

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ**

Νταλαπέρας Γεώργιος

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθηγητής, Καλαϊτζάκης Κωνσταντίνος (Επιβλέπων)

Καθηγητής, Σταυρακάκης Γεώργιος

Διδάκτωρ, Τσικαλάκης Αντώνιος

Χανιά, Ιανουάριος 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή
κ. Καλαϊτζάκη Κωνσταντίνο.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον κ. Τσικαλάκη Αντώνιο
για την καθοδήγηση, τη πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε και το χρόνο που διάθεσε
κατά τη διάρκεια εκπόνησης της Διπλωματικής μου εργασίας.

Περίληψη

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες ενίσχυσης του φαινομένου της θερινής αιχμής είναι η συνεχώς διαδιδόμενη χρήση συσκευών κλιματισμού. Αποτέλεσμα είναι συχνά η επιτακτική ανάγκη προσθήκης στο σύστημα νέων μονάδων παραγωγής καθώς και ευέλικτων αιχμιακών μονάδων με άμεση συνέπεια το αυξημένο κόστος παραγωγής. Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως το 2001 στον Υ/Σ Χανίων, η αύξηση της ζήτησης οδηγούσε σε κορεσμό του και την ανάγκη λειτουργίας του Αεριοστροβίλου 1 Χανίων (ΑΕΡ1ΧΑΝ) μίας πολύ ακριβής μονάδας παραγωγής για την προστασία του από την υπερφόρτιση ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο οπότε οι εξωτερικές θερμοκρασίες έχριζαν επιτακτική τη χρήση κλιματισμού.

Στόχος της μελέτης που πραγματοποιήθηκε είναι η αξιολόγηση των οφελών που θα προκύπτανε για το ΣΗΕ Κρήτης με την υλοποίηση μιας εφαρμογής - δράσης εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας από τη πλευρά των καταναλωτών έχοντας ως γνώμονα επιτυχημένα αντίστοιχα προγράμματα που υλοποιήθηκαν στο παρελθόν τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Μελετώντας τη συμπεριφορά της επίμαχης μονάδας ΑερίΧαν παρουσίασε μεγάλο ενδιαφέρον η μελέτη της εξοικονόμησης μέσω αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού στον εμπορικό τομέα. Ο λόγος της επιλογής αυτής ήταν ο υψηλός ταυτοχρονισμός λειτουργίας της επίμαχης μονάδας, άρα και της ζήτησης, τόσο με το ωράριο του εμπορικού τομέα, που άγγιξε το 89% σε ορισμένες περιπτώσεις όσο και ο ταυτοχρονισμός με τη χρήση συσκευών κλιματισμού που κυμάνθηκε στο 97%. Η εξοικονόμηση υπολογίστηκε σύμφωνα με την αντικατάσταση μίας συσκευής κλιματισμού 12.000 BTU ενεργειακής κλάσης C, για κάθε εμπορική επιχείρηση που υπάγεται στον Υ/Σ Χανίων, 11.916 στο σύνολο, με μία αντίστοιχη μονάδα κλάσης A και υπολογίστηκε η ενέργεια που εξοικονομήθηκε η οποία είναι άμεσα συσχετισμένη με τη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος αλλά και την ανάγκη περιορισμού της ζήτησης λόγω κορεσμού.

Δύο σενάρια προσομοιώθηκαν και συγκρίθηκαν μεταξύ τους: το πρώτο αφορούσε την αντικατάσταση συσκευών αποκλειστικά σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων και δεύτερο θεώρησε ότι η δράση αυτή έγινε διασκορπισμένα σε εμπορικές επιχειρήσεις στο υπόλοιπο μέρος του νησιού. Αξιολογήθηκαν και στις δύο περιπτώσεις τα οφέλη σχετικά με τη κατανάλωση καυσίμων και το οικονομικό όφελος, τη μείωση των ρύπων και τη μείωση της αιχμής. Η μεταξύ τους σύγκριση αναδεικνύει τα οφέλη που προκύπτουν για τον Διαχειριστή του συστήματος στην επιλογή περιοχών κάλυψης του Υ/Σ Χανίων για την εφαρμογή προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας.

Τελικά με τη χρήση πιθανοτικής μεθοδολογίας πραγματοποιείται εκτίμηση της ετήσιας εξοικονόμησης που προκύπτει από την αντικατάσταση λιγότερων αποδοτικών συσκευών κλιματισμού από αντίστοιχες αποδοτικότερες συσκευές.

Abstract

One of the most important factors for increasing the summer peak is the continuous increase of air conditioners usage. Summer peak load leads to the addition of new production units and flexible peak load units to the system directly associated with much higher production cost. In some cases, as in 2001, at the Chania Substation (S/S) the increase of the demand resulted into congestion of the S/S. In order to face such congestion, a very expensive Gas Turbine (GT) unit, connected to this S/S, was committed to protect the S/S from overcharging especially during the summer period when outdoor temperatures lead to increased usage of air conditioning.

The study is conducted to evaluate the potential benefits to the Power System of Crete by the implementation of an energy savings like other successful similar programs in Greece and abroad. The energy savings focused on air conditioning units of the commercial sector in the area served by the S/S Chania. This was due to the fact that, based on actual data, high coincidence (89 %) was noticed not only between the commercial sector working hours and the operation of the specific Gas Turbine (GT) but also between the high or low temperature and the operation of the specific Gas Turbine (GT) reaching 97 %. It was assumed that one air conditioning unit of 12.000 BTU, one per commercial customer served by the S/S of Chania, i.e. 11.916 units, presenting energy class C was replaced by a corresponding unit of energy class A, and the corresponding savings based on external ambient temperature were calculated.

Two scenarios were simulated and compared: one with these units having been installed in areas served by the S/S of Chania and one with these units scattered to commercial customers in the rest of Crete. In both scenarios the benefits regarding fuel consumption, cost and corresponding emissions reduction, along with total peak reduction were evaluated. A comparison between these two scenarios can reveal the specific benefits for the Operator of the Cretan power system due to energy savings in areas served in the region of S/S of Chania over other areas of Crete.

Finally, utilizing a probabilistic approach, the estimated annual savings due to the substitution of less efficient air conditioning by more efficient ones were calculated.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract.....	6
1 Εισαγωγή - Σκοπός της Εργασίας	10
1.1 Εισαγωγή	10
1.2 Δομή της εργασίας	11
2 Κλιματισμός - Βασικές Αρχές και επιπτώσεις στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας	13
2.1 Εισαγωγή	13
2.2 Λειτουργίες του κλιματισμού	13
2.3 Εφαρμογές κλιματισμού	14
2.3.1 Εφαρμογές ανέσεως	14
2.3.2 Εφαρμογές διεργασιών	16
2.4 Μονάδες Κλιματισμού	16
2.4.1 Μονάδες δωματίου	16
2.4.2 Ημικεντρικές μονάδες κλιματισμού	18
2.4.3 Κεντρικές μονάδες κλιματισμού	21
2.4.4 Συνηθισμένες μονάδες καταστημάτων	21
2.5 Θεωρητική Αρχή λειτουργίας μονάδας δωματίου διαιρουμένου τύπου - Split Unit	23
2.5.1 Αντλίες θερμότητας	24
2.5.2 Κύκλος ψύξης - θέρμανσης	25
2.5.3 Συντελεστής απόδοσης	27
2.6 Βασικοί Ορισμοί	29
2.7 Ο κλιματισμός στην Ελλάδα	30
2.8 Επιπτώσεις του κλιματισμού στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας	31
2.8.1 Περιβαλλοντικά προβλήματα	31
2.8.2 Τεχνικά προβλήματα	31
2.9 Σύνοψη Κλιματισμού	34
3 Μέθοδοι ενίσχυσης αποδοτικότητας κλιματισμού	35
3.1 Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα κλιματισμού	35
3.1.1 Σχεδιασμός προδιαγραφών	35

3.1.2	Λειτουργία και συντήρηση συστήματος κλιματισμού	37
3.2	Κρατικά μέτρα ενίσχυσης απόδοσης κλιματισμού	38
3.2.1	Ρυθμιστικά μέτρα	38
3.2.2	Οικονομικά κίνητρα	44
3.2.3	Η Δράση «Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό»	45
4	Σύστημα Ηλεκτρική Ενέργειας Κρήτης - Περιγραφή του προβλήματος	49
4.1	Εισαγωγή - Περιγραφή του νησιού και του προβλήματος	49
4.2	Πληροφορίες για το ΣΗΕ Κρήτης	51
4.2.1	Ιστορικά στοιχεία	51
4.2.2	Γενικά χαρακτηριστικά του ΣΗΕ Κρήτης	52
185.16 (MW)	53
4.2.3	Πληροφορίες σχετικά με τη ζήτηση φορτίου	53
4.2.4	Στοιχεία για τις Θερμικές Μονάδες	56
4.2.5	Στοιχεία για τις μονάδες ΑΠΕ	64
4.3	Παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας περιοχής Χανίων	66
4.3.1	Ενεργειακές ανάγκες του Νομού	66
4.3.2	Στοιχεία Υ/Σ Χανίων για το έτος 2001	68
4.3.3	Στοιχεία Μονάδων Παραγωγής	71
4.4	Θέματα προς αντιμετώπιση ΣΗΕ Κρήτης	76
4.4.1	Σύνοψη θεμάτων προς αντιμετώπιση ΣΗΕ Κρήτης	76
4.5	Κορεσμός Μ/Σ2 στον Υ/Σ Χανίων	81
4.6	Εξεταζόμενες λύσεις	85
5	Μοντελοποίηση σεναρίου κλιματισμού	87
5.1	Εισαγωγή	87
5.2	Εξεταζόμενο σενάριο	87
5.2.1	Επιλογή εμπορικού τομέα	88
5.2.2	Επιλογή αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού	93
5.2.3	Ώρες ένταξης Αερ1 σε συνδυασμό με ωράριο εμπορικού τομέα και εξωτερικής θερμοκρασίας	98
5.2.4	Σενάριο υλοποίησης	101
5.3	Αλγόριθμός υπολογισμού καμπύλης εξοικονόμησης	102
5.3.1	Εγκατεστημένη ισχύς κλιματισμού	102
5.3.2	Υπολογισμός φορτίου κλιματισμού	104

5.4	Ετήσια Πιθανοτική Εκτίμηση	114
6	Αλγόριθμος Επίλυσης - Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	117
6.1	Περιγραφή Αλγόριθμου Επίλυσης Προβλήματος	117
6.1.1	Μείωση Θερμικής Παραγωγής - Οικονομική Κατανομή.....	117
6.1.2	Διάγραμμα Ροής Αλγορίθμου.....	121
6.2	Περιγραφή Κώδικα	122
6.2.1	Εισαγωγή	122
6.2.2	Συναρτήσεις - Ρουτίνες	122
6.2.3	Ανάλυση Λειτουργιών	123
7	Αποτελέσματα Εφαρμογής Σεναρίου Αντικατάστασης Μονάδων Κλιματισμού	130
7.1	Μείωση Θερμικής Παραγωγής - Οικονομική Κατανομή.....	130
7.1.1	Σενάριο Χανίων -Κλιματιστικά στην περιοχή του Υ/Σ Χανίων	130
7.1.2	Σενάριο Κλιματιστικών εκτός περιοχής Υ/Σ Χανίων	132
7.1.3	Σύγκριση Αντικατάστασης Κλιματιστικών Εντός - Εκτός Χανίων	134
7.2	Επίδραση στη Θερινή Αιχμή.....	138
7.3	Επίδραση στους Σταθμούς Παραγωγής	139
7.4	Περιβαλλοντικά Οφέλη	139
7.4.1	Σύγκριση Σεναρίων τοποθέτησης κλιματιστικού	141
7.5	Μεταβολή της λειτουργίας του Αερ1Χαν	141
7.6	Αποτελέσματα παρόμοιων μεθόδων αντιμετώπισης.....	146
8	Εκτίμηση Ετήσιων Αποτελεσμάτων	147
8.1	Υπολογισμός Οικονομικής Εκτίμησης	147
8.2	Συνολική Αξία Αντικατάστασης Μονάδων Κλιματισμού	153
8.2.1	Αντικατάσταση σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων.....	153
8.2.2	Αντικατάσταση σε Περιοχές Εκτός Κάλυψης Υ/Σ Χανίων	155
8.2.3	Όφελος Αντικατάστασης Κλιματιστικών στα Χανιά Έναντι Άλλων Περιοχών	156
9	Συγκεντρωτικά Συμπεράσματα	158
9.1	Σύνοψη	158
9.1.1	Σύνοψη Αποτελεσμάτων	160
9.2	Συμπεράσματα - Προτάσεις.....	162
10	Βιβλιογραφία	166

1 Εισαγωγή – Σκοπός της Εργασίας

1.1 Εισαγωγή

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης πρόκειται για το μεγαλύτερο αυτόνομο νησιωτικό σύστημα της Ελλάδος και για το δεύτερο μεγαλύτερο της ανατολικής μεσογείου μετά την Κύπρο. Στη πάροδο των χρόνων, με ιδιαίτερη έμφαση στη τελευταία δεκαετία, έχει σημειωθεί ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στο ΣΗΕ Κρήτης καθώς και σημαντική μεταβολή της αιχμής του. Ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο νησί και του έντονου τουρισμού οι ενεργειακές απαιτήσεις γίνονται ακόμη μεγαλύτερες. Για την ικανοποίηση αυτών των ενεργειακών αναγκών χρησιμοποιούνται αεριοστροβιλικές μονάδες οι οποίες χαρακτηρίζονται ως "ακριβές" μονάδες παραγωγής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους λειτουργίας του ΣΗΕ μιας και έχουμε μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου.

Σε αυτή την εργασία μελετάται αν και κατά πόσο η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να βοηθήσει σε περιόδους που παρουσιάζεται αιχμή στο ζητούμενο φορτίο. Το σενάριο μελέτης αναφέρεται στο έτος 2001, όπου παρουσιάστηκε μια επιπλέον ιδιαιτερότητα στην οικονομική λειτουργία του συστήματος: πιο συγκεκριμένα, το δεύτερο εξάμηνο του 2001 παρατηρήθηκε πως ο αεριοστρόβιλος 1 Χανίων «αναγκάστηκε» να λειτουργήσει πολλές φορές προκειμένου να αντιμετωπίσει την αιχμή ζήτησης του Μ/Σ-2 του Υ/Σ Χανίων και να τον προστατεύσει από την υπερφόρτιση. Αυτό είχε σαν συνέπεια να υποκαθίσταται παραγωγή από λιγότερο ακριβές μονάδες από τον αεριοστρόβιλο 1, που αποτελεί τη μονάδα με το ακριβότερο κόστος λειτουργίας στο ΣΗΕ Κρήτης, προκειμένου να προστατευθεί ο συγκεκριμένος εξοπλισμός.

Πιο συγκεκριμένα προτείναμε ως σενάριο εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού παλαιάς τεχνολογίας και κατά συνέπεια υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων με αντίστοιχες μονάδες νεότερης τεχνολογίας που αφορούν τον εμπορικό τομέα του Νησιού. Ο συνδυασμός των τεχνικών χαρακτηριστικών των μονάδων αυτών, το μερίδιο ενεργειακών αναγκών που αντιστοιχεί στον εμπορικό τομέα, η διαθεσιμότητα των απαραίτητων δεδομένων και ένα ακόμη μεγάλο πλήθος στοιχείων μας οδήγησε στην επιλογή του εν λόγω σεναρίου. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι η ίδια η Ευρωπαϊκή Ένωση εισάγει δυναμικά προγράμματα που αποσκοπούν στη βέλτιστη δυνατή αύξηση της αποδοτικότητας των κλιματιστικών συστημάτων και είναι υποχρεωμένες για την εφαρμογή τους τα Κράτη μέλη.

Αναλύθηκαν οι ώρες που μπήκε σε λειτουργία ο αεριοστρόβιλος 1 Χανίων στη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του 2001 και υπολογίστηκε το μέγεθος της εξοικονόμησης ζήτησης φορτίου που επιτυγχάνθηκε με την εφαρμογή της αντικατάστασης των μονάδων κλιματισμού που εξετάζουμε. Στη συνέχεια διερευνήθηκε πως ο περιορισμός αυτός της ζήτησης φορτίου από τη μεριά των καταναλωτών θα

μπορούσαν να περιορίσουν το πρόβλημα που παρουσιάζεται στον μετασχηματιστή του Υ/Σ Χανίων και κατά συνέπεια να περιοριστεί η χρήση της μονάδας αεριοστρόβιλος 1 Χανίων.

Η επίλυση του προβλήματος επήλθε με τη λύση μίας μεθόδου βελτιστοποίησης. Πραγματοποιείται μια αλλαγή στην κατανομή παραγωγής των μονάδων, που προκύπτει από τη βέλτιστη μείωση παραγωγής τους, εξαιτίας της εξοικονόμησης της ζήτησης φορτίου από τη πλευρά των καταναλωτών που προέκυψε από την αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού. Κατά την ανάλυση και τον υπολογισμό των περιπτώσεων που προσομοιώθηκαν τηρήθηκαν αυστηρά τόσο οι τεχνικοί περιορισμοί που διέπουν τις μονάδες παραγωγής του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας Κρήτης μονάδων όσο και του υποσταθμού του Νομού Χανίων.

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων απέδειξαν πως μια πολιτική αλλαγής του προγράμματος της ένταξης των μονάδων, όταν η εξοικονόμηση εφαρμόζεται σε περιοχές του Υ/Σ Χανίων, επιφέρει τα μέγιστα οφέλη στο ΣΗΕ Κρήτης. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις με το σενάριο εξοικονόμησης να εφαρμόζεται σε περιοχές εκτός επιρροής του υποσταθμού Χανίων και πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες συγκρίσεις.

Εκτός από τα οικονομικά οφέλη, φάνηκε κατά πόσο η εφαρμογή επηρέασε τη λειτουργία του επίμαχου αεριοστρόβιλου, αν βοήθησε στη μείωση της θερινής αιχμής και αν μετάβαλλε τη συνολική παραγωγή των σταθμών παραγωγής ενέργειας του ΣΗΕ Κρήτης. Άξια σχολιασμού είναι και τα περιβαλλοντικά οφέλη που προέκυψαν από την εφαρμογή.

Τελικά, στα οφέλη της εφαρμογής έγινε αναγωγή σε ετήσιο επίπεδο, σύμφωνα με την πιθανοτική μέθοδο που υπολογίζει την αξία των κλιματιστικών. Με αυτό τον τρόπο υπολογίστηκαν τα ετήσια κέρδη της ΔΕΗ που προέκυψαν από την εφαρμογή. Αυτά τα κέρδη μπορούν να διοχετευθούν σε μια επενδυτική πολιτική από το διαχειριστή του συστήματος ή να προσφερθεί μέρος τους με τη μορφή επιδοτήσεων στους ιδιοκτήτες εμπορικών καταστημάτων για την αντικατάσταση των κλιματιστικών τους μονάδων με αντίστοιχες νεότερες μονάδες.

1.2 Δομή της εργασίας

Αρχικά, στο κεφάλαιο 2, θα αναπτυχθούν όλες οι έννοιες που είναι σχετικές με τον κλιματισμό, θα παρουσιαστεί η χρήση του καθώς και οι μονάδες με τις οποίες γίνεται εφικτή αυτή και θα παρουσιαστεί ο κύκλος λειτουργίας μίας μονάδας κλιματισμού. Το κεφάλαιο αυτό θα κλείσει με την ανάπτυξη των επιπτώσεων που προκύπτουν από τη χρήση κλιματιστικών μονάδων.

Το κεφάλαιο 3 έχει επίσης ως πεδίο αναφοράς τον κλιματισμό και γίνεται εστίαση στις μεθόδους με τις οποίες μπορεί να ενισχυθεί η αποδοτικότητα του. Να σημειωθεί ότι γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στις μεθόδους που εφαρμόζονται στον Ελλαδικό χώρο και σε οργανωμένα προγράμματα που έχουν εφαρμοστεί στη χώρα μας προκειμένου να ενισχυθεί η αποδοτικότητα του κλιματισμού καθώς επίσης και σε αντίστοιχες επιτυχημένες μεθόδους που έλαβαν δράση σε χώρες του εξωτερικού. Επίσης γίνεται επεξήγηση της κατηγοριοποίησης των συσκευών σύμφωνα με την ενεργειακή τους κλάση.

Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 4 θα γίνει αναλυτική παρουσίαση του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας Κρήτης που είναι και το σύστημα αναφοράς της εργασίας αυτής. Θα δοθούν οι όλες πληροφορίες σχετικά με το ΣΗΕ Κρήτης που είναι απαραίτητες για την περαίωση της εργασίας αυτής και θα γίνει και ιδιαίτερη ανάλυση των χαρακτηριστικών που διέπουν τον Υ/Σ Χανίων.

Ακολουθεί το κεφάλαιο 5 όπου και θα γίνει επεξήγηση της μοντελοποίησης που ακολουθήθηκε. Θα παρουσιαστεί αναλυτικά το σενάριο που επιλέχθηκε προς μελέτη και θα αναλυθεί ο αλγόριθμος που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης που πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή του συγκεκριμένου σεναρίου.

Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 6, αναλύεται ο αλγόριθμος που ακολουθήθηκε για την προσομοίωση του προβλήματος και γίνεται επεξήγηση- παρουσίαση του κώδικα Matlab στον οποίο βασίστηκε η υλοποίηση του. Παρουσιάζονται και αναπτύσσονται όλες οι απαραίτητες συναρτήσεις και ρουτίνες που εκτελούνται στο κώδικα καθώς και όλα τα απαραίτητα αρχεία εισόδου και τα αρχεία εξόδου.

Στο κεφαλαίο 7, συγκεντρώνονται όλα τα αποτελέσματα που πήραμε από τις προσομοιώσεις που εκτελέστηκαν και γίνεται η σύγκριση των περιπτώσεων που πήραμε. Επίσης παρουσιάζονται αναλυτικά οι αλλαγές που επήλθαν στη λειτουργία της επίμαχης μονάδας Αερ1Χαν, στην θερινή αιχμή του συστήματος καθώς στους σταθμούς παραγωγής του ΣΗΕ Κρήτης και παρουσιάζονται τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Σύμφωνα με τις αλλαγές αυτές γίνεται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της κάθε περίπτωσης που προσομοιώθηκε προκειμένου να αποφασιστεί η περιοχή αντικατάστασης με τα μέγιστο όφελος στο ΣΗΕ Κρήτης. Το κεφάλαιο κλείνει με την αναφορά σε μία αντίστοιχη εφαρμογή που μελετήθηκε από το Πολυτεχνείο Κρήτης και γίνεται σύγκριση των συμπερασμάτων των δύο εφαρμογών.

Στο κεφάλαιο 8 που ακολουθεί παρουσιάζεται η πιθανή ετήσια εκτίμηση που έγινε για την αξία αντικατάστασης των μονάδων κλιματισμού για τον Διαχειριστή του ΣΗΕ Κρήτης για κάθε περίπτωση προσομοίωσης καθώς και σύγκριση τους με την εφαρμογή πιθανοτικής μεθοδολογίας.

Η εργασία κλείνει με το κεφάλαιο 9 όπου παραθέτονται τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν και οι προτάσεις για την αξιοποίηση της εφαρμογής που μελετήθηκε.

2 Κλιματισμός – Βασικές Αρχές και επιπτώσεις στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

2.1 Εισαγωγή

Με τον όρο κλιματισμό ονομάζουμε τη διαδικασία της ρύθμισης της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της κίνησης και της καθαρότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου, ο οποίος ονομάζεται κλιματιζόμενος, έχοντας ως απώτερο στόχο την επίτευξη συγκεκριμένων τιμών για αυτές τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Με αυτό τον τρόπο επιδιώκουμε είτε να εξασφαλιστούν οι βέλτιστες συνθήκες θερμικής ανέσεως για τα άτομα που διαμένουν - εργάζονται στο χώρο αυτό είτε να επιτευχθούν συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος που απαιτούνται σε χώρους που προορίζονται για συγκεκριμένες λειτουργίες που απαιτούν αυτές τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η διαδικασία κλιματισμού ενός χώρου γίνεται με ειδικά μηχανήματα το οποία ονομάζονται μονάδες κλιματισμού ή κλιματιστικά μηχανήματα.

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά θα παρουσιαστεί η λειτουργία του κλιματισμού και τα πεδία εφαρμογής του. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι τύποι μονάδων κλιματισμού και θα γίνει η περιγραφή του κύκλου λειτουργίας των μονάδων τύπου αντλίας θερμότητας που θα μας απασχολήσουν ιδιαίτερα στην εργασία αυτή. Θα ακολουθήσει η παράθεση των βασικών ορισμών του κλιματισμού καθώς και θα παρουσιαστεί ο ρόλος του στην Ελλάδα. Το κεφάλαιο θα κλείσει με την ανάπτυξη των επιπτώσεων που προκύπτουν από τη χρήση του κλιματισμού.

2.2 Λειτουργίες του κλιματισμού

Οι βασικές λειτουργίες που επιτελούνται σε ένα σύστημα το οποίο κλιματίζεται είναι οι ακόλουθες:

- **Θέρμανση / Ψύξη:** η διεργασία με την οποία προστίθεται / αφαιρείται θερμική ενέργεια (θερμότητα) στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου προκειμένου να πετύχουμε τη διατήρηση της θερμοκρασίας του χώρου αυτού σε ορισμένα προκαθορισμένα επίπεδα ή για να επιτύχουμε την άνοδο / πτώση της αντίστοιχα.
- **Ανανέωση και καθαρισμός του αέρα:** οι διεργασίες με τις οποίες γίνεται η λήψη εξωτερικού αέρα και αφαίρεσης του εσωτερικού καθώς και η αφαίρεση των σωματιδιακών και βιολογικών προσμίξεων που υπάρχουν στον αέρα. Ο στόχος αυτών των διεργασιών είναι η αραίωση των προσμίξεων του αέρα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται, διατηρείται και βελτιώνεται η ποιότητα του εσωτερικού αέρα.
- **Ύγρανση και αφύγρανση του αέρα:** η διαδικασία με την οποία γίνεται η προσθήκη / αφαίρεση υγρασίας στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρο προκειμένου να ρυθμιστεί

η υγρασία σε συγκεκριμένα επίπεδα για να εξασφαλιστούν οι βέλτιστες συνθήκες στο χώρο αυτό.

2.3 Εφαρμογές κλιματισμού

Οι κλιματιστικές εγκαταστάσεις διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, όσον αφορά το σκοπό λειτουργίας τους, σε εγκαταστάσεις άνεσης και σε εγκαταστάσεις επαγγελματικού ή βιομηχανικού τύπου.

2.3.1 Εφαρμογές ανέσεως

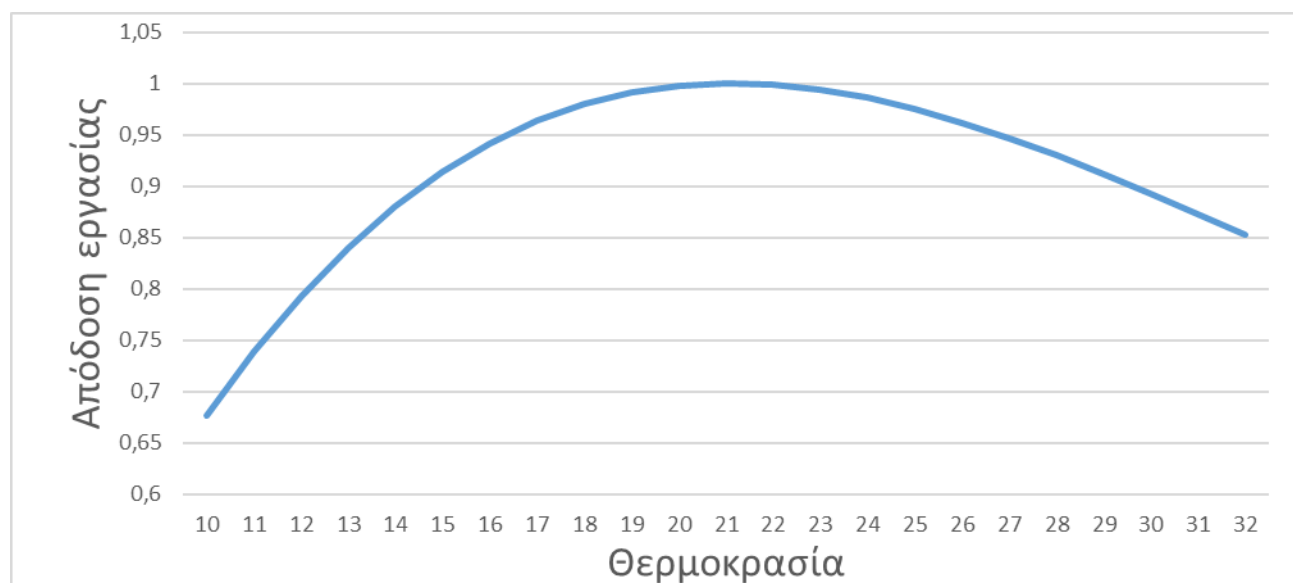
Οι εφαρμογές ανέσεως, που είναι και η βασικότερη - συνηθέστερη εφαρμογή των συστημάτων κλιματισμού, έχουν ως στόχο να δημιουργήσουν ένα κλίμα εσωτερικού χώρου το οποίο θα εξασφαλίζει τη θερμική άνεση και την υγεία των ανθρώπων που ζουν και εργάζονται στους χώρους αυτούς. Βασικές προϋποθέσεις είναι να προσφέρονται αυτές οι συνθήκες με αξιοπιστία και επάρκεια καθ' όλη τη χρονική διάρκεια που απαιτούνται, σε όλες τις εποχές του έτους και πάντα σε ανεκτό κόστος. Οι συνθήκες ανέσεως εξασφαλίζονται με την ρύθμιση της θερμοκρασίας, της κινητικότητας του αέρα και της υγρασίας, που γίνεται είτε από τους χρήστες είτε από συστήματα αυτοματισμού ενώ η υγεία εξασφαλίζεται από την αφαίρεση των σωματιδιακών και βιολογικών προσμίξεων που υπάρχουν στον αέρα μέσω φίλτρων καθαρισμού που υπάρχουν στις μονάδες κλιματισμού.

Τις συνθήκες ανέσεως μπορούμε να τις διαχωρίσουμε σε ιδανικές, επιθυμητές και εφικτές.

- **Ιδανικές:** αναφερόμαστε στις συνθήκες οι οποίες καλύπτουν σε άριστο βαθμό όλες τις απαιτήσεις των χρηστών ενός χώρου σχετικά με τους κλιματικούς παράγοντες του χώρου αυτού.
- **Επιθυμητές:** οι συνθήκες εκείνες οι οποίες έχουν επιλεχτεί από τους χρήστες και προσπαθούν να προσεγγίσουν στο μέγιστο βαθμό τις ιδανικές συνθήκες, λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη τους οικονομικούς και τεχνολογικούς περιορισμούς.
- **Εφικτές:** πρόκειται για τις τελικές συνθήκες που επιτυγχάνονται σε έναν εσωτερικό χώρο και εξαρτώνται άμεσα από την μονάδα κλιματισμού που χρησιμοποιείται, από τις εξωτερικές συνθήκες και από οικονομικά κριτήρια.

Οι συνθήκες αυτές δεν είναι μοναδικές αλλά εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες και καθορίζονται από τους κανονισμούς και τα πρότυπα που ισχύουν σε κάθε χώρα. Ο σημαντικότερος παράγοντας είναι το είδος του χώρου στον οποίο εγκαθίσταται το σύστημα κλιματισμού. Γενικεύοντας θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι συνθήκες στις οποίες ο άνθρωπος αισθάνεται κατά κανόνα άνετα και αποδίδει περισσότερο στη εργασία του είναι σε θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 25 °C και υγρασία μεταξύ 35% και 65% [1]¹. Έρευνες έχουν αποδείξει ότι όταν «ξεφεύγουμε» από αυτές τις συνθήκες περιβάλλοντος έχει σαν αποτέλεσμα να πέφτουν η πνευματική απόδοση και ο ρυθμός της εργασίας καθώς

και ότι αυξάνεται το ενδεχόμενο να προκληθούν ατυχήματα. Ενδεικτικό αυτών των στοιχείων είναι το γράφημα που παρουσιάζεται στην Εικόνα 1 που ακολουθεί.



Εικόνα 1: Εργασιακή απόδοση σε σχέση με τη θερμοκρασία εργασιακού περιβάλλοντος

Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές της θερμοκρασίας καθώς και της υγρασίας που οφείλουν να έχουν αναπτυχθεί σε έναν εσωτερικό χώρο προκειμένου ο χώρος αυτός να ικανοποιεί τις συνθήκες ανέσεως. Ο διαχωρισμός γίνεται με βάση τη κατηγορία του χώρου αναφοράς [2]².

Κατηγορία χώρου	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Κατοικίες	22	30-50	25-26	40-50
Κτίρια γραφείων	21-23	30-35	25-26	40-50
Βιβλιοθήκες-Μουσεία	20-22	40-50	22	40-55
Εστιατόρια	21-23	30-40	23-26	50-60
Εκπαιδευτικά κτίρια	22	30-45	26	45-50
Νοσοκομεία	24	30	24	50-60
Καταστήματα	20-22	30-40	25-26	40-50

Πίνακας 1: Συνθήκες ανέσεως ανά κτηριακή κατηγορία

Αξίζει να αναφερθεί, στο σημείο αυτό, ότι χρήση κλιματισμού για την επίτευξη συνθηκών ανέσεως δεν γίνεται πλέον μόνο στις κτηριακές εγκαταστάσεις που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 1 αλλά βρίσκει και ευρεία πλέον εφαρμογή στα μέσα μεταφοράς. Εγκατεστημένα συστήματα κλιματισμού συναντάμε τόσο στα μαζικά μέσα μεταφοράς (μετρό, λεωφορεία, αεροπλάνο, πλοίο, τρένο) όσο και στα περισσότερα Ι.Χ. που χρησιμοποιούνται καθημερινά. Το αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας δεν έχει εφαρμογή στην συγκεκριμένη κατηγορία και για αυτό το λόγο δεν θα πραγματοποιηθεί εκτενέστερη ανάλυση.

2.3.2 Εφαρμογές διεργασιών

Σε αυτή τη κατηγορία το σύστημα κλιματισμού έχει ως στόχο να εξασφαλίσει τις κατάλληλες κλιματικές συνθήκες σε έναν χώρο, οι οποίες είναι απαραίτητες, για την σωστή και επιτυχημένη διεξαγωγή μίας συγκεκριμένης διεργασίας.

Τέτοιες εφαρμογές συναντάμε σε νοσοκομειακούς χώρους για την αποφυγή μολύνσεων ασθενών, σε χώρους παραγωγής προϊόντων όπως για παράδειγμα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων ή φαρμακευτικών προϊόντων που απαιτούνται συγκεκριμένα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας, σε Data Centers, σε εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας και σε ένα σύνολο ακόμα άλλων εφαρμογών που απαιτούν ειδικές και συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες για την διεξαγωγή τους.

2.4 Μονάδες Κλιματισμού

Οι κλιματιστικές μονάδες ή εγκαταστάσεις, ανάλογα με τους χώρους τους οποίους εξυπηρετούν χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- **Μονάδες δωματίου:** Στη κατηγορία αυτή ανήκουν μονάδες αφορούν το κλιματισμό ενός μόνο δωματίου και με τη σειρά τους διαχωρίζονται σε μονάδες τοίχου/παραθύρου, σε διαιρούμενου τύπου (split unit) και σε φορητές συσκευές.
- **Ημικεντρικές μονάδες:** Κλιματισμός χώρων μεγαλύτερων ενός τυπικού δωματίου και διαχωρίζονται επίσης σε αυτοτελείς και διαιρούμενου τύπου καθώς και σε αερόψυκτες ή υδρόψυκτες.
- **Κεντρικές μονάδες:** Κλιματισμός κτιριακής εγκατάστασης είτε με χρήση ψύκτη και λέβητα είτε με αντλίες θερμότητας.

2.4.1 Μονάδες δωματίου

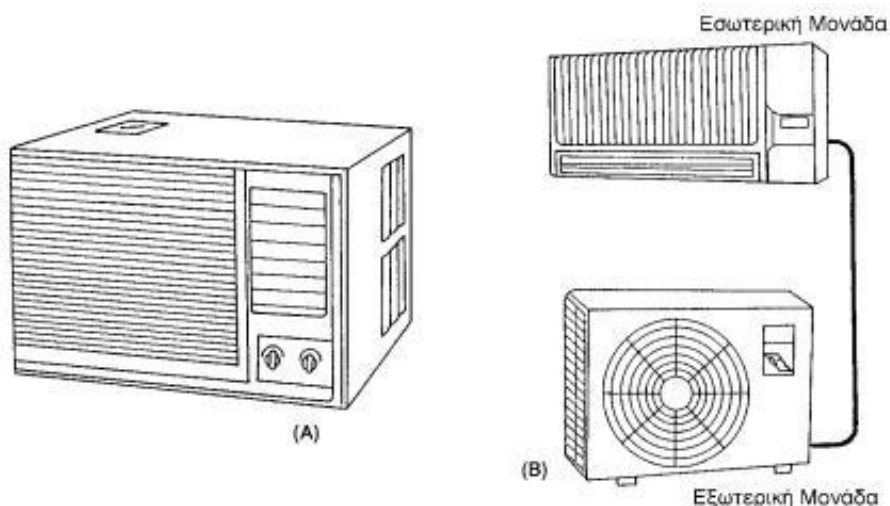
Με τον όρο αυτόν αναφερόμαστε σε μονάδες μικρής ισχύος που προορίζονται για την εξυπηρέτηση ενός μόνο δωματίου και όπως προαναφέρθηκε διαχωρίζονται κυρίως σε δύο τύπους.

Οι μονάδες τοίχου(ή παραθύρου) τοποθετούνται σε μία υποδοχή που ανοίγεται σε ένα από τους εξωτερικούς τοίχους ενός δωματίου. Οι μονάδες αυτές ουσιαστικά έχουν καταργηθεί, λόγω των πολλών μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν, και έχουν αντικατασταθεί από τις μονάδες διαιρούμενου τύπου (Split Unit), γνωστά και στη καθημερινότητα ως air condition.

Τα πλεονεκτήματα των μονάδων διαιρούμενου τύπου που συντέλεσαν και στην επικράτηση τους στην αγορά σε σχέση με τις μονάδες τοίχου είναι:

- Μεγαλύτερη καλαισθησία.
- Εύκολη τοποθέτηση, χωρίς να χρειάζεται να τοποθετηθεί σε εξωτερικό τοίχο και τη δημιουργία ειδικής υποδοχής.
- Αθόρυβη λειτουργία μιας και το μέρος της μονάδας που προκαλεί το θόρυβο (συμπυκνωτής και συμπιεστής) βρίσκεται έξω από τον κλιματιζόμενο χώρο.
- Δυνατότητα σύνδεσης με ένα συμπυκνωτή-συμπιεστή (εξωτερική μονάδα) πολλών εσωτερικών μονάδων.

Στην Εικόνα 2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα εξωτερικά χαρακτηριστικά δύο ενδεικτικών μονάδων δωματίου, μία διαιρούμενου τύπου και μία τύπου τοίχου-παραθύρου.



(A) Κλιματιστική μονάδα δωματίου που τοποθετείται σε τρύπα που ανοίγεται σε τοίχο.
(B) Μονάδα διαιρούμενου τύπου (Split type).

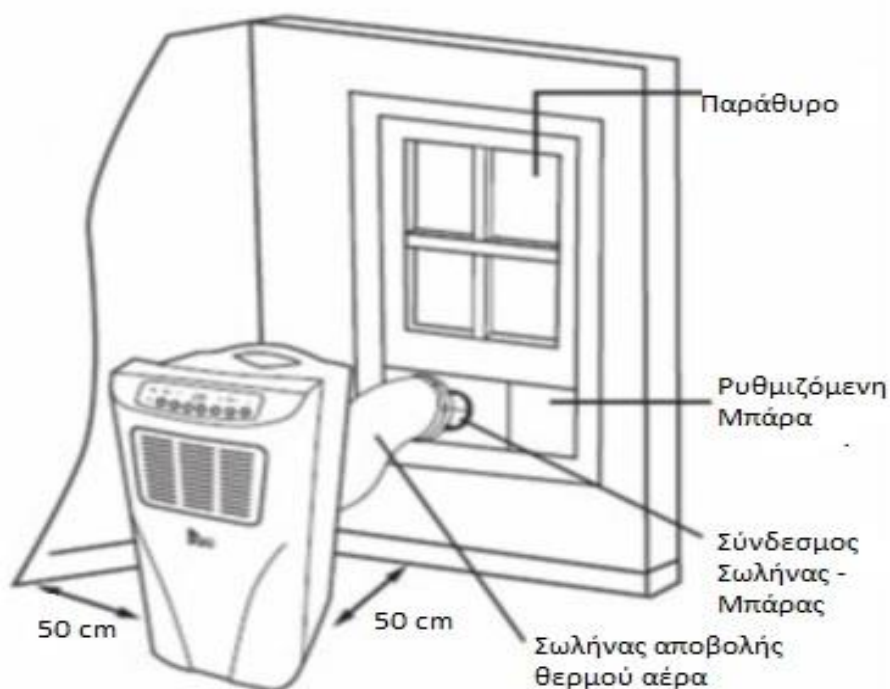
Εικόνα 2: Απεικόνιση τυπικών μονάδων κλιματισμού δωματίου

Οι διαιρούμενες μονάδες έχουν τη δυνατότητα να ψύχουν μόνο ή να ψύχουν και να θερμάνουν έναν χώρο. Ο δεύτερος τύπος είναι γνωστός και ως αντλίες θερμότητας και πρόκειται για τον συνηθέστερο τύπο συστήματος κλιματισμού που κυκλοφορεί στο εμπόριο. Τέτοιες είναι οι περισσότερες συσκευές που συναντιούνται σε κατοικίες, γραφεία

και καταστήματα ,στην καθημερινή γλώσσα γνωστά και ως air conditions, και γενικότερα σε όλους τους χώρους που μας ενδιαφέρει και η θέρμανση και η ψύξη και δεν υπάρχει ανάγκη για ένα μεγαλύτερο σύστημα κλιματισμού.

Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο πως αυτές οι μονάδες κλιματισμού θα αποτελέσουν τον άξονα αυτής της εργασίας, στην προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας μέσω κλιματισμού, εξαιτίας της μεγάλης διείσδυσης τους στην Ελληνική αγορά και κατά συνέπεια στην τοπική αγορά της Κρήτης και του Νομού Χανίων.

Ένας ακόμη, όχι τόσο διαδεδομένος, τύπος μονάδας κλιματισμού δωματίου είναι αυτός των φορητών συσκευών κλιματισμού. Βασικό τους χαρακτηριστικό η μεγάλη ευελιξία που τις καθιστά ιδανική επιλογή όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα λόγω περιορισμών του κλιματιζόμενου χώρου της εγκατάστασης άλλου τύπου μονάδας. Δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες εξαιτίας της χαμηλής τους απόδοσης. Οι διαστάσεις τους είναι μικρές (σπανίως ξεπερνούν το ένα μέτρο ύψος) και διαθέτουν ρόδες για τη μετακίνηση τους στο χώρο. Συνοδεύονται από σύστημα αποβολής του θερμού αέρα στον εξωτερικό χώρο μέσω παραθύρου ή οπής σε τοίχο. Στην Εικόνα 3 που ακολουθεί παρουσιάζεται μια τυπική φορητή μονάδα κλιματισμού και η εγκατάστασή της σε παράθυρο.

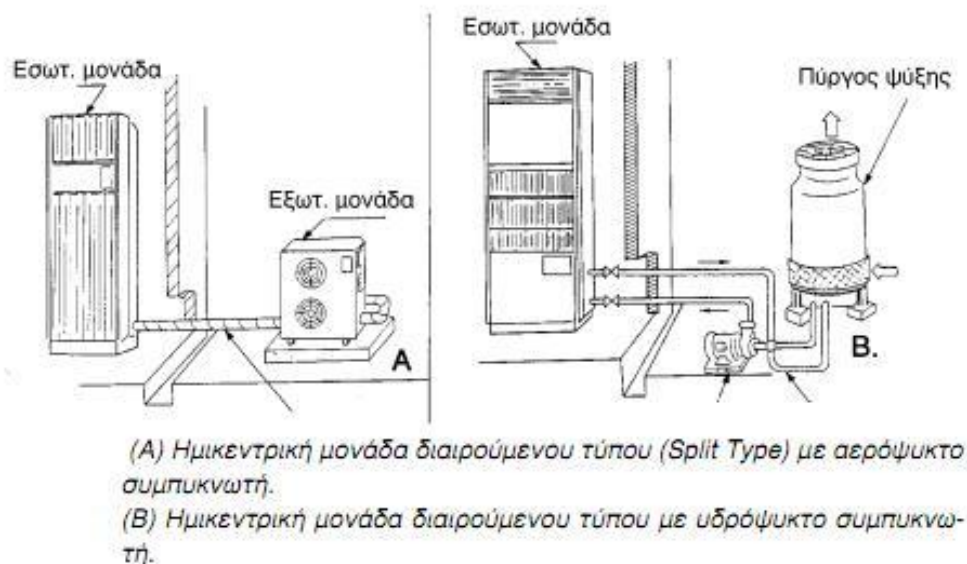


Εικόνα 3: Φορητή μονάδα κλιματισμού δωματίου

2.4.2 Ημικεντρικές μονάδες κλιματισμού

Οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούνται συνήθως για να κλιματίσουν περισσότερα από ένα δωμάτια ή μεγάλους ενιαίους χώρους που δεν θα ήταν αποδοτικός ο κλιματισμός τους από μονάδες δωματίου.

Όπως αναφέραμε και στην παράγραφο 2.4 μία ημικεντρική μονάδα μπορεί να είναι διαιρούμενου τύπου ή και αυτοτελείς. Επίσης αναλόγως με το μέσο ψύξης του συμπυκνωτή που χρησιμοποιείται μπορούμε να τις διακρίνουμε σε αερόψυκτες και υδρόψυκτες, με τις πρώτες να είναι αρκετά συνηθέστερες στην αγορά χάρη στο μικρό κόστος αγοράς συντήρησης και εγκατάστασης. Ο διαχωρισμός αυτός παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4: Ημικεντρικές μονάδες τύπου «ντουλάπας» αερόψυκτου -υδρόψυκτου συμπυκνωτή

Αξίζει επίσης να σταθούμε στο ότι οι ημικεντρικές μονάδες διαιρούμενου τύπου διαχωρίζονται με τη σειρά τους σε τρεις κατηγορίες:

- Σε μονάδες που παρέχουν τον κλιματιζόμενο αέρα απευθείας στο χώρο, επικαλούμενες ως τύπος ντουλάπας (Εικόνα 4)
- Σε μονάδες οροφής τύπου κασέτας (Εικόνα 5)
- Σε μονάδες με τις οποίες συνδέεται ένα δίκτυο αεραγωγών (Εικόνα 6).

Οι μονάδες της πρώτης κατηγορίας, γνωστές και με την ονομασία Πύργος, παρέχουν τον κλιματιζόμενο αέρα μόνο από ένα στόμιο αυτό της εσωτερικής μονάδας. Ο πύργος είναι συνήθως μεγάλων διαστάσεων και χαρακτηρίζεται από υψηλό επίπεδο θορύβου.

Ο τύπος μονάδας κασέτας είναι ιδανική επιλογή όταν δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην αξιοποίηση του χώρου του κλιματιζόμενου δωματίου καθώς και στην οπτική εμφάνιση του δωματίου. Οι μονάδες αυτές είναι σχεδιασμένες να εγκαθίστανται στο ταβάνι του κλιματιζόμενου χώρου και χαρακτηρίζονται από υψηλή αποδοτικότητα. Σε αυτό συμβάλει αρκετά και η τοποθέτησή τους μιας και ο ψυχρός αέρας διανέμεται αποδοτικότερα στο χώρο. Είναι συνηθέστερες σε σύγχρονες εγκαταστάσεις εμπορικών καταστημάτων, στα

οποία δίνεται ιδιαίτερη έμφαση η εσωτερική διακόσμηση του χώρου και σε χώρους όπου το εμβαδό τους θα απαιτούσε τη χρήση παραπάνω από μία συσκευής κλιματισμού τύπου δωματίου.



Εικόνα 5: Μονάδα κλιματισμού δωματίου οροφής τύπου κασέτας

Τέλος οι μονάδες της τρίτης κατηγορίας, σε αντίθεση με τις μονάδες της πρώτης κατηγορίας, παρέχουν τον αέρα στο χώρο μέσω δικτύου αεραγωγών και πολλών στομιών παροχής αέρα όπως παρουσιάζεται γραφικά στην Εικόνα 6. Είναι προφανές πως με το σύστημα της τρίτης κατηγορίας γίνεται καλύτερη ισοκατανομή του κλιματιζόμενου αέρα στο χώρο που κλιματίζεται εξασφαλίζοντας ένα αποδοτικότερο σύστημα κλιματισμού.



Εικόνα 6: Ημικεντρικό σύστημα κλιματισμού με χρήση δικτύου αεραγωγών

2.4.3 Κεντρικές μονάδες κλιματισμού

Με τον όρο κεντρικό σύστημα κλιματισμού εννοούμε το σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί ένα σύνολο μονάδων κλιματισμού προκειμένου να επιτευχθεί ο κλιματισμός ενός ολόκληρου κτιρίου. Συνήθως οι μονάδες που είναι εγκαταστημένες σε αυτό το σύστημα είναι αντλίες θερμότητας έτσι ώστε να είναι δυνατή και η ψύξη και η θέρμανση του κτιρίου από το ίδιο σύστημα.

Οι μονάδες κεντρικού κλιματισμού διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Στα συστήματα κλιματισμού που χρησιμοποιούν μονάδες που ονομάζονται αντλίες θερμότητας για την ψύξη αλλά και για την θέρμανση ενός ολόκληρου κτιρίου και
- Στα συστήματα που καλύπτουν τις ανάγκες κλιματισμού με τους κλασσικούς λέβητες για την θερμότητα και με ψύκτη νερού για την ψύξη του χώρου.

2.4.4 Συνηθισμένες μονάδες καταστημάτων

Από τη στιγμή που το σενάριο μελέτης μας θα αφορά τα καταστήματα του εμπορικού τομέα του νομού Χανίων, όπως θα δούμε στην ενότητα 5.2 είναι χρήσιμο να παρουσιαστούν οι τύποι μονάδων κλιματισμού που χρησιμοποιούνται στα εμπορικά καταστήματα. Στα Χανιά δεν ήταν διαδεδομένα το έτος 2001 εμπορικά πολυκαταστήματα - Mall επομένως υπήρχαν ελάχιστες οι εφαρμογές κλιματισμού στον εμπορικό τομέα που

απαιτούσαν κεντρικές εγκαταστάσεις κλιματισμού για την εξυπηρέτηση των αναγκών τους.

Ο εμπορικός τομέας των Χανιών κατά το έτος 2001 χαρακτηριζόταν κυρίως από μικρά μεμονωμένα καταστήματα και για το λόγο αυτό, σε συνδυασμό με τη δημοτικότητα τους στην Ελληνική, αγορά το μεγαλύτερο μέρος του συνόλου τους χρησιμοποιεί μονάδες κλιματισμού δωματίου τύπου Split -Unit. Οι μονάδες τοίχου/παραθύρου δεν ήταν ποτέ ιδιαίτερα διαδεδομένες στην ελληνική αγορά και οι φορητές μονάδες δεν είναι πρακτικές για χρήση σε χώρους καταστημάτων.

Τα καταστήματα περισσότερων τετραγωνικών μέτρων χρησιμοποιούν είτε περισσότερες μονάδες τύπου split unit είτε σπανιότερα μονάδες κλιματισμού τύπου πύργου. Αξίζει να σημειώσουμε πως τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλή για τον κλιματισμό μεγαλύτερων χώρων οι μονάδες τύπου κασέτας οροφής αλλά κατά το έτος 2001 δεν ήταν τόσο διαδεδομένη η χρήση τους.

Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τύποι αυτοί μονάδων με αναφορά στο εύρος ισχύος και απόδοσης τους που ήταν διαθέσιμοι το έτος 2001 σύμφωνα με καταλόγους προϊόντων γνωστών εταιριών του χώρου και στη συνέχεια στην Εικόνα 7 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξωτερικά χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων αυτών τύπων μονάδων στην .

Τύπος Μονάδας	Εύρος BTU	Εύρος συντελεστή απόδοσης
Φορητή	5000 - 14000	-
Παραθύρου	5000 - 18000	2.63 - 2.94
Split Unit	7000 - 30000	2.36- 3.50
Ντουλάπα	28000 - 45000	2.64 - 3.12
Κασέτας Οροφής	12000 - 48000	2.41 - 3.21

Πίνακας 2: : Στοιχεία διαθέσιμων μονάδων κλιματισμού 2001



Φορητή



Split Unit



Παραθύρου



Ντουλάπα



Κασέτα Οροφής

Εικόνα 7: Διαθέσιμοι τύποι μονάδων κλιματισμού στον εμπορικό τομέα έτος 2001

2.5 Θεωρητική Αρχή λειτουργίας μονάδας δωματίου διαιρουμένου τύπου – Split Unit

Μιας και οι μονάδες αυτές θα αποτελέσουν το πυρήνα της εργασίας αυτής είναι αναγκαίο να παρουσιαστούν οι βασικές αρχές λειτουργίας μιας τέτοιας μονάδας, παρουσιάζοντας τα σημαντικά στοιχεία, χωρίς να χαθούμε σε εκτενείς τεχνικές λεπτομέρειες, που δεν είναι και ο στόχος αυτής της εργασίας.

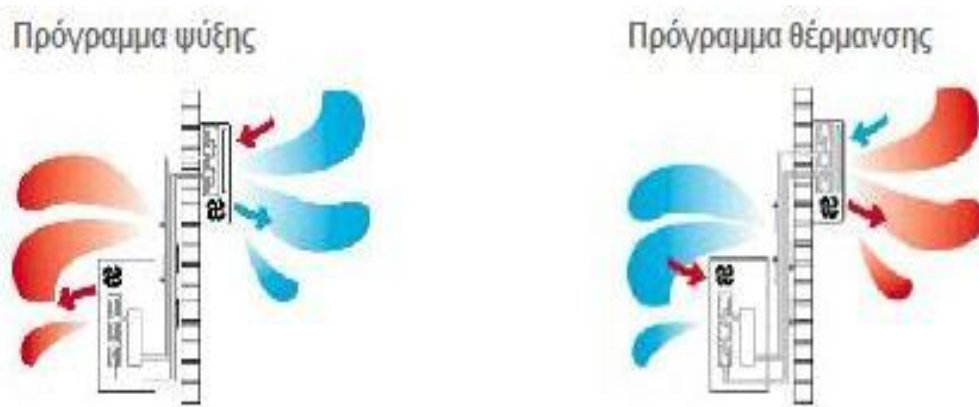
Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 2.4.1 οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούνται τόσο για τη ψύξη ενός δωματίου όσο και για την θέρμανση του γεγονός που τις χαρακτηρίζει ως αντλίες θερμότητας. Για το λόγο αυτό θα αναλυθούν οι αντλίες θερμότητας στην πρώτη ενότητα του κεφαλαίου αυτού. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε ένα κύκλο λειτουργίας μιας τέτοιας μονάδας και θα παρουσιάσουμε επιγραμματικά τα μηχανικά μέλη που αποτελούν μία διαιρούμενη μονάδα δωματίου. Τέλος θα κλείσουμε το κεφάλαιο αυτό με τη περιγραφή ενός, ιδιαίτερης σημασίας για την εργασία αυτή, χαρακτηριστικού των μονάδων κλιματισμού το συντελεστή απόδοσης.

2.5.1 Αντλίες θερμότητας

Ως αντλία θερμότητας ορίζεται μία μηχανή ή συσκευή η οποία μπορεί να μεταφέρει από μια περιοχή σε μία άλλη είτε ζέστη είτε ψύχος (μεταφορά θερμότητας) εναλλάσσοντας τη λειτουργία της ανάλογα πάντα με τις απαιτήσεις του χώρου που κλιματίζεται. Για τη μεταφορά της θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέσα (αέρας, νερό κ.α.) αλλά στη περίπτωση του συστήματος κλιματισμού που αναφερόμαστε το μέσο που χρησιμοποιείται και στις δύο περιοχές είναι ο αέρας και για αυτό το διαιρούμενο σύστημα κλιματισμού χαρακτηρίζεται ως αντλία θερμότητας αέρα-αέρα.

Είναι γνωστό πως η θερμότητα μεταφέρεται από τις περιοχές υψηλότερων θερμοκρασιών προς τις περιοχές χαμηλότερων θερμοκρασιών. Η αντλία θερμότητας όμως έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα και αντίθετα από τη φυσική της ροή και για αυτό το λόγο λέμε πως μία τέτοια συσκευή αντλεί θερμότητα.

Με λίγα λόγια μέσω μια αντλίας θερμότητας για το κλιματισμό ενός δωματίου μας δίνεται η δυνατότητα να αποβάλλουμε θερμότητα από το δωμάτιο προς τον εξωτερικό χώρο κατά τους θερινούς μήνες με ψύχεται το δωμάτιο (πτώση της θερμοκρασίας). Αντίστοιχα κατά τους χειμερινούς μήνες αντλεί θερμότητα από το περιβάλλον και την διοχετεύει στο κλιματιζόμενο χώρο.



Εικόνα 8: Πρόγραμμα ψύξης - θέρμανσης μονάδας διαιρούμενου τύπου

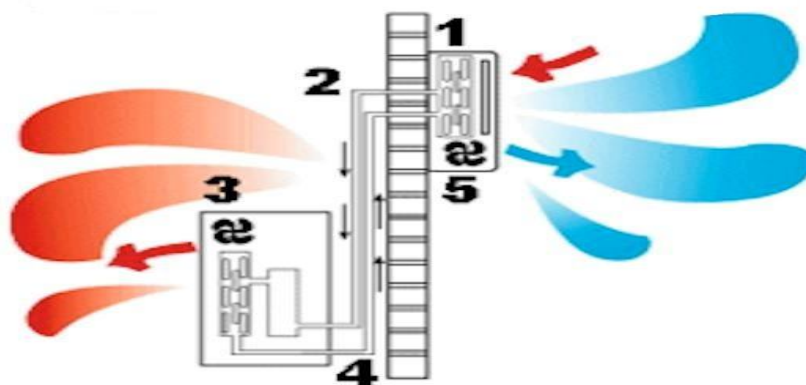
Τα μηχανικά μέρη από τα οποία αποτελείται μία αντλία θερμότητας και χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία του κύκλου ψύξης/θέρμανσης είναι τα εξής:

- Το τμήμα συμπιεστή-συμπυκνωτή για την απόρριψη θερμότητας στο περιβάλλον, κυκλοφορία ψυκτικού υγρού.
- Το τμήμα ανεμιστήρα-ατμοποιητή που απορροφά θερμότητα
- Το μηχανισμό αντιστροφής που χρησιμεύει για τη μετατροπή του ψυκτικού κύκλου σε «θερμαντικό» και αντίστροφα
- Συστήματα αυτοματισμού για τον έλεγχο του συστήματος και
- Συμπληρωματική αντίσταση για την αύξηση της θερμικής απόδοσης του συστήματος.

Είναι σημαντικό να σημειώσουμε πως η έννοια του θερμικού κύκλου δεν υφίσταται. Μία αντλία θερμότητας εκτελεί συνεχώς ψυκτικό κύκλο και για την εκτέλεση «θερμικού» κύκλο το μόνο που έχει να κάνει είναι να αντιστρέψει το ψυκτικό κύκλο που εκτελεί. Πιο συγκεκριμένα, αντιστρέφεται ο ρόλος του συμπυκνωτή με αυτόν του ατμοποιητή με τη χρήση μιας βαλβίδας η οποία απλά αντιστρέφει τη ροή του αέρα μεταξύ της εσωτερικής και εξωτερικής συσκευής.

2.5.2 Κύκλος ψύξης – θέρμανσης

Για τη ευκολότερη κατανόηση του ψυκτικού κύκλου αριθμήσαμε το μέρος στο οποίο παρουσιάστηκε το πρόγραμμα ψύξης της Εικόνα 8 έτσι ώστε ακολουθώντας την αρίθμηση αυτή να έχει παρουσιαστεί πλήρως ένας ψυκτικός κύκλος μίας διαιρούμενης μονάδας κλιματισμού. Ακολουθεί η Εικόνα 9 που εμφανίζεται η αρίθμηση που αναφέρθηκε.

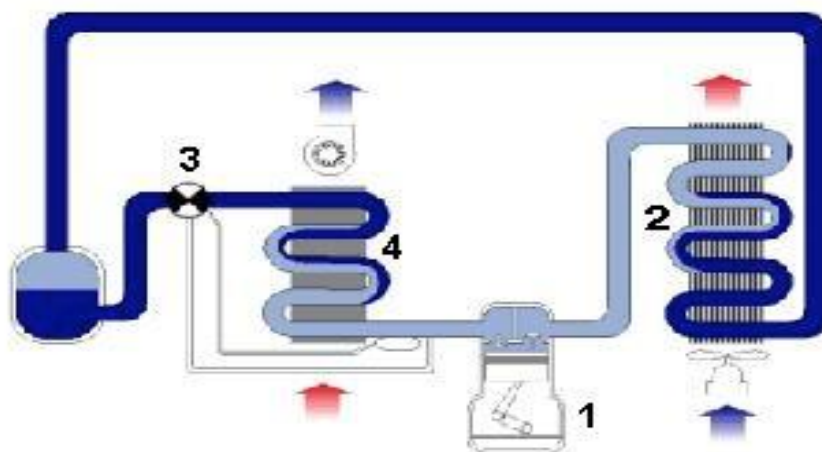


Εικόνα 9: Βήματα ψυκτικού κύκλου

Τα βήματα που ακολουθεί ένας ψυκτικός κύκλος και παρουσιάζονται στην Εικόνα 9 είναι τα εξής:

1. Αρχικά ένας ανεμιστήρας από την εσωτερική μονάδα περνάει τον ζεστό αέρα του εσωτερικού χώρου που κλιματίζεται από έναν εναλλακτή θερμότητας όπου ρέει ψυκτικό υγρό . το Ψυκτικό υγρό απορροφά τη θερμότητα από τον αέρα και ψυχρός αέρας διοχετεύεται στο χώρο.
2. Στη συνέχεια το ψυκτικό αυτό υγρό κυκλοφορεί μέσα στις μονάδες και στις σωληνώσεις από χαλκό και μεταφέρει έτσι τη θερμότητα από την εσωτερική μονάδα στην εξωτερική.
3. Εκεί συμπιέζεται το ψυκτικό υγρό προκειμένου να θερμανθεί και να αυξηθεί το σημείο βρασμού του. Στη συνέχεια η θερμότητα αυτή που επιτυγχάνθηκε μέσω της συμπίεσης απελευθερώνεται στον εξωτερικό χώρο με τη χρήση ενός ανεμιστήρα.
4. Έπειτα το ψυκτικό υγρό επιστρέφει στην εσωτερική μονάδα.
5. Τελικά το ψυκτικό υγρό αποσυμπιέζεται με αποτέλεσμα να αντλεί θερμότητα από τον αέρα του εσωτερικού χώρου που κλιματίζουμε.

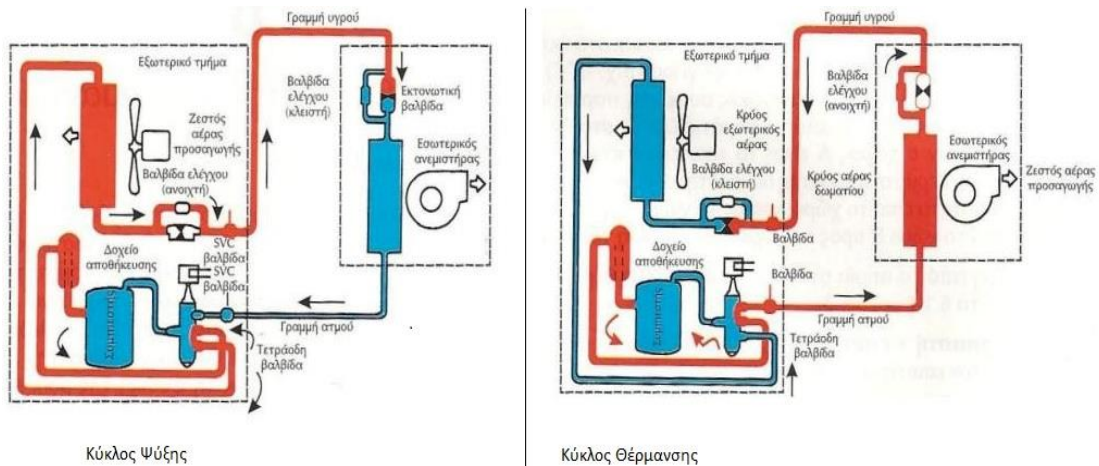
Αν θέλουμε να εστιάσουμε λίγο περισσότερο στο κύκλο του ψυκτικού υγρού, είναι χρήσιμο να μελετηθεί η Εικόνα 10.



Εικόνα 10: Κύκλος ψυκτικού υγρού

Ξεκινώντας από τον συμπιεστή, που όπως έχουμε αναφέρει είναι το τμήμα που κάνει το ψυκτικό υγρό να κυκλοφορεί μέσα στο σύστημα, το ψυκτικό που ήταν σε αέρια μορφή με χαμηλή πίεση, η πίεση του αυξάνεται, θερμαίνεται και ρέει προς το συμπυκνωτή (βήμα 1). Εκεί το πλέον υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας αέριο απελευθερώνει τη θερμότητα του στον αέρα του εξωτερικού χώρου και μετατρέπεται σε υγρό υψηλής πίεσης που αποψύχεται (βήμα 2). Στη συνέχεια η πίεση του μειώνεται μέσω της βαλβίδας επέκτασης (βήμα 3) πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα να γίνεται η θερμοκρασία του αερίου μικρότερη. Τέλος το αέριο που έχει πλέον χαμηλή πίεση και θερμοκρασία διοχετεύεται στον εξατμιστή όπου απορροφά θερμότητα από τον αέρα του εσωτερικού χώρου, εξατμίζοντας την και μετατρέπεται σε αέριο χαμηλής πίεσης (βήμα 4). Το αέριο επιστρέφει στον συμπιεστή και επαναλαμβάνεται η λειτουργία αυτή ξανά από την αρχή.

Όσον αφορά τη διαδικασία της θέρμανσης είναι ακριβώς η ίδια με τη διαδικασία της ψύξης με τη διαφορά ότι πλέον το στοιχείο που εκτελούσε τη διαδικασία της ατμοποίησης τώρα εκτελεί τη συμπύκνωση και το αντίστροφο. Η παραπάνω διαδικασία εναλλαγής ψυκτικού - θερμικού κύκλου γίνεται όπως έχει προαναφερθεί με μία τετράοδη βαλβίδα, η οποία οδηγεί κατάλληλα το ψυκτικό υγρό μετά την έξοδο του από τον συμπιεστή και εκτονοτή στους εναλλακτές θερμότητας. Η διαφοροποίηση αυτή παρουσιάζεται στην Εικόνα 11 που ακολουθεί.



Εικόνα 11: Διαφοροποίηση κύκλου σε ψύξη - θέρμανση

2.5.3 Συντελεστής απόδοσης

Ένα σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης των μονάδων κλιματισμών, αν όχι το σημαντικότερο, είναι η ενεργειακή τους απόδοση. Με τον όρο αυτό εννοούμε το λόγο της αποδιδόμενης ψύξης στο χώρο που κλιματίζουμε (ή θέρμανσης αντίστοιχα) ως προς την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώθηκε κατά τη λειτουργία ψύξης υπό πλήρες φορτίο. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο λόγος, τόσο πιο ενεργειακά αποδοτική είναι η μονάδα κλιματισμού που χρησιμοποιείται, πράγμα που περιέχει πολλά προτερήματα.

Είναι γνωστό ότι ο ενεργειακός ισολογισμός δίνεται από τη σχέση:

$$Q_f = Q_s + W \quad (1)$$

Ο συντελεστής επίδοσης της συσκευής (Coefficient of Performance, COP) δίνεται από τη σχέση:

$$COP = \frac{Q_f}{W} \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) έχουμε ότι :

$$COP = \frac{Q_f}{Q_f - Q_s} \quad (3)$$

Στη περίπτωση που έχουμε ιδανική αντλία θερμότητας ο συντελεστής απόδοσης παίρνει τη μέγιστη δυνατή τιμή του που δίνεται από τη σχέση:

$$COP_{max} = \frac{T_f}{T_f - T_s} \quad (4)$$

όπου T_f και T_s είναι οι απόλυτες θερμοκρασίες του ψυχρού και του ζεστού χώρου αντίστοιχα σύμφωνα πάντα με τον ιδεατό κύκλο Carnot.

Οι τιμές όμως που επιτυγχάνονται πρακτικά είναι αρκετά μικρότερες από αυτή τη τιμή. Για παράδειγμα στην Ευρώπη οι αντλίες θερμότητας δοκιμάζονται για $T_f=35^{\circ}\text{C}$ και $T_s=0^{\circ}\text{C}$. Σύμφωνα με τη παραπάνω εξίσωση το μέγιστο εφικτό COP θα μπορούσε να είναι 7.8 όμως τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι ακόμα και τα καλύτερα συστήματα κλιματισμού αδυνατούν να ξεπεράσουν τη τιμή 5.

Για να κατανοήσουμε πόσο σημαντικός είναι ο εν λόγω δείκτης ας εξετάσουμε την περίπτωση που ακολουθεί:

Έστω ότι έχουμε μία συσκευή κλιματισμού δωματίου διαιρούμενου τύπου με COP ίσο με 4.2 και μία συσκευή ίδιας ακριβώς τεχνολογίας με συντελεστή ίσο με 3.1. Η πρώτη συσκευή για κάθε μία kWh που θα καταναλώσει θα αποδώσει 14.341 BTU σε αντίθεση με τη δεύτερη που θα αποδώσει μόλις 10.585 BTU. Για να καταφέρουμε να καλύψουμε με τη δεύτερη συσκευή την θερμική απόδοση της πρώτης θα έπρεπε να καταναλώσει περίπου 1.35 kWh, το οποίο μας οδηγεί ταυτόχρονα σε 35% παραπάνω κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με όλες της συνέπειες που συνεπάγονται από το γεγονός αυτό.

Με το παραπάνω παράδειγμα γίνεται αδιαμφισβήτητο πως όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης επίδοσης μιας συσκευής κλιματισμού τόσο πιο ηλεκτρικά συμφέρουσα είναι και αυτή.

Αξίζει επίσης να αναφέρουμε πως ο συντελεστής αυτός δεν παραμένει ίδιος όταν το ίδιο σύστημα αλλάζει τη λειτουργία του από ψύξη σε θέρμανση. Αυτό οφείλεται στην εναλλαγή του συστήματος από ψυκτικό σε «θερμικό» κύκλο. Στο Πίνακα 3 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συντελεστές επίδοσης για ένα σύνολο συστημάτων κλιματισμού δωματίου διαιρούμενου τύπου που κυκλοφορούν αυτή τη χρονική περίοδο ευρέως στην αγορά.

Model	Cooling COP	Heating COP
<i>Toyotomi GAN GAS a135gvr</i>	3.2	3.6
<i>Mitsubishi MSZ CHC35VA</i>	4.6	5.5
<i>Samsung AQV12YWA</i>	4.1	4.1
<i>Toshiba RAS137SAVSKV-E3</i>	3.5	3.7
<i>LG CA12AWR</i>	3.5	3.8
<i>LH Hero CS12AF</i>	3.3	3.7
<i>LG E12SQ</i>	3.5	3.8
<i>LG K12AH</i>	3.2	3.6
<i>LG A12AW1</i>	3.2	3.6
<i>Toshiba RAS13SAV2SKV2-E</i>	3.8	5.1
<i>Mitsubishi MSZ CGE35VA</i>	4.1	5.5
<i>Toyotomi MTN MTG A335DV</i>	3.1	4.2
<i>Toshiba RASB13SKVPE</i>	4.5	7

<i>Samsung AQV12KBA</i>	4.6	4.5
<i>Toyotomi MTN MTG A135FS</i>	3.2	3.6
<i>Toyotomi GAN GAG A135TR</i>	3.1	3.7
<i>Samsung AQV12PSA</i>	3.4	3.6
<i>Toyotomi MTNMTG A135INP</i>	3.3	3.7
<i>Kerosun Clima KCMA112</i>	3.4	3.6
M.O.	3.8	4.2

Πίνακας 3: Συντελεστές απόδοσης διαδεδομένων μοντέλων κλιματισμού split type

2.6 Βασικοί Ορισμοί

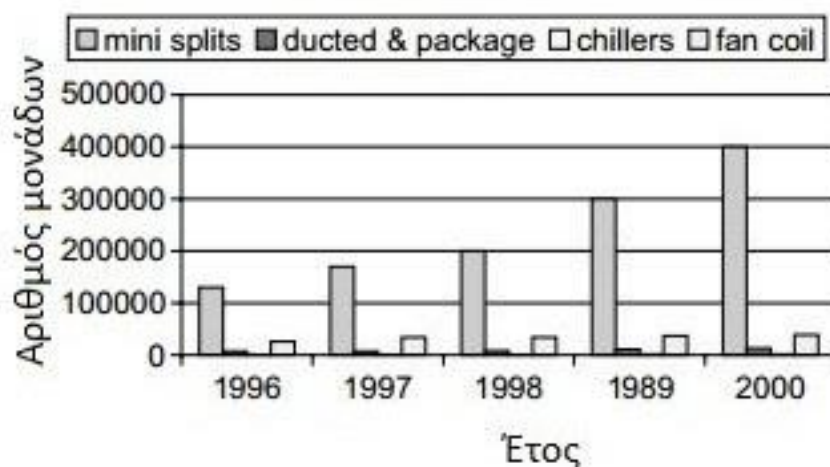
Στην ενότητα αυτή θα αποδοθούν μερικοί βασικοί ορισμοί, σχετικά με το κλιματισμό, που θα συναντήσουμε συχνά στην εξέλιξη της συγκεκριμένης εργασίας.

- BTU : Ακροστιχίδα του όρου British Thermal Unit που μεταφράζεται ως Βρετανική Θερμική μονάδα. Πρόκειται για μονάδα μέτρησης της ενέργειας στο Αγγλοσαξονικό σύστημα μέτρησης και $3412,142 \text{ BTU} = 1\text{kWh} = 860 \text{ kcal}$.
- kWh : Μονάδα μέτρησης της ενέργειας. Η ενέργεια που δαπανάται για τη λειτουργία μίας συσκευής είναι το γινόμενο της ισχύος (kW) της συσκευής επί το χρόνο (h) λειτουργίας της.
- Συντελεστής απόδοσης (COP) : Ακροστιχίδα του όρου Coefficient of Performance που μεταφράζεται ως βαθμός απόδοσης των μηχανών. Θα αναφερθούμε αναλυτικά σε αυτόν τον όρο σε κεφάλαιο που ακολουθεί.
- Εποχιακός βαθμός ενεργειακής απόδοσης (SEER): Ο συνολικός βαθμός ενεργειακής απόδοσης της μονάδας, αντιπροσωπευτικός για ολόκληρη την εποχή ψύξης, ο οποίος υπολογίζεται ως λόγος της ετήσιας απαιτούμενης ψύξης αναφοράς (kWh/έτος) προς την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη (kWh/έτος).
- Εποχιακός συντελεστής απόδοσης (SCOP): ο συνολικός συντελεστής απόδοσης της μονάδας, αντιπροσωπευτικός για ολόκληρη την καθορισμένη εποχή θέρμανσης (η τιμή του SCOP αφορά καθορισμένη εποχή θέρμανσης), ο οποίος υπολογίζεται διαιρώντας την ετήσια απαιτούμενη θέρμανση αναφοράς (kWh/έτος) με την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση (kWh/έτος).
- Ονομαστικός βαθμός ενεργειακής απόδοσης (EER_{rated}): Ο λόγος της δηλωμένης ψυκτικής ισχύος [kW] προς την ονομαστική ισχύ εισόδου για ψύξη [kW], όταν η μονάδα ψύχει υπό πρότυπες συνθήκες διαβάθμισης.
- Ονομαστικός συντελεστής απόδοσης (COP_{rated}): ο λόγος της δηλωμένης θερμαντικής ισχύος [kW] προς την ονομαστική ισχύ εισόδου για θέρμανση [kW], όταν η μονάδα θερμαίνει υπό πρότυπες συνθήκες διαβάθμισης

- Energy Class : Ενεργειακή κλάση ή κατηγορία. Διακρίνει τις οικιακές συσκευές σύμφωνα με την ενεργειακή τους απόδοση. Θα επεξηγηθεί αναλυτικά ο τρόπος εφαρμογής της στις συσκευές κλιματισμού στην ενότητα 3.2.1.2.

2.7 Ο κλιματισμός στην Ελλάδα

Η Ελλάδα ως μεσογειακή χώρα χαρακτηρίζεται από ήπιους και υγρούς χειμώνες και ιδιαίτερα θερμά και ξηρά καλοκαιριά/ Για αυτό το λόγο, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του θέρους, η χρήση συστημάτων κλιματισμού κρίνεται αναγκαία έως απαραίτητη. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την συνεχόμενη μείωση των μικρών κλιματιστικών μονάδων, οι συσκευές διαιρούμενου τύπου μπαίνουν συνεχώς σε καινούργια νοικοκυριά και επιχειρήσεις. Ενδεικτική είναι η Εικόνα 12 που ακολουθεί που παρουσιάζει την αύξηση των πωλήσεων των εν λόγω μονάδων στο χρονικό διάστημα 1996-2000 [3] ³.



Εικόνα 12: Πωλήσεις μονάδων κλιματισμού περιόδου 1996-2000

Παρατηρούμε πως μέσα σε μόλις 4 χρόνια οι μονάδες τετραπλασιάστηκαν γεγονός που οδήγησε σε ταυτόχρονη μεγάλη αύξηση στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από τους καταναλωτές μιας και οι συσκευές κλιματισμού είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρες. Θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στις επιπτώσεις του φαινομένου αυτό στην ενότητα 4.4 σχετικά με το ΣΗΕ Κρήτης, μιας και αποτελεί εξαιρετο και ενδεικτικό παράδειγμα της κατάστασης που δημιουργήθηκε.

2.8 Επιπτώσεις του κλιματισμού στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Δυστυχώς όλα τα οφέλη του κλιματισμού που αναπτύχθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο δεν προσφέρονται χωρίς κανένα αντίκτυπο. Το σημαντικότερο πρόβλημα που δημιουργείται από τα συστήματα αυτά είναι η επίδραση στο περιβάλλον. Αυτό γίνεται μέσω της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας που απαιτούν αυτές οι συσκευές για την λειτουργίας τους και μέσω των ψυκτικών μέσων που χρησιμοποιούνται.

Επίσης πέρα από περιβαλλοντικά προβλήματα, δημιουργούν και τεχνικά προβλήματα στο Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της κάθε περιοχής καθώς και στους ίδιους του καταναλωτές.

2.8.1 Περιβαλλοντικά προβλήματα

Οι συσκευές αυτές όπως προαναφέρθηκε απαιτούν μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Η οποία αυτή η ηλεκτρική ενέργεια, συγκεκριμένα στην Ελλάδα, προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο λιγνίτης και το πετρέλαιο. Η κατανάλωση αυτών των πόρων έχει ως αποτέλεσμα την μόλυνση του περιβάλλοντος με τους ρύπους που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα κατά την καύση τους. Επίσης κατά τη λειτουργίας τους, τα κλιματιστικά θερμαίνουν το περιβάλλον με τη θερμότητα που αποβάλλουν σε αυτό το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε κλιματικές αλλαγές.

Επίσης τα κλιματιστικά συμβάλουν με τη λειτουργία τους στην επιδείνωση, στο γνωστό σε όλους μας, φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό προκαλείται όταν διαρρεύσει στην ατμόσφαιρα το ψυκτικό αέριο που χρησιμοποιούν στο κύκλο λειτουργίας τους, γνωστό ως HCFC-22 ή R-22, το οποίο προκαλεί καταστροφή στο στρώμα του όζοντος στην ατμόσφαιρα. Το φαινόμενο σε συνδυασμό με την αποβολή θερμότητας από τα κλιματιστικά στο περιβάλλον προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, και έτσι οδηγούμαστε σε κλιματικές αλλαγές.

Όσον αφορά το ψυκτικό υγρό, έχει θεσπιστεί παγκόσμια νομοθεσία από το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών που αφορά την αντικατάσταση του R-22 από άλλες ουσίες φιλικότερες προς το περιβάλλον. Από το 2004 έχει απαγορευτεί η χρήση του σε καινούργιες συσκευές κλιματισμού τύπου Split Unit και έχει αποφασιστεί πως το έτος 2015 θα είναι η τελευταία χρονιά παραγωγής του. Οι πέντε επικρατέστερες επιλογές αντικατάστασης του είναι οι : HCFC -123, HFC-407C, HFC-404A, HFC134a και η HFC-410A και όλες τους είναι εκτός και από φιλικότερες προς το περιβάλλον μιας και δεν περιέχουν στα μόρια τους χλώριο αλλά και αποδοτικότερες από το R-22.[4] ⁴

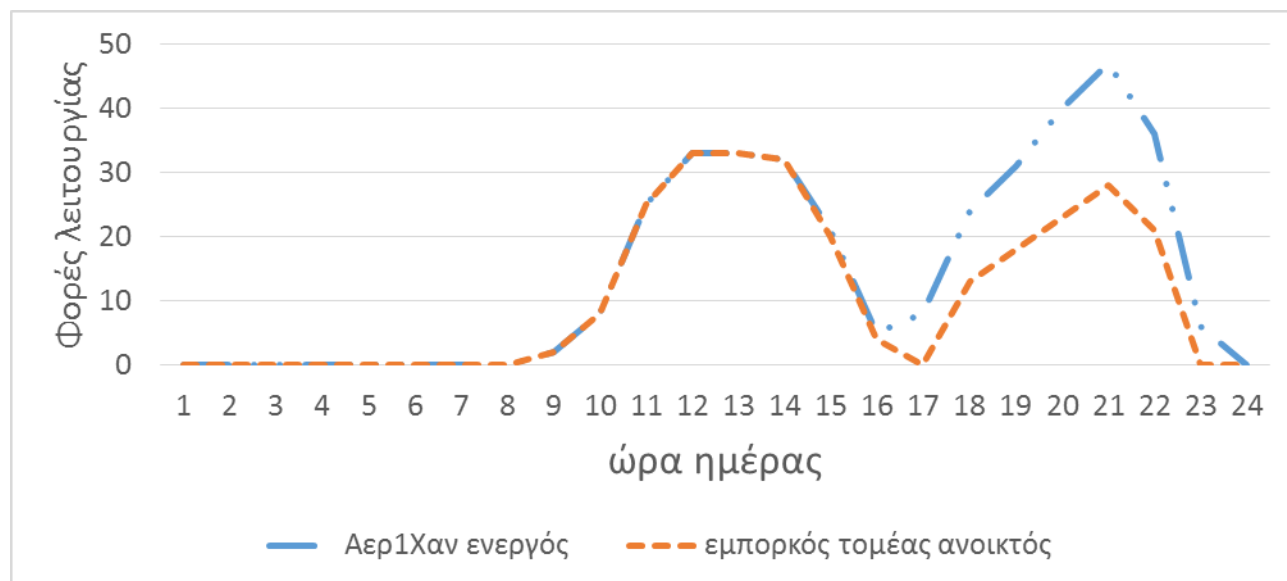
2.8.2 Τεχνικά προβλήματα

Πέρα από τα περιβαλλοντικά προβλήματα η έντονη χρήση συστημάτων κλιματισμού προκαλεί και ένα σύνολο από τεχνικά προβλήματα. Η μεγάλη τους κατανάλωση σε

ηλεκτρική ενέργεια, πέρα από την ανάγκη κατανάλωσης μη ανανεώσιμων πόρων δημιουργεί και την ανάγκη δημιουργίας νέων μονάδων παραγωγής αυτής της ενέργειας. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, έρευνες έχουν δείξει ότι, η ενεργειακή ζήτηση της χώρας μας αυξανόταν τη περίοδο 1985 -2008 κάθε έτος περίπου 4% στο οποίο συνέβαλε σημαντικά ο κλιματισμός (περίπου στο 10% της συνολικής αύξησης) [5]⁵. Το γεγονός αυτό οδηγούσε στην ανάγκη εγκατάστασης νέων μονάδων παραγωγής των 300MW περίπου κάθε 2 χρόνια και κατά συνέπεια σε αυξημένο κόστος παραγωγής. Μελλοντική εκτίμηση, σύμφωνα με μελέτη του Εθνικού Κέντρου Τεχνολογίας και Ανάπτυξης [6]⁶, προβλέπει αύξηση στην καταναλισκόμενη ενέργεια κατά 60% μέχρι το 2030 και το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής θα συνεχιστεί να παράγεται από καύση άνθρακα και πετρελαίου. Όπως καταλαβαίνουμε το παραπάνω θα οδηγήσει στη μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων και αύξηση των βλαβερών εκπομπών που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.8.1. Να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι το έτος 2009 παρατηρήθηκε μία μείωση της τάξης του 5% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και από τότε παραμένει σε σταθερά επίπεδα, γεγονός που αποδίδεται στην οικονομική κρίση [7]⁷.

Έχει παρατηρηθεί επίσης ότι η χρήση των κλιματιστικών συμβαδίζει με τις ώρες αιχμής του συστήματος. Αυτό έχει σαν συνέπεια να χρειάζονται να εντάσσονται στο σύστημα ευέλικτες μονάδες παραγωγής, οι οποίες όμως αυξάνουν κατακόρυφα το κόστος παραγωγής και να γίνεται το σύστημα περισσότερο ασταθές. Ενδεικτικό παράδειγμα είναι ο ΑΕΡ1 Χανίων που θα αποτελέσει κ το επίκεντρο αυτής της εργασίας.

Στην Εικόνα 13 που ακολουθεί μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι ώρες ένταξης της εν λόγω μονάδας ταυτίζονται με το ωράριο λειτουργίας των καταστημάτων και υπηρεσιών, ώρες οι οποίες χαρακτηρίζονται από έντονη ζήτηση κλιματισμού ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο. Για την ώρα δεν θα σταθούμε περισσότερα στο τεχνικά προβλήματα αυτά μιας και θα αναλυθούν στη ενότητα 4.4 μέσα από την εξαιρετική τέτοια περίπτωση που εμφανίζεται στο ΣΗΕ της Κρήτης.



Εικόνα 13: Φόρες ένταξης Αερ1Χαν ανά ώρα της ημέρας

Επιπρόσθετα, από την αναγκαία αύξηση παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας που παρουσιάστηκε παραπάνω, η χρήση μονάδων κλιματισμού ενισχύει ένα ακόμη θέμα προς αντιμετώπιση στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας αυτό της άεργου ισχύος. Οι συσκευές κλιματισμού, ειδικότερα οι μονάδες παλαιότερης τεχνολογίας, χαρακτηρίζονται από χαμηλό συντελεστή ισχύος γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της άεργου ισχύος του συστήματός. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι περιέχουν ηλεκτρικούς κινητήρες, οι οποίοι ελέγχονται από μετατροπείς ισχύος, που κατά τη λειτουργία τους απαιτούν υψηλά ποσοστά άεργου ισχύος. Όπως καταλαβαίνουμε το φαινόμενο αυτό ενισχύεται τις ζεστές μέρες της θερινής περιόδου κατά τις οποίες παρατηρείται υψηλός ταυτοχρονισμός στη χρήση μονάδων κλιματισμού και συνεχής λειτουργία του.

Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την αύξηση του συνολικού ρεύματος που διαρρέει τις γραμμές του δικτύου, τους μετασχηματιστές, τους καταναλωτές και γενικά όλα τα συνιστώντα ρευματοφόρα στοιχεία του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Η αύξηση αυτή του ρεύματος αναγκάζει τις διαστάσεις των εγκαταστάσεων του δικτύου (ονομαστική ισχύς μετασχηματιστών, διατομή αγωγών κ.λ.π.) να λάβουν υψηλότερες τιμές έχοντας ως αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους των εγκαταστάσεων του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας. Επίσης καθώς αυξάνεται η τιμή του ρεύματος αυξάνονται και οι απώλειες στις ωμικές αντιστάσεις των στοιχείων του δικτύου [8]⁸.

Για την αντιμετώπιση της άεργου ισχύος απαιτείται η προσθήκη αντισταθμιστών άεργου ισχύος στο δίκτυο που αποτελούνται από πυκνωτές. Όσο αυξάνεται η ζήτηση άεργου ισχύος από τους καταναλωτές αυξάνεται και το πλήθος των πυκνωτών που είναι αναγκαίοι για την αντιστάθμιση της με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης τους.

Όπως καταλαβαίνουμε η ιδιαίτερη διαδεδομένη χρήση του κλιματισμού και η εισαγωγή νέων μονάδων κλιματισμού επιβαρύνει το δίκτυο με τα προβλήματα που αναπτύχθηκαν σε αυτή τη παράγραφο και αναγκάζει το φορέα του δικτύου να εκτελέσει ένα σύνολο διαρθρωτικών κινήσεων προκειμένου να εξασφαλίσει την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Οι κινήσεις αυτές όμως έχουν ως αποτέλεσμα την μεγάλη αύξηση κόστους των εγκαταστάσεων και της συντήρησης του δικτύου καθώς και της ανάγκης σε πρώτη ύλη. Αν δεν γίνει σωστή πρόβλεψη για τις κινήσεις που απαιτούνται να πραγματοποιηθούν υπάρχει ο κίνδυνος κατάρρευσης του δικτύου.

Για τον λόγο αυτό, όσον αφορά το κλιματισμό, οφείλεται να εφαρμοστούν ένα σύνολο από μέτρα που θα οδηγήσουν στον περιορισμό των προβλημάτων που προκαλούνται από τη χρήση μονάδων κλιματισμού και θα οδηγήσουν σε ένα πιο σταθερό δίκτυο με χαμηλότερο κόστος παραγωγής και φιλικότερο προς το περιβάλλον. Τα βασικότερα μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν καθώς και ο τρόπος εφαρμογής τους στον Ελλαδικό χώρο παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3 που ακολουθεί.

Ενδεικτικό παράδειγμα είναι το γεγονός που έγινε στις 12 Ιουλίου του έτος 2004 όπου στις 12:39 το νότιο διασυνδεδεμένο σύστημα της Χώρας, συμπεριλαμβανομένου και της Αθήνας διαχωρίστηκε από το υπόλοιπο και κατέρρευσε το οποίο οδήγησε να μην μπορεί να εξυπηρετηθεί φορτίο ύψους των 4500 MW. Εξαιτίας της ετήσιας αύξησης των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια της Ελλάδος στο έτος 2004, όπως παρουσιάστηκε στην αρχή της παραγράφου, της έντονης χρήσης του κλιματισμού (ενίσχυση θερινής αιχμής - είχε υπολογιστεί πως θα αγγίξει τα 9500 MW, εισαγωγή άεργου ισχύος στο σύστημα) και τη διοργάνωση των Ολυμπιακών αγώνων είχαν προγραμματιστεί ένα σύνολο μέτρων για την αναβάθμιση του συστήματος ηλεκτρισμού της Χώρας. Πιο συγκεκριμένα οι αλλαγές αυτές συμπεριλάμβαναν νέους 400/150 kV μετασχηματιστές, επιπρόσθετες αντισταθμιστές άεργου ισχύος στις γραμμές μεταφοράς υψηλής και μεσαίας τάσης και μία

νέα γραμμή μεταφοράς 150 kV που θα συνέδεε τον κεντρικό σταθμό παραγωγής του Λαυρίου και το δίκτυο της Αθήνας μέσω του Υ/Σ της Αργυρούπολης. Δυστυχώς όμως οι περισσότερες από αυτές τις αλλαγές συνέβησαν έπειτα από την αιχμή του συστήματος που παρουσιάστηκε στις 12 Ιουλίου και είχε σαν αποτέλεσμα την μερική κατάρρευση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής Ελλάδας [9]⁹. Το παραπάνω γεγονός αποτελεί το πιο χαρακτηριστικό γεγονός που αποδεικνύει τη σοβαρότητα των τεχνικών προβλημάτων τα οποία ενισχύει η χρήση του κλιματισμού και της επιτακτικής αντιμετώπισης τους.

2.9 Σύνοψη Κλιματισμού

Συνοψίζοντας το κεφάλαιο αυτό μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα πως ο κλιματισμός των εσωτερικών χώρων είναι ένα αναπόσπαστο και απαραίτητο στοιχείο για την άνετη, αποδοτική και υγιεινή εξέλιξη της καθημερινότητας του σύγχρονου ανθρώπου. Με τη χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας αυτή η ανάγκη καλύπτεται σε παρά πολύ ικανοποιητικό βαθμό από τις μονάδες κλιματισμού. Η χρήση τους όμως δεν πρέπει να είναι αλόγιστη μιας και η λειτουργία τους συνοδεύεται από ένα σύνολο επιπτώσεων, όπως παρουσιάστηκε στη προηγούμενη παράγραφο.

Πέρα από την ορθολογική χρήση κρίνεται απαραίτητο να γίνουν και όλες οι ενέργειες που είναι απαραίτητες και εφικτές για να αντιμετωπιστούν οι επιπτώσεις που προκαλούνται.

3 Μέθοδοι ενίσχυσης αποδοτικότητας κλιματισμού

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν γενικές πληροφορίες σχετικά με τον κλιματισμό. Αρχικά παρουσιάστηκε η λειτουργία και η χρήση του καθώς και οι τύποι συσκευών με τις οποίες γίνεται η εφαρμογή του. Στη συνέχεια δόθηκαν οι βασικοί ορισμοί του κλιματισμού και αναπτύχθηκε η θεωρητική αρχή λειτουργίας του. Το κεφάλαιο έκλεισε παρουσιάζοντας τόσο τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση του κλιματισμού όσο και τα τεχνικά προβλήματα.

Στην ενότητα που ακολουθεί θα παρουσιαστούν οι τρόποι με τους μας δίνεται η δυνατότητα να μεγιστοποιήσουμε την αποδοτικότητα του κλιματισμού προκειμένου να περιοριστούν κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο οι επιπτώσεις χρήσης του κλιματισμού που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 2.8.2. Επιπρόσθετα θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα μέτρα που υιοθετήθηκαν και εφαρμόστηκαν στη χώρα μας σε σύγκριση με τον τρόπο αντιμετώπισης σε άλλες χώρες.

3.1 Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα κλιματισμού

Είναι εφικτό να εφαρμοστεί ένα μεγάλο σύνολο μέτρων και δράσεων προκειμένου να μειωθούν οι ενεργειακές απώλειες που προκύπτουν από τη χρήση του κλιματισμού. Αυτές οι κινήσεις μπορούν να υλοποιηθούν είτε κατά τη μελέτη εγκατάστασης ενός συστήματος κλιματισμού, πριν αυτό εγκατασταθεί, είτε μετέπειτα της εγκατάστασης του, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του και της συντήρησής του.

3.1.1 Σχεδιασμός προδιαγραφών

Το πρώτο βήμα, για να περιορίσουμε όσο το δυνατό περισσότερο τις ενεργειακές ανάγκες που αφορούν το κλιματισμό ενός κτιρίου, είναι ο ίδιος ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων του κτιρίου. Τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται όλο και περισσότερο η λεγόμενη ενεργειακή αρχιτεκτονική κτιρίων σύμφωνα με την οποία εφαρμόζονται ένα σύνολο τεχνικών οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα να μειώσουν τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Οι σημαντικότερες από αυτές τις τεχνικές είναι οι εξής [10]¹⁰ :

- Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων και οροφής
- Εγκατάσταση διπλών υαλοστασίων
- Εξωτερική σκίαση - προστασία τοιχωμάτων και παραθύρων από απευθείας ηλιακή ακτινοβολία
- Προσανατολισμός κτιριακής εγκατάστασης
- Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού και αερισμού με τον σωστό σχεδιασμό και τοποθέτηση των παραθύρων
- Εγκατάσταση BMS και θερμοστατών στους χώρους του κτιρίου
- Αεροστεγάνωση

- Σαφής διαχωρισμός των εργασιακών χώρων

Η εφαρμογή των παραπάνω τεχνικών θα έχει ως αποτέλεσμα να περιορισθεί αισθητά τα θερμικά φορτία που θα καλείται να καλύψει το σύστημα κλιματισμού της κτιριακής εγκατάστασης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύνολο των παραπάνω τεχνικών περιλαμβάνονται στον Κανονισμό Ενεργειακής απόδοσης Κτηρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ) ο οποίος είναι το αποτέλεσμα που προέκυψε από την έκδοση νομοθεσίας που εκδόθηκε και εφαρμόζεται από τον Ιανουάριο του 2006 προκειμένου να εναρμονιστεί η χώρα μας με την κοινοτική οδηγία της Ευρωπαϊκής 91/2002/ΕΚ Ένωσης «για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» [11]¹¹. Στον Κ.ΕΝ.Α.Κ., μεταξύ άλλων, καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων, η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων (στην οποία περιλαμβάνονται οι τεχνικές που επισημάνθηκαν στην αρχή της παραγράφου) καθώς και τα αρμόδια για την εκπόνηση της πρόσωπα, οι ενεργειακοί επιθεωρητές. Επίσης περιλαμβάνει τον τύπο και το περιεχόμενο του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, τη διαδικασία έκδοσης του καθώς και το ύψος της δαπάνης αυτής και τον τρόπο υπολογισμού της.

Η εφαρμογή του αποσκοπεί οι κτηριακές εγκαταστάσεις της χώρας να χαρακτηρίζονται από τη καλύτερη δυνατή ενεργειακή συμπεριφορά διαχειρίζοντας και αξιοποιώντας με βέλτιστο τρόπο την ενέργεια σε κάθε της μορφή ικανοποιώντας πάντα τις συνθήκες ανέσεως των χρηστών του κτιριακού χώρου. Πιο συγκεκριμένα όλα τα νέα κτίρια πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης που ορίζεται από τον κανονισμό και όλα τα παλαιά κτίρια άνω των 1000 τετραγωνικών που ανακαινίζονται ριζικά πρέπει να εκπονείται και υποβάλλεται μελέτη ενεργειακής απόδοσης. Η ικανοποίηση των ελάχιστων απαιτήσεων πρακτικά σημαίνει ότι είτε η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου είναι μικρότερη ή ίση από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς είτε το εξεταζόμενο κτίριο έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

Για την ενίσχυση του εν λόγω κανονισμού το ΤΕΕ κατάρτισε ένα σύνολο τεχνικών οδηγιών οι οποίες εγκρίθηκαν από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και είναι οι ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 [12]¹², ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 [13]¹³, ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 [14]¹⁴ και ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 [15]¹⁵. Βάση των οδηγιών αυτών προκύπτει και η περιγραφή και οι απαιτήσεις του κτιρίου αναφοράς που αναφέρθηκε.

Σημειώσαμε ότι ο Κ.ΕΝ.Α.Κ. ορίζει ως αρμόδια πρόσωπα εκπόνησης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων τους ενεργειακούς επιθεωρητές. Πιο συγκεκριμένα καθορίζονται για τους ενεργειακούς επιθεωρητές τα προσόντα (διπλωματούχοι - πτυχιούχοι μηχανικοί, παρακολούθηση εξειδικευμένου εκπαιδευτικού προγράμματος, τετραετής επαγγελματική εμπειρία), οι αρχές και οι κανόνες που διέπουν το έργο τους, η διαδικασία χορήγησης άδειας, οι αμοιβή και ο τρόπος καθορισμού της καθώς και οι ποινές σε περίπτωση παρέκκλισης. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες αδειών ενεργειακών επιθεωρητών οι οποίες έχουν ισχύ 10 ετών [16]¹⁶:

- Άδεια Ενεργειακού Επιθεωρητή Κτιρίου Α' τάξης (έως 1000 τ.μ.) και Β' τάξης (και άνω των 1000 τ.μ.)

- Άδεια Ενεργειακού Επιθεωρητή λεβήτων / εγκαταστάσεων θέρμανσης Κτιρίου Α' και Β' τάξης
- Άδεια Ενεργειακού Επιθεωρητή εγκαταστάσεων Κλιματισμού Κτιρίου Α' και Β' τάξης

Όσον αφορά την επιθεώρηση εγκαταστάσεων κλιματισμού προβλέπεται επιθεώρηση στις εγκαταστάσεις κλιματισμού, με ονομαστική ισχύ άνω των 12kW κάθε πέντε έτη κατά την οποία οι επιθεωρητές συντάσσουν έκθεση, στην οποία αξιολογούνται η αποτελεσματικότητα και οι διαστάσεις της εγκατάστασης κλιματισμού σε σχέση με τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου και διατυπώνονται κατάλληλες οδηγίες και συστάσεις για βελτίωση ή αντικατάσταση της εγκατάστασης του κλιματισμού.

Το δεύτερο βήμα αφορά την επιλογή του εξοπλισμού του συστήματος κλιματισμού που θα εγκατασταθεί σε μία κτιριακή εγκατάσταση. Είναι απαραίτητο να γίνει σωστή μελέτη των θερμικών αναγκών του κτιρίου προκειμένου να επιλεγεί εξοπλισμός ο οποίος θα έχει χωρητικότητα να καλύψει βέλτιστα το απαιτούμενο θερμικό φορτίο. Ο εξοπλισμός αυτός οφείλει να είναι υψηλής απόδοσης τεχνολογίας για να περιοριστούν οι ενεργειακές του απαιτήσεις και μπορεί να αποτελείται από μονάδες δωματίου, ημικεντρικό ή κεντρικό σύστημα ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου εφαρμογής του.

Το σύνολο του εξοπλισμού κλιματισμού που θα επιλεγεί οφείλει να συνοδεύεται από ένα κατάλληλο σχεδιασμένο σύστημα ελέγχου και θερμοστατών που θα επιβλέπει τη λειτουργία του προκειμένου κάθε δεδομένη χρονική στιγμή να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές συνθηκών ανέσεων των εσωτερικών χώρων (θερμοκρασία, υγρασία).

Σημαντικό ρόλο στην επιλογή του σωστού εξοπλισμού κλιματισμού έχει η κατηγοριοποίηση των συσκευών κλιματισμού που γίνεται με την ενεργειακή τους σήμανση η οποία δίνει στους καταναλωτές όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά και την απόδοση της συσκευής κλιματισμού στην οποία αναφέρεται. Λόγω του ιδιαίτερου ρόλου της ενεργειακής σήμανσης που αφορά στις συσκευές κλιματισμού σε αυτή την εργασία θα γίνει εκτενέστερη επεξήγηση της για τα δεδομένα της Ελληνικής αγοράς στην ενότητα 3.2.1.2.

3.1.2 Λειτουργία και συντήρηση συστήματος κλιματισμού

Εξίσου σημαντικό με το σωστό σχεδιασμό των κτιριακών εγκαταστάσεων και την επιλογή του εξοπλισμού κλιματισμού είναι η σωστή λειτουργία και η κατάλληλη συντήρηση των μονάδων κλιματισμού προκειμένου να μην γίνεται άσκοπη σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας. Οι σημαντικότερες τεχνικές οδηγίες σύμφωνα με τις οποίες μεγιστοποιείται η απόδοση των συστημάτων κλιματισμού και οι καταναλωτές οφείλουν να τις ακολουθούν είναι οι εξής:

- Περιορισμός και αποφυγή θερμικής παραγωγής στον κλιματιζόμενο χώρο που προκαλείται από συμβατικούς λαμπτήρες φωτισμού και άσκοπη χρήση ηλεκτρικών συσκευών.
- Η επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία να οριστεί σε ένα λογικό επίπεδο. τιμή αυτή είναι δυνατό να διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο της κτιριακής εγκατάστασης και παρουσιάστηκε στο Πίνακα 1.

- Να αποφεύγεται να μένουν ανοικτά πόρτες και παράθυρα του κλιματιζόμενου χώρου.
- Σωστή συντήρηση της μονάδας που περιλαμβάνει καθαρισμό και αντικατάσταση όταν κρίνεται απαραίτητο του φίλτρου αέρα
- Έλεγχος ότι η εξωτερική μονάδα είναι σε σκιερό περιβάλλον και ότι διαθέτει αρκετό χώρο για την αποβολή του θερμού αέρα.
- Εκτίμηση εάν είναι οικονομικά ενδιαφέρον το σενάριο αντικατάστασης μίας παλιάς μονάδας κλιματισμού από μία νέα αποδοτικότερης τεχνολογίας.

Όπως καταλαβαίνουμε τα παραπάνω μέτρα ενισχύονται σε μεγάλο βαθμό από τη σωστά σχεδιασμένη και διαρκή ενημέρωση των καταναλωτών. Σε αυτό το παράγοντα έχει ιδιαίτερη ευθύνη η Πολιτεία, ο ρόλος της οποίας θα αναπτυχθεί στην υπό ενότητα που ακολουθεί.

3.2 Κρατικά μέτρα ενίσχυσης απόδοσης κλιματισμού

Προκειμένου να περιοριστούν οι ενεργειακές ανάγκες μίας χώρας που προκύπτουν από τη χρήση των συστημάτων κλιματισμού πολλές κυβερνήσεις έχουν λάβει και προωθήσει μέτρα που εξυπηρετούν τον περιορισμό αυτό. Τα μέτρα αυτά μπορούν να χωριστούν κυρίως σε τρεις κατηγορίες:

- Ρυθμιστικά μέτρα τα οποία θα θέσουν ελάχιστα πρότυπα ενεργειακών επιδόσεων και θα εισάγουν τη σήμανση προδιαγραφών για της συσκευές κλιματισμού που κυκλοφορούν στην αγορά.
- Οικονομικά κίνητρα - επιχορηγήσεις για να παροτρύνουν τους καταναλωτές να εγκαταστήσουν αποδοτικότερα συστήματα κλιματισμού
- Επαρκής και στοχευμένη πληροφόρηση των καταναλωτών με ποικίλους τρόπους σχετικά με τη σωστή αγορά και χρήση των συστημάτων κλιματισμού.

Στη συνέχεια της ενότητας θα αναπτυχθούν τα μέτρα που μόλις παρουσιάστηκαν και θα αναλυθούν ειδικότερα για τη μορφή που πήραν στη περίπτωση της Ελλάδος.

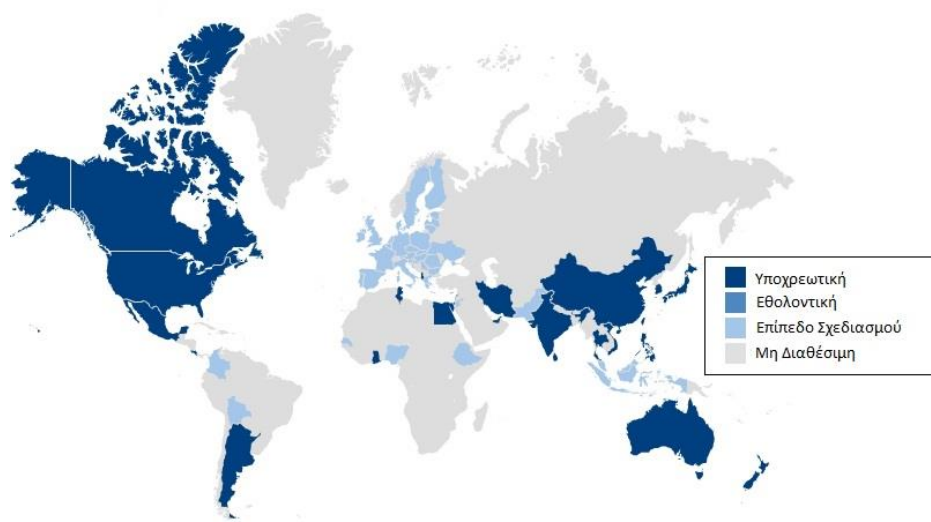
3.2.1 Ρυθμιστικά μέτρα

3.2.1.1 Ελάχιστο πρότυπο επίδοσης

Ένα μέτρο που έχει υιοθετηθεί από πολλές χώρες είναι αυτό της θέσπισης ενός ελαχίστου πρότυπου επίδοσης συσκευών κλιματισμού. Το παραπάνω σημαίνει ότι για να μπορεί να κυκλοφορήσει μια συσκευή κλιματισμού στην αγορά μίας χώρας πρέπει να έχει βαθμό επίδοσης που να είναι τουλάχιστον ίση με αυτή που έχει οριστεί ως ελάχιστο πρότυπο επίδοσης. Το αποτέλεσμα αυτής της δράσης είναι ότι δεν επιτρέπεται η χρήση μη

αποδοτικών συσκευών κλιματισμού και ενισχύεται η προώθηση σύγχρονων συσκευών κλιματισμού με υψηλή απόδοση λειτουργίας.

Σύμφωνα με το World Energy Council και τα δεδομένα της Enerdata 26 χώρες έχουν ορίσει ελάχιστο πρότυπο επίδοσης για συσκευές κλιματισμού και άλλες σε 38 γίνονται οι απαραίτητοι ρυθμίσεις για την εισαγωγή του. Οι χώρες αυτές παρουσιάζονται στην Εικόνα 14 που ακολουθεί.



Source Enerdata

Εικόνα 14: Εφαρμογή ελάχιστου προτύπου επίδοσης

Όπως παρατηρούμε και από την Εικόνα 14 η Ελλάδα δεν έχει ορίσει μέχρι στιγμής ελάχιστο πρότυπο επίδοσης για συσκευές κλιματισμού αλλά βρίσκεται στο επίπεδο σχεδιασμού προκειμένου να υιοθετήσει το μέτρο αυτό. Πιο συγκεκριμένα η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων ξεκίνησε το 2007 τη διαδικασία θέσπισης ελαχίστων προτύπων ενεργειακών επιδόσεων με τη μορφή εκτελεστικών οδηγιών. Οι οδηγίες αυτές περιλαμβάνουν και ενδείξεις για μελλοντικές απαιτήσεις, ώστε να προετοιμαστούν οι κατασκευαστές για τις νέες απαιτήσεις στο κύκλο σχεδιασμού. Η επιτροπή αυτή είναι υπεύθυνη για τη διασφάλιση της έγκαιρης ανάπτυξης των κατάλληλων μετρικών μεθόδων και δεν θα επιτρέπει να κυκλοφορούν στην αγορά μονάδες κλιματισμού που δεν ανταποκρίνονται στις ελάχιστες συμφωνημένες απαιτήσεις.

3.2.1.2 Ενεργειακή σήμανση

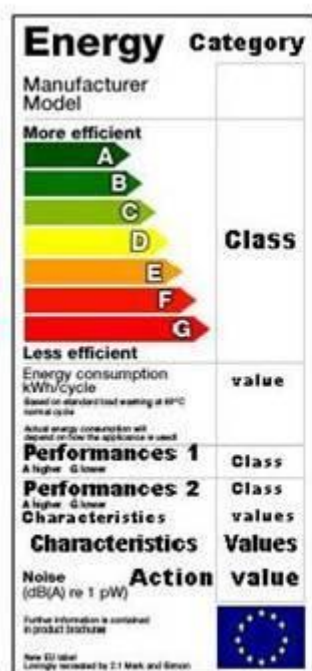
Ένα επιπρόσθετο κυβερνητικό μέτρο για την ενίσχυση της απόδοσης κλιματισμού είναι θέσπιση της υποχρεωτικής ενεργειακής σήμανσης των μονάδων κλιματισμού. Το μέτρο αυτό, σύμφωνα με τα δεδομένα της Enerdata έχει εφαρμοστεί σε 61 χώρες, με την Ελλάδα μία από αυτές και βρίσκεται σε επίπεδο σχεδιασμού σε ακόμη 10 χώρες όπως παρατηρούμε στην Εικόνα 15 που ακολουθεί.



Source Enerdata

Εικόνα 15:Χρήση ενεργειακής σήμανσης σε συσκευές κλιματισμού

Η ενεργειακή σήμανση πρόκειται στην ουσία για μία σχηματική κλίμακα κατάταξης των ηλεκτρικών συσκευών σύμφωνα με την ενεργειακή τους κατανάλωση. Η σήμανση αυτή καθορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση το 1992 (92/75/EC) και είχε τη μορφή της Εικόνα 16.



Category: Είδος συσκευής (κλιματιστικό, λαμπτήρας κ.τ.λ.)
 Manufacturer/Model: Κατασκευαστής και μοντέλο προϊόντος
 Class: ενεργειακή κλάση που κατατάσσεται
 Value: η ηλεκτρική κατανάλωση της συσκευής kWh/κύκλο λειτουργίας
 Performance 1/2: κλάση στην οποία ανήκει η συσκευή για συγκεκριμένη λειτουργία(ψύξη, στύψιμο κ.τ.λ)
 Characteristics: Λοιπά χαρακτηριστικά της συσκευής.
 Noise: το επίπεδο θορύβου της συσκευής κατά τη λειτουργίας της

Εικόνα 16: Ενεργειακή σήμανση - Ευρωπαϊκή Ένωση 1992

Η ετικέτα της Εικόνα 16 ήταν απαραίτητο να είναι τοποθετημένη σε εμφανές σημείο πάνω σε οποιαδήποτε συσκευή που προορίζεται για πώληση είτε ενοικίαση και χρησιμοποιεί ενέργεια για τη λειτουργία της (από ηλεκτρικούς λαμπτήρες έως αυτοκίνητα). Ανάλογα τη συσκευή στο κάθε πεδίο της ετικέτας τοποθετούνται οι αντίστοιχες τιμές όπως αναλύονται στο πλαίσιο που συνοδεύει την Εικόνα 16.

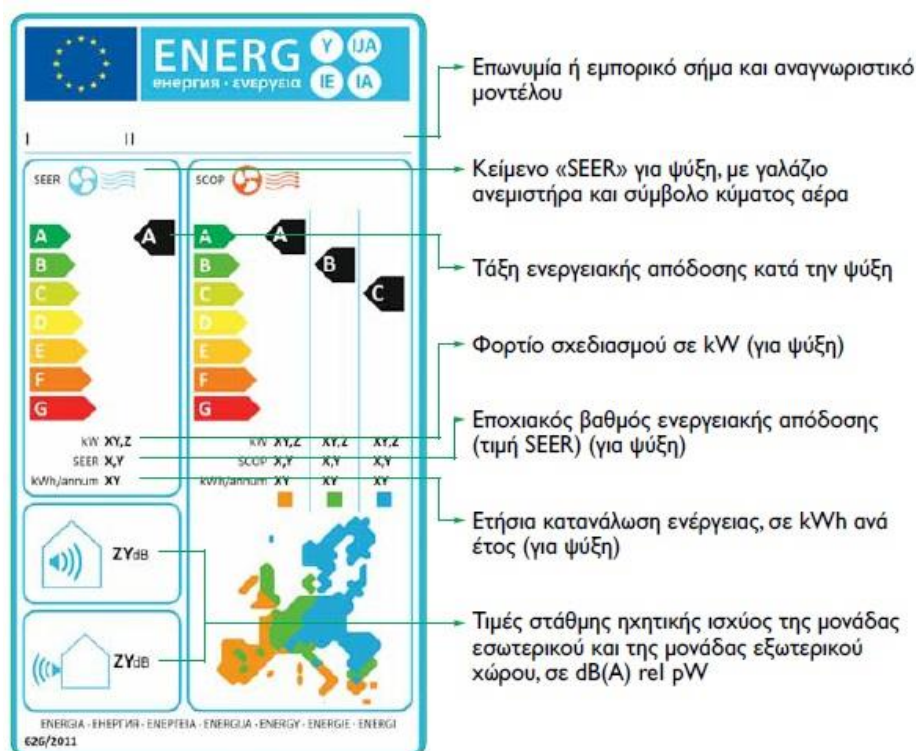
Αυτά τα πεδία είναι τουλάχιστον 4 αναλόγως τη συσκευή και συνοψίζουν πληροφορίες για:

- Λεπτομέρειες της συσκευής: κατασκευαστής, μοντέλο, υλικά κατασκευής
- Ενεργειακή κλάση: Χρωματικός κώδικας σύμφωνα με την ηλεκτρική της κατανάλωση.
- Κατανάλωση, χωρητικότητα, απόδοση κ.α.: Πληροφορίες για συγκεκριμένες διεργασίες αναλόγως το τύπο της συσκευής.
- Θόρυβος: Τα decibel του θορύβου που εκπέμπει η συσκευή.

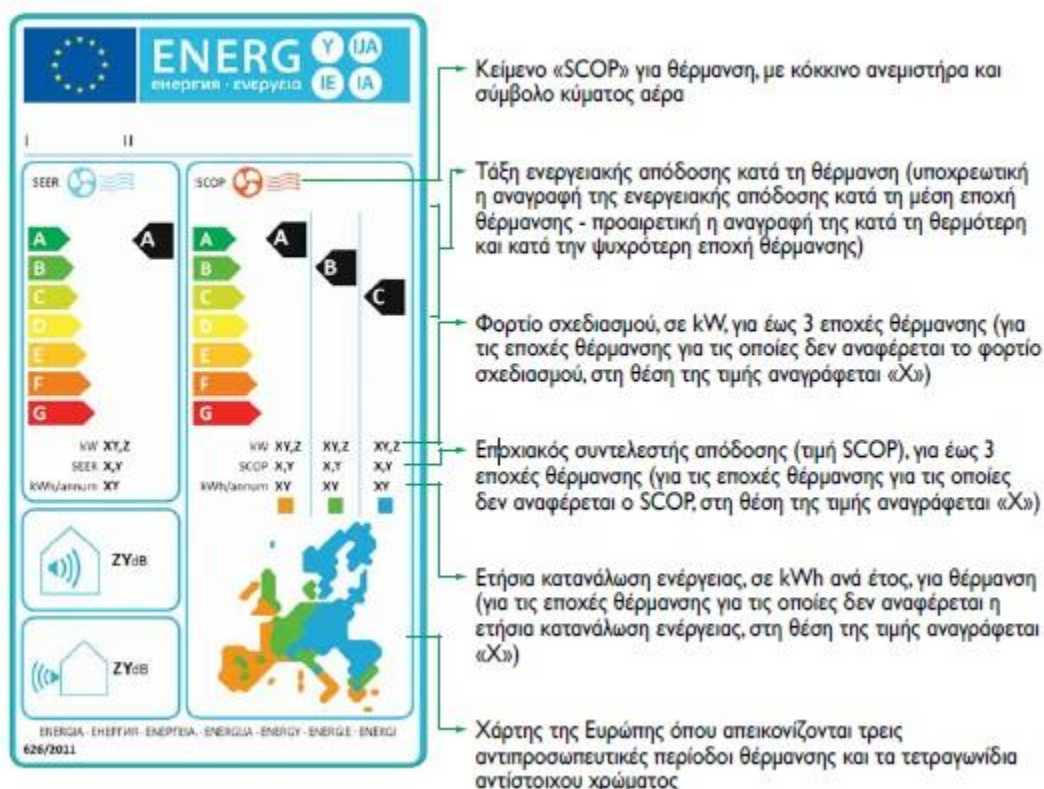
Πιο συγκεκριμένα η ενεργειακή κλάση (απόδοση) της συσκευής διαχωριζόταν σε 7 κύριες κατηγορίες και στην καθεμία αντιστοιχεί ένα γράμμα από το A έως το G του λατινικού Αλφαβήτου και ένα συγκεκριμένο χρώμα από το σκούρο κόκκινο έως το σκούρο πράσινο. Οι συσκευές που χαρακτηρίζονται από την υψηλότερη ενεργειακή απόδοση κατατάσσονται στη κατηγορία A και με τις λιγότερο ενεργειακά αποδοτικές να ακολουθούν στις επόμενες κατηγορίες έως την κατηγορία G.

Από το έτος 2013 και έπειτα χρησιμοποιείται ένας νέος τύπος ετικέτας ενεργειακής σήμανσης που θεσπίστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτός ο νέος τύπος επιτρέπει στους κατασκευαστές ηλεκτρικών συσκευών να χρησιμοποιούν την ίδια ετικέτα για τις διαφορετικές χώρες που ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και επίσης πλέον είναι διαφορετική για κάθε τύπο συσκευής.

Η ετικέτα αυτή που αφορά τις ηλεκτρικές συσκευές κλιματισμού και εφαρμόζεται και στην Ελλάδα παρουσιάζεται στην Εικόνα 17 που ακολουθεί και συνοδεύεται από επεξήγηση των ενδείξεων που εμπεριέχονται σε αυτή.



Η Εικόνα 17 μας δίνει τη δυνατότητα να παρατηρήσουμε όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά μίας συσκευής κλιματισμού που αποτυπώνονται στην ετικέτα ενεργειακής σήμανσης. Οι ορισμοί που εμπεριέχονται αναπτύχθηκαν στην ενότητα 2.6 του προηγούμενου κεφαλαίου. Στην Εικόνα 18 που ακολουθεί παρουσιάζεται η επεξήγηση της ενεργειακής σήμανσης που αφορά τον θερμικό κύκλο λειτουργίας των μονάδων κλιματισμού.



Εικόνα 18: Ετικέτα ενεργειακής σήμανσης κλιματισμού - Θερμική λειτουργία

Στο αυτό το σημείο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να παρουσιαστούν τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία κατηγοριοποιείται μια συσκευή κλιματισμού στη τάξη της ενεργειακής της κλάσης. Ο καθορισμός αυτός γίνεται αποκλειστικά από τις χαρακτηριστικές τιμές της κλιματιστικής συσκευής που αφορούν τα πεδία SEER/SCOP για τη λειτουργία ψύξης/θέρμανσης αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές και η τάξη ενεργειακής απόδοσης που αντιστοιχούν παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Τάξη ενεργειακής απόδοσης	SEER	SCOP
A	$5,10 \leq \text{SEER} \leq 5,60$	$3,40 \leq \text{SCOP} \leq 4,00$
B	$4,60 \leq \text{SEER} < 5,10$	$3,10 \leq \text{SCOP} < 3,40$
C	$4,10 \leq \text{SEER} < 4,60$	$2,80 \leq \text{SCOP} < 3,10$
D	$3,60 \leq \text{SEER} < 4,10$	$2,50 \leq \text{SCOP} < 2,80$
E	$3,10 \leq \text{SEER} < 3,60$	$2,20 \leq \text{SCOP} < 2,50$
F	$2,60 \leq \text{SEER} < 3,10$	$1,90 \leq \text{SCOP} < 2,20$
G	$\text{SEER} < 2,60$	$\text{SCOP} < 1,90$

Πίνακας 4: Καθορισμός τάξεων απόδοσης των συσκευών κλιματισμού 2013

Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας υπάρχουν μονάδες τη σημερινή ημέρα που μπορούν να επιτύχουν απόδοση μεγαλύτερη του άνω ορίου της ενεργειακής κλάσης A και για αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν 3 νέες κατηγορίες οι A+, A++ και η A+++ των οποίων οι τιμές καθορισμού παρουσιάζονται στον Πίνακας 5 που ακολουθεί. Να σημειωθεί ότι οι κατασκευαστές μπορούν από τώρα να αξιοποιήσουν τους συμβολισμούς αυτούς για την απεικόνιση της ενεργειακής απόδοσης των συσκευών τους και από τη 1η Ιανουαρίου του 2019 οι ετικέτες ενεργειακής σήμανσης θα έχουν υποχρεωτικά ως τάξεις ενεργειακής απόδοσης της κατηγορίες A+++, A++, A+, A, B, C, D.

Τάξη ενεργειακής απόδοσης	SEER	SCOP
A+++	SEER \geq 8,50	SCOP \geq 5,10
A++	6,10 \leq SEER \leq 8,50	4,60 \leq SCOP \leq 5,10
A+	5,60 \leq SEER \leq 6,10	4,00 \leq SCOP \leq 4,60

Πίνακας 5: Καθορισμός τάξεων απόδοσης κλιματισμού άνω τις κατηγορίας A 2013

Οι αντίστοιχες τιμές κατηγοριοποίησης, των συσκευών κλιματισμού που κυκλοφορούν τώρα στην αγορά, για τις μονάδες EER rated και COP rated παρουσιάζονται στον Πίνακας 6 που ακολουθεί. Επίσης παραθέτονται οι τιμές που ήταν σε ισχύ για τις μονάδες κλιματισμού κατά το έτος 2001 για το λόγο ότι το σενάριο εφαρμογής που θα μελετήσουμε στην εργασία αυτή έχει ως αντικείμενο μονάδες που κυκλοφορούσαν στην αγορά την εν λόγω περίοδο.

Τάξη ενεργειακής απόδοσης	Έτος 2013		Έτος 2001	
	EER rated	COP rated	EER rated	COP rated
A+++	$> 4,10$	$\geq 4,60$	-	-
A++	$3,60 < \text{EER} \leq 4,10$	$4,10 < \text{COP} \leq 4,60$	-	-
A+	$3,10 < \text{EER} \leq 3,60$	$3,60 < \text{COP} \leq 4,10$	-	-
A	$2,60 < \text{EER} \leq 3,10$	$3,10 < \text{COP} \leq 3,60$	> 3.20	> 3.60
B	$2,40 < \text{EER} \leq 2,60$	$2,60 < \text{COP} \leq 3,10$	$3.00 < \text{EER} \leq 3.20$	$3,40 < \text{COP} \leq 3,60$
C	$2,10 < \text{EER} \leq 2,40$	$2,40 < \text{COP} \leq 2,60$	$2.80 < \text{EER} \leq 3.00$	$3,20 < \text{COP} \leq 3.40$
D	$1,80 < \text{EER} \leq 2,10$	$2,00 < \text{COP} \leq 2,40$	$2.60 < \text{EER} \leq 2.80$	$2.80 < \text{COP} \leq 3.20$
E	$1,60 < \text{EER} \leq 1,80$	$1,80 < \text{COP} \leq 2,00$	$2.40 < \text{EER} \leq 2.60$	$2,60 < \text{COP} \leq 2.80$
F	$1,40 < \text{EER} \leq 1,60$	$1,60 < \text{COP} \leq 1,80$	$2.20 < \text{EER} \leq 2.40$	$2.40 < \text{COP} \leq 2.60$
G	$< 1,40$	$< 1,60$	< 2.20	< 2.40

Πίνακας 6: Κατάταξη ενεργειακής κλάσης βάση EER και COP rated τιμών έτη 2013 και 2001

3.2.2 Οικονομικά κίνητρα

Επιπρόσθετα με τα ρυθμιστικά μέτρα που μπορεί να πάρει η κυβέρνηση μιας χώρας για την ενίσχυση της αποδοτικότητας των συστημάτων κλιματισμού είναι εξαιρετικά χρήσιμο να δοθούν στους καταναλωτές οικονομικά ή φορολογικά κίνητρα που θα συμβάλουν στην επίτευξη του στόχου αυτού. Οι κυριότερες μορφές με τις οποίες βρίσκουν εφαρμογή τα παραπάνω μέτρα είναι οι εξής:

- Άμεσες επιδοτήσεις ή μείωση του φόρου για την αγορά αποδοτικών συστημάτων κλιματισμού. Το εν λόγω μέτρο έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και στην Αυστραλία.
- Ευνοϊκό τιμολόγιο ηλεκτρικού ρεύματος για τους καταναλωτές που επιλέγουν να περιορίσουν τη χρήση των μονάδων κλιματισμού που διαθέτουν κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής του συστήματος, όπως και εφαρμόζεται με επιτυχία στη πολιτεία California.
- Κρατική επιχορήγηση για την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού παλαιάς τεχνολογίας με χαμηλή απόδοση από αντίστοιχες μονάδες νεότερης τεχνολογίας και υψηλότερης απόδοσης λειτουργίας. Το μέτρο αυτό βρήκε εφαρμογή στο Μεξικό [17] και στην Ελλάδα.

Από τις παραπάνω οικονομικές προσεγγίσεις του προβλήματος, όπως είδαμε, έχει εφαρμοστεί στην Ελλάδα η τελευταία μορφή, αυτή της κρατικής επιχορήγησης για την αντικατάσταση παλαιών συσκευών κλιματισμού γνωστή και ως Δράση «Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό». Λόγω της ιδιαίτερης σημασίας του προγράμματος στα πλαίσια της εργασίας αυτής θα αφιερώσουμε την ενότητα που ακολουθεί για την αναλυτική επισκόπηση του.

3.2.3 Η Δράση «Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό»

Η δράση «αλλάζω κλιματιστικό» αφορούσε την επιδότηση αντικατάστασης και ανακύκλωσης των παλαιών ενεργοβόρων οικιακών συσκευών κλιματισμού, χαμηλής ενεργειακής κλάσης, η οποία συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό ταμείο περιφερειακής ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς Πόρους. Υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ΕΣΠΑ 2007-2013, μέσω του Επιχειρηματικού προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα» και των περιφερειακών επιχειρησιακών προγραμμάτων που περιλαμβάνουν περιφέρειες μεταβατικής στήριξης. Ο συνολικός αρχικός προϋπολογισμός της δράσης ανερχόταν στα 15.000.000 €.

Φορέας υλοποίησης ήταν η ειδική υπηρεσία συντονισμού και εφαρμογής δράσεων στους τομείς ενέργειας, φυσικού πλούτου, μεταποίησης και ΣΥ του υπουργείου ανάπτυξης.

3.2.3.1 Ρόλος της Δράσης

Για το λόγο ότι η κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό των κτιρίων ανήκει στις πλέον δυναμικά εξελισσόμενες ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος, η

δράση «Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό» στόχευε στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, εξοικονόμηση ενέργειας, και στη μείωση των εκπομπών ρύπων που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κατά τη παραγωγή του ηλεκτρισμού μέσω της χρήσης αποδοτικότερων κλιματιστικών συσκευών στον οικιακό τομέα. Με αυτό τον τρόπο συνέβαλλε και στην κάλυψη των απαιτήσεων που απορρέουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Επιπρόσθετα με την ανακύκλωση των αποσυρόμενων συσκευών επιτυγχάνεται αξιοποίηση μέρος των συσκευών και μείωση της ποσότητας των αποβλήτων με τελικό όφελος την προστασία του περιβάλλοντος.

Συνοψίζοντας τα αναμενόμενα οφέλη της δράσης ήταν:

- Ανακύκλωση παλαιών συσκευών προς όφελος της προστασίας του περιβάλλοντος.
- Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα που συνοδεύεται με οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη.
- Μείωση των εκπομπών ρύπων που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα και ιδιαίτερα του CO₂.
- Ευαισθητοποίηση των πολιτών σχετικά με τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και της προστασίας του περιβάλλοντος.
- Αναβάθμιση συνθηκών διαβίωσης στα οικιακά κτίρια-πόλεις.
- Ενίσχυση της αγοράς ηλεκτρικών συσκευών

Η δράση απευθυνόταν σε όλους τους πολίτες - καταναλωτές που διέθεταν παλαιές συσκευές κλιματισμού εν λειτουργία και επιθυμούσαν να τις αντικαταστήσουν με νεότερες συσκευές υψηλότερης τεχνολογίας. Στις συσκευές που ήταν δυνατόν να αντικατασταθούν περιλαμβάνονταν όλοι οι τύποι παλαιών συσκευών κλιματισμού, ανεξαρτήτου έτους κατασκευής. Ο κάθε καταναλωτής μπορούσε να αποσύρει έως και δύο συσκευές αγοράζοντας νέες, τεχνολογίας inverter και υψηλής ενεργειακής κλάσης, από οποιοδήποτε κατάστημα πώλησης κλιματιστικών που συμμετείχε στην εν λόγω δράση [18]¹⁸.

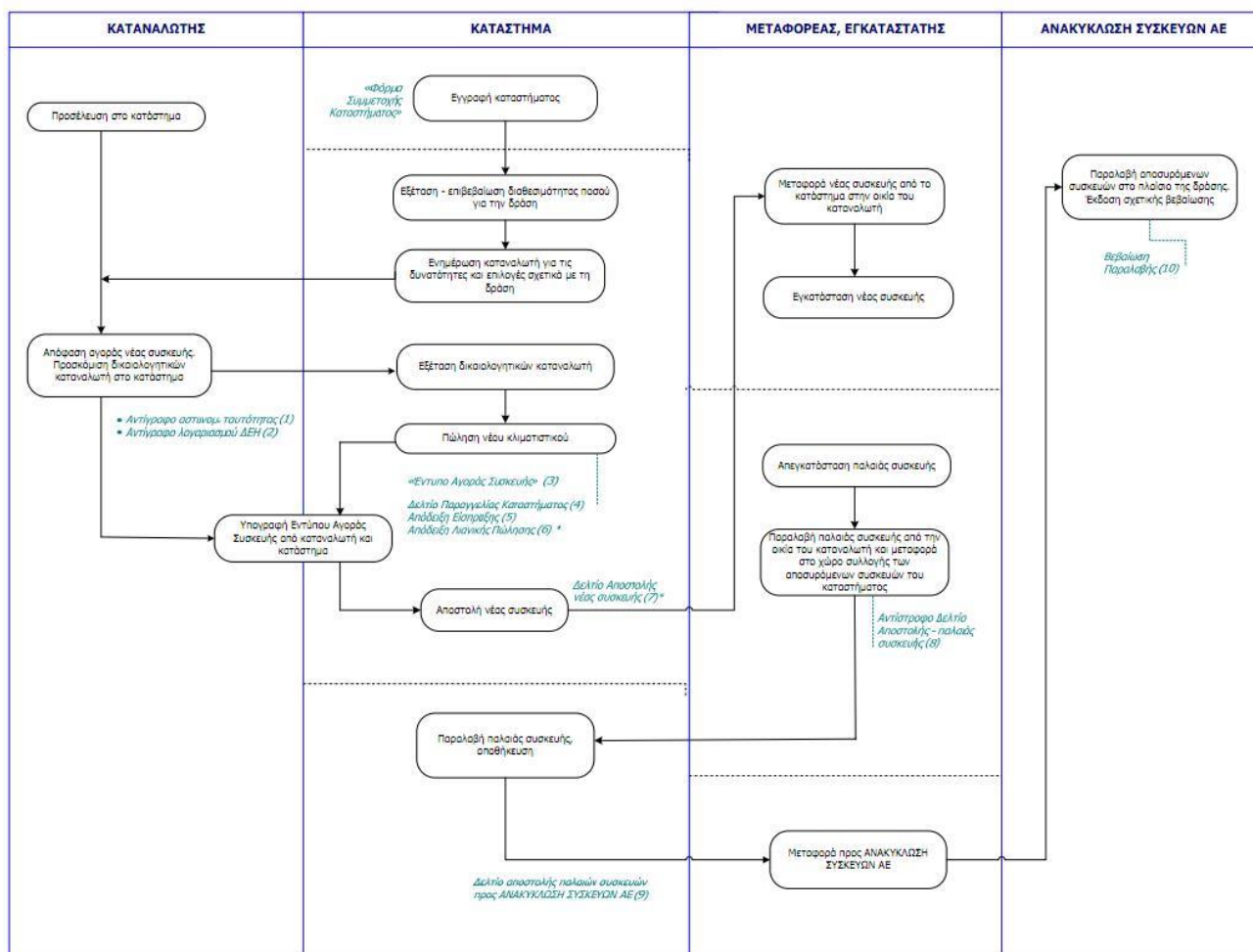
Η επιδότηση ανερχόταν στο 35% της λιανικής τιμής πώλησης κάθε νέας συσκευής με ανώτατο όριο τα 500€. Ο καταναλωτής κατά την αγορά τις νέας μονάδας κατέβαλλε μόνο τη δική του συμμετοχή και το υπόλοιπο ποσό, αυτό της επιδότησης, αποδόθηκε στα καταστήματα μετά την υποβολή των απαραίτητων δικαιολογητικών και μετά τις σχετικές διαδικασίες ελέγχου.

Το σύνολο των αποσυρόμενων συσκευών προωθήθηκε στη συνέχεια από τα καταστήματα στην Ανακύκλωση συσκευών Α.Ε. για την ανακύκλωση τους.

Τα καταστήματα μπορούσαν να δηλώσουν τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα έως τις 5 Ιουνίου 2009 και οι καταναλωτές να προμηθευτούν τις νέες τους κλιματιστικές συσκευές μέσω της δράσης «αλλάζω κλιματιστικό» από τις 10 Ιουνίου 2009 μέχρι και 9 Δεκεμβρίου 2009, χρονικό διάστημα έξι μηνών.

Πεδίο εφαρμογής ήταν όλη η Ελλάδα και υπήρχε η πρόβλεψη συγκεκριμένου πόσου της επιχορήγησης για κάθε περιφέρεια της χώρας. Σε περίπτωση που σε κάποια περιφέρεια το ποσό εξαντλούταν νωρίτερα από τη λήξη της δράσης, τότε θα ολοκληρωνόταν και η δράση για τη περιφέρεια αυτή. Λόγω της μεγάλης επιτυχίας που σημείωσε η συγκεκριμένη δράση έληξε τελικά αρκετά νωρίτερα από την αρχική ημερομηνία, στις 22 Αυγούστου του 2009.

Στην Εικόνα 19 που ακολουθεί παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής των βημάτων για την εφαρμογή της Δράσης «Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό».



Εικόνα 19: Διάγραμμα ροής Δράσης "Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό"

3.2.3.2 Αποτελέσματα

Η επιτυχία της εν λόγω δράσης ξεπέρασε κατά πολύ κάθε αρχική προσδοκία και διέψευσε τις όποιες αμφιβολίες υπήρχαν από διάφορους φορείς κατά την υλοποίηση της. Συνολικά αντικαταστάθηκαν και ανακυκλώθηκαν 132.939 μονάδες παλαιού τύπου κλιματιστικών, σχεδόν τα τριπλάσια του αρχικού στόχου που ήταν 45.000. Αντιστοίχως κινήθηκε και ο προϋπολογισμός ο οποίος από τα 15.000.000 € που ήταν αρχικά, ανήλθε στα 43.600.000€ προκειμένου να καλυφθεί αυτή η αυξημένη ζήτηση από τους καταναλωτές. Τη μερίδα του λέοντος του προγράμματος απέσπασε η Αττική με την εγκατάσταση συνολικά 68.334 νέων μονάδων κλιματισμού, με ποσοστό 51.4%. Στη κεντρική Μακεδονία εγκαταστάθηκαν 18.602 νέα κλιματιστικά, στη Στερεά Ελλάδα 7.554, στο νότιο Αιγαίο 2.750 , στη Δυτική Μακεδονία 690 και στις 8 υπόλοιπες περιφέρειες της χώρας (όπου υπάγεται και η περιφέρεια Κρήτης) 34.674 νέες μονάδες. Ο μέσος όρος των

πωλήσεων ανήλθε σε 2.267 μονάδες ανά ημέρα με τις πρώτες ημέρες εφαρμογής να είναι στις 4000 μονάδες ανά ημέρα όπου στη συνέχεια μειώθηκε περίπου στις 1550. Κατά τις δύο τελευταίες μέρες υλοποίησης της δράσης οι πωλήσεις ανά ημέρα ξανασκαρφάλωσαν περίπου στις 3200 μονάδες ανά ημέρα [18]. Στο αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί πως δυστυχώς δεν βρέθηκαν συγκεκριμένα αποτελέσματα για την περιφέρεια Κρήτης. Θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να παρατηρούσαμε τη διάσταση που πήρε η εν λόγω Δράση στο νησί της Κρήτης και την επίδραση που θα προκαλούσε στο ΣΗΕ Κρήτης.

Η μετάβαση αυτή σε οικονομικότερες μονάδες υψηλότερης ενεργειακής κλάσης και νεότερας τεχνολογίας εκτιμάται ότι προκάλεσε εξοικονόμηση ενέργειας 49.56 GWh/έτος, με αρχική εκτίμηση τις 16.96 GWh/έτος. Αντίστοιχα η εκπομπή CO₂ εκτιμάται ότι μειώθηκε κατά 43.61 χιλιάδες τόνους ανά έτος, με αρχική εκτίμηση τη μείωση τους κατά 14.9 χιλιάδες τόνους ανά έτος.

Στη μεγάλη επιτυχία της δράσης, σύμφωνα με το υπουργείο ανάπτυξης, συνέβαλε τόσο ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός της όσο και η κατάλληλη ενημέρωση των πολιτών μέσω της ιστοσελίδας της δράσης, του γραφείου αρωγής χρηστών και του ενημερωτικού υλικού που διανεμήθηκε στα καταστήματα πώλησης ηλεκτρικών συσκευών καθώς και η σχετική διαφήμιση και προβολή που έγινε στην αγορά. Ένας αριθμός 350.734 ατόμων επισκέφτηκαν τη σελίδα του προγράμματος ενώ το γραφείο αρωγής χρηστών ανταποκρίθηκε σε 24.628 ερωτήματα καταστημάτων και καταναλωτών.

Σε ότι αφορά τους καταναλωτές που ανταποκρίθηκαν στη δράση του ΥΠΑΝ και αντικατέστησαν το παλιό τους κλιματιστικό με ένα νεότερας τεχνολογίας και υψηλότερης ενεργειακής κλάσης, εκτιμάται ότι θα έχουν άμεσο κέρδος από το λογαριασμό της ΔΕΗ που σε ετήσια βάση θα αγγίζει το ποσό των 39-140 ευρώ ανάλογα από το μέγεθος της μονάδας και την κατανάλωση.

4 Σύστημα Ηλεκτρική Ενέργειας Κρήτης - Περιγραφή του προβλήματος

Σε αυτή τη θεματική ενότητα θα παρουσιαστούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία και χαρακτηριστικά του ΣΗΕ Κρήτης, προκειμένου να γίνουν αντιληπτοί οι λόγοι που εξετάζουμε το πώς η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από την πλευρά των καταναλωτών μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση του ηλεκτρικού δικτύου του νομού των Χανίων και κατά συνέπεια ολόκληρου του ΣΗΕ Κρήτης.

4.1 Εισαγωγή - Περιγραφή του νησιού και του προβλήματος

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο νησί στην Ελλάδα και το δεύτερο μεγαλύτερο νησί της ανατολικής Μεσογείου μετά την Κύπρο με συνολική έκταση 8.335 τετραγωνικά χιλιόμετρα, καλύπτοντας το 6.3% της συνολικής έκτασης της χώρας.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της τελευταίας απογραφής που πραγματοποιήθηκε το έτος 2011, ο πληθυσμός του νησιού ανέρχεται στους 621.340 κατοίκους με το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού να συγκεντρώνεται στις 5 μεγαλύτερες πόλεις του νησιού, στο Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Ιεράπετρα και Άγιο Νικόλαο. Πιο συγκεκριμένα η Κρήτη χωρίζεται σε 4 νομούς, το νομό Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου και Λασιθίου και στο Πίνακα 7 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο πληθυσμός που αντιστοιχεί σε κάθε νομό του νησιού.

Νομός	Πληθυσμός
Ηρακλείου	304.270
Χανίων	156.220
Ρεθύμνου	85.160
Λασιθίου	75.690

Πίνακας 7: Πληθυσμιακή κάλυψη Κρήτης

Είναι άξιο επίσης να σημειωθεί ότι η πόλη του Ηρακλείου βρίσκεται στη τέταρτη θέση, στη λίστα με τις μεγαλύτερες πόλεις σε πληθυσμό της Ελλάδος με πληθυσμό που αντιστοιχεί σε 173.450 κατοίκους.

Σύμφωνα επίσης με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων της τελευταίας απογραφής η Κρήτη είναι η μόνη περιφέρεια της Ελλάδος που παρουσίασε αύξηση στο πληθυσμό της σε αντίθεση με τις υπόλοιπες που παρουσίασαν μείωση ή σταθερότητα.

Η Κρήτη επίσης εμφανίζει πολύ έντονη τουριστική κίνηση κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Για να κατανοήσουμε το μέγεθός αυτής της κίνησης αρκεί να αναφέρουμε πως κατά το έτος 2006 επισκέφτηκαν πάνω από δύο εκατομμύρια τουρίστες το νησί και οι ναυλωμένες πτήσεις μόνο στον αερολιμένα του Ηρακλείου αντιστοιχούσαν στο 20% του συνόλου όλων των ναυλωμένων πτήσεων της χώρας. Από τα παραπάνω, όπως καταλαβαίνουμε. Ο πληθυσμός του νησιού υπερδιπλασιάζεται κατά τους θερινούς μήνες.

Οι δύο αυτοί παράγοντες που αναφέρθηκαν, η πληθυσμιακή εξέλιξη και η έντονη τουριστική κίνηση είναι από τους δυο σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση μιας περιοχής και έχουν ως αποτέλεσμα την συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας στο νησί και τη μεταβολή της αιχμής.

Από όλα τα στοιχεία που έχουν αναφερθεί σε αυτή τη παράγραφο μπορούμε να συνοψίσουμε στο ότι το ΣΗΕ της Κρήτης αποτελεί το μεγαλύτερο αυτόνομο νησιωτικό σύστημα της Χώρας μας με ιδιαίτερα μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις οι οποίες αυξάνονται συνεχώς και εντείνονται σε αρκετά μεγαλύτερο βαθμό κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα οικονομικά βεβαρυσμένο σύστημα που οφείλεται στη χρήση πετρελαϊκών μονάδων και στην έντονη διακύμανση της ζήτησης. Το κόστος αυτό επιβαρύνεται σε αρκετά μεγαλύτερο βαθμό από τη σημαντική παραγωγή ενέργειας από αεριοστροβλικές μονάδες κατά τη θερινή περίοδο προκειμένου να καλυφθεί η εποχιακά αυξανόμενη ζήτηση. Επίσης ως αυτόνομο σύστημα παρουσιάζονται συχνές διαταραχές στη συχνότητα και διακοπές καταναλωτών. Περισσότερα στοιχεία για το ΣΗΕ της Κρήτης, τις μονάδες παραγωγής και τη ζήτηση ενέργειας θα δοθούν στη συνέχεια του κεφαλαίου.

Είναι σημαντικό επίσης να αναφερθεί πως για την περίοδο μελέτης που αναφέρεται η συγκεκριμένη εργασία, το έτος 2001, παρουσιάστηκε μια ακόμη ιδιαιτερότητα στην οικονομική λειτουργία του ΣΗΕ του νησιού. Πιο συγκεκριμένα, έγινε επιτακτική η λειτουργία της πιο ακριβής μονάδας παραγωγής του ΣΗΕ, ο αεριοστρόβιλος 1 Χανίων, προκειμένου να αντιμετωπιστεί ορθά η αιχμή της ζήτησης του Μ/Σ-2 του Υ/Σ των Χανίων και να προστατευτεί από υπερφόρτιση. Αυτό το γεγονός είχε σαν αποτέλεσμα την αντικατάσταση παραγωγής ενέργειας από τις φθηνές μονάδες του συστήματος από την ακριβότερη μονάδα του συστήματος που οδήγησε στην έντονη αύξηση του κόστους παραγωγής ενέργειας.

Στη συνέχεια της εργασίας θα αναλυθούν οι συνθήκες ζήτησης του Υ/Σ των Χανίων για τις ώρες κατά τις οποίες λειτούργησε η εν λόγω μονάδα κατά το δεύτερο εξάμηνο του έτους 2001 και έπειτα θα εξεταστεί σε τι βαθμό θα μπορούσε η μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από την αντικατάσταση παλιών συσκευών κλιματισμού από σύγχρονες συσκευές, υψηλότερης ενεργειακής κλάσης, στις εμπορικές επιχειρήσεις του Νομού να βοηθήσει στον περιορισμό της ζήτησης του συγκεκριμένου Μ/Σ και έτσι να περιοριστεί η χρήση του αεριοστρόβιλου 1 Χανίων. Τα γενικά χαρακτηριστικά της προσέγγισης αυτής θα αναφερθούν στο κεφάλαιο αυτό ενώ στα κεφάλαια που ακολουθούν θα γίνει η περιγραφή της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε καθώς και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

4.2 Πληροφορίες για το ΣΗΕ Κρήτης

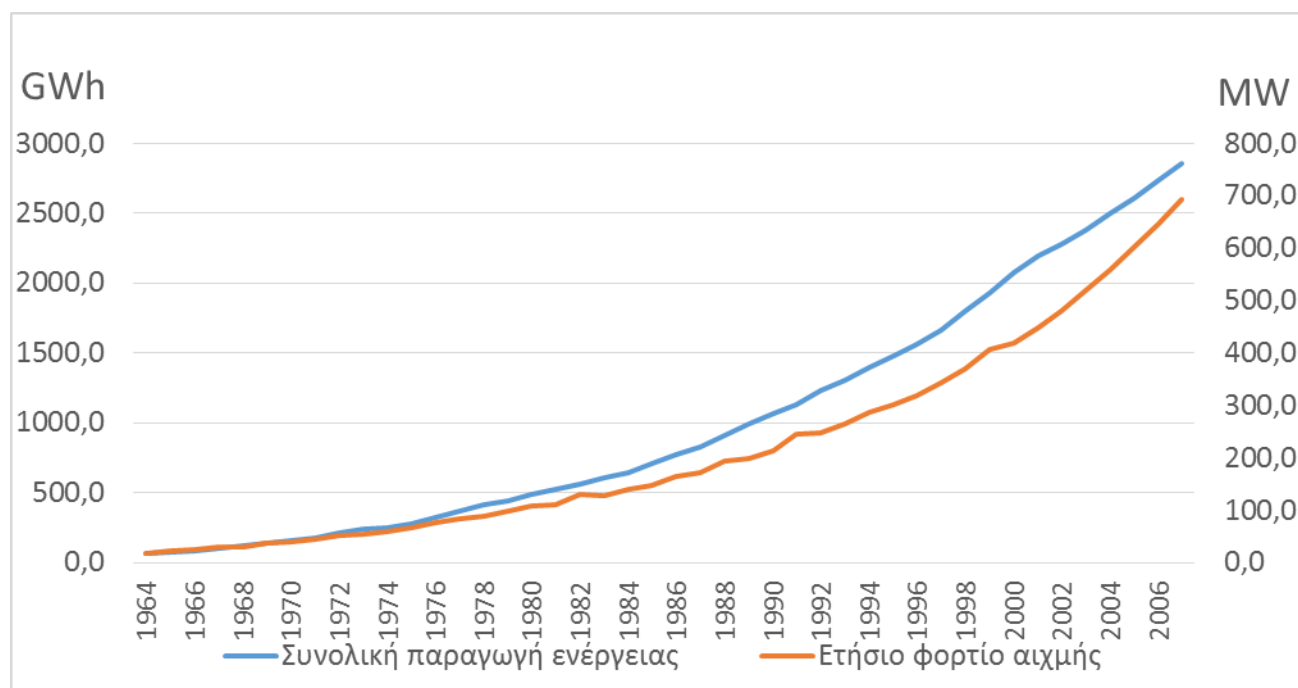
4.2.1 Ιστορικά στοιχεία

Το ΣΗΕ της Κρήτης έχει παρουσιάσει σημαντικές εξελίξεις ιδιαίτερα κατά τις τελευταίες δεκαετίες πράγμα που οφείλεται στους ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης του νησιού σε αυτές τις δεκαετίες και στις νέες ενεργειακές απαιτήσεις που προκλήθηκαν. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε πως η παραγωγή το έτος 1975 ήταν μόλις 280 GWh ενώ αυτή τη στιγμή έχει ξεπεράσει τις 3 TWh.

Ο πρώτος ατμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής κατασκευάστηκε στα Λινοπεράματα Ηρακλείου και λειτουργεί από το 1965 και στη συνέχεια ακολούθησε ο σταθμός στη Ξυλοκαμάρα Χανίων. Έπειτα άρχισαν να λειτουργούν και άλλοι μικροί τοπικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και σε υπόλοιπες περιοχές του νησιού. Το έτος 1979 οι γραμμές υψηλής τάσης αλλάχθηκαν σε γραμμές 150kV από 66 kV που ήταν από το έτος 1966 (όταν είχαν αντικαταστήσει τις γραμμές 15kV) γεγονός που βελτίωσε σε μεγάλο βαθμό το ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού.

Διαχειριστής του συστήματος είναι η ΔΕΗ και ο έλεγχος λειτουργίας του συστήματος βασίζεται στο On-line σύστημα Scada το οποίο είναι εγκατεστημένο στο κέντρο διανομής του Κατσαμπά στο Ηράκλειο από το έτος 1993.

Στην Εικόνα 20 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και του φορτίου αιχμής του ΣΗΕ Κρήτης στη πάροδο του χρόνου για τα έτη 1964-2008.



Εικόνα 20: Εξέλιξη παραγωγής ενέργειας - Φορτίου αιχμής

Χαρακτηριστικό είναι ότι η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του ΣΗΕ Κρήτης αυξήθηκε κατά 84% μέσα στη δεκαετία 1998-2008, ενώ στην περίοδο 1988-2008 παρατηρείται αύξηση 235% γεγονός που επιβεβαιώνει τις σημαντικές ενεργειακές απαιτήσεις που είχαμε αναφέρει ότι παρατηρήθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες.

Τέλος αξίζει να αναφέρουμε πώς η αιολική ενέργεια άρχισε να αξιοποιείται για πρώτη φορά στο νησί στις αρχές του έτους 1990. Ήταν ένα ιδιαίτερο ενθαρρυντικό γεγονός, που βοήθησε στη βελτίωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού και ενισχύθηκε από το υψηλό αιολικό δυναμικό του νησιού αλλά και από τα Ευρωπαϊκά προγράμματα στήριξης των ΑΠΕ καθώς και από την απελευθέρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μέχρι τότε κατείχε το μονοπώλιο η ΔΕΗ.

4.2.2 Γενικά χαρακτηριστικά του ΣΗΕ Κρήτης

Όπως έχει προαναφερθεί το ΣΗΕ Κρήτης είναι το μεγαλύτερο αυτόνομο σύστημα στην Ελλάδα πράγμα που συνεπάγεται πως πρέπει να εξασφαλίζει την αυτονομία του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια ανά πάσα στιγμή και να καλύπτει την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση ειδικά τους θερινούς μήνες. Τα σημαντικότερα προβλήματα που προκύπτουν από το παραπάνω γεγονός είναι ποίκιλα με τα σημαντικότερα από αυτά να είναι:

- Υψηλό κόστος παραγωγής εξαιτίας της χρήσης συμβατικών-ακριβών μονάδων που χρησιμοποιούνται για μόνο λίγες ώρες προκειμένου να καλύψουν περιπτώσεις θερινής αιχμής ή κίνδυνοι υπερφορτίσεων.
- Μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από ντίζελ και μαζούτ και ταυτόχρονη μεγαλύτερο κόστος αυτών σε σχέση με την ηπειρωτική Ελλάδα.

Για την αντιμετώπιση των δύο αυτών παραπάνω εξαιρετικά σοβαρών προβλημάτων κρίνεται απαραίτητο να υιοθετηθούν ένα σύνολο μέτρων με τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

- Στροφή στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες παραγωγής ΑΠΕ. Ιδιαίτερα για την εκμετάλλευση της ηλιακής και αιολικής ενέργειας η Κρήτη έχει εξαιρετικά ευνοϊκές συνθήκες λόγω της γεωγραφικής της θέσης.
- Περιορισμός της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τους καταναλωτές με τη χρήση αποδοτικότερων ενεργειακών συσκευών χωρίς ταυτόχρονα να μειώνεται και το βιοτικό επίπεδο. Χαρακτηριστικό δείγμα αυτών των συσκευών είναι οι μονάδες κλιματισμού οι οποίες είναι συσκευές με ιδιαίτερη υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και η χρήση τους γίνεται κυρίως τους θερινούς μήνες, τη περίοδο δηλαδή που εντείνονται τα προαναφερθέντα προβλήματα.

Πιο συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά τα οποία διαθέτει το αυτόνομο ΣΗΕ Κρήτης είναι:

- Τρεις Ατμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Ένα σύνολο 27 συμβατικών μονάδων παραγωγής εγκατεστημένων σε διάφορες περιοχές του νησιού

- Ένα μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό παραγωγής.
- 17 υποσταθμούς υψηλής τάσης
- Δίκτυο γραμμών υψηλής τάσης 150 kV και 66kV καθώς και μέσης τάσης 20kV.
- Κέντρο κατανομής φορτίου (Scada)
- Αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα

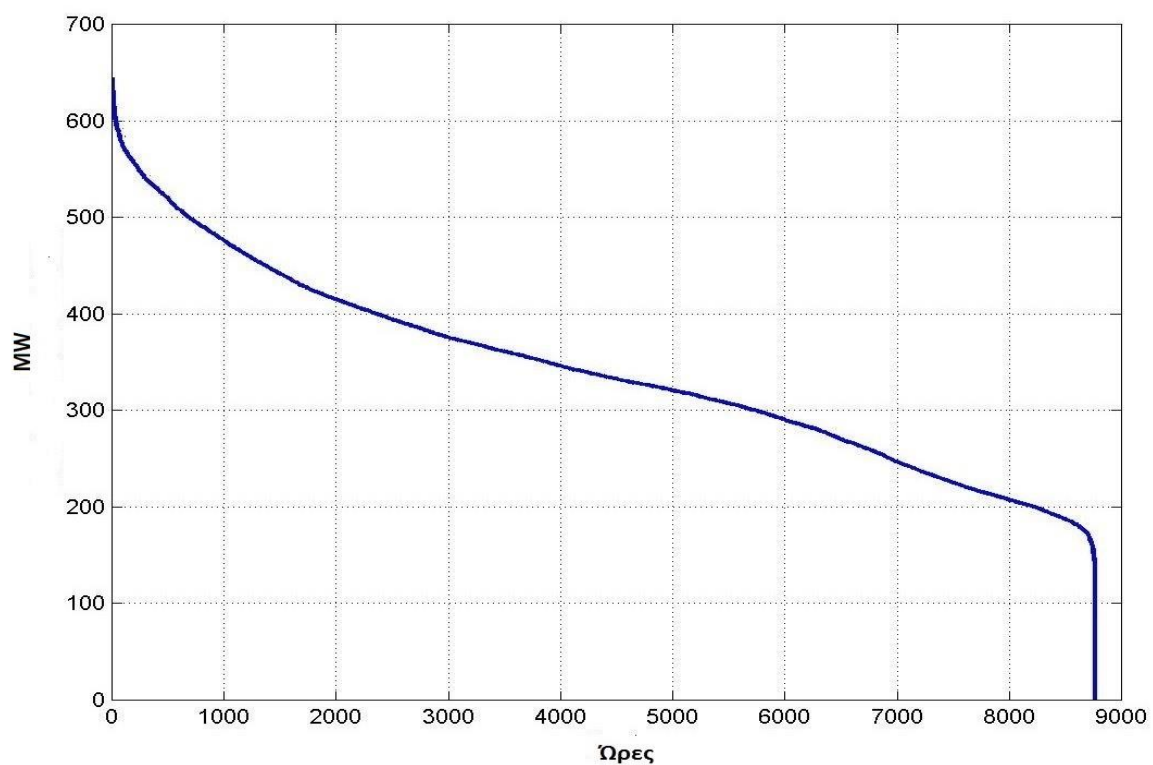
Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί παρατηρούμε σημαντικές διαφορές από τις οποίες χαρακτηρίζεται το ΣΗΕ Κρήτης συγκρίνοντας τη σημερινή του κατάσταση ως προς τα χαρακτηριστικά τα οποία διαθέτει σε σχέση με το έτος αναφοράς της εργασίας 2001.

	Σημερινή Κατάσταση	Έτος Αναφοράς 2001
Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί Παραγωγής	3	2
Συμβατικές Μονάδες παραγωγής	27	20
Υδροηλεκτρικός Σταθμός Παραγωγής	1	1
Υ/Σ Υψηλής Τάσης	17	12
Αιολικά πάρκα	185.16 (MW)	67.4 (MW)
Φωτοβολταϊκά Πάρκα	78.30 (MW)	0.25 (MW)

Πίνακας 8: Διαφορές ΣΗΕ Κρήτης έτος αναφοράς 2001 με τη σημερινή κατάσταση

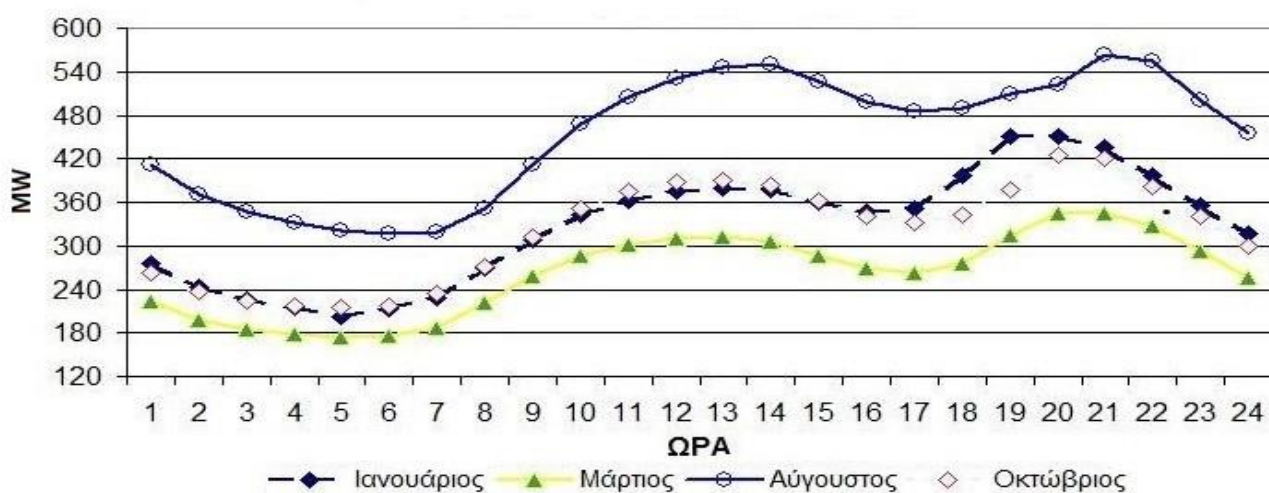
4.2.3 Πληροφορίες σχετικά με τη ζήτηση φορτίου

Στην Εικόνα 21 που ακολουθεί παρουσιάζεται η καμπύλη διάρκειας φορτίου για το έτος 2008 με συνολική ωφέλιμη παραγωγή ενέργειας ίση με 3.01 TWh. Αξίζει να σημειωθεί πως οι ώρες αιχμής παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια των μηνών Ιουλίου και Αυγούστου.



Εικόνα 21: Καμπύλης διάρκειας φορτίου έτους 2008

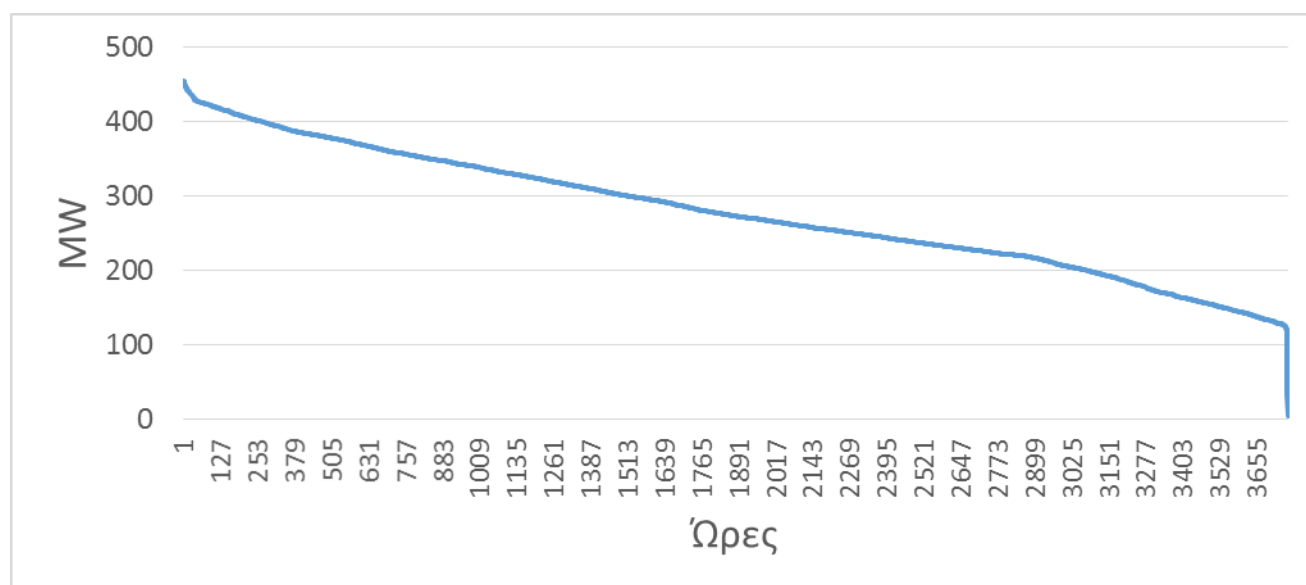
Ακολουθεί η γραφική παράσταση στην Εικόνα 22 όπου μας παρουσιάζονται οι τυπικές καμπύλες ζήτησης για κάθε εποχή του έτους κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 22: Τυπική καμπύλη ζήτησης συστήματος

Η παραπάνω εικόνα κάνει πλέον ξεκάθαρη τη μεγάλη διαφορά στη ζήτηση μεταξύ της θερινής περιόδου και των υπολοίπων εποχών του έτους. Επίσης μία αξιόλογη παρατήρηση που προκύπτει από το ίδιο γράφημα είναι ότι ανεξάρτητα από την εποχική περίοδο οι ώρες υψηλής ζήτησης ισχύος από τους καταναλωτές παραμένουν οι ίδιες. Οι ώρες αυτές πρόκειται για τα χρονικά διαστήματα 09:00-15:00 και 18:00-22:00. Αξίζει να σημειωθεί πως οι ώρες αυτές συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με το ωράριο λειτουργίας του εμπορικού τομέα

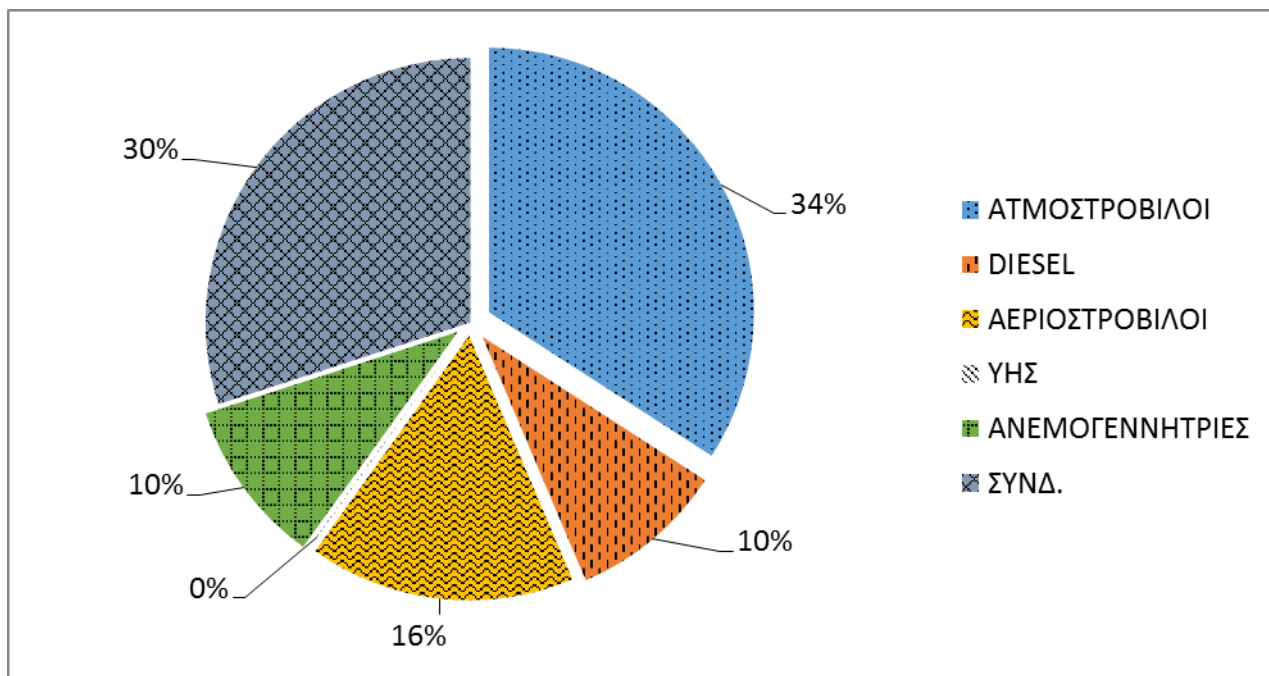
Κρίνεται απαραίτητο να παρουσιαστεί στην Εικόνα 23 και η καμπύλη διάρκειας φορτίου για το δεύτερο εξάμηνο του 2001 που είναι και η περίοδος που θα επικεντρωθούμε στην εργασία αυτή.



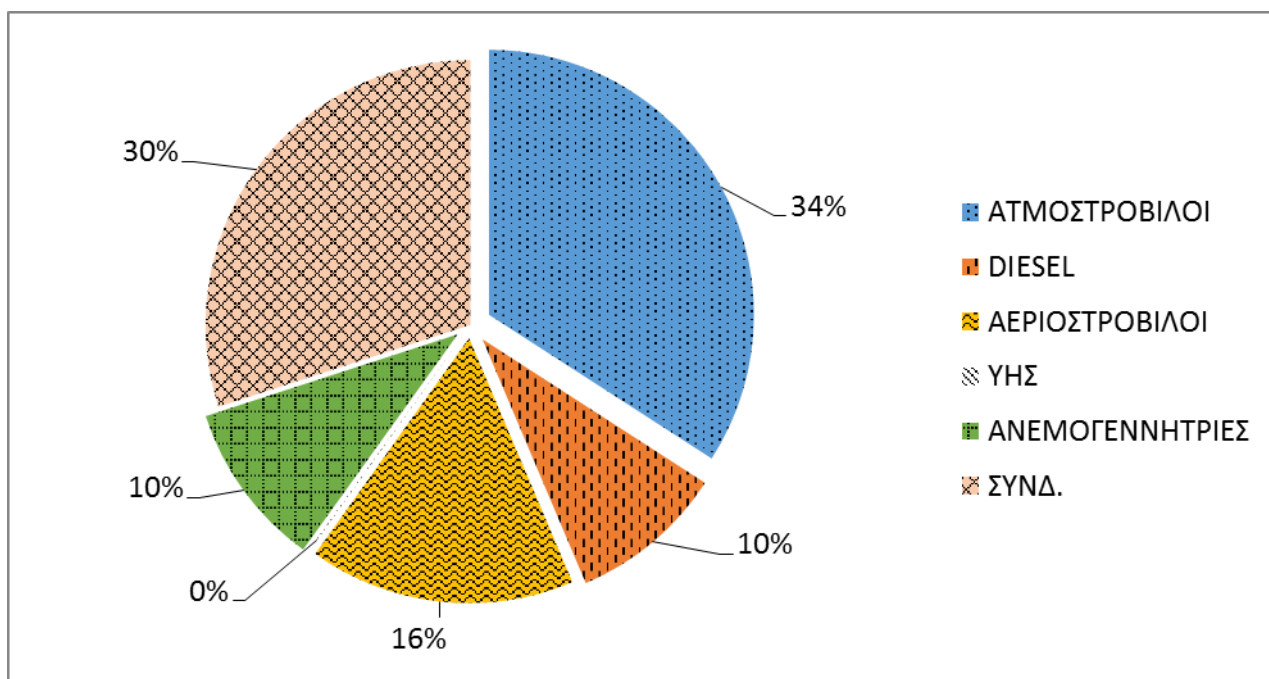
Εικόνα 23: Καμπύλη διάρκειας- δεύτερο εξάμηνο 2001

Πιο συγκεκριμένα, κατά το έτος 2001 το οποίο θα εξετάσουμε και στα πλαίσια αυτής της εργασίας, η στιγμιαία αιχμή του φορτίου ήταν 471.4 MW και η καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος ήταν 2.191.577,6 MWh. Η αιχμή του φορτίου σημειώθηκε στις 30 Αυγούστου 2001, στις 20:00, ημέρα Πέμπτη και είναι άξιο αναφοράς επειδή πρόκειται για χρονική στιγμή κατά την οποία ήταν σε λειτουργία ο εμπορικός τομέας του Νομού. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό επειδή η χρονική στιγμή αυτή συμπεριλαμβάνεται στο σενάριο που θα υλοποιηθεί στην εργασία αυτή και θα επεξηγηθεί στο επόμενο κεφάλαιο που ακολουθεί. Άξιο αναφοράς είναι ότι η ετήσια αύξηση αιχμής κυμαίνεται στο 8% ενώ η ετήσια αύξηση ενέργειας στο 4-5%. Το γεγονός αυτό όπως καταλαβαίνουμε επιβαρύνει ακόμα περισσότερο την ανάγκη να υπάρχουν διαθέσιμες ακριβές-ευέλικτες μονάδες για να καλύψουν τις έντονες εποχιακές ανάγκες.

Ενδιαφέρον έχουν τα επόμενα γραφήματα της Εικόνα 24 και της Εικόνα 25 που μας παρουσιάζουν τα ποσοστά συμμετοχής του κάθε τύπου μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο ΣΗΕ Κρήτης για το έτος 2001 καθώς και την ποσοστιαία εγκατεστημένη ισχύ ανά τύπο μονάδας στο Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας Κρήτης αντίστοιχα.



Εικόνα 24: Ποσοστά συμμετοχής παραγωγής ανά τύπο μονάδας



Εικόνα 25: Ποσοστό εγκατεστημένης ισχύος ανά τύπο μονάδας

4.2.4 Στοιχεία για τις Θερμικές Μονάδες

Το ΣΗΕ Κρήτης διαθέτει αυτή τη στιγμή 3 θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίοι βρίσκονται στα Χανιά, στα Λινοπεράματα και στον

Αθερινόλακο και καταναλώνουν παράγωγα πετρελαίου. Ένα ακόμα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ΣΗΕ Κρήτης είναι η ποικιλομορφία που παρουσιάζεται στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Προκειμένου να καλυφτούν οι σύνθετες ανάγκες του νησιού για ηλεκτρική ενέργεια έχει εγκατασταθεί στο νησί ένα πλήθος μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που αποτελούνται από:

- Ατμοστροβλικές μονάδες
- Μηχανές εσωτερικής καύσης
- Μονάδα συνδυασμένου κύκλου
- Αεριοστροβλικές μονάδες

Στο Πίνακα 9 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στοιχεία σχετικά με τις μονάδες για κάθε σταθμό παραγωγής που ήταν εγκατεστημένες το έτος 2014.

Σταθμός Παραγωγής	Αεριοστρόβιλοι	Μ.Ε.Κ.	Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου	Ατμοστρόβιλοι	Συνολική Εγκατεστημένη ισχύς (MW)
Λινοπεράματα	5	4	-	6	265
Χανίων	6	-	1	-	348
Αθερινόλακου	-	2	-	2	190

Πίνακας 9: Σταθμοί παραγωγής ΣΗΕ Κρήτης 2014

Όπως καταλαβαίνουμε ο συνδυασμός όλων αυτών των διαφορετικών τύπων μονάδων σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες ιδιαιτερότητες του συστήματος και σε συνδυασμό με τη χρήση ΑΠΕ καθιστούν το ΣΗΕ Κρήτης ένα ιδανικό σύστημα προς μελέτη.

Όσον αφορά την περίοδο μελέτης της εργασίας αυτής, το έτος 2001, ο σταθμός του Αθερινόλακου δεν υπήρχε και το δυναμικό των υπολοίπων σταθμών ήταν μικρότερο. Στον Πίνακα 10 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα στοιχεία σχετικά με τις μονάδες για κάθε σταθμό παραγωγής που ήταν εγκατεστημένες το έτος 2001 και στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται αναλυτικά οι μονάδες που λειτούργησαν τη περίοδο που θα εξετάσουμε καθώς και τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.

Σταθμός Παραγωγής	Αεριοστρόβιλοι	Μ.Ε.Κ.	Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου	Ατμοστρόβιλοι	Συνολική Εγκατεστημένη ισχύς (MW)
Λινοπεράματα	3	4	-	6	223
Χανίων	5	-	1	-	320

Πίνακας 10: Σταθμοί παραγωγής ΣΗΕ Κρήτης 2001

	Ονομαστική Ισχύς (MW)	Καθαρή ισχύς (MW)	Ισχύς Θέρους (MW)	Τεχνικό Ελάχιστο (MW)
ΑΗΣ Λινοπεραμάτων				
ATM 1	6	6	6	4
ATM 2	14	14	13	8
ATM 3	14	14	13	8
ATM 4	24	24	23	18
ATM 5	24	24	23	18
ATM 6	24	24	23	18
DIESEL 1	11	11	11	3
DIESEL 2	11	11	11	3
DIESEL 3	11	11	11	6
DIESEL 4	11	11	11	3
AEP 1	15	15	13	3
AEP 2	15	15	13	3
AEP 3	43	43	41	5
ΑΗΣ Χανίων				
AEP 1	16	14	11	3
AEP 4	24	20	19	3
AEP 5	30	28	27	5
AEP 11	59	58	54	10
AEP 12	59	58	54	10
Συνδυασμένος Κύκλος	132	126	112	35
	543	527	489	166

Πίνακας 11: Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδων ΣΗΕ Κρήτης - έτος 2001

Ακολουθούν εκτενέστερες πληροφορίες για τον κάθε τύπο μονάδας και για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκατεστημένων μονάδων του ΣΗΕ Κρήτης για το έτος 2001.

4.2.4.1 Ατμοστρόβιλοι

Οι Ατμοστρόβιλοι, συνολικά έξι στον αριθμό είναι εγκατεστημένοι όλοι στην περιοχή των Λινοπεραμάτων στο Ηράκλειο με συνολική εγκαταστημένη ισχύ στα 105 MW. Πρόκειται για τις φθηνότερες μονάδες παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικού ρεύματος, αξιόπιστες, με πολύ μικρή ευελιξία στη μεταβολή του παραγόμενου φορτίου, χρειάζονται μέρες για την εκκίνηση τους και έχουν ακριβό κόστος εγκατάστασης. Για όλους τους παραπάνω λόγους είναι οι ιδανικές μονάδες βάσης γεγονός που επιβεβαιώνεται από τις ετήσιες ώρες λειτουργίας τους. Ακολουθεί ο Πίνακας 12 που παρουσιάζει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων καθώς και των ωρών λειτουργίας τους.

Μονάδα Παραγωγής	Εγκατεστημένη Ισχύς(MW)	Μέγιστο Φορτίο Μ.Ω Καθαρό(MW)	Ώρες Λειτουργίας
------------------	-------------------------	-------------------------------	------------------

ATM1	6.2	5.9	8.088
ATM2	15	14.1	8.088
ATM3	15	14.5	7.685
ATM4	25	24.6	7.480
ATM5	25	23.4	7.840
ATM6	25	22.5	7.780
Σύνολο	111.2	105	

Πίνακας 12: Στοιχεία Ατμοστροβίλων - έτος 2001

Ο παραπάνω πίνακας επαληθεύει την υπόθεση ότι οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούνται ως μονάδες βάσης μιας και είναι σε λειτουργία από 85% -93% ετήσιος. Οι υπόλοιπες ώρες που υπολείπονται δικαιολογούνται συντηρήσεις ή τεχνικές βλάβες των ατμοστροβίλων. Ακολουθεί ο Πίνακας 13 που μας δείχνει τη διαθεσιμότητα των εν λόγω μονάδων.

Μονάδα Παραγωγής	Μη διαθεσιμότητα λόγω		Διαθεσιμότητα
	Ανωμαλιών	Συντήρησης	
ATM1	0.22%	7.57%	92.21%
ATM2	0.97%	6.90%	92.13%
ATM3	2.07%	10.58%	87.35%
ATM4	6.12%	8.54%	85.34%
ATM5	0.89%	9.64%	89.48%
ATM6	0.83%	10.39%	88.77%

Πίνακας 13: Διαθεσιμότητα ατμοστροβίλων έτος 2001

Όπως είδαμε στο γράφημα της Εικόνα 24 οι ατμοστροβίλοι κάλυψαν το 34% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικού φορτίου για το έτος 2001. Στον Πίνακα 14 που ακολουθεί παρουσιάζεται το ποσοστό παραγωγής κάθε μονάδας σε σχέση με τη συνολική παραγωγή.

Μονάδα Παραγωγής	Παραγωγή ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh)	Ποσοστό από παραγωγή ατμοστροβίλων	Ποσοστό επί της συνολικής παραγωγής
ATM1	45309.60	6.1%	2.07%
ATM2 και ATM3	200954.65	26.8%	9.17%
ATM4	165657.48	22.2%	7.56%
ATM5	171270.28	22.9%	7.81%
ATM6	164899.28	22.0%	7.52%
Σύνολο	748091.29	100%	34.13%

Πίνακας 14: Παραγωγή ατμοστροβίλων και ποσοστά συμμετοχής

4.2.4.2 Μηχανές Εσωτερικής Καύσης

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης (Diesel) βρίσκονται επίσης στο σύνολο τους στο σταθμό των Λινοπεραμάτων. Πρόκειται για 4 μηχανές συνολικής εγκατεστημένης ισχύος των 49.2 MW. Τα πλεονεκτήματά τους σε σχέση με τους ατμοστρόβιλους είναι τα εξής:

- Είναι ελαφρότερες για την απόδοση ίδιας ισχύος.
- Μπαίνουν σε λειτουργία και φορτίζονται αμέσως.
- Δεν έχουν πολύπλοκες εγκαταστάσεις.
- Έχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης σε μικρές-μέσες ισχύς(ως 5 MW).
- Χρειάζονται λιγότερο χώρο για τις εγκαταστάσεις τους.
- Λειτουργούν με λιγότερο προσωπικό.

Τα μεγαλύτερα τους μειονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- Ανάγκη συχνής συντήρησης από ειδικευμένο προσωπικό (περίπου κάθε 3000 ώρες).
- Παθαίνουν συχνά βλάβες.
- Μεγάλα επίπεδα θορύβου.
- Επιβάρυνση του περιβάλλοντος με NOx.

Στο παρακάτω Πίνακας 15 μας παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς καθώς και οι ώρες λειτουργίας των ΜΕΚ του ΣΗΕ Κρήτης και στη συνέχεια στον Πίνακας 16 μπορούμε να παρατηρήσουμε τη διαθεσιμότητα των μονάδων αυτών.

Μονάδα Παραγωγής	Εγκατεστημένη Ισχύς	Μέγιστο Φορτίο Μ.Ω Καθαρό	Ώρες Λειτουργίας
Diesel 1	12.3	11.6	5.061
Diesel 2	12.3	10.9	4.498
Diesel 3	12.3	11.0	4.243
Diesel 4	12.3	11.2	7.105
Σύνολο	49.2	44.7	

Πίνακας 15: Μηχανές εσωτερικής καύσης ΣΗΕ 2001

Μονάδα Παραγωγής	Μη διαθεσιμότητα λόγω		Διαθεσιμότητα
	Ανωμαλιών	Συντήρησης	
Diesel 1	39.57%	0.88%	59.55%
Diesel 2	64.11%	0.59%	35.30%
Diesel 3	46.96%	3.52%	49.52%
Diesel 4	3.98%	9.00%	87.01%

Πίνακας 16: Διαθεσιμότητα Μ.Ε.Κ.

Συνεχίζουμε με τον Πίνακας 17 που παρουσιάζει τη παραγωγή ηλεκτρικής από τις μηχανές εσωτερικής καύσης και τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής.

Μονάδα Παραγωγής	Παραγωγή ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh)	Ποσοστό από παραγωγή Μ.Ε.Κ.	Ποσοστό επί της συνολικής παραγωγής
Diesel 1	50123.70	24.05%	2.29%
Diesel 2	44983.17	21.59%	2.05%
Diesel 3	42271.58	20.29%	1.93%
Diesel 4	70978.76	34.07%	3.24%
Σύνολο	208357.21	100%	9.51%

Πίνακας 17: Παραγωγή Μ.Ε.Κ. και ποσοστά συμμετοχής

4.2.4.3 Αεριοστρόβιλοι

Το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ζήτησης του νησιού, όπως είδαμε και από την Εικόνα 24, καλύπτεται από τους αεριοστρόβιλους. Για αυτό το λόγο υπάρχει ένα πλήθος μονάδων, δώδεκα στον αριθμό, εκ των οποίων οι τέσσερις είναι εγκαταστημένες στη περιοχή των Λινοπεραμάτων στο Ηράκλειο ενώ οι υπόλοιπες οχτώ είναι εγκατεστημένες στο νομό Χανίων. Να σημειώσουμε ότι οι τρεις από τις οχτώ μονάδες των Χανίων αποτελούν τον συνδυασμένο κύκλο παραγωγής και η μία από αυτές είναι ατμοστρόβιλος.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των αεριοστρόβιλων, τα οποία δικαιολογούν και την εκτεταμένη χρήση τους στην Κρήτη είναι τα εξής:

- Απλές μηχανές με αποτέλεσμα να χρειάζεται λιγότερο ειδικευμένο προσωπικό.
- Απλούστερη συντήρηση σε σχέση με τις ΜΕΚ και ατμοστρόβιλους.
- Ξεκινούν πολύ εύκολα και φτάνουν γρήγορα στη πλήρη φόρτιση πράγμα που τις καθιστά ιδανικές μονάδες για να εξυπηρετήσουν αιχμές φορτίου.
- Χαμηλές πιέσεις λειτουργίας.

Το κόστος όμως για τα παραπάνω εξαιρετικά χρήσιμα χαρακτηριστικά αυτών των μονάδων παραγωγής είναι τα καύσιμα τους είναι πολύ ακριβά και ότι έχουν μικρό βαθμό απόδοσης.

Ακολουθεί ο Πίνακας 18 που παρουσιάζονται τα στοιχεία σχετικά με την ικανότητα παραγωγής και την χρήση των εν λόγω μονάδων καθώς και ο Πίνακας 19 με την διαθεσιμότητα των μονάδων τύπου αεριοστρόβιλου για το έτος 2001.

Μονάδα Παραγωγής	Εγκατεστημένη Ισχύς	Μέγιστο Φορτίο Μ.Ω Καθαρό	Ώρες Λειτουργίας
ΑΕΡ. 1&4 ΛΙΝ.	16.2	15.2	2.529
ΑΕΡ. 2&3 ΛΙΝ.	16.2	15.2	1.920

ΑΕΡ. 1 ΧΑΝ.	16.2	13.0	434
ΑΕΡ. 4 ΧΑΝ.	24.0	18.9	984
ΑΕΡ. 5 ΧΑΝ.	30.0	29.1	1.302
ΑΕΡ. 6 ΧΑΝ.	45.5	43.6	8.415
ΑΕΡ. 7 ΧΑΝ.	45.5	40.2	7.350
ΑΤΜ. 1 ΧΑΝ.	42.4	39.9	7.838
ΑΕΡ. 11 ΧΑΝ.	59.0	58.0	4.562
ΑΕΡ. 12 ΧΑΝ.	59.0	58.0	3.646
Σύνολο	354	331	

Πίνακας 18: Αεριοστρόβιλοι ΣΗΕ Κρήτης 2001

Μονάδα Παραγωγής	Μη διαθεσιμότητα λόγω			Διαθεσιμότητα
	Ανωμαλιών	Συντήρησης	Μη Επίτευξης Ονομαστικού Φορτίου	
ΑΕΡ. 1&4 ΛΙΝ.	1.15%	12.50%	3.79%	82.56%
ΑΕΡ. 2&3 ΛΙΝ.	18.45%	8.77%	3.75%	69.03%
ΑΕΡ. 1 ΧΑΝ.	0.91%	8.20%	12.24%	78.65%
ΑΕΡ. 4 ΧΑΝ.	9.31%	9.31%	15.81%	67.06%
ΑΕΡ. 5 ΧΑΝ.	0.15%	11.11%	3.74%	85.00%
ΑΕΡ. 6 ΧΑΝ.	1.70%	11.11%	11.56%	75.63%
ΑΕΡ. 7 ΧΑΝ.	3.21%	4.76%	9.91%	82.12%
ΑΤΜ. 1 ΧΑΝ.	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
ΑΕΡ. 11 ΧΑΝ.	5.26%	8.20%	5.24%	81.31%
ΑΕΡ. 12 ΧΑΝ.	0.56%	16.74%	1.91%	80.80%

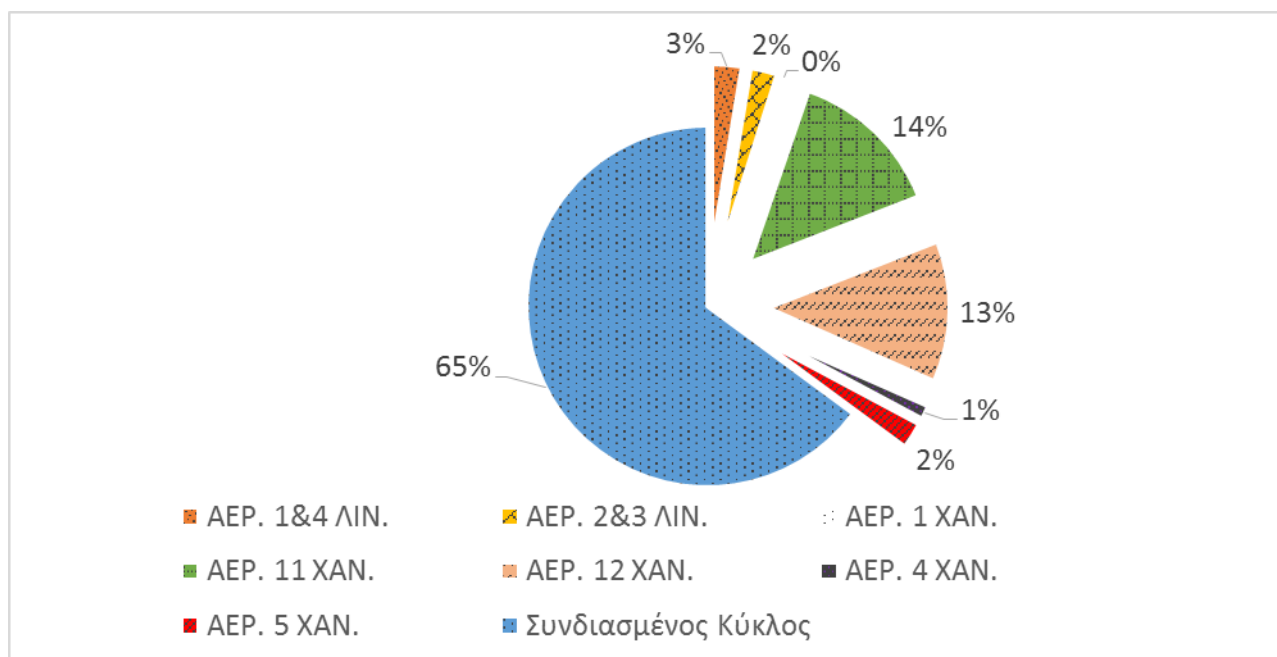
Πίνακας 19: Διαθεσιμότητα Αεριοστρόβιλων

Ακολουθεί ο Πίνακας 20 που παρουσιάζει τη παραγωγή ηλεκτρικής από τις μονάδες τύπου αεριοστροβίλου και τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Μονάδα Παραγωγής	Παραγωγή ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh)	Ποσοστό από παραγωγή αεριοστρόβιλων	Ποσοστό επί της συνολικής παραγωγής
ΑΕΡ. 1&4 ΛΙΝ.	26250.10	2.59%	1.20%
ΑΕΡ. 2&3 ΛΙΝ.	23607.40	2.33%	1.08%
ΑΕΡ. 1 ΧΑΝ.	3711.30	0.37%	0.17%
ΑΕΡ. 11 ΧΑΝ.	139779.31	13.79%	6.38%
ΑΕΡ. 12 ΧΑΝ.	127258.36	12.55%	5.81%
ΑΕΡ. 4 ΧΑΝ.	11979.40	1.18%	0.55%
ΑΕΡ. 5 ΧΑΝ.	23305.60	2.29%	1.06%
ΑΕΡ. 6 ΧΑΝ.	228192.00	22.51%	10.41%
ΑΕΡ. 7 ΧΑΝ.	204582.90	20.18%	9.34%
ΑΤΜ 1 ΧΑΝ.	225171.00	22.21%	10.28%
Σύνολο	1013837.37	100%	46.28%

Πίνακας 20: Παραγωγή αεριοστρόβιλων και ποσοστά συμμετοχής

Όπως έχουμε αναπτύξει οι μονάδες ΑΕΡ7ΧΑΝ, ΑΕΡ7ΧΑΝ και ΑΤΜ1ΧΑΝ αποτελούν το συνδυασμένο κύκλο του Υ/Σ Χανίων και παρατηρώντας τον Πίνακα 20 βλέπουμε ότι παρήγαγε 657945.9 MWh ηλεκτρικής ενέργειας που αντιστοιχεί στο 64.9% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράχθηκε από μονάδες της κατηγορίας αεριοστρόβιλων. Ακολουθεί η γραφική απεικόνιση της συμμετοχής στην παραγωγή των μονάδων αεριοστρόβιλων ανά μονάδα παραγωγής στην Εικόνα 26.



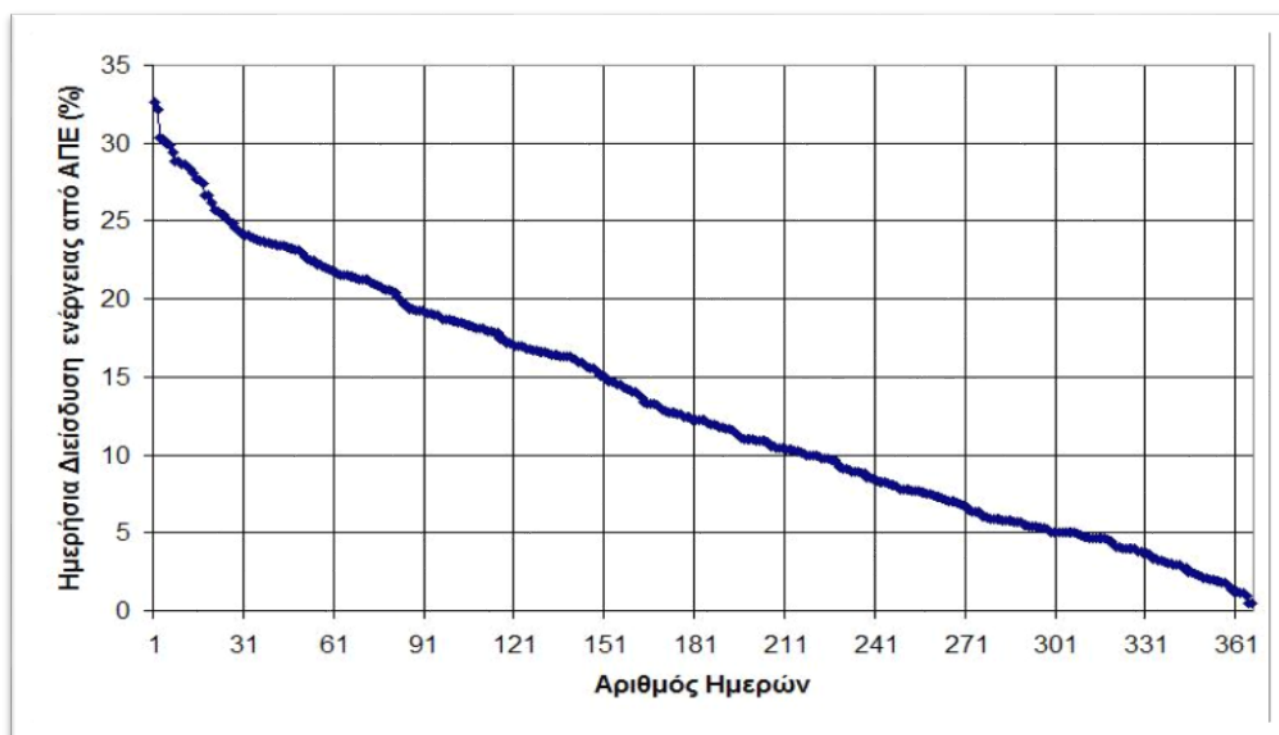
Εικόνα 26 : Ποσοστιαία παραγωγή ανά μονάδα αεριοστρόβιλου προς το σύνολο της αεριοστρόβιλικής παραγωγής

4.2.5 Στοιχεία για τις μονάδες ΑΠΕ

Τη σημερινή εποχή πλέον η εγκατεστημένη ισχύ από μονάδες παραγωγής ΑΠΕ κατέχει ένα σημαντικό ποσοστό από τη συνολική παραγωγή. Στον Πίνακα 21 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εγκατεστημένη ισχύς ανά τύπου μονάδας και στη συνέχεια ακολουθεί μια αντιπροσωπευτική καμπύλη διάρκειάς της ημερήσιας διείσδυσης των ΑΠΕ στο ΣΗΕ Κρήτης στην Εικόνα 27 [19]¹⁹.

Αιολικά Πάρκα (MW)	Μικρά Υδροηλεκτρικά (MW)	Βιοαέριο - Βιομάζα (MW)	Φ/Β (MW)	Σύνολο (MW)
185.16	0.3	0.4	78.30	264.56

Πίνακας 21: Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΠΕ ΣΗΕ Κρήτης



Εικόνα 27: Ενδεικτική ημερήσιας καμπύλης διάρκειας διείσδυσης ΑΠΕ

Κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου, έτος 2001, δυστυχώς δεν υπήρχε αντίστοιχο ικανοποιητικό ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ στο ΣΗΕ Κρήτης. Στο Πίνακα 22 που ακολουθεί φαίνεται οι εγκατεστημένες ισχύς των μονάδων ΑΠΕ για το έτος 2001.

Αιολικά (MW)	Μικρά Υδροηλεκτρικά (MW)	Φ/Β (MW)	Σύνολο (MW)
67,4	0,6	0,25	68,25

Πίνακας 22: Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΠΕ ΣΗΕ Κρήτης 2001

Άξιο παρατήρησης είναι ότι σχεδόν όλο το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος προερχόταν αποκλειστικά από τα αιολικά πάρκα. Αξίζει επίσης να ειπωθεί πως είναι εμφανές ότι τα φωτοβολταϊκά δεν ήταν εξίσου διαδεδομένα την τότε εποχή με αποτέλεσμα και το μικρό ποσοστό διείσδυσης τους. Ακολουθεί ο Πίνακας 23 που παρουσιάζει τα αιολικά πάρκα που ήταν σε λειτουργία κατά το έτος 2001.

Ονομασία Πάρκου	Ισχύς (MW)
ΔΕΗ - Τοπλού	6.6
ΟΑΣ	0,5
ΡΟΚΑΣ	10,2
ΙWECO	4,95
ΑΙΟΛΟΣ	9,9
ΑΧΛΑΔΙΑ	10
ΑΝΕΜΟΕΣΣΑ	5
ΚΡΙΑ	10
ΔΕΗ - Ξηρολίμνη	10.2

Πίνακας 23: Αιολικά πάρκα 2001

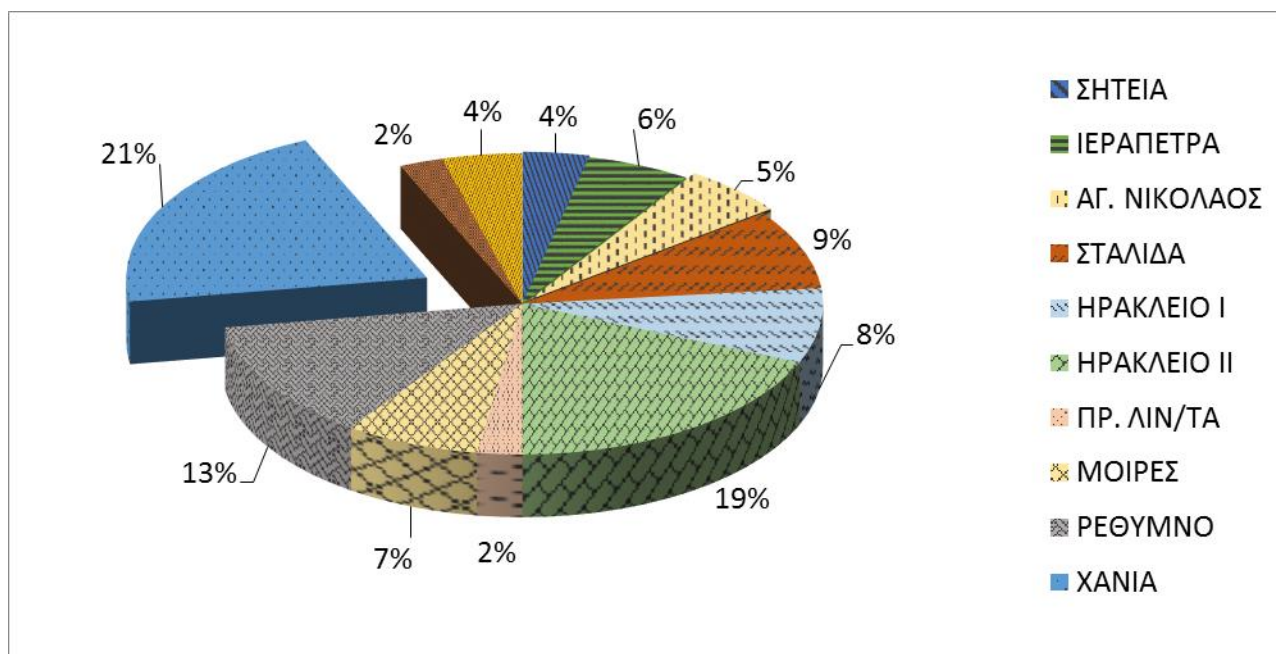
Επιπρόσθετα στο ΣΗΕ Κρήτης κατά το έτος 2001 λειτουργούν δύο μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί, εγκατεστημένοι και οι δύο στο νομό Χανίων, με τον έναν να τοποθετείται στην Αγιά και τον άλλο στον Αλμυρό. Η εγκατεστημένη ισχύ και στους δύο μαζί ισούται με 0.6 MW (0.3 MW ο καθένας) όπως παρουσιάστηκε και στον παραπάνω πίνακα. Όσον αφορά τις ανεμογεννήτριες, τη μοναδική πράσινη ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε κατά το έτος 2001 στην περιοχή της Κρήτης, η εγκατεστημένη ισχύς τους ήταν στα 67.4 MW και το μέγιστο μέσο ωριαίο καθαρό φορτίο έφτασε τα 45.1 MW.

4.3 Παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας περιοχής Χανίων

4.3.1 Ενεργειακές ανάγκες του Νομού

Σύμφωνα με τη στατιστική επετηρίδα του 2001 ο νομός Χανίων είναι ο δεύτερος νομός της Κρήτης με τη μεγαλύτερη κατανάλωση σε ηλεκτρική ενέργεια, ξεχωρίζοντας με μεγάλη διαφορά από το νομό Ρεθύμνης και Λασιθίου και βρίσκεται με επίσης μεγάλη διαφορά πίσω από το Ηράκλειο.

Τα στοιχεία αυτά της επετηρίδας του 2001 επαληθεύονται και από το Σύστημα Διαχείρισης και Εποπτικού Ελέγχου (SCADA Κρήτης) και παρουσιάζονται αναλυτικά οι ποσοστιαίες ανάγκες ηλεκτρικού ρεύματος από το σύνολο της Διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, που έγινε το έτος 2001, ανά υποσταθμό στην Εικόνα 28 που ακολουθεί [20]²⁰.



Εικόνα 28: Ποσοστιαία Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας ανά Υποσταθμό

Παρατηρούμε ότι από τη συνολική διανομή το μεγαλύτερο ποσοστό αντιστοιχεί στον υποσταθμό των Χανίων με τιμή 21%. Ακολουθεί το Ηράκλειο ΙΙ με 19% και στη συνέχεια το Ρέθυμνο με 13%. Να σημειώσουμε ότι η συνολική διανομή ισούται με 2.177.859,4 MWh και αντιστοιχεί στο 96,7 % από τη συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε στο ΣΗΕ Κρήτης για το έτος 2001.

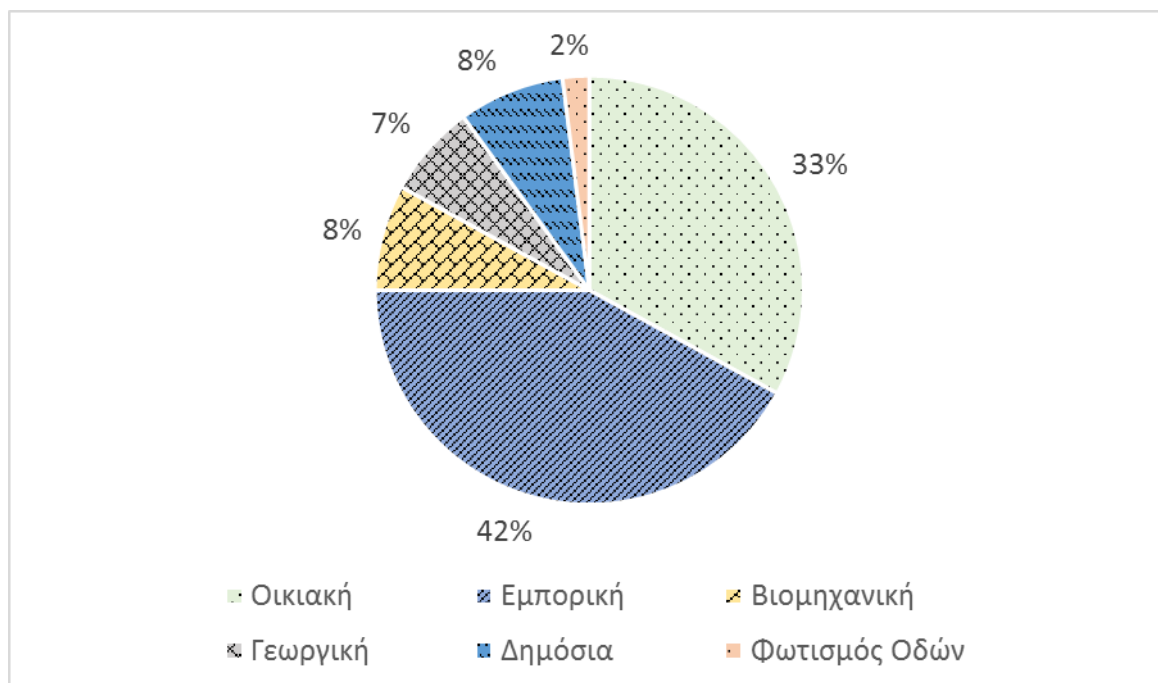
Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο Πίνακας 24 που ακολουθεί και μας αναλύει τη διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας στο σύνολο των υποσταθμών του νησιού για τους μήνες που θα αποτελέσουν και το επίκεντρο του ενδιαφέροντος μας σε αυτή την εργασία

(Ιούλιος- Δεκέμβριος) μιας και είναι οι μήνες που περιλαμβάνουν τη περίοδο με τη μεγαλύτερη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί. Παρατηρούμε ότι μέσα σε αυτή τη περίοδο ο υποσταθμός των Χανίων είναι συνεχώς ο υποσταθμός με τη μεγαλύτερη ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας (κόκκινη γραμματοσειρά) και όπως αναπτύξαμε και στη προηγούμενη ενότητα είναι εμφανείς για ακόμα μια φορά οι αυξημένες ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας κατά τους θερινούς μήνες.

		Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Υ Π Ο Σ Τ Α Θ Μ Ο Ι	Σητεία	6888,4	7945,7	8128,1	7608,4	6480,5	4801,6	6344,1
	Ιεράπετρα	10656,5	13199,7	14324,7	11690,1	10494,9	7781,0	9786,7
	Αγ. Νικόλαος	11643,3	14977,3	15154,9	12999,5	10367,9	6717,8	8365,6
	Σταλίδα	21816,0	27473,3	27440,0	23775,2	17822,8	6796,6	7916,7
	Ηράκλειο Ι	13981,5	14393,8	15256,4	15941,3	14078,0	12606,6	17517,0
	Ηράκλειο ΙΙ	30533,6	36633,6	35820,7	32677,8	31638,7	32882,0	38704,5
	Ηράκλειο ΙΙΙ	8473,3	9936,2	9421,4	6319,7	5894,2	5793,3	7849,3
	ΠΡ. Λιν/τα	4024,5	6006,3	6330,1	6549,3	6345,3	5082,5	5897,2
	Μοίρες	14574,6	17778,4	18618,3	15851,9	14372,1	9650,2	11707,8
	Ρέθυμνο	24871,1	31099,4	32318,2	27851,9	23926,9	17921,1	21377,7
	Χανιά	37736,6	45965,6	46530,3	40078,5	36879,5	33173,7	40608,1
	Καστέλι	8473,3	9936,2	9421,4	6319,7	5894,2	5793,3	7849,3

Πίνακας 24: Διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh) ανά Υ/Σ

Από αυτή την ενέργεια που διανεμήθηκε στον νομό Χανίων σύμφωνα με την έκθεση της στατιστικής επετηρίδας Ελλάδος για το έτος 2001 [21]²¹ το μεγαλύτερο της μέρος, πάνω 75%, προοριζόταν για τον οικιακό και εμπορικό τομέα του νομού ενώ το υπόλοιπο 30% μοιράστηκε σε βιομηχανική, γεωργική και δημόσια χρήση καθώς και στον φωτισμό των δρόμων του νομού. Το γεγονός αυτό ενισχύει ακόμη περισσότερο την ιδέα βελτίωσης του ΣΗΕ Κρήτης στοχεύοντας την εξοικονόμηση ενέργειας που απαιτείται από τον εμπορικό κλάδο. Τα παραπάνω δεδομένα απεικονίζονται στην Εικόνα 29 που ακολουθεί.



Εικόνα 29: Προορισμός Χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας που διανεμήθηκε στο Νομό Χανίων

4.3.2 Στοιχεία Υ/Σ Χανίων για το έτος 2001

Ο συγκεκριμένος υποσταθμός του ΣΗΕ Κρήτης κατά την εξεταζόμενη περίοδο (έτος 2001) εξυπηρετούσε ολόκληρο το νομό Χανίων έκτος από το Δυτικό κομμάτι του νομού το οποίο τροφοδοτούνταν από τον υποσταθμό του Καστελίου. Οι περιοχές αυτές που δεν εξυπηρετούνταν από τον υποσταθμό είναι οι Δήμοι Κισάμου, Ινναχωρίου, Κολυμβαρίου, Κανδάνου και Πελεκάνου.

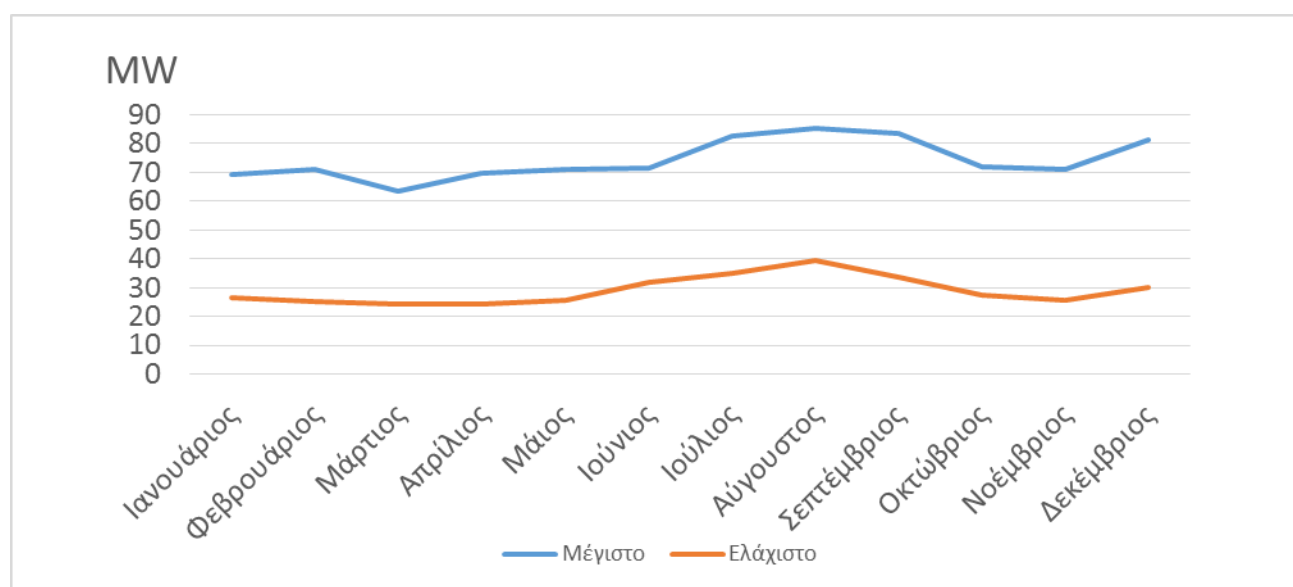
Κατά τη διάρκεια του έτους καταναλώθηκαν 442.252,4 MWh από τον υποσταθμό, με τη μέγιστη απαιτούμενη ισχύ να παρατηρείται στα 85.1 MW κατά το μήνα Αύγουστο, η ελάχιστη στα 24.2 MW κατά το μήνα Μάρτιο και με το συντελεστή φορτίου έτους να είναι 0.593. Ο Πίνακας 25 που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά πως προέκυψαν αυτές οι παραπάνω παρατηρήσεις συμφωνά με τα μηνιαία ελάχιστα, μέγιστα και συντελεστή φορτίου του υποσταθμού.

Μήνες	Μέγιστα (MW)	Ελάχιστα (MW)	Ενέργεια (MWh)	Συντελεστής φορτίου
Ιανουάριος	69,2	26,5	34.546,6	0,671
Φεβρουάριος	71,2	25,3	31.674,6	0,662
Μάρτιος	63,2	24,2	30.747,1	0,654
Απρίλιος	69,8	24,3	30.725,8	0,611
Μάιος	70,8	25,7	33.586,0	0,638
Ιούνιος	71,4	32	37.736,6	0,734
Ιούλιος	82,4	35	45.965,6	0,750
Αύγουστος	85,1	39,5	46.530,3	0,735

Σεπτέμβριος	83,3	33,5	40.078,5	0,668
Οκτώβριος	71,8	27,6	36.879,5	0,690
Νοέμβριος	70,8	25,8	33.173,7	0,651
Δεκέμβριος	81,2	30	40.608,1	0,672

Πίνακας 25: Στοιχεία Υ/Σ Χανίων έτος 2001

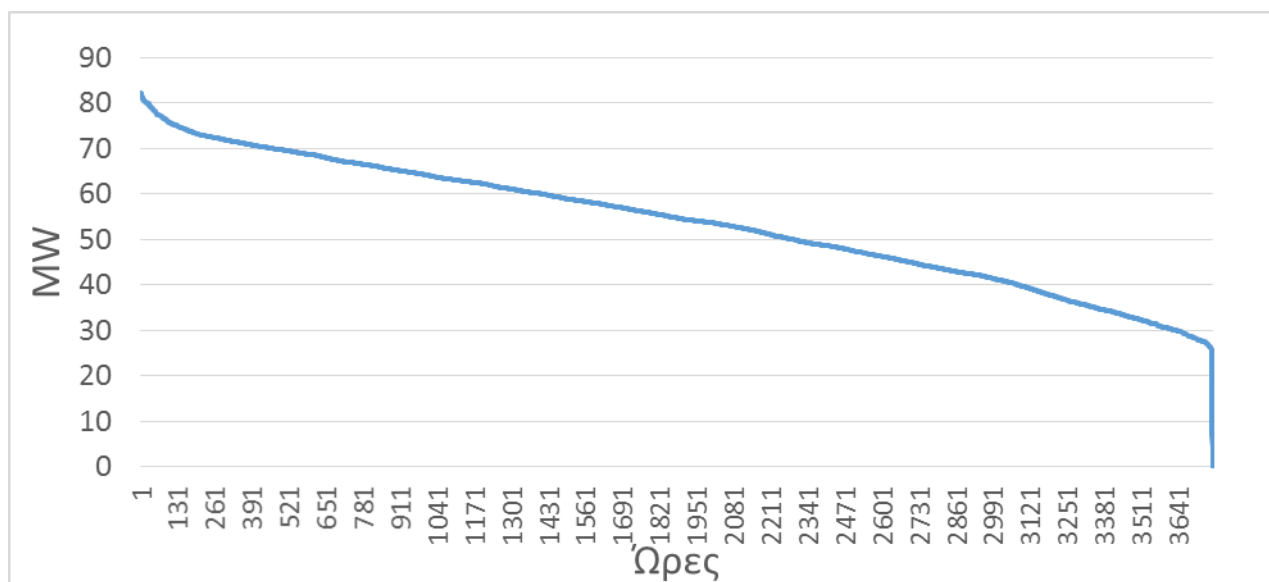
Ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι επίσης ότι στη καμπύλη που ακολουθεί στην Εικόνα 30, η οποία μας παρουσιάζει τα μέγιστα και ελάχιστα του υποσταθμού για κάθε μήνα του έτους, ότι κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου και ιδιαίτερα στους μήνες Ιούλιος με Σεπτέμβριος οι τιμές αυτές παρουσιάζουν αρκετά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες.



Εικόνα 30: Μέγιστα - Ελάχιστα Υ/Σ Χανίων έτος 2001

Για μία ακόμη φορά επιβεβαιώνεται ότι αυτή τη συγκεκριμένη περίοδο το νησί έχει αρκετά μεγαλύτερες ανάγκες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας των περιβαλλοντικών συνθηκών και του έντονου τουρισμού.

Χρήσιμο είναι να παρατεθεί σε αυτό το κεφάλαιο και η καμπύλη διάρκειας φορτίου του υποσταθμού που προέκυψε από το σύστημα SCADA ιδιαίτερα του δευτέρου εξαμήνου το οποίο και θα εξετάσουμε. Ακολουθεί η εν λόγω γραφική παράσταση στην Εικόνα 31.



Εικόνα 31: Καμπύλης διάρκειας Υ/Σ Χανίων - δεύτερο εξάμηνο 2001

Σε σχέση με το συνολικό φορτίο της Κρήτης, το φορτίο του εξεταζόμενου υποσταθμού αντιστοιχεί στο 20.33%. Στο Πίνακα 26 που ακολουθεί παρατηρούμε αυτά τα στοιχεία σε μηνιαία ανάλυση για το έτος 2001.

Μήνας	Φορτίο Κρήτης (MWh)	Φορτίο Χανίων (MWh)	Ποσοστό φορτίου Χανίων επί Κρήτης
Ιανουάριος	163.437,0	34.546,6	21,14 %
Φεβρουάριος	147.443,8	31.674,6	21,48 %
Μάρτιος	146.883,1	30.747,1	20,93 %
Απρίλιος	149.153,4	30.725,8	20,60 %
Μάιος	169.915,3	33.586,0	19,77 %
Ιούνιος	195.394,2	37.736,6	19,31 %
Ιούλιος	236.205,1	45.965,6	19,46 %
Αύγουστος	244.809,1	46.530,3	19,01 %
Σεπτέμβριος	214.092,2	40.078,5	18,72 %
Οκτώβριος	188.827,5	36.879,5	19,53 %
Νοέμβριος	151.129,1	33.173,7	21,95 %
Δεκέμβριος	184.287,9	40.608,1	22,04 %

Πίνακας 26: Σχέσεις φορτίου Υ/Σ Χανίων με το συνολικό φορτίο

Μία ενδιαφέρουσα παρατήρηση στα παραπάνω στοιχεία είναι ότι το ποσοστό που αντιστοιχεί στον Υποσταθμό των Χανίων συμβαδίζει απόλυτα με το ποσοστό των κατοίκων που εξυπηρετείται από αυτόν τον υποσταθμό επί του συνολικού πληθυσμού της Κρήτης (21.2%).

4.3.3 Στοιχεία Μονάδων Παραγωγής

Στον Υ.Σ Χανίων συνδέονται και οι μονάδες παραγωγής του ΑΗΣ Ξυλοκαμάρας.

Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη ενότητα 4.2.4 στον υποσταθμό των Χανίων κατά το έτος 2001 ήταν εγκατεστημένες 5 μονάδες τύπου αεριοστροβίλου και ο συνδυασμένος κύκλος .

Οι μονάδες τύπου αεριοστροβίλου είναι:

- Αεριοστρόβιλος 4 Χανίων
- Αεριοστρόβιλος 5 Χανίων
- Αεριοστρόβιλος 11 Χανίων
- Αεριοστρόβιλος 12 Χανίων
- Αεριοστρόβιλος 1 Χανίων

Ο Συνδυασμένος κύκλος αποτελείται από τις μονάδες:

- Αεριοστρόβιλος 6 Χανίων
- Αεριοστρόβιλος 7 Χανίων
- Ατμομονάδα 1 Χανίων

Συνεχίζουμε με την αναλυτική περιγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών και των στοιχείων λειτουργίας των μονάδων που μόλις αναφέρθηκαν.

4.3.3.1 Συνδυασμένος Κύκλος Χανίων

Πρόκειται για τη μεγαλύτερη μονάδα του ΣΗΕ Κρήτης με συνολική ισχύς ίση με 132 MW. Αποτελείται από δύο τις μονάδες ΑΕΡ6ΧΑΝ, ΑΕΡ7ΧΑΝ και ΑΤΜ1ΧΑΝ με τις 2 πρώτες να είναι μονάδες τύπου αεριοστροβίλου ισχύος 42 MW ο καθένας και με την επόμενη να είναι ατμομονάδα ισχύος 41 MW. Πρόκειται για μονάδα βάσης του συστήματος και σε αυτό ωφελείται η διαρκής λειτουργία της κατά τη διάρκεια του έτους (98.6%).

Τα καυσαέρια που προκαλούνται από τη καύση του Diesel στους 2 αεριοστροβίλους οδηγούνται στην ατμομονάδα και έτσι με αυτό τον τρόπο τα καυσαέρια αποδίδουν έργο μέσω της κίνησης του ατμοστροβίλου αυξάνοντας της συνολική απόδοση της μονάδας κατά περίπου 50% γιατί χρησιμοποιώντας την ίδια ποσότητα καυσίμου αυξάνεται η ικανότητα παραγωγής από 84 MW σε 125 MW. Για τη μοντελοποίηση του συνδυασμένου κύκλου η διαδικασία της εργασίας {αναφορά}. Κάθε ώρα που θα εξετάσουμε η παραγωγή που οφείλεται στην ατμομονάδα μοιράζεται κατά το ήμισυ στους 2 αεριοστροβίλους και όταν κάποιος από τους 2 δεν βρίσκεται σε λειτουργία, ανατίθεται στον άλλο όλη η παραγωγή. Η συνάρτηση κόστους για τις 2 αυτές μονάδες είναι η ίδια και έχει ως εξής:

$$f = 0.001 \cdot x^3 + 0.01 \cdot x^2 + 145.54 \cdot x + 5120$$

Αξίζει να σημειώσουμε ότι ο ατμοστρόβιλος δεν μπορεί να θεωρηθεί μια ανεξάρτητη μονάδα μιας και το κόστος λειτουργίας του εξαρτάται άμεσα από τις άλλες 2 μονάδες που συνεργάζεται.

Ακολουθεί ο Πίνακας 27 με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων.

Μονάδα	Un (kV)	Sn(MVA)	Max MW	Min MW	Max MVAR	Min MVAR
ΑΕΡ6ΧΑΝ	11.5	65.25	42	8	26	-7.5
ΑΕΡ7ΧΑΝ	11.5	65.25	42	8	26	-7.5
ΑΤΜ1ΧΑΝ	11.5	65.25	41	19	26	-7.5

Πίνακας 27: Τεχνικά χαρακτηριστικά συνδυασμένου κύκλου Χανίων

4.3.3.2 ΑΕΡ4ΧΑΝ

Η συνάρτηση κόστους της μονάδας αυτής δίνεται από τη σχέση:

$$f_{\text{ΑΕΡ4ΧΑΝ}}(x) = 0.008 \cdot x^2 + 219 \cdot x + 2865$$

Με το x να αποδίδει τη παραγωγή σε MW της μονάδας και η συνάρτηση να μας αποδίδει τη κατανάλωση καυσίμου Lt/h.

Στο Πίνακα 28 που ακολουθεί παρουσιάζονται όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας.

Τεχνικό Χαρακτηριστικό	Τιμή
<i>Max MW</i>	18.8
<i>Min MW</i>	3
<i>Un (kV)</i>	11
<i>Sn (MVA)</i>	26.75
<i>Max MVAR</i>	15
<i>Min MVAR</i>	-15
<i>Ρυθμός μεταβολής φορτίου</i>	2MW/min
<i>Χρόνος σβέσης (min)</i>	5
<i>Κατανάλωση καυσίμου κατά τη σβέση (lt)</i>	34
<i>Κατανάλωση Diesel κατά την εκκίνηση (lt)</i>	1355
<i>Χρόνος συγχρονισμού (min)</i>	5.5

Πίνακας 28: : Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας ΑΕΡ4Χαν

4.3.3.3 ΑΕΡ5ΧΑΝ

Η συνάρτηση κόστους της μονάδας αυτής δίνεται από τη σχέση:

$$f_{\text{ΑΕΡ5ΧΑΝ}}(x) = 0.008 \cdot x^2 + 275 \cdot x + 3757$$

Ακολουθούν ομοίως με παραπάνω τα τεχνικά της χαρακτηριστικά στον Πίνακας 29.

Τεχνικό Χαρακτηριστικό	Τιμή
<i>Max MW</i>	28.1
<i>Min MW</i>	5
<i>Un (kV)</i>	11
<i>Sn (MVA)</i>	39.8
<i>Max MVAR</i>	20
<i>Min MVAR</i>	-14.1
<i>Ρυθμός μεταβολής φορτίου</i>	2MW/min
<i>Χρόνος σβέσης (min)</i>	11
<i>Κατανάλωση καυσίμου κατά τη σβέση (lt)</i>	45
<i>Κατανάλωση Diesel κατά την εκκίνηση (lt)</i>	353
<i>Χρόνος συγχρονισμού (min)</i>	11

Πίνακας 29: : Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας ΑΕΡ5Χαν

4.3.3.4 ΑΕΡ11ΧΑΝ και ΑΕΡ12ΧΑΝ

Οι δύο αυτές μονάδες είναι πανομοιότυπες με τα ακόλουθα στοιχεία λειτουργίας.

Η συνάρτηση κόστους για κάθε μία από αυτές τις μονάδες δίνεται από τον τύπο:

$$f_{\text{ΑΕΡ11\&12ΧΑΝ}}(x) = 0.01 \cdot x^2 + 227 \cdot x + 5000$$

Ακολουθεί ο Πίνακας 30 με τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.

Τεχνικό Χαρακτηριστικό	Τιμή
<i>Max MW</i>	58

<i>Min MW</i>	2.41
<i>Un (kV)</i>	11.5
<i>Sn (MVA)</i>	79
<i>Max MVAR</i>	20
<i>Min MVAR</i>	-5
<i>Ρυθμός μεταβολής φορτίου</i>	<7MW/min
<i>Χρόνος σβέσης (min)</i>	11
<i>Κατανάλωση καυσίμου κατά τη σβέση (lt)</i>	0.1
<i>Κατανάλωση Diesel κατά την εκκίνηση (lt)</i>	0.7
<i>Χρόνος συγχρονισμού (min)</i>	11

Πίνακας 30: Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδων ΑΕΡ11Χαν και ΑΕΡ12ΧΑΝ

4.3.3.5 ΑΕΡ1ΧΑΝ

Πρόκειται για την μονάδα με το μεγαλύτερο κόστος παραγωγής του ΣΗΕ Κρήτης με ειδική κατανάλωση ίση με 570-580gr/kWh.

Η συνάρτηση κόστους του ΑΕΡ1ΧΑΝ δίνεται από το τύπο:

$$f_{\text{ΑΕΡ1ΧΑΝ}}(x) = 0.008 \cdot x^2 + 267 \cdot x + 2113$$

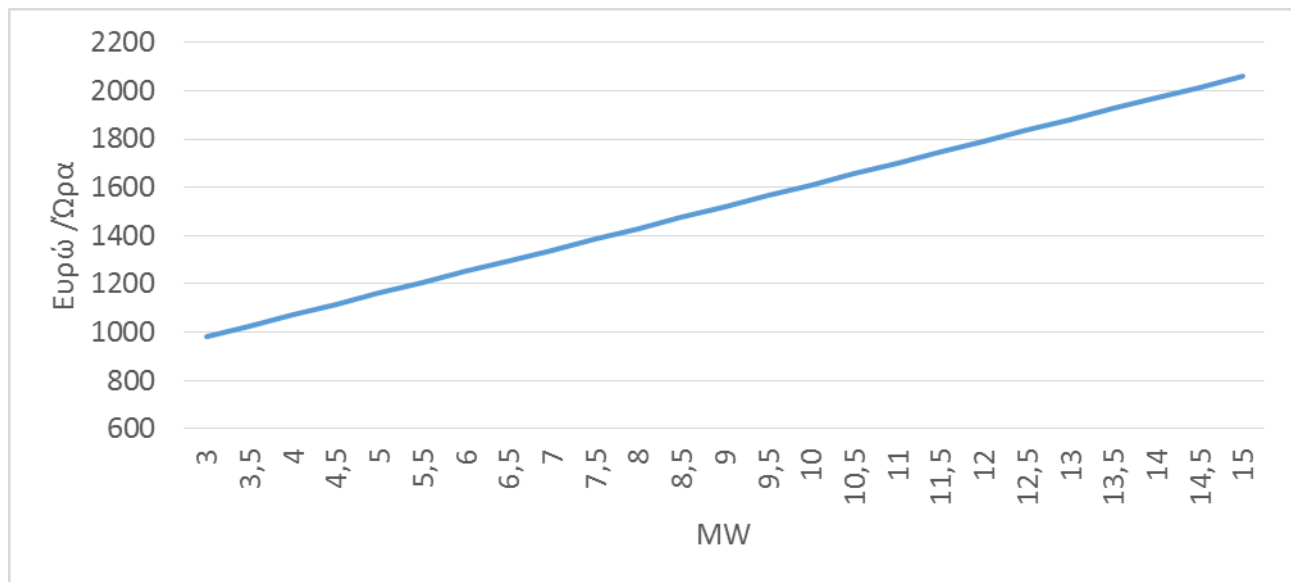
Όπου x το ύψος παραγωγής σε MW και η συνάρτηση μας επιστρέφει τη κατανάλωση καυσίμου Kg/h.

Ακολουθεί ο Πίνακας 31 με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μονάδας καθώς και η καμπύλη κόστους της στην Εικόνα 32.

Τεχνικό Χαρακτηριστικό	Τιμή
<i>Max MW</i>	14
<i>Min MW</i>	3
<i>Un (kV)</i>	6.3
<i>Sn (MVA)</i>	21.3
<i>Max MVAR</i>	8
<i>Min MVAR</i>	2.5
<i>Ρυθμός μεταβολής φορτίου</i>	2MW/min

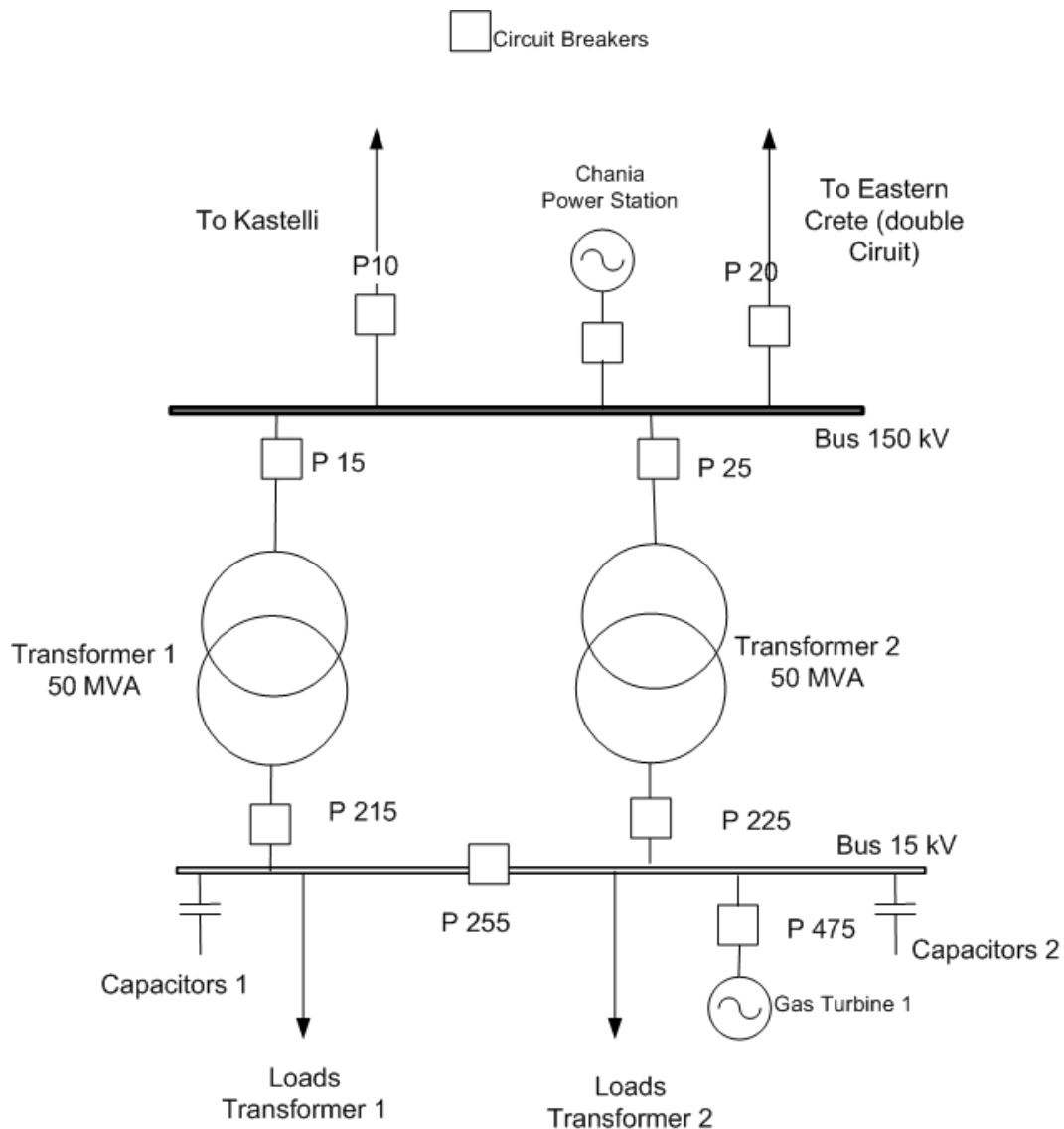
<i>Χρόνος σβέσης (min)</i>	9
<i>Κατανάλωση καυσίμου κατά τη σβέση (lt)</i>	35
<i>Κατανάλωση Diesel κατά την εκκίνηση (lt)</i>	99
<i>Χρόνος συγχρονισμού (min)</i>	9

Πίνακας 31: Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας ΑΕΡ1Χαν



Εικόνα 32: Καμπύλη κόστους ΑΕΡ1ΧΑΝ

Η λειτουργία του οφείλεται για την κάλυψη αναγκών παραγωγής του συστήματος σε περιόδους αιχμής αλλά επίσης και πολλές φορές για την προστασία του μετασχηματιστή του υποσταθμού των Χανίων (Μ/Σ-2) από υπερφορτώσεις καθώς συνδέεται στο ζυγό μέσης τάσης εκείνου του Μ/Σ. Παρέχοντας αυτή την ισχύ στο ζυγό μειώνεται η απαιτούμενη ισχύς που πρέπει να δοθεί από το υπόλοιπο δίκτυο στα φορτία του ζυγού με αποτέλεσμα να τροφοδοτούνται και αυτά με ασφάλεια σε περιπτώσεις που υπερβαίνεται η ικανότητα του μετασχηματιστή (50MVA). Είναι εφικτό να δούμε γραφικά την εν λόγω συνδεσμολογία στην Εικόνα 33 που ακολουθεί και στη συνέχεια στην ενότητα 4.5 θα γίνει και περεταίρω ανάπτυξη των προβλημάτων που παρουσιάζονται στον Υ/Σ των Χανίων.



Εικόνα 33: Μονογραμμικό Υ/Σ Χανίων 2001

4.4 Θέματα προς αντιμετώπιση ΣΗΕ Κρήτης

4.4.1 Σύνοψη θεμάτων προς αντιμετώπιση ΣΗΕ Κρήτης

Από τα παραπάνω δεδομένα που αναλύσαμε σύντομα σχετικά με το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης μπορούμε να βγάλουμε ένα σύνολο προβλημάτων που προκύπτουν και οδηγούν στην μη ομαλή, αναξιόπιστη και μη οικονομικά συμφέρουσα παραγωγή ενέργειας και την κάλυψη των αναγκών του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια.

4.4.1.1 Φαινόμενο της θερινής αιχμής

Όπως έχουμε προαναφέρει η Κρήτη χαρακτηρίζεται από καλοκαίρια με ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες και με συχνούς ισχυρούς και παρατεταμένους καύσωνες. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αθρόα εγκατάσταση κλιματιστικών μονάδων στο νησί. Ενδεικτικά το έτος 2004 ήταν εγκατεστημένες στο νησί 587.233 μονάδες κλιματισμού [21]²² και με την ανάπτυξη του νησιού, τη πρόοδο της τεχνολογίας και την πτώση στις τιμές στις κλιματιστικές μονάδες είναι σίγουρο ότι τη σήμερα βρίσκμαστε αντιμέτωποι με ένα αρκετά μεγαλύτερο αριθμό κλιματιστικών μονάδων.

Αυτή η εκτεταμένη χρήση των κλιματιστικών έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο σύνολο σημαντικών επιπτώσεων οι οποίες αναπτύχθηκαν στην ενότητα 2.8 και οδηγούν στη μη ομαλή λειτουργία του ΣΗΕ Κρήτης. Ενδεικτικός είναι ο Πίνακας 32 που ακολουθεί και μας παρουσιάζει την αδυναμία ομαλής εξυπηρέτησής των καταναλωτών και τις Διακοπές που συνέβησαν στο δίκτυο στο έτος 2001.

	Αριθμός	MWh
Από Πτώσεις Μονάδων	25	1285.6
Από Σφάλματα σε Μ/Χ	5	14.6
Από Σφάλματα σε Λοιπές εγκαταστάσεις ΥΣ	2	68.1
Από Πτώσεις Γραμμών Μεταφοράς	1	56.7
Διακοπές Καταναλωτών (Έλλειψη ικανοποίησης)	5	181.6
Διακοπές καταναλωτών (Προγραμματισμένες)	6	85.9
Απεργίες	0	0
Σύνολο Διακοπών	44	1692.5

Πίνακας 32: Αδυναμία ομαλής εξυπηρέτησης καταναλωτών

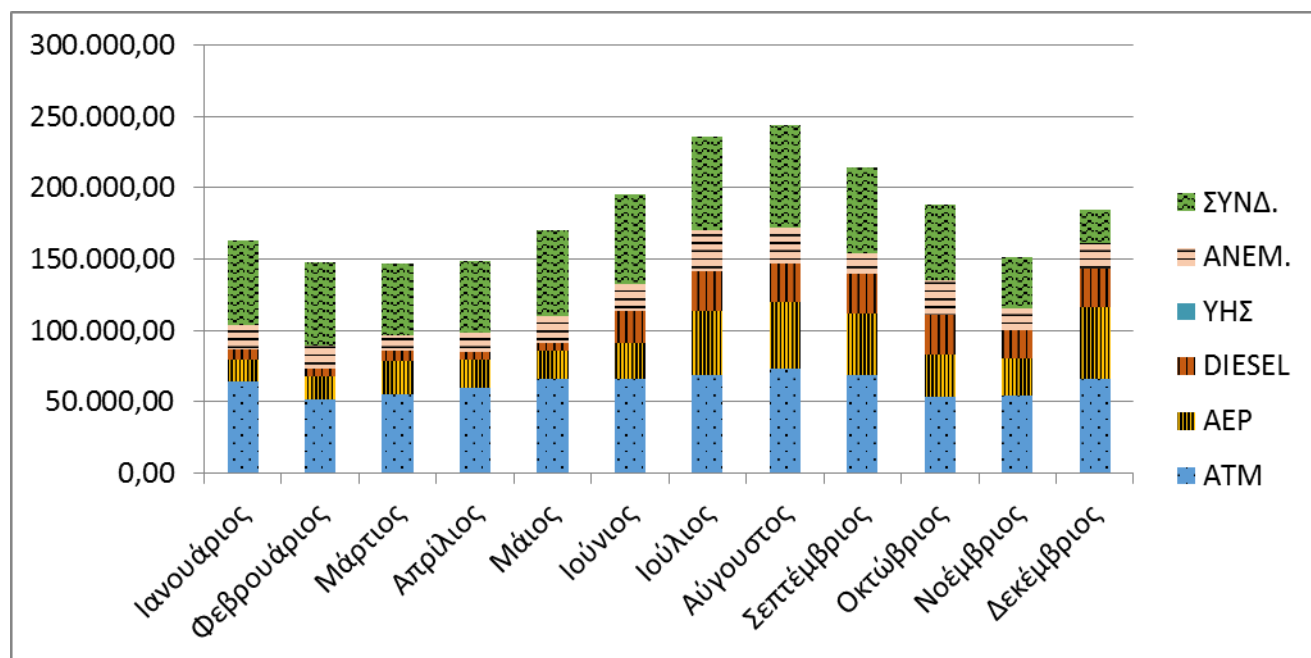
Για την αντιμετώπιση του φαινομένου της θερινής αιχμής, το οποίο εμφανίζεται λίγες ώρες το χρόνο, χρειαζόταν να γίνουν ενισχύσεις του παραγωγικού δυναμικού και των δικτύων μεταφοράς και διανομής αλλά και παράλληλα να γίνει βελτίωση της αξιοπιστίας του παραγωγικού δυναμικού με την ένταξη φθηνών (από την άποψη επενδυτικού κόστους) αξιόπιστων αχμακών μονάδων (αεριοστρόβιλοι) καθώς επίσης και τη λήψη μέτρων από τη πλευρά της διαχείρισης του φορτίου.

Η λήψη μέτρων διαχείρισης του φορτίου πρέπει να έχει διαρκή και μακροπρόθεσμο χαρακτήρα, ώστε να καταστεί σταδιακά δυνατόν να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της θερινής αιχμής του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας Κρήτης σε μονιμότερη βάση. Αυτό είναι και το κομμάτι που στοχεύει αυτή η εργασία να αναπτύξει σε ένα μέρος του, από τη πλευρά εξοικονόμησης ενέργειας με τη χρήση σύγχρονων κλιματιστικών μονάδων από τη πλευρά των καταναλωτών. Θα ακολουθήσει εκτενέστερη περιγραφή στο επόμενο Κεφάλαιο.

Άξιο αναφοράς είναι ότι όλο το παραπάνω πρόβλημα ενισχύεται πέρα από τις κλιματικές συνθήκες από το ιδιαίτερα έντονο τουριστικό ρεύμα που σημειώνεται στο νησί κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Ενδεικτικά μόνο οι Charter αφίξεις στο νομό των Χανίων κατά το έτος 2000 έφεραν στα Χανιά 449.965 επιβάτες. Όπως είναι λογικό αυτή η

μεγάλη αύξηση των ατόμων που διανέμουν στο νησί κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οδηγεί σε αντίστοιχη μεγάλη αύξηση στις ενεργειακές ανάγκες του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στο γράφημα στην Εικόνα 34 που ακολουθεί μπορούμε να επιβεβαιώσουμε την αύξηση της καθαρής παραγωγής ενέργειας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες πράγμα που επαληθεύει τις παραπάνω αναφορές καθώς και να παρατηρούσε από ποιες μονάδες παραγωγής αποδόθηκε αυτή η ηλεκτρική ενέργεια.



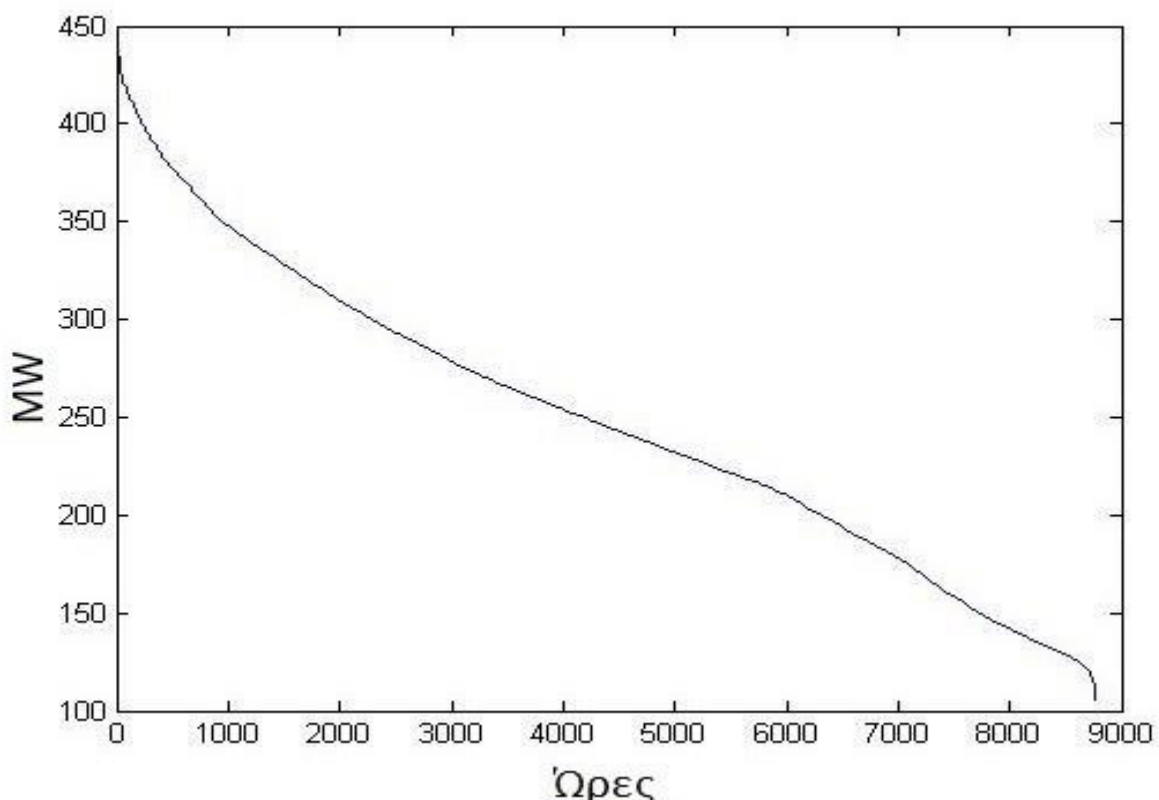
Εικόνα 34: Καθαρή παραγωγή και διάθεση Ενέργειας σε MWh

Ένα επιπρόσθετο σημαντικό στοιχείο είναι ότι κατά τα τελευταία χρόνια ο ρυθμός αύξησης της αιχμής είναι συνεχώς μεγαλύτερος από το ρυθμό αύξησης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Είναι συνεπώς φανερό ότι η ραγδαία αύξηση της ετήσιας αιχμής λόγω της διάδοσης των κλιματιστικών επιδείνωσε τον βαθμό αποτελεσματικής χρησιμοποίησης των εγκατεστημένων μονάδων παραγωγής. Αυτό έχει οδηγήσει το γεγονός να έχουμε για το έτος 2001 συντελεστή φορτίου ίσο με 56.8%, τιμή υπερβολικά χαμηλή. Ακολουθεί ο Πίνακας 33 με την παρουσίαση των δεδομένων.

Έτη	Παραγωγή Ενέργειας		Αιχμή Φορτίου		Συντελεστής Φορτίου %
	GWh	Αυξ. %	MW	Αυξ. %	
1997	1.659,3	6.2	341.8	7.8	55.4
1998	1.800,3	8.5	368.6	7.8	64.4
1999	1.924,6	6.0	407.2	10.5	54.0
2000	2.078,6	8.9	417.7	2.6	56.7
2001	2.191,6	5.4	448.1	7.3	56.8

4.4.1.2 Καμπύλη Διάρκειας Φορτίου

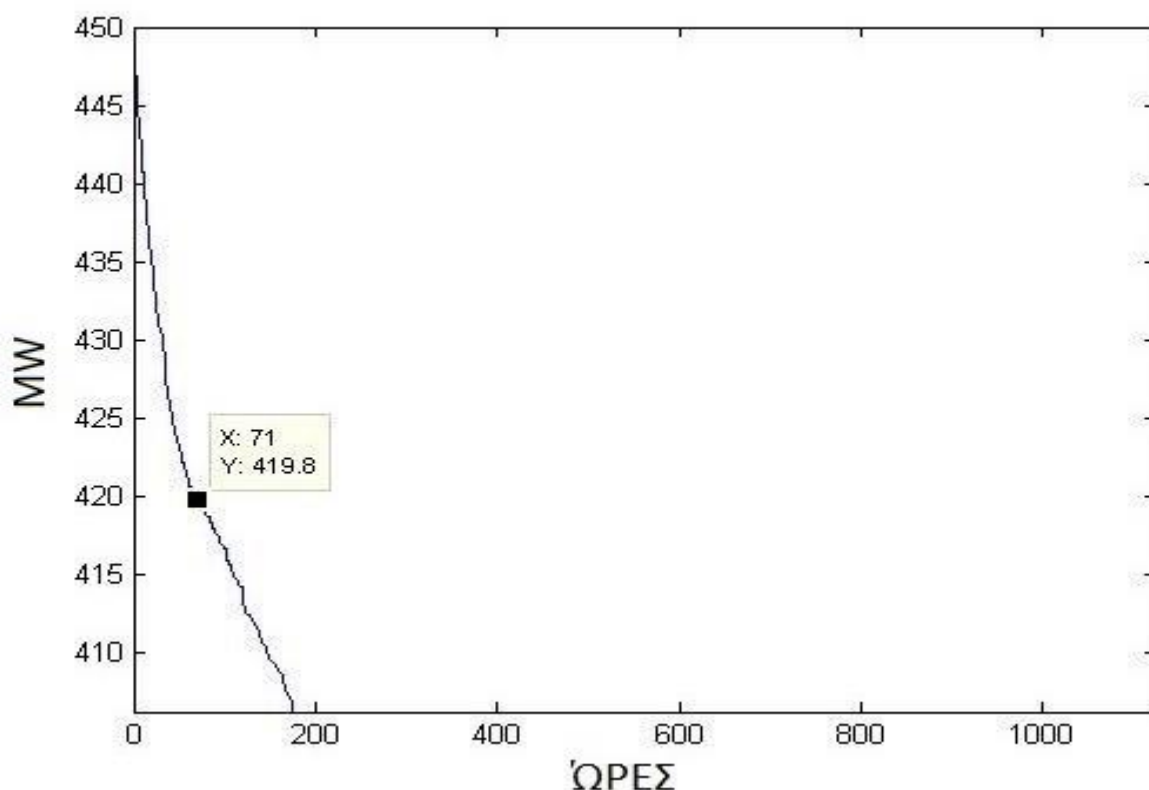
Η παράθεση των 8760 ωριαίων τιμών φορτίου (MW) ενός έτους κατά φθίνουσα σειρά δημιουργεί τη καμπύλη διάρκειας φορτίου του Συστήματος. Η εικονιζόμενη καμπύλη που ακολουθεί της Εικόνα 35 έχει προκύψει από στοιχεία που είχαμε για το ΣΗΕ Κρήτης για το έτος 2001.



Εικόνα 35: Καμπύλη διάρκειας έτους 2001

Ακολουθεί η λεπτομέρεια της καμπύλης αυτής για τα τελευταία 400-450 MW αιχμής του συστήματος στην Εικόνα 36. Από το σχήμα αυτό προκύπτει ότι το φορτίο πάνω από 420 MW παρουσιάζεται μόλις 70 περίπου ώρες ενώ το φορτίο άνω των 435 MW παρουσιάζεται μόλις 22 ώρες. Η ενέργεια που αντιστοιχεί για τη κάλυψη των τελευταίων $Q_1=30$ MW είναι λιγότερη από 1700 MWh/έτος δηλαδή πρόκειται για ισχύ 30 MW με φορτίο μόνο 34 ισοδύναμων ωρών λειτουργίας ετησίως που αντιστοιχεί μόλις στο 0.077% της συνολικής ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Το παραπάνω γεγονός δημιούργησε την ανάγκη εγκαταστάσεως νέων μονάδων παραγωγής με μεγάλο επενδυτικό κόστος, οι οποίες χρησιμοποιούνται τελικώς για λίγες ώρες ετησίως και με

μεγάλο κόστος παραγωγής. Το πιο ενδεικτικό παράδειγμα είναι ο αεριοστρόβιλος 1 που είναι εγκατεστημένος στον υποσταθμό των Χανίων. Όπως είδαμε στο Πίνακα 13 χρησιμοποιείται λιγότερο από όλες τις άλλες μονάδες (μόλις 454 ώρες, μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες) και έχει το ακριβότερο κόστος παραγωγής ανά MWh. Αναλυτικότερα για το πρόβλημα και αντιμετώπιση του ΑΕΡ1, που είναι και το αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας, θα μιλήσουμε στην επόμενη ενότητα. Να σημειώσουμε επίσης πως απαιτείται επίσης το Σύστημα να διαθέτει τουλάχιστον 15% παραπάνω εγκατεστημένη ισχύ για λόγους στρεφόμενης εφεδρείας αλλά και αντιμετώπισης αιφνίδιων βλαβών μονάδων ή συμφορήσεων του δικτύου κατά τις ώρες αιχμής. Το γεγονός αυτό διογκώνει ακόμη περισσότερο το κόστος παραγωγής του συστήματος.

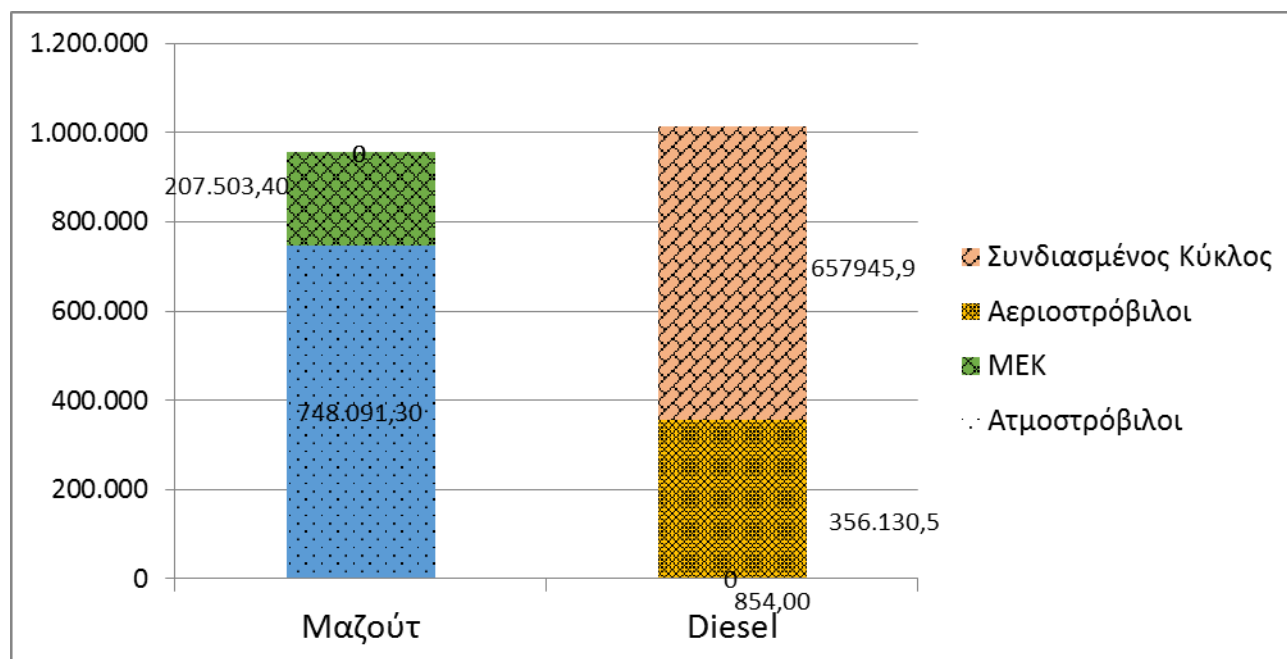


Εικόνα 36: Αιχμή καμπύλης διάρκειας φορτίου 2001

4.4.1.3 Κόστος παραγωγής

Από τα στοιχεία που έχουμε δώσει στις παραπάνω ενότητες μπορούμε να φτάσουμε εύκολα στο συμπέρασμα ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί της Κρήτης έχει αρκετό υψηλό κόστος. Αυτό οφείλεται στο ότι το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, πάνω από 46%, γίνεται από αεριοστροβιλικές μονάδες οι οποίες έχουν πολύ πιο ακριβό καύσιμο και αρκετά μικρότερη απόδοση από τις Diesel μονάδες παραγωγής καθώς επίσης και από τους ατμοστρόβιλους.

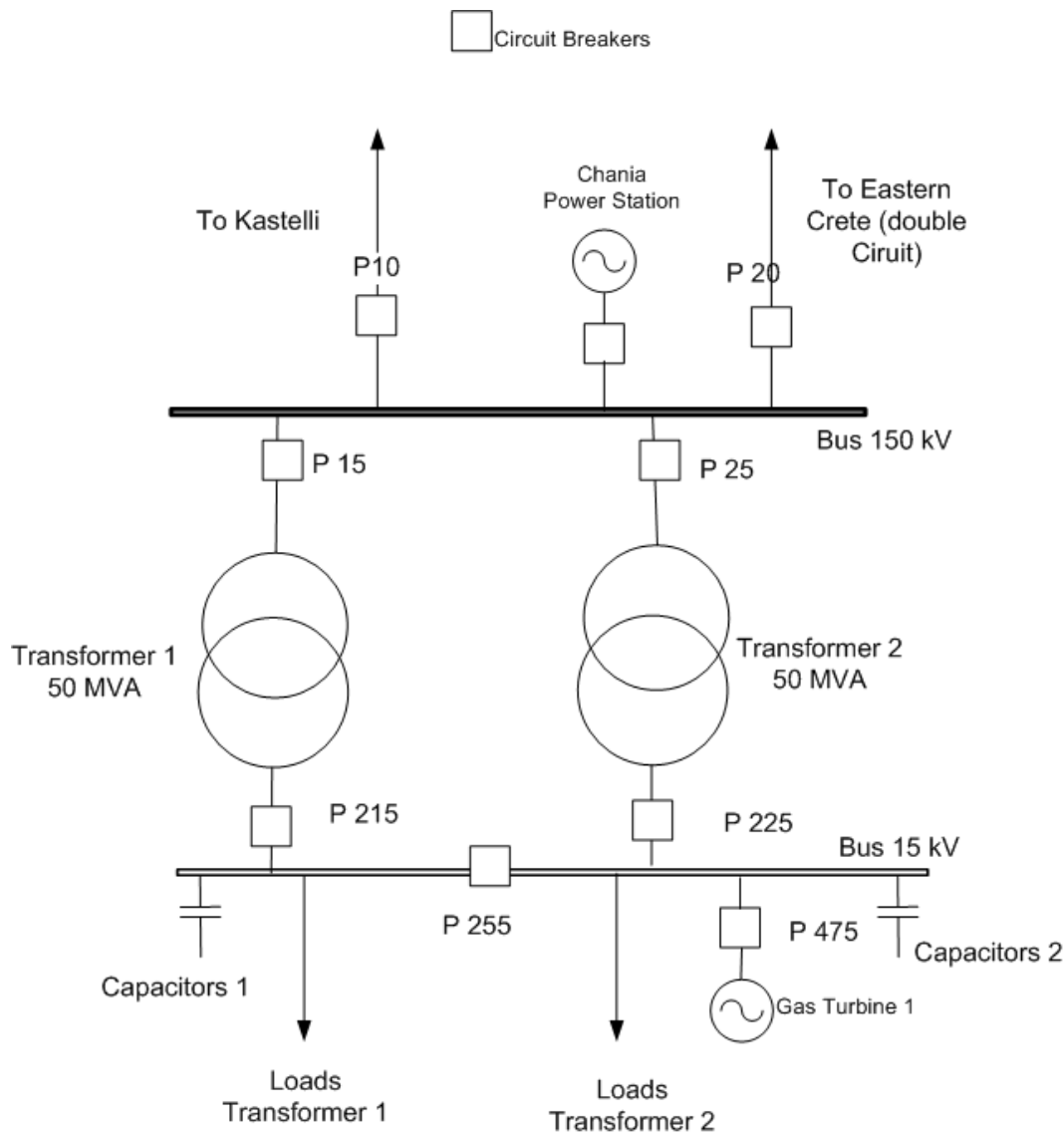
Πιο συγκεκριμένα στο έτος 2001 για να παραχθεί η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια χρειάστηκαν 270.629 τόνοι Μαζούτ και 315.319,49 klt Diesel (αύξηση περίπου 2.9% και 11,2% αντίστοιχα). Από αυτές τις ποσότητες καυσίμου είχαμε 955.594,7 MWh παραγωγή από μονάδες που καταναλώνουν μαζούτ ως καύσιμο (ατμοστρόβιλοι και μηχανές εσωτερικής καύσης) και 1.014.691 MWh παραγωγή από μονάδες που καταναλώνουν Diesel ως καύσιμο (αεριοστρόβιλοι με μια μικρή συμβολή των μηχανών εσωτερικής καύσης , σε ποσοστό λιγότερο από 0,1%). Τα παραπάνω στοιχεία παρουσιάζονται αναλυτικά στο παρακάτω γράφημα της Εικόνα 37.



Εικόνα 37: Καθαρή παραγωγή μονάδων Κρήτης ανά είδος καυσίμου (MWh)

4.5 Κορεσμός Μ/Σ2 στον Υ/Σ Χανίων

Στην Εικόνα 38 που ακολουθεί απεικονίζεται γραφικά τα στοιχεία και συνδεσμολογία των στοιχείων που διέπουν των Υ/Σ Χανίων.



Εικόνα 38: Μονογραμμικό διάγραμμα Υ/Σ Χανίων 2001

Όπως αναφέρθηκε στη προηγούμενη ενότητα στον υποσταθμό των Χανίων η μονάδα που αναλαμβάνει την επιτακτική κάλυψη φορτίων που παρουσιάζονται σε περιόδους αιχμής αλλά και προφυλάσσει από υπερφορτίσεις τον μετασχηματιστή του υποσταθμού είναι η μονάδα αεριοστρόβιλος 1 Χανίων, η ακριβότερη μονάδα ως προς το κόστος παραγωγής του ΣΗΕ Κρήτης.

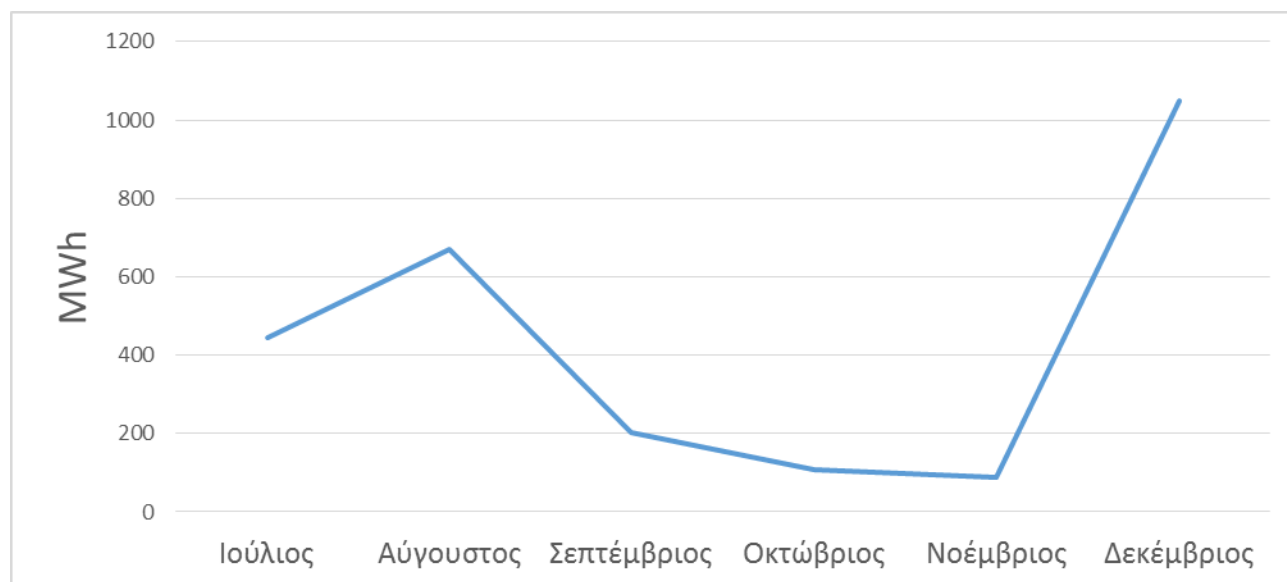
Παρατηρώντας την παραπάνω Εικόνα 38 μπορούμε πλέον να παρατηρήσουμε οπτικά τον τρόπο με τον οποίο ο ΑΕΡ1ΧΑΝ προστατεύει των Μ/Σ 2 του Υ/Σ από πιθανές υπερφορτίσεις. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνα 38 η μονάδα Αερ1Χαν (Gas Turbine 1) είναι συνδεδεμένη στο ζυγό Διανομής Μέσης τάσης που εξυπηρετεί τους καταναλωτές χαμηλής τάσης (οικιακός - εμπορικός τομέας, Bus 15 kV). Όταν ο Μ/Σ 2 του Υ/Σ Χανίων (Transformer 2) κινδυνεύει να ξεπεράσει τα 50MVA και να οδηγηθεί σε υπερφόρτιση, αν υπάρχει ανάγκη φορτίου από τους καταναλωτές που υπάγονται στον Μ/Σ (όπως φαίνεται από το σχήμα Loads Transformer 2), δεν είναι δυνατόν να εξυπηρετηθεί αυτό το επιπλέον φορτίο από το Chania Power Station, ο οποίος προσφέρει στην Υψηλή

τάση, γιατί λόγω της συνδεσμολογίας θα οδηγηθεί σε υπερφόρτιση ο Μ/Σ 2 με αποτέλεσμα την κατάρρευση του Υ/Σ Χανίων. Σε αυτή την περίπτωση ενεργοποιείται η μονάδα Αερ1Χαν και καλύπτει αυτή την επιπλέον ζήτηση φορτίου από τους καταναλωτές απευθείας χωρίς να επιβαρύνει επιπλέον την λειτουργία του Μ/Σ 2 του Υ/Σ Χανίων διαφορετικά θα είχαμε αδυναμία εξυπηρέτησης καταναλωτών.

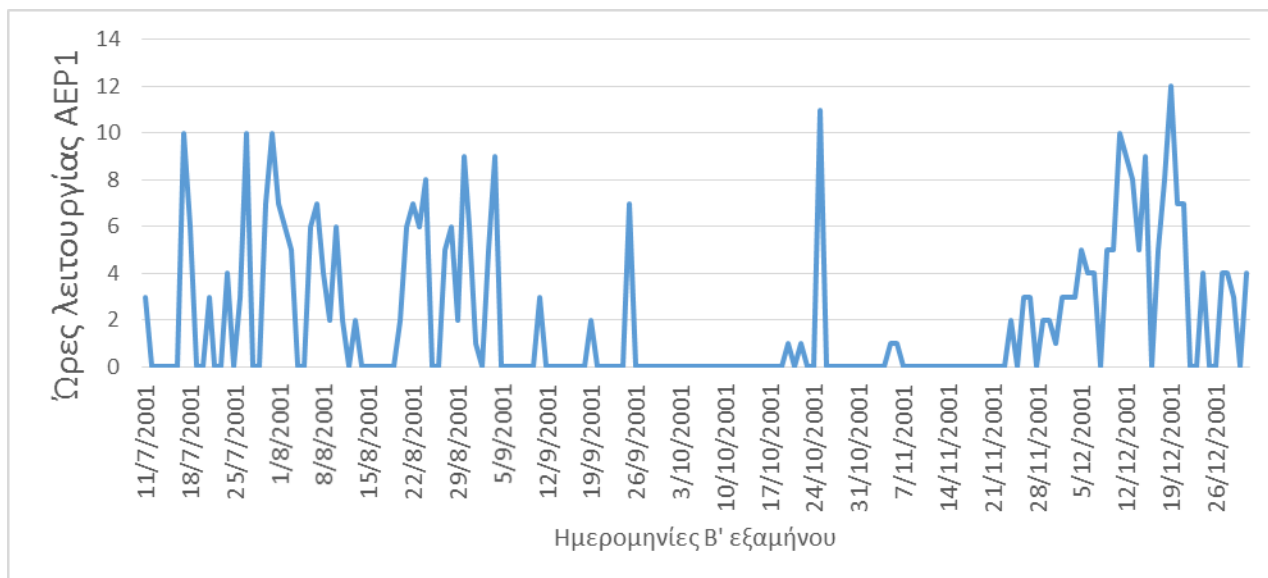
Επίσης εύκολα καταλαβαίνουμε πως ανεξάρτητα από τη λειτουργία του Μ/Σ 2 αν η παραγωγή των υπολοίπων μονάδων του Συστήματος δεν επαρκεί για να καλυφθεί η συνολική ζήτηση, γεγονός που παρατηρείται στις ώρες αιχμής του συστήματος ή κατά τη διάρκεια συντήρησης ή τεχνικών βλαβών άλλων μονάδων τότε εισάγεται επίσης στο σύστημα ο Αερ1Χαν για να συνεισφέρει και αυτός για την ομαλή εξυπηρέτηση των καταναλωτών.

Κατά την εξεταζόμενη περίοδο, δεύτερο εξάμηνο του 2001, παρατηρήθηκε ιδιαίτερη μεγάλη δραστηριότητα της συγκεκριμένης μονάδας για τούς λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα ο ΑΕΡ1ΧΑΝ εντάχθηκε στο σύστημα 346 ώρες και παρήγαγε συνολικά 2562,074 MWh γεγονός που επιβάρυνε ιδιαίτερα σημαντικά το συνολικό κόστος για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης.

Στα γραφήματα που ακολουθούν στις εικόνες Εικόνα 39 και Εικόνα 40 παρουσιάζονται αναλυτικά η μηνιαία και ημερήσια παραγωγή του ΑΕΡ1ΧΑΝ για το δεύτερο εξάμηνο του εξεταζόμενου έτους.



Εικόνα 39: Παραγωγή ΑΕΡ1ΧΑΝ ανά μήνα για το δεύτερο εξάμηνο 2001



Εικόνα 40: Ώρες λειτουργίας AEP1XAN ημερολογιακές ημέρες Β' εξαμήνου 2001

Τα παραπάνω γραφήματα επιβεβαιώνουν για μια ακόμη φορά πως το πρόβλημα παρουσιάζεται ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι ότι παρατηρείται και έντονη χρήση της μονάδας κατά το μήνα Δεκέμβριο. Αυτό δικαιολογείται από το ότι υπήρχαν αρκετές ώρες που το συνολικό φορτίο απαιτούσε τη λειτουργία του AEP1XAN για τη προστασία του μετασχηματιστή αλλά επίσης υπήρχαν και μερικές ώρες που η μονάδα αυτή έπρεπε να καλύψει κάποια άλλη μονάδα που ήταν ανενεργή για λόγους συντήρησης. Επίσης να σημειώσουμε πως και η έντονη χρήση που παρατηρήθηκε στις 25/10/01 οφείλεται στη γενικευμένη διακοπή ρεύματος που έγινε και όχι σε υψηλό συνολικό φορτίο του υποσταθμού.

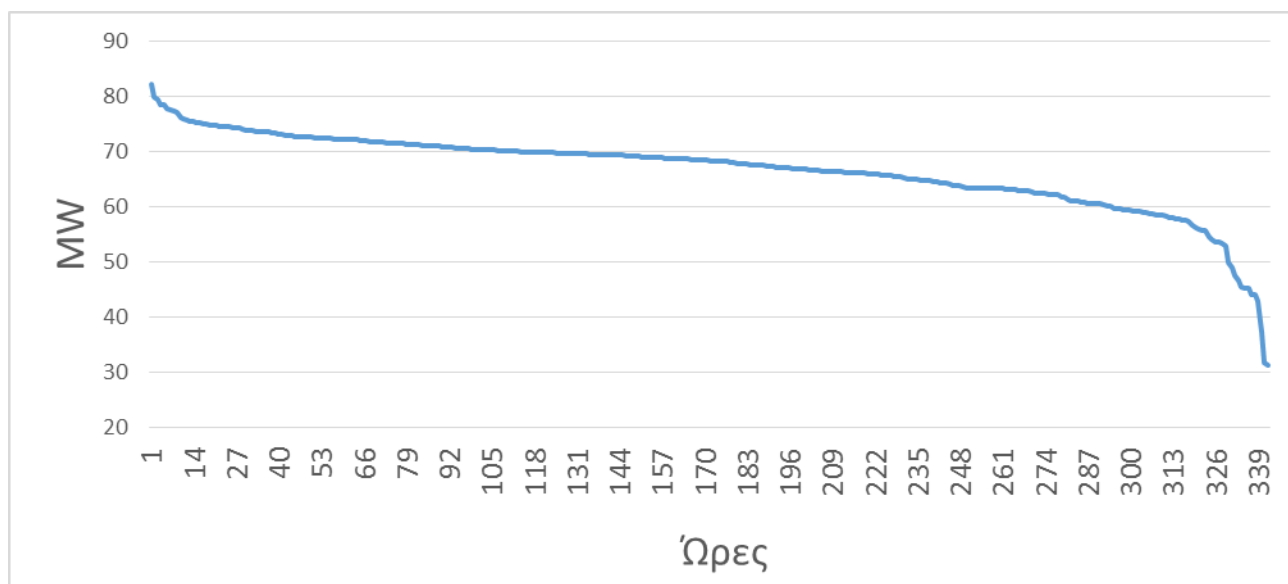
Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει το γράφημα που ακολουθεί στην Εικόνα 41 και μας δείχνει πως κατανέμονται οι ώρες λειτουργίας της μονάδας μέσα στο 24ώρο.



Εικόνα 41: Ώρες ένταξης AEP1XAN σε επίπεδο 24ώρου

Παρατηρούμε ότι η ζήτηση του είναι ιδιαίτερα έντονη από τις 10:00-14:00 και από τις 18:00-21:00. Για μια ακόμη φορά παρατηρούμε ότι οι ώρες λειτουργίας της ακριβότερης μονάδας παραγωγής του ΣΗΕ Κρήτης που συμπίπτουν απόλυτα με τις ώρες λειτουργίας του εμπορικού τομέα.

Κλείνουμε την ενότητα αυτή με το γράφημα της καμπύλης διάρκειας του υποσταθμού για τις ώρες που ήταν σε λειτουργία ο ΑΕΡ1ΧΑΝ στο οποίο και επιβεβαιώνεται η άμεση συσχέτιση της λειτουργίας της μονάδας με το υψηλό φορτίο ζήτησης από τον υποσταθμό για εκείνες τις ώρες.



Εικόνα 42: Καμπύλη διάρκειας Υ/Σ Χανίων με ενταγμένη τη μονάδα ΑΕΡ1

Να σημειώσουμε ότι οι ώρες που παρατηρούνται να συνεισφέρει η μονάδα στο σύστημα χωρίς να παρατηρείται υψηλό φορτίο είναι στο σύνολο τους οι ώρες της γενικής διακοπής που αναφέραμε που έγινε στις 25/10/01 και οι υπόλοιπες μέρες συντηρήσεων άλλων μονάδων που έγιναν κατά τη διάρκεια του Δεκεμβρίου. Οι ώρες αυτές αντιστοιχούν στο 9.8% των συνολικών ωρών λειτουργίας της μονάδας.

4.6 Εξεταζόμενες λύσεις

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε πως για μειωθεί το οικονομικό κόστος του ΣΗΕ Κρήτης και να οδηγηθούμε στην βελτίωση του, κρίνεται απαραίτητος ο περιορισμός λειτουργίας του ΑΕΡ1ΧΑΝ ή ακόμα και η ιδανική περίπτωση να αφαιρεθεί εντελώς από το σύστημα.

Ο στόχος αυτής της εργασίας να δούμε τα οφέλη που θα είχαμε για το σύνολο του συστήματος περιορίζοντας τη χρήση του ΑΕΡ1ΧΑΝ εξετάζοντας την υπόθεση της μείωσης της ζήτησης του φορτίου από τον Υ/Σ των Χανίων για τις ώρες λειτουργίας αυτής της μονάδας.

Από τις προηγούμενες ενότητες παρατηρήσαμε έντονα ότι οι ώρες λειτουργίας της μονάδας συμπίπτουν απόλυτα με το ωράριο του εμπορικού τομέα και ότι η μονάδα χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο κατά τους θερινούς μήνες. Επίσης είδαμε ότι οι ενεργειακές ανάγκες του εμπορικού τομέα του Νομού υπερτερούν κατά παρά πολύ τις ενεργειακές ανάγκες των υπολοίπων τομέων. Με τα παραπάνω μας γίνεται εύκολο κατανοητό ότι το να εστιάσουμε στην εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από τη δράση του εμπορικού τομέα θα είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο.

Τα στοιχεία αυτά σε συνδυασμό με ότι οι κλιματιστικές μονάδες είναι ο κύριος υπαίτιος για το φαινόμενο της θερινής αιχμής και εισαγωγή μεγάλης τιμής αέργου ισχύος στο σύστημα, όπως αναπτύχθηκε στην ενότητα 2.8.2 της εργασίας αυτής, κάνουν πολύ ενδιαφέρουσα πρόταση τη μελέτη της επίπτωσης που θα είχε στη χρήση της μονάδας η αντικατάσταση των παλαιών κλιματιστικών μονάδων των εμπορικών επιχειρήσεων του νομού με νέες συσκευές υψηλότερης ενεργειακής κλάσης. Θα εξεταστούν διάφορες περιπτώσεις αντικατάστασης συσκευών και θα υπολογιστεί η εξοικονόμηση για κάθε ένα από αυτά τα σενάρια καθώς και την επίπτωση έχει η κάθε περίπτωση εξοικονόμησης στη χρήση του ΑΕΡ1ΧΑΝ με τα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη που συνεπάγεται αυτή.

Περισσότερα για τον τρόπο υπολογισμού του περιορισμού της ζήτησης ,της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε καθώς και επεξήγηση του σεναρίου που υιοθετήθηκε στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

Αξίζει επίσης να προστεθεί στο σημείο αυτό ότι η αντιμετώπιση μέρους των παραπάνω τεχνικών προβλημάτων που αναφέρθηκαν είναι εφικτό να αντιμετωπιστούν όχι μόνο με την εξοικονόμηση φορτίου από τη πλευρά των καταναλωτών αλλά με τη συνεισφορά φορτίου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συγκεκριμένα με την εγκατάσταση και με τη χρήση φωτοβολταϊκών πάρκων. Η εν λόγω πρόταση παρουσιάστηκε σε διπλωματική εργασία του Πολυτεχνείου Κρήτης [22]²³. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκαν τα οφέλη που θα προκαλούσε στο ΣΗΕ Κρήτης η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συνολικής ισχύος $10.752,4kW$ και υπολογίστηκε η επίδραση τους στο ΣΗΕ Κρήτης ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης τους με παρόμοιο τρόπο που εφαρμόζουμε στην εργασία αυτή εξοικονόμηση φορτίου. Το σημαντικότερο σημείο που αξίζει να κρατήσουμε από την αναφορά αυτή είναι ότι τα μεγαλύτερα οφέλη για το σύστημα (οικονομικά, περιβαλλοντικά) προέκυψαν με την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών σε περιοχές εξυπηρέτησης του Υ/Σ Χανίων.

5 Μοντελοποίηση σεναρίου κλιματισμού

5.1 Εισαγωγή

Έχει γίνει κατανοητό, διαβάζοντας τις ενότητες που έχουν προηγηθεί, ότι στόχος μας σε αυτή την εργασία είναι να διερευνήσουμε το πώς επιδρά η εξοικονόμηση ενέργειας από τη πλευρά των καταναλωτών στο ΣΗΕ Κρήτης και ειδικότερα στον Υ/Σ Χανίων. Πιο συγκεκριμένα, ευελπιστούμε με τη μεθοδολογία που θα προτείνουμε, να περιοριστεί κατά το μέγιστο δυνατόν οι ώρες λειτουργίας της μονάδας ΑΕΡ1ΧΑΝ που ανήκει στον Υ/Σ Χανίων και όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.4 πρόκειται για την ακριβότερη μονάδα του εξεταζόμενου συστήματος. Ο περιορισμός αυτός θα έχει ως αποτέλεσμα ένα σύνολο θετικών επιπτώσεων τόσο στο ΣΗΕ Κρήτης όσο και στους ίδιους τους καταναλωτές.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, αρχικά αναλύουμε το σενάριο που υλοποιήσαμε, στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία με την οποία εξηγείται πως έγινε η μοντελοποίηση του και τελικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που μας προέκυψαν.

5.2 Εξεταζόμενο σενάριο

Εξοικονόμηση ενέργειας από τη πλευρά των καταναλωτών μπορεί να γίνει με ένα σύνολο στοχευόμενων κινήσεων. Επιγραμματικά μπορούμε να αναφέρουμε τις σημαντικότερες από αυτές:

- Ανάπτυξη ενεργειακής ευαισθησίας στους καταναλωτές προκειμένου να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν το ρόλο τους και να έχουν γνώση με ποιους τρόπους μπορούν να συμβάλουν καθώς και τα οφέλη τους από τις ενέργειες αυτές.
- Επιδότηση προγραμμάτων τα οποία θα δώσουν επιπλέον κίνητρο στους καταναλωτές να αντικαταστήσουν συσκευές παλαιάς τεχνολογίας με νέες αντίστοιχες μονάδες νεότερης τεχνολογίας που είναι περισσότερο αποδοτικές. Ενδεικτικό παράδειγμα της αντιμετώπισης αυτής είναι η Δράση " Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό " που παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.2.3. Όπως είδαμε με τη Δράση αυτή στο βαθμό που έλαβε μέρος οδήγησε σε ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ίση 49.56 GWh. Το παραπάνω γεγονός είναι άκρως ενθαρρυντικό και αποτελεί το βέλτιστο παράδειγμα σε πράξη για να δοθεί κίνητρο στην εφαρμογή αντίστοιχων, μεγαλύτερης εμβέλειας Δράσεων, που θα έχουν ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τη πλευρά των καταναλωτών και τα θετικά οφέλη που συνεπάγονται από το γεγονός αυτό.
- Επίσης άξιο αναφοράς είναι το πρόγραμμα Μικροενεργείν [24]²⁴ το οποίο εφαρμόστηκε το έτος 2006 και αναφέρεται στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, με βάση το πρότυπο EN 15193, σε 3.000 καταστήματα λιανικής στην Κέρκυρα. Αφορά κυρίως στη μείωση των εξόδων για το φωτισμό τους. Η

εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνθηκε με το εν λόγω πρόγραμμα υπολογίζεται σε περίπου 20 εκ. Kwh/έτος.

Στη δική μας περίπτωση θα εξετάσουμε τις αλλαγές που θα επιφέρει στο ΣΗΕ Κρήτης μία αντίστοιχη Δράση με αυτή του "Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό" στοχευόμενη αποκλειστικά στις εμπορικές επιχειρήσεις, όπως πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα Μικροενεργείν, οι οποίες εξυπηρετούν τις ενεργειακές τους ανάγκες από των Υ/Σ 2 Χανίων.

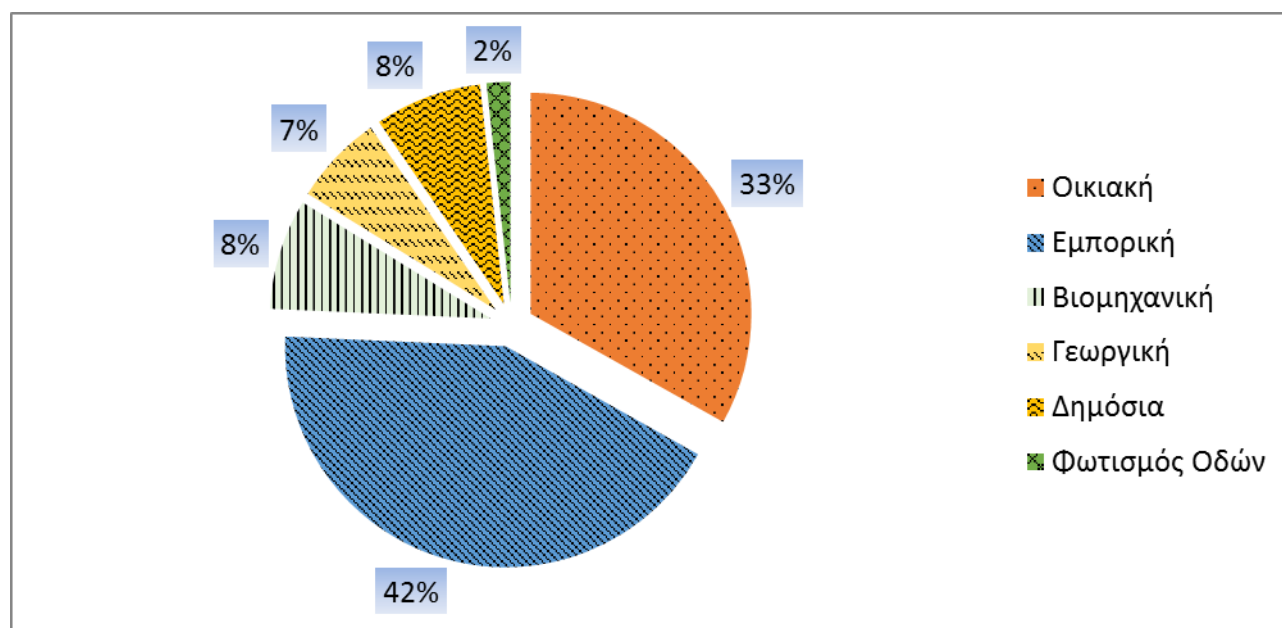
Μέσα από αυτή την ενότητα θα γίνει τεκμηρίωση των λόγων που μας οδήγησαν στην επιλογή μελέτης του εν λόγω σεναρίου.

5.2.1 Επιλογή εμπορικού τομέα

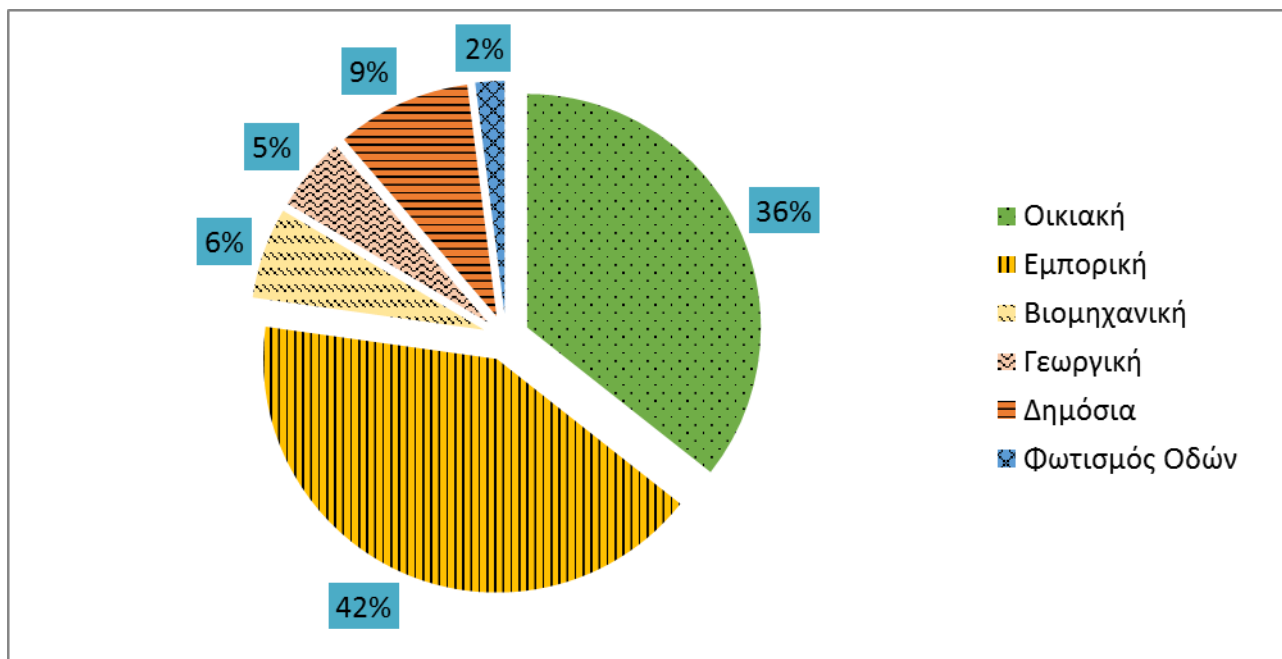
Οι λόγοι που μας οδήγησαν να επιλέξουμε σαν σενάριο μας την εφαρμογή του μέτρου στον εμπορικό τομέα θα παρουσιαστούν σε αυτή την υποενότητα.

5.2.1.1 Ενεργειακές ανάγκες του Νομού Χανίων ανά κατηγορία χρήσης

Στον γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζονται η ποσοστιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε κατηγορία χρήσης της Περιφέρειας Κρήτης Εικόνα 43 καθώς και πιο συγκεκριμένα του Νομού Χανίων στην Εικόνα 44 σύμφωνα τα στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος [25]²⁵.



Εικόνα 43: Ποσοστιαία Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενεργείας Κρήτης ανά κατηγορία χρήσης



Εικόνα 44: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Χανίων ανά κατηγορία χρήσης

Μια πρώτη παρατήρηση από τις 2 παραπάνω εικόνες είναι ότι ο νομός Χανίων παρουσιάζει πανομοιότυπη συμπεριφορά σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά τομέα χρήσης με αυτή του συνόλου της Περιφέρειας του νησιού.

Το πιο σημαντικό γεγονός, το οποίο φαίνεται ξεκάθαρα και στις 2 εικόνες είναι ότι ένα μεγάλο ποσοστό, που ξεπερνάει το 40%, των ενεργειακών αναγκών του νησιού και κατ' επέκταση και του Νομού Χανίων αντιστοιχεί στον εμπορικό τομέα. Από αυτό το γεγονός καταλαβαίνουμε πως οποιαδήποτε μεταβολή στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από αυτόν τομέα θα έχει άμεσο αντίκτυπο στη συμπεριφορά του ΣΗΕ Κρήτης μιας και πρόκειται για τον τομέα με το υψηλότερο ποσοστό.

5.2.1.2 Ώρες ένταξης Αερ1Χαν - Ταύτιση με ωράριο εμπορικού τομέα

Έχοντας ως απώτερο στόχο τον μέγιστο περιορισμό λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν του Υ/Σ 2 Χανίων είναι εξαιρετικά χρήσιμη η πληροφορία που μπορούμε να πάρουμε σχετικά με τις χρονικές στιγμές τις οποίες εντάσσεται η εν λόγω μονάδα στο σύστημα. Η συνολική περίοδος αναφοράς θα είναι πάντα τι δεύτερο εξάμηνο του 2001. Όλα τα δεδομένα μας πάρθηκαν από το σύστημα Scada Της ΔΕΗ.

Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου μελέτης, ο Αερ1Χαν συνείσφερε με παραγωγή στο ΣΗΕ Κρήτης συνολικά 346 ώρες. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το πως αυτές οι ώρες κατανέμονται μέσα στις ώρες του 24ώρου. Η ανάλυση αυτή παρουσιάζεται στην Εικόνα 45 που ακολουθεί.



Εικόνα 45:Κατανομή ωρών λειτουργίας Αερ1Χαν μέσα στο 24ώρο

Η πρώτη και σημαντικότερη παρατήρηση που μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτή είναι πως ο Αερ1Χαν, στο σύνολο των ωρών που μπήκε σε λειτουργία ήταν πάντα μεταξύ του χρονικού διαστήματος 08:00-22:00 της ημέρας. Επίσης παρουσιάζονται 2 αιχμές στις 11:00 και στις 20:00 με τη δεύτερη να αποτελεί και τη μέγιστη τιμή των φορών που εντάχθηκε η μονάδα σε επίπεδα ώρας στο σύστημα, με τη τιμή αυτή να ισούται με 47 φορές. Άξιο να σημειωθεί είναι ότι οι υπόλοιπες τιμές δεν παρουσιάζουν ανομοιόμορφες διακυμάνσεις και συγκεντρώνονται γύρω από αυτές τις 2 αιχμές.

Το ωράριο του εμπορικού τομέα μπορεί να χωριστεί σε 3 κατηγορίες:

- Δευτέρα-Τετάρτη-Σάββατο: Οι μέρες οι οποίες τα καταστήματα και υπηρεσίες είναι ανοικτά από τις 08:00 έως τις 15:00
- Τρίτη-Πέμπτη-Παρασκευή: Οι μέρες οι οποίες τα καταστήματα και υπηρεσίες είναι ανοικτά από τις 08:00 έως τις 15:00 και στη συνέχεια από τις 17:00 έως 21:00
- Κυριακή: Κλειστά καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας

Εφαρμόζοντας αυτή τη κατηγοριοποίηση ημερών στις ώρες κατά τις οποίες λειτουργούσε ο Αερ1Χαν έχουμε τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 34 που ακολουθεί.

Ομάδα Ημερών	Δευτέρα-Τετάρτη-Σάββατο	Τρίτη-Πέμπτη-Παρασκευή	Κυριακή	Σύνολο
Ιούλιος	19	37	0	56
Αύγουστος	37	67	0	104
Σεπτέμβριος	8	19	0	27
Οκτώβριος	2	11	0	13
Νοέμβριος	6	8	0	14
Δεκέμβριος	60	64	8	132
Σύνολο	132	206	8	346

Πίνακας 34: Ώρες λειτουργίας Αερ1Χαν ανά ομάδα ημερών

Το επόμενο βήμα που πραγματοποιήσαμε ήταν να εφαρμόσουμε σε αυτές τις ώρες που προέκυψαν στον Πίνακα 34 και τις ώρες λειτουργίας του εμπορικού τομέα, έτσι ώστε να απομονώσουμε τι ώρες που λειτουργούσε ο Αερ1Χαν και ήταν ταυτόχρονα σε λειτουργία τα εμπορικά καταστήματα. Με την εφαρμογή του επιπρόσθετου αυτού περιορισμού πήραμε τις τιμές του Πίνακα 35.

Ομάδα Ημερών	Δευτέρα-Τετάρτη-Σάββατο	Τρίτη-Πέμπτη-Παρασκευή	Κυριακή	Σύνολο
Ιούλιος	17	36	0	53
Αύγουστος	23	66	0	89
Σεπτέμβριος	5	19	0	24
Οκτώβριος	0	10	0	10
Νοέμβριος	2	8	0	10
Δεκέμβριος	16	58	0	74
Σύνολο	69	197	0	260

Πίνακας 35: Ταυτόχρονη λειτουργία Αερ1Χαν και εμπορικού τομέα για ομάδες ημερών

Συγκρίνοντας τα δεδομένα του και Πίνακα 34 του Πίνακα 35 μας δίνεται η δυνατότητα να υπολογίσουμε εύκολα των αριθμών των ωρών που είχαμε σε λειτουργία τη μονάδα Αερ1Χαν χωρίς να είναι σε λειτουργία ο εμπορικός τομέας ως προς την ομάδα ημερών και το μήνα.

Ομάδα Ημερών	Δευτέρα-Τετάρτη-Σάββατο	Τρίτη-Πέμπτη-Παρασκευή	Κυριακή	Σύνολο
Ιούλιος	2	1	0	3
Αύγουστος	14	1	0	15
Σεπτέμβριος	3	0	0	3
Οκτώβριος	2	1	0	3
Νοέμβριος	4	0	0	4
Δεκέμβριος	44	6	8	58
Σύνολο	63	9	8	86

Πίνακας 36: Ώρες λειτουργίας Αερ1Χαν με τον εμπορικό τομέα κλειστό

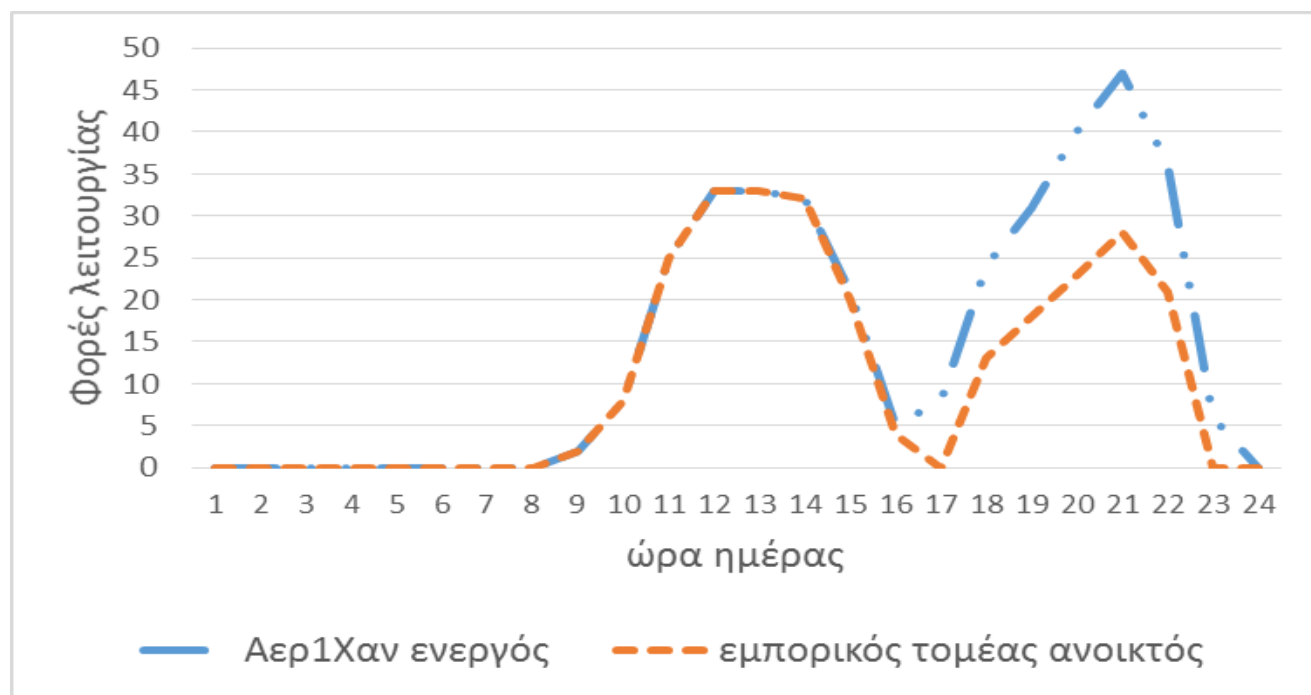
Από τον Πίνακα 36 μπορούμε να αντλήσουμε ένα σύνολο αξιόλογων αποτελεσμάτων. Το σημαντικότερο από αυτά είναι πως ο Αερ1Χαν ήταν ενταγμένος στο σύστημα μόλις 86 ώρες, από το συνολικό χρόνο ένταξης του των 346 ωρών, χωρίς να είναι ταυτόχρονα σε ωράριο λειτουργίας ο Εμπορικός τομέας του Νομού. Επομένως παρατηρείται ότι 76% των ωρών συνολικής λειτουργία της μονάδας συμπίπτουν σε πολύ μεγάλο βαθμό με τις ώρες λειτουργίας των καταστημάτων και υπηρεσιών.

Οι 86 αυτές ώρες που υπολείπονται παρουσιάζονται κατά κύριο λόγο της τάξεως του 80% στην πρώτη κατηγορία ημερών, Δευτέρας-Τετάρτης-Σαββάτου, γεγονός

αναμενόμενο μιας και τα καταστήματα είναι κλειστά κατά τις απογευματινές ώρες των ημερών αυτών. Η διαφοροποίηση στη δεύτερη ομάδα ημερών (Τρίτη-Πέμπτη-Παρασκευή) γίνεται μόλις για 9 ώρες, 11% επί του συνόλου και οι υπόλοιπες 8 ώρες που υπολείπονται (9%) προκύπτουν από τις ώρες που μπήκε η μονάδα αερίχων στο ΣΗΕ Κρήτης κατά τη διάρκεια της τελευταίας μέρας της εβδομάδας, Κυριακής.

Μια αξιολογή παρατήρηση που πρέπει να γίνει σε αυτό το σημείο είναι πως στη πράξη πολλά καταστήματα του εμπορικού τομέα παραμένουν ανοιχτά κατά τη διάρκεια των απογευμάτων της πρώτης ομάδας ημερών, στη διάρκεια της τουριστικής περιόδου. Επομένως όπως καταλαβαίνουμε στη πράξη παρουσιάζεται ακόμη μεγαλύτερη ταύτιση στις ώρες λειτουργίας του Αερίχων με τις ώρες που είναι ανοιχτά τα καταστήματα. Από τη στιγμή όμως που δεν υπήρχαν επαρκή δεδομένα για την αξιολόγηση του φαινομένου αυτού κρατήσαμε τα αρχικά μας δεδομένα.

Η Εικόνα 46 που ακολουθεί μας παρουσιάζει πως κατανέμονται μέσα στις ώρες του 24ώρου οι ώρες που ο Αερίχων ήταν ενταγμένος στο ΣΗΕ Κρήτης ΚΑΙ ταυτόχρονα ήταν σε λειτουργία ο εμπορικός τομέας καθώς και η σύγκριση του με το γράφημα που παρουσιάστηκε στην Εικόνα 45.



Εικόνα 46: Σύγκριση κατανομής ωρών λειτουργίας σε συνδυασμό με τη λειτουργία του εμπορικού τομέα

Από τη σύγκριση των 2 γραφικών παρατηρούμε ότι για τις πρωινές ώρες από τις 08:00 έως και τις 15:00 οι δύο γραφικές είναι συμπίπτουν οπότε οποιαδήποτε μείωση της ζήτησης εκείνη τη περίοδο θα έχει αντίκτυπο στη λειτουργία του Αερίχων. Παρουσιάζεται μηδενισμός της δεύτερης γραφικής κατά το χρονικό διάστημα 15:00-17:00, το οποίο οφείλεται στο ότι καθ' όλη τη διάρκεια της εβδομάδας ο εμπορικός τομέας δεν λειτουργεί τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Εμφανής είναι η μικρή μείωση που παρατηρείται κατά τις απογευματινές ώρες για τον λόγο, που εξηγήθηκε αναλυτικά στη προηγούμενη παράγραφο, ότι τα καταστήματα κατά τη διάρκεια αυτής της απογευματινής περιόδου για

τις ημέρες Δευτέρα, Τετάρτη και Σάββατο της εβδομάδος παραμένουν κλειστά . Να προσθέσουμε ότι η μία ώρα που παρατηρείται στη πρώτη γραφική στις 22:00 μηδενίζεται στη δεύτερη γραφική για τον ίδιο λόγο που μηδενίστηκαν και οι μεσημεριανές ώρες 15:00-17:00.

5.2.1.3 Δεδομένα εμπορικού τομέα

Επιπρόσθετα από τους λόγους που παρουσιάσαμε στις δύο υπό ενότητες 5.2.1.1 και 5.2.1.2 ένα ακόμη σημαντικό κριτήριο επιλογής του εμπορικού τομέα ήταν η ευκολία συγκέντρωσης των δεδομένων που χρειάστηκαν καθώς και η πιο εύκολη μοντελοποίηση του προβλήματος μιας και ακολουθεί ένα συγκεκριμένο ωράριο λειτουργίας.

Το σημαντικότερο δεδομένο που χρειάστηκε ήταν ο ακριβής αριθμός επιχειρήσεων που υπάγονται στον εμπορικό τομέα του Νομού Χανίων και έπειτα από επικοινωνία με το Εμπορικό Επιμελητήριο του νομού Χανίων μας έγινε γνωστό ότι το σενάριο μας αναφέρεται σε 11.916 επιχειρήσεις. Γνωρίζοντας πλέον των αριθμό των επιχειρήσεων μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό των μονάδων κλιματισμού που θα αντικατασταθούν σύμφωνα με το σενάριο μας έτσι ώστε να υπολογιστεί η καμπύλη εξοικονόμησης που πετύχαμε.

Όπως είδαμε από την Εικόνα 44 ο επόμενος τομέας που θα παρουσίαζε ενδιαφέρον μελέτης είναι αυτός του οικιακού τομέα. Είναι εύκολο να αντιληφθούμε πως η μελέτη αυτή του τομέα θα πρόσθετε μεγαλύτερο βαθμό αβεβαιότητας των αποτελεσμάτων μιας και δεν ακολουθεί ένα συγκεκριμένο χρονικό μοτίβο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας αλλά εξαρτάται άμεσα από τον κάθε χρήστη ξεχωριστά από ένα σύνολο παραγόντων όπως είναι η ηλικία, η οικογενειακή κατάσταση και οικονομική κατάσταση, τα ενδιαφέροντα του κ.α.

Ένα ακόμη τελευταίο κίνητρο είναι ότι είχε εφαρμοστεί στο παρελθόν παρόμοιο σενάριο αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού και στον εμπορικό τομέα, όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.2.3, η Δράση "Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό". Στο εν λόγω κεφάλαιο, έγινε κατανοητή η μεγάλη ανταπόκριση που υπήρξε από τους καταναλωτές στη συγκεκριμένη δράση και παρουσιάστηκαν τα υπέρ άνω προσδοκιών αποτελέσματα που προέκυψαν. Έχοντας παρακολουθήσει ειδή πρακτικά μία Δράση σαν και αυτή, το να εξετάσουμε ένα σενάριο που μπορεί να υλοποιηθεί με την οργάνωση μίας παρόμοιας Δράσης αποτελεί ένα ρεαλιστικό και ασφαλές σενάριο.

5.2.2 Επιλογή αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκαν οι λόγοι που μας οδήγησαν να επιλέξουμε τη μελέτη του εμπορικού τομέα προκειμένου να πετύχουμε το στόχο αυτής της εργασίας. Ένα ακόμη ερώτημα που είναι σημαντικό να απαντηθεί είναι ο λόγος που επιλέξαμε ως τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού σε σχέση με τους άλλες μεθόδους που μπορούμε να πετύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας στον εμπορικό τομέα.

5.2.2.1 Μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας - Εμπορικός τομέας

Εξοικονόμηση ενέργειας στον εμπορικό τομέα είναι εφικτό να επιτευχθεί με την εφαρμογή ενός μεγάλου συνόλου επενδύσεων και εφαρμογής τεχνολογιών, με τις πιο σημαντικές να παρουσιάζονται στον Πίνακας 37 που ακολουθεί [24]²⁶.

Τεχνολογία/ επένδυση	Ενδεικτική περίοδος αποπληρωμής (έτη)
Χρήση νέας τεχνολογίας φθορισμού στον φωτισμό	3-5
Εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης κτηρίων (BMS)	1-3
Εκσυγχρονισμός κλιματιστικών και ψυκτικών εγκαταστάσεων	1-3
Θερμομόνωση εγκαταστάσεων	5-8
Εισαγωγή συστημάτων σκίασης	8-10
Εισαγωγή εγκαταστάσεων συμπαραγωγής μικρής κλίμακας	7-9

Πίνακας 37: Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας με εφαρμογή των εμπορικό τομέα

Όπως βλέπουμε από το σύνολο των διαθέσιμων επενδύσεων, η αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού έχει την μικρότερη ενδεικτική περίοδο αποπληρωμής. Επίσης πρόκειται για συσκευές που συναντιούνται στο σύνολο των επιχειρήσεων του εμπορικού τομέα και δεν εξαρτώνται από παράγοντες όπως είναι το μέγεθος και το είδος της επιχείρησης. Επομένως με την επιλογή αυτή της πρότασης έχουμε μια αλλαγή η οποία μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα, γρήγορα και με σχετικά χαμηλό κόστος στο πλήρες σύνολο του εμπορικού τομέα των Χανίων παρέχοντας μας την ευκαιρία να μελετήσουμε ένα ρεαλιστικό και με πρακτική εφαρμογή σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας.

5.2.2.2 Φαινόμενο Θερινής αιχμής - κλιματισμός

Όπως αναπτύχθηκε στην ενότητα 2.8.2 ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση μονάδων κλιματισμού είναι ότι ενισχύουν έντονα το φαινόμενο της θερινής αιχμής. Στη συνέχεια στην ενότητα 4.4.1 έγινε ξεκάθαρο το πώς επηρεάζει το φαινόμενο της θερινής αιχμής το ΣΗΕ Κρήτης και πόσο έντονο εν λόγω φαινόμενο, με βάση τα δεδομένα του Πίνακας 32 στο ηλεκτρικό σύστημα αναφοράς μας.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε πως επιλέγοντας να μελετήσουμε το σενάριο εξοικονόμησης ενεργείας με την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού αποτελεί και έμμεσα πρόταση για την αντιμετώπιση του ιδιαίτερα σημαντικού φαινομένου της θερινής αιχμής. Αυτό το γεγονός αποτελεί έναν ακόμη λόγο που ενισχύει την επιλογή του κλιματισμού ως σενάριο μελέτης που επιλέξαμε.

5.2.2.3 Ώρες ένταξης Αερ1Χαν - Θερμοκρασία Εξωτερικού Περιβάλλοντος

Στην ενότητα 5.2.1.2 είδαμε σε τι βαθμό ταυτίζεται η χρήση του Αερ1Χαν με τη λειτουργία του εμπορικού τομέα του Νομού Χανίων. Ακολουθώντας παρόμοια μεθοδολογία σκέψης, σε αυτή τη παράγραφο, θα εξετάσουμε τη περιβαλλοντική θερμοκρασία που είχαμε για τις ώρες που ήταν σε λειτουργία η εν λόγω μονάδα για όλους τους μήνες του 2ου εξαμήνου του έτος 2001 και θα ελέγξουμε αν η θερμοκρασία αυτή δικαιολογούσε τη χρήση μονάδων κλιματισμού στον εμπορικό τομέα. Με αυτό τον τρόπο θα καταφέρουμε να συσχετίσουμε κατά πόσο είχαμε δικαιολογημένη χρήση κλιματισμού κατά τις ώρες λειτουργίας του Αερ1Χαν έτσι ώστε να δούμε αν συνδέονται μεταξύ τους αυτά τα δύο γεγονότα.

Να σημειωθεί ότι όπως παρουσιάστηκε στον Πίνακα 1 της ενότητας 2.3.1 χρειαζόμαστε χρήση μονάδων κλιματισμού, για να δημιουργήσουμε συνθήκες ανέσεως, σε χώρους του εμπορικού τομέα, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος ξεπερνάει τους

$$T_{es} \geq 24^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

για τους θερινούς μήνες και όταν είναι κάτω από

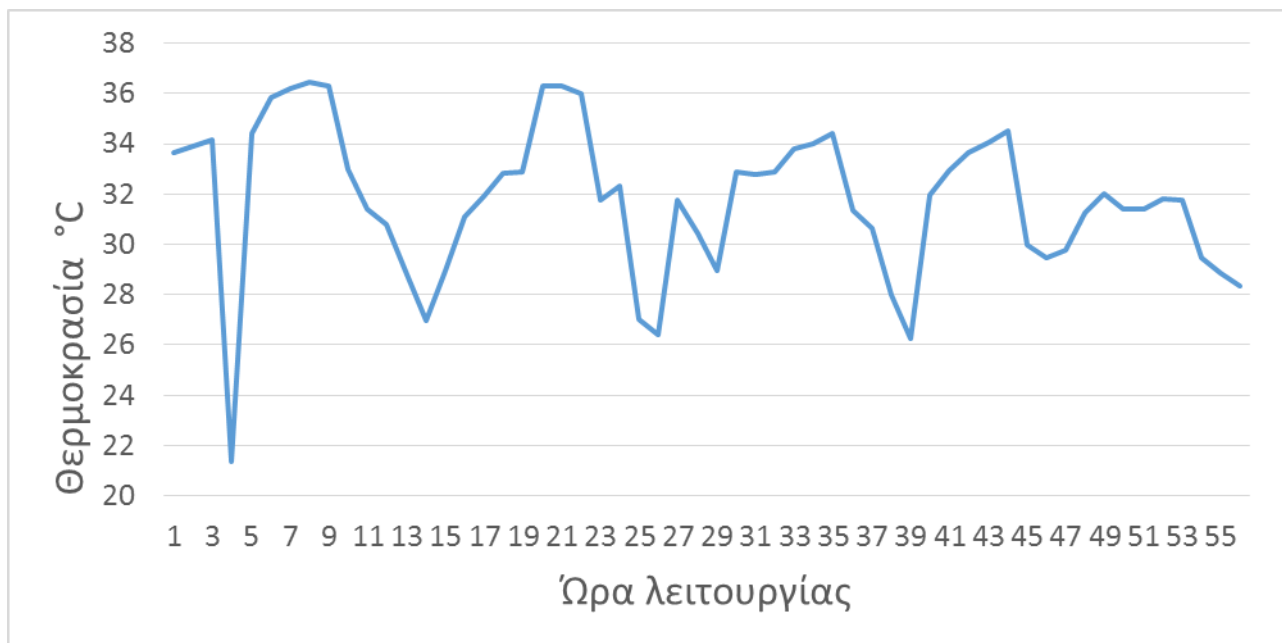
$$T_{ew} \leq 20^{\circ}\text{C} \quad (6)$$

κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου.

Στη συνέχεια της ενότητας θα γίνει η παραπάνω λεπτομερής ανάλυση αρχικά για τον μήνα Ιούλιο 2001 και στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα για τους υπόλοιπους 5 μήνες του εξεταζόμενου σεναρίου που προέκυψαν ακολουθώντας ακριβώς την ίδια μεθοδολογία.

- Ιούλιος 2001

Στην Εικόνα 47 που ακολουθεί παρουσιάζεται η περιβαλλοντική θερμοκρασία του νόμου για το σύνολο των 56 ωρών που λειτούργησε η μονάδα Αερ1Χαν στη διάρκεια του μήνα Ιουλίου.



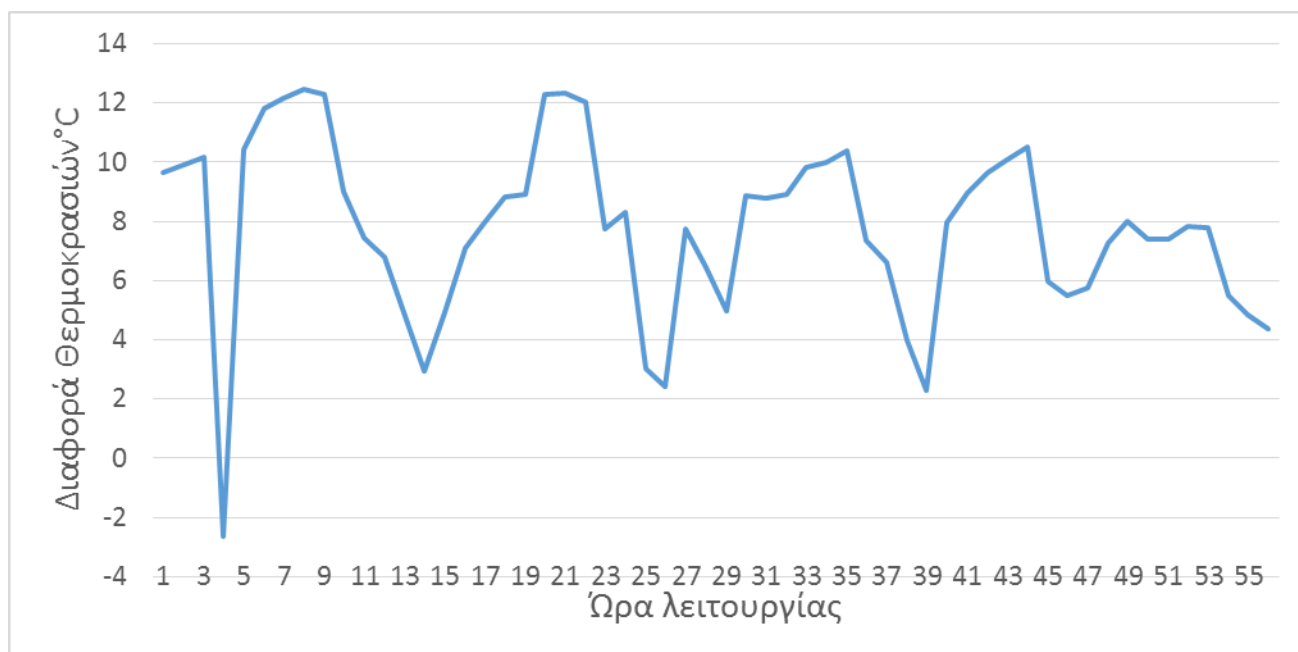
Εικόνα 47: Θερμοκρασία περιβάλλοντος για τις ώρες λειτουργίας Αερ1 - Ιούλιος

Από το παραπάνω γράφημα μπορούμε εύκολα να εξάγουμε τα εξής χρήσιμα συμπεράσματα:

- Η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος για τις ώρες λειτουργίας του Αερ1Χαν για τον μήνα Ιούλιο είναι ίση με 31.7 °C.
- Η μέγιστη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε ήταν 36.4 °C.
- Η ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε ήταν 21.3 °C, στη χρονική στιγμή 4. Όπως καταλαβαίνουμε αυτή η τιμή δεν είναι δικαιολογείται για θερμοκρασία που αναφέρεται στο Νομό των Χανίων, Ιούλη μήνα, 10:00 συγκρίνοντας τη και με τις υπόλοιπες τιμές. Για το λόγο αυτό, υποθέτουμε είναι λάθος από το σύστημα Scada της ΔΕΗ, την αγνοούμε και παίρνουμε την αμέσως επόμενη τιμή η οποία είναι 26.3°C.

Αφαιρώντας από κάθε τιμή του διαγράμματος την ελαχίστη τιμή της σταθεράς T_{es} , δηλαδή 24°C, οι θετικές τιμές που θα πάρουμε θα είναι οι περιπτώσεις όπου η εξωτερική θερμοκρασία δικαιολογεί χρήση μονάδων κλιματισμού για την επίτευξη συνθηκών ανέσεως.

Στην Εικόνα 48 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι διαφορές αυτές.



Εικόνα 48: Διαφορά εξωτερικής θερμοκρασίας με θερμοκρασία αναφοράς

Παρατηρούμε ότι μόνο για μία τιμή, εκείνη που αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή 4, παρατηρείται διαφορά ≤ 0 . Το παραπάνω συμπέρασμα είναι άκρως λογικό μιας και έχουμε δείξει ότι η ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε τον μήνα Ιούλιο ήταν 26.3°C για τις ώρες λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν.

Από τα παραπάνω μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι για τον μήνα Ιούλιο του έτους 2001 όλες οι ώρες, στο σύνολο 56, τις οποίες ο Αερ1Χαν ήταν σε λειτουργία ήταν απαραίτητη η χρήση κλιματιστικών μονάδων από τις εμπορικές επιχειρήσεις του Νομού για να πετύχουν συνθήκες ανέσεως.

Με ακριβώς παρόμοια λογική έγινε ανάλυση για όλους τους υπόλοιπους μήνες του εξαμήνου και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στον Πίνακας 38 που ακολουθεί.

Θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη	Ώρες μη απαιτούμενου κλιματισμού
Ιούλιος	31.7	36.4	26.3	0
Αύγουστος	30.7	37.8	24.3	0
Σεπτέμβριος	31.7	38.8	24.5	0
Οκτώβριος	21.9	28.8	19.1	12
Νοέμβριος	15.7	19.0	11.3	0
Δεκέμβριος	11.3	19.9	5.2	0
Σύνολο	-	-	-	12

Πίνακας 38: πληροφορίες θερμοκρασίας - ώρες λειτουργίας Αερ1Χαν που οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν δικαιολογούν χρήση κλιματισμού

Από την ανάλυση που έγινε στην ενότητα αυτή βγάλαμε ως συμπέρασμα ότι μόλις 12 ώρες από το σύνολο των 346 ωρών που λειτούργησε ο Αερ1Χαν δεν δικαιολογούσαν τη χρήση μονάδων κλιματισμού για την δημιουργία συνθηκών ανέσεως στο εργασιακό περιβάλλον του εμπορικού τομέα. Υπολογίζοντας το ποσοστό αυτό, έχουμε ότι για περίπου το 97% των ωρών λειτουργίας του Αερ1Χαν οι περιβαλλοντικές συνθήκες του Νομού Χανίων δικαιολογούν τη χρήση μονάδων κλιματισμού. Είναι επομένως προφανές, πως εξετάζοντας το σενάριο εξοικονόμησης ενέργειας με την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού από άλλες μονάδες υψηλότερης ενεργειακής κλάσης θα έχουμε αντίκτυπο στην λειτουργία της μονάδας Αερ1Χαν.

5.2.3 Ώρες ένταξης Αερ1 σε συνδυασμό με ωράριο εμπορικού τομέα και εξωτερικής θερμοκρασίας

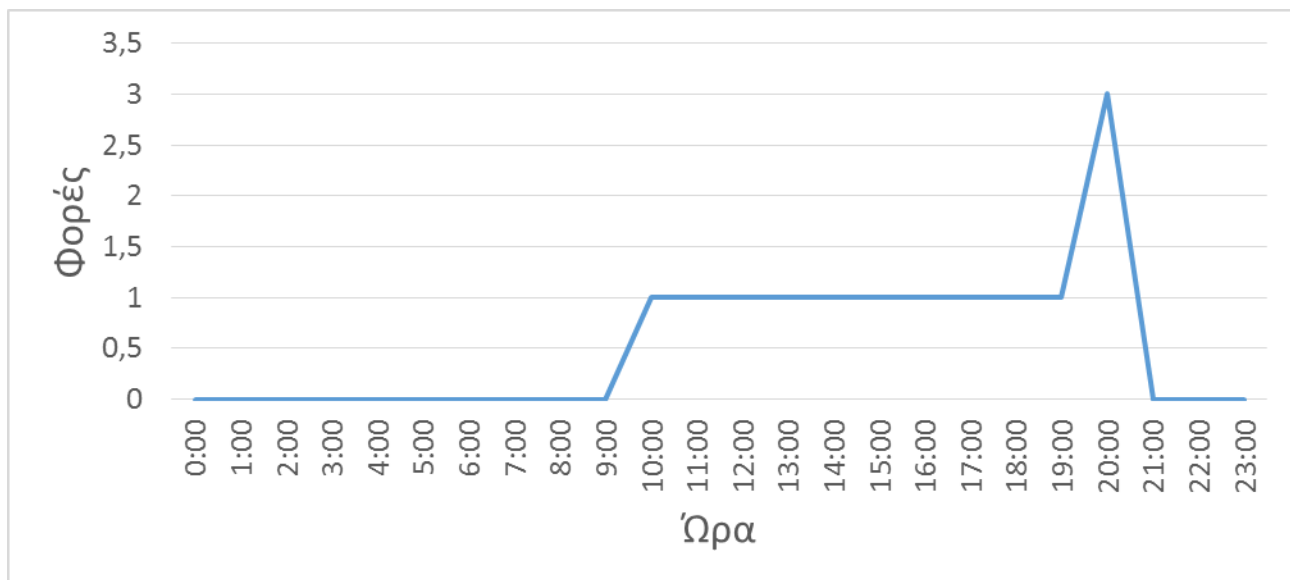
Σε αυτή την υπό-ενότητα θα συνδυάσουμε τα αποτελέσματα που πήραμε από τις υπό-ενότητες 5.2.1.2 και 5.2.2.3 που προηγήθηκαν προκειμένου να μελετήσουμε το πως συσχετίζονται οι ώρες λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν του ΣΗΕ Κρήτης για το δεύτερο εξάμηνο του έτους 2001 θέτοντας ενεργούς και τους δύο περιορισμούς, ανοικτός εμπορικός τομέας και θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος που να δικαιολογεί χρήση κλιματισμού. Με αυτό τον τρόπο θα καταφέρουμε να έχουμε πλέον τον ακριβή αριθμό των ωρών που λειτούργησε ο Αερ1Χαν για το σενάριο που επιλέξαμε να μελετήσουμε.

Εξετάζοντας τον Πίνακα 38 της υπό-ενότητας 5.2.2.3 παρατηρείται ότι μόνο για 12 ώρες κατά τον μήνα Οκτώβριο δεν είχαμε περιβαλλοντικές συνθήκες που να δικαιολογούσαν τη χρήση μονάδων κλιματισμού σε αντίθεση με όλους τους υπόλοιπους μήνες του εξαμήνου κατά τους οποίους η χρήση του Αερ1Χαν ταυτίζεται πλήρως με τις απαιτούμενες εξωτερικές θερμοκρασίες.

Από το παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η εύρεση των ωρών λειτουργίας του Αερ1Χαν κατά τις οποίες ισχύουν και οι δύο περιορισμοί του σεναρίου που εξετάζεται χρειάζεται να γίνει μόνο για τον μήνα Οκτώβριο . Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως από τη στιγμή που δεν έχουμε καμία διαφορά στις ώρες ένταξης της μονάδας όσον αφορά με την εξωτερική θερμοκρασία κατά του υπόλοιπους μήνες του εξαμήνου, ο μόνος περιορισμός που χρειάζεται να εφαρμοστεί, είναι αυτός που υπολογίστηκε στην υπό-ενότητα 5.2.1.2 και τα αποτελέσματα του παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 35.

Συνοψίζοντας αρκεί να αφαιρέσουμε από τον εν λόγω πίνακα τις ώρες για τις οποίες για το μήνα Οκτώβριο είχαμε μεν τον εμπορικό τομέα ανοικτό αλλά η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος δεν δικαιολογούσε τη χρήση κλιματισμού.

Αναλυτικά λοιπόν για το μήνα Οκτώβριο αξιοποιώντας τα δεδομένα που προέρχονται από το σύστημα Scada της ΔΕΗ μπορούμε να παραστήσουμε γραφικά το πώς κατανεμήθηκαν οι 13 ώρες λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χανια το μήνα αυτό μέσα στο 24ώρο. Η γραφική αυτή παρουσίαζεται στην Εικόνα 49 που ακολουθεί.

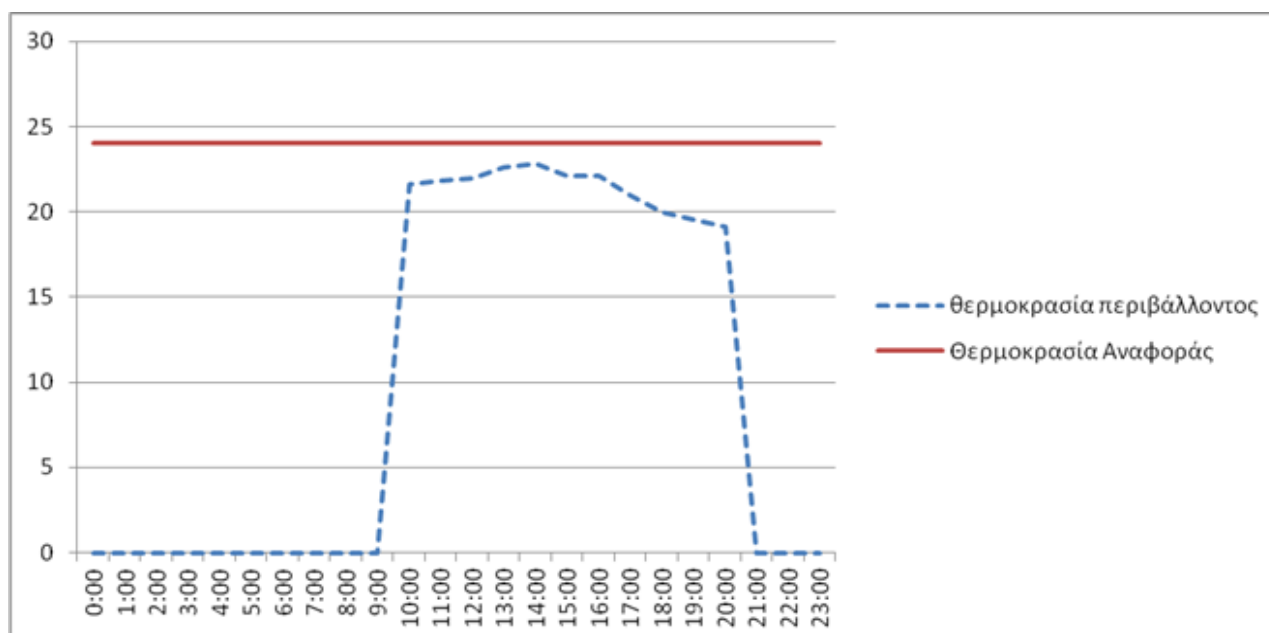


Εικόνα 49:Φορές ένταξης Αερ1Χαν ανά ώρα 24ώρου - Οκτώβριος

Σύμφωνα πάντα με τα Δεδομένα του συστήματος Scada της ΔΕΗ από αυτές τις 13 ώρες οι δύο μόλις ώρες άνοιξαν στην ομάδα ημερών Δευτέρα-Τετάρτη-Σάββατο και εμφανίστηκαν και οι δύο κατά τη χρονική στιγμή 20:00. Επομένως εύκολα καταλαβαίνουμε ότι αυτές οι δύο ώρες δεν ικανοποιούν τον περιορισμό που απαιτεί ο εμπορικός τομέας να είναι σε λειτουργία και έχουν είδη υπολογιστεί κατά την επεξεργασία που έγινε για τον υπολογισμό του Πίνακας 35.

Οι υπόλοιπες 11 ώρες που υπολείπονται αναφέρονται όλες για τη χρονική περίοδο 10:00- 20:00 της 25ής Οκτωβρίου 2001 ημέρας Πέμπτης. Από αυτές τις 11 ώρες τα καταστήματα ήταν ανοικτά τις 10 και οφείλουμε να εξετάσουμε αν αυτές οι 10 ώρες ικανοποιούσαν ταυτόχρονα το περιορισμό της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Η μία ώρα που υπολείπεται έχει προσμετρηθεί κατά τη διάρκεια υπολογισμού του Πίνακας 35 μιας και τα καταστήματα ήταν κλειστά. Αξίζει ιδιαίτερα να σημειωθεί πώς τη συγκεκριμένη ημερομηνία, όπως έχει αναφερθεί, είχε πραγματοποιηθεί διακοπή ρεύματος εξαιτίας τεχνικού προβλήματος και η μονάδα Αερ1Χαν μπήκε σε λειτουργία προκειμένου να εξυπηρετηθούν φορτία καταναλωτών εξαιτίας της διακοπής και για την ικανοποίηση της αυξημένης ζήτησης που προερχόταν από τους καταναλωτές. Το παραπάνω επιβεβαιώνεται και στη συνέχεια της παραγράφου όπου θα δούμε πως οι εξωτερικές θερμοκρασίες τις εν λόγω ώρες δεν δικαιολογούσε τη χρήση μονάδων κλιματισμού.

Στο γράφημα που ακολουθεί της Εικόνα 50 παρουσιάζεται η θερμοκρασία περιβάλλοντος για κάθε ώρα λειτουργίας ου Αερ1Χαν για την εν λόγω ημέρα σε ταυτόχρονη προβολή με την θερμοκρασία αναφοράς Tes.



Εικόνα 50: Σχέση θερμοκρασία περιβάλλοντος με θερμοκρασία αναφοράς

Από τη παραπάνω εικόνα φαίνεται ξεκάθαρα πως για καμία από τις 10 ώρες λειτουργίας που εξετάστηκαν δεν είχαμε περιβαλλοντικές συνθήκες που να δικαιολογούν τη χρήση μονάδων κλιματισμού για τη δημιουργία βέλτιστων συνθηκών ανέσεως στο εργασιακό περιβάλλον με αποτέλεσμα να μην μπορούν να ενταχθούν στο σύνολο των ωρών που αφορούν το σενάριο που εξετάζουμε.

Συγκεντρώνοντας όλα τα παραπάνω αποτελέσματα που υπολογίστηκαν στο κεφάλαιο αυτό είμαστε σε θέση πλέον να υπολογίσουμε συνολικά τις ώρες λειτουργίας του Αερ1Χαν κατά τις οποίες ο εμπορικός τομέας ήταν ανοικτός και η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος δικαιολογούσε τη χρήση μονάδων κλιματισμού. Η παρουσίαση των τελικών αυτών αποτελεσμάτων γίνεται στον Πίνακας 39 που ακολουθεί.

Ομάδα Ημερών	Δευτέρα-Τετάρτη- Σάββατο	Τρίτη-Πέμπτη- Παρασκευή	Κυριακή	Σύνολο
Ιούλιος	17	36	0	53
Αύγουστος	23	66	0	89
Σεπτέμβριος	5	19	0	24
Οκτώβριος	0	0	0	0
Νοέμβριος	2	8	0	10
Δεκέμβριος	16	58	0	74
Σύνολο	63	187	0	250

Πίνακας 39: Ώρες λειτουργίας Αερ1Χαν με συνθήκες κλιματισμού και ανοικτά εμπορικά καταστήματα

Συγκρίνοντας τα δεδομένα του Πίνακας 39 που μόλις προέκυψαν με αυτά του Πίνακας 34 στον οποίο έχουν παρουσιαστεί οι συνολικές ώρες λειτουργίας του Αερ1Χαν για το δεύτερο εξάμηνο του 2001 μας δίνεται η δυνατότητα να υπολογίσουμε εύκολα των αριθμών των ωρών που είχαμε σε λειτουργία τη μονάδα Αερ1Χαν χωρίς να είναι σε λειτουργία ο εμπορικός τομέας ή η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος να μην

δικαιολογεί τη χρήση κλιματισμού ως προς την ομάδα ημερών και το μήνα. Τα τελικά αυτά αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν στον Πίνακα 40 και έχουν ως εξής:

Ομάδα Ημερών	Δευτέρα- Τετάρτη- Σάββατο	Τρίτη- Πέμπτη- Παρασκευή	Κυριακή	Σύνολο
Ιούλιος	2	1	0	3
Αύγουστος	14	1	0	15
Σεπτέμβριος	3	0	0	3
Οκτώβριος	2	11	0	13
Νοέμβριος	4	0	0	4
Δεκέμβριος	44	6	8	58
Σύνολο	69	19	8	96

Πίνακας 40: Ώρες λειτουργίας Αερ1Χαν εκτός εξεταζόμενου σεναρίου

Εξετάζοντας λοιπόν όλους τους περιορισμούς που πρέπει να ικανοποιεί το σενάριο μας υπολογίσαμε ότι οι 250 ώρες λειτουργίας από τις συνολικές 346 λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν τους ικανοποιούν πλήρως. Το παραπάνω σημαίνει πως το σενάριο που επιλέχθηκε να μελετηθεί σε αυτή την εργασία καλύπτει περίπου το 73% των περιπτώσεων που εντάχθηκε στο ΣΗΕ Κρήτης η μονάδα Αερ1Χαν του Υ/Σ Χανίων, ποσοστό αρκετά ικανοποιητικό για να θεωρήσουμε ότι αλλαγές που θα μελετήσουμε θα έχουν άμεσο αντίκτυπο στη λειτουργία της μονάδας Αερ1Χαν.

Το υπόλοιπο 27% των περιπτώσεων που δεν ικανοποιεί τους περιορισμούς που τέθηκαν οφείλεται κατά περίπου 90% σε ώρες όπου λειτουργούσε ο Αερ1Χαν κατά τις απογευματινές ώρες των ημερών Δευτέρας-Τετάρτης-Σάββατο και τα καταστήματα είναι κλειστά και μόλις το 10% σε μη δικαιολογημένη χρήση μονάδων κλιματισμού εξαιτίας της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Αξίζει να σημειωθεί ότι πρακτικά αυτές οι ώρες είναι ακόμη λιγότερες μιας όπως και αναφέρθηκε στην ενότητα 5.2.1.2 είναι συχνό φαινόμενο να παραμένουν καταστήματα ανοιχτά κατά αυτές τις ώρες κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου.

5.2.4 Σενάριο υλοποίησης

Με την ανάλυση που έγινε στις 2 υπό-ενότητες που προηγήθηκαν 5.2.1 και 5.2.2 τεκμηριώθηκαν πλήρως τα κριτήρια με τα οποία επιλέχτηκε το να εξεταστεί η επίδραση που θα έχει στο Ηλεκτρικό Δίκτυο του Νομού Χανίων και κατά συνέπεια στο ΣΗΕ Κρήτης η αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού από τον εμπορικό τομέα του Νομού.

Πιο συγκεκριμένα θα μελετήσουμε το σενάριο χρηματοδότησης αντικατάστασης μίας μονάδας κλιματισμού 12.000 BTU ενεργειακής κλάσης C από αντίστοιχη μονάδα κλιματισμού ενεργειακής κλάσης A, για κάθε μία από τις 11.916 επιχειρήσεις του εμπορικού τομέα του Νομού Χανίων.

Στην επόμενη ενότητα του κεφαλαίου θα αναπτυχθεί η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για να υπολογιστεί η καμπύλη εξοικονόμησης που επιτεύχθηκε με την υλοποίηση του σεναρίου που μόλις αναφέρθηκε καθώς και θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα αυτής.

5.3 Αλγόριθμός υπολογισμού καμπύλης εξοικονόμησης

Γνωρίζουμε, έπειτα από την αναλυτική επεξήγηση του υπό μελέτης σεναρίου που έγινε στη προηγούμενη ενότητα, όλα τα απαραίτητα δεδομένα για να προχωρήσουμε στην προσομοίωση του προβλήματος εκτός από ένα, αυτό της τιμής της εξοικονόμησης φορτίου και κατά συνέπεια ενέργειας που πετύχαμε με την αντικατάσταση των 11.916 μονάδων κλιματισμού ενεργειακής κλάσης C 12.000 BTU, με αντίστοιχες μονάδες ενεργειακής κλάσης A. Είναι εμφανής η αξία του εν λόγω δεδομένου και για αυτό το λόγο θα αφιερώσουμε την ενότητα που ακολουθεί στο να αναλυθεί πλήρως ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε για να υπολογιστεί.

Αρχικά θα υπολογίσουμε την αποδιδόμενη εγκατεστημένη ισχύ Ψύξης -Θέρμανσης για το σύνολο των μονάδων κλιματισμού που εξετάζουμε καθώς και την ηλεκτρική ισχύ που απαιτείται για να αποδοθεί αυτή από μονάδες κλάσης τύπου A και C αντίστοιχα.

Στη συνέχεια θα γίνει λεπτομερής ανάλυση του αλγορίθμου με τον οποίο υπολογίσαμε την ηλεκτρική ισχύ που απαιτείται για τη κάλυψη των αναγκών ψύξης-θέρμανσης, αναλόγως την εποχή, του εμπορικού τομέα για κάθε χρονική στιγμή λειτουργίας του Αερίχαν σύμφωνα με τον Πίνακα 39 τόσο από μονάδες κλιματισμού ενεργειακής κλάσης C όσο και από μονάδες ενεργειακής κλάσης A. Υπενθυμίζουμε ότι οι ώρες αυτές είναι εκείνες που καλύπτουν πλήρως τους περιορισμούς του σεναρίου που εξετάζουμε. Για όλες τις υπόλοιπες ώρες δεν θα προβούμε σε υπολογισμό αυτής της απαιτούμενης ισχύος μιας και δεν ικανοποιούν τους περιορισμούς που τέθηκαν και δε θα ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς που θα ακολουθήσουν.

Γνωρίζοντας πλέον την ισχύ που απαιτείται και για τους 2 τύπους μονάδων για όλες τις χρονικές στιγμές λειτουργίας που μας ενδιαφέρουν της μονάδας Αερίχαν είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την εξοικονόμηση ισχύος που έχουμε για κάθε χρονική στιγμή με την αντικατάσταση των μονάδων.

Η ενότητα θα κλείσει με την παρουσίαση και σχολιασμό των αποτελεσμάτων που πήραμε από την υλοποίηση του αλγορίθμου καθώς και με την προβολή των γραφικών παραστάσεων των καμπυλών εξοικονόμησης ισχύος που υπολογίστηκαν.

5.3.1 Εγκατεστημένη ισχύς κλιματισμού

Στην υπό-ενότητα αυτή θα υπολογιστεί αρχικά η αποδιδόμενη εγκατεστημένη ισχύ ψύξης - θέρμανσης που προκύπτει από τις 11.916 εγκατεστημένες μονάδες των 12.000 BTU του σεναρίου μας.

Η μετατροπή της θερμικής μονάδας μέτρησης BTU σε Wh γίνεται με τη σχέση:

$$1 \text{ BTU} = 0.29307107 \text{ Wh} \quad (7)$$

Διαιρώντας με τη μονάδα του χρόνου έχουμε:

$$1 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} = 0.29397107 \text{ W} \quad (8)$$

Με τη χρήση της εξίσωσης (8) μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την ισχύ P_w που αντιστοιχούν τα 12.000 BTU/hr που αποδίδει η κάθε μονάδα που εξετάζουμε ανά δεδομένη χρονική στιγμή. Έχουμε:

$$P_w = 12000 * 0.29307107 \text{ W} = 3516.9 \text{ W} \quad (9)$$

Πλέον για να υπολογιστεί η συνολική αποδιδόμενη εγκατεστημένη ισχύς του σεναρίου μας το μόνο που απομένει να γίνει είναι να πολλαπλασιαστεί η που τιμή προέκυψε από τη σχέση (9) με τον αριθμό του συνόλου των μονάδων της περίπτωσης που εξετάζουμε.

$$Q_{\text{εγκ}} = 11916 * P_w \quad (10)$$

Με την αντικατάσταση της τιμής P_w στην εξίσωση (10) έχουμε ότι :

$$Q_{\text{εγκ}} = 41907.4 \text{ KW} \quad (11)$$

Γνωρίζοντας πλέον την αποδιδόμενη εγκατεστημένη ισχύ των 11.916 μονάδων κλιματισμού 12.000 BTU το επόμενο στοιχείο που χρειάζεται να υπολογιστεί είναι η τιμή της ηλεκτρικής ισχύος που χρειάζεται για να αποδοθεί αυτή σχετικά και με τους δύο τύπους συσκευών κλιματισμού που εξετάζουμε. Στην ενότητα 2.5.3 είδαμε ότι η μόνη παράμετρος που επηρεάζει την τιμή αυτή είναι ο συντελεστής απόδοσης COP της κάθε συσκευής και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{εγκ}}}{Q_d} \quad (12)$$

Στον Πίνακα 3 παρουσιάστηκαν οι συντελεστές απόδοσης τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση ενός μεγάλου συνόλου συσκευών που κυκλοφορούν ευρέως στην αγορά την τρέχουσα χρονική περίοδο. Είναι κατανοητό πως δεν είναι εφικτό να γνωρίζουμε συγκεκριμένα το μοντέλο της συσκευής κλιματισμού που χρησιμοποιείται σε κάθε επιχείρηση του εμπορικού τομέα καθώς και ούτε το μοντέλο με το οποίο θα επιλέξει ο κάθε επιχειρηματίας να κάνει την αντικατάσταση. Για αυτό το λόγο αποφασίστηκε να υπολογιστεί ο μέσος όρος των συντελεστών απόδοσης για ψύξη και για θέρμανση για συσκευές κλιματισμού ενεργειακής κλάσης A και C από ένα μεγάλο σύνολο μοντέλων που κυκλοφορούσαν ευρέως στην αγορά σε κοντινή χρονική περίοδο με αυτή που αναφέρεται το σενάριο που εξετάζουμε το έτος 2001 [25]²⁷. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 41 που ακολουθεί.

Ενεργειακή κλάση	Ψύξη	Θέρμανση
A	3.3	3.7
C	2.8	3.2

Πίνακας 41: Μέσος όρος συντελεστών απόδοσης κλιματισμού

Αντικαθιστώντας τις παραπάνω τιμές του Πίνακας 41 στην εξίσωση (12) και με την γνωστή πλέον τιμή της μεταβλητής Q_{εγκ} είναι πλέον εύκολα εφικτό να υπολογιστεί η ζητούμενη ηλεκτρική ισχύς, για κάθε εξεταζόμενη περίπτωση, που απαιτούν οι 11.916 σε λειτουργία πλήρες φορτίου. Οι τιμές που υπολογίστηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακας 42.

Ενεργειακή κλάση	Ψυχτική Ισχύς (KW)	Ηλεκτρική Ισχύς (KW)
A	41907,4	11028,3
C	41907,4	14450,8

Πίνακας 42: Ηλεκτρική και ψυχτική Ισχύς των δύο περιπτώσεων

Μια γρήγορη και εύκολη παρατήρηση που μπορεί να γίνει μελετώντας τα δεδομένα που προέκυψαν στο Πίνακας 42 είναι ότι η αντικατάσταση που μελετάμε οδήγησε στο να εξοικονομήσουμε έως και 24% του ηλεκτρικού φορτίου που απαιτείται για να λειτουργήσουν οι μονάδες σε πλήρες φορτίο κατά τη λειτουργία ψύξης.

5.3.2 Υπολογισμός φορτίου κλιματισμού

Υπολογίζοντας στην προηγούμενη ενότητα το φορτίο που απαιτείται για την λειτουργία των μονάδων κλιματισμού σε πλήρες φορτίο, τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση, των δύο ενεργειακών κλάσεων που μελετιούνται θα μπορούσε κανείς να παρασυρθεί στο συμπέρασμα πώς αφαιρώντας την υπολογισμένη τιμή της κλάσης A από αυτή της κλάσης C, θα μας προκύψει η εξοικονόμηση που θα είχαμε για κάθε δεδομένη χρονική στιγμή λειτουργίας του Αερ1Χαν. Στη συνέχεια θα αντιστοιχούσαμε αυτή τη τιμή σε κάθε μία ώρα λειτουργίας του Αερ1Χαν για το εξεταζόμενο σενάριο και θα είχαμε δημιουργήσει τη καμπύλη εξοικονόμησης φορτίου που ψάχνουμε.

Ο παραπάνω συλλογισμένος είναι όμως εσφαλμένος για τον λόγο ότι έχουμε αυτόματα θεωρήσει ότι οι μονάδες κλιματισμού θα λειτουργούν διαρκώς σε πλήρες φορτίο. Το γεγονός αυτό δεν ισχύει επειδή το φορτίο των μονάδων κλιματισμού που εξετάζουμε είναι άμεσα συσχετισμένο κάθε χρονική στιγμή με την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος και με την θερμοκρασία που θέλουμε να επιτύχουμε στον εσωτερικό χώρο.

Για να προχωρήσουμε στους απαραίτητους υπολογισμούς του φορτίου κλιματισμού κάθε δεδομένης χρονικής στιγμής λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν για το σενάριο το οποίο εξετάζεται είναι ιδιαίτερος χρήσιμο να οριστούν οι θερμοκρασίες που έχουν επιλεγεί ως ιδανικές να υπάρχουν στον εργασιακό χώρο για τη θερινή και χειμερινή περίοδο. Οι ορισμοί αυτοί έγιναν στην ενότητα 5.2.2.3 και παρουσιάζονται στις σχέσεις (5) και (6) της εν λόγω ενότητας.

Οι αναθέσεις αυτές δεν έγιναν με αυθαίρετο τρόπο αλλά ακολουθήθηκαν οι προδιαγραφές που αναφέρονται στη παράγραφο 2.3.1 σχετικά με τις συνθήκες ανέσεως σε εργασιακό περιβάλλον.

Η σχέση που περιγράφει τη μεταφορά θερμότητας σε αντλίες θερμότητας όπως είναι οι μονάδες κλιματισμού τύπου split unit τις οποίες και εξετάζουμε δίνεται από τη σχέση:

$$Q = U * A * \Delta t \quad (13)$$

όπου Q: αποδιδόμενο φορτίο

U: συντελεστής μεταφοράς θερμότητας

A: εμβαδό χώρου αναφοράς

Δt : διαφορά εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας

Θεωρούμε, εξετάζοντας τη τεχνική περιγραφή κτιρίου αντιστοίχου της ομάδας των εξεταζόμενων χώρων [28]²⁸, ότι η επιλογή εγκατάστασης μιας μονάδα κλιματισμού 12.000 BTU έγινε με κριτήριο η διαφορά της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος από αυτή της εσωτερικής θερμοκρασίας ανέσεως Tcs, του χώρου που εξυπηρετεί η μονάδα, να είναι 10°C σε πλήρη λειτουργία της μονάδας κατά τους θερινούς μήνες. Το παραπάνω με τη χρήση της εξίσωσης (13) μεταφράζεται :

$$Q_{\text{εγκ}} = U * A * 10 \quad (14)$$

Πρακτικά το παραπάνω σημαίνει πως όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη κατά 10°C από τη θερμοκρασία ανέσεως Tes οι μονάδες λειτουργούν σε πλήρες φορτίο.

Διαιρώντας κατά μέλη τις εξισώσεις (13) και (14) παίρνουμε:

$$Q = \frac{Q_{\text{εγκ}} * \Delta t}{10} \quad (15)$$

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση (15) το Δt για κάθε ώρα λειτουργίας του Aer1Xan, το οποίο προκύπτει αφαιρώντας από τη περιβαλλοντική θερμοκρασία που είχαμε τη συγκεκριμένη ώρα λειτουργίας της μονάδας τη σταθερά Tcs, μπορούμε να έχουμε μία πολύ καλή προσέγγιση για το ψυκτικό φορτίο που αποδόθηκε από το σύνολο των μονάδων μας. Στη πραγματικότητα το πηλίκο $\Delta t/10$ εκφράζει τον "συντελεστή χρησιμοποίησης" των κλιματιστικών μονάδων. Να σημειώσουμε ότι για διαφορές θερμοκρασίας μεγαλύτερες των 10°C ο συντελεστής αυτός κλειδώνει στη τιμή 1 μιας και δεν είναι τεχνικά εφικτό να αποδοθεί περισσότερη από την εγκατεστημένη ψυχτική ισχύ.

Η ίδια ακριβώς μεθοδολογία, με μία μικρή διαφοροποίηση, εφαρμόζεται για τον υπολογισμό του αποδιδόμενου θερμικού φορτίου από όλες τις μονάδες κλιματισμού του σεναρίου μας κατά τους χειμερινούς μήνες. Η διαφορά παρουσιάζεται στο γεγονός ότι αυτή τη φορά η διαστασιολόγηση έγινε με τη διαφορά θερμοκρασίας Δt στους 20°C και η θερμοκρασία αναφοράς στους 3°C αντί τους 0°C που είχαμε στη προηγούμενη περίπτωση. Από τα παραπάνω έχουμε ότι για τους χειμερινούς ισχύει:

$$Q_{\text{εγκ}} = U * A * 17 \quad (16)$$

Στη συνέχεια επεξεργαζόμαστε τα δεδομένα με την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη θερινή περίοδο, μην ξεχνώντας ότι σε αυτή τη περίπτωση ορίζεται ως εσωτερική θερμοκρασία η θερμοκρασία ανέσεως T_{cw} .

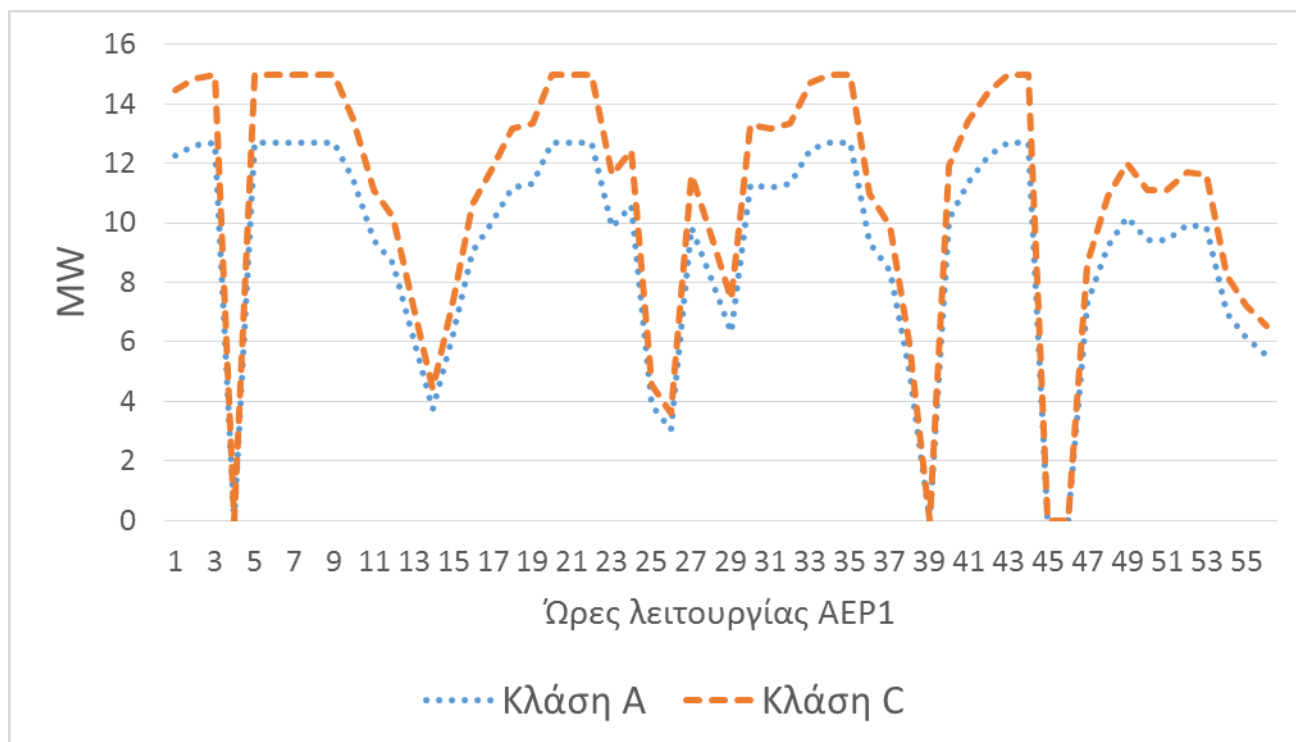
Από τη στιγμή που έχει υπολογιστεί το αποδιδόμενο ψυχτικό/θερμικό φορτίο για όλες τις ώρες λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν που αφορούν το εξεταζόμενο σενάριο απομένει να διαιρέσουμε αυτό το φορτίο με τον αντίστοιχο συντελεστή απόδοσης των μονάδων κλιματισμού ανάλογα με τη κατηγορία της συσκευής που εξετάζουμε και με τη χρονική περίοδο. Το παραπάνω θα μας δώσει σαν αποτέλεσμα την ηλεκτρική ισχύ που απαιτούν οι καταναλωτές από το ΣΗΕ Κρήτης για την εξυπηρέτηση του εξεταζόμενου σεναρίου για κάθε χρονική στιγμή.

Έχοντας πλέον υπολογίσει την ζητούμενη ισχύ για όλες τις χρονικές στιγμές τόσο για τις μονάδες κλιματισμού ενεργειακής κλάσης Α όσο και για τις αντίστοιχες συσκευές ενεργειακής κλάσης C είναι εύκολο να υπολογίσουμε τη διαφορά τους. Η διαφορά αυτή μας δίνει κάθε χρονική στιγμή την εξοικονόμηση ισχύος που θα επιτυγχάναμε με την αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού.

Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που πήραμε εξετάζοντας τον μήνα Ιούλιο 2001 και στη συνέχεια θα παρουσιαστούν συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για κάθε μήνα του δευτέρου εξαμήνου του έτους 2001.

- Ιούλιος

Στη Γραφική που παρουσιάζεται στην Εικόνα 51 φαίνονται το μέγεθος της ηλεκτρικής ισχύος (MW) που απαιτούνταν κάθε χρονική στιγμής λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν για το σύνολο των ωρών που λειτούργησε κατά τη διάρκεια του μήνα Ιούλιο του έτος 2001 τόσο από μονάδες κλιματισμού ενεργειακής κλάσης Α όσο και από αντίστοιχες μονάδες κλιματισμού κλάσης C.



Εικόνα 51: Ηλεκτρική ισχύς (MW) κλιματισμού-Ιούλιος

Από τη γραφική παράσταση της Εικόνα 51 αξίζει προκύπτουν οι εξής χρήσιμες παρατηρήσεις:

1. Όπως ήταν αναμενόμενο είναι εμφανές η μικρότερη ανάγκη ηλεκτρικού φορτίου για την εξυπηρέτηση της ίδιας θερμικής ισχύος από τις μονάδες κλιματισμού κλάσης A σε σχέση με τις μονάδες κλιματισμού κλάσης C. Το ποσοστό μεταβολής είναι 24%.

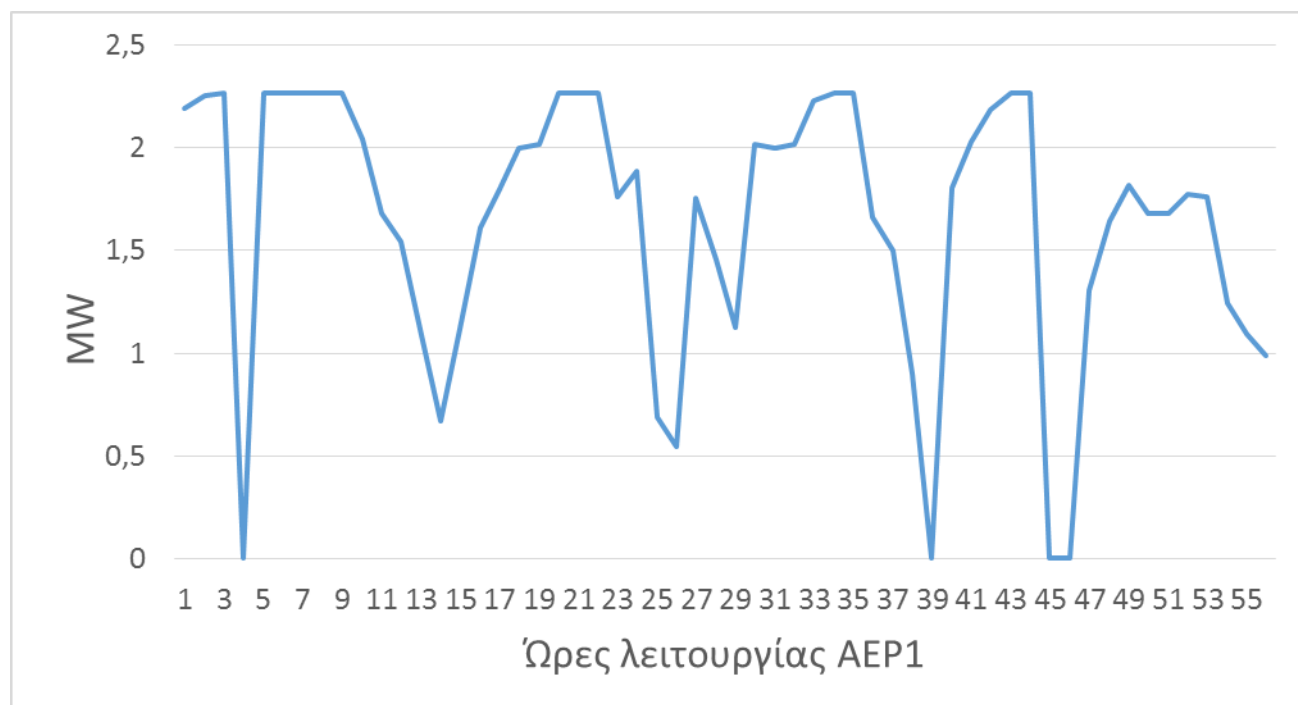
2. Τις χρονικές στιγμές 4, 39, 45 και 46 παρατηρείται μηδενική ηλεκτρική ισχύ και για τις 2 περιπτώσεις. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τη χρονική 4 παρατηρήσαμε λανθασμένη καταγραφή από το σύστημα Scada της ΔΕΗ και για αυτό το λόγο δεν την εκλάβαμε υπόψη. Οι υπόλοιπες 3 χρονικές στιγμές αφορούν τις 3 ώρες κατά τις οποίες δεν ήταν σε λειτουργία ο εμπορικός τομέας, όπως παρουσιάστηκε στον Πίνακας 36, με αποτέλεσμα να γίνεται μηδενική χρήση των μονάδων κλιματισμού που εξετάζουμε

3. Σε αρκετά χρονικά διαστήματα και οι 2 γραφικές μας παρουσιάζουν τοπικό μέγιστο το οποίο ισούται με 11.028 MW για τις μονάδες κλάσης A και με 14.451 MW για τις αντίστοιχες μονάδες της κλάσης C. Τα χρονικά διαστήματα αυτά οι μονάδες μας δουλεύουν σε λειτουργία πλήρες φορτίου γεγονός που οφείλεται στο ότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος τις χρονικές στιγμές αυτές ίση η μεγαλύτερη των 34 °C με αποτέλεσμα οι μονάδες μας να λειτουργούν σε πλήρες φορτίο προκειμένου να επιτευχθεί κατά το βέλτιστο δυνατόν να δημιουργηθούν οι συνθήκες ανέσεως που έχουν οριστεί για τον εμπορικό τομέα.

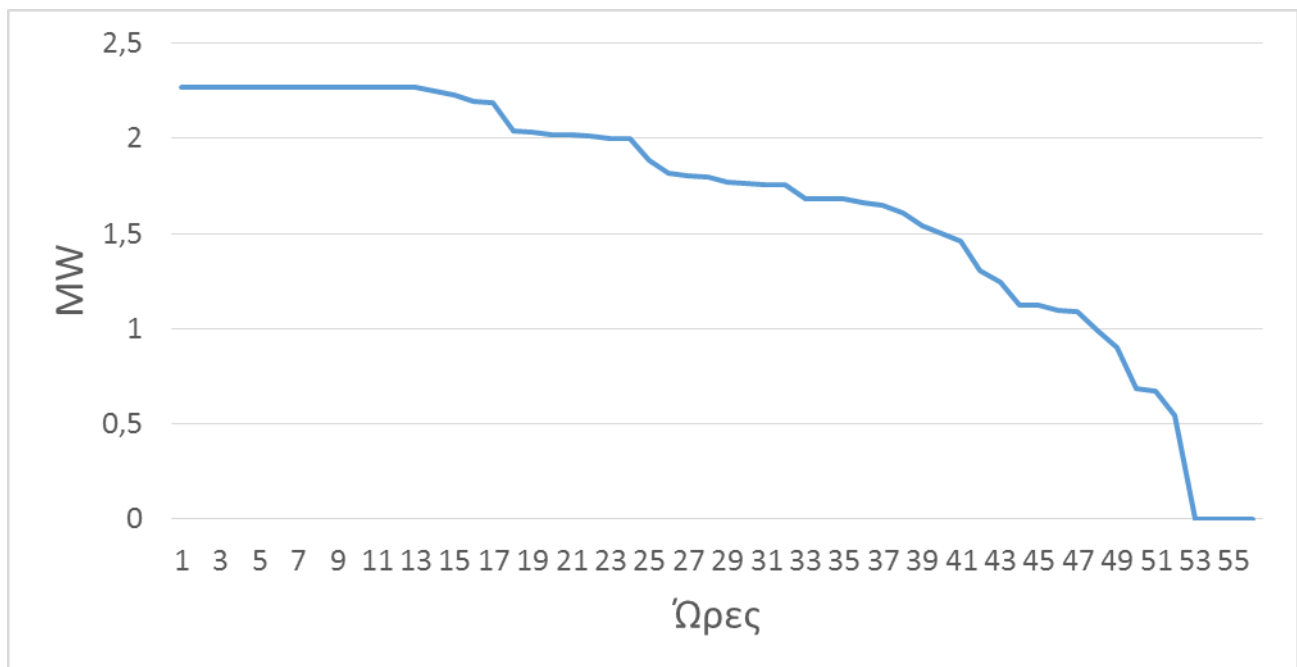
Αφαιρώντας τις τιμές των 2 παραπάνω γραφικών παραστάσεων θα μας προκύψει, για κάθε χρονική στιγμή λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν κατά τη διάρκεια του μήνα Ιουλίου, η διαφορά της ηλεκτρικής ισχύος που χρειαζόταν μεταξύ των δύο τύπων μονάδων

κλιματισμού που εξετάζουμε δηλαδή η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ισχύος που πετύχαμε με την αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού.

Η Γραφική που προέκυψε και πρόκειται για τη καμπύλη εξοικονόμησης ισχύος φαίνεται στην Εικόνα 52 που ακολουθεί και στη συνέχεια παραθέτουμε και την αντίστοιχη καμπύλη διάρκειας στην Εικόνα 53.

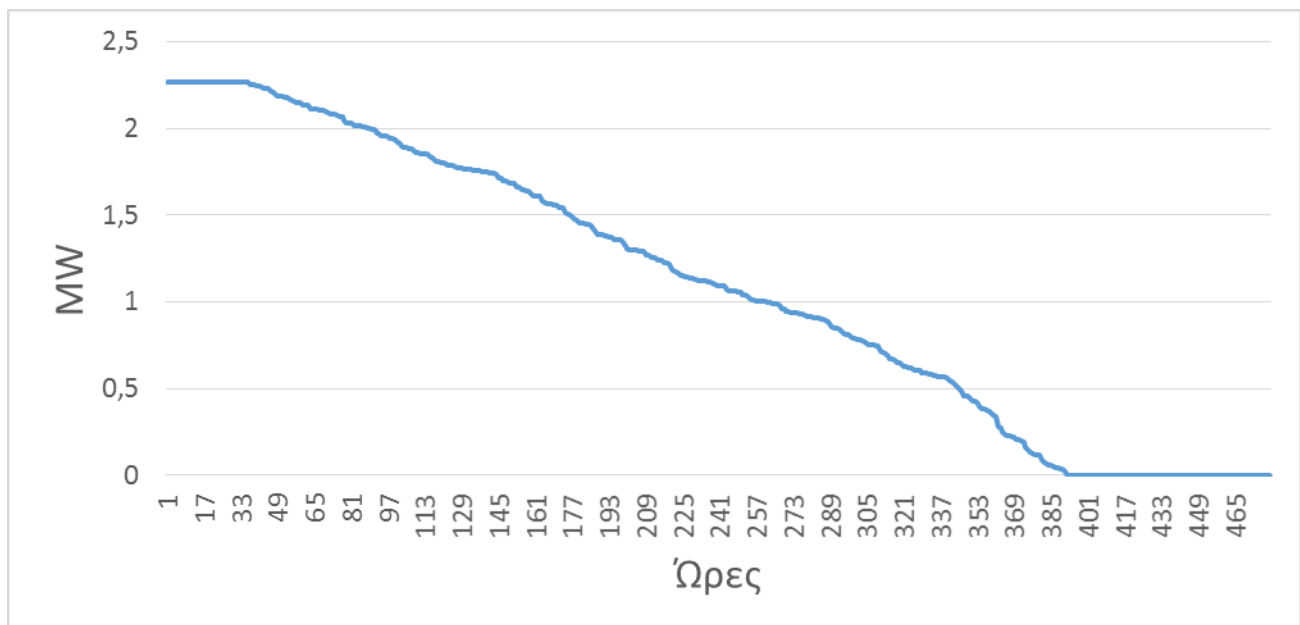


Εικόνα 52: Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ισχύος - Ιούλιος 2001



Εικόνα 53: Καμπύλη διάρκειας εξοικονόμησης φορτίου - Ιούλιος

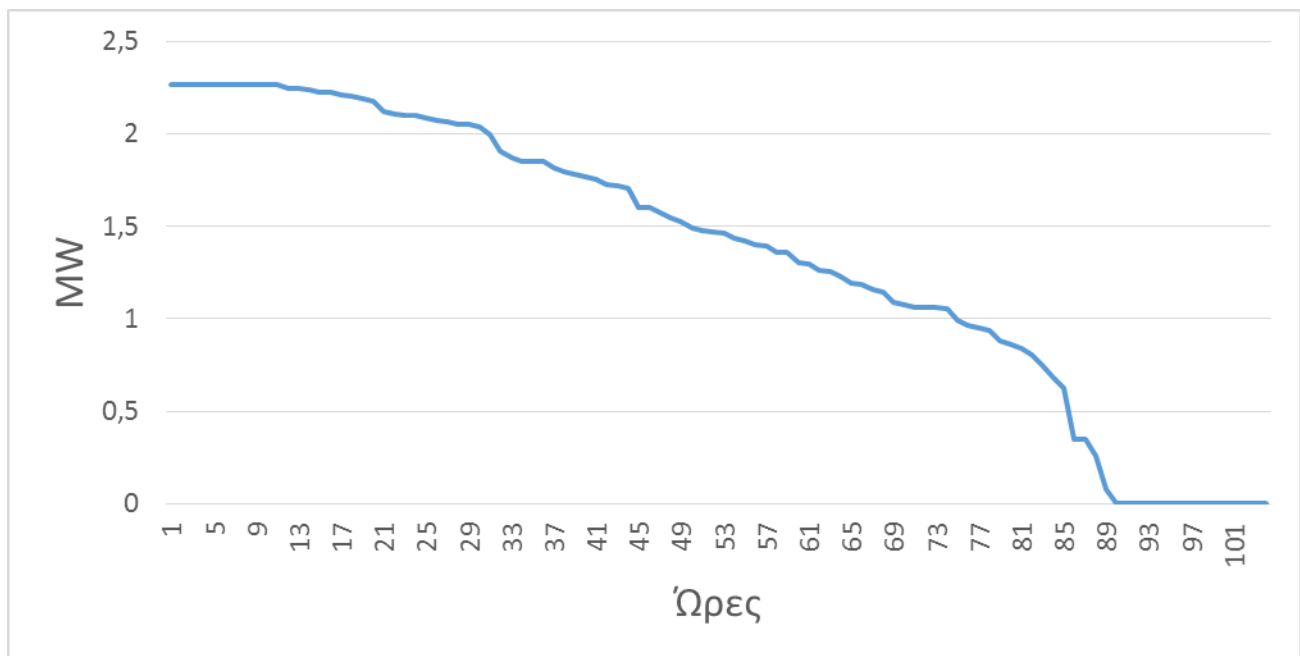
Αντίστοιχα στην Εικόνα 54 που ακολουθεί παρουσιάζεται η καμπύλη διάρκειας φορτίου για την εξοικονόμηση φορτίου που προέκυψε εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο υπολογισμού εξοικονόμησης φορτίου για όλες τις ώρες του μήνα Ιουλίου, ανεξάρτητα από το αν ήταν ενταγμένος στο σύστημα η μονάδα παραγωγής Αερ1Χαν. Αξίζει να σημειωθεί πως οι ώρες που υπολείπονται από το συνολικό αριθμό των ωρών το μήνα Ιουλίου είναι εκείνες για τις οποίες δεν είχαμε δεδομένα θερμοκρασίας από το σύστημα Scada. Επίσης όλο το σύνολο των ωρών που η θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν δικαιολογούσε χρήση μονάδων κλιματισμού με αποτέλεσμα να έχουμε μηδενική εξοικονόμηση φορτίου εμφανίστηκαν βραδινές ώρες στο χρονικό διάστημα 23:00-07:00.



Εικόνα 54: Καμπύλη διάρκειας εξοικονόμησης φορτίου σύνολο ωρών Ιουλίου 2001

Ακολουθούν οι καμπύλες διάρκειας εξοικονόμησης φορτίου που προέκυψαν, δουλεύοντας με τον ίδιο αλγόριθμο που ακολουθήθηκε για τον μήνα Ιούλιο, για τους υπόλοιπους μήνες του δευτέρου εξαμήνου του έτος 2001.

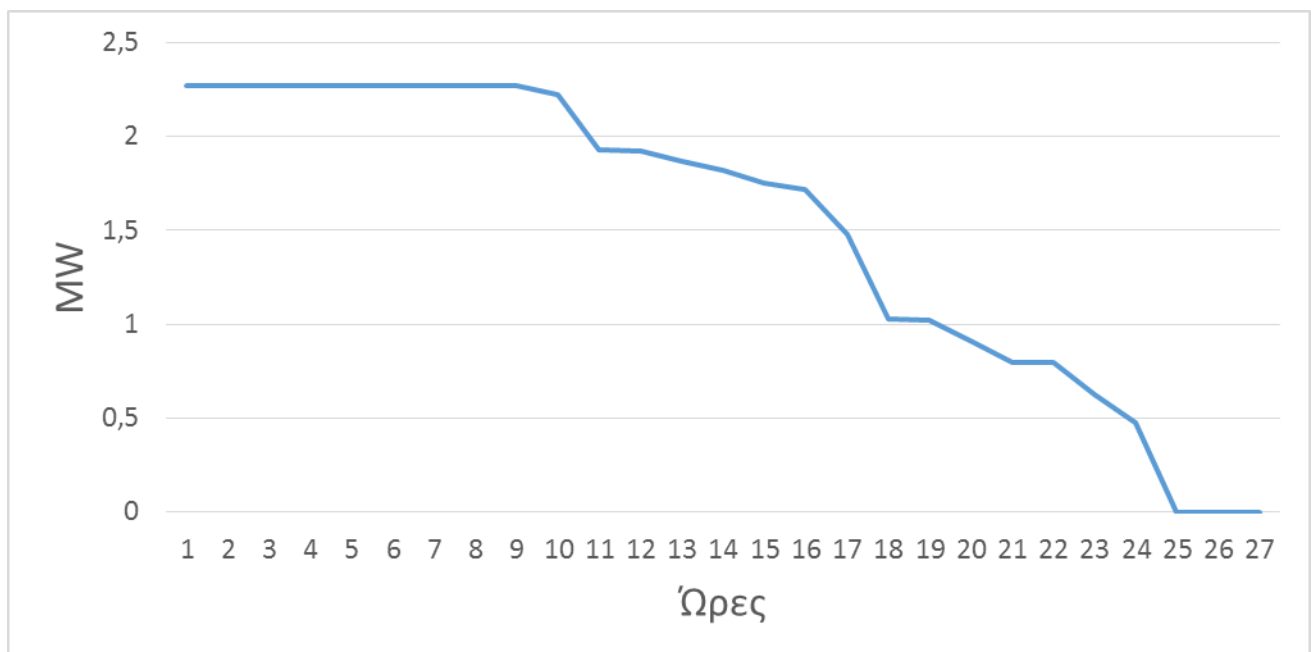
- Αύγουστος 2001



Εικόνα 55: Καμπύλη διάρκειας εξοικονόμησης φορτίου- Αύγουστος

Με τον όμοιο τρόπο που έγινε και για τον μήνα Ιούλιο, υπολογίζοντας το εμβαδό της γραφικής παράστασης της Εικόνα 55 μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομήθηκε το μήνα αυτό. Η ενέργεια αυτή υπολογίστηκε ίση με 212.87 MWh .

- Σεπτέμβριος 2001



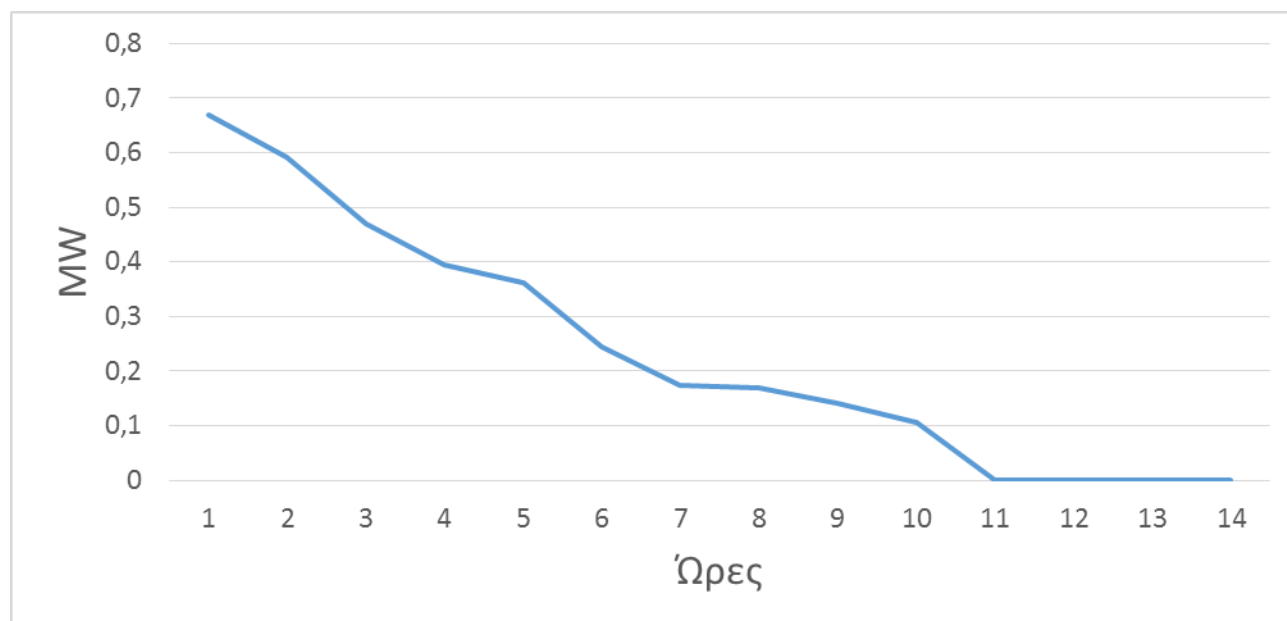
Εικόνα 56: Καμπύλη διάρκειας εξοικονόμησης φορτίου- Σεπτέμβριος

Από τη δεδομένη πλέον καμπύλη διάρκειας φορτίου εξοικονόμησης για τον μήνα Σεπτέμβριο βρίσκουμε ότι πετύχαμε εξοικονόμηση ενέργειας ίση με 61.55 MWh.

- Οκτώβριος 2001

Η καμπύλη διάρκειας φορτίου για το μήνα Οκτώβριο είναι μηδενική για όλες τις ώρες κατά τις οποίες σημειώθηκε να λειτουργεί η μονάδα Αερ1Χαν του ΣΗΕ Κρήτης. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για τις συγκεκριμένες ώρες, καμία περίπτωση δεν δικαιολογούσε τη χρήση κλιματισμού από τον εμπορικό τομέα είτε γιατί ο εμπορικός τομέας δεν ήταν σε λειτουργία είτε γιατί η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν δικαιολογούσε τη χρήση κλιματισμού για να επιτευχθούν οι επιθυμητές συνθήκες ανέσεως του εργασιακού χώρου. Αναλυτικά παρουσιάστηκε το πως βρέθηκαν αυτοί οι παράμετροι στις ενότητες 5.2.1.2 και 5.2.2.3. Το εν λόγω γεγονός είχε και σαν άμεσο επακόλουθο να έχουμε μηδενική εξοικονόμηση ενέργειας για το μήνα Οκτώβριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι την ημέρα αυτή ο ΑΕΡ1ΧΑΝ μπήκε σε λειτουργία για να εξυπηρετήσει καταναλωτές εξαιτίας διακοπής παροχής ρεύματος που πραγματοποιήθηκε.

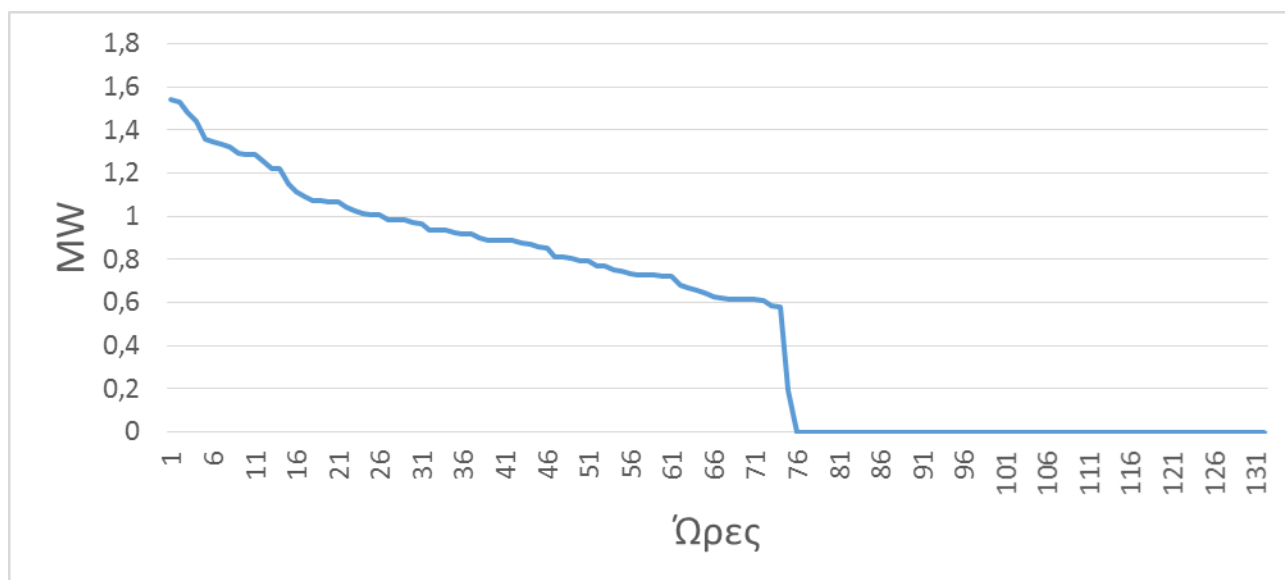
- Νοέμβριος 2001



Εικόνα 57: Καμπύλη διάρκειας εξοικονόμησης φορτίου - Νοέμβριος

Η εξοικονόμηση ενέργειας για τον μήνα Νοέμβριο ισούται με 5.11 MWh.

- Δεκέμβριος



Εικόνα 58: Καμπύλη διάρκειας εξοικονόμησης φορτίου - Δεκέμβριος

Στην παραπάνω Εικόνα 58 που παρουσιάζεται η γραφική παράσταση της καμπύλης διάρκειας εξοικονόμησης φορτίου που πετύχαμε παρατηρούμε ότι για 58 χρονικές στιγμές είχαμε μηδενική εξοικονόμηση φορτίου. Το γεγονός αυτό επαληθεύεται από τον Πίνακα 40 στον οποίο φαίνεται ότι 58 ώρες από τις συνολικά 132 ώρες που λειτούργησε η μονάδα Αερ1Χαν δεν πληρούσαν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για να εξασφαλιστεί εξοικονόμηση φορτίου και κατά συνέπεια ηλεκτρικής ενέργειας από τους περιορισμούς που τέθηκαν για το εξεταζόμενο σενάριο.

Υπολογίζοντας με όμοιο τρόπο, όπως στους 5 προηγούμενους μήνες, παίρνουμε ότι για το μήνα Δεκέμβριο του έτους 2001 εξοικονομήθηκαν 107.15 MWh ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο Πίνακα 43 που ακολουθεί συγκεντρώνονται οι τιμές της εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας που υπολογίστηκαν για κάθε μήνα ξεχωριστά στις προηγούμενες παραγράφους της ενότητας αυτής, η αντίστοιχη παραγωγή της μονάδας Αερ1Χαν για αυτή τη περίοδο καθώς και η ποσοστιαία σύγκριση τους.

Μήνας	Εκτίμηση Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh)	Παραγωγή Αερ1Χαν (MWh)	Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας προς της συνολικής του Αερ1
Ιούλιος	92.08	445.01	20.69%
Αύγουστος	141.00	671.19	21.01%
Σεπτέμβριος	40.78	201.21	20.27%
Οκτώβριος	0	106.67	0%
Νοέμβριος	3.32	88.84	3.74%
Δεκέμβριος	69.72	1049.15	6.65%
Β' εξάμηνο 2001	346.90	2506.07	13.84%

Πίνακας 43: : Ηλεκτρική ενέργεια που αναμένεται να εξοικονομηθεί με το σενάριο εφαρμογής

Παρατηρούμε από τον Πίνακα 43 ότι το ποσοστό εξοικονόμησης εκτιμημένης ενέργειας προς τη συνολική ενέργεια παραγωγής της μονάδας Αερ1Χαν για τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο είναι αρκετά χαμηλότερο σε σχέση με το αντίστοιχο ποσοστό για τους μήνες της θερινής περιόδου. Το γεγονός αυτό οφείλεται ότι κατά το μήνα Νοέμβριο η μονάδα εντάχθηκε στο σύστημα μόλις 14 ώρες και από αυτές το 30% δεν ικανοποιούσε τους περιορισμούς του προβλήματος (θερμοκρασία, ωράριο καταστημάτων) ενώ για τις υπόλοιπες ώρες λειτουργίας της μονάδας είχαμε πολύ μικρές διαφορές στη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος με αυτή της θερμοκρασίας ανέσεως στους εσωτερικούς χώρους. Όσον αφορά το μήνα Δεκέμβριο αξίζει να σημειωθεί ότι έγινε χρήση της μονάδας Αερ1Χαν αρκετές ώρες για να καλύψει τη παραγωγή που υπολειπόταν για την εξυπηρέτηση του συστήματος εξαιτίας του ότι άλλες μονάδες ήταν ανενεργές για λόγους συντήρησης ή τεχνικών προβλημάτων. Επιπρόσθετα έχουμε δείξει ότι οι κλιματιστικές μονάδες έχουν αυξημένη απόδοση λειτουργίας κατά το κύκλο θέρμανσης γεγονός που οδηγεί σε μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις για την ικανοποίηση αντίστοιχου θερμικού φορτίου σε σχέση με τους θερινούς μήνες και επομένως μικρότερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Έχοντας πλέον υπολογίσει την εξοικονόμηση φορτίου για κάθε χρονική στιγμή που εξετάζουμε στο εν λόγω σενάριο μπορούμε να προχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο του προβλήματος μας, αυτό της προσομοίωσης της συμπεριφοράς του ΣΗΕ Κρήτης και ειδικότερα της μονάδας Αερ1Χαν. Ο στόχος αυτής της προσομοίωσης είναι να προσεγγίσουμε κατά βέλτιστο τρόπο τις αλλαγές που θα φέρει στη λειτουργία των μονάδων παραγωγής του ΣΗΕ Κρήτης η εξοικονόμηση που υπολογίστηκε και αποκτήσουμε μια καλή προσέγγιση για τα οφέλη που προκύπτουν από αυτή.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί αρχικά θα αναλυθεί ο αλγόριθμος της προσομοίωσης που ακολουθήθηκε και τα σενάρια αυτής και στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που πήραμε με την υλοποίηση του στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab εφαρμόζοντας το σενάριο που εξετάζουμε.

5.4 Ετήσια Πιθανοτική Εκτίμηση

Ακολουθώντας μια αντίστοιχη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη ενότητα είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την πιθανή ετήσια εξοικονόμηση που θα προκύψει για το σύνολο των ωρών λειτουργίας του ΣΗΕ Κρήτης σε ετήσια βάση και όχι μόνο για τις ώρες λειτουργίας την μονάδας Αερ1Χαν.

Για να προκύψουν τα ετήσια πιθανοτικά αποτελέσματα ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

- Συγκέντρωση των μέσων ωριαίων θερμοκρασιών για όλες τις ώρες του έτους που αντιστοιχούν στις μέρες και ώρες λειτουργίας του εμπορικού τομέα

- Υπολογισμός της πιθανότητας εμφάνισης θερμοκρασίας ανά 0.5 βαθμούς Κελσίου ανά μήνα για τις ώρες λειτουργίας του εμπορικού τομέα
- Υπολογισμός της ισχύος που εξοικονομήθηκε για κάθε θερμοκρασία του προηγούμενου βήματος συνυπολογιζόμενης της πιθανότητας εμφάνισης της θερμοκρασίας καθώς και των ημερών του μήνα λειτουργίας του εμπορικού τομέα κατά τη συγκεκριμένη ώρα. Ο υπολογισμός αυτός έγινε με την ίδια ακριβώς μεθοδολογία που επεξηγήθηκε στην προηγούμενη ενότητα.
- Άθροισμα του παραπάνω αποτελέσματος για όλες τις θερμοκρασίες που εμφανίστηκαν.

Η εφαρμογή του παραπάνω αλγόριθμου θα μας δώσει σαν αποτέλεσμα την εκτιμώμενη ισχύ που εξοικονομήθηκε κάθε ώρα του ωραρίου του εμπορικού τομέα για κάθε μήνα του έτους 2001. Ακολουθεί ο Πίνακας 44 που παρουσιάζει τα αποτελέσματα της παραπάνω μεθοδολογίας για την ώρα 09:00 του μήνα Ιουνίου.

Πιθανές Θερμοκρασίες	Συχνότητα εμφάνισης	Εξοικονόμηση βάση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (MW)	Εκτίμηση μηνιαίας Εξοικονόμησης (MW)
24°C	0,1333	0	0
24.5°C	0,0667	0,113	0,197
25°C	0,1	0,227	0,590
25.5°C	0,0667	0,340	0,590
26°C	0	0,454	0
26.5°C	0,0333	0,567	0,491
27°C	0,0333	0,680	0,589
27.5°C	0,0333	0,794	0,687
28°C	0	0,907	0

Πίνακας 44: Ενδεικτικό παράδειγμα της μεθοδολογίας ετήσιας εκτίμησης

Αθροίζοντας την τελευταία στήλη του παραπάνω πίνακα είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε την εξοικονόμηση που έγινε για τον μήνα Ιούνιο την ώρα 09:00 για τις μέρες που ήταν σε λειτουργία ο εμπορικός τομέας.

Δουλεύοντας κατά αυτόν τον τρόπο για όλες τις ώρες που μας ενδιαφέρουν για όλους τους μήνες του έτους είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε την εξοικονόμηση που θα πετύχουμε σε ετήσια βάση με την αντικατάσταση των συσκευών κλιματισμού. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 45 που ακολουθεί.

Μήνας	Εξοικονόμηση (MWh)
Ιανουάριος	182,28
Φεβρουάριος	117,90
Μάρτιος	79,59
Απρίλιος	70,37
Μάιος	110,21
Ιούνιος	157,84
Ιούλιος	437,12
Αύγουστος	399,60
Σεπτέμβριος	266,63
Οκτώβριος	32,02
Νοέμβριος	41,17
Δεκέμβριος	168,73
Σύνολο	2063,459

Πίνακας 45: Πιθανοτικά υπολογισμένη εξοικονόμηση 2001

Στη συνέχεια στο κεφαλαίο που ακολουθεί με τον αλγόριθμο που αναπτύσσεται σε αυτό θα υπολογιστεί η αξία εξοικονόμησης ενός MW για επίπεδα ζήτησης ανά 10MW με την αντίστοιχη εμφάνιση πιθανότητας αυτού του φορτίου για τις ώρες λειτουργίας των καταστημάτων. Η πιθανότητα αυτή συνδυάζεται με την πιθανότητα αιολικής παραγωγής πάλι με βήμα 10MW για κάθε μήνα. Έτσι μπορεί τελικά να υπολογιστεί η αξία ανά ώρα και μήνα για την εξοικονόμηση 1MW, όπως παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 8.

Έχοντας υπολογίσει την εξοικονόμηση ανά ώρα και μήνα καθώς και την παραπάνω αξία της εξοικονόμησης με απλούς πολλαπλασιασμούς μπορούμε να εκτιμήσουμε το οικονομικό όφελος που προκύπτει για ένα έτος, όπως παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 8.

6 Αλγόριθμος Επίλυσης - Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

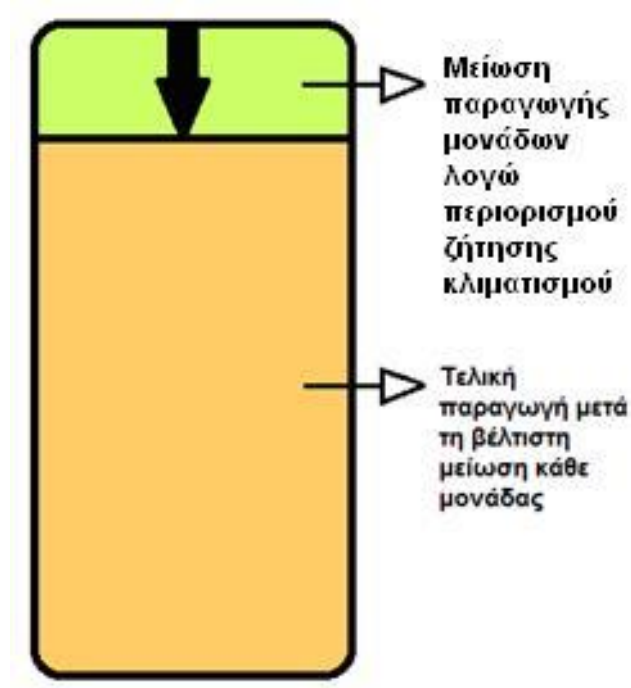
6.1 Περιγραφή Αλγόριθμου Επίλυσης Προβλήματος

Ο αλγόριθμος που θα αναλυθεί σε αυτή την ενότητα εφαρμόστηκε για όλο το δεύτερο εξάμηνο του 2001, την εξεταζόμενη περίοδο αυτής της εργασίας. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται όλες οι ώρες που είναι ενταγμένη στο σύστημα η μονάδα ΑΕΡ1ΧΑΝ στη διάρκεια αυτής της περιόδου. Ο αλγόριθμος αυτός δέχεται ως είσοδο μία δεδομένη εξοικονόμηση ισχύος για κάθε ώρα λειτουργίας της επίμαχης μονάδας και στη συνέχεια προσομοιώνει τη μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των μονάδων του ΣΗΕ Κρήτης τηρώντας πάντα τους κατάλληλους περιορισμούς έτσι ώστε να λαμβάνεται υπόψιν και να αξιοποιείται η εξοικονόμηση που εισήγαμε. Πρακτικά υπολογίζει κάθε φορά σύμφωνα με τις υπάρχουσες συνθήκες ποια θα είναι η μείωση της παραγωγής κάθε μονάδας του συστήματος έτσι ώστε να απορροφηθεί η εξοικονόμηση κατά το βέλτιστο εφικτό τρόπο από το σύστημα.

Ο στόχος μας είναι η μεγιστοποίηση κέρδους για το ΣΗΕ της Κρήτης, μειώνοντας τη παραγωγή των ακριβών μονάδων του συστήματος. Επειδή ο Αερίχαν είναι μία από αυτές, αλλά δεν μπορεί να μεταβάλλει την παραγωγή του αν η εξοικονόμηση δεν αφορά τον Υ/Σ Χανίων, εξετάστηκαν 2 σενάρια το ένα η εξοικονόμηση να αφορά περιοχή εκτός Χανίων και η ίδια εξοικονόμηση να αφορά την περιοχή εξυπηρέτησης του Υ/Σ Χανίων. Με αυτό τον τρόπο θα εξετάσουμε κατά πόσο η εξοικονόμηση απαιτούμενης ισχύος από τη πλευρά των καταναλωτών μπορεί να συνεισφέρει στην αντιμετώπιση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.4 καθώς και τα οφέλη οικονομικά και περιβαλλοντικά που προκύπτουν από αυτή.

6.1.1 Μείωση Θερμικής Παραγωγής – Οικονομική Κατανομή

Το πρώτο στάδιο προσομοίωσης αφορά σε μια οικονομική κατανομή των μονάδων του συστήματος. Με την εξοικονόμηση που υπολογίστηκε, την οποία αναπτύξαμε στην προηγούμενη ενότητα, στην περιοχή του Υ/Σ Χανίων μέσω της αντικατάστασης παλιών κλιματιστικών συσκευών σε εμπορικές επιχειρήσεις του νομού επήλθε μείωση στη ζήτηση. Στόχος μας είναι αυτή η μείωση που προκύπτει στη παραγωγή ενέργειας να αποδοθεί σε κάθε μονάδα με το βέλτιστο τρόπο προκειμένου να πετύχουμε το μέγιστο δυνατό όφελος στο Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας Κρήτης. Η ιδιαιτερότητα σε αυτό το κομμάτι είναι πως οι μονάδες έχουν τη δυνατότητα μόνο να μειώσουν την παραγωγή τους και όχι να την αυξήσουν. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η γραφική αναπαράσταση του προβλήματος της οικονομικής κατανομής.



Εικόνα 59: Γραφική αναπαράσταση προβλήματος της Οικονομικής Κατανομής

Στον εφαρμοζόμενο αλγόριθμο επιλύεται το πρόβλημα ελαχιστοποίησης που εκφράζεται μαθηματικά με τη σχέση:

$$F(x, t) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{i=gen_max_num} f(dpg(i, t) - x(i, t)) \quad (17)$$

Όπου:

Gen_max_num : ο αριθμός των συμβατικών μονάδων παραγωγής

T : χρονική περίοδος για τη βελτιστοποίηση

Dpg : παραγωγή των μονάδων πριν τη βελτιστοποίηση (Δεδομένα από ΔΕΗ)

X : διάνυσμα της μεταβολής της παραγωγής των μονάδων που προκύπτει μετά τη βελτιστοποίηση

Η συνάρτηση κόστους κατανάλωσης καυσίμου για την οικονομική κατανομή δίνεται από τη σχέση:

$$f(dpg(i,t) - x(i,t)) = (cubcoeff_i \cdot (dpg(i,t) - x(i,t))^3 + sqcoeff_i \cdot (dpg(i,t) - x(i,t))^2 + lincoeff_i \cdot (dpg(i,t) - x(i,t)) + constcoeff_i + start_up_i) \cdot fuel_cost \quad (18)$$

Όπου:

- Cubcoeff: Κυβικός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (kg/MWh³)
- Sqcoeff: Τετραγωνικός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (kg/MWh²)
- Lincoeff: Γραμμικός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (kg/MWh)
- Constcoeff: Σταθερός όρος εξίσωσης κόστους μονάδας (kg/MWh)
- Start_up : Κατανάλωση καυσίμου κατά την εκκίνηση
- Fuel_cost: Κόστος κιλού ή λίτρου καυσίμου (διαφοροποιείται κάθε μήνα) για κάθε μονάδα (€/kg-lt)

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η λύση που προκύπτει κάθε φορά θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τους τεχνικούς περιορισμούς των μονάδων. Πιο συγκεκριμένα:

- Η μείωση παραγωγής μίας μονάδας δεν θα μπορεί σε καμία περίπτωση να την οδηγήσει σε παραγωγή μικρότερη από τη τιμή του τεχνικού ελαχίστου της μονάδας. Ο περιορισμός αυτός ικανοποιείται από τη σχέση (19) όπου P_{min} το τεχνικό ελάχιστο κάθε μονάδας παραγωγής.
- Καμία μονάδα δεν μπορεί να αυξήσει τη παραγωγή της παρά μόνο να την μειώσει.
- Η μεταβολή της φόρτισης των μονάδων μεταξύ δύο διαδοχικών διαστημάτων θα πρέπει να ικανοποιεί τους περιορισμούς μεταβολής αύξησης (20) ή μείωσης (21) της φόρτισης σε κάθε μία εξεταζόμενη μονάδα με τις μεταβλητές up_rate και $down_rate$ να αντιστοιχούν στο ρυθμό αύξησης/μείωσης παραγωγής κάθε μονάδας σύμφωνα με τις τεχνικές της προδιαγραφές.
- Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ικανοποιούνται οι περιορισμοί της στρεφόμενης εφεδρείας που ικανοποιείται από τη σχέση (23) όπου P_{max} το τεχνικό μέγιστο παραγωγής κάθε μονάδας και $spin_res(t)$ η απαιτούμενη υπολογισμένη στρεφόμενη εφεδρεία κάθε χρονικής στιγμής.
- Οι μονάδες θα πρέπει να ικανοποιούν το σύνολο της ζήτησης (Demand) του συστήματος (24). Η μεταβλητή IN αναφέρεται στις τελικά ενταγμένες μονάδες του συστήματος, η $WP(t)$ στην αιολική παραγωγή της δεδομένης χρονικής στιγμής και η $LS(t)$ στην εξοικονόμηση ισχύος σύμφωνα με τη μεθοδολογία μας.

$$P_s^{min} \leq dpg(i,t) - x(i,t) \quad (19)$$

$$dpg(i,t) - x(i,t) - dpg(i,t-1) + x(i,t-1) \leq up \ rate, \quad (20)$$

$$dpg(i,t-1) - x(i,t-1) - dpg(i,t) + x(i,t) \leq down \ rate, \quad (21)$$

$$0 \leq x(i,t) \quad (22)$$

$$\sum P_{max} - \sum (dpg(i,t) - x(i,t)) \geq Spin \ res(t) \quad (23)$$

$$\sum_{i \in IN} (dpg(i,t) - x(i,t)) = Demand - WP(t) - LS(t) \quad (24)$$

Συνοψίζοντας ο παραπάνω αλγόριθμος δίνει την ευκαιρία στις ακριβές μονάδες του συστήματος να μειώσουν όσο το δυνατόν περισσότερο τη παραγωγή τους σύμφωνα πάντα με ένα σύνολο περιορισμών λόγω την μείωση της ζήτησης από τη μεριά των καταναλωτών που προκάλεσε η αντικατάσταση ορισμένων κλιματιστικών συσκευών (LS(t)).

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειώσουμε ότι στην μονάδα του Αερ1Χαν δεν επιτρέπεται μείωση που να ξεπερνάει το μισό του φορτίου της εξοικονόμησης που έχουμε με την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού. Το γεγονός αυτό οφείλεται όπως είδαμε στην εικόνα Εικόνα 38 ενώ ο Υ/Σ Χανίων έχει δύο μετασχηματιστές η μονάδα Αερ1Χαν επιδρά μόνο στον Μ/Σ 2 για το λόγο ότι οι διακόπτες των Μ/Σ δεν είναι παραλληλισμένοι. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι στον Αερ1Χαν υπάρχει δυνατότητα να επιδράσουν μέχρι και το μισό φορτίο της εξοικονόμησης αν θεωρήσουμε ότι η εξοικονόμηση έγινε εξίσου στους 2 διακόπτες. Η μονάδα παραγωγής που αντιστοιχεί στον κώδικα μας στην ΑΕΡ1Χαν είναι η μονάδα 16 επομένως για την ικανοποίηση του παραπάνω περιορισμού έχουμε τον επιπλέον περιορισμό (25):

$$x(16,t) \leq \frac{LS(t)}{2} \quad (25)$$

6.1.1.1 Διαφοροποίηση αν η μονάδα είναι εκτός Χανίων

Στη συνέχεια εξετάζουμε πως θα άλλαζαν τα αποτελέσματα μας αν η υπόθεση μας δεν προέβλεπε ότι η εξοικονόμηση γίνεται από τη πλευρά των καταναλωτών του Εμπορικού τομέα του νομού των Χανίων αλλά από άλλες περιοχές του ΣΗΕ Κρήτης. Σε αυτή τη περίπτωση όπου η εξοικονόμηση φορτίου γίνεται σε περιοχές εκτός της περιοχής εξυπηρέτησης του Υ/Σ των Χανίων. δεν είναι εφικτό να επηρεαστεί καθόλου η λειτουργία της μονάδας ΑΕΡ1. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι η εν λόγω μονάδα, όπως έχουμε αναφέρει στην ενότητα 4.3.3.5 εισάγεται πολλές φορές στο σύστημα μόνο και μόνο για να προστατέψει τον Μ/Σ-2 από υπερφόρτιση σε περιόδους αιχμής του φορτίου. Από τη στιγμή που το φορτίο δεν αλλάζει από τη πλευρά των καταναλωτών του νομού

αντιλαμβανόμαστε ότι δεν είναι εφικτό να επηρεαστεί η λειτουργία της εν λόγω μονάδας και για το λόγο αυτό δεν επιτρέπουμε την αλλαγή της λειτουργίας της

Συνεχίζουμε επομένως τις προσομοιώσεις μας προσθέτοντας αυτόν το περιορισμό στον κώδικα, όπου δεν επιτρέπουμε στις ανάλογες ώρες να αλλάξει καθόλου το σημείο λειτουργίας του ΑΕΡ1Χαν σε σχέση με το αρχικό του σημείο που είχε οριστεί από το διαχειριστή του συστήματος της ΔΕΗ.

Η μονάδα παραγωγής που αντιστοιχεί στον κώδικα μας στην ΑΕΡ1Χαν είναι η μονάδα 16 επομένως σε αυτή τη περίπτωση έχουμε:

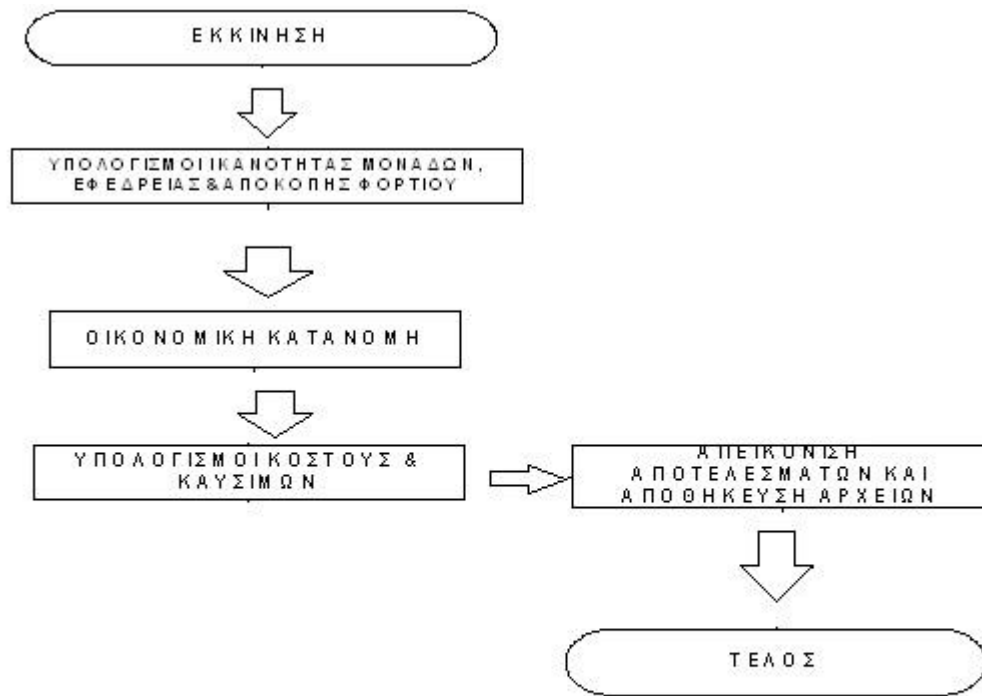
$$x(16,t) = 0 \quad (26)$$

Όπου x είναι το διάνυσμα αλλαγής της παραγωγής κάθε μονάδας.

6.1.2 Διάγραμμα Ροής Αλγορίθμου

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του αλγορίθμου όπου φαίνεται ξεκάθαρα η λογική επίλυσης του προβλήματος.

Τα κομμάτια της «οικονομικής κατανομής» και των «υπολογισμών κόστους και καυσίμων» αναφέρονται στα δύο προβλήματα που έχουν αναλυθεί μέχρι στιγμής και είναι ο βασικός κορμός του προβλήματος.



Εικόνα 60: Διάγραμμα ροής αλγορίθμου

6.2 Περιγραφή Κώδικα

6.2.1 Εισαγωγή

Ο παραπάνω αλγόριθμός που παρουσιάστηκε για την επίλυση του προβλήματος μοντελοποιήθηκε στο περιβάλλον Matlab. Δημιουργήθηκαν ένα σύνολο από συναρτήσεις, η κάθε μία από τις οποίες υλοποιεί μία συγκεκριμένη λειτουργία και θα αναλυθούν στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου. Σε κάθε εξεταζόμενη περίπτωση οι προσομοιώσεις έγιναν για κάθε μήνα του δεύτερου εξαμήνου του έτους 2001 και ως βήμα τις κάθε προσομοίωσης θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα της μίας ώρας.

6.2.2 Συναρτήσεις – Ρουτίνες

Το πρόγραμμα αποτελείται από τις ακόλουθες συναρτήσεις:

- **Ecdis:** Πρόκειται για την κύρια συνάρτηση του προγράμματος από την οποία γίνεται η ανάγνωση των δεδομένων εισόδου για κάθε προσομοίωση που εκτελούμε καθώς επίσης και για την δημιουργία των απαραίτητων αρχείων εξόδου.
- **cost_f:** Η συνάρτηση την οποία καλούμαστε να βελτιστοποιήσουμε
- **confi:** Πρόκειται για την υπορουτίνα που περιλαμβάνει όλους τους περιορισμούς που οφείλουμε να ακολουθούμε σε κάθε προσομοίωση σύμφωνα με την διατύπωση τους που έγινε στην ενότητα 6.1.1
- **opt:** Σε αυτή την υπορουτίνα γίνεται η βελτιστοποίηση του κόστους για την ικανοποίηση της ισχύος έπειτα από την εξοικονόμηση που πετύχαμε από το επίπεδο των καταναλωτών. Εκτελείται η συνάρτηση optimization-fmincon του Matlab, χρησιμοποιώντας τις εισόδους και τις εξόδους από τις συναρτήσεις cost_f και confi και λύνεται το πρόβλημα βελτιστοποίησης χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Σειριακού Τετραγωνικού Προγραμματισμού.

6.2.3 Ανάλυση Λειτουργιών

Στην ενότητα που ακολουθεί θα γίνει αναλυτική ανάλυση των βασικών λειτουργιών που εξυπηρετεί κάθε συνάρτηση και θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε πλήρως μία πλήρη προσομοίωση του προγράμματος. Για να γίνει πιο εύκολη στη διατύπωση και την ανάγνωση αυτή η περιγραφή, η προσομοίωση χωρίστηκε σε έξι βήματα τα οποία είναι τα εξής:

- Εισαγωγή δεδομένων
- Αρχικοποίηση μεταβλητών
- Διόρθωση δεδομένων
- Υπολογισμός ικανότητας μονάδων
- Υπολογισμός και απεικόνιση των αποτελεσμάτων
- Δημιουργία αρχείων εξόδου

Ακολουθεί η επεξήγηση των βημάτων που μόλις αναφέραμε.

6.2.3.1 Εισαγωγή Δεδομένων

Σε αυτό το βήμα διαβάζονται ένα σύνολο αρχείων προκειμένου να αποκτήσουμε όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την υλοποίηση της προσομοίωσης. Τα αρχεία που διαβάζονται είναι τα εξής:

- Indat.txt : Σε αυτό το αρχείο είναι καταγεγραμμένα όλα τα στατικά στοιχεία των 20 μονάδων παραγωγής από τις οποίες αποτελείται το ΣΗΕ Κρήτης για την εποχή της μελέτης. Ακολουθεί μια ενδεικτική εικόνα του συγκεκριμένου αρχείου.

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια						
7	15	0.476	-11.824	378.937	0.001	0.1839	1489	0.01	200	2
4	6.3	17.377	-167.2	727.6	0.001	0.1839	464.24	0	200	1
7	15	0.476	-11.824	378.937	0.001	0.1839	1489	0.01	35	3
13	25	0.18	-8.053	355.088	0	0.1839	2600	0.01	60	4
14	25	0.092	-4.166	300.58	0	0.1839	1547	0.01	13.5	5
14	25	0.092	-4.166	300.58	0	0.1839	1547	0.07	27	6
3	11.8	0.421	-8.378	230.369	0	0.1839	192	0.03	38	7
3	11.8	0.421	-8.378	230.369	0	0.1839	192	0.03	20	8
3	11.8	0.421	-8.378	230.369	0	0.1839	139.27	0.03	0	9
3	11.8	0.421	-8.378	230.369	0.01	0.1839	139.27	0.03	0	10
3	15	0.0001	0.81	233.57	1709	0.3422	179.11	0.03	0	11
3	15	0.0001	0.81	233.57	1709	0.3422	179.1	0.03	0	12
5	21	0.0001	0.001	247	2126	0.3422	15	0.01	0	13
11	62.5	0.001	0.01	145.54	5120	0.3422	192.01	0.01	0	14
11	62.5	0.001	0.01	145.64	5120	0.3422	230.41	0.01	0	15
3	14	0	0.01	267	2170	0.3422	38.4	0.1	0	16
3	18.8	0	0.01	219	2865	0.3422	460.83	0.005	0	17
5	28.1	0	0.01	275	3757	0.3422	307.22	0	0	18
2.51	58	0.001	0.01	227	5000	0.3422	0.1	0.011	0	19
2.41	58	0.001	0.01	227	5000	0.3422	0.1	0.021	0	20

Εικόνα 61: ενδεικτικό αρχείο indat

- Ld.txt: Περιλαμβάνει τα φορτία του συστήματος για τη χρονική περίοδο που εκτελείται η κάθε προσομοίωση.
- Ramprates.txt: Από αυτό το αρχείο διαβάζονται ο ρυθμός ανάληψης φορτίου και ο ρυθμός μείωσης της φόρτισης κάθε μονάδας του συστήματος στο χρονικό περιθώριο της μίας ώρας. Η αποθήκευση τους γίνεται στη μεταβλητή ramprat του προγράμματος.
- Availability.txt : Περιέχει τη διαθεσιμότητα κάθε μονάδας για τη χρονική περίοδο που προσομοιώνουμε το σύστημα. Εάν μία μονάδα ήταν πλήρως διαθέσιμη στο διάστημα αυτό τις δίνεται η τιμή 1, σε αντίθεση περίπτωση δίνεται η τιμή 0 και στη συνέχεια αποθηκεύεται στη μεταβλητή avail του προγράμματος.
- Dispatch_with_wp.txt: Περιέχει τη παραγωγή των μονάδων για κάθε βήμα που εκτελεί η προσομοίωση.
- LS.txt: Περιέχει την εξοικονόμηση ισχύος που επιτεύχθηκε με την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού για κάθε βήμα που εκτελείται η προσομοίωση βάσει της μεθοδολογίας που περιεγράφηκε στο κεφάλαιο 5.
- WP_production: Η συνολική αιολική παραγωγή που ήταν διαθέσιμη στο ΣΗΕ Κρήτης σε κάθε βήμα της προσομοίωσης.

6.2.3.2 Αρχικοποίηση Μεταβλητών

Μόλις ολοκληρωθεί η ανάγνωση των δεδομένων από τα αρχεία που αναφέρθηκαν στη προηγούμενη παράγραφο όλες οι μεταβλητές οι οποίες αποθηκεύουν αποτελέσματα που προκύπτουν κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης αρχικοποιούνται ίσες με το μηδέν και δίνεται η κατάλληλη τιμή στις υπόλοιπες μεταβλητές που είναι απαραίτητες για την

εκτέλεση των διεργασιών της προσομοίωσης. Ενδεικτικά αναφέρεται η μεταβλητή *gen_max_num* η οποία μας δίνει τον μέγιστο αριθμό των συμβατικών μονάδων που υπάρχουν στο σύστημα.

6.2.3.3 Διόρθωση Δεδομένων

Παρατηρήθηκε ότι υπήρχαν περιπτώσεις όπου το σύστημα μετρήσεων SCADA είχε σημειώσει αρνητική παραγωγή από μονάδες παραγωγής είτε δεν είχε καταγράψει κάποια παραγωγή μονάδας η φορτίου του συστήματος. Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν κάποιες γραμμές κώδικα οι οποίες ελέγχουν τις περιπτώσεις που μόλις αναφέραμε. Στη περίπτωση αρνητικής καταγραφής απλά μηδενίζεται η παραγωγή για αυτή τη καταγραφή. Αν όμως δεν έχει γίνει καθόλου καταγραφή τότε εάν πρόκειται για τη πρώτη ώρα της ημέρα αντιγραφούμε την τιμή της αμέσως επόμενης ώρας ειδικά καταγράφουμε το ημί - άθροισμα παράγωγης της αμέσως προηγούμενης και επόμενης ώρας.

6.2.3.4 Υπολογισμός Ικανότητας μονάδων

Ελέγχοντας τα δεδομένα που διαβάστηκαν από το αρχείο *dispatch_with_WP.txt* το οποίο αναφέρθηκε παραπάνω μπορούμε εύκολα να ελέγξουμε ποιες από τις μονάδες είναι ενταγμένες στο σύστημα κάθε χρονική στιγμή καθώς και να υπολογίσουμε την τρέχουσα ικανότητα παραγωγής που προκύπτει από τις ενταγμένες μονάδες. Για να καταγραφεί μία μονάδα ως ενταγμένη πρέπει να έχουμε πάρει τιμή από το αρχείο η οποία να ξεπερνάει το τεχνικό ελάχιστο λειτουργίας της εν λόγω μονάδας (27). Σε αυτή τη περίπτωση σημειώνεται με 1 στον πίνακα *stat(t)* αλλιώς δίνεται μηδενική τιμή. Η ικανότητα παραγωγής στη συνέχεια υπολογίζεται από τη σχέση (28). Η μεταβλητή *reserves* αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό μείωσης της ικανότητας παραγωγής της μονάδας για να συνεισφέρει ταχύτερα στη στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος. Το ποσοστό αυτό επιλέγεται να υπολογίζεται από τη μέγιστη τιμή που καταγράφεται για την παραγωγή της μονάδας για ένα συγκεκριμένο υψηλό ποσοστό του έτους, π.χ. 95%. Η μέγιστη ικανότητα παραγωγής του συστήματος από τις διαθέσιμες μονάδες όπως καταγράφονται στον πίνακα *avail(t)* θα δίνεται από τη σχέση (29).

$$dpg(i,t) > Pg_i^{\min} \quad (27)$$

$$sum_in(t) = \sum_{i=1}^{gen_max_num} stat(t)_i \cdot (1 - reserves_i) \cdot Pg_i^{\max} \quad (28)$$

$$act_gen(t) = \sum_{i=1}^{gen_max_num} avail(t)_i \cdot (1 - reserves_i) \cdot Pg_i^{\max} \quad (29)$$

6.2.3.5 Υπολογισμός και απεικόνιση των αποτελεσμάτων

Μόλις τελειώσει η εκτέλεση της ρουτίνας `opt` η οποία είναι υπεύθυνη για την βελτιστοποίηση όπως αναπτύξαμε στην αρχή αυτής της ενότητας, λαμβάνουμε μία ανάλυση για το αν η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε συνέκλινε ή δεν βρήκε κάποια εφικτή λύση για τα δεδομένα μας και μας επιστρέφει το διάνυσμα στο οποίο αποθήκευσε την αλλαγή της παραγωγής των τοπικών μονάδων x .

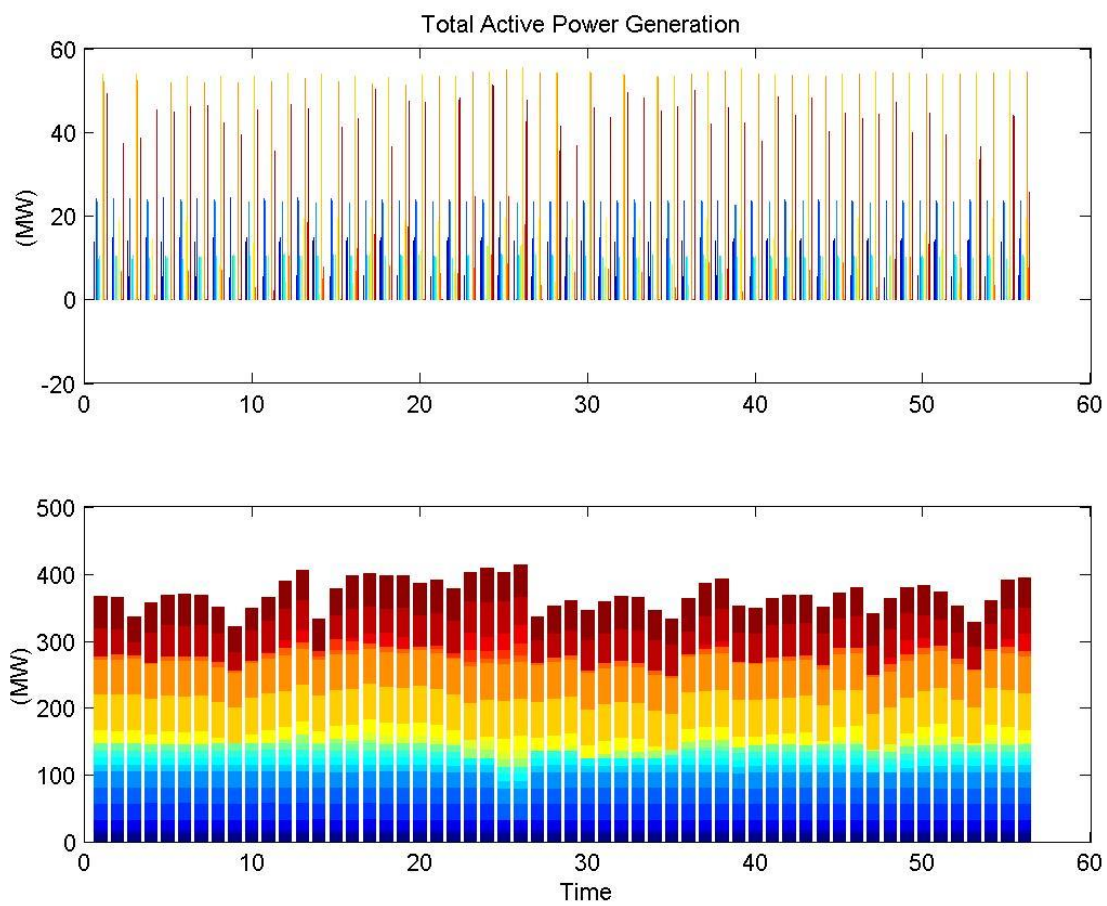
Έτσι, η τελική παραγωγή για τις γεννήτριες που προέρχεται από την εκτέλεση της οικονομικής παραγωγής δίνεται από τη σχέση :

$$\text{final_gen}(i,t) = dP_{\text{gen}}(i,t) - x(i,t) \quad (30)$$

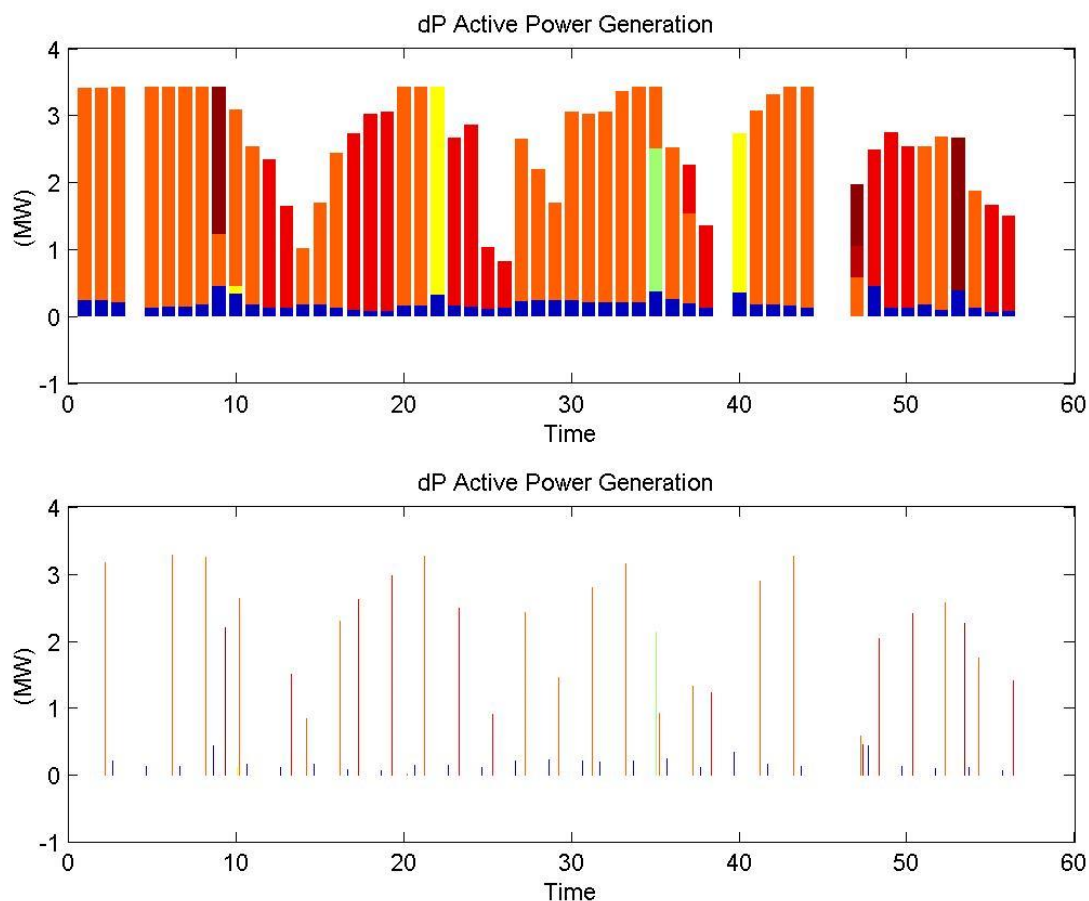
Στη συνέχεια για να υπολογίσουμε το κόστος παραγωγής για κάθε μία εξεταζόμενη ώρα απλά εφαρμόζουμε αντικατάσταση των δεδομένων που προέκυψαν στην αντίστοιχη συνάρτηση υπολογισμού του κόστους. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειώσουμε πως πρέπει να γίνει έλεγχος το αν εκείνη τη χρονική στιγμή εκκίνησε η μονάδα ή όχι έτσι ώστε να συμπεριληφθεί στο κόστος το κόστος εκκίνησης της μονάδας. Αυτό γίνεται εφικτό υπολογίζοντας τη διάφορα :

$$\text{stat}(i,t) - \text{stat}(i,t-1) \quad (31)$$

Ένα από τα τελευταία στάδια του προγράμματος είναι η δημιουργία γραφημάτων από το πρόγραμμα Matlab στα οποία παρουσιάζονται οι τιμές των μεταβλητών `final_gen` και `dP` που υπολογίστηκαν. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα παρουσιάζεται στις εικόνες που ακολουθούν.



Εικόνα 62: Συνολικό ύψος φορτίου



Εικόνα 63: επιπλέον φορτίο που ζητήθηκε από τις μονάδες να καλύψουν

Στην πρώτη Εικόνα 62 αρχικά ο χρήστης μπορεί να εντοπίσει το συνολικό ύψος του φορτίου που εξυπηρέτησε το ΣΗΕ Κρήτης (*final_gen*) για τη δεδομένη προσομοίωση παρατηρώντας το γράφημα σε μορφή στοίβας και αν το επιθυμεί μπορεί να πάρει πληροφορίες για το φορτίο της κάθε μονάδας παραγωγής ξεχωριστά μελετώντας το γράφημα που είναι σε μορφή ράβδων.

Με παρόμοιο τρόπο σκέψης στην Εικόνα 63 η οποία απεικονίζει τη μεταβλητή *dP* , αν παρατηρήσουμε το γράφημα στοίβας θα μπορούσαμε να εκτιμήσουμε το επιπλέον φορτίο που ζητήθηκε από τις μονάδες να καλύψουν ενώ στο γράφημα ράβδων να υπολογίσουμε τη πρόσθετη παραγωγή κάθε μονάδας χωριστά.

6.2.3.6 Δημιουργία Αρχείων εξόδου

Στο τελευταίο στάδιο του προγράμματος δημιουργούνται δύο αρχεία εξόδου. Το πρώτο ονομάζεται *final_gen.txt* και περιέχει την τελική παραγωγή και το δεύτερο ονομάζεται *dP.txt* και παρουσιάζει τη μεταβολή της παραγωγής. Επιπρόσθετα εξάγεται η εξοικονόμηση των καυσίμων που έγινε με αυτή τη μεταβολή στη παραγωγή καθώς και το νέο κόστος παραγωγής που προέκυψε από αυτή την εξοικονόμηση. Με αυτό το τρόπο όλα

τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα εύκολα για την περαιτέρω επεξεργασία τους και εξαγωγή συμπερασμάτων.

7 Αποτελέσματα Εφαρμογής Σεναρίου Αντικατάστασης Μονάδων Κλιματισμού

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων μετά από την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού. Κατά τις προσομοιώσεις παρουσιάζεται η μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμων καθώς και τα οικονομικά οφέλη που συνδέονται από αυτές τις αλλαγές στη παραγωγή των μονάδων του συστήματος. Επίσης θα γίνει σύγκριση σχετικά με την τοποθεσία στην οποία θα εφαρμοστεί η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού προκειμένου να βρεθεί η περιοχή που παρουσιάζει τα βέλτιστα οφέλη. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην αντίδραση του Αερ1Χαν σε κάθε σενάριο ξεχωριστά και υπολογίζεται το ποσό της ενέργειας που εξοικονομήθηκε. Παρουσιάζεται η μεταβολή της παραγωγής ενέργειας στους δύο σταθμούς που υπήρχαν το 2001 στην Κρήτη και η μεταβολή της ζήτησης που παρουσιάζεται στην περιοχή των Χανίων. Τελικά, αναφέρονται τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από αυτή την ενέργεια.

7.1 Μείωση Θερμικής Παραγωγής – Οικονομική Κατανομή

Πρόκειται για την πρώτη περίπτωση προσομοίωσης που θα εξετάσουμε και όπως πάντα αφορά τις ώρες του δεύτερου εξαμήνου του 2001 κατά τις οποίες ήταν ενταγμένος στο σύστημα ο αεριοστρόβιλος 1 Χανίων. Για τις ώρες αυτές έχει υπολογιστεί η εξοικονόμηση που έχει επιτευχθεί χάρη στην αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού και η εξοικονόμηση αυτή προσφέρεται όλη στο σύνολο ζήτησης του συστήματος. Ο αλγόριθμος στη συνέχεια εντοπίζει τη βέλτιστη μείωση παραγωγής κάθε μονάδας του συστήματος που πρέπει να γίνει προκειμένου να αξιοποιηθεί αυτή η εξοικονόμηση που πετύχαμε.

7.1.1 Σενάριο Χανίων –Κλιματιστικά στην περιοχή του Υ/Σ Χανίων

Σε αυτή την περίπτωση όλη η εξοικονόμηση επιτυγχάνεται από μονάδες κλιματισμού που αντικαταστάθηκαν αυστηρά εντός της περιοχής ευθύνης του Υ/Σ Χανίων. Με αυτό το τρόπο επιτρέπουμε στον Αερ1χαν να αλλάξει το σημείο λειτουργίας του καθώς δεν είναι πλέον ο μοναδικός τρόπος μείωσης της ζήτησης. Το οικονομικό όφελος και η εξοικονόμηση που παρατηρείται λόγω της μείωσης των καυσίμων σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

	Κατανάλωση Diesel Πριν (Lt)	Κατανάλωση Diesel Μετά (Lt)	Εξοικονόμηση Diesel (Lt)
Ιούλιος	4020532.40	4000134.55	20397.85
Αύγουστος	7891091.3	7861720.47	29370.83
Σεπτέμβριος	2170810.10	2162199.57	8610.50
Οκτώβριος	694773.58	694773.58	0
Νοέμβριος	798118.32	797903.84	214.48
Δεκέμβριος	8157954.3	8144922.57	13031.73
Β' Εξάμηνο 2001	23733280.00	23661654.58	71625.42

Πίνακας 46: Εξοικονόμηση Diesel, Εντός Χανίων

	Κατανάλωση Μαζούτ Πριν (Kg)	Κατανάλωση Μαζούτ Μετά (Kg)	Εξοικονόμηση Μαζούτ (Kg)
Ιούλιος	2001115.30	2001115.34	7276.36
Αύγουστος	3690511.2	3674122.95	16388.25
Σεπτέμβριος	940314.79	935846.77	4468.02
Οκτώβριος	267037.85	267037.85	0
Νοέμβριος	358880.66	357881.02	999.64
Δεκέμβριος	4545960.10	4532162.45	13797.65
Β' Εξάμηνο 2001	11803819.90	11768166.38	35653.52

Πίνακας 47:: Εξοικονόμηση Μαζούτ, Εντός Χανίων

Σύμφωνα λοιπόν με την οικονομική κατανομή που έγινε με την αντικατάσταση μόλις 1 μονάδας ανά επιχείρηση του νομού Χανίων έχουν εξοικονομηθεί περίπου 72 τόνοι diesel πετρέλαιο και 36 τόνοι μαζούτ. Σύμφωνα με τις τιμές που επικρατούσαν την περίοδο που μελετάται το οικονομικό όφελος είναι αυτό που φαίνεται στο Πίνακας 48 που ακολουθεί.

	Κόστος Παραγωγής Πριν (€)	Κόστος Παραγωγής Μετά (€)	Εξοικονόμηση Κόστους Παραγωγής (€)
Ιούλιος	1852090.40	1843252.50	8837.88
Αύγουστος	3513261.00	3499665.04	13595.96
Σεπτέμβριος	930670.28	926835.41	3834.87

Οκτώβριος	302648.85	302648.85	0
Νοέμβριος	339114.24	338857.01	257.23
Δεκέμβριος	3328189.50	3321746.16	6443.34
Β' Εξάμηνο 2001	10265974.27	10233004.97	32969.30

Πίνακας 48: -Εξοικονόμηση κόστους, Εντός Χανίων

Συνεπώς, τοποθετώντας όλη τη ισχύ που εξοικονομήθηκε με την αντικατάσταση περίπου 12.000 κλιματιστικών συσκευών στην περιοχή ευθύνης του Υ/Σ Χανίων και όχι διεσπαρμένη στο νομό εξοικονομείται ένα κόστος για τη ΔΕΗ της τάξης των 33.000 € περίπου για το δεύτερο εξάμηνο του έτος 2001. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε 2.77 € ανά μονάδα κλιματισμού προς αντικατάσταση και σε 131,87 € κατά μέσο όρο για κάθε ώρα κατά την οποία λειτουργούσε η μονάδα Αερ1Χαν και ικανοποιούνταν οι περιορισμοί για την εξοικονόμηση που προκύπτει από την αντικατάσταση των μονάδων.

7.1.2 Σενάριο Κλιματιστικών εκτός περιοχής Υ/Σ Χανίων

Σε αυτή την περίπτωση ακολουθείται η ίδια διαδικασία με πριν με τη μόνη διαφορά ότι δεν επιτρέπεται στον αεριοστρόβιλο 1 Χανίων να αλλάξει το σημείο λειτουργίας του, όπως περιγράφεται από την εξίσωση (26) της ενότητας 6.1.1. Τεχνικά αυτό σημαίνει ότι η αντικατάσταση των κλιματιστικών μονάδων έγινε αυτή τη φορά όχι στα Χανιά αλλά σε μια άλλη περιοχή που ανήκει σε διαφορετικό Υ/Σ του συστήματος. Ακολουθούν οι πίνακες με το όφελος καυσίμων και κόστους.

	Κατανάλωση Diesel Πριν (Lt)	Κατανάλωση Diesel Μετά (Lt)	Εξοικονόμηση Diesel (Lt)
Ιούλιος	4020532.40	4000861.75	19670.65
Αύγουστος	7891091.30	7862989.47	28101.83
Σεπτέμβριος	2170810.10	2162301.69	8508.41
Οκτώβριος	694773.58	694773.58	0
Νοέμβριος	798118.32	797907.93	210.39
Δεκέμβριος	8157954.30	8145324.58	12629.72
Β' Εξάμηνο 2001	23733280.00	23664159.00	69121.00

Πίνακας 49:Εξοικονόμηση Diesel, Εκτός Χανίων

	Κατανάλωση Μαζούτ Πριν (Kg)	Κατανάλωση Μαζούτ Μετά (Kg)	Εξοικονόμηση Μαζούτ (Kg)
--	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------

Ιούλιος	2001115.30	1993687.32	7658.70
Αύγουστος	3690511.2	3672889.69	17621.51
Σεπτέμβριος	940314.79	935948.10	4366.69
Οκτώβριος	267037.85	267037.85	0
Νοέμβριος	358880.66	357873.39	1007.27
Δεκέμβριος	4545960.10	4531722.02	14238.08
Β' Εξάμηνο 2001	11803819.90	11759158.37	44661.53

Πίνακας 50:Εξοικονόμηση Μαζούτ, Εκτός Χανίων

	Κόστος Παραγωγής Πριν (€)	Κόστος Παραγωγής Μετά (€)	Εξοικονόμηση Κόστους Παραγωγής (€)
Ιούλιος	1852090.40	1843487.76	8602.64
Αύγουστος	3513261.00	3499872.17	13388.83
Σεπτέμβριος	930670.28	926890.28	3780.00
Οκτώβριος	302648.85	302648.85	0
Νοέμβριος	339114.24	338857.00	257.24
Δεκέμβριος	3328189.50	3321795.61	6393.89
Β' Εξάμηνο 2001	10265974.27	10233551.67	32422.60

Πίνακας 51:Εξοικονόμηση κόστους παραγωγής, Εκτός Χανίων

Όπως παρατηρούμε εύκολα από τους παραπάνω πίνακες της ενότητας αυτής, η αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού εκτός της περιοχής κάλυψης του Υ/Σ Χανίων μας επιφέρει μείωση του κόστους παραγωγής κατά περίπου 32.000€ για το δεύτερο μισό του 2001. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε 2.72 € ανά μονάδα κλιματισμού προς αντικατάσταση και σε 129,69 € κατά μέσο όρο για κάθε ώρα κατά την οποία λειτουργούσε η μονάδα Αερ1Χαν και ικανοποιούνταν οι περιορισμοί για την εξοικονόμηση που προκύπτει από την αντικατάσταση των μονάδων.

Με μια πρώτη ματιά, μπορεί να εξαχθεί εύκολα το συμπέρασμα πως είναι προτιμότερο η αντικατάσταση των μονάδων να γίνει εντός της περιοχής κάλυψης του Υ/Σ των Χανίων αντί κάποιας άλλης περιοχής γιατί το οικονομικό όφελος είναι μεγαλύτερο κατά περίπου 600€ και 0,05 € ανά μονάδα κλιματισμού. Περαιτέρω ανάπτυξη τον πλεονεκτημάτων αντικατάστασης των μονάδων κλιματισμού εντός της περιοχής κάλυψης του Υ/Σ Χανίων θα γίνει στις ενότητες που ακολουθούν.

7.1.3 Σύγκριση Αντικατάστασης Κλιματιστικών Εντός – Εκτός Χανίων

Στα δύο σενάρια που μόλις αναπτύξαμε το μόνο που αλλάζει είναι η περιοχή στην οποία γίνεται η αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού. Στην πρώτη περίπτωση, όταν βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης του Υ/Σ των Χανίων, βοηθούν στην εξυπηρέτηση φορτίου που θα αναλάμβανε ο Αερ1Χαν για να προστατέψει το δίκτυο το οποίο έχει ως αποτέλεσμα η αντικατάσταση αυτή να συμβάλει στην μείωση της παραγωγής του. Αν η αντικατάσταση γίνει σε οποιαδήποτε άλλη περιοχή του ΣΗΕ Κρήτης (δεύτερο σενάριο), δεν δίνεται η δυνατότητα να μπορεί να επηρεαστεί ο αεριοστρόβιλος 1 καθόλου. Έχοντας εξηγήσει πως αυτή η μονάδα είναι με διαφορά η ακριβότερη μονάδα του συστήματος που εξετάζεται είναι λογικό να μας παρουσιάζεται στο δεύτερο σενάριο μικρότερο οικονομικό όφελος.

Πιο συγκεκριμένα τα οφέλη που επιφέρει η αντικατάσταση των μονάδων εντός της περιοχής των Χανίων παρουσιάζεται στο Πίνακας 52 που ακολουθεί. Παρατηρούμε ότι η μετακίνηση αυτή εκτός των Χανίων, πέρα από το μικρότερο κατά περίπου 600€ οικονομικό όφελος, έχει ως αποτέλεσμα να εξοικονομηθούν 2 τόνοι περισσότερο μαζούτ αλλά και να δαπανηθούν παραπάνω περίπου 2.5 τόνοι diesel. Το φαινόμενο αυτό είναι λογικό μιας και από τη στιγμή που υπάρχει δυνατότητα να μειωθεί η κατανάλωση diesel όταν βρισκόμαστε εντός της περιοχής του Υ/Σ των Χανίων δίνεται προτεραιότητα σε αυτή για να μεγιστοποιηθούν τα οικονομικά οφέλη.

Όφελος Μήνες	Diesel(Lt)	Μαζούτ (Kg)	Οικονομικό (€)
Ιούλιος	727.20	-382.34	235.24
Αύγουστος	1269.00	-1233.26	207.13
Σεπτέμβριος	101.59	101.33	54.87
Οκτώβριος	0	0	0
Νοέμβριος	4.09	-7.63	0
Δεκέμβριος	402.01	-440.43	49.45
Β' Εξάμηνο 2001	2503.89	-1922.33	546.69

Πίνακας 52:- Όφελος αντικατάστασης μονάδων στα Χανιά έναντι άλλων περιοχών

Με τα δεδομένα του Πίνακας 52 μας δίνεται η δυνατότητα να υπολογιστεί εύκολα και το ποσοστιαίο όφελος ως προς τον οικονομικό παράγοντα και ως προς την κατανάλωση καυσίμων της επιλογής αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων σε σχέση με άλλες περιοχές του Νησιού. Πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε 3.62% αύξηση στην εξοικονόμηση πετρελαίου Diesel και 2.96% μείωση στην εξοικονόμηση Μαζούτ. Όσον αφορά το οικονομικό όφελος παρατηρείται αύξηση του κατά 1.69% με την εφαρμογή του προγράμματος σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων σε σχέση με τις περιοχές εκτός.

Αξίζει να σημειωθεί επίσης το όφελος που προκύπτει ανά MWh η εξεταζόμενη αντικατάσταση μονάδων γίνεται στο σύνολο της στην ευρύτερη περιοχή του Υ/Σ Χανίων. Παρακάτω στον Πίνακα 53 παρουσιάζεται το όφελος ανά παραγόμενη MWh για τις επίμαχες ώρες που δούλεψε ο αεριοστρόβιλος 1 αν γίνει η εξεταζόμενη αντικατάσταση εντός της περιοχής εξυπηρέτησης του Υ/Σ Χανίων σε σχέση με άλλες περιοχές του συστήματος. Το μηδενικό όφελος για τον μήνα Οκτώβρη οφείλεται στο γεγονός ότι δεν δημιουργήθηκε καμία μείωση ζήτησης ενέργειας που να οφειλόταν στην αντικατάσταση μονάδων.

	Εξοικονόμηση όταν Αερ1 ανοιχτός (MWh)	Όφελος ανά MWh (€)
Ιούλιος	92.08	2.55
Αύγουστος	141.00	1.47
Σεπτέμβριος	40.78	1.35
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	3.32	0
Δεκέμβριος	69.72	0.71
Β' Εξάμηνο 2001	346.90	1.58

Πίνακας 53: Όφελος ανά MWh για την αντικατάσταση των μονάδων στα Χανιά από άλλες περιοχές του ΣΗΕ Κρήτης

Αξίζει επίσης να γίνει σύγκριση των δύο σεναρίων που προσομοιώθηκαν σχετικά με οικονομικό όφελος που παρουσιάζεται ανά μονάδα κλιματισμού που αντικαταστάθηκε. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί. Για μία ακόμη φορά παρατηρούμε ότι έχουμε μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη και ως προς τις μονάδες προς αντικατάσταση στην εφαρμογή της προσομοίωσης όπου η αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού γίνεται εντός της περιοχής κάλυψης του Υ/Σ Χανίων

	Όφελος αντικατάστασης στα Χανιά (€)	Όφελος αντικατάστασης Κρήτης (€)	Ποσοστιαία Διαφορά (%)
Ιούλιος	0.74	0.72	2.7
Αύγουστος	1.14	1.12	1.8
Σεπτέμβριος	0.32	0.31	3.2
Οκτώβριος	0	0	0
Νοέμβριος	0.021	0.021	0

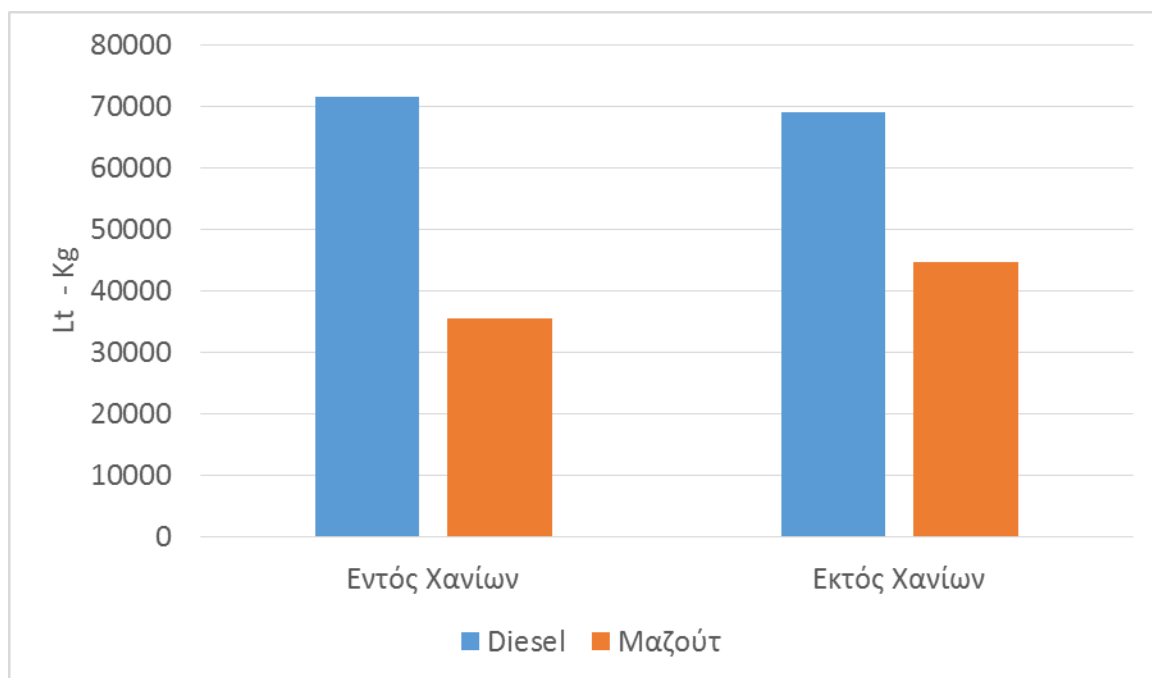
Δεκέμβριος	0.54	0.53	1.8
Β' Εξάμηνο 2001	2.77	2.72	1.8

Πίνακας 54: Οικονομικό όφελος ανά μονάδα κλιματισμού προς αντικατάσταση

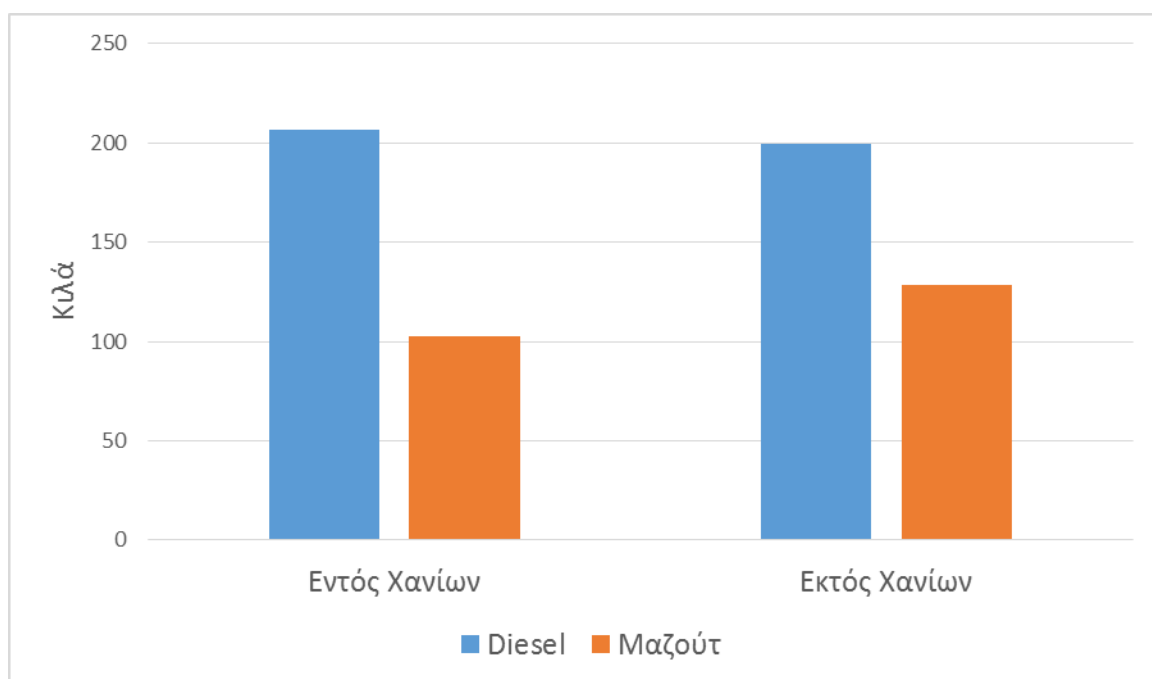
Από το Πίνακας 53 και τον Πίνακας 54 παρατηρούμε ξεκάθαρα τα επιπλέον οικονομικά οφέλη που έχουμε τόσο και ανά τις MWh που εξοικονομήθηκαν όσο και ανά μονάδα κλιματισμού προς αντικατάσταση με την εφαρμογή του σεναρίου σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων.

Στις δύο περιπτώσεις που εξετάστηκαν παραπάνω υποθέσαμε ότι η αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού έγινε αποκλειστικά εντός της περιοχής εξυπηρέτησης του Υ/Σ Χανίων και εκτός από αυτή τη περιοχή. Από τις δύο μειώσεις κόστους που παρουσιάζονται στις εξεταζόμενες περιπτώσεις η μεγαλύτερη είναι αυτή που παρουσιάζεται στα Χανιά χωρίς περιορισμό, δηλαδή στην περίπτωση που μπορεί να μειωθεί και η παραγωγή του επίμαχου αεριοστρόβιλου. Μειώνεται αρκετά η παραγωγή της συγκεκριμένης μονάδας γιατί ο αλγόριθμος που υλοποιείται εξαιτίας της εξοικονόμησης που προκαλείται από την αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού ελαττώνει την παραγωγή των μονάδων σύμφωνα με το κόστος τους, ξεκινώντας από την πιο ακριβή, που είναι ο επίμαχος αεριοστρόβιλος. Αξίζει ιδιαίτερα να σημειωθεί πως η αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού θα αποφέρει μεγαλύτερο όφελος αν γίνει στοχευμένα εντός της περιοχής εξυπηρέτησης του Υ/Σ Χανίων παρά σε οποιαδήποτε άλλη περιοχή του ΣΗΕ Κρήτης.

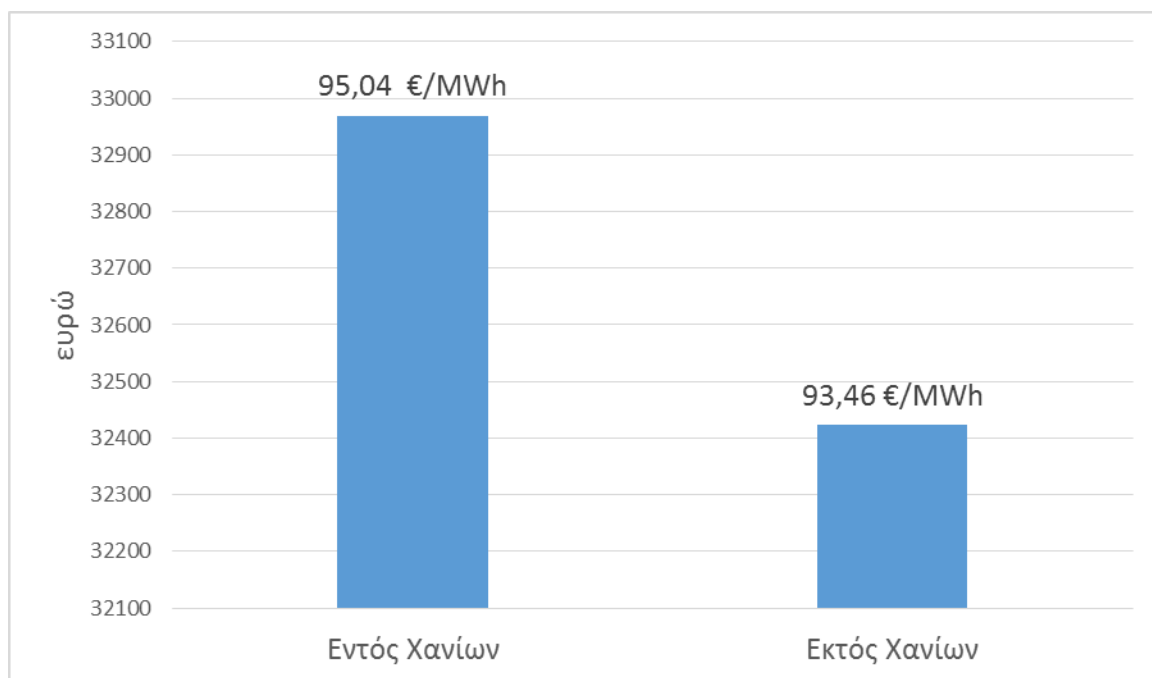
Παρακάτω παρουσιάζεται γραφικά το κόστος που εξοικονομήθηκε για το σύστημα σε καθεμιά από τις δύο περιπτώσεις που εξετάσαμε όπως επίσης πως μεταβλήθηκε η κατανάλωση καυσίμων για κάθε σενάριο, για τις ώρες που ήταν σε λειτουργία ο αεριοστρόβιλος 1 το δεύτερο εξάμηνο του 2001.



Εικόνα 64: Εξοικονόμηση Καυσίμων των 2 περιπτώσεων



Εικόνα 65: Εξοικονόμηση καυσίμων ανά Mwh εξοικονόμησης με Αερ1Χαν σε λειτουργία



Εικόνα 66: Εξοικονόμηση κόστους για τα δύο σενάρια και ανά MWh εξοικονόμησης

7.2 Επίδραση στη Θερινή Αιχμή

Όπως έχει αναφερθεί στην ενότητα 4.2.3 η θερινή αιχμή για το έτος 2001 είχε παρουσιαστεί στις 30 Αυγούστου, ώρα 20:00 και ήταν ίση με 471.4 MW. Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να μελετηθεί η μεταβολή που προκλήθηκε σε αυτή τη θερινή αιχμή η προσομοίωση των σεναρίων στην εφαρμογή μας.

Τη δεδομένη χρονική στιγμή η μέση ωριαία θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος ήταν ίση με 27,79 °C γεγονός που μας οδηγεί σε εξοικονόμηση 0.86 MW σύμφωνα με την εφαρμογή του αλγόριθμου υπολογισμού εξοικονόμησης που αναπτύχθηκε στην ενότητα 5.3.2. Το πόσο αυτό της ισχύος θα αφαιρεθεί από τη συνολική παραγωγή των μονάδων ανεξάρτητα από τον περιορισμό των Χανίων, απλά στη περίπτωση που δεν υπάρχει ο περιορισμός θα δοθεί προτεραιότητα στη μείωση παραγωγής του Αερ1Χαν. Η εξοικονόμηση αυτή μας οδηγεί τη συνολική παραγωγή του ΣΗΕ Κρήτης στα 470,54 MW που πρακτικά σημαίνει μείωση κατά 0.18%. Εξετάζοντας και τις υπόλοιπες επίμαχες ώρες, παρατηρείται ότι έπειτα από τη συμβολή της εξοικονόμησης ισχύος από τις μονάδες κλιματισμού δεν είχαμε κάποια ώρα ζήτηση η οποία να υπερβαίνει την παραπάνω τιμή. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει πως η μέθοδος αποτελεί έναν εφικτό τρόπο για να μειωθεί η αιχμή του ΣΗΕ Κρήτης και να συμβάλλει με τον τρόπο της στο περιορισμό του φαινομένου της θερινής αιχμής.

Το αποτέλεσμα μπορεί να μην δείχνει ιδιαίτερα μεγάλο, γεγονός που οφείλεται και στους περιορισμούς μας στον υπολογισμό της εξοικονόμησης ισχύος (εξωτερική θερμοκρασία, αριθμός μονάδων προς αντικατάσταση) αλλά επιβεβαιώνει ξεκάθαρα πως η

όποια εξοικονόμηση απαιτούμενης ισχύος από τη πλευρά των καταναλωτών οδηγεί στη μείωση της θερινής αιχμής και η εφαρμογή της σε μεγαλύτερο βαθμό θα μπορούσε να οδηγήσει σε άκρως ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

7.3 Επίδραση στους Σταθμούς Παραγωγής

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε την επίδραση που είχαν οι προσομοιώσεις που εκτελέστηκαν στη συμπεριφορά των σταθμών παραγωγής ενέργειας του ΣΗΕ Κρήτης. Ακολουθεί ο Πίνακας 55 όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που πήραμε.

Σενάριο Εφαρμογής	Μείωση Παραγωγής Σταθμού (%)	
	Λινοπεράματα	Χανιά
Κλιματιστικά στα Χανιά	0.242	0.347
Κλιματιστικά σε όλη τη Κρήτη	0.373	0.238

Πίνακας 55: Ποσοστό μείωσης παραγωγής σταθμών για κάθε σενάριο της οικονομικής κατανομής

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται πώς όταν η εξοικονόμηση φορτίου από αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού εφαρμόζεται στην περιοχή κάλυψης του Υ/Σ Χανίων παρατηρείται η μεγαλύτερη μείωση του σταθμού παραγωγής στα Χανιά. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι στη περίπτωση αυτή είναι εφικτό να μειώσει τη λειτουργία του ο Αερ1Χαν, που είναι και η μονάδα με τη μέγιστη προτεραιότητα στη μείωσης παραγωγής μίας όπως έχει αναλυθεί πρόκειται για την ακριβότερη μονάδα παραγωγής του ΣΗΕ Κρήτης, που αποτελεί και το ζητούμενο. Στη περίπτωση εκτός του Υ/Σ Χανίων δεν είναι εφικτή η μεταβολή της παραγωγής του Αερ1Χαν και για αυτό το λόγο παρατηρείται μεγαλύτερη μείωση στο σταθμό Λινοπεραμάτων.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως με την αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων το 64.23% της εξοικονόμησης εμφανίστηκε ως μεταβολή στον σταθμό παραγωγής των Χανίων και μόλις το 35.77% αυτής στον σταθμό παραγωγής στα Λινοπεράματα. Στην περίπτωση όπου η αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού γίνεται στο σύνολο της Κρήτης και όχι στοχευμένα στον Υ/Σ Χανίων ο σταθμός παραγωγής των Χανίων μειώνει τη παραγωγή του κατά το 43.37% της συνολικής εξοικονόμησης και ο σταθμός των Λινοπεραμάτων κατά το υπόλοιπο 56.63% της συνολικής εξοικονόμησης.

7.4 Περιβαλλοντικά Οφέλη

Φυσικό επακόλουθο της μείωσης κατανάλωσης των καυσίμων παραγωγής που απαιτούνται για τη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού στο Β' εξάμηνο του έτος

2001 είναι και η μείωση των ρύπων που επιβαρύνουν το περιβάλλον με τη καύση τους. Στο Πίνακα 56 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εκπομπές αερίων που αποφεύχθηκαν με την εφαρμογή του αλγορίθμου για το σενάριο που εξοικονόμηση εφαρμόζεται εντός στην περιοχή κάλυψης του Υ/Σ Χανίων.

	Μαζούτ		Diesel		Εκπομπές ανά τύπο και συνολικά
	Μέση εκπομπή (Kg/tn)	Τόνοι	Μέση εκπομπή (Kg/tn)	Τόνοι	Τόνοι
Σωματίδια	1,86	0,066	1,19	0,085	0,151
SO ₂	57,12	2,037	0,8	0,057	2,094
NO _x	11,4	0,406	4,67	0,334	0,74
CO ₂	3200	114,091	2445	175,124	289,215

Πίνακας 56: Εκπομπές που αποφεύχθηκαν, Εφαρμογή στα Χανιά

Από τα παραπάνω αποτελέσματα η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται στο διοξείδιο του άνθρακα. Δεδομένο ότι η μονάδα Αερ1Χαν ανήκει στον σταθμό παραγωγής των Χανίων και αποτελεί την υψηλότερη προτεραιότητα για μείωση το όφελος για τη πόλη των Χανίων όσο αφορά τα περιβαλλοντικά οφέλη θα είναι σημαντικό.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει να παραθέσουμε και τα στοιχεία που προκύπτουν σχετικά με τα περιβαλλοντικά οφέλη για την αντικατάσταση των μονάδων εκτός της περιοχής κάλυψης του Υ/Σ Χανίων. Τα αποτελέσματα παραθέτονται στον Πίνακα 57 που ακολουθεί.

	Μαζούτ		Diesel		Εκπομπές ανά τύπο και συνολικά
	Μέση εκπομπή (Kg/tn)	Τόνοι	Μέση εκπομπή (Kg/tn)	Τόνοι	Τόνοι
Σωματίδια	1,86	0,083	1,19	0,082	0,165
SO ₂	57,12	2,551	0,8	0,055	2,606
NO _x	11,4	0,509	4,67	0,332	0,841
CO ₂	3200	142,916	2445	169,000	311,916

7.4.1 Σύγκριση Σεναρίων τοποθέτησης κλιματιστικού

Συγκρίνοντας τα δεδομένα που προέκυψαν σχετικά με τα περιβαλλοντικά οφέλη και το σενάριο επιλογής αντικατάστασης των κλιματιστικών μονάδων παρατηρείται ένα λίγο μεγαλύτερο όφελος με την αντικατάσταση να γίνεται έκτος της περιοχής κάλυψης του Υ/Σ Χανίων. Το γεγονός αυτό οφείλεται ότι από τη στιγμή που δεν επιτρέπεται η μείωση της παραγωγής της μονάδας Αερ1Χαν η οποία καταναλώνει πετρέλαιο Diesel έχουμε μείωση παραγωγής η οποία προέρχεται από κατανάλωση Μαζούτ και επομένως μεγαλύτερη εξοικονόμηση μαζούτ όπως παρουσιάστηκε και στην ενότητα 7.1. Όπως φαίνεται και από τους πίνακες της προηγούμενης ενότητας το μαζούτ σαν καύσιμη ύλη είναι πιο ρυπογόνο σε σχέση με το Diesel και για αυτό το λόγο είναι λογικά τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη με την εξοικονόμηση Μαζούτ. Αναλυτικά οι διαφορές σχετικά με τα περιβαλλοντικά οφέλη και των δύο περιπτώσεων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί. Αξίζει όμως να σημειωθεί πως παρόλες τις διαφορές αυτές όλοι οι ρύποι με εξαίρεση του CO₂ είναι τοπικοί ρύποι με αποτέλεσμα τη μετακίνηση της μείωσης στα Χανιά να είναι ιδιαίτερα ευεργετική.

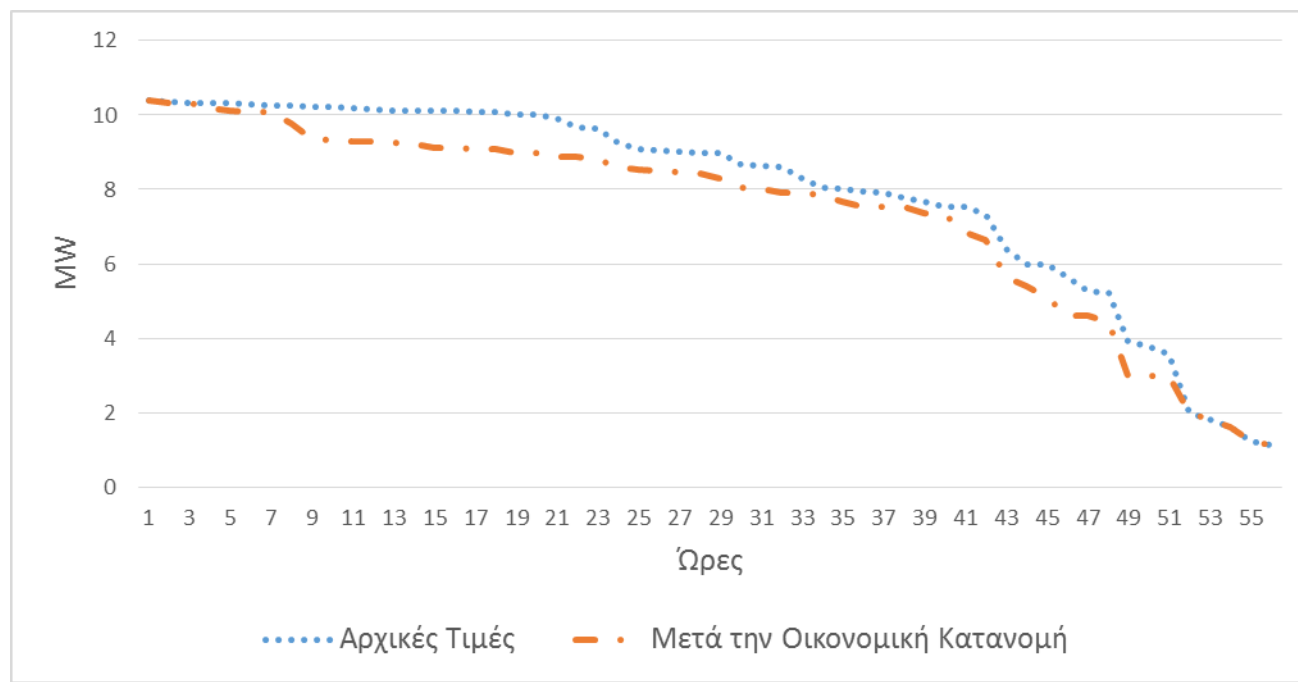
	Αντικατάσταση Χανιά (Tn)	Αντικατάσταση Κρήτη (Tn)	Επιπλέον Όφελος αντικατάστασης στη Κρήτη (%)
Σωματίδια	0,151	0,165	9.27
SO ₂	2,094	2,606	24.45
NO _x	0,74	0,841	13,64
CO ₂	289,215	311,916	7,84

Πίνακας 58: Σύγκριση περιβαλλοντικά οφέλη των δύο περιπτώσεων

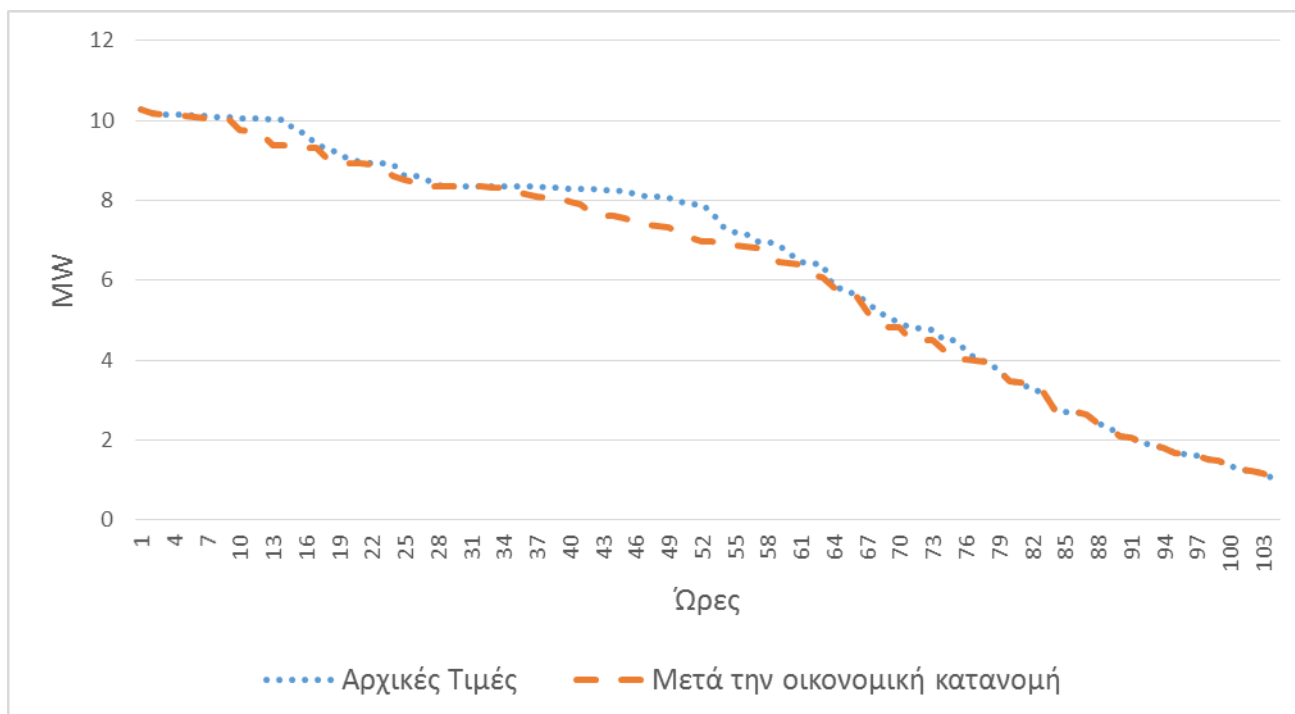
7.5 Μεταβολή της λειτουργίας του Αερ1Χαν

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν οι μεταβολές που προκλήθηκαν στην μονάδα Αερ1Χαν έπειτα από τις προσομοιώσεις που εξετάστηκαν. Αρχικά θα εξεταστούν τα γραφήματα της καμπύλης διάρκειας παραγωγής του Αερ1Χαν για κάθε μήνα της εξεταζόμενης περιόδου καθώς και συνολικά για το δεύτερο εξάμηνο του έτους 2001. Αξίζει να σημειωθεί πως παρότι το τεχνικό ελάχιστο της μονάδας είναι 3 MW, στα γραφήματα εμφανίζονται μερικές ώρες κατά τις οποίες φαίνεται πως η παραγωγή της μονάδας ήταν κάτω από το τεχνικό ελάχιστο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τα δεδομένα μας, που

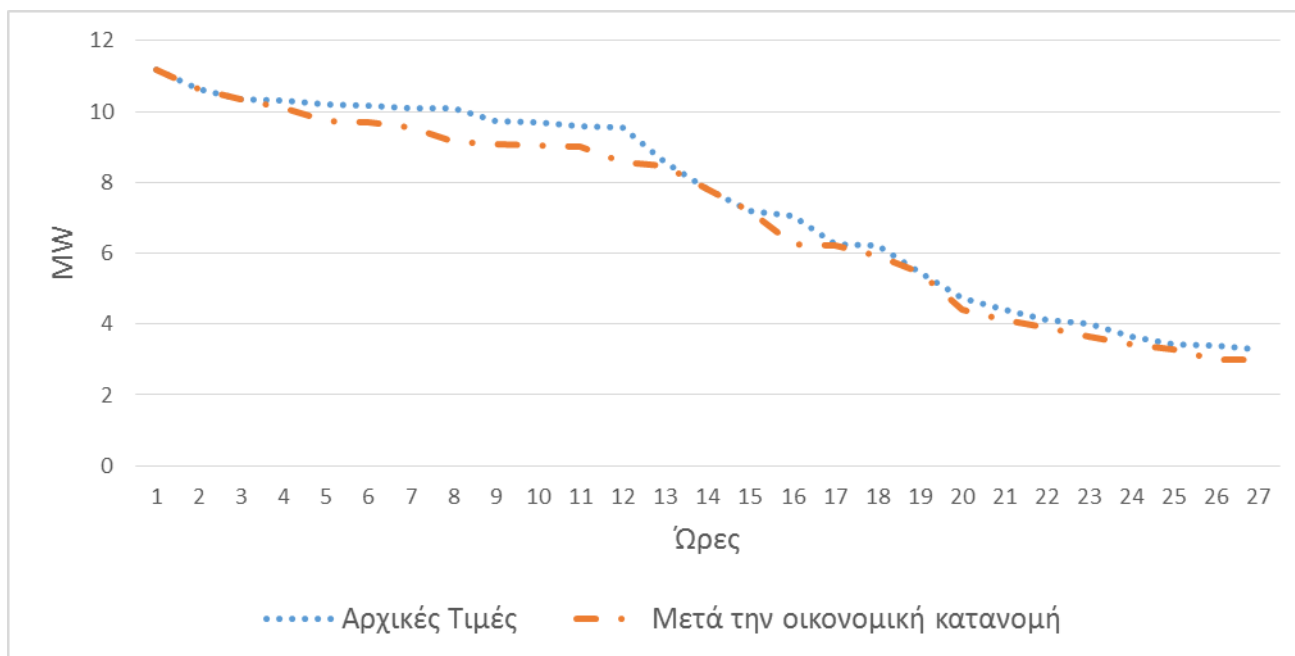
προέρχονται από το Scada, αναφέρονται στον ωριαίο μέσο όρο της παραγωγής της μονάδας και ήταν πιθανό στη διάρκεια μιας ώρας η μονάδα να πήρε τιμές μικρότερες του τεχνικού ελαχίστου κατά τη διαδικασία εκκίνησης ή τη διαδικασία απενεργοποίησης της. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν και τα δεδομένα της μηνιαίας παραγωγής της μονάδας για κάθε σενάριο προσομοίωσης.



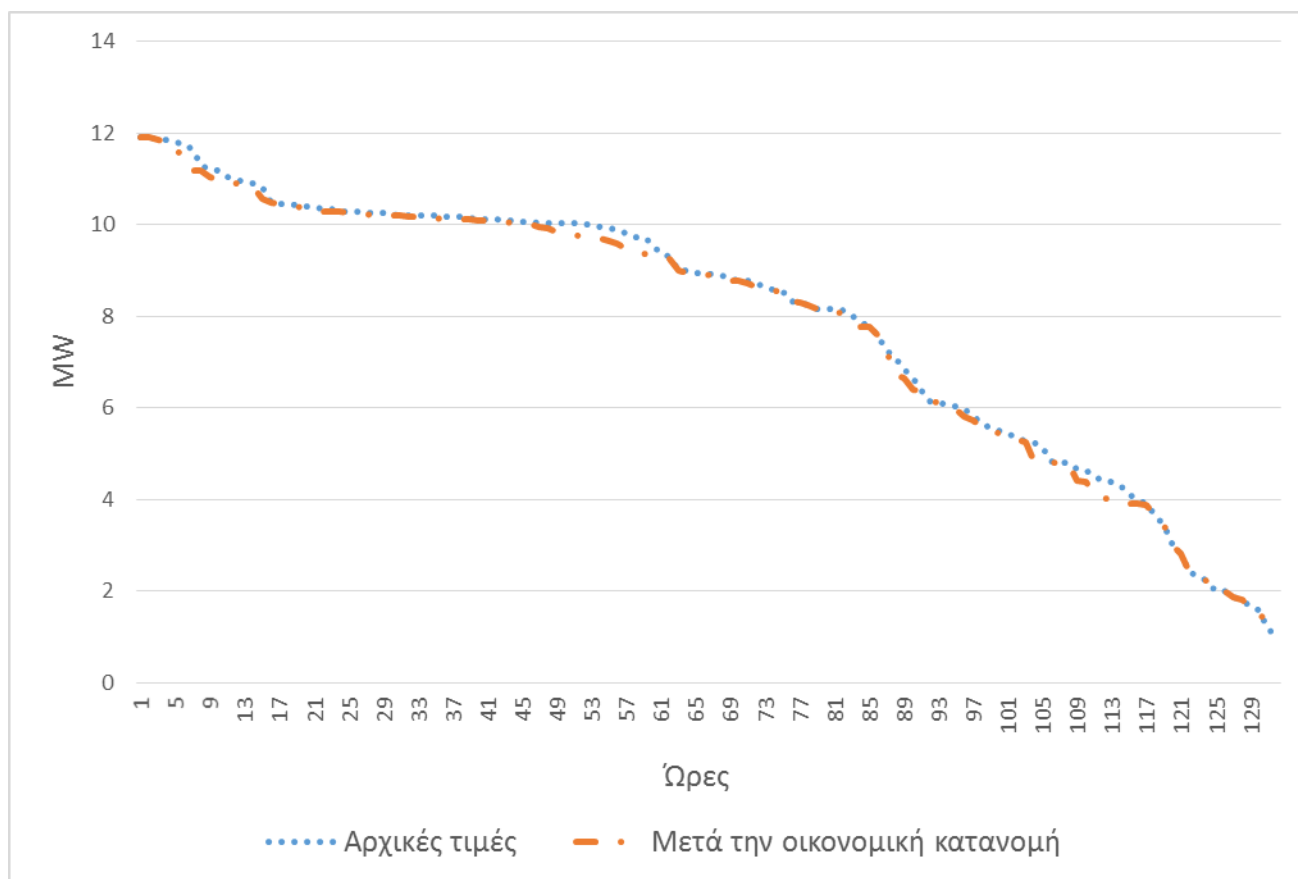
Εικόνα 67: Καμπύλη διάρκειας παραγωγής Αερ1Χαν - Ιούλιος 2001



Εικόνα 68: Καμπύλη διάρκειας παραγωγής Αερ1Χαν - Αύγουστος 2001



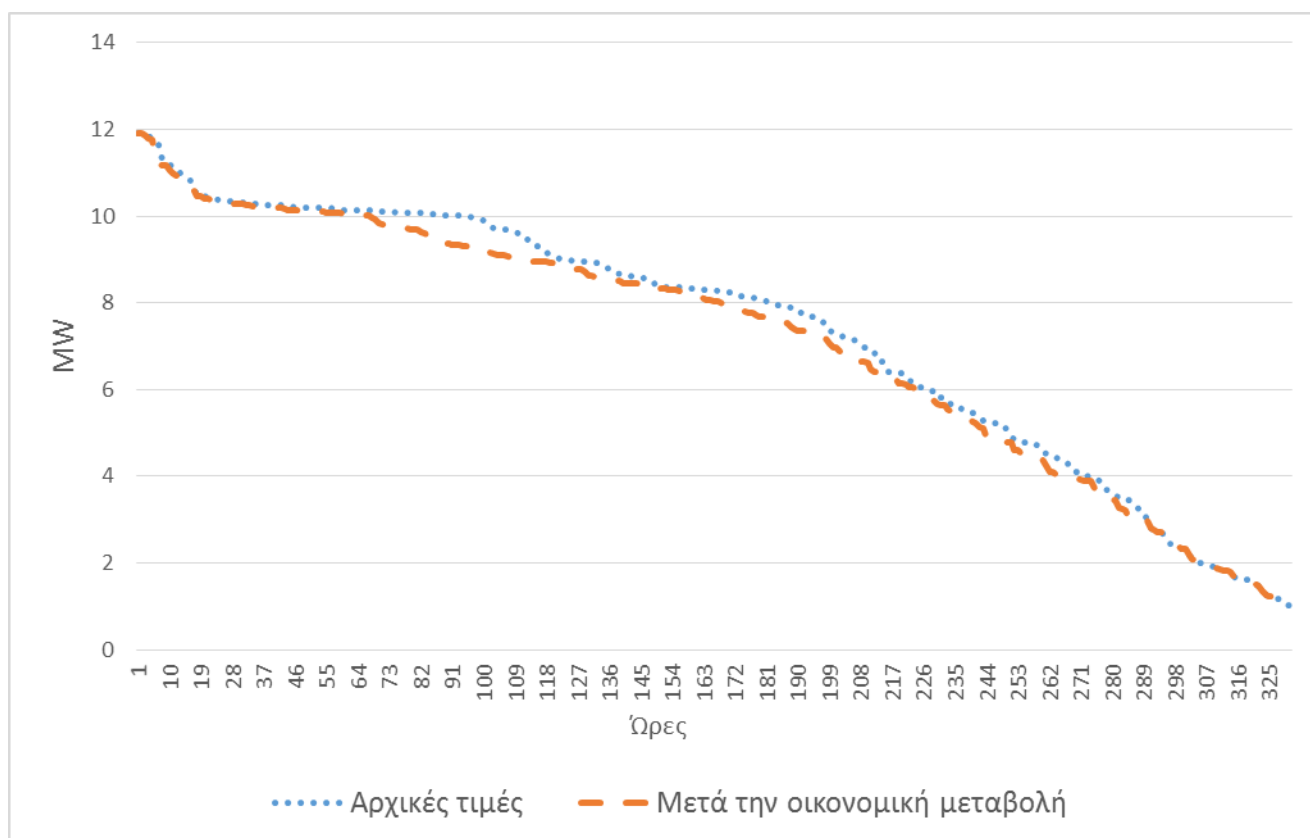
Εικόνα 69: Καμπύλη διάρκειας παραγωγής Αερ1Χαν - Σεπτέμβριος 2001



Εικόνα 70: Καμπύλη διάρκειας παραγωγής Αερ1Χαν - Δεκέμβριος 2001

Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό πως για τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο του έτους 2001 δεν παρουσιάζονται γραφήματα της καμπύλης παραγωγής της μονάδας Αερ1Χαν για το λόγο ότι σύμφωνα με τα δεδομένα μας δεν υπήρχε κάποια μεταβολή στη λειτουργία της εν λόγω μονάδας κατά τις προσομοιώσεις που έγιναν.

Στο γράφημα της Εικόνα 71 που ακολουθεί παρουσιάζεται η παραγωγή της μονάδας Αερ1Χαν στο σύνολο του δευτέρου εξαμήνου του έτος 2001 για τη κάθε περίπτωση.



Εικόνα 71:Καμπύλη διάρκειας παραγωγής Αερ1Χαν - Δεύτερο εξάμηνο 2001

Ακολουθεί ο Πίνακας 59 όπου παρουσιάζεται η μηνιαία παραγωγή της μονάδας Αερ1Χαν για τη προσομοίωση που εκτελέστηκε καθώς και η μεταβολή που εμφανίστηκε σε σχέση με τις αρχικές τιμές της μονάδας.

	Παραγωγή Αερ1Χαν (MWh)		
	Αρχικές Τιμές	Έπειτα Εφαρμογής	Μεταβολή (%)
Ιούλιος	445,022	413,527	7.08
Αύγουστος	671,196	650,355	3.11
Σεπτέμβριος	201,213	192,178	4.49
Οκτώβριος	106,669	106,669	0
Νοέμβριος	72,952	72,952	0
Δεκέμβριος	1049,160	1036,927	1.17
Β' Εξάμηνο 2001	2546,212	2472.651	2.89

Πίνακας 59: Μηνιαία Παραγωγή Αερ1Χαν Β' εξάμηνο 2001

7.6 Αποτελέσματα παρόμοιων μεθόδων αντιμετώπισης

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 4.6 στο παρελθόν είχε γίνει αντίστοιχη μοντελοποίηση του προβλήματος με την ενίσχυση του ΣΗΕ Κρήτης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάρκα αντί της εξοικονόμησης ισχύος από τη πλευρά των καταναλωτών. Στον Πίνακα 60 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης που αφορά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συνολικής ισχύος $10.752,4kW$ με την εφαρμογή της ίδια οικονομικής κατανομής και στην ίδια χρονική περίοδο (Β' Εξάμηνο 2001).

Σενάριο εφαρμογής (Β' Εξάμηνο 2001)	Εξοικονόμηση Diesel (Lt)	Εξοικονόμηση Μαζούτ (Kg)	Οικονομικό όφελος(€)
Χανιά χωρίς περιορισμό	216098,21	32496,85	81558,91
Χανιά με περιορισμό	204329,52	38220,23	78603,26

Πίνακας 60: Αποτελέσματα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών - Β' εξάμηνο 2001

Από τον παραπάνω πίνακα επιβεβαιώνεται και με αυτή τη μελέτη ότι η μεγιστοποίηση των οικονομικών οφελών για το ΣΗΕ Κρήτης επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στη περιοχή κάλυψης επιτρέποντας έτσι την μείωση παραγωγής της επίμαχης μονάδας Αερ1Χαν. Τα αποτελέσματα στην εξοικονόμηση των καυσίμων και κατά συνέπεια στα οικονομικά οφέλη είναι αρκετά καλύτερα από τα αντίστοιχα της δικιάς μας μελέτης, γεγονός που οφείλεται ότι στο δικό μας σενάριο μελέτης η μέγιστη εξοικονόμηση ισχύος που εφαρμόζεται σύμφωνα με τις συνθήκες περιβάλλοντος και τον υποθετικό αριθμό μονάδων προς αντικατάσταση είναι ίση με 2.268 MW μέγεθος αρκετά μικρότερο του αντίστοιχου των φωτοβολταϊκών.

Ιδιαίτερη σημασία έχει ότι και οι δύο έρευνές καταλήγουν σε αντίστοιχα συμπεράσματα γεγονός που επιβεβαιώνει την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής και αποτελεί ισχυρό κίνητρο για την εφαρμογή τους. Η υιοθέτηση των παραπάνω μεθόδων τόσο μεμονωμένα αλλά ακόμη περισσότερο σε ταυτόχρονο συνδυασμό θα καθιστούσε εφικτή την ανακούφιση σε μεγάλο βαθμό των θεμάτων που χρίζουν αντιμετώπισης του ΣΗΕ Κρήτης.

8 Εκτίμηση Ετήσιων Αποτελεσμάτων

Έχοντας ολοκληρωθεί οι προσομοιώσεις του προβλήματος και συγκεντρώσει πλήρως τα απαραίτητα αποτελέσματα κρίνεται απαραίτητο να πραγματοποιηθεί μία ετήσια οικονομική εκτίμηση των αποτελεσμάτων. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα παρουσιαστούν αρχικά το μέσο εκτιμώμενο διαφορικό κόστος ανά ώρα λειτουργίας των καταστημάτων και μήνα παραγωγής και στη συνέχεια θα υπολογιστεί η μείωση που θα προκαλούσαν στο κόστος της η εκτιμώμενη εξοικονόμηση που θα είχαμε με την εφαρμογή του σεναρίου υλοποίησης μας. Ο υπολογισμός της ισχύος προς εξοικονόμηση για κάθε ώρα του έτους 2001 έγινε με την εφαρμογή μιας πιθανοτικής μεθοδολογίας κατά την οποία αξιοποιήσαμε της μέσης ωριαία θερμοκρασία περιβάλλοντος του έτους, που είχαμε διαθέσιμη, και στη συνέχεια εφαρμόστηκε με τις τιμές αυτές ο αλγόριθμος που παρουσιάστηκε στην ενότητα 5.3 όπου και είχαμε υπολογίσει την εξοικονόμηση ισχύος μόνο για τις ώρες λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν. Στη συνέχεια γίνεται επεξεργασία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων σύμφωνα με την πιθανοτική αυτή μεθοδολογία .

8.1 Υπολογισμός Οικονομικής Εκτίμησης

Ιδιαίτερη σημασία έχει το αναμενόμενο διαφορικό κόστος παραγωγής ανά MWh για κάθε ώρα και μήνα του έτους 2001 κατά την οποία ήταν ανοικτά τα καταστήματα. Στον Πίνακα 61 που ακολουθεί παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της πιθανοτικής μεθοδολογίας εκτίμησης της αξίας σε Ευρώ της κάθε παραγόμενης MWh στο ΣΗΕ Κρήτης για τις ωράριο λειτουργίας του εμπορικού τομέα που είναι και η περίοδος που απασχολεί τα σενάρια προσομοιώσεων μας.

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
0:00-1:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1:00-2:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2:00-3:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:00-4:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4:00-5:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5:00-6:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:00-7:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7:00-8:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8:00-9:00	49,28	49,36	63,39	51,64	51,62	53,58	56,74	57,88	68,56	69,84	81,4	66,35
9:00-10:00	50,12	61,69	71,13	64,66	52,71	56,5	63,56	69,14	86,11	75,44	95,24	79,62
10:00-11:00	58,84	69,59	74,49	70,76	58,89	66,2	73,96	83,27	97,52	87,99	101,67	88,21
11:00-12:00	72,9	74,95	74,94	73,85	64,06	73,46	78,4	86,18	102,27	95,49	101,67	93,69
12:00-13:00	75,6	74,44	76,24	74,67	50,84	77,59	80,46	88,37	104,09	99,18	105,38	96,14
13:00-14:00	75,78	72,86	75,76	75,49	70,66	77,89	80,4	87,86	104,45	100	105,13	96,33
14:00-15:00	75,06	68,8	74,27	74,3	67,82	75,54	79,54	87,54	103,57	100	104,92	95,32
15:00-16:00	72,16	68,58	72,86	72,06	58,7	68,57	77,04	85,04	101,23	97,49	103,07	91,9
16:00-17:00	70,53	65,56	71,68	67,99	53,45	60,74	72,91	82,82	96,68	88,13	103,07	90,73
17:00-18:00	70,09	65,22	71,14	65,34	52,7	58,19	70,71	80,59	94,29	80,44	101,89	66,51
18:00-19:00	72,74	69,91	71,14	66,76	53,57	61,06	73,16	82,64	97,07	77,87	79,49	77,62
19:00-20:00	79,89	79,99	66,9	70,02	57,13	66,57	77,11	83,67	101,21	82,81	82,14	80,97
20:00-21:00	79,91	81,41	75,35	73,05	63,27	81,23	78,89	84,84	82,11	87,03	81,67	80,68
21:00-22:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22:00-23:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:00-24:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 61: Αναμενόμενο μέσο διαφορικό κόστος παραγωγής ΣΗΕ Κρήτης ανά μήνα και τύπο ώρας για τις ώρες με ανοικτά καταστήματα (€/MWh)

Στη συνέχεια χρειάζεται να υπολογιστεί η εκτιμώμενη ισχύς που εξοικονομήθηκε ανά ώρα και μήνα για όλο το έτος 2001 κατά τις ώρες λειτουργίας του εμπορικού τομέα με την εφαρμογή του σεναρίου μας αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού εξαιρώντας τις ώρες λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν για τις οποίες έχουμε πάρει αποτελέσματα από το κώδικα προσομοίωσης μας. Για όλες τις ώρες που μας αφορούν υπολογίζουμε με παρόμοιο τρόπο που αναπτύχθηκε στην ενότητα 5.3 την εξοικονόμηση που θα είχαμε με την αντικατάσταση 11.916 μονάδων κλιματισμού χρησιμοποιώντας τις μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του έτους 2001 που είχαμε διαθέσιμες. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον

Πίνακας	62	που	ακολουθεί.
---------	----	-----	------------

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
0:00-1:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1:00-2:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2:00-3:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:00-4:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4:00-5:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5:00-6:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:00-7:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7:00-8:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8:00-9:00	11,42	20,65	18,64	16,87	1,68	0,88	16,87	9,38	1,42	0	11	24,19
9:00-10:00	27,62	16,59	12,56	11,54	2,47	3,14	23,51	21,35	10,43	0,27	6,61	19,62
10:00-11:00	25,07	11,87	7,62	5,75	5,63	7,57	33,3	26,83	18,74	1,46	2,63	13,21
11:00-12:00	19,68	8,92	5,4	3,86	11,07	14,15	36,76	17,02	26,85	3,46	1,44	9,26
12:00-13:00	15,24	7	4,04	4,14	15,41	18,67	35,53	23,18	29,47	5,06	1,4	7,1
13:00-14:00	13,25	5,89	4,08	4,97	16,6	23,58	34,24	20,93	32,25	6,79	0,95	7,97
14:00-15:00	11,34	5,55	3,87	5,19	16,7	24,95	44,69	35,31	34,1	6,79	1,08	9,68
15:00-16:00	10,43	6,75	3,72	5,8	17,19	25,64	49,27	52,74	41,06	6,39	1,26	11,53
16:00-17:00	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0
17:00-18:00	7,12	4,83	2,59	2,43	8,45	11,84	24,32	23,2	16,51	1,09	0,62	0,47
18:00-19:00	8,8	6,04	3,48	2,06	6,96	10,47	19,4	19,97	12,72	0,64	1,89	5,39
19:00-20:00	9,82	6,75	5,03	2,13	4,82	8,01	11,86	12,28	4,83	0,06	2,1	0,57
20:00-21:00	11,07	8,35	2,36	2,36	2,25	5,8	9,04	3,75	0,88	0	3,64	0,24
21:00-22:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22:00-23:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:00-24:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 62: Εκτιμώμενη ωριαία ενέργεια (MWh) που εξοικονομήθηκε με την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού

Έχοντας πλέον διαθέσιμα τόσο και την εκτιμημένη ετήσια εξοικονόμηση που πετύχαμε με την αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού ανά ώρα και μήνα που μας ενδιαφέρουν, όσο και την αξία παραγωγής κάθε MWh από το ΣΗΕ Κρήτης για τις αντίστοιχες ώρες μπορούμε εύκολα πλέον να υπολογίσουμε την εκτίμηση της ετήσιας οικονομικής εξοικονόμησης που πετύχαμε απλά με τον πολλαπλασιασμό στοιχείο προς στοιχείο των δύο πινάκων που μόλις παρουσιάστηκαν. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακας 63 που ακολουθεί.

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
0:00-1:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1:00-2:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2:00-3:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:00-4:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4:00-5:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5:00-6:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6:00-7:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7:00-8:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8:00-9:00	562,78 €	1.019,28 €	1.181,59 €	871,17 €	86,72 €	47,15 €	957,20 €	542,91 €	97,36 €	0,00 €	895,40 €	1.605,01 €
9:00-10:00	1.384,31 €	1.023,44 €	893,39 €	746,18 €	130,19 €	177,41 €	1.494,30 €	1.476,14 €	898,13 €	20,37 €	629,54 €	1.562,14 €
10:00-11:00	1.475,12 €	826,03 €	567,61 €	406,87 €	331,55 €	501,13 €	2.462,87 €	2.234,13 €	1.827,52 €	128,47 €	267,39 €	1.165,25 €
11:00-12:00	1.434,67 €	668,55 €	404,68 €	285,06 €	709,14 €	1.039,46 €	2.881,98 €	1.466,78 €	2.745,95 €	330,40 €	146,40 €	867,57 €
12:00-13:00	1.152,14 €	521,08 €	308,01 €	309,13 €	783,44 €	1.448,61 €	2.858,74 €	2.048,42 €	3.067,53 €	501,85 €	147,53 €	682,59 €
13:00-14:00	1.004,09 €	429,15 €	309,10 €	375,19 €	1.172,96 €	1.836,65 €	2.752,90 €	1.838,91 €	3.368,51 €	679,00 €	99,87 €	767,75 €
14:00-15:00	851,18 €	381,84 €	287,42 €	385,62 €	1.132,59 €	1.884,72 €	3.554,64 €	3.091,04 €	3.531,74 €	679,00 €	113,31 €	922,70 €
15:00-16:00	752,63 €	462,92 €	271,04 €	417,95 €	1.009,05 €	1.758,13 €	3.795,76 €	4.485,01 €	4.156,50 €	622,96 €	129,87 €	1.059,61 €
16:00-17:00	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
17:00-18:00	499,04 €	315,01 €	184,25 €	158,78 €	445,32 €	688,97 €	1.719,67 €	1.869,69 €	1.556,73 €	87,68 €	63,17 €	31,26 €
18:00-19:00	640,11 €	422,26 €	247,57 €	137,53 €	372,85 €	639,30 €	1.419,30 €	1.650,32 €	1.234,73 €	49,84 €	150,24 €	418,37 €
19:00-20:00	784,52 €	539,93 €	336,51 €	149,14 €	275,37 €	533,23 €	914,52 €	1.027,47 €	488,84 €	4,97 €	172,49 €	46,15 €
20:00-21:00	884,60 €	679,77 €	177,83 €	172,40 €	142,36 €	471,13 €	713,17 €	318,15 €	72,26 €	0,00 €	297,28 €	19,36 €
21:00-22:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22:00-23:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:00-24:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 63:Οικονομικό όφελος σε ετήσια Βάση από την αντικατάσταση κλιματισμού

Κλείνουμε την ενότητα αυτή με τον Πίνακας 64 ο οποίος παρουσιάζει την μηνιαία πιθανή εξοικονόμηση που υπολογίστηκε για όλους τους μήνες του έτους, συμπεριλαμβανομένων και των ωρών λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν .

	Εξοικονόμηση (MWh)
Ιανουάριος	182,28
Φεβρουάριος	117,90
Μάρτιος	79,59
Απρίλιος	70,37
Μάιος	110,21
Ιούνιος	157,84
Ιούλιος	437,12
Αύγουστος	399,60
Σεπτέμβριος	266,63
Οκτώβριος	32,02
Νοέμβριος	41,17
Δεκέμβριος	168,73
Ετησίως	2063,46

Πίνακας 64: Ενέργεια που εξοικονομήθηκε μηνιαία με την αντικατάσταση των μονάδων

8.2 Συνολική Αξία Αντικατάστασης Μονάδων Κλιματισμού

Στον Πίνακα 63 της προηγούμενης ενότητας παρουσιάστηκε το οικονομικό όφελος που προέκυψε ανά ώρα και μήνα για το έτος 2001 με την αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού στις εμπορικές επιχειρήσεις χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι ώρες κατά τις οποίες λειτουργούσε η μονάδα Αερ1Χαν. Οι ώρες αυτές αποκλείστηκαν γιατί όπως είδαμε στην ενότητα 7.1 παίρνουμε διαφορετικά αποτελέσματα για το κάθε σενάριο εφαρμογής. Ακολουθούν πίνακες οι οποίοι παρουσιάζουν τη συνολική αξία για κάθε περίπτωση.

8.2.1 Αντικατάσταση σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων

Ακολουθεί ο Πίνακας 65 όπου παρουσιάζεται η πιθανοτική αξία χωρίς τη χρήση της εφαρμογής και γίνεται σύγκριση με τα αποτελέσματα που παίρνουμε συνυπολογίζοντας τα δεδομένα που μας επέστρεψε η εφαρμογή του αλγορίθμου μας.

	Γενική πιθανοτική αξία	Πιθανοτική αξία χωρίς ώρες Αερ1Χαν	Όφελος λόγω Αερ1Χαν	Συνολική αξία
Ιανουάριος	11.425,20 €	11.425,20 €	0,00	11.425,20 €

Φεβρουάριος	7.289,26 €	7.289,26 €	0,00	7.289,26 €
Μάρτιος	5.169,00 €	5.169,00 €	0,00	5.169,00 €
Απρίλιος	4.415,00 €	4.415,00 €	0,00	4.415,00 €
Μάιος	6.591,54 €	6.591,54 €	0,00	6.591,54 €
Ιούνιος	11.025,89 €	11.025,89 €	0,00	11.025,89 €
Ιούλιος	32.215,82 €	25.525,06 €	8.837,88 €	34.362,94 €
Αύγουστος	32.862,13 €	22.048,97 €	13.595,96 €	35.644,93 €
Σεπτέμβριος	26.559,81 €	23.045,80 €	3.834,87 €	26.880,67 €
Οκτώβριος	3.104,53 €	3.104,53 €	0,00 €	3.104,53 €
Νοέμβριος	3.331,40 €	3.112,50 €	257,23 €	3.369,73 €
Δεκέμβριος	13.340,84 €	9.147,77 €	6.443,34 €	15.591,11 €
Ετησίως	157.330,42 €	131.900,52 €	32.969,28 €	164.869,80 €

Πίνακας 65:Αξία αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού- Εντός Χανίων

Παρατηρούμε από τον παραπάνω Πίνακας 65 πως η αξία της αντικατάστασης των μονάδων κλιματισμού αυξάνεται κατά 7.539,38 € για όλο το έτος 2001 χάρη στην ανακατανομή της παραγωγής που έγινε με τη χρήση του αλγορίθμου που υλοποιήθηκε, δίνοντας προτεραιότητα στη μονάδα παραγωγής Αερ1Χαν να ρίξει τη παραγωγή της. Το γεγονός αυτό μεταφράζεται σε επιπλέον κέρδος 0,633 € ανά μονάδα κλιματισμού που αντικαταστάθηκε.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η αξία ανά MWh που εξοικονομήθηκε εξαιτίας της αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού πριν και μετά την εφαρμογή.

	Αξία ανά MWh πριν (€)	Αξία ανά MWh μετά (€)
Ιανουάριος	62,68	62,68
Φεβρουάριος	61,83	61,83
Μάρτιος	64,95	64,95
Απρίλιος	62,74	62,74
Μάιος	59,81	59,81
Ιούνιος	69,85	69,85
Ιούλιος	73,70	78,61
Αύγουστος	82,23	89,20
Σεπτέμβριος	99,61	100,82
Οκτώβριος	96,95	96,95
Νοέμβριος	80,91	81,85
Δεκέμβριος	79,06	92,40
Ετησίως	76,25	79,90

Πίνακας 66: αξία ανά MWh που εξοικονομήθηκε πριν και μετά την εφαρμογή εντός Χανίων

Πριν κλείσουμε την ενότητα αυτή ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο υπολογισμός της αξίας που αποδίδει η αντικατάσταση κάθε μονάδας κλιματισμού στην υλοποίηση της

εν λόγω περίπτωσης. Έχοντας υπολογίσει το συνολικό όφελος, το οποίο ανέρχεται σε 164.869,80 € και με δεδομένο αριθμό μονάδων τις 11.916, σύμφωνα με τις οποίες υπολογίστηκε το σενάριο προσομοίωσης μας μπορεί εύκολα να υπολογιστεί πως η αξία κάθε μονάδας προς αντικατάσταση ανέρχεται σε 13.84 €. Η τιμή αυτή αποτελεί το ετήσιο όφελος της ΔΕΗ για κάθε μονάδα με την εφαρμογή της εν λόγω περίπτωσης.

8.2.2 Αντικατάσταση σε Περιοχές Εκτός Κάλυψης Υ/Σ Χανίων

Στον Πίνακα 67 που ακολουθεί παρουσιάζεται η συνολική αξία σε Ευρώ που προκύπτει από την αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού με την εφαρμογή του αλγορίθμου μας αν η αντικατάσταση των μονάδων εφαρμοστεί σε περιοχές εκτός του Υ/Σ Χανίων.

	Γενική πιθανοτική αξία	Πιθανοτική αξία χωρίς ώρες Αερ1Χαν	Όφελος λόγω Αερ1Χαν	Συνολική αξία
Ιανουάριος	11.425,20 €	11.425,20 €	0,00	11.425,20 €
Φεβρουάριος	7.289,26 €	7.289,26 €	0,00	7.289,26 €
Μάρτιος	5.169,00 €	5.169,00 €	0,00	5.169,00 €
Απρίλιος	4.415,00 €	4.415,00 €	0,00	4.415,00 €
Μάιος	6.591,54 €	6.591,54 €	0,00	6.591,54 €
Ιούνιος	11.025,89 €	11.025,89 €	0,00	11.025,89 €
Ιούλιος	32.215,82 €	25.525,06 €	8.602,64 €	34.127,7 €
Αύγουστος	32.862,13 €	22.048,97 €	13.388,83 €	35.437,8 €
Σεπτέμβριος	26.559,81 €	23.045,80 €	3.780,00 €	26.825,8 €
Οκτώβριος	3.104,53 €	3.104,53 €	0 €	3.104,53 €
Νοέμβριος	3.331,40 €	3.112,50 €	257,24 €	3.369,74 €
Δεκέμβριος	13.340,84 €	9.147,77 €	6.393,89 €	15.541,66 €
Ετησίως	157.330,42 €	131.900,52 €	32.422,60 €	164.323,12 €

Πίνακας 67: Αξία αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού- Εκτός Χανίων

Παρατηρούμε από τον παραπάνω πίνακα πως η αξία της αντικατάστασης των μονάδων κλιματισμού αυξάνεται κατά 6992,7 € σε αυτή τη περίπτωση. Το γεγονός αυτό μεταφράζεται σε επιπλέον κέρδος 0,58 € ανά μονάδα κλιματισμού που αντικαταστάθηκε. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως η διαφορά του όφελος που προκύπτει από τις 2 περιπτώσεις που εξετάζονται ταυτίζεται με εκείνη που υπολογίστηκε στην ενότητα 7.1.3 που υπολογίστηκε κατά τη διάρκεια των προσομοιώσεων και ανέρχεται σε 546,68 €.

Όπως και στη προηγούμενη περίπτωση υπολογίζεται η αξία ανά MWh που εξοικονομήθηκε εξαιτίας της αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού πριν και μετά την εφαρμογή και παρουσιάζεται στον που ακολουθεί.

	Αξία ανά MWh πριν (€)	Αξία ανά MWh μετά (€)
Ιανουάριος	62,68	62,68
Φεβρουάριος	61,83	61,83
Μάρτιος	64,95	64,95
Απρίλιος	62,74	62,74
Μάιος	59,81	59,81
Ιούνιος	69,85	69,85
Ιούλιος	73,70	78,07
Αύγουστος	82,23	88,68
Σεπτέμβριος	99,61	100,61
Οκτώβριος	96,95	96,95
Νοέμβριος	80,91	81,84
Δεκέμβριος	79,06	92,10
Ετησίως	76,25	79,63

Πίνακας 68:αξία ανά MWh που εξοικονομήθηκε πριν και μετά την εφαρμογή εκτός Χανίων

Στη περίπτωση αυτή, με τον ίδιο τρόπο που υπολογίστηκε στην προηγούμενη ενότητα, η αξία αντικατάστασης της κάθε μονάδας ανέρχεται σε 13,79 €.

8.2.3 Όφελος Αντικατάστασης Κλιματιστικών στα Χανιά Έναντι Άλλων Περιοχών

Από τις προηγούμενες ενότητες του κεφαλαίου παρουσιάζεται ξεκάθαρα πως σύμφωνα με τα ετήσια αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με την αξία αντικατάστασης των μονάδων κλιματισμού η καλύτερη επιλογή εφαρμογής της αντικατάστασης είναι σε περιοχές οι οποίες καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες από τον Υ/Σ Χανίων. Ο λόγος που η εν λόγω επιλογή είναι πιο προσοδοφόρα για το διαχειριστή του συστήματος είναι , όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 6, ότι μόνο σε αυτή τη περίπτωση δίνεται η δυνατότητα μείωσης παραγωγής της μονάδας Αερ1Χαν, η οποία αποτελεί την ακριβότερη μονάδα του συστήματος γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση του οικονομικού όφελος.

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν αρχικά η σύγκριση και οι διαφορές μεταξύ των δύο περιπτώσεων σχετικά με την αξία των μονάδων κλιματισμού και στη συνέχεια θα δοθούν προτάσεις προς τον Διαχειριστή του συστήματος προκειμένου να γίνει σωστή αξιοποίηση των αποτελεσμάτων.

8.2.3.1 Σύγκριση εντός – εκτός Χανίων

Στον πίνακα που ακολουθεί έχουν συγκεντρωθεί τα οικονομικά ποσά των δύο περιπτώσεων που θα αποτελέσουν τα κριτήρια για την αξιολόγηση των εξεταζόμενων

περιπτώσεων. Όλες οι τιμές αναφέρονται σε ετήσια βάση σύμφωνα με τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

Σενάριο Περιοχή	Αρχική Συνολική Αξία	Συνολική Αξία μετά την Εφαρμογή	Αξία ανά Μονάδα Αντικατάστασης	Αξία ανά MWh που εξοικονομήθηκε
Χανιά	157.330,42 €	164.869,80 €	13.84 €	79,90 €
Εκτός Χανίων	157.330,42 €	164.323,12 €	13.79 €	79,63 €

Πίνακας 69: Οικονομική Σύγκριση Εντός - Εκτός Χανίων

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι με την αντικατάσταση των μονάδων εντός της περιοχής κάλυψης του Υ/Σ Χανίων προσδίδεται επιπλέον οικονομικό όφελος 546,68 € στην συνολική αξία που έχει ο διαχειριστής του συστήματος με την αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού η οποία τιμή αντιστοιχεί στο 0.33% της συνολικής εξοικονόμησης. Το παραπάνω ποσό μεταφράζεται σε περίπου 0,05 € επιπλέον αξία για κάθε μονάδα που αντικαταστάθηκε και 0,27 € επιπλέον αξία για κάθε MWh που εξοικονομήθηκε ετησίως με την εφαρμογή του σεναρίου αντικατάστασης 11916 μονάδων κλιματισμού. Να σημειωθεί στο σημείο αυτό πως οι τιμές αυτές ταιριάζουν απόλυτα με τα αποτελέσματα που πήραμε κατά τις προσομοιώσεις και παρουσιάστηκαν στην ενότητα 7.1.3.

Από τις παραπάνω τιμές φαίνεται ξεκάθαρα πως η ΔΕΗ θα έχει το μέγιστο οικονομικό όφελος με αντικατάσταση μονάδων κλιματισμού παλαιάς τεχνολογίας με αντίστοιχες νεότερης τεχνολογίας όταν αυτή η δράση γίνει στοχευμένα σε καταναλωτές που ανήκουν στις περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων. Για το λόγο αυτό, η ΔΕΗ θα μπορούσε να δώσει επιπλέον οικονομικά κίνητρα - επιδοτήσεις στους καταναλωτές που ανήκουν στον Υ/Σ Χανίων.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειώσουμε ότι το συνολικό οικονομικό όφελος των 164.869,80 € δεν θα είναι και το τελικό κέρδος της ΔΕΗ από την εφαρμογή αυτή για το λόγο ότι θα παρουσιαστεί μία μικρή μείωση στα έσοδα της ΔΕΗ από την εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας της εξοικονόμησης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που γίνεται από τη πλευρά των καταναλωτών (Πίνακας 64). Δυστυχώς δεν έχουμε διαθέσιμο τιμολόγιο για το ΣΗΕ Κρήτης για το έτος αναφοράς 2001 και δεν είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το πόσο αυτό. Ανεξάρτητα του γεγονότος αυτού η ΔΕΗ θα μπορούσε να δώσει ετήσια επιδότηση έως 546,68 € ως επιπλέον κίνητρο για την επιλογή αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού σε περιοχές εντός της περιοχής κάλυψης του Υ/Σ Χανίων έναντι άλλων περιοχών. Το ποσό αυτό όπως είδαμε αποτελεί το καθαρό κέρδος επιλογής της περίπτωσης ενός Χανίων σε σχέση με τη περίπτωση εκτός Χανίων.

9 Συγκεντρωτικά Συμπεράσματα

9.1 Σύνοψη

Αντικείμενο της εργασίας αυτής αποτέλεσε η μελέτη των μεταβολών που θα προκαλούσε μία πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας από τη πλευρά των καταναλωτών στο ΣΗΕ Κρήτης και ακόμη πιο συγκεκριμένα στον Υ/Σ Χανίων. Η επιλογή του συγκεκριμένου ΣΗΕ έγινε γιατί αφετέρου από το εν λόγω σύστημα εξυπηρετεί τις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας του Πολυτεχνείου Κρήτης αλλά και επειδή πρόκειται για ένα εξαιρετικό παράδειγμα συστήματος προς μελέτη²⁹.

Ιδιαίτερα ικανοποιητική προσέγγιση θεωρήθηκε η μελέτη της εξοικονόμησης ενέργειας μέσω αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού παλαιάς τεχνολογίας με αντίστοιχες συσκευές νεότερης τεχνολογίας και κατά συνέπεια υψηλότερης ψυκτικής απόδοσης. Η επιλογή αυτή ενισχύθηκε από τους λόγους ότι οι συσκευές αυτές επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την θερινή αιχμή του συστήματος και την εισαγωγή αεργού ισχύος στο σύστημα, προβλήματα που απασχολούν σε μεγάλο βαθμό τον Διαχειριστή του ΣΗΕ Κρήτης - ΔΕΗ (τώρα ΔΕΔΔΗΕ). Επιπρόσθετα οι συσκευές αυτές ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένες ακόμη και για το έτος αναφοράς της εφαρμογής, 2001 και από αντίστοιχα μέτρα που είχαν εφαρμοστεί τόσο στην Ελλάδα όσο και σε χώρες του εξωτερικού τα αποτελέσματα ήταν άκρως αισιόδοξα.

Αρχικά μελετήθηκε η λειτουργία του ΣΗΕ Κρήτης, παρουσιάστηκαν τα χαρακτηριστικά του για το έτος αναφοράς 2001 και δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην μονάδα παραγωγής Αερ1Χαν του Υ/Σ Χανίων. Το παραπάνω δικαιολογείται γιατί αποτελεί την μονάδα με την ακριβότερη παραγωγή του συστήματος και πρόκειται για μία ξεκάθαρα αιχμιακή μονάδα παραγωγής η οποία εισάγεται πολλές φορές σε λειτουργία έναντι άλλων φθηνότερων μονάδων για τη προστασία του Μ/Σ 2 από υπερφορτίση κατά τις ώρες αιχμής, διαφορετικά θα οδηγούμασταν σε διακοπή καταναλωτών. Μια πρώτη παρατήρηση που προέκυψε ήταν η εν λόγω μονάδα έμπαινε σε λειτουργία πάντα μεταξύ του χρονικού διαστήματος 08:00-22:00 της ημέρας.

Μελετώντας τις ώρες αυτές λειτουργίας της προέκυψαν συμπεράσματα ιδιαίτερης σημασίας. Πιο συγκεκριμένα από τις 346 ώρες λειτουργίας της σημειώθηκαν τα εξής στοιχεία:

- 76% των συνολικών ωρών λειτουργίας της μονάδας (260 ώρες) ταυτιζόταν απόλυτα με το ωράριο λειτουργίας του εμπορικού τομέα.
- Απομονώνοντας τις ώρες λειτουργίας για την ομάδα ημερών Τρίτη - Πέμπτη - Παρασκευή (206 ώρες) για τις οποίες είμαστε σίγουροι για την λειτουργία των καταστημάτων και της απογευματινές ώρες το ποσοστό ταύτισης άγγιξε το 89%.
- 97% των συνολικών ωρών λειτουργίας τους η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος δικαιολογούσε τη χρήση μονάδων κλιματισμού γεγονός που επαληθεύει τη συσχέτιση της επιρροής της χρήσης μονάδων κλιματισμού στη παραγωγή του ΣΗΕ Κρήτης

Έχοντας συγκεντρώσει τα παραπάνω αποτελέσματά φαινόταν εύκολα η μεγάλη συσχέτιση της λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν τόσο με τη λειτουργία του εμπορικού τομέα αλλά και τόσο με τη χρήση συσκευών κλιματισμού. Για τον παραπάνω λόγο παρουσιάστηκε ιδιαίτερα δελεαστικό το σενάριο μελέτης στοχευμένης αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού στις εμπορικές επιχειρήσεις.

Το γεγονός αυτό ενίσχυσε και η άκρως επιτυχημένη δράση δύο παλαιότερων αντίστοιχων προγραμμάτων. Όπως παρουσιάστηκε και στην ενότητα 3.2.3 η Δράση «Αλλάζω ΚΛΙΜΑτιστικό» κατά την οποία έγινε η αντικατάσταση παλαιών τύπου συσκευών κλιματισμού με νεότερες συσκευές μεγαλύτερης ψυχτικής απόδοσης έφερε ιδιαίτερα αισιόδοξα αποτελέσματα για την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας με αυτό τον τρόπο προσέγγισης. Επίσης η εφαρμογή ενός αντίστοιχου προγράμματος στις εμπορικές επιχειρήσεις της Κέρκυρας γνωστό με την ονομασία «Μικροενεργείν» το οποίο αναφέρθηκε στην ενότητα 5.2 παρουσίασε και αυτό με τη σειρά του άκρως ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Στη συνέχεια, με επικοινωνία με το εμπορικό επιμελητήριο Χανίων, αποφασίστηκε η μελέτη του σεναρίου αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού μία ανά εμπορική επιχείρηση που ανήκει στην περιοχή κάλυψης του Υ/Σ Χανίων, 11.916 στο σύνολο.

Το επόμενο βήμα ήταν ο υπολογισμός της εξοικονόμησης που θα προκαλούσε η αντικατάσταση αυτή των 11.916 συσκευών για κάθε ώρα λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν. Για τον υπολογισμό αυτό χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμός που αναλύθηκε στην ενότητα 5.3 ο οποίος βασισμένος στην ψυχτική λειτουργία των συσκευών και των δεδομένων εξωτερικών θερμοκρασιών για τις επίμαχες ώρες υπολογίζει τη διαφορά ηλεκτρικής ισχύος για τους δύο τύπους κλιματιστικών συσκευών, ενεργειακής κλάσης Α και C. Να σημειωθεί ότι έγινε επιλογή η κλάση Α ως προς τις συσκευές για αντικατάσταση γιατί το έτος 2001 η συγκεκριμένη κλάση ήταν η αποδοτικότερη δυνατή κλάση και δεν είχαν βγει στην αγορά συσκευές κλάσης Α+. Εφαρμόζοντας το σενάριο αυτό αξίζει να εστιάσουμε την προσοχή μας στα εξής σημεία:

- Η εγκατεστημένη Ηλεκτρική ισχύς 11.916 μονάδων κλιματισμού 12.000 BTU ενεργειακής κλάσης C είναι ίση με 14450,8 kW.
- Αντίστοιχα για την κλάση Α η τιμή αυτή γίνεται ίση με 11028,3 kW
- Με την αντικατάσταση αυτή παρατηρείται μείωση στην εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ ίση με 3422,5 kW.
- 24% μείωση στο ηλεκτρικό φορτίο που απαιτείται για τη λειτουργία των μονάδων σε πλήρες φορτίο το οποίο μεταφράζεται σε 287,21 W ανά συσκευής προς αντικατάσταση.

Είναι εμφανές από τα παραπάνω στοιχεία που παραθέσαμε ότι τα ποσά αυτά δεν είναι καθόλου αμελητέα και θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον η μελέτη ως προς τις μεταβολές που θα προκαλούσαν στη λειτουργία του ΣΗΕ Κρήτης.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν με την εφαρμογή του εν λόγω σεναρίου κατά τις επίμαχες ώρες λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν ήταν ότι 346.90 MWh ηλεκτρικής ενέργειας εξοικονομήθηκαν για το Β' Εξάμηνο του έτους 2001 με την παραπάνω εξοικονόμηση.

Στη συνέχεια έπρεπε να μελετηθεί η μεταβολή που θα προκαλούσε αυτή η εξοικονόμηση στα εξής μεγέθη:

- Φορτίο Αιχμής
- Κόστος Παραγωγής - Κατανάλωση Καυσίμων
- Παραγωγή Αερ1Χαν
- Παραγωγή σταθμών παραγωγής
- Περιβαλλοντικούς ρύπους

Για το λόγο αυτό δημιουργήσαμε έναν αλγόριθμο προσομοίωσης της παραγωγής του ΣΗΕ Κρήτης. Ο αλγόριθμος αυτός δέχεται σαν είσοδο τα στοιχεία του ΣΗΕ για τις επίμαχες χρονικές στιγμές σε συνδυασμό με την αντίστοιχη υπολογισμένη εξοικονόμηση. Λαμβάνοντας υπόψιν όλους τους απαραίτητους τεχνικούς περιορισμούς προσομοιώνει μία ανακατανομή της απαραίτητης παραγωγής, επιτρέποντας μόνο τη μείωση παραγωγής σε κάθε μονάδα, κατά βέλτιστο δυνατό τρόπο ως προς το κόστος παραγωγής αξιοποιώντας την εξοικονόμηση ισχύος που εισήγαμε. Οι προσομοιώσεις έγιναν τόσο για την εφαρμογή του σεναρίου μας σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ όσο και για τις υπόλοιπες. Ο λόγος που έγινε το παραπάνω είναι πως η εν λόγω μονάδα είναι υπεύθυνη για την προστασία του Μ/Σ 2 του Υ/Σ Χανίων και στη περίπτωση που γίνεται η εξοικονόμηση εκτός του Υ/Σ δεν είναι εφικτό να επιτραπεί η μείωση παραγωγής της.

9.1.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Προσομοιώνοντας λοιπόν και τις δύο περιπτώσεις παρατηρήσαμε ότι με την εφαρμογή του προγράμματος σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων είχαμε:

- Εξοικονόμηση 71625.42 Lt Diesel
- Εξοικονόμηση 35653.67 Kg Μαζούτ
- Οικονομικό όφελος ίσο με 32969.30 ευρώ.

Αντίστοιχα για τις περιοχές εκτός Υ/Σ Χανίων πήραμε ως αποτελέσματα:

- Εξοικονόμηση 69121.00 Lt Diesel
- Εξοικονόμηση 44661.53 Kg Μαζούτ
- Οικονομικό όφελος ίσο με 34422.60 ευρώ.

Συγκρίνοντας τις δύο περιπτώσεις παρατηρούμε ότι στην περίπτωση εντός του Υ/Σ Χανίων έχουμε 3.62% αύξηση στην εξοικονόμηση πετρελαίου Diesel και 2.96% μείωση στην εξοικονόμηση Μαζούτ σε σχέση με τα αποτελέσματα της εφαρμογής εκτός του Υ/Σ Χανίων. Το εν λόγω γεγονός μεταφράζεται σε αύξηση του οικονομικού όφελος κατά 1.69% στην περίπτωση όπου η αντικατάσταση γίνεται εντός Χανίων. Να Σημειώσουμε πως είναι εύκολα κατανοητό πως το οικονομικό όφελος που προκύπτει σε κάθε περίπτωση είναι

άμεσα συνδεδεμένο με την τιμή των καυσίμων. Οποιαδήποτε μεταβολή στη τιμή των καυσίμων θα προκαλέσει άμεση μεταβολή στην αξία της εφαρμογής μας.

Επίσης προέκυψε μείωση της ισχύς της θερινής αιχμής κατά 0.86 MW, 0.18% της τιμής πριν της προσομοίωσης που ήταν ίση 471,4 MW. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει για μία ακόμη φορά τη συσχέτιση της χρήσης κλιματισμού με το φαινόμενο της θερινής αιχμής, στοιχείο ιδιαίτερα σημαντικό για το ΣΗΕ Κρήτης.

Όσον αφορά τη παραγωγή της μονάδας Αερ1Χαν, στη περίπτωση εντός Χανίων παρατηρήθηκε μείωσης κατά 2.89% της συνολικής της παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα για τις 346 συνολικές ώρες λειτουργίας της η παραγωγή της από τις 2546,212 MWh που ήταν η τιμή πριν την προσομοίωση έπεσε στις 2472.651 MWh διαφορά ίση με 73.651 MWh.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως με την αντικατάσταση των μονάδων κλιματισμού σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων είχε ως αποτέλεσμα:

- το 64.23% της εξοικονόμησης εμφανίστηκε ως μεταβολή στον σταθμό παραγωγής των Χανίων
- το 35.77% της εξοικονόμησης εμφανίστηκε ως μεταβολή στον σταθμό παραγωγής στα Λινοπεράματα
- περίπου 289 τόνοι λιγότεροι CO₂

Στην αντίθετη περίπτωση είχαμε:

- το 43.37% της εξοικονόμησης εμφανίστηκε ως μεταβολή στον σταθμό παραγωγής των Χανίων
- το 56.63% της εξοικονόμησης εμφανίστηκε ως μεταβολή στον σταθμό παραγωγής στα Λινοπεράματα
- περίπου 311 τόνοι λιγότεροι CO₂

Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως οι τοπικοί ρύποι (σωματίδια, SO₂ και NO_x) που αποφεύγονται είναι της τάξης των 3 Τόνων και θα είναι περισσότεροι στον νομό των Χανίων με την εφαρμογή του σεναρίου σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων όπως είναι αναμενόμενο.

Έχοντας μελετήσει τις μεταβολές που προκλήθηκαν από την υπολογισμένη εξοικονόμηση ισχύος για τις ώρες λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν θεωρήθηκε υψηλής χρησιμότητας αποτέλεσμα η πιθανοτική εκτίμηση της ετήσιας αξίας της αντικατάστασης των μονάδων κλιματισμού. Με την εφαρμογή του αλγορίθμου υπολογισμού της ενέργειας που εξοικονομείται με την αντικατάσταση συσκευών κλιματισμού σε ετήσια βάση έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

1. όφελος ηλεκτρικής ενέργειας ίσο με 2063,46 MWh.

2. Η παραπάνω τιμή μεταφράζεται σε 164.869,80 € οικονομικό όφελος σε ετήσια βάση με την εφαρμογή του προγράμματος εντός του Υ/Σ Χανίων
3. πρακτικά σημαίνει 13.84 € όφελος ανά μονάδα κλιματισμού που αντικαθίσταται
4. 79.90 € όφελος ανά MWh που εξοικονομήθηκε.

Οι αντίστοιχες τιμές για τις περιοχές εκτός της κάλυψης του Υ/Σ Χανίων υπολογίστηκαν:

1. οικονομικό όφελος ίσο με 164.323,12 €
2. 13.79 € όφελος ανά μονάδα που αντικαθίσταται
3. 79,63 € ανά MWh που εξοικονομήθηκε.

Να σημειωθεί πως όλες οι παραπάνω τιμές επιβεβαιώνουν απόλυτα τα αποτελέσματα της εφαρμογής μας για μόνο κατά τις ώρες λειτουργίας της μονάδας Αερ1Χαν .

Αναλύοντας τις παραπάνω τιμές παρατηρούμε ότι και σε ετήσια βάση τα μέγιστα οικονομικά οφέλη της εφαρμογής προκύπτουν με την υλοποίηση της σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων. Πιο συγκεκριμένα με την επιλογή της αντικατάστασης σε περιοχές κάλυψης του Υ/Σ Χανίων έχουμε:

- 546,68 € υψηλότερο συνολικό οικονομικό όφελος
- 0,05 € επιπλέον όφελος ανά μονάδα αντικατάστασης
- 0,27€ όφελος ανά MWh που εξοικονομήθηκε

9.2 Συμπεράσματα - Προτάσεις

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής είναι εφικτό να αξιοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία είναι ωφέλιμα για το ΣΗΕ Κρήτης και τον Διαχειριστή του - ΔΕΗ αλλά και κατά την δημιουργία μελλοντικών προγραμμάτων-επιχορηγήσεων που αποσκοπούν στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Για το λόγο αυτό, έπειτα από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε, κρίνεται ιδιαίτερα χρήσιμο να δοθούν οι απαραίτητες κατευθυντήριες γραμμές.

Σε κάθε περίπτωση προσπάθειας εξοικονόμησης ενέργειας από τη πλευρά των καταναλωτών σχετικά με το ΣΗΕ Κρήτης οφείλεται να δοθεί μεγάλη βαρύτητα στον εμπορικό τομέα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη μεγάλη συσχέτιση που παρατηρήθηκε στη λειτουργία αιχμιακών μονάδων παραγωγής με το ωράριο του εμπορικού τομέα. Με

αυτό τον τρόπο είναι εφικτή η μείωση της αιχμής Φορτίου και ο περιορισμός όλων των τεχνικών προβλημάτων που εισάγονται στο σύστημα εξαιτίας της. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε από την εφαρμογή μας και σε πιθανή εφαρμογή της σε μεγαλύτερο βαθμό ή σε συνδυασμό με επιπλέον αντίστοιχα προγράμματα τα αποτελέσματα θα είναι άκρως ενθαρρυντικά.

Επιπρόσθετα κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό να εστιάσει η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της αντικατάστασης μονάδων κλιματισμού. Όπως αναπτύχθηκε οι συσκευές αυτές χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερες υψηλές καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και η χρήση τους στον εμπορικό τομέα είναι καθολική. Επίσης η χρήση τους συμβαδίζει σχεδόν απόλυτα με τη λειτουργία των αιχμιακών μονάδων παραγωγής και όπως παρουσιάστηκε με την εφαρμογή μας είναι εφικτή η μείωση της θερινής αιχμής με τη χρήση αποδοτικότερων συσκευών κλιματισμού.

Αξίζει ιδιαίτερα να σημειωθεί ότι παρατηρήθηκε και διαφορά στο μέγιστο οικονομικό όφελος αναλόγως με της περιοχής εφαρμογής του προγράμματος, με το μέγιστο να παρατηρείται ενός της περιοχής κάλυψης του Υ/Σ Χανίων. Για το λόγο αυτό κρίνεται σημαντική η εστίαση των προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας σε περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται από κορεσμένο σύστημα μεταφοράς ή διανομής, όπως η περίπτωση του Υ/Σ Χανίων. Με αυτό τον τρόπο ο Διαχειριστής του εκάστοτε συστήματος επωφελείται τα οφέλη της εξοικονόμησης ενέργειας κατά το βέλτιστο εφικτό τρόπο.

Από τα παραπάνω καταλήγουμε ότι η ΔΕΗ έχει το μέγιστο όφελος όταν η εξοικονόμηση ενέργειας στο επίπεδο καταναλωτών έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Εφαρμογή σε εμπορικό τομέα
- Εξοικονόμηση ενέργειας που οφείλεται σε ενεργοβόρες συσκευές που παρουσιάζουν υψηλό ταυτοχρονισμό με τις ώρες αιχμής με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τις συσκευές κλιματισμού
- Στοχευμένα σε περιοχές κάλυψης κορεσμένο σύστημα μεταφοράς ή διανομής

Είναι εμφανές με τα στοιχεία που παρατέθηκαν ότι ένα σύνολο παραγόντων επηρεάζουν τη παραγωγή ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τις μεταβολές που προκύπτουν σε αυτό με την εφαρμογή κάποιας εξοικονόμησης. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητο ο κάθε φορέας που σχεδιάζει την εφαρμογή ενός προγράμματος με στόχο την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας να συμβουλευέται τον αντίστοιχο Διαχειριστή του συστήματος έτσι ώστε με το σωστό στοχευμένο σχεδιασμό του να λαμβάνονται τα μέγιστα εφικτά οφέλη για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και κατά συνέπεια για τους ίδιους τους καταναλωτές.

Τέλος όσον αφορά τους ίδιους τους καταναλωτές, είναι εφικτό να πραγματοποιήσουν εξοικονόμηση ενέργειας που χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό, πέρα από την αντικατάσταση μονάδας κλιματισμού με αντίστοιχη αποδοτικότερη μονάδα με την εφαρμογή ενός συνόλου τεχνικών. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι η σωστή επιλογή μονάδας κατά την αρχική αγορά της συσκευής ανάλογα με τον χώρο τοποθέτησης της, φροντίδα για αποφυγή θερμικών απωλειών στον κλιματιζόμενο χώρο και τήρηση των θερμοκρασιών ανέσεως χωρίς να γίνονται αναίτιες υπερβολές. Η ευαισθητοποίηση των

καταναλωτών σε αυτά τα ζητήματα μπορεί να ενισχύσει η δημιουργία κατάλληλου ενημερωτικού υλικού από τον Διαχειριστή του συστήματος.

- ¹ Olli Seppänen, William J Fisk, QH Lei, "Effect of Temperature on Task Performance in Office Environment", Berkeley National Laboratory, 2006
- ² Δ.Γ. Παπανίκα, Γ. Καφετζόπουλου, Γ. Λόγγου,, "Εγκαταστάσεις σε κτήρια : στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων", 1987 Αθήνα, ΤΕΕ
- ³ Theocharis Tsoutsos, Joanna Anagnostou, Colin Pritchard, Michalis Karagiorgas, Dimosthenis Agoris, "Solar cooling technologies in Greece. An economic viability analysis", 2003
- ⁴ Δ. Κλειδαρά, «Παρουσίαση Εξελίξεων στα Ψυκτικά Υγρά», ΤΕΨΕ Α.Ε, 2010
- ⁵ Λεκατσάς, Ε., "Αίτια και Μέτρα Αντιμετώπισης Της Θερμής Αιχμής", Ακαδημία Αθηνών, Αθήνα 2006
- ⁶ Δρ. Ν. Κούζουκας, «Τεχνολογικό Δυναμικό για τη Μείωση των Διοξειδίου του Άνθρακα - Δυνατότητες - Προοπτικές των Ελληνικών Επιχειρήσεων», Ινστιτούτο Τεχνολογίας Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων, Αθήνα 2008
- ⁷ Θ. Κορωνίδης, Α. Νέρης, «Πρόσβαση στο Δίκτυο και Ανάπτυξη Συστήματος: Η Πρόκληση της Μεγάλης Διείσδυσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα», ΑΔΝΗΕ, 2011
- ⁸ Κ. Γεωργακά, « Μελέτη Άεργου Ισχύος και Μέθοδοι Βελτίωσης Συντελεστή Ισχύος και Βαθμού Απόδοσης Συστημάτων Μετατροπής Ενέργειας Αποτελούμενα από Ηλεκτρονικούς Μετατροπείς Εξαναγκασμένης Μετάβασης », Πάτρα, 2009
- ⁹ C.D. Vournas, «Experience from the Athens Blackout of July 12, 2004t», IEEE
- ¹⁰ Δρ. Ν. Κούζουκας, «Τεχνολογικό Δυναμικό για τη Μείωση των Διοξειδίου του Άνθρακα - Δυνατότητες - Προοπτικές των Ελληνικών Επιχειρήσεων», Ινστιτούτο Τεχνολογίας Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων, Αθήνα 2008
- ¹¹ http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak
- ¹² ΤΕΕ, «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», Αθήνα 2010
- ¹³ ΤΕΕ, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων», Αθήνα 2010
- ¹⁴ ΤΕΕ, «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», Αθήνα, 2010
- ¹⁵ ΤΕΕ, «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού», Αθήνα, 2010
- ¹⁶ Άρθρο 9 του Ν. 3661/08
- ¹⁷ Anneliese Gabrielle Carbonell Praz, «Evaluation of Air Conditioning Replacement Programs in Mexico: Energy, Economic and Environmental Impacts», Duke University, 2011
- ¹⁸ <http://alazoklima.gr>
- ¹⁹ Πληροφοριακό Δελτίο Παραγωγής στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά έτος 2014, ΔΕΔΔΗΕ, 2014
- ²⁰ Ετήσια Έκθεση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας Κρήτης
- ²¹ Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος, Στατιστική Επετηρίδα της Ελλάδος 2001, Αθήνα 2002
- ²² E. Tsiolaridou, C.G. Bakos, "A new methodology for renewable and rational use of energy policy in building sector: Case study for the island of Crete", Thrace, 2005
- ²³ Κ. Νούλης, «Μείωση Αιχμής σε Κορεσμένους Υ/Σ Συνδυασμός Φωτοβολταϊκών και Μπαταριών», Χανιά, 2011
- ²⁴ Χ. Παπαχρήστου, «Ενέργειες Ωρίμανσης Προτύπου Καινοτόμου Σχεδίου Ανάπτυξης Μικροενεργείν», Κέρκυρα, 2009
- ²⁵ Αρχείο :http://dlib.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/categoryyears?p_cat=10007369&p_topic=10008001
- ²⁶ Α. Ευθυμιάδης, «Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια: Δημιουργία Νέων Οικονομικά Βιώσιμων Θέσεων Εργασίας», ΤΕΕ, Αθήνα, 2010
- ²⁷ Samsung, "Samsung Air Conditioner Catalog", 2004
- ²⁸ J. H. Eto, "On Using Degree-days to Account for the Effects of Weather on Annual Energy Use in Office Buildings", California, 1988
- ²⁹ Stefanakis, J. (2002). CRETE: An ideal case study for increased wind power penetration in medium sized autonomous power systems. In IEEE Winter Meeting.