



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
Τ. Ε. Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

Επιβλέπων: ΠΕΤΡΟΣ Γ. ΒΕΡΝΑΔΟΣ, Ομότιμος καθηγητής

Συνεπιβλέπουσα: ΕΡΙΕΤΤΑ Ι. ΖΟΥΝΤΟΥΡΙΔΟΥ, Παν. Υπότροφος

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΛΥΨΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ, ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΩΝ
ΦΟΡΤΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

**ELECTRICAL DESIGN STUDY, HEATING AND COOLING LOADS USING
CO-GENERATION POWER PLANTS AND HEAT**

Πτυχιακή Εργασία:

Παπάς Π. Χρήστος (Α.Μ. 37816)

Βρόνιας Πέτρος (Α.Μ.37516)

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία διαπραγματεύεται το αντικείμενο της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας και τριπαραγωγής. Περιέχει τις βασικές αρχές που διέπουν τη συμπαραγωγή και παρέχει τη βάση για την κατανόηση των επιλογών που σχετίζονται με αυτή. Συμπαραγωγή είναι η εκμετάλλευση της αποβαλλόμενης από το σύστημα θερμότητας χωρίς την τροφοδότηση επιπλέον ποσότητας καυσίμου. Τα συστήματα συμπαραγωγής μπορούν να οδηγήσουν σε αξιοσημείωτη αύξηση των ενεργειακών αποθεμάτων επιτυγχάνοντας υψηλό βαθμό απόδοσης εν συγκρίσει με τον βαθμό απόδοσης των συμβατικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας που παράγουν ξεχωριστά θερμότητα και ηλεκτρισμό. Όταν, επιπλέον, γίνεται εκμετάλλευση της θερμότητας και για παραγωγή ψύξης με απορρόφηση, τότε μιλάμε για τριπαραγωγή.

Κύριος στόχος της πτυχιακής εργασίας είναι η τεchnοοικονομική μελέτη εγκατάστασης ενός συστήματος συμπαραγωγής σε ξενοδοχειακή μονάδα. Πιο συγκεκριμένα εξετάζεται η οικονομική βιωσιμότητα ενός συστήματος συμπαραγωγής βάσει συγκεκριμένων οικονομικών παραμέτρων, με παράλληλη εγκατάσταση ψύκτη απορρόφησης.

Αναλυτικότερα, το πρώτο κεφάλαιο παραθέτει τον ορισμό της συμπαραγωγής, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τις επιπτώσεις της, τα οποία σχετίζονται με την οικονομία και το περιβάλλον. Επίσης, αναφέρονται οι τομείς στους οποίους μπορεί να βρει εφαρμογή η συγκεκριμένη τεχνολογία και το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα για παραγωγή ηλεκτρισμού από συμπαραγωγή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στα διάφορα συστήματα συμπαραγωγής, παρουσιάζεται η βασική λειτουργία τους και γίνεται σύγκριση αυτών ως προς τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τους. Τέλος, παρουσιάζονται οι ψύκτες απορρόφησης, οι οποίοι σε συνδυασμό με τα διάφορα συστήματα συμπαραγωγής αποτελούν την βασική διάταξη για τριπαραγωγή.

Στο τρίτο κεφάλαιο παραθέτονται στοιχεία που αφορούν την ξενοδοχειακή μονάδα και προσδιορίζονται οι καμπύλες του θερμικού και ηλεκτρικού φορτίου για διάστημα ενός έτους και υπολογίζεται το ετήσιο ενεργειακό κόστος για τη συμβατική λύση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η επιλογή του κατάλληλου συστήματος συμπαραγωγής και εξετάζεται η παραγωγή του.

Το πέμπτο κεφάλαιο ασχολείται με την οικονομική βιωσιμότητα και δυνατότητα επένδυσης μονάδας συμπαραγωγής με καύση φυσικού αερίου στην ξενοδοχειακή μονάδα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^Ο

1.1	Εισαγωγή	7
1.2	Εφαρμογές ΣΗΘ.....	8
1.2.1	Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και θερμότητα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	9
1.3	Σχεδιαγράμματα.....	11
1.4	Ιστορική αναδρομή.....	16
1.4.1	Παγκόσμια ιστορική αναδρομή.....	16
1.4.2	Ιστορική αναδρομή στην Ελλάδα.....	17
1.5	Λειτουργία.....	19
1.6	Νομοθεσία στην Ελλάδα για ΣΗΘ.....	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^Ο

Συστήματα συμπαράστασης (τύποι)

2.1	Γενικά.....	27
2.2	Συστήματα ατμοστρόβιλου.....	28
2.2.1	Συστήματα συμπαράγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης.....	29
2.2.2	Συστήματα συμπαράγωγής με ατμοστρόβιλο αποταμίευσης.....	30
2.2.3	Συστήματα συμπαράγωγής με ατμοστρόβιλο σε κύκλο βάσης ατμού.....	31
2.2.4	Κύκλοι βάσης RANKIE με όργανα ρευστά.....	32
2.3	Συστήματα αεροστρόβιλου.....	34
2.3.1	Συστήματα αεροστρόβιλου ανοικτού τα΄τπου.....	34
2.3.2	Συστήματα αεροστρόβιλου κλειστού τύπου.....	36
2.4	Συστήματα με παλινδρομική μηχανή εξωτερικής καύσης.....	37
2.4.1	Αεριομηχανές (gas engines).....	37
2.4.2	Οι καυστήρες Diesel.....	38
2.5	Συστήματα συνδυασμένου κύκλου.....	41

2.6	Τυποποιημένες μονάδες συμπαραγωγής.....	44
2.7	Κυψέλες καυσίμου.....	46
2.7.1	Αρχή λειτουργίας.....	48
2.8	Μηχανές Stirling.....	50
2.9	Τριπαραγωγή.....	52
2.9.1	Βασικές αρχές ψύξης και απορρόφηση.....	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

“ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ”

3.1	Εισαγωγή.....	55
3.2	Ηλεκτρικά φορτία ξενοδοχείου.....	56
3.2.1	Φωτισμός.....	58
3.2.2	Καμπύλες ηλεκτρικού φορτιού.....	60
3.3	Θερμικά φορτία ξενοδοχείου.....	62
3.3.1	Σύστημα Θέρμανσης.....	64
3.3.2	Καταναλώσεις καυσίμων.....	65
3.4	Υπολογισμός κόστους παροχής συμβατικής λύσης.....	66
3.4.1	Υπολογισμός κόστους θερμικής ενέργειας.....	66
3.4.2	Υπολογισμός κόστους ηλεκτρικής ενέργειας.....	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

4.1	Επιλογή ΣΗΘ.....	70
4.2	Εξέταση Επένδυσης.....	75
4.2.1	Αρχικό Κόστος Εγκατάστασης.....	75
4.2.2	Χρηματοδοτικό Σχήμα.....	76
4.2.3	Υπολογισμός Εσόδων.....	77

4.2.4 Έξοδα Λειτουργίας ΣΗΘ.....	78
----------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

5.1 Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών.....	79
---	----

5.2 Οικονομικοί δείκτες.....	80
------------------------------	----

5.2.1 Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας(Κ.Π.Α).....	81
---	----

5.2.2 Υπολογισμός Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (Ε.Β.Α).....	82
---	----

5.2.3. Υπολογισμός Payback Period.....	82
--	----

5.3 Συμπεράσματα.....	83
-----------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	85
--------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 Εισαγωγή

Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας (ΣΗΘ-διαδικασία που στην αγγλική γλώσσα αναφέρεται ως Combined Heat Power (CHP) ή Cogeneration Process) ονομάζεται η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και αξιοποιήσιμης θερμότητας μέσω της ίδιας διεργασίας. Επίσης, συνδυάζοντας και μία μηχανή απορρόφησης είναι δυνατή και η ανάπτυξη ενός συστήματος τριπαραγωγής ή, αλλιώς, Συμπαραγωγής Θερμότητας Ψύξης και Ηλεκτρισμού (CHCP-Combined Heat Cooling and Power) μέσω του οποίου μέρος της παραχθείσας ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψύξη ή κλιματισμό).

Η τεχνολογία Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας μπορεί να εφαρμοστεί ευρύτατα. Σε όλες τις περιπτώσεις συντελεί στην εξοικονόμηση σημαντικών χρηματικών ποσών μέσω της μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου που επιτυγχάνεται. Η συνολική απόδοση των διατάξεων συμπαραγωγής τείνει ορισμένες φορές μέχρι το 90%, αναλόγως του συστήματος στο οποίο εφαρμόζεται .

Κατά τη λειτουργία ενός συμβατικού θερμοηλεκτρικού σταθμού, μεγάλα ποσά θερμότητας αποβάλλονται στο περιβάλλον είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων (συμπυκνωμάτων ατμού, πύργων ψύξης, ψυγείων νερού κινητήρων diesel κ.λπ.) είτε μέσω των καυσαερίων (αεριοστροβίλων, εμβολοφόρων κινητήρων κ.λ.π.). Η ανάπτυξη θερμότητας πραγματοποιείται, συνήθως, από τα καυσαέρια των συστημάτων συμπαραγωγής.

Υπάρχουν δυο τρόποι εκμετάλλευσης της ανακτημένης θερμότητας από τα καυσαέρια των συστημάτων αυτών:

1. Η απευθείας χρήση τους για παροχή θερμότητας σε διάφορες διεργασίες της ίδιας βιομηχανικής μονάδας.

2. Η έμμεση χρήση τους με τη βοήθεια εναλλακτών θερμότητας για την παραγωγή ατμού ή θερμού νερού. Ο ατμός που λαμβάνεται μπορεί να καλύψει τις ανάγκες για θέρμανση εσωτερικών χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες ή για αύξηση της απόδοσης σε ηλεκτρική ενέργεια του συστήματος (με χρήση συστημάτων

συνδυασμένου κύκλου αεριοστροβίλου/ατμοστροβίλου). Το θερμό νερό που δύναται να παραχθεί χρησιμοποιείται είτε για τη θέρμανση εσωτερικών χώρων είτε σε κατάλληλες βιομηχανικές διεργασίες.

Έτσι, ενώ οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής έχουν βαθμό απόδοσης 30-45 %, ο βαθμός απόδοσης των συστημάτων συμπαραγωγής κυμαίνεται στο 80-85 %. Επίσης, εκτιμάται ότι με χρήση διατάξεων ΣΗΘ μειώνεται κατά, περίπου, 40 % η κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με τον συμβατικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας σε ξεχωριστές μονάδες.

Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου που επιτυγχάνεται με την συμπαραγωγή, συντελεί γενικά στη μείωση και των εκπεμπόμενων ρύπων. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι ενδεχόμενη η αύξηση των ρύπων σε τοπική κλίμακα, γεγονός το οποίο επιβάλλει ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του είδους της μονάδας και του πρόσθετου εξοπλισμού της.(1.1 βλ. Βιβλ./φια

1.2 Εφαρμογές ΣΗΘ (4)

A) Δυνητικοί Χρήστες

- Νοσοκομεία
- Ξενοδοχεία
- Κλειστά Γυμναστήρια
- Εμπορικά Κέντρα και Κτίρια
- Διοίκησης

B)Κολυμβητήρια

Γ)Βιομηχανίες

- Τροφίμων και Ποτών
- Βαφεία Νημάτων
- Κεραμοποιεία

Ανάγκες Θερμικής Ενέργειας

- A) • Θέρμανση & Ψύξη χώρων
 - Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης

- B) • Θέρμανση Πισίνας
 - Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης

- Γ) • Θερμικές Διεργασίες στην Παραγωγική Διαδικασία

1.2.1 Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας/ Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Η Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας βελτιστοποιεί την παροχή ενέργειας προς όλους τους καταναλωτές, ενώ ταυτόχρονα ωφελεί την Εθνική Οικονομία, αφού: Έχει αυξημένη απόδοση κατά τη μετατροπή και χρήση της ενέργειας. Η Συμπαραγωγή είναι η πλέον αποτελεσματική και αποδοτική μορφή ηλεκτροπαραγωγής, αλλά και παραγωγής θερμότητας.

Λόγω καλύτερης αξιοποίησης των καυσίμων, δημιουργεί μικρότερες εκπομπές προς το περιβάλλον, ιδιαίτερα του CO₂, του σημαντικότερου αερίου στο οποίο οφείλεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η Συμπαραγωγή είναι μία από τις καλύτερες λύσεις για την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί από το Πρωτόκολλο του Κιότο, τους οποίους έχει αποδεχθεί η Ελλάδα.

Προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση οικονομικών πόρων, παρέχοντας πρόσθετη ανταγωνιστικότητα στη βιομηχανία και στις ΜΜΕ, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια και η θερμότητα παρέχονται σε χαμηλότερες και προσιτές τιμές.

Αποτελεί σημαντική ευκαιρία για την προώθηση αποκεντρωμένων λύσεων ηλεκτροπαραγωγής, αφού οι σταθμοί ΣΗΘ σχεδιάζονται να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των τοπικών καταναλωτών, παρέχοντας υψηλή απόδοση, αποφεύγοντας απώλειες μεταφοράς της ενέργειας και αυξάνοντας την ευελιξία στη χρήση του ηλεκτρικού συστήματος. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, όταν το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται σαν κύριο καύσιμο.

Η βελτιωμένη, τοπική και γενική, ασφάλεια παροχής ενέργειας, μπορεί να μειώσει τις πιθανότητες οι καταναλωτές να μείνουν χωρίς ηλεκτρική (blackout) ή/και θερμική ενέργεια. Επιπρόσθετα, η μειωμένη ανάγκη καυσίμων που παρέχει η Συμπαραγωγή,

μειώνει την εξάρτηση από εισαγωγές - μία κεφαλαιώδη πρόκληση για το ενεργειακό μέλλον της Ελλάδας, αλλά και της Ευρώπης.

Παρέχεται η ευκαιρία να αυξηθεί η ποικιλία των σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας και να δημιουργηθούν συνθήκες ανταγωνισμού στην ηλεκτροπαραγωγή. Η Συμπαραγωγή παρέχει ένα από τα σημαντικότερα μέσα για την προώθηση της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας.

Τέλος, δημιουργεί αυξημένη απασχόληση, αφού έχει αποδειχτεί ότι η ανάπτυξη των συστημάτων Συμπαραγωγής δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας.

Τα μειονεκτήματα της Συμπαραγωγής πιστώνονται στις τοπικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, αφού δεν είναι πάντα βέβαιο ότι η ΣΗΘ μειώνει τις συνολικές εκπομπές. Το αποτέλεσμα εξαρτάται από την τεχνολογία ΣΗΘ, τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανεξάρτητη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας και τα καύσιμα σε αυτές. Είναι πιθανό να μειώνεται ένας ρύπος (π.χ. CO₂) αλλά να αυξάνεται ένας άλλος (π.χ. NO_x).

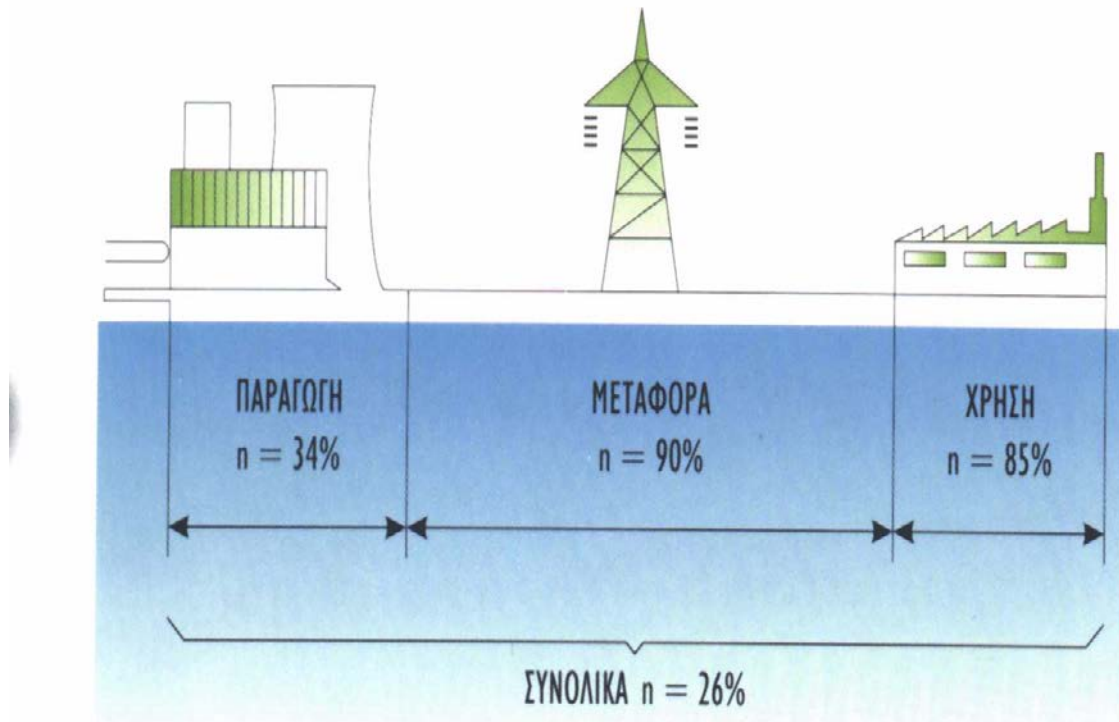
Επιπλέον, όταν πολλές μικρές και διασπαρμένες μονάδες ΣΗΘ αντικαθιστούν μία κεντρική μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας, η βελτίωση της ποιότητας του αέρα τοπικά δεν είναι βέβαιη. Η θετική συνεισφορά της ΣΗΘ, όμως, προσμετράται στις προσπάθειες της χώρας για την αντιμετώπιση του παγκόσμιου προβλήματος της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, τα τοπικά περιβαλλοντικά προβλήματα μπορούν να αμβλυνθούν μέσω κατάλληλης χωροθέτησης, σχεδίασης και λειτουργίας των εγκαταστάσεων ΣΗΘ.

Τέλος, σε πολλές περιπτώσεις, όπου η συμπαραγωγή αναβαθμίζει μία υπάρχουσα εγκατάσταση, υπάρχουν πρόσθετα περιβαλλοντικά οφέλη:

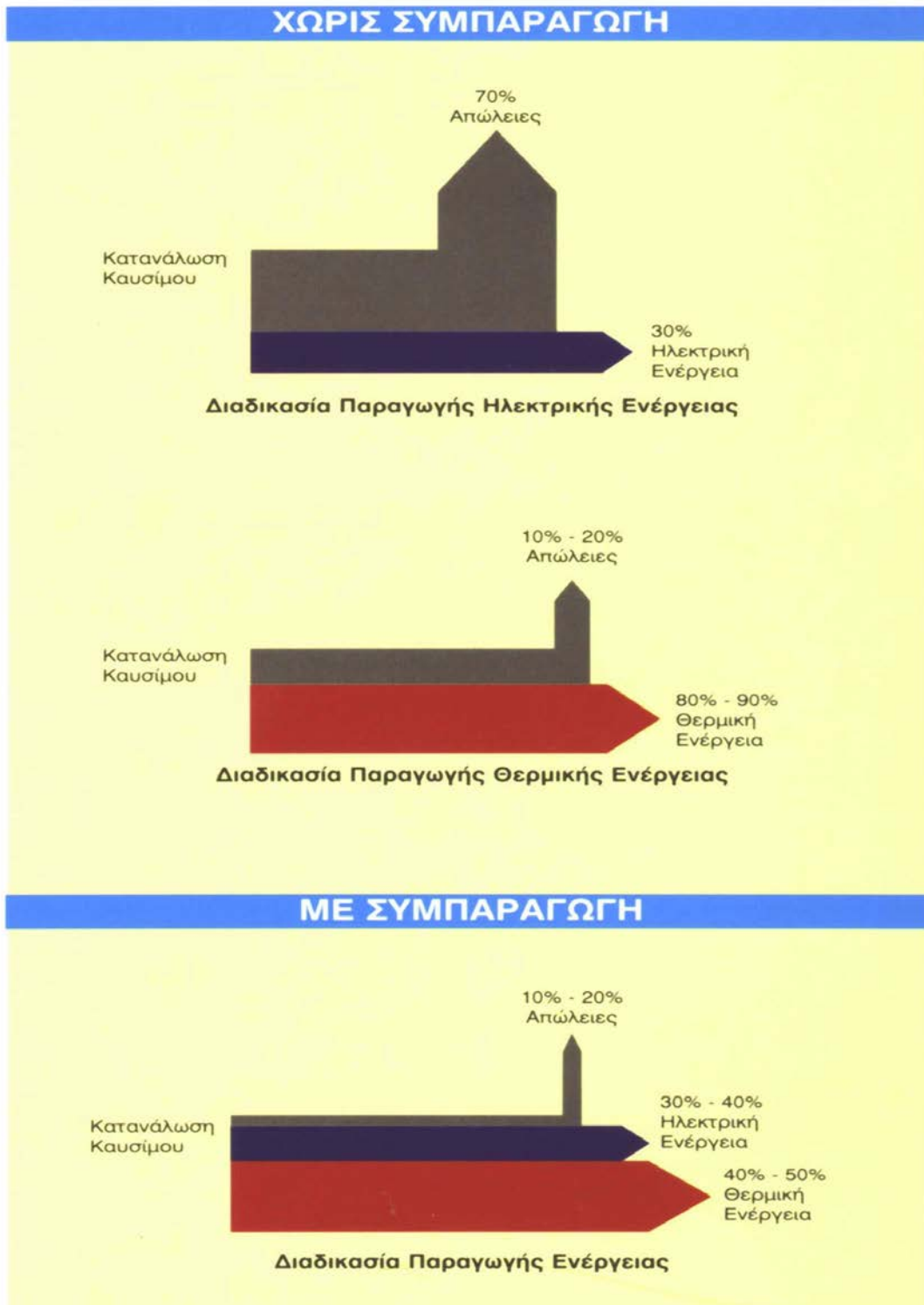
μείωση των εκπομπών από τη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας της εγκατάστασης μείωση των εκπομπών στους περιφερειακούς χρήστες της θερμότητας, που αντικαθιστούν τη δική τους παραγωγή με αυτή της ΣΗΘ.

1.3 Σχεδιαγράμματα (2)

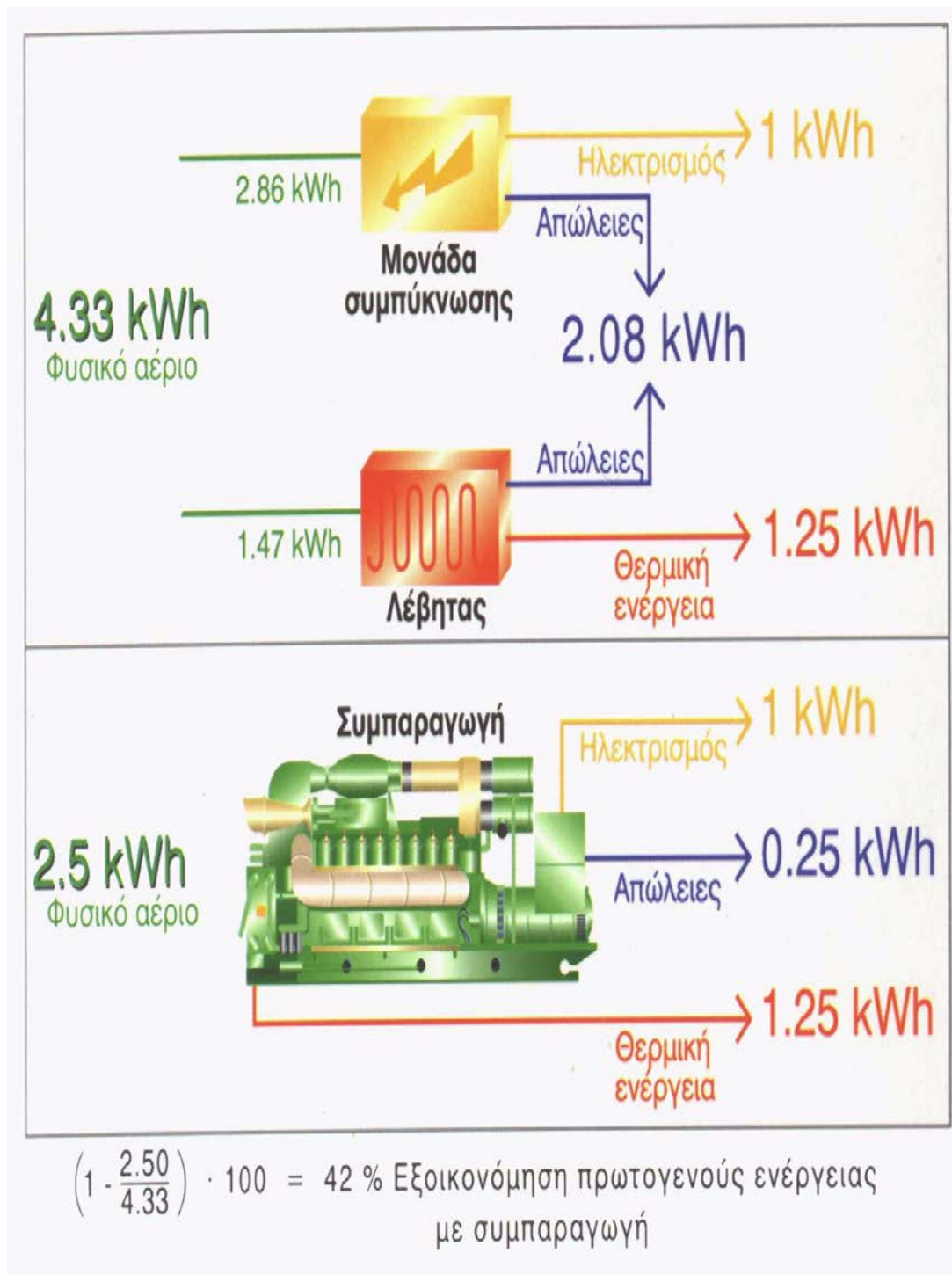
Σχήμα 1.3.1:Ο βαθμός απόδοσης του συμβατικού συστήματος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.



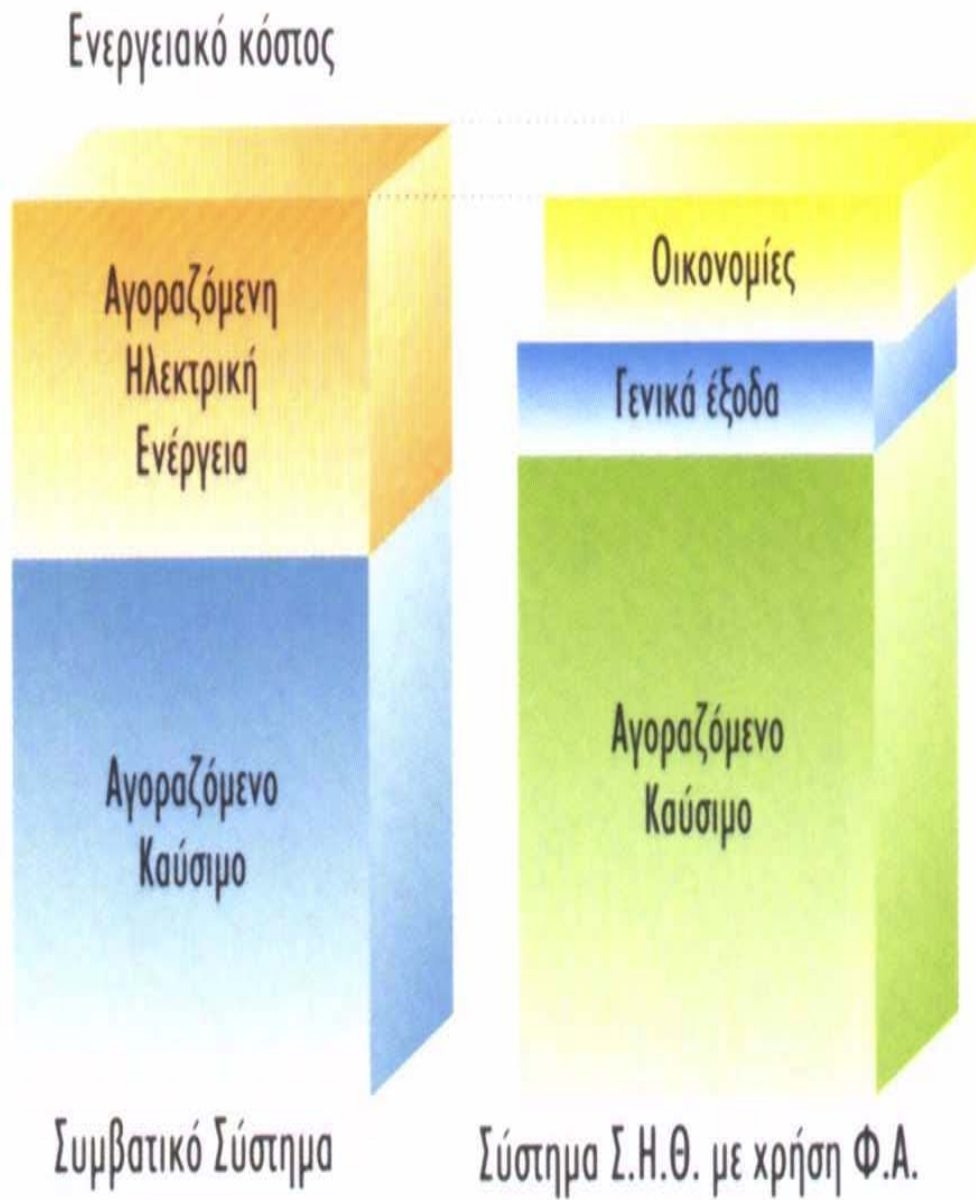
1.3.2 Η ανάκτηση της απορριπτόμενης ενέργειας



1.3.3 Μείωση του ενεργειακού κόστους



1.3.4 Η μείωση του λειτουργικού κόστους με τη χρήση συστήματος Σ.Η.Θ



1.3.5 Δυναμικό συμπαραγωγής στη βιομηχανία στην Ελλάδα το 1999.

Αα	Βιομηχανία - Τύπος	Τόπος	Τύπος Μηχανής	Ηλεκτρική Ισχύς (MW)		Καύσιμο
1.	MOTOR OIL Διυλιστήρια	Κόρινθος	Αεριοστρόβιλοι	13+15,5	28,5	Αέριο Διυλιστηρίων
2.	ΕΛ.Λ.Α. Α.Ε. Διυλιστήρια	Ασπρόπυργος	Αεριοστρόβιλοι Ατμοστρόβιλος	2x17 1x16	50,0	Μαζούτ, Ντήζελ και Υγραέριο
3.	ΕΤΜΑ Υφάσματα	Αθήνα	Ατμοστρόβιλοι	2,8+10,3	13,1	Μαζούτ
4.	ΑΔΕΧΠ & ΛΗΠΑΣΜΑΤΑ	Δραπετσώνα	Ατμοστρόβιλοι	7,2+4,2	11,4	Απορριπτόμενη Θερμότητα
5.	Φωσφορικά Λιπάσματα	Καβάλα	Ατμοστρόβιλοι	5+7,6+12,4	25,0	Απορριπτόμενη Θερμότητα
6.	Χημικές Βιομηχ. Βορ. Ελλάδος Α.Ε.	Θεσσαλονίκη	Ατμοστρόβιλοι	2x3+4,5	10,5	Απορριπτόμενη Θερμότητα
7.	Ελλ. Βιομ. Ζάχαρης	Λάρισα	Ατμοστρόβιλοι	2x2,5+7	12,0	Μαζούτ
		Πλαταιές		2x2,5+7	12,0	Μαζούτ
		Σέρρες		2x3	6,0	Μαζούτ
		Ξάνθη		2x8	16,0	Μαζούτ
		Ορεστιάδα		2x5	10,0	Μαζούτ
8.	Εταιρία Πετρελαίων Βορείου Αιγαίου	Καβάλα	Συνδ. Κύκλος αεριοστοβίλων - ατμοστροβίλου	2x5,5 1x5,5	16,5	Φοσικό Αέριο
9.	Αλουμίνιο της Ελλάδος	Δίστομο	Ατμοστρόβιλοι	3,5+7,8	11,3	Μαζούτ
10.	Εκκοκκιστήρια Βάμβακα	Δαύλεια	Ατμοστρόβιλος	0,5	0,5	Βιομάζα
Σύνολο					222,8	

1.4 Ιστορική Αναδρομή (3)

A. Παγκόσμια Ιστορική Αναδρομή

Η συμπαραγωγή πρωτοεμφανίστηκε στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α. γύρω στα 1890. Κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα, οι περισσότερες βιομηχανίες είχαν δικές τους μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ατμολέβητα – στρόβιλο, που λειτουργούσαν με άνθρακα. Πολλές από τις μονάδες αυτές ήταν συμπαραγωγικές.

Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι περίπου το 58% του ηλεκτρισμού, που παραγόταν σε βιομηχανίες των Η.Π.Α. στις αρχές του αιώνα, προερχόταν από μονάδες συμπαραγωγής.

Κατόπιν ακολούθησε κάμψη κυρίως για δύο λόγους:

- α) ανάπτυξη των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρισμού, που προσέφεραν σχετικά φθηνή και αξιόπιστη ηλεκτρική ενέργεια και
- β) διαθεσιμότητα υγρών καυσίμων και φυσικού αερίου σε χαμηλές τιμές, που έκανε τη λειτουργία λεβήτων οικονομικά συμφέρουσα.

Συνεχίζοντας με το παράδειγμα των Η.Π.Α., η βιομηχανική συμπαραγωγή μειώθηκε στο 15% του όλου δυναμικού ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το 1950 και έπεσε στο 5% μέχρι το 1974. Η κάμψη αυτή έχει πλέον αντιστραφεί σε ανάκαμψη όχι μόνον στις Η.Π.Α. αλλά και σε χώρες της Ευρώπης, στην Ιαπωνία κ.α., γεγονός το οποίο οφείλεται κυρίως στην απότομη αύξηση των τιμών των καυσίμων, από το 1973 και μετά.

Η ανοδική πορεία στη διάδοση της συμπαραγωγής συνοδεύτηκε και από αξιοσημείωτη πρόοδο της σχετικής τεχνολογίας. Οι βελτιώσεις και εξελίξεις συνεχίζονται και νέες τεχνικές αναπτύσσονται και δοκιμάζονται, αλλά ήδη η συμπαραγωγή έχει φθάσει σε επίπεδο ωριμότητας με αποδεδειγμένη αποδοτικότητα 9 και αξιοπιστία. Μια μεγάλη ποικιλία συστημάτων, από πλευράς είδους, μεγέθους και λειτουργικών χαρακτηριστικών, είναι διαθέσιμη.

B. Ιστορική Αναδρομή στην Ελλάδα

Η Συμπαγωγή στην Ελλάδα ξεκινά από τις αρχές του 20ου αιώνα, όταν στο Βόλο και ειδικότερα στην κεραμοποιεία Τσαλαπάτα εγκαταστάθηκε, από Βέλγους μηχανικούς, σύστημα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας για τις ανάγκες της, που λειτούργησε μέχρι και τα τέλη της δεκαετίας του 70. Σε ευρύτερη κλίμακα, οι πρώτες μονάδες Συμπαγωγής εγκαταστάθηκαν σε μεγάλες ελληνικές βιομηχανίες στις αρχές της δεκαετίας του '70. Σήμερα, λειτουργούν μονάδες Συμπαγωγής σε βιομηχανίες ζάχαρης και χάρτου, διυλιστήρια πετρελαίου, κλωστοϋφαντουργίες, κ.λπ. Επίσης, ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες της ΔΕΗ έχουν τροποποιηθεί κατάλληλα, ώστε να καλύπτουν τις θερμικές ανάγκες αστικών περιοχών με τα δίκτυα τηλεθέρμανσης, όπως τα δίκτυα της Κοζάνης, της Πτολεμαΐδας, του Αμυνταίου και της Μεγαλόπολης.

Αναλύοντας τα στοιχεία των εγκαταστάσεων μέχρι σήμερα φαίνεται ότι από το 1990 και μετά έχουμε σημαντικές βελτιώσεις στις εγκαταστάσεις ΣΗΘ στις ελληνικές βιομηχανίες. Η βελτίωση δεν ήταν μόνον ποιοτική αλλά και ποσοτική (αύξηση εγκατεστημένης ισχύος) σε επίπεδο βιομηχανίας. Μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1990, η άφιξη του φυσικού αερίου στην Ελλάδα και οι δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία της Συμπαγωγής, οδήγησαν στη δραστηριοποίηση ενός σημαντικού αριθμού εταιρειών ή οργανισμών, με στόχους την ενημέρωση του επιχειρηματικού κόσμου, την παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών για τη μελέτη και κατασκευή εγκαταστάσεων συμπαγωγής με το "κλειδί στο χέρι", τη συντήρηση, λειτουργία και εκμετάλλευση εγκαταστάσεων συμπαγωγής.

Αν και αρκετές νέες εγκαταστάσεις κατασκευάστηκαν την τελευταία δεκαετία, παίρνοντας μάλιστα χρηματοδότηση από τα υπάρχοντα επενδυτικά προγράμματα, πολλές από τις εγκαταστάσεις ΣΗΘ με φυσικό αέριο έχουν βγει εκτός λειτουργίας. Αυτό οφείλεται στη σχετικά υψηλή τιμή αγοράς του φυσικού αερίου και τη χαμηλή τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, όπου οι δύο αυτές παράμετροι παίζουν καθοριστικό ρόλο για την βιωσιμότητα επενδύσεων ΣΗΘ.

Γενικά η αγορά της Συμπαγωγής μέχρι και σήμερα, παρ' όλα τα θετικά βήματα που έγιναν από το ΥΠΑΝ (π.χ. Ν.2773/99, Ν.346806, 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.λπ.), παραμένει δύσπιστη και σε κατάσταση αναμονής, γιατί έχει συναντήσει έναν αριθμό εμποδίων:

Αύξηση των τιμών του πετρελαίου και κατά συνέπεια του φυσικού αερίου που λειτουργεί εις βάρος της ΣΗΘ.

Δυσκολία στον προσδιορισμό των βασικών μεγεθών για οικονομικοτεχνικές αναλύσεις στον ενεργειακό τομέα.

Έλλειψη ανταγωνιστικής τιμολογιακής πολιτικής για Συμπαραγωγή στον τριτογενή τομέα.

Έλλειψη ανταγωνιστικής τιμολογιακής πολιτικής για Συμπαραγωγή στον βιομηχανικό τομέα. Η υπάρχουσα τιμολόγηση φυσικού αερίου για ΣΗΘ και του τρόπου υπολογισμού της τιμής του ανακοινώθηκε 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.

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.

Σαν συνέπεια των παραπάνω, η συμμετοχή της ΣΗΘ στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι σήμερα της τάξης του 2% και στην εγκατεστημένη ισχύ είναι επίσης της τάξης του 2%, σε αντίθεση με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, όπου 11 χώρες παράγουν πάνω από το 20% της ηλεκτρικής τους ενέργειας από ΣΗΘ και 4 χώρες πάνω από 50%. Ο Ευρωπαϊκός μέσος όρος είναι γύρω στο 10%. Από τη συμπαραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια το 40% παράγεται από καύση φυσικού αερίου, το 19% από καύση άνθρακα και το 10% από ΑΠΕ.

1.5 Λειτουργία (5)

Ο τρόπος λειτουργίας χαρακτηρίζεται από το κριτήριο στο οποίο βασίζεται η ρύθμιση της παραγωγής του ηλεκτρισμού και της ωφέλιμης θερμότητας ενός συστήματος συμπαραγωγής. Υπάρχουν διάφοροι πιθανοί τρόποι λειτουργίας, οι πιο ευδιάκριτοι από τους οποίους παρατίθενται στη συνέχεια:

- *Κάλυψη του θερμικού φορτίου:* Σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, η ωφέλιμη παραγωγή θερμότητας του συστήματος συμπαραγωγής είναι ίση με το θερμικό φορτίο (χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητας του συστήματος). Εάν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερη από το φορτίο η πλεονάζουσα ενέργεια πωλείται στο δίκτυο, ενώ εάν είναι μικρότερη η συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια αγοράζεται από το δίκτυο.
- *Κάλυψη του θερμικού φορτίου βάσης:* Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα ΣΗΘ διαστασιολογείται ώστε να παρέχει την ελάχιστη απαιτούμενη θερμική ενέργεια για την εγκατάσταση. Εφεδρικοί λέβητες ή καυστήρες χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των περιόδων που η ζήτηση θερμότητας είναι υψηλότερη. Ο κύριος κινητήρας της μονάδας λειτουργεί πάντα υπό πλήρες φορτίο. Εάν η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια της εγκατάστασης υπερβαίνει αυτήν που μπορεί να παρέχει ο κύριος κινητήρας, τότε η υπόλοιπη ποσότητα μπορεί να αγοραστεί από το δίκτυο. Αντίστοιχα, εάν το επιτρέπουν οι ισχύοντες νόμοι, η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να πωληθεί στην ηλεκτρική εταιρεία.
- *Κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου:* Κάθε χρονική στιγμή η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση με το ηλεκτρικό φορτίο (χωρίς υπέρβαση της δυναμικότητας του συστήματος ΣΗΘ). Εάν η συμπαραγόμενη θερμότητα είναι μικρότερη από το θερμικό φορτίο ένας βοηθητικός λέβητας υποβοηθά στην κάλυψη των αναγκών, ενώ εάν είναι μεγαλύτερη η πλεονάζουσα θερμότητα απορρίπτεται στο περιβάλλον μέσω συσκευών ψύξης ή μέσω των καυσαερίων.
- *Κάλυψη του ηλεκτρικού φορτίου βάσης:* Σε αυτήν τη διάταξη, η μονάδα ΣΗΘ διαστασιολογείται ώστε να ικανοποιεί την ελάχιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης, βάσει της καμπύλης των ιστορικών αναγκών. Οι υπόλοιπες ανάγκες σε ηλεκτρισμό καλύπτονται από το δίκτυο.

Οι θερμικές ανάγκες της εγκατάστασης θα μπορούσαν να καλυφθούν από το σύστημα συμπαραγωγής μόνο ή με πρόσθετους λέβητες. Εάν η θερμική ενέργεια που παράγεται σύμφωνα με το ηλεκτρικό φορτίο βάσης υπερβαίνει τις απαιτήσεις της εγκατάστασης, και εάν το επιτρέπουν οι συνθήκες, η πλεονάζουσα θερμική ενέργεια μπορεί να πωληθεί σε γειτονικούς πελάτες.

- *Μικτή κάλυψη*: Σε ορισμένες χρονικές περιόδους ακολουθείται ο τρόπος κάλυψης του θερμικού φορτίου, ενώ σε άλλες περιόδους ακολουθείται ο τρόπος κάλυψης 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.

- *Αυτόνομη λειτουργία*: Υφίσταται πλήρης κάλυψη των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή χωρίς σύνδεση με το δίκτυο. Αυτός ο τρόπος απαιτεί να διαθέτει το σύστημα ηλεκτρική και θερμική δυναμικότητα εφεδρείας, έτσι ώστε στην περίπτωση που μια μονάδα τεθεί εκτός λειτουργίας για οποιοδήποτε λόγο, οι υπόλοιπες μονάδες να είναι σε θέση να καλύψουν το ηλεκτρικό και το θερμικό φορτίο. Αυτή είναι και η πιο δαπανηρή στρατηγική, τουλάχιστον από την άποψη του αρχικού κόστους του συστήματος. Γενικά, η λειτουργία κάλυψης του θερμικού φορτίου οδηγεί στον υψηλότερο βαθμό αξιοποίησης του καυσίμου (λόγος εξοικονόμησης ενέργειας καυσίμων - *FESR*) και ίσως στην καλύτερη οικονομική απόδοση της συμπαραγωγής, τόσο στο βιομηχανικό όσο και στον κτιριακό τομέα. Στον τομέα των εταιριών ηλεκτροπαραγωγής, ο τρόπος λειτουργίας εξαρτάται από το συνολικό φορτίο του δικτύου, τη διαθεσιμότητα των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και τις υποχρεώσεις της εταιρίας προς τους πελάτες της, όσον αφορά την τροφοδοσία τους με ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα. Εντούτοις, η εφαρμογή γενικών κανόνων δεν είναι η συνετότερη προσέγγιση για την περίπτωση της συμπαραγωγής. Κάθε εφαρμογή έχει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, υπάρχει μια πληθώρα συστημάτων ΣΗΘ (ανάλογα με τον τύπο της τεχνολογίας, το μέγεθος, τη διαμόρφωση), ενώ η σχεδίαση ενός συστήματος συμπαραγωγής μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες του χρήστη και έχει επιπτώσεις στους δυνατούς τρόπους λειτουργίας του, και το αντίστροφο. Εξάλλου, κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος μπορεί να μεταβάλλονται οι διάφορες τεχνικές και οικονομικές παράμετροι με την ημέρα και τη χρονική στιγμή.

Όλες αυτές οι πτυχές καθιστούν αναγκαία τη λήψη αποφάσεων όχι βάσει γενικών κανόνων μόνο, αλλά με τη χρήση συστηματικών διαδικασιών βελτιστοποίησης που βασίζονται στο μαθηματικό προγραμματισμό, τόσο για το σχεδιασμό όσο και για τη λειτουργία του συστήματος. Για τη λειτουργία των συστημάτων συμπαραγωγής, ειδικότερα, διατίθενται συστήματα ελέγχου βασισμένα σε μικροεπεξεργαστές. Αυτά παρέχουν τη δυνατότητα τα διάφορα συστήματα ΣΗΘ να λειτουργούν για την κάλυψη κάποιου φορτίου βάσης, να παρακολουθούν τα ηλεκτρικά ή τα θερμικά φορτία, είτε να λειτουργούν κατά ένα οικονομικότεχνικά 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 μικρο-επεξεργαστής 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

1.6 Νομοθεσία στην Ελλάδα για ΣΗΘ

Η συμπαραγωγή δίνει στον καταναλωτή σημαντική δυνατότητα της κάλυψης των τελικών ενεργειακών του αναγκών, αλλά και στον παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας τη δυνατότητα παραγωγής με πολύ υψηλότερη θερμοδυναμική απόδοση απ' ό,τι οι παραδοσιακές μέθοδοι. Επομένως θα έπρεπε, λογικά, η ευρύτατη διάδοση των τεχνολογιών της συμπαραγωγής να εξαρτάται κυρίως από την οικονομικότητα των εμπορικά διαθέσιμων τεχνολογιών και η προσπάθεια να κατευθύνεται προς τη σταδιακή μείωση του κόστους των συστημάτων αυτών, ώστε να αυξάνει το επιχειρηματικό ενδιαφέρον. Αυτό όμως δε συνέβαινε για αρκετά χρόνια στην Ελλάδα, αφού μόνο τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση, κυρίως με τους νόμους 3468/2006 και 3851/2010. Ακολουθεί μία μικρή ανάλυση της νομοθεσίας διαχρονικά.

Ο Ν.2244/94 ουσιαστικά καθόρισε την απελευθέρωση, εν μέρει, της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες παραγωγής ισχύος μέχρι 50 Mwe, οι οποίες αξιοποιούν ΑΠΕ ή είναι μονάδες ΣΗΘ. Δινόταν επίσης η δυνατότητα ΣΗΘ με φυσικό αέριο. Για τους ανεξάρτητους παραγωγούς, ο Ν.2244/94 προέβλεπε τη δυνατότητα ΣΗΘ, με μονάδες συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο το φυσικό αέριο και με ισχύ το πολύ ίση με τη θερμική και ψυκτική ισχύ των επιχειρήσεων που εξυπηρετούνται. Για τους αυτοπαραγωγούς, επιτρεπόταν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με παραγωγή θερμότητας / ψύξης με ισχύ σταθμού το πολύ ίση με τη θερμική και ψυκτική ισχύ των εγκαταστάσεων του αυτοπαραγωγού, εφόσον πρόκειται για ΣΗΘ από συμβατικά καύσιμα, και αντίστοιχα χωρίς περιορισμό ισχύος, εφόσον πρόκειται για ενεργειακή αξιοποίηση υποπαραγωγών βιομηχανικού κυκλώματος ή από ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας. Στο νόμο επιδιώχθηκε η προώθηση της ΣΗΘ με την απόδοση κινητήρων και την προσπάθεια απλούστευσης των διαδικασιών και ρυθμίζονταν θέματα σχετικά με τη διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας και τις άδειες εγκατάστασης και λειτουργίες των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας οριζόταν βάσει του αντίστοιχου τιμολογίου της ΔΕΗ και προβλεπόταν ίση με το 60% του σκέλους ενέργειας.

Στην περίπτωση της ανεξάρτητης ηλεκτροπαραγωγής με μονάδες ΣΗΘ καύσης φυσικού αερίου, η τιμή αγοράς καθοριζόταν βάσει του τιμολογίου της ΔΕΗ και περιείχε σκέλος ενέργειας (70% του αντίστοιχου τιμολογίου της ΔΕΗ) και σκέλος ισχύος (70% του αντίστοιχου τιμολογίου της ΔΕΗ). Σχετικά με τις άδειες ο Νόμος προέβλεπε τη γνωμοδότηση της ΔΕΗ για την απορρόφηση της ηλεκτρικής ενέργειας και των προϋποθέσεων σύνδεσης στο Δίκτυο, διατάξεις του καταργήθηκαν με το Ν.2773/99.

Με το Ν.2273/1999 ρυθμίζονταν και θέματα ΣΗΘ, σύμφωνα με το πνεύμα της οδηγίας 96/92/ΕΚ, την οποία ο νόμος ενσωμάτωνε στο εθνικό θεσμικό πλαίσιο. Με τον νόμο προβλεπόταν η δυνατότητα να δίνεται προτεραιότητα από την κατανομή για τη συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και καθοριζόταν τα ελάχιστα κριτήρια απόδοσης για μονάδες ΣΗΘ. Επίσης, ο νόμος, εισήγαγε νέες ρυθμίσεις σχετικά με την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενης από ΑΠΕ ή ΣΗΘ.

Ο Ν.3175/2003 δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού αλλά και για τη διανομή της θερμικής ενέργειας μέσα από δίκτυα θερμότητας, περιγράφοντας τη διαδικασία διανομής θερμικής ενέργειας σε τρίτους και καθορίζοντας την αδειοδοτική διαδικασία για τη λειτουργία δικτύων διανομής θερμότητας και ειδικότερα αυτών που σχετίζονται με εγκαταστάσεις ΣΗΘ. Με την άδεια καθορίζονται ο χρόνος ισχύος της, η περιοχή κατασκευής του δικτύου θερμότητας, η τεχνολογία και οι όροι της διανομής θερμότητας στους καταναλωτές.

Αν η θερμική ενέργεια παράγεται από εγκαταστάσεις ΣΗΘ, η Άδεια Διανομής Θερμικής Ενέργειας χορηγείται μαζί με την Άδεια Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Η ΚΥΑ αυτή τροποποιεί και συμπληρώνει την αντιστοίχιση των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία.

Η ΚΥΑ έλυσε το χρόνιο πρόβλημα με την αδειοδότηση της ΣΗΘ σε κτήρια, προηγουμένως απαγορευόταν λόγω όχλησης.

Η Κοινοτική Οδηγία 2004/8/ΕΚ δημιουργεί το πλαίσιο για την προώθηση συμπαραγωγής ενέργειας με βάση τη ζήτηση για χρήσιμη θερμότητα.

Εισάγει την έννοια της Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας, κατηγοριοποιώντας τα συστήματα ΣΗΘ ανάλογα με την ισχύ τους σε πολύ μικρή ΣΗΘ (έως 50kEw), μικρή ΣΗΘ (έως 1 MWe) και ΣΗΘ(> 1MWe).

Η Κοινοτική Οδηγία 2005/32/ΕC δημιουργεί το πλαίσιο για τον οικολογικό σχεδιασμό προϊόντων που καταναλώνουν ενέργεια και αφορά τα συστήματα πολύ μικρής ΣΗΘ.

Ο Ν.3468/2006 εισήγαγε νέο πλαίσιο για τη χορήγηση άδειας, παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΣΗΘ Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ). Ο νόμος αναφέρεται ρητά στη ΣΗΘ Υψηλής Αποδοτικότητας, όπως αυτή ορίζεται από την ΚΟ 2004/8/ΕΚ, απλοποιείται η αδειοδοτική διαδικασία για επενδύσεις ΣΗΘΥΑ και τίθενται αποκλειστικές προθεσμίες για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας για έργα ΣΗΘΥΑ. Θεσμοθετείται Κανονισμός Αδειών για την παραγωγή Η.Ε. από ΣΗΘΥΑ. Καθορίζεται η τιμολόγηση της Η.Ε. που παράγεται από ΣΗΘΥΑ και απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, με σκοπό την απεξάρτηση από τα τιμολόγια της ΔΕΗ και τη διασφάλιση των επενδύσεων. Ο νόμος έθεσε νέες βάσεις για την αδειοδότηση έργων ΣΗΘΥΑ, ιδιαίτερα στην έγκριση των περιβαλλοντικών μελετών, θέτει αυστηρότερα κριτήρια για την έγκριση των ΠΠΕ/ΜΠΕ και συντομότερο χρόνο για την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων από τις αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες.

Ο Ν. 3734/09 ενσωματώνει πλήρως την Κοινοτική Οδηγία 2004/8/ΕΚ. Βασικές τομές του νόμου είναι η μέθοδος υπολογισμού της ηλεκτρικής ενέργειας από ΣΗΘ, ο υπολογισμός αποδοτικότητας της ΣΗΘ. Επίσης σημαντικό σημείο είναι η κατηγοριοποίηση των συστημάτων ΣΗΘΥΑ, ως προς το όριο του 1 MWe (μικρή ΣΗΘ), εγκρίνοντας ή όχι άπαξ, διάφορους τύπους μηχανών διαφόρων κατασκευαστών, για την περιβαλλοντική τους συμπεριφορά. Έτσι, ο κάθε επενδυτής θα υποβάλει μόνο το έγγραφο έγκρισης της μηχανής ΣΗΘΥΑ, σχετικά με την περιβαλλοντική έγκριση.

Ο νόμος Ν. 3851/2010 με τίτλο <<Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής>> προωθεί την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. (Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης) ως εξής:

Α) Καθορίζει σαφώς την έννοια του παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας όπως φαίνεται: Παραγωγός από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α : Ο παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε) ή από μονάδες Συμπααραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης Αυτοπαραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε ή Σ.Η.Θ.Υ.Α : Ο Παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από μονάδες Α.Π.Ε ή Σ.Η.Θ.Υ.Α κυρίως για δική του χρήση και διοχετεύει τυχόν πλεόνασμα της ενέργειας αυτής στο Σύστημα ή στο Δίκτυο.

Αυτόνομος Παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε: Ο Παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από Α.Π.Ε και του οποίου ο σταθμός δεν είναι συνδεδεμένος με το Σύστημα ή το Δίκτυο.(Ο ορισμός αυτός επεκτείνεται έμμεσα και για τις μονάδες συμπααραγωγής υψηλής απόδοσης)

Β) Η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε και Σ.Η.Θ.Υ.Α χορηγείται για χρονικό διάστημα μέχρι είκοσι έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρόνο. Όμως οι παραγωγοί με Σ.Η.Θ.Υ.Α έως 1 MW εγκατεστημένης ισχύος απαλλάσσονται από την υποχρέωση της άδειας

Γ) Καθορίζεται η τιμή της πωλούμενης στο Δίκτυο ενέργειας, συναρτήσει του της τιμής του φυσικού αερίου ως εξής:

Τιμή Ενέργειας (€/MWh)=87,85*ΣΡ.

ΣΡ είναι ο συντελεστής ρήτρας φυσικού αερίου ο οποίος ορίζεται ως εξής: $\Sigma P = 1 + (M.T.\Phi.A. - 26) / (100 * \eta_{el})$

Όπου:

M.T.Φ.Α.: η ανά τρίμηνο μέση μοναδιαία τιμή πώλησης φυσικού αερίου για συμπααραγωγή 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.

ηel: 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.

Όπως φαίνεται τα πλεονεκτήματα των συστημάτων Σ.Η.Θ. με καύση φυσικού αερίου στην Ελλάδα παρουσίασαν κάποια εμπόδια στη διάδοσή τους, κυρίως λόγω της ελλιπούς ενημερώσεως και υποστηρίξεως επενδυτών, καθώς και λόγω οικονομικής και επιχειρηματικής αδράνειας. Πλέον, όμως, υπάρχουν στελέχη επιχειρήσεων την απαραίτητη γνώση του αντικειμένου, ενώ υπάρχει και εξειδικευμένο προσωπικό για τη λειτουργία αυτών των συστημάτων. Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις δε δυσκολεύονται πια στην ετοιμασία του φακέλου μιας προτάσεως προς έγκριση και ενδεχομένως και χρηματοδότηση. Ακόμη, το ύψος της αρχικής επένδυσης μειώνεται διαρκώς, ενώ στην τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχει συγκεκριμένη πολιτική.

Πλέον μπορούν να λειτουργήσουν σχήματα χρηματοδότησης από τρίτους (Third Party Financing) και οι εταιρίες παροχής ενεργειακών υπηρεσιών (Ε.Π.Ε.Υ. ή στα Αγγλικά Energy Service Companies). Επιπλέον λόγω πρόσφατου νομικού πλαισίου, διευκολύνεται η συμπαραγωγή σε Βιομηχανικές Περιοχές ή κοινοπραξίες επιχειρήσεων. Η συμπαραγωγή από ανεξάρτητους παραγωγούς επιτρέπεται όχι μόνον με τη χρήση φυσικού αερίου, αλλά και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με το ρόλο της Δ.Ε.Η να είναι ιδιαιτέρως αποδυναμωμένος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

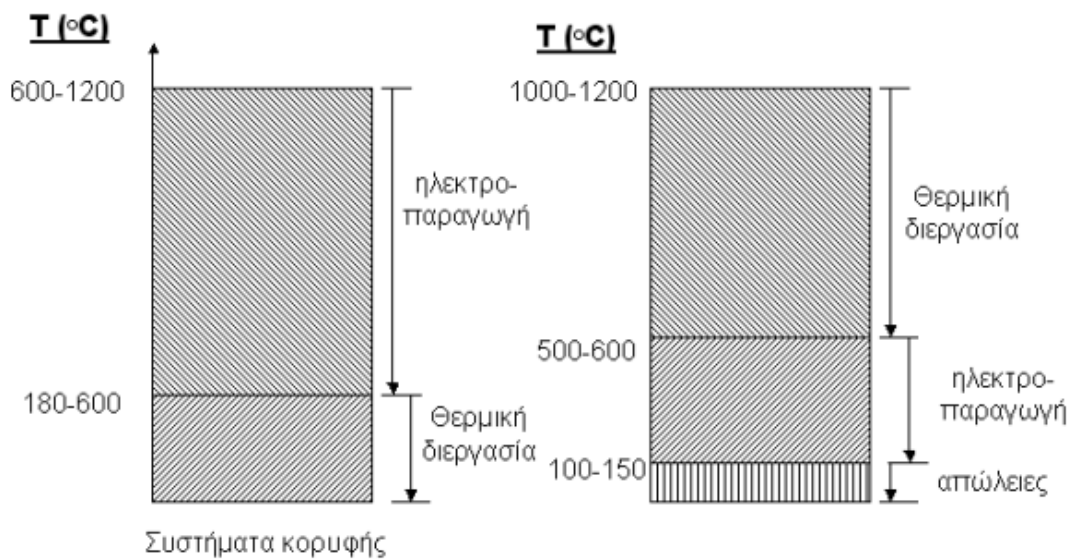
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΤΥΠΟΙ) (6)

2.1 Γενικά

Τα περισσότερα συστήματα συμπαραγωγής μπορούν να χαρακτηρισθούν 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 παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στα συστήματα βάσης, παράγεται πρώτα θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας (όπως, π.χ., σε φούρνους χαλυβουργιών, υαλουργιών, εργοστασίων τσιμέντου, κ.λ.π.) και κατόπιν τα θερμά αέρια διοχετεύονται συνήθως σε λέβητα ανάκτησης θερμότητας, όπου παράγεται ατμός που κινεί ατμοστροβιλογεννήτρια. Είναι επίσης δυνατό τα θερμά αέρια να διοχετευθούν σε αεριοστρόβιλο, που κινεί την ηλεκτρογεννήτρια, χωρίς την παρεμβολή λέβητα. Το παρακάτω σχήμα δίνει ενδεικτικές τιμές θερμοκρασιών για τις δύο κατηγορίες συστημάτων.



Στις ακόλουθες ενότητες επιχειρείται σύντομη περιγραφή των βιομηχανικών συστημάτων συμπαραγωγής

2.2 Συστήματα Ατμοστροβίλου

Είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα συμπαραγωγής, κατάλληλα για ισχείς 500 kW - 100 MW 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%. Για σύγκριση, υπενθυμίζεται ότι ο βαθμός απόδοσης ενός συμβατικού ατμοηλεκτρικού σταθμού βρίσκεται στην περιοχή του 35%.

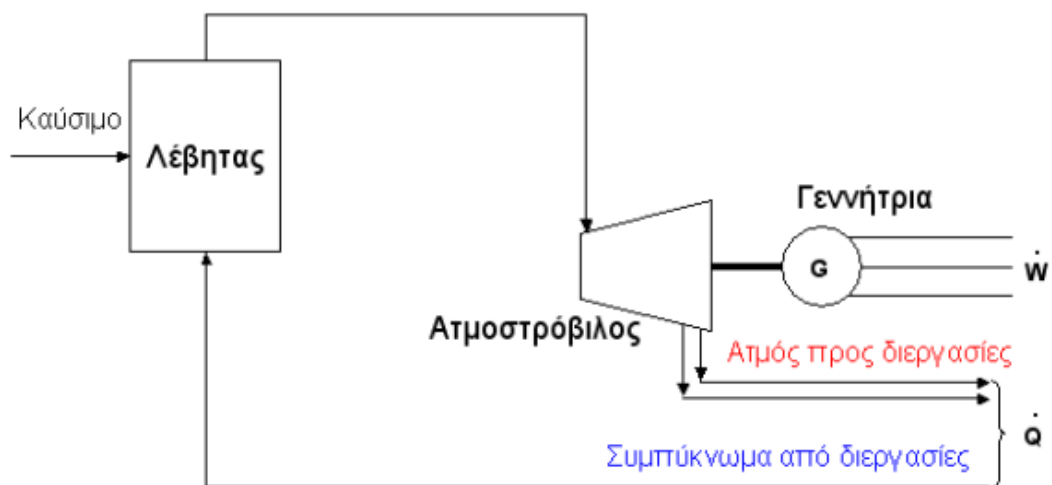
Τα συστήματα ατμοστροβίλου έχουν υψηλή αξιοπιστία*, που φθάνει το 95%, υψηλή διαθεσιμότητα** (90-95%) και μεγάλη διάρκεια ζωής (25-35 έτη). Όμως, ο χρόνος εγκατάστασης είναι σχετικά μεγάλος: 12 - 18 μήνες για μικρές μονάδες και μέχρι τρία έτη για μεγαλύτερα συστήματα.

* Ως αξιοπιστία εδώ θεωρείται η πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικά ένα σύστημα για δεδομένο χρονικό διάστημα και με προκαθορισμένες συνθήκες.

** Διαθεσιμότητα είναι η πιθανότητα να λειτουργεί ικανοποιητικά ένα σύστημα σε τυχαία χρονική στιγμή. Η μέση ετήσια διαθεσιμότητα είναι ίση με το ποσοστό του χρόνου (π.χ., των 8760 ωρών του έτους) κατά το οποίο ένα σύστημα μπορεί να λειτουργεί ικανοποιητικά (παίρνονται υπόψη η προληπτική συντήρηση και οι έκτακτες βλάβες)

2.2.1 Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης

Ατμός υψηλής πίεσης (20-100 bar) και θερμοκρασίας (480-540 °C) παράγεται σε λέβητα με κατανάλωση καυσίμου και χρησιμοποιείται για την κίνηση ατμοστροβίλου, στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη ηλεκτρογεννήτρια. Ο ατμός βγαίνει από το στρόβιλο 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 (δηλ. εξαγωγή) μέρους του ατμού από ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου στις επιθυμητές πιέσεις είναι επίσης δυνατή.



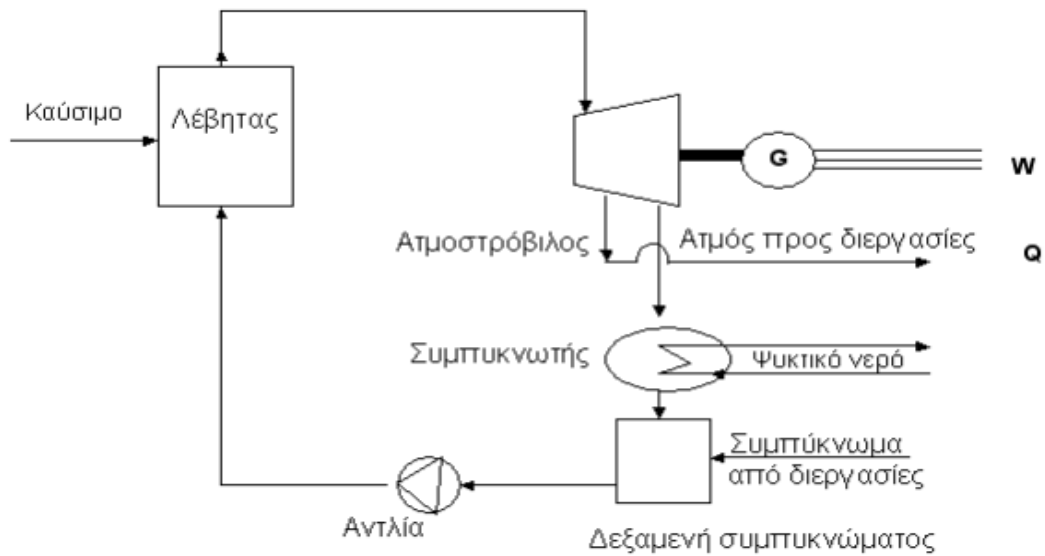
Σε σύγκριση με το σύστημα απομάστευσης, που περιγράφεται ακολούθως, το σύστημα αντίθλιψης έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Απλή μορφή
- Μικρότερο κόστος
- Μειωμένη ή και καθόλου ανάγκη ψυκτικού νερού
- Υψηλότερο βαθμό απόδοσης (περίπου 85%), κυρίως διότι δεν αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον μέσω ψυγείου.

Σημαντικό μειονέκτημά του, όμως, είναι ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι στενά συνδεδεμένη με την απαιτούμενη θερμότητα. Έτσι, (α) είναι αδύνατη η ανεξάρτητη λειτουργία του ατμοηλεκτρικού σταθμού από το δίκτυο θέρμανσης, και (β) είναι αναγκαία η αμφίδρομη σύνδεση με το δίκτυο ηλεκτρισμού για την κάλυψη πρόσθετων αναγκών ή για τη διοχέτευση της πιθανής περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2.2 Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο απομάστευσης

Μέρος του ατμού απομαστεύεται από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου στις επιθυμητές πιέσεις, ενώ ο υπόλοιπος εκτονώνεται μέχρι τη πίεση του συμπυκνωτή (λέγεται και ψυγείο ατμού) που είναι 0,05-0,10 bar.

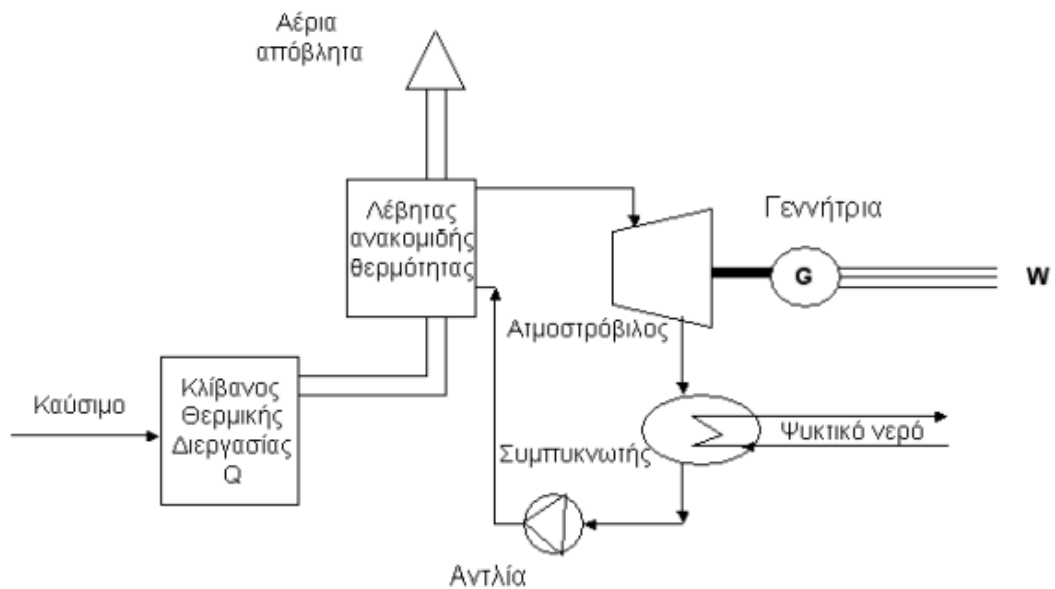


Τα συστήματα απομάστευσης είναι ακριβότερα και έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης (περίπου 80%) από τα συστήματα αντίθλιψης. Όμως, έχουν τη δυνατότητα ανεξάρτητης (μέσα σε ορισμένα όρια) ρύθμισης της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση της ολικής παροχής ατμού και επομένως της παροχής ατμού προς τον συμπυκνωτή.

2.2.3 Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο σε κύκλο βάσης ατμού

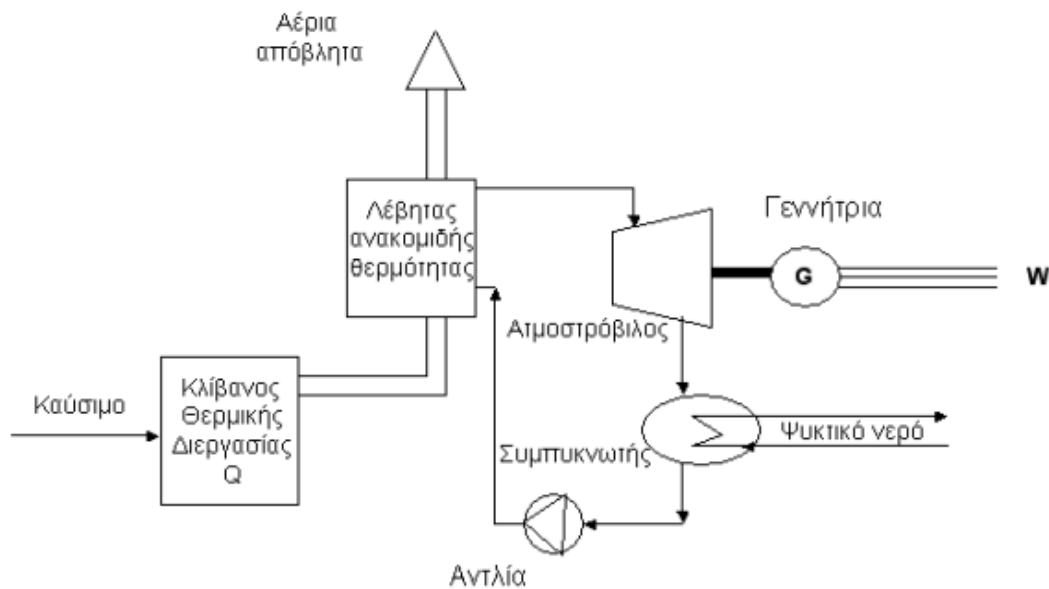
Αρκετές βιομηχανίες (π.χ. χαλυβουργεία, υαλουργεία, κεραμουργεία, εργοστάσια τσιμέντου, εργοστάσια αλουμινίου, διωλιστήρια πετρελαίου, κ.λ.π.) έχουν αέρια απόβλητα υψηλής θερμοκρασίας.

Μετά τη θερμική διεργασία, τα αέρια αυτά μπορούν να περάσουν μέσα από λέβητα ανάκτησης θερμότητας, όπου παράγεται ατμός που κινεί μια ατμοστροβιλογεννήτρια. Έτσι, η μονάδα παραγωγής θερμότητας μετατρέπεται σε σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού.



2.2.4 Κύκλοι Βάσης Rankine με Οργανικά Ρευστά

Στον κύκλο βάσης του παρακάτω σχήματος, εργαζόμενο μέσο είναι το νερό, που εξατμίζεται με ανάκτηση θερμότητας από αέρια υψηλής θερμοκρασίας (600 °C ή και υψηλότερης). Η παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας με ανάκτηση θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας (80-300 °C) είναι δυνατή, εάν αντί του νερού χρησιμοποιηθούν οργανικά ρευστά, π.χ. τολουένιο, που έχουν θερμοκρασία βρασμού αρκετά χαμηλότερη εκείνης του νερού. Έτσι, πηγές θερμότητας μπορούν να είναι η ηλιακή ενέργεια, βιομηχανικά απόβλητα, γεωθερμική ενέργεια, καυσαέρια ή θερμότητα ψήξης μηχανών, κ.λ.π.



Η ισχύς των συστημάτων αυτών κυμαίνεται στην περιοχή 2 kW- 10 MW. Ο βαθμός απόδοσης είναι μικρός, 10-30%, αλλά σημασία έχει το γεγονός ότι ένα τέτοιο σύστημα παράγει πρόσθετη ισχύ χωρίς να ξοδεύει καύσιμο. Από κατασκευαστικής πλευράς, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των υλικών, ώστε να μην παθαίνουν διάβρωση από το οργανικό ρευστό (π.χ. χρήση ανοξείδωτου χάλυβα), και στη στεγανότητα των στοιχείων του συστήματος, ώστε να μη διαφεύγει το οργανικό ρευστό στην ατμόσφαιρα.

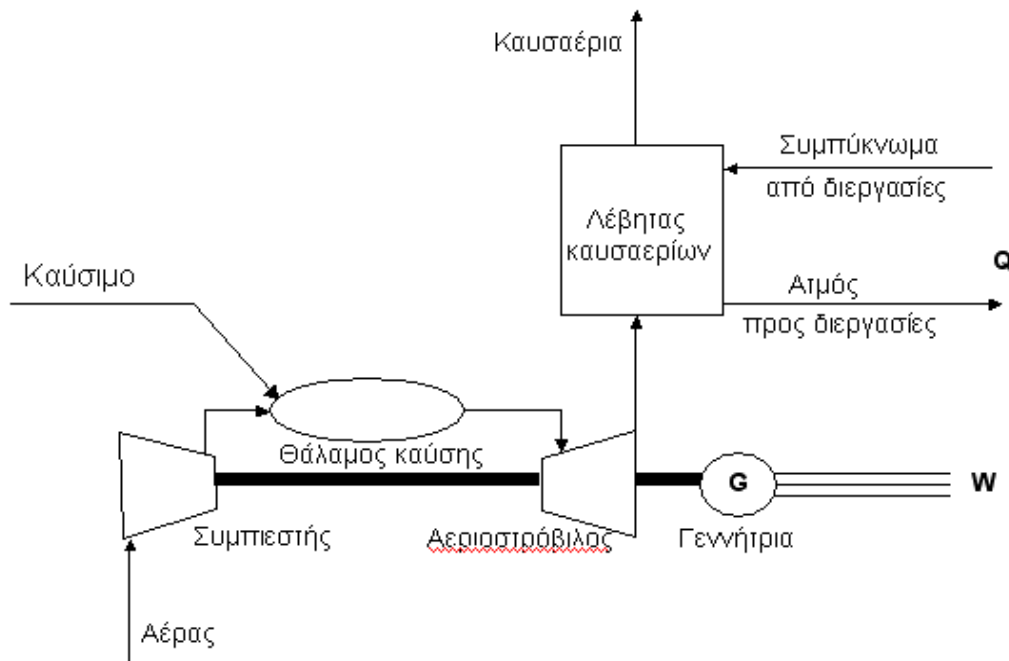
Ο χρόνος εγκατάστασης μικρών συστημάτων (μέχρι 50 kW), και ιδιαίτερα εκείνων που είναι κατάλληλα για χρήση στον εμπορικό - κτιριακό τομέα, είναι 4-8 μήνες, ενώ για μεγαλύτερες μονάδες είναι 1-2 έτη. Εκτιμάται ότι η μέση ετήσια διαθεσιμότητα τους είναι 80-90%. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 20 έτη.

2.3 Συστήματα αεριοστρόβιλου

Υπάρχουν δύο βασικές διατάξεις: ανοικτού κύκλου και κλειστού κύκλου.

2.3.1 Συστήματα αεριοστροβίλου ανοικτού κύκλου

Οι περισσότερες αεριοστροβλικές μονάδες είναι ανοικτού τύπου, όπου αέρας αναρροφάται από την ατμόσφαιρα, συμπιέζεται και οδηγείται στο θάλαμο καύσης. Τα καυσαέρια εκτονώνονται στον αεριοστρόβιλο (που κινεί τη γεννήτρια), από τον οποίο βγαίνουν σε 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, γεγονός που αυξάνει το βαθμό απόδοσης στο 60-80%. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι εκμετάλλευσης της θερμότητας των καυσαερίων:

Άμεση χρήση σε θερμικές διεργασίες (θέρμανση, ξήρανση, κ.λ.π.).

Διοχέτευση των καυσαερίων σε λέβητα ανάκτησης 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). Στη δεύτερη περίπτωση πρόκειται για σύστημα συνδυασμένου κύκλου, που περιγράφεται εκτενέστερα σε επόμενη ενότητα.

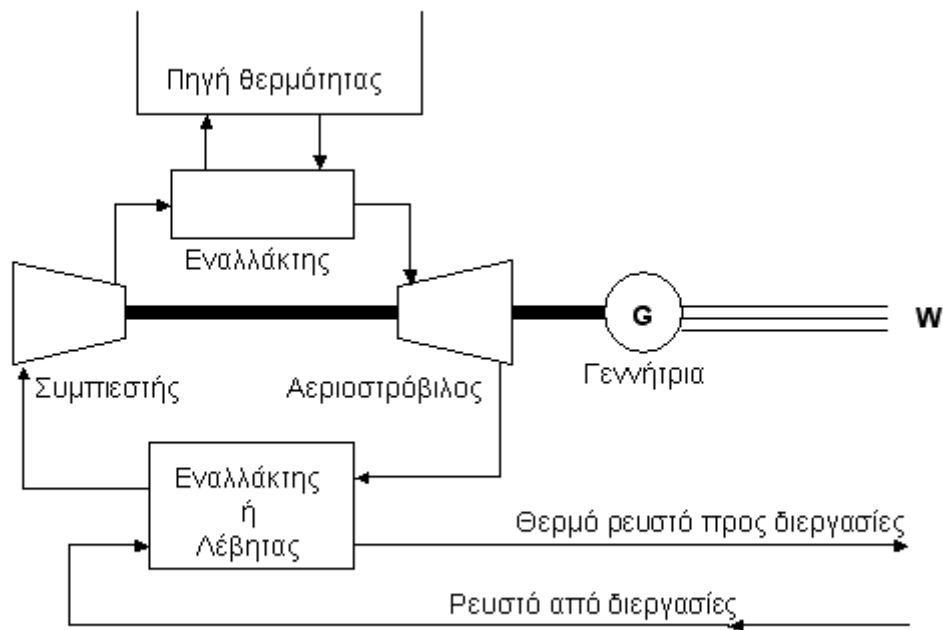
Και στους δύο τρόπους, είναι δυνατή η αύξηση του θερμικού περιεχομένου (δηλ. της θερμοκρασίας) των καυσαερίων, και επομένως της αποδιδόμενης θερμότητας, όταν απαιτείται. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στην υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου των καυσαερίων. Καυστήρες τοποθετημένοι μετά τον αεριοστρόβιλο χρησιμοποιούν τα καυσαέρια για την καύση πρόσθετου καυσίμου.

Τα συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου έχουν ισχύ 100 kW - 100 MW. Λειτουργούν συνήθως με φυσικό αέριο ή ελαφρά αποστάγματα πετρελαίου (π.χ. καύσιμο Diesel), ενώ ευοίωνες παρουσιάζονται οι προοπτικές για χρήση προϊόντων εξαερίωσης γαιανθράκων. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν καύσιμα αέρια που παράγονται, π.χ., κατά την καταλυτική σχάση υδρογονανθράκων σε διυλιστήρια πετρελαίου. Γενικά, πάντως, χρειάζεται προσοχή: επειδή τα πτερύγια του αεριοστροβίλου είναι εκτεθειμένα στα προϊόντα της καύσης και τα προϊόντα αυτά πρέπει να μην έχουν συστατικά που προκαλούν διάβρωση (νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, βανάδιο, θείο, κ.λ.π.), καθώς και τα στερεά σωματίδια πρέπει να είναι αρκετά μικρού μεγέθους ώστε να μην προκαλούν φθορά κατά την πρόσκρουσή τους στα πτερύγια. Εάν το καυσαέριο περιέχει τέτοια συστατικά, πρέπει να καθαριστεί με ειδικές διατάξεις, πριν οδηγηθεί στον αεριοστρόβιλο. Είναι επίσης ενδεχόμενο το καύσιμο να χρειασθεί καθαρισμό πριν από την εισαγωγή του στο θάλαμο καύσης.

Ο χρόνος εγκατάστασης των συστημάτων συμπαραγωγής αεριοστροβίλων είναι 9-14 μήνες για ισχύς μέχρι 7 MW και φθάνει τα δύο έτη για μεγαλύτερες μονάδες. Η αξιοπιστία και η μέση ετήσια διαθεσιμότητα συστημάτων αεριοστροβίλου που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο είναι συγκρίσιμες με εκείνες των συστημάτων ατμοστροβίλου. Οι μονάδες που λειτουργούν με υγρό καύσιμο απαιτούν πιο συχνές συντηρήσεις, με συνέπεια τη χαμηλότερη διαθεσιμότητα. Η χρήσιμη διάρκεια ζωής είναι 15-20 έτη και μπορεί να μειωθεί σημαντικά από καύσιμο κακής ποιότητας ή ανεπαρκή συντήρηση.

2.3.2 Συστήματα αεριοστροβίλου κλειστού κύκλου

Στα συστήματα κλειστού κύκλου το εργαζόμενο ρευστό (συνήθως ήλιο ή αέρας) κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Θερμαίνεται μέχρι την κατάλληλη θερμοκρασία σε εναλλάκτη θερμότητας πριν από την είσοδο στον αεριοστρόβιλο και ψύχεται μετά την έξοδό του από αυτόν. Καθώς το ρευστό δε συμμετέχει στην καύση, διατηρείται καθαρό και έτσι αποφεύγεται η μηχανική και χημική διάβρωση του αεριοστροβίλου 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 την πηγή θερμότητας.



Στην Ευρώπη και Ιαπωνία λειτουργούν συστήματα αυτού του τύπου με ισχείς 2-50 MW, ο αριθμός τους όμως είναι περιορισμένος. Μετά την απόκτηση αρκετής εμπειρίας, η αξιοπιστία των συστημάτων κλειστού κύκλου 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.

2.4 Συστήματα με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης

Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. μονάδες μικρής κλίμακας με αεριομηχανή (15-1000 kW) ή κινητήρα Diesel (75-1000 kW).
2. συστήματα μέσης ισχύος (1000-6000 kW) με αεριομηχανή ή κινητήρα Diesel
3. συστήματα μεγάλης ισχύος (άνω των 6000 kW) με κινητήρα Diesel.

2.4.1 Αεριομηχανές (gas engines)

Ονομάζονται οι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης που λειτουργούν με αέριο καύσιμο, π.χ., φυσικό αέριο, βιοαέριο, κ.λ.π. Είναι εμπορικά διαθέσιμοι οι ακόλουθοι τύποι αεριομηχανών:

Βενζινοκινητήρες αυτοκινήτων που έχουν μετατραπεί σε αεριομηχανές. Είναι συνήθως μικρές μηχανές (15-30 kW), ελαφρές, με μεγάλη συγκέντρωση ισχύος. Η μετατροπή πολύ λίγο επηρεάζει το βαθμό απόδοσης, ενώ μειώνει την ισχύ κατά 18% περίπου. Χάρη στη μαζική παραγωγή οι τιμές τους είναι χαμηλές, αλλά η διάρκεια ζωής τους είναι σχετικά μικρή (10000-30000 ώρες)

Κινητήρες Diesel αυτοκινήτων που έχουν μετατραπεί σε αεριομηχανές. Έχουν ισχύ μέχρι 200 kW. Η μετατροπή επιτυγχάνεται με τροποποιήσεις των εμβόλων, των κεφαλών και του μηχανισμού των βαλβίδων, που επιβάλλονται από το ότι η έναυση δε γίνεται πλέον με απλή συμπίεση αλλά με σπινθηριστή.

Η μετατροπή συνήθως δεν προκαλεί μείωση της ισχύος, καθώς υπάρχει περιθώριο μείωσης της περισσειας αέρα.

Σταθερές μηχανές* που έχουν μετατραπεί σε αεριομηχανές ή που έχουν από την αρχή σχεδιασθεί ως αεριομηχανές. Οι μηχανές αυτές είναι βαριές και στιβαρές. Κατασκευάζονται για εφαρμογές στη βιομηχανία και στα πλοία. Η ισχύς τους φθάνει

τα 3000 kW. Η ανθεκτική κατασκευή τους μειώνει τις απαιτήσεις συντηρήσεων αλλά αυξάνει το κόστος της αγοράς τους. Είναι μηχανές κατάλληλες για συνεχή λειτουργία σε υψηλό φορτίο.

Σταθερές μηχανές διπλού καυσίμου. Είναι κινητήρες Diesel ισχύος μέχρι 6000 kW. Το καύσιμο αποτελείται κατά 90% από φυσικό αέριο, η έναυση του οποίου γίνεται όχι με σπινθηριστή αλλά με έγχυση υγρού καυσίμου Diesel (που αποτελεί το υπόλοιπο 10% της προσφερόμενης ενέργειας). Έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να λειτουργούν είτε με φυσικό αέριο είτε με καύσιμο Diesel, το οποίο βέβαια αυξάνει το κόστος αγοράς και συντήρησης.

*Λέγονται σταθερές μηχανές (stationary engines) σε αντιδιαστολή από τις μηχανές αυτοκινήτων, τραίνων, πλοίων, κ.λ.π. που είναι κινητές, δηλ. μεταφερόμενες.

2.4.2 Οι Κινητήρες Diesel

Διακρίνονται σε ταχύστροφους, μεσόστροφους και βραδύστροφους. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τα όρια ταχύτητας περιστροφής και ισχύος για τον κάθε τύπο, χωρίς τα όρια αυτά να είναι απόλυτα αυστηρά.

Χαρακτηριστικά κινητήρων Diesel

ΤΥΠΟΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (RPM)	ΙΣΧΥΣ (KW)	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΤΑΧΥΣΤΡΟΦΟΣ	1200-3600	75-1.500	ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ-ΠΛΟΙΑ
ΜΕΣΟΣΤΡΟΦΟΣ	500-1200	500-15.000	ΠΛΟΙΑ-ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΣ
ΒΡΑΔΥΣΤΡΟΦΟΣ	100-80	2.000-40.000	ΠΛΟΙΑ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

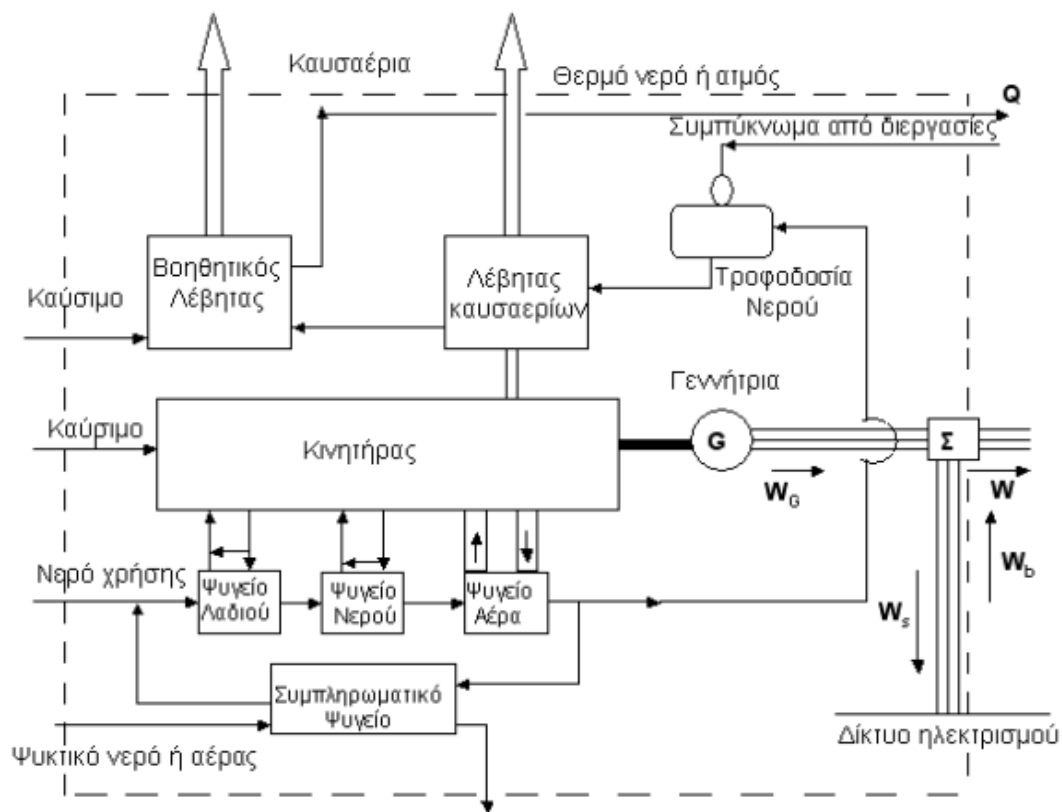
Κατάλληλα καύσιμα είναι όλα τα αποστάγματα πετρελαίου (τα βαρύτερα για τους μεγαλύτερους κινητήρες). Οι μεγάλοι, βραδύστροφοι κινητήρες μπορούν να καύσουν ακόμη και κατάλοιπα από την απόσταξη του πετρελαίου (residuals).

Όπως και στην περίπτωση των αεριοστροβίλων, τα καυσαέρια των κινητήρων που εξετάζονται στην ενότητα αυτή βρίσκουν είτε άμεση είτε έμμεση χρήση. Η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι 300-400 °C, δηλαδή αισθητά χαμηλότερη από

εκείνη του αεριοστροβίλου, για αυτό και κάνει πιο συχνή την ανάγκη για συμπληρωματική θερμότητα. Αυτή αποκτάται είτε με τοποθέτηση καυστήρα και προσαγωγή αέρα καύσης συμπληρωματικού καυσίμου στο λέβητα καυσαερίων (ή στον κλίβανο της θερμικής διεργασίας) είτε με εγκατάσταση βοηθητικού λέβητα. Οι μεγάλοι κινητήρες προσφέρουν τη δυνατότητα συνδυασμένου κύκλου.

Το ακόλουθο σχήμα 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 ανάκτησης θερμότητας από τα καυσαέρια του κινητήρα (ή λέβητας καυσαερίων). Με τη θερμότητα αυτή θερμαίνεται το νερό που προορίζεται για διάφορες χρήσεις. Σε συστήματα μέσης και μεγάλης ισχύος η θερμότητα επαρκεί και για την παραγωγή ατμού. Οι μικροί κινητήρες δεν έχουν ψυγείο λαδιού. Εξάλλου, όταν ο κινητήρας δεν είναι εφοδιασμένος με στροβιλοπληρωτή (σε μονάδες προς το κάτω όριο της περιοχής ισχύος), δεν υπάρχει ψυγείο αέρα υπερπλήρωσης.

Η συγκέντρωση ισχύος του κινητήρα αυξάνει με υπερπλήρωση του θαλάμου καύσης. Ο στροβιλοπληρωτής (λέγεται και ζεύγος υπερπλήρωσης) αποτελείται από αεριοστρόβιλο, που κινείται με τα καυσαέρια του κινητήρα και κινεί φυγοκεντρικό αεροσυμπιεστή. Εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας εξόδου από το στροβιλοπληρωτή (120-140 °C), ο αέρας έχει χαμηλή πυκνότητα. 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 συντελεί σε υψηλότερο βαθμό πληρότητας και επομένως υψηλότερη συγκέντρωση ισχύος. Όμως, η ανακτώμενη θερμότητα βρίσκεται περιορισμένη χρήση, διότι το νερό στην έξοδο του ψυγείου έχει χαμηλή θερμοκρασία (30-35 °C). 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, όπως συμβαίνει, π.χ. στα δίκτυα κεντρικής θέρμανσης, 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 %. Η θερμοκρασιακή στάθμη επηρεάζει τη σχετική ως προς τη ροή του νερού τοποθέτηση των τριών ψυγείων (λαδιού, νερού και αέρα). Αυτός είναι και ένας από τους λόγους, για τους οποίους η διάταξη του παραπάνω σχήματος δεν είναι η μόνη δυνατή.

Με ανάκτηση θερμότητας από τα τρία ψυγεία, το νερό θερμαίνεται μέχρι τους 75-80 °C. Κατόπιν έρχεται στον εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητα των καυσαερίων, όπου θερμαίνεται μέχρι τους 85-90 °C ή και ατμοποιείται. Μονάδες μεσαίου μεγέθους παράγουν κορεσμένο ατμό 180-200 °C, ενώ μεγάλες μονάδες μπορούν να δώσουν υπέρθερμο ατμό με πίεση 15-20 bar και θερμοκρασία 250-350 °C.

Η ελάχιστη επιτρεπτή θερμοκρασία των καυσαερίων στην έξοδο του εναλλάκτη εξαρτάται από την περιεκτικότητα του καυσίμου με θείο. Για καύσιμο Diesel, το όριο είναι 160-170 °C, ενώ για το φυσικό αέριο 90-100 °C.

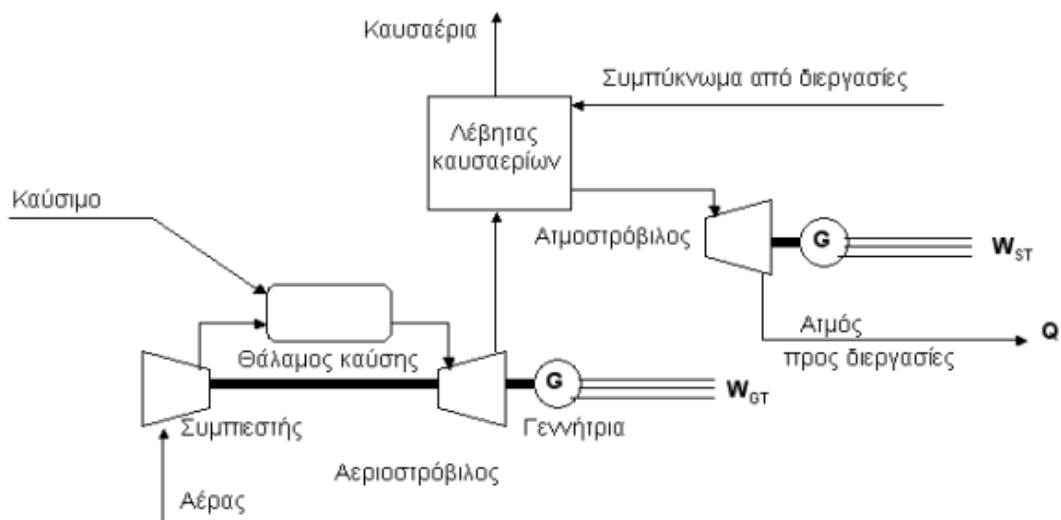
Ο βαθμός απόδοσης μικρών και μεσαίων κινητήρων είναι 35-45%, ενώ σε σύγχρονους μεγάλους κινητήρες φθάνει το 50%. Ο βαθμός απόδοσης ενός συστήματος συμπαραγωγής με εμβολοφόρο κινητήρα εσωτερικής καύσης βρίσκεται στην περιοχή του 80%.

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 προηγούμενα συστήματα με αποτέλεσμα μικρότερη μέση ετήσια διαθεσιμότητα (80-90%).

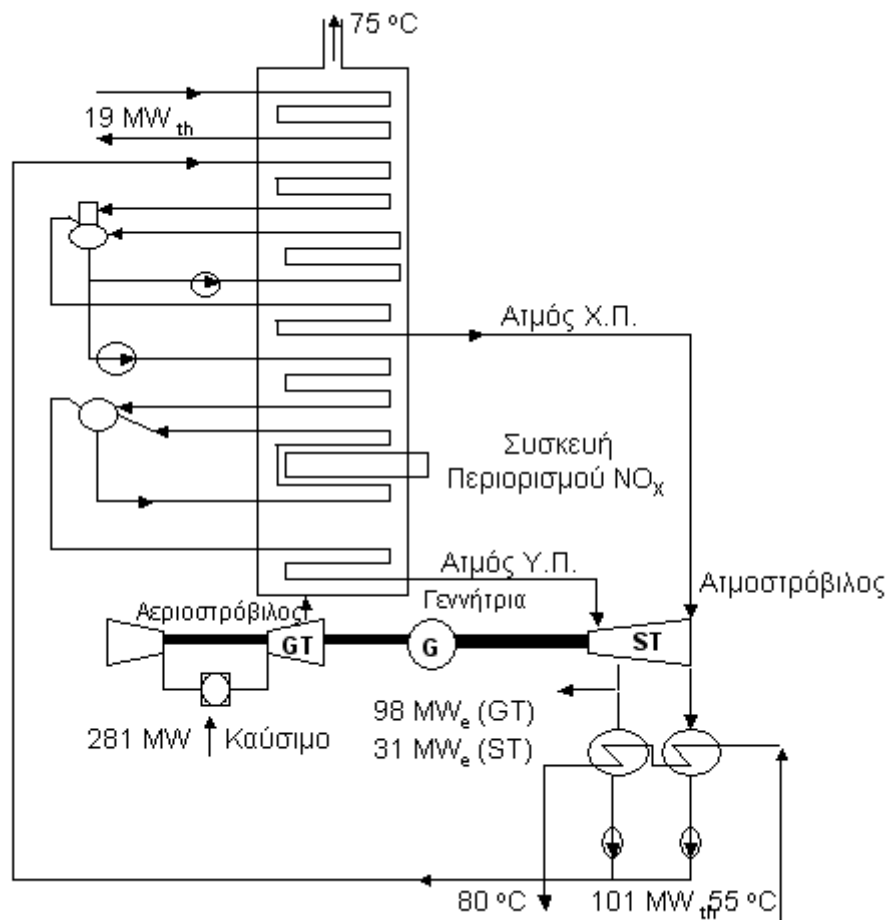
2.5 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου

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 το βαθμό απόδοσης.

Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστρόβιλου - ατμοστρόβιλου (κύκλοι Joule - Rankine). Στα ακόλουθα σχήματα παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία ενός τέτοιου συστήματος και απεικονίζεται λεπτομερέστερα ένα σύγχρονο σύστημα δύο πιέσεων ατμού με τα κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά του. Η παραγωγή ατμού σε δύο ή και τρεις διαφορετικές πιέσεις κάνει την εγκατάσταση πιο περίπλοκη, αλλά αυξάνει το βαθμό απόδοσης.



Χρησιμοποιείται στις μεγάλες μονάδες υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεριοστρόβιλου (περίπου 17%) επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στο 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 (και ιδιαίτερα τις διατάξεις ρύθμισης και ελέγχου) πιο περίπλοκες.



Η ισχύς των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20-400 MW, ενώ κατασκευάζονται επίσης και μικρότερες μονάδες με ισχύ 4-11 MW. Η συγκέντρωση ισχύος (ισχύς ανά μονάδα όγκου) των συστημάτων αυτών είναι υψηλότερη από τη συγκέντρωση ισχύος των συστημάτων απλού κύκλου αεριοστροβίλου (Joule) ή ατμοστροβίλου (Rankine). Ως προς τα καύσιμα ισχύει ότι αναφέρθηκε για τα συστήματα αεριοστροβίλου.

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 τη λειτουργία σε 12-18 μήνες. Ενώ αυτή λειτουργεί, συμπληρώνεται το σύστημα με τη μονάδα του ατμοστροβίλου.

Η αξιοπιστία των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου είναι τα 80-85%, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα 77-85% και ο οικονομικός χρόνος ζωής 15-25 έτη.

Είναι επίσης δυνατός ο συνδυασμός κύκλου Diesel με κύκλο Rankine. Η διάταξη μοιάζει με εκείνη του προηγούμενου σχήματος, όπου η μονάδα συμπιεστή-θαλάμου καύσης-αεριοστροβίλου αντικαθίσταται από τον κινητήρα Diesel και τους εναλλάκτες θερμότητας που τον συνοδεύουν.

2.6 Τυποποιημένες Μονάδες Συμπαγωγής ("Πακέτα")

Μεγάλη ώθηση στη διάδοση της συμπαγωγής δίνει η μαζική παραγωγή τυποποιημένων μονάδων σε μορφή πακέτου με ηλεκτρική ισχύ 10-1000 kW, που έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- ✓ Χαμηλό κόστος
- ✓ Μικρό όγκο
- ✓ Εύκολη εγκατάσταση (το μόνο που χρειάζεται είναι η σύνδεσή τους με τα υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα)
- ✓ Αυτοματοποιημένη λειτουργία χωρίς τη συνεχή παρακολούθηση από εξειδικευμένο προσωπικό.

Οι μονάδες αυτές συνήθως έχουν κινητήρα Diesel. Σε ισχύεις μικρότερες των 100 kW είναι δυνατή η χρήση κινητήρα Otto, ενώ σε ισχύεις μεγαλύτερες των 600 kW 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 τιμή του. Το παραπάνω σχήμα δείχνει μια μονάδα μικρής ισχύος, ενώ μεγαλύτερες μονάδες έχουν τη μορφή που απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα. Για το διάγραμμα ροής, ισχύει αυτό των Συστημάτων με Παλινδρομική Μηχανή Εσωτερικής Καύσης, καθώς και οι παρατηρήσεις που το συνοδεύουν.

Τα πακέτα συμπαγωγής με κινητήρα Diesel είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για τις εφαρμογές του εμπορικού-κτιριακού τομέα (βλέπε ακόλουθο πίνακα). Είναι γνωστά επίσης με το όνομα "συστήματα συμπαγωγής μικρής κλίμακας" (small-scale

cogeneration systems). Το 27-35% της ενέργειας του καυσίμου μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και το 50-55% σε θερμότητα.

Η διαθεσιμότητα μονάδων με επιμελημένη κατασκευή και συντήρηση φθάνει το 90%. Σημαντική συμβολή στο σημείο αυτό έχει ο αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των μονάδων. Μικροεπεξεργαστές, εγκατεστημένοι στον χώρο όπου βρίσκεται η μονάδα, παρακολουθούν τις τιμές κρίσιμων παραμέτρων και μεταβιβάζουν τις σχετικές πληροφορίες, μέσω αποκλειστικής τηλεφωνικής γραμμής, σε κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Όταν η εξέλιξη των τιμών ορισμένων παραμέτρων δείχνει επερχόμενη βλάβη, ειδοποιείται η ομάδα συντήρησης που επεμβαίνει πριν ακόμη η βλάβη εκδηλωθεί.

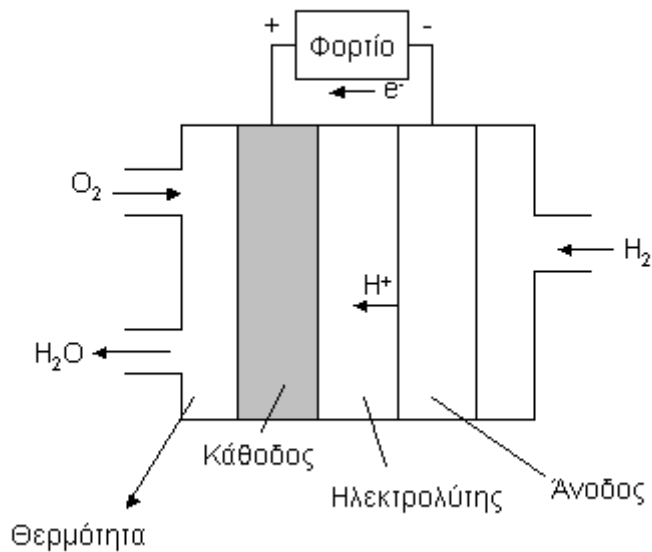
2.6.1 Εφαρμογές τυποποιημένων μονάδων συμπαραγωγής

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΥΣΧΥΟΣ (KW)
ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ	50-80
ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	50-100
ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	90-120
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ	100-2000
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ	300-1000
ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ	500-1500
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	500-1500
ΚΤΗΡΙΑ ΓΡΑΦΕΙΩΝ	500-2000

2.7 Κυψέλες καυσίμου

Η κυψέλη καυσίμου (fuel cell)* είναι μια ηλεκτροχημική συσκευή που μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε ηλεκτρισμό χωρίς τη μεσολάβηση της καύσης. Στη βασική της μορφή, λειτουργεί ως εξής: υδρογόνο και οξυγόνο αντιδρούν με την 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.

* Ο αγγλικός όρος "fuel cell" έχει αποδοθεί στα ελληνικά με τους όρους "στοιχείο καυσίμου" και (σπανιότερα) "κελλίο καυσίμου" χωρίς κανείς από τους δύο να θεωρείται ιδιαίτερα ικανοποιητικός. Προτείνεται εδώ η ονομασία "κυψέλη καυσίμου" που είναι πιο παραστατική για τη συσκευή αυτή.



Το απαιτούμενο υδρογόνο παράγεται από ορυκτά καύσιμα και συνήθως μεθάνιο (CH_4) που αποτελεί το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου. Ορισμένοι τύποι κυψελών μπορούν να λειτουργήσουν επίσης και με μονοξείδιο του άνθρακα ή υδρογονάνθρακες.

Επιδεικτικές μονάδες ισχύος έχουν κατασκευασθεί σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες, στις Η.Π.Α. και στην Ιαπωνία. Η συνήθης θερμοκρασία λειτουργίας τους (περίπου 200 °C) περιορίζει τη θερμοκρασία της ανακτώμενης θερμότητας. Υπάρχουν σήμερα τυποποιημένες μονάδες συμπαραγωγής με θερμότητα που είναι διαθέσιμη σε θερμοκρασία 80-90 °C, αλλά και πειραματικές διατάξεις υψηλότερων θερμοκρασιών.

Οι κυψέλες καυσίμου είναι κατάλληλες για συμπαραγωγή στο βιομηχανικό και εμπορικό-κτιριακό τομέα (ιδιαίτερα σε συνδυασμό με το φυσικό αέριο). Κύρια πλεονεκτήματά τους είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Αρθρωτή (modular) δομή, που διευκολύνει την κατασκευή μονάδων με την επιθυμητή ισχύ,
- ✓ Διατήρηση υψηλού ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης ακόμη και σε μερικό φορτίο (δηλ. φορτίο μικρότερο του ονομαστικού),
- ✓ Ευκολία αυτοματισμού,
- ✓ Χαμηλές εκπομπές ρύπων,
- ✓ Χαμηλή στάθμη θορύβου.

Χάρη στον υψηλό βαθμό απόδοσης και τα καθαρά καύσιμα που χρησιμοποιούνται, οι εκπομπές CO₂ και SO₂ είναι κατά 10-100 φορές χαμηλότερες από εκείνες άλλων συστημάτων. Ειδικότερα, επειδή οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται είναι σημαντικά μικρότερες από εκείνες της καύσης, οι εκπομπές NO_x είναι μικρότερες κατά μία τάξη μεγέθους από τις εκπομπές των συστημάτων που στηρίζονται στην καύση. Οι χαμηλές εκπομπές ρύπων και η χαμηλή στάθμη θορύβου κάνουν τις κυψέλες καυσίμου πιο κατάλληλες από άλλα συστήματα για εγκατάσταση και λειτουργία σε κατοικημένες περιοχές και σε κτίρια όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.λ.π.

Μειονεκτήματα, που εμποδίζουν προς το παρόν την πλατιά διάδοσή τους, είναι:

- ✓ Το υψηλό κόστος κατασκευής .
- ✓ Η σχετικά μικρή διάρκεια ζωής .

Οι προσπάθειες για αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών συνεχίζονται με προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης καθώς και με την κατασκευή επιδεικτικών μονάδων.

Η πρώτη κυψέλη καυσίμων φτιάχτηκε το 1839 από τον Sir William Grove, έναν Ουαλλέζο δικαστή και πειραματικό επιστήμονα. Όμως σοβαρό ενδιαφέρον για τη κυψέλη καυσίμων ως πρακτική γεννήτρια δεν άρχισε παρά μόνο τη δεκαετία του '60, όταν επέλεξε το διαστημικό πρόγραμμα των ΗΠΑ τις κυψέλες καυσίμων κι όχι την επικίνδυνη πυρηνική ενέργεια και την ακριβότερη ηλιακή ενέργεια.

Οι κυψέλες καυσίμων εφοδίασαν με ενέργεια το διαστημικό σκάφος Gemini και Apollo, και παρείχαν ακόμα ηλεκτρική ενέργεια και νερό για το Διαστημικό Λεωφορείο.

2.7.1 Αρχή Λειτουργίας

Οι κυψέλες καυσίμων λειτουργούν παρόμοια με μια μπαταρία. Μπορούν να ταξινομηθούν βάσει του τύπου του ηλεκτρολύτη τον οποίο χρησιμοποιούν. Το πιο γνωστό είδος είναι η κυψέλη καυσίμου με μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίου (PEM). Η δομή και η αρχή λειτουργίας του αντιπροσωπευτικού αυτού τύπου κυψέλης καυσίμου έχει ως εξής:

Δύο ηλεκτρόδια διαχωρίζονται από μία μεμβράνη η οποία έχει το ρόλο του ηλεκτρολύτη. Μεταξύ αυτής της πολυμερισμένης μεμβράνης και των ηλεκτροδίων υπάρχει ένα στρώμα καταλύτη. Αργότερα θα μελετήσουμε τα μέρη μιας κυψέλης αναλυτικότερα. Συνοπτικά, η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρισμού περιγράφεται από τα παρακάτω επιμέρους στάδια.

Το υδρογόνο τροφοδοτεί την άνοδο της κυψέλης, το αρνητικό ηλεκτρόδιο, το οποίο ερχόμενο σε επαφή με τον καταλύτη διαχωρίζεται σε θετικά φορτισμένα ιόντα υδρογόνου και ηλεκτρόνια. Η άνοδος και ο καταλύτης είναι τέτοιας κατασκευής ώστε η διάχυση των ατόμων του υδρογόνου να γίνεται με ομογενή τρόπο. Τα ηλεκτρόνια τα οποία απελευθερώθηκαν μεταφέρονται μέσω εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος προς την άνοδο δημιουργώντας ηλεκτρισμό αφού η μεμβράνη αποτρέπει τη διέλευση τους μέσω αυτής. Για αυτό το λόγο άνοδος και καταλύτης διαλέγονται αγωγά υλικά.

Τα θετικά φορτισμένα ιόντα του υδρογόνου (στην ουσία αναφερόμαστε σε μεμονωμένα πρωτόνια) διαπερνούν τη μεμβράνη και ενώνονται με το οξυγόνο το οποίο τροφοδοτεί την κάθοδο, το θετικά φορτισμένο ηλεκτρόδιο, και παράγεται νερό. Όπως και πριν, την ομογενή διάχυση του οξυγόνου στον καταλύτη εξασφαλίζει η κατασκευή του ηλεκτροδίου. Ο καταλύτης αναλαμβάνει την επιτάχυνση της δημιουργίας του νερού από τα συστατικά του.

Στο σχηματισμό του νερού συμμετέχουν εκτός των μορίων του οξυγόνου και των ιόντων του υδρογόνου, τα ηλεκτρόνια τα οποία διοχετεύτηκαν μέσω του εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος στην κάθοδο, στην αρχή της διαδικασίας.

Τα δύο στρώματα (στηριζόμενου) καταλύτη χρησιμεύουν στην αύξηση της ταχύτητας των αντιδράσεων διάσπασης του μορίου του υδρογόνου και της ένωσης υδρογόνου οξυγόνου για τη δημιουργία νερού, στην άνοδο και στην κάθοδο αντίστοιχα. Συνήθως αποτελείται από ένα πολύ λεπτό στρώμα λευκόχρυσου (Pt) πάνω σε επιφάνεια άνθρακα. Το στρώμα αυτό είναι και το μέρος του καταλύτη το οποίο βρίσκεται σε επαφή με τη μεμβράνη. Ο καταλύτης είναι τραχύς και πορώδης ώστε να μεγιστοποιεί η εκτεθειμένη επιφάνεια του.

Οι χημικές αντιδράσεις οι οποίες χαρακτηρίζουν τα παραπάνω βήματα, συνοψίζονται παρακάτω.

Στην άνοδο:

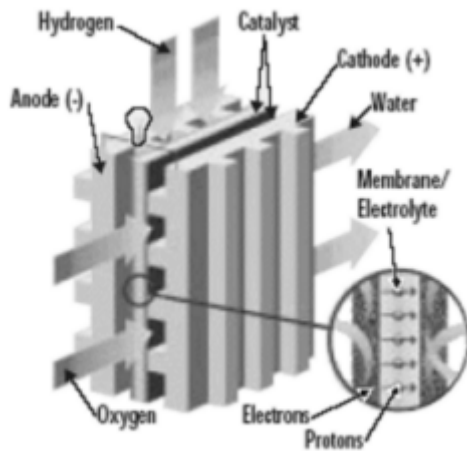
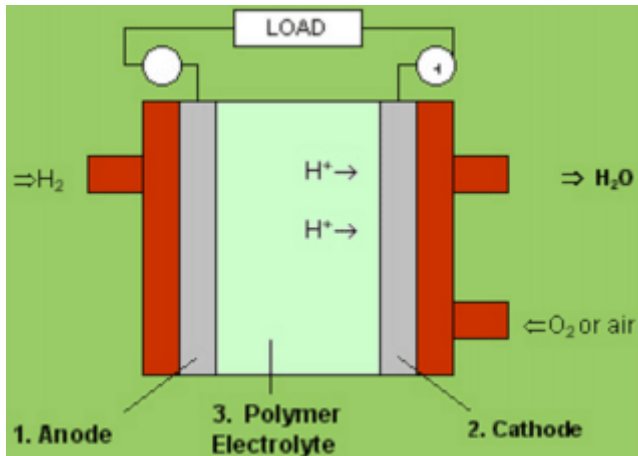


Στην κάθοδο:

Ολική αντίδραση:



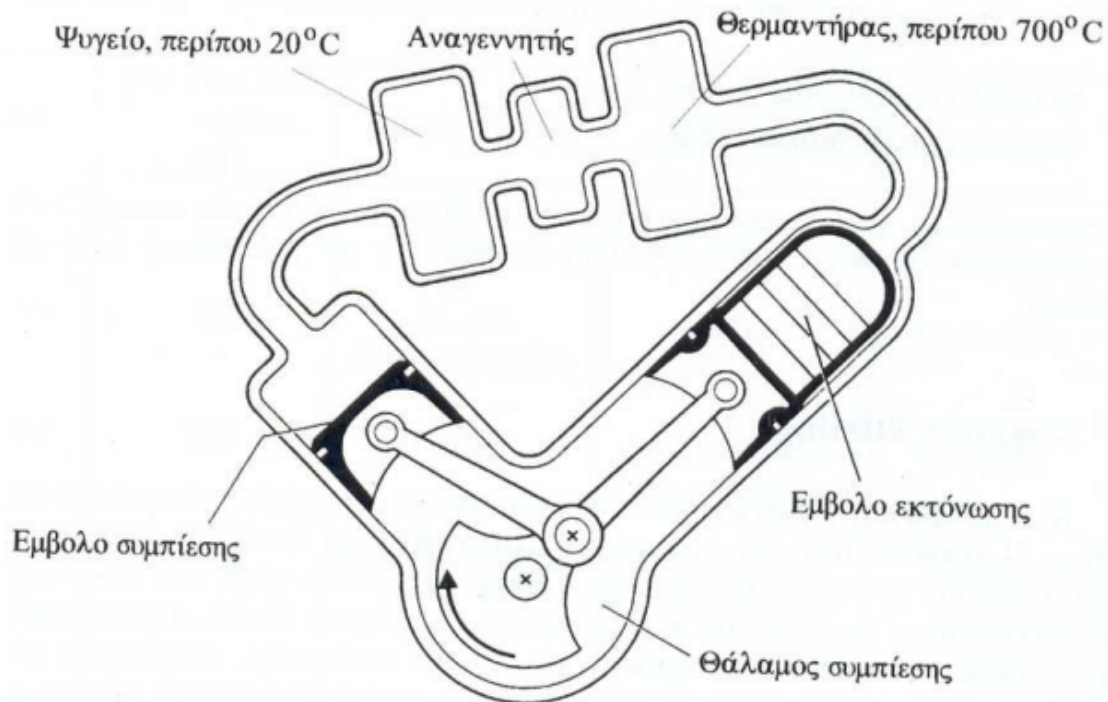
Οι παραπάνω αντιδράσεις σε μία απλή κυψέλη καυσίμου παράγει περίπου στα 0,7 Volts . Προκειμένου να παραχθούν μεγαλύτερες (και πρακτικά αξιοποιήσιμες) τάσεις, χρησιμοποιούνται περισσότερες κυψέλες σε σειρά (fuel cell stack). Τα κυριότερα μέρη της κυψέλης καυσίμου καθώς και μία ιδέα του τρόπου λειτουργίας τους παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα.



2.8. 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.



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. Χάρη στην ευελιξία τους, οι μηχανές Stirling μπορούν επίσης να αποτελέσουν στοιχεία ηλιακών ή πυρηνικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ή συμπαραγωγής.

2.9 Τριπαραγωγή

Τριπαραγωγή είναι η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρισμού, χρήσιμης θερμότητας και ψύξης από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας. Η μέθοδος της τριπαραγωγής βρίσκει εφαρμογή, στον κτηριακό τομέα, κυρίως σε νοσοκομεία, ξενοδοχεία, κτήρια γραφείων και εμπορικά κέντρα ή σε συστήματα τηλεθέρμανσης - τηλεψύξης. Γενικά, χρησιμοποιείται σε κτήρια με ταυτόχρονες συνεχείς ανάγκες για ηλεκτρισμό και θέρμανση ή/και ψύξη που υπερβαίνουν τις 4.500-5.000 ώρες ετησίως. Οι μονάδες τριπαραγωγής βασίζονται κυρίως σε παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) ή μικροστροβίλους, συνδυασμένες με κύκλο απορρόφησης για ψύξη. Σε μελλοντικές εφαρμογές τριπαραγωγής, παρουσιάζει ενδιαφέρον και η χρήση κυψελών καυσίμου.

2.9.1 Βασικές αρχές ψύξης με απορρόφηση

Οι ψύκτες απορρόφησης χρησιμοποιούν τις διεργασίες της συμπύκνωσης-εξάτμισης, για την παραγωγή ψύξης. Διαθέτουν εξατμιστή και συμπυκνωτή, όπου εκτονώνεται το ψυκτικό μέσο. Ωστόσο, αντί του μηχανικού συμπιεστή, οι ψύκτες απορρόφησης χρησιμοποιούν θερμότητα σαν ενεργειακή πηγή. Η θερμότητα αυτή παράγεται είτε με άμεση καύση, με χρήση καυστήρα, είτε με έμμεση καύση, με χρήση ατμού, ζεστού

νερού ή από περίσσεια / ανάκτηση θερμότητας. Οι μηχανές απορρόφησης, που είναι διαθέσιμες στο εμπόριο, τροφοδοτούνται με ατμό, ζεστό νερό ή τα αέρια καύσης, που μπορούν να παράγονται και από συστήματα ΣΗΘ.

Στην πιο απλή σχεδιάσή της, η μηχανή απορρόφησης αποτελείται από εξατμιστή, συμπυκνωτή, απορροφητή, μια γεννήτρια και μια αντλία διαλύματος. Στον κύκλο απορρόφησης, η συμπίεση ατμού του ψυκτικού μέσου πραγματοποιείται με συνδυασμό του απορροφητή, της αντλίας διαλύματος και της γεννήτριας.

Ο ατμός του ψυκτικού μέσου που παράγεται στον εξατμιστή απορροφάται σε ένα απορροφητικό υγρό μέσα στον απορροφητή. Το απορροφητικό που έχει απορροφήσει το ψυκτικό μέσο, το «ασθενές απορροφητικό», διοχετεύεται με αντλίες στη γεννήτρια όπου το ψυκτικό μέσο αποδεσμεύεται ως ατμός. Ο ατμός αυτός θα συμπυκνωθεί στο συμπυκνωτή. Το αναγεννημένο ή «ισχυρό απορροφητικό» οδηγείται στη συνέχεια πίσω στον απορροφητή για να συλλέξει εκ νέου ψυκτικό ατμό. Θερμότητα παρέχεται στη γεννήτρια, σε συγκριτικά υψηλή θερμοκρασία και απορρίπτεται από τον απορροφητή, σε συγκριτικά χαμηλό επίπεδο. Οι ροές θερμότητας στο βασικό κύκλο (σχήμα 3.12) είναι οι εξής:

- ✓ παροχή θερμότητας και παραγωγή ψύξης, σε χαμηλό θερμοκρασιακό επίπεδο
- ✓ απόρριψη θερμότητας στο συμπυκνωτή, σε ενδιάμεσο θερμοκρασιακό επίπεδο
- ✓ απόρριψη θερμότητας από τον απορροφητή, σε ενδιάμεσο θερμοκρασιακό επίπεδο
- ✓ παροχή θερμότητας στη γεννήτρια, σε υψηλό θερμοκρασιακό επίπεδο.

Σε έναν κύκλο απορρόφησης, ψυκτικό μέσο και απορροφητικό συγκροτούν το «ζεύγος εργασίας». Διαχρονικά έχουν δοκιμαστεί πολλά ζεύγη εργασίας αλλά τα δύο που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως είναι:

- ✓ διάλυμα βρωμιούχου λιθίου (Li-Br), ως απορροφητικό, με νερό
- ✓ αμμωνία (NH₃) με νερό

Για συστήματα ψύξης “βρωμιούχου λιθίου - νερού”, η πηγή θερμότητας πρέπει να είναι σε ελάχιστη θερμοκρασία των 70-90°C για συστήματα μονού σταδίου. Σε συστήματα που χρησιμοποιούν αμμωνία η θερμική ενέργεια παρέχεται σε θερμοκρασία 100-120 °C (μονού σταδίου). Το ζεύγος “νερού - διαλύματος βρωμιούχου λιθίου” χρησιμοποιείται σε εφαρμογές ψύξης αέρα, όπου απαιτούνται

θερμοκρασίες άνω των 0 °C. Το ζεύγος “αμμωνίας-νερού” χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε εφαρμογές κατάψυξης, με χαμηλές θερμοκρασίες εξάτμισης, μικρότερες των 0 °C. Τα επίπεδα πίεσης της μηχανής αμμωνίας-νερού είναι συνήθως υψηλότερα της ατμοσφαιρικής πίεσης, ενώ οι μηχανές “νερού - βρωμιούχου λιθίου” λειτουργούν κατά κανόνα σε μερικό κενό.

Το σύστημα διπλού σταδίου χρησιμοποιεί δύο μπλοκ γεννήτριας-απορροφητήρα σε στάδια (σειρά), προκειμένου να χρησιμοποιήσει τη θερμότητα που παρέχεται περίπου δύο φορές. Η θερμότητα παρέχεται σε περίπου 170°C στην πρώτη γεννήτρια και η θερμότητα που απορρίφθηκε από τον αντίστοιχο συμπυκνωτή χρησιμοποιείται για να δώσει ενέργεια στη δεύτερη γεννήτρια σε χαμηλότερο επίπεδο, της τάξης των 100°C όπως σε συστήματα μονού σταδίου.

Τα πλεονεκτήματα των ψυκτών απορρόφησης έναντι των συμβατικών κλιματιστικών μηχανημάτων βασισμένα σε κύκλο συμπίεσης είναι:

- Πολύ χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
- Ελάχιστα κινούμενα τμήματα, με αποτέλεσμα το μεγάλο χρόνο ζωής, την αυξημένη αξιοπιστία και το χαμηλό κόστος συντήρησης,
- Χαμηλά επίπεδα θορύβου και κραδασμών,
- Φιλικά προς το περιβάλλον ψυκτικά μέσα με μηδενικές εκπομπές ρύπων και ουσιών καταστροφής του όζοντος.

Τα μειονεκτήματα των ψυκτών απορρόφησης έναντι των συμβατικών κλιματιστικών μηχανημάτων βασισμένα σε κύκλο συμπίεσης είναι:

- Μονάδες μεγάλης ισχύος με μεγάλο βάρος
- Σχετικά υψηλό αρχικό κόστος
- Κατανάλωση νερού σε πύργους ψύξης
- Χαμηλός συντελεστής συμπερι

Κεφάλαιο 3

ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΟ

3.1 Εισαγωγή

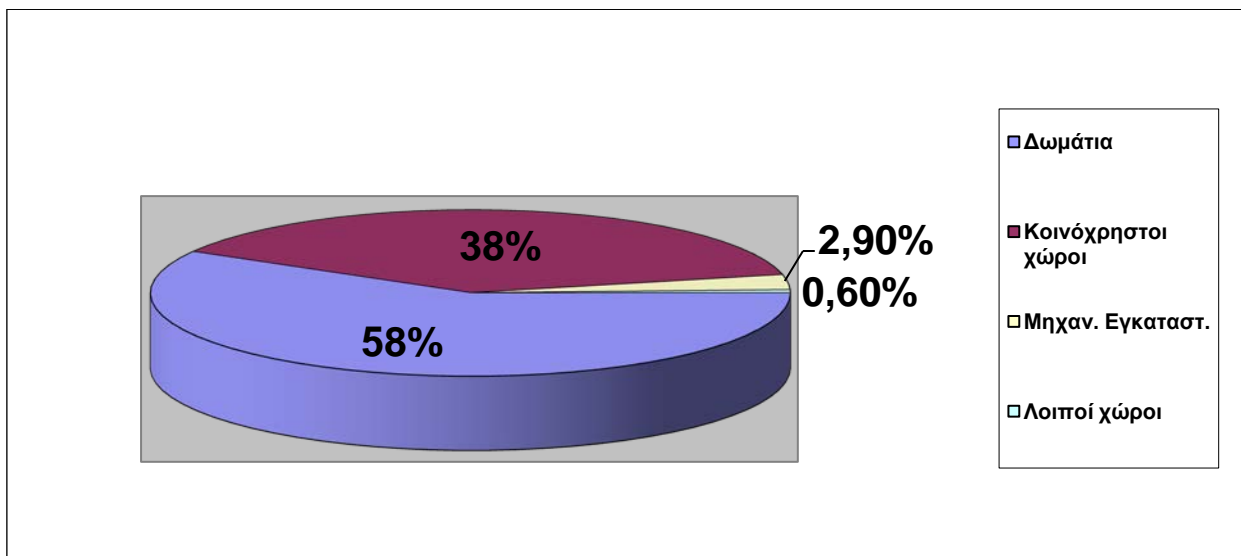
Το ξενοδοχείο, που λειτούργησε το 1960 και επεκτάθηκε το 1995, είναι τριών αστέρων και η δυναμικότητα του είναι 60 δωμάτια και 120 κλίνες. Λειτουργεί όλο τον χρόνο και βρίσκεται στην Αθήνα και πιο συγκεκριμένα στη Γλυφάδα.

Το ξενοδοχείο αποτελείται από ένα ενιαίο κτήριο. Στο ισόγειο του κτηρίου στεγάζονται η υποδοχή, η καφετέρεια, το εστιατόριο και η κουζίνα, στο υπόγειο οι αίθουσες ψυχαγωγίας και συνεδριάσεων καθώς και οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις του ξενοδοχείου. Στους ορόφους βρίσκονται τα δωμάτια. Επίσης στην ταράτσα του κτηρίου βρίσκεται η πισίνα και το pool bar.

Η συνολική δομημένη επιφάνεια είναι 1.696 m², από την οποία τα 986 m² αφορούν τα δωμάτια (58,13%), τα 650 m² (38,32%) τους κοινόχρηστους χώρους – διάδρομοι, εστιατόρια, χώροι υποδοχής, τα 50m² (2,95%) τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις – μαγειρεία, λεβητοστάσια και τα υπόλοιπα 10 m² (0,60%)τους λοιπούς χώρους .

Η ηλεκτροδότηση του ξενοδοχείου γίνεται από το δίκτυο μέσης τάσης της ΔΕΗ. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 8 kVA, ενώ η συμφωνημένη με τη ΔΕΗ ισχύς είναι 120kW. Η μέγιστη ζήτηση ισχύος στην περίοδο αιχμής (Αύγουστος) φτάνει περίπου τα 64 kW. Οι αιχμές μέγιστης ζήτησης εμφανίζονται κατά τη διάρκεια των πρώτων πρωινών και απογευματινών ωρών. Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι κατά μέσο όρο, 200.000 kWh το χρόνο. Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται από μέρος του εξοπλισμού της κουζίνας, από τα ψυγεία – καταψύκτες, τις αντλίες – κυκλοφορητές, τον κλιματισμό, τα πλυντήρια και το φωτισμό.

Η οροφή του κτιρίου αποτελείται από τσιμεντένια πλάκα, με κατάλληλη μόνωση. Τα δωμάτια είναι χτισμένα με τούβλο, και έχουν ξύλινες πόρτες εισόδου. Στην οροφή του κτιρίου είναι εγκατεστημένο ένα κεντρικό ηλιακό σύστημα, του οποίου η δυναμικότητα είναι πολύ μικρότερη από την απαιτούμενη, κάνοντας αναγκαία τη συμπληρωματική λειτουργία ενός λέβητα. Τέλος, χρησιμοποιείται και υγραέριο για τη λειτουργία του εξοπλισμού της κουζίνας.



Σχήμα 3.1 Κατανομή επιφάνειας ανά χρήση

3.2 Ηλεκτρικά φορτία ξενοδοχείου

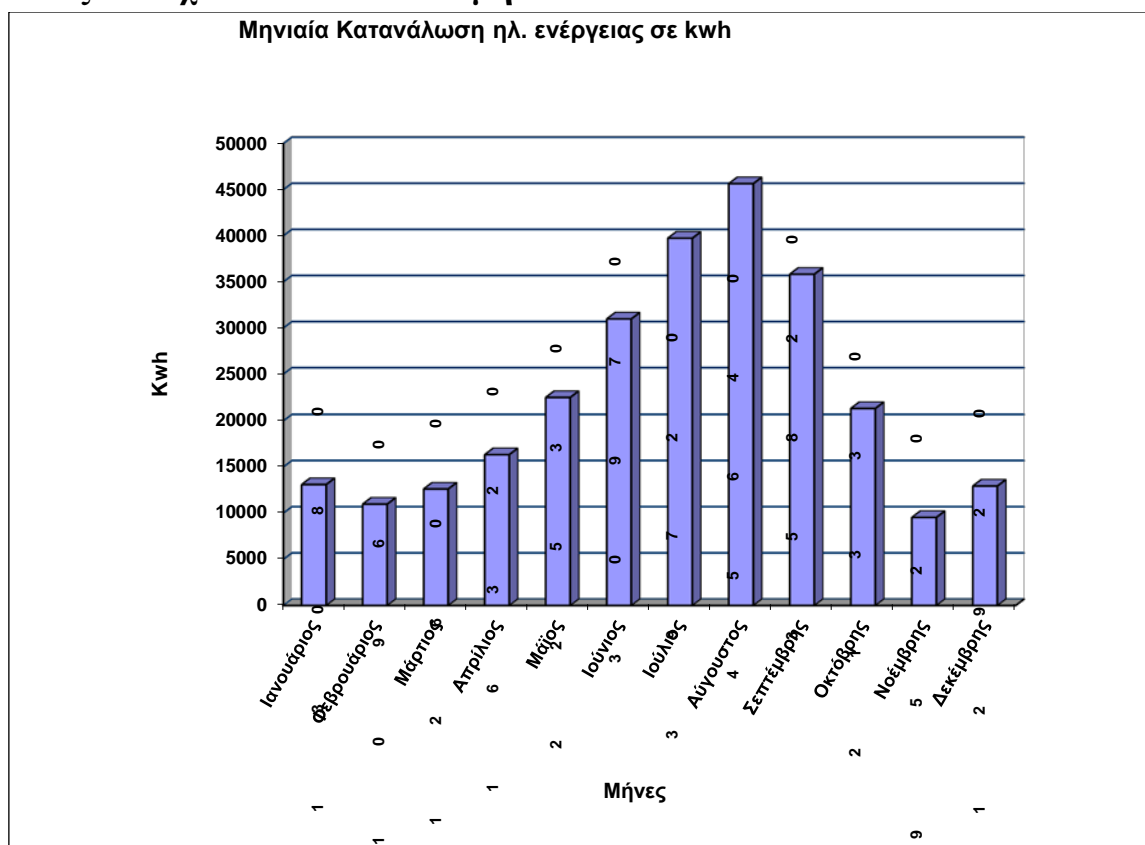
Η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά τμήμα του ξενοδοχείου καταγράφεται στον παρακάτω πίνακα. Καταγράφηκαν τα μηχανήματα και οι συσκευές που λειτουργούν με ηλεκτρισμό και οι ώρες λειτουργίας τους υπολογίστηκαν, για μια τυπική ημέρα λειτουργίας του ξενοδοχείου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, οπότε και συναντάμε και ζήτηση κλιματισμού, κατόπιν σχετικών ερωτήσεων στους υπεύθυνους του κάθε τμήματος, Παρατηρείται ότι το τμήμα με τη σημαντικότερη κατανάλωση είναι ο κλιματισμός (37%) και η κουζίνα (25%).

Πίνακας 3.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ξενοδοχείου ανά τμήμα

ΤΜΗΜΑ	Κατανάλωση (kwh/ημέρα)
ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	450
ΠΛΥΝΤΗΡΙΑ	250
ΚΟΥΖΙΝΑ	300

ΑΝΤΛΙΕΣ	80
ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΑ	50
POOL BAR	30
SNACK BAR	50
ΑΛΛΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	20

Παρακάτω παρατίθεται σε ραβδόγραμμα και η συνολική κατανάλωση του ξενοδοχείου σε Kwh ανά μήνα.



Σχήμα 3.2 Μηνιαία κατανάλωση ηλ. Ενέργειας σε Kwh.

3.2.1 Φωτισμός

Οι τύποι των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται στο ξενοδοχείο και η κατανομή τους στους διάφορους χώρους του εμφανίζονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 3.2 Τύποι χρησιμοποιούμενων λαμπτήρων και ώρες λειτουργίας

Τύπος Λαμπτήρα	Αριθμός Λαμπτήρων	Ώρες λειτουργίας/ημέρα	Εγκατεστημένη Ισχύς(KW)
Πυρακτώσεως	150	5	6
Φθορίου	70	5	2,56
Χαμηλής Κατανάλωσης	116	16	2,8
Χαμ. Κατανάλωσης(9W)	70	3	0,63
Αλογόνου	6	11	1,8

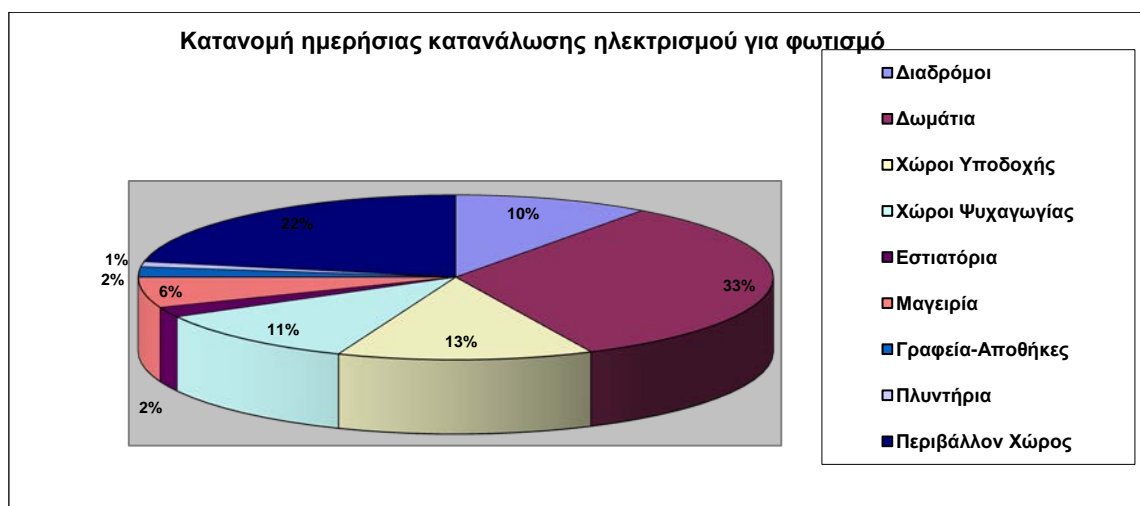
Πίνακας 3.3 Κατανομή λαμπτήρων ανά χώρο και ανά τύπο

Χώρος Εγκατάστασης	Τύπος Λαμπτήρων	Ώρες λειτουργίας/ημέρα	Εγκατεστημένη Ισχύς(KW)
Διάδρομοι	Χαμηλής κατανάλωσης	12	1,26
Δωμάτια	Πυρακτώσεως-Φθορισμού	3	5,5
Χώροι Υποδοχής	Χαμ. Κατανάλωσης-Πυρακτώσεως	10	2,8
Χώροι Ψυχαγωγίας	Πυρακτώσεως-φθορισμού	10	1,6
Εστιατόρια	Χαμ. Κατανάλωσης	5	0,6
Μαγειρεία	Φθορισμού	8	0,75
Γραφεία – Αποθήκες	Φθορισμού	5	0,6

Πλυντήρια	Πυρακτώσεως	8	0,4
Περιβάλλον Χώρος	Αλογόνου, Πυρακτώσεως	11	3,00

Στο σχήμα 3.3 εμφανίζεται η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανά χρήση (Διάδρομοι, Δωμάτια, κ.α.). Παρατηρείται ότι η κατανάλωση για το φωτισμό στους διαδρόμους, τους χώρους υποδοχής και τον περιβάλλοντα χώρο είναι αρκετά υψηλή, κυρίως λόγω των πολλών ωρών λειτουργίας.

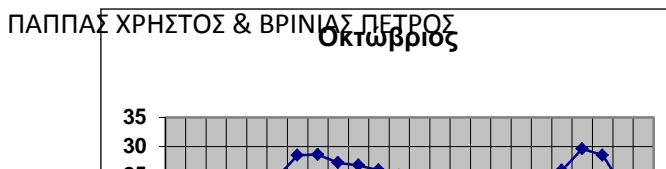
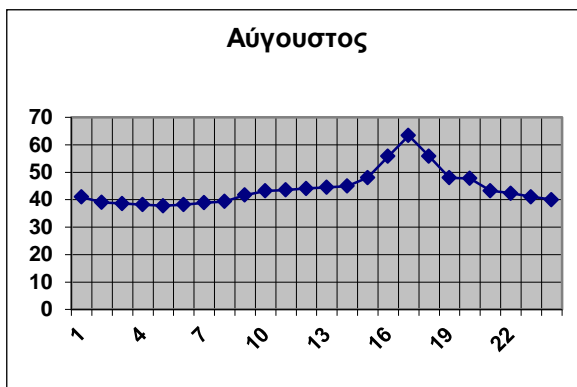
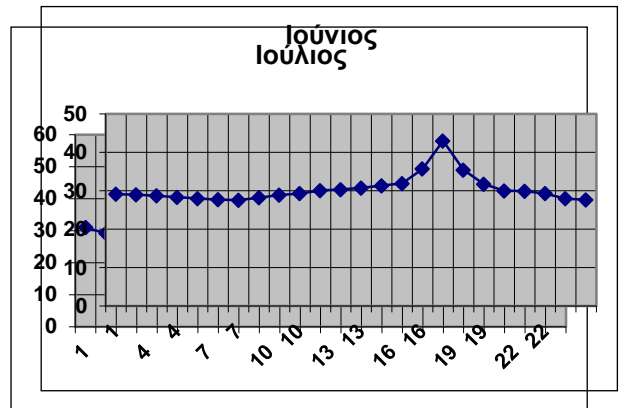
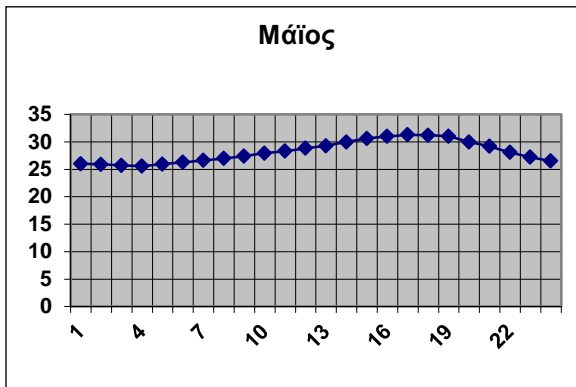
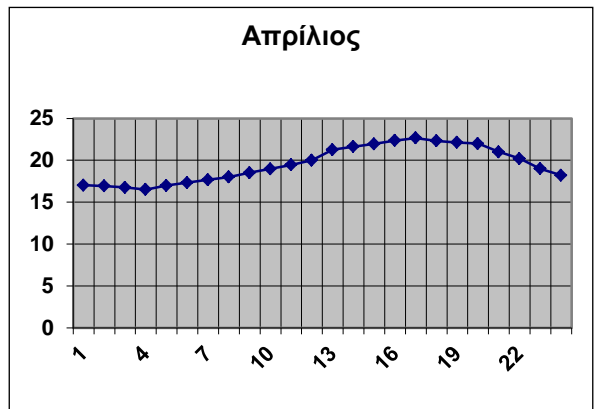
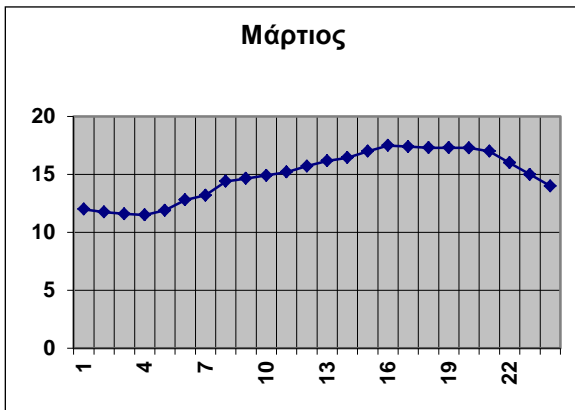
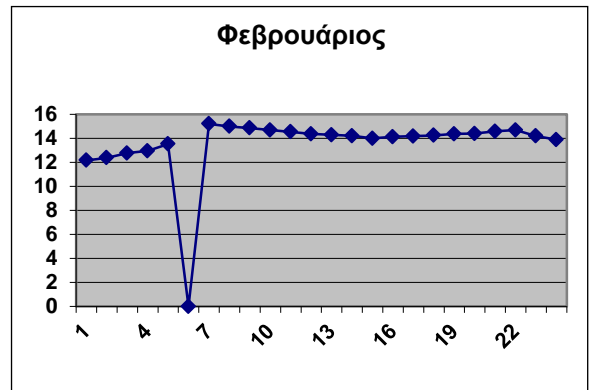
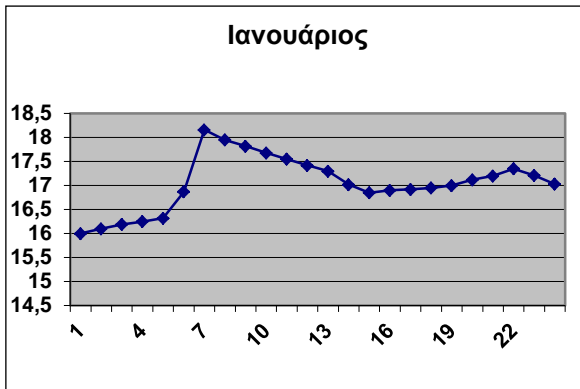
Στα δωμάτια, όπου κυρίως χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως, η κατανάλωση βρίσκεται στις 16,5 kWh ημερησίως, αφού οι ώρες λειτουργίας ανά ημέρα είναι λίγες (2-3 ώρες/ ημέρα).

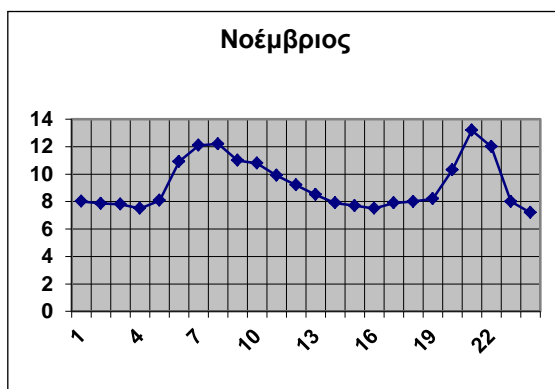


Σχήμα 3.3 Κατανομή ημερήσιας Κατανάλωσης ηλεκτρισμού για φωτισμό.

3.2.2 Καμπύλες ηλεκτρικού φορτίου

Οι καμπύλες ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου που φαίνονται στα σχήματα 3.4 έχουν ληφθεί από ξενοδοχείο σε θερμή περιοχή της Ισπανίας και είναι χωρισμένες σε τέσσερις εποχές. Σε αυτές έχει προσαρμοστεί το πραγματικό φορτίο ημέρας κάθε μήνα, ώστε να προκύψει ακριβής κατανομή. Συμπεριλαμβάνεται και ο κλιματισμός τους μήνες Απρίλιο- Οκτώβριο.



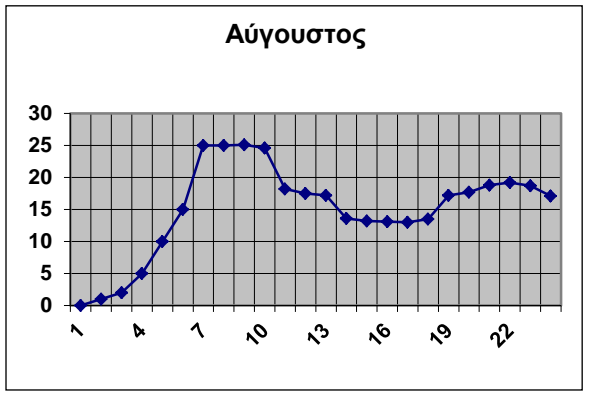
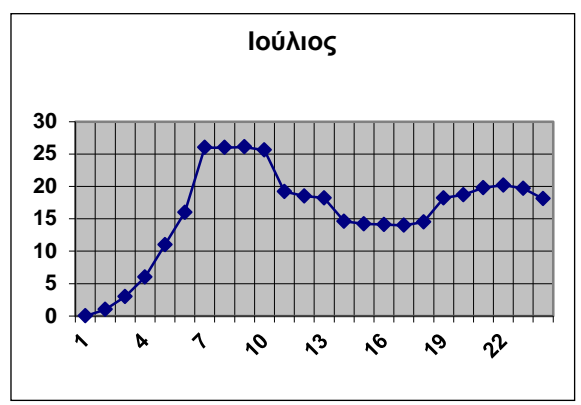
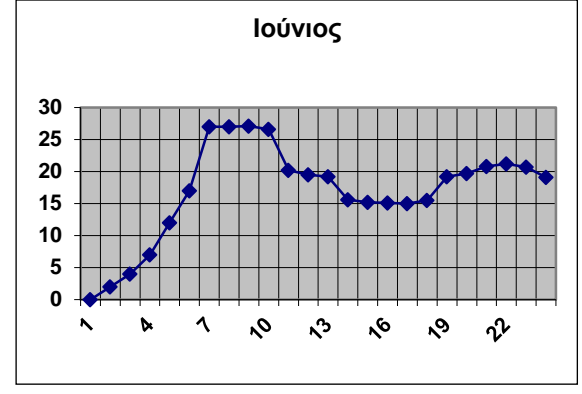
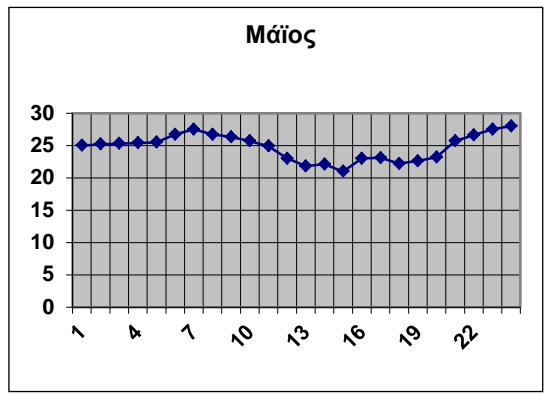
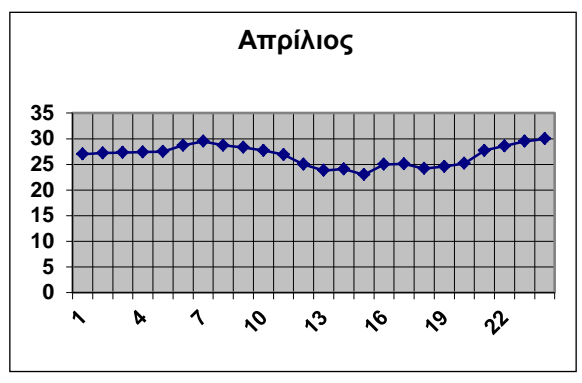
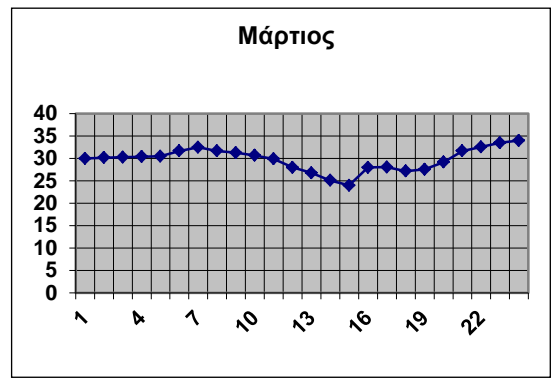
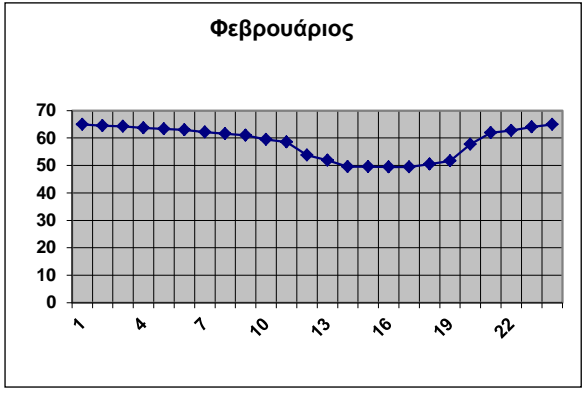
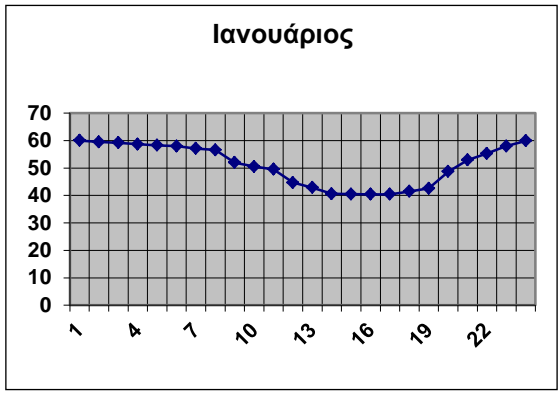


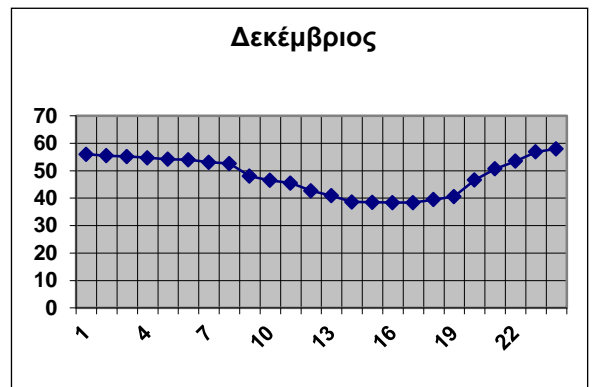
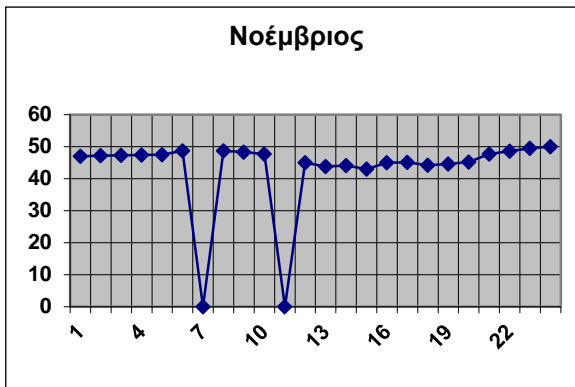
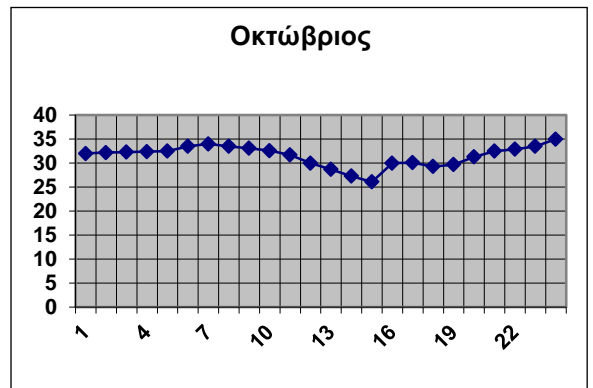
Σχήματα 3.4 Ημερήσιες καμπύλες ηλεκτρικού φορτίου (σε kWh)

Παρατηρούμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες είναι ιδιαίτερα αυξημένη η ζήτηση ηλεκτρισμού, με αποκορύφωμα τις πρώτες απογευματινές ώρες όπου σημειώνεται η μέγιστη ζήτηση. Κατά τους υπόλοιπους μήνες παρατηρείται μεγαλύτερη ομαλότητα. Μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης του ηλεκτρικού φορτίου, αφορά τον κλιματισμό κατά τους θερμούς μήνες (Απρίλιο έως Οκτώβριο).

3.3 Θερμικά Φορτία Ξενοδοχείου

Για την θέρμανση όλων των χώρων του ξενοδοχείου, αλλά και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης χρησιμοποιούνται λέβητες και καυστήρες πετρελαίου. Από τους ηλιακούς συλλέκτες παράγονται περίπου 4500 kWh ετησίως, ποσό ελάχιστο σε σχέση με τις ανάγκες της μονάδας. Παρακάτω παρατίθενται οι καμπύλες κατανάλωσης θερμότητας (προερχόμενη από πετρέλαιο) ανά ημέρα και ώρα του κάθε μήνα. Δε γίνεται διαχωρισμός θέρμανσης και ΖΝΧ για λόγους μεγαλύτερης απλοποίησης.





Σχήματα 3.7 Ημερήσιες καμπύλες θερμικού φορτίου ανά μήνα σε kWh

3.3.1 Σύστημα θέρμανσης

Ο κλιματισμός των κτιριακών εγκαταστάσεων καλύπτεται από μία υδρόψυκτη κεντρική κλιματιστική μονάδα ισχύος 84kW. Η ψύξη γίνεται μέσω κλιματιστικών, με ισχύ περίπου 7.000 Btu/h. Ακόμη, χρησιμοποιείται ένας λέβητας για την παραγωγή ζεστού νερού και ένας για την κεντρική θέρμανση των χώρων του κτιρίου. Ο πρώτος λέβητας είναι ονομαστικής ισχύος 150.000 kcal/h και λειτουργεί περίπου 8 ώρες την ημέρα, καλύπτοντας τις ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης του κεντρικού κτιρίου και των υπόλοιπων κτιριακών συγκροτημάτων, δεδομένου ότι το κεντρικό σύστημα ηλιακών συλλεκτών αφενός δεν έχει ικανοποιητική απόδοση και αφετέρου η επιφάνεια των συλλεκτών δεν είναι η απαιτούμενη. Το ζεστό νερό χρήσης έχει θερμοκρασία 60oC.

Ο δεύτερος λέβητας, ονομαστικής ισχύος 350.000 kcal/h, καλύπτει τις ανάγκες κεντρικής θέρμανσης του κεντρικού κτιρίου, σε περίπτωση βλάβης του πρώτου και στις περιπτώσεις μέγιστης ζήτησης θερμικού φορτίου. Οι λέβητες και οι καυστήρες Νο 1 και 2 είναι των ίδιων κατασκευαστών και έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Πίνακας 3.3 Χαρακτηριστικά Λεβητών – Καυστήρων

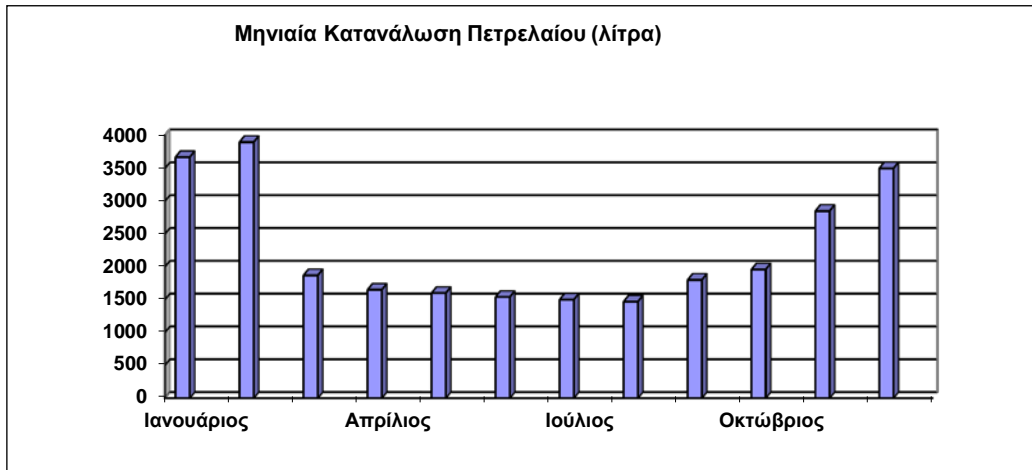
	Λέβητας Νο 1		Λέβητας Νο 2	
Έτος εγκατάστασης	1998		1998	
Ισχύς	150.000 Kcal/h		350.000 Kcal/h	
Πίεση Λειτουργίας	5 atm		5 atm	
Θερμοκρασία Λειτουργίας	Έως 80oC		Έως 80oC	
Θερμοκρασία Λεβητοστασίου	40 oC		40 oC	
Υγρασία Λεβητοστασίου	38%		38%	
	Καυστήρας Νο 1		Καυστήρας Νο 2	
Παροχή Καυσίμου	Min	Max	Min	Max
	11 Kg/h	21 kg/h	13 Kg/h	55 Kg/h
Απόδοση	93%		93%	

3.3.2 Καταναλώσεις Καυσίμων

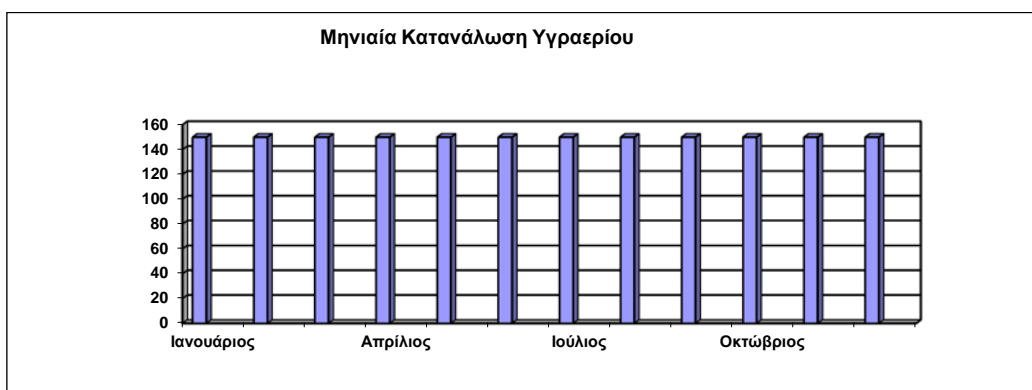
Το καύσιμο που χρησιμοποιείται για την θέρμανση των χώρων και σε μεγάλο βαθμό για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης είναι το πετρέλαιο. Το υγραέριο χρησιμοποιείται για τον βασικό εξοπλισμό της κουζίνας, και ο ηλεκτρισμός για το βασικό φωτισμό του κτιρίου, τα πλυντήρια – στεγνωτήρια, τον κλιματισμό, την κίνηση των μηχανών και άλλες χρήσεις.

Δευτερεύουσα παραγωγή ζεστού νερού χρήσης πραγματοποιείται από το κεντρικό σύστημα ηλιακών συλλεκτών.

Στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζεται η μηνιαία κατανάλωση πετρελαίου και υγραερίου. Υπάρχουν διαφορές κάθε μήνα ανάλογα με τη ζήτηση θερμότητας, αλλά και με την πληρότητα του ξενοδοχείου.



Σχήμα 3.8 Μηνιαία κατανάλωση πετρελαίου σε λίτρα



Σχήμα 3.9 Μηνιαία κατανάλωση υγραερίου σε kg

3.4 Υπολογισμός κόστους παροχής ενέργειας συμβατικής λύσης

Οι μορφές ενέργειας που καταναλώνονται στην ξενοδοχειακή μονάδα στη “συμβατική περίπτωση” είναι η ηλεκτρική ενέργεια που προμηθεύεται από το δίκτυο της ΔΕΗ και η θερμική που προέρχεται από την καύση πετρελαίου και υγραερίου σε λέβητα και από το σύστημα ηλιακών συλλεκτών.

3.4.1 Υπολογισμός κόστους θερμικής ενέργειας

Αφού γνωρίζουμε την κατανάλωση πετρελαίου και υγραερίου σε λίτρα και κιλά αντίστοιχα, μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε πόσο κοστίζουν πολλαπλασιάζοντας τις ποσότητες με τις κατάλληλες τιμές. Από το διάγραμμα παραπάνω φάνηκε ότι οι δύο λέβητες έχουν βαθμό απόδοσης 93%, όπου είναι αρκετά ικανοποιητικό. Η συντηρησή τους κοστίζει περίπου 500 € το χρόνο. Η τιμή για το πετρέλαιο και το υγραέριο λήφθηκε ως η μέση τιμή πετρελαίου θέρμανσης και υγραερίου στην Αττική τον Οκτώβριο του 2013, συμπεριλαμβανομένου του ΦΠΑ.

Πίνακας 3.4 Κόστος καυσίμων συμβατικής μεθόδου

	Ποσότητα Πετρελαίου (λίτρα)	Τιμή πετρελαίου (€/λίτρο)	Ποσότητ α υγραερίο υ (Kg)	Τιμή υγραερίο υ (€/Kg)	Κόστος Πετρελα υ (€)	Κόστος Υγραερίο υ (€)
Ιανουάριος	3670	1,30	150	0,9	4.771	135
Φεβρουάριος	3900	1,30	150	0,9	5.070	135
Μάρτιος	1870	1,30	150	0,9	2.431	135
Απρίλιος	1650	1,30	150	0,9	2.145	135
Μάιος	1600	1,30	150	0,9	2.080	135
Ιούνιος	1540	1,30	150	0,9	2.002	135
Ιούλιος	1500	1,30	150	0,9	1.950	135
Αύγουστος	1470	1,30	150	0,9	1.911	135
Σεπτέμβριος	1800	1,30	150	0,9	2.340	135
Οκτώβριος	1960	1,30	150	0,9	2,548	135
Νοέμβριος	2850	1,30	150	0,9	3.705	135
Δεκέμβριος	3500	1,30	150	0,9	4.550	135

Σύνολο	27310	1800	35.503	1620
--------	-------	------	--------	------

Άρα το σύνολο κόστους σε χρήματα για όλο το χρόνο είναι 40.000 ευρώ περίπου, χωρίς όμως να συνυπολογίζεται το κόστος ηλεκτρισμού για κλιματισμό.

3.4.2 Υπολογισμός κόστους ηλεκτρικής ενέργειας

Το ξενοδοχείο αγοράζει όλη την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία του από τη ΔΕΗ, περίπου 200.000 kWh, σύμφωνα με το γενικό τιμολόγιο Μέσης Τάσης εμπορικής χρήσης, το οποίο αντικατέστησε τα τιμολόγια τύπου Β το 2013, για το οποίο ισχύουν τα παρακάτω:

Ανταγωνιστικές χρεώσεις

Ζώνη	Χρέωση ισχύος	Χρέωση ενέργειας
7:00-23:00 τις εργάσιμες μέρες της περιόδου Ιούνιος-Σεπτέμβριος	6,06	

7:00-23:00 τις εργάσιμες μέρες της περιόδου Οκτώβριος - Μάϊος 2,65

7:00-23:00 τις εργάσιμες μέρες όλο το έτος 0,06183

23:00-7:00 τις εργάσιμες μέρες και όλες τις ώρες του Σαββατοκύριακου και όλων των αργιών του έτους 0,05103

$XZ = MZ * [(1 - \text{Συντ. Χρησ/σης}) \times 1,7 + 0,1] * \text{Ημέρες περιόδου κατανάλ.} / 30$

Συντ. Χρησ/σης: Κατανάλωση Περιόδου / 24 * Ημέρες Περιόδου Κατανάλωσης * KMZ

XZ: Χρεωστέα ζήτηση, MZ: Καταμετρηθείσα Μέγιστη Ζήτηση στις εργάσιμες μέρες μεταξύ 7:00-23:00

KMZ: Καταμετρηθείσα Μέγιστη Ζήτηση, οποιαδήποτε ώρα ημέρας ή νύχτας

Κατώτερο όριο Συντ. Χρησ/σης είναι ίσο με 0,25 (25%) για τον υπολογισμό της XZ.

Μονοπωλιακές 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)	
2,025	0,00044	1,210	0,0033	0,01141

Πίνακας 3.5 Ανταγωνιστικές και μονοπωλιακές χρεώσεις εμπορικού τιμολογίου Μέσης Τάσης Β2.

Οι ανταγωνιστικές χρεώσεις αφορούν την προμήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι μονοπωλιακές αφορούν το δίκτυο μεταφοράς και διανομής. Η τελική χρέωση είναι το άθροισμα των δύο χρεώσεων. Με τη βοήθεια του excel, υπολογίζεται ο ετήσιος λογαριασμός κατανάλωσης της ξενοδοχειακής μονάδας :

Ετήσιος λογαριασμός ΔΕΗ = 45.000€
--

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

4.1 Επιλογή ΣΗΘ

Ένα σημαντικό πρόβλημα για τον ενεργειακό σύμβουλο που εκπονεί τη μελέτη είναι η διαστασιολόγηση του συστήματος ΣΗΘ στο κτήριο, δηλαδή, η επιλογή της βέλτιστης τεχνολογίας για τη μονάδα ΣΗΘ και συνεπώς ο σχεδιασμός όλου του συστήματος.

Πρέπει να τονισθεί ότι είναι απαραίτητο να υλοποιηθούν εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας στο περίβλημα του κτηρίου, πριν από τη μελέτη για την εγκατάσταση συστήματος ΣΗΘ.

Τα βασικά κριτήρια για τη βέλτιστη επιλογή του συστήματος ΣΗΘ αφορούν στην:

- οικονομική αποδοτικότητα της επένδυσης.
- εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.
- αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος ΣΗΘ, προσφέροντας ηλεκτρική ενέργεια, ΖΝΧ, ατμό, θερμική – ψυκτική ενέργεια στους ενοίκους του κτηρίου
- περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα από τη χρήση της ΣΗΘ.

Επίσης, απαιτούνται γνώσεις του ισχύοντος νομοθετικού πλαισίου και των ρυθμιστικών διατάξεων που αφορούν την εγκατάσταση και λειτουργία της μονάδας ΣΗΘ στο κτήριο. Είναι πιθανόν οι προαναφερόμενες διατάξεις να θέτουν όρια στο σχεδιασμό και στη λειτουργία της μονάδας ΣΗΘ (πχ επίπεδα θορύβου, όριο εκπομπών αερίων ρύπων, κλπ). Από την αρχική ιδέα για την εγκατάσταση συστήματος ΣΗΘ στο κτήριο έως τη μελέτη εφαρμογής, υπάρχουν τρία στάδια που πρέπει να υλοποιηθούν με επιτυχία:

A. προμελέτη

B. τεχνοοικονομική μελέτη με επιλογή του συστήματος ΣΗΘ

Γ. μελέτη εφαρμογής.

Πιο αναλυτικά:

A. Κατά τη διάρκεια της προμελέτης για ένα υφιστάμενο κτήριο, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ενεργειακή διαγνωστική (energy audit) για τη συλλογή πληροφοριών και στοιχείων από τις προηγούμενες ενεργειακές καταναλώσεις του. Το αποτέλεσμα της ενεργειακής διαγνωστικής θα δείξει αν στο κτήριο, πριν την εγκατάσταση μονάδας ΣΗΘ, η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας (πχ μόνωση οροφής και περιβλήματος του κτηρίου, βελτίωση συστημάτων θέρμανσης / ψύξης / αερισμού, κλπ) ήταν επιτυχής, ή απαιτούνται πρόσθετα μέτρα. Επίσης, θα καταγράψει τις ηλεκτρικές και θερμικές / ψυκτικές καταναλώσεις, καθώς και τις ελάχιστες, μέσες και μέγιστες τιμές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και θερμικής / ψυκτικής ενέργειας ανά m² ή άτομο. Τέλος, η προμελέτη θα καθορίσει τη δυνατότητα διασύνδεσης του συστήματος ΣΗΘ με τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου. Για τα κτήρια που βρίσκονται στη φάση σχεδιασμού ή αρχικής κατασκευής, παρόμοια πολιτική θα πρέπει να

ακολουθήσει κατά τη διάρκεια της προμελέτης, όμως η εγκατάσταση και η διασύνδεση του συστήματος ΣΗΘ με την υπόλοιπη εγκατάσταση είναι ευκολότερη και η πιθανότητα για οικονομική βιωσιμότητα πιο μεγάλη.

Σημασία έχει, οι υποθέσεις και παραδοχές για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών / ψυκτικών / θερμικών φορτίων, να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερες προς την πραγματικότητα. Κατά τη διάρκεια της προμελέτης παράγονται τεχνικά σχέδια για την κατανόηση των πιθανών εμποδίων ή προβλημάτων που θα προκύψουν.

B. Κατά τη διάρκεια της τεchnοοικονομικής μελέτης επιλέγεται η μηχανή (ή οι μηχανές) ΣΗΘ που καλύπτει απόλυτα το θερμικό προφίλ του κτηρίου. Υπολογίζονται όλα τα περιφερειακά εξαρτήματα ή/ και συστήματα που απαιτούνται, ώστε η μονάδα να λειτουργήσει χωρίς προβλήματα (πχ αντλίες, συνδέσεις με δίκτυα ενέργειας, κλπ). Με βάση τις διαστάσεις της επιλεγμένης μηχανής ΣΗΘ υπολογίζεται η χωροταξική τοποθέτηση της στο λεβητοστάσιο / ψυχοστάσιο καθώς και τα έργα πολιτικού μηχανικού, εφόσον απαιτούνται.

Υπολογίζονται όλα τα πιθανά κόστη της επένδυσης, λαμβάνονται υπόψη:

- τα ίδια κεφάλαια,
- το τυχόν δανειακό κεφάλαιο, και εφόσον υπάρχει,
- η κρατική επιχορήγηση για το έργο

Και υπολογίζονται:

- η απόσβεση της επένδυσης με τις ισχύουσες ενεργειακές τιμές (αγορά / πώληση ΗΕ),
- ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης και
- η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης.

Κατά τη διάρκεια της τεchnοοικονομικής μελέτης σχεδιάζονται γενικά σχέδια (μηχανολογικά, ηλεκτρολογικά, κλπ), υπό κλίμακα. Τέλος, συμπληρώνονται τα απαιτούμενα έντυπα παραγγελίας του εξοπλισμού, ώστε ο επενδυτής να μπορεί άμεσα να απευθυνθεί στην τράπεζα για την πληρωμή του, μέσω τραπεζικής εντολής.

Γ. Κατά τη διάρκεια της μελέτης εφαρμογής, ο ενεργειακός μελετητής της εγκατάστασης ΣΗΘ σχεδιάζει τα τελικά σχέδια, με την καλύτερη δυνατή λεπτομέρεια.

Τα σχέδια αφορούν κυρίως:

- στη χωροθέτηση του συστήματος ΣΗΘ στο χώρο εγκατάστασης, με βάση τα ισχύοντα από τις πολεοδομικές, πυροσβεστικές και άλλες διατάξεις για συστήματα παραγωγής ενέργειας (πχ αερισμός χώρου, πυρόσβεση, κλπ),
- στη διασύνδεση του συστήματος ΣΗΘ με το υφιστάμενο εντός κτηρίου σύστημα παροχής καυσίμου (πετρελαίου ή αερίου), με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς,
- στη διασύνδεση του συστήματος ΣΗΘ με το υφιστάμενο δίκτυο, με βάση τους Κώδικες Διασύνδεσης και τις διατάξεις του Διαχειριστή του Ηλεκτρικού Δικτύου,
- στη σύνδεση του συστήματος ΣΗΘ με το δίκτυο ύδρευσης του κτηρίου, με βάση τις ισχύουσες διατάξεις,
- το σύστημα απαγωγής των καυσαερίων του συστήματος ΣΗΘ και της διαδρομής του από το χώρο εγκατάστασης στο εξωτερικό περιβάλλον,
- στη διασύνδεση της παραγόμενης χρήσιμης θερμότητας από το σύστημα ΣΗΘ με το δίκτυο θέρμανσης και ΖΝΧ ή, αν εγκαθίσταται σύστημα τριπαραγωγής, με τη μονάδα απορρόφησης,
- στο σύστημα ελέγχου και αυτοματισμών, τόσο της μονάδας ΣΗΘ, όσο και όλης της εγκατάστασης,
- όποιο άλλο σχεδιάγραμμα απαιτείται από τις αρμόδιες αρχές (πολεοδομία, ΔΕΗ, ΕΠΑ, κλπ)

Σύμφωνα με τα στοιχεία που μας παραδόθηκαν και τους υπολογισμούς που βασίζονται πάνω στο θερμικό φορτίο, στο ηλεκτρικό φορτίο καθώς και στην πληρότητα του Ξενοδοχείου, παραθέτουμε τα εξής:

Σ Ε Ν Α Ρ Ι Ο (7)

1. Χρήση Τεχνολογίας Micro-CHP Systems (MASTER and SLAVE) by ECOPOWER TECHNOLOGY,

Α Ν Α Λ Υ Σ Η Σ Ε Ν Α Ρ Ι Ο Υ

Η χρήση τεχνολογίας MICRO-CHP SYSTEMS (MASTER AND SLAVE) by ECOPOWER TECHNOLOGY



Περιλαμβάνει :

- Παραγωγή ηλεκτρισμού τριφασική (σε εξάρτηση από την πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και την ποιότητα του φυσικού αερίου)
1.3 με 4.7 kW
- Παραγωγή θερμότητας 4.0 με 12.5 kW, αναλόγως
- Συνολική απόδοση συνεχώς >90%
- Συντελεστής CHP 0.38
- Μονοκύλινδρη τετράχρονη μηχανή 272 κυβικά εκατοστά Φ.Α.
- Κυμαινόμενη ταχύτητα μηχανής 1.200 με 3.600 U/λεπτό
- Καύσιμα Σωλήνας μέτρησης της θερμοκρασίας του αερίου <90%
- Κεντρικός αγωγός για παράλληλη χρήση έτοιμος για σύνδεση 3X400V, 50Hz
- Διαστάσεις (ύψος X πλάτος X βάθος σε εκατοστά) 108 X 74 X 137
- Παραγωγή ήχου 56 ντεσιμπέλ
- Βάρος 395 κιλά

ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ECOPOWER MASTER AND SLAVE

Η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος βασίζεται στη διασύνδεση δύο συστοιχιών Συμπαραγωγών σε σειρά. Η μία από τις τρεις παίζει τον ρόλο του κυρίαρχου στις υπόλοιπες και ελέγχει την λειτουργία τους. Ανάλογα με τη θερμική ζήτηση του Ξενοδοχείου, ενεργοποιούνται οι ανάλογες Συμπαραγωγές με απόλυτη ακρίβεια του θερμικού φορτίου. Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα προσδίδεται στον υποπίνακα της κατασκευής μας, έτσι ώστε να τροφοδοτείται σε σταθερή τάση-ένταση αφού η εξομάλυνση του παραγομένου ρεύματος γίνεται από την ίδια Συμπαραγωγή.

Η υδραυλική εγκατάσταση δεν επηρεάζει καθόλου την ήδη αναπτυγμένη εντός του λεβητοστασίου, απλά «κουμπώνουμε» στο υπάρχον σύστημα με παρεμβολή BUFFER TANK και αυτό γίνεται για τον έλεγχο παραγωγής ζεστού νερού στην κατάλληλη επιθυμητή θερμοκρασία.

Η παραγόμενη θερμική ενέργεια μπορεί να παραχθεί και στους 50 βαθμούς (εξοικονόμηση ενέργειας) με δυνατότητα να συμβάλει το μηχάνημα της Συμπαγωγής στην εξουδετέρωση του επικίνδυνου μύκητα Legionella (αυτοματοποιημένη λειτουργία εντός του συστήματος by the software).

Παράλληλα, η Συμπαγωγή της **ECOPOWER** λειτουργεί σύμφωνα με την έννοια της χρήσης της λανθάνουσας ενέργειας και αυτό οφείλεται στην υγροποίηση του νερού της καύσης του φυσικού αερίου. Το νερό της καύσης αντί να διαφύγει στους 150-250 βαθμούς στην ατμόσφαιρα μέσω της καπνοδόχου (όπως στο υπάρχον σύστημα), παροχετεύεται υγροποιημένο στο αποχετευτικό σύστημα.

Η συντήρηση του συστήματος διαμορφώνεται ανά 4.000 ώρες λειτουργίας κάθε Συμπαγωγής.

4.2 Εξέταση επένδυσης

Η εγκατάσταση της μονάδας ΣΗΘ είναι μία επενδυτική κίνηση που θα αποφέρει κέρδος και στην Εταιρεία Παροχής Ενεργειακών Υπηρεσιών, αλλά και στον ιδιοκτήτη του ξενοδοχείου μακροπρόθεσμα. Το σημαντικότερο κέρδος προέρχεται από την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο αλλά και από εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος, λόγω της μειωμένης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό από το δίκτυο, όπως επίσης και καυσίμου.

Η μονάδα που επιλέχθηκε μετά την μελέτη μας για την κάλυψη των αναγκών του ξενοδοχείου έχει μέγιστη θερμική ισχύ 25 KW, ηλεκτρική ισχύ 9,4 KW και παράγει περίπου 85.000 kwh ηλεκτρισμού ετησίως. Ακολουθεί ανάλυση των παραμέτρων που κρίνουν την επιλογή της μονάδας.

4.2.1 Αρχικό κόστος εγκατάστασης

Το συνολικό κόστος της επένδυσης είναι 40,000€ και διαμορφώνεται ως εξής:

Είδος εργασιών	Κόστος (€)
Αγορά και εγκατάσταση μονάδας	26.000
Εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης	1.800
Εγκατάσταση chiller	10.500
Σύνδεση Φ.Α.	700
Διάφορα	1000
Συνολικό Κόστος	40.000

4.2.2 Χρηματοδοτικό σχήμα

Όσον αφορά το αρχικό κόστος επένδυσης θα λάβουμε 2 περιπτώσεις:

A) Την περίπτωση της κατά 100% χρηματοδότησης με ίδια κεφάλαια.

B) Την περίπτωση της κατά 30% χρηματοδότησης με ίδια κεφάλαια και 70% με δανεισμό.

Ανάλυση δανείου

Το τραπεζικό δάνειο των 28,000€ το οποίο λαμβάνεται, έχει διάρκεια 5 έτη και σταθερό επιτόκιο δανεισμού 4%.

Περίοδος	Αρχικό Ποσό	Δόση (τοκοχρεολύσιο)	Τόκος	Χρεολύσιο	Υπόλοιπο κεφαλαίου
1	28.000	6.720	1.120	5.600	21.280
2	21.280	6.451,20	851,20	5.600	14.828,8
3	14.828,80	6.193,15	593,15	5.600	8.635,65
4	8.635,65	5.945,43	345,43	5.600	2.690,22
5	2.690,22	5.707,61	107,61	5.600	0

4.2.3 Υπολογισμός εσόδων

Έτος	Παραγωγή(kwh)	Τιμή Πώλησης (€/kwh)	Έσοδα (€)
0	0	0	0
1	85.000	0,419	35,615
2	85.000	0,419	35,615
3	85.000	0,419	35,615
4	85.000	0,419	35,615
5	85.000	0,419	35,615
6	85.000	0,419	35,615
7	85.000	0,419	35,615
8	85.000	0,419	35,615
9	85.000	0,419	35,615
10	85.000	0,419	35,615
11	85.000	0,419	35,615
12	85.000	0,419	35,615
13	85.000	0,419	35,615
14	85.000	0,419	35,615
15	85.000	0,419	35,615

4.2.4 Έξοδα λειτουργίας ΣΗΘ

Είδος εξόδου	Ποσό (€)
Κόστος φυσικού αερίου	19.540
Κόστος συντήρησης ΣΗΘ	4.000
Κόστος συντήρησης του chiller	380
Σύνολο	23.920
Κόστος Γενικής Επισκευής ΣΗΘ κάθε 10 χρόνια	6.500
Σύνολο (έτος 10)	30.420

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

5.1 Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών

Οι Καθαρές Ταμειακές Ροές αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα (αν όχι το σημαντικότερο) οικονομικό μέγεθος στη διαδικασία αξιολόγησης επενδυτικών στοιχείων, αφού είναι το ετήσιο καθαρό ταμειακό αποτέλεσμα, που προκύπτει από την υλοποίηση μίας επένδυσης. Δεδομένης της πολυπλοκότητας των επιμέρους μεγεθών που υπεισέρχονται στην εκτίμηση των καθαρών ταμειακών ροών, το ζητούμενο είναι ο οικονομικά ορθός υπολογισμός τους με σκοπό τη σωστή αξιολόγηση μίας επένδυσης. Αλγεβρικά, η Καθαρή Ταμειακή Ροή εκφράζεται ως η διαφορά μεταξύ ταμειακών εισροών και ταμειακών εκροών, προσδιοριζόμενες την χρονική περίοδο που πραγματοποιούνται.

$$Κ.Τ.Ρ._t = Τ.Ε._t - Τ.Εκ._t$$

όπου:

Κ.Τ.Ρ.: Καθαρή Ταμειακή Ροή τη χρονική στιγμή t

Τ.Ε. t : Ταμειακή εισροή (εισπράξεις) τη χρονική στιγμή t

Τ.Εκ.t: Ταμειακή εκροή (πληρωμές) τη χρονική στιγμή t.

Πίνακας 5.1 Ετήσιες ταμειακές ροές

Έτος	Ετήσια έσοδα	Λειτουργικές δαπάνες	Τόκοι	Χρεολύσια	ΚΤΡ
1	35.615	23.920	1.120	5.600	4.975
2	35.615	23.920	851,2 0	5.600	5.243,8
3	35.615	23.920	593,1 5	5.600	5.501,85
4	35.615	23.920	345,4 3	5.600	5.749,57
5	35.615	23.920	107,6	5.600	5.987,39

			1		
6	35.615	23.920	0	0	11.695
7	35.615	23.920	0	0	11.695
8	35.615	23.920	0	0	11.695
9	35.615	23.920	0	0	11.695
10	35.615	30.420	0	0	5.195
11	35.615	23.920	0	0	11.695
12	35.615	23.920	0	0	11.695
13	35.615	23.920	0	0	11.695
14	35.615	23.920	0	0	11.695
15	35.615	23.920	0	0	11.695

5.2 Οικονομικοί δείκτες

Αφού υπολογίστηκαν οι καθαρές ταμειακές ροές μπορούν να υπολογιστούν οι οικονομικοί δείκτες για την αξιολόγηση της επένδυσης.

Στη συνέχεια θα αναπτύξουμε τα αποτελεσματικά κριτήρια μέτρησης της αποδοτικότητας, τη μέθοδο της Κ.Π.Α (Καθαρής Παρούσας Αξίας) και τη μέθοδο του Ε.Β.Α (Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης), τα οποία κριτήρια δίνουν ακριβείς μετρήσεις της αποδοτικότητας και μπορεί ο αναλυτής να τα χρησιμοποιήσει σε συγκρίσεις.

5.2.1 Υπολογισμός Κ.Π.Α.

Η Κ.Π.Α. είναι το αποτέλεσμα της σύγκρισης των καθαρών ταμειακών ροών , που προκύπτουν από τη φάση λειτουργίας (σε παρούσες αξίες) σε σχέση με το κόστος επένδυσης κατά τη φάση υλοποίησης. Θα πρέπει, δηλαδή, η μέθοδος αυτή να συγκρίνει το K_0 (Κόστος επένδυσης) σε σχέση με τις καθарές ταμειακές ροές που λαμβάνουν. Ο τύπος , ο οποίος δίνει την Κ.Π.Α. , δίνετε ως ακολούθως:

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^n \frac{ΚΤΡ_t}{(1+i)^n} - K_0$$

όπου

K_0 : το κόστος αρχικής επένδυσης,

ΚΤΡ: οι καθарές ταμειακές ροές,

N : οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης,

i : επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου).

Η Κ.Π.Α. της επένδυσής μας, σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία , είναι **58.748,07**.

Σύμφωνα με τον επενδυτικό κανόνα, $Κ.Π.Α > 0$, η επένδυσή μας εγκρίνεται.

5.2.2 Υπολογισμός Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (E.B.A.)

Ο E.B.A. (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης) είναι το επιτόκιο εκείνο για το οποίο η Κ.Π.Α. ισούται με 0. Είναι μέγεθος το οποίο συγκρίνεται με τον παράγοντα προεξόφλησης για να δοθεί συμπέρασμα για την ανάληψη ή μη της επένδυσης. Προσδιορίζεται ως λύση της εξίσωσης: $K.Π.Α._{(d=E.B.A.)}=0$, όπου Κ.Π.Α. η παρούσα αξία, ενώ η ένδειξη $d=EBA$ υπονοεί ότι η εξίσωση λύνεται ως προς d . **Ο E.B.A. της επένδυσης μας, σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, είναι 5%.**

5.2.3 Υπολογισμός Payback Period

Payback Period είναι η περίοδος που απαιτείται μέχρι να καλύψουμε το αρχικό κόστος επένδυσης, δηλαδή το νεκρό σημείο. Ωστόσο, ο απλός χρόνος αποπληρωμής δεν αποτελεί έναν πολύ καλό δείκτη για την αποτίμηση της επένδυσης, καθώς δεν λαμβάνει υπόψη τις αποδόσεις πέρα από την περίοδο της αποπληρωμής και αγνοεί τη χρονική αξία του χρήματος.

Στην περίπτωση μας, η περίοδος αποπληρωμής υπολογίστηκε περίπου στα 6,2 έτη με τον εξής τρόπο:

Έτος	Ταμειακές Ροές	Αθροιστικά
0	-40.000	-40.000
1	4975,00	-35.025,00
2	5.243,80	-29.781,20
3	5.501,85	-24.279,35
4	5.749,57	-18.529,78
5	5.987,39	-12.542,39
6	11.695	-847,39
7	11.695	10.847,61

5.3 Συμπεράσματα

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε είχε σαν σκοπό να διερευνήσει από τεχνοοικονομικής απόψεως τις δυνατότητες εγκατάστασης πολύ μικρής μονάδας ΣΗΘ και συστήματος ψύξης απορρόφησης σε ξενοδοχειακή μονάδα σε περιοχή της Αθήνας ώστε να επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμου, ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος και πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας στο Δίκτυο. Η μελέτη πραγματοποιείται με σκοπό το κέρδος από την πώληση της ενέργειας για την εταιρεία σε μικρό χρονικό διάστημα, αλλά και για τον ιδιοκτήτη για τα επόμενα 15 χρόνια.

Το κύριο συμπέρασμα που εξάγεται είναι πως η συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να καταστεί βιώσιμη ως επένδυση στον τριτογενή τομέα υπό προϋποθέσεις.

Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί το υψηλό αρχικό κόστος απόκτησης της μονάδας που ανέρχεται περίπου σε 1.800 € /kW_e. Σημειώνεται ωστόσο ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι καινούργια για τα περισσότερα Ευρωπαϊκά κράτη, οπότε αναμένουμε στο μέλλον μείωση του κόστους, γεγονός που θα την καταστήσει περισσότερο ανταγωνιστική.

Πολύ σημαντικός παράγοντας είναι η σωστή διαστασιολόγηση της εγκατάστασης, καθώς και ο υπολογισμός των ενεργειακών καταναλώσεων της εφαρμογής στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί το σύστημα ΣΗΘ. Τα συστήματα ΣΗΘ μεγιστοποιούν τα οφέλη όταν λειτουργούν για την κάλυψη των φορτίων βάσης και όχι για την κάλυψη αιχμών. Ένα σύστημα το οποίο είναι πολύ ακριβό γίνεται ιδιαίτερα ασύμφορο όταν παραμένει ανενεργό για μεγάλο χρονικό διάστημα και λειτουργεί στα μικρά χρονικά διαστήματα στα οποία παρουσιάζονται οι αιχμές.

Η πώληση του συνόλου της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο αποδίδει μεγάλο κέρδος. Σημαντικά βήματα προς την κατεύθυνση βιωσιμότητας της ΣΗΘ πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια με την αναθεώρηση του θεσμικού πλαισίου. Είναι πολύ σημαντικός ο Νόμος 3851/2010, ο οποίος προσφέρει εγγυημένα εικοσαετή τιμολόγια στους παραγωγούς και αυτοπαραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, έχει απλοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό η διαδικασία και ο χρόνος αδειοδότησης, θετικό βήμα όχι μόνο για Ε.Π.Ε.Υ., αλλά και για ιδιώτες.

Οι παραδοχές και προσεγγίσεις που πραγματοποιήθηκαν ελλείψει στοιχείων σε διάφορα στάδια της μελέτης (υπολογισμός θερμικών και ηλεκτρικών καταναλώσεων, παραγωγή μονάδας ΣΗΘ, δανειοδότηση κ.α.) φαίνεται να μην απέχουν πολύ από την πραγματικότητα. Βέβαια, στο σημείο αυτό ότι η συγκεκριμένη μελέτη αποτελεί μια ανάλυση πρώτου σταδίου για την εγκατάσταση συστημάτων μικρής κλίμακας τριπαραγωγής στον τριτογενή τομέα. Για μια ακριβέστερη προσέγγιση απαιτείται πληρέστερος ενεργειακός έλεγχος και οικονομική ανάλυση στα πλαίσια του ελληνικού οικονομικού συστήματος.

Πάντως, η εγκατάσταση συστήματος τριπαραγωγής σε περιοχές με μεγάλη ζήτηση ψυκτικού φορτίου είναι μία επένδυση που κατά πάσα πιθανότητα θα ανθήσει τα επόμενα χρόνια, σε συνδυασμό και με τις ευνοϊκές συνθήκες για πώληση ολόκληρης ή του πλεονάσματος της ηλεκτρικής παραγωγής στο δίκτυο.

Βιβλιογραφία

- 1) www.biomassenergy.gr
- 2) Σημειώσεις από το μάθημα Συμπαραγωγή θερμότητας – ηλεκτρισμού
- 3) www.depa.gr
- 4) Σημειώσεις από το μάθημα του καθηγητή Σίσκου Ιωάννη , Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και θερμότητας
- 5) Οδηγός συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας , Ευρωπαϊκή επιτροπή
- 6) www.beebansenergy.gr
- 7) www.hachp.gr

