 11.353,50 | 11.287,41 | 11.221,31 | 11.155,21 |
| HC (kg/έτος) | 472,71 | 469,92 | 467,14 | 464,36 | 461,58 | 458,79 | 456,01 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 6.180,97 | 6.131,77 | 6.082,56 | 6.033,36 | 5.984,16 | 5.934,95 | 5.885,75 |

Πίνακας Α.15 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| CO ₂ (%) | 4,18 | 4,60 | 5,02 | 5,44 | 5,86 | 6,27 | 6,69 |
| SO ₂ (%) | 7,56 | 8,32 | 9,07 | 9,83 | 10,59 | 11,34 | 12,10 |
| CO (%) | 5,32 | 5,85 | 6,39 | 6,92 | 7,45 | 7,98 | 8,52 |
| NO _x (%) | 5,41 | 5,95 | 6,49 | 7,04 | 7,58 | 8,12 | 8,66 |
| HC (%) | 5,56 | 6,12 | 6,67 | 7,23 | 7,78 | 8,34 | 8,90 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 7,37 | 8,11 | 8,85 | 9,59 | 10,32 | 11,06 | 11,80 |

Πίνακας Α.16 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

A.2 Σενάριο 238 kW

| Μονάδα | CGC-0238MA-080-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 238 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 359 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 667 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 89,50% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 35,7 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 53,8 |

Πίνακας A.17 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 88.234,15 | -519.765,85 | 97.057,56 | -510.942,44 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 83.590,24 | -492.409,76 | 91.949,27 | -484.050,73 |
| Μάρτιος | 640.000 | 92.878,05 | -547.121,95 | 102.165,85 | -537.834,15 |
| Απρίλιος | 616.000 | 89.395,12 | -526.604,88 | 98.334,63 | -517.665,37 |
| Μάιος | 688.000 | 99.843,90 | -588.156,10 | 109.828,29 | -578.171,71 |
| Ιούνιος | 904.000 | 131.190,24 | -772.809,76 | 144.309,27 | -759.690,73 |
| Ιούλιος | 840.000 | 121.902,44 | -718.097,56 | 134.092,68 | -705.907,32 |
| Αύγουστος | 800.000 | 116.097,56 | -683.902,44 | 127.707,32 | -672.292,68 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 114.936,59 | -677.063,41 | 126.430,24 | -665.569,76 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 83.590,24 | -492.409,76 | 91.949,27 | -484.050,73 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 83.590,24 | -492.409,76 | 91.949,27 | -484.050,73 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 84.751,22 | -499.248,78 | 93.226,34 | -490.773,66 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 1.190.000,00 | -7.010.000,00 | 1.309.000,00 | -6.891.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -7.010.000,00 | Έλλειμμα | -6.891.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας A.18 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 105.880,98 | -502.119,02 | 114.704,39 | -493.295,61 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 100.308,29 | -475.691,71 | 108.667,32 | -467.332,68 |
| Μάρτιος | 640.000 | 111.453,66 | -528.546,34 | 120.741,46 | -519.258,54 |
| Απρίλιος | 616.000 | 107.274,15 | -508.725,85 | 116.213,66 | -499.786,34 |
| Μάιος | 688.000 | 119.812,68 | -568.187,32 | 129.797,07 | -558.202,93 |
| Ιούνιος | 904.000 | 157.428,29 | -746.571,71 | 170.547,32 | -733.452,68 |
| Ιούλιος | 840.000 | 146.282,93 | -693.717,07 | 158.473,17 | -681.526,83 |
| Αύγουστος | 800.000 | 139.317,07 | -660.682,93 | 150.926,83 | -649.073,17 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 137.923,90 | -654.076,10 | 149.417,56 | -642.582,44 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 100.308,29 | -475.691,71 | 108.667,32 | -467.332,68 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 100.308,29 | -475.691,71 | 108.667,32 | -467.332,68 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 101.701,46 | -482.298,54 | 110.176,59 | -473.823,41 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 1.428.000,00 | -6.772.000,00 | 1.547.000,00 | -6.653.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.772.000,00 | Έλλειμμα | -6.653.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.19 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 123.527,80 | -484.472,20 | 132.351,22 | -475.648,78 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 117.026,34 | -458.973,66 | 125.385,37 | -450.614,63 |
| Μάρτιος | 640.000 | 130.029,27 | -509.970,73 | 139.317,07 | -500.682,93 |
| Απρίλιος | 616.000 | 125.153,17 | -490.846,83 | 134.092,68 | -481.907,32 |
| Μάιος | 688.000 | 139.781,46 | -548.218,54 | 149.765,85 | -538.234,15 |
| Ιούνιος | 904.000 | 183.666,34 | -720.333,66 | 196.785,37 | -707.214,63 |
| Ιούλιος | 840.000 | 170.663,41 | -669.336,59 | 182.853,66 | -657.146,34 |
| Αύγουστος | 800.000 | 162.536,59 | -637.463,41 | 174.146,34 | -625.853,66 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 160.911,22 | -631.088,78 | 172.404,88 | -619.595,12 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 117.026,34 | -458.973,66 | 125.385,37 | -450.614,63 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 117.026,34 | -458.973,66 | 125.385,37 | -450.614,63 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 118.651,71 | -465.348,29 | 127.126,83 | -456.873,17 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 1.666.000,00 | -6.534.000,00 | 1.785.000,00 | -6.415.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.534.000,00 | Έλλειμμα | -6.415.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.20 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 141.174,63 | -466.825,37 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 133.744,39 | -442.255,61 |
| Μάρτιος | 640.000 | 148.604,88 | -491.395,12 |
| Απρίλιος | 616.000 | 143.032,20 | -472.967,80 |
| Μάιος | 688.000 | 159.750,24 | -528.249,76 |
| Ιούνιος | 904.000 | 209.904,39 | -694.095,61 |
| Ιούλιος | 840.000 | 195.043,90 | -644.956,10 |
| Αύγουστος | 800.000 | 185.756,10 | -614.243,90 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 183.898,54 | -608.101,46 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 133.744,39 | -442.255,61 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 133.744,39 | -442.255,61 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 135.601,95 | -448.398,05 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 1.904.000,00 | -6.296.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.296.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.21 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 133.092,68 | -1.724.480,12 | 146.401,95 | -1.711.170,85 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 126.087,80 | -1.564.602,60 | 138.696,59 | -1.551.993,81 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 140.097,56 | -1.499.148,04 | 154.107,32 | -1.485.138,28 |
| Απρίλιος | 922.791 | 134.843,90 | -787.947,30 | 148.328,29 | -774.462,91 |
| Μάιος | 599.034 | 150.604,88 | -448.428,72 | 165.665,37 | -433.368,23 |
| Ιούνιος | 460.393 | 197.887,80 | -262.505,00 | 217.676,59 | -242.716,21 |
| Ιούλιος | 418.571 | 183.878,05 | -234.693,15 | 202.265,85 | -216.305,35 |
| Αύγουστος | 418.800 | 175.121,95 | -243.678,05 | 192.634,15 | -226.165,85 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 173.370,73 | -380.071,67 | 190.707,80 | -362.734,60 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 126.087,80 | -716.849,00 | 138.696,59 | -704.240,21 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 126.087,80 | -1.465.711,40 | 138.696,59 | -1.453.102,61 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 127.839,02 | -1.365.124,98 | 140.622,93 | -1.352.341,07 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 1.795.000,00 | -10.693.240,00 | 1.974.500,00 | -10.513.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -10.693.240,00 | Έλλειμμα | -10.513.740,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.22 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 159.711,22 | -1.697.861,58 | 173.020,49 | -1.684.552,31 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 151.305,37 | -1.539.385,03 | 163.914,15 | -1.526.776,25 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 168.117,07 | -1.471.128,53 | 182.126,83 | -1.457.118,77 |
| Απρίλιος | 922.791 | 161.812,68 | -760.978,52 | 175.297,07 | -747.494,13 |
| Μάιος | 599.034 | 180.725,85 | -418.307,75 | 195.786,34 | -403.247,26 |
| Ιούνιος | 460.393 | 237.465,37 | -222.927,43 | 257.254,15 | -203.138,65 |
| Ιούλιος | 418.571 | 220.653,66 | -197.917,54 | 239.041,46 | -179.529,74 |
| Αύγουστος | 418.800 | 210.146,34 | -208.653,66 | 227.658,54 | -191.141,46 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 208.044,88 | -345.397,52 | 225.381,95 | -328.060,45 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 151.305,37 | -691.631,43 | 163.914,15 | -679.022,65 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 151.305,37 | -1.440.493,83 | 163.914,15 | -1.427.885,05 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 153.406,83 | -1.339.557,17 | 166.190,73 | -1.326.773,27 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 2.154.000,00 | -10.334.240,00 | 2.333.500,00 | -10.154.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -10.334.240,00 | Έλλειμμα | -10.154.740,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.23 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 186.329,76 | -1.671.243,04 | 199.639,02 | -1.657.933,78 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 176.522,93 | -1.514.167,47 | 189.131,71 | -1.501.558,69 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 196.136,59 | -1.443.109,01 | 210.146,34 | -1.429.099,26 |
| Απρίλιος | 922.791 | 188.781,46 | -734.009,74 | 202.265,85 | -720.525,35 |
| Μάιος | 599.034 | 210.846,83 | -388.186,77 | 225.907,32 | -373.126,28 |
| Ιούνιος | 460.393 | 277.042,93 | -183.349,87 | 296.831,71 | -163.561,09 |
| Ιούλιος | 418.571 | 257.429,27 | -161.141,93 | 275.817,07 | -142.754,13 |
| Αύγουστος | 418.800 | 245.170,73 | -173.629,27 | 262.682,93 | -156.117,07 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 242.719,02 | -310.723,38 | 260.056,10 | -293.386,30 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 176.522,93 | -666.413,87 | 189.131,71 | -653.805,09 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 176.522,93 | -1.415.276,27 | 189.131,71 | -1.402.667,49 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 178.974,63 | -1.313.989,37 | 191.758,54 | -1.301.205,46 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 2.513.000,00 | -9.975.240,00 | 2.692.500,00 | -9.795.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -9.975.240,00 | Έλλειμμα | -9.795.740,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.24 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 212.948,29 | -1.644.624,51 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 201.740,49 | -1.488.949,91 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 224.156,10 | -1.415.089,50 |
| Απρίλιος | 922.791 | 215.750,24 | -707.040,96 |
| Μάιος | 599.034 | 240.967,80 | -358.065,80 |
| Ιούνιος | 460.393 | 316.620,49 | -143.772,31 |
| Ιούλιος | 418.571 | 294.204,88 | -124.366,32 |
| Αύγουστος | 418.800 | 280.195,12 | -138.604,88 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 277.393,17 | -276.049,23 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 201.740,49 | -641.196,31 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 201.740,49 | -1.390.058,71 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 204.542,44 | -1.288.421,56 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 2.872.000,00 | -9.616.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -9.616.240,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.25 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 1.190.000,00 | 1.309.000,00 | 1.428.000,00 | 1.547.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -7.010.000,00 | -6.891.000,00 | -6.772.000,00 | -6.653.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 1.795.000,00 | 1.974.500,00 | 2.154.000,00 | 2.333.500,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -10.693.240,00 | -10.513.740,00 | -10.334.240,00 | -10.154.740,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 3.335.000,00 | 3.668.500,00 | 4.002.000,00 | 4.335.500,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 1.698.409,76 | 1.868.250,73 | 2.038.091,71 | 2.207.932,68 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 1.636.590,24 | 1.800.249,27 | 1.963.908,29 | 2.127.567,32 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 89,51% | 89,51% | 89,51% | 89,51% |

Πίνακας Α.26 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 1.666.000,00 | 1.785.000,00 | 1.904.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -6.534.000,00 | -6.415.000,00 | -6.296.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 2.513.000,00 | 2.692.500,00 | 2.872.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -9.975.240,00 | -9.795.740,00 | -9.616.240,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 4.669.000,00 | 5.002.500,00 | 5.336.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 2.377.773,66 | 2.547.614,63 | 2.717.455,61 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 2.291.226,34 | 2.454.885,37 | 2.618.544,39 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 89,51% | 89,51% | 89,51% |

Πίνακας Α.27 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | - | - | - | - | - | - | - |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | - | - | - | - | - | - | - |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | | | | | | | |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | - | - | - | - | - | - | - |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 7.010.000 | 6.891.000 | 6.772.000 | 6.653.000 | 6.534.000 | 6.415.000 | 6.296.000 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWth) | -10.693.240 | -10.513.740 | -10.334.240 | -10.154.740 | -9.975.240 | -9.795.740 | -9.616.240 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 3.335.000 | 3.668.500 | 4.002.000 | 4.335.500 | 4.669.000 | 5.002.500 | 5.336.000 |

Πίνακας Α.28 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 193.579,31 | 212.937,25 | 232.295,18 | 251.653,11 | 271.011,04 | 290.368,97 | 309.726,90 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 861.177,98 | 846.721,98 | 832.265,98 | 817.809,99 | 803.353,99 | 788.897,99 | 774.442,00 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 702.998,19 | 691.064,27 | 679.130,35 | 667.196,43 | 655.262,51 | 643.328,59 | 631.394,67 |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 8.330,00 | 9.163,00 | 9.996,00 | 10.829,00 | 11.662,00 | 12.495,00 | 13.328,00 |
| | 12.495,00 | 13.744,50 | 14.994,00 | 16.243,50 | 17.493,00 | 18.742,50 | 19.992,00 |
| | 16.660,00 | 18.326,00 | 19.992,00 | 21.658,00 | 23.324,00 | 24.990,00 | 26.656,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | - | - | - |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.770.250,48 | 1.764.468,00 | 1.758.685,51 | 1.752.903,02 | 1.747.120,54 | 1.741.338,05 | 1.735.555,57 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 57.824,87 | 63.607,35 | 69.389,84 | 75.172,33 | 80.954,81 | 86.737,30 | 92.519,78 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 166.600,00 | 166.600,00 | 166.600,00 | 166.600,00 | 166.600,00 | 166.600,00 | 166.600,00 |
| | 243.950,00 | 243.950,00 | 243.950,00 | 243.950,00 | 243.950,00 | 243.950,00 | 243.950,00 |
| | 321.300,00 | 321.300,00 | 321.300,00 | 321.300,00 | 321.300,00 | 321.300,00 | 321.300,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | - | - | - | - | - | - | - |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 303.950,00 | 303.950,00 | 303.950,00 | 303.950,00 | 303.950,00 | 303.950,00 | 303.950,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 | 349.542,50 |

Πίνακας Α.29 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 6,04 | 5,50 | 5,04 | 4,65 | 4,32 | 4,03 | 3,78 |
| NPV(€) d=8% | 218.190,55 | 274.963,86 | 331.737,16 | 388.510,47 | 445.283,77 | 502.057,08 | 558.830,39 |
| NPV(€) d=5% | 371.083,14 | 443.145,70 | 515.208,26 | 587.270,83 | 659.333,39 | 731.395,96 | 803.458,52 |
| IRR | 15,6% | 17,5% | 19,3% | 21,0% | 22,8% | 24,5% | 26,2% |

Πίνακας Α.30 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 9.237.181 | 9.157.454 | 9.077.726 | 8.997.998 | 8.918.271 | 8.838.543 | 8.758.815 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 108.655 | 106.811 | 104.966 | 103.122 | 101.277 | 99.433 | 97.588 |
| CO (kg/έτος) | 1.663 | 1.644 | 1.625 | 1.606 | 1.587 | 1.569 | 1.550 |
| NO _x (kg/έτος) | 10.951 | 10.824 | 10.698 | 10.572 | 10.446 | 10.320 | 10.193 |
| HC (kg/έτος) | 447 | 442 | 437 | 431 | 426 | 421 | 415 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 5.729 | 5.635 | 5.540 | 5.446 | 5.351 | 5.257 | 5.162 |

Πίνακας Α.31 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CO ₂ (%) | 7,95 | 8,74 | 9,53 | 10,33 | 11,12 | 11,92 | 12,71 |
| SO ₂ (%) | 14,51 | 15,96 | 17,41 | 18,87 | 20,32 | 21,77 | 23,22 |
| CO (%) | 10,16 | 11,18 | 12,19 | 13,21 | 14,22 | 15,24 | 16,25 |
| NO _x (%) | 10,33 | 11,37 | 12,40 | 13,43 | 14,47 | 15,50 | 16,54 |
| HC (%) | 10,62 | 11,68 | 12,75 | 13,81 | 14,87 | 15,93 | 17,00 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 14,15 | 15,56 | 16,98 | 18,39 | 19,81 | 21,22 | 22,64 |

Πίνακας Α.32 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

A.3 Σενάριο 300 kW

| Μονάδα | CGC-0300GU-080-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 300 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 438 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 824 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 89,60% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 36,4 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 53,2 |

Πίνακας A.33 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 111.219,51 | -496.780,49 | 122.341,46 | -485.658,54 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 105.365,85 | -470.634,15 | 115.902,44 | -460.097,56 |
| Μάρτιος | 640.000 | 117.073,17 | -522.926,83 | 128.780,49 | -511.219,51 |
| Απρίλιος | 616.000 | 112.682,93 | -503.317,07 | 123.951,22 | -492.048,78 |
| Μάιος | 688.000 | 125.853,66 | -562.146,34 | 138.439,02 | -549.560,98 |
| Ιούνιος | 904.000 | 165.365,85 | -738.634,15 | 181.902,44 | -722.097,56 |
| Ιούλιος | 840.000 | 153.658,54 | -686.341,46 | 169.024,39 | -670.975,61 |
| Αύγουστος | 800.000 | 146.341,46 | -653.658,54 | 160.975,61 | -639.024,39 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 144.878,05 | -647.121,95 | 159.365,85 | -632.634,15 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 105.365,85 | -470.634,15 | 115.902,44 | -460.097,56 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 105.365,85 | -470.634,15 | 115.902,44 | -460.097,56 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 106.829,27 | -477.170,73 | 117.512,20 | -466.487,80 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 1.500.000,00 | -6.700.000,00 | 1.650.000,00 | -6.550.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.700.000,00 | Έλλειμμα | -6.550.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας A.34 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 133.463,41 | -474.536,59 | 144.585,37 | -463.414,63 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 126.439,02 | -449.560,98 | 136.975,61 | -439.024,39 |
| Μάρτιος | 640.000 | 140.487,80 | -499.512,20 | 152.195,12 | -487.804,88 |
| Απρίλιος | 616.000 | 135.219,51 | -480.780,49 | 146.487,80 | -469.512,20 |
| Μάιος | 688.000 | 151.024,39 | -536.975,61 | 163.609,76 | -524.390,24 |
| Ιούνιος | 904.000 | 198.439,02 | -705.560,98 | 214.975,61 | -689.024,39 |
| Ιούλιος | 840.000 | 184.390,24 | -655.609,76 | 199.756,10 | -640.243,90 |
| Αύγουστος | 800.000 | 175.609,76 | -624.390,24 | 190.243,90 | -609.756,10 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 173.853,66 | -618.146,34 | 188.341,46 | -603.658,54 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 126.439,02 | -449.560,98 | 136.975,61 | -439.024,39 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 126.439,02 | -449.560,98 | 136.975,61 | -439.024,39 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 128.195,12 | -455.804,88 | 138.878,05 | -445.121,95 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 1.800.000,00 | -6.400.000,00 | 1.950.000,00 | -6.250.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.400.000,00 | Έλλειμμα | -6.250.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.35 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 155.707,32 | -452.292,68 | 166.829,27 | -441.170,73 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 147.512,20 | -428.487,80 | 158.048,78 | -417.951,22 |
| Μάρτιος | 640.000 | 163.902,44 | -476.097,56 | 175.609,76 | -464.390,24 |
| Απρίλιος | 616.000 | 157.756,10 | -458.243,90 | 169.024,39 | -446.975,61 |
| Μάιος | 688.000 | 176.195,12 | -511.804,88 | 188.780,49 | -499.219,51 |
| Ιούνιος | 904.000 | 231.512,20 | -672.487,80 | 248.048,78 | -655.951,22 |
| Ιούλιος | 840.000 | 215.121,95 | -624.878,05 | 230.487,80 | -609.512,20 |
| Αύγουστος | 800.000 | 204.878,05 | -595.121,95 | 219.512,20 | -580.487,80 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 202.829,27 | -589.170,73 | 217.317,07 | -574.682,93 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 147.512,20 | -428.487,80 | 158.048,78 | -417.951,22 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 147.512,20 | -428.487,80 | 158.048,78 | -417.951,22 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 149.560,98 | -434.439,02 | 160.243,90 | -423.756,10 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 2.100.000,00 | -6.100.000,00 | 2.250.000,00 | -5.950.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.100.000,00 | Έλλειμμα | -5.950.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.36 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 177.951,22 | -430.048,78 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 168.585,37 | -407.414,63 |
| Μάρτιος | 640.000 | 187.317,07 | -452.682,93 |
| Απρίλιος | 616.000 | 180.292,68 | -435.707,32 |
| Μάιος | 688.000 | 201.365,85 | -486.634,15 |
| Ιούνιος | 904.000 | 264.585,37 | -639.414,63 |
| Ιούλιος | 840.000 | 245.853,66 | -594.146,34 |
| Αύγουστος | 800.000 | 234.146,34 | -565.853,66 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 231.804,88 | -560.195,12 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 168.585,37 | -407.414,63 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 168.585,37 | -407.414,63 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 170.926,83 | -413.073,17 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 2.400.000,00 | -5.800.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.800.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.37 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 162.380,49 | -1.695.192,31 | 178.618,54 | -1.678.954,26 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 153.834,15 | -1.536.856,25 | 169.217,56 | -1.521.472,84 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 170.926,83 | -1.468.318,77 | 188.019,51 | -1.451.226,09 |
| Απρίλιος | 922.791 | 164.517,07 | -758.274,13 | 180.968,78 | -741.822,42 |
| Μάιος | 599.034 | 183.746,34 | -415.287,26 | 202.120,98 | -396.912,62 |
| Ιούνιος | 460.393 | 241.434,15 | -218.958,65 | 265.577,56 | -194.815,24 |
| Ιούλιος | 418.571 | 224.341,46 | -194.229,74 | 246.775,61 | -171.795,59 |
| Αύγουστος | 418.800 | 213.658,54 | -205.141,46 | 235.024,39 | -183.775,61 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 211.521,95 | -341.920,45 | 232.674,15 | -320.768,25 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 153.834,15 | -689.102,65 | 169.217,56 | -673.719,24 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 153.834,15 | -1.437.965,05 | 169.217,56 | -1.422.581,64 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 155.970,73 | -1.336.993,27 | 171.567,80 | -1.321.396,20 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 2.190.000,00 | -10.298.240,00 | 2.409.000,00 | -10.079.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -10.298.240,00 | Έλλειμμα | -10.079.240,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.38 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 194.856,59 | -1.662.716,21 | 211.094,63 | -1.646.478,17 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 184.600,98 | -1.506.089,42 | 199.984,39 | -1.490.706,01 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 205.112,20 | -1.434.133,40 | 222.204,88 | -1.417.040,72 |
| Απρίλιος | 922.791 | 197.420,49 | -725.370,71 | 213.872,20 | -708.919,00 |
| Μάιος | 599.034 | 220.495,61 | -378.537,99 | 238.870,24 | -360.163,36 |
| Ιούνιος | 460.393 | 289.720,98 | -170.671,82 | 313.864,39 | -146.528,41 |
| Ιούλιος | 418.571 | 269.209,76 | -149.361,44 | 291.643,90 | -126.927,30 |
| Αύγουστος | 418.800 | 256.390,24 | -162.409,76 | 277.756,10 | -141.043,90 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 253.826,34 | -299.616,06 | 274.978,54 | -278.463,86 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 184.600,98 | -658.335,82 | 199.984,39 | -642.952,41 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 184.600,98 | -1.407.198,22 | 199.984,39 | -1.391.814,81 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 187.164,88 | -1.305.799,12 | 202.761,95 | -1.290.202,05 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 2.628.000,00 | -9.860.240,00 | 2.847.000,00 | -9.641.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -9.860.240,00 | Έλλειμμα | -9.641.240,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.39 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 227.332,68 | -1.630.240,12 | 243.570,73 | -1.614.002,07 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 215.367,80 | -1.475.322,60 | 230.751,22 | -1.459.939,18 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 239.297,56 | -1.399.948,04 | 256.390,24 | -1.382.855,36 |
| Απρίλιος | 922.791 | 230.323,90 | -692.467,30 | 246.775,61 | -676.015,59 |
| Μάιος | 599.034 | 257.244,88 | -341.788,72 | 275.619,51 | -323.414,09 |
| Ιούνιος | 460.393 | 338.007,80 | -122.385,00 | 362.151,22 | -98.241,58 |
| Ιούλιος | 418.571 | 314.078,05 | -104.493,15 | 336.512,20 | -82.059,00 |
| Αύγουστος | 418.800 | 299.121,95 | -119.678,05 | 320.487,80 | -98.312,20 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 296.130,73 | -257.311,67 | 317.282,93 | -236.159,47 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 215.367,80 | -627.569,00 | 230.751,22 | -612.185,58 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 215.367,80 | -1.376.431,40 | 230.751,22 | -1.361.047,98 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 218.359,02 | -1.274.604,98 | 233.956,10 | -1.259.007,90 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 3.066.000,00 | -9.422.240,00 | 3.285.000,00 | -9.203.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -9.422.240,00 | Έλλειμμα | -9.203.240,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.40 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 259.808,78 | -1.597.764,02 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 246.134,63 | -1.444.555,77 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 273.482,93 | -1.365.762,67 |
| Απρίλιος | 922.791 | 263.227,32 | -659.563,88 |
| Μάιος | 599.034 | 293.994,15 | -305.039,45 |
| Ιούνιος | 460.393 | 386.294,63 | -74.098,17 |
| Ιούλιος | 418.571 | 358.946,34 | -59.624,86 |
| Αύγουστος | 418.800 | 341.853,66 | -76.946,34 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 338.435,12 | -215.007,28 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 246.134,63 | -596.802,17 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 246.134,63 | -1.345.664,57 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 249.553,17 | -1.243.410,83 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 3.504.000,00 | -8.984.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -8.984.240,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.41 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 1.500.000,00 | 1.650.000,00 | 1.800.000,00 | 1.950.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -6.700.000,00 | -6.550.000,00 | -6.400.000,00 | -6.250.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 2.190.000,00 | 2.409.000,00 | 2.628.000,00 | 2.847.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -10.298.240,00 | -10.079.240,00 | -9.860.240,00 | -9.641.240,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 4.120.000,00 | 4.532.000,00 | 4.944.000,00 | 5.356.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 2.098.185,37 | 2.308.003,90 | 2.517.822,44 | 2.727.640,98 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 2.021.814,63 | 2.223.996,10 | 2.426.177,56 | 2.628.359,02 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 89,56% | 89,56% | 89,56% | 89,56% |

Πίνακας Α.42 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 2.100.000,00 | 2.250.000,00 | 2.400.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -6.100.000,00 | -5.950.000,00 | -5.800.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 3.066.000,00 | 3.285.000,00 | 3.504.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -9.422.240,00 | -9.203.240,00 | -8.984.240,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 5.768.000,00 | 6.180.000,00 | 6.592.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 2.937.459,51 | 3.147.278,05 | 3.357.096,59 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 2.830.540,49 | 3.032.721,95 | 3.234.903,41 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 89,56% | 89,56% | 89,56% |

Πίνακας Α.43 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | - | - | - | - | - | - | - |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | - | - | - | - | - | - | - |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | | | | | | | |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | - | - | - | - | - | - | - |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 6.700.000 | 6.550.000 | 6.400.000 | 6.250.000 | 6.100.000 | 5.950.000 | 5.800.000 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWth) | -10.298.240 | -10.079.240 | -9.860.240 | -9.641.240 | -9.422.240 | -9.203.240 | -8.984.240 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 4.120.000 | 4.532.000 | 4.944.000 | 5.356.000 | 5.768.000 | 6.180.000 | 6.592.000 |

Πίνακας Α.44 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπαραγωγής (€) | 239.144,46 | 263.058,91 | 286.973,35 | 310.887,80 | 334.802,24 | 358.716,69 | 382.631,14 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 829.366,73 | 811.729,61 | 794.092,49 | 776.455,37 | 758.818,24 | 741.181,12 | 723.544,00 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 671.909,83 | 656.867,07 | 641.824,31 | 626.781,55 | 611.738,80 | 596.696,04 | 581.653,28 |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 10.500,00 | 11.550,00 | 12.600,00 | 13.650,00 | 14.700,00 | 15.750,00 | 16.800,00 |
| | 15.750,00 | 17.325,00 | 18.900,00 | 20.475,00 | 22.050,00 | 23.625,00 | 25.200,00 |
| | 21.000,00 | 23.100,00 | 25.200,00 | 27.300,00 | 29.400,00 | 31.500,00 | 33.600,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | - | - | - |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.756.171,02 | 1.748.980,58 | 1.741.790,15 | 1.734.599,72 | 1.727.409,29 | 1.720.218,85 | 1.713.028,42 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 71.904,33 | 79.094,77 | 86.285,20 | 93.475,63 | 100.666,06 | 107.856,50 | 115.046,93 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 210.000,00 | 210.000,00 | 210.000,00 | 210.000,00 | 210.000,00 | 210.000,00 | 210.000,00 |
| | 307.500,00 | 307.500,00 | 307.500,00 | 307.500,00 | 307.500,00 | 307.500,00 | 307.500,00 |
| | 405.000,00 | 405.000,00 | 405.000,00 | 405.000,00 | 405.000,00 | 405.000,00 | 405.000,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | - | - | - | - | - | - | - |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 367.500,00 | 367.500,00 | 367.500,00 | 367.500,00 | 367.500,00 | 367.500,00 | 367.500,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 | 422.625,00 |

Πίνακας Α.45 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| Simple Payback Period (Ετη) | 5,88 | 5,34 | 4,90 | 4,52 | 4,20 | 3,92 | 3,67 |
| NPV(€) d=8% | 283.342,33 | 353.939,06 | 424.535,80 | 495.132,53 | 565.729,26 | 636.326,00 | 706.922,73 |
| NPV(€) d=5% | 473.461,91 | 563.070,60 | 652.679,29 | 742.287,98 | 831.896,67 | 921.505,36 | 1.011.114,05 |
| IRR | 16,2% | 18,0% | 19,9% | 21,7% | 23,5% | 25,2% | 27,0% |

Πίνακας Α.46 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 9.030.857 | 8.930.496 | 8.830.136 | 8.729.776 | 8.629.416 | 8.529.056 | 8.428.696 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 103.850 | 101.525 | 99.200 | 96.875 | 94.550 | 92.225 | 89.900 |
| CO (kg/έτος) | 1.614 | 1.590 | 1.566 | 1.543 | 1.519 | 1.495 | 1.472 |
| NO _x (kg/έτος) | 10.623 | 10.464 | 10.305 | 10.146 | 9.987 | 9.828 | 9.669 |
| HC (kg/έτος) | 434 | 427 | 420 | 413 | 407 | 400 | 393 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 5.483 | 5.364 | 5.245 | 5.126 | 5.007 | 4.888 | 4.769 |

Πίνακας Α.47 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CO ₂ (%) | 10,00 | 11,00 | 12,00 | 13,00 | 14,00 | 15,00 | 16,00 |
| SO ₂ (%) | 18,29 | 20,12 | 21,95 | 23,78 | 25,61 | 27,44 | 29,27 |
| CO (%) | 12,80 | 14,08 | 15,36 | 16,64 | 17,92 | 19,19 | 20,47 |
| NO _x (%) | 13,02 | 14,32 | 15,62 | 16,92 | 18,23 | 19,53 | 20,83 |
| HC (%) | 13,38 | 14,72 | 16,06 | 17,40 | 18,73 | 20,07 | 21,41 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 17,83 | 19,62 | 21,40 | 23,18 | 24,97 | 26,75 | 28,53 |

Πίνακας Α.48 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

A.4 Σενάριο 400 kW

| Μονάδα | CGC-0400GU-075-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 400 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 613 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 1120 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 90,40% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 35,7 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 54,7 |

Πίνακας A.49 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 148.292,68 | -459.707,32 | 163.121,95 | -444.878,05 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 140.487,80 | -435.512,20 | 154.536,59 | -421.463,41 |
| Μάρτιος | 640.000 | 156.097,56 | -483.902,44 | 171.707,32 | -468.292,68 |
| Απρίλιος | 616.000 | 150.243,90 | -465.756,10 | 165.268,29 | -450.731,71 |
| Μάιος | 688.000 | 167.804,88 | -520.195,12 | 184.585,37 | -503.414,63 |
| Ιούνιος | 904.000 | 220.487,80 | -683.512,20 | 242.536,59 | -661.463,41 |
| Ιούλιος | 840.000 | 204.878,05 | -635.121,95 | 225.365,85 | -614.634,15 |
| Αύγουστος | 800.000 | 195.121,95 | -604.878,05 | 214.634,15 | -585.365,85 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 193.170,73 | -598.829,27 | 212.487,80 | -579.512,20 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 140.487,80 | -435.512,20 | 154.536,59 | -421.463,41 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 140.487,80 | -435.512,20 | 154.536,59 | -421.463,41 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 142.439,02 | -441.560,98 | 156.682,93 | -427.317,07 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 2.000.000,00 | -6.200.000,00 | 2.200.000,00 | -6.000.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.200.000,00 | Έλλειμμα | -6.000.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας A.50 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 177.951,22 | -430.048,78 | 192.780,49 | -415.219,51 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 168.585,37 | -407.414,63 | 182.634,15 | -393.365,85 |
| Μάρτιος | 640.000 | 187.317,07 | -452.682,93 | 202.926,83 | -437.073,17 |
| Απρίλιος | 616.000 | 180.292,68 | -435.707,32 | 195.317,07 | -420.682,93 |
| Μάιος | 688.000 | 201.365,85 | -486.634,15 | 218.146,34 | -469.853,66 |
| Ιούνιος | 904.000 | 264.585,37 | -639.414,63 | 286.634,15 | -617.365,85 |
| Ιούλιος | 840.000 | 245.853,66 | -594.146,34 | 266.341,46 | -573.658,54 |
| Αύγουστος | 800.000 | 234.146,34 | -565.853,66 | 253.658,54 | -546.341,46 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 231.804,88 | -560.195,12 | 251.121,95 | -540.878,05 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 168.585,37 | -407.414,63 | 182.634,15 | -393.365,85 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 168.585,37 | -407.414,63 | 182.634,15 | -393.365,85 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 170.926,83 | -413.073,17 | 185.170,73 | -398.829,27 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 2.400.000,00 | -5.800.000,00 | 2.600.000,00 | -5.600.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.800.000,00 | Έλλειμμα | -5.600.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.51 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 207.609,76 | -400.390,24 | 222.439,02 | -385.560,98 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 196.682,93 | -379.317,07 | 210.731,71 | -365.268,29 |
| Μάρτιος | 640.000 | 218.536,59 | -421.463,41 | 234.146,34 | -405.853,66 |
| Απρίλιος | 616.000 | 210.341,46 | -405.658,54 | 225.365,85 | -390.634,15 |
| Μάιος | 688.000 | 234.926,83 | -453.073,17 | 251.707,32 | -436.292,68 |
| Ιούνιος | 904.000 | 308.682,93 | -595.317,07 | 330.731,71 | -573.268,29 |
| Ιούλιος | 840.000 | 286.829,27 | -553.170,73 | 307.317,07 | -532.682,93 |
| Αύγουστος | 800.000 | 273.170,73 | -526.829,27 | 292.682,93 | -507.317,07 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 270.439,02 | -521.560,98 | 289.756,10 | -502.243,90 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 196.682,93 | -379.317,07 | 210.731,71 | -365.268,29 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 196.682,93 | -379.317,07 | 210.731,71 | -365.268,29 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 199.414,63 | -384.585,37 | 213.658,54 | -370.341,46 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 2.800.000,00 | -5.400.000,00 | 3.000.000,00 | -5.200.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.400.000,00 | Έλλειμμα | -5.200.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.52 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 237.268,29 | -370.731,71 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 224.780,49 | -351.219,51 |
| Μάρτιος | 640.000 | 249.756,10 | -390.243,90 |
| Απρίλιος | 616.000 | 240.390,24 | -375.609,76 |
| Μάιος | 688.000 | 268.487,80 | -419.512,20 |
| Ιούνιος | 904.000 | 352.780,49 | -551.219,51 |
| Ιούλιος | 840.000 | 327.804,88 | -512.195,12 |
| Αύγουστος | 800.000 | 312.195,12 | -487.804,88 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 309.073,17 | -482.926,83 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 224.780,49 | -351.219,51 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 224.780,49 | -351.219,51 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 227.902,44 | -356.097,56 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 3.200.000,00 | -5.000.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.000.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.53 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 227.258,54 | -1.630.314,26 | 249.984,39 | -1.607.588,41 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 215.297,56 | -1.475.392,84 | 236.827,32 | -1.453.863,08 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 239.219,51 | -1.400.026,09 | 263.141,46 | -1.376.104,14 |
| Απρίλιος | 922.791 | 230.248,78 | -692.542,42 | 253.273,66 | -669.517,54 |
| Μάιος | 599.034 | 257.160,98 | -341.872,62 | 282.877,07 | -316.156,53 |
| Ιούνιος | 460.393 | 337.897,56 | -122.495,24 | 371.687,32 | -88.705,48 |
| Ιούλιος | 418.571 | 313.975,61 | -104.595,59 | 345.373,17 | -73.198,03 |
| Αύγουστος | 418.800 | 299.024,39 | -119.775,61 | 328.926,83 | -89.873,17 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 296.034,15 | -257.408,25 | 325.637,56 | -227.804,84 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 215.297,56 | -627.639,24 | 236.827,32 | -606.109,48 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 215.297,56 | -1.376.501,64 | 236.827,32 | -1.354.971,88 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 218.287,80 | -1.274.676,20 | 240.116,59 | -1.252.847,41 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 3.065.000,00 | -9.423.240,00 | 3.371.500,00 | -9.116.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -9.423.240,00 | Έλλειμμα | -9.116.740,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.54 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 272.710,24 | -1.584.862,56 | 295.436,10 | -1.562.136,70 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 258.357,07 | -1.432.333,33 | 279.886,83 | -1.410.803,57 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 287.063,41 | -1.352.182,19 | 310.985,37 | -1.328.260,23 |
| Απρίλιος | 922.791 | 276.298,54 | -646.492,66 | 299.323,41 | -623.467,79 |
| Μάιος | 599.034 | 308.593,17 | -290.440,43 | 334.309,27 | -264.724,33 |
| Ιούνιος | 460.393 | 405.477,07 | -54.915,73 | 439.266,83 | -21.125,97 |
| Ιούλιος | 418.571 | 376.770,73 | -41.800,47 | 408.168,29 | -10.402,91 |
| Αύγουστος | 418.800 | 358.829,27 | -59.970,73 | 388.731,71 | -30.068,29 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 355.240,98 | -198.201,42 | 384.844,39 | -168.598,01 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 258.357,07 | -584.579,73 | 279.886,83 | -563.049,97 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 258.357,07 | -1.333.442,13 | 279.886,83 | -1.311.912,37 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 261.945,37 | -1.231.018,63 | 283.774,15 | -1.209.189,85 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 3.678.000,00 | -8.810.240,00 | 3.984.500,00 | -8.503.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -8.810.240,00 | Έλλειμμα | -8.503.740,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.55 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 318.161,95 | -1.539.410,85 | 340.887,80 | -1.516.685,00 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 301.416,59 | -1.389.273,81 | 322.946,34 | -1.367.744,06 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 334.907,32 | -1.304.338,28 | 358.829,27 | -1.280.416,33 |
| Απρίλιος | 922.791 | 322.348,29 | -600.442,91 | 345.373,17 | -577.418,03 |
| Μάιος | 599.034 | 360.025,37 | -239.008,23 | 385.741,46 | -213.292,14 |
| Ιούνιος | 460.393 | 473.056,59 | 12.663,79 | 506.846,34 | 46.453,54 |
| Ιούλιος | 418.571 | 439.565,85 | 20.994,65 | 470.963,41 | 52.392,21 |
| Αύγουστος | 418.800 | 418.634,15 | -165,85 | 448.536,59 | 29.736,59 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 414.447,80 | -138.994,60 | 444.051,22 | -109.391,18 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 301.416,59 | -541.520,21 | 322.946,34 | -519.990,46 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 301.416,59 | -1.290.382,61 | 322.946,34 | -1.268.852,86 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 305.602,93 | -1.187.361,07 | 327.431,71 | -1.165.532,29 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 4.291.000,00 | -8.197.240,00 | 4.597.500,00 | -7.890.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -8.230.898,44 | Έλλειμμα | -8.019.322,34 |
| | | Πλεόνασμα | 33.658,44 | Πλεόνασμα | 128.582,34 |

Πίνακας Α.56 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 363.613,66 | -1.493.959,14 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 344.476,10 | -1.346.214,30 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 382.751,22 | -1.256.494,38 |
| Απρίλιος | 922.791 | 368.398,05 | -554.393,15 |
| Μάιος | 599.034 | 411.457,56 | -187.576,04 |
| Ιούνιος | 460.393 | 540.636,10 | 80.243,30 |
| Ιούλιος | 418.571 | 502.360,98 | 83.789,78 |
| Αύγουστος | 418.800 | 478.439,02 | 59.639,02 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 473.654,63 | -79.787,77 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 344.476,10 | -498.460,70 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 344.476,10 | -1.247.323,10 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 349.260,49 | -1.143.703,51 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 4.904.000,00 | -7.584.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -7.807.912,10 |
| | | Πλεόνασμα | 223.672,10 |

Πίνακας Α.57 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 2.000.000,00 | 2.200.000,00 | 2.400.000,00 | 2.600.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -6.200.000,00 | -6.000.000,00 | -5.800.000,00 | -5.600.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 3.065.000,00 | 3.371.500,00 | 3.678.000,00 | 3.984.500,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -9.423.240,00 | -9.116.740,00 | -8.810.240,00 | -8.503.740,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 5.600.000,00 | 6.160.000,00 | 6.720.000,00 | 7.280.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 2.851.902,44 | 3.137.092,68 | 3.422.282,93 | 3.707.473,17 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 2.748.097,56 | 3.022.907,32 | 3.297.717,07 | 3.572.526,83 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 90,45% | 90,45% | 90,45% | 90,45% |

Πίνακας Α.58 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 2.800.000,00 | 3.000.000,00 | 3.200.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -5.400.000,00 | -5.200.000,00 | -5.000.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 4.291.000,00 | 4.597.500,00 | 4.904.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -8.230.898,44 | -8.019.322,34 | -7.807.912,10 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 33.658,44 | 128.582,34 | 223.672,10 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 7.840.000,00 | 8.400.000,00 | 8.960.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 3.992.663,41 | 4.277.853,66 | 4.563.043,90 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 3.847.336,59 | 4.122.146,34 | 4.396.956,10 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 90,02% | 88,92% | 87,95% |

Πίνακας Α.59 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | - | - | - | - | 16 | 60 | 104 |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | - | - | - | - | 4 | 17 | 30 |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | | | | | 4 | 17 | 29 |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | - | - | - | - | 6.600 | 28.050 | 47.850 |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.193.400 | 8.171.950 | 8.152.150 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 6.200.000 | 6.000.000 | 5.800.000 | 5.600.000 | 5.393.400 | 5.171.950 | 4.952.150 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWth) | -9.423.240 | -9.116.740 | -8.810.240 | -8.503.740 | -8.230.898 | -8.019.322 | -7.807.912 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 5.600.000 | 6.160.000 | 6.720.000 | 7.280.000 | 7.840.000 | 8.400.000 | 8.960.000 |

Πίνακας Α.60 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπαραγωγής (€) | 325.050,72 | 357.555,79 | 390.060,87 | 422.565,94 | 455.071,01 | 487.576,08 | 520.081,16 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 758.898,78 | 734.214,86 | 709.530,94 | 684.847,03 | 662.873,79 | 645.834,55 | 628.808,66 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 621.767,30 | 601.710,29 | 581.653,28 | 561.596,27 | 540.877,38 | 518.669,26 | 496.626,60 |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 14.000,00 | 15.400,00 | 16.800,00 | 18.200,00 | 19.600,00 | 21.000,00 | 22.400,00 |
| | 21.000,00 | 23.100,00 | 25.200,00 | 27.300,00 | 29.400,00 | 31.500,00 | 33.600,00 |
| | 28.000,00 | 30.800,00 | 33.600,00 | 36.400,00 | 39.200,00 | 42.000,00 | 44.800,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | - | - | - |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.726.716,80 | 1.716.580,95 | 1.706.445,09 | 1.696.309,24 | 1.688.222,18 | 1.683.579,89 | 1.679.116,42 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 101.358,55 | 111.494,40 | 121.630,26 | 131.766,11 | 139.853,17 | 144.495,46 | 148.958,93 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 280.000,00 | 280.000,00 | 280.000,00 | 280.000,00 | 280.000,00 | 280.000,00 | 280.000,00 |
| | 410.000,00 | 410.000,00 | 410.000,00 | 410.000,00 | 410.000,00 | 410.000,00 | 410.000,00 |
| | 540.000,00 | 540.000,00 | 540.000,00 | 540.000,00 | 540.000,00 | 540.000,00 | 540.000,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | - | - | - | - | 4.000,00 | 17.000,00 | 29.000,00 |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 470.000,00 | 470.000,00 | 470.000,00 | 470.000,00 | 474.000,00 | 487.000,00 | 499.000,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 540.500,00 | 540.500,00 | 540.500,00 | 540.500,00 | 545.100,00 | 560.050,00 | 573.850,00 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 540.500,00 | 540.500,00 | 540.500,00 | 540.500,00 | 545.100,00 | 560.050,00 | 573.850,00 |

Πίνακας Α.61 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 5,33 | 4,85 | 4,44 | 4,10 | 3,90 | 3,88 | 3,85 |
| NPV(€) d=8% | 454.653,15 | 554.168,47 | 653.683,78 | 753.199,10 | 827.999,05 | 858.627,75 | 888.650,69 |
| NPV(€) d=5% | 722.651,53 | 848.966,68 | 975.281,83 | 1.101.596,99 | 1.197.779,63 | 1.240.682,84 | 1.282.507,47 |
| IRR | 18,1% | 20,1% | 22,1% | 24,1% | 25,4% | 25,5% | 25,7% |

Πίνακας Α.62 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 8.681.681 | 8.546.404 | 8.411.126 | 8.275.848 | 8.143.220 | 8.013.003 | 7.884.229 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 96.100 | 93.000 | 89.900 | 86.800 | 83.598 | 80.165 | 76.758 |
| CO (kg/έτος) | 1.533 | 1.501 | 1.470 | 1.438 | 1.406 | 1.373 | 1.341 |
| NO _x (kg/έτος) | 10.082 | 9.869 | 9.655 | 9.442 | 9.228 | 9.007 | 8.788 |
| HC (kg/έτος) | 411 | 402 | 393 | 384 | 375 | 365 | 356 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 5.086 | 4.927 | 4.768 | 4.610 | 4.446 | 4.271 | 4.097 |

Πίνακας Α.63 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CO ₂ (%) | 13,48 | 14,83 | 16,18 | 17,53 | 18,85 | 20,15 | 21,43 |
| SO ₂ (%) | 24,39 | 26,83 | 29,27 | 31,71 | 34,23 | 36,93 | 39,61 |
| CO (%) | 17,16 | 18,87 | 20,59 | 22,31 | 24,03 | 25,80 | 27,56 |
| NO _x (%) | 17,45 | 19,20 | 20,94 | 22,69 | 24,44 | 26,25 | 28,04 |
| HC (%) | 17,93 | 19,72 | 21,51 | 23,31 | 25,12 | 26,99 | 28,84 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 23,79 | 26,16 | 28,54 | 30,92 | 33,37 | 36,00 | 38,60 |

Πίνακας Α.64 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

A.5 Σενάριο 501 kW

| Μονάδα | CGC-0501PE-080-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 501 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 518 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 1298 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 78,50% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 38,6 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 39,9 |

Πίνακας A.65 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 185.736,59 | -422.263,41 | 204.310,24 | -403.689,76 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 175.960,98 | -400.039,02 | 193.557,07 | -382.442,93 |
| Μάρτιος | 640.000 | 195.512,20 | -444.487,80 | 215.063,41 | -424.936,59 |
| Απρίλιος | 616.000 | 188.180,49 | -427.819,51 | 206.998,54 | -409.001,46 |
| Μάιος | 688.000 | 210.175,61 | -477.824,39 | 231.193,17 | -456.806,83 |
| Ιούνιος | 904.000 | 276.160,98 | -627.839,02 | 303.777,07 | -600.222,93 |
| Ιούλιος | 840.000 | 256.609,76 | -583.390,24 | 282.270,73 | -557.729,27 |
| Αύγουστος | 800.000 | 244.390,24 | -555.609,76 | 268.829,27 | -531.170,73 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 241.946,34 | -550.053,66 | 266.140,98 | -525.859,02 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 175.960,98 | -400.039,02 | 193.557,07 | -382.442,93 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 175.960,98 | -400.039,02 | 193.557,07 | -382.442,93 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 178.404,88 | -405.595,12 | 196.245,37 | -387.754,63 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 2.505.000,00 | -5.695.000,00 | 2.755.500,00 | -5.444.500,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.695.000,00 | Έλλειμμα | -5.444.500,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας A.66 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 222.883,90 | -385.116,10 | 241.457,56 | -366.542,44 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 211.153,17 | -364.846,83 | 228.749,27 | -347.250,73 |
| Μάρτιος | 640.000 | 234.614,63 | -405.385,37 | 254.165,85 | -385.834,15 |
| Απρίλιος | 616.000 | 225.816,59 | -390.183,41 | 244.634,63 | -371.365,37 |
| Μάιος | 688.000 | 252.210,73 | -435.789,27 | 273.228,29 | -414.771,71 |
| Ιούνιος | 904.000 | 331.393,17 | -572.606,83 | 359.009,27 | -544.990,73 |
| Ιούλιος | 840.000 | 307.931,71 | -532.068,29 | 333.592,68 | -506.407,32 |
| Αύγουστος | 800.000 | 293.268,29 | -506.731,71 | 317.707,32 | -482.292,68 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 290.335,61 | -501.664,39 | 314.530,24 | -477.469,76 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 211.153,17 | -364.846,83 | 228.749,27 | -347.250,73 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 211.153,17 | -364.846,83 | 228.749,27 | -347.250,73 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 214.085,85 | -369.914,15 | 231.926,34 | -352.073,66 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 3.006.000,00 | -5.194.000,00 | 3.256.500,00 | -4.943.500,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.194.000,00 | Έλλειμμα | -4.943.500,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.67 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 260.031,22 | -347.968,78 | 278.604,88 | -329.395,12 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 246.345,37 | -329.654,63 | 263.941,46 | -312.058,54 |
| Μάρτιος | 640.000 | 273.717,07 | -366.282,93 | 293.268,29 | -346.731,71 |
| Απρίλιος | 616.000 | 263.452,68 | -352.547,32 | 282.270,73 | -333.729,27 |
| Μάιος | 688.000 | 294.245,85 | -393.754,15 | 315.263,41 | -372.736,59 |
| Ιούνιος | 904.000 | 386.625,37 | -517.374,63 | 414.241,46 | -489.758,54 |
| Ιούλιος | 840.000 | 359.253,66 | -480.746,34 | 384.914,63 | -455.085,37 |
| Αύγουστος | 800.000 | 342.146,34 | -457.853,66 | 366.585,37 | -433.414,63 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 338.724,88 | -453.275,12 | 362.919,51 | -429.080,49 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 246.345,37 | -329.654,63 | 263.941,46 | -312.058,54 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 246.345,37 | -329.654,63 | 263.941,46 | -312.058,54 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 249.766,83 | -334.233,17 | 267.607,32 | -316.392,68 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 3.507.000,00 | -4.693.000,00 | 3.757.500,00 | -4.442.500,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.693.000,00 | Έλλειμμα | -4.442.500,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.68 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 297.178,54 | -310.821,46 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 281.537,56 | -294.462,44 |
| Μάρτιος | 640.000 | 312.819,51 | -327.180,49 |
| Απρίλιος | 616.000 | 301.088,78 | -314.911,22 |
| Μάιος | 688.000 | 336.280,98 | -351.719,02 |
| Ιούνιος | 904.000 | 441.857,56 | -462.142,44 |
| Ιούλιος | 840.000 | 410.575,61 | -429.424,39 |
| Αύγουστος | 800.000 | 391.024,39 | -408.975,61 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 387.114,15 | -404.885,85 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 281.537,56 | -294.462,44 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 281.537,56 | -294.462,44 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 285.447,80 | -298.552,20 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 4.008.000,00 | -4.192.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.192.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.69 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 192.039,02 | -1.665.533,78 | 211.242,93 | -1.646.329,87 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 181.931,71 | -1.508.758,69 | 200.124,88 | -1.490.565,52 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 202.146,34 | -1.437.099,26 | 222.360,98 | -1.416.884,62 |
| Απρίλιος | 922.791 | 194.565,85 | -728.225,35 | 214.022,44 | -708.768,76 |
| Μάιος | 599.034 | 217.307,32 | -381.726,28 | 239.038,05 | -359.995,55 |
| Ιούνιος | 460.393 | 285.531,71 | -174.861,09 | 314.084,88 | -146.307,92 |
| Ιούλιος | 418.571 | 265.317,07 | -153.254,13 | 291.848,78 | -126.722,42 |
| Αύγουστος | 418.800 | 252.682,93 | -166.117,07 | 277.951,22 | -140.848,78 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 250.156,10 | -303.286,30 | 275.171,71 | -278.270,69 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 181.931,71 | -661.005,09 | 200.124,88 | -642.811,92 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 181.931,71 | -1.409.867,49 | 200.124,88 | -1.391.674,32 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 184.458,54 | -1.308.505,46 | 202.904,39 | -1.290.059,61 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 2.590.000,00 | -9.898.240,00 | 2.849.000,00 | -9.639.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -9.898.240,00 | Έλλειμμα | -9.639.240,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.70 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 230.446,83 | -1.627.125,97 | 249.650,73 | -1.607.922,07 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 218.318,05 | -1.472.372,35 | 236.511,22 | -1.454.179,18 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 242.575,61 | -1.396.669,99 | 262.790,24 | -1.376.455,36 |
| Απρίλιος | 922.791 | 233.479,02 | -689.312,18 | 252.935,61 | -669.855,59 |
| Μάιος | 599.034 | 260.768,78 | -338.264,82 | 282.499,51 | -316.534,09 |
| Ιούνιος | 460.393 | 342.638,05 | -117.754,75 | 371.191,22 | -89.201,58 |
| Ιούλιος | 418.571 | 318.380,49 | -100.190,71 | 344.912,20 | -73.659,00 |
| Αύγουστος | 418.800 | 303.219,51 | -115.580,49 | 328.487,80 | -90.312,20 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 300.187,32 | -253.255,08 | 325.202,93 | -228.239,47 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 218.318,05 | -624.618,75 | 236.511,22 | -606.425,58 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 218.318,05 | -1.373.481,15 | 236.511,22 | -1.355.287,98 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 221.350,24 | -1.271.613,76 | 239.796,10 | -1.253.167,90 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 3.108.000,00 | -9.380.240,00 | 3.367.000,00 | -9.121.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -9.380.240,00 | Έλλειμμα | -9.121.240,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.71 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 268.854,63 | -1.588.718,17 | 288.058,54 | -1.569.514,26 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 254.704,39 | -1.435.986,01 | 272.897,56 | -1.417.792,84 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 283.004,88 | -1.356.240,72 | 303.219,51 | -1.336.026,09 |
| Απρίλιος | 922.791 | 272.392,20 | -650.399,00 | 291.848,78 | -630.942,42 |
| Μάιος | 599.034 | 304.230,24 | -294.803,36 | 325.960,98 | -273.072,62 |
| Ιούνιος | 460.393 | 399.744,39 | -60.648,41 | 428.297,56 | -32.095,24 |
| Ιούλιος | 418.571 | 371.443,90 | -47.127,30 | 397.975,61 | -20.595,59 |
| Αύγουστος | 418.800 | 353.756,10 | -65.043,90 | 379.024,39 | -39.775,61 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 350.218,54 | -203.223,86 | 375.234,15 | -178.208,25 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 254.704,39 | -588.232,41 | 272.897,56 | -570.039,24 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 254.704,39 | -1.337.094,81 | 272.897,56 | -1.318.901,64 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 258.241,95 | -1.234.722,05 | 276.687,80 | -1.216.276,20 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 3.626.000,00 | -8.862.240,00 | 3.885.000,00 | -8.603.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -8.862.240,00 | Έλλειμμα | -8.603.240,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.72 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 307.262,44 | -1.550.310,36 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 291.090,73 | -1.399.599,67 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 323.434,15 | -1.315.811,45 |
| Απρίλιος | 922.791 | 311.305,37 | -611.485,83 |
| Μάιος | 599.034 | 347.691,71 | -251.341,89 |
| Ιούνιος | 460.393 | 456.850,73 | -3.542,07 |
| Ιούλιος | 418.571 | 424.507,32 | 5.936,12 |
| Αύγουστος | 418.800 | 404.292,68 | -14.507,32 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 400.249,76 | -153.192,64 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 291.090,73 | -551.846,07 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 291.090,73 | -1.300.708,47 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 295.133,66 | -1.197.830,34 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 4.144.000,00 | -8.344.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -8.350.176,12 |
| | | Πλεόνασμα | 5.936,12 |

Πίνακας Α.73 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 2.505.000,00 | 2.755.500,00 | 3.006.000,00 | 3.256.500,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -5.695.000,00 | -5.444.500,00 | -5.194.000,00 | -4.943.500,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 2.590.000,00 | 2.849.000,00 | 3.108.000,00 | 3.367.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -9.898.240,00 | -9.639.240,00 | -9.380.240,00 | -9.121.240,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 6.490.000,00 | 7.139.000,00 | 7.788.000,00 | 8.437.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 3.305.151,22 | 3.635.666,34 | 3.966.181,46 | 4.296.696,59 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 3.184.848,78 | 3.503.333,66 | 3.821.818,54 | 4.140.303,41 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 78,51% | 78,51% | 78,51% | 78,51% |

Πίνακας Α.74 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 3.507.000,00 | 3.757.500,00 | 4.008.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -4.693.000,00 | -4.442.500,00 | -4.192.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 3.626.000,00 | 3.885.000,00 | 4.144.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -8.862.240,00 | -8.603.240,00 | -8.350.176,12 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | 5.936,12 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 9.086.000,00 | 9.735.000,00 | 10.384.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 4.627.211,71 | 4.957.726,83 | 5.288.241,95 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 4.458.788,29 | 4.777.273,17 | 5.095.758,05 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 78,51% | 78,51% | 78,45% |

Πίνακας Α.75 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | - | - | - | - | - | - | 3 |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | - | - | - | - | - | - | 1 |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | | | | | | | |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | - | - | - | - | - | - | - |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 | 8.200.000 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 5.695.000 | 5.444.500 | 5.194.000 | 4.943.500 | 4.693.000 | 4.442.500 | 4.192.000 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWth) | -9.898.240 | -9.639.240 | -9.380.240 | -9.121.240 | -8.862.240 | -8.603.240 | -8.350.176 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 6.490.000 | 7.139.000 | 7.788.000 | 8.437.000 | 9.086.000 | 9.735.000 | 10.384.000 |

Πίνακας Α.76 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 376.710,57 | 414.381,63 | 452.052,68 | 489.723,74 | 527.394,80 | 565.065,85 | 602.736,91 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 797.152,81 | 776.294,30 | 755.435,78 | 734.577,27 | 713.718,75 | 692.860,24 | 672.479,79 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 571.123,35 | 546.001,95 | 520.880,54 | 495.759,14 | 470.637,73 | 445.516,33 | 420.394,92 |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 17.535,00 | 19.288,50 | 21.042,00 | 22.795,50 | 24.549,00 | 26.302,50 | 28.056,00 |
| | 26.302,50 | 28.932,75 | 31.563,00 | 34.193,25 | 36.823,50 | 39.453,75 | 42.084,00 |
| | 35.070,00 | 38.577,00 | 42.084,00 | 45.591,00 | 49.098,00 | 52.605,00 | 56.112,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | - | - | - |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.771.289,23 | 1.765.610,62 | 1.759.932,01 | 1.754.253,40 | 1.748.574,78 | 1.742.896,17 | 1.737.695,63 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 56.786,12 | 62.464,73 | 68.143,34 | 73.821,95 | 79.500,57 | 85.179,18 | 90.379,72 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 350.700,00 | 350.700,00 | 350.700,00 | 350.700,00 | 350.700,00 | 350.700,00 | 350.700,00 |
| | 513.525,00 | 513.525,00 | 513.525,00 | 513.525,00 | 513.525,00 | 513.525,00 | 513.525,00 |
| | 676.350,00 | 676.350,00 | 676.350,00 | 676.350,00 | 676.350,00 | 676.350,00 | 676.350,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | - | - | - | - | - | - | - |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 573.525,00 | 573.525,00 | 573.525,00 | 573.525,00 | 573.525,00 | 573.525,00 | 573.525,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 | 659.553,75 |

Πίνακας Α.77 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 11,61 | 10,56 | 9,68 | 8,93 | 8,30 | 7,74 | 7,30 |
| NPV(€) d=8% | 102.019,27 | -46.265,83 | 9.487,62 | 65.241,07 | 120.994,52 | 176.747,96 | 227.807,71 |
| NPV(€) d=5% | 48.126,80 | 118.894,85 | 189.662,90 | 260.430,96 | 331.199,01 | 401.967,07 | 466.777,39 |
| IRR | 5,8% | 7,0% | 8,2% | 9,3% | 10,4% | 11,4% | 12,4% |

Πίνακας Α.78 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 8.543.706 | 8.394.631 | 8.245.556 | 8.096.481 | 7.947.406 | 7.798.330 | 7.650.712 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 88.273 | 84.390 | 80.507 | 76.624 | 72.742 | 68.859 | 64.976 |
| CO (kg/έτος) | 1.478 | 1.441 | 1.403 | 1.366 | 1.329 | 1.291 | 1.254 |
| NO _x (kg/έτος) | 9.701 | 9.450 | 9.199 | 8.948 | 8.696 | 8.445 | 8.195 |
| HC (kg/έτος) | 394 | 384 | 373 | 362 | 352 | 341 | 330 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 4.693 | 4.495 | 4.296 | 4.098 | 3.900 | 3.702 | 3.504 |

Πίνακας Α.79 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CO ₂ (%) | 14,86 | 16,34 | 17,83 | 19,31 | 20,80 | 22,28 | 23,76 |
| SO ₂ (%) | 30,55 | 33,60 | 36,66 | 39,71 | 42,77 | 45,82 | 48,88 |
| CO (%) | 20,15 | 22,16 | 24,18 | 26,19 | 28,21 | 30,22 | 32,22 |
| NO _x (%) | 20,57 | 22,62 | 24,68 | 26,74 | 28,79 | 30,85 | 32,90 |
| HC (%) | 21,25 | 23,38 | 25,50 | 27,63 | 29,76 | 31,88 | 34,00 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 29,68 | 32,65 | 35,61 | 38,58 | 41,55 | 44,52 | 47,48 |

Πίνακας Α.80 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

A.6 Σενάριο 600 kW

| Μονάδα | CGC-0600GU-075-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 600 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 900 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 1659 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 90,40% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 36,2 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 54,2 |

Πίνακας A.81 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 222.439,02 | -385.560,98 | 244.682,93 | -363.317,07 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 210.731,71 | -365.268,29 | 231.804,88 | -344.195,12 |
| Μάρτιος | 640.000 | 234.146,34 | -405.853,66 | 257.560,98 | -382.439,02 |
| Απρίλιος | 616.000 | 225.365,85 | -390.634,15 | 247.902,44 | -368.097,56 |
| Μάιος | 688.000 | 251.707,32 | -436.292,68 | 276.878,05 | -411.121,95 |
| Ιούνιος | 904.000 | 330.731,71 | -573.268,29 | 363.804,88 | -540.195,12 |
| Ιούλιος | 840.000 | 307.317,07 | -532.682,93 | 338.048,78 | -501.951,22 |
| Αύγουστος | 800.000 | 292.682,93 | -507.317,07 | 321.951,22 | -478.048,78 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 289.756,10 | -502.243,90 | 318.731,71 | -473.268,29 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 210.731,71 | -365.268,29 | 231.804,88 | -344.195,12 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 210.731,71 | -365.268,29 | 231.804,88 | -344.195,12 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 213.658,54 | -370.341,46 | 235.024,39 | -348.975,61 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 3.000.000,00 | -5.200.000,00 | 3.300.000,00 | -4.900.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.200.000,00 | Έλλειμμα | -4.900.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας A.82 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 266.926,83 | -341.073,17 | 289.170,73 | -318.829,27 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 252.878,05 | -323.121,95 | 273.951,22 | -302.048,78 |
| Μάρτιος | 640.000 | 280.975,61 | -359.024,39 | 304.390,24 | -335.609,76 |
| Απρίλιος | 616.000 | 270.439,02 | -345.560,98 | 292.975,61 | -323.024,39 |
| Μάιος | 688.000 | 302.048,78 | -385.951,22 | 327.219,51 | -360.780,49 |
| Ιούνιος | 904.000 | 396.878,05 | -507.121,95 | 429.951,22 | -474.048,78 |
| Ιούλιος | 840.000 | 368.780,49 | -471.219,51 | 399.512,20 | -440.487,80 |
| Αύγουστος | 800.000 | 351.219,51 | -448.780,49 | 380.487,80 | -419.512,20 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 347.707,32 | -444.292,68 | 376.682,93 | -415.317,07 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 252.878,05 | -323.121,95 | 273.951,22 | -302.048,78 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 252.878,05 | -323.121,95 | 273.951,22 | -302.048,78 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 256.390,24 | -327.609,76 | 277.756,10 | -306.243,90 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 3.600.000,00 | -4.600.000,00 | 3.900.000,00 | -4.300.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.600.000,00 | Έλλειμμα | -4.300.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.83 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 311.414,63 | -296.585,37 | 333.658,54 | -274.341,46 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 295.024,39 | -280.975,61 | 316.097,56 | -259.902,44 |
| Μάρτιος | 640.000 | 327.804,88 | -312.195,12 | 351.219,51 | -288.780,49 |
| Απρίλιος | 616.000 | 315.512,20 | -300.487,80 | 338.048,78 | -277.951,22 |
| Μάιος | 688.000 | 352.390,24 | -335.609,76 | 377.560,98 | -310.439,02 |
| Ιούνιος | 904.000 | 463.024,39 | -440.975,61 | 496.097,56 | -407.902,44 |
| Ιούλιος | 840.000 | 430.243,90 | -409.756,10 | 460.975,61 | -379.024,39 |
| Αύγουστος | 800.000 | 409.756,10 | -390.243,90 | 439.024,39 | -360.975,61 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 405.658,54 | -386.341,46 | 434.634,15 | -357.365,85 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 295.024,39 | -280.975,61 | 316.097,56 | -259.902,44 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 295.024,39 | -280.975,61 | 316.097,56 | -259.902,44 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 299.121,95 | -284.878,05 | 320.487,80 | -263.512,20 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 4.200.000,00 | -4.000.000,00 | 4.500.000,00 | -3.700.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.000.000,00 | Έλλειμμα | -3.700.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.84 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 355.902,44 | -252.097,56 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 337.170,73 | -238.829,27 |
| Μάρτιος | 640.000 | 374.634,15 | -265.365,85 |
| Απρίλιος | 616.000 | 360.585,37 | -255.414,63 |
| Μάιος | 688.000 | 402.731,71 | -285.268,29 |
| Ιούνιος | 904.000 | 529.170,73 | -374.829,27 |
| Ιούλιος | 840.000 | 491.707,32 | -348.292,68 |
| Αύγουστος | 800.000 | 468.292,68 | -331.707,32 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 463.609,76 | -328.390,24 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 337.170,73 | -238.829,27 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 337.170,73 | -238.829,27 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 341.853,66 | -242.146,34 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 4.800.000,00 | -3.400.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -3.400.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.85 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 333.658,54 | -1.523.914,26 | 367.024,39 | -1.490.548,41 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 316.097,56 | -1.374.592,84 | 347.707,32 | -1.342.983,08 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 351.219,51 | -1.288.026,09 | 386.341,46 | -1.252.904,14 |
| Απρίλιος | 922.791 | 338.048,78 | -584.742,42 | 371.853,66 | -550.937,54 |
| Μάιος | 599.034 | 377.560,98 | -221.472,62 | 415.317,07 | -183.716,53 |
| Ιούνιος | 460.393 | 496.097,56 | 35.704,76 | 545.707,32 | 85.314,52 |
| Ιούλιος | 418.571 | 460.975,61 | 42.404,41 | 507.073,17 | 88.501,97 |
| Αύγουστος | 418.800 | 439.024,39 | 20.224,39 | 482.926,83 | 64.126,83 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 434.634,15 | -118.808,25 | 478.097,56 | -75.344,84 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 316.097,56 | -526.839,24 | 347.707,32 | -495.229,48 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 316.097,56 | -1.275.701,64 | 347.707,32 | -1.244.091,88 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 320.487,80 | -1.172.476,20 | 352.536,59 | -1.140.427,41 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 4.500.000,00 | -7.988.240,00 | 4.950.000,00 | -7.538.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -8.086.573,56 | Έλλειμμα | -7.776.183,32 |
| | | Πλεόνασμα | 98.333,56 | Πλεόνασμα | 237.943,32 |

Πίνακας Α.86 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 400.390,24 | -1.457.182,56 | 433.756,10 | -1.423.816,70 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 379.317,07 | -1.311.373,33 | 410.926,83 | -1.279.763,57 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 421.463,41 | -1.217.782,19 | 456.585,37 | -1.182.660,23 |
| Απρίλιος | 922.791 | 405.658,54 | -517.132,66 | 439.463,41 | -483.327,79 |
| Μάιος | 599.034 | 453.073,17 | -145.960,43 | 490.829,27 | -108.204,33 |
| Ιούνιος | 460.393 | 595.317,07 | 134.924,27 | 644.926,83 | 184.534,03 |
| Ιούλιος | 418.571 | 553.170,73 | 134.599,53 | 599.268,29 | 180.697,09 |
| Αύγουστος | 418.800 | 526.829,27 | 108.029,27 | 570.731,71 | 151.931,71 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 521.560,98 | -31.881,42 | 565.024,39 | 11.581,99 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 379.317,07 | -463.619,73 | 410.926,83 | -432.009,97 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 379.317,07 | -1.212.482,13 | 410.926,83 | -1.180.872,37 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 384.585,37 | -1.108.378,63 | 416.634,15 | -1.076.329,85 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 5.400.000,00 | -7.088.240,00 | 5.850.000,00 | -6.638.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -7.465.793,07 | Έλλειμμα | -7.166.984,82 |
| | | Πλεόνασμα | 377.553,07 | Πλεόνασμα | 528.744,82 |

Πίνακας Α.87 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 467.121,95 | -1.390.450,85 | 500.487,80 | -1.357.085,00 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 442.536,59 | -1.248.153,81 | 474.146,34 | -1.216.544,06 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 491.707,32 | -1.147.538,28 | 526.829,27 | -1.112.416,33 |
| Απρίλιος | 922.791 | 473.268,29 | -449.522,91 | 507.073,17 | -415.718,03 |
| Μάιος | 599.034 | 528.585,37 | -70.448,23 | 566.341,46 | -32.692,14 |
| Ιούνιος | 460.393 | 694.536,59 | 234.143,79 | 744.146,34 | 283.753,54 |
| Ιούλιος | 418.571 | 645.365,85 | 226.794,65 | 691.463,41 | 272.892,21 |
| Αύγουστος | 418.800 | 614.634,15 | 195.834,15 | 658.536,59 | 239.736,59 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 608.487,80 | 55.045,40 | 651.951,22 | 98.508,82 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 442.536,59 | -400.400,21 | 474.146,34 | -368.790,46 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 442.536,59 | -1.149.262,61 | 474.146,34 | -1.117.652,86 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 448.682,93 | -1.044.281,07 | 480.731,71 | -1.012.232,29 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 6.300.000,00 | -6.188.240,00 | 6.750.000,00 | -5.738.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.900.057,99 | Έλλειμμα | -6.633.131,16 |
| | | Πλεόνασμα | 711.817,99 | Πλεόνασμα | 894.891,16 |

Πίνακας Α.88 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 533.853,66 | -1.323.719,14 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 505.756,10 | -1.184.934,30 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 561.951,22 | -1.077.294,38 |
| Απρίλιος | 922.791 | 540.878,05 | -381.913,15 |
| Μάιος | 599.034 | 604.097,56 | 5.063,96 |
| Ιούνιος | 460.393 | 793.756,10 | 333.363,30 |
| Ιούλιος | 418.571 | 737.560,98 | 318.989,78 |
| Αύγουστος | 418.800 | 702.439,02 | 283.639,02 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 695.414,63 | 141.972,23 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 505.756,10 | -337.180,70 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 505.756,10 | -1.086.043,10 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 512.780,49 | -980.183,51 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 7.200.000,00 | -5.288.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.371.268,29 |
| | | Πλεόνασμα | 1.083.028,29 |

Πίνακας Α.89 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 3.000.000,00 | 3.300.000,00 | 3.600.000,00 | 3.900.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -5.200.000,00 | -4.900.000,00 | -4.600.000,00 | -4.300.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 4.500.000,00 | 4.950.000,00 | 5.400.000,00 | 5.850.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -8.086.573,56 | -7.776.183,32 | -7.465.793,07 | -7.166.984,82 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 98.333,56 | 237.943,32 | 377.553,07 | 528.744,82 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 8.295.000,00 | 9.124.500,00 | 9.954.000,00 | 10.783.500,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 4.224.380,49 | 4.646.818,54 | 5.069.256,59 | 5.491.694,63 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 4.070.619,51 | 4.477.681,46 | 4.884.743,41 | 5.291.805,37 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 89,23% | 87,81% | 86,62% | 85,51% |

Πίνακας Α.90 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 4.200.000,00 | 4.500.000,00 | 4.800.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -4.000.000,00 | -3.700.000,00 | -3.400.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 6.300.000,00 | 6.750.000,00 | 7.200.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -6.900.057,99 | -6.633.131,16 | -6.371.268,29 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 711.817,99 | 894.891,16 | 1.083.028,29 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 11.613.000,00 | 12.442.500,00 | 13.272.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 5.914.132,68 | 6.336.570,73 | 6.759.008,78 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 5.698.867,32 | 6.105.929,27 | 6.512.991,22 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 84,29% | 83,22% | 82,26% |

Πίνακας Α.91 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | 46 | 111 | 176 | 247 | 332 | 418 | 505 |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | 13 | 32 | 50 | 70 | 94 | 119 | 144 |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | 13 | 31 | 50 | 70 | 94 | 118 | 143 |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 21.450 | 51.150 | 82.500 | 115.500 | 155.100 | 194.700 | 235.950 |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.178.550 | 8.148.850 | 8.117.500 | 8.084.500 | 8.044.900 | 8.005.300 | 7.964.050 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 5.178.550 | 4.848.850 | 4.517.500 | 4.184.500 | 3.844.900 | 3.505.300 | 3.164.050 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWht) | -8.086.574 | -7.776.183 | -7.465.793 | -7.166.985 | -6.900.058 | -6.633.131 | -6.371.268 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 8.295.000 | 9.124.500 | 9.954.000 | 10.783.500 | 11.613.000 | 12.442.500 | 13.272.000 |

Πίνακας Α.92 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 481.481,38 | 529.629,52 | 577.777,66 | 625.925,80 | 674.073,94 | 722.222,07 | 770.370,21 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 651.250,61 | 626.253,39 | 601.256,18 | 577.191,71 | 555.694,81 | 534.197,91 | 513.108,84 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 519.331,14 | 486.267,16 | 453.037,71 | 419.642,79 | 385.585,98 | 351.529,18 | 317.306,91 |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 21.000,00 | 23.100,00 | 25.200,00 | 27.300,00 | 29.400,00 | 31.500,00 | 33.600,00 |
| | 31.500,00 | 34.650,00 | 37.800,00 | 40.950,00 | 44.100,00 | 47.250,00 | 50.400,00 |
| | 42.000,00 | 46.200,00 | 50.400,00 | 54.600,00 | 58.800,00 | 63.000,00 | 67.200,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | - | - | - |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.683.563,13 | 1.676.800,07 | 1.669.871,54 | 1.663.710,30 | 1.659.454,73 | 1.655.199,17 | 1.651.185,96 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 144.512,22 | 151.275,28 | 158.203,81 | 164.365,05 | 168.620,62 | 172.876,18 | 176.889,39 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 420.000,00 | 420.000,00 | 420.000,00 | 420.000,00 | 420.000,00 | 420.000,00 | 420.000,00 |
| | 615.000,00 | 615.000,00 | 615.000,00 | 615.000,00 | 615.000,00 | 615.000,00 | 615.000,00 |
| | 810.000,00 | 810.000,00 | 810.000,00 | 810.000,00 | 810.000,00 | 810.000,00 | 810.000,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | 13.000,00 | 31.000,00 | 50.000,00 | 70.000,00 | 94.000,00 | 118.000,00 | 143.000,00 |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 688.000,00 | 706.000,00 | 725.000,00 | 745.000,00 | 769.000,00 | 793.000,00 | 818.000,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 791.200,00 | 811.900,00 | 833.750,00 | 856.750,00 | 884.350,00 | 911.950,00 | 940.700,00 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 791.200,00 | 811.900,00 | 833.750,00 | 856.750,00 | 884.350,00 | 911.950,00 | 940.700,00 |

Πίνακας Α.93 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 5,47 | 5,37 | 5,27 | 5,21 | 5,24 | 5,28 | 5,32 |
| NPV(€) d=8% | 627.642,26 | 673.342,97 | 719.518,30 | 757.010,33 | 771.192,09 | 785.373,84 | 796.026,12 |
| NPV(€) d=5% | 1.009.741,66 | 1.073.324,33 | 1.137.819,13 | 1.191.601,88 | 1.217.035,61 | 1.242.469,35 | 1.263.732,80 |
| IRR | 17,5% | 17,9% | 18,3% | 18,5% | 18,4% | 18,3% | 18,1% |

Πίνακας Α.94 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 8.014.503 | 7.820.931 | 7.625.957 | 7.432.422 | 7.241.101 | 7.049.780 | 6.858.298 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 80.268 | 75.157 | 70.021 | 64.860 | 59.596 | 54.332 | 49.043 |
| CO (kg/έτος) | 1.374 | 1.325 | 1.276 | 1.227 | 1.178 | 1.129 | 1.079 |
| NO _x (kg/έτος) | 9.012 | 8.683 | 8.353 | 8.022 | 7.690 | 7.358 | 7.025 |
| HC (kg/έτος) | 366 | 352 | 338 | 324 | 310 | 296 | 281 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 4.276 | 4.016 | 3.754 | 3.491 | 3.222 | 2.954 | 2.685 |

Πίνακας Α.95 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CO ₂ (%) | 20,13 | 22,06 | 24,00 | 25,93 | 27,84 | 29,74 | 31,65 |
| SO ₂ (%) | 36,85 | 40,87 | 44,91 | 48,97 | 53,11 | 57,25 | 61,41 |
| CO (%) | 25,77 | 28,40 | 31,05 | 33,70 | 36,36 | 39,02 | 41,69 |
| NO _x (%) | 26,21 | 28,90 | 31,61 | 34,31 | 37,03 | 39,75 | 42,48 |
| HC (%) | 26,95 | 29,73 | 32,53 | 35,32 | 38,14 | 40,96 | 43,79 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 35,92 | 39,82 | 43,75 | 47,69 | 51,71 | 55,73 | 59,76 |

Πίνακας Α.96 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

A.7 Σενάριο 800 kW

| Μονάδα | CGC-0800GU-075-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 800 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 1223 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 2230 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 90,70% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 35,9 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 54,8 |

Πίνακας A.97 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 296.585,37 | -311.414,63 | 326.243,90 | -281.756,10 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 280.975,61 | -295.024,39 | 309.073,17 | -266.926,83 |
| Μάρτιος | 640.000 | 312.195,12 | -327.804,88 | 343.414,63 | -296.585,37 |
| Απρίλιος | 616.000 | 300.487,80 | -315.512,20 | 330.536,59 | -285.463,41 |
| Μάιος | 688.000 | 335.609,76 | -352.390,24 | 369.170,73 | -318.829,27 |
| Ιούνιος | 904.000 | 440.975,61 | -463.024,39 | 485.073,17 | -418.926,83 |
| Ιούλιος | 840.000 | 409.756,10 | -430.243,90 | 450.731,71 | -389.268,29 |
| Αύγουστος | 800.000 | 390.243,90 | -409.756,10 | 429.268,29 | -370.731,71 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 386.341,46 | -405.658,54 | 424.975,61 | -367.024,39 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 280.975,61 | -295.024,39 | 309.073,17 | -266.926,83 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 280.975,61 | -295.024,39 | 309.073,17 | -266.926,83 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 284.878,05 | -299.121,95 | 313.365,85 | -270.634,15 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 4.000.000,00 | -4.200.000,00 | 4.400.000,00 | -3.800.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.200.000,00 | Έλλειμμα | -3.800.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας A.98 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 355.902,44 | -252.097,56 | 385.560,98 | -222.439,02 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 337.170,73 | -238.829,27 | 365.268,29 | -210.731,71 |
| Μάρτιος | 640.000 | 374.634,15 | -265.365,85 | 405.853,66 | -234.146,34 |
| Απρίλιος | 616.000 | 360.585,37 | -255.414,63 | 390.634,15 | -225.365,85 |
| Μάιος | 688.000 | 402.731,71 | -285.268,29 | 436.292,68 | -251.707,32 |
| Ιούνιος | 904.000 | 529.170,73 | -374.829,27 | 573.268,29 | -330.731,71 |
| Ιούλιος | 840.000 | 491.707,32 | -348.292,68 | 532.682,93 | -307.317,07 |
| Αύγουστος | 800.000 | 468.292,68 | -331.707,32 | 507.317,07 | -292.682,93 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 463.609,76 | -328.390,24 | 502.243,90 | -289.756,10 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 337.170,73 | -238.829,27 | 365.268,29 | -210.731,71 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 337.170,73 | -238.829,27 | 365.268,29 | -210.731,71 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 341.853,66 | -242.146,34 | 370.341,46 | -213.658,54 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 4.800.000,00 | -3.400.000,00 | 5.200.000,00 | -3.000.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -3.400.000,00 | Έλλειμμα | -3.000.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.99 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 415.219,51 | -192.780,49 | 444.878,05 | -163.121,95 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 393.365,85 | -182.634,15 | 421.463,41 | -154.536,59 |
| Μάρτιος | 640.000 | 437.073,17 | -202.926,83 | 468.292,68 | -171.707,32 |
| Απρίλιος | 616.000 | 420.682,93 | -195.317,07 | 450.731,71 | -165.268,29 |
| Μάιος | 688.000 | 469.853,66 | -218.146,34 | 503.414,63 | -184.585,37 |
| Ιούνιος | 904.000 | 617.365,85 | -286.634,15 | 661.463,41 | -242.536,59 |
| Ιούλιος | 840.000 | 573.658,54 | -266.341,46 | 614.634,15 | -225.365,85 |
| Αύγουστος | 800.000 | 546.341,46 | -253.658,54 | 585.365,85 | -214.634,15 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 540.878,05 | -251.121,95 | 579.512,20 | -212.487,80 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 393.365,85 | -182.634,15 | 421.463,41 | -154.536,59 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 393.365,85 | -182.634,15 | 421.463,41 | -154.536,59 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 398.829,27 | -185.170,73 | 427.317,07 | -156.682,93 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 5.600.000,00 | -2.600.000,00 | 6.000.000,00 | -2.200.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -2.600.000,00 | Έλλειμμα | -2.200.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.100 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 474.536,59 | -133.463,41 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 449.560,98 | -126.439,02 |
| Μάρτιος | 640.000 | 499.512,20 | -140.487,80 |
| Απρίλιος | 616.000 | 480.780,49 | -135.219,51 |
| Μάιος | 688.000 | 536.975,61 | -151.024,39 |
| Ιούνιος | 904.000 | 705.560,98 | -198.439,02 |
| Ιούλιος | 840.000 | 655.609,76 | -184.390,24 |
| Αύγουστος | 800.000 | 624.390,24 | -175.609,76 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 618.146,34 | -173.853,66 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 449.560,98 | -126.439,02 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 449.560,98 | -126.439,02 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 455.804,88 | -128.195,12 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 6.400.000,00 | -1.800.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -1.800.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.101 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 453.404,88 | -1.404.167,92 | 498.745,37 | -1.358.827,43 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 429.541,46 | -1.261.148,94 | 472.495,61 | -1.218.194,79 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 477.268,29 | -1.161.977,31 | 524.995,12 | -1.114.250,48 |
| Απρίλιος | 922.791 | 459.370,73 | -463.420,47 | 505.307,80 | -417.483,40 |
| Μάιος | 599.034 | 513.063,41 | -85.970,19 | 564.369,76 | -34.663,84 |
| Ιούνιος | 460.393 | 674.141,46 | 213.748,66 | 741.555,61 | 281.162,81 |
| Ιούλιος | 418.571 | 626.414,63 | 207.843,43 | 689.056,10 | 270.484,90 |
| Αύγουστος | 418.800 | 596.585,37 | 177.785,37 | 656.243,90 | 237.443,90 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 590.619,51 | 37.177,11 | 649.681,46 | 96.239,06 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 429.541,46 | -413.395,34 | 472.495,61 | -370.441,19 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 429.541,46 | -1.162.257,74 | 472.495,61 | -1.119.303,59 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 435.507,32 | -1.057.456,68 | 479.058,05 | -1.013.905,95 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 6.115.000,00 | -6.373.240,00 | 6.726.500,00 | -5.761.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -7.009.794,58 | Έλλειμμα | -6.647.070,67 |
| | | Πλεόνασμα | 636.554,58 | Πλεόνασμα | 885.330,67 |

Πίνακας Α.102 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 544.085,85 | -1.313.486,95 | 589.426,34 | -1.268.146,46 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 515.449,76 | -1.175.240,64 | 558.403,90 | -1.132.286,50 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 572.721,95 | -1.066.523,65 | 620.448,78 | -1.018.796,82 |
| Απρίλιος | 922.791 | 551.244,88 | -371.546,32 | 597.181,95 | -325.609,25 |
| Μάιος | 599.034 | 615.676,10 | 16.642,50 | 666.982,44 | 67.948,84 |
| Ιούνιος | 460.393 | 808.969,76 | 348.576,96 | 876.383,90 | 415.991,10 |
| Ιούλιος | 418.571 | 751.697,56 | 333.126,36 | 814.339,02 | 395.767,82 |
| Αύγουστος | 418.800 | 715.902,44 | 297.102,44 | 775.560,98 | 356.760,98 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 708.743,41 | 155.301,01 | 767.805,37 | 214.362,97 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 515.449,76 | -327.487,04 | 558.403,90 | -284.532,90 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 515.449,76 | -1.076.349,44 | 558.403,90 | -1.033.395,30 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 522.608,78 | -970.355,22 | 566.159,51 | -926.804,49 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 7.338.000,00 | -5.150.240,00 | 7.949.500,00 | -4.538.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.300.989,27 | Έλλειμμα | -5.989.571,71 |
| | | Πλεόνασμα | 1.150.749,27 | Πλεόνασμα | 1.450.831,71 |

Πίνακας Α.103 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 634.766,83 | -1.222.805,97 | 680.107,32 | -1.177.465,48 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 601.358,05 | -1.089.332,35 | 644.312,20 | -1.046.378,20 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 668.175,61 | -971.069,99 | 715.902,44 | -923.343,16 |
| Απρίλιος | 922.791 | 643.119,02 | -279.672,18 | 689.056,10 | -233.735,10 |
| Μάιος | 599.034 | 718.288,78 | 119.255,18 | 769.595,12 | 170.561,52 |
| Ιούνιος | 460.393 | 943.798,05 | 483.405,25 | 1.011.212,20 | 550.819,40 |
| Ιούλιος | 418.571 | 876.980,49 | 458.409,29 | 939.621,95 | 521.050,75 |
| Αύγουστος | 418.800 | 835.219,51 | 416.419,51 | 894.878,05 | 476.078,05 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 826.867,32 | 273.424,92 | 885.929,27 | 332.486,87 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 601.358,05 | -241.578,75 | 644.312,20 | -198.624,60 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 601.358,05 | -990.441,15 | 644.312,20 | -947.487,00 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 609.710,24 | -883.253,76 | 653.260,98 | -839.703,02 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 8.561.000,00 | -3.927.240,00 | 9.172.500,00 | -3.315.740,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.678.154,15 | Έλλειμμα | -5.366.736,59 |
| | | Πλεόνασμα | 1.750.914,15 | Πλεόνασμα | 2.050.996,59 |

Πίνακας Α.104 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 725.447,80 | -1.132.125,00 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 687.266,34 | -1.003.424,06 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 763.629,27 | -875.616,33 |
| Απρίλιος | 922.791 | 734.993,17 | -187.798,03 |
| Μάιος | 599.034 | 820.901,46 | 221.867,86 |
| Ιούνιος | 460.393 | 1.078.626,34 | 618.233,54 |
| Ιούλιος | 418.571 | 1.002.263,41 | 583.692,21 |
| Αύγουστος | 418.800 | 954.536,59 | 535.736,59 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 944.991,22 | 391.548,82 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 687.266,34 | -155.670,46 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 687.266,34 | -904.532,86 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 696.811,71 | -796.152,29 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 9.784.000,00 | -2.704.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.055.319,02 |
| | | Πλεόνασμα | 2.351.079,02 |

Πίνακας Α.105 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 4.000.000,00 | 4.400.000,00 | 4.800.000,00 | 5.200.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -4.200.000,00 | -3.800.000,00 | -3.400.000,00 | -3.000.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 6.115.000,00 | 6.726.500,00 | 7.338.000,00 | 7.949.500,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -7.009.794,58 | -6.647.070,67 | -6.300.989,27 | -5.989.571,71 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 636.554,58 | 885.330,67 | 1.150.749,27 | 1.450.831,71 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 11.150.000,00 | 12.265.000,00 | 13.380.000,00 | 14.495.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 5.678.341,46 | 6.246.175,61 | 6.814.009,76 | 7.381.843,90 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 5.471.658,54 | 6.018.824,39 | 6.565.990,24 | 7.113.156,10 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 85,01% | 83,50% | 82,12% | 80,71% |

Πίνακας Α.106 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 5.600.000,00 | 6.000.000,00 | 6.400.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -2.600.000,00 | -2.200.000,00 | -1.800.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 8.561.000,00 | 9.172.500,00 | 9.784.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -5.678.154,15 | -5.366.736,59 | -5.055.319,02 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 1.750.914,15 | 2.050.996,59 | 2.351.079,02 |
| | | | | |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 15.610.000,00 | 16.725.000,00 | 17.840.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 7.949.678,05 | 8.517.512,20 | 9.085.346,34 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 7.660.321,95 | 8.207.487,80 | 8.754.653,66 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 79,50% | 78,45% | 77,54% |

Πίνακας Α.107 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | 297 | 413 | 537 | 677 | 817 | 957 | 1.097 |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | 84 | 118 | 153 | 193 | 232 | 272 | 312 |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | 84 | 117 | 152 | 192 | 232 | 272 | 312 |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 138.600 | 193.050 | 250.800 | 316.800 | 382.800 | 448.800 | 514.800 |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.061.400 | 8.006.950 | 7.949.200 | 7.883.200 | 7.817.200 | 7.751.200 | 7.685.200 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 4.061.400 | 3.606.950 | 3.149.200 | 2.683.200 | 2.217.200 | 1.751.200 | 1.285.200 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWth) | -7.009.795 | -6.647.071 | -6.300.989 | -5.989.572 | -5.678.154 | -5.366.737 | -5.055.319 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 11.150.000 | 12.265.000 | 13.380.000 | 14.495.000 | 15.610.000 | 16.725.000 | 17.840.000 |

Πίνακας Α.108 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 647.199,21 | 711.919,13 | 776.639,05 | 841.358,97 | 906.078,89 | 970.798,81 | 1.035.518,73 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 564.532,43 | 535.320,53 | 507.448,93 | 482.368,98 | 457.289,03 | 432.209,07 | 407.129,12 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 407.297,70 | 361.723,16 | 315.817,68 | 269.084,84 | 222.352,01 | 175.619,18 | 128.886,34 |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 28.000,00 | 30.800,00 | 33.600,00 | 36.400,00 | 39.200,00 | 42.000,00 | 44.800,00 |
| | 42.000,00 | 46.200,00 | 50.400,00 | 54.600,00 | 58.800,00 | 63.000,00 | 67.200,00 |
| | 56.000,00 | 61.600,00 | 67.200,00 | 72.800,00 | 78.400,00 | 84.000,00 | 89.600,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | - | - | - |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.661.029,33 | 1.655.162,81 | 1.650.305,65 | 1.647.412,79 | 1.644.519,93 | 1.641.627,06 | 1.638.734,20 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 167.046,02 | 172.912,54 | 177.769,70 | 180.662,56 | 183.555,42 | 186.448,29 | 189.341,15 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 560.000,00 | 560.000,00 | 560.000,00 | 560.000,00 | 560.000,00 | 560.000,00 | 560.000,00 |
| | 820.000,00 | 820.000,00 | 820.000,00 | 820.000,00 | 820.000,00 | 820.000,00 | 820.000,00 |
| | 1.080.000,00 | 1.080.000,00 | 1.080.000,00 | 1.080.000,00 | 1.080.000,00 | 1.080.000,00 | 1.080.000,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | 84.000,00 | 117.000,00 | 152.000,00 | 192.000,00 | 232.000,00 | 272.000,00 | 312.000,00 |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 964.000,00 | 997.000,00 | 1.032.000,00 | 1.072.000,00 | 1.112.000,00 | 1.152.000,00 | 1.192.000,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 647.199,21 | 711.919,13 | 776.639,05 | 841.358,97 | 906.078,89 | 970.798,81 | 1.035.518,73 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 647.199,21 | 711.919,13 | 776.639,05 | 841.358,97 | 906.078,89 | 970.798,81 | 1.035.518,73 |

Πίνακας Α.109 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 6,64 | 6,63 | 6,68 | 6,82 | 6,97 | 7,11 | 7,24 |
| NPV(€) d=8% | 531.482,45 | 551.130,79 | 558.569,08 | 540.971,65 | 523.374,22 | 505.776,78 | 488.179,35 |
| NPV(€) d=5% | 973.162,64 | 1.008.322,42 | 1.028.603,35 | 1.018.654,83 | 1.008.706,31 | 998.757,79 | 988.809,27 |
| IRR | 14,0% | 14,0% | 13,9% | 13,5% | 13,1% | 12,8% | 12,5% |

Πίνακας Α.110 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 7.361.162 | 7.104.758 | 6.849.632 | 6.595.999 | 6.342.367 | 6.088.735 | 5.835.102 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 62.952 | 55.908 | 48.813 | 41.590 | 34.367 | 27.144 | 19.921 |
| CO (kg/έτος) | 1.209 | 1.143 | 1.077 | 1.011 | 944 | 878 | 811 |
| NO _x (kg/έτος) | 7.900 | 7.456 | 7.010 | 6.561 | 6.112 | 5.663 | 5.214 |
| HC (kg/έτος) | 319 | 300 | 281 | 262 | 243 | 223 | 204 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 3.393 | 3.035 | 2.673 | 2.306 | 1.938 | 1.571 | 1.203 |

Πίνακας Α.111 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CO ₂ (%) | 26,64 | 29,20 | 31,74 | 34,27 | 36,79 | 39,32 | 41,85 |
| SO ₂ (%) | 50,47 | 56,01 | 61,60 | 67,28 | 72,96 | 78,64 | 84,33 |
| CO (%) | 34,67 | 38,24 | 41,80 | 45,40 | 48,99 | 52,58 | 56,17 |
| NO _x (%) | 35,31 | 38,95 | 42,60 | 46,28 | 49,95 | 53,63 | 57,30 |
| HC (%) | 36,36 | 40,13 | 43,91 | 47,73 | 51,54 | 55,35 | 59,17 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 49,15 | 54,53 | 59,94 | 65,45 | 70,96 | 76,46 | 81,97 |

Πίνακας Α.112 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

A.8 Σενάριο 895 kW

| Μονάδα | CGC-0895GU-080-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 895 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 1246 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 2540 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 84,30% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 35,2 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 49,1 |

Πίνακας A.113 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαραγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 331.804,88 | -276.195,12 | 364.985,37 | -243.014,63 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 314.341,46 | -261.658,54 | 345.775,61 | -230.224,39 |
| Μάρτιος | 640.000 | 349.268,29 | -290.731,71 | 384.195,12 | -255.804,88 |
| Απρίλιος | 616.000 | 336.170,73 | -279.829,27 | 369.787,80 | -246.212,20 |
| Μάιος | 688.000 | 375.463,41 | -312.536,59 | 413.009,76 | -274.990,24 |
| Ιούνιος | 904.000 | 493.341,46 | -410.658,54 | 542.675,61 | -361.324,39 |
| Ιούλιος | 840.000 | 458.414,63 | -381.585,37 | 504.256,10 | -335.743,90 |
| Αύγουστος | 800.000 | 436.585,37 | -363.414,63 | 480.243,90 | -319.756,10 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 432.219,51 | -359.780,49 | 475.441,46 | -316.558,54 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 314.341,46 | -261.658,54 | 345.775,61 | -230.224,39 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 314.341,46 | -261.658,54 | 345.775,61 | -230.224,39 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 318.707,32 | -265.292,68 | 350.578,05 | -233.421,95 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 4.475.000,00 | -3.725.000,00 | 4.922.500,00 | -3.277.500,00 |
| | | Έλλειμμα | -3.725.000,00 | Έλλειμμα | -3.277.500,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας A.114 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 398.165,85 | -209.834,15 | 431.346,34 | -176.653,66 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 377.209,76 | -198.790,24 | 408.643,90 | -167.356,10 |
| Μάρτιος | 640.000 | 419.121,95 | -220.878,05 | 454.048,78 | -185.951,22 |
| Απρίλιος | 616.000 | 403.404,88 | -212.595,12 | 437.021,95 | -178.978,05 |
| Μάιος | 688.000 | 450.556,10 | -237.443,90 | 488.102,44 | -199.897,56 |
| Ιούνιος | 904.000 | 592.009,76 | -311.990,24 | 641.343,90 | -262.656,10 |
| Ιούλιος | 840.000 | 550.097,56 | -289.902,44 | 595.939,02 | -244.060,98 |
| Αύγουστος | 800.000 | 523.902,44 | -276.097,56 | 567.560,98 | -232.439,02 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 518.663,41 | -273.336,59 | 561.885,37 | -230.114,63 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 377.209,76 | -198.790,24 | 408.643,90 | -167.356,10 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 377.209,76 | -198.790,24 | 408.643,90 | -167.356,10 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 382.448,78 | -201.551,22 | 414.319,51 | -169.680,49 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 5.370.000,00 | -2.830.000,00 | 5.817.500,00 | -2.382.500,00 |
| | | Έλλειμμα | -2.830.000,00 | Έλλειμμα | -2.382.500,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.115 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 464.526,83 | -143.473,17 | 497.707,32 | -110.292,68 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 440.078,05 | -135.921,95 | 471.512,20 | -104.487,80 |
| Μάρτιος | 640.000 | 488.975,61 | -151.024,39 | 523.902,44 | -116.097,56 |
| Απρίλιος | 616.000 | 470.639,02 | -145.360,98 | 504.256,10 | -111.743,90 |
| Μάιος | 688.000 | 525.648,78 | -162.351,22 | 563.195,12 | -124.804,88 |
| Ιούνιος | 904.000 | 690.678,05 | -213.321,95 | 740.012,20 | -163.987,80 |
| Ιούλιος | 840.000 | 641.780,49 | -198.219,51 | 687.621,95 | -152.378,05 |
| Αύγουστος | 800.000 | 611.219,51 | -188.780,49 | 654.878,05 | -145.121,95 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 605.107,32 | -186.892,68 | 648.329,27 | -143.670,73 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 440.078,05 | -135.921,95 | 471.512,20 | -104.487,80 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 440.078,05 | -135.921,95 | 471.512,20 | -104.487,80 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 446.190,24 | -137.809,76 | 478.060,98 | -105.939,02 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 6.265.000,00 | -1.935.000,00 | 6.712.500,00 | -1.487.500,00 |
| | | Έλλειμμα | -1.935.000,00 | Έλλειμμα | -1.487.500,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.116 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 530.887,80 | -77.112,20 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 502.946,34 | -73.053,66 |
| Μάρτιος | 640.000 | 558.829,27 | -81.170,73 |
| Απρίλιος | 616.000 | 537.873,17 | -78.126,83 |
| Μάιος | 688.000 | 600.741,46 | -87.258,54 |
| Ιούνιος | 904.000 | 789.346,34 | -114.653,66 |
| Ιούλιος | 840.000 | 733.463,41 | -106.536,59 |
| Αύγουστος | 800.000 | 698.536,59 | -101.463,41 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 691.551,22 | -100.448,78 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 502.946,34 | -73.053,66 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 502.946,34 | -73.053,66 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 509.931,71 | -74.068,29 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 7.160.000,00 | -1.040.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -1.040.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.117 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 461.931,71 | -1.395.641,09 | 508.124,88 | -1.349.447,92 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 437.619,51 | -1.253.070,89 | 481.381,46 | -1.209.308,94 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 486.243,90 | -1.153.001,70 | 534.868,29 | -1.104.377,31 |
| Απρίλιος | 922.791 | 468.009,76 | -454.781,44 | 514.810,73 | -407.980,47 |
| Μάιος | 599.034 | 522.712,20 | -76.321,40 | 574.983,41 | -24.050,19 |
| Ιούνιος | 460.393 | 686.819,51 | 226.426,71 | 755.501,46 | 295.108,66 |
| Ιούλιος | 418.571 | 638.195,12 | 219.623,92 | 702.014,63 | 283.443,43 |
| Αύγουστος | 418.800 | 607.804,88 | 189.004,88 | 668.585,37 | 249.785,37 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 601.726,83 | 48.284,43 | 661.899,51 | 108.457,11 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 437.619,51 | -405.317,29 | 481.381,46 | -361.555,34 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 437.619,51 | -1.154.179,69 | 481.381,46 | -1.110.417,74 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 443.697,56 | -1.049.266,44 | 488.067,32 | -1.004.896,68 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 6.230.000,00 | -6.258.240,00 | 6.853.000,00 | -5.635.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.941.579,94 | Έλλειμμα | -6.572.034,58 |
| | | Πλεόνασμα | 683.339,94 | Πλεόνασμα | 936.794,58 |

Πίνακας Α.118 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 554.318,05 | -1.303.254,75 | 600.511,22 | -1.257.061,58 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 525.143,41 | -1.165.546,99 | 568.905,37 | -1.121.785,03 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 583.492,68 | -1.055.752,92 | 632.117,07 | -1.007.128,53 |
| Απρίλιος | 922.791 | 561.611,71 | -361.179,49 | 608.412,68 | -314.378,52 |
| Μάιος | 599.034 | 627.254,63 | 28.221,03 | 679.525,85 | 80.492,25 |
| Ιούνιος | 460.393 | 824.183,41 | 363.790,61 | 892.865,37 | 432.472,57 |
| Ιούλιος | 418.571 | 765.834,15 | 347.262,95 | 829.653,66 | 411.082,46 |
| Αύγουστος | 418.800 | 729.365,85 | 310.565,85 | 790.146,34 | 371.346,34 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 722.072,20 | 168.629,80 | 782.244,88 | 228.802,48 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 525.143,41 | -317.793,39 | 568.905,37 | -274.031,43 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 525.143,41 | -1.066.655,79 | 568.905,37 | -1.022.893,83 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 532.437,07 | -960.526,93 | 576.806,83 | -916.157,17 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 7.476.000,00 | -5.012.240,00 | 8.099.000,00 | -4.389.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.230.710,24 | Έλλειμμα | -5.913.436,10 |
| | | Πλεόνασμα | 1.218.470,24 | Πλεόνασμα | 1.524.196,10 |

Πίνακας Α.119 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 646.704,39 | -1.210.868,41 | 692.897,56 | -1.164.675,24 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 612.667,32 | -1.078.023,08 | 656.429,27 | -1.034.261,13 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 680.741,46 | -958.504,14 | 729.365,85 | -909.879,75 |
| Απρίλιος | 922.791 | 655.213,66 | -267.577,54 | 702.014,63 | -220.776,57 |
| Μάιος | 599.034 | 731.797,07 | 132.763,47 | 784.068,29 | 185.034,69 |
| Ιούνιος | 460.393 | 961.547,32 | 501.154,52 | 1.030.229,27 | 569.836,47 |
| Ιούλιος | 418.571 | 893.473,17 | 474.901,97 | 957.292,68 | 538.721,48 |
| Αύγουστος | 418.800 | 850.926,83 | 432.126,83 | 911.707,32 | 492.907,32 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 842.417,56 | 288.975,16 | 902.590,24 | 349.147,84 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 612.667,32 | -230.269,48 | 656.429,27 | -186.507,53 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 612.667,32 | -979.131,88 | 656.429,27 | -935.369,93 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 621.176,59 | -871.787,41 | 665.546,34 | -827.417,66 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 8.722.000,00 | -3.766.240,00 | 9.345.000,00 | -3.143.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.596.161,95 | Έλλειμμα | -5.278.887,80 |
| | | Πλεόνασμα | 1.829.921,95 | Πλεόνασμα | 2.135.647,80 |

Πίνακας Α.120 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 739.090,73 | -1.118.482,07 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 700.191,22 | -990.499,18 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 777.990,24 | -861.255,36 |
| Απρίλιος | 922.791 | 748.815,61 | -173.975,59 |
| Μάιος | 599.034 | 836.339,51 | 237.305,91 |
| Ιούνιος | 460.393 | 1.098.911,22 | 638.518,42 |
| Ιούλιος | 418.571 | 1.021.112,20 | 602.541,00 |
| Αύγουστος | 418.800 | 972.487,80 | 553.687,80 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 962.762,93 | 409.320,53 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 700.191,22 | -142.745,58 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 700.191,22 | -891.607,98 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 709.916,10 | -783.047,90 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 9.968.000,00 | -2.520.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.961.613,66 |
| | | Πλεόνασμα | 2.441.373,66 |

Πίνακας Α.121 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 4.475.000,00 | 4.922.500,00 | 5.370.000,00 | 5.817.500,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -3.725.000,00 | -3.277.500,00 | -2.830.000,00 | -2.382.500,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 6.230.000,00 | 6.853.000,00 | 7.476.000,00 | 8.099.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -6.941.579,94 | -6.572.034,58 | -6.230.710,24 | -5.913.436,10 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 683.339,94 | 936.794,58 | 1.218.470,24 | 1.524.196,10 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 12.700.000,00 | 13.970.000,00 | 15.240.000,00 | 16.510.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 6.467.707,32 | 7.114.478,05 | 7.761.248,78 | 8.408.019,51 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 6.232.292,68 | 6.855.521,95 | 7.478.751,22 | 8.101.980,49 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 78,91% | 77,59% | 76,30% | 75,06% |

Πίνακας Α.122 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 6.265.000,00 | 6.712.500,00 | 7.160.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -1.935.000,00 | -1.487.500,00 | -1.040.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 8.722.000,00 | 9.345.000,00 | 9.968.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -5.596.161,95 | -5.278.887,80 | -4.961.613,66 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 1.829.921,95 | 2.135.647,80 | 2.441.373,66 |
| | | | | |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 17.780.000,00 | 19.050.000,00 | 20.320.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 9.054.790,24 | 9.701.560,98 | 10.348.331,71 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 8.725.209,76 | 9.348.439,02 | 9.971.668,29 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 74,00% | 73,08% | 72,28% |

Πίνακας Α.123 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | 319 | 437 | 569 | 711 | 854 | 997 | 1.139 |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | 91 | 124 | 162 | 202 | 243 | 283 | 324 |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | 90 | 124 | 161 | 202 | 242 | 283 | 320 |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 148.500 | 204.600 | 265.650 | 333.300 | 399.300 | 466.950 | 528.000 |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.051.500 | 7.995.400 | 7.934.350 | 7.866.700 | 7.800.700 | 7.733.050 | 7.672.000 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 3.576.500 | 3.072.900 | 2.564.350 | 2.049.200 | 1.535.700 | 1.020.550 | 512.000 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWht) | -6.941.580 | -6.572.035 | -6.230.710 | -5.913.436 | -5.596.162 | -5.278.888 | -4.961.614 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 12.700.000 | 13.970.000 | 15.240.000 | 16.510.000 | 17.780.000 | 19.050.000 | 20.320.000 |

Πίνακας Α.124 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 737.168,60 | 810.885,46 | 884.602,32 | 958.319,18 | 1.032.036,04 | 1.105.752,90 | 1.179.469,76 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 559.038,77 | 529.277,51 | 501.789,02 | 476.237,41 | 450.685,80 | 425.134,19 | 399.582,58 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 358.669,48 | 308.165,93 | 257.165,96 | 205.504,12 | 154.007,75 | 102.345,91 | 51.345,94 |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 31.325,00 | 34.457,50 | 37.590,00 | 40.722,50 | 43.855,00 | 46.987,50 | 50.120,00 |
| | 46.987,50 | 51.686,25 | 56.385,00 | 61.083,75 | 65.782,50 | 70.481,25 | 75.180,00 |
| | 62.650,00 | 68.915,00 | 75.180,00 | 81.445,00 | 87.710,00 | 93.975,00 | 100.240,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | - | - | - |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.701.864,35 | 1.700.015,15 | 1.699.942,31 | 1.701.144,47 | 1.702.512,09 | 1.703.714,25 | 1.705.578,29 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 126.211,00 | 128.060,20 | 128.133,04 | 126.930,88 | 125.563,26 | 124.361,10 | 122.497,06 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 626.500,00 | 626.500,00 | 626.500,00 | 626.500,00 | 626.500,00 | 626.500,00 | 626.500,00 |
| | 917.375,00 | 917.375,00 | 917.375,00 | 917.375,00 | 917.375,00 | 917.375,00 | 917.375,00 |
| | 1.208.250,00 | 1.208.250,00 | 1.208.250,00 | 1.208.250,00 | 1.208.250,00 | 1.208.250,00 | 1.208.250,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | 90.000,00 | 124.000,00 | 161.000,00 | 202.000,00 | 242.000,00 | 283.000,00 | 320.000,00 |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 1.067.375,00 | 1.101.375,00 | 1.138.375,00 | 1.179.375,00 | 1.219.375,00 | 1.260.375,00 | 1.297.375,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 1.227.481,25 | 1.266.581,25 | 1.309.131,25 | 1.356.281,25 | 1.402.281,25 | 1.449.431,25 | 1.491.981,25 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 1.227.481,25 | 1.266.581,25 | 1.309.131,25 | 1.356.281,25 | 1.402.281,25 | 1.449.431,25 | 1.491.981,25 |

Πίνακας Α.125 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 9,73 | 9,89 | 10,22 | 10,69 | 11,17 | 11,66 | 12,18 |
| NPV(€) d=8% | 11.676,91 | -9.267,33 | -51.102,19 | -110.055,14 | -169.482,70 | -228.435,65 | -289.287,05 |
| NPV(€) d=5% | 345.386,73 | 329.331,90 | 287.689,63 | 225.558,11 | 162.514,45 | 100.382,93 | 34.602,89 |
| IRR | 8,1% | 7,9% | 7,5% | 6,9% | 6,3% | 5,8% | 5,3% |

Πίνακας Α.126 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαράγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 7.236.539 | 6.967.111 | 6.700.400 | 6.433.981 | 6.168.965 | 5.902.546 | 5.641.737 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 55.436 | 47.630 | 39.747 | 31.763 | 23.803 | 15.819 | 7.936 |
| CO (kg/έτος) | 1.157 | 1.086 | 1.014 | 942 | 871 | 799 | 729 |
| NO _x (kg/έτος) | 7.541 | 7.060 | 6.578 | 6.092 | 5.609 | 5.123 | 4.646 |
| HC (kg/έτος) | 303 | 282 | 262 | 241 | 220 | 200 | 179 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 3.016 | 2.619 | 2.218 | 1.812 | 1.408 | 1.002 | 602 |

Πίνακας Α.127 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CO ₂ (%) | 27,88 | 30,57 | 33,23 | 35,88 | 38,52 | 41,18 | 43,78 |
| SO ₂ (%) | 56,38 | 62,53 | 68,73 | 75,01 | 81,27 | 87,55 | 93,76 |
| CO (%) | 37,49 | 41,34 | 45,19 | 49,07 | 52,93 | 56,81 | 60,63 |
| NO _x (%) | 38,25 | 42,19 | 46,14 | 50,12 | 54,08 | 58,05 | 61,96 |
| HC (%) | 39,50 | 43,60 | 47,70 | 51,83 | 55,95 | 60,09 | 64,15 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 54,80 | 60,75 | 66,76 | 72,84 | 78,90 | 84,98 | 90,98 |

Πίνακας Α.128 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

A.9 Σενάριο 1000 kW

| Μονάδα | CGC-1000CS-080-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 1000 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 1250 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 2600 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 86,50% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 38,5 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 48,1 |

Πίνακας A.129 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαραγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 370.731,71 | -237.268,29 | 407.804,88 | -200.195,12 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 351.219,51 | -224.780,49 | 386.341,46 | -189.658,54 |
| Μάρτιος | 640.000 | 390.243,90 | -249.756,10 | 429.268,29 | -210.731,71 |
| Απρίλιος | 616.000 | 375.609,76 | -240.390,24 | 413.170,73 | -202.829,27 |
| Μάιος | 688.000 | 419.512,20 | -268.487,80 | 461.463,41 | -226.536,59 |
| Ιούνιος | 904.000 | 551.219,51 | -352.780,49 | 606.341,46 | -297.658,54 |
| Ιούλιος | 840.000 | 512.195,12 | -327.804,88 | 563.414,63 | -276.585,37 |
| Αύγουστος | 800.000 | 487.804,88 | -312.195,12 | 536.585,37 | -263.414,63 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 482.926,83 | -309.073,17 | 531.219,51 | -260.780,49 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 351.219,51 | -224.780,49 | 386.341,46 | -189.658,54 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 351.219,51 | -224.780,49 | 386.341,46 | -189.658,54 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 356.097,56 | -227.902,44 | 391.707,32 | -192.292,68 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 5.000.000,00 | -3.200.000,00 | 5.500.000,00 | -2.700.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -3.200.000,00 | Έλλειμμα | -2.700.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας A.130 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 444.878,05 | -163.121,95 | 481.951,22 | -126.048,78 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 421.463,41 | -154.536,59 | 456.585,37 | -119.414,63 |
| Μάρτιος | 640.000 | 468.292,68 | -171.707,32 | 507.317,07 | -132.682,93 |
| Απρίλιος | 616.000 | 450.731,71 | -165.268,29 | 488.292,68 | -127.707,32 |
| Μάιος | 688.000 | 503.414,63 | -184.585,37 | 545.365,85 | -142.634,15 |
| Ιούνιος | 904.000 | 661.463,41 | -242.536,59 | 716.585,37 | -187.414,63 |
| Ιούλιος | 840.000 | 614.634,15 | -225.365,85 | 665.853,66 | -174.146,34 |
| Αύγουστος | 800.000 | 585.365,85 | -214.634,15 | 634.146,34 | -165.853,66 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 579.512,20 | -212.487,80 | 627.804,88 | -164.195,12 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 421.463,41 | -154.536,59 | 456.585,37 | -119.414,63 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 421.463,41 | -154.536,59 | 456.585,37 | -119.414,63 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 427.317,07 | -156.682,93 | 462.926,83 | -121.073,17 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 6.000.000,00 | -2.200.000,00 | 6.500.000,00 | -1.700.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -2.200.000,00 | Έλλειμμα | -1.700.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.131 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 519.024,39 | -88.975,61 | 556.097,56 | -51.902,44 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 491.707,32 | -84.292,68 | 526.829,27 | -49.170,73 |
| Μάρτιος | 640.000 | 546.341,46 | -93.658,54 | 585.365,85 | -54.634,15 |
| Απρίλιος | 616.000 | 525.853,66 | -90.146,34 | 563.414,63 | -52.585,37 |
| Μάιος | 688.000 | 587.317,07 | -100.682,93 | 629.268,29 | -58.731,71 |
| Ιούνιος | 904.000 | 771.707,32 | -132.292,68 | 826.829,27 | -77.170,73 |
| Ιούλιος | 840.000 | 717.073,17 | -122.926,83 | 768.292,68 | -71.707,32 |
| Αύγουστος | 800.000 | 682.926,83 | -117.073,17 | 731.707,32 | -68.292,68 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 676.097,56 | -115.902,44 | 724.390,24 | -67.609,76 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 491.707,32 | -84.292,68 | 526.829,27 | -49.170,73 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 491.707,32 | -84.292,68 | 526.829,27 | -49.170,73 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 498.536,59 | -85.463,41 | 534.146,34 | -49.853,66 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 7.000.000,00 | -1.200.000,00 | 7.500.000,00 | -700.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -1.200.000,00 | Έλλειμμα | -700.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.132 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 593.170,73 | -14.829,27 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 561.951,22 | -14.048,78 |
| Μάρτιος | 640.000 | 624.390,24 | -15.609,76 |
| Απρίλιος | 616.000 | 600.975,61 | -15.024,39 |
| Μάιος | 688.000 | 671.219,51 | -16.780,49 |
| Ιούνιος | 904.000 | 881.951,22 | -22.048,78 |
| Ιούλιος | 840.000 | 819.512,20 | -20.487,80 |
| Αύγουστος | 800.000 | 780.487,80 | -19.512,20 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 772.682,93 | -19.317,07 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 561.951,22 | -14.048,78 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 561.951,22 | -14.048,78 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 569.756,10 | -14.243,90 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 8.000.000,00 | -200.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -200.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.133 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 463.414,63 | -1.394.158,17 | 509.756,10 | -1.347.816,70 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 439.024,39 | -1.251.666,01 | 482.926,83 | -1.207.763,57 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 487.804,88 | -1.151.440,72 | 536.585,37 | -1.102.660,23 |
| Απρίλιος | 922.791 | 469.512,20 | -453.279,00 | 516.463,41 | -406.327,79 |
| Μάιος | 599.034 | 524.390,24 | -74.643,36 | 576.829,27 | -22.204,33 |
| Ιούνιος | 460.393 | 689.024,39 | 228.631,59 | 757.926,83 | 297.534,03 |
| Ιούλιος | 418.571 | 640.243,90 | 221.672,70 | 704.268,29 | 285.697,09 |
| Αύγουστος | 418.800 | 609.756,10 | 190.956,10 | 670.731,71 | 251.931,71 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 603.658,54 | 50.216,14 | 664.024,39 | 110.581,99 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 439.024,39 | -403.912,41 | 482.926,83 | -360.009,97 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 439.024,39 | -1.152.774,81 | 482.926,83 | -1.108.872,37 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 445.121,95 | -1.047.842,05 | 489.634,15 | -1.003.329,85 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 6.250.000,00 | -6.238.240,00 | 6.875.000,00 | -5.613.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.929.716,53 | Έλλειμμα | -6.558.984,82 |
| | | Πλεόνασμα | 691.476,53 | Πλεόνασμα | 945.744,82 |

Πίνακας Α.134 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 556.097,56 | -1.301.475,24 | 602.439,02 | -1.255.133,78 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 526.829,27 | -1.163.861,13 | 570.731,71 | -1.119.958,69 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 585.365,85 | -1.053.879,75 | 634.146,34 | -1.005.099,26 |
| Απρίλιος | 922.791 | 563.414,63 | -359.376,57 | 610.365,85 | -312.425,35 |
| Μάιος | 599.034 | 629.268,29 | 30.234,69 | 681.707,32 | 82.673,72 |
| Ιούνιος | 460.393 | 826.829,27 | 366.436,47 | 895.731,71 | 435.338,91 |
| Ιούλιος | 418.571 | 768.292,68 | 349.721,48 | 832.317,07 | 413.745,87 |
| Αύγουστος | 418.800 | 731.707,32 | 312.907,32 | 792.682,93 | 373.882,93 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 724.390,24 | 170.947,84 | 784.756,10 | 231.313,70 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 526.829,27 | -316.107,53 | 570.731,71 | -272.205,09 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 526.829,27 | -1.064.969,93 | 570.731,71 | -1.021.067,49 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 534.146,34 | -958.817,66 | 578.658,54 | -914.305,46 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 7.500.000,00 | -4.988.240,00 | 8.125.000,00 | -4.363.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.218.487,80 | Έλλειμμα | -5.900.195,12 |
| | | Πλεόνασμα | 1.230.247,80 | Πλεόνασμα | 1.536.955,12 |

Πίνακας Α.135 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 648.780,49 | -1.208.792,31 | 695.121,95 | -1.162.450,85 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 614.634,15 | -1.076.056,25 | 658.536,59 | -1.032.153,81 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 682.926,83 | -956.318,77 | 731.707,32 | -907.538,28 |
| Απρίλιος | 922.791 | 657.317,07 | -265.474,13 | 704.268,29 | -218.522,91 |
| Μάιος | 599.034 | 734.146,34 | 135.112,74 | 786.585,37 | 187.551,77 |
| Ιούνιος | 460.393 | 964.634,15 | 504.241,35 | 1.033.536,59 | 573.143,79 |
| Ιούλιος | 418.571 | 896.341,46 | 477.770,26 | 960.365,85 | 541.794,65 |
| Αύγουστος | 418.800 | 853.658,54 | 434.858,54 | 914.634,15 | 495.834,15 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 845.121,95 | 291.679,55 | 905.487,80 | 352.045,40 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 614.634,15 | -228.302,65 | 658.536,59 | -184.400,21 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 614.634,15 | -977.165,05 | 658.536,59 | -933.262,61 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 623.170,73 | -869.793,27 | 667.682,93 | -825.281,07 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 8.750.000,00 | -3.738.240,00 | 9.375.000,00 | -3.113.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.581.902,44 | Έλλειμμα | -5.263.609,76 |
| | | Πλεόνασμα | 1.843.662,44 | Πλεόνασμα | 2.150.369,76 |

Πίνακας Α.136 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 741.463,41 | -1.116.109,39 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 702.439,02 | -988.251,38 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 780.487,80 | -858.757,80 |
| Απρίλιος | 922.791 | 751.219,51 | -171.571,69 |
| Μάιος | 599.034 | 839.024,39 | 239.990,79 |
| Ιούνιος | 460.393 | 1.102.439,02 | 642.046,22 |
| Ιούλιος | 418.571 | 1.024.390,24 | 605.819,04 |
| Αύγουστος | 418.800 | 975.609,76 | 556.809,76 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 965.853,66 | 412.411,26 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 702.439,02 | -140.497,78 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 702.439,02 | -889.360,18 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 712.195,12 | -780.768,88 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 10.000.000,00 | -2.488.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.945.317,07 |
| | | Πλεόνασμα | 2.457.077,07 |

Πίνακας Α.137 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 5.000.000,00 | 5.500.000,00 | 6.000.000,00 | 6.500.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -3.200.000,00 | -2.700.000,00 | -2.200.000,00 | -1.700.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 6.250.000,00 | 6.875.000,00 | 7.500.000,00 | 8.125.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -6.929.716,53 | -6.558.984,82 | -6.218.487,80 | -5.900.195,12 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 691.476,53 | 945.744,82 | 1.230.247,80 | 1.536.955,12 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 13.000.000,00 | 14.300.000,00 | 15.600.000,00 | 16.900.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 6.620.487,80 | 7.282.536,59 | 7.944.585,37 | 8.606.634,15 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 6.379.512,20 | 7.017.463,41 | 7.655.414,63 | 8.293.365,85 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 81,22% | 79,92% | 78,65% | 77,44% |

Πίνακας Α.138 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 7.000.000,00 | 7.500.000,00 | 8.000.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -1.200.000,00 | -700.000,00 | -200.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 8.750.000,00 | 9.375.000,00 | 10.000.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -5.581.902,44 | -5.263.609,76 | -4.945.317,07 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 1.843.662,44 | 2.150.369,76 | 2.457.077,07 |
| | | | | |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 18.200.000,00 | 19.500.000,00 | 20.800.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 9.268.682,93 | 9.930.731,71 | 10.592.780,49 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 8.931.317,07 | 9.569.268,29 | 10.207.219,51 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 76,41% | 75,51% | 74,73% |

Πίνακας Α.139 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | 323 | 441 | 574 | 717 | 860 | 1.004 | 1.147 |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | 92 | 126 | 163 | 204 | 245 | 285 | 326 |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | 91 | 125 | 163 | 203 | 244 | 285 | 320 |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 150.150 | 206.250 | 268.950 | 334.950 | 402.600 | 470.250 | 528.000 |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 8.049.850 | 7.993.750 | 7.931.050 | 7.865.050 | 7.797.400 | 7.729.750 | 7.672.000 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 3.049.850 | 2.493.750 | 1.931.050 | 1.365.050 | 797.400 | 229.750 | -328.000 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWth) | -6.929.717 | -6.558.985 | -6.218.488 | -5.900.195 | -5.581.902 | -5.263.610 | -4.945.317 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 13.000.000 | 14.300.000 | 15.600.000 | 16.900.000 | 18.200.000 | 19.500.000 | 20.800.000 |

Πίνακας Α.140 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπαγωγής (€) | 754.582,03 | 830.040,24 | 905.498,44 | 980.956,64 | 1.056.414,85 | 1.131.873,05 | 1.207.331,25 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 558.083,36 | 528.226,55 | 500.804,69 | 475.171,05 | 449.537,41 | 423.903,78 | 398.270,14 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 305.854,36 | 250.085,84 | 193.655,44 | 136.894,11 | 79.967,30 | 23.040,49 | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 35.000,00 | 38.500,00 | 42.000,00 | 45.500,00 | 49.000,00 | 52.500,00 | 56.000,00 |
| | 52.500,00 | 57.750,00 | 63.000,00 | 68.250,00 | 73.500,00 | 78.750,00 | 84.000,00 |
| | 70.000,00 | 77.000,00 | 84.000,00 | 91.000,00 | 98.000,00 | 105.000,00 | 112.000,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | - | - | 55.589,48 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.671.019,75 | 1.666.102,63 | 1.662.958,58 | 1.661.271,80 | 1.659.419,56 | 1.657.567,32 | 1.634.011,92 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 157.055,60 | 161.972,72 | 165.116,77 | 166.803,55 | 168.655,79 | 170.508,03 | 194.063,43 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 700.000,00 | 700.000,00 | 700.000,00 | 700.000,00 | 700.000,00 | 700.000,00 | 700.000,00 |
| | 1.025.000,00 | 1.025.000,00 | 1.025.000,00 | 1.025.000,00 | 1.025.000,00 | 1.025.000,00 | 1.025.000,00 |
| | 1.350.000,00 | 1.350.000,00 | 1.350.000,00 | 1.350.000,00 | 1.350.000,00 | 1.350.000,00 | 1.350.000,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | 91.000,00 | 125.000,00 | 163.000,00 | 203.000,00 | 244.000,00 | 285.000,00 | 320.000,00 |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 1.176.000,00 | 1.210.000,00 | 1.248.000,00 | 1.288.000,00 | 1.329.000,00 | 1.370.000,00 | 1.405.000,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 1.352.400,00 | 1.391.500,00 | 1.435.200,00 | 1.481.200,00 | 1.528.350,00 | 1.575.500,00 | 1.615.750,00 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 1.352.400,00 | 1.391.500,00 | 1.435.200,00 | 1.481.200,00 | 1.528.350,00 | 1.575.500,00 | 1.615.750,00 |

Πίνακας Α.141 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπαγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 8,61 | 8,59 | 8,69 | 8,88 | 9,06 | 9,24 | 8,33 |
| NPV(€) d=8% | 189.595,06 | 198.772,05 | 185.940,83 | 156.501,81 | 127.537,41 | 98.573,00 | 289.593,41 |
| NPV(€) d=5% | 604.859,96 | 627.038,11 | 622.519,97 | 597.540,89 | 573.473,93 | 549.406,97 | 802.709,34 |
| IRR | 9,8% | 9,9% | 9,7% | 9,4% | 9,1% | 8,8% | 10,3% |

Πίνακας Α.142 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαράγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 6.844.868 | 6.536.413 | 6.229.768 | 5.925.766 | 5.620.361 | 5.314.957 | 5.296.767 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 47.273 | 38.653 | 29.931 | 21.158 | 12.360 | 3.561 | - |
| CO (kg/έτος) | 1.069 | 989 | 909 | 828 | 748 | 667 | 648 |
| NO _x (kg/έτος) | 6.952 | 6.412 | 5.870 | 5.328 | 4.784 | 4.240 | 4.101 |
| HC (kg/έτος) | 278 | 255 | 232 | 209 | 186 | 163 | 156 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 2.597 | 2.158 | 1.714 | 1.268 | 820 | 373 | 195 |

Πίνακας Α.143 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| CO ₂ (%) | 31,79 | 34,86 | 37,92 | 40,95 | 43,99 | 47,03 | 47,21 |
| SO ₂ (%) | 62,81 | 69,59 | 76,45 | 83,35 | 90,28 | 97,20 | 100,00 |
| CO (%) | 42,24 | 46,57 | 50,91 | 55,24 | 59,59 | 63,94 | 65,01 |
| NO _x (%) | 43,07 | 47,50 | 51,94 | 56,37 | 60,83 | 65,28 | 66,42 |
| HC (%) | 44,43 | 49,02 | 53,63 | 58,24 | 62,86 | 67,49 | 68,74 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 61,09 | 67,66 | 74,31 | 81,00 | 87,71 | 94,42 | 97,07 |

Πίνακας Α.144 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

A.10 Σενάριο 1160 kW

| Μονάδα | CGC-1160CS-080-NG-50 |
|----------------------------|----------------------|
| Ηλεκτρική Ισχύς (kWe) | 1160 |
| Θερμική Ισχύς (kWth) | 1442 |
| Ισχύς καυσίμου (kW) | 2974 |
| Ολικός Βαθμός Απόδοσης | 87,50% |
| Ηλεκτρικός Βαθμός Απόδοσης | 39 |
| Θερμικός Βαθμός Απόδοσης | 48,5 |

Πίνακας A.145 Βασικά χαρακτηριστικά συμπαραγωγής σεναρίου

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 430.048,78 | -177.951,22 | 473.053,66 | -134.946,34 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 407.414,63 | -168.585,37 | 448.156,10 | -127.843,90 |
| Μάρτιος | 640.000 | 452.682,93 | -187.317,07 | 497.951,22 | -142.048,78 |
| Απρίλιος | 616.000 | 435.707,32 | -180.292,68 | 479.278,05 | -136.721,95 |
| Μάιος | 688.000 | 486.634,15 | -201.365,85 | 535.297,56 | -152.702,44 |
| Ιούνιος | 904.000 | 639.414,63 | -264.585,37 | 703.356,10 | -200.643,90 |
| Ιούλιος | 840.000 | 594.146,34 | -245.853,66 | 653.560,98 | -186.439,02 |
| Αύγουστος | 800.000 | 565.853,66 | -234.146,34 | 622.439,02 | -177.560,98 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 560.195,12 | -231.804,88 | 616.214,63 | -175.785,37 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 407.414,63 | -168.585,37 | 448.156,10 | -127.843,90 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 407.414,63 | -168.585,37 | 448.156,10 | -127.843,90 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 413.073,17 | -170.926,83 | 454.380,49 | -129.619,51 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 5.800.000,00 | -2.400.000,00 | 6.380.000,00 | -1.820.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -2.400.000,00 | Έλλειμμα | -1.820.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας A.146 Παραγωγή ηλεκτρισμού (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 516.058,54 | -91.941,46 | 559.063,41 | -48.936,59 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 488.897,56 | -87.102,44 | 529.639,02 | -46.360,98 |
| Μάρτιος | 640.000 | 543.219,51 | -96.780,49 | 588.487,80 | -51.512,20 |
| Απρίλιος | 616.000 | 522.848,78 | -93.151,22 | 566.419,51 | -49.580,49 |
| Μάιος | 688.000 | 583.960,98 | -104.039,02 | 632.624,39 | -55.375,61 |
| Ιούνιος | 904.000 | 767.297,56 | -136.702,44 | 831.239,02 | -72.760,98 |
| Ιούλιος | 840.000 | 712.975,61 | -127.024,39 | 772.390,24 | -67.609,76 |
| Αύγουστος | 800.000 | 679.024,39 | -120.975,61 | 735.609,76 | -64.390,24 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 672.234,15 | -119.765,85 | 728.253,66 | -63.746,34 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 488.897,56 | -87.102,44 | 529.639,02 | -46.360,98 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 488.897,56 | -87.102,44 | 529.639,02 | -46.360,98 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 495.687,80 | -88.312,20 | 536.995,12 | -47.004,88 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 6.960.000,00 | -1.240.000,00 | 7.540.000,00 | -660.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -1.240.000,00 | Έλλειμμα | -660.000,00 |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | |

Πίνακας Α.147 Παραγωγή ηλεκτρισμού (2)

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 602.068,29 | -5.931,71 | 645.073,17 | 37.073,17 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 570.380,49 | -5.619,51 | 611.121,95 | 35.121,95 |
| Μάρτιος | 640.000 | 633.756,10 | -6.243,90 | 679.024,39 | 39.024,39 |
| Απρίλιος | 616.000 | 609.990,24 | -6.009,76 | 653.560,98 | 37.560,98 |
| Μάιος | 688.000 | 681.287,80 | -6.712,20 | 729.951,22 | 41.951,22 |
| Ιούνιος | 904.000 | 895.180,49 | -8.819,51 | 959.121,95 | 55.121,95 |
| Ιούλιος | 840.000 | 831.804,88 | -8.195,12 | 891.219,51 | 51.219,51 |
| Αύγουστος | 800.000 | 792.195,12 | -7.804,88 | 848.780,49 | 48.780,49 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 784.273,17 | -7.726,83 | 840.292,68 | 48.292,68 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 570.380,49 | -5.619,51 | 611.121,95 | 35.121,95 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 570.380,49 | -5.619,51 | 611.121,95 | 35.121,95 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 578.302,44 | -5.697,56 | 619.609,76 | 35.609,76 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 8.120.000,00 | -80.000,00 | 8.700.000,00 | 500.000,00 |
| | | Έλλειμμα | -80.000,00 | Έλλειμμα | |
| | | Πλεόνασμα | | Πλεόνασμα | 500.000,00 |

Πίνακας Α.148 Παραγωγή ηλεκτρισμού (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ | Καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια(kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 608.000 | 688.078,05 | 80.078,05 |
| Φεβρουάριος | 576.000 | 651.863,41 | 75.863,41 |
| Μάρτιος | 640.000 | 724.292,68 | 84.292,68 |
| Απρίλιος | 616.000 | 697.131,71 | 81.131,71 |
| Μάιος | 688.000 | 778.614,63 | 90.614,63 |
| Ιούνιος | 904.000 | 1.023.063,41 | 119.063,41 |
| Ιούλιος | 840.000 | 950.634,15 | 110.634,15 |
| Αύγουστος | 800.000 | 905.365,85 | 105.365,85 |
| Σεπτέμβριος | 792.000 | 896.312,20 | 104.312,20 |
| Οκτώβριος | 576.000 | 651.863,41 | 75.863,41 |
| Νοέμβριος | 576.000 | 651.863,41 | 75.863,41 |
| Δεκέμβριος | 584.000 | 660.917,07 | 76.917,07 |
| Σύνολο | 8.200.000 | 9.280.000,00 | 1.080.000,00 |
| | | Έλλειμμα | |
| | | Πλεόνασμα | 1.080.000,00 |

Πίνακας Α.149 Παραγωγή ηλεκτρισμού (4)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | 5000 ώρες | | 5500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 534.595,12 | -1.322.977,68 | 588.054,63 | -1.269.518,17 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 506.458,54 | -1.184.231,86 | 557.104,39 | -1.133.586,01 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 562.731,71 | -1.076.513,89 | 619.004,88 | -1.020.240,72 |
| Απρίλιος | 922.791 | 541.629,27 | -381.161,93 | 595.792,20 | -326.999,00 |
| Μάιος | 599.034 | 604.936,59 | 5.902,99 | 665.430,24 | 66.396,64 |
| Ιούνιος | 460.393 | 794.858,54 | 334.465,74 | 874.344,39 | 413.951,59 |
| Ιούλιος | 418.571 | 738.585,37 | 320.014,17 | 812.443,90 | 393.872,70 |
| Αύγουστος | 418.800 | 703.414,63 | 284.614,63 | 773.756,10 | 354.956,10 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 696.380,49 | 142.938,09 | 766.018,54 | 212.576,14 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 506.458,54 | -336.478,26 | 557.104,39 | -285.832,41 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 506.458,54 | -1.085.340,66 | 557.104,39 | -1.034.694,81 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 513.492,68 | -979.471,32 | 564.841,95 | -928.122,05 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 7.210.000,00 | -5.278.240,00 | 7.931.000,00 | -4.557.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -6.366.175,61 | Έλλειμμα | -5.998.993,17 |
| | | Πλεόνασμα | 1.087.935,61 | Πλεόνασμα | 1.441.753,17 |

Πίνακας Α.150 Παραγωγή θερμότητας (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 6000 ώρες | | 6500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 641.514,15 | -1.216.058,65 | 694.973,66 | -1.162.599,14 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 607.750,24 | -1.082.940,16 | 658.396,10 | -1.032.294,30 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 675.278,05 | -963.967,55 | 731.551,22 | -907.694,38 |
| Απρίλιος | 922.791 | 649.955,12 | -272.836,08 | 704.118,05 | -218.673,15 |
| Μάιος | 599.034 | 725.923,90 | 126.890,30 | 786.417,56 | 187.383,96 |
| Ιούνιος | 460.393 | 953.830,24 | 493.437,44 | 1.033.316,10 | 572.923,30 |
| Ιούλιος | 418.571 | 886.302,44 | 467.731,24 | 960.160,98 | 541.589,78 |
| Αύγουστος | 418.800 | 844.097,56 | 425.297,56 | 914.439,02 | 495.639,02 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 835.656,59 | 282.214,19 | 905.294,63 | 351.852,23 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 607.750,24 | -235.186,56 | 658.396,10 | -184.540,70 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 607.750,24 | -984.048,96 | 658.396,10 | -933.403,10 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 616.191,22 | -876.772,78 | 667.540,49 | -825.423,51 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 8.652.000,00 | -3.836.240,00 | 9.373.000,00 | -3.115.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -5.631.810,73 | Έλλειμμα | -5.264.628,29 |
| | | Πλεόνασμα | 1.795.570,73 | Πλεόνασμα | 2.149.388,29 |

Πίνακας Α.151 Παραγωγή θερμότητας (2)

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) | Παραγωγή(kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| | | 7000 ώρες | | 7500 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 748.433,17 | -1.109.139,63 | 801.892,68 | -1.055.680,12 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 709.041,95 | -981.648,45 | 759.687,80 | -931.002,60 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 787.824,39 | -851.421,21 | 844.097,56 | -795.148,04 |
| Απρίλιος | 922.791 | 758.280,98 | -164.510,22 | 812.443,90 | -110.347,30 |
| Μάιος | 599.034 | 846.911,22 | 247.877,62 | 907.404,88 | 308.371,28 |
| Ιούνιος | 460.393 | 1.112.801,95 | 652.409,15 | 1.192.287,80 | 731.895,00 |
| Ιούλιος | 418.571 | 1.034.019,51 | 615.448,31 | 1.107.878,05 | 689.306,85 |
| Αύγουστος | 418.800 | 984.780,49 | 565.980,49 | 1.055.121,95 | 636.321,95 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 974.932,68 | 421.490,28 | 1.044.570,73 | 491.128,33 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 709.041,95 | -133.894,85 | 759.687,80 | -83.249,00 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 709.041,95 | -882.757,25 | 759.687,80 | -832.111,40 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 718.889,76 | -774.074,24 | 770.239,02 | -722.724,98 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 10.094.000,00 | -2.394.240,00 | 10.815.000,00 | -1.673.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.897.445,85 | Έλλειμμα | -4.530.263,41 |
| | | Πλεόνασμα | 2.503.205,85 | Πλεόνασμα | 2.857.023,41 |

Πίνακας Α.152 Παραγωγή θερμότητας (3)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ | Καταναλωθείσα ωφέλιμη θερμική ενέργεια (kWh) | Παραγωγή (kWh) | Έλλειμμα ή Πλεόνασμα(kWh) |
|---------------|--|----------------------|---------------------------|
| | | 8000 ώρες | |
| Ιανουάριος | 1.857.573 | 855.352,20 | -1.002.220,60 |
| Φεβρουάριος | 1.690.690 | 810.333,66 | -880.356,74 |
| Μάρτιος | 1.639.246 | 900.370,73 | -738.874,87 |
| Απρίλιος | 922.791 | 866.606,83 | -56.184,37 |
| Μάιος | 599.034 | 967.898,54 | 368.864,94 |
| Ιούνιος | 460.393 | 1.271.773,66 | 811.380,86 |
| Ιούλιος | 418.571 | 1.181.736,59 | 763.165,39 |
| Αύγουστος | 418.800 | 1.125.463,41 | 706.663,41 |
| Σεπτέμβριος | 553.442 | 1.114.208,78 | 560.766,38 |
| Οκτώβριος | 842.937 | 810.333,66 | -32.603,14 |
| Νοέμβριος | 1.591.799 | 810.333,66 | -781.465,54 |
| Δεκέμβριος | 1.492.964 | 821.588,29 | -671.375,71 |
| Σύνολο | 12.488.240 | 11.536.000,00 | -952.240,00 |
| | | Έλλειμμα | -4.163.080,98 |
| | | Πλεόνασμα | 3.210.840,98 |

Πίνακας Α.153 Παραγωγή θερμότητας (4)

| | Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 5.800.000,00 | 6.380.000,00 | 6.960.000,00 | 7.540.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -2.400.000,00 | -1.820.000,00 | -1.240.000,00 | -660.000,00 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | - | - | - |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 7.210.000,00 | 7.931.000,00 | 8.652.000,00 | 9.373.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -6.366.175,61 | -5.998.993,17 | -5.631.810,73 | -5.264.628,29 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 1.087.935,61 | 1.441.753,17 | 1.795.570,73 | 2.149.388,29 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά | 14.870.000,00 | 16.357.000,00 | 17.844.000,00 | 19.331.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 7.572.819,51 | 8.330.101,46 | 9.087.383,41 | 9.844.665,37 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 7.297.180,49 | 8.026.898,54 | 8.756.616,59 | 9.486.334,63 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 80,18% | 78,68% | 77,43% | 76,37% |

Πίνακας Α.154 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (1)

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| | Ώρες λειτουργίας | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 8.120.000,00 | 8.700.000,00 | 9.280.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -80.000,00 | - | - |
| | Πλεόνασμα (kWh) | - | 500.000,00 | 1.080.000,00 |
| ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Παραγωγή (kWh) | 10.094.000,00 | 10.815.000,00 | 11.536.000,00 |
| | Έλλειμμα (kWh) | -4.897.445,85 | -4.530.263,41 | -4.163.080,98 |
| | Πλεόνασμα (kWh) | 2.503.205,85 | 2.857.023,41 | 3.210.840,98 |
| Κατανάλωση Καυσίμου | Συνολικά (kWh) | 20.818.000,00 | 22.305.000,00 | 23.792.000,00 |
| | Οκτώβριο - Απρίλιο (kWh) | 10.601.947,32 | 11.359.229,27 | 12.116.511,22 |
| | Μάιο - Σεπτέμβριο (kWh) | 10.216.052,68 | 10.945.770,73 | 11.675.488,78 |
| Απόδοση εγκατάστασης | | 75,47% | 72,44% | 69,46% |

Πίνακας Α.155 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων (2)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Εγκατεστημένη Ψυκτική Ισχύς (kWth) | 508 | 673 | 838 | 1.003 | 1.168 | 1.333 | 1.498 |
| Ψυκτική Ισχύς (RT) | 144 | 191 | 238 | 285 | 332 | 379 | 426 |
| Νέα Ψυκτική Ισχύς (RT) | 144 | 191 | 238 | 285 | 320 | 320 | 320 |
| Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 237.600 | 315.150 | 392.700 | 470.250 | 528.000 | 528.000 | 528.000 |
| Νέα Απαιτούμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (kWhe) | 7.962.400 | 7.884.850 | 7.807.300 | 7.729.750 | 7.672.000 | 7.672.000 | 7.672.000 |
| Έλλειμμα (+) / Πλεόνασμα (-) Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWhe) | 2.162.400 | 1.504.850 | 847.300 | 189.750 | -448.000 | -1.028.000 | -1.608.000 |
| Έλλειμμα Θερμικής Ενέργειας (kWth) | -6.366.176 | -5.998.993 | -5.631.811 | -5.264.628 | -4.897.446 | -4.530.263 | -4.163.081 |
| Κατανάλωση Καυσίμου (kWh) | 14.870.000 | 16.357.000 | 17.844.000 | 19.331.000 | 20.818.000 | 22.305.000 | 23.792.000 |

Πίνακας Α.156 Συγκεντρωτικός πίνακας ενεργειακών αποτελεσμάτων μετά την εγκατάσταση ψυκτών απορρόφησης

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Κόστος Φ.Α. μονάδας Τριπααραγωγής (€) | 863.125,76 | 949.438,33 | 1.035.750,91 | 1.122.063,49 | 1.208.376,06 | 1.294.688,64 | 1.381.001,21 |
| Κόστος Φ.Α. Λεβήτων (€) | 512.698,70 | 483.127,73 | 453.556,77 | 423.985,80 | 394.414,84 | 364.843,87 | 335.272,91 |
| Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | 216.856,39 | 150.913,96 | 84.971,52 | 19.029,09 | | | |
| Κόστος Συντήρησης (€/kWh) | 40.600,00 | 44.660,00 | 48.720,00 | 52.780,00 | 56.840,00 | 60.900,00 | 64.960,00 |
| | 60.900,00 | 66.990,00 | 73.080,00 | 79.170,00 | 85.260,00 | 91.350,00 | 97.440,00 |
| | 81.200,00 | 89.320,00 | 97.440,00 | 105.560,00 | 113.680,00 | 121.800,00 | 129.920,00 |
| Έσοδα Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (€) | - | - | - | - | 75.927,09 | 258.965,61 | 455.562,54 |
| Συνολικό Ενεργειακό Κόστος Λειτουργίας (€) | 1.653.580,85 | 1.650.470,02 | 1.647.359,20 | 1.644.248,38 | 1.612.123,81 | 1.491.916,90 | 1.358.151,58 |
| Εξοικονόμηση Ενεργειακού Κόστους (€) | 174.494,50 | 177.605,33 | 180.716,15 | 183.826,97 | 215.951,54 | 336.158,45 | 469.923,77 |
| | | | | | | | |
| Κόστος συστήματος ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/kWh) | 812.000,00 | 812.000,00 | 812.000,00 | 812.000,00 | 812.000,00 | 812.000,00 | 812.000,00 |
| | 1.189.000,00 | 1.189.000,00 | 1.189.000,00 | 1.189.000,00 | 1.189.000,00 | 1.189.000,00 | 1.189.000,00 |
| | 1.566.000,00 | 1.566.000,00 | 1.566.000,00 | 1.566.000,00 | 1.566.000,00 | 1.566.000,00 | 1.566.000,00 |
| Κόστος Ψύκτη Απορρόφησης (€/RT) | 144.000,00 | 191.000,00 | 238.000,00 | 285.000,00 | 320.000,00 | 320.000,00 | 320.000,00 |
| Αμοιβή Συμβούλων (€) | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 | 60.000,00 |
| Σύνολο 1 (€) | 1.393.000,00 | 1.440.000,00 | 1.487.000,00 | 1.534.000,00 | 1.569.000,00 | 1.569.000,00 | 1.569.000,00 |
| Σύνολο ΜΕ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ 15% (€) | 1.601.950,00 | 1.656.000,00 | 1.710.050,00 | 1.764.100,00 | 1.804.350,00 | 1.804.350,00 | 1.804.350,00 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€) | 1.601.950,00 | 1.656.000,00 | 1.710.050,00 | 1.764.100,00 | 1.804.350,00 | 1.804.350,00 | 1.804.350,00 |

Πίνακας Α.157 Οικονομικά στοιχεία εγκατεστημένης μονάδας συμπααραγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
| Simple Payback Period (Έτη) | 9,18 | 9,32 | 9,46 | 9,60 | 8,36 | 5,37 | 3,84 |
| NPV(€) d=8% | 111.262,75 | 87.755,28 | 64.247,80 | 40.740,33 | 315.894,07 | 1.496.103,24 | 2.809.430,86 |
| NPV(€) d=5% | 572.637,20 | 557.354,94 | 542.072,68 | 526.790,41 | 886.883,53 | 2.384.927,34 | 4.051.938,89 |
| IRR | 8,9% | 8,7% | 8,5% | 8,3% | 10,3% | 17,9% | 25,8% |

Πίνακας Α.158 Οικονομικοί δείκτες εγκατεστημένης μονάδας συμπαράγωγής

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CO ₂ (kg/έτος) | 6.319.350 | 5.962.243 | 5.605.137 | 5.248.030 | 5.288.554 | 5.490.365 | 5.692.176 |
| SO ₂ (kg/έτος) | 33.517 | 23.325 | 13.133 | 2.941 | - | - | - |
| CO (kg/έτος) | 937 | 843 | 750 | 656 | 647 | 671 | 696 |
| NO _x (kg/έτος) | 6.065 | 5.432 | 4.799 | 4.166 | 4.095 | 4.251 | 4.407 |
| HC (kg/έτος) | 241 | 214 | 187 | 160 | 156 | 162 | 168 |
| Στερεά Σωματίδια (kg/έτος) | 1.895 | 1.377 | 858 | 339 | 195 | 202 | 210 |

Πίνακας Α.159 Μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (kg/έτος)

| Ώρες λειτουργίας | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| CO ₂ (%) | 37,02 | 40,58 | 44,14 | 47,70 | 47,30 | 45,28 | 43,27 |
| SO ₂ (%) | 73,63 | 81,65 | 89,67 | 97,69 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| CO (%) | 49,36 | 54,43 | 59,49 | 64,55 | 65,06 | 63,73 | 62,40 |
| NO _x (%) | 50,34 | 55,52 | 60,70 | 65,89 | 66,47 | 65,19 | 63,91 |
| HC (%) | 51,95 | 57,32 | 62,70 | 68,08 | 68,78 | 67,59 | 66,40 |
| Στερεά Σωματίδια (%) | 71,60 | 79,37 | 87,14 | 94,91 | 97,08 | 96,97 | 96,85 |

Πίνακας Α.160 Ετήσια μείωση εκπεμπόμενων ρύπων (%)

Παράρτημα Β Χαρακτηριστικά διαθέσιμων αεριομηχανών



Cogenco Cogeneration Units
50 Hz Range on Natural Gas (LHV)
(for other fuels please Contact Cogenco Ltd)

| Module Type | Performance | | | Efficiency | | |
|----------------------|-------------|----------|----------|------------|---------|---------|
| | Elect kW | Therm kW | Input kW | Elect % | Therm % | Total % |
| CGC-0030CA-060-NG-50 | 30 | 65 | 112 | 26.8% | 58.0% | 84.8% |
| CGC-0050MA-080-NG-50 | 50 | 76 | 157 | 31.8% | 48.4% | 80.3% |
| CGC-0065CA-060-NG-50 | 65 | 120 | 224 | 29.0% | 53.6% | 82.6% |
| CGC-0070MA-080-NG-50 | 70 | 104 | 204 | 34.3% | 51.0% | 85.3% |
| CGC-0124MA-080-NG-50 | 124 | 203 | 363 | 34.2% | 55.9% | 90.1% |
| CGC-0140MA-080-NG-50 | 140 | 203 | 391 | 35.8% | 51.9% | 87.7% |
| CGC-0170MA-072-NG-50 | 171 | 249 | 474 | 36.1% | 52.5% | 88.6% |
| CGC-0200MA-080-NG-50 | 200 | 233 | 538 | 37.2% | 43.3% | 80.5% |
| CGC-0200CA-060-NG-50 | 200 | 350 | 667 | 30.0% | 52.5% | 82.5% |
| CGC-0238MA-080-NG-50 | 238 | 359 | 667 | 35.7% | 53.8% | 89.5% |
| CGC-0250MA-080-NG-50 | 250 | 321 | 680 | 36.8% | 47.2% | 84.0% |
| CGC-0286GU-075-NG-50 | 286 | 334 | 802 | 35.7% | 41.6% | 77.3% |
| CGC-0300GU-075-NG-50 | 300 | 438 | 824 | 36.4% | 53.2% | 89.6% |
| CGC-0300GU-080-NG-50 | 300 | 339 | 801 | 37.5% | 42.3% | 79.8% |
| CGC-0307GU-080-NG-50 | 307 | 357 | 820 | 37.4% | 43.5% | 81.0% |
| CGC-0375PE-080-NG-50 | 375 | 401 | 978 | 38.3% | 41.0% | 79.3% |
| CGC-0380MA-080-NG-50 | 380 | 450 | 1026 | 37.0% | 43.9% | 80.9% |
| CGC-0382GU-080-NG-50 | 382 | 448 | 1077 | 35.5% | 41.6% | 77.1% |
| CGC-0400MA-080-NG-50 | 400 | 513 | 1045 | 38.3% | 49.1% | 87.4% |
| CGC-0400GU-075-NG-50 | 400 | 613 | 1120 | 35.7% | 54.7% | 90.4% |
| CGC-0400GU-080-NG-50 | 400 | 465 | 1085 | 36.9% | 42.9% | 79.7% |
| CGC-0400GU-110-NG-50 | 400 | 451 | 1085 | 36.9% | 41.6% | 78.4% |
| CGC-0425PE-080-NG-50 | 425 | 468 | 1119 | 38.0% | 41.8% | 79.8% |
| CGC-0425PE-080-NG-50 | 425 | 468 | 1119 | 38.0% | 41.8% | 79.8% |
| CGC-0501PE-080-NG-50 | 501 | 518 | 1298 | 38.6% | 39.9% | 78.5% |
| CGC-0571GU-080-NG-50 | 571 | 739 | 1610 | 35.5% | 45.9% | 81.4% |
| CGC-0600GU-075-NG-50 | 600 | 900 | 1659 | 36.2% | 54.2% | 90.4% |
| CGC-0600GU-110-NG-50 | 600 | 683 | 1640 | 36.6% | 41.6% | 78.2% |
| CGC-0764GU-080-NG-50 | 764 | 994 | 2149 | 35.6% | 46.3% | 81.8% |
| CGC-0800GU-075-NG-50 | 800 | 1223 | 2230 | 35.9% | 54.8% | 90.7% |
| CGC-0800GU-080-NG-50 | 800 | 1008 | 2160 | 37.0% | 46.7% | 83.7% |
| CGC-0800GU-110-NG-50 | 800 | 906 | 2175 | 36.8% | 41.7% | 78.4% |
| CGC-0895GU-080-NG-50 | 895 | 1246 | 2540 | 35.2% | 49.1% | 84.3% |
| CGC-0938GU-080-NG-50 | 938 | 1190 | 2530 | 37.1% | 47.0% | 84.1% |
| CGC-1000CS-080-NG-50 | 1000 | 1250 | 2600 | 38.5% | 48.1% | 86.5% |
| CGC-1000GU-080-NG-50 | 1000 | 1247 | 2695 | 37.1% | 46.3% | 83.4% |
| CGC-1160CS-080-NG-50 | 1160 | 1442 | 2974 | 39.0% | 48.5% | 87.5% |
| CGC-1400CS-080-NG-50 | 1400 | 1420 | 3307 | 42.3% | 42.9% | 85.3% |
| CGC-1547CS-080-NG-50 | 1547 | 1629 | 4027 | 38.4% | 40.5% | 78.9% |
| CGC-1760CS-080-NG-50 | 1760 | 1821 | 4526 | 38.9% | 40.2% | 79.1% |
| CGC-1760CS-097-NG-50 | 1760 | 1704 | 4498 | 39.1% | 37.9% | 77.0% |
| CGC-2000CS-072-NG-50 | 2000 | 2248 | 4900 | 40.8% | 45.9% | 86.7% |

Performance

All figures based upon LHV UK Natural Gas
Definitions of ratings ISO 3046

Παράρτημα Γ

Γενικό Βιομηχανικό Τιμολόγιο 2012

Βιομηχανικό 2012 (Τιμολόγιο Β1Β & Β2Β. Βιομηχανίες, Βιοτεχνίες)

Ισχύει για καταναλώσεις από 01.02.2012.

Μήνας τιμολογίου: 30 ημέρες. Εάν η καταμέτρηση αφορά διαφορετική περίοδο, τότε για τη Χρέωση Ισχύος γίνεται αναλογική χρέωση χρησιμοποιώντας τον συντελεστή, $A = \text{ημέρες περιόδου κατανάλωσης} / 30$ ημέρες.

Ανταγωνιστικές Χρεώσεις

| Ζώνη | Χρέωση Ισχύος (€ / kW / μήνα) | Χρέωση Ενέργειας (€ / kWh) |
|---|----------------------------------|-------------------------------|
| 7:00 - 23:00 τις εργάσιμες μέρες όλο το έτος | 7,25 | |
| 7:00 - 23:00 τις εργάσιμες μέρες όλο το έτος | | 0,06388 |
| 23:00-7:00 τις εργάσιμες μέρες και όλες τις ώρες του Σαββατοκύριακου και των αργιών του έτους | | 0,05015 |

Όταν ο ΣΥΝΤ. ΧΡΗΣ/ΣΗΣ είναι μικρότερος από 0,25 τότε ισχύει ότι:

$$XZ = (0,75 + \text{ΣΥΝΤ. ΧΡΗΣ/ΣΗΣ}) * MZ * \text{Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης} / 30$$

Σε κάθε άλλη περίπτωση ισχύει ότι:

$$XZ = MZ * \text{Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης} / 30$$

ΣΥΝΤ. ΧΡΗΣ/ΣΗΣ: Κατανάλωση Περιόδου / (24 * Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης * ΚΜΖ)

XZ: Χρεωστέα Ζήτηση, MZ: Καταμετρηθείσα Μέγιστη Ζήτηση στις εργάσιμες μέρες μεταξύ 7:00-23:00

ΚΜΖ: Καταμετρηθείσα Μέγιστη Ζήτηση, οποιαδήποτε ώρα ημέρας ή νύχτας

Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις

| | ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ | | ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ | | ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΟΙΝΗΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ (€/kWh) |
|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|--|--|
| | Χρέωση Ισχύος (*) (€/kW/μήνα) | Λοιπές Επιβαρύνσεις (€/kWh) | Χρέωση Ισχύος (Μοναδιαία Πάγια Χρέωση) (€/kW/μήνα) | Χρέωση Ενέργειας (Μοναδιαία Μεταβλητή Χρέωση) (€/kWh) | |
| Βιομηχανικό | 2,025 | 0,00044 | 1,210 | 0,0033 | 0,00691 (**) |

(*) ΧΡΕΩΣΤΕΑ ΙΣΧΥΣ: Η Καταμετρηθείσα Μέγιστη Ζήτηση (ΜΑ) της περιόδου κατανάλωσης μεταξύ 11:00-14:00
Η Ενεργειακή Χρέωση του Δικτύου Διανομής προσαυξάνεται σε συνάρτηση με το **συνφ**

(**) Οι νέες τιμές των ΥΚΩ ισχύουν από την 1.1.2012

Παράρτημα Δ

Τιμολόγια Φυσικού Αερίου οικιακής χρήσης

Η νέα τιμολογιακή πολιτική της ΕΠΑ Αττικής ισχύει από την **1η Οκτωβρίου 2011** και σύμφωνα με αυτή η τιμή του φυσικού αερίου βασίζεται πλέον στο κόστος προμήθειας του.

Συγκεκριμένα, η τιμή χρέωσης ενέργειας του φυσικού αερίου θα αναθεωρείται σε μηνιαία βάση και θα προκύπτει από το κόστος προμήθειας φυσικού αερίου της ΕΠΑ Αττικής από τη ΔΕΠΑ (Δημόσια Επιχείρηση Αερίου). Στην τιμή αυτή θα προστίθεται ένα σταθερό περιθώριο διανομής καθώς και οι επιβαλλόμενοι από την Ελληνική Πολιτεία φόροι (ΦΠΑ, ΕΦΚ, κλπ.).

Τιμή Πώλησης Φυσικού Αερίου = Κόστος προμήθειας Φ.Α. + Περιθώριο Διανομής ΕΠΑ Αττικής + Φόροι

Κατά συνέπεια η εξέλιξη των μηνιαίων τιμών φυσικού αερίου, και η σχετική διακύμανσή τους, εξαρτάται από το κόστος προμήθειας φυσικού αερίου. Το κόστος προμήθειας εξαρτάται από το μέσο όρο των διεθνών τιμών μιας ομάδας πετρελαιοειδών, για τους έξι μήνες που προηγούνται της αρχής κάθε τριμήνου. Για αυτό το λόγο η τιμή του φυσικού αερίου επηρεάζεται με χρονική υστέρηση 6 ως 9 μηνών από τις διεθνείς τιμές των καυσίμων.

Η νέα τιμολογιακή πολιτική, για τους καταναλωτές λιανικής (B2C) περιλαμβάνει τα παρακάτω τιμολόγια:

- Το **Οικιακό Τιμολόγιο «Ο»**, θα λαμβάνουν όλοι οι οικιακοί καταναλωτές που χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο για οικιακή χρήση (θέρμανση, μαγείρεμα, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης), εκτός από Κλιματισμό ή Συμπαραγωγή (ΣΗΘ)
- Το **Επαγγελματικό Τιμολόγιο «Ε»**, θα λαμβάνουν όλοι οι επαγγελματίες καταναλωτές λιανικής (ετήσια κατανάλωση μικρότερη των 100.000μ3) που χρησιμοποιούν το Φ.Α. για οποιαδήποτε χρήση (μαγείρεμα, παραγωγή ζεστού νερού ή/και ατμού, θέρμανση χώρων κλπ) εκτός από Κλιματισμό ή Συμπαραγωγή (ΣΗΘ)
- Το **Τιμολόγιο Κλιματισμού/Συμπαραγωγής «ΚΣ»**, θα λαμβάνουν όλοι οι οικιακοί και επαγγελματίες καταναλωτές που χρησιμοποιούν το Φ.Α. αποκλειστικά για Κλιματισμό ή Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού/Θερμότητας

Η χρέωση πώλησης φυσικού αερίου σε κάθε τιμολογιακή κατηγορία παροχής αναλύεται στη χρέωση ενέργειας, δηλαδή στην κατανάλωση φυσικού αερίου, και στη χρέωση ισχύος (πάγιο κόστος), που είναι ανεξάρτητη της κατανάλωσης και χρεώνεται από την στιγμή εγκατάστασης της μετρητικής διάταξης.

α) Χρέωση ενέργειας

Η μέτρηση της κατανάλωσης φυσικού αερίου γίνεται περίπου κάθε 60 μέρες και η καταμετρηθείσα κατανάλωση του φυσικού αερίου σε κυβικά μέτρα (m³) επιμερίζεται στους μήνες της περιόδου καταμέτρησης με βάση τον αριθμό των

ημερών κάθε μήνα που περιέχεται σε αυτή. Η κατανάλωση σε m³ μετατρέπεται σε kWh με τον συντελεστή μετατροπής kWh/m³ του κάθε μήνα.

Η τιμή του φυσικού αερίου (€/kWh) προ φόρων υπολογίζεται σε μηνιαία βάση και προκύπτει από το κόστος προμήθειας του φυσικού αερίου του προηγούμενου μήνα και το περιθώριο διανομής της ΕΠΑ Αττικής της κάθε κατηγορίας.

Τιμή Φ.Α. (προ φόρων) = Κόστος προμήθειας Φ.Α. + Περιθώριο Διανομής

| Χρέωση ενέργειας (2) (€/kWh) | | Τιμή | ΑΘΔ: Συντ. Μετατροπής (kWh/Nm ³) |
|------------------------------|------------------|---------|--|
| | Ιανουάριος 2012 | 0,07822 | 11,5360 |
| | Φεβρουάριος 2012 | 0,07684 | 11,7733 |
| | Μάρτιος 2012 | 0,07506 | 11,8022 |
| | Απρίλιος 2012 | 0,07676 | 11,7409 |
| | Μάιος 2012 | 0,07382 | 11,5779 |
| | Ιούνιος 2012 | 0,07469 | 11,5113 |
| | Ιούλιος 2012 | 0,08038 | 11,4920 |
| | Αύγουστος 2012 | 0,08082 | 11,5590 |
| | Σεπτέμβριος 2012 | 0,08009 | 11,6811 |
| | Οκτώβριος 2012 | | |
| | Νοέμβριος 2012 | | |
| | Δεκέμβριος 2012 | | |

(1) Στις παραπάνω τιμές συμπεριλαμβάνονται το ΦΠΑ (13%) και το ΔΕΤΕ (0,5%).
 (2) Στις παραπάνω τιμές συμπεριλαμβάνονται όλοι οι νόμιμοι φόροι ΦΠΑ (13%), ΕΦΚ & ΔΕΤΕ (0,5%).

β) Χρέωση Ισχύος

Η χρέωση ισχύος εξαρτάται από το εγκατεστημένο φορτίο των συσκευών του καταναλωτή. Η χρέωση ισχύος που αντιστοιχεί σε 60 ημερολογιακές μέρες είναι η ακόλουθη:

| Εγκατεστημένο φορτίο συσκευών | Χρέωση ισχύος για 60 ημέρες (προ ΦΠΑ) |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Μέχρι 5 m ³ /ώρα | €6,63 |
| Μέχρι 40 m ³ /ώρα | €11,43 |
| Μέχρι 60 m ³ /ώρα | €20,,32 |
| Μέχρι 100 m ³ /ώρα | €33,01 |

γ) Φόροι

Στη συνολική αξία χρέωσης ενέργειας προστίθεται ο Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης (0,0054€ ανά καταναλωθείσα kWh).

Στην συνολική αξία (χρέωση ενέργειας, χρέωση ισχύος και ΕΦΚ) επιβάλλεται ο ΦΠΑ (13%).

Επίσης το Φυσικό Αέριο επιβαρύνεται με το ειδικό τέλος ΔΕΤΕ (Δικαιώματα Εκτέλεσης Τελωνειακών Εργασιών) που ισούται με το 0,5% επί του συνόλου χρέωσης ενέργειας, χρέωσης ισχύος (από 1/1/12) και ΕΦΚ και δεν επιβαρύνεται με ΦΠΑ.

Σημείωση:

Η νέα τιμολογιακή πολιτική ισχύει για τις καταναλωθείσες ποσότητες από 1/10/2011 και έπειτα, ενώ οι τιμές φυσικού αερίου μέχρι και την τιμή Σεπτεμβρίου 2011 θα προκύψουν βάσει της τιμολογιακής πολιτικής ανταγωνιστικών καυσίμων. Ως εκ τούτου οι νέοι φόροι (ΕΦΚ, ΔΕΤΕ), της κατανάλωσης του Σεπτεμβρίου, θα απορροφηθούν από την ΕΠΑ Αττικής. Ωστόσο στο λογαριασμό θα εμφανίζεται για το μήνα αυτό η πλήρης ανάλυση σε χρέωση ενέργειας, ΕΦΚ και ΔΕΤΕ.

| ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΤΟΜΕΑ – ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΕΙΣ 2012 | | | |
|---|--------------------|---------|---|
| Χρέωση Ισχύος (1) (€/60μέρες) | Μέχρι 5 m3/ώρα | 6,36 | |
| | Μέχρι 40 m3/ώρα | 11,43 | |
| | Μέχρι 60 m3/ώρα | 20,32 | |
| | Πάνω από 60 m3/ώρα | 33,01 | |
| Χρέωση Ενέργειας (2) (€/kWh) | | Τιμή | Α.Θ.Δ. Συντ. Μετατροπής (kWh/Nm3) |
| | Ιανουάριος 2012 | 0,07142 | 11,5360 |
| | Φεβρουάριος 2012 | 0,07003 | 11,7733 |
| | Μάρτιος 2012 | 0,06825 | 11,8022 |
| | Απρίλιος 2012 | 0,06995 | 11,7409 |
| | Μάιος 2012 | 0,06701 | 11,5779 |
| | Ιούνιος 2012 | 0,06788 | 11,5113 |
| | Ιούλιος 2012 | 0,07357 | 11,4920 |
| | Αύγουστος 2012 | 0,07402 | 11,5590 |
| | Σεπτέμβριος 2012 | 0,07328 | 11,6811 |
| | Οκτώβριος 2012 | | |
| | Νοέμβριος 2012 | | |
| | Δεκεμβριος 2012 | | |

(1) Οι παραπάνω χρεώσεις συμπεριλαμβάνουν ΔΕΤΕ (0,5%) & ΦΠΑ (13%).

(2) Οι παραπάνω χρεώσεις συμπεριλαμβάνουν όλους τους φόρους : ΕΦΚ, ΔΕΤΕ (0,5%) & ΦΠΑ (13%).

Ισχύουν οι εξής εκπτώσεις:

Για συσκευές συνολικής ισχύος έως και 50 kW ΑΘΔ: Έκπτωση 7,5 €/MWh Συνολικό ποσό στη διάρκεια της σύμβασης: $[188 * \text{Ισχύς (kW)}]$ €

Για συσκευές συνολικής ισχύος μεγαλύτερης των 50 kW ΑΘΔ και έως 300 kW ΑΘΔ: Έκπτωση 6,5 €/MWh Συνολικό ποσό στη διάρκεια της σύμβασης: $[163 * \text{Ισχύς (kW)}]$ €
Η μέγιστη διάρκεια παροχής της έκπτωσης είναι 5 έτη.

(α) Χρέωση ενέργειας

Ειδικά για το τιμολόγιο της ψύξης / θέρμανσης / παραγωγής ζεστού νερού που επιτυγχάνεται από ειδικό εξοπλισμό κατανάλωσης φυσικού αερίου (μηχάνημα απορρόφησης ή αντλία θερμότητας αερίου), ισχύει το ειδικό τιμολόγιο στο οποίο εφαρμόζεται σημαντική έκπτωση και είναι:

- Χαμηλότερο από όλα τα τιμολόγια
- Σε περίπτωση μικτής χρήσης κλιματισμού και άλλων χρήσεων (λέβητας, κουζίνα, κλπ.) η χρέωση θα γίνεται αντίστοιχα με την εγκατεστημένη ισχύ.

Η τιμή του φυσικού αερίου για αυτή τη χρήση θα ανανεώνεται κάθε μήνα.

Η τιμή του Φ.Α. προ φόρων (ΦΠΑ, ΕΦΚ, κλπ) υπολογίζεται βάσει του κόστους αγοράς Φ.Α. και του Περιθωρίου Διανομής για την συγκεκριμένη κατηγορία καταναλωτών:

Τιμή Πώλησης = Κόστος προμήθειας + Περιθώριο Διανομής

Συντελεστής μετατροπής

Ο συντελεστής μετατροπής (ΣΥΝΤ. ΜΤΡΠ.) που εμφανίζεται στο λογαριασμό σας μετατρέπει τα κυβικά μέτρα (m³) φυσικού αερίου σε kWh και εκφράζει το ενεργειακό περιεχόμενο τους. Ο συντελεστής μετατροπής μεταβάλλεται κάθε μήνα σύμφωνα με μετρήσεις που γίνονται στους σταθμούς παραλαβής του φυσικού αερίου.

(β) Χρέωση Ισχύος

Το κόστος παγίου - χρέωση ισχύος αντιστοιχεί σε 60 ημερολογιακές μέρες και εξαρτάται από το εγκατεστημένο φορτίο των συσκευών του καταναλωτή.

(γ) Φόροι

Στη συνολική αξία χρέωσης ενέργειας προστίθεται ο Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης (0,0054€ ανά καταναλωθείσα kWh).

Στη συνολική αξία (χρέωση ενέργειας, χρέωση ισχύος και ΕΦΚ) επιβάλλεται ο ΦΠΑ (13%).

Επίσης το Φυσικό Αέριο επιβαρύνεται με το ειδικό τέλος ΔΕΤΕ (Δικαιώματα Εκτέλεσης Τελωνειακών Εργασιών) που ισούται με το 0,5% επί του συνόλου χρέωσης ενέργειας, χρέωσης ισχύος (από 1/1/12) και ΕΦΚ και δεν επιβαρύνεται με ΦΠΑ.

