



**ΤΕΙ Κρήτης**  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ  
ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Τ.Ε



**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ  
ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΡΕΘΥΜΝΗΣ ΜΕ  
ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΩΝ ΠΗΓΩΝ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Σπουδάστρια

**ΜΑΜΑΛΑΚΗ ΑΣΠΑΣΙΑ**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: ΔΡ. ΤΣΙΚΑΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ, Εργ.Συνεργάτης ΤΕΙ Κρήτης

ΔΡ. ΚΑΡΑΠΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ, Αν.Καθ. ΤΕΙ Κρήτης

ΧΑΝΙΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω με την παρούσα θερμές ευχαριστίες στον καθηγητή μου κ. Τσικαλάκη Αντώνιο για την ανάθεση της εργασίας για τη σημαντική συμβολή και στήριξή του στη διεκπεραίωση της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κατοίκους του οικισμού των Κούμων οι οποίοι με βοήθησαν στη συλλογή δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά των φορτίων και τέλος την οικογένειά μου για τη στήριξή τους σε όλη τη σπουδαστική μου πορεία.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η πρόταση για την εφαρμογή ενός μοντέλου Μικροδικτύου στον οικισμό Κούμοι του Δήμου Ρεθύμνης με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση του οικισμού μέσω της εγκατάστασης μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Το μικροδίκτυο αποτελεί δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο λειτουργεί σε μέση ή χαμηλή τάση σε συνδυασμό με διεσπαρμένες πηγές ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες κ.α, καθώς και ελεγχόμενα φορτία και τυχόν διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας ώστε αυτό να παρουσιάζεται στο ανάντη δίκτυο ως μία οντότητα που δύναται να λειτουργεί αυτόνομα αλλά συνήθως παραμένει συνδεδεμένο και ανταλλάσει ενέργεια με το υπόλοιπο δίκτυο, όταν υπάρχει περίσσεια ενέργειας από το μικροδίκτυο τότε αυτή πωλείται στο μακροδίκτυο ενώ αντίστοιχα όταν υπάρχει έλλειμμα ενέργειας το μικροδίκτυο αγοράζει από αυτό.

Χρησιμοποιώντας όσο πιο αναλυτικά δεδομένα ήταν εφικτό για την ενεργειακή συμπεριφορά των διαφόρων καταναλωτών του οικισμού, οικιακών (μόνιμων και παραθεριστών), μικρών βιοτεχνιών κλπ, εξήχθησαν μηνιαίες τυπικές καμπύλες για τα φορτία του οικισμού ως είσοδοι στο λογισμικό HOMER. Αυτές οι είσοδοι συνδυάστηκαν με δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας και ταχύτητας ανέμου από την οδηγία Τ.Ο.ΤΕΕ για την εν λόγω περιοχή για την εκτίμηση διαφόρων ποσοστών διείσδυσης κυρίως φωτοβολταϊκών συστημάτων (20-40%) και επιπλέον με προσθήκη μικρής Ανεμογεννήτριας.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν εστιάζουν στην επίδραση του προτεινόμενου μικροδικτύου στην ανταλλαγή ενέργειας με το δίκτυο διανομής της περιοχής, τη μεταβολή της αιχμής του οικισμού καθώς και στην αποτίμηση της μείωσης των εκπομπών ρύπων του ΣΗΕ Κρήτης. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για 2 πιθανά περιβάλλοντα οικονομικής λειτουργίας του μικροδικτύου α) Net metering και β) Μέση τιμή κόστους καυσίμου του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας Κρήτης

Από την ανάλυση αυτή προέκυψε ότι για την επίτευξη υψηλότερων ποσοστά διείσδυσης θα ήταν αναγκαία περισσότερα έργα αναβάθμισης δικτύου καθώς και συνδυασμός υψηλότερου αιολικού δυναμικού και συνοδευτικών έργων εξοικονόμησης ενέργειας ή και τοπικής συμπαραγωγής καθώς και της εκπαίδευσης των κατοίκων του οικισμού στην αιεφορική χρήση της ενέργειας.

## ABSTRACT

This thesis presents a pre-feasibility study to implement a Micro grid in the village of Koumou in Municipality of Rethymno, Crete for creating a sustainable living environment of this village the installation of Renewable Energy Sources (RES) units.

A Micro grid is a special organization paradigm of Distributed Generation (DG) in medium or low voltage Distribution networks. A micro grid can operate either autonomously or inter-connected with the Distribution Network combining a variety of dispersed energy sources such as PV wind parks, co-generation etc, controllable loads and energy storage devices as a single entity. In interconnected operation mode a micro grid exchanges energy with the rest of the network based on the market conditions.

Using as analytical data as possible for the energy behavior of the various consumers of the settlement, domestic (residents and tourists), small crafts etc, typical monthly curves were derived for approaching the demand of the village serving as inputs to the HOMER software. These inputs combined with solar radiation and wind speed data by the Technical Chamber of Greece Directive (T.O.TEE) for the region to assess various RES penetration rates including mainly photovoltaic systems. The addition of a small wind generator was further investigated as well.

The presented results have focused on the exchange of electricity with the rest of the Cretan Power System, not only in annual but also in monthly resolution, the change in peak demand. An estimation of the reduction of pollutants in the light of the objective Greece has set for 2020 was also made. Such estimations were made under two market environments: a) Net metering and b) Monthly Average Cost for the island of Crete.

The analysis made has shown that if higher RES penetration levels were to be met, Wind potential should have been richer, otherwise costly grid reinforcement would have been required. Parallel actions for utilizing local co-generation and energy saving in the village in combination with educational actions for the residents on the sustainable use of electricity in would have been very helpful the creation of future “Green” Villages on the island of Crete utilizing the Micro grids paradigm.

# 1 Περιεχόμενα

1	Περιεχόμενα.....	5
2	Εισαγωγή-Σκοπός και δομή της εργασίας.....	7
2.1	Γενική εισαγωγή-πλαίσιο λειτουργίας.....	7
2.2	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	8
2.3	Δομή της εργασίας.....	8
3	Διεσπαρμένη Παραγωγή.....	10
3.1	Ορισμοί.....	10
3.1.1	Φωτοβολταϊκά.....	10
3.1.2	Ανεμογεννήτριες.....	24
3.2	Μετατροπείς.....	44
3.2.1	Ορισμοί.....	44
3.2.2	Αδρά Βήματα Επιλογής Του Κατάλληλου αντιστροφέα.....	46
3.2.3	Διάφοροι τύποι αντιστροφέων ανάλογα με την εφαρμογή τους.....	47
3.2.4	Αντιστροφείς για Φ/Β Συστήματα.....	47
3.3	- Συμβατικές Μονάδες Παραγωγής.....	51
3.3.1	Μονάδες diesel.....	51
3.3.2	Αεροστροβιλικές Μονάδες Παραγωγής.....	52
3.3.3	Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας – (Combined Heat and Power – CHP).....	54
3.3.4	ΒΙΟΑΕΡΙΟ.....	54
3.4	Αποθήκευση Ενέργειας.....	55
3.4.1	Συσσωρευτές.....	55
3.5	Μικροδίκτυα.....	60
4	Η περιοχή εφαρμογής μας.....	62
4.1	Τοποθεσία και Χαρακτηριστικά Οικισμού.....	62
4.1.1	Τοποθεσία του οικισμού.....	62
4.1.2	Πληθυσμιακά Χαρακτηριστικά-Ασχολίες Κατοίκων.....	63
4.1.3	Υποδομές Οικισμού.....	65
4.2	Διασύνδεση Οικισμού με το δίκτυο Ηλεκτρισμού.....	65
4.3	Ανάλυση-Εκτίμηση Φορτίου.....	66
4.3.1	Δημόσια-δημοτικά Κτίρια.....	67
4.3.2	Κατοικίες.....	80
4.3.3	Επιχειρήσεις.....	93
4.4	Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού.....	103
4.5	Εκτίμηση Ηλιακού Δυναμικού.....	104
5	Το Λογισμικό HOMER.....	106
5.1	Ανάλυση Φορτίου.....	107
5.1.1	Διαχείριση δύο φόρτιων.....	110
5.1.2	Τυπικά αποτελέσματα Ανάλυσης φορτίου.....	110
5.2	Δίκτυο (Grid).....	114
5.2.1	Rates.....	115
5.2.2	Emissions.....	118
5.2.3	Advanced.....	119

5.3	Ανάλυση Αιολικού Δυναμικού και προσθήκη Α/Γ .....	119
5.3.1	Προσθήκη νέας Ανεμογεννήτριας .....	120
5.3.2	Ανάλυση Αιολικού Δυναμικού .....	121
5.4	Ανάλυση ηλιακού Δυναμικού και προσθήκη Φ/Β.....	122
5.4.1	Προσθήκη Φ/Β.....	125
5.4.2	Στοιχεία Μετατροπών (Converter).....	128
5.5	Αποθήκευση με τη βοήθεια του HOMER .....	129
5.5.1	Προσθήκη/ τροποποίηση αποθηκευτικής διάταξης εκτός βάσης δεδομένων 131	
5.5.2	Τυπικές έξοδοι του Homer όταν περιλαμβάνεται μπαταρία .....	133
6	Σενάρια που προσομοιώθηκαν .....	135
6.1	Παραδοχές.....	135
6.1.1	Φ/Β.....	135
6.1.2	Α/Γ .....	137
6.1.3	Θεωρούμενες τιμές αγοράς.....	139
6.2	Αποτελέσματα.....	140
6.2.1	Απαιτούμενη ισχύς Φ/Β.....	140
6.2.2	Ανταλλαγή ενέργειας με το δίκτυο .....	141
6.2.3	Αιχμή ζήτησης από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ .....	145
6.2.4	Ρύποι .....	146
6.3	Επίπτωση Α/Γ .....	147
6.4	Έμφαση στο σενάριο Υψηλής Διείσδυσης από ΑΠΕ.....	148
6.5	Ανάλυση αποτελεσμάτων για τη μέση τιμή συστήματος Κρήτης.....	149
6.5.1	Βέλτιστη Κλίση του Φ/Β .....	150
6.5.2	Μεταβολή ισοζυγίου Ενέργειας.....	151
6.5.3	Μεταβολή σε λοιπά μεγέθη .....	153
6.5.4	Μεταβολές στον οικονομικό τομέα .....	153
6.5.5	Επίπτωση της Α/Γ.....	154
7	Συμπεράσματα .....	155
7.1	Συμπεράσματα για τη δυνατότητα διαμόρφωσης του μικροδικτύου. ....	157
8	Βιβλιογραφία .....	159

## 2 Εισαγωγή-Σκοπός και δομή της εργασίας

### 2.1 Γενική εισαγωγή-πλαίσιο λειτουργίας

Μέσα στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής ένωσης για την διείσδυση των ΑΠΕ στην Ευρώπη, έχουν λάβει χώρα αρκετές δράσεις οι οποίες έχουν σκοπό την ενίσχυση των επενδύσεων στις ΑΠΕ είτε αυτές είναι ιδιωτικού είτε δημοσίου συμφέροντος με ιδιαίτερη έμφαση στην εφαρμογή τους σε οικιστικά σύνολα.

Ενδεικτικά:

Το Πανεπιστήμιο της Χιλής έχει αναπτύξει το πρώτο έργο μικροδικτύου της Χιλής σε μια απομακρυσμένη κοινότητα 150 κατοίκων (κυρίως μεταλλωρύχων και των οικογενειών τους) που ονομάζεται Huatacondo<sup>1</sup>. Πριν από την εγκατάσταση του μικροδικτύου, η κοινότητα είχε τη δικό του δίκτυο ηλεκτροδότησης (λειτουργώντας ανεξάρτητα από το μακροδίκτυο) που λειτουργούσε 10 ώρες την ημέρα με την παραγόμενη ισχύ γεννήτριας diesel. Το όραμα του μικροδικτύου ήταν να συνεχίσει να χρησιμοποιεί αυτή την γεννήτρια ντίζελ, αλλά να την συμπληρώσει με διεσπαρμένες πηγές ενέργειας, δηλαδή ηλιακή, φωτοβολταϊκή, αιολική, και ένα σύστημα μπαταρίας.

Το νησί Samsø<sup>11</sup> στη Δανία με πληθυσμό 4.500 κατοίκους κέρδισε το 1997 το διαγωνισμό του Υπουργείου Ενέργειας της Δανίας για τη δημιουργία ενός ενεργειακά αυτόνομου και "πράσινου" νησιού. Ο στόχος του προγράμματος ήταν να επιτευχθεί κάλυψη του 100% των ενεργειακών αναγκών του νησιού από Α.Π.Ε μέσα σε μία δεκαετία, γεγονός που αποτελεί παγκόσμια καινοτομία καθώς δεν έχει προηγηθεί ανάλογο έργο στο παρελθόν. Για την επίτευξη αυτού του φιλόδοξου στόχου οι ενέργειες που έπρεπε να γίνουν δεν αφορούσαν μόνο τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά γενικότερα το ενεργειακό προφίλ του νησιού. Το Samsø είναι διασυνδεδεμένο με τη χερσόνησο της Γιουτλάνδης, μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου. Για να εξασφαλίζεται η ενεργειακή αυτονομία του νησιού ήταν απαραίτητη η εγκατεστημένη ισχύς αιολικών μεγέθους 11MW.

Το συνολικό κόστος επένδυσης ανήλθε σε 8,8 εκατομμύρια ευρώ. Επιπλέον, για την αποζημίωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> του τομέα των μεταφορών εγκαταστάθηκαν δέκα offshore Α/Γ ισχύος 2,3 MW έκαστη στα νότια του νησιού με συνολικό κόστος επένδυσης 33,3 εκατομμύρια ευρώ. Ο πρωταρχικός στόχος της 100% ενεργειακής αυτονομίας με τη χρήση Α.Π.Ε επιτεύχθηκε σε οχτώ χρόνια, δηλαδή δύο χρόνια νωρίτερα από το προγραμματισμένο πλάνο

Στην Ελλάδα, το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) έχει κατά καιρούς ανακοινώσει τέτοιου είδους δράσεις, όπως είναι για παράδειγμα η Δράση για τις πράσινες αγροτικές και νησιωτικές κοινότητες<sup>iii</sup>. Επίσης το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ALTENERiv το οποίο αναπτύχθηκε στην Κρήτη σε μία συνδυασμένη προσπάθεια προώθησης των ΑΠΕ σε τοπικό επίπεδο. Συγκεκριμένα οι δράσεις του προγράμματος ALTENER όσον αφορά τον ενεργειακό σχεδιασμό οικισμών με ενσωμάτωση ΑΠΕ έχουν βρει εφαρμογή σε περιοχές της Ελλάδας όπως για παράδειγμα το ηλιακό χωριό στην Πεύκη Αττικής, επίσης στην Κέρκυρα ο δήμος Θινάλι σε συνεργασία με 5 άλλους γειτονικούς δήμους και στα πλαίσια του προγράμματος ALTENER έχει προωθήσει ένα σχέδιο για ενσωμάτωση μονάδων ΑΠΕ με στόχο την κάλυψη 100% των ενεργειακών αναγκών της περιοχής.

Σε επίπεδο μελέτης έχει πραγματοποιηθεί ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός αυτονομίας οικισμού με ενσωμάτωση ΑΠΕ ενός νέου οικισμού στη Θράκη για το ίδρυμα Παλιννοστούντων Ελλήνων.

Ένα επίσης ιδιαίτερα αξιόλογο έργο το οποίο ακόμη βρίσκεται σε επίπεδο μελέτης είναι αυτός της ενεργειακής αυτονομίας της νήσου της Τήλου μέσω του προγράμματος TILOS το οποίο έχει ενταχθεί στο πρόγραμμα Horizon 2020<sup>Υ</sup>.

Όπως και πολλά άλλα προγράμματα τα οποία είτε βρίσκονται σε ερευνητικό επίπεδο είτε σε φάση υλοποίησης.

Σε αυτό το πλαίσιο λειτουργίας έγκειται και ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας. Στη δημιουργία σε πρώτη φάση μίας μελέτης μικροδικτύου σε οικισμό μέσω της οποίας να διερευνώνται σενάρια διείσδυσης Διεσπαρμένων Πηγών παραγωγής ενέργειας με σκοπό τη μέγιστη δυνατή κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του οικισμού.

## **2.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Οι παραπάνω ενδιαφέρουσες εφαρμογές αποτέλεσαν ένα κίνητρο για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας για την προ-μελέτης υλοποίησης ενός μικροδικτύου βασιζόμενο σε ΑΠΕ σε οικισμό της ενδοχώρας της Κρήτης με απώτερο στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη του και τη βελτίωση των τοπικών συνθηκών διαβίωσης. Ο οικισμός που επιλέχθηκε ήταν ο οικισμός Κούμοι του Δήμου Ρεθύμνης. Ο συγκεκριμένος οικισμός επελέγη αρχικά λόγω της εντοπιότητάς μου, μέσω της οποίας μπόρεσα να παρέχω την τοπική πληροφορία καθώς επίσης ο συγκεκριμένος οικισμός έχει προωθηθεί και αναδειχθεί ιδιαίτερος τα τελευταία χρόνια μέσω της πολιτιστικής του δράσης ενώ ταυτόχρονα έχουν γίνει σημαντικά έργα αισθητικής αναβάθμισης με γνώμονα τον παραδοσιακό χαρακτήρα του οικισμού.

Ο στόχος ήταν μέρος της ενέργειας που καταναλώνει ο οικισμός να παράγεται από μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και συγκεκριμένα από τεχνολογίες φωτοβολταϊκών συστημάτων και Ανεμογεννητριών διατηρώντας τη διασύνδεση με το δίκτυο.

## **2.3 Δομή της εργασίας**

Προκειμένου να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος, στο κεφάλαιο 3 διαχωρίζονται οι έννοιες που αφορούν τη διεσπαρμένη παραγωγή και τα μικροδίκτυα και περιγράφονται οι τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό.

Στο Κεφάλαιο 4, έγινε παρουσίαση των πληθυσμιακών και μορφολογικών χαρακτηριστικών του οικισμού, καθώς και ανάλυση των επιμέρους φορτίων του οικισμού των Κούμων με έμφαση στην εξαγωγή 24ωρων τυπικών καμπύλων φορτίου.

Αρχικά έγινε διαχωρισμός των φορτίων ανά κατηγορία (οικιακοί καταναλωτές, επιχειρήσεις, εκκλησίες, δημοτικός φωτισμός, εκπολιτιστικός σύλλογος), έπειτα έγινε συλλογή όλων των δυνατών δεδομένων ανά κατηγορία καταναλωτή όσων αφορά το είδος των φορτίων και τη συμπεριφορά των καταναλωτών μέσα στην ημέρα με διαχωρισμό σε καθημερινές και Σαββατοκύριακα αλλά και τη συμπεριφορά ανά μήνα. Τα δεδομένα αυτά σε συνδυασμό με τους εκκαθαριστικούς λογαριασμούς της ΔΕΗ προσαρμόστηκαν σε υπάρχουσες τυπικές καμπύλες με σκοπό τη διεξαγωγή κατά το δυνατόν πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων.



Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάστηκαν οι δυνατότητες του προγράμματος HOMER για να επιτευχθεί ο σκοπός της εργασίας αυτής.

Στο κεφάλαιο 6 έγινε ανάλυση των σεναρίων που προσομοιώθηκαν για διάφορα ποσοστά διείσδυσης των ΑΠΕ στον οικισμό και συγκεκριμένα για το πόσο συνεισφέρει και αποδίδει η κάθε τεχνολογία στη μείωση της αιχμής του οικισμού.

Συγκεκριμένα δόθηκε ιδιαίτερη βάση στο ποσοστό διείσδυσης 20% το οποίο αντιπροσωπεύει το μέσο ποσοστό διείσδυσης στην Κρήτη και κατ'επέκταση με το στόχο που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2020. Έπειτα εξετάστηκαν τα ποσοστά διείσδυσης 25, 30, 35 και 40% όπου βάσει περιορισμών του δικτύου είδαμε ότι είναι και το ανώτερο ποσοστό διείσδυσης στην οποία μπορούμε να φτάσουμε.

Επίσης εξετάστηκε η επίδραση της προσθήκης Α/Γ χωρίς Φ/Β παραγωγή και επιπρόσθετα με τη διείσδυση 40% των φωτοβολταϊκών.

Τέλος εξετάστηκαν τα σενάρια για:

- Τιμή Net Metering
- Μέσο μηνιαίο κόστος Συστήματος Κρήτης

Και τις επιπτώσεις της μεταβολής των τιμών αυτών όσων αφορά τις αγορές και τις πωλήσεις της ενέργειας.

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάστηκαν τα συμπεράσματα αναφορικά με τη συμβολή του μικροδικτύου στη μείωση της ενέργειας που καταναλώνει ο οικισμός από το δίκτυο, την αντίστοιχη μείωση των εκπομπών ρύπων, τις μελλοντικές σκέψεις για περαιτέρω διερεύνηση της εργασίας και τις συνολικές ενέργειες που πρέπει να γίνουν έτσι ώστε το μικροδίκτυο να μειώσει κατά το μέγιστο την αιχμή του.

## 3 Διεσπαρμένη Παραγωγή

### 3.1 Ορισμοί

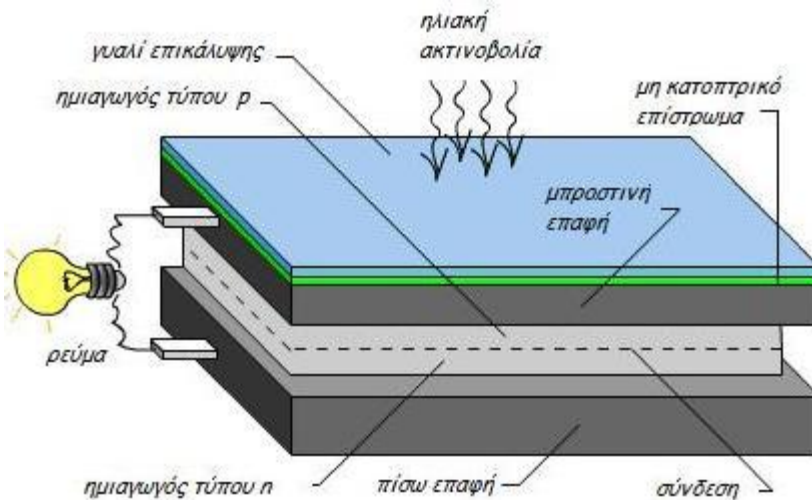
Ως διεσπαρμένη παραγωγή ορίζεται η παραγωγή ενέργειας μικρής κλίμακας, με τιμές που κατά κανόνα κυμαίνονται από 1 kW μέχρι 100 MW και είναι μία σχετικά καινούρια τάση στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

Πιο απλά όταν αναφερόμαστε στη διεσπαρμένη παραγωγή εννοούμε ότι μονάδες παραγωγής ενέργειας έχουν εγκατασταθεί κοντά στο σημείο κατανάλωσης (φορτίο).

#### 3.1.1 Φωτοβολταϊκά

Με τον γενικό όρο φωτοβολταϊκά χαρακτηρίζονται οι βιομηχανικές διατάξεις μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην ουσία πρόκειται για ηλεκτρογενήτριες που συγκροτούνται από πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία σε επίπεδη διάταξη που έχουν ως βάση λειτουργίας το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Τα φωτοβολταϊκά ανήκουν στη κατηγορία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays).



Γράφημα 1: Το φωτοβολταϊκό στοιχείο

### 3.1.1.1 Η ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει ένα τεράστιο ποσό ενέργειας στη Γη. Το ποσό ενέργειας που παρέχεται από τον ήλιο και προσπίπτει στην επιφάνεια της γης ισοδυναμεί με 10.000 φορές την παγκόσμια κατανάλωση. Το φως του ήλιου φτάνει στην γη με δύο συνιστώσες. Το άμεσο φως και το έμμεσο ή διάχυτο. Τα Φ/Β εκμεταλλεύονται και τις δύο αυτές συνιστώσες για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Παρ' όλα αυτά δεν μπορεί όλη η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια καθώς τα Φωτοβολταϊκά λειτουργούν κυρίως με το ορατό φως και έτσι χάνεται ένα μεγάλο κομμάτι της ηλιακής ακτινοβολίας (υπεριώδης, υπέρυθη ακτινοβολία). Η κατασκευή ηλιακών κυψελών είναι μια σύνθετη διαδικασία και το κύριο συστατικό τους είναι συνήθως το πυρίτιο (μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό ή και άμορφο). Η τοποθέτηση των Φ/Β είναι και αυτή μια πολύ σημαντική διαδικασία ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση των ηλιακών κυψελών.

#### 3.1.1.1.1 Εξισώσεις περιγραφής κίνησης ήλιου<sup>vi</sup>

Απόκλιση  $\delta$  του ηλίου ορίζεται η γωνία ανάμεσα στην ευθεία ήλιου – γης και την προβολή της στο επίπεδο του ισημερινού.

- Η μέγιστη τιμή της, κατά το θερινό ηλιοστάσιο, είναι 23,45 ο
- Η ελάχιστη τιμή της, κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο, είναι -23,45 ο

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \frac{360 \cdot (284 + n)}{365} \quad (1)$$

όπου  $n$ : η ημέρα του έτους.

Γεωγραφικό πλάτος του τόπου  $\varphi$ :

$$-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

Γωνία ζενίθ  $\theta_z$  ορίζεται η γωνία που σχηματίζεται από την κατακόρυφο και την ευθεία όρασης του ήλιου.

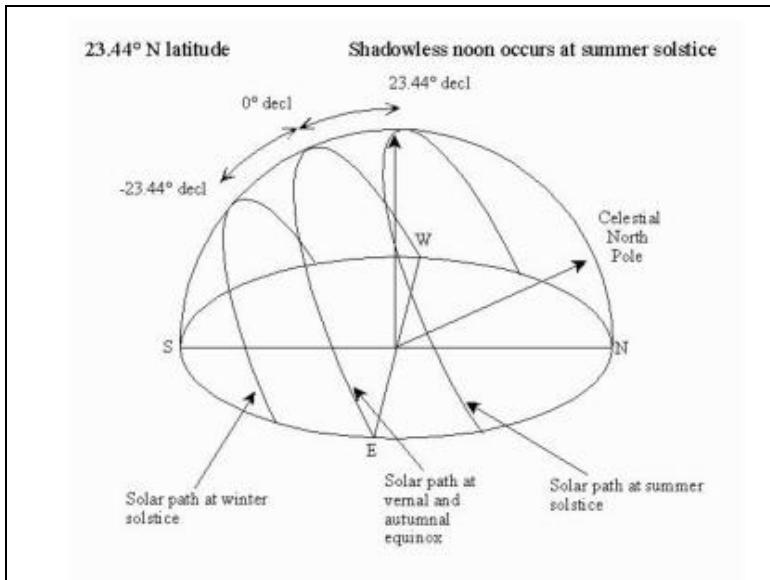
Κλίση  $\beta$  ορίζεται η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Αζιμούθιο  $\gamma$  ορίζεται η γωνία που σχηματίζει η προβολή του κάθετου διανύσματος της επιφάνειας στο οριζόντιο επίπεδο με τον άξονα Βορρά – Νότου.

Για νότιο προσανατολισμό:  $\gamma = 0$

Για γωνίες δυτικά:  $\gamma > 0$

Για γωνίες ανατολικά:  $\gamma < 0$



Γράφημα 2 – Ορισμός απόκλισης  $\delta$

Ωριαία γωνία  $\omega$  είναι η γωνιακή μετατόπιση του ήλιου ανατολικά ή δυτικά του τοπικού μεσημβρινού λόγω της περιστροφής της γης περί τον άξονά της με ρυθμό 15ο ανά ώρα.

$$\omega = \pm 0,25 * (\text{λεπτά από το ηλιακό μεσημέρι})$$

και:

έχει θετική τιμή για μμ ώρες.

αρνητική τιμή για πμ ώρες.

στο ηλιακό μεσημέρι  $\omega = 0$ .

Γωνία πρόσπτωσης  $\theta$  είναι η γωνία που σχηματίζει η ευθεία όρασης του ήλιου με την κατακόρυφο.

Γενικός τύπος:

$$\cos \theta = \sin \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \beta - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \quad (2)$$

Κατακόρυφες επιφάνειες ( $b = 90$  ο):

$$\cos \theta = -\sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \gamma + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \quad (3)$$

Οριζόντιες επιφάνειες ( $b = 0$  ο):

$$\cos \theta_z = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega \quad (4)$$

Για κεκλιμένες επιφάνειες στο βόρειο ημισφαίριο στραμμένες προς το νότο ( $\gamma=0$ ):

$$\cos \theta = \sin \delta \cdot \sin (\varphi - \beta) + \cos \delta \cdot \cos (\varphi - \beta) \cdot \cos \omega \quad (5)$$

Ωριαία γωνία δύσης  $\omega_s$

$$\cos \omega_s = -\frac{\sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} = -\tan \varphi \cdot \tan \delta \quad (6)$$

### 3.1.1.2 Υλικά Κατασκευής

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες

#### 1. Κρυσταλλικού Πυριτίου

Μονοκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 14,5% έως 21%,

Πολυκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 13% έως 14,5%.2.

#### 2. Λεπτών Μεμβρανών

Άμορφου Πυριτίου, ονομαστικής απόδοσης ~7%.

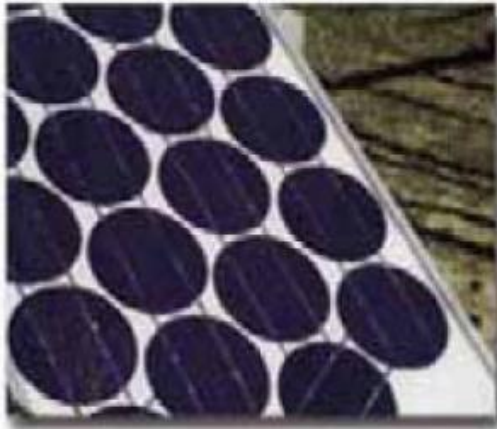
Χαλκοπυριτίων CIS / CIGS, ονομαστικής απόδοσης από 7% έως 11%.

Το πυρίτιο (Si) είναι η βάση για το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β. Η κυριαρχία αυτή οφείλεται αρχικά στην τεράστια παγκόσμια επιστημονική και τεχνική υποδομή για το υλικό αυτό από τη δεκαετία του '60. Μεγάλες κυβερνητικές και βιομηχανικές επενδύσεις έγιναν σε προγράμματα για τις χημικές και ηλεκτρονικές ιδιότητες του Si, ώστε να δημιουργηθεί ο εξοπλισμός που απαιτείται στα βήματα της επεξεργασίας για την απόκτηση της απαραίτητης καθαρότητας και της κρυσταλλικής δομής του υλικού.

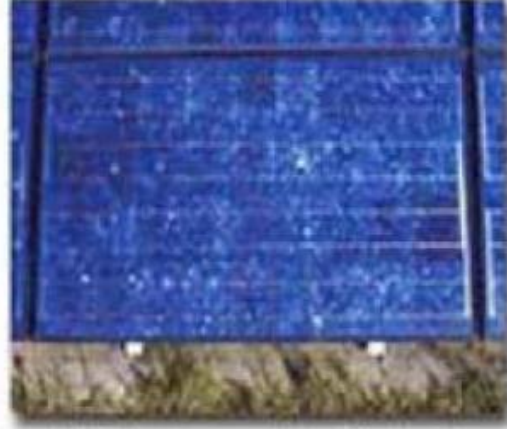
Η γνώση που προέκυψε έτσι για το πυρίτιο, τα χαρακτηριστικά του και η αφθονία του στη γη, το κατέστησαν ικανό και συμφέρον μέσο για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Εντούτοις, λόγω του ότι είναι εύθραυστο, το πυρίτιο απαιτεί τον σχηματισμό στοιχείων σχετικά μεγάλου πάχους. Αυτό σημαίνει ότι μερικά από τα ηλεκτρόνια που απελευθερώνονται μετά την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας πρέπει να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις για να ενταχθούν στην ροή του ρεύματος και να συνεισφέρουν στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Συνεπώς, το υλικό θα πρέπει να έχει υψηλή καθαρότητα και δομική τελειότητα, ώστε να αποτρέψει την επιστροφή των ηλεκτρονίων στις φυσικές τους θέσεις. Οι ατέλειες πρέπει να αποφευχθούν ώστε η ενέργεια του ηλεκτρονίου να μην μετατραπεί σε θερμότητα. Η παραγωγή θερμότητας, η οποία είναι επιθυμητή στα ηλιακά θερμικά πλαίσια, όπου αυτή η θερμότητα μεταφέρεται σε ένα ρευστό, είναι ανεπιθύμητη στα Φ/Β πλαίσια, όπου η ηλιακή ενέργεια θα πρέπει να μετατραπεί σε ηλεκτρική.

Το πυρίτιο, ανάλογα με την επεξεργασία του, δίνει μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα υλικά, από τα οποία παράγονται τα Φ/Β στοιχεία. Τα λεπτά υλικά είναι ένας τρόπος να μειωθεί το κόστος των Φ/Β πλαισίων και να αυξηθεί η απόδοσή τους. Εκτός

από τη χρήση μικρότερης ποσότητας υλικού, ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι ολόκληρα πλαίσια μπορούν να κατασκευαστούν παράλληλα με τη διαδικασία απόθεσης. Αυτό είναι συμφέρον οικονομικά, αλλά επίσης πολύ απαιτητικό τεχνικά, επειδή η επεξεργασία χωρίς ατέλειες αφορά μεγαλύτερη επιφάνεια.



**α) Μονοκρυσταλλικές ηλιακές κυψέλες σε πλαίσιο**



**β) Πολυκρυσταλλικό ηλιακό πλαίσιο**



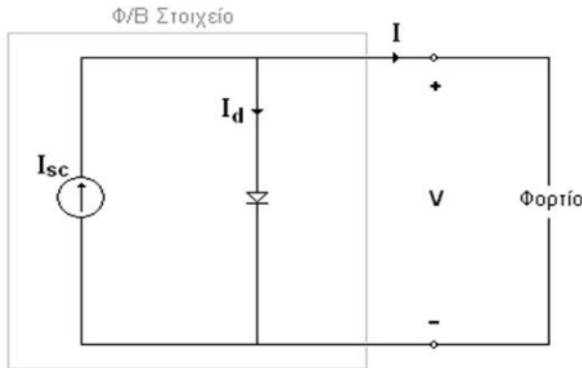
**γ) Ηλιακό πλαίσιο άμορφου πυριτίου**

Γράφημα 3 Είδη κατασκευής Φ/Β

Στα πλεονεκτήματα των λεπτών πλαισίων τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω, θα πρέπει να αντιπαρατεθεί η χαμηλότερη ως τώρα απόδοσή τους, η οποία περιορίζεται στο 5-10%, ανάλογα με το υλικό. Πάντως η τεχνολογία λεπτού στρώματος (thin film) είναι σε φάση ανάπτυξης, αφού με διάφορες μεθόδους επεξεργασίας και χρήση διαφορετικών υλικών αναμένεται αύξηση της απόδοσης, σταθεροποίηση των χαρακτηριστικών τους και αύξηση της διείσδυσης στην αγορά. Σήμερα πάντως αποτελούν την πιο φθηνή επιλογή Φ/Β πλαισίων.

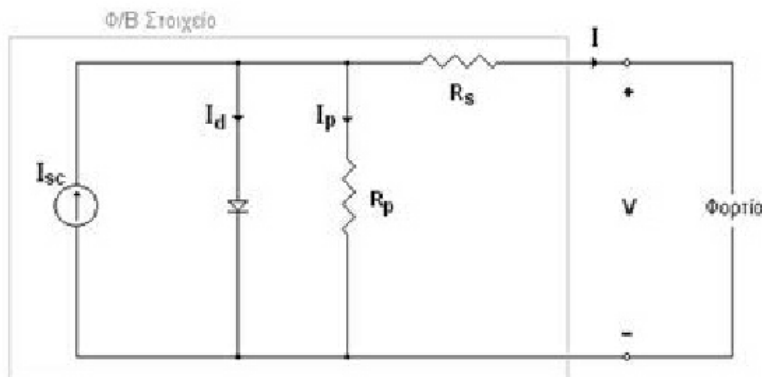
### 3.1.1.3 Κυκλωματικό ισοδύναμο

Το κυκλωματικό ισοδύναμο ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου (Φ/Β) αποτελείται από μία δίοδο συνδεδεμένη παράλληλα με μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος, η ένταση της οποίας είναι ανάλογη της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.



Γράφημα 4 – Απλό ισοδύναμο κύκλωμα φ/β στοιχείου

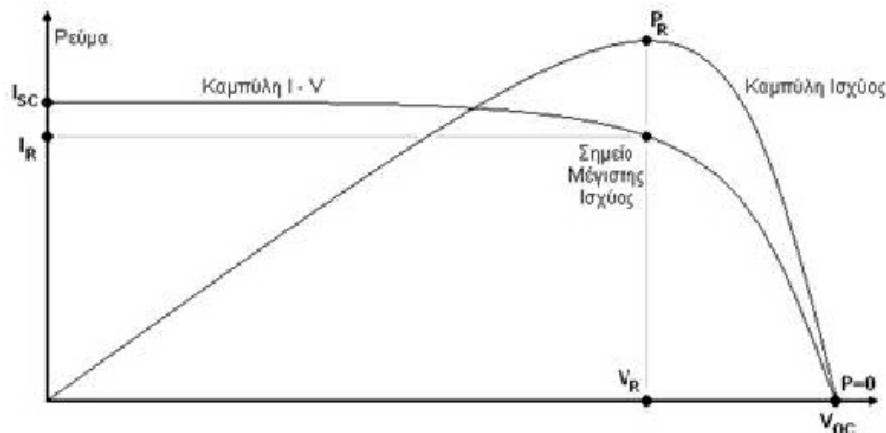
Γενικά, τα Φ/Β στοιχεία περιγράφονται από δύο χαρακτηριστικά ηλεκτρικά μεγέθη, όπως η τάση ανοικτοκύκλωσης  $V_{oc}$  και το ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_{sc}$ . Η ένταση του ρεύματος βραχυκύκλωσης μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη της ηλιακής ακτινοβολίας. Στο αναλυτικό κυκλωματικό ισοδύναμο υπάρχει μία παράλληλη αντίσταση, η οποία ονομάζεται αντίσταση διαρροής  $R_p$  και μία αντίσταση εν σειρά  $R_s$ .



Γράφημα 5 - Αναλυτικό ισοδύναμο κύκλωμα φ/β στοιχείου

#### 3.1.1.3.1 Χαρακτηριστική $I$ - $V$ φωτοβολταϊκού πλαισίου – Παράγοντες επίδρασης της απόδοσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου

Ανάμεσα στις δύο ακραίες καταστάσεις λειτουργίας, όπως η ανοικτοκύκλωση και η βραχυκύκλωση, το φωτοβολταϊκό πλαίσιο παρέχει ηλεκτρική ισχύ  $P$ , η οποία δίνεται από το γινόμενο της αποδιδόμενης τάσης  $V$  και του διαρρέοντος ρεύματος  $I$ . Όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα, οι μέγιστες τιμές τάσης και ρεύματος αντίστοιχα είναι η τάση ανοικτοκύκλωσης  $V_{oc}$  και το ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_{sc}$ . Στο ίδιο διάγραμμα απεικονίζεται και η καμπύλη της αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύος  $P$  του πλαισίου, με υψηλότερη τιμή  $P_m$  στο «γόνατο» της καμπύλης, ως αποτέλεσμα του γινομένου της τάσης  $V_m$  και του ρεύματος  $I_m$ .



Γράφημα 6 - Χαρακτηριστική I-V και καμπύλη ισχύος φ/β στοιχείου

Η μορφή της χαρακτηριστικής I-V είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Εκτός όμως από την τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας, σημαντική παράμετρος επιρροής της συμπεριφοράς ενός Φ/Β πλαισίου και κατά συνέπεια της χαρακτηριστικής του, είναι η θερμοκρασία. Γενικότερα, τα Φ/Β πλαίσια παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας επίδρασης της απόδοσης ενός Φ/Β πλαισίου είναι οι συνθήκες σκίασης. Η έξοδος του πλαισίου μπορεί να μειωθεί δραματικά, ακόμα και όταν μόνο ένα από το σύνολο των στοιχείων είναι υπό σκιά.

Το πρόβλημα της ανεπιθύμητης πτώσης τάσης στα εκάστοτε σκιασμένα στοιχεία ενός Φ/Β πλαισίου, αντιμετωπίζεται με την προσθήκη διόδων παράκαμψης, συνδεδεμένων παράλληλα με κάθε στοιχείο.

### 3.1.1.4 Στήριξη Φ/Β

Διακρίνουμε δυο διαφορετικούς τρόπους στήριξης συλλεκτών: *σταθερής στήριξης* και *συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του ηλίου* με διάταξη που ονομάζεται *ηλιοτρόπιο (tracker)*.

Η απουσία κινητών μερών κατά τη στήριξη της συστοιχίας, προσδίδει στη διάταξη επαρκή μηχανική αντοχή, ιδιαίτερα μάλιστα αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι. Στατικές συλλεκτικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται επίσης ενσωματωμένες σε κτίρια.

Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του φωτοβολταϊκού πλαισίου για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με τη γεωγραφικό πλάτος του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι περίπου μηδέν μοίρες (κατεύθυνση προς νότο). Αξίζει να σημειωθεί πως στην Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 30 μοιρών.

#### 3.1.1.4.1 Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από ένα άξονα.



Η συστοιχία περιστρέφεται με κατάλληλο μηχανισμό γύρω από ένα άξονα. Στο τέλος της ημέρας ο συλλέκτης επιστρέφει σε θέση αναμονής. Το πρωί με την ανατολή του ηλίου στρέφεται, έτσι ώστε ο ήλιος να αποδίδει το μέγιστο της διαθέσιμης ενέργειας.

Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

– Η περιστροφή γίνεται ως προς κατακόρυφο άξονα, έτσι ώστε ο ήλιος να βρίσκεται στο κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κάθετη στο συλλέκτη. Αυτή η μέθοδος παρέχει μια σταθερή ωριαία παραγωγή κατά τη διάρκεια της ημέρας, αφού ακολουθείται καλύτερα η πορεία του ηλίου.



Γράφημα 7 Φ/Β με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από κατακόρυφο άξονα

– Η συστοιχία έχει τη δυνατότητα στροφής γύρω έναν άξονα  $xx'$ , ο οποίος έχει κλίση ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Έτσι κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο ήλιος βρίσκεται συνεχώς στο κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει τον άξονα  $xx'$ . Η γωνία μεταξύ των ακτίνων του ηλίου και της κάθετης στο συλλέκτη κατά τη διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται στο διάστημα  $-23,5^\circ$  έως  $+23,5^\circ$ . Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται εποχιακή αύξηση της μηνιαίας παραγωγής. Αυτό συμβαίνει διότι μια μεγαλύτερη κλίση της συστοιχίας πλεονεκτεί τους χειμερινούς μήνες.

• Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από δυο άξονες.

Η παρακολούθηση του ήλιου με περιστροφή γύρω από δυο άξονες επιτυγχάνεται μέσω δυο, συνήθως διαδοχικών, κινήσεων του συλλέκτη με τη βοήθεια μιας διάταξης που ονομάζεται **ηλιοτρόπιο (tracker)**. Ο συλλέκτης προσανατολίζεται συνεχώς προς τον ήλιο, έτσι ώστε οι ακτίνες του ηλίου να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνειά του αυξάνοντας την απόδοση του φωτοβολταϊκού. Μειονέκτημα μιας τέτοιας διάταξης παρακολούθησης του ηλίου, δυο αξόνων, είναι η οικονομική επιβάρυνση για την κατασκευή των μηχανολογικών και ηλεκτρονικών τμημάτων της καθώς και η έκθεση της συστοιχίας στον κίνδυνο καταστροφής εξαιτίας ισχυρού ανέμου.



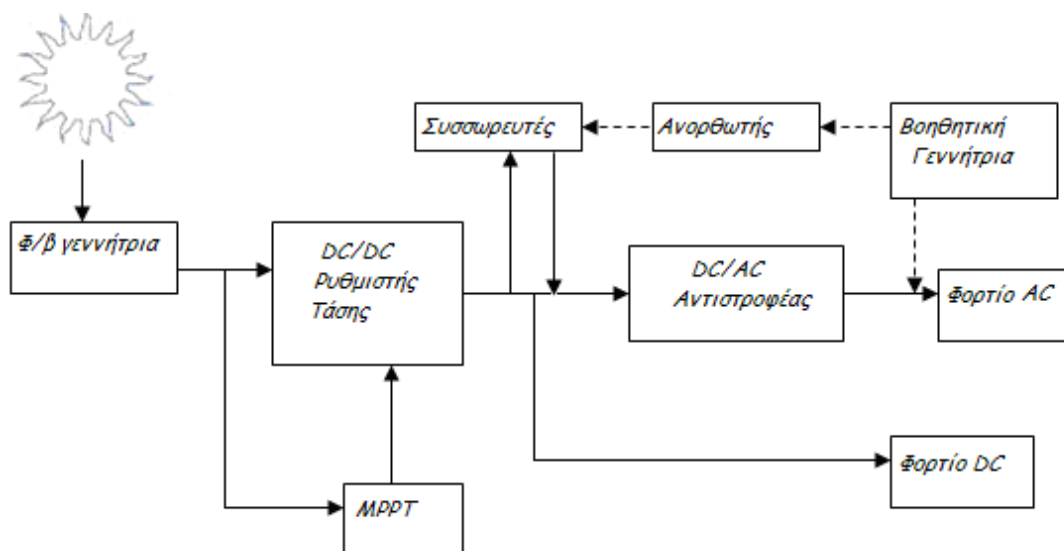
Γράφημα 8 - Φ/Β με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από δύο άξονες

### 3.1.1.5 Συνιστώσες Φ/Β ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους

Τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται ανάλογα με την σύνδεση τους στο δίκτυο σε δύο βασικές κατηγορίες, τα απομονωμένα (Stand-alone) ή εκτός δικτύου (Off grid) συστήματα και τα συνδεδεμένα στο δίκτυο (Grid connected). Τα απομονωμένα Φ/Β συστήματα διακρίνονται επίσης σε αυτόνομα και υβριδικά.

Όσο αφορά στη λειτουργία τους, τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε συστήματα με αποθήκευση και χωρίς αποθήκευση. Τέλος, χωρίζονται σε διάσπαρτα ή αποκεντρωμένα (Decentralized), κεντρικού σταθμού (Centralized) και καταναμεμημένα (Distributed).

#### 3.1.1.5.1 Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα (Stand Alone)

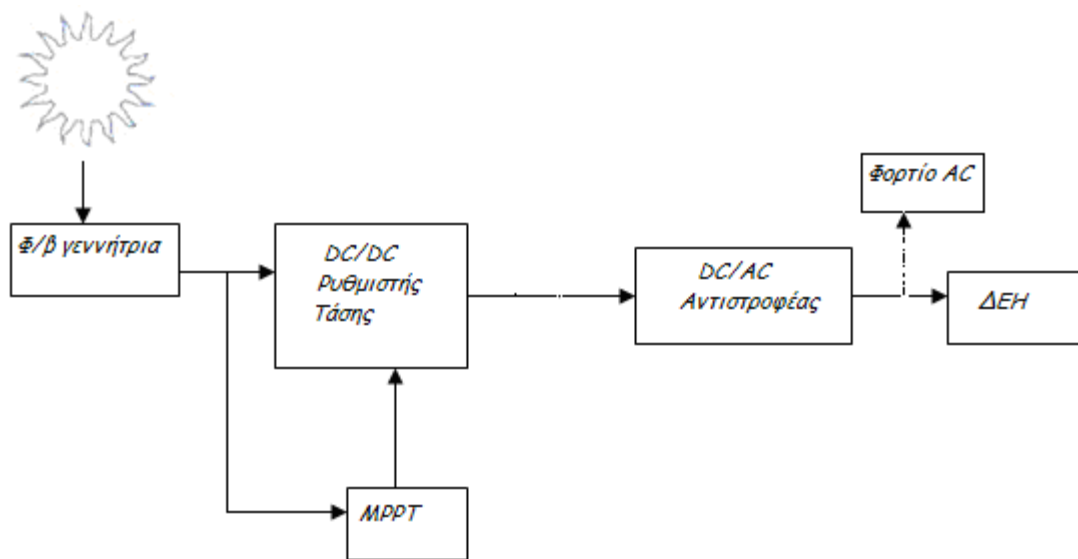


Γράφημα 9 Απλοποιημένο διάγραμμα αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.

Είναι εγκαταστάσεις που λειτουργούν αυτοδύναμα για την τροφοδότηση καθορισμένων καταναλώσεων, χωρίς να συνδέονται με μεγάλα κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής, από τα οποία θα μπορούσαν να αντλούν συμπληρωματική ηλεκτρική ενέργεια ή να στέλνουν την περίσσεια της παραγόμενης φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελούν την ιδανικότερη λύση για περιοχές που βρίσκονται μακριά από το κεντρικό δίκτυο και στις οποίες η διασύνδεσή τους με αυτό θα απαιτούσε τεράστια οικονομικά κεφάλαια. Ειδικότερα για τον ελλαδικό χώρο, ο οποίος έχει πολυάριθμα μικρά νησιά και μικρούς οικισμούς, τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν βρει πολλές εφαρμογές, ενώ υπάρχουν ακόμα πολλές δυνατότητες ανάπτυξης.

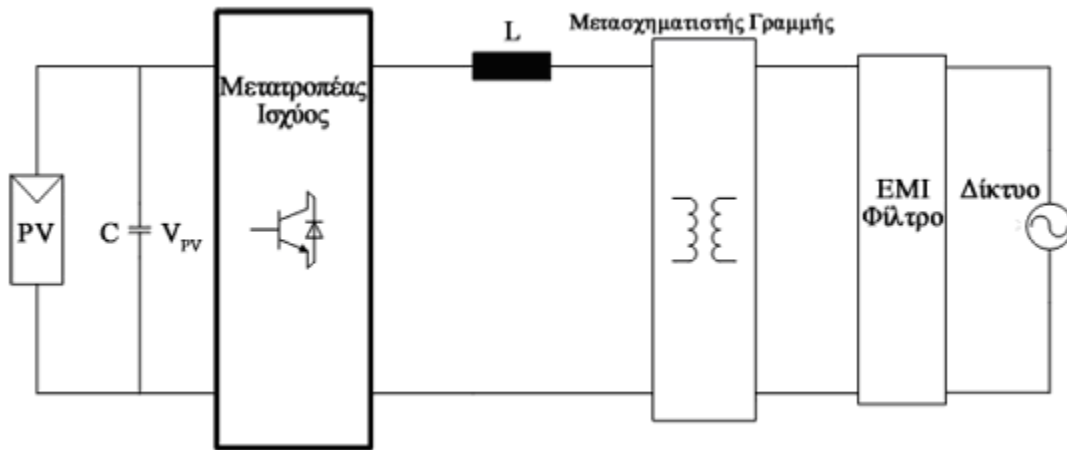
Το βασικότερο συστατικό του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, στους ηλιακούς συλλέκτες της οποίας γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Έπειτα το αυτόνομο σύστημα περιλαμβάνει, ανάλογα με το είδος της κατανάλωσης και τον βαθμό της απαιτούμενης αξιοπιστίας, συσσωρευτές για την αποθήκευση της περίσσειας της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ανεπαρκής ή μηδενική, διατάξεις για την ρύθμιση και την μετατροπή της τάσης και τη ρύθμιση της ισχύος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να αυξηθεί η απόδοση του συστήματος, άλλες διατάξεις προστασίας και ελέγχου και συχνά μία βοηθητική γεννήτρια, συνήθως ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που να λειτουργεί με καύση βενζίνης ή πετρελαίου diesel για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστάσεων (συντήρηση ή βλάβη του συστήματος, τροφοδότηση πρόσθετων φορτίων, επικουρική λειτουργία σε απρόβλεπτα μεγάλες περιόδους χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας).

### 3.1.1.5.2 Διασυνδεδεμένο Φωτοβολταϊκό Σύστημα (Grid-Connected)



**Γράφημα10:** Απλοποιημένο διάγραμμα διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος. Μια διαφορετική προσέγγιση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας είναι η εφαρμογή των διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων, στα οποία η ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτείται στο δίκτυο. Υπάρχουν δύο διαφορετικές υλοποιήσεις, ανάλογα με το αν τροφοδοτείται κάποιο φορτίο απευθείας από το σύστημα ή όχι. Σε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα το δίκτυο ενεργεί όπως μια μπαταρία με απεριόριστη ικανότητα αποθήκευσης.

Επομένως, η συνολική αποδοτικότητα ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος, θα είναι καλύτερη από την αποδοτικότητα ενός αυτόνομου συστήματος, αφού το δίκτυο έχει πρακτικά απεριόριστη ικανότητα αποθήκευσης και επομένως η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί πάντοτε να αποθηκεύεται. Αντιθέτως, στις αυτόνομες εφαρμογές, οι συσσωρευτές θα είναι ενίοτε πλήρως φορτισμένοι, όποτε η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα πρέπει με κάποιο τρόπο να αποβάλλεται. Ακολούθως φαίνεται ένα τυπικό μοντέλο φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένου στο δίκτυο.



Σχήμα 1: Τυπικό μοντέλο φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένου στο δίκτυο.

Το συνδεδεμένο στο δίκτυο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται βασικά από μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια (σύνολο πλαισίων) (στοιχείο PV) και μια μονάδα μετατροπής ισχύος (αντιστροφέας). Η παραπάνω παρουσιάζει ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα που είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει έναν πυκνωτή C , ένα πηνίο L , έναν μετασχηματιστή, ένα φίλτρο EMI και το δίκτυο.

Μετά τον αντιστροφέα παρατηρείται το πηνίο γραμμής L, που απαιτείται για τον έλεγχο του ρεύματος που εγχέεται στο δίκτυο. Ο αντιστροφέας περιλαμβάνει επίσης το μετασχηματιστή και το φίλτρο EMI. Τα πρώτα Φ/Β συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν για οικιακή χρήση περιελάμβαναν έναν μονοφασικό αντιστροφέα με έναν μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας (Low Frequency - LF) που τοποθετείται μεταξύ του αντιστροφέα και του δικτύου.

Αυτός ο μετασχηματιστής απαιτείται από όλους σχεδόν τους εθνικούς κανονισμούς και εγγυάται τη γαλβανική απομόνωση μεταξύ του δικτύου και των φωτοβολταϊκών συστημάτων, παρέχοντας προστασία. Επιπλέον, παρέχει απομόνωση μεταξύ του φωτοβολταϊκού συστήματος και του εδάφους. Επίσης, εξασφαλίζει δεν εγχέεται συνεχές ρεύμα στο δίκτυο, γεγονός που θα μπορούσε να προκαλέσει κορεσμό στον μετασχηματιστή διανομής. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της τάσης εξόδου των αντιστροφέων. Εντούτοις, οι μετασχηματιστές LF αυξάνουν το βάρος, το μέγεθος και το κόστος του φωτοβολταϊκού συστήματος και μειώνουν την απόδοσή του.

Η εναλλακτική λύση είναι να αντικατασταθούν οι LF μετασχηματιστές με υψηλής συχνότητας (High Frequency- HF) μετασχηματιστές τοποθετημένους στο συνεχές τμήμα

του αντιστροφέα. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται πάλι γαλβανική απομόνωση μεταξύ της φωτοβολταϊκής γεννήτριας και του δικτύου. Οι μετασχηματιστές υψηλής συχνότητας έχουν μικρότερο βάρος, μέγεθος και κόστος. Εντούτοις, είναι πιο πολύπλοκοι και καμιά ουσιαστική βελτίωση δεν παρατηρείται στη γενική απόδοση του συστήματος.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει καταστήσει πιθανό να παραληφθεί ο μετασχηματιστής χωρίς αντίκτυπο στα χαρακτηριστικά των συστημάτων όσον αφορά την ασφάλεια.

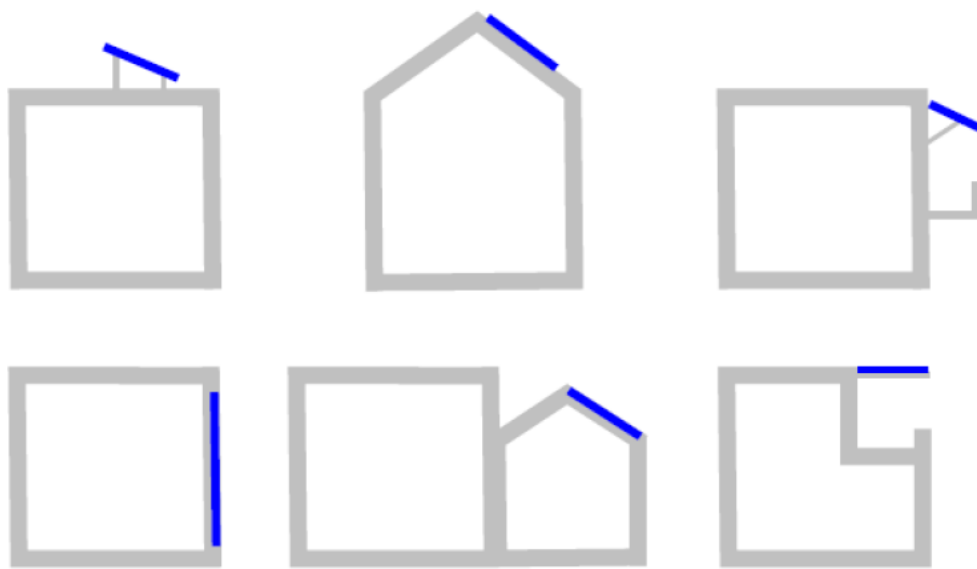
Μερικές χώρες, όπως η Γερμανία, επιτρέπουν τη χρήση αντιστροφέων χωρίς μετασχηματιστή και άλλες σκέφτονται σοβαρά να αλλάξουν τους κανονισμούς προς αυτή την κατεύθυνση. Επομένως, είναι αρκετά πιθανό ότι πολλά από τα μελλοντικά φωτοβολταϊκά συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο να μην περιλαμβάνουν μετασχηματιστή.

Τέλος, παρατηρείται το EMI φίλτρο, το οποίο μειώνει την ανισορροπία μεταξύ των παρασιτικών χωρητικοτήτων του συστήματος, την ανισορροπία μεταξύ των τιμών των σύνθετων αντιστάσεων γραμμής, την έλλειψη συγχρονισμού στη διακοπτική λειτουργία των δύο σκελών της γέφυρας πλήρους κύματος του αντιστροφέα, την ανισορροπία στη συμπεριφορά των διακοπών και τις καθυστερήσεις στους οδηγούς διακοπών. Τα φαινόμενα αυτά κάνουν απαραίτητη τη χρήση φίλτρου EMI. Στην πραγματικότητα θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή στο φάσμα υψηλής συχνότητας.

Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη Διεσπαρμένη Παραγωγή Ενέργειας, η οποία αποτελεί το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαφοροποίηση στην παραγωγή ενέργειας, που προσφέρεται από τα Φ/Β συστήματα, σε συνδυασμό με την κατά μεγάλο ποσοστό απεξάρτηση από το πετρέλαιο και την αποφυγή περαιτέρω ρύπανσης του περιβάλλοντος, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες οικονομικής ανάπτυξης σε ένα νέο ενεργειακό τοπίο που αυτή τη στιγμή διαμορφώνεται στις αναπτυσσόμενες χώρες.

### **3.1.1.6 Φωτοβολταϊκά σε στέγες/όψεις κτιρίων**

Φ/Β στις στέγες μπορούν να εγκατασταθούν σε δώματα, πέργκολες, χώρους στάθμευσης κλπ, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα,

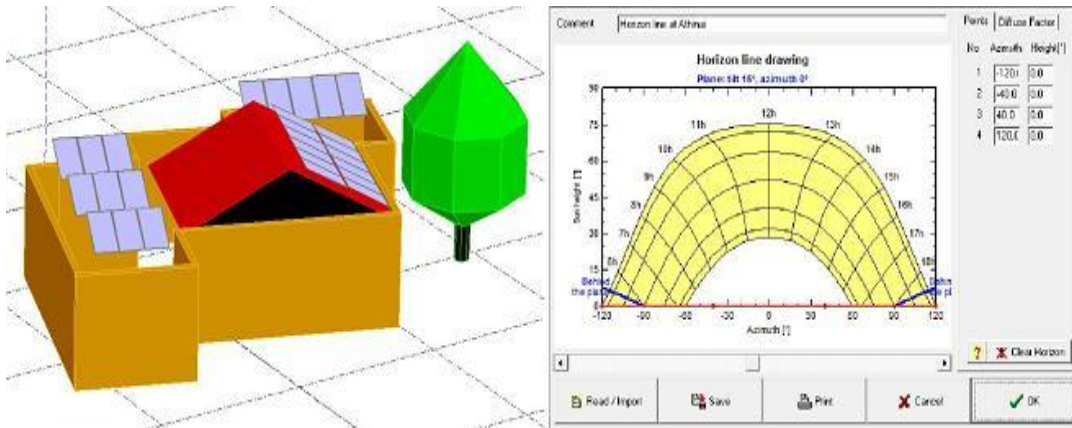


Γράφημα 11 Δυνατές διατάξεις φωτοβολταϊκών σε κτίρια.

Για να είναι εφικτή η μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα πρέπει να επιτυγχάνεται βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του φωτοβολταϊκού είναι 10ο-30ο με κατεύθυνση προς το Νότο. Για την Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνεια σταθερής κλίσης επιτυγχάνεται για νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου 28ο. Δεδομένου ότι στην περίπτωση των κτιριακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού μπορεί να είναι ανέφικτες, προτείνονται επιφάνειες νότιου προσανατολισμού με αζιμουθιακή απόκλιση ως 70ο από το Νότο και κλίση στο εύρος 10ο-30ο. Σημειώνεται ότι η χρήση γωνιών άνω των 10ο-15ο διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό (μέσω σταγονιδίων βροχής) των πλαισίων από σωματίδια σκόνης και άλλους ρύπους μέσω της βροχής.

Πολύ κρίσιμος παράγοντας για την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η σκίαση. Το πρόβλημα της σκίασης είναι ιδιαίτερος έντονο στα φωτοβολταϊκά σε στέγες και ταράτσες για πολλούς λόγους. Καταρχάς λόγω του περιορισμένου χώρου δεν είναι εύκολο να απομακρυνθεί το σύστημα από παρακείμενα εμπόδια. Τα περισσότερα συστήματα εγκαθίστανται εντός πόλεων όπου τα διαφορετικά ύψη κτιρίων προκαλούν μόνιμες σκιάσεις. Τέλος, πολλά εμπόδια που βρίσκονται ήδη στη στέγη ή την ταράτσα, όπως η απόληξη του κλιμακοστασίου, προεξοχές σοφίτας, σπασίματα της στέγης, καμινάδες, ιστοί κεραιών, θερμοσίφωνες, λέβητες, σύρματα, το στηθαίο της ταράτσας κ.α. προκαλούν δυσεπίλυτα προβλήματα.



Γράφημα 12 Βέλτιστες γωνίες κλίσης.

Υπάρχουν αρκετές χώρες που έχουν υλοποιήσει παρόμοια προγράμματα σε όλο τον κόσμο. Ενδεικτικά:

- Μαρόκο : Έχουν εγκατασταθεί μικρά Φ/Β σε στέγες για τον εξηλεκτρισμό απομονωμένων περιοχών. Συνολικά από το 1995, ο βαθμός αυτόνομα εξηλεκτρισμένων περιοχών με Φ/Β των 50-200Wp και λίγες συσκευές έχει φτάσει τα 38,500 χωριά (2,014,000 νοικοκυριά).
- Γερμανία, 100000 ηλιακές στέγες

### 3.1.1.7 Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα Φ/Β

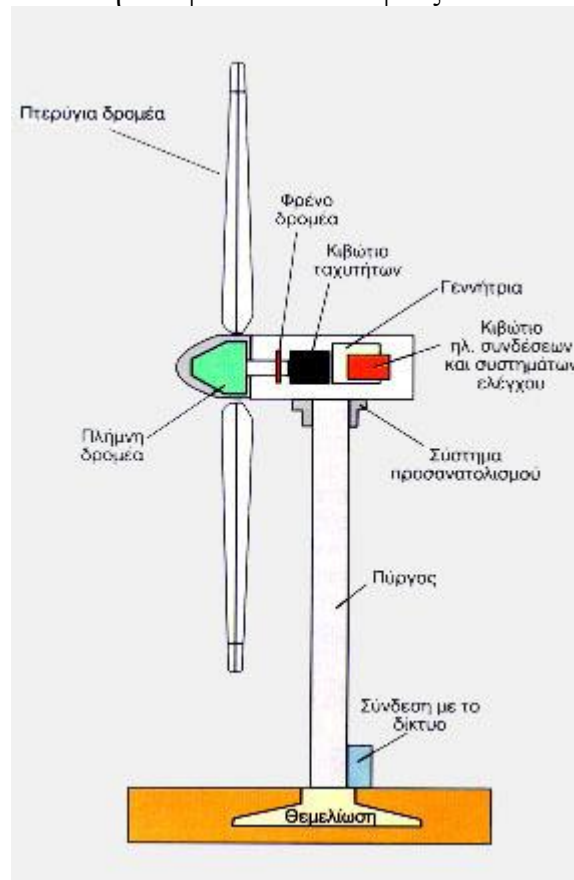
Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι:

- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων W ή και mW.
- Είναι εύχρηστα. Τα μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτίρια και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Είναι βαθμωτά συστήματα, δηλ. μπορούν να επεκταθούν σε μεταγενέστερη φάση για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, χωρίς μετατροπή του αρχικού συστήματος.
- Λειτουργούν αθόρυβα, εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία. Οι εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές για τις Φ/Β γεννήτριες είναι περισσότερο από 25 χρόνια καλής λειτουργίας.

- Η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των Φ/Β συστημάτων. Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα είναι σήμερα συγκρίσιμο με το κόστος αιχμής ισχύος, που χρεώνει η εταιρεία ηλεκτρισμού τους πελάτες της.

### 3.1.2 Ανεμογεννήτριες

Η Ανεμογεννήτρια είναι η τεχνολογία που εκμεταλλεύεται την αιολική ενέργεια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: *οριζόντιου άξονα* των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Η άλλη κατηγορία είναι *κατακόρυφου άξονα* ο οποίος παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους. Τα περύγια τους περιστρέφονται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα κάθετο στην επιφάνεια του εδάφους.



Γράφημα 13: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα



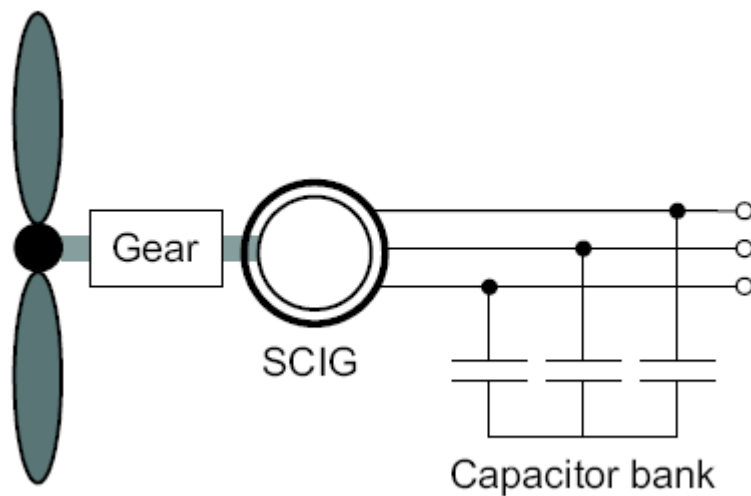


Γράφημα 14: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα

Παρατηρώντας από την μεριά του δικτύου, οι ανεμογεννήτριες που υπάρχουν διαθέσιμες στην αγορά σήμερα μπορούν να χωριστούν σε πέντε κατηγορίες. Ακολουθεί παρακάτω μια πολύ σύντομη περιγραφή αυτών.

### **3.1.2.1 Επαγωγική μηχανή σταθερών στροφών**

Ο δρομέας αυτού του τύπου ανεμογεννήτριας διατηρεί σχεδόν σταθερό αριθμό στροφών ο οποίος εξαρτάται μόνο από την αναλογία του κιβωτίου ταχυτήτων, την συχνότητα του δικτύου και το σχεδιασμό της ίδιας της γεννήτριας ενώ είναι ανεξάρτητη της ταχύτητας του ανέμου. Ο στάτης της μηχανής σταθερών στροφών συνδέεται άμεσα με το δίκτυο όπως φαίνεται στο σχήμα 8. Επειδή λοιπόν η άεργος ισχύς μεταφέρεται σε αυτήν από τον κόμβο του δικτύου είναι αναγκαία η σύνδεση μιας «τράπεζας» πυκνωτών για να γίνεται αντιστάθμιση της φανταστικής ισχύος όποτε αυτό χρειάζεται.

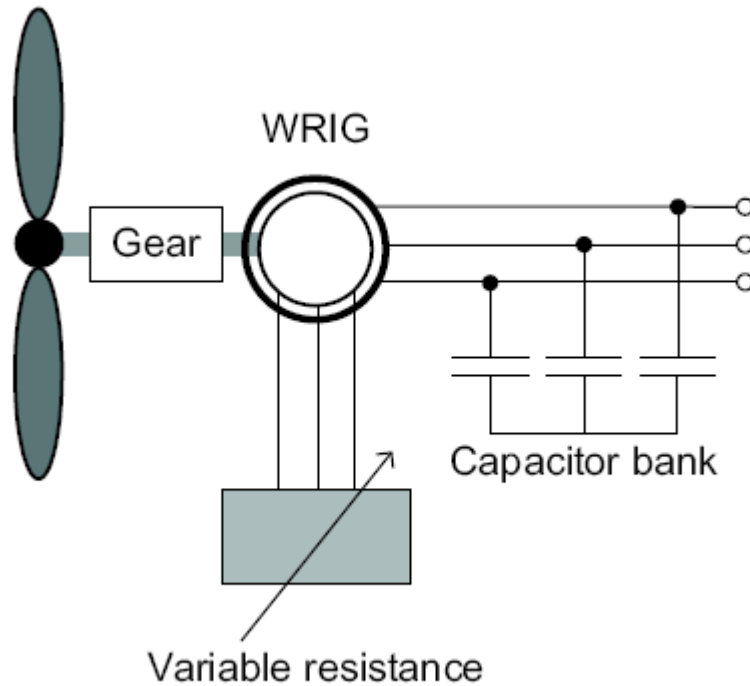


Γράφημα 15 Επαγωγική μηχανή σταθερών στροφών με πυκνωτές αντιστάθμισης (SCIG : squirrel cage induction generator )

Η δυνατότητα παραγωγής περιορίζεται από τον αεροδυναμικό σχεδιασμό των πτερυγίων στην περίπτωση που η μέθοδος του ελέγχου απώλειας στήριξης (stall control) χρησιμοποιείται. Για τις μεγαλύτερες μονάδες μέχρι 2.4 MW, ο έλεγχος συχνά τροποποιείται ελαφρώς χρησιμοποιώντας active stall control. Προκειμένου να αυξηθεί η δυνατότητα παραγωγής, η γεννήτρια σταθερών στροφών έχει δύο τυλίγματα στάτη. Το ένα χρησιμοποιείται στις χαμηλές ταχύτητες ανέμου και το άλλο χρησιμοποιείται για ταχύτητες μέσου και ισχυρού ανέμου.

### 3.1.2.2 Επαγωγική Μηχανή με ηλεκτρικά μεταβαλλόμενη αντίσταση ρότορα

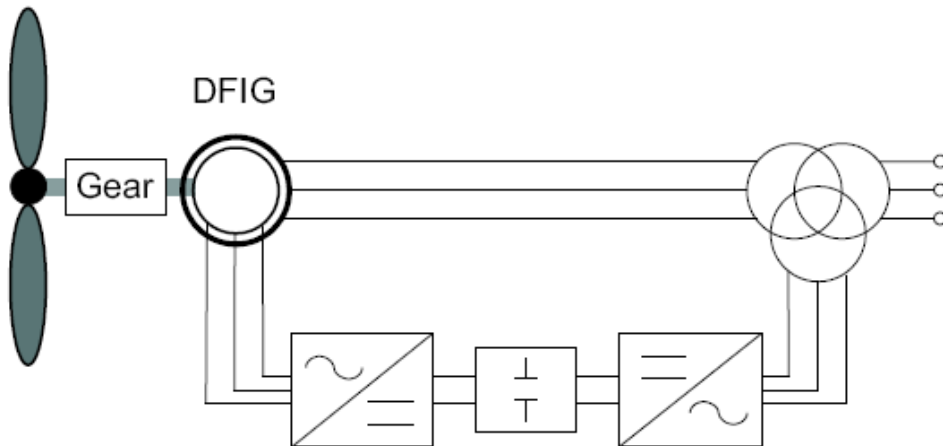
Αυτός ο τύπος γεννήτριας ουσιαστικά είναι πανομοιότυπος με τον προηγούμενο όπως φαίνεται και στο Σχήμα 9.Ο στάτης συνδέεται και εδώ άμεσα με το δίκτυο και μια τράπεζα πυκνωτών υπάρχει για να παράγει την άεργο ισχύ όποτε είναι αναγκαίο.Το χαρακτηριστικό της γνώρισμα είναι η μεταβλητή αντίσταση που τοποθετούμε στο τυλίγμα του δρομέα (αποτελούμενο συνήθως από ηλεκτρονικό μετατροπέα με αντιπαράλληλα θυρίστορ) και το οποίο μας επιτρέπει να ρυθμίζουμε την ροπή της γεννήτριας άρα και την ταχύτητά της όπως ακριβώς και σε μια απλή ασύγχρονη μηχανή.



Γράφημα 16 Γεννήτρια με ηλεκτρικά μεταβαλλόμενη αντίσταση δρομέα

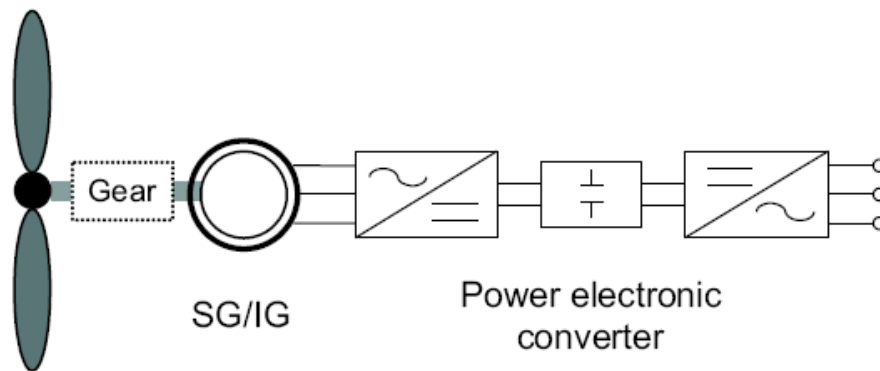
### 3.1.2.3 Γεννήτρια Μεταβαλλόμενων στροφών με μετατροπέα στον δρομέα (Επαγωγική μηχανή διπλής τροφοδοσίας,DFIG)

Το Σχήμα 9 παρουσιάζει την γεννήτρια μεταβλητών στροφών με έναν μικρής κλίμακας converter σαν ανατροφοδότηση στον δρομέα της,γνωστή και ως DFIG (Doubly-Fed Induction Generator). Σε αυτόν τον τύπο γεννήτριας ο στάτης είναι συνδεδεμένος άμεσα με το δίκτυο ενώ τα τυλίγματα του δρομέα είναι συνδεδεμένα με τον μετατροπέα. Ο μετατροπέας εκτιμάται περίπου στο 30% της ισχύς της γεννήτριας. Συνήθως η μεταβολή της ταχύτητας κυμαίνεται σε ένα εύρος μεταξύ του -40% (υποσύγχρονη λειτουργία) και +30% (υπερσύγχρονη λειτουργία) της σύγχρονης ταχύτητας. Τέλος μέσω του μετατροπέα μας δίνεται η δυνατότητα να ελέγξουμε την άεργο ισχύ.



Γράφημα 17 Επαγωγική μηχανή μεταβαλλόμενων στροφών με μετατροπέα στον δρομέα (Επαγωγική μηχανή διπλής τροφοδοσίας, DFIG)

### 3.1.2.4 Γεννήτρια Μεταβλητών στροφών με έλεγχο της ολικής ισχύς στον στάτη



Γράφημα 18 Επαγωγική μηχανή μεταβλητών στροφών με έλεγχο της ολικής ισχύς στον στάτη (SG: σύγχρονη γεννήτρια IG: επαγωγική μηχανή)

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 10 αυτός ο τύπος ανεμογεννήτριας μπορεί να είναι είτε σύγχρονη είτε επαγωγικού τύπου. Στην περίπτωση που είναι σύγχρονη η γεννήτρια η διέγερση μπορεί να γίνεται είτε με μόνιμους μαγνήτες είτε από ξεχωριστή πηγή συνεχούς ρεύματος. Το κιβώτιο ταχυτήτων σχεδιάζεται έτσι ώστε η μέγιστη ταχύτητα δρομέα να αντιστοιχεί στην ονομαστική ταχύτητα της γεννήτριας. Ορισμένες ανεμογεννήτριες αυτού του είδους δεν έχουν καθόλου κιβώτιο ταχυτήτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μηχανές παλλαπλών πόλων με μεγάλη διάμετρο.

### 3.1.2.5 Μικρές ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την ονομαστική ισχύ τους σε πολύ μικρού μεγέθους, μεσαίου, μεγάλου και πολύ μεγάλου (ultra-large) μεγέθους. Μονολότι δεν υπάρχει κάποιος ακριβής ορισμός για τις ανεμογεννήτριες πολύ μικρού μεγέθους είναι αποδεκτό πως μια γεννήτρια με ονομαστική ισχύ μερικά kW ανήκει σε αυτήν την κατηγορία.

Οι ανεμογεννήτριες μικρού μεγέθους αναφέρονται σε γεννήτριες με ισχύ εξόδου μικρότερη από 100 kW. Οι γεννήτριες αυτού του είδους ήδη αξιοποιούνται εκτεταμένα σε κατοικίες, φάρμες (επίσης για γεωργικές εργασίες) ή και μεμονωμένες απομακρυσμένες εφαρμογές όπως σε σταθμούς αντλήσεως ύδατος, τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις και γενικώς σε αγροτικές περιοχές. Η αύξηση της παραγωγής και παροχής ενέργειας από τέτοιου είδους γεννήτριες υποκαθιστά την ανάγκη αύξησης της δυναμικότητας των γραμμών μεταφοράς. Το βασικό πλεονέκτημα αυτών των ανεμογεννητριών είναι πως μπορούν να μπουν ευκολότερα κοντά σε οικοσμούς και επίσης στον υπό μελέτη οικισμό έχουμε μικρές κλίμακες. Τέλος απαιτούν σχετικά μικρής έντασης ανέμους για την ενεργοποίηση της ταχύτητα έναρξης λειτουργίας και κατ επέκταση την παράγωγη ισχύος, γεγονός που ευνοεί την ευρεία εγκατάσταση τους σε κάθε είδους περιοχή για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας.

Ισχύς Ανεμογεννήτριας	50-100 kW
Διάμετρος Δρομέα	10-20 m
Αριθμός Πτερυγίων	3
Υψος Ανεμογεννήτριας	50-120 m
Εύρος Ταχυτήτων ανέμου	3-30 m/s
Ονομαστική ταχύτητα ανέμου	7-12 m/s
Ονομαστική ταχύτητα Δρομέα	12-40 rpm
Εύρος ταχυτήτων δρομέα	8-40 rpm
Κόστος Ανεμογεννήτριας	250 €/MWh

Πίνακας 1. Παράμετροι χαρακτηρισμού μικρής ανεμογεννήτριας.

Υπάρχουν πολλές παράμετροι που χαρακτηρίζουν μία μικρή ανεμογεννήτρια. Το σημαντικότερο είναι η καμπύλη ισχύος, η οποία καθορίζει την παραγόμενη ενέργεια σε ένα σημαντικό χρονικό διάστημα ανάλογα με το αιολικό δυναμικό της πειοχής που βρίσκεται η εγκατάσταση. Οι μικρές ανεμογεννήτριες τοποθετούνται γενικά σε περιοχές με χαμηλότερη ετήσια μέση ταχύτητα ανέμου από ότι τα αιολικά πάρκα οπότε η λειτουργία τους σε χαμηλότερους ανέμους είναι μία σημαντική παράμετρος. Άλλα χαρακτηριστικά που έχουν μεγαλύτερη ή μικρότερη σημασία ανάλογα με την εφαρμογή είναι οι απαιτήσεις για συντήρηση, ο παραγόμενος θόρυβος, η αξιοπιστία, η δυσκολία στην αποκατάσταση βλάβης, κ.α.

Οι μικρές ανεμογεννήτριες σε αυτόνομα συστήματα συνδέονται σε αρκετές περιπτώσεις μαζί με φωτοβολταϊκά, εφόσον συχνά όταν δεν υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια υπάρχει αρκετός άνεμος και αντίστροφα. Αυτόνομες εγκαταστάσεις συναντώνται σε

περιοχές όπου δεν υπάρχει σύνδεση με το κεντρικό δίκτυο και που η σύνδεση με αυτό είναι συνήθως δύσκολη και οικονομικά ασύμφορη.



**Γράφημα 19. Τοποθέτηση Α/Γ επάνω σε κτήρια**



Γράφημα 20. Μικρές Α/Γ σε οικίες

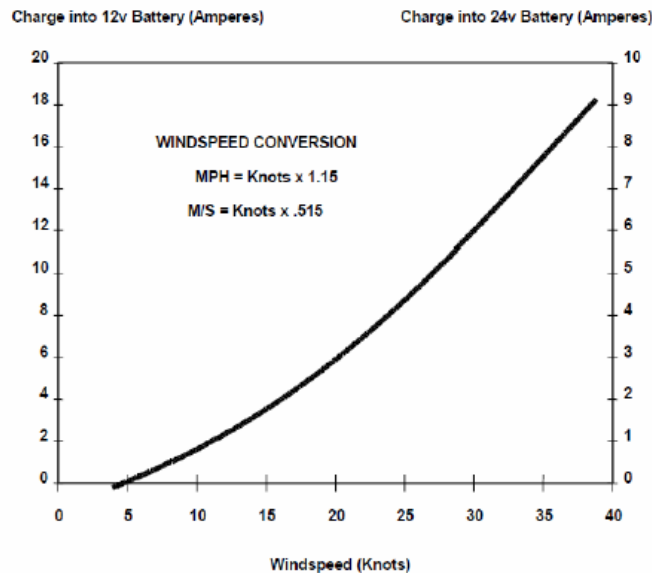


Γράφημα 21. Μικρές Α/Γ σε κτίρια αριστερά και οικίες δεξιά [[www.windipedia.info](http://www.windipedia.info)]

### 3.1.2.5.1 Παραγωγή ισχύος από μικρή DC A/G

Οι περισσότερες μικρές ανεμογεννήτριες παράγουν συνεχές ρεύμα (DC). Γι' αυτό είτε οι μικρές A/G λειτουργούν αυτόνομα χωρίς καμία μετατροπή της τάσης είτε συνδέουμε την ανεμογεννήτρια μας στο δίκτυο και έτσι απαιτείται πρόσθετος εξοπλισμός (μετατροπείς) για την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο [vii].

Η ταχύτητα του ανέμου καθορίζει την παραγωγή ισχύος μιας ανεμογεννήτριας και κάθε μηχανή χαρακτηρίζεται από τη καμπύλη ισχύος που σχετίζεται με τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά και το σχεδιασμό της. Βασικά σημεία της χαρακτηριστικής καμπύλης ισχύος είναι η ταχύτητα εκκίνησης της ανεμογεννήτριας, είναι το σημείο που η A/G ξεκινά να παράγει ισχύ, την ταχύτητα αποκοπής, δηλαδή το σημείο που σταματά να παράγει ισχύ και την μικρότερη ονομαστική ταχύτητα [viii]. Στην Γράφημα 22 παρουσιάζεται η χαρακτηριστική παραγωγής ισχύος μιας μικρής DC A/G.



Γράφημα 22 Διάγραμμα παραγωγής ισχύος μικρής DC A/G

#### 3.1.2.5.1.1 Μεγιστοποίηση αποδιδόμενης ισχύος

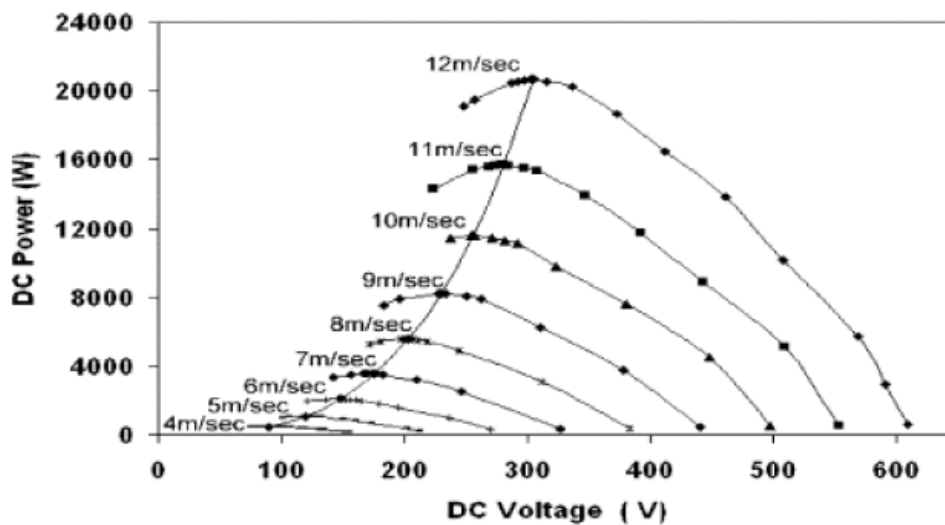
Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για την ανίχνευση της μέγιστης ισχύος MPPT (Maximum Power Point Tracking) η οποία γίνεται κατάλληλα από έναν DC/DC μετατροπέα ανύψωσης-υποβιβασμού τάσης. Η τάση εξόδου του μετατροπέα παραμένει σταθερή και η τάση εισόδου παίρνει τις απαιτούμενες τιμές για τη μεγιστοποίηση της αποδιδόμενης ισχύος. Ένα κύκλωμα ελέγχου με βάση τις εισόδους του και τη στρατηγική ελέγχου που ακολουθεί καθορίζει την αγωγή και τη σβέση του διακοπτικού υλικού του DC/DC μετατροπέα.

Στις μικρές ανεμογεννήτριες, το βασικό κύκλωμα του μετατροπέα μπορεί να είναι το ίδιο με των Φωτοβολταϊκών, αλλά αυτό που αλλάζει είναι η στρατηγική ελέγχου του. Οι γρήγορες μεταβολές και η αστάθεια στην ταχύτητα του ανέμου έχουν οδηγήσει στην

ανάπτυξη μιας διαφορετικής μεθόδου που έχει ως στόχο η ανεμογεννήτρια να λειτουργεί με το βέλτιστο λόγο ταχύτητας ακροπτερυγίου και το μέγιστο αεροδυναμικό συντελεστή για κάθε ταχύτητα ανέμου. Για να γίνει αυτό ο μετατροπέας πρέπει να φροντίζει η ανεμογεννήτρια να ακολουθεί τη βέλτιστη καμπύλη αεροδυναμικής ισχύος – ταχύτητας περιστροφής, δηλαδή για κάθε ταχύτητα του ανέμου μικρότερης της ονομαστικής να λειτουργεί με την κατάλληλη ταχύτητα περιστροφής για βέλτιστο λόγο ταχύτητας ακροπτερυγίου.

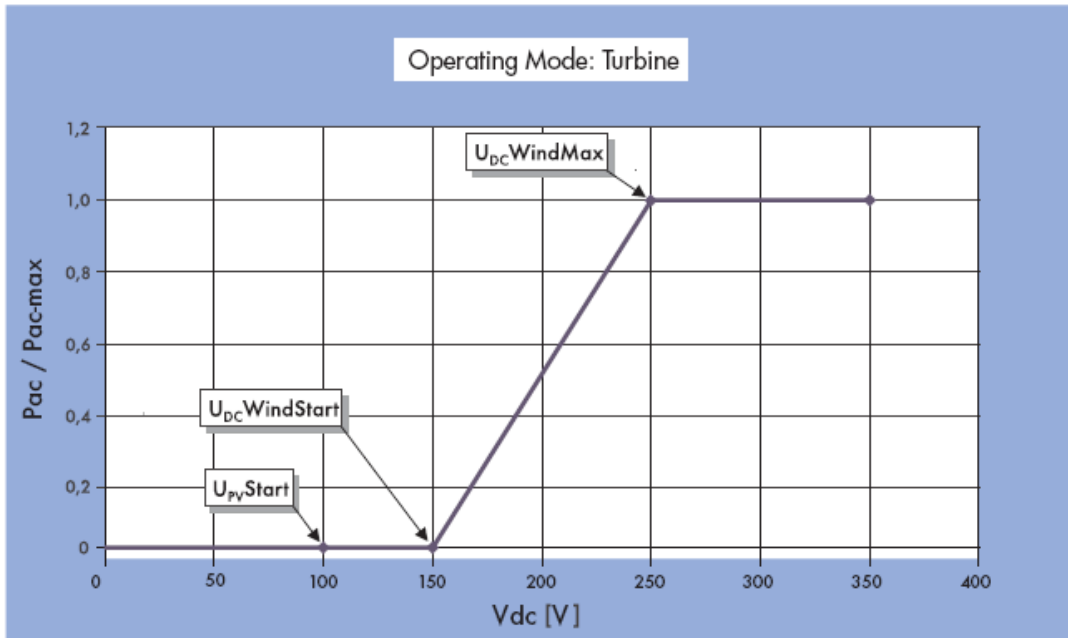
Στην Γράφημα 30 εμφανίζεται η γραφική παράσταση που χρησιμοποιείται από μετατροπέα DC/DC για τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ισχύς.

Κάθε μετατροπέας ανάλογα με τον σχεδιαστή του μπορεί να χρησιμοποιεί διαφορετική στρατηγική έλεγχου και μετρούμενα μεγέθη απαιτώντας να μεγιστοποιείται η αεροδυναμική ισχύς για κάθε ταχύτητα του ανέμου. Στην Γράφημα 23 παρουσιάζεται η βέλτιστη καμπύλη ισχύος του μετατροπέα Pdc με την τάση εισόδου του Vdcix.



Γράφημα 23 Ηλεκτρική ισχύς εξόδου του ανορθωτή σε σχέση με την τάση εξόδου του ανορθωτή για διάφορες ταχύτητες του ανέμου.





Γράφημα 24 Χαρακτηριστική ελέγχου του μετατροπέα DC/DC

Από την αεροδυναμική ισχύ αφαιρώντας τις απώλειες τις γεννήτριας και στον ανορθωτή προκύπτει η ισχύς εισόδου του μετατροπέα  $P_{dc}$ . Από την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα προκύπτει η ΗΕΔ της γεννήτριας, η τερματική της τάση και η συνεχής τάση μετά τον ανορθωτή  $V_{dca}$ .

### 3.1.2.6 Ενσωματωμένα στον Αστικό ιστό

Η αιολική ενέργεια στα κτήρια περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές προκλήσεις που αφορούν στα αυτόνομα αιολικά συστήματα. Εξ ορισμού οι Α/Γ θα βρίσκονται σε μία γενικά τυρβώδη περιοχή λόγω της ύπαρξης εμποδίων στο αστικό περιβάλλον, και αυτό μπορεί να μειώσει την παραγωγή και να αυξήσει τις πιέσεις στις Α/Γ, οι οποίες δεν είχαν εξ αρχής σχεδιαστεί να λειτουργήσουν σε αυτές τις συνθήκες. Η συνύπαρξη τους με την κοινωνία απαιτεί την ομαλή ενσωμάτωσή τους στο περίγραμμα των οικοδομών, και δομικά και οπτικά, και τη δημιουργία όσο το δυνατόν λιγότερου θορύβου. Η παραγωγή μίας Α/Γ είναι περιορισμένη από αυτό που είναι γνωστό ως όριο Betz, που μειώνει το συντελεστή ισχύος σε 59.3%. Οι σχεδιαστές έχουν δοκιμάσει πολλές διαφορετικές εναλλακτικές σχεδίασης Α/Γ προκειμένου να πλησιάσουν αυτήν την απόδοση παραγωγής. Μόνο οι μικρής κλίμακας Α/Γ αυτόνομων συστημάτων πλησιάζουν αυτό το όριο, αλλά οι σχετικά νέας τεχνολογίας ενσωματωμένες σε κτήρια Α/Γ είναι αρκετά συχνά μικρότερης απόδοσης. Η παραγωγή ισχύος είναι ανάλογη προς τον κύβο της ταχύτητας του αέρα, που σημαίνει ότι δεδομένου η ταχύτητα του αέρα διπλασιάζεται η παραγωγή αυξάνεται κατά 8 φορές. Αυτό εξηγεί γιατί είναι τόσο σημαντικό να επιβεβαιωθεί ότι η ροή αέρα που έρχεται σε επαφή με την Α/Γ είναι η υψηλότερη η δυνατή. Κατά την ανέγερση μίας οικοδομής, την κατασκευή της στέγης της και της ενσωμάτωσης Α/Γ σε αυτήν, έχουν αναπτυχθεί αρκετά λογισμικά προσομοίωσης για την επίδειξη του τρόπου με τον οποίο διάφορες Α/Γ συμπεριφέρονται σε διαφορετικές τυρβώδεις ροές ανέμου. Η υπολογιστική ρευστομηχανική, που παραδοσιακά

χρησιμοποιείται για να προσομοιώσει τις ταχύτητες του ανέμου γύρω από τα κτήρια λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση από τους πεζούς, παραδείγματος χάριν, αρχίζει τώρα να χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στο σχεδιασμό και τη βέλτιστη τοποθέτηση Α/Γ πάνω και γύρω από τα κτήρια.

Οι Α/Γ μικρής κλίμακας είναι μια νέα τεχνολογία που συνοδεύεται από τη συνεχόμενη πρόοδο στο σχεδιασμό νέων μοντέλων, τις αυξανόμενες ενεργειακές τιμές και τα οικονομικά κίνητρα που προσφέρονται για να ενισχύσουν την τοποθέτηση τους στα κτήρια. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν μερικά μοντέλα που είναι εμπορικά σχεδόν έτοιμα και υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που θα επηρεάσουν την αποδοχή και την επιτυχία της τεχνολογίας.

Οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη Α/Γ μικρής κλίμακας έχουν συνειδητοποιήσει ότι οι μονάδες πρέπει να είναι εντελώς αυτόνομες, με ελάχιστη ή καθόλου παρέμβαση από τον καταναλωτή. Οι «έτοιμες προς χρήση» συσκευές αποτελούν πλέον εμπορικά προϊόντα και είναι ευρέως διαθέσιμες.

Το άμεσο κέρδος από τη χρήση των Α/Γ μικρής κλίμακας στο αστικό περιβάλλον είναι σαφώς μία από τις βιώσιμες μορφές παραγωγής ηλεκτρισμού και ως εκ τούτου συντελεί στη μείωση του CO<sub>2</sub> και επίσης στην οικονομική αποταμίευση. Τα έμμεσα κέρδη είναι πιο περίπλοκα και συνδέονται με λιγότερο σημαντικά ζητήματα όπως η αυξανόμενη ενεργειακή συνειδητοποίηση σε τεχνικά ζητήματα, όπως η παραγωγή στο σημείο της χρήσης και η δυνατότητα για τη μείωση των ενεργειακών αναγκών. Μπορεί επίσης να υποστηριχτεί ότι η χρήση των τεχνολογιών μικροπαραγωγής όταν συνδυάζεται με τη σωστή αντίληψη και συμπεριφορά των χρηστών μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω περιβαλλοντικό όφελος ή τη συμπληρωματική παροχή ενέργειας που δεν μπορεί να επιτευχθεί με τον παραδοσιακό ανεφοδιασμό [\[xi\]](#).

### **3.1.2.7 Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα**

Στα μέσα του 1970, κάνει την εμφάνισή του ένας νέος τύπος ανεμογεννήτριας με δρομέα κατακόρυφου άξονα. Οι αιολικές μηχανές αυτές ονομάζονται καθέτου άξονα και ο αρχικός σχεδιασμός τους είχε ξεκινήσει από το 1931 από τον Darrieus. Οι καθέτου άξονα ανεμογεννήτριες (VAWTs) απαντώνται σε μια ευρεία και ενδιαφέρουσα ποικιλία διαμορφώσεων και περιλαμβάνει μια σειρά από πολύπλοκα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά.

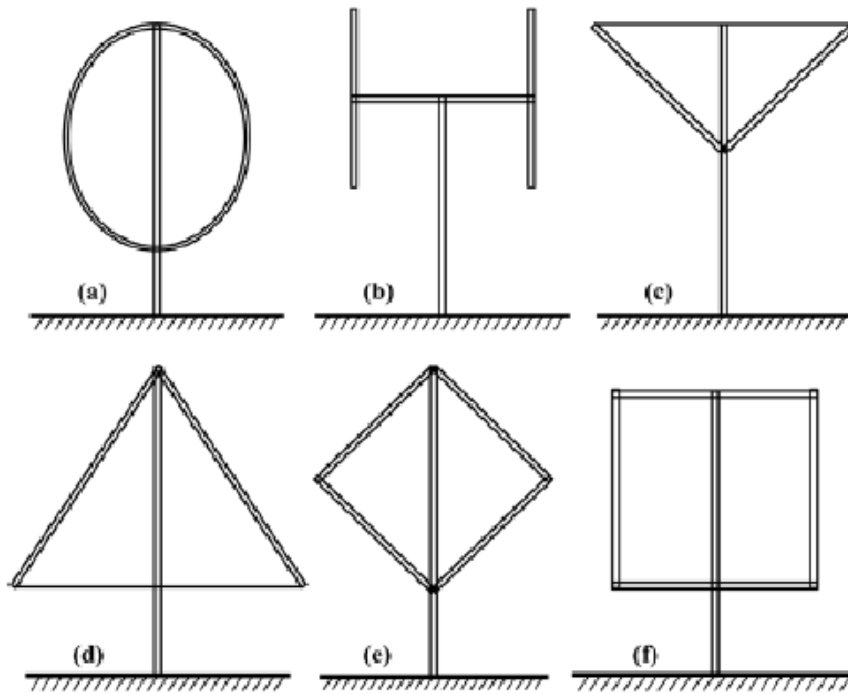
Οι ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα όχι μόνο ήταν οι πρώτες ανεμογεννήτριες που κατασκευάστηκαν, αλλά έχουν επίσης αποτελέσει πρακτικές εφαρμογές στις μεγαλύτερες κλίμακας κατασκευές που δημιουργήθηκαν ποτέ. Μπορούν, πλέον, να επιτύχουν συντελεστές απόδοσης,  $C_p, max$ , που είναι συγκρίσιμοι με εκείνους για οριζόντιο άξονα ανεμογεννήτριες (HAWTs) ενώ δυνητικά έχουν και πολλά σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των HAWTs.

Στα πλεονεκτήματα αυτά περιλαμβάνεται το γεγονός ότι οι ανεμογεννήτριες αυτές αποτελούν συσκευές εγκάρσιας ροής με αποτέλεσμα να δέχονται ανέμους από οποιαδήποτε κατεύθυνση με συνεπακόλουθο να μην χρειάζονται μηχανισμό προσανατολισμού που να εξασφαλίζει ότι θα είναι ευθυγραμμισμένες με τον άνεμο, όπως συμβαίνει με όλες τις οριζόντιες μηχανές άξονα ενώ επίσης σε συνθήκες μεταβολής του

ανέμου, μπορούν να αντεπεξέλθουν καλύτερα. Έχουν χαμηλό κατασκευαστικό κόστος και είναι σχετικά απλές κατασκευές ενώ το γεγονός ότι η γεννήτρια και οι υπόλοιποι μηχανισμοί βρίσκονται κοντά στο έδαφος διευκολύνουν τη λειτουργία και συντήρησή τους. Αυτό καταργεί την ανάγκη για μια στιβαρή κατασκευή για να υποστηρίξει το βάρος του εξοπλισμού όπως είναι ο μηχανισμός του κιβωτίου ταχυτήτων, τη γεννήτρια κ.α. Επίσης, δεν υπάρχει ανάγκη για δαχτυλίδια επαφής ή εύκαμπτα καλώδια για τη σύνδεση της γεννήτριας προς το φορτίο, το οποίο αποτελεί σημαντικό προτέρημα για μικρής κλίμακας ανεμογεννήτριες. Τα πτερύγια τους είναι καμπύλα και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης όπως και το σύστημα ελέγχου είναι παρόμοιο με τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, με μονή διαφορά, για το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, ότι τα εξαρτήματα είναι τοποθετημένα σε κατακόρυφη θέση. Ο δρομέας στηρίζεται σε κατάλληλο έδρανο στη βάση του, το οποίο ακόμα και σε σταθερή ταχύτητα ανέμου καταπονείται από εναλλασσόμενα φορτία. Επίσης με τη βοήθεια εντατήρων η μηχανή διατηρείται στην κατακόρυφο, οι όποιοι ενώνουν τη μηχανή με το έδαφος και συγκεκριμένα συνδέονται στην κορυφή του καθέτου άξονα της ανεμογεννήτριας.

Τα κυριότερα μειονεκτήματά τους που τις καθιστούν εμπορικά μη ανταγωνιστικές, είναι ότι οι περισσότερες για να ξεκινήσουν χρειάζονται συνήθως υποβοήθηση, ενώ σε περιπτώσεις δυνατού ανέμου αν δεν ελεγχθούν σωστά, υπάρχει ο κίνδυνος της καταστροφής τους. Επίσης, ο δρομέας τους βρίσκεται πιο κοντά στο έδαφος, όπου οι ταχύτητες του ανέμου είναι μικρότερες σε αντίθεση με τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα οι οποίες είναι σε θέση να εκμεταλλεύονται μεγαλύτερες ταχύτητες του ανέμου όντας σε μεγαλύτερο ύψος. Η απόδοσή τους είναι κατά μέσο όρο μικρότερη συγκρινόμενη με εκείνη των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα αφού σε κάθε περιστροφή του δρομέα, τα πτερύγια μπορεί να συναντούν αεροδυναμικά κενές περιοχές, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του όλου συστήματος. Ενώ οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν απόδοση που πλησιάζει το 50%, οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα έχουν στην καλύτερη των περιπτώσεων απόδοση λίγο μεγαλύτερη από 30%. Από πρακτικής πλευράς, οι μηχανές αυτού του είδους χρειάζονται καλώδια για να τις υποβαστούν, γεγονός που δεν είναι πρακτικό για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε καλλιεργήσιμες περιοχές.

Τυπικά σχέδια περιλαμβάνουν τον πλήρη Darrieus, το "H", το "V" (ή «Y»), το "Δέλτα", το "Diamond" και το "Gyromill" διαμορφώσεις, το σύνολο των οποίων μπορεί να φανεί στο παρακάτω σχήμα.



Γράφημα 25. Τυπικά σχέδια ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα.

Αλλά σχέδια που χρησιμοποιούνται, και αποτελούν τα πλέον διαδεδομένα χρησιμοποιούμενα μοντέλα, ή έχουν προταθεί για μελλοντική εξέλιξη καθώς και κατηγοριοποίηση των ανεμογεννητριών αναλόγως του τρόπου λειτουργίας τους ως προς τον άνεμο φαίνονται στα παρακάτω σχήματα (Γράφημα 26).

Primarily drag-type



Savonius

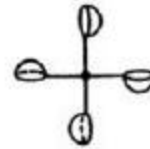


Multi-bladed Savonius



Plates

Shield

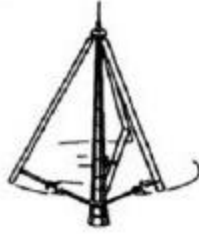


Cupped

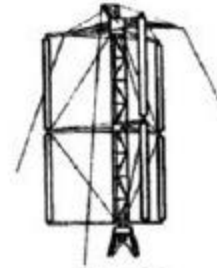
Primarily lift-type



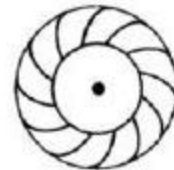
$\phi$ -Darrieus



$\Delta$ -Darrieus



Giomill



Turbine

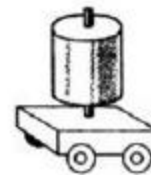
Combinations



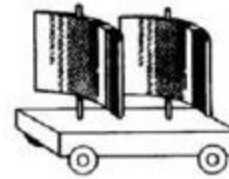
Savonius /  $\phi$ -Darrieus



Split Savonius



Magnus

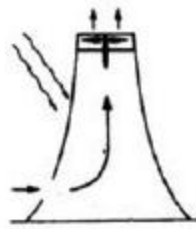


Airfoil

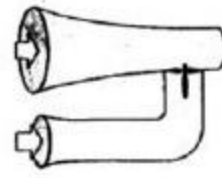
Others



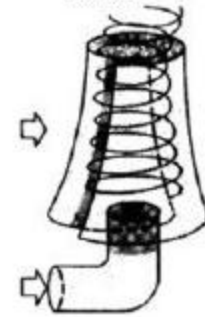
Deflector



Sunlight



Venturi



Confined Vortex

Γράφημα 26. Σχέδια ανεμογεννητριών κάθετου άξονα.

Οι κάθετου άξονα ανεμογεννήτριες (VAWTs) έχουν μελετηθεί από διάφορους ερευνητές με τη χρήση σύγχρονων τεχνικών ανάλυσης. Κοινά παραδείγματα αυτών των καθέτων αξόνων ανεμογεννήτριες είναι οι Savonius και Νταριέ ανεμογεννήτριες. Το 1968, οι South και Rangji, από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας του Καναδά, επανέφερε την ιδέα του ρότορα Darrieus. Από τότε, πολλά αναλυτικά μοντέλα πρόβλεψης της αεροδυναμικής απόδοσης αυτού του τύπου ανεμογεννήτριας έχουν διατυπωθεί.

Στη συνέχεια παραθέτουμε συνοπτικά τα πλεονεκτήματα τις χρήσεις ανεμογεννητριών κάθετου άξονα:

- Αντιμετωπίζουν πάντα κατά μέτωπο τον άνεμο - δεν υπάρχει ανάγκη για μηχανισμό διεύθυνσης.
- Έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια σάρωσης για τη σύλληψη της ενέργειας – η όποια μπορεί να είναι πολλές φορές μεγαλύτερη από άλλου τύπου γεννήτριες.
- Είναι πιο αποτελεσματικές σε θυελλώδεις ανέμους – αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τις ριπές αέρα.
- Έχουν τη δυνατότητα εγκατάστασης σε μεγάλη ποικιλία θέσεων - στις στέγες, κατά μήκος των αυτοκινητοδρόμων, σε χώρους στάθμευσης.
- Δεν σκοτώνουν πουλιά –είναι εξαιρετικά ορατή.
- Μπορούν να κλιμακωθούν πιο εύκολα - από mW σε MW.
- Είναι σημαντικά λιγότερο δαπανηρές για την κατασκευή - εγγενώς απλούστερες κατασκευές.
- Έχουν χαμηλό χρόνο διακοπής συντήρησης – οι μηχανισμοί βρίσκονται κοντά στο επίπεδο του εδάφους- εύκολη επισκόπηση της λειτουργίας.
- Παράγουν λιγότερο θόρυβο - χαμηλή ταχύτητα σημαίνει λιγότερο θόρυβο [Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.]

### 3.1.2.7.1 *Ανεμογεννήτριες τύπου Savonius*

Οι ανεμογεννήτριες τύπου Savonius είναι καθέτου άξονα και χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ροπή στρέψης πάνω σε ένα περιστρεφόμενο άξονα. Εφευρέθηκαν από το μηχανικό Sigurd J. Savonius το 1924. Οι αεροκινητήρες Savonius είναι κατασκευές σχήματος 'S' (σε κάτωψη) και εμφανίζονται ως ένας κατακόρυφος κύλινδρος κομμένος από την κορυφή προς τον πυθμένα, οι οποίες εκμεταλλεύονται κυρίως την δύναμη της ιξώδους αντίστασης, ενώ στην παραγόμενη ισχύ μπορεί να συνεισφέρουν και κάποιες δυνάμεις άνωσης. Η περιστροφή του αεροκινητήρα Savonius οφείλεται κυρίως στη διαφορά πίεσης που ασκείται στη κοίλη και κυρτή επιφάνεια των 2 πτερυγίων, καθώς επίσης και στο γεγονός ότι ανάμεσα στα 2 πτερύγια υπάρχει ένα διάκενο το οποίο επιτρέπει στον αέρα να επιστρέφει και να αυξάνει την πίεση στο πίσω μέρος του κυρτού πτερυγίου, αυξάνοντας έτσι την ροπή που αναπτύσσεται γύρω από τον άξονα της μηχανής.

Ο ρότορας Savonius έχει μελετηθεί με δοκιμές σε αεροδυναμική σήραγγα από αρκετούς ερευνητές. Σε γενικές γραμμές ρότορες Savonius μπορούν να φθάσουν κατ'ανώτατο όριο συντελεστή ισχύος 30% ο οποίος λαμβάνεται σε πολύ χαμηλή περιστροφή ενώ σε υψηλότερες τιμές περιστροφής η απόδοση του στροφείου μειώνεται δραματικά. Επιπλέον, μια αύξηση του συντελεστή ισχύος, δεν θα ήταν αποτελεσματική σεβόμενη το λόγο βάρος / μονάδα της εξόδου ισχύος, δεδομένου ότι θα απαιτούνταν 30 φορές η επιφάνεια μιας συμβατικής ανεμογεννήτριας η όποια θα απέδιδε την ίδια ισχύ για το λόγο αυτό, αυτού του τύπου ανεμογεννήτριες χρησιμοποιήθηκαν για μετρήσεις των καιρικών συνθηκών και για άντληση νερού. Έχουν το πλεονέκτημα της ευκολίας κατασκευής και του μικρού οικονομικού κόστους, ενώ σε σύγκριση με τις μηχανές Darrieus, πλεονεκτούν στο γεγονός ότι δεν χρειάζονται υποβοήθηση για να ξεκινήσουν γιατί έχουν μεγάλη ροπή εκκίνησης. Το πρόβλημα που παρουσιάζεται στη χρήση τους η μικρή αντοχή που έχουν σε μεγάλες ταχύτητες του ανέμου και το γεγονός ότι η στιβαρότητά τους πλησιάζει την μονάδα, πράγμα που σημαίνει ότι είναι βαριές

κατασκευές σε σύγκριση με την ισχύ που παράγουν. Η ισχύς που παράγουν είναι κάτω των 100W γι' αυτό και η χρήση τους προωθείται κυρίως για οικιακούς σκοπούς και για παραγωγή ενέργειας σε υποανάπτυκτες χώρες και απομακρυσμένες περιοχές ή ακόμη για να τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια σηματοδότες που είναι τοποθετημένες στον ωκεανό και οι οποίες χρειάζονται μικρά ποσά ενέργειας για να λειτουργήσουν όπως επίσης και σε οροφές λεωφορείων και μικρών φορτηγών για εξαιρεισμό.



Γράφημα 27. Εφαρμογή ανεμογεννήτριας τύπου Savonius σε οροφή κατοικίας

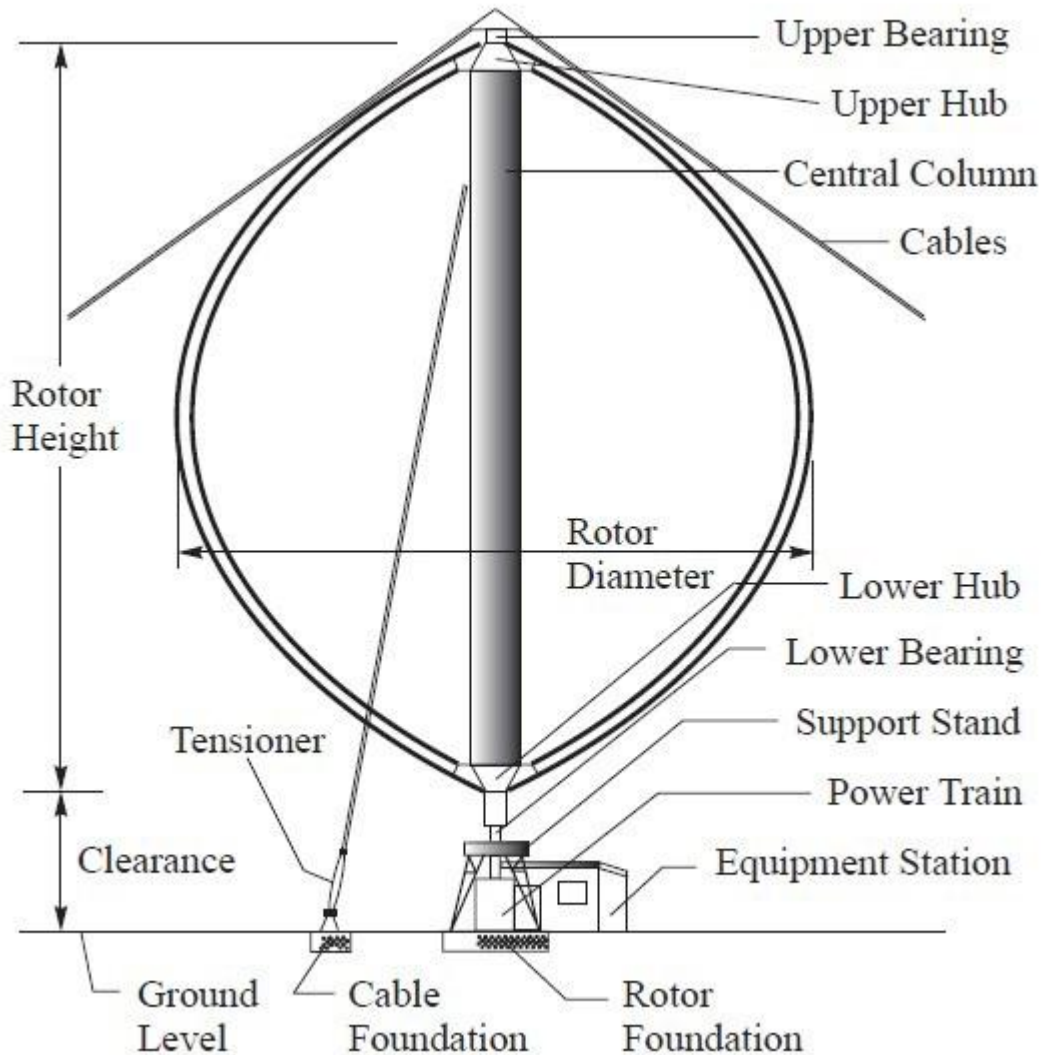
[Πηγή: <http://www.zeroenergybuildings.org>]

### 3.1.2.7.2 *Ανεμογεννήτριες τύπου Darrieus*

Όπως έχουμε αναφέρει ο σχεδιασμός αυτού του είδους γεννήτριας έγινε από τον Γάλλο αεροναυπηγό George Jean Marie Darrieus το 1931, ενώ είχε εκτεταμένη εφαρμογή στον Καναδά μέχρι τη δεκαετία του 1970. Η έρευνα πάνω στην εξέλιξη του αρχικού αυτού ανεμοκινητήρα επαναξεκίνησε κατά τα μέσα της δεκαετίας του 70, με πρωτοβουλία του Εθνικού Συμβουλίου Ερευνών του Καναδά , ενώ σημαντικό μέρος ερευνών καλύπτεται από τα εργαστήρια Sandia των Η.Π.Α., στα πλαίσια του εθνικού προγράμματος αιολικής ενέργειας.

Οι ανεμοκινητήρες αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται από καμπτόμενα πτερύγια τα οποία λειτουργούν με τη χρήση των δυνάμεων άνωσης που εξασκούνται σε αυτά. Το πλήθος των πτερυγίων ποικίλει από ένα, δυο, τρία ή και περισσότερα σε κάποιες περιπτώσεις και μπορεί να έχουν διαφορετικές μορφές ανάλογα με τις παραλλαγές του δρομέα. Υπάρχουν ευθύγραμμα κατακόρυφα πτερύγια, στα όποια όμως δημιουργούνται μεγάλες καμπτικές τάσεις λόγω διαφορετικών φυγόκεντρων δυνάμεων εξαιτίας της περιστροφής. Αυτές οι καμπτικές τάσεις στα πτερύγια μειώνονται σημαντικά εάν έχουν τη μορφή του σχήματος που αποκαλείται ‘σχοινοειδής’. Αυτή είναι η μορφή που θα έπαιρνε ένα χαλαρό σχοινί κατά την περιστροφή του ή ένα τελειώς εύκαμπτο καλώδιο σταθερού μήκους με τα άκρα του προσαρμοσμένα στον άξονα περιστροφής. Λόγω αυτού

του σχήματος τα πτερύγια καταπονούνται με σταθερές εφελκυστικές τάσεις με αποτέλεσμα μικρότερες κατασκευαστικές απαιτήσεις των πτερυγίων και μικρότερη κόπωση του υλικού τους σε δυναμικές τάσεις.



Γράφημα 28. Συστατικά μέρη ανεμογεννήτριας τύπου Darrieu [xii]

Τα άκρα των πτερυγίων του δρομέα είναι πακτωμένα στον άξονα περιστροφής και ο λόγος του ύψους προς τη διάμετρο κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 1 και 1.5. Η ακτίνα του δρομέα καθορίζεται ως η μέγιστη απόσταση των πτερυγίων από τον άξονα της μηχανής. Με δεδομένο το σχήμα των πτερυγίων, αυτό που επιδιώκεται είναι ο δρομέας να σαρώνει ένα ρεύμα αέρα μέγιστης επιφάνειας, οπότε αντιστοίχως επιδιώκεται το ύψος του δρομέα να ισούται με τη διάμετρό του. Από την άλλη όμως πλευρά τεχνικοοικονομικοί λόγοι επιβάλλουν μεγαλύτερες τιμές του λόγου ύψους-διαμέτρου.

Τα πτερύγια του δρομέα Darrieus δεν παρέχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της γωνίας προσβολής και κατά συνέπεια βελτίωσης της αεροδυναμικής τους συμπεριφοράς. Τα



πτερύγια συνήθως τοποθετούνται σε διάταξη 180 ή 120 αντίστοιχα ενώ η επιλογή του πλήθους τους πρέπει να γίνεται με τη δέουσα προσοχή καθώς υπάρχουν περιπτώσεις όπως αυτή του διπτέρυγου δρομέα που παρουσιάζει έντονη κυκλική μεταβολή της αεροδυναμικής του ροπής με έντονες αποκλίσεις από τη μέση τιμή (που μπορούν να φθάσουν μέχρι και το 100%). Αντιθέτως η αεροδυναμική ροπή του τριπτέρυγου δρομέα είναι σχετικά σταθερή σε ολόκληρη σχεδόν την περιοχή λειτουργίας του. Επίσης η αεροδυναμική απόδοση του τριπτέρυγου δρομέα είναι κατά κανόνα καλύτερη αυτής του διπτέρυγου, με τον τελευταίο όμως να είναι απλούστερος στην κατασκευή γεγονός που συμβάλλει στη μείωση του κόστους.

Αυτός ο τύπος θεωρητικά είναι τόσο αποδοτικός όσο και οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα με την προϋπόθεση ότι η ταχύτητα του αέρα είναι συνεχής, αλλά και πρακτικά αυτή η απόδοση σπάνια επιτυγχάνεται εξαιτίας φυσικών τάσεων και περιορισμών που επιβάλλονται πρακτικά από το σχεδιασμό.

Στις αρχικές εκδόσεις του Darrieus, τα πτερύγια κανονίζονταν έτσι ώστε να είναι συμμετρικά και να έχουν μηδενική γωνία πρόσπτωσης, δηλαδή η γωνία να καθορίζεται σε σχέση με τη δομή για την οποία τα πτερύγια είναι τοποθετημένα. Αυτή η ρύθμιση είναι εξίσου αποτελεσματική ανεξαρτήτως ποιας κατεύθυνσης ο άνεμος πνέει. Τα πτερύγια που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι συμμετρικής διατομής, σταθερής χορδής χωρίς συστροφή. Λειτουργούν σε μεγάλες τιμές, 4 έως 10, της παραμέτρου  $\lambda$ , με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν υψηλή αεροδυναμική απόδοση. Ο πλέον συνήθης τρόπος κατασκευής πτερυγίων είναι η εξέλαση ειδικών κραμάτων αλουμινίου, ενώ η σχοινοειδής μορφή προσδίδεται ακολούθως με κάμψη των ευθύγραμμων τμημάτων.

Οι αιολικές μηχανές τύπου Darrieus κατά την έναρξη της λειτουργίας τους δεν αναπτύσσουν ικανοποιητική ροπή εκκίνησης, γι αυτό το λόγο συνήθως απαιτείται μια βοηθητική πηγή ενέργειας για την έναρξη λειτουργίας τους. Έτσι χρησιμοποιείται ως βοηθητικό σύστημα με τη μορφή είτε ηλεκτρικής γεννήτριας ως κινητήρα είτε τοποθετούνται ένας ή δυο ομοαξονικοί δρομείς τύπου Savonius, οι οποίοι αναπτύσσουν υψηλή αεροδυναμική ροπή κατά την εκκίνηση. Έχει αποδειχθεί ότι η συνδυασμένη λειτουργία δεν επηρεάζει την απόδοση της ανεμογεννήτριας τύπου Darrieus με μοναδικό πρόβλημα αυτής της προσέγγισης το αυξημένο βάρος.

Στις μηχανές αυτές η πέδηση γίνεται με αεροδυναμικά φρένα όπως και στις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, δηλαδή μετά από ένα ορισμένο όριο στροφών, λόγω της φυγόκεντρης δύναμης, απελευθερώνεται μια επίπεδη πλακά ή ένα τμήμα του δρομέα σε κάθετη θέση, αυξάνοντας σημαντικά την αεροδυναμική αντίσταση της πτερωτής με αποτέλεσμα την επιβράδυνσή της.

### **3.1.2.7.3 *Ανεμογεννήτριες τύπου Musgrove***

Η ονομασία Darrieus συνδέεται συνήθως με τις ανεμογεννήτριες οι οποίες εφαρμόζουν κυρτά πτερύγια, ωστόσο ένα μεγάλο μέρος των εργασιών κατά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη και ανάλυση του ευθέως πτερυγίου, η οποία είναι μερικές φορές γνωστή ως H-VAWT από το σχήμα των λεπίδων και την υποστήριξη μέσω ορθοστατών. Ένας από τους βασικούς ερευνητές στη δεκαετία του 1970 ήταν ο Peter Musgrove ο οποίος πέρασε πάνω από 20 χρόνια εργασίας για ανεμογεννήτριες τέτοιου τύπου από όπου και η ονομασία τους σήμερα.

Ο Musgrove εύστοχα παρατήρησε ότι μία από τις βασικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η τεχνολογία των ανεμογεννητριών καθέτου άξονα ήταν ο έλεγχος της ισχύος εξόδου της συσκευής σε υψηλές ταχύτητες ανέμου και ότι ο ενεργός έλεγχος του βήματος των πτερυγίων θα οδηγούσε σε ένα άσκοπα πολύπλοκο μηχανικό σύστημα για μεγάλες συσκευές. Οι έρευνες του επικεντρώθηκαν σε ένα σύστημα (γνωστό ως furling) στο οποίο τα ίσια πτερύγια θα μπορούσαν να είναι αρθρωμένα στο μέσο σημείο τους έτσι ώστε η γωνία των πτερυγίων, σε σχέση με τον άξονα του στροφείου, να μπορούν να ρυθμίζονται με μηχανικούς ενεργοποιητές. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο σύστημα που περιγράφεται ανωτέρω μπορεί δυνητικά να οδηγήσει σε υψηλά παροδικά κατακόρυφα φορτία εξαιτίας των στροβιλισμών, τα οποία με τη σειρά τους να οδηγήσουν σε αποτυχία των ακτινικών βραχιόνων στήριξης. Περαιτέρω έρευνες κατέδειξαν πως η χρήση ενός τέτοιου συστήματος ήταν περιττή εξαιτίας της εγγενούς ικανότητας των ίσιων πτερυγίων να αποφεύγουν την ανάπτυξη υπερβολικής ταχύτητας με επακόλουθο η υπερβολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να καθυστερείται σε υψηλές ταχύτητες ανέμου. Εν κατακλείδι οι έρευνες του Musgrove αποτέλεσαν το αρχικό υπόβαθρο για την επιπλέον ανάπτυξη και εξέλιξη αυτού του είδους ανεμογεννητριών, οι οποίες έχουν καταλήξει στη σημερινή μορφή.

#### **3.1.2.7.4 *Ανεμογεννήτριες τύπου Giromill***

Μία συνέπεια της υιοθέτησης κατακόρυφου άξονα ανεμογεννήτρια είναι ότι η φαινόμενη ταχύτητα του ανέμου σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία σε μια λεπίδα θα αλλάζει καθόλη τη διάρκεια περιστροφής του δρομέα. Για παράδειγμα, όταν η λεπίδα κινείται ανάντη (δηλαδή όταν η γωνία αζιμούθιου είναι μεταξύ  $0^\circ < \beta < 180^\circ$ ) η ταχύτητα του αέρα για τη συγκεκριμένη πτερυγιο είναι μεγαλύτερη από την εφαπτομενική ταχύτητα πτερυγίου σε ως προς ένα στατικό πλαίσιο αναφοράς, αντιθέτως, όταν η λεπίδα κινείται προς τα κάτω ( $180^\circ < \beta < 360^\circ$ ) η προκύπτουσα ταχύτητα αέρα είναι γενικά μικρότερη από την εφαπτομενική ταχύτητα του πτερυγίου. Αυτό κατ' επέκταση σημαίνει ότι η γωνία προσβολής του πτερυγίου αλλάζει συνεχώς και γενικά δεν είναι οι βέλτιστες σε όλη την περιστροφή περί τον άξονα του της γεννήτριας.

Για τη βελτίωση αυτής της κατάστασης, διάφορα μέσα έχουν επινοηθεί για τη βελτιστοποίηση της γωνία βήματος του πτερυγίου (δηλαδή η γωνία χορδής σε σχέση με μία εφαπτομένη προς την διαδρομή του πτερυγίου) ως συνάρτηση της γωνίας αζιμούθιου,  $\beta$ . Πολλά συστήματα έχουν επινοηθεί για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιώντας διάφορες μεθοδολογίες όπως μηχανικών μηχανισμών με μοχλούς ή μέσω αεροδυναμικών μηχανισμών.

Οι ανεμογεννήτριες που επιδιώκουν να βελτιστοποιηθεί η γωνίας βήματος πτερυγίου είναι γνωστές ως Giromills, αν και ορισμένοι συγγραφείς αναφέρονται επίσης σε αυτά τα συστήματα ως cycloturbines.



Γράφημα 29. Ανεμογεννήτρια τύπου Giromill<sup>xiii</sup>

### 3.1.2.7.5 Ανεμογεννήτριες τύπου *Tornado*

Τέλος αξίζει να αναφέρουμε τις αιολικές μηχανές “τεχνητού ανεμοστρόβιλου” ή tornado, όπου ο αέρας εισρέει σε ένα κατακόρυφο κυλινδρικό μηχανισμό διαμέσου ενός συστήματος από κατακόρυφες σχισμές, με τη χρήση κινητών βανών που προσδίδουν περιστροφική κίνηση στον αέρα. Ο δημιουργούμενος ανεμοστρόβιλος έχει στον πυρήνα του χαμηλή πίεση, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ισχυρού ρεύματος αέρα μεταξύ του περιβάλλοντος και του πυρήνα του στρόβιλου, το οποίο εισερχόμενο από τη βάση του κυλίνδρου, θέτει σε κίνηση ένα δρομέα κατακόρυφου άξονα. Η διάταξη αυτή αποτελεί πρόσφατη επινόηση και προβάλλεται σαν ένας αξιόλογος τρόπος για να κατασκευαστούν μονάδες της τάξεως των 10 έως 1000 MW. Για το λόγο αυτό και δεδομένου ότι οι υπόλοιπες αιολικές μηχανές εμφανίζουν κατασκευαστικά προβλήματα για ισχύς άνω των 4 MW, έχει υπάρξει σημαντικό ερευνητικό ενδιαφέρον, όπως φαίνεται στην Γράφημα 30 και στην Γράφημα 31.



Γράφημα 30. (α) Ελικοειδής Α/Γ Quiet Revolution [Πηγή: <http://www.zeroenergybuildings.org>]

(β) Α/Γ τύπου Savonius της Helix <sup>xiv</sup>



Γράφημα 31. (α) Ανεμογεννήτρια Turby [Πηγή: [http://en.wikipedia.org/wiki/Turby\\_wind\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/Turby_wind_turbine)]

(β) Ανεμογεννήτρια Windspire [http://www.windspireenergy.com]

## 3.2 Μετατροπείς

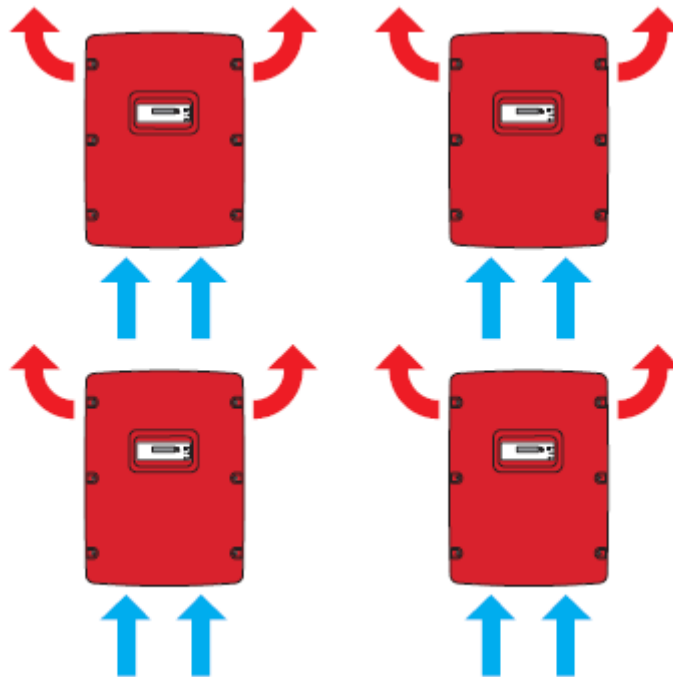
### 3.2.1 Ορισμοί

Οι αντιστροφείς (inverters) μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα (DC), σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Κατ' αρχήν το πλάτος είναι παρόμοιο μεταξύ DC και AC. Μέσα στην ίδια συσκευασία μπορεί να περιέχεται και μετασχηματιστής ο οποίος στόχο έχει την προσαρμογή της τάσης στα επίπεδα του Εναλλασσομένου Ρεύματος που επιθυμούμε π.χ. 400V. Επίσης, όπως θα δούμε και στους αντιστροφείς για Φ/Β, είναι δυνατόν να περιλαμβάνεται διάταξη ανίχνευσης της μέγιστης παραγωγής από την πηγή (Maximum Power Point Tracker (MPPT)).

Αντιστροφείς στις ΑΠΕ χρησιμοποιούνται σε

- Φ/Β συστήματα
- Κυψέλες Καυσίμου
- Μικρές Α/Γ που παράγουν ισχύ απευθείας σε DC
- Σε μεγάλες Α/Γ σε κατάλληλους μετατροπείς για τη ρύθμιση της ισχύος μέσω μετατροπέων δικτύου για φιλικότερη λειτουργία.
- Σε διατάξεις μπαταριών για την παροχή της αποθηκευμένης ενέργειας προς το δίκτυο.

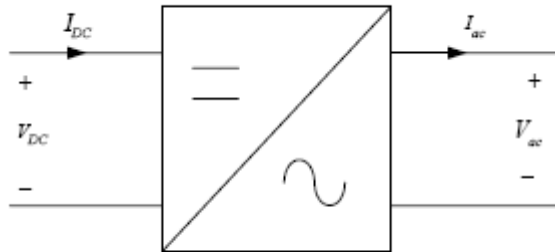
Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι η υψηλή τους απόδοση (ακόμα και σε χαμηλή ισχύ εισόδου), το μεγάλο εύρος θερμοκρασιακής λειτουργίας ( $-25^{\circ}\text{C}$  έως  $+60^{\circ}\text{C}$ ), και ο υψηλός βαθμός προστασίας τους από σκόνη και υγρασία (τυπική τιμή: IP65). Κατά την τοποθέτηση των αντιστροφέων είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται ο επαρκής αερισμός τους. Συγκεκριμένα, γύρω από τη συσκευή πρέπει να υπάρχουν αποστάσεις 300mm – 500mm και, αν απαιτείται, χρήση τεχνητού εξαερισμού. Η τοποθέτηση των αντιστροφέων που βελτιστοποιεί την απόρριψη της θερμότητάς τους δείχνεται η Γράφημα 32.



Γράφημα 32 Βέλτιστη διάταξη αντιστροφέων για βελτιστοποίηση της απορριπτόμενης θερμότητάς τους.

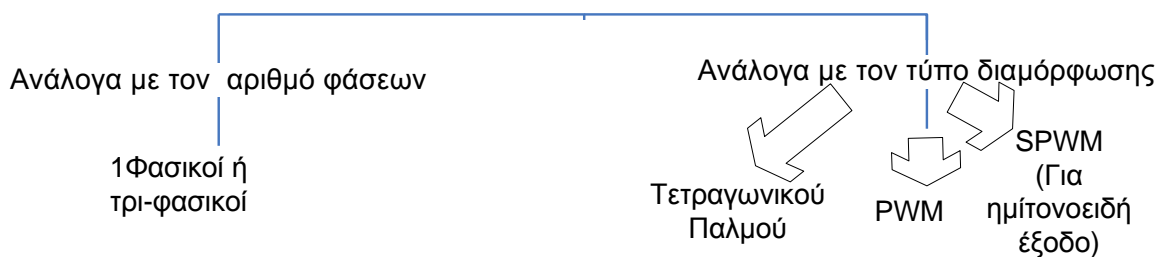
### 3.2.1.1 Σύμβολο

Το σύμβολο του αντιστροφέα είναι:



Οι αντιστροφείς χωρίζονται ανάλογα με τον αριθμό φάσεων που εμπλέκουν αλλά και τον τύπο διαμόρφωσης της συνεχούς τάσης προς εναλλασσόμενη που δέχονται. Οι τετραγωνικού παλμού είναι οι πιο απλοί αλλά η έξοδός τους έχει πολλές αρμονικές επιβλαβείς για τις συσκευές μας. Έτσι χρησιμοποιούνται σε πολύ απλές κατασκευές για μικρή ισχύ και για «αναίσθητα» φορτία όπως οι λαμπτήρες πυράκτωσης κάποιο μικρό θερμικό φορτίο κλπ.

### ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ



### 3.2.2 Αδρά Βήματα Επιλογής Του Κατάλληλου αντιστροφέα

Επιλέγω τι είδους πηγή πρόκειται να συνδέσω (Μπαταρία, Φ/Β, Κυψέλη Καυσίμου ή Α/Γ). Συνήθως μία εταιρία έχει διαφορετικά μοντέλα για το κάθε ένα. Μάλιστα μπορεί να υπάρχουν να διαφορετικά μοντέλα για Φ/Β Πυριτίου και για Φ/Β λεπτού Υμενίου.

- Επιλέγω αν ενδιαφέρομαι για διασυνδεδεμένη με το δίκτυο ή αυτόνομη εφαρμογή.
- Υπολογίζω αν θέλω Μονοφασικό ή τρι-φασικό μετατροπέα
- Υπολογίζω αν θέλω ενιαίο σύστημα για τις στοιχειο-σειρές
- Πόσες στοιχειο-σειρές πρέπει να βάλω (για να ελέγξω την τάση του μετατροπέα και τον αριθμό π.χ. των Φ/Β)

Η εφαρμογή μου απαιτεί (από το διαχειριστή δικτύου) διόρθωση συντελεστή ισχύος; Αυτή η περίπτωση παρουσιάζεται περισσότερο σε πολύ μεγάλα διασυνδεδεμένα Φ/Β πάρκα.

### 3.2.3 Διάφοροι τύποι αντιστροφών ανάλογα με την εφαρμογή τους

Ακολουθεί η κωδικοποίηση προϊόντων αντιστροφών γνωστής προμηθεύτριας εταιρίας

Hydro Boy: Μετατροπέας για κυψέλη καυσίμου

Windy Boy: Μετατροπέας για αιολική γεννήτρια

Sunny... : Μετατροπέας για Φ/Β συστήματα. Ειδικά για αυτήν την κατηγορία υπάρχουν οι εξής υποκατηγορίες

Sunny Island : Για αυτόνομα Φ/Β συστήματα σε συνδυασμό με συσσωρευτές

Sunny Central: Για μεγάλους διασυνδεδεμένους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρισμού από Φ/Β Πάρκα

Sunny Boy: Για εγκαταστάσεις μικρής ισχύος, κυρίως οικιακές εφαρμογές

Sunny Mini Central: Για εγκαταστάσεις μεσαίας ισχύος (5-11 kW)

Sunny Tripower: Για τριφασικούς μετατροπέες

Sunny Backup: Για εφαρμογές παροχής εφεδρείας από Φ/Β.

Οι κατασκευάστριες εταιρείες ανάλογα με το μέγεθος και τις ειδικές εφαρμογές βγάζουν διάφορους κωδικούς προϊόντων.

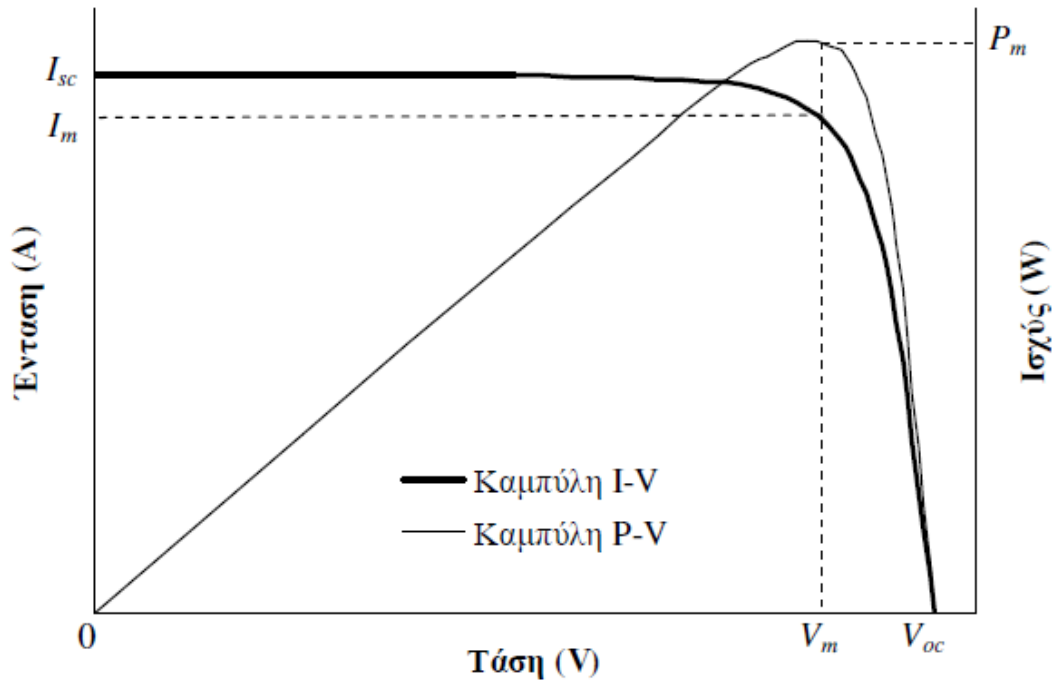
Επίσης οι εταιρίες προσφέρουν σημαντικό αριθμό επικοινωνιακών υλικών με τον αντιστροφέα. Θύρα RJ485, Bluetooth κλπ. Διάφορα προϊόντα λογισμικού για την καταγραφή δεδομένων του αντιστροφέα, αλλά και την παρουσίαση τους με ελκυστικό τρόπο. Δίνεται η δυνατότητα ακόμη και καταγραφής της παραγωγής ενός πάρκου και μέσω διαδικτύου στη διεύθυνση [www.sunnyportal.com](http://www.sunnyportal.com)

### 3.2.4 Αντιστροφείς για Φ/Β Συστήματα

#### 3.2.4.1 Βασικά στοιχεία φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων

Το Φ/Β στοιχείο έχει μια αρκετά ασυνήθιστη συμπεριφορά ως πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτρικές πηγές, οι οποίες διατηρούν σταθερή περίπου τάση στην περιοχή της κανονικής τους λειτουργίας, η τάση των Φ/Β στοιχείων μεταβάλλεται ριζικά (και μη γραμμικά) σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος που δίνουν στο κύκλωμα, ακόμα και εάν η ακτινοβολία που δέχονται παραμένει σταθερή. Η μεταβολή της τάσης  $V$  σε συνάρτηση με την ένταση  $I$  ενός Φ/Β στοιχείου ορίζει την καμπύλη  $I-V$ . Στην Γράφημα 33 απεικονίζεται μια τυπική καμπύλη  $I-V$  για ένα Φ/Β στοιχείο πυριτίου, καθώς και η αντίστοιχη καμπύλη  $P-V$  του Φ/Β στοιχείου που προκύπτει, όπου  $P$  είναι η ισχύς που αποδίδεται. Σε κατάσταση βραχυκύκλωσης του Φ/Β στοιχείου, η ένταση του ρεύματος παίρνει τη μέγιστή της τιμή  $I_{sc}$ , ενώ η τάση μηδενίζεται. Σε κατάσταση ανοιχτοκύκλωσης του Φ/Β στοιχείου, η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται, αλλά η τάση παίρνει τη μέγιστή της τιμή  $V_{oc}$ . Επομένως, στη βραχυκυκλωμένη και στην ανοιχτοκυκλωμένη κατάσταση η ισχύς  $P$  του Φ/Β στοιχείου μηδενίζεται. Στο υπόλοιπο τμήμα της καμπύλης  $I-V$ , η ισχύς είναι μεγαλύτερη του μηδενός (αφού  $I > 0$  και  $V > 0$ ), επομένως υπάρχει ένα σημείο στη

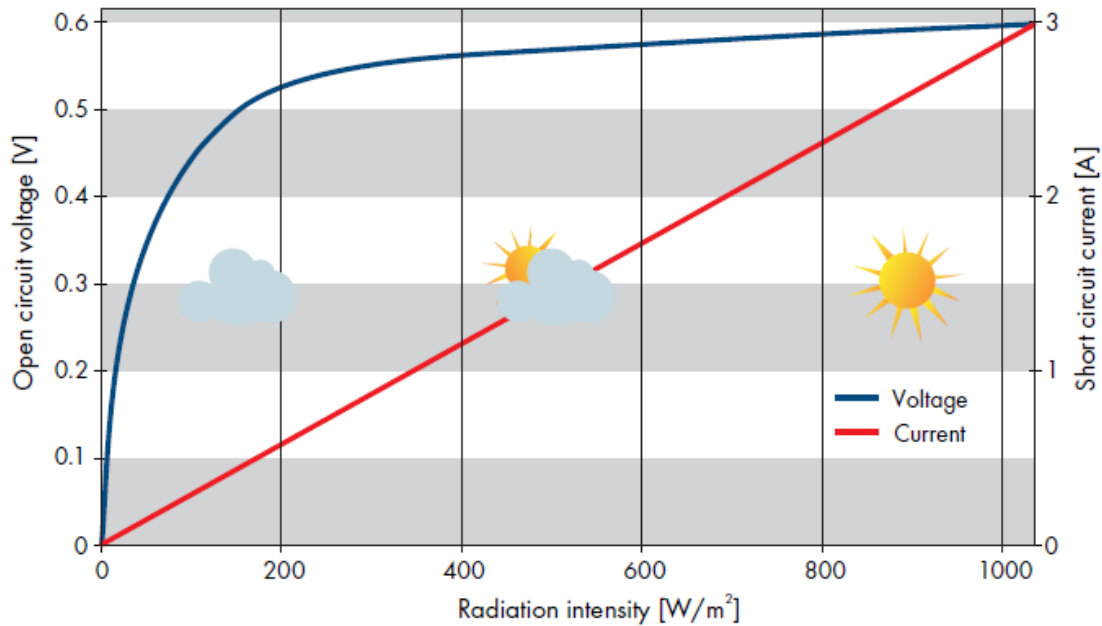
λειτουργία ενός Φ/Β στοιχείου στο οποίο η αποδιδόμενη ισχύς  $P$  μεγιστοποιείται. Η μέγιστη παραγόμενη ισχύς συμβολίζεται με  $P_m$  και αντιστοιχεί σε ένα ορισμένο ζεύγος τιμών τάσης  $V_m$  και έντασης  $I_m$  (Γράφημα 33). Είναι πολύ σημαντικό η λειτουργία ενός Φ/Β συστήματος να βρίσκεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο μέγιστης ισχύος (maximum power point – MPP)  $P_m$ , έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοσή του.



Γράφημα 33 Καμπύλες  $I-V$  και  $P-V$  ενός Φ/Β στοιχείου πυριτίου

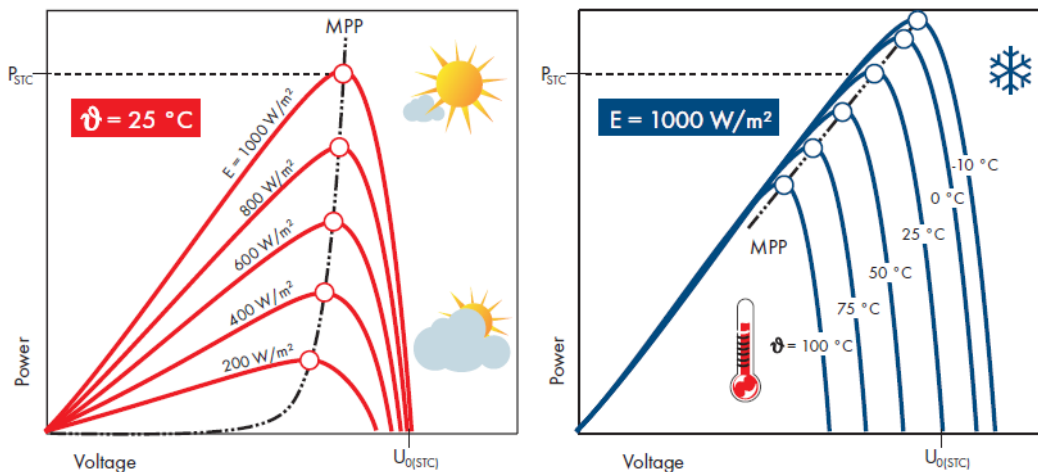
Τα παραπάνω αφορούν συνθήκες σταθερής ισχύος της ακτινοβολίας που δέχεται το Φ/Β στοιχείο και σταθερής θερμοκρασίας του. Στην Γράφημα 34 παρατηρείται ότι η μεταβολή της πυκνότητας ισχύος της ακτινοβολίας συνεπάγεται αντίστοιχη μεταβολή της τάσης ανοιχτοκύκλωσης και της έντασης βραχυκύκλωσης από το μηδέν (για το σκοτάδι) μέχρι τις μέγιστες τιμές τους, για τη μέγιστη ένταση της ακτινοβολίας..





Γράφημα 34 Εξάρτηση της τάσης ανοιχτοκύκλωσης και του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία για ένα Φ/Β πλαίσιο πυριτίου

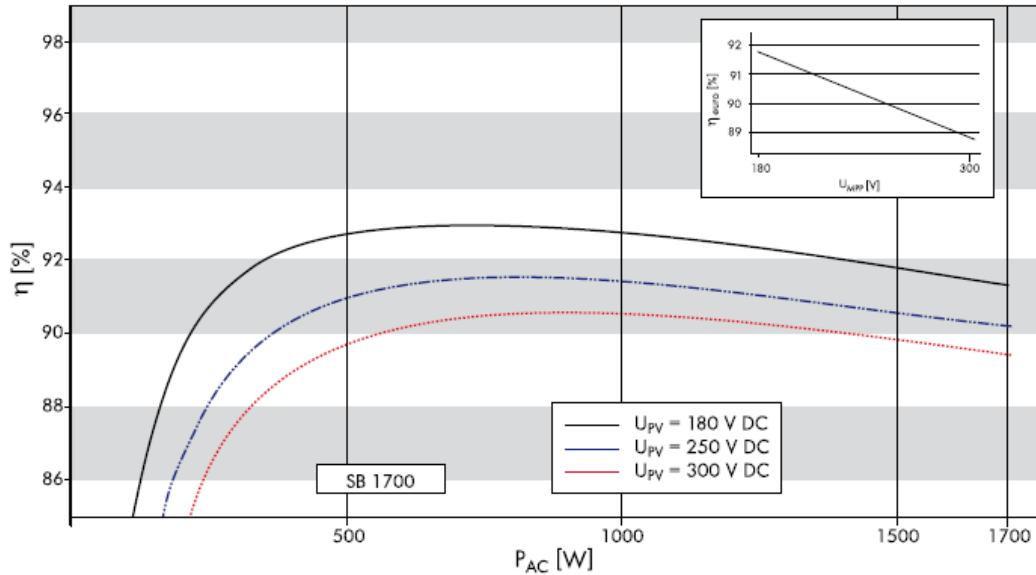
Με την αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρείται αισθητή μείωση της τάσης ανοιχτοκύκλωσης των Φ/Β στοιχείων. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι θα δημιουργείται πρόβλημα για τη διατήρηση της βελτιστοποίησης της παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος από ένα ηλιακό Φ/Β στοιχείο κατά τη διάρκεια της ημέρας και των εποχών του έτους. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, τα Φ/Β συστήματα συνεργάζονται με μια διάταξη που ονομάζεται ανιχνευτής σημείου μέγιστης ισχύος (MPP tracker), η οποία διατηρεί το σημείο λειτουργίας του Φ/Β συστήματος στο σημείο μέγιστης ισχύος υπό οποιοσδήποτε συνθήκες. Στην Γράφημα 35 απεικονίζεται η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας στο MPP. Όπως παρατηρούμε, αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας και μείωση της θερμοκρασίας αυξάνουν την τάση MPP.



Γράφημα 35 Καμπύλες ισχύος Φ/Β: Επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και εξάρτηση από τη θερμοκρασία του Φ/Β κελιού.

### 3.2.4.2 Βαθμός απόδοσης αντιστροφέα

Ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος εξόδου (AC) προς την ισχύ εισόδου (DC) του αντιστροφέα. Εξαρτάται από την ισχύ και την τάση λειτουργίας του αντιστροφέα (βλ. παρακάτω σχήμα).

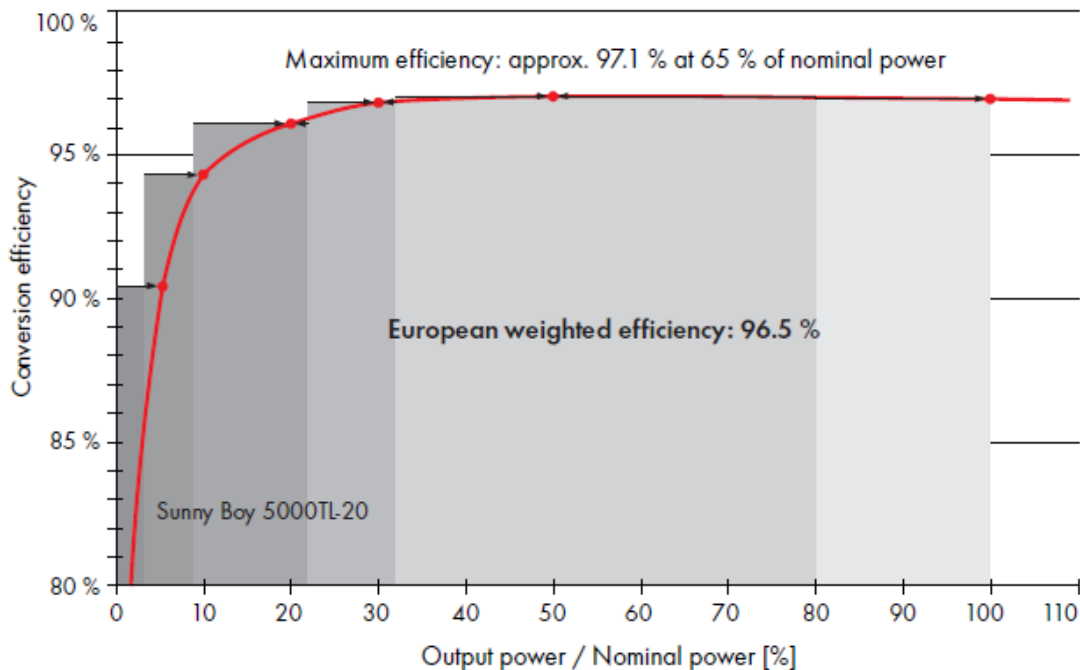


Γράφημα 36 Καμπύλη απόδοσης ανάλογα με την ισχύ εξόδου

Εκτός από το μέγιστο βαθμό απόδοσης, σε έναν αντιστροφέα ορίζεται και ο Ευρωπαϊκός διαβαθμισμένος βαθμός απόδοσης, που αξιολογεί τη συμπεριφορά ενός αντιστροφέα σε διάφορα συγκεκριμένα σημεία της καμπύλης απόδοσής του (βλ. παρακάτω σχήμα), σύμφωνα με τη σχέση:

$$n_{euro} = 0.03 \cdot n_{5\% P_n} + 0.06 \cdot n_{10\% P_n} + 0.13 \cdot n_{20\% P_n} + 0.10 \cdot n_{30\% P_n} + 0.48 \cdot n_{50\% P_n} + 0.20 \cdot n_{100\% P_n} \quad (7)$$

Η τιμή του συντελεστή αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση δύο αντιστροφέων.



Γράφημα 37 Παρουσίαση του διαγράμματος απόδοσης ενός μετατροπέα σε συνδυασμό με τον Ευρωπαϊκό Βαθμό απόδοσης

Οι συνηθισμένες τιμές πλέον υπερβαίνουν το 90% και σε κάποιες περιπτώσεις μεγαλύτερων μετατροπέων αγγίζουν το 97%-98%. Γενικά συνίσταται το μέγεθος του αντιστροφέα να είναι στο 95-110% της ονομαστικής ισχύος του Φ/Β. Η υπό-λειτουργία του θα οδηγήσει σε χαμηλό βαθμό απόδοσης ενώ η πολύ χαμηλή ισχύς σε σχέση με την εγκαταστημένη ισχύ του Φ/Β θα οδηγήσει σε μη εκμετάλλευση της παραγωγής του Φ/Β.

### 3.3 - Συμβατικές Μονάδες Παραγωγής

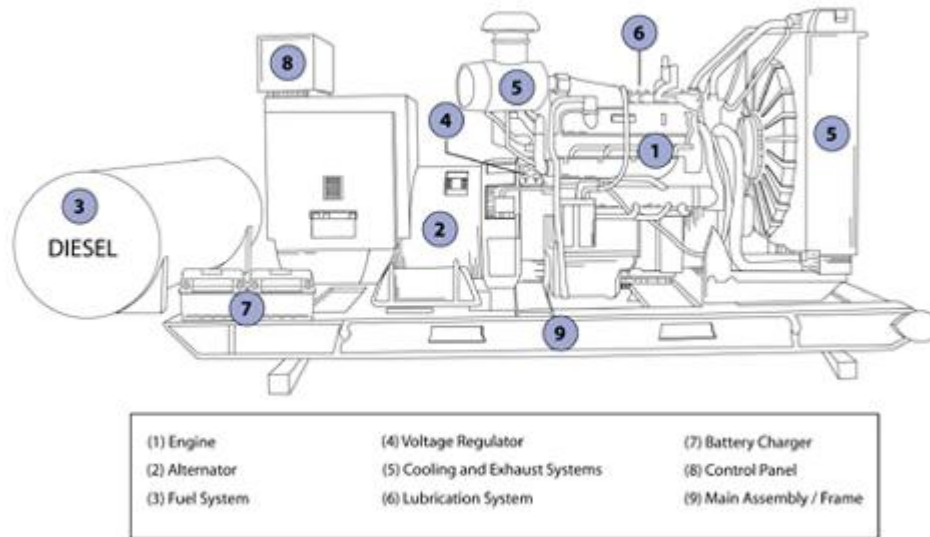
Ως Συμβατικές Μονάδες Παραγωγής αναφερόμαστε στις Μονάδες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια έχοντας γεννήτριες οι οποίες καίνε κάποιο μη ανανεώσιμο καύσιμο για να λειτουργήσουν, κυρίως ορυκτό. Υπάρχουν πολλές κατηγορίες τέτοιων μονάδων, που συνήθως χωρίζονται σε αυτές τις κατηγορίες ανάλογα με τον κύκλο καύσης που κάνουν καθώς και το καύσιμο που χρησιμοποιούν. Οι γεννήτριες ουσιαστικά χρησιμοποιούν μια τεχνική για να μετατρέψουν την χημική ενέργεια που περιέχεται στο καύσιμο σε ηλεκτρική.

#### 3.3.1 Μονάδες diesel

Οι μονάδες Diesel είναι ουσιαστικά γεννήτριες οι οποίες παίρνουν κίνηση από ένα κινητήρα, που δεν διαφέρει και πολύ από αυτόν που χρησιμοποιείται στην αυτοκίνηση, ο οποίος καίει καύσιμο diesel ή μαζούτ για να λειτουργήσει. Η λειτουργία μιας μονάδας diesel έχει ως εξής: Ο κινητήρας που είναι στην αρχή της μονάδας καίει το καύσιμο που έχει για να κινηθούν τα έμβολα, ή πιστόνια, του κινητήρα τα οποία δίνουν κίνηση στον άξονα της συνδεδεμένης γεννήτριας.

Για την παραγωγή περισσότερης ενέργειας πρέπει να αυξηθούν οι στροφές του κινητήρα diesel, που γίνεται με την κατάλληλη ρύθμισή του, αυξάνοντας όμως έτσι την κατανάλωση καυσίμου. Στην Γράφημα 38 φαίνονται τα βασικά στοιχεία μιας Μονάδας Diesel για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας της.

Illustration2: Main Components



Γράφημα 38 : Μονάδα Diesel<sup>xv</sup>

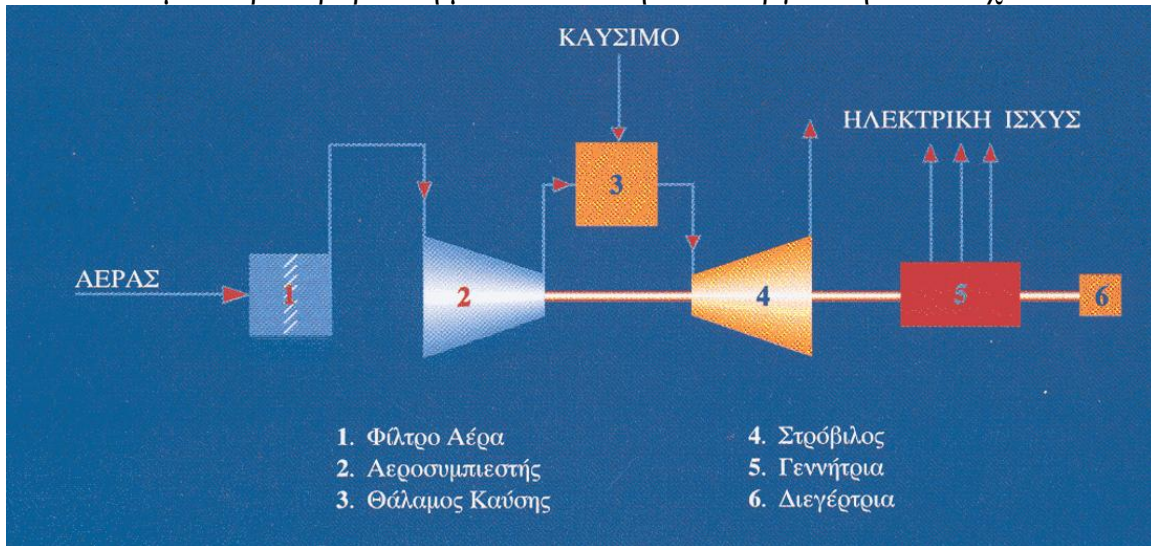
Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των μονάδων αυτών είναι ότι καθώς δεν έχουν λέβητα, όπως οι μονάδες παρακάτω, δεν έχουν μεγάλες απώλειες ενέργειας και η απόδοσή τους εξαρτάται από την κατάσταση που βρίσκονται τα επιμέρους χαρακτηριστικά τους. Επίσης πλέον προτιμούνται στην Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας καθώς μπορούν εύκολα να εκκινήσουν παράγοντας ισχύ καθώς και μπορούν πολύ εύκολα να μεταβάλλουν την παραγωγή τους πράγμα που τις καθιστά αναγκαίες όταν υπάρχουν μεγάλες αλλαγές στην ζήτηση. Επιπλέον έχουν σχετικά μικρότερο κόστος καθώς το καύσιμο που καίνε, δηλαδή diesel ή μαζούτ, είναι σχετικά φθηνό και έχουν πολύ καλή κατανάλωση σε σχέση με την ενέργεια που παράγουν.

Οι μονάδες diesel έχουν όμως και πολλά μειονεκτήματα όπως για παράδειγμα ότι κάνουν πολύ θόρυβο όταν λειτουργούν, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να λειτουργούν σε περιοχές με ηχομόνωση.

### 3.3.2 Αεροστροβιλικές Μονάδες Παραγωγήςχνι

Οι αεροστροβιλικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν περίπου με τον ίδιο τρόπο με τις ατμοηλεκτρικές μονάδες με την διαφορά ότι αντί για νερό που χρησιμοποιούν αέρα, ή κάποιο άλλο αέριο, που εκτονώνεται στον στρόβιλο της γεννήτριας και έτσι παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα αέρας, ή κάποιο ευγενές αέριο, μπαίνει σε ένα συμπιεστή αέρα όπου αυξάνεται πολύ η πίεσή του. Μετά στο αέριο αυτό ψεκάζεται καύσιμο το

οποίο αναφλέγεται με αποτέλεσμα να εκτονωθεί αυτή η πίεση σε ένα αγωγό που είναι απευθείας συνδεδεμένος σε μια γεννήτρια. Το εκτονωμένο αέριο που έρχεται από τον αγωγό αυτό έχει μεγάλη ώθηση, λόγω της εκτόνωσης, οπότε και αρκετή ενέργεια για να κινήσει τον στρόβιλο της γεννήτριας και με τον τρόπο αυτό να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Στην Γράφημα 39 φαίνονται τα στοιχεία που αποτελούν μια αεροστροβιλική μονάδα και την λειτουργικότητα που έχουν.



Γράφημα 39: Λειτουργικό Διάγραμμα Αεροστροβιλικής Μονάδας

Οι αεροστροβιλικές μονάδες είναι ευρέως διαδεδομένες καθώς χρησιμοποιούνται σαν μονάδες αιχμής σε σχεδόν όλα τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας σε όλο τον κόσμο, δηλαδή για να συμπληρώσουν το φορτίο στην μέγιστη ζήτηση που μπορεί να προκύψει στο σύστημα. Στην Ελλάδα αεροστροβιλικές μονάδες υπάρχουν σε κάθε σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς όπως είπαμε και πριν μπορούν να ανταπεξέλθουν πολύ καλά σε φορτίο αιχμής, από τους μεγαλύτερους της Ηπειρωτικής χώρας μέχρι και σε σταθμούς σε μερικά νησιά.

Ο λόγος που είναι τόσο διαδεδομένες μονάδες είναι ότι έχουν σχετικά μικρό κόστος εγκατάστασης και θέλουν, σε σχέση με άλλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, μικρότερο χώρο για να εγκατασταθούν που έτσι δίνουν την δυνατότητα για εγκατάσταση περισσότερων μονάδων σε ένα σταθμό. Επίσης είναι μονάδες αιχμής σε σταθμούς καθώς έχουν την δυνατότητα να αυξάνουν την παραγωγή τους πολύ γρήγορα με αποτέλεσμα να είναι πολύ αποτελεσματικές στην αντιμετώπιση απότομων αλλαγών της ζήτησης. Επίσης δεν χρειάζεται να είναι συνέχεια σε λειτουργία όπως οι ατμοηλεκτρικές μονάδες καθώς μπορούν σε περίπου 10-15 λεπτά να φτάσουν σε παραγωγή κοντά στο τεχνικό του μέγιστο.

Όμως έχουν και πολλά μειονεκτήματα όπως ότι έχουν σχετικά χαμηλή απόδοση καυσίμου, δηλαδή της θερμογόνου ικανότητας του καυσίμου που γίνεται εν τέλει ηλεκτρική ενέργεια, περίπου 20-30% που είναι αρκετά χαμηλότερο από τις μονάδες άλλου τύπου. Αυτό το ποσοστό της απόδοσής τους μειώνεται όσο η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται πράγμα το οποίο σημαίνει ότι χρειάζονται. Επίσης για να λειτουργήσει η έκχυση καυσίμου που είπαμε πιο πριν πρέπει το καύσιμο που

χρησιμοποιείται να είναι "εξευγενισμένο" όπως π.χ. ελαφρύ πετρέλαιο, κηροζίνη ή φυσικό αέριο. Επειδή τα καύσιμα που χρειάζονται θέλουν μια επιπλέον επεξεργασία είναι και πιο ακριβά πράγμα που καθιστά τις αεροστροβλικές μονάδες αντιοικονομικές συγκρινόμενες με τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς.

### **3.3.3 Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας – (Combined Heat and Power – CHP)xvii**

Η συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας CHP (Combined Heat and Power) αξιοποιεί την περίσσεια θερμότητας που προκύπτει από την παραγωγή ηλεκτρισμού με συμβατικές μεθόδους για την τροφοδότηση άλλων ενεργειακών αναγκών. Σε αντίθεση με τον ηλεκτρισμό, η θερμότητα, συνήθως υπό τη μορφή ατμού ή ζεστού νερού, δεν μπορεί να μεταφερθεί εύκολα και οικονομικά σε μεγάλες αποστάσεις. Επομένως, τα συστήματα CHP, συνήθως, παρέχουν θερμική ενέργεια σε τοπικά θερμικά φορτία, όπως θέρμανση ή κλιματισμός χώρων, ειδική θέρμανση, ψύξη (refrigeration), ή ανάγκες για θέρμανση νερού.

Για να είναι τα συστήματα CHP βιώσιμα, πρέπει να υπάρχει μία επαρκώς μεγάλη ανάγκη για θερμότητα σε μία επαρκώς πυκνή περιοχή, ούτως ώστε η κυκλοφορία του ατμού, του ζεστού νερού ή οποιουδήποτε άλλου μέσου να είναι εφικτή και οικονομική.

Τα συστήματα CHP έχουν εφαρμοστεί αποδοτικά κυρίως σε χώρες της Ευρώπης, σε αντίθεση με τις Ηνωμένες Πολιτείες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποδοτικής εφαρμογής των συστημάτων CHP είναι η Δανία, όπου το 48% της εγχώριας ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται από εγκαταστάσεις CHP. Το γεγονός αυτό εκτιμάται ότι μειώνει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά 7 με 10 Mt το χρόνο, ή περισσότερο από το 10% της συνολικής εκπομπής CO<sub>2</sub> της \_ανίας, σε σύγκριση με τη ξεχωριστή παραγωγή ενέργειας για ηλεκτρισμό και θέρμανση. Μονάδες CHP 2 με 4 MWe χρησιμοποιούνται συνήθως για τα τοπικά συστήματα θέρμανσης και ηλεκτρισμού στη Δανία και καλύπτουν περίπου 100 με 250 νοικοκυριά συν 20 Tj καθαρής ζήτησης θέρμανσης. Άλλες ευρωπαϊκές χώρες που έχουν υιοθετήσει σε μεγάλη κλίμακα τα συστήματα CHP είναι η Ολλανδία, με 30% της ισχύος της από CHP, η Γερμανία με 14% και η Ιταλία με 12%, σε αντίθεση με τις Η.Π.Α. που παράγουν μόλις το 9% της ισχύος τους από συστήματα CHP [28], [22].

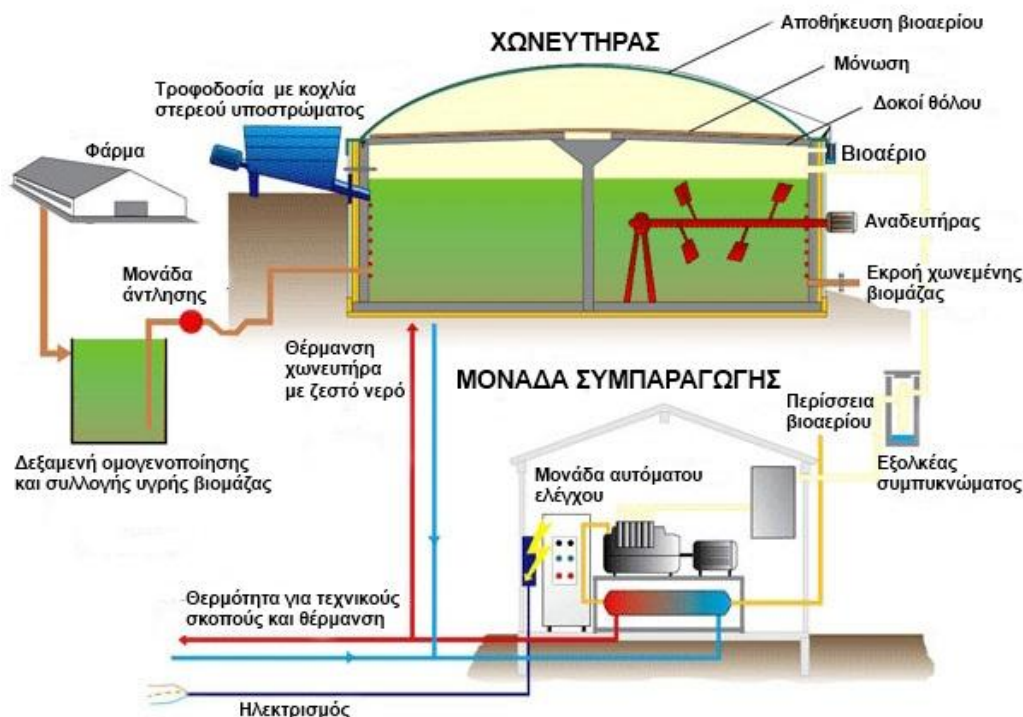
Τα παραπάνω ποσοστά αναμένεται να αυξηθούν μέσα στα επόμενα χρόνια, καθώς οι επενδύσεις σε συστήματα CHP γίνονται ολοένα και πιο ελκυστικές για τους καταναλωτές. Επιπροσθέτως, τα περιβαλλοντικά οφέλη από την μείωση εκπομπής ρύπων έχουν οδηγήσει την Ευρωπαϊκή Ένωση να θέσει ως στόχο την μέση ποσοστιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από CHP στο 20% για το 2010 για Ευρώπη των 15 και 17% για την Ευρώπη των 27 (συν την Ελβετία, τη Νορβηγία και τη Σερβία), ο οποίος ίσως δεν επιτευχθεί διότι λίγες χώρες έχουν προωθήσει δυναμικά τη διείσδυση των τεχνολογιών DER και CHP, κυρίως εξαιτίας της αύξησης των τιμών αγοράς φυσικού αερίου σε σχέση με την τιμή ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο.

### **3.3.4 ΒΙΟΑΕΡΙΟ**

Το βιοαέριο παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύματα των χοιροστασίων, πτηνοτροφείων, βουστασίων καθώς και άλλων

αγροτο- βιομηχανικών μονάδων, λύματα των βιολογικών καθαρισμών καθώς και από την αποσύνθεση του οργανικού κλάσματος απορριμμάτων.

Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο ( $CH_4$ ) 55-70% και διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) 30-45%. Επίσης περιέχει ελάχιστες ποσότητες άλλων αερίων, όπως άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία και υδρόθειο, η δε θερμογόνος δύναμή του κυμαίνεται από 20 έως 25 MJ/m<sup>3</sup>. Το βιοαέριο μπορεί να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης, (ΜΕΚ), καυστήρες αερίου ή αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας Μονάδα παραγωγής βιοαερίου



Γράφημα 40 Μονάδα παραγωγής βιοαερίου.

Μία εγκατάσταση παράγει βιοαέριο και οργανικό λίπασμα αξιοποιώντας μεγάλη ποικιλία οργανικών πρώτων υλών (βιομάζα) όπως κτηνοτροφικά απόβλητα αγροτικά και αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα και απόβλητα, καθώς και ενεργειακά φυτά. Μέσω της αναερόβιας χώνευσης αυτών των υλών παράγεται το βιοαέριο (βιομεθάνιο), το οποίο μετά από επεξεργασία μπορεί να: χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο της μηχανής μονάδας συμπαραγωγής (CHP) ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο οχημάτων ή διατεθεί απευθείας σε δίκτυο φυσικού αερίου.

### 3.4 Αποθήκευση Ενέργειας

#### 3.4.1 Συσσωρευτές

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό ή αιολικό σύστημα, θα πρέπει να αποθηκευτεί πριν καταναλωθεί. Συνήθως η αποθήκευση της

ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με τη μετατροπή της σε χημική ενέργεια σε κατάλληλους ηλεκτρικούς

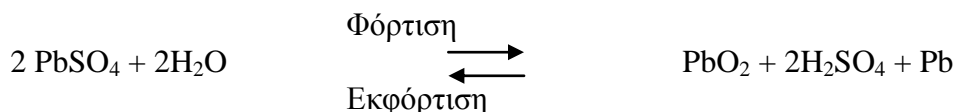
συσσωρευτές.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλεκτρικών συσσωρευτών, ανάλογα με τον τύπο των ηλεκτροδίων τους. Οι πιο διαδεδομένοι είναι εκείνοι που τα ηλεκτρόδιά τους είναι πλάκες από κράματα μολύβδου (Pb) βυθισμένα σε διάλυμα θεικού οξέος (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Αυτοί οι τύποι μπαταριών ονομάζονται μπαταρίες μολύβδου-οξέος (Lead Acid). Άλλοι τύποι μπαταριών που κυκλοφορούν στο εμπόριο και μπορούν να επαναφορτιστούν είναι

- Νικελίου-Καδμίου(NiCd)
- Μεταλλικά Υδρίδια Νικελίου (NiMH)
- Λιθίου Ιόντος (Li-ion)
- Λιθίου Πολυμερών
- Μπαταρίες Redox

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Οι ξηρές στήλες, οι κοινές δηλαδή μπαταρίες που βρίσκουμε ακόμη και στο περίπτερο (αλκαλικές, κοινές κλπ), ΔΕΝ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΖΟΝΤΑΙ.

Η λειτουργία των συσσωρευτών Μολύβδου στηρίζεται σε μια αντιστρεπτή ηλεκτροχημική διαδικασία, που περιγράφεται από την αμφίδρομη αντίδραση :



Κάθε συσσωρευτής με ονομαστική τάση περίπου 12 V αποτελείται από 6 κυψελίδες στη σειρά, ονομαστικής τάσεως 2V εκάστη.

Οι απλοί συσσωρευτές αυτοκινήτου χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε πολύ απλές εφαρμογές των Α.Π.Ε. και το βάθος της εκφόρτισής τους δεν υπερβαίνει το 10-20%. Συνήθως όμως χρησιμοποιούνται πιο σύνθετοι συσσωρευτές, όπου το βάθος εκφόρτισής τους κυμαίνεται από 50% έως 90%. Ανάλογα με τον τύπο τους οι συσσωρευτές μολύβδου αντέχουν συνήθως μέχρι 500-1500 κύκλους φορτίσεων-εκφορτίσεων, ενώ μετά αχρηστεύονται.

Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν συσσωρευτές εν σειρά, οπότε αυξάνεται η τάση τους και έτσι μπορούν να επιτευχθούν τάσεις συνεχούς ρεύματος 100 ή και περισσότερων Volts. Όταν χρησιμοποιηθούν παράλληλα αυξάνεται η χωρητικότητά τους, ενώ η τάση παραμένει στα 12V. Οι φορτισμένοι συσσωρευτές εξάλλου αυτο-εκφορτίζονται με ρυθμό 2-5% μηνιαίως, ρυθμός που αυξάνει με την ηλικία των συσσωρευτών.

### 3.4.1.1 Μερικά βασικά μεγέθη

Ονομαστική χωρητικότητα ενός συσσωρευτή (C<sub>N</sub>) ονομάζεται το ηλεκτρικό φορτίο που αποθηκεύει.

Η χωρητικότητα μετριέται συνήθως σε Αμπερώρια (A.H.). Ένας συσσωρευτής π.χ. 50 Ah που δίδει μέση τάση 12 V έχει ονομαστική ικανότητα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ίσης με 50 AH x 12 V = 600 WH = 0,6 kWh.



Βάθος εκφόρτισης ενός συσσωρευτή (β) ονομάζουμε το ποσοστό της ενέργειας που μπορεί να δώσει ένας συσσωρευτής χωρίς να προκληθεί βλάβη σ' αυτόν. Έτσι, όταν το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης είναι 60%, σημαίνει ότι ο συσσωρευτής μπορεί να δώσει το 60% της χωρητικότητας του χωρίς να προκληθεί πρόωρη καταστροφή σ' αυτόν. ( $V=$ τάση)

Η ενεργός αξιοποιήσιμη χωρητικότητα ενός συσσωρευτή δίδεται από τη σχέση:

$$C = \beta \times C_N$$

Όπου  $C_N$  = ονομαστική χωρητικότητα και

$C$  = ενεργός αξιοποιήσιμη χωρητικότητα,

Άρα,

$$6) E = C \cdot V = \beta \times C_N \times V$$

Συντελεστής απόδοσης (α) των συσσωρευτών μολύβδου ορίζεται ο λόγος της μεγίστης ποσότητας ενέργειας που ανακτάται προς τη ποσότητα που είχε απορροφηθεί από τη Φ/Β γεννήτρια ( $E_\phi$ )

$$\alpha = \frac{E}{E_\phi}$$

#### **3.4.1.1 Σύνδεση Συσσωρευτών**

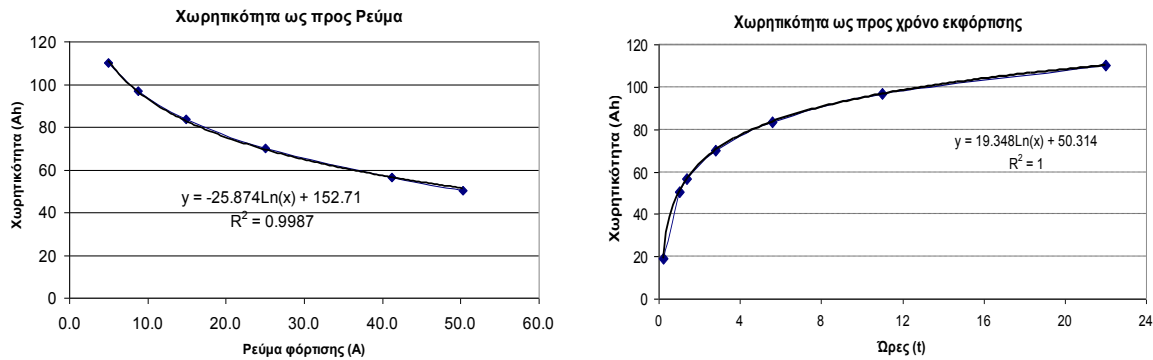
Γενικά συνδέουμε μεταξύ τους σε σειρά ή παράλληλα μπαταρίες με κοινά χαρακτηριστικά, τάση στα άκρα τους, χωρητικότητα κλπ, αλλιώς ενδέχεται να αντιμετωπίσουμε σημαντικά προβλήματα. Τα παραδείγματα αναφέρονται εδώ σε 2 μπαταρίες αλλά μπορούν να επαναληφθούν κατά αναλογία σε περισσότερες μπαταρίες

#### **3.4.1.2 Χωρητικότητα συσσωρευτών**

Χαρακτηριστικό μέγεθος ενός συσσωρευτή είναι η χωρητικότητά του και εκφράζεται σε αμπερώρια (Ah). Η τιμή αυτή εκφράζει το συνολικό ρεύμα που μπορεί να αποδοθεί από το συσσωρευτή σε συγκεκριμένο προκαθορισμένο από τον κατασκευαστή χρονικό διάστημα. Αυτό το διάστημα συνήθως είναι 10h ή 20h και πρέπει να αναγράφεται στην πινακίδα του. Προϋποθέτει δε ότι η εκφόρτιση/ φόρτιση γίνεται με σταθερό ρεύμα και το οποίο είναι ίσο με το 1/10 ή 1/20 της τιμής σε Ah. Για αυτό το λόγο και οι μπαταρίες αναγράφουν την τιμή  $C_{10}$  ή  $C_{20}$ . Αυτό θεωρείται και το ονομαστικό ρεύμα. Κάποιοι κατασκευαστές ενδέχεται να αναφέρουν και το ρεύμα για μία δεύτερη τιμή ρεύματος ή ωρών π.χ για 100h.

Επίσης οι κατασκευαστές δίνουν το μέγιστο ρεύμα το οποίο μπορεί να αντέξει για μικρό χρονικό διάστημα η μπαταρία ώστε να μην καταστραφούν οι πόλοι της. Αυτή η τιμή είναι της τάξης 4-5 φορές το ονομαστικό ρεύμα. **MHN ΥΠΕΡΒΕΙΤΕ ΠΟΤΕ ΑΥΤΗΝ ΤΗΝ ΤΙΜΗ!!!!**

Η χωρητικότητα των συσσωρευτών εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος που δίδουν στην κατανάλωση. Έτσι ένας συσσωρευτής ονομαστικής χωρητικότητας ορισμένων αμπεροωριών θα εξαντληθεί συντομότερα, εάν η ένταση του ρεύματος που δίδει στην κατανάλωση είναι μεγαλύτερη, και αργότερα εάν η ένταση του ρεύματος που δίδει στην κατανάλωση είναι μικρότερη. Ορισμένοι κατασκευαστές συσσωρευτών δίνουν τη χωρητικότητα του συσσωρευτή συναρτήσει του χρόνου αποφόρτισής τους, όπως παρουσιάζεται παρακάτω:



Γράφημα 3.41 Χαρακτηριστική ρεύματος –χωρητικότητας (αριστερά) και χρόνου-χωρητικότητας (δεξιά) μίας μπαταρίας 105 Ah[3]

Μία απλοποιημένη εξίσωση για τον προσδιορισμό τη χωρητικότητας δίνεται από το νόμο του Peukert, Εξίσωση **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε..** Όπου  $I$  το ρεύμα φόρτισης ή εκφόρτισης και  $T_i$  ο χρόνος, φόρτισης ή εκφόρτισης. Η τιμή του συντελεστή  $n$  κυμαίνεται μεταξύ 1.1 και 1.4 με συνηθισμένη τιμή το 1.3. Η **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** αν είναι διαφορετικό το ρεύμα εκφόρτισης και μεγαλύτερο από το ονομαστικό μπορεί να μετασχηματιστεί στην **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** Έτσι η αναλογία χρόνου εκφόρτισης όταν γνωρίζουμε το λόγο του ρευμάτων θα δίνεται από την **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** Αν λοιπόν  $I_1$  είναι το ρεύμα για την εκφόρτιση της ονομαστικής χωρητικότητας σε χρόνο  $T_1$ , τότε ο χρόνος εκφόρτισης με διπλάσιο ρεύμα θα είναι 40% του χρόνου  $T_1$ . Η πραγματική χωρητικότητα της μπαταρίας, η οποία θα δίνεται με τη μορφή **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** σε μία τέτοια περίπτωση θα είναι μικρότερη ενώ μελέτες δείχνουν ότι το πολλαπλάσιο ρεύμα από το ονομαστικό για μεγάλες χρονικές περιόδους έχει αρνητικές συνέπειες στη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών. Γενικά η εξίσωση του Peukert περιγράφει καλύτερα τη συμπεριφορά της μπαταρίας για ρεύμα μεγαλύτερο του ονομαστικού. Για ρεύμα μικρότερο του ονομαστικού η τιμή του συντελεστή  $n$  δε θα πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερη από 1.05 για λόγους ασφαλείας στη σχεδίαση.

$$I^n \cdot T_i = \text{constant} \quad (3.8) \quad I_1^n \cdot T_1 = I_2^n \cdot T_2 \quad (3.9)$$

$$\left(\frac{I_1}{I_2}\right)^n = \frac{T_2}{T_1} \quad (3.10) \quad Cap = I_1 \cdot T_1 \quad (3.11)$$

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευθεί σε έναν συσσωρευτή είναι το γινόμενο της χωρητικότητάς του επί την ονομαστική του τάση. Έτσι ένας συσσωρευτής χωρητικότητας 75 Ah με ονομαστική τάση 12V, έχει ονομαστική ικανότητα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας  $75Ah \times 12V = 900 \text{ AVh} = 900\text{Wh}$ .

Εφόσον ο συσσωρευτής αυτός εκφορτιστεί κατά 20%, μπορεί να δώσει ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια  $900 \text{ Wh} \times 0.2 = 180 \text{ Wh}$ .

Χαρακτηριστικό μέγεθος του συσσωρευτή είναι ο βαθμός απόδοσής του, που ορίζεται ως:

$$\text{Βαθμός απόδοσης συσσωρευτή} = \frac{\text{Μέση ενέργεια εκφόρτισης}}{\text{Μέση ενέργεια φόρτισης}} \quad (3.12)$$

Ο βαθμός απόδοσης των συσσωρευτών συνήθως λαμβάνεται 0.85.

Αν δεχθούμε ότι ένας συσσωρευτής έχει:

- α) βαθμό απόδοσης 0.85 (η)
- β) επιτρεπόμενο βαθμό εκφόρτισης 0.6 (α)
- γ) ονομαστική χωρητικότητα 100 Ah (C)
- δ) τάση 12V (V)

τότε η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας (E) που λαμβάνεται κατά την εκφόρτισή του είναι :

$$E = C \cdot V \cdot \eta \cdot \alpha = 100 \text{ Ah} \cdot 12\text{V} \cdot 0.85 \cdot 0.6 = 612\text{Wh}$$

Από την προαναφερθείσα εξίσωση μπορούμε να υπολογίσουμε την ονομαστική χωρητικότητα ενός συσσωρευτή που θέλουμε να μας καλύπτει τις ανάγκες μας σε ηλεκτρική ενέργεια.

$$C = \frac{E}{C \cdot \eta \cdot \alpha} \quad (3.13)$$

### 3.4.1.3 Φόρτιση και εκφόρτιση ηλεκτρικών συσσωρευτών

Η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές και στη συνέχεια η χρησιμοποίησή της συνεπάγεται τη διαδοχική φόρτιση και εκφόρτιση του συσσωρευτή.

Η διάρκεια της χρήσιμης ζωής των συσσωρευτών εξαρτάται:

- α) από το πλήθος των διαδοχικών κύκλων φόρτισης-εκφόρτισης
- β) από το βάθος κάθε εκφόρτισης.

Για να αποφεύγεται η εκφόρτιση των συσσωρευτών πέρα από κάποιο σημείο καθώς και η υπερβολική φόρτισή τους (που έχουν σαν αποτέλεσμα την ταχεία φθορά τους), χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικές διατάξεις (ρυθμιστές φόρτισης), οι οποίες :

- α) διακόπτουν τη ροή ενέργειας προς το συσσωρευτή όταν η χωρητικότητά τους υπερβεί κάποιο σημείο,
- β) διακόπτουν τη ροή ενέργειας προς την κατανάλωση όταν η χωρητικότητα του συσσωρευτή κατέλθει σε κάποιο σημείο.

Οι ηλεκτρονικές αυτές διατάξεις προφυλάσσουν τους συσσωρευτές και είναι απαραίτητες σε κάθε αιολικό ή φωτοβολταϊκό αυτόνομο σύστημα.

### 3.4.1.4 Μολύβδου οξέος

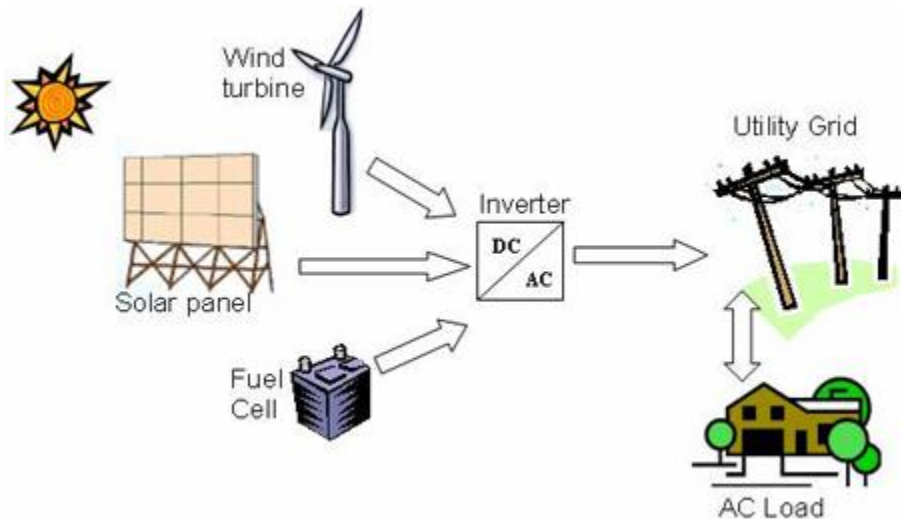
### 3.4.1.5 Μπαταρίες λιθίου – ιόντος

Οι μπαταρίες αυτές έχουν μεγάλη πυκνότητα ενέργειας (300-400 kWh/m<sup>3</sup> λιθίου), σχεδόν 100% αποτελεσματικότητα και μεγάλο κύκλο ζωής (περίπου 3000 κύκλοι για βάθος εκφόρτισης 80%). Επειδή το λίθιο είναι το ελαφρύτερο στερεό στοιχείο, οι μπαταρίες που βασίζονται σε αυτό μπορούν να είναι κατά πολύ ελαφρύτερες από τις συνηθισμένες. Γι' αυτό το λόγο και λόγω της μεγάλης αποτελεσματικότητάς τους, βρίσκουν πολλές εφαρμογές στα κινητά τηλέφωνα και στους φορητούς υπολογιστές.

### 3.5 Μικροδίκτυα

Το μικροδίκτυο αποτελεί δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο λειτουργεί σε μέση ή χαμηλή τάση σε συνδυασμό με διεσπαρμένες πηγές ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες κ.α, καθώς και ελεγχόμενα φορτία και τυχόν διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας ώστε αυτό να παρουσιάζεται στο ανάντη δίκτυο ως μία οντότητα.

Παρότι το μικροδίκτυο δύναται να λειτουργεί αυτόνομα με τη χρήση συστημάτων αποθήκευσης, συνήθως παραμένει συνδεδεμένο μέσω διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος και ανταλλάσει ενέργεια με το μακροδίκτυο, όταν υπάρχει περίσσεια ενέργειας από το μικροδίκτυο τότε αυτή πωλείται στο μακροδίκτυο ενώ αντίστοιχα όταν υπάρχει έλλειμμα ενέργειας το μικροδίκτυο αγοράζει από το μακροδίκτυο



Γράφημα 42 Δομή μικροδικτύου

Τυπικές πηγές ενός Μικροδικτύου είναι οι γεννήτριες ντίζελ ή φυσικού αερίου, συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ζεστού νερού (γεννήτριες, μικροστρόβιλοι), οι ανεμογεννήτριες, οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, οι κυψέλες καυσίμου, οι γεωθερμικοί και οι ηλιοθερμικοί σταθμοί, τα μικρά υδροηλεκτρικά, οι μονάδες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη βιομάζα, βιοντίζελ ή οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας.

Με βάση το καθαρό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (μέχρι το σημείο διασύνδεσης της παραγωγής) το μικροδίκτυο φαίνεται να υστερεί ενός κεντρικού σταθμού παραγωγής. ωστόσο, το μικροδίκτυο μπορεί να προσφέρει μερικά πλεονεκτήματα που εξισορροπούν τον παραπάνω ισχυρισμό και θα μπορούσαν να το καταστήσουν πολύ πιο ελκυστικό οικονομικά. Καταρχάς, το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εντός του μικροδικτύου συγκρίνεται μόνο με τις λιανικές τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας και όχι με το καθαρό κόστος παραγωγής ενός κεντρικού σταθμού.

Επίσης, τα μικροδίκτυα μπορούν να προσφέρουν τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνολογιών συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP), οι οποίες αξιοποιούν τη θερμότητα που εκλύεται ως απώλεια από τη μετατροπή ενέργειας από την καύση του καυσίμου σε ηλεκτρισμό.

Η διαδικασία αυτή βελτιώνει την αποδοτικότητα του καυσίμου, μειώνοντας έτσι την ποσότητα που χρειάζεται για την παραγωγή του ίδιου ποσού ενέργειας. Αγοράζοντας

λιγότερα καύσιμα ο καταναλωτής μειώνει σημαντικά το κόστος καυσίμων, ενώ η αξιοποίηση της απωλεσθείσας θερμότητας προς το περιβάλλον, η οποία αποτελεί λίγο περισσότερο από τη μισή ενέργεια που καταναλώνεται στην παραγωγή ηλεκτρισμού, μπορεί να προσδώσει σημαντικό κέρδος περιβαλλοντικά και οικονομικά.

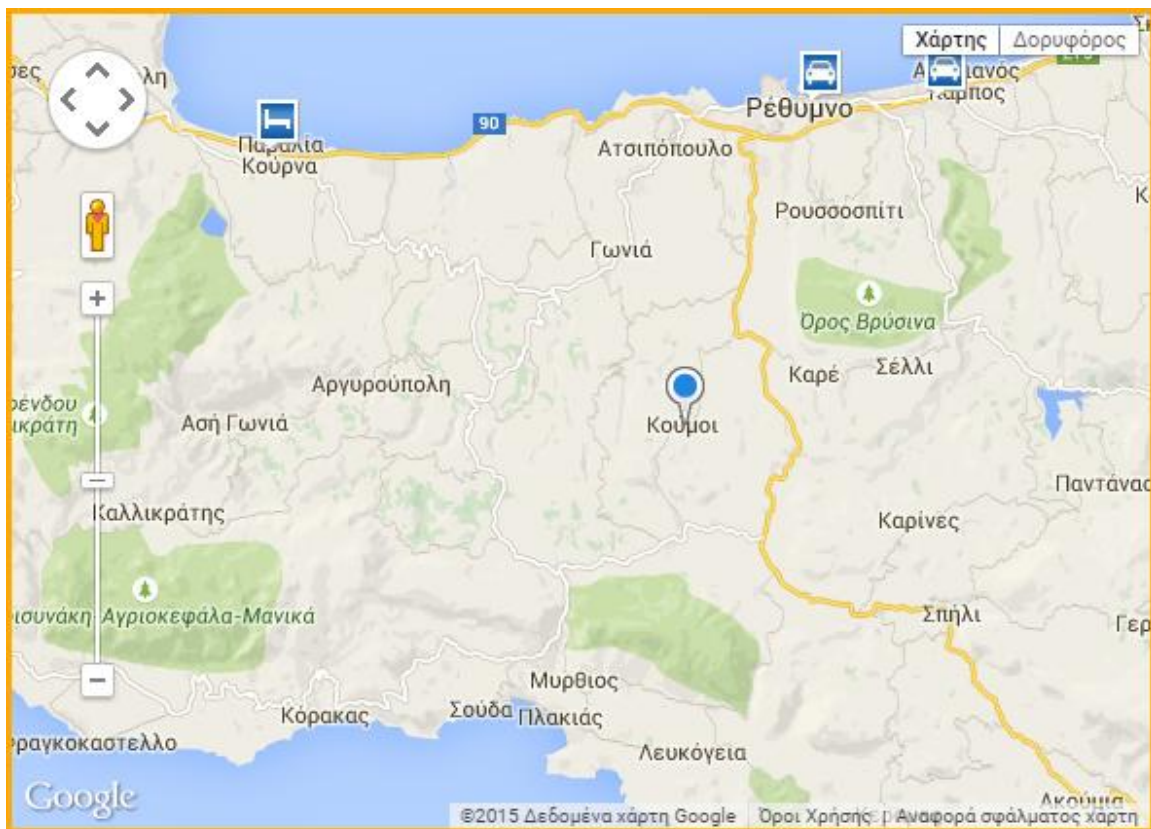
Επιπροσθέτως, μία γενική μείωση της ζήτησης στα καύσιμα, εξαιτίας της πιο γενικευμένης χρήσης των μικροδικτύων με CHP, θα οδηγούσε σε μείωση της τιμής πώλησης του καυσίμου.

## 4 Η περιοχή εφαρμογής μας

### 4.1 Τοποθεσία και Χαρακτηριστικά Οικισμού.

#### 4.1.1 Τοποθεσία του οικισμού

Ο ορεινός αυτός οικισμός βρίσκεται στα όρια του Δήμου Ρεθύμνης με τον Δήμο Νικηφόρου Φωκά, σε υψόμετρο 460 μέτρων, στους πρόποδες μιας άδενδρης πλαγιάς του Βρύσινα σε απόσταση 15 χιλιομέτρων από το Ρέθυμνο.



Γράφημα 43 Χάρτης με επισήμανση του οικισμού.

Το όνομα προέρχεται από το Βυζαντινό τύπο «Κούμοι» που σημαίνει πρόχειρη στέγη για την προστασία μικρών ζώων από τα αρπακτικά.

Ανέκαθεν υπήρξε ένας κτηνοτροφικός οικισμός φημισμένος για τα κτηνοτροφικά του προϊόντα. Επί Ενετών το χωριό αναγράφεται στις απογραφές του 16ου αιώνα. Επί Τουρκοκρατίας το χωριό σαν ορεινό βίωσε σημαντικές μάχες και κατέγραψε ηρωικές στιγμές λόγω των αγωνιστικών κινημάτων της εποχής.

Κοντά στο χωριό υπάρχει Φαράγγι και αρκετά σπήλαια. Στους Κούμους και στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν αρκετοί ναοί και παρεκκλήσια. Ο ναός του Σωτήρα Χριστού

είναι ο ενοριακός ναός με αριστοτεχνική αρχιτεκτονική. Η εκκλησία "Άγιος Αντώνιος", αποτελεί σπηλαιώδη ναό.

Οι Κούμοι είναι ένας αγροτικός και συνεκτικού χαρακτήρα οικισμός. Η περιοχή κατοικίας αναπτύσσεται γύρω από ένα ύψωμα και στο δακτύλιο που δημιουργείται από τον οδικό άξονα (διακλάδωση του 'Αηβασιλιώτικου') που οδηγεί από τους Αρμένους (νότια) προς Παλαιόλουτρα/Αγκουσελιανά και τον περιφερειακό δρόμο του οικισμού. Στην κορυφή του υψώματος βρίσκεται το Δημοτικό σχολείο, με αξιόλογης έκτασης και θέας προαύλιο χώρο. Στο κτίριο του σχολείου, που έχει σταματήσει να λειτουργεί, στεγάζεται πλέον ο Πολιτιστικός Σύλλογος ('Άγιος Γεώργιος') του χωριού. Στις διασταυρώσεις των προαναφερθέντων δρόμων σχηματίζονται δυο μικρές πλατείες.

#### **4.1.1.1 Χαρακτηριστικά οικισμού:**

Ανάγλυφο : ημιορεινό

Συνολική έκταση : 8,4 χιλ στρέμματα

Καλλιέργειες και αγροαναπαύσεις : 3,2 στρέμματα

Βοσκότοποι : 5,1 στρέμματα

Δάση : -

Νερά : 0,1 στρέμμα

Οικισμοί : 0,1 στρέμμα

Δομημένο τμήμα (κατ' εκτίμηση) 63 στρέμματα με πυκνότητα κατοίκησης 2,7 κάτοικοι/στρεμ.

#### **4.1.2 Πληθυσμιακά Χαρακτηριστικά-Ασχολίες Κατοίκων**

Γεωγραφικός κωδικός Καλλικράτη: 7301010601

Είναι σημαντικό για την πρόβλεψη του οικονομοτεχνικού μοντέλου της μελέτης να αναφερθούμε στα στατιστικά στοιχεία της πληθυσμιακής κατανομής του οικισμού ανά δεκαετία σύμφωνα με επίσημα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας έτσι ώστε η μελέτη να έχει ρεαλιστικό και βιώσιμο χαρακτήρα.

	Πληθυσμός (Κάτοικοι)	Πυκνότητα (Κάτοικοι/ km <sup>2</sup> )
1951	258	30,7
1961	252	30,0
1971	190	22,6
1981	211	25,1
1991	208	24,8
2001	173	20,6
2013	173	20,6

Πίνακας 2 Διαχρονική εξέλιξη (1951-2001) της πληθυσμιακής πυκνότητας του οικιστικού διαμερίσματος Κούμων :

Πραγματικός Πληθυσμός/Νοικοκυριά κατά μέγεθος και μέλη αυτών (2001)

Συνολικός αριθμός νοικοκυριών: 86

Σύνολο μελών : 173

Αριθμός μελών : 1 → 20,3 %

Αριθμός μελών : 2 → 28,8 %

Αριθμός μελών : 3 → 11,9 %

Αριθμός μελών : 4 + → 39 %

Αστική φυσιογνωμία του χωριού → 0%

Αγροτική φυσιογνωμία του χωριού → 100%

#### 4.1.2.1 Κτιριακό Απόθεμα

Οικιστική Δυναμική

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ζήτηση ακινήτων στη τοπική αγορά, παρά το γεγονός ότι στην απογραφή του 2001 ο πληθυσμός του οικισμού μειώθηκε κατά 16,8%. Στο πλαίσιο του 'Καποδιστριακού' Δήμου ο οικισμός των Κούμων εκτιμάται ότι θα διατηρήσει τον αγροτικό του χαρακτήρα (οικισμός κτηνοτρόφων). Το γεγονός αυτό δεν αποκλείει το ενδεχόμενο στο απώτερο μέλλον να αποτελέσει υποδοχέα β'/παραθεριστικής κατοικίας (κυρίως των συνταξιούχων της κεντρικής Ευρώπης), στο μέτρο που θα μειώνεται ο κτηνοτροφικός του χαρακτήρας.

Το 55,9% των κτιρίων του οικισμού χρονολογούνται μετά το 1970. Πρόκειται, κατά κανόνα, για ισόγεια (42,1%) ή διώροφα (57%) κτίρια, από τα οποία το 64% καλύπτονται με δάμα και τουπόλοιπο 36% με στέγη (κυρίως κεραμοσκεπή). Στον οικισμό δεν υπάρχουν αξιόλογα αρχιτεκτονικά σύνολα προς ανάδειξη. Η διαπλάτυνση ωστόσο των κεντρικών δρόμων και η κατασκευή πέτρινων τοίχων αντιστήριξης του προσδίδουν έναν ιδιαίτερο χαρακτήρα. Όσον αφορά στη χρήση των κτιρίων, το 74,8% είναι αποκλειστικά κατοικίες και το 14% κτίρια υποστήριξης των αγροτικών δραστηριοτήτων. Μικτής χρήσης είναι μόνο το 3,7%.

Σε ότι αφορά τα κύρια υλικά κατασκευής των κτιρίων (φέρων οργανισμός), το 60% είναι από πέτρα, το 13% από τούβλα/τσιμεντόλιθους και το 27% από beton-arme. Στο σύνολο των κατοικιών, το 100% είναι ιδιωτικές, το 58,1% είναι σχετικά μεγάλες (άνω των τεσσάρων δωματίων) και το 31,4% δεν κατοικούνται μόνιμα. Είναι δηλ. εξοχικές ή δευτερεύουσες και κατοικίες προς ενοικίαση, πώληση ή άλλο λόγο.

	Έως 2 μέλη	2 έως 6 μέλη	Σαββατοκύριακα	Διακοπές	Σύνολο κατοικιών
Σύνολο κατοικιών ανά	26	30	18	12	86



κατηγορία					
-----------	--	--	--	--	--

Πίνακας 3 Αριθμός κατοικιών ανά κατηγορία.

Στον οικισμό εντοπίζονται τέσσερις εκκλησίες, δυο καφενεία, ένα ξυλουργείο, ένα τυροκομείο, ένα ιατρείο και ένα διώροφο κτίριο εκπολιτιστικού συλλόγου. Ο οικισμός διαθέτει, επίσης, και ένα γήπεδο ποδοσφαίρου.

#### 4.1.3 Υποδομές Οικισμού

Ο προαύλιος χώρος του Δημοτικού σχολείου, ωστόσο, με κατάλληλη διαμόρφωση και φύτευση μπορεί να αποτελέσει αξιόλογο χώρο αναψυχής και πρασίνου. Σε ό,τι αφορά τις τεχνικές υποδομές, ο οικισμός αντιμετωπίζει προβλήματα στους τομείς της ύδρευσης, της αποχέτευσης και της άρδευσης. Ειδικότερα, το δίκτυο ύδρευσης λόγω παλαιότητας χρήζει άμεσης αντικατάστασης ή ανανέωσης ενώ οι ανάγκες της αποχέτευσης λόγω έλλειψης σχετικού δικτύου καλύπτονται με βόθρους. Αξίζει να σημειωθεί ότι βόρεια του οικισμού λειτουργούν ήδη γεωτρήσεις μέσω των οποίων υδροδοτούνται πολλοί οικισμοί της ευρύτερης περιοχής καθώς και το Ρέθυμνο.

Συγκεκριμένα,

Οι Οικισμοί νότια και δυτικά του Βρύσινα υδρεύονται σχεδόν στο σύνολο τους από γεωτρήσεις της περιοχής των Κούμων.

Η γεώτρηση του ΙΓΜΕ στην περιοχή των Κούμων με παροχή 90-100 m<sup>3</sup>/h εξυπηρετεί τους οικισμούς Φωτεινό, Αμπελάκι και Κούμοι.

Η γεώτρηση του ΟΑΔΥΚ στην περιοχή των Κούμων με παροχή περίπου 80 m<sup>3</sup>/h υδρεύει τους οικισμούς των Αρμένων και του Σωματά.

Ήδη βρίσκεται σε εξέλιξη το έργο περαιτέρω αξιοποίησης του υπόγειου υδροφορέα των Κούμων. Εκτιμάται ότι θα γίνεται απόληψη ~3.000 m<sup>3</sup>/ημέρα. Προβλέπεται ότι θα κατασκευαστούν 17 γεωτρήσεις τα επόμενα 10-15 χρόνια.

Η άρδευση, στον οικισμό, παρά την ύπαρξη πρόσφορων εδαφών και άφθονου νερού δεν γίνεται με οργανωμένο δίκτυο με αποτέλεσμα να προκαλείται σπατάλη (αρδεύσιμου) νερού και να δημιουργούνται προβλήματα στο πότισμα των αργοπροβάτων της περιοχής.

#### 4.2 Διασύνδεση Οικισμού με το δίκτυο Ηλεκτρισμού

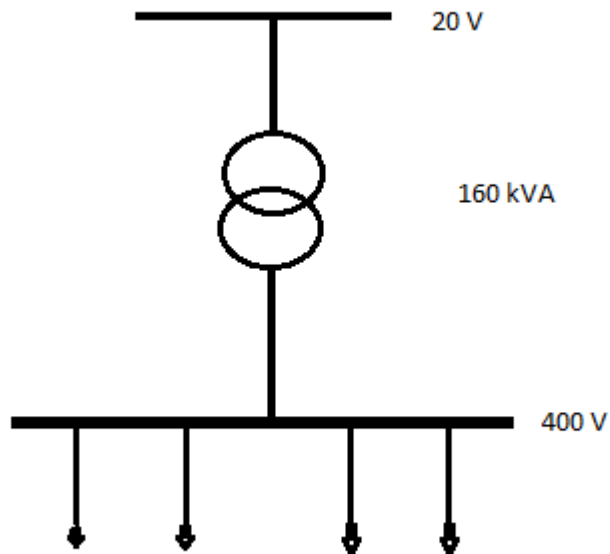
Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τα εργοστάσια παραγωγής στα κέντρα κατανάλωσης μέσω των γραμμών υψηλής τάσης (400 KV, 150 KV & 66kV). Η τάση των 400 KV μεταφέρεται στα Κέντρα Υψηλής Τάσης (ΚΥΤ), υποβιβάζεται σε τάση 150 KV και, στη συνέχεια, μέσω των Υποσταθμών Υψηλής Τάσης σε τάσεις 66KV και 20KV (μέση τάση) με τις οποίες τροφοδοτούνται αντίστοιχα βιομηχανίες και τα αστικά κέντρα ή διάφορες επαγγελματικές δραστηριότητες. Στην Κρήτη και την περιοχή του Ρεθύμνου η Υψηλή τάση είναι 150kV.

Η μέση τάση των 20KV υποβιβάζεται μέσω των Υποσταθμών Διανομής σε χαμηλές τάσεις 400V με την οποία τροφοδοτούνται μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα. Οι Υποσταθμοί Διανομής τοποθετούνται εναέρια σε κολώνες ή στα υπόγεια μεγάλων

κτιρίων. Οι γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι εναέριες και υπόγειες. Από τις υπόγειες γραμμές δημιουργούνται στον περιβάλλοντα χώρο μόνο μαγνητικά πεδία.

Ο οικισμός των Κούμων τροφοδοτείται ηλεκτρικά από το παρακλάδι της γραμμής διανομής 23 που βρίσκεται στον Υ/Σ του ν. Ρεθύμνης.

Από τον κεντρικό μετασχηματιστή του οικισμού ισχύος 160 kVA φεύγουν τέσσερις αναχωρήσεις για να ικανοποιήσουν τη ζήτηση του οικισμού όπως βλέπουμε και στο ακόλουθο σχεδιάγραμμα



Γράφημα 44 Κεντρικός μετασχηματιστής οικισμού 160 kVA

### 4.3 Ανάλυση-Εκτίμηση Φορτίου

Στον οικισμό υπάρχουν οι ακόλουθες κατηγορίες φορτίων

- Δημόσια κτίρια (Εκπολιτιστικός σύλλογος, αγροτικό ιατρείο, εκκλησίες)
- Ιδιωτικά κτίρια (Κατοικίες, επιχειρήσεις)
- Δημοτικός φωτισμός

Τα οποία συνδέονται στον κεντρικό μετασχηματιστή και αποτελούν ένα ενιαίο δίκτυο.

Υπάρχουν επίσης στην ευρύτερη περιοχή του οικισμού επτά συνολικά γεωτρήσεις οι οποίες όμως βρίσκονται σε μεγάλη ακτίνα από τον κεντρικό μετασχηματιστή και συνεπώς δεν αποτελούν μέρος του συγκεκριμένου δικτύου όπως επίσης και μία μεγάλη επιχείρηση επεξεργασίας μαρμάρου η οποία λειτουργεί με αυτόνομο μετασχηματιστή καθώς τα φορτία είναι πολύ μεγάλα.

### 4.3.1 Δημόσια-δημοτικά Κτίρια

#### 4.3.1.1 Πολιτιστικός Σύλλογος



Γράφημα 45 Κτίριο εκπολιτιστικού συλλόγου.

Το κτίριο του εκπολιτιστικού συλλόγου, κτίστηκε στη θέση του μονοθέσιου δημοτικού σχολείου το οποίο έπαψε τη λειτουργία του το 1998.

Πρόκειται για ένα διώροφο πετρόκτιστο κτίριο το οποίο χρησιμοποιείται για πολιτιστικές και κοινωνικές εκδηλώσεις. Πιο συγκεκριμένα αποτελείται από αίθουσα χωρητικότητας 200 περίπου ατόμων στο ισόγειο, βιβλιοθήκη και χώρο διαφόρων δραστηριοτήτων στον όροφο. Παρόλο που το κτίριο χρησιμοποιείται λίγες φορές μέσα στο χρόνο, οι ηλεκτρικές απαιτήσεις είναι αρκετά μεγάλες καθώς τα φορτία είναι αρκετά ενεργοβόρα.

Πιο συγκεκριμένα τα φορτία παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-4.

ΦΟΡΤΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	
Φωτιστικά spot	25x2	25	1250
Λαμπήρες	7	11	77
Λαμπήρες	8	16	128
Λαμπήρες	12	75	900
Λαμπήρες	4	8	32

Τηλεόραση 40 inch	1	300	300
Ηλεκτρικό καλοριφέρ	4	2000	8000
Εξωτερικοί προβολείς	7	1000(Απόδοση 400)	2800
Εξωτερικοί προβολείς	2	500	1000
Ψυκτικοί θάλαμοι	3	1000	3000
Ψυγείο	1	150	150
Ενισχυτής ήχου	2	400	800

Πίνακας 4-4 Φορτία εκπολιτιστικού συλλόγου.

Το κτίριο του εκπολιτιστικού συλλόγου χρησιμοποιείται συνήθως μία με δύο φορές το μήνα για κάποιες δραστηριότητες όπως εκμάθηση παραδοσιακών χορών και τραγουδιών όπου τα μαθήματα γίνονται στον πρώτο όροφο με μοναδικά φορτία αυτά του φωτισμού ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες προστίθεται επιπλέον η θέρμανση.

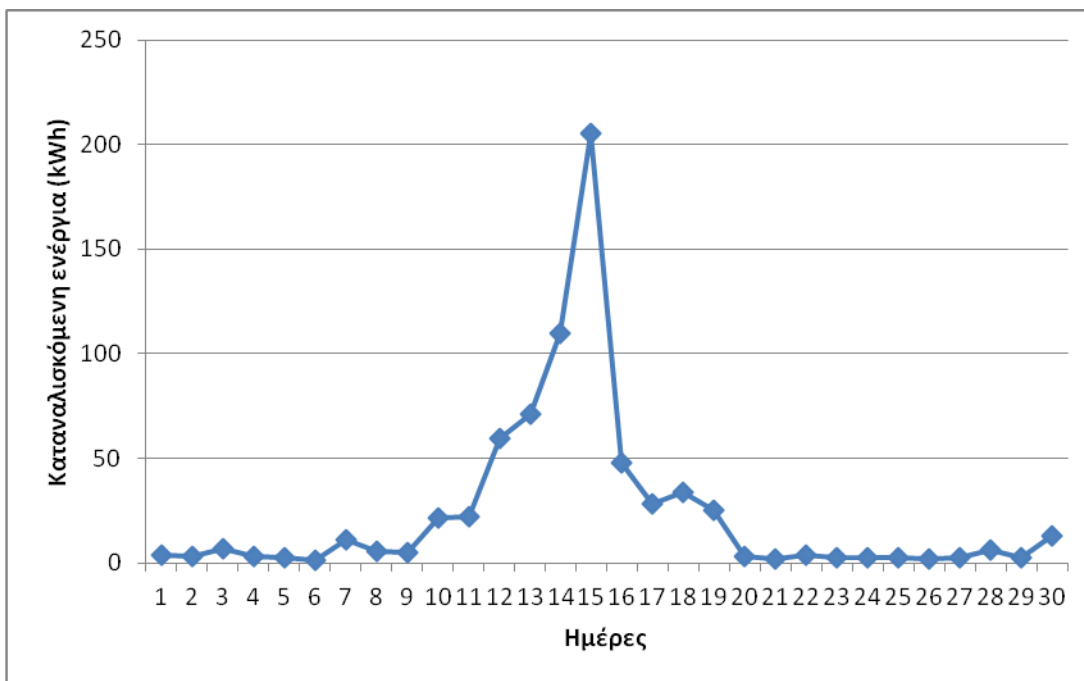
Επίσης η αίθουσα συνεστιάσεων-εκδηλώσεων στο ισόγειο χρησιμοποιείται όχι πάνω από 10 φορές μέσα στο χρόνο για διάφορες κοινωνικές εκδηλώσεις είτε του ίδιου του συλλόγου είτε κατοίκων του χωριού.

Η πλέον αξιοσημείωτη από άποψη καταναλώσεων εκδήλωση είναι το ετήσιο πανηγύρι στις 15 Αυγούστου, εορτή της Παναγίας, το οποίο γίνεται στον προαύλιο χώρο του εκπολιτιστικού συλλόγου δυναμικότητας 1000 ατόμων, όπου χρησιμοποιούνται οι εξωτερικοί προβολείς, όλα τα φώτα εσωτερικά και εξωτερικά του κτιρίου και οι θάλαμοι-ψυγεία.

Καθώς η προετοιμασία για το πανηγύρι γίνεται κάποιες, έως και 15, ημέρες πριν, και υπάρχουν αρκετές εργασίες που γίνονται μετά από αυτό, παρατηρούνται γενικά αυξημένες καταναλώσεις στο δεκαπενθήμερο γύρω από τις 15 Αυγούστου, όπως άλλωστε παρατηρούμε και στις πραγματικές μετρήσεις ενέργειας που έγιναν όλο τον Αύγουστο του έτους 2014 και παρουσιάζονται στο Γράφημα 46



Γράφημα 46 24ωρη καμπύλη κατανάλωσης του εκπολιτιστικού ανήμερα Δεκαπενταύγουστου.



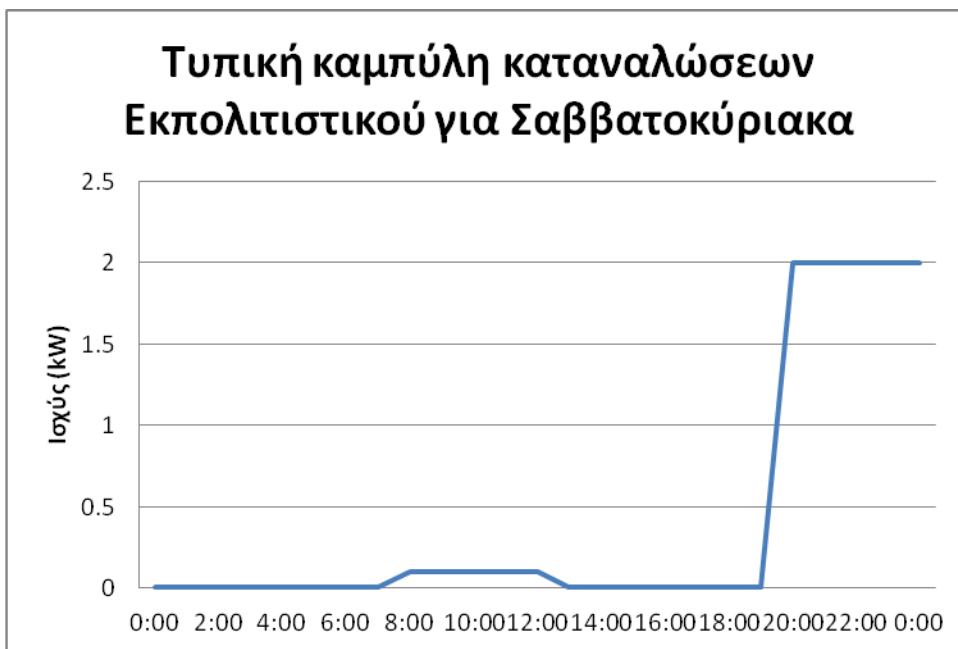
Γράφημα 47 Καμπύλη ημερήσιας κατανάλωσης εκπολιτιστικού για τον Αύγουστο.

Παρατηρούμε πως η μέγιστη καταναλισκόμενη ενέργεια είναι όντως στις 15 Αυγούστου.

Μία μέση τιμή της ενέργειας που καταναλώνεται στον εκπολιτιστικό σύλλογο γενικά με εξαίρεση την περίοδο του πανηγυριού είναι 5,7 kWh.

Επίσης αξίζει να σημειωθεί πως οι όποιες δραστηριότητες λαμβάνουν χώρα στον εκπολιτιστικό σύλλογο, αφορούν μόνο Σαββατοκύριακα. Τις καθημερινές συνήθως το κτίριο δε χρησιμοποιείται.

Ακολουθούν τυπικές καμπύλες της συμπεριφοράς του κτηρίου σε Σαββατοκύριακα και καθημερινές με εξαίρεση την περίοδο του δεκαπενταύγουστου καθώς δεν είναι ενδεικτική για το υπόλοιπο έτος. Για το λόγο αυτό γίνεται ειδική αναφορά στη συγκεκριμένη περίοδο.



Γράφημα 48 Καμπύλη κατανάλωσης εκπολιτιστικού τα Σαββατοκύριακα.

Όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα η μέγιστη ισχύς καταναλώνεται μεταξύ 20:00 – 22:00. Ο λόγος ότι τα Σαββατοκύριακα τις ώρες εκείνες πραγματοποιούνται κάποιες δραστηριότητες στο σύλλογο, όπως εκμάθηση παραδοσιακών χορών και τραγουδιών. Επίσης μικρότερη κατανάλωση παρατηρούμε τις ώρες 08:00 – 12:00 καθώς κάποιες Κυριακές χρησιμοποιείται ο χώρος συνεστιάσεων του εκπολιτιστικού συλλόγου από τους κατοίκους μετά από μνημόσυνα.



Γράφημα 4950 Καμπύλη κατανάλωσης εκπολιτιστικού για τις καθημερινές.

Τις καθημερινές, συνήθως μία φορά την εβδομάδα πραγματοποιούνται συναντήσεις του συμβουλίου του συλλόγου, καθώς επίσης πραγματοποιούνται διάφορες δραστηριότητες του συλλόγου. Για το λόγο αυτό παρατηρούμε το μέγιστο της καταναλισκόμενης ισχύος μεταξύ 19:00 – 22:00 το βράδυ.

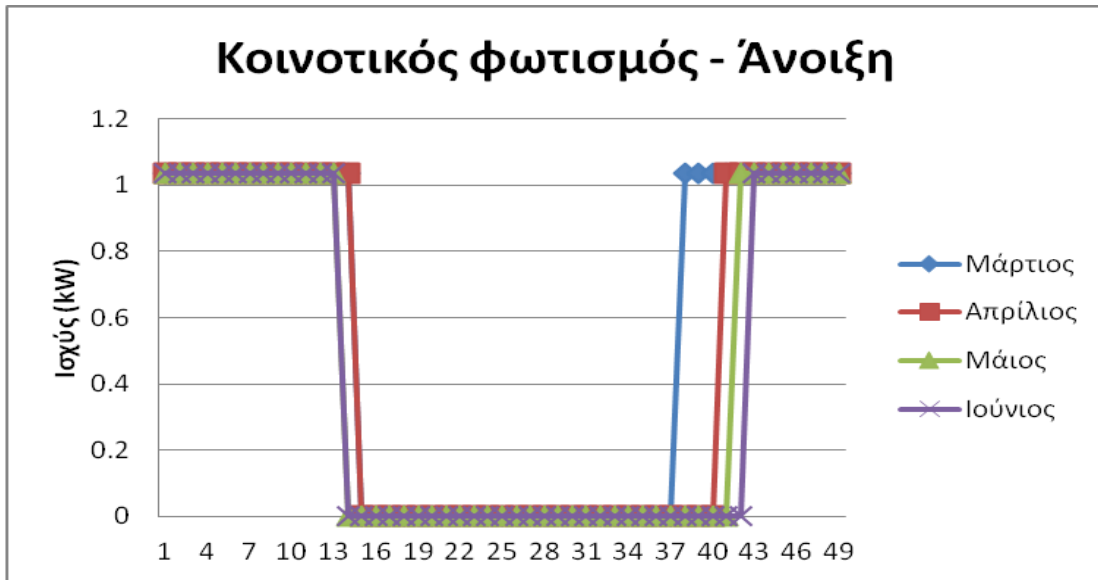
#### 4.3.1.2 Δημοτικός Φωτισμός

Στους Κούμους υπάρχουν 45 στύλοι της ΔΕΗ με φωτιστικά σημεία ισχύος 23 W ο κάθε ένας. Για να μπορέσουμε να έχουμε μία καλή συνολική εικόνα των καταναλώσεων στον κοινοτικό φωτισμό, πρέπει να αθροίσουμε τις ώρες στις οποίες έχουμε κατανάλωση. Παρακάτω παραθέτονται οι ώρες ανατολής και δύσης του ηλίου για την Ελλάδα. Για την πιο αντιπροσωπευτική ημέρα του κάθε μήνα, όπου υπάρχει το μέγιστο χρονικό διάστημα από την ανατολή έως τη δύση του ηλίου.

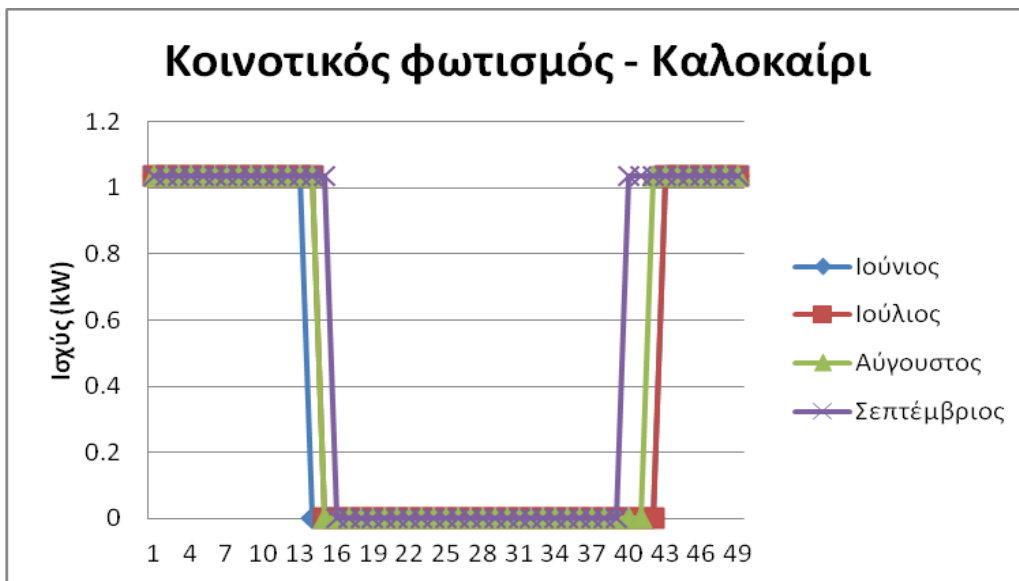
ΜΗΝΑΣ „	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΗ ΗΜΕΡΑ	ΔΥΣΗ ΗΛΙΟΥ	ΑΝΑΤΟΛΗ ΗΛΙΟΥ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	17	7.39	17.32
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	16	7.14	18.05
ΜΑΡΤΙΟΣ	16	6.35	18.33
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15	6.50	20.01
ΜΑΙΟΣ	15	6.15	20.28
ΙΟΥΝΙΟΣ	11	6.02	20.47
ΙΟΥΛΙΟΣ	17	6.16	20.46
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	16	6.41	20.17
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	15	7.07	19.33
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	15	7.34	18.48
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	14	7.01	17.17
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	11	7.32	17.06

Πίνακας 5 Ώρες ανατολής και δύσης του ηλίου για την Ελλάδα.

Παρακάτω παραθέτονται διαγράμματα με τις καταναλώσεις στον κοινοτικό φωτισμό ανά εποχή για κάθε ώρα της πιο αντιπροσωπευτικής ημέρας κάθε μήνα σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα.

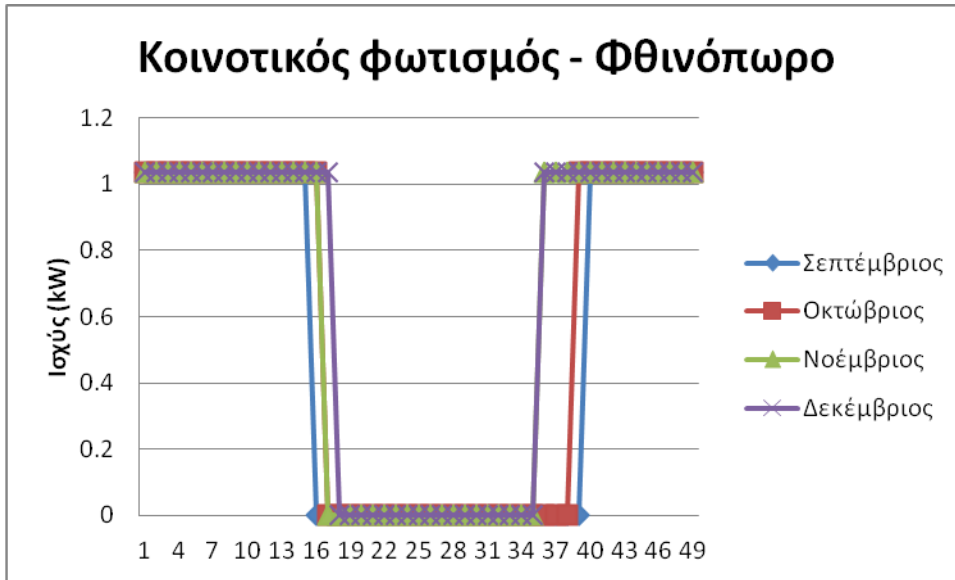


Γράφημα 51 Μορφή καμπύλης εκπολιτιστικού την άνοιξη.

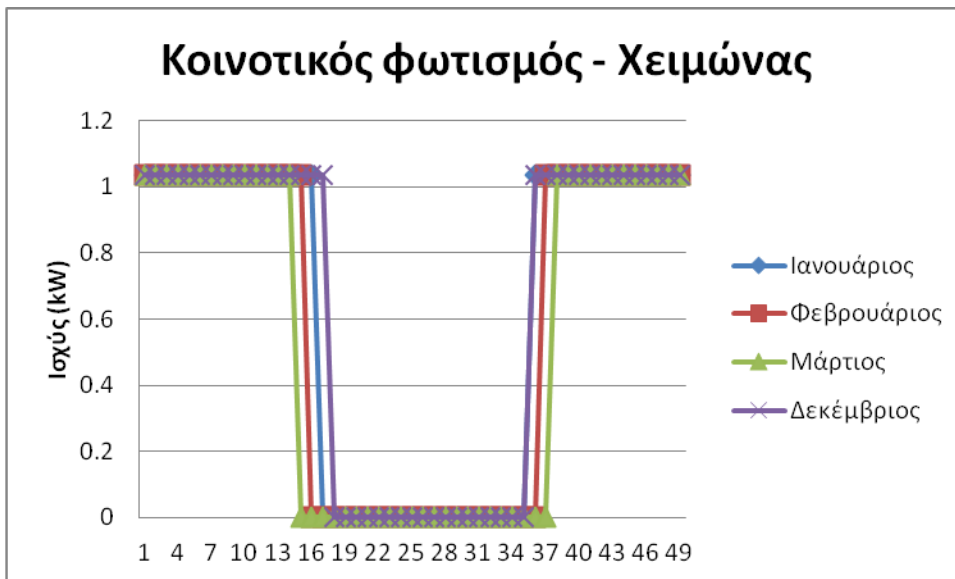


Γράφημα 52 Μορφή καμπύλης εκπολιτιστικού το καλοκαίρι.

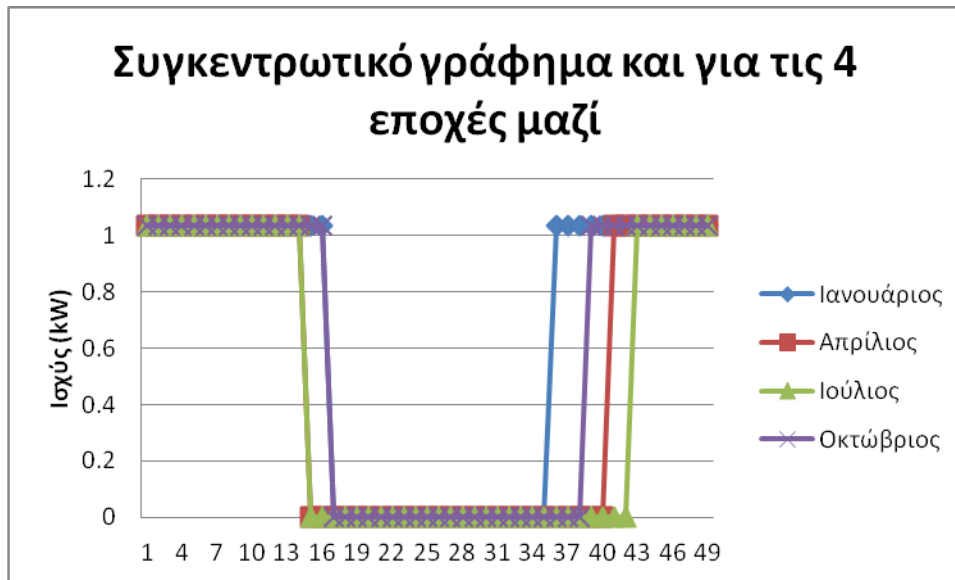




Γράφημα 53 Μορφή καμπύλης εκπολιτιστικού το Φθινόπωρο.



Γράφημα 54 Μορφή καμπύλης εκπολιτιστικού το χειμώνα.



Γράφημα 55 Συγκεντρωτικό γράφημα για τις 4 εποχές μαζί.

Από τα διαγράμματα διαπιστώνουμε ότι μεγαλύτερη κατανάλωση στον κοινό φωτισμό έχουμε το χειμώνα σε σχέση με το καλοκαίρι. Το γεγονός αυτό είναι λογικό δεδομένου ότι το χειμώνα έχει μεγαλύτερη διάρκεια η νύχτα σε σχέση με την ημέρα.

Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι στον κοινό φωτισμό δεν υπάρχει διαφοροποίηση στις καθημερινές σε σχέση με τα Σαββατοκύριακα καθώς η μόνη μεταβλητή παράμετρος είναι η εποχή.

#### 4.3.1.3 Αγροτικό Ιατρείο

Στο αγροτικό ιατρείο του οικισμού οι καταναλώσεις είναι πολύ μικρές. Πρόκειται για έναν χώρο 15 τετραγωνικών ο οποίος χρησιμοποιείται μία φορά ανά δύο εβδομάδες, όταν δηλαδή επισκέπτεται τον οικισμό ο αγροτικός ιατρός και για 5 ώρες έκαστως.

Τα φορτία που καταναλώνουν ενέργεια στο Ιατρείο κατά τις επισκέψεις του Ιατρού παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 Διαχρονική εξέλιξη (1951-2001) της πληθυσμιακής πυκνότητας του οικιστικού διαμερίσματος Κούμων .:

ΦΟΡΤΙΑ	ΙΣΧΥΣ (Watt)	ΩΡΕΣ (h)
Λάμπα πυρακτώσεως	100	5
Η/Υ	350	5
Κλιματιστικό	1000	5

Πίνακας 6 Φορτία Αγροτικού Ιατρείου

Για τον κλιματισμό αξίζει σημειώσουμε ότι λόγω της τεχνολογίας duty cycle το κλιματιστικό καταναλώνει περίπου το 80% της ισχύος του. Για το λόγω αυτό κατά προσέγγιση θα ορίσουμε την κατανάλωσή του στα 800 Watt per hour.

Επίσης για τους μήνες Απρίλιο – Μαΐο, καθώς και Οκτώβρη – Νοέμβρη θα ορίσουμε μηδενική κατανάλωση του κλιματιστικού καθώς τους συγκεκριμένους μήνες δεν κρίνεται απαραίτητη η χρήση του.

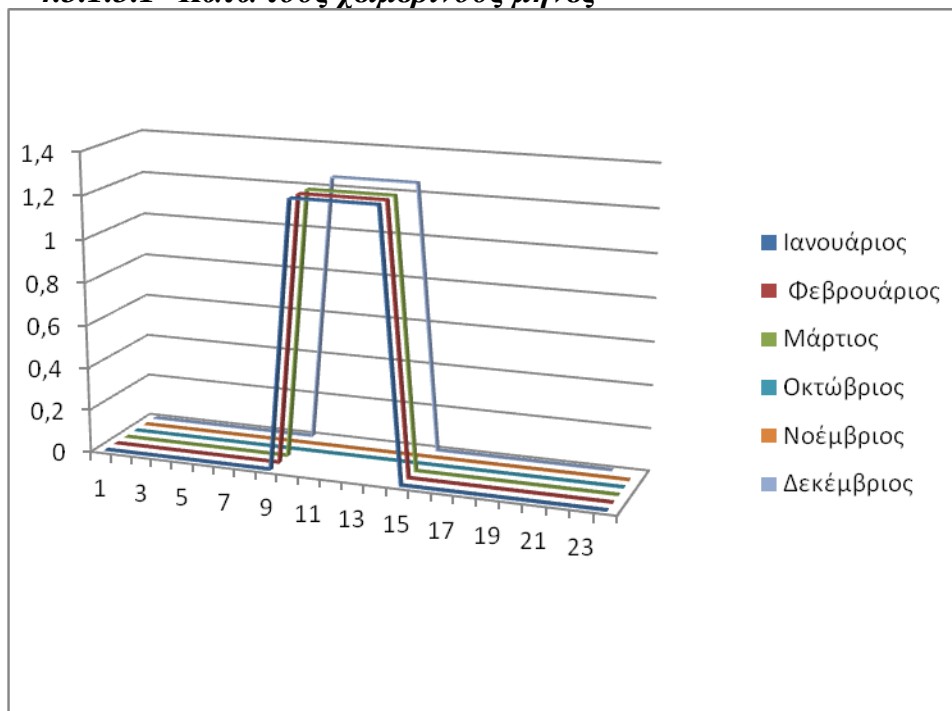
Ακολουθούν γραφήματα των καταναλώσεων για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο αντίστοιχα.

ΥΓ. Στα γραφήματα απεικονίζονται δεδομένα των καταναλώσεων συνολικά του ιατρείου, δηλ

$$P = (100 + 350 + 800) \text{ Watt} = 1250 \text{ Watt} \text{ ή } 1,25 \text{ kW}$$

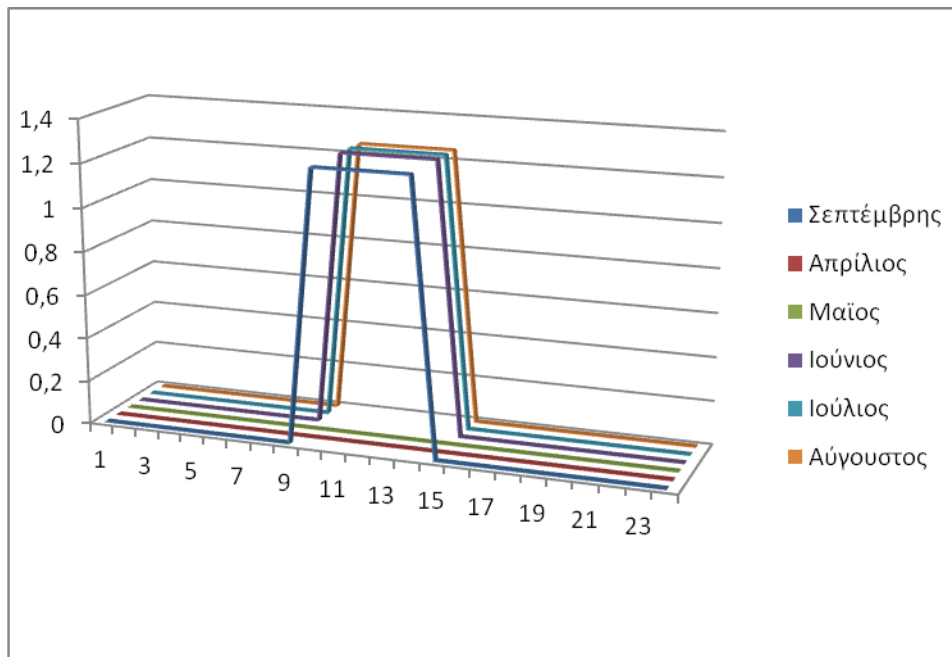
Για μία αντιπροσωπευτική ημέρα κάθε μήνα (Την ημέρα της επίσκεψης του Ιατρού)

#### 4.3.1.3.1 Κατά τους χειμερινούς μήνες



Γράφημα 56 Χαρακτηριστική καμπύλη κατανάλωσης Αγροτικού Ιατρείου τους Χειμερινούς μήνες

#### 4.3.1.3.2 Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες



Γράφημα 57 Χαρακτηριστική καμπύλη κατανάλωσης Αγροτικού Ιατρείου τους Καλοκαιρινούς μήνες

Όπως βλέπουμε από τα γραφήματα, δεν υπάρχει καμία διαφοροποίηση ανάμεσα στο καλοκαίρι και τον χειμώνα καθώς το μόνο μεταβλητό φορτίο είναι το κλιματιστικό, το οποίο όμως τους καλοκαιρινούς μήνες χρησιμοποιείται για ψύξη, ενώ τους χειμερινούς για θέρμανση επομένως η διαφορά είναι σχεδόν αμελητέα για το είδος και την κλίμακα της συγκεκριμένης μελέτης.

#### 4.3.1.4 Εκκλησίες

Στον οικισμό των Κούμων υπάρχουν 4 εκκλησίες εντός του οικισμού εκ των οποίων οι τρεις ηλεκτροδοτούνται, και 3 εξωκλήσια τα οποία επίσης δεν ηλεκτροδοτούνται.

Ο κύριος καταναλωτής είναι η κεντρική και μεγαλύτερη εκκλησία του Σωτήρα Χριστού η οποία τροφοδοτείται με τριφασικό ρεύμα και γενικά αξίζει να αναφερθούμε αναλυτικότερα.

Η εκκλησία του Σωτήρα Χριστού λειτουργεί κάθε Κυριακή όλο το χρόνο, καθώς επίσης και κάθε Παρασκευή κατά τη διάρκεια της Σαρακοστής, κάθε ημέρα τη μεγαλοβδόμαδα και περίπου πέντε φορές κατά τη διάρκεια του έτους για γάμους, βαπτίσεις κλπ.

Είναι σημαντικό να εστιάσουμε εκτενέστερα στον συγκεκριμένο καταναλωτή επειδή έχει γίνει πρόσφατα μία πολύ καλή προσπάθεια από τον ιερέα του οικισμού να μειώσει τις καταναλώσεις της εκκλησίας σταδιακά στο κομμάτι και του φωτισμού και της θέρμανσης.

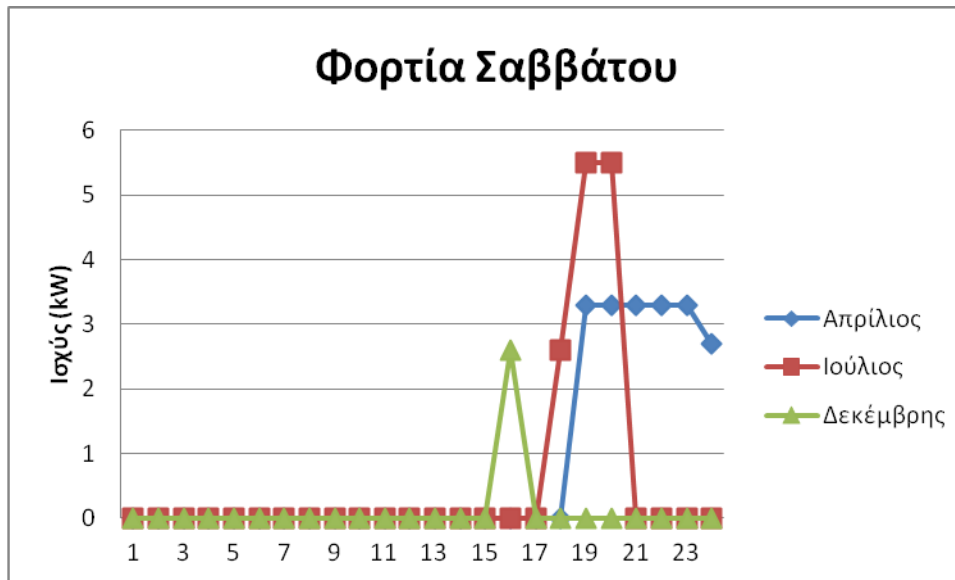
Πιο συγκεκριμένα:

ΦΟΡΤΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ(πριν) Watt	ΙΣΧΥΣ (μετά) Watt
Πολυέλαιος	2 ( 117 λάμπες)	25x117= <b>2975</b>	2,7x117= <b>315,9</b>
Προβολέας εξόδου	<b>1</b>	<b>500</b>	<b>30</b>
Προβολείς	<b>2</b>	<b>1000</b>	<b>100</b>
Φωτιστικά δαπέδου	8(x2 λαμπτήρες έκαστος)	15x16= <b>240</b>	5x16= <b>80</b>
Φωτιστικά εισόδου	<b>2</b>	<b>30(Οικονομίας)</b>	<b>30</b>
Φωτιστικά στο ιερό	4(x2 λαμπτήρες έκαστος)	<b>200</b>	<b>14</b>
Φωτιστικά στο ψαλτήρι	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>10</b>
Φωτιστικά στην ωραία πύλη	<b>4</b>	<b>100</b>	3,8x4= <b>15,2</b>
Φωτιστικά στην Αγία τράπεζα	<b>1</b>	<b>100</b>	20 (Οικονομίας)
Φωτιστικό στην πρόθεση	<b>1</b>	<b>60</b>	<b>5</b>
Εξωτερικό φωτιστικό	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>5</b>
Θέρμανση/Κλιματισμός		<b>12500</b>	<b>5000</b>
Συνολικές καταναλώσεις		<b>17905</b>	<b>5625</b>

Πίνακας 7Φορτία εκκλησίας Ιησού και ώρες λειτουργίας.

Για να μπορέσουμε να εξετάσουμε την κατανάλωση της συγκεκριμένης εκκλησίας θα πρέπει να διαχωρίσουμε τις καθημερινές με τα Σαββατοκύριακα καθώς υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση.

Ακολουθούν γραφήματα



Γράφημα 58 Φορτία καταναλώσης Σαββάτου εκκλησίας Ιησού για τους πιο αντιπροσωπευτικούς μήνες του έτους

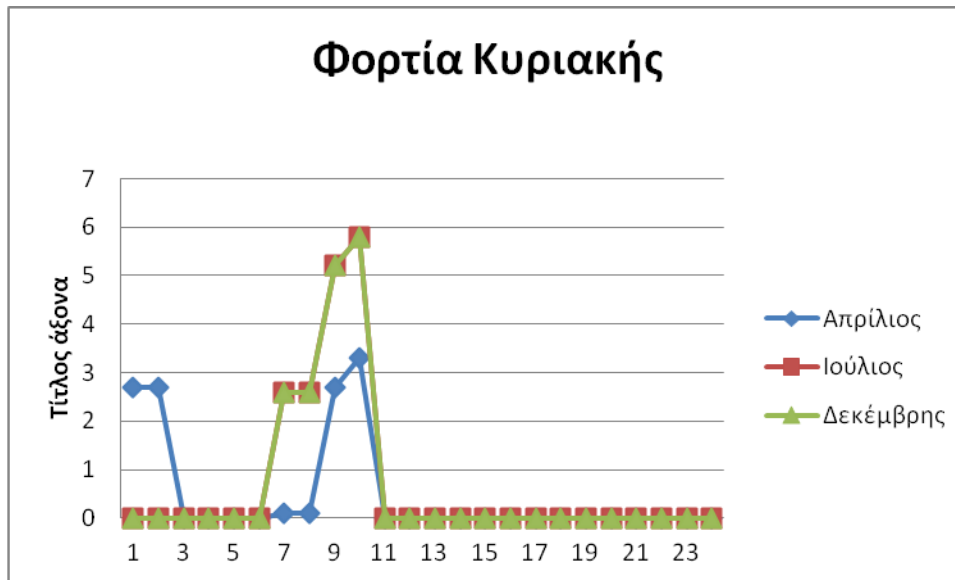
Τα Σάββατα γίνεται ο Εσπερινός ο οποίος διαρκεί περίπου μία ώρα και ξεκινάει μία ώρα πριν τη δύση του ηλίου. Τα φορτία δεν είναι σημαντικά, όμως πρέπει να γίνει η καταγραφή τους για να έχουμε ένα πιο ρεαλιστικό αποτέλεσμα.

Τα φορτία κατά τη διάρκεια του εσπερινού είναι :

2,6 Watt κατά τους χειμερινούς μήνες καθώς λειτουργούν φωτιστικά εισόδου, στο ιερό, στο ψαλτήρι, την ωραία πύλη, την Αγία τράπεζα, την πρόθεση και κλιματισμός.

Τους καλοκαιρινούς μήνες η κατανάλωση μειώνεται στα 0,13 kW καθώς δεν ανάβει ο κλιματισμός.

Επίσης κατά μέσο όρο γίνεται από ένας γάμος/βάπτιση το χρόνο στη συγκεκριμένη εκκλησία και συνήθως Ιούλιο. Για το λόγο αυτό σε ένα αντιπροσωπευτικό Σάββατο του Ιουλίου οι καταναλώσεις ορίζονται στα 5.5 kW, όπου λειτουργούν όλα τα φορτία που δίνονται στον Πιν. 3.



Γράφημα 59 Φορτία κατανάλωσης Κυριακ εκκλησίας Ιησού για τους πιο αντιπροσωπευτικούς μήνες του έτους

Τις Κυριακές έχουμε κατανάλωση κατά τη διάρκεια της θείας λειτουργίας τις ώρες 7 με 10.

Συγκεκριμένα:

Κατά τις ώρες 7 με 9 η κατανάλωση ανέρχεται στα 2,6 kW όπου τα φορτία τα οποία καταναλώνονται είναι αυτά του Πιν.3 εκτός από τους πολυελαίους, τα φωτιστικά δαπέδου και τους προβολείς, καθώς και με τη μία κλιματιστική μονάδα σε χρήση.

Στις 8 προστίθεται η δεύτερη κλιματιστική μονάδα ενώ στις εννέα προστίθενται και οι πολυέλαιοι.

Επίσης κατά τους μήνες Απρίλιο- Μάιο και Σεπτέμβρη Οκτώμβρη δε χρησιμοποιείται καμία από τις δύο κλιματιστικές μονάδες.

Τις καθημερινές, όπως φαίνεται και στο **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** που ακολουθεί, τα φορτία είναι μηδενικά, με εξαίρεση τον Απρίλιο λόγω των καθημερινών λειτουργιών τη Μεγαλοβδόμαδα.



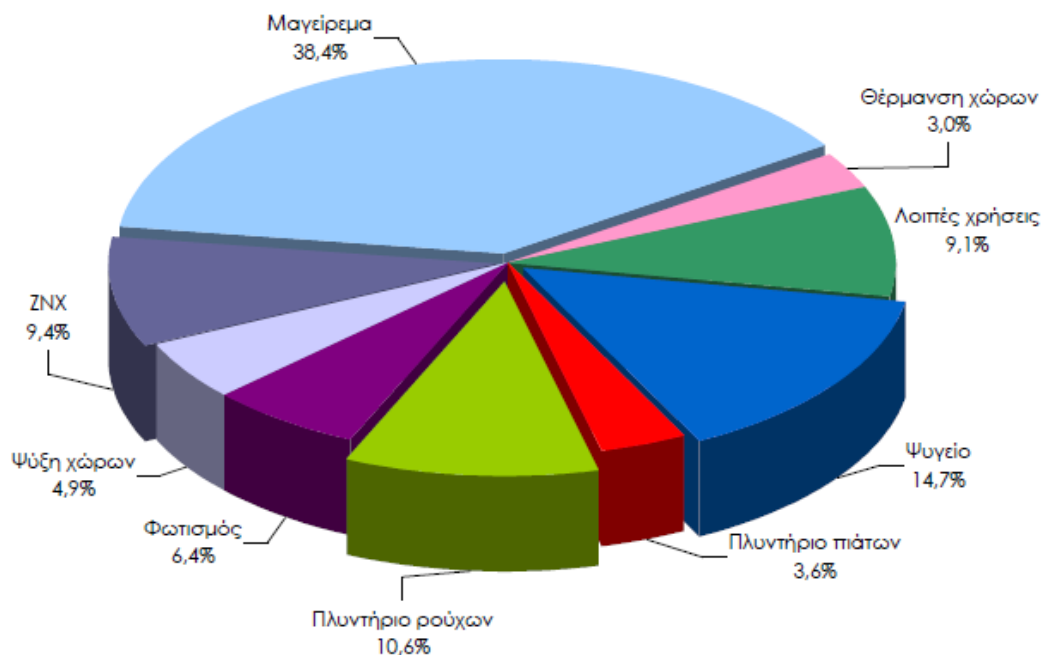
Γράφημα 60 Φορτία εκκλησίας Ιησού τις καθημερινές για αντιπροσωπευτικούς μήνες του έτους

#### 4.3.2 Κατοικίες

Οι κατοικίες στη συγκεκριμένη μελέτη θα αποτελέσουν το ένα εκ των δύο συνολικά φορτίων σαν σύνολο του μικροδικτύου. Ο λόγος είναι ότι αποτελούν το πλέον αξιοσημείωτο φορτίο λόγω του πλήθους των κατοικιών και της ιδιαίτερης συμπεριφοράς του.

Σύμφωνα με έρευνα της ελληνικής στατιστικής αρχής, για τις καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας στα νοικοκυριά, η οποία διεξήχθη το 2012, και βασίστηκε στις δαπάνες για ηλεκτρική ενέργεια, κατά μέσο όρο όπως βλέπουμε στην Γράφημα 61 το 38,4% της συνολικής ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από ένα νοικοκυριό είναι για το μαγείρεμα, το 17,4% για τη λειτουργία του ψυγείου, το 10,6% για τη λειτουργία του πλυντηρίου ρούχων, το 6,6% για το φωτισμό και το 4,9% για την ψύξη της κατοικίας.





Γράφημα 61 Ποσοστιαία κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά τελική χρήση.

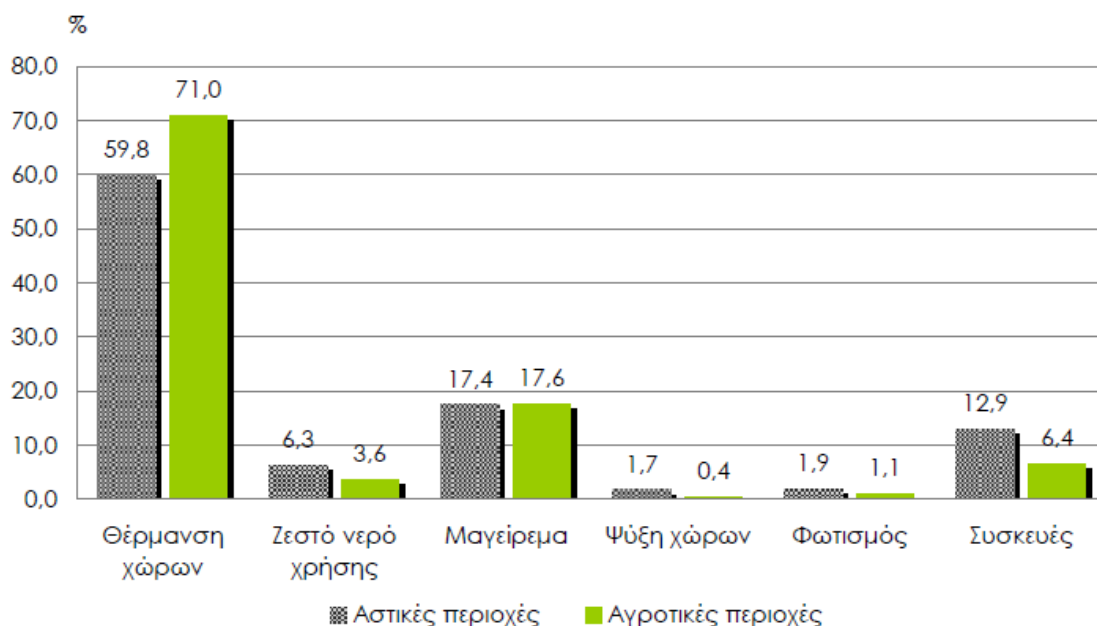
Σύμφωνα με τα στοιχεία της έρευνας, η κατανάλωση ενέργειας επηρεάζεται άμεσα από το βαθμό αστικότητας.

Ο Πίνακας 4-8 που ακολουθεί, παρουσιάζει την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει ετησίως, κατά μέσο όρο κάθε νοικοκυριό ανά βαθμό αστικότητας

	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)
ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	4000
ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	3070

Πίνακας 4-8 Ετήσια συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά βαθμό αστικότητας

Συμπεραίνουμε πως οι ανάγκες των νοικοκυριών σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερες στις αστικές περιοχές σε σχέση με τις υπό μελέτη αγροτικές.



Γράφημα 62 Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τελική χρήση και βαθμό αστικότητας

Στον οικισμό των Κούμων υπάρχουν συνολικά 86 κατοικίες, εκ των οποίων οι 56 είναι μόνιμες και οι υπόλοιπες 30 εξοχικές.

Για την καλύτερη μελέτη της συνολικής κατανάλωσης, γίνεται κατηγοριοποίηση σε 4 διαφορετικές κατηγορίες οικιακών καταναλωτών που έχουν διαφορετική συμπεριφορά. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

1. Μόνιμες κατοικίες με έως και 2 μέλη
2. Μόνιμες κατοικίες με έως και 5 μέλη
3. Εξοχικές κατοικίες με επισκεψιμότητα μόνο τα Σαββατοκύριακα
4. Εξοχικές κατοικίες με επισκεψιμότητα μόνο στις διακοπές (Χριστούγεννα, Πάσχα και Δεκαπενταύγουστος)

Έως 2 μέλη	2 έως 6 μέλη	Μόνο Σαββατοκύριακα	Μόνο διακοπές	Σύνολο κατοικιών
26	30	18	12	86

Πίνακας 9 Αριθμός κατοικιών ανά χρήση.

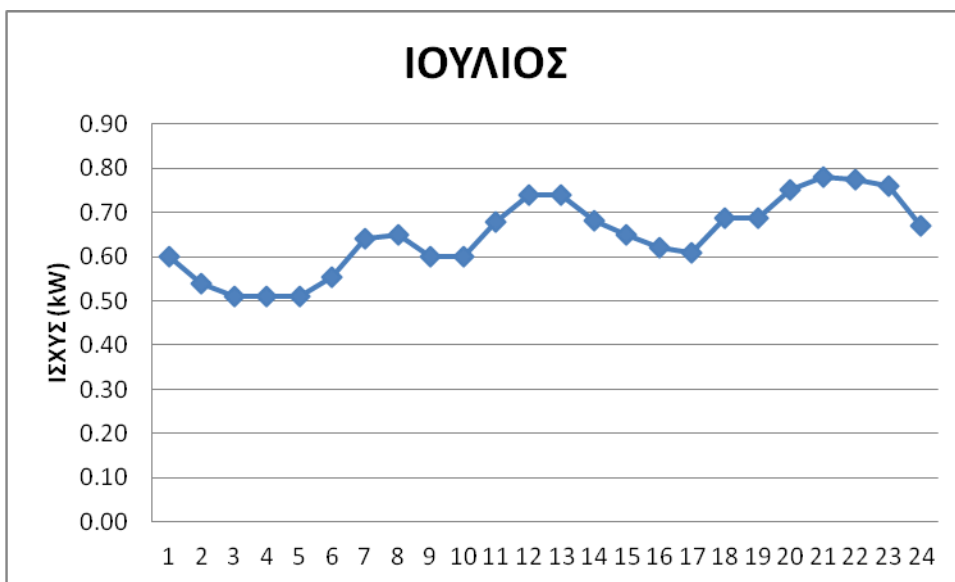
#### 4.3.2.1 Μόνιμες κατοικίες

#### 4.3.2.1.1 2 έως 6 μέλη

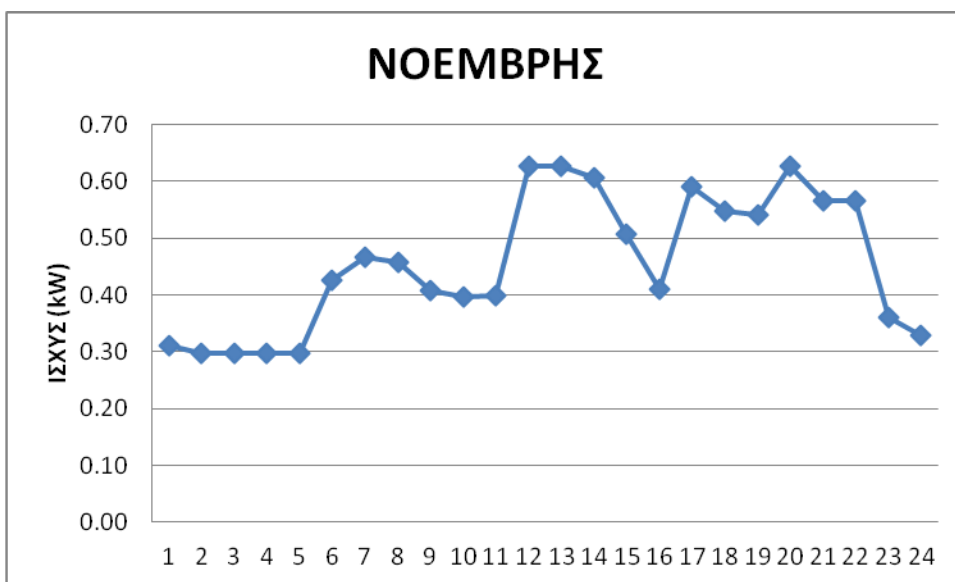
Για την εξαγωγή των τυπικών καμπύλων χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δεδομένα εκκαθαριστικών λογαριασμών μίας πενταμελούς οικογένειας του οικισμού για τρεις αντιπροσωπευτικούς μήνες του έτους, Μάρτιο, Ιούλιο και Νοέμβρη έτσι ώστε να υπάρχει μία εικόνα των μέγιστων και των ελάχιστων καταναλώσεων καθώς και δεδομένα 24ώρου για συμπεριφορά κατοικίας βάσει μελέτης<sup>xviii</sup> ώστε να γίνει η προσαρμογή της καμπύλης αυτής στις υπό μελέτη αγροτικού τύπου μόνιμες κατοικίες και να προκύψουν τελικά τα ακόλουθα γραφήματα:



Γράφημα 63 Καμπύλη αναφοράς Φεβρουαρίου για μόνιμες κατοικίες



Γράφημα 64 Καμπύλη αναφοράς Ιουλίου για μόνιμες κατοικίες



Γράφημα 65 Καμπύλη αναφοράς Νοεμβρίου για μόνιμες κατοικίες

Το Μάρτιο παρατηρείται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τους υπόλοιπους δύο μήνες. Αυτό πιθανά οφείλεται στη χρήση συσκευών για θέρμανση που

χρησιμοποιούν ηλεκτρισμό καθώς όπως παρατηρούμε στο γράφημα



οι καταναλώσεις είναι χαμηλότερες κατά τις νυχτερινές ώρες. Και στα τρία γραφήματα παρατηρείται μέγιστη τιμή καταναλωσόμενης ισχύος μεταξύ 12:00-13:00 το μεσημέρι και περίπου στις 20:00 το βράδυ, τις ώρες δηλαδή του μαγειρέματος.

Η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας που αναμένεται σε αυτού του τύπου την κατοικία κυμαίνεται μεταξύ 10 έως 17,5 kW.

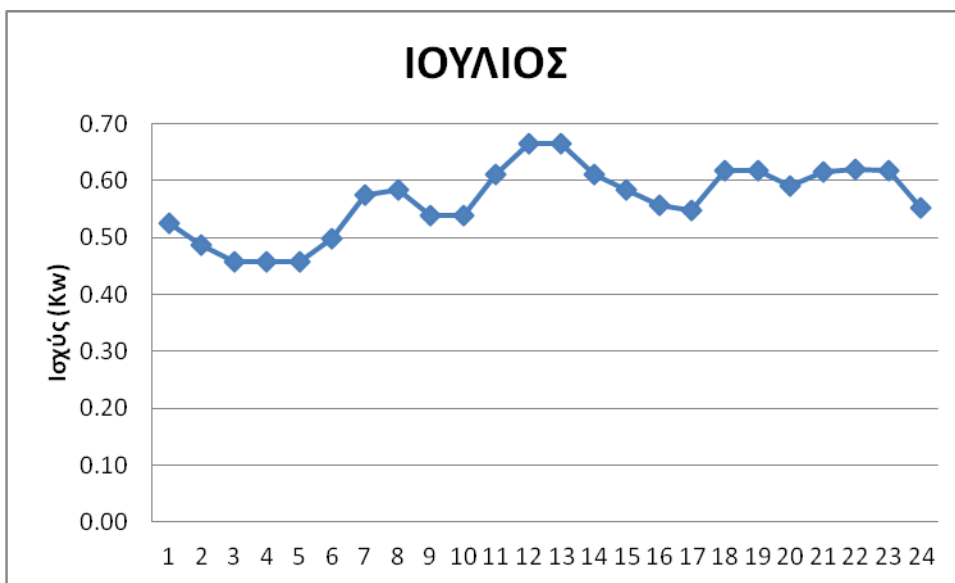
#### 4.3.2.1.2 Έως 2 μέλη

Ο λόγος για τον οποίο εξετάζουμε εκτενέστερα αυτή την κατηγορία είναι ότι είναι αρκετές οι κατοικίες με αυτό το χαρακτηριστικό στον υπό μελέτη οικισμό.

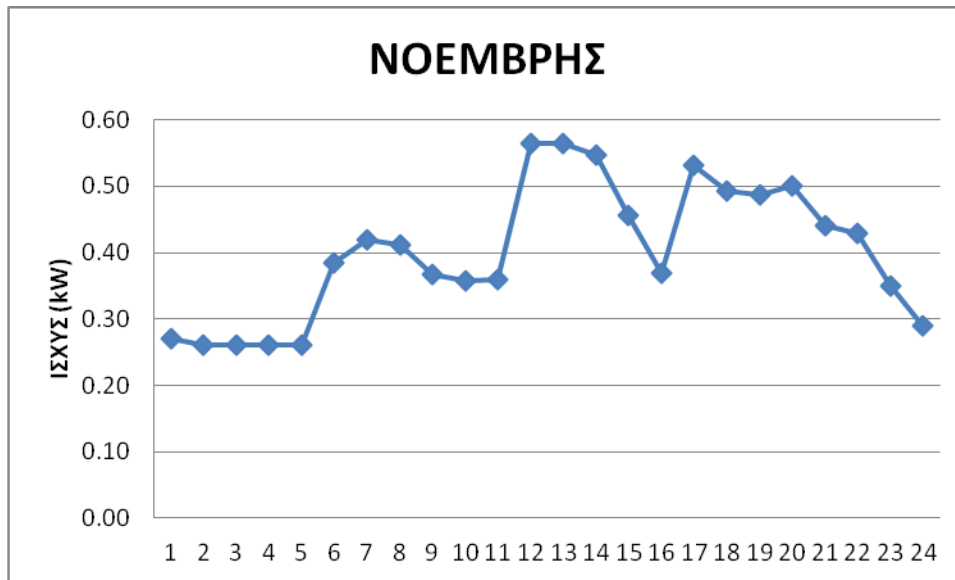
Παρακάτω παραθέτονται οι τυπικές καμπύλες 24ώρου για τρεις αντιπροσωπευτικούς μήνες του έτους όπως έχουν προσαρμοστεί βάσει δεδομένων εκκαθαριστικών λογαριασμών διμελούς οικογένειας του οικισμού και σε συνδυασμό με τις καμπύλες 24ώρου της προαναφερόμενης μελέτης.



Γράφημα 66 Καμπύλη αναφοράς Φεβρουαρίου για μόνιμες κατοικίες έως 2 μέλη.



Γράφημα 67 Καμπύλη αναφοράς Ιουλίου για μόνιμες κατοικίες έως 2 μέλη.



Γράφημα 68 Καμπύλη αναφοράς Νοέμβρη για μόνιμες κατοικίες έως 2 μέλη.

Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω γραφήματα, η συμπεριφορά αυτού του οικιακού προφίλ σε σχέση με τις μόνιμες κατοικίες άνω των 2 μελών είναι ίδια με μόνες διαφορές τη χαμηλότερη συνολικά κατανάλωση και μεγαλύτερη μείωση τις βραδινές ώρες. Αυτό συμβαίνει το βραδινό μαγείρεμα υφίσταται σπάνια. Επίσης όσο λιγότερα τα μέλη μίας κατοικίας, τόσο σπανιότερη η χρήση ηλεκτρικών συσκευών. Τέλος στις αποτελούμενες με έως 2 μέλη κατοικίες συνήθως πρόκειται για ηλικιωμένα ζευγάρια όπου η χρήση και ύπαρξη ηλεκτρικών συσκευών είναι περιορισμένη.

#### 4.3.2.2 Εξοχικές κατοικίες

Όσον αφορά στις εξοχικές κατοικίες, αξίζει να γίνει διαχωρισμός ανάμεσα στις κατοικίες που η χρήση τους αφορά μόνο Σαββατοκύριακα και σε αυτές που αφορά διακοπές εορτών όπως Χριστούγεννα, Πάσχα, Δεκαπενταύγουστο.

##### 4.3.2.2.1 Α. Κατοικίες που η χρήση τους αφορά μόνο Σαββατοκύριακα.

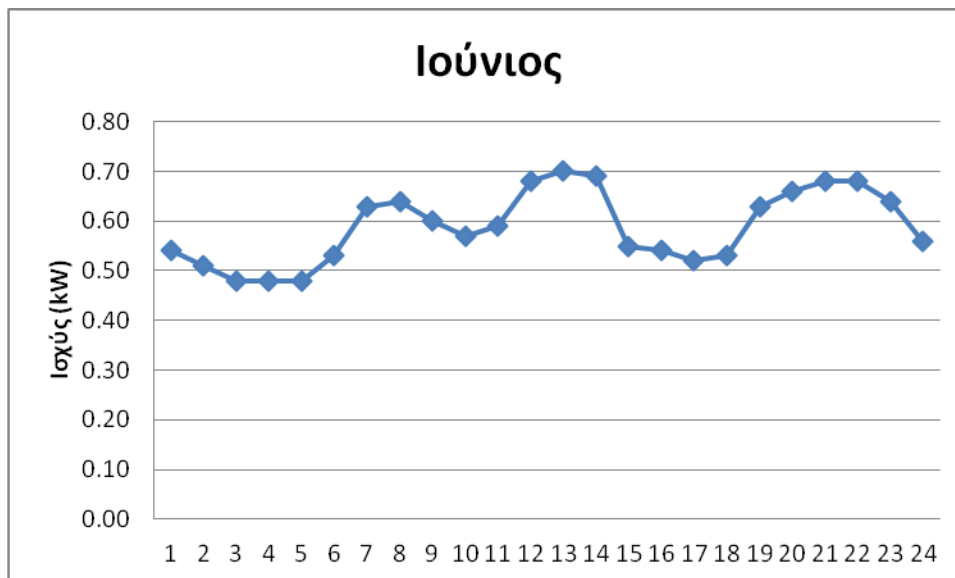
Για την εξαγωγή των τυπικών καμπύλων χρησιμοποιήθηκαν οι τυπικές καμπύλες που αφορούσαν τις μόνιμες κατοικίες και έγινε η ανάλογη προσαρμογή δεδομένου ότι η συμπεριφορά είναι παρόμοια, με το μεσημεριανό φαγητό να υφίσταται, το βραδινό λιγότερο (Συνήθως Κυριακή απόγευμα αποχωρούν) και σχετικά χαμηλότερα φορτία καθώς οι ανάγκες όταν η λειτουργία της κατοικίας παίρνει τη μορφή διακοπών είναι σαφώς λιγότερες.

Επίσης δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε να ασχοληθούμε με τη συμπεριφορά των κατοικιών αυτών τις καθημερινές. Καθώς ναι μεν η επισκεψιμότητα είναι σχεδόν ανύπαρκτη, δεν παύουν όμως να υπάρχουν πιθανά συσκευές σε stand by και ψυγεία σε λειτουργία.

α. Κατοικίες που λειτουργούν μόνο Σαββατοκύριακα-Συμπεριφορά τα Σαββατοκύριακα

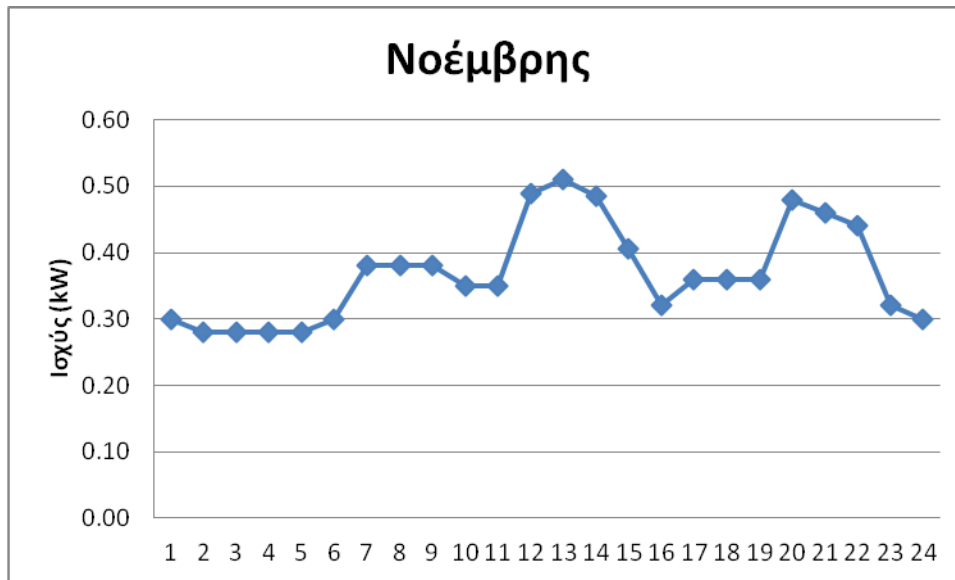


Γράφημα 69 Καμπύλη αναφοράς Φεβρουαρίου για συμπεριφορά κατοικιών τα Σαββατοκύριακα.



Γράφημα 70 Καμπύλη αναφοράς Ιουνίου για συμπεριφορά κατοικιών τα Σαββατοκύριακα



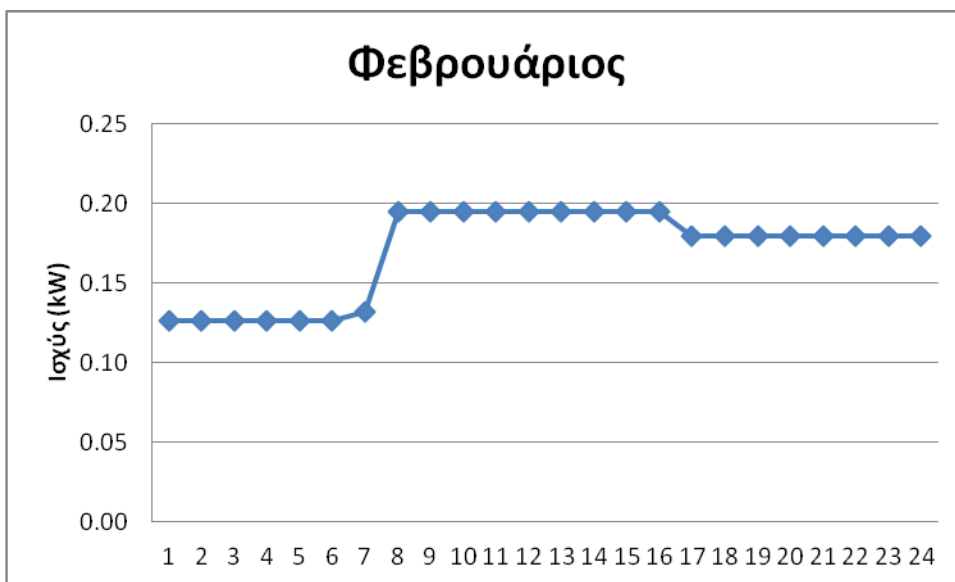


Γράφημα 71 Καμπύλη αναφοράς Νοέμβρη για συμπεριφορά κατοικιών τα Σαββατοκύριακα

Όπως παρατηρούμε από τα γραφήματα, η μορφή των καμπύλων δε διαφοροποιείται ιδιαίτερα από εποχή σε εποχή. Το μοτίβο είναι σχεδόν ίδιο με μεγαλύτερη διαφοροποίηση τον Φεβρουάριο πιθανά λόγω της χρήσης σωμάτων θέρμανσης.

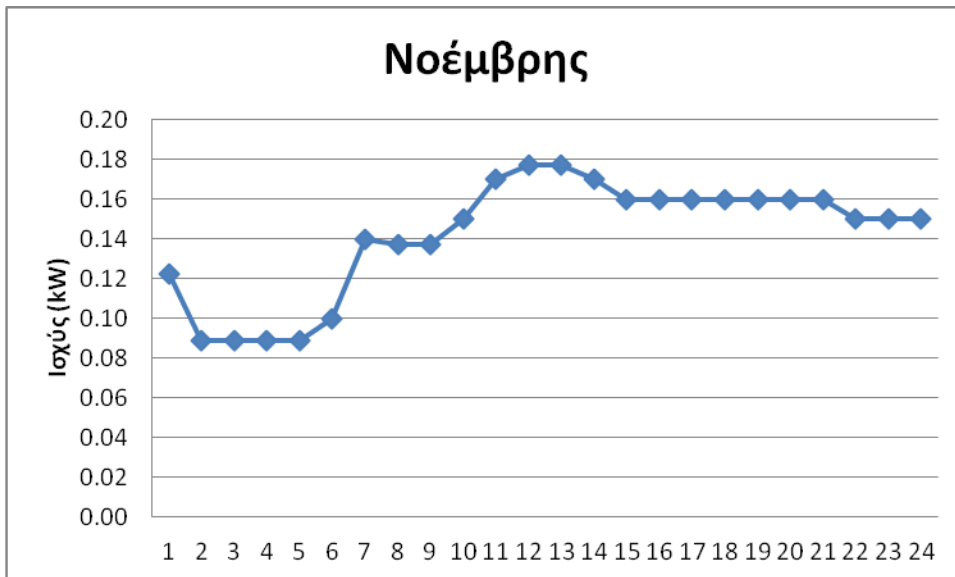
#### β. Κατοικίες που λειτουργούν μόνο Σαββατοκύριακα-Συμπεριφορά τις Καθημερινές

Όπως παρατηρούμε από τα γραφήματα, υπάρχουν μικρές αλλά αξιοσημείωτες καταναλώσεις λόγω διάφορων συσκευών που πιθανά βρίσκονται σε stand by και της λειτουργίας ψυγείων. Κατά τους μήνες Ιούλιο και Νοέμβρη παρατηρείται μεγαλύτερη διαφοροποίηση στην καμπύλη αναφοράς σε σχέση με τον Φεβρουάριο. Αυτό πιθανά οφείλεται στη μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ περιβάλλοντος και επιθυμητής θερμοκρασίας ψύξης στα ψυγεία τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες σε σχέση με τους χειμερινούς.



Γράφημα 72 Καμπύλη αναφοράς για τις καθημερινές,κατοικιών που λειτουργούν μόνο Σαββατοκύριακα για τον μήνα Φεβρουάριο.

Γράφ. 4-1 Καμπύλη αναφοράς για τις καθημερινές,κατοικιών που λειτουργούν μόνο Σαββατοκύριακα για τον μήνα Ιούλιο.



Γράφημα 73 Καμπύλη αναφοράς για τις καθημερινές,κατοικιών που λειτουργούν μόνο Σαββατοκύριακα για τον μήνα Νοέμβρη.

#### 4.3.2.2.2 Β. Κατοικίες που λειτουργούν μόνο τις διακοπές

Στη συγκεκριμένη περίπτωση αναφερόμαστε στις διακοπές των Χριστουγέννων, του Πάσχα και του καλοκαιριού με σημείο αναφοράς το Δεκαπενταύγουστο όπου η επισκεψιμότητα κορυφώνεται σε σχέση με το υπόλοιπο καλοκαίρι λόγω του γεγονότος ότι είθισται οι περισσότερες καλοκαιρινές άδειες να συμπίπτουν στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Πάλι στη συγκεκριμένη περίπτωση έχει γίνει προσαρμογή των τυπικών καμπύλων 24ώρου της μόνιμης κατοικίας σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά μίας κατοικίας που λειτουργεί μόνο τις διακοπές.

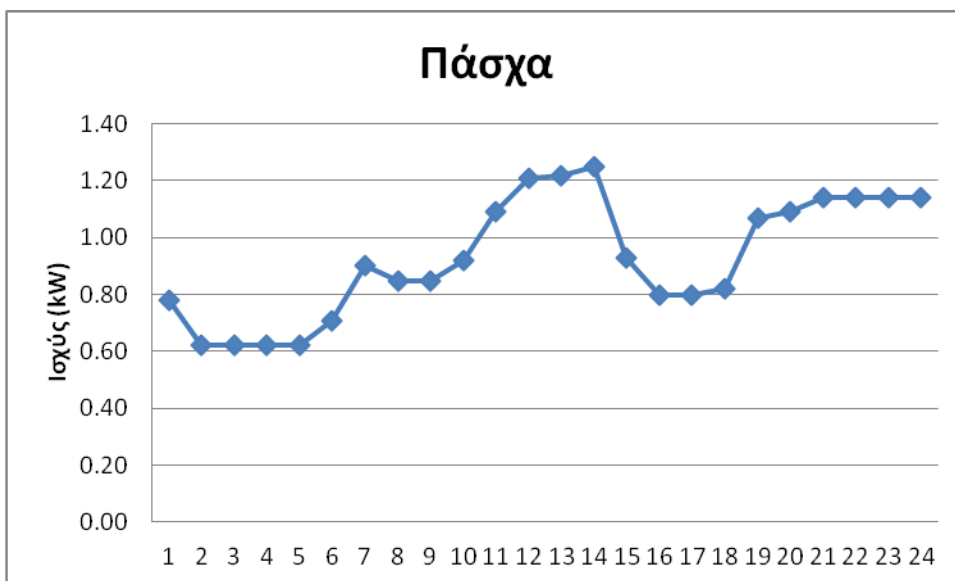
Εδώ αξίζει να σημειώσουμε ότι πέραν των διαστημάτων των διακοπών, δεν υπάρχει λόγος να αναφερθούμε καθώς οι καταναλώσεις είναι μηδενικές. Σε τόσο μεγάλα "νεκρά" διαστήματα μεταξύ των διακοπών δεν παραμένουν ούτε συσκευές σε stand by, ούτε ψυγεία σε λειτουργία.



Γράφημα 74 Καμπύλη αναφοράς κατοικίας το Δεκαπενταύγουστο



Γράφημα 75 Καμπύλη αναφοράς κατοικίας τα Χριστούγεννα



Γράφημα 76 Καμπύλη αναφοράς κατοικίας το Πάσχα

Εδώ επίσης παρατηρούμε τα μέγιστα των καταναλώσεων να εντοπίζονται το μεσημέρι κατά την προετοιμασία του φαγητού με τις τιμές να είναι γενικά πιο αυξημένες σε σχέση με αυτές των κατοικιών τις απλές καθημερινές λόγω του αυξημένου αριθμού ατόμων. Συνήθως οι οικογένειες μαζεύονται αυτές τις ημέρες για να γιορτάσουν και αυτό έχει άμεση συνέπεια στην αύξηση της κατανάλωσης. Τα ψυγεία ανοιγοκλείνουν συχνότερα, η ποσότητα του φαγητού είναι μεγαλύτερη κλπ..

### 4.3.3 Επιχειρήσεις

#### 4.3.3.1 Τυροκομείο

Μία επιχείρηση επεξεργασίας τυριού αποτελεί ιδιαίτερα ενεργοβόρο εγκατάσταση. Σύμφωνα με μελέτη που διεξήχθη το 2005 στο πανεπιστήμιο του Wisconsin των Ηνωμένων Πολιτειών<sup>xix</sup>, ένας τόνους τυριού απαιτεί 318 kWh.

Το συγκεκριμένο τυροκομείο αποτελεί μία οικογενειακή επιχείρηση η οποία λειτουργεί εδώ και 50 χρόνια. Η επιχείρηση τα τελευταία χρόνια έχει επεκταθεί λόγω της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης, καθώς φημίζεται για την γραβιέρα και τον ανθότυρό της η οποία διανέμεται σε διάφορα μέρη της Κρήτης και στην Αθήνα.<sup>xx</sup>

Η περίοδος λειτουργίας του τυροκομείου είναι από μέσα Νοέμβρη έως μέσα Ιουλίου. Τους υπόλοιπους μήνες σταματάει η παραγωγική διαδικασία του τυροκομείου.

Αυτό που παρατηρούμε γενικά όσον αφορά τη γενική λειτουργία του τυροκομείου είναι πως από το άνοιγμα του τυροκομείου έως το κλείσιμο στα μέσα Ιουνίου η κατανάλωση αυξάνεται εκθετικά. Αυτό μετά από παρατήρηση με τον ιδιοκτήτη κο Γασπαράκη διαπιστώσαμε πως οφείλεται στους εξής λόγους:

1. Η αύξηση της θερμοκρασίας που σημαίνει μεγαλύτερη απόκλιση από την επιθυμητή θερμοκρασία.
2. Η παλαιότητα της επιχείρησης και των μηχανημάτων, η οποία έχει μεν ανακαινιστεί, δεν παύει όμως τα μηχανήματα να είναι παλιά και οι μονώσεις ανεπαρκείς. Επίσης δεν υπάρχει μία κεντρική μονάδα για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας όλων των χώρων αλλά μικρές επιμέρους μονάδες. Έτσι η κατανάλωση πολλαπλασιάζεται.
3. Το Μάρτιο μπαίνει σε λειτουργία ο τρίτος ψυκτικός θάλαμος. Έως τότε είναι μόνο οι δύο σε λειτουργία.. Αυτό έχει να κάνει με την αύξηση του όγκου αποθέματος.

Λειτουργία τυροκομείου:

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΤΥΡΟΚΟΜΕΙΟΥ	
Α. ΧΩΡΟΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	4 ψύκτες γάλακτος
	1 Αντλία γάλακτος με δυνατότητα άντλησης έως και 5 τόνους ημερησίως και λειτουργία 1h/day
	4 Λάμπες φθορίου

	2 Ηλεκτρονικές ζυγαριές δυναμικής έως 500 kg
<b>Β. ΓΡΑΜΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ</b>	5 Καζάνια με μοτέρ ανάδευσης
	1 Ανεμηστήρας 1hr
	3 Λάμπες φθορίου
	1 Φωτιστικό ασφαλείας
<b>Γ.ΧΩΡΟΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΥΡΙΟΥ</b>	1 Στοιχείο ψύξης (Διατηρεί το χώρο στους 12-15 βαθμούς)
	2 Λάμπες φθορίου
	1 Φωτιστικό ασφαλείας
<b>Δ.ΧΩΡΟΣ ΑΛΑΤΙΣΜΑΤΙΣΜΑΤΟΣ ΤΥΡΙΟΥ</b>	1 Στοιχείο ψύξης (Διατηρεί το χώρο στους 12 βαθμούς)
	2 Λαμπτήρες φθορίου
	1 Φωτιστικό ασφαλείας
<b>Ε.ΧΩΡΟΣ ΠΡΟΩΡΙΜΑΝΣΗΣ</b>	1 Στοιχείο ψύξης (Διατηρεί το χώρο στους 15 βαθμούς)
	2 Λαμπτήρες φθορίου
<b>ΣΤ.ΧΩΡΟΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ</b>	
<b>α. 1η Ωρίμανση</b>	1 Στοιχείο ψύξης (Διατηρεί το χώρο στους 18-22 βαθμούς)
	2 Λαμπτήρες φθορίου
<b>β. 2η Ωρίμανση</b>	1 Στοιχείο ψύξης (Διατηρεί το χώρο στους 18-22 βαθμούς)
	4 Λαμπτήρες φθορίου
<b>γ. Ωριμαντήριο ξηρού ανθοτύρου</b>	1 Στοιχείο ψύξης (Διατηρεί το χώρο στους 15 βαθμούς το καλοκαίρι)

	1 Στοιχείο θέρμανσης(Διατηρεί το χώρο στους 15 βαθμούς το χειμώνα)
	4 Ανεμωστές οροφής
	1 Ανεμωστήρας δαπέδου
	4 Λαμπτήρες φθορίου
<b>Ζ.ΘΑΛΑΜΟΣ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ</b>	1 Στοιχείο θέρμανσης(Διατηρεί τη θερμοκρασία στους 52 βαθμούς μέχρι μία συγκεκριμένη διεργασία)
	1 Στοιχείο ψύξης(Διατηρεί τη θερμοκρασία στους 2 βαθμούς για μία συγκεκριμένη διεργασία)
	1 Λάμπα φθορίου
<b>Η.ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ</b>	3 Ψυκτικοί θάλαμοι με θερμοκρασία μεταξύ 3 και 5 βαθμών
	6 λαμπτήρες φθορίου
<b>Θ. ΧΩΡΟΣ ΠΛΥΣΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΤΥΡΙΩΝ</b>	1 Μηχάνημα παραγωγής κενού αέρος τύπου Vancuum
	1 Μηχάνημα παραγωγής κενού αέρος τύπου Cryovac
	1 Πιεστικό μηχάνημα 1hr με χρήση μισή ώρα την ημέρα
	2 Λαμπτήρες φθορίου
<b>Ι. ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ</b>	1 Λέβητας πυρηνόξυλου με 5 μοτέρ x 1 Kw έκαστος, τροφοδοτεί όλο το τυροκομείο με ατμό.
	2 Λάμπες φθορίου
<b>Κ.ΑΠΟΔΥΤΗΡΙΑ</b>	1 Επαγγελματικό πλυντήριο με λειτουργία 3h/day και χωρητικότητα 10 kg
	1 Επαγγελματικό στεγνωτήριο με λειτουργία 2h/day και χωρητικότητα 10 kg
	2 Λάμπες φθορίου

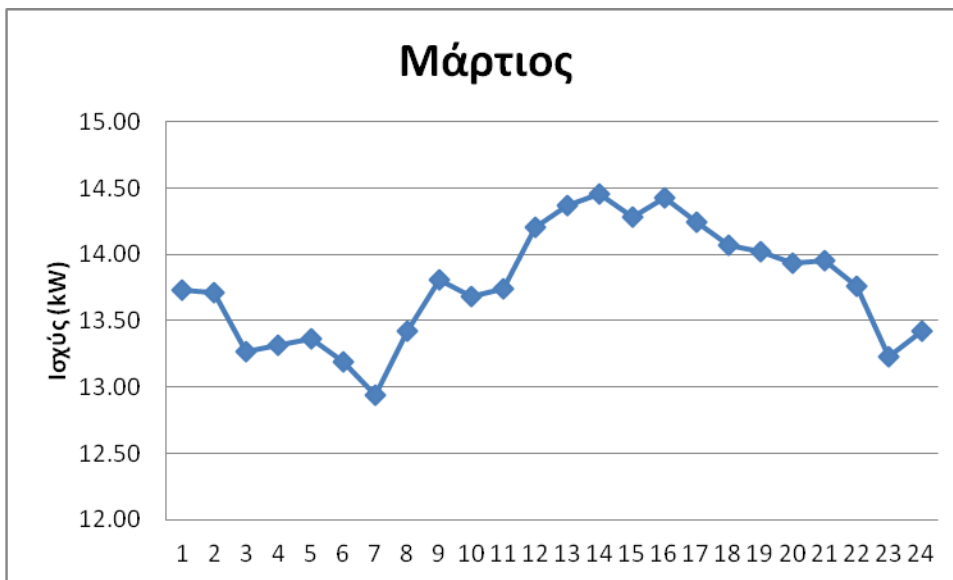
Πίνακας 10 Φορτία τυροκομείου.

Από τον όγκο των δεδομένων αντιλαμβανόμαστε ότι πρόκειται για τον πιο ενεργοβόρο καταναλωτή στον οικισμό.

Αυτό θα το δούμε και αναλυτικά με τα διαγράμματα που θα ακολουθήσουν, όπου βάσει των εκκαθαριστικών λογαριασμών της ΔΕΗ και σποραδικών μετρήσεων που διεξήχθησαν, προκύπτουν τυπικές καμπύλες της ενεργειακής κατανάλωσης – ενεργειακής συμπεριφοράς του τυροκομείου για τρεις αντιπροσωπευτικούς μήνες του έτους.

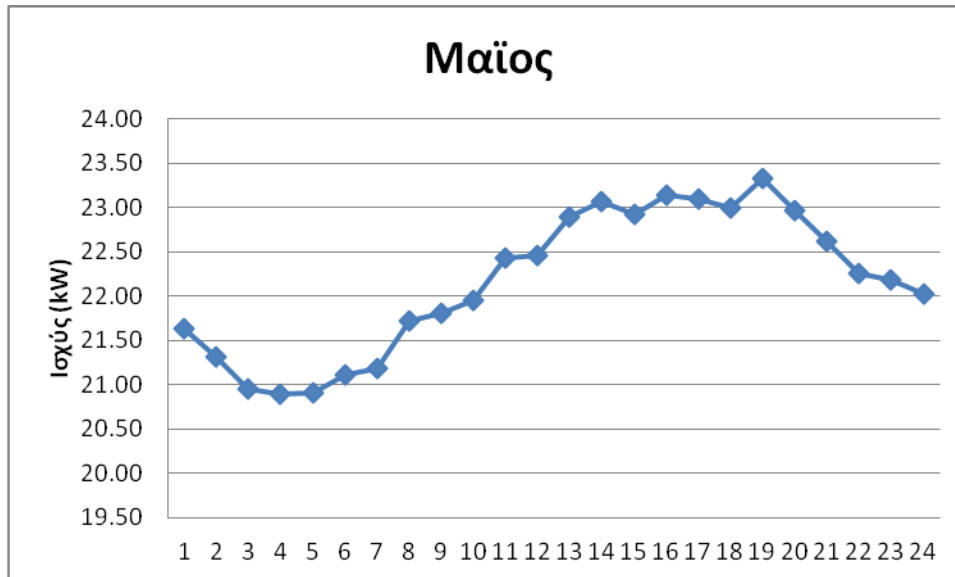


Γράφημα 77



Γράφ. 4-2





Γράφ. 4-3

Στα παραπάνω διαγράμματα είναι εύκολο να διακρίνουμε ότι στις 07:00 περίπου το πρωί που γίνεται η πρώτη παραλαβή γάλακτος ξεκινάνε οι όλες διαδικασίες στο τυροκομείο. Μετά τις 12:00 και κυρίως γύρω στις 14:00 εμφανίζονται οι μεγαλύτερες καταναλώσεις, και είναι λογικό γιατί όπως μας εξήγησαν οι υπάλληλοι τις ώρες εκείνες εκτελούνται ταυτόχρονα οι περισσότερες από τις καθημερινές διεργασίες συνεπώς τα αντίστοιχα μηχανήματα.

Αύξηση στην κατανάλωση παρατηρείται ξανά γύρω στις 20:00 όπου είναι η δεύτερη παραλαβή γάλακτος μέσα στην ημέρα.

Σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των μηνών δεν παρατηρούμε με εξαίρεση το Μάιο όπου ανοίγει ο τρίτος ψυκτικός θάλαμος λόγω της αυξημένης παραγωγής γάλακτος.

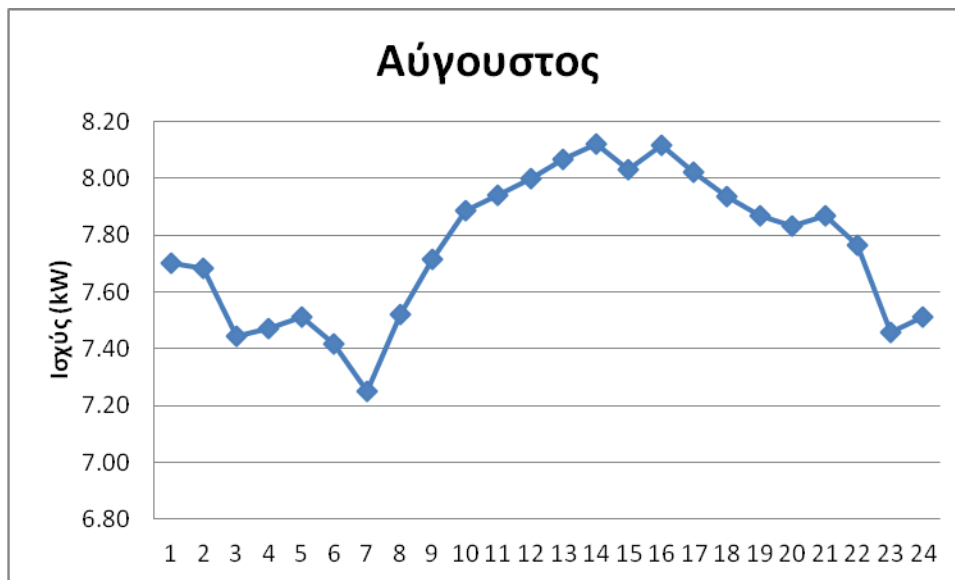
Αξίζει να σημειωθεί επίσης το γεγονός ότι τα Σαββατοκύριακα η συμπεριφορά είναι ακριβώς η ίδια με τις καθημερινές, καθώς το βασικό προϊόν με το οποίο τροφοδοτείται η επιχείρηση, το γάλα, παράγεται καθόλη τη διάρκεια της εβδομάδας και η λειτουργία του τυροκομείου είναι αδιάλειπτη όσο υπάρχει παραγωγή γάλακτος. Έτσι όλες οι διεργασίες που ακολουθούνται τις καθημερινές, ακολουθούνται και τα Σαββατοκύριακα.

Τέλος, όσων αφορά τους καλοκαιρινούς μήνες από μέσα Ιουλίου έως μέσα Νοέμβρη κατά τους οποίους η παραγωγική διαδικασία του τυροκομείου σταματάει, θα γίνει σχετική αναφορά για τον πιο αντιπροσωπευτικό μήνα τη περίοδο αυτής, τον Αύγουστο. Για την εξαγωγή της τυπικής καμπύλης του Αυγούστου, δεν υπήρχε διαθέσιμος εκκαθαριστικός λογαριασμός, συνεπώς έγινε προσαρμογή πρότυπης καμπύλης

τυροκομείου στα δεδομένα του υπό μελέτη τυροκομείου. Πιο συγκεκριμένα, βάσει δεδομένων από το Dairy process industry, energy best practice, η μέση χρήση ενέργειας ενός τυροκομείου επιμερίζεται ως εξής:

Reception/thermization	19%
Cheese Processing	14%
Cheese treatment/Storage	24%
Cooling	19%
Compressed air	5%
Cleaning inplace	19%

Στο συγκεκριμένο τυροκομείο λοιπόν, για τον Αύγουστο γνωρίζουμε ότι σταματάει εντελώς η παραλαβή γάλακτος, συνεπώς και η παραγωγική διαδικασία, και υπάρχουν μόνο τρεις ψυκτικοί θάλαμοι ανοιχτοί για συντήρηση και αποθήκευση των τυριών. Επίσης γίνεται συσκευασία για την διακίνηση των αποθεμάτων στα καταστήματα. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν πως πρόκειται για ένα ποσοστό της τάξης του 35%. Το τυροκομείο δηλαδή τον Αύγουστο λειτουργεί στο 35% του μέγιστου φορτίου το οποίο συναντάει το Μάιο.



Όπως παρατηρούμε η κατανάλωση του τυροκομείου διατηρείται σχετικά σταθερή κατά τη διάρκεια του 24ώρου με μικρές αποκλίσεις από τις πρώτες πρωινές ώρες έως και το απόγευμα λόγω της χρήσης των θαλάμων για τις διακινήσεις των τυροκομικών προϊόντων και λόγω της διαφοράς μεταξύ της επιθυμητής θερμοκρασίας εντός των θαλάμων και της αυξημένης θερμοκρασίας περιβάλλοντος σε σχέση με το χειμώνα.

Οι διαφοροποιήσεις κατά τις βραδινές ώρες στις οποίες δεν υπάρχει ο ανθρώπινος παράγοντας, οφείλονται στη διαφορά με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος και κυρίως στη λειτουργία του θερμοστάτη των ψυγείων, καθώς όταν αντιληφθούν ότι ο

χώρος έχει την επιθυμητή θερμοκρασία παύει η λειτουργία των ψυγείων και γίνεται επανεκκίνηση όταν αντιληφθούν εκ νέου την απόκλιση από το επιθυμητό επίπεδο θερμοκρασίας.

### 4.3.3.2 Καφενεία

Στον οικισμό υπάρχουν δύο καφενεία.

#### 4.3.3.2.1 Καφενείο 1

Το κεντρικό καφενείο του χωριού, αποτελείται από έναν ενιαίο χώρο 80 τμ.

Τα φορτία είναι τα εξής:

	Ποσότητα	Watt
Ψυγείο παγωτών	1	300
Ψυγείο αναψυκτικών	1	500
Λαμπτήρες φθορίου	5	58
TV LG 42 (stand by)	1	30
Dvd player stand by)	1	30
Nova αποκωδ/της stand by	1	30
Mixer	1	100
Βραστήρας	1	1000

Πιν. 4.3 i

Το καφενείο λειτουργεί όλες τις ώρες της ημέρας, όμως οι ώρες αιχμής είναι κυρίως μεταξύ 08.00-14.00 και 18.00-24.00 τις καθημερινές 09.00-14.00 και 18.00-01.00 τα Σαββατοκύριακα.



Γράφημα 78 Καταναλώσεις καφενείου ανά ώρα τα Σαββατοκύριακα.



Γράφημα 79 Καταναλώσεις καφενείου ανά ώρα τις καθημερινές.

Λόγω της γενικά αυξημένης επισκεψιμότητας του χωριού την καλοκαιρινή περίοδο, και ιδιαίτερα τον Αύγουστο αξίζει να δούμε αναλυτικότερα κάποιες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ενδεικτικά τον Αύγουστο του 2014.

Η καμπύλη των καταναλώσεων όλου του Αυγούστου ακολουθεί στο διάγραμμα **Σφάλμα!** Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.



Γράφημα 8 Καταναλώσεις καφενείου το Δεκαπενταύγουστο.

Παρατίθεται πίνακας με τις καταναλώσεις του καφενείου που προέκυψαν από τους εκκαθαριστικούς λογαριασμούς της ΔΕΗ για το διάστημα 08/08/2013 έως 04/08/2014

Ημερομηνίες	Σύνολο ημερών	Ενέργεια (kWh)	Ενέργεια ανά ημέρα (kWh/day)
08/08/2013 έως 06/12/2013	120	1506	12,55
06/12/2013 έως 04/04/2014	119	1341	11,27
04/04/2014 έως 04/08/2014	122	1497	12,27

Πίνακας 11 Καταναλώσεις του καφενείου

#### Καφενείο 2

Το δεύτερο καφενείο του οικισμού έχει παρόμοια συμπεριφορά με το πρώτο όμως με λιγότερα φορτία όπως φαίνεται στον πίνακα. Συνεπώς για τη μελέτη του ως καταναλωτής στο συνολικό δίκτυο, έγινε προσαρμογή της καμπύλης του καφενείου 1.

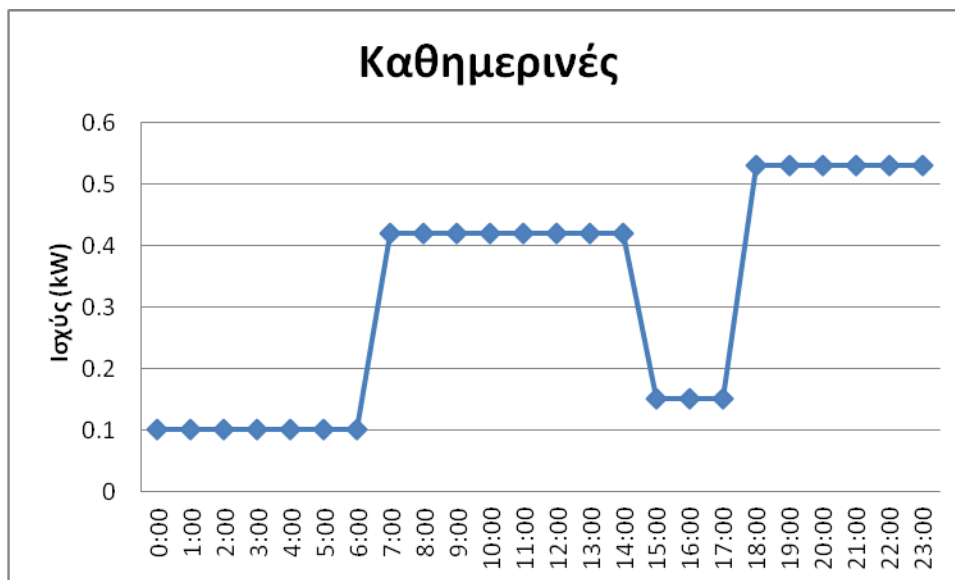
	Ποσότητα	Watt
Ψυγείο αναψυκτικών	1	500
Λαμπτήρες φθορίου	3	58
TV LG 40 (stand by)	1	30
Mixer	1	100

Πίνακας 12 Φορτία καφενείου 2

Επίσης και οι ώρες λειτουργίας και η γενική συμπεριφορά από άποψη κατανάλωσης είναι ίδια όπως βλέπουμε στα ακόλουθα διαγράμματα.



Γράφημα 81 Καταναλώσεις καφεενίου ανά ώρα τα Σαββατοκύριακα.



Γράφημα 82 Καταναλώσεις καφεενίου ανά ώρα τις καθημερινές.

### 4.3.3.3 Ερασιτέχνες τεχνίτες

Στον οικισμό των Κούμων οι κάτοικοι ασχολούνται κατά βάση με την γεωργία και την κτηνοτροφία, υπάρχουν όμως και κάποιοι ερασιτέχνες τεχνίτες οι οποίοι κυρίως για αναβάθμιση και συντήρηση των μονάδων καλλιέργειας και κτηνοτροφίας, ασχολούνται και με δραστηριότητες όπως η ξυλουργική και οι αλουμινοκατασκευές. Ο λόγος για τον

οποίο αναφερόμαστε στο συγκεκριμένο κομμάτι είναι ότι ναι μεν η ενασχόληση δεν είναι καθημερινή αφού δεν πρόκειται για επαγγελματίες, όμως οφείλουμε να υπολογίσουμε φορτία όπως πχ η ηλεκτροσυγκόλληση τα οποία κατά την χρήση τους προκαλούν διαταραχές στο δίκτυο. Έτσι λοιπόν θεωρούμε ότι τα φορτία αυτά λειτουργούν κατά μέσο όρο μία ώρα την ημέρα και μόνο καθημερινές για να μπορέσουμε να εξάγουμε μία τυπική καμπύλη όσο γίνεται πιο κοντά στην πραγματικότητα.

Τα φορτία είναι φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα

Φορτία	kW	Χρήση κατά μέσο όρο
Πριόνι	2,2	2 ώρες κάθε Σαββατοκύριακο
Δισκοπρίονο	2	2 ώρες κάθε Σαββατοκύριακο
Τρυπάνι	2,2	2 ώρες κάθε Σαββατοκύριακο
Κορδέλλα	1,1	2 ώρες κάθε Σαββατοκύριακο
Ξύστρα	1,2	2 ώρες κάθε Σαββατοκύριακο
Ηλεκτροσυγκόλληση	9,2 στιγμιαία	2 φορές το μήνα

Πίνακας 13 Φορτία

Συγκεκριμένα για την ηλεκτροσυγκόλληση θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η χρήση της ναι μεν είναι σπάνια όμως τα δευτερόλεπτα για τα οποία λειτουργεί, λόγω της υψηλής τάσης που απαιτείται για τη δημιουργία ιονισμού προκαλούνται διαταραχές στο δίκτυο, τόσο που η χρήση της αυτή θα μπορούσε να ισούται με τη λειτουργία της για μία ώρα όλο το έτος ακόμη κι αν η πραγματικότητα δεν είναι αυτή. Τα προβλήματα θα είναι σημαντικότερα σε περίπτωση νησιδοποιημένης λειτουργίας του μικροδικτύου.

#### 4.4 Εκτίμηση Αιολικού Δυναμικού

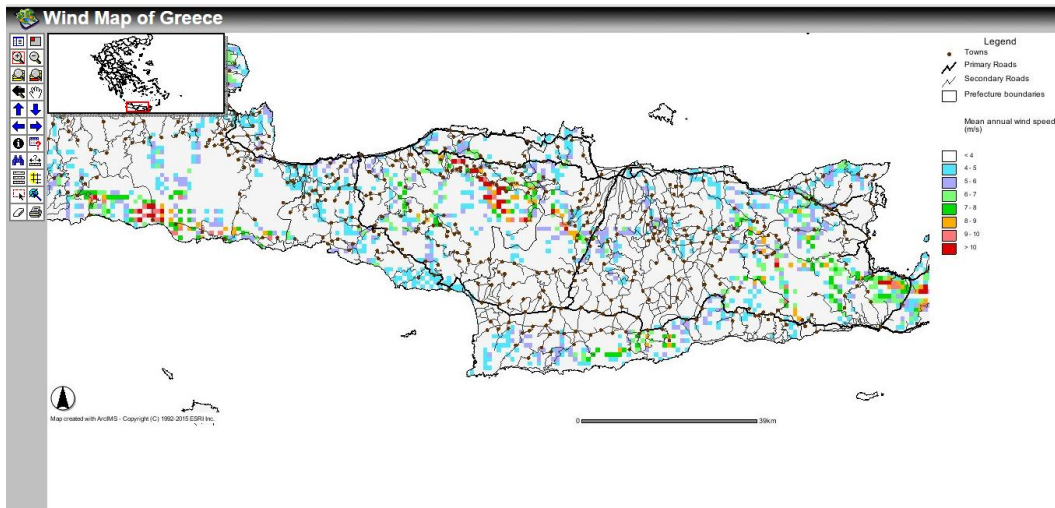
Σύμφωνα με την Τεχνική οδηγία του Τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις βάσει μετεωρολογικών σταθμών της ΕΜΥ. Η μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου στο Ρέθυμνο υπολογίστηκε βάσει ημερήσιων παρατηρήσεων απ' όπου προέκυψαν οι μέσες ημερήσιες ταχύτητες και κατά συνέπεια η μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι τα ακόλουθα:

ΜΗΝΑΣ	U (m/sec)
Ιανουάριος	4,6

Φεβρουάριος	5,0
Μάρτιος	4,6
Απρίλιος	3,9
Μάιος	3,1
Ιούνιος	3,0
Ιούλιος	3,5
Αύγουστος	3,2
Σεπτέμβριος	3,4
Οκτώβριος	3,7
Νοέμβριος	4,2
Δεκέμβριος	4,6

Πίνακας 14 Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου για το Ρέθυμνο.



Γράφημα 83 Χάρτης αιολικού δυναμικού Κρήτης.

## 4.5 Εκτίμηση Ηλιακού Δυναμικού

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μία οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια έχει δύο συνιστώσες, την άμεση και τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία.

Η άμεση είναι αυτή η οποία φτάνει απευθείας από τον ηλιακό δίσκο στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς να υποστεί σκέδαση, αλλαγή κατεύθυνσης κατά τη διαδρομή της διαμέσου της ατμόσφαιρας. Εξαρτάται από την απόσταση Ηλίου – Γής, την ηλιακή απόκλιση ( $\delta$ ), το ηλιακό ύψος ( $\alpha$ ) το γεωγραφικό πλάτος του τόπου ( $\varphi$ ), το υψόμετρο του τόπου ( $h$ ), την κλίση της επιφάνειας επί της οποίας προσπίπτει ( $\beta$ ), καθώς και από την απορρόφηση και διάχυση στην οποία υφίσταται μέσα στην ατμόσφαιρα.

Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι το ποσό της ακτινοβολίας το οποίο φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους μετά από την ανάκλαση ή σκέδαση μέσα στην ατμόσφαιρα αλλά και μετά από ανάκλαση πάνω στην επιφάνεια της γης. Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από το ηλιακό ύψος ( $\alpha$ ), το υψόμετρο του τόπου, τη λευκαύγεια του εδάφους,



το ποσό και το είδος των νεφών καθώς και από την παρουσία διάφορων κέντρων σκεδάσεως (αερολυμάτων, υδροσταγόνων κ.α) που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα.

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που διανύει η ηλιακή ακτινοβολία στην ατμόσφαιρα, τόσο μικρότερο είναι το ποσό ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει τελικά στην επιφάνεια της γης. Για το λόγο αυτό η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο σε σχέση με τη χειμερινή. Τέλος όσο πιο κάθετα προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία πάνω σε μία επιφάνεια στη γη, τόσο μεγαλύτερη είναι η έντασή της. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο σε κάθε είδους ηλιακού συλλέκτη προσπαθούμε να επιτύχουμε όσο το δυνατό μεγαλύτερη καθετοποίηση ως προς τις ηλιακές ακτίνες.

Η Ελλάδα λόγω και της θέσης της παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου 1.400 – 1.800 (kWh/m<sup>2</sup>) ετησίως σε οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής.

Η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει τη μέγιστη έντασή της κατά τη διάρκεια του μεσημεριού (μέγιστο ηλιακό ύψος), τόσο κατά τη θερινή, όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο. Η ηλιακή ενέργεια είναι μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο

Σύμφωνα πάλι με την Τεχνική οδηγία του Τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010 υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές ηλιοφάνειας για το Ρέθυμνο ως μέσος όρος των τιμών ηλιοφάνειας για κάθε μήνα της εξεταζόμενης περιόδου. Οι μηνιαίες τιμές ηλιοφάνειας υπολογίστηκαν με το άθροισμα των ωρών της ημερήσιας ηλιοφάνειας .

Για τις ημέρες που δεν ήταν δυνατή η μέτρηση της ηλιοφάνειας υπολογίστηκαν εμπειρικά από τον τύπο

$$v = 8(1-n/H)$$

Όπου  $v$  = Μέση νέφωση σε όγδοα

$n$  = Παρατηρούμενη ηλιοφάνεια

$H$ =Θεωρητικά αναμενόμενη ηλιοφάνεια

## 5 Το Λογισμικό HOMER

Το λογισμικό HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources), αποτελεί ένα μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού, το οποίο προσομοιώνει τη φυσική συμπεριφορά και υπολογίζει τον οικονομικότερο και τεχνικά αποδοτικότερο συνδυασμό μονάδων παραγωγής ενέργειας, οι οποίες καλύπτουν την ενεργειακή ζήτηση.

Συγκεκριμένα, προσομοιώνει την λειτουργία ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κάνοντας υπολογισμούς του ενεργειακού ισοζυγίου για όλες τις ώρες στην διάρκεια ενός χρόνου. Εφόσον το εξεταζόμενο σύστημα καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες για όλο τον χρόνο, γίνεται ανάλυση του κόστους ζωής, συμπεριλαμβανομένου του κόστους εγκατάστασης, αντικατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και το κόστος καυσίμου.

Το Homer επιτρέπει στο χρήστη να συγκρίνει πολλές διαφορετικές επιλογές σχεδιασμού στην τεχνοοικονομική τους υπόσταση, βοηθά στην κατανόηση των συστημάτων αυτών και ποσοτικοποιεί τις επιδράσεις της αβεβαιότητας ή των αλλαγών στις μεταβλητές εισόδου.

Το *Homer* μπορεί να μοντελοποιήσει οποιαδήποτε από τα παραπάνω συστήματα που μπορούν να αποτελούνται από:

- Φωτοβολταικά πλαίσια,
- Ανεμογεννήτριες,
- μικρά υδροηλεκτρικά έργα,
- γεννήτριες βιομάζας,
- παλινδρομικούς κινητήρες-γεννήτριες
- μικρογεννήτριες κυψέλες καυσίμου,
- μπαταρίες και
- αποθήκευση υδρογόνου.

Σε σχέση με άλλα λογισμικά που υπάρχουν στην αγορά και χρησιμοποιούν την ανάλυση χρονοσειρών για την λειτουργία τους το HOMER είναι πιο απλό στη λειτουργία του και πιο λεπτομερές στην παραγωγή των αποτελεσμάτων του και δίνει περισσότερες δυνατότητες ανάλυσης των εξεταζόμενων συστημάτων.

Το Homer εκτελεί τρεις βασικές διεργασίες

A. Προσομοίωση.

Δέχεται σαν είσοδο κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής ενδιαφέροντος, τα εξεταζόμενα φορτία καθώς και τα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής

ενέργειας, τα μοντελοποιεί και χρησιμοποιεί όλους τους ενεργειακούς υπολογισμούς για κάθε μία ώρα του έτους, συγκρίνοντας την ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με την αντίστοιχη ωριαία παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Επίσης για αυτόνομα και ημιαυτόνομα συστήματα που περιλαμβάνουν μπαταρίες ή γεννήτριες ρυθμίζει τις λειτουργίες ενεργοποίησης/απενεργοποίησης των γεννητριών καθώς και της φόρτισης/εκφόρτισης των μπαταριών.

Το Homer εκτελεί τους ενεργειακούς υπολογισμούς για κάθε ένα συνδυασμό των ενεργειακών συστημάτων και καθορίζει ποιοι από τους συνδυασμούς είναι εφικτοί, καλύπτουν δηλαδή την ενεργειακή ζήτηση. Τέλος για τους εφικτούς συνδυασμούς υπολογίζει το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ώστε να βρεθεί το αποδοτικότερο σύστημα, αυτό που θα συνδυάζει αποδοτικότητα, κάλυψη και χαμηλό συνολικό κόστος.

## B. Βελτιστοποίηση

Μετά τη διαδικασία της προσομοίωσης το Homer επιδεικνύει ένα κατάλογο συνδυασμών που ταξινομούνται σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει σύγκριση των επιλογών που έχουν γίνει ώστε να υιοθετηθεί το κατάλληλο σύστημα ενέργειας.

## Γ. Ανάλυση ευαισθησίας

Όταν οριστούν μεταβλητές ευαισθησίας ως δεδομένα εισόδου, το homer επαναλαμβάνει τη διαδικασία της βελτιστοποίησης για κάθε μεταβλητή ευαισθησίας που εισάγεται.

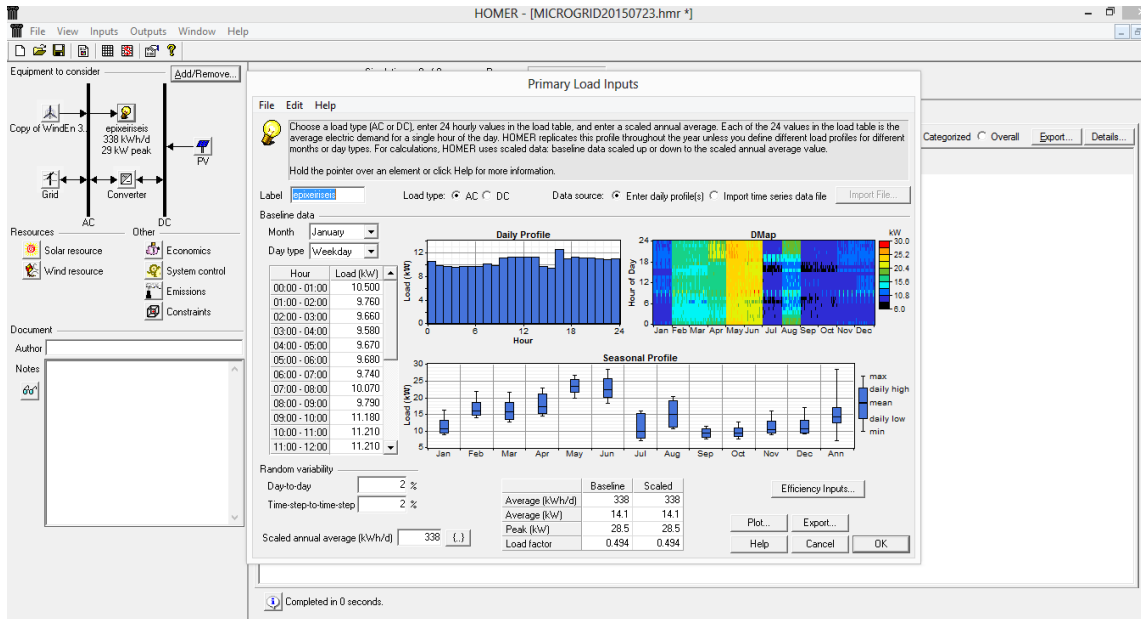
## **5.1 Ανάλυση Φορτίου**

Στο Homer ο όρος φορτίο αναφέρεται στην απαίτηση για ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια. Το συγκεκριμένο λογισμικό μπορεί να μοντελοποιήσει τρία είδη φορτίου:

1. Το κύριο φορτίο (primary load) αποτελεί την απαίτηση της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να ικανοποιείται με βάση μια συγκεκριμένη εφαρμογή σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Η απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια σχετίζεται με τις ηλεκτρικές εφαρμογές π.χ φώτα, ηλεκτρικές συσκευές κτλ. Όταν η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερη από την προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα υπάρχει έλλειμμα που το Homer το καταγράφει ως ανεκπλήρωτο φορτίο.
2. Το μεταφέρσιμο φορτίο (deferrable load) είναι η ηλεκτρική απαίτηση που μπορεί να ικανοποιήσει το σύστημα σε δεδομένη χρονική στιγμή. Η ικανότητα αποθήκευσης φορτίου αποτελεί πλεονέκτημα του συστήματος όταν η ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δεν είναι συνεχόμενη. Αν η εφαρμογή φορτίου από την πηγή είναι

μεγαλύτερη από το κύριο φορτίο το πλεόνασμα ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φορτίο αποθήκευσης.

3. Το θερμικό φορτίο (Thermal load) μοντελοποιείται από το *Homer* με τον ίδιο τρόπο που μοντελοποιείται και το κύριο με τη διαφορά ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα της αποθήκευσής του.



Γράφημα84 Το Homer εμφανίζει το ημερήσιο προφίλ του φορτίου στον πίνακα και τη γραφική παράσταση.

Στο λογισμικό *Homer* στην ανάλυση φορτίου ο χρήστης μπορεί να περάσει τις τιμές όπου κατανάλωσε το φορτίο κατά την διάρκεια της ημέρας για κάθε μήνα και τον τύπο της ημέρας, δηλαδή αν είναι καθημερινή ή σαββατοκύριακο. Επίσης μπορεί να ρυθμίσει την μεταβολή της κατανάλωσης από ημέρα σε ημέρα και από ώρα σε ώρα. Ακόμα με την βοήθεια του πίνακα όπου απεικονίζεται ο μέσος όρος κατανάλωσης ημερήσιος [ $kWh/d$ ], ο μέσος όρος κατανάλωσης ανά ώρα [ $kW$ ], το μέγιστο όπου έχει καταγραφεί κατά την διάρκεια του χρόνου και το συντελεστή φορτίου, έχει την δυνατότητα να ρυθμίσει την μεταβολή της κατανάλωσης.

Το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιεί τα δεδομένα κλίμακας (scaled data) για τους υπολογισμούς του. Για να δημιουργήσει τα δεδομένα κλίμακας το πρόγραμμα

πολλαπλασιάζει κάθε μια από τις βασικές τιμές με ένα συντελεστή που προκύπτει από τη μέση ετήσια τιμή κλίμακας (*Scaled Annual Average*). Για να προσδιοριστεί αυτός ο συντελεστής το HOMER διαιρεί την τιμή της μέσης ετήσιας τιμής κλίμακας με τη μέση ετήσια τιμή βάσης (*baseline annual average*). Τα δεδομένα κλίμακας παρά το γεγονός πως διατηρούν το σχήμα και τα στατιστικά χαρακτηριστικά των βασικών δεδομένων διαφέρουν ως προς το μέγεθος. Η χρήση των δεδομένων κλίμακας ενδείκνυται για τη μετατροπή μονάδων ή για την απόδοση ανάλυσης ευαισθησίας του μεγέθους του κύριου φορτίου. Έτσι για παράδειγμα μπορείτε να έχετε μετρήσεις πχ από ένα μεσαίας κλίμακας ξενοδοχείο και να τις προσαρμόσετε σε ένα μικρότερο ή μεγαλύτερο ξενοδοχείο καθώς η μορφή της διακύμανσης της ζήτησης είναι περίπου σταθερή.

Η παράμετρος *Random Variability* δείχνει τη μεταβολή-διακύμανση της ζήτησης. Όσο μεγαλύτερα τα ποσοστά τόσο μεγαλύτερη η διακύμανση της ζήτησης από εποχή σε εποχή. Μπορούμε να ρυθμίσουμε την μεταβολή της κατανάλωσης από ημέρα σε ημέρα (Day-to-day) και από ώρα σε ώρα (Time-step-to-time-step). Αλλάζοντας μία από τις παραμέτρους αυτές παρατηρούμε την αντίστοιχη διαφοροποίηση στην ετήσια μέση τιμή κλίμακας η οποία διατηρεί το σχήμα και στατιστικά χαρακτηριστικά των βασικών δεδομένων, αλλά διαφοροποιείται ως προς το μέγεθος. Ουσιαστικά αυτό που αλλάζει είναι ότι εκτελείται ανάλυση ευαισθησίας σε σχέση με το μέγεθος του πρωτεύοντος φορτίου.

Η προεπιλεγμένη τιμή για την ετήσια μέση τιμή κλίμακας είναι μέση ετήσια τιμή βάσης. Όταν οι δύο τιμές είναι ίσες, τα δεδομένα κλίμακας και τα βάσης είναι ταυτόσημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο μέσος όρος του φορτίου αναφέρεται σε kWh / ημέρα, ενώ το φορτίο αιχμής αναφέρεται σε kW.

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής δεδομένων, ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει στην ίδια οθόνη με εκείνη της εισαγωγής αποτελεσμάτων, ένα τυπικό ημερήσιο προφίλ και ένα *dmap* που δείχνει πως μεταβάλλεται η ζήτηση ανά εποχή και ανά τύπο ώρας. Επίσης έχει εκτίμηση για το εύρος της ζήτησης ανά μήνα (μέση αναμενόμενη, μέγιστη και ελάχιστη)

Ακόμα με την βοήθεια του πίνακα όπου απεικονίζεται ο μέσος όρος (Average) κατανάλωσης ημερήσιος [kWh/d], ο μέσος όρος κατανάλωσης ανά ώρα [kW], το μέγιστο

όπου έχει καταγραφεί κατά την διάρκεια του χρόνου (Peak) σε [kW] και ο συντελεστής φορτίου (Load factor).

### 5.1.1 Διαχείριση δύο φορτίων

Στο Homer δίνεται η δυνατότητα προσθήκης δύο φορτίων. Η δυνατότητα αυτή προσφέρεται αρχικά από το HOMER για την περίπτωση όπου υπάρχουν φορτία συνεχούς και εναλασσόμενου ρεύματος στο μικροδίκτυο. Μπορούμε όμως να χρησιμοποιήσουμε τη δυνατότητα αυτή και για το διαχωρισμό δύο κατηγοριών φορτίων με διαφορετική ανάλυση ευαισθησίας (Day to day και time to time)

### 5.1.2 Τυπικά αποτελέσματα Ανάλυσης φορτίου...

Τα αποτελέσματα του φορτίου καταγράφονται στις γραφικές (Plot), οι οποίες ενδεικτικά είναι :

Ωριαίες χρονοσειρές Μηνιαίες εκτίμησης για την ζήτηση Γράφημα 85

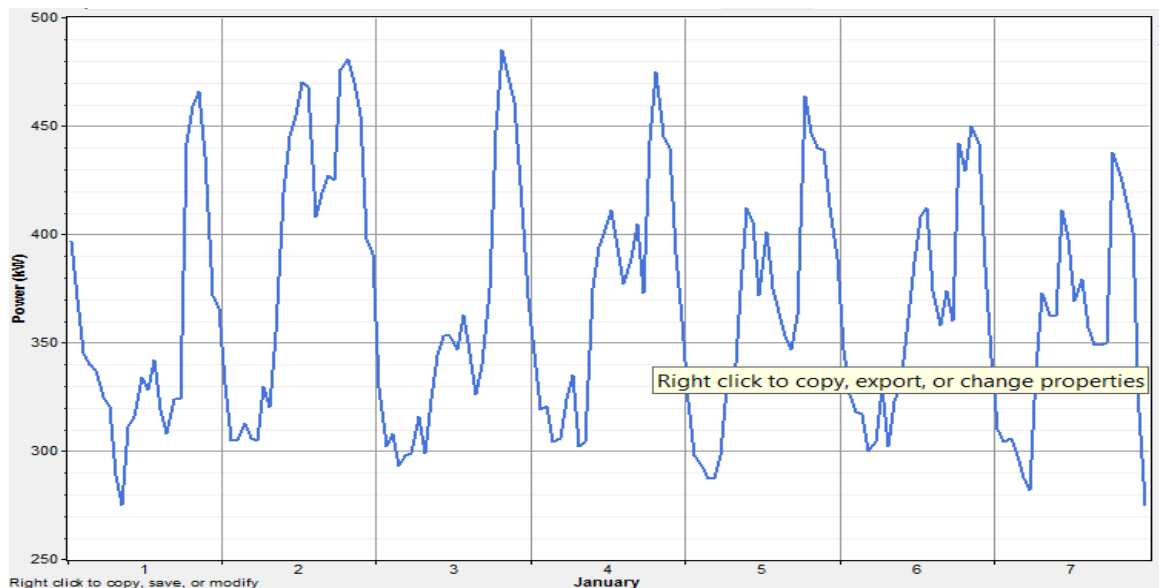
Dmap (Για τυπική μορφή 365\*24) Γράφημα 86

Profile (Τυπικό προφίλ ανά μέρα μήνα) Γράφημα 87

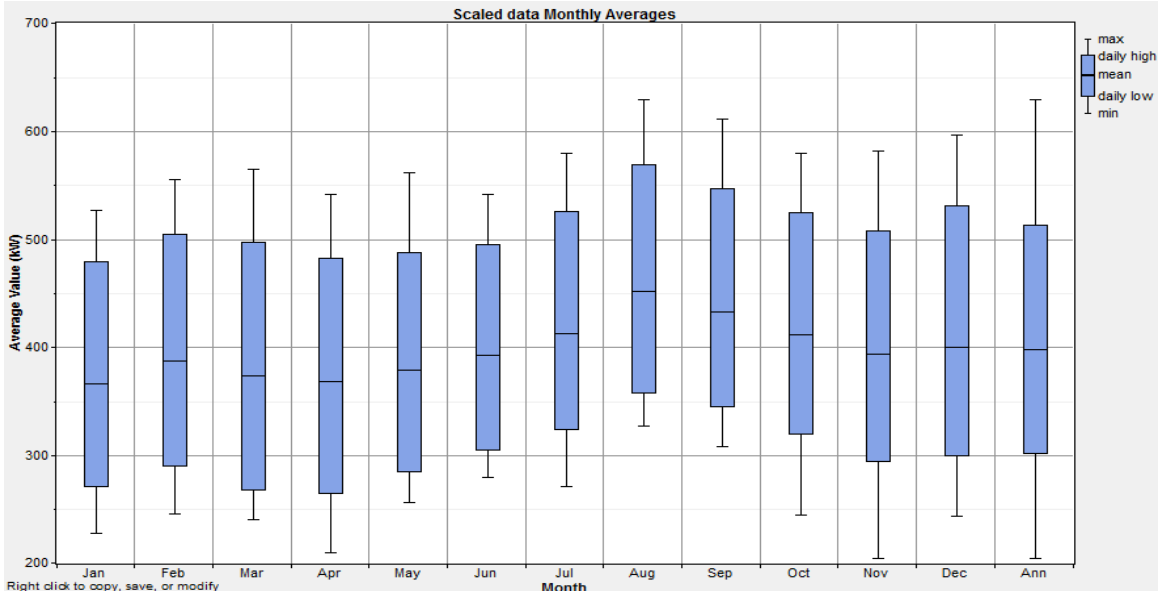
PDF (Πιθανοτική καμπύλη) Γράφημα 88

CDF (Αθροιστική τυπική καμπύλη) Γράφημα 89

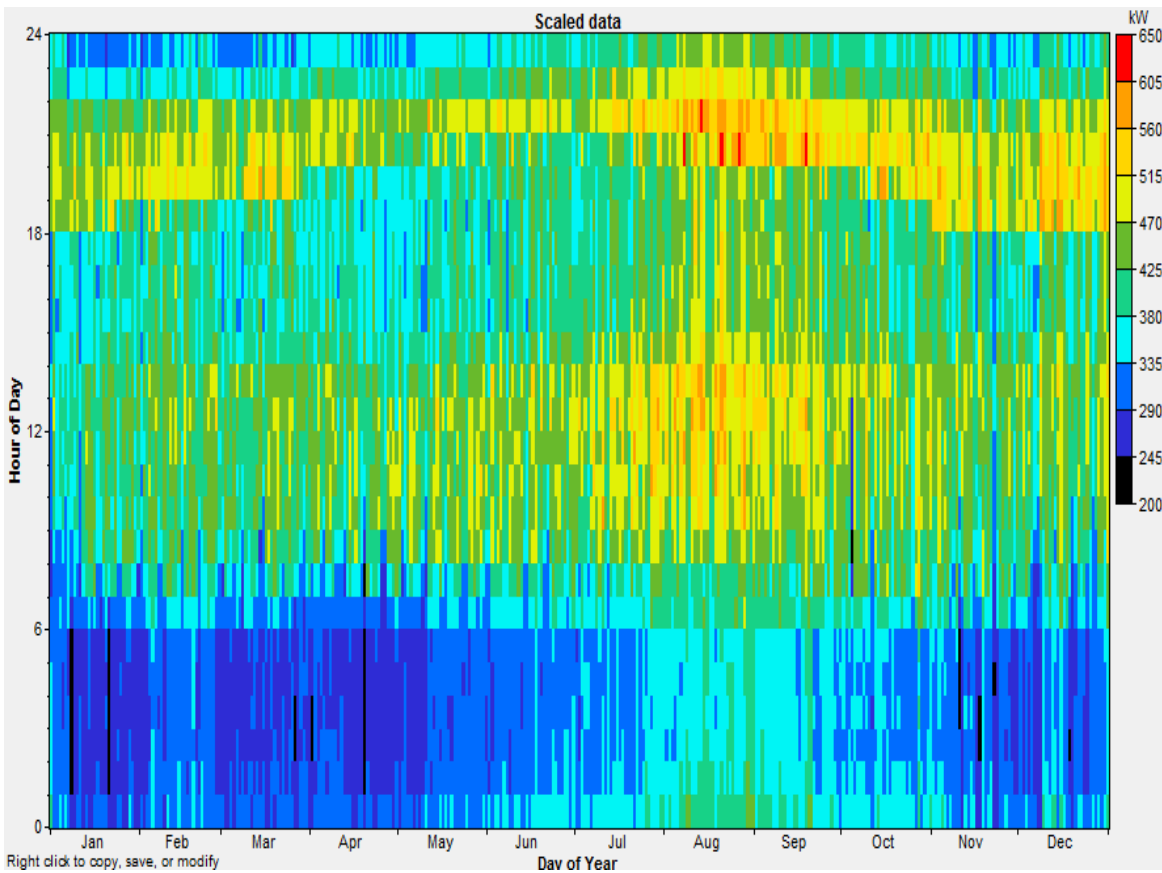
DC (Καμπύλη διάρκειας)-που δείχνει πόσες ώρες η ζήτηση υπερβαίνει κάποια τιμή  
Γράφημα 89



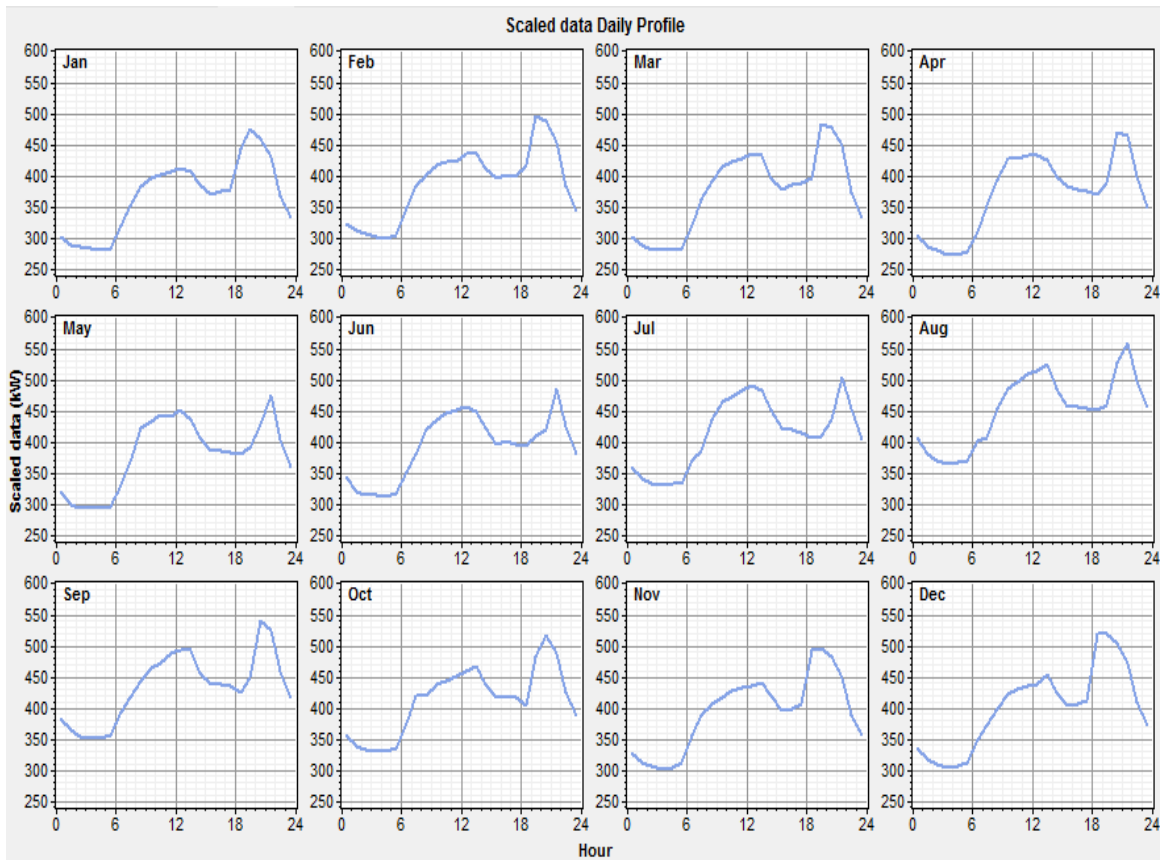
Γράφημα 85 Ωριαίες χρονοσειρές



Γράφημα 86 Μηνιαίες εκτιμήσεις για τη ζήτηση

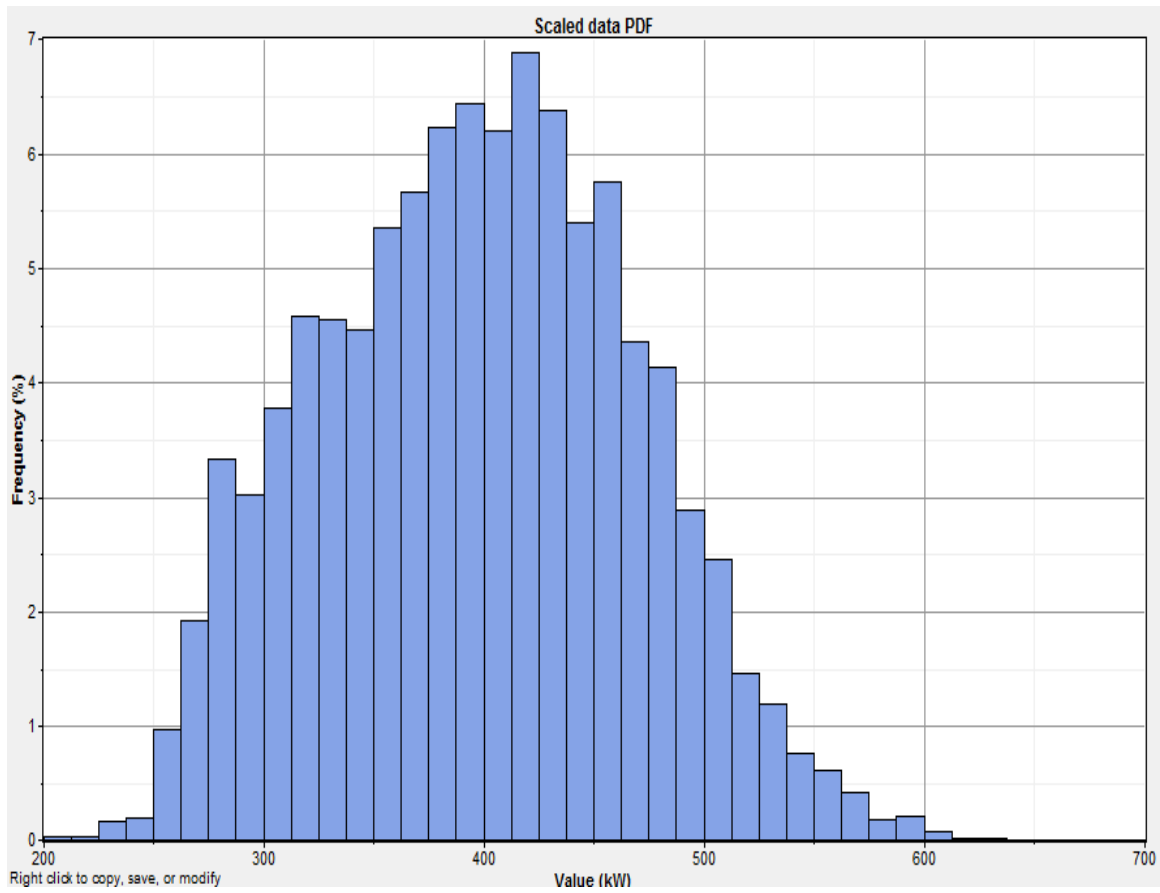


Γράφημα 87 Τυπικό προφίλ ανά ημέρα και μήνα

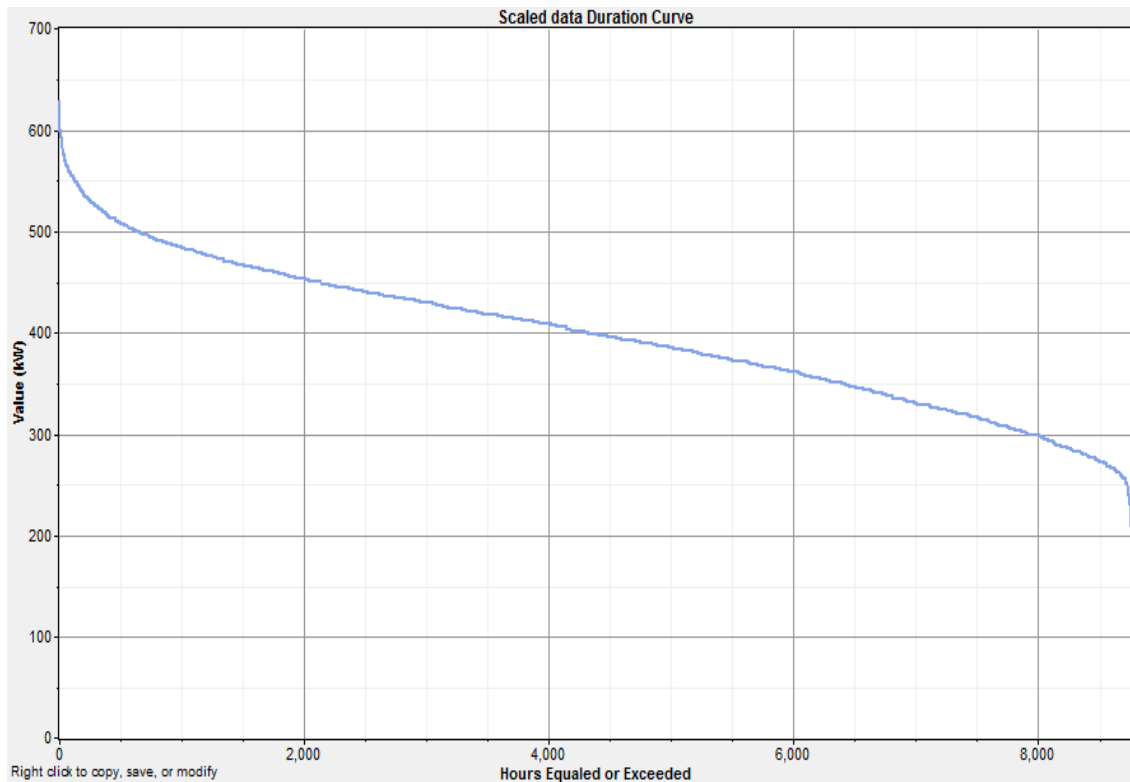


Γράφημα 88 Τυπικό προφίλ ανά ώρα και μήνα





Γράφημα 89 Ιστόγραμμα ζήτησης



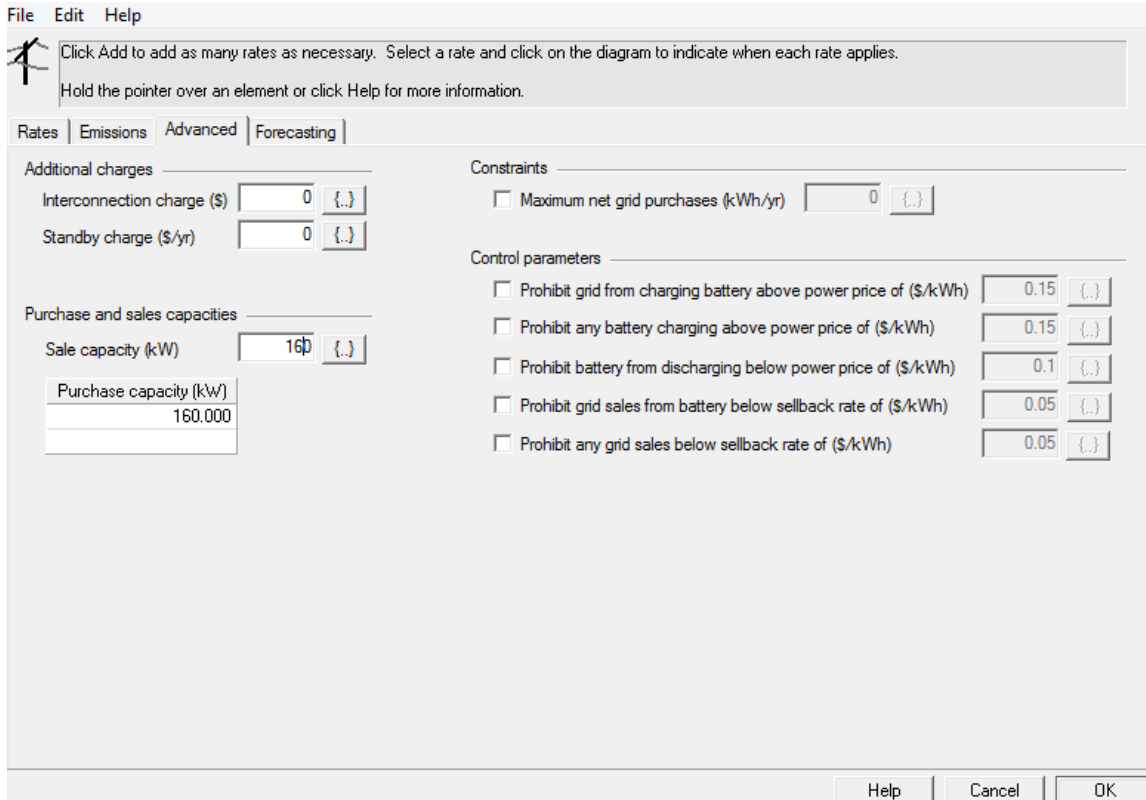
Γράφημα 90 Καμπύλη διάρκειας

## 5.2 Δίκτυο (Grid)

Από το schematic μπορεί να προσδιοριστεί αν το φορτίο μας και οι πηγές είναι διασυνδεδεμένες με το δίκτυο ή όχι. Στην περίπτωση μας υπάρχει διασύνδεση με το δίκτυο συνεπώς μας ενδιαφέρει:

- A) Η ικανότητα προσφοράς ισχύος-από/προς το δίκτυο
- B) Η τιμή αγοράς/Πώλησης
- Γ) Οι ρύποι του δικτύου
- Δ) Η δυνατότητα προβλέψεων (forecasting)

Η ισχύς του δικτύου αποτελεί την πλέον σημαντική πληροφορία στα συνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα και προστίθεται στο πεδίο sale capacity στην καρτέλα advanced .



Γράφημα 91 Μενού προσθήκης της ισχύος του δικτύου.

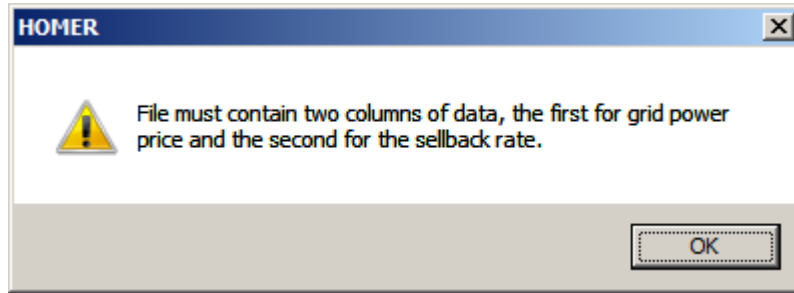
Η καρτέλα μοντελοποίησης του δικτύου περιέχει την εισαγωγή δεδομένων για τους ρυθμούς, τις απώλειες και τις προηγμένες ρυθμίσεις. Στην καρτέλα των ρυθμών καθορίζονται τα κόστη της ισχύος που λαμβάνεται από το δίκτυο, στις απώλειες καθορίζονται οι παράγοντες απωλειών για την ισχύ του δικτύου και στις προηγμένες ρυθμίσεις τίθενται προηγμένες μεταβλητές.

## 5.2.1 Rates

### 5.2.1.1 Real Time Prices

Από το μενού Rates στο real time and prices μπορεί κανείς να εισάγει τιμές από αρχείο txt ώστε να προσομοιώνει πραγματικές τιμές αγοράς. Έτσι θα μπορεί να γίνει η σχετική προσομοίωση με τιμές όπως η ΟΤΣ. Προσοχή, οι τιμές στα αρχεία txt πρέπει να είναι σε

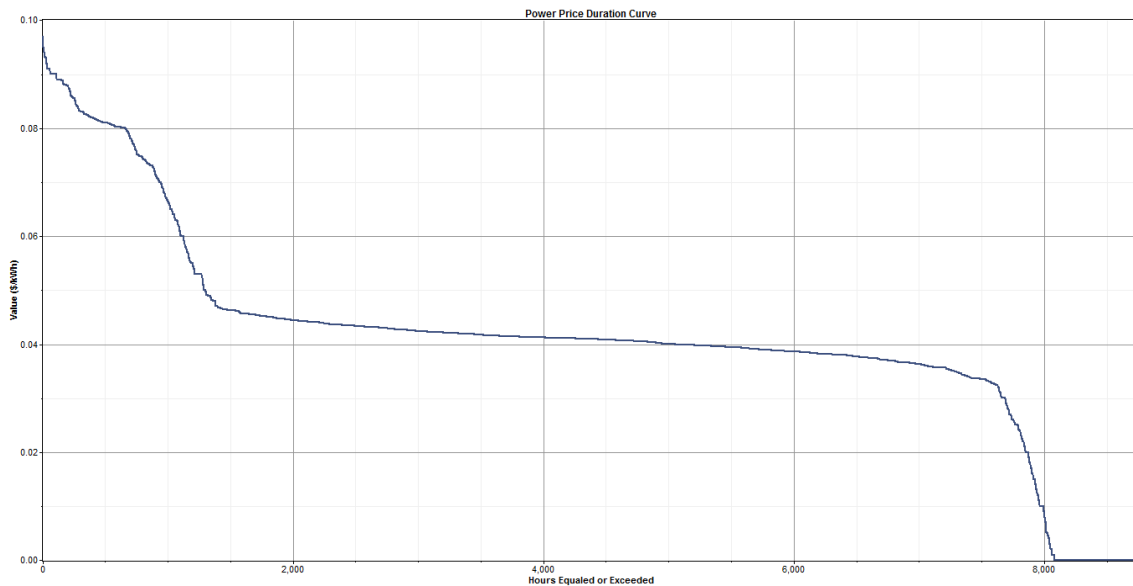
τελείες. Επίσης χρειαζόμαστε 2 στήλες, 1 με την τιμή αγοράς και μία με την τιμή πώλησης. Σε διαφορετική περίπτωση εμφανίζεται το παρακάτω μήνυμα σφάλματος:



Γράφημα 92 Μήνυμα σφάλματος για Real Prices.

Πρέπει να είμαστε βέβαιοι ότι οι τιμές είναι σε 2 στήλες και ότι εκφράζονται σε μονάδες €/kWh ώστε να μη βγαίνουν παράλογα αποτελέσματα. Δυστυχώς αν χρειαστεί αλλαγή στις τιμές θα πρέπει να επαναφορτώσουμε το συγκεκριμένο αρχείο.

Πατώντας Plot Prices Data προκύπτουν διάφορες καμπύλες για τις τιμές της αγοράς, παρόμοιες με εκείνες του φορτίου. Όπως για παράδειγμα το 2013:

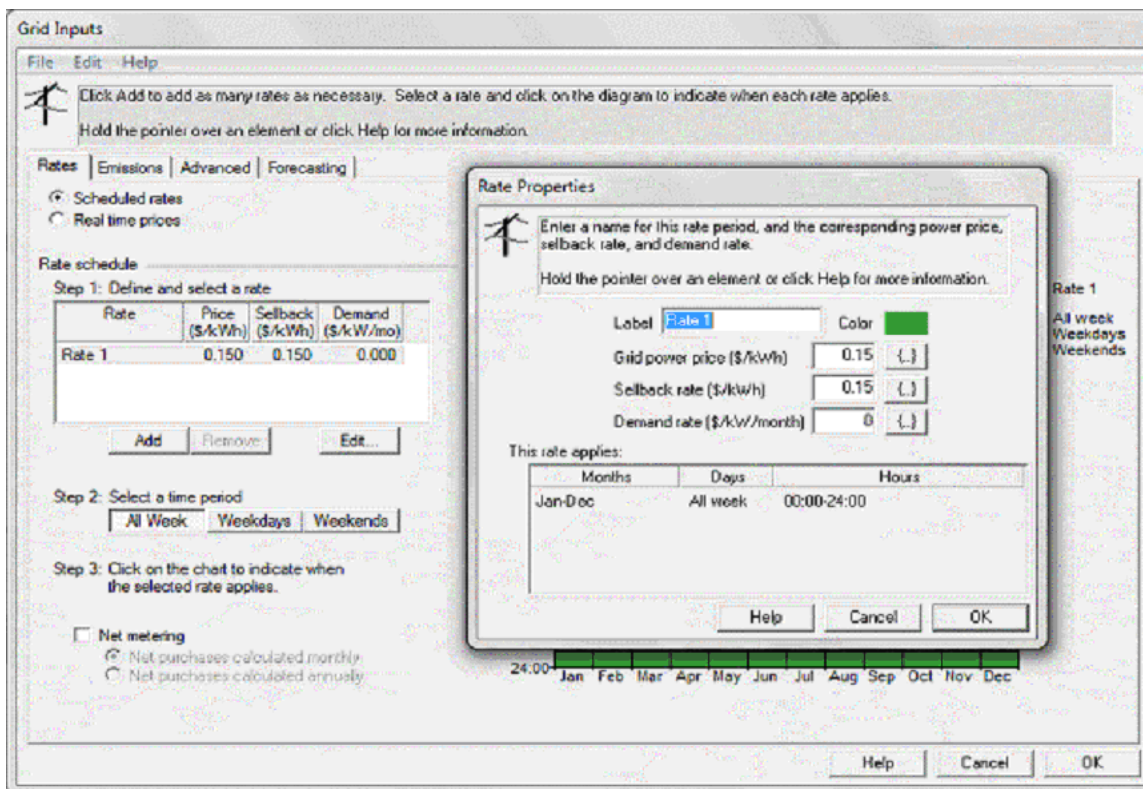


Γράφημα 93 Μορφή καμπύλης διάρκειας τιμών για την ΟΤΣ του 2013.

### 5.2.1.2 Rate schedule

Σχετικά με την τιμολόγηση, στην καρτέλα Rate Schedule μπορούν να εισαχθούν μέχρι και 16 τιμές οι οποίες μπορεί να έχουν μεταξύ τους διαφορετικές τιμές ισχύος δηλαδή κόστους αγοράς της ισχύος από το δίκτυο (\$/kWh) και της τιμής επαναπώλησης (Sellback rate) που είναι η τιμή που πληρώνεται

ο χρήστης για την ισχύ που πουλάει στο δίκτυο και η οποία εξαρτάται από την πολιτική της χώρας στην οποία γίνεται η εγκατάσταση καθώς και την τιμή ζήτησης που είναι ο μηνιαίος φόρος που αποδίδει ο χρήστης για την μέγιστη μηνιαία χρήση του δικτύου.



Γράφημα 94 Μενού προσθήκης τιμών δικτύου.

Στην περίπτωση που η τιμή της ισχύος, η τιμή επαναπώλησης και η τιμή αγοράς δεν μεταβάλλεται αρκεί ο ορισμός μιας απλής τιμής. Αν οριστούν πολλαπλά τιμολόγια το Rate Schedule χρησιμεύει για τον καθορισμό του πότε εφαρμόζεται καθένα από αυτά. Δίνεται η δυνατότητα να επιλέξει κανείς αν αυτή η ταρίφα είναι διαφορετική μεταξύ ημερών καθημερινών και Σαββατοκύριακων.

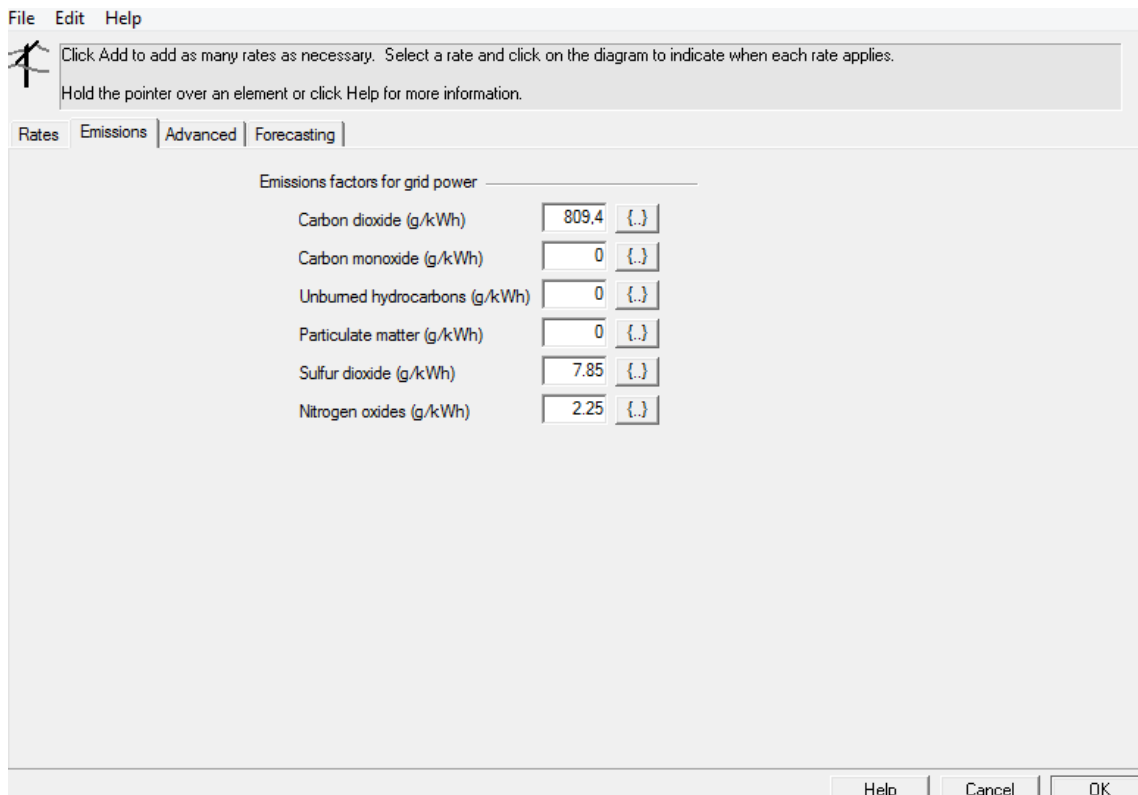
### 5.2.1.3 Net Metering

Το Net Metering αποτελεί ένα σχήμα λογαριασμού το οποίο επιτρέπει την πώληση της ισχύος στο δίκτυο σε λιανική τιμή. Στην ουσία με το Net Metering στο τέλος της περιόδου χρέωσης ο χρήστης χρεώνεται με το καθαρό ποσό πώλησης στο δίκτυο. Αν οι

καθαρές πωλήσεις στο δίκτυο είναι μεγάλες προκύπτει αρνητική τιμή, σημαίνει ότι ο χρήστης πούλησε περισσότερη ενέργεια από αυτήν που αγόρασε από το δίκτυο και το κέρδος του εξαρτάται από την τιμή επαναπώλησης. Υπάρχουν δύο επιλογές η μία προβλέπει την μηνιαία αποζημίωση και η άλλη την ετήσια αποζημίωση όπως εφαρμόζεται στη χώρα μας βάσει του νόμου 4203/2013 για τις ρυθμίσεις θεμάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## 5.2.2 Emissions

Στην καρτέλα των emissions εισάγονται οι παράγοντες ρύπων για το διαθέσιμο δίκτυο. Το Homer χρησιμοποιεί αυτές τις τιμές για τον υπολογισμό των ρύπων που προέρχονται από την ισχύ του δικτύου και τη μείωση ρύπων εξαιτίας της τοπικής παραγωγής. Οι τιμές αυτών των συντελεστών εξαρτώνται από τον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον θεωρούμενο τόπο εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών. Και της Ανεμογεννήτριας.



File Edit Help

Click Add to add as many rates as necessary. Select a rate and click on the diagram to indicate when each rate applies.  
Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Rates Emissions Advanced Forecasting

Emissions factors for grid power

Carbon dioxide (g/kWh)	809.4	{..}
Carbon monoxide (g/kWh)	0	{..}
Unburned hydrocarbons (g/kWh)	0	{..}
Particulate matter (g/kWh)	0	{..}
Sulfur dioxide (g/kWh)	7.85	{..}
Nitrogen oxides (g/kWh)	2.25	{..}

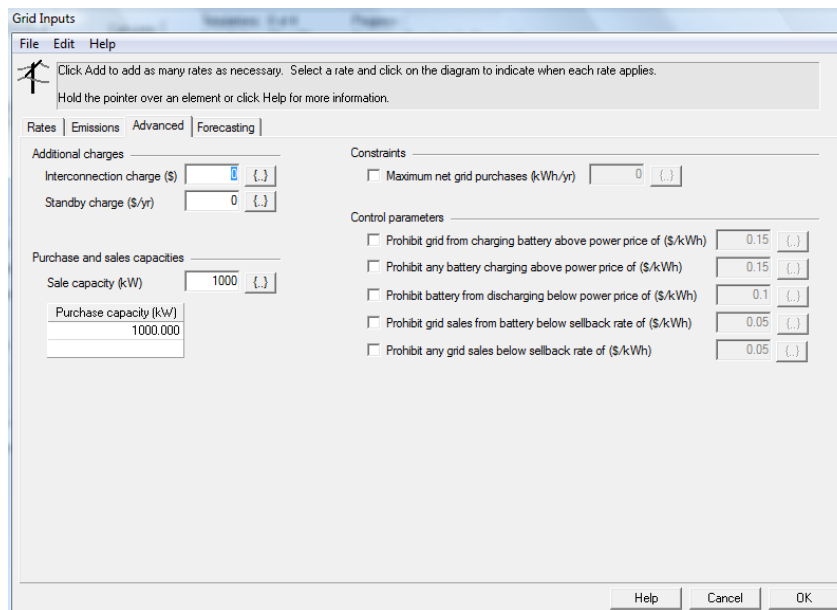
Help Cancel OK

Γράφημα 95 Καρτέλα Emissions (ρύπων) δικτύου.

### 5.2.3 Advanced

Στην καρτέλα των προηγμένων ρυθμίσεων (Advanced) περιέχονται επιπρόσθετα οικονομικά δεδομένα και δύο δεδομένα που σχετίζονται με το μέγιστο ποσό ισχύος που μπορεί να ληφθεί (συμβόλαιο αγοράς) και να αποδοθεί στο δίκτυο (συμβόλαιο πώλησης). Τα επιπρόσθετα που εμφανίζονται σε αυτήν την καρτέλα αφορούν στο κόστος διασύνδεσης και στο κόστος κόστος αναμονής. Το κόστος διασύνδεσης είναι το εφάπαξ κόστος για τη σύνδεση του συστήματος στο δίκτυο ενώ το κόστος αναμονής είναι ετήσιο κόστος για την παροχή εφεδρικών συστημάτων ισχύος από το δίκτυο.

Η μέγιστη απαίτηση του δικτύου είναι το μέγιστο ποσό ισχύος που μπορεί να απαιτηθεί από το δίκτυο και αποτελεί μεταβλητή απόφασης που επιδρά στο κόστος ζήτησης. Τέλος καθορίζεται και η μέγιστη ισχύς πώλησης που είναι ο μέγιστος ρυθμός ισχύος που μπορεί να πωληθεί ξανά στο δίκτυο.



Γράφημα 96 Καρτέλα Advanced Ισχύς διασύνδεσης

### 5.3 Ανάλυση Αιολικού Δυναμικού και προσθήκη Α/Γ

Στο λογισμικό HOMER στην προσθήκη ανεμογεννητριών μας παρέχει την δυνατότητα να διαλέξουμε την εταιρία της ανεμογεννήτριας (Turbine type), τον αριθμό που επιθυμούμε (Quantity) και την διάρκεια ζωής (Lifetime) της ανεμογεννήτριας. Ακόμα το αρχικό κεφάλαιο (Capital), το κόστος αντικατάστασης (Replacement) και το κόστος

συντήρησης (O&M) των ανεμογεννητριών. Τέλος μας εμφανίζει την καμπύλη παραγωγής στις ανεμογεννήτριας όπου έχουμε διαλέξει (Power Curve).

File Edit Help

Choose a wind turbine type and enter at least one quantity and capital cost value in the Costs table. Include the cost of the tower, controller, wiring, installation, and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each quantity in the Sizes to Consider table.  
Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Turbine type:  Details... New... Delete

Turbine properties

Abbreviation: AIR (used for column headings)  
 Rated power: 30 kW AC  
 Manufacturer: WindEn Sweden AB  
 Website: <http://www.winden.se/hem.html>

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	75000	75000	0
<input type="text" value="{}"/>	<input type="text" value="{}"/>	<input type="text" value="{}"/>	<input type="text" value="{}"/>

Sizes to consider

Quantity
0
1

Other

Lifetime (yrs)    
 Hub height (m)

**Power Curve**

**Cost Curve**

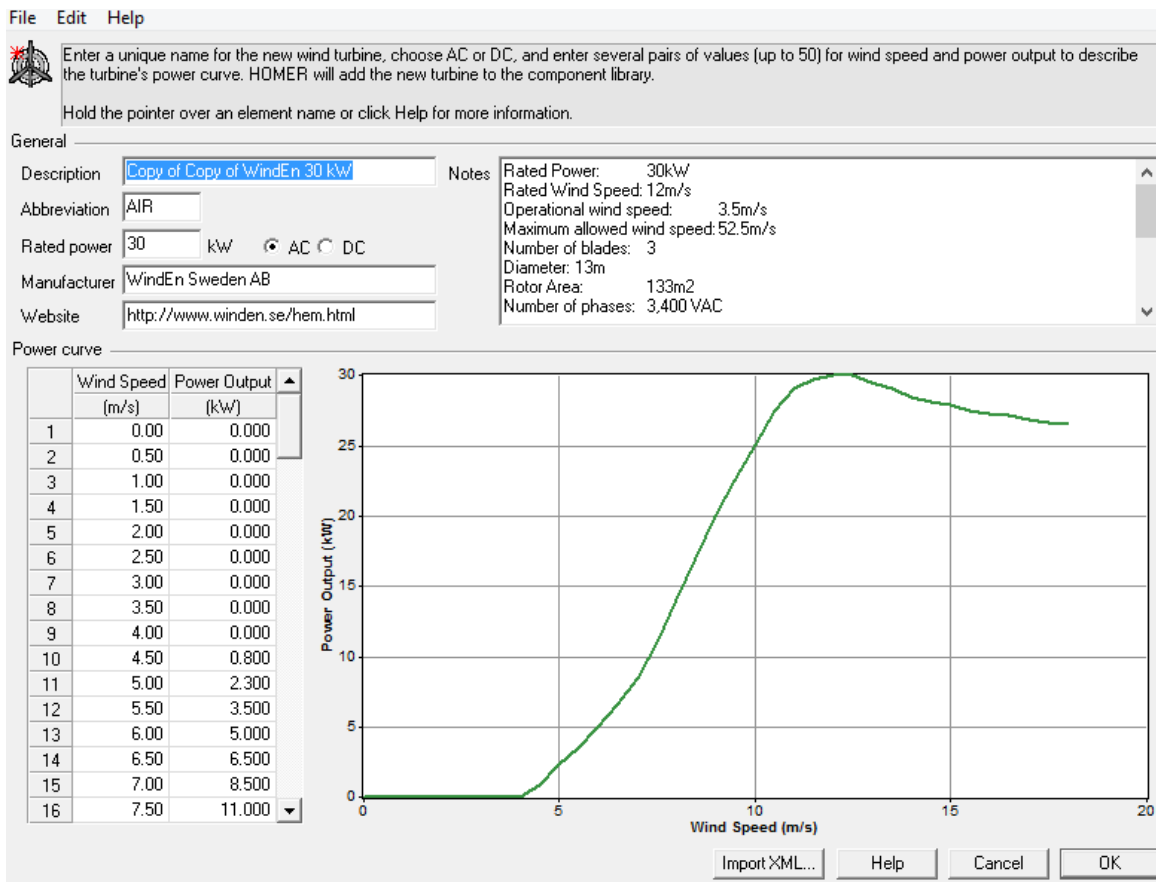
Help Cancel OK

Γράφημα 97 Μενού προσθήκης ανεμογεννητριών.

### 5.3.1 Προσθήκη νέας Ανεμογεννήτριας

Εκτός από τις εταιρίες ανεμογεννητριών που υπάρχουν στο πρόγραμμα, ο χρήστης μπορεί να εισάγει καινούρια ανεμογεννήτρια και να προσθέσει τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για να τρέξει το πρόγραμμα όπως ονομαστική ισχύς (Rated power), και η καμπύλη ισχύος (Power curve).






Γράφημα 98 Προσθήκη νέας ανεμογεννήτριας.

### 5.3.2 Ανάλυση Αιολικού Δυναμικού

Στην ανάλυση αιολικού δυναμικού μπορούμε να περάσουμε τις τιμές για την ταχύτητα ανέμου για κάθε μήνα. Επίσης μπορούμε να αλλάξουμε το ύψος του ανεμομέτρου (Anemometer height) και το υψόμετρο μεταξύ ανεμογεννήτριας και θάλασσας (Altitude). Ακόμα το HOMER έχει προηγμένες παραμέτρους (Advanced parameters), όπου για να μπορέσει κανείς να προσομοιώσει με παραμέτρους κατανομών το αιολικό δυναμικό (Weibull k), συντελεστής Αυτοσυσχέτισης (Autocorrelation factor), πρότυπο για το ημερήσιο δυναμικό (Diurnal pattern strength), ώρα παρουσίας της αιχμής ταχύτητας ανέμου (Hour of peak windspeed).

File Edit Help

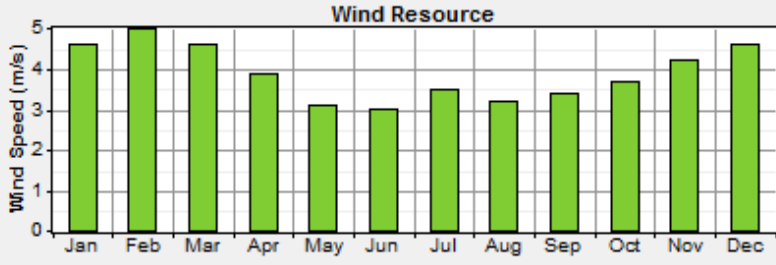
 HOMER uses wind resource inputs to calculate the wind turbine power each hour of the year. Enter the average wind speed for each month. For calculations, HOMER uses scaled data: baseline data scaled up or down to the scaled annual average value. The advanced parameters allow you to control how HOMER generates the 8760 hourly values from the 12 monthly values in the table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Data source:  Enter monthly averages  Import time series data file

Baseline data

Month	Wind Speed (m/s)
January	4.600
February	5.000
March	4.600
April	3.900
May	3.100
June	3.000
July	3.500
August	3.200
September	3.400
October	3.700
November	4.200
December	4.600
Annual average:	3.894



Other parameters: Altitude (m above sea level)  Anemometer height (m)

Advanced parameters: Weibull k  Autocorrelation factor  Diurnal pattern strength  Hour of peak windspeed

Scaled annual average (m/s)

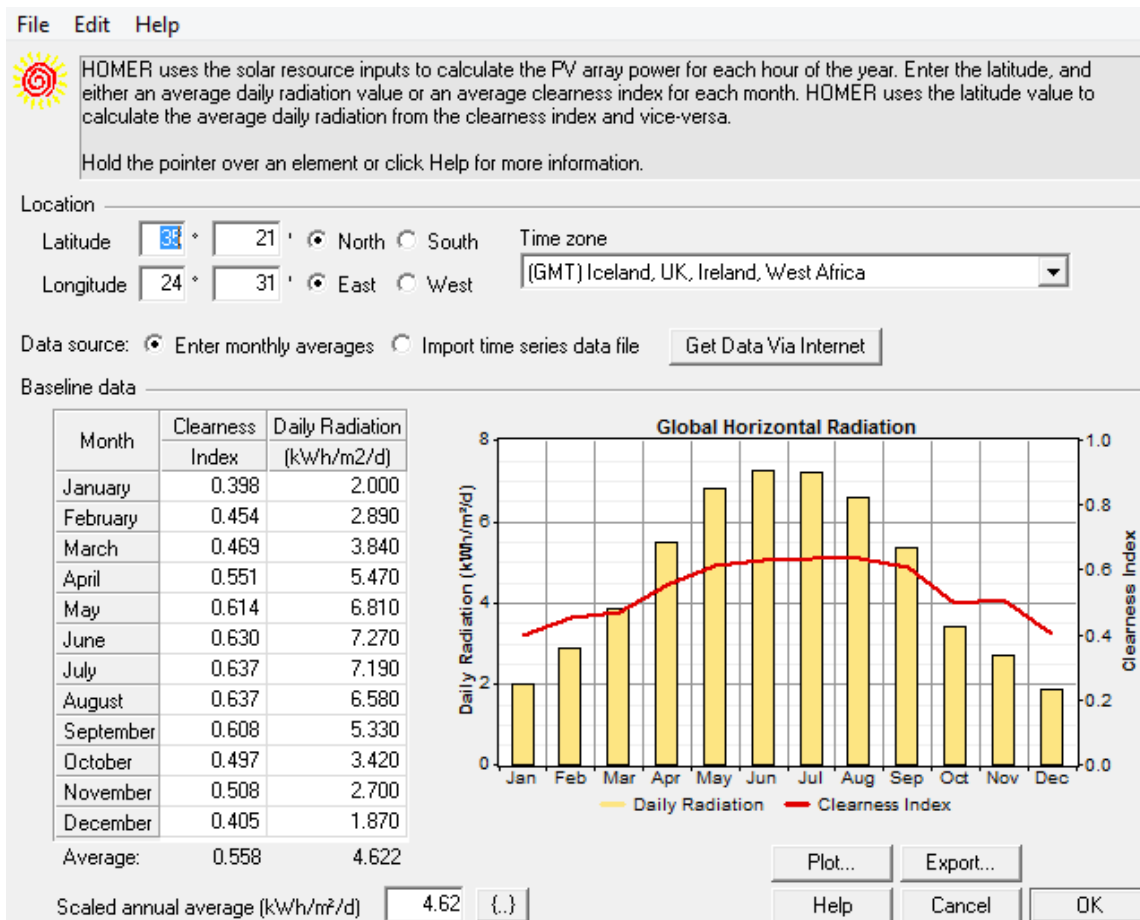
Γράφημα 99 Μηνού προσθήκης αιολικού δυναμικού.

Επίσης μπορούμε να λάβουμε διάφορες εικόνες από τις γραφικές (Plot).

## 5.4 Ανάλυση ηλιακού Δυναμικού και προσθήκη Φ/Β

Τα δεδομένα μπορεί να τεθούν στο πρόγραμμα σε τρεις μορφές: μέση ωριαία ηλιακή ακτινοβολία στην οριζόντια επιφάνεια ( $\text{kW/m}^2$ ), μηνιαία μέση ηλιακή ακτινοβολία στην οριζόντια επιφάνεια ( $\text{kW/m}^2\text{day}$ ) ή ως μέσος μηνιαίος συντελεστής καθαρότητας. Στην περίπτωση που τα δεδομένα του ηλιακού δυναμικού έχουν τη μορφή μηνιαίας ηλιακής ακτινοβολίας, το HOMER τα αναλύει με τη βοήθεια ενός αλγόριθμου ο οποίος χρησιμοποιεί τη μέση ηλιακή ακτινοβολία και το γεωγραφικό μήκος της περιοχής εγκατάστασης. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της χρονικής ζώνης (Time

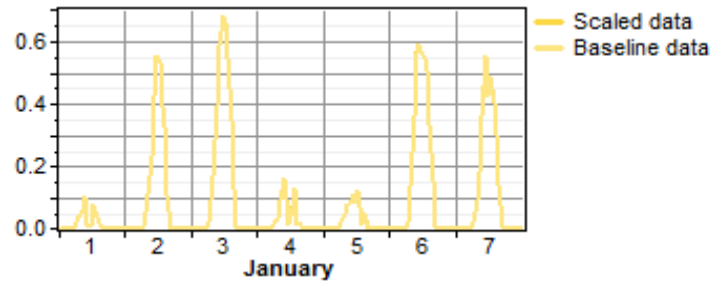
Zone), του γεωγραφικού μήκους και πλάτους της περιοχής εγκατάστασης. Τα δεδομένα του ηλιακού δυναμικού μπορεί να ληφθούν είτε από μετεωρολογικούς σταθμούς είτε από το ίδιο το λογισμικό πατώντας το κουμπί «Get Data via Internet» για αμερικανικές περιοχές εγκατάστασης. Έχοντας καθορίσει τις γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής εγκατάστασης το HOMER αναζητάει τις βάσεις δεδομένων του και εισάγει τα κατάλληλα δεδομένα. Άλλη πηγή αναζήτησης μετεωρολογικών δεδομένων είναι ο σταθμός μέτρησης της παγκόσμιας ηλιακής ενέργειας της NASA που περιέχει δεδομένα για τη μέση ηλιακή ακτινοβολία σε όλον τον κόσμο.



Γράφημα 100 Μενού προσθήκης ηλιακού δυναμικού.

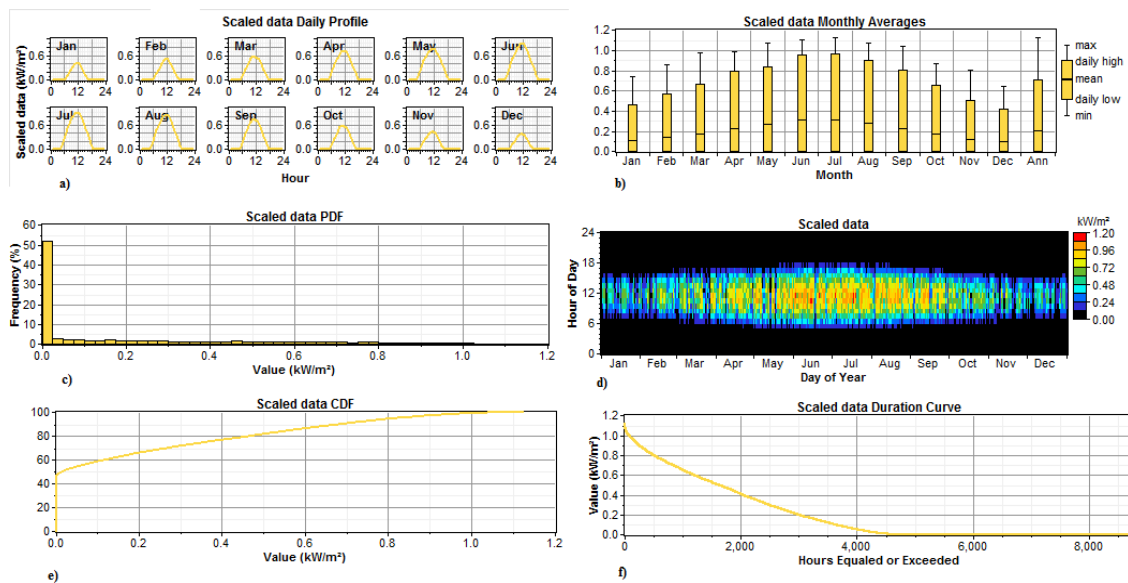
Επίσης με την επιλογή import series data file δίνεται η δυνατότητα να εισάγουμε δεδομένα ηλιοφάνειας για ολόκληρο το έτος καθώς και να διαλέξουμε χρονική ζώνη (Time zone), γεωγραφικό πλάτος με προσανατολισμό βόρειο ή νότιο (Latitude) και γεωγραφικό μήκος με προσανατολισμό ανατολικό ή δυτικό (Longitude).

Τα αποτελέσματα του ηλιακού Δυναμικού καταγράφονται στις γραφικές (*Plot*), όπου στο πρώτο γράφημα ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει την παραγωγή των φωτοβολταϊκών από ώρα σε ώρα ετησίως για κάθε μήνα.



Γράφημα 101 Plot για την ωριαία παραγωγή των φωτοβολταϊκών.

Επιπλέον μπορεί κανείς να δει εκτός από τις ωριαίες χρονοσειρές μηνιαίες εκτιμήσεις για τη ζήτηση στην καρτέλα Monthly, το Dmap της ηλιακής ακτινοβολίας, το τυπικό προφίλ της ανά ημέρα και μήνα, την πιθανοτική καμπύλη PDF και την αθροιστική τυπική καμπύλη CDF όπως επίσης και την καμπύλη διαρκείας DC.



1 Διαφορετικά Plots για τα αποτελέσματα του Ηλιακού Δυναμικού: a) μηνιαία ζήτηση, b) τυπικό προφίλ ανα ημέρα ανά μήνα, c) Καμπύλη PDF, d) Dmap ακτινοβολίας, e) αθροιστική καμπύλη CDF, f) Καμπύλη διαρκείας DC

Το χαρακτηριστικό των διαγραμμάτων που εμφανίζονται στο Plot είναι ότι τα δεδομένα τους μπορεί να αποθηκευτούν σε μορφή txt έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη επεξεργασία τους από το χρήστη.

### 5.4.1 Προσθήκη Φ/Β.

Στην προσθήκη φωτοβολταϊκού τώρα, οι εισοδοί περιγράφουν τις επιλογές τεχνολογίας, τη συνιστώσα κόστους, τα μεγέθη και τους αριθμούς του κάθε στοιχείου που το *Homer* θα χρησιμοποιήσει για τις προσομοιώσεις.

**PV Inputs**

File Edit Help

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the PV (photovoltaic) system, including modules, mounting hardware, and installation. As it searches for the optimal system, HOMER considers each PV array capacity in the Sizes to Consider table.

Note that by default, HOMER sets the slope value equal to the latitude from the Solar Resource Inputs window.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
80.000	160000	160000	1760

Sizes to consider

Size (kW)
0.000
80.000

**Cost Curve**

Cost (000 \$)

Size (kW)

— Capital — Replacement

Properties

Output current  AC  DC

Lifetime (years)  (.)

Derating factor (%)  (.)

Slope (degrees)  (3)

Azimuth (degrees W of S)  (.)

Ground reflectance (%)  (.)

Advanced

Tracking system

Consider effect of temperature

Temperature coeff. of power (%/°C)  (.)

Nominal operating cell temp. (°C)  (.)

Efficiency at std. test conditions (%)  (.)

Help Cancel OK

Γράφημα 102 Εισαγωγή ΦΒ στοιχείου.

Στο λογισμικό *Homer* στην προσθήκη φωτοβολταϊκών ο χρήστης έχει την δυνατότητα να συμπληρώσει την συνολική ισχύ σε [KW] και τη διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών. Η συνήθης διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών θεωρείται τα 20 χρόνια όμως το λογισμικό δίνει την δυνατότητα ανάλυσης ευαισθησίας σε αυτές τις τιμές. Ακόμα θέτει το αρχικό κεφάλαιο (Capital Cost), το κόστος αντικατάστασης (Replacement) και το κόστος συντήρησης (O&M) των φωτοβολταϊκών. Τις τιμές αυτές μπορεί κανείς να τις λάβει κανείς από τις κατασκευάστριες εταιρείες και εξαρτάται από το μέγεθος σε kW για το συγκεκριμένο σύστημα που μελετάται.

Στον πίνακα του κόστους εισάγεται το κόστος της καμπύλης των φωτοβολταϊκών δηλαδή η μεταβολή του κόστους με το μέγεθος των φωτοβολταϊκών. Με δεδομένο ότι το κόστος των φωτοβολταϊκών είναι ανάλογο προς το μέγεθος συμπληρώνεται συνήθως μια γραμμή στον πίνακα κόστους. Τα κόστη κεφαλαίου και αντικατάστασης συμπεριλαμβάνουν όλα τα κόστη που σχετίζονται με τα υποσυστήματα του φωτοβολταϊκού όπως για παράδειγμα τα πλαίσια, την τοποθέτηση, το σύστημα διεύθυνσης, το σύστημα ελέγχου, τα καλώδια και το κόστος εγκατάστασης. Το κόστος κεφαλαίου αναφέρεται στο κόστος αγοράς του συστήματος, το κόστος αντικατάστασης στο κόστος που έχει η αντικατάσταση του φωτοβολταϊκού στο τέλος του κύκλου ζωής του.

Η αντανάκλαση του εδάφους (ground reflectance) είναι ο λόγος της τυχαίας ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται από το έδαφος. Μια τυπική τιμή για τις περιοχές που καλύπτονται από γκαζόν είναι 20% ενώ για χιονισμένες περιοχές η αντανάκλαση του εδάφους είναι 70%. Οι τιμές αυτές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της τυχαίας ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά που τοποθετούνται υπό κλίση αλλά έχει μικρή επίδραση.

Επίσης, παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να αλλάξει την γωνία της κλίσης τοποθέτησης του φωτοβολταϊκού, το αζιμούθιο μεταξύ νότου και δύσης δηλαδή την οριζόντια συντεταγμένη του τόπου εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών, την απόδοση αντανάκλασης στο έδαφος, το *Derating factor* και αν τα φωτοβολταϊκά είναι εγκατεστημένα με σύστημα μετακίνησης τους (*Tracking*). Η τιμή του αζιμούθιου δεν είναι σημαντική όταν τα φωτοβολταϊκά τοποθετούνται με μηδενική κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Στην περίπτωση που επιλεγεί το φωτοβολταϊκό κάθετου άξονα ή το κινούμενο σε δύο άξονες το HOMER δεν επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει τιμή για το αζιμούθιο αλλά το υπολογίζει σε κάθε βήμα καθώς το σύστημα μετακίνησης κινεί το PV. Η πιο απλή περίπτωση για μελέτη είναι τα σταθερά συστήματα δηλαδή τα συστήματα στα οποία το φωτοβολταϊκό τοποθετείται σε μια θέση εφάπαξ. Για τα σταθερά φωτοβολταϊκά η τιμή της κλίσης και του αζιμούθιου παραμένουν σταθερές. Όπως ήδη έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 2 (ενότητα 2.9), άλλες δυνατές επιλογές είναι:

- η μηνιαία ρύθμιση οριζόντιου άξονα (Horizontal Axis monthly adjustment) στην οποία η περιστροφή γίνεται σε έναν οριζόντιο ανατολικοδυτικό άξονα. Η κλίση

ρυθμίζεται την πρώτη μέρα κάθε μήνα έτσι ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να είναι κάθετη στην επιφάνεια το μεσημέρι.

- Η εβδομαδιαία ρύθμιση οριζόντιου άξονα. Και σε αυτήν την περίπτωση η περιστροφή γίνεται σε έναν οριζόντιο ανατολικοδυτικό άξονα (Horizontal Axis weekly adjustment) αλλά η κλίση ρυθμίζεται την πρώτη μέρα κάθε εβδομάδας.
- Η ημερήσια ρύθμιση οριζόντιου άξονα (Horizontal Axis daily adjustment). Σε αυτήν την περίπτωση επιλέγεται η κλίση να ρυθμίζεται καθημερινά έτσι ώστε να είναι οι ηλιακές ακτίνες κάθετες στην επιφάνεια το μεσημέρι.
- Η συνεχής ρύθμιση του οριζόντιου άξονα (Horizontal Axis continuous adjustment). Με αυτήν την επιλογή θεωρείται ότι η κλίση ρυθμίζεται συνεχώς έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η γωνία επίπτωσης (angle on incidence).
- Συνεχής ρύθμιση κάθετου άξονα (Vertical Axis continuous adjustment). Σε αυτήν την περίπτωση θεωρείται πως η περιστροφή γίνεται σε έναν περίπου οριζόντιο ανατολικοδυτικό άξονα και η κλίση είναι σταθερή ενώ το αζιμούθιο ρυθμίζεται συνεχώς προκειμένου να ελαχιστοποιείται η γωνία επίπτωσης.
- Δύο άξονες (Two Axis): Τα φωτοβολταϊκά περιστρέφονται τόσο ως προς τον οριζόντιο όσο και ως προς τον κάθετο άξονα έτσι ώστε οι ακτίνες του ήλιου να είναι κάθετες συνεχώς στην επιφάνεια. Παρά το γεγονός πως το συγκεκριμένο σύστημα μεγιστοποιεί την παραγωγή ισχύος είναι ιδιαίτερα ακριβώς για αυτό και χρησιμοποιείται σπάνια.

#### **5.4.1.1 Επίπτωση θερμοκρασίας**

Το λογισμικό επιπλέον επιτρέπει να ληφθεί υπόψη η μεταβολή της θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού στο σχεδιασμό. Η θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσει τις παραμέτρους λειτουργίας του φωτοβολταϊκού. Αν τσεκαριστεί η επιλογή *Consider effect of temperature* πρέπει να οριστούν οι ακόλουθες τιμές:

- Η θερμοκρασία του συντελεστή ισχύος που δείχνει αν η παραγόμενη ισχύς από το πάνελ εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η τιμή αυτή είναι αρνητική επειδή η παραγόμενη ισχύς μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας. Η τιμή αυτή λαμβάνεται από τον κατασκευαστή του φωτοβολταϊκού.

- Η ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας που είναι η θερμοκρασία που μπορεί να φτάσει το φωτοβολταϊκό αν εκτεθεί στα  $0,8\text{kW/m}^2$  ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμοκρασία περιβάλλοντος  $20^\circ\text{C}$  με ταχύτητα ανέμου  $1\text{m/sec}$ . Στην ουσία δείχνει τη μεταβολή της θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού με την θερμοκρασία περιβάλλοντος και την ηλιακή ακτινοβολία και δίνεται από τον κατασκευαστή.
- Η απόδοση σε πρότυπες συνθήκες δοκιμών που είναι η απόδοση με την οποία το φωτοβολταϊκό μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια στο μέγιστο σημείο ισχύος κάτω από πρότυπες συνθήκες δοκιμών. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται από το HOMER για να υπολογίσει την θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού.

- 

## 5.4.2 Στοιχεία Μετατροπών (Converter)

Ο μετατροπέας είναι ένα στοιχείο που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις για τη μετατροπή συνεχούς ρεύματος σε εναλλασόμενο και αντίστροφα.

**Converter Inputs**

A converter is required for systems in which DC components serve an AC load or vice-versa. A converter can be an inverter (DC to AC), rectifier (AC to DC), or both.

Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the converter, such as hardware and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each converter capacity in the Sizes to Consider table. Note that all references to converter size or capacity refer to inverter capacity.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
80,000	26550	2950	0

Sizes to consider

Size (kW)
0,000
80,000

**Cost Curve**

Graph showing Cost (000 \$) vs Size (kW). The red line represents Capital cost, and the blue line represents Replacement cost.

**Inverter inputs**

Lifetime (years): 15

Efficiency (%): 90

Inverter can operate simultaneously with an AC generator

**Rectifier inputs**

Capacity relative to inverter (%): 100

Efficiency (%): 85

Buttons: Help, Cancel, OK

Γράφημα 103 Μενού προσθήκης στοιχείων για μετατροπέα.

Στον πίνακα κόστους εισέρχεται το κόστος μετατροπής της καμπύλης δηλαδή την μετατροπή του κόστους με το μέγεθος του μετατροπέα. Το κόστος κεφαλαίου (capital



cost) είναι η αρχική τιμή αγοράς του μετατροπέα, το κόστος αντικατάστασης (Replacement Cost) είναι το κόστος για την αντικατάσταση του μετατροπέα στο τέλος της διάρκειας ζωής του και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι το ετήσιο κόστος για τη συντήρησή του.

Για τη χρήση του μετατροπέα για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (inverter) ορίζονται ως μεταβλητές ο χρόνος ζωής σε χρόνια και η απόδοση με την οποία ο μετατροπέας μετατρέπει το συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα σε % . Για τη μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές (rectifier) ορίζεται η σχετική χωρητικότητα σε σχέση με τον inverter σε % και η απόδοση με την οποία μετατρέπεται το εναλλασσόμενο σε συνεχές ρεύμα. Οι μεταβλητές αυτές μπορεί να οριστούν ως μεταβλητές ευαισθησίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αντίθεση με το Sunny Design, δεν πραγματοποιείται διαφοροποίηση της λειτουργίας ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των Φ/Β πλαισίων στο μετατροπέα.

## **5.5 Αποθήκευση με τη βοήθεια του HOMER**

Τα αυτόνομα συστήματα χρειάζονται συνήθως συστήματα αποθήκευσης που θα τους επιτρέπουν την απόδοση ηλεκτρικής ενέργειας όταν η άμεση παραγωγή από τα φωτοβολταϊκά δεν είναι δυνατή. Στο Homer η δυνατότητα αποθήκευσης δίνεται μέσω της επιλογής της κατάλληλης μπαταρίας.

Το κεντρικό μενού για την εισαγωγή μίας μπαταρίας παρουσιάζεται στην Γράφημα 104

**Battery Inputs**  
File Edit Help

Choose a battery type and enter at least one quantity and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the battery bank, such as mounting hardware, installation, and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each quantity in the Sizes to Consider table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Battery type: **Hoppecke 8 OPzS 800** [Details...] [New...] [Delete]

Battery properties:

Manufacturer: Hoppecke  
Website: [www.hoppecke.com](http://www.hoppecke.com)

Nominal voltage: 2 V  
Nominal capacity: 800 Ah (1.6 kWh)  
Lifetime throughput: 2,742 kWh

Costs

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	300	300	5.00
	[..]	[..]	[..]

Sizes to consider

Strings
4
8

Advanced

Batteries per string:  (50 V bus)

Minimum battery life (yr)  [..]

Cost Curve

Cost (000 \$)

Quantity

— Capital — Replacement

[Help] [Cancel] [OK]

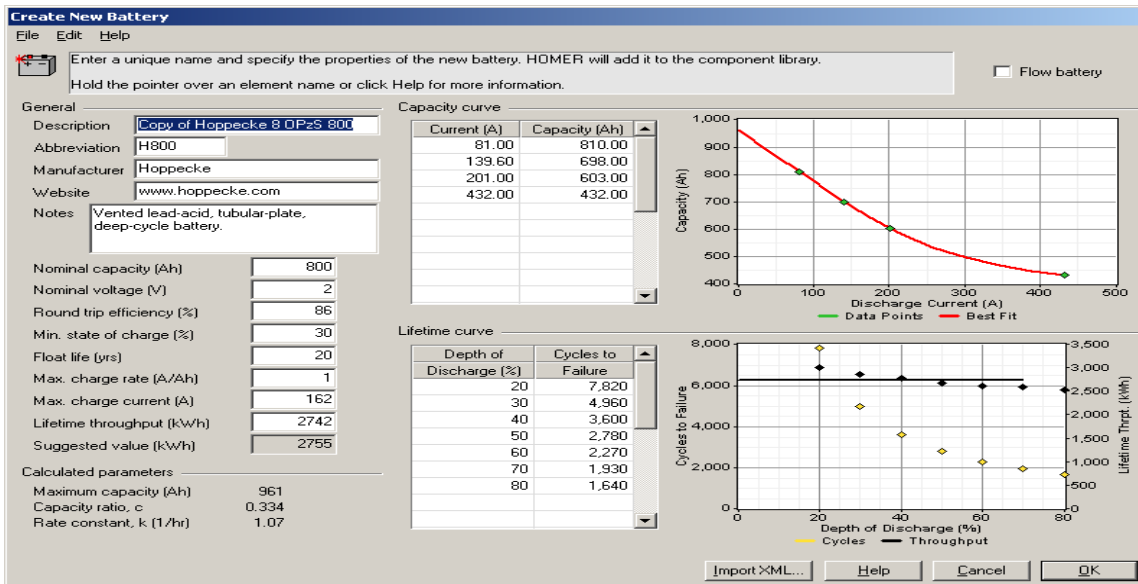
Γράφημα 104 Μενού διαλόγου για τις αποθηκευτικές διατάξεις.

όπου:

- Nominal Voltage-Ονομαστική Τάση (V): Είναι η τάση της κάθε μίας μπαταρίας.
- Nominal Capacity –Ονομαστική χωρητικότητα: Είναι η χωρητικότητα της κάθε μπαταρίας σε Ah. Για διευκόλυνση της Διαστασιολόγησης παρέχεται και μέσα στην παρένθεση η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να προσφέρει η συγκεκριμένη μπαταρία.
- Strings : Πόσες σειρές μπαταριών παράλληλα έχουν τοποθετηθεί. Μεγαλύτερος αριθμός σημαίνει μεγαλύτερο ονομαστικό ρεύμα και μικρότερη καταπόνηση ανά μπαταρία.
- Batteries per string Είναι ο αριθμός των μπαταριών σε σειρά. Προσφέρει την πληροφορία ποια είναι η τάση στα άκρα της συστοιχίας. Ιδιαίτερη προσοχή στην περίπτωση κατά την οποία υπάρχει σύνδεση με αντιστροφέα θα πρέπει να φτάνουμε στο επιθυμητό επίπεδο τάσης στα άκρα του αντιστροφέα.  
Επίσης, όπως και στις άλλες πηγές μπορούν να προστεθούν πληροφορίες σχετικά με το κόστος κεφαλαίου (capital), αντικατάστασης (replacement) αλλά και συντήρησης (O&M).

### 5.5.1 Προσθήκη/ τροποποίηση αποθηκευτικής διάταξης εκτός βάσης δεδομένων

Για προσθήκη κάποιας άλλης μπαταρίας από αυτές που υπάρχουν ήδη στη βάση δεδομένων του προγράμματος δίνεται η δυνατότητα πατώντας το πλήκτρο new. Αν απλά θέλουμε να δούμε ή να τροποποιήσουμε την επιλεγόμενη μπαταρία τότε πατάμε details. Το μενού το οποίο εμφανίζεται είναι το αμέσως παρακάτω Γράφημα 105



Γράφημα 105 Μενού προσθήκης νέας μπαταρίας.

Πέραν από τις βασικές παραμέτρους οι οποίες είναι διαθέσιμες στο βασικό μενού των μπαταριών, αυτή η καρτέλα περιλαμβάνει πληροφορίες για τα παρακάτω:

- Τη συνολική απόδοση του κύκλου φόρτισης/εκφόρτισης (*Round Trip Efficiency*).
- Το ελάχιστο ποσοστό φόρτισης (*Min. State of charge*).
- *Float life (Yrs)* Ακόμη και αν τα βάθη εκφόρτισης είναι μικρά, δεν πρόκειται να διατηρηθεί η μπαταρία περισσότερα χρόνια από την τιμή που περιγράφεται στη συγκεκριμένη περίπτωση.
- *Max. Charge Rate (A/Ah)*: Αυτή η τιμή δείχνει πόσο μεγάλο μπορεί να είναι το ρεύμα φόρτισης όταν η μπαταρία είναι σε συγκεκριμένο επίπεδο φόρτισης και υπολείπεται για να φορτιστεί. Για παράδειγμα για κ Ah το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να δεχθεί είναι κ\**Max Charge Rate*. Όσο πιο φορτισμένη είναι η μπαταρία τόσο πιο δύσκολη είναι η τελική φόρτισή της εξαιτίας αυτής της παραμέτρου. Επίσης αν μείνει μία μπαταρία στο φορτιστή συνεχίζει να καταναλώνει ισχύ.
- *Max. Charge current (A)*: Το μέγιστο ρεύμα το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί κατά τη φόρτιση/ εκφόρτιση. Για αυτό το λόγο ο ρυθμιστής φόρτισης ο οποίος θα εφαρμοστεί σε συνδυασμό με την μπαταρία αυτή θα πρέπει να περιορίζει το συγκεκριμένο ρεύμα.
- *Maximum Capacity (Ah)*: Είναι η μέγιστη χωρητικότητα της μπαταρίας αν το ρεύμα φόρτισης είναι σημαντικά μικρότερο από το ονομαστικό.

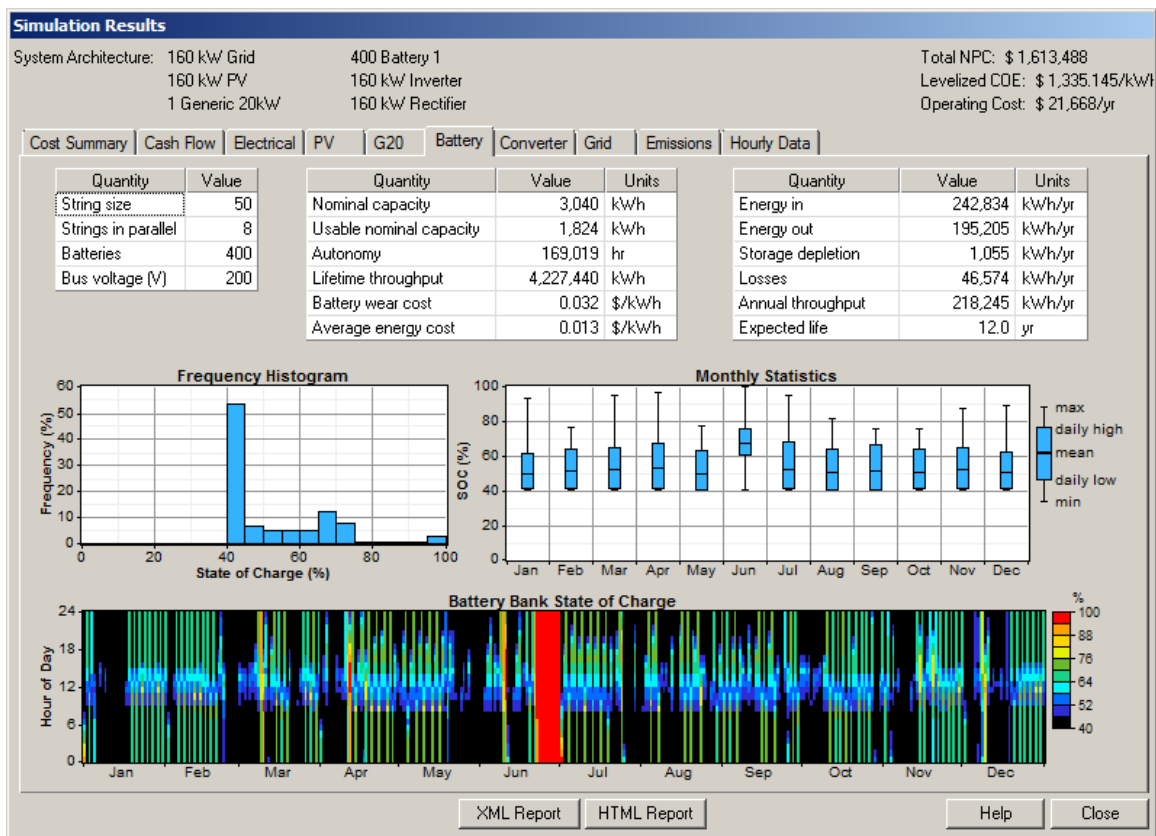
Ο πίνακας *Capacity Curve* περιλαμβάνει στοιχεία για το πως μεταβάλλεται η χωρητικότητα της μπαταρίας με το εφαρμοζόμενο ρεύμα. Αν διαιρεθεί η στήλη *Capacity* με το ρεύμα *Current* προκύπτουν οι ώρες στις οποίες φορτίζεται/ εκφορτίζεται η συγκεκριμένη μπαταρία με σταθερό ρεύμα. Αν αυτό μεταβάλλεται με το χρόνο και είναι μεγαλύτερο του ονομαστικού η τελική χωρητικότητα είναι κάπως περίπλοκο να αποτιμηθεί.

Ο Δεύτερος πίνακας, *Lifetime Curve* μας δίνει τον αριθμό κύκλων φόρτισης εκφόρτισης που αντέχει μία μπαταρία ανάλογα με το βάθος εκφόρτισης του κύκλου. Αν λοιπόν εκφορτιστεί μία μπαταρία στη μισή χωρητικότητά της και μετά επαναφορτιστεί, αυτό αποτελεί έναν κύκλο φόρτισης/εκφόρτισης με βάθος εκφόρτισης 50%. Αυτήν την διαδικασία μπορούμε να την επαναλάβουμε συνολικά 2.780 φορές (στο συγκεκριμένο

παράδειγμα) πριν η μπαταρία αχρηστευθεί πλήρως και είμαστε αναγκασμένοι να την οδηγήσουμε σε ανακύκλωση.

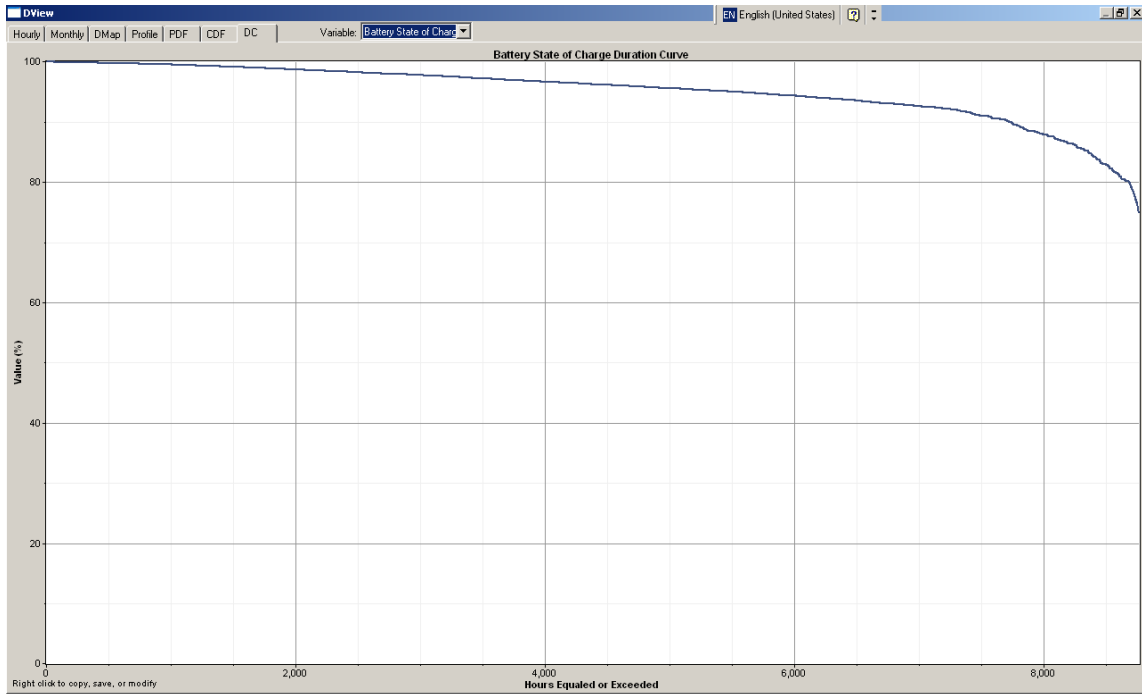
## 5.5.2 Τυπικές έξοδοι του Homer όταν περιλαμβάνεται μπαταρία.

Όταν περιλαμβάνεται μπαταρία η σύνοψη των πληροφοριών περιλαμβάνει στοιχεία όπως ο αναμενόμενος χρόνος ζωής και η κατανομή του SOC που παρουσιάζονται αν κάνουμε διπλό κλικ στη λύση που περιλαμβάνει την αποθηκευτική διάταξη. Ένα ξεχωριστό tab για μπαταρίες (battery) εμφανίζεται όπως δείχνει παρακάτω η Γράφημα 106



Γράφημα 106 Σύνοψη των αποτελεσμάτων για την αποθηκευτική διάταξη και το επίπεδο φόρτισης μπαταριών.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η καμπύλη διάρκειας του State of Charge( SoC) (Γράφημα 107) καθώς μας δείχνει πόσο συχνά είναι αρκετά φορτισμένη η αποθηκευτική διάταξη.



Γράφημα 107 Καμπύλη διάρκειας για την κατάσταση φόρτισης και για την περίπτωση της μπαταρίας.

## 6 Σενάρια που προσομοιώθηκαν

Προσομοιώθηκαν σενάρια για 0, 20, 25, 30, 35 και 40% διείσδυση μέσω Φ/Β συστημάτων σταθερού άξονα. Μία αρχική σκέψη για τη μελέτη ήταν η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθερού και κινούμενου άξονα (Tracker) όμως το πρόγραμμα προσομοίωσης HOMER δεν παρέχει τη δυνατότητα αυτή. Επίσης η επιλογή σταθερού άξονα έγινε και για πρακτικούς λόγους καθώς θα έπρεπε να βρεθεί οικόπεδο για την εγκατάσταση κινούμενου συστήματος ενώ τα σταθερά συστήματα τα οποία επελέγησαν τελικά θα εγκατασταθούν κυρίως σε στέγες.

Συγκεκριμένα το σενάριο της διείσδυσης 20% ΑΠΕ είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς είναι σύμφωνο με το μέσο ποσοστό διείσδυσης στην Κρήτη και κατ'επέκταση με το στόχο που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2020.

Επίσης εξετάστηκε η επίδραση της προσθήκης Α/Γ χωρίς Φ/Β παραγωγή και με Φ/Β ισχύ ικανή να προσφέρει το 40% της ζήτησης του οικισμού.

Αναφορικά με τις τιμές αγοράς προσομοιώθηκαν τα παρακάτω σενάρια

- Τιμή
- Μέσο μηνιαίο κόστος Συστήματος Κρήτης

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εστιάζουν στα εξής σημεία:

- Απαιτούμενη ισχύς Φ/Β για την επίτευξη του ποσοστού διείσδυσης
- Αιχμή ζήτησης από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ
- Εκπομπές Ρύπων

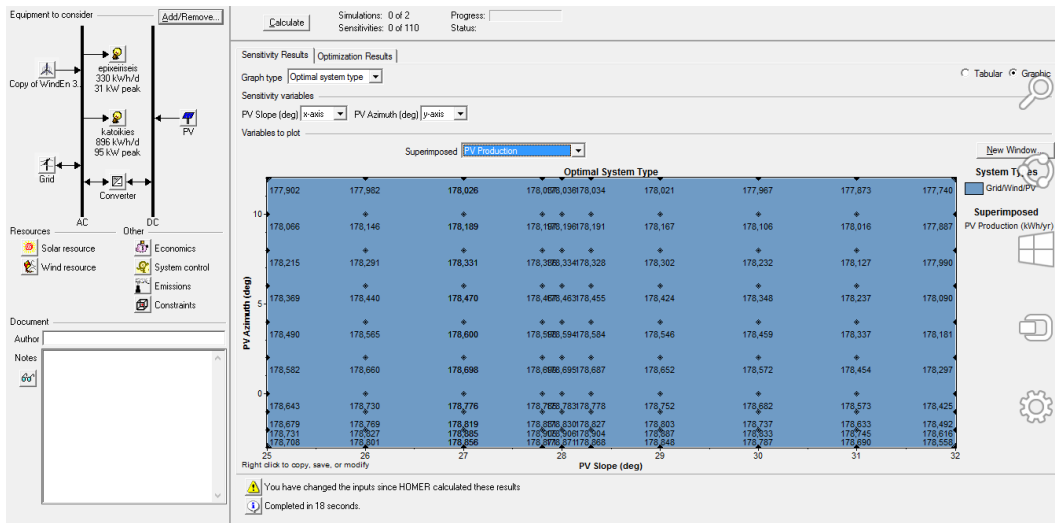
### 6.1 Παραδοχές

#### 6.1.1 Φ/Β

Αρχικά έγινε επιλογή εγκατάστασης σταθερών, συνδεδεμένων με το δίκτυο συστημάτων φωτοβολταϊκών σε στέγες του οικισμού.

Για τον υπολογισμό του μεγέθους και της βέλτιστης κλίσης των πάνελ χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο, καθώς και της μέσης θερμοκρασίας ημέρας βάσει της τεχνικής οδηγίας του ΤΕΕ, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010 για το Ρέθυμνο.

Με τη βοήθεια της χρήσης του προγράμματος homer επελέγη τελικά από το διάγραμμα optimization Γράφημα 108η βέλτιστη κλίση στις 27° με αζιμούθιο 0.



Γράφημα 108 Υπολογισμός βέλτιστης κλίσης φωτοβολταϊκού μέσω του προγράμματος HOMER.

Προσομοιώθηκαν διάφορα σενάρια μεταβάλλοντας την ισχύ του φωτοβολταϊκού η οποία επιτυγχάνει τα ποσοστά διείσδυσης 20%, 25%, 30%, 35% και 40%. Δυνατότητα για μεγαλύτερη ισχύ δεν υφίσταται λόγω του περιορισμού ισχύος του κεντρικού μετασχηματιστή του οικισμού στα 160 kW. Συνεπώς έχει μένει ένα περιθώριο ισχύος για εγκατάσταση μικρής ανεμογεννήτριας.

Επελέγησαν φωτοβολταϊκά στοιχεία της εταιρίας Conergy<sup>xxi</sup>, με:

Διάρκεια ζωής (Ετη)	20
Συντελεστή υποβάθμισης (%)	80
Ανάκλαση εδάφους (%)	20
Συντελεστής θερμοκρασίας (%/°C)	-0.5
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κυψέλων (°C)	47
Απόδοση σε συνθήκε δοκιμής STD (%)	13

Πίνακας 15 Ιδιότητες φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Οι ώρες λειτουργίας φωτοβολταϊκού υπολογίστηκαν στις 4.386 τον χρόνο.

Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν inverter της εταιρίας SMA με κόστος με διάρκεια ζωής 20 έτη, αποδοτικότητα εισόδου του inverter 95%.

### 6.1.1.1 Στοιχεία Κόστους

Για το κόστος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων έγινε υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης 10kW φωτοβολταϊκών σε στέγη με επικαιροποιημένες τιμές έπειτα από έρευνα προσφορών σε εταιρίες στην Κρήτη. Έτσι το καθαρό κόστος εγκατάστασης υπολογίστηκε στα 1200€/kW με ίδιο κόστος αντικατάστασης των πάνελ και κόστος λειτουργίας και συντήρησης. 10€/kW/year

Επιπλέον στο κόστος προστίθεται η εγκατάσταση inverter της εταιρίας SMA με χρέωση 500€/kW, ίδιο κόστος αντικατάστασης και κόστος λειτουργίας και συντήρησης 5€/kW/year, καθώς και το κόστος καλωδίωσης το οποίο ανέρχεται στα 100€/kW.



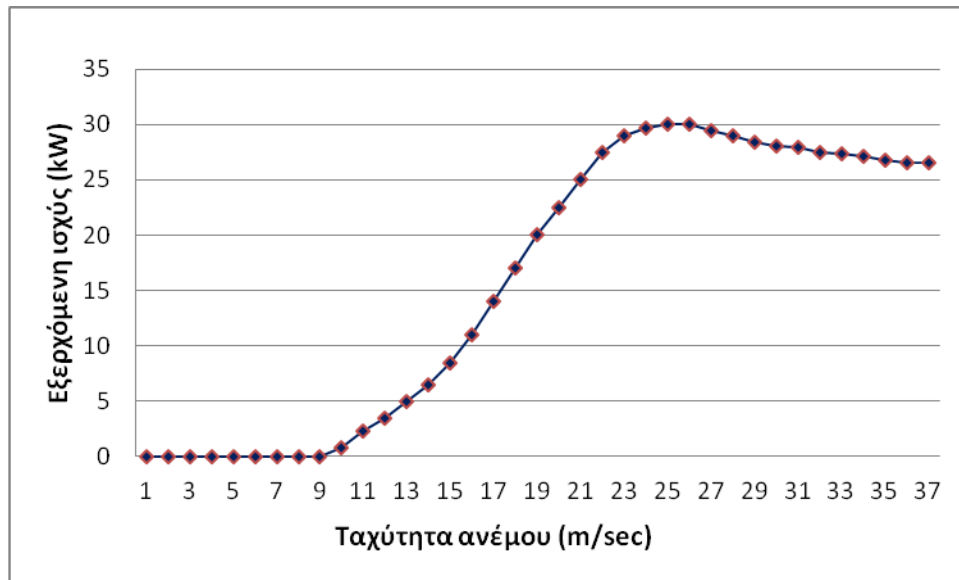
### 6.1.2 Α/Γ

Σύμφωνα με την Τεχνική οδηγία του Τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010 βλ. 4.4 μία μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή είναι τα 3.9 m/sec, τιμή η οποία είναι οριακή για ηλεκτρική αξιοποίηση συνεπώς η επιλογή μικρού μεγέθους Α/Γ αποτελεί μονόδρομο. Έπειτα από έρευνα επιλέχθηκε Α/Γ της Σουηδικής εταιρίας WindEn με ονομαστική ισχύ 30 kW και ταχύτητα έναρξης λειτουργίας τα 3.5 m/sec. Ο λόγος για τον οποίο επελέγη η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια είναι γιατί εκτός του χαμηλού κόστους και της αξιοπιστίας της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας, υπάρχει αντιπροσώπευσή της από εταιρία στην Κρήτη, επομένως απλοποιούνται οι διαδικασίες εγκατάστασης και συντήρησης.

Το κόστος υπολογίστηκε από την προσφορά της συγκεκριμένης εταιρίας στα 2.500€/kW. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά και καμπύλη ισχύος της Α/Γ παρατίθενται στα Γράφημα 109 και Γράφημα 110 Καμπύλη ισχύος WindEn 30kW.αντίστοιχα.

<b>Πρότυπο κατασκευής:</b>	IEC 61400-2:2006
<b>Ονομαστική Ισχύς:</b>	30KW
<b>Ονομαστική ταχύτητα ανέμου:</b>	12m/s
<b>Ταχύτητα εκκίνησης:</b>	3.5m/s
<b>Μέγιστος άνεμος:</b>	52.5m/s
<b>Αριθμός φτερών:</b>	3
<b>Διάμετρος:</b>	13m
<b>Εμβαδό φτερών:</b>	133m <sup>2</sup>
<b>Αριθμός Φάσεων:</b>	3,400 VAC
<b>Συχνότητα:</b>	50 Hz
<b>Σύνδεση με δίκτυο:</b>	Ναι
<b>Έλεγχος ισχύος:</b>	Πίνακας ελέγχου
<b>Φρένο:</b>	Φυγοκεντρικό με ελατήριο Τρία διαφορετικά φρένα στην άκρη των φτερών
<b>Περιστροφή:</b>	67 rpm
<b>Ύψος πυλώνα:</b>	18 - 36m
<b>Θόρυβος στα 120m από την (ΑΓ):</b>	40dB(A)
<b>Εγγύηση:</b>	2 χρόνια

Γράφημα 109 Τεχνικά χαρακτηριστικά WindEn 30 Kw.<sup>xxii</sup>



Γράφημα 110 Καμπύλη ισχύος WindEn 30kW.

Όπως βλέπουμε και από την καμπύλη ισχύος της, η WindEn έχει μικρή ταχύτητα έναρξης λειτουργίας και φτάνει την ονομαστική ισχύ σε επίσης χαμηλή ταχύτητα ανέμου.

### 6.1.3 Θεωρούμενες τιμές αγοράς

Όσων αφορά τις τιμές αγοράς ενέργειας από το δίκτυο, θεωρήθηκαν:

- α. Net metering
- β. Οριακή Τιμή Συστήματος Κρήτης

#### 6.1.3.1 Υπολογισμός τιμής Net Metering

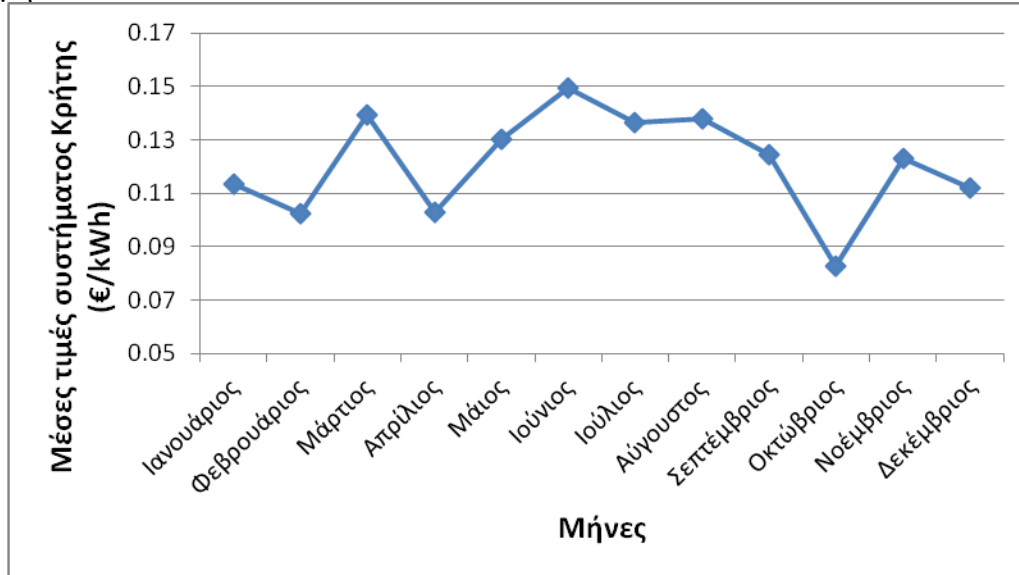
Για τον υπολογισμό της τιμής net metering, χρησιμοποιήθηκαν εκκαθαριστικοί λογαριασμοί μίας μέσης οικίας πενταμελούς οικογένειας του οικισμού. Έτσι προέκυψε μία μέση τιμή 0,21 €/kWh. Η τιμή αυτή συμπεριέλαβε και τις χρεώσεις Δικτύου Διανομής και Μεταφοράς καθώς και τα τέλη ΑΠΕ εκτός από την τυπική τιμή χρέωσης σκέλους ενέργειας.

Θεωρήσαμε λοιπόν ότι ο οικισμός θα υπόκειται στις εφαρμογές του Net Metering.

#### 6.1.3.2 Μέση μηνιαία τιμή ΟΤΣ Κρήτης

Η Οριακή Τιμή του Συστήματος είναι η τιμή στην οποία εκκαθαρίζεται η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και είναι η τιμή που εισπράττουν όλοι οι όσοι εγχέουν ενέργεια στο Σύστημα και πληρώνουν όλοι όσοι ζητούν ενέργεια από το Σύστημα. Συγκεκριμένα, η Οριακή Τιμή του Συστήματος διαμορφώνεται από τον συνδυασμό των προσφορών τιμών και ποσοτήτων που υποβάλλουν κάθε μέρα οι διαθέσιμες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και του ωριαίου φορτίου ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, που διαμορφώνεται σε καθημερινή βάση από τους καταναλωτές. Πιο συγκεκριμένα η Οριακή Τιμή Συστήματος αποτελεί τη διαφορά του κόστους ενός επιπλέον MW ενέργειας σε ένα σύστημα.

Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του συστήματος της Κρήτης ανά μήνα:



Γράφημα 111 Μέσες Τιμές Συστήματος Κρήτης.

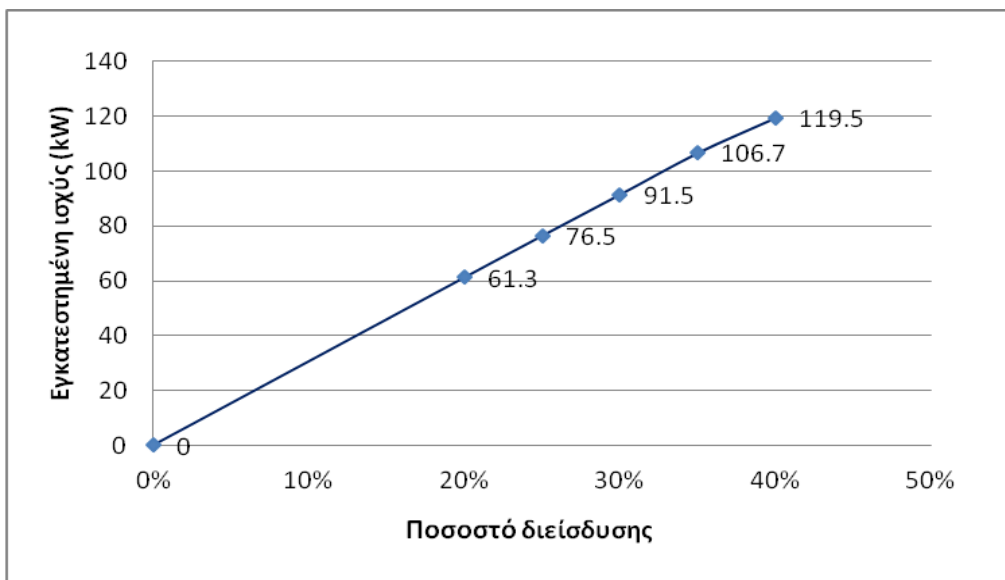
Όπως φαίνεται και στο γράφημα, μία μέση τιμή για την Οριακή Τιμή Συστήματος Κρήτης, είναι τα 0.12 €/kWh. Η τιμή αυτή είναι κατά πολύ μικρότερη από την ενιαία τιμή σύμφωνα με τις εφαρμογές του net metering η οποία είναι στα 0.21€/kWh.

Το μικροδίκτυο λοιπόν στον οικισμό των Κούμων σε συνάρτηση με τη αιεφορική χρήση της ενέργειας από πλευράς των κατοίκων του οικισμού θα επιφέρει αξιόλογα ποσοστά σε επίπεδο οικονομίας στον οικισμό αλλά και συνολικά στο σύστημα της Κρήτης.

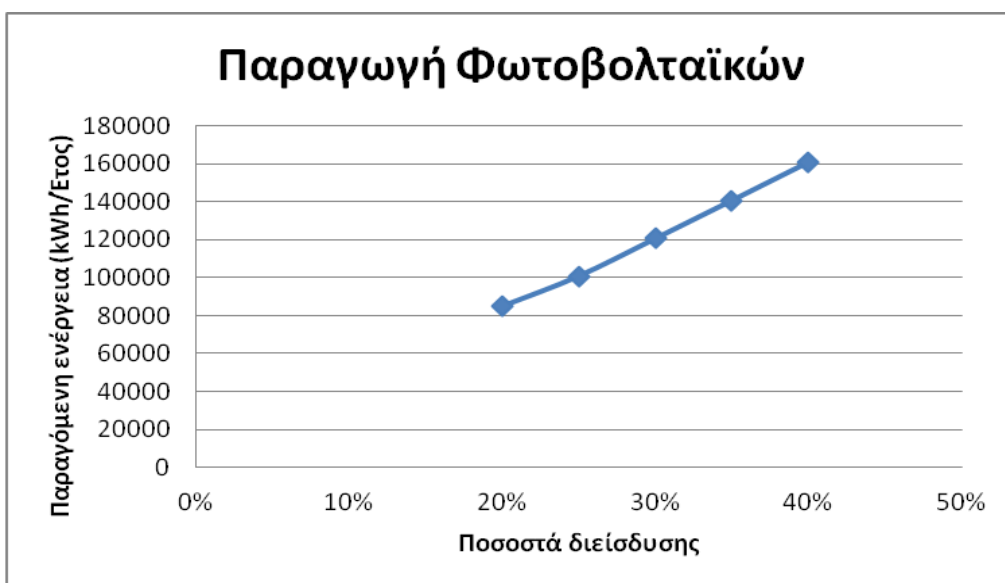
## 6.2 Αποτελέσματα

### 6.2.1 Απαιτούμενη ισχύς Φ/Β

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος του φωτοβολταϊκού η πρώτη παράμετρος η οποία έδωσε ένα μέτρο σχετικά με το μέγεθος, είναι η ισχύς του μετασχηματιστή στα 160 kWp, συνεπώς η εγκατεστημένη από ΑΠΕ ισχύς δε μπορεί να υπερβαίνει τα 160 kW και για λόγους ασφαλείας του συστήματος θα πρέπει να υπάρχει μία απόκλιση τουλάχιστον 30 kW.



Γράφημα 112 Ποσοστό διείσδυσης ανά εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκού

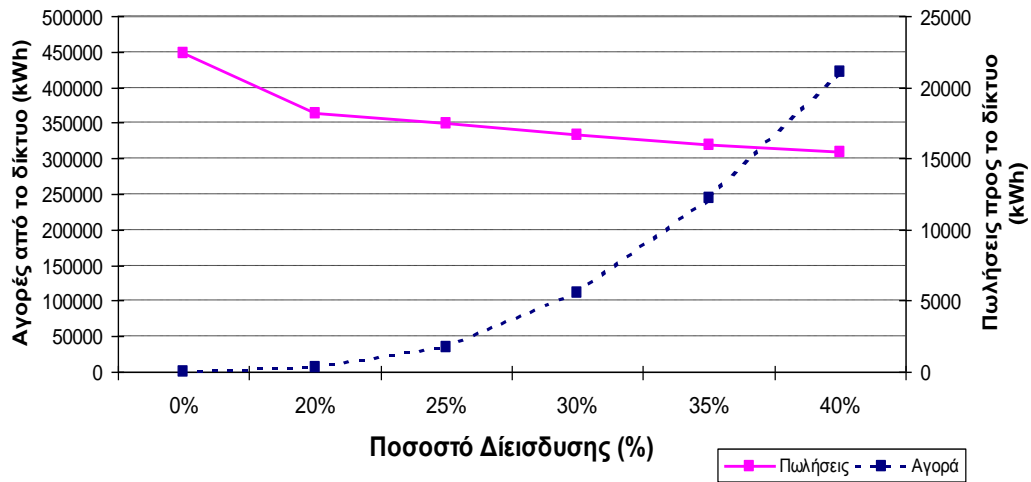


Γράφημα 113 Παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκά ανά ποσοστό διείσδυσης.

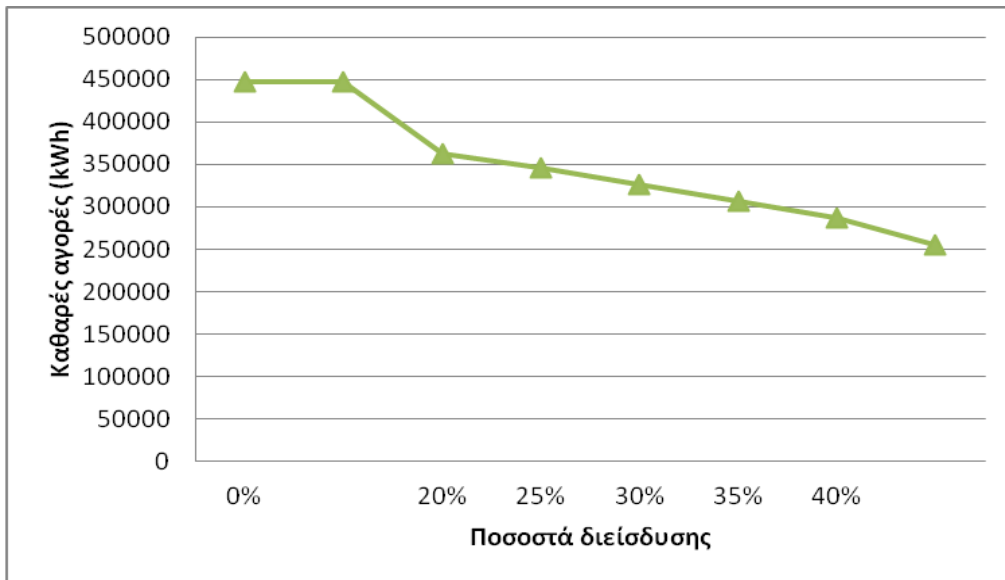
### 6.2.2 Ανταλλαγή ενέργειας με το δίκτυο

Με την προσθήκη ΑΠΕ επηρεάζονται άμεσα οι αγορές του οικισμού από το δίκτυο ενώ σε κάποιες περιπτώσεις διοχετεύεται ενέργεια σε αυτό κατά τις ώρες τις οποίες τα φωτοβολταϊκά παράγουν, η ζήτηση είναι χαμηλή και η περίσσεια ενέργειας δε διοχετεύεται σε σύστημα αποθήκευσης.

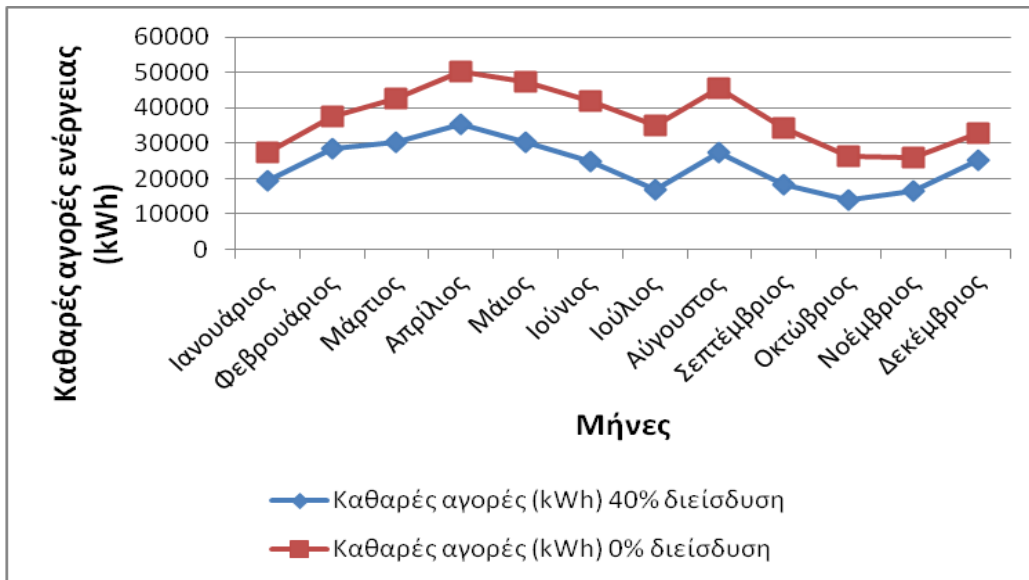
Πιο αναλυτικά παρατίθενται διαγράμματα όπου αναλύεται η συμπεριφορά του δικτύου μέσω της διείσδυσης ΑΠΕ.



Γράφημα 114 Αγορές από το δίκτυο και πωλήσεις προς το δίκτυο ανά ποσοστό διείσδυσης.

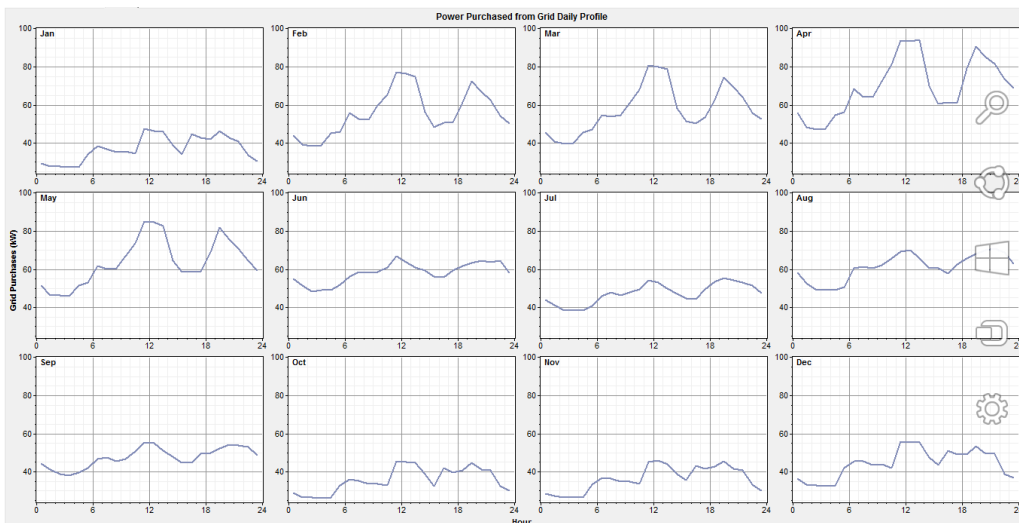


Γράφημα 115 Καθαρή αγορά ενέργειας (Net) από το δίκτυο ανά ποσοστό διείσδυσης.

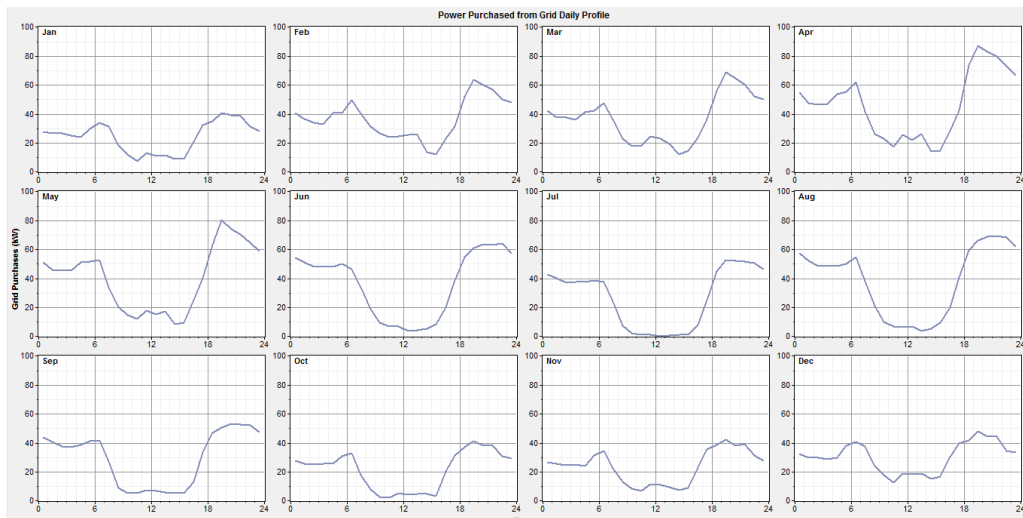


Γράφημα 116 Καθαρές αγορές ενέργειας από το δίκτυο ανά μήνα για διείσδυση 0 και 40%.

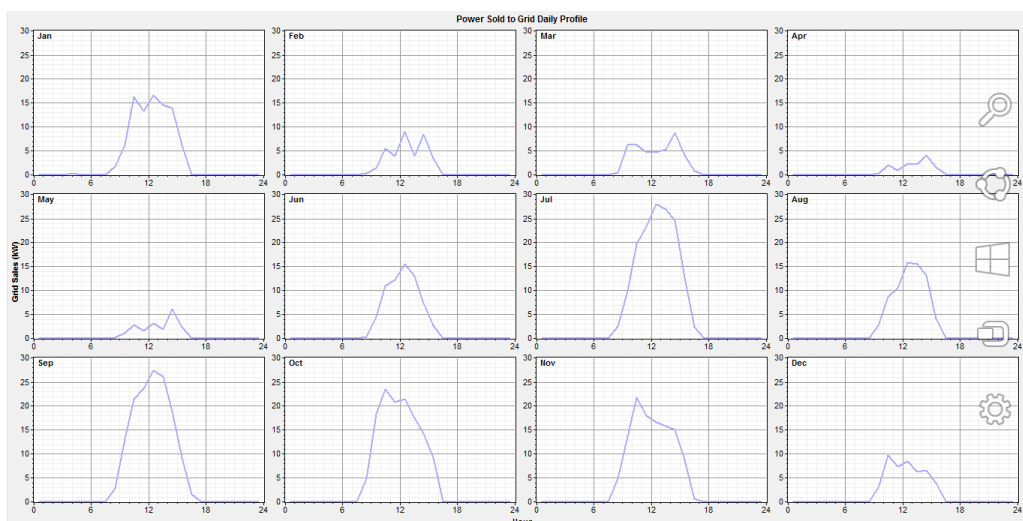
Γίνεται ξεκάθαρο από το γράφημα πως η ενέργεια και συνεπώς οι καθαρές αγορές από το δίκτυο μειώνονται μετά τη διείσδυση 40% ΑΠΕ και με σχετικά σταθερούς ρυθμούς μέσα στο έτος. Οι μεγαλύτερες αγορές από το δίκτυο, συνεπώς η μεγαλύτερη τιμή αγοράς παρατηρείται τον Απρίλιο όπου όπως έχει προαναφερθεί, η επισκεψιμότητα του οικισμού είναι αυξημένη λόγω των διακοπών του Πάσχα όπως επίσης και το τυροκομείο δουλεύει με αυξημένο φορτίο.



Γράφημα 117 Αγορές δικτύου για 0% διείσδυση ΑΠΕ –Προφίλ ανά μήνα



Γράφημα 118 Αγορές δικτύου για 40% διείσδυση από ΑΠΕ – Προφίλ ανά μήνα



Γράφημα 119 Πωλήσεις δικτύου για 40% διείσδυση από ΑΠΕ – Προφίλ ανά μήνα.

Στα παραπάνω διαγράμματα γίνεται ξεκάθαρο το γεγονός ότι τους καλοκαιρινούς μήνες και συγκεκριμένα τις πρώτες πρωινές έως και τις μεσημεριανές ώρες, έχουμε τις καλύτερες πωλήσεις στο δίκτυο με εξαίρεση τον Αύγουστο οπότε η επισκευσιμότητα άρα και η κατανάλωση στον οικισμό είναι μεγάλη λόγω των διακοπών του δεκαπενταύγουστου, με τις καλύτερες πωλήσεις να παρατηρούνται κατά τους μήνες Ιούλιο και Σεπτέμβρη.

Οι αγορές δικτύου μειώνονται κατά πολύ μέσω της διείσδυσης 40% ΑΠΕ. Οι καμπύλες στο Γράφημα 118 είναι ανεστραμμένες κατά τις πρώτες πρωινές έως τις απογευματινές ώρες όπου λόγω της ηλιοφάνειας παράγουν τα φωτοβολταϊκά και ρίχνουν την αιχμή σε σχέση με τις καμπύλες στο Γράφημα 117.

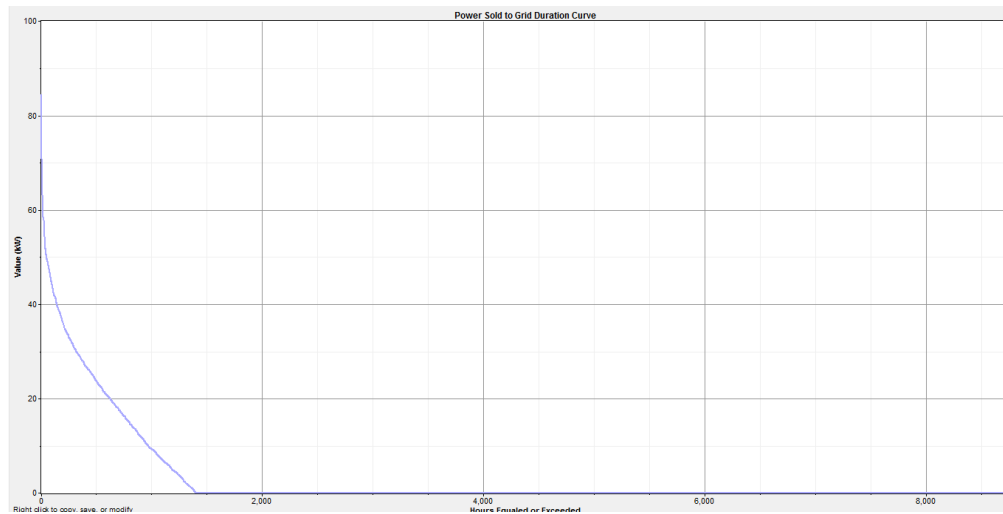
Επίσης παρατηρούμε πως οι αγορές δικτύου είναι αυξημένες κατά το μήνα Απρίλιο καθώς λόγω των επισκευσιμότητας των διακοπών του Πάσχα αυξάνεται η επισκευσιμότητα



στον οικισμό. Επίσης και το τυροκομείο λειτουργεί σχεδόν στο μέγιστό του φορτίο και αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή του οικισμού.

Αξίζει να σημειωθεί πως αιχμή τις βραδινές ώρες κυρίως για το καλοκαίρι είναι υψηλή και σε συνάρτηση με το γεγονός ότι τα φωτοβολταϊκά δε παράγουν τις βραδινές ώρες, η αιχμή δε μειώνεται αισθητά.

Τέλος, στο γράφημα που ακολουθεί βλέπουμε πως πωλήσεις στο δίκτυο πραγματοποιούνται σε συνολικά 1400 ώρες παραγωγής ανά έτος και φτάνουν σε αιχμή τα 85 kW



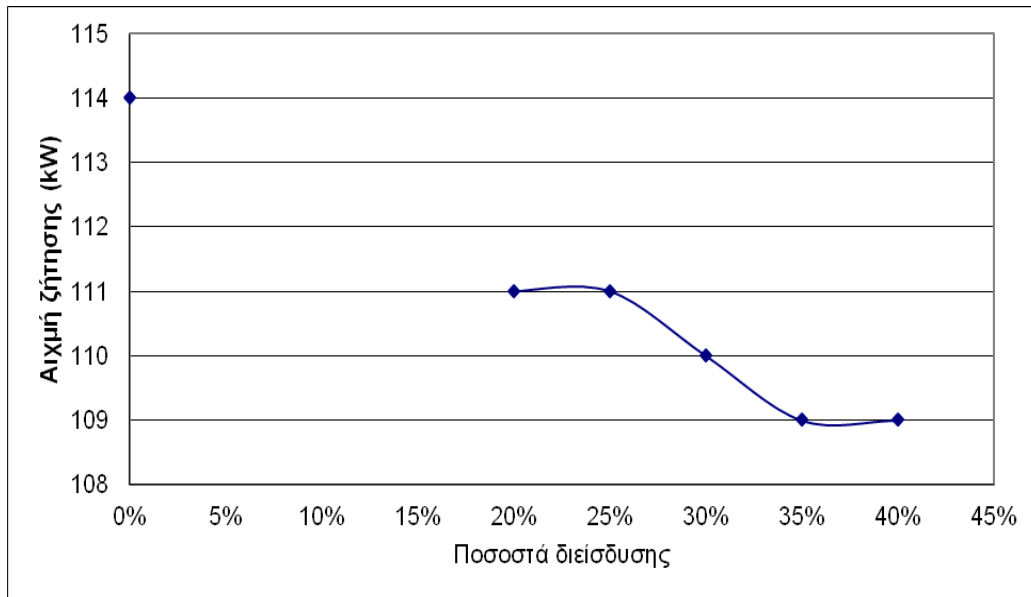
Γράφημα 120 Καμπύλη διαρκείας των πωλήσεων του δικτύου.

### 6.2.3 Αιχμή ζήτησης από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ

Η αιχμή του δικτύου στον οικισμό των Κούμων φτάνει περίπου στα 115 kW και εμφανίζεται το μήνα Απρίλιο όπου όπως προαναφέρθηκε είναι αυξημένη η επισκεψιμότητα του οικισμού λόγω των διακοπών του Πάσχα και το τυροκομείο λειτουργεί σε αυξημένους ρυθμούς λόγω και της εορτής του Αγίου Γεωργίου όπου οι παραγωγοί προσφέρουν γάλα για την παραγωγή τυροκομικών προϊόντων προς τιμήν του, τα οποία προσφέρονται στους επισκέπτες του προσκυνηματος.

Η αιχμή αυτή επηρεάζεται άμεσα από την προσθήκη ΑΠΕ με μεγαλύτερη μείωση αυτής όπως βλέπουμε και στο ακόλουθο διάγραμμα μέσω της διείσδυσης 40% φωτοβολταϊκής τεχνολογίας και ακόμη περισσότερο με την προσθήκη ΑΓ.

Παρακάτω παρατίθεται διάγραμμα με τη συμπεριφορά του συστήματος μέσω της διείσδυσης ΑΠΕ.

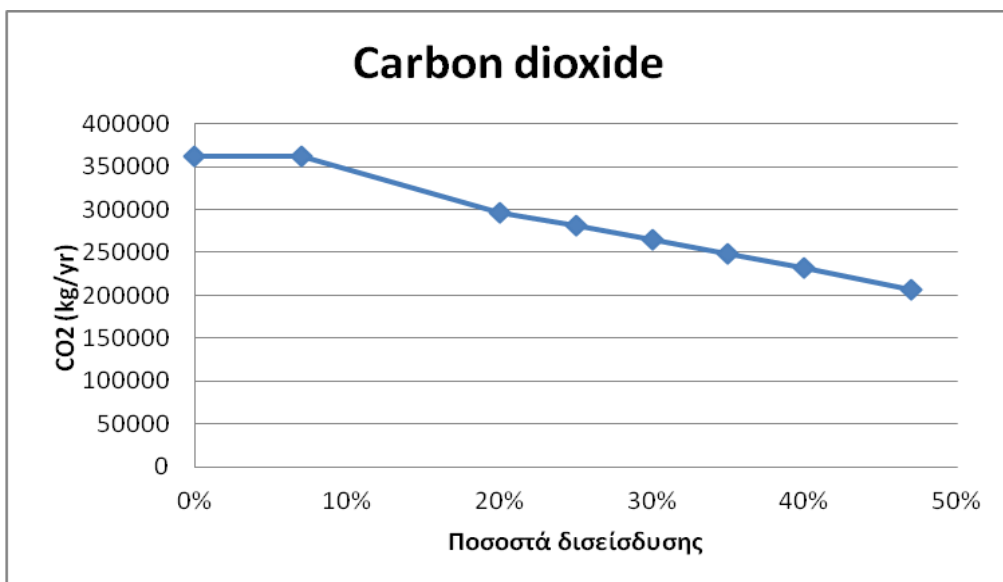


Γράφημα 121 Αιχμή ζήτησης ανά ποσοστό διείσδυσης.

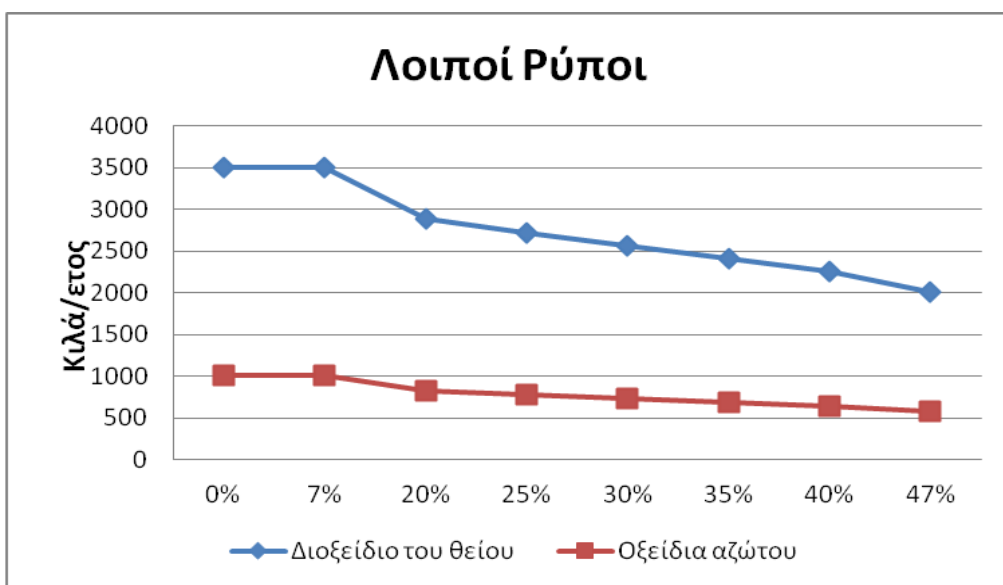
Στο διάγραμμα αυτό βλέπουμε πόσο μειώνεται η αιχμή ζήτησης του φορτίου όσο αυξάνεται το ποσοστό διείσδυσης ΑΠΕ. Μας βοηθάει να κατανοήσουμε την αντιστοιχία μεταξύ των δύο εννοιών. Όπως παρατηρούμε η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων δε βοήθησε ιδιαίτερα στη μείωση της αιχμής του φορτίου. Συνολικά το ποσοστό μείωσης της αιχμής ανήλθε στο 4.45% σε αντιστοιχία 5kW το έτος, ενώ με την προσθήκη επιπλέον μικρής ανεμογεννήτριας το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 5.2%, σε αντιστοιχία 6 kW το έτος. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι όπως παρατηρούμε και στο Γράφημα 118 οι καταναλώσεις του οικισμού κατά τις βραδινές ώρες και ιδίως τους μήνες Απρίλιο και Μαΐο είναι ιδιαίτερα αυξημένες και τις ώρες αυτές δεν υπάρχει φωτοβολταϊκή παραγωγή.

#### 6.2.4 Ρύποι

Για να υπολογίσουμε τη μείωση εκπομπών ρύπων αντλήσαμε δεδομένα από τη διατριβή Αντώνιος Γ. Τσικαλάκης, Διδακτορική διατριβή <sup>xxiii</sup>



Γράφημα 122 Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά ποσοστό διείσδυσης.



Γράφημα 123 Μείωση εκπομπών λοιπών ρύπων ανά ποσοστό διείσδυσης.

Με τη διείσδυση 40% φωτοβολταϊκών επιτυγχάνεται η μέγιστη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και λοιπών ρύπων και συγκεκριμένα κατά 42%.

### 6.3 Επίπτωση Α/Γ

Τα ποσοστά διείσδυσης σε όλα τα σενάρια αφορούν προσθήκη φωτοβολταϊκού. Η προσθήκη Α/Γ υφίσταται μόνο στα σενάρια:

- 0% PV και 30 kW ΑΓ
- 40% PV και 30 kW ΑΓ

Με την προσθήκη της ΑΓ αυξάνεται επιπλέον το ποσοστό διείσδυσης κατά 7%.

Παρατίθεται συγκριτικό διάγραμμα της μεταβολής της αιχμής από την προσθήκη φωτοβολταϊκού μόνο αλλά και την επίπτωση της ανεμογεννήτριας σε αυτό.



Γράφημα 124 Μηνιαία μεταβολή της αιχμής συναρτήσει της προσθήκης φωτοβολταϊκού με ποσοστό

διείσδυσης 40% και ΑΓ.

Η μέγιστη μηνιαία μεταβολή της αιχμής μετά την προσθήκη του φωτοβολταϊκού παρατηρείται τον Οκτώβρη με ποσοστό 10,53% η οποία αντιστοιχεί σε διαφορά 6 kW. Συνολικά στο έτος η μείωση αντιστοιχεί σε ποσοστό 4,39% δηλαδή διαφορά 5 kW.

Μέγιστη μηνιαία μεταβολή της αιχμής με την επιπλέον προσθήκη Ανεμογεννήτριας παρατηρείται το Δεκέμβρη με ποσοστό 12% η οποία αντιστοιχεί σε διαφορά 9 kW. Συνολικά προκύπτει πως η αιχμή μειώνεται σε ποσοστό 5.2%, σε αντιστοιχία 6 kW το έτος.

Για τη διείσδυση 40% φωτοβολταϊκών οι αγορές από το δίκτυο ανέρχονται στις 307650 kWh και οι πωλήσεις προς το δίκτυο στις 21059 kWh το χρόνο.

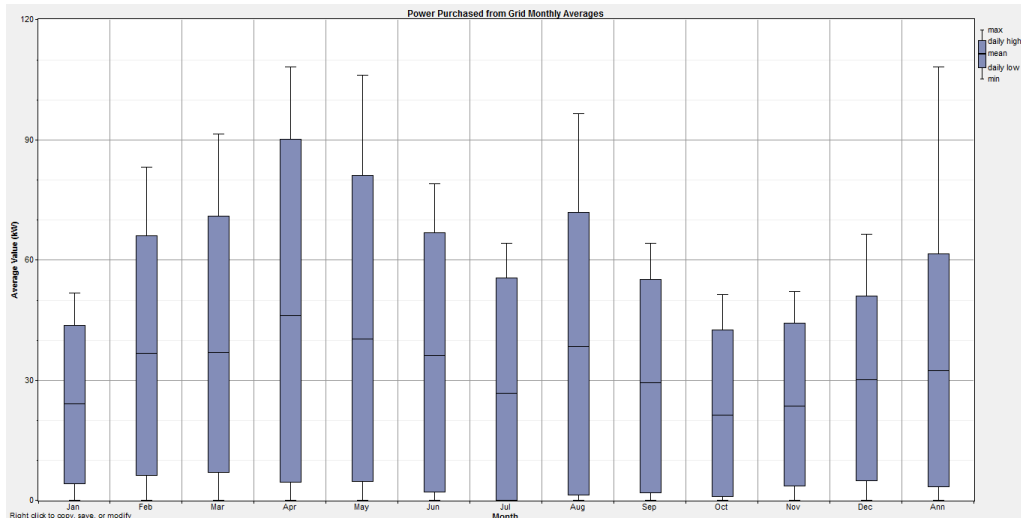
Με την επιπλέον προσθήκη Ανεμογεννήτριας οι αγορές από το δίκτυο μειώνονται στις 283870 kWh και οι πωλήσεις αυξάνονται στις 28083 kWh το χρόνο.

Συνολικά οι καθαρές αγορές του οικισμού από το δίκτυο μειώνονται στις 30804 kWh το χρόνο.

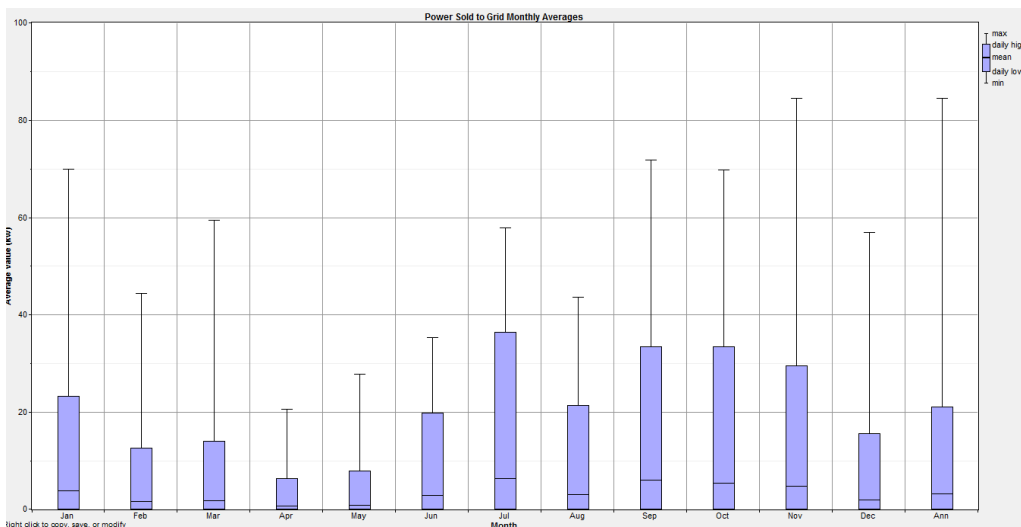
Τέλος με την προσθήκη της ανεμογεννήτριας μειώθηκαν οι ρύποι κατά 5.2% επιπλέον.

## 6.4 Έμφαση στο σενάριο Υψηλής Διείσδυσης από ΑΠΕ

Υψηλή διείσδυση ΑΠΕ στον οικισμό επιτυγχάνεται με το σενάριο 40% διείσδυση φωτοβολταϊκής τεχνολογίας σε συνδυασμό με την προσθήκη ανεμογεννήτριας με διείσδυση 7% επιπλέον.



Γράφημα 125 Μέσες μηνιαίες ποσότητες ενέργειας που αγοράστηκαν από το δίκτυο.



Γράφημα 126 Μέσες μηνιαίες τιμές μηνιαίες ποσότητες ενέργειας ηλεκτρικής ενέργειας που πωλήθηκαν.

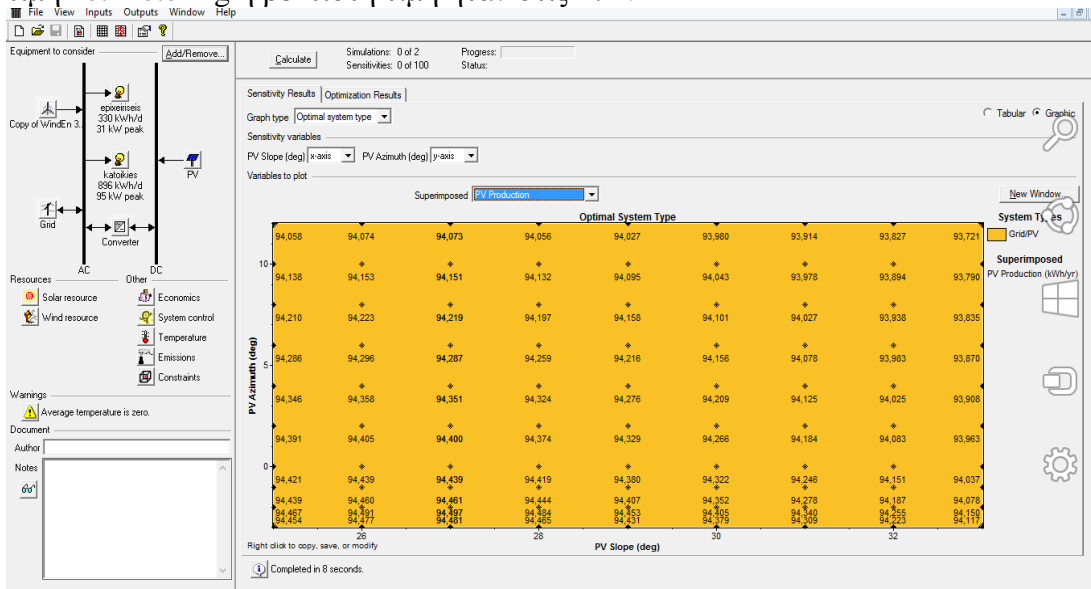
Όπως παρατηρούμε η μέση τιμή αγοράς από το δίκτυο φτάνει τα 50 kW τον Απρίλη με μέγιστη τιμή πώλησης τα 92 kW τον ίδιο μήνα και η μέση τιμή πώλησης φτάνει τα 5 kW τον Ιούλιο με μέγιστη τιμή πώλησης τα 33 kW επίσης τον Ιούλιο.

## 6.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων για τη μέση τιμή συστήματος Κρήτης

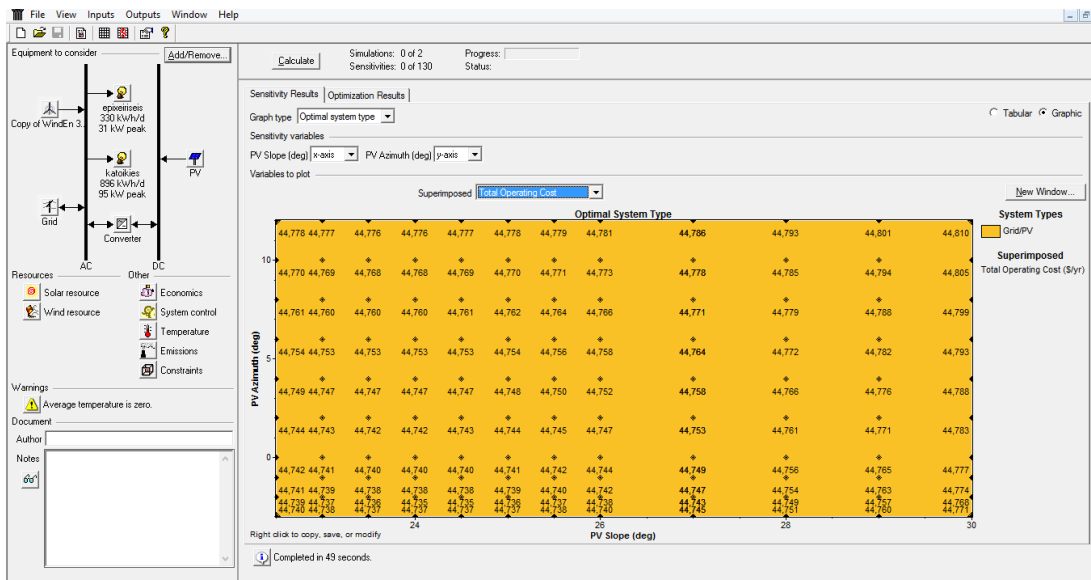
Έγινε προσομοίωση του συστήματος βάσει της μέσης τιμής συστήματος Κρήτης για κάθε ποσοστό διείσδυσης. Συγκεκριμένα δόθηκε έμφαση στα αποτελέσματα για διεισδύσεις 20 και 40% τεχνολογιών ΑΠΕ τα οποία είναι τα ακόλουθα:

## 6.5.1 Βέλτιστη Κλίση του Φ/Β

Με την προσθήκη της μέσης τιμής συστήματος Κρήτης ανά μήνα, η προσομοίωση μέσω HOMER έδωσε ως βέλτιστη γωνία κλίσης των φωτοβολταϊκών πάνελ τις 24° ενώ με την τιμή net metering η βέλτιστη τιμή ήταν στις 27°.

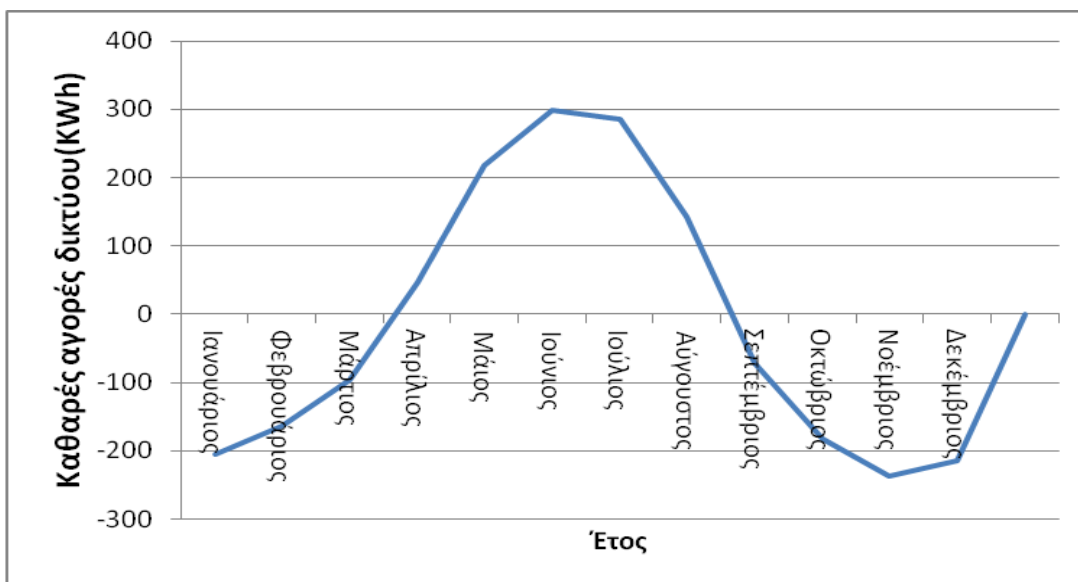


Γράφημα 127 Υπολογισμός της βέλτιστης κλίσης του φωτοβολταϊκού με βάση την παραγωγή.



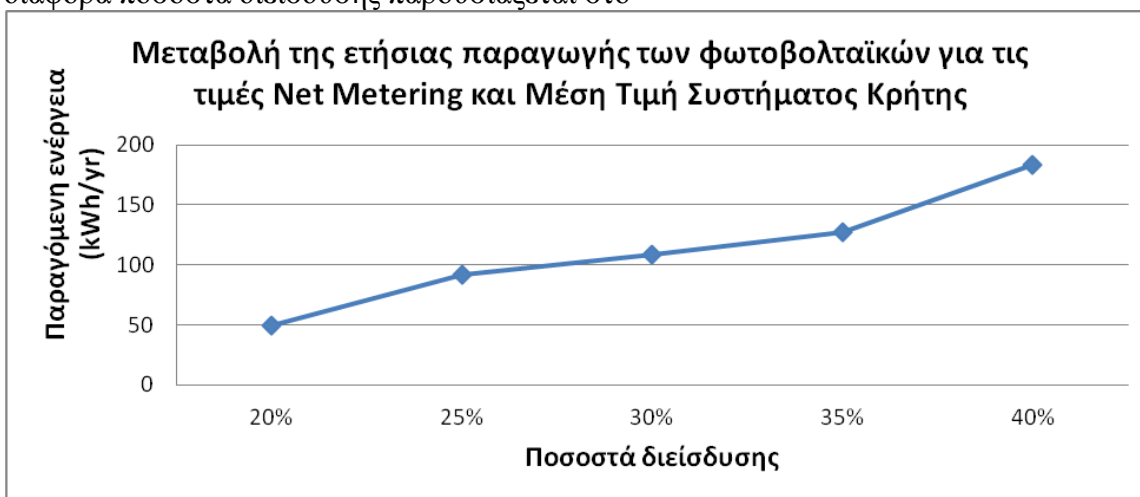
Γράφημα 128 Υπολογισμός βέλτιστης κλίσης του φωτοβολταϊκού με βάση το κόστος

Αυτό συνέβη γιατί όπως βλέπουμε στο Γράφημα 111 οι τιμές της αγοράς είναι αυξημένες το καλοκαίρι, συνεπώς μειώνοντας την κλίση του φωτοβολταϊκού αυξάνεται η παραγωγή τους καλοκαιρινούς μήνες και μειώνεται ελαφρώς τους χειμερινούς (γράφημα 44). Έτσι και μεν έχουμε μικρή απώλεια παραγόμενης ισχύος κερδίζουμε όμως λίγο περισσότερο από οικονομικής άποψης.



Γράφημα 129 Καθαρές αγορές δικτύου που προκύπτουν από τη διαφορά κλίσης των φωτοβολταϊκών για 40% διείσδυση.

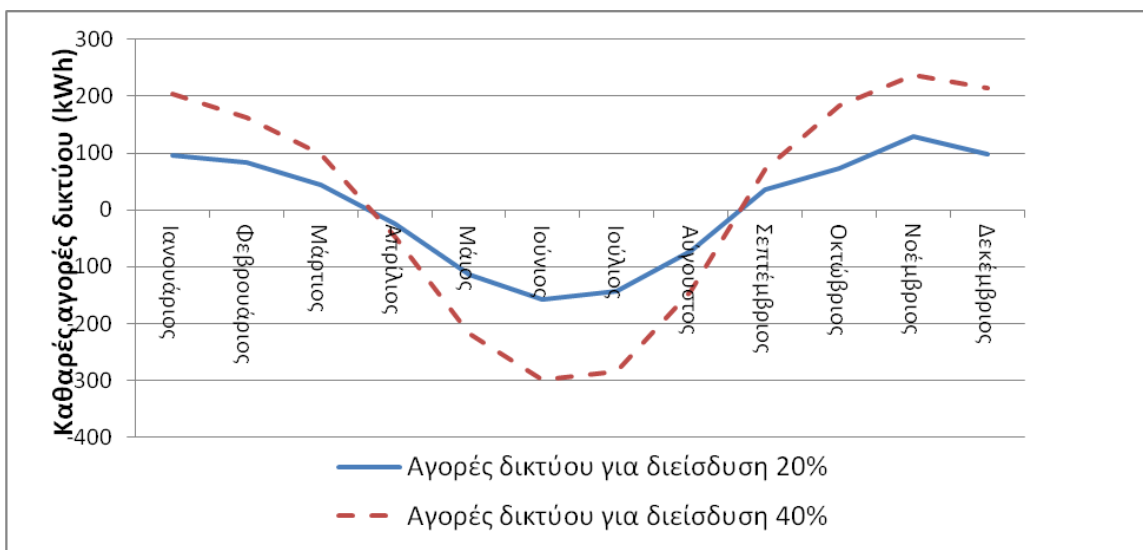
Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζεται η μεταβολή της παραγωγής των Φ/Β για τα διάφορα ποσοστά διείσδυσης παρουσιάζεται στο



Γράφημα 130 Συγκριτικό διάγραμμα με την ετήσια παραγωγή φωτοβολταϊκών για Μέση Τιμή Συστήματος Κρήτης και Net Metering αντίστοιχα.

### 6.5.2 Μεταβολή ισοζυγίου Ενέργειας

Με τη μείωση της κλίσης των φωτοβολταϊκών στις 24° αγοράζει ο οικισμός επιπλέον 51 kWh για διείσδυση 20% και 181 kWh για διείσδυση 40% κατά τους χειμερινούς μήνες (βλ θετικές τιμές στο γράφημα)

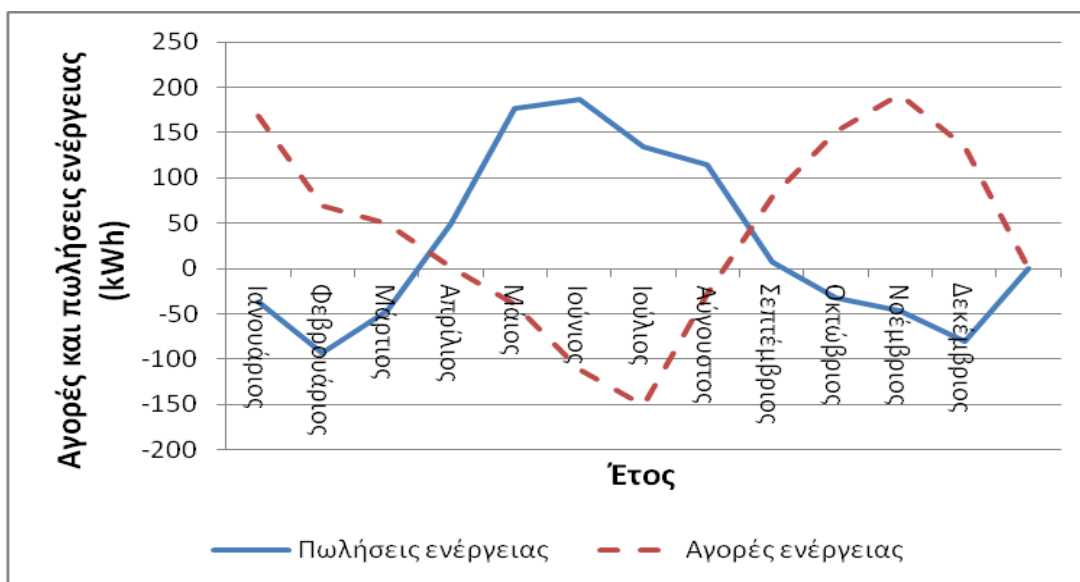


Γράφημα 131 Μεταβολή στις Καθαρές αγορές δικτύου με τη Μέση Τιμή Συστήματος Κρήτης για διεισδύσεις 20 και 40% αντίστοιχα.

Η ελάττωση αυτή είναι βέβαια οριακή όμως το γενικό συμπέρασμα είναι ότι όταν ένα μικροδίκτυο δουλεύει σε καθεστώς αγοράς, θα πρέπει να επιλέξει τη βέλτιστη κλίση βάσει των οικονομικών παραγόντων καθώς σε διαφορετικού μεγέθους και προδιαγραφών μικροδίκτυα η ελάττωση μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη.

Αξίζει να σημειωθεί πως οι μηνιαίες τιμές της αιχμής ανά μήνα δε μεταβάλλονται με την προθήκη της μέσης τιμής συστήματος Κρήτης σε σχέση με την τιμή Net Metering.

Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι αγορές από το δίκτυο και οι πωλήσεις προς το δίκτυο που προκύπτουν από τη μεταβολή της κλίσης από τις 27 στις 24 μοίρες μόνο για 40% διείσδυση.



Γράφημα 132 Αγορές από το δίκτυο και πωλήσεις προς το δίκτυο με τη Μέση Τιμή Συστήματος Κρήτης. Μεταβολή σε σχέση με το net metering



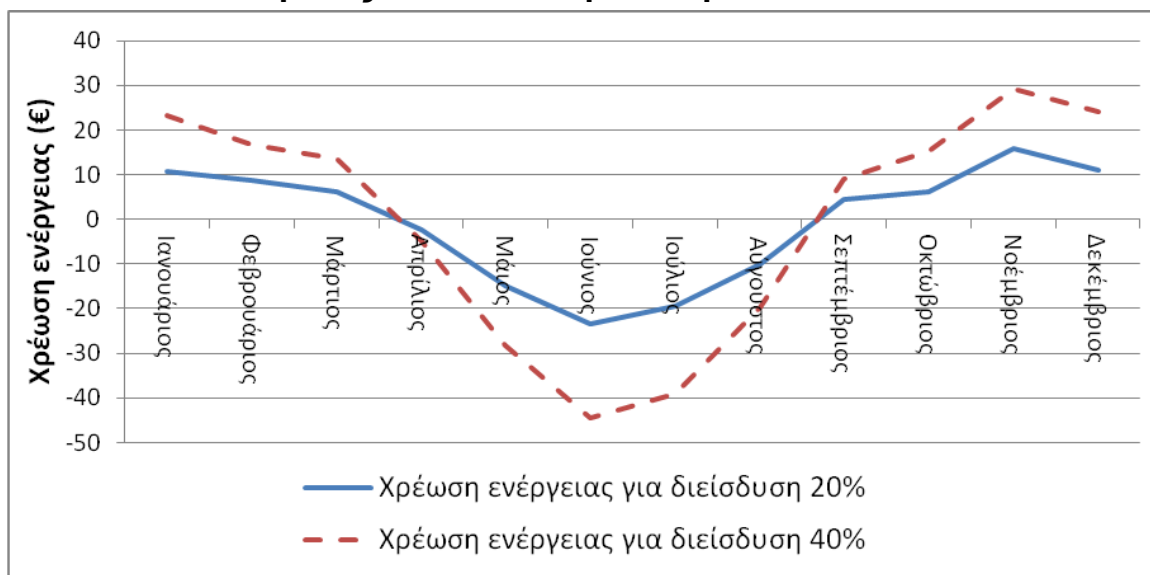
Συνολικά για διείσδυση 40% ο οικισμός «ζητάει» λιγότερο από το δίκτυο 334 kWh και διοχετεύει σε αυτό λιγότερο 517 kWh.

Στην εκκαθάριση – καθαρές αγορές από το δίκτυο προκύπτουν επιπλέον συνολικά 181 kWh.

### 6.5.3 Μεταβολή σε λοιπά μεγέθη

Η μεταβολή των εκπεμπόμενων ρύπων είναι αμελητέα από την αλλαγή αυτή. Επιπρόσθετα οι μηνιαίες τιμές των αιχμών ανά μήνα δε μεταβάλλονται με την προσθήκη της Μέσης Τιμής Συστήματος Κρήτης.

### 6.5.4 Μεταβολές στον οικονομικό τομέα



Γράφημα 133 Χρεώσεις ενέργειας με τη Μέση Τιμή Συστήματος Κρήτης για διεισδύσεις 20 και 40% αντίστοιχα.

Με τη μεταβολή της κλίσης από τις 27° στις 24° επιτυγχάνεται μείωση του κόστους αγοράς εξισορροπώντας με τους καλοκαιρινούς μήνες (βλ αρνητικές τιμές στο γράφημα). Οι τιμές διαμορφώνονται ανά ποσοστό διείσδυσης ως εξής:

Ποσοστό διείσδυσης	0%	20%	40%
Χρέωση (€/kWh)	0.122806	0.099236	0.076116

Πίνακας 16 Διαμόρφωση χρέωσης ενέργειας ανά ποσοστό διείσδυσης.

όπου κερδίζει 7 € για τη διείσδυση 20% και 5€ για τη διείσδυση 40% το χρόνο αντίστοιχα στο έτος κυρίως. Η μεταβολή αυτή έγινε κυρίως για τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η Μέση Τιμή Συστήματος Κρήτης είναι αυξημένη λόγω της ταυτόχρονης αύξησης της ζήτησης. Με τη μείωση στην κλίση να μειώνεται η παραγόμενη

ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά όμως όπως είδαμε στην ενότητα 6.5.2 η μείωση αυτή είναι ελαφρώς μικρότερη σε σχέση με το οικονομικό όφελος, την αντίστοιχη μείωση δηλαδή στη χρέωση της ενέργειας.

### **6.5.5 Επίπτωση της Α/Γ**

Για τη διείσδυση 40% φωτοβολταϊκών οι αγορές από το δίκτυο ανέρχονται στις 302365 kWh και οι πωλήσεις προς το δίκτυο στις 23563 kWh το χρόνο.

Με την επιπλέον προσθήκη Ανεμογεννήτριας οι αγορές από το δίκτυο μειώνονται στις 279068 kWh και οι πωλήσεις αυξάνονται στις 31069 kWh το χρόνο.

Συνολικά οι καθαρές αγορές του οικισμού από το δίκτυο μειώνονται από τις 278962 kWh στις 247609 kWh το χρόνο, δηλαδή 31197 kWh λιγότερο, ενώ η το κόστος αγοράς ενέργειας από το δίκτυο διαμορφώνεται στα 0.067929 €/kWh.

Τελικά δηλαδή οι καθαρές αγορές από το δίκτυο με την επιπλέον προσθήκη Ανεμογεννήτριας μειώνονται κατά 3666.032 € το χρόνο.

## 7 Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια γίνεται όλο και μεγαλύτερη προσπάθεια για σχεδιασμό, υλοποίηση και λειτουργία κατάλληλων παρεμβάσεων, σε επιλεγμένες περιοχές που θα υποστηρίξουν με πολλαπλασιαστικό και επιδεικτικό αντίκτυπο σε όλη την επικράτεια το μοντέλο της Πράσινης ανάπτυξης οδηγώντας ουσιαστικά σε μηδενικό ισοζύγιο ενέργειας και εκπομπών CO<sub>2</sub>. Ένα παράδειγμα αποτελεί το πρόγραμμα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για τις Πράσινες αγροτικές και νησιωτικές κοινότητες<sup>xxiv</sup> με στόχο το σχεδιασμό και υλοποίηση κατάλληλων παρεμβάσεων σε επιλεγμένες περιοχές που θα υποστηρίξουν με πολλαπλασιαστικό και επιδεικτικό αντίκτυπο σε όλη την επικράτεια το μοντέλο της «Πράσινης Ανάπτυξης» οδηγώντας ουσιαστικά σε μηδενικό ισοζύγιο ενέργειας και εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Μία δομή η οποία βοηθάει στη δημιουργία τέτοιων μοντέλων αποτελεί το μικροδίκτυο. Τα Μικροδίκτυα είναι δίκτυα διανομής τα οποία περιλαμβάνουν σημαντικό αριθμό μικρών μονάδων παραγωγής (μικρό-τουρμπίνες, φωτοβολταϊκά, μικρές ανεμογεννήτριες, κυψέλες καυσίμου, κλπ) ισχύος από λίγα kW μέχρι 1-2MW, συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (συσσωρευτές, σφόνδυλοι, πυκνωτές ενέργειας, κλπ) και ελεγχόμενων φορτίων. Το βασικό γνώρισμα αυτών των δικτύων είναι ο συντονισμένος έλεγχος τους, ώστε τελικά να εμφανίζονται στο ανάντη δίκτυο ως μία ενιαία οντότητα με το δικό της αποκεντρωμένο σύστημα ελέγχου το οποίο δεν επιβαρύνει τα συστήματα ελέγχου του ανάντη ευρισκόμενου δικτύου με τον έλεγχο κάθε μίας μονάδας ξεχωριστά. Ένα άλλο εξίσου βασικό όσο και πρωτοποριακό γνώρισμά των Μικροδικτύων είναι η δυνατότητα τους να λειτουργούν όχι μόνο διασυνδεδεμένα με το ανάντη δίκτυο MT, συνήθως λειτουργία, αλλά και απομονωμένα (νησιδοποιημένα), όταν διακοπεί η διασύνδεση με το κύριο δίκτυο με οργανωμένο και ελεγχόμενο τρόπο παρέχοντας στους καταναλωτές αυξημένη αξιοπιστία και βελτιωμένα επίπεδα ποιότητα ισχύος.

Ο οικισμός των Κούμων του Δήμου Ρεθύμνης, επελέγη για την εφαρμογή μίας μελέτης μικροδικτύου καθώς είναι ένας οικισμός στον οποίο τα τελευταία χρόνια γίνονται αρκετές προσπάθειες αισθητικής αναβάθμισης από δημόσιους φορείς και κυρίως πολιτιστικής ανάδειξης από τους ίδιους τους κατοίκους οι οποίοι με μεράκι βοηθούν στη διάσωση παραδόσεων και τοπικών εθίμων. Ένα εξ αυτών που έχει συντελέσει ιδιαίτερα στην προβολή του οικισμού είναι ο εορτασμός του Αγίου Γεωργίου όπου πλήθος κόσμου από όλη την Κρήτη παρευρίσκεται για προσκύνημα όπου λαμβάνουν χώρα έθιμα προς τιμή του Αγίου.

Ο απώτερος στόχος και το κίνητρο πραγματοποίησης της παρούσας εργασίας είναι η συνεισφορά σε πιθανές μελέτες υλοποίησης δράσεων για την ανάδειξή του σε πράσινο οικισμό μέσω της διείσδυσης μονάδων ΑΠΕ σε ένα αξιόλογο ποσοστό και της οργάνωσης του οικισμού σε ένα μικροδίκτυο.

Ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο επίσης επελέγη ο συγκεκριμένος οικισμός είναι η εντοπιότητα μου καθώς είναι πολύ σημαντικό σε τέτοιου είδους μελέτες να υπάρχει κάποιος ο οποίος θα μεταφέρει την τοπική πληροφορία. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε επαφή με κάθε κατηγορία καταναλωτή (Τυροκομείο, εκκλησίες, εκπολιτιστικός κλπ) ώστε να γίνει ακριβής καταγραφή των ηλεκτρικών φορτίων, λαμπτήρες, ηλεκτρικές συσκευές κλπ καθώς και το προφίλ λειτουργίας αυτών σε

συνδυασμό με τους αντίστοιχους εκκαθαριστικούς λογαριασμούς της ΔΕΗ. Επιπλέον διέθετα την πληροφορία των φορτίων του οικισμού που υπάγονται στον κεντρικό μετασχηματιστή καθώς και ποια φορτία τροφοδοτούνται από τριφασικό ρεύμα. Η γνώση της τοπικής πληροφορίας, των συνηθειών των κατοίκων, των περιόδων όπου ο οικισμός δέχεται επισκέπτες διακοπών συντέλεσε ώστε τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των φορτίων να είναι σε μεγάλο βαθμό ρεαλιστικά παρά την έλλειψη πρωτογενών μετρήσεων με ευφυή συστήματα μέτρησης.

Δυσκολία όσον αφορά τη μελέτη υπήρξε στην εξαγωγή τυπικών καμπύλων ημερήσιου και μηνιαίου προφίλ καθώς δεν ήταν εφικτή η άντληση δεδομένων μέρα με τη μέρα και ώρα με την ώρα. Η πληροφορία αυτή ήταν απαραίτητη καθώς μας ενδιέφερε να βρούμε τις ώρες και τους μήνες αιχμής των φορτίων και το γενικό προφίλ της συμπεριφοράς αυτών.

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν τυπικές καμπύλες συμπεριφοράς των φορτίων...

Οι κατηγορίες οι οποίες θεωρήθηκαν και μελετήθηκαν είναι:

1. Οικιακοί καταναλωτές
  - Μόνιμοι κάτοικοι έως δύο μέλη
  - Μόνιμοι κάτοικοι έως 6 μέλη
  - Επισκέπτες διακοπών
  - Επισκέπτες Σαββατοκύριακου.
2. Λοιποί καταναλωτές
  - Δημοτικός φωτισμός
  - Εκκλησίες
  - Καφενεία
  - Τυροκομείο
  - Εκπολιτιστικός σύλλογος

Η ανάλυση του φορτίου και η προσομοίωση του υβριδικού συστήματος για την εξαγωγή αποτελεσμάτων έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος προσομοίωσης HOMER. Οι δυνατότητες του συγκεκριμένου προγράμματος συνοψίζονται στο γεγονός ότι πέραν της ευκολίας στη χρήση του, παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να προσομοιώσει τη συμπεριφορά συνολικά ενός μικροδικτύου, επιτρέποντας την προσθήκη κλιματικών δεδομένων, δεδομένων φορτίου και τεχνολογιών κάλυψης των ηλεκτρικών απαιτήσεων του φορτίου από ανανεώσιμες πηγές. Όσον αφορά το φορτίο, επιτρέπει λεπτομερή ανάλυση με διαχωρισμό 24ωρων καμπύλων για καθημερινές και Σαββατοκύριακα και κυρίως τη δυνατότητα προσθήκης προς επεξεργασία 2 κατηγοριών φορτίων. Το τελευταίο εξυπηρετεί ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου:

1. Στο μικροδίκτυο υπάρχουν φορτία και συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος.
2. Υπάρχει ανάγκη διαχωρισμού φορτίων, στην περίπτωσή μας έγινε διαχωρισμός φορτίων σε κατοικίες και επιχειρήσεις, ώστε να μπορέσουμε να ρυθμίσουμε διαφορετικά τη μεταβολή της κατανάλωσης από μέρα σε μέρα και από ώρα σε ώρα.
3. Για τμήμα του φορτίου διαθέτουμε δεδομένα χρονοσειράς και το υπόλοιπο όχι.

Στα μειονεκτήματα του προγράμματος θα λέγαμε ότι ιδανικά θα θέλαμε να υπήρχε διαχωρισμός σε τρία φορτία, θα μας εξυπηρετούσε να γινόταν χωριστό φορτίο τα δημόσια κτίρια για παράδειγμα έτσι ώστε να μπορέσουμε να δουλέψουμε την κάθε κατηγορία φορτίου με διαφορετική ανάλυση ευαισθησίας day to day και time to time). Ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι πως αντί της στήλης «καθημερινές» ιδανικά θα έπρεπε να υπήρχαν τυπικές ημέρες της εβδομάδας ώστε φορτία όπως οι εκκλησίες και το ιατρείο που λειτουργούν συγκεκριμένες ώρες και ημέρες της εβδομάδας να μπορούν να

καταγραφούν ορθότερα. Επίσης σε αρκετά πεδία τα δεδομένα πρέπει να περνιούνται ένα προς ένα χειροκίνητα.

## **7.1 Συμπεράσματα για τη δυνατότητα διαμόρφωσης του μικροδικτύου.**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μέσω HOMER, εγκαθιστώντας 60 kW φωτοβολταϊκά επιτυγχάνεται διείσδυση 20% ΑΠΕ στον οικισμό. Το ποσοστό αυτό αποτελεί το μέσο ποσοστό διείσδυσης στην Κρήτη και είναι σύμφωνο με το στόχο που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2020.

Το ανώτατο επιτρεπόμενο ποσοστό διείσδυσης μέσω της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων αντιστοιχεί στα 120 kW εγκατεστημένης ισχύος και είναι το 40%. Λόγω τεχνικών περιορισμών δε μπορούμε να φτάσουμε σε 100% διείσδυση. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να γίνουν επιπλέον έργα δικτύου για προσθήκη επιπλέον μετασχηματιστή. Ο βασικός περιορισμός είναι η ισχύς του μετασχηματιστή στα 160 kW όπου βάσει της τεχνικών προδιαγραφών του δικτύου η εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων ΑΠΕ δε μπορεί να ξεπερνάει το όριο αυτό. Επίσης υπάρχουν και οικονομικοί περιορισμοί οι οποίοι πιθανόν να μην επιτρέπουν το μέγεθος τέτοιας εγκατάστασης.

Με επιπλέον προσθήκη Ανεμογεννήτριας ισχύος 30kW (Όπως προαναφέρθηκε λόγω του περιορισμού της ισχύος του μετασχηματιστή δεν επιτρέπεται αθροιστικά με το φωτοβολταϊκό μεγαλύτερη ισχύς, αυξάνεται ελαφρώς το ποσοστό διείσδυσης κατά 7%. Είναι πιθανό τα αποτελέσματα από τη χρήση της ανεμογεννήτριας να ήταν πιο αισιόδοξα αν είχαμε μετρήσεις ανέμου στον οικισμό. Αυτή τη στιγμή έχουμε χρησιμοποιήσει επίσημα ανεμολογικά δεδομένα από την αντίστοιχη οδηγία Τ.Ο.ΤΕΕ.

Επίσης με την διείσδυση 47% ΑΠΕ στον οικισμό επιτυγχάνεται μείωση κατά 42% εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και λοιπών αερίων του θερμοκηπίου, ένα αξιοσημείωτο ποσοστό το οποίο συμβάλλει συνολικά στη μείωση ρύπων του συστήματος της Κρήτης

Μία παράμετρος η οποία θα μπορούσε μελλοντικά να μελετηθεί είναι ο πιθανός συνδυασμός διαφορετικών τεχνολογιών ΑΠΕ ή ακόμα καλύτερα και η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού όπου θα μπορούσε ο οικισμός να καλύψει και θερμικές ανάγκες. Για παράδειγμα το τυροκομείο που αποτελεί ένα ιδιαίτερα ενεργοβόρο φορτίο στον οικισμό και το οποίο έχει μεγάλες ανάγκες σε θερμικό φορτίο θα μπορούσε να καλύψει μέρος των αναγκών αυτών από τη συμπαραγωγή. Αυτό απαιτεί ειδική μελέτη καθώς σε έναν οικισμό με μικρή πυκνότητα δόμησης θα πρέπει να γίνει εγκατάσταση μονάδων συμπαραγωγής κοντά στο φορτίο με τις μέγιστες θερμικές ανάγκες δεδομένου ότι η θερμότητα δε μπορεί να μεταφερθεί εύκολα και αποδοτικά σε μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον είναι σαφές ότι το κόστος τέτοιας εγκατάστασης είναι αρκετά μεγάλο. Ο σκοπός της παρούσας εργασίας και με τα διαθέσιμα δεδομένα δεν επέτρεπε κάτι τέτοιο..

Η μείωση της αιχμής του οικισμού με τη διείσδυση ΑΠΕ είναι σχετικά μικρή όπως προκύπτει από τη μορφή της καμπύλης ζήτησης. Αυτό συμβαίνει γιατί τα φορτία στον οικισμό κατά τις βραδινές ώρες όπου τα φωτοβολταϊκά δεν παράγουν είναι αρκετά αυξημένα. Η προσθήκη Ανεμογεννήτριας βοήθησε δυσανάλογα σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά τα οποία συνετέλεσαν στη μείωση της ενέργειας περισσότερο παρά της αιχμής στην οποία βοήθησε περισσότερο η Ανεμογεννήτρια. Μία ενέργεια η οποία θα βοηθήσει σε περαιτέρω μείωση της αιχμής και φυσικά ταυτόχρονη αύξηση της

διείσδυσης επίσης θα μπορούσε να είναι η εκπαίδευση των κατοίκων στην αιφροδική χρήση της ενέργειας με χρήση ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων καλύτερης ενεργειακής κλάσης, ακόμα και με τον τρόπο και τις ώρες χρήσης αυτών, όπως για παράδειγμα ενέργειες που μπορούν να γίνουν ώρες μειωμένης αιχμής του δικτύου είτε σε ώρες όπου υπάρχει περίσσεια παραγόμενης από ΑΠΕ ενέργειας η οποία διαφορετικά διοχετεύεται προς πώληση στο δίκτυο. Ο στόχος μείωσης της αιχμής του οικισμού αποτελεί και στόχο του συνολικού οφέλους του συστήματος της Κρήτης.

Τέλος για τις θεωρούμενες τιμές αγοράς Net metering και Μέσης Τιμής Συστήματος Κρήτης συμπεράναμε πως με τη δεύτερη περίπτωση το κόστος αγοράς ενέργειας από το δίκτυο μειώνεται σημαντικά. Βάσει της Μέσης Τιμής Συστήματος Κρήτης η προτεινόμενη γωνία κλίσης των φωτοβολταϊκών μειώθηκε από τις 27° στις 24°. Έτσι ναι μεν είχαμε μικρή μείωση στην παραγόμενη ενέργεια όμως καταφέραμε να μειώσουμε ελαφρώς το κόστος ζήτησης το καλοκαίρι όπου οι τιμές είναι αυξημένες. Συμπερασματικά λοιπόν όταν ένα μικροδίκτυο δουλεύει σε καθεστώς αγοράς, θα πρέπει να επιλέξει τη βέλτιστη κλίση των φωτοβολταϊκών βάσει των οικονομικών παραμέτρων.

Ο τελικός στόχος είναι να αποτελέσει ο οικισμός ένα ενεργειακό πρότυπο για τους οικισμούς της ενδοχώρας της Κρήτης, η λειτουργία του οποίου θα επικουρείται από την εφαρμογή βέλτιστων τεχνικών διαχείρισης της ζήτησης, προσηλωμένο στην αποκεντρωμένη παραγωγή και την ήπια ανάπτυξη με στόχο τη μεγιστοποίηση του οφέλους της τοπικής κοινωνίας καθώς θα αποτελέσει ένα παράδειγμα ζωντανής οικονομίας.

## 8 Βιβλιογραφία

- <sup>i</sup> <https://building-microgrid.lbl.gov/huatacondo>
- <sup>ii</sup> <http://cleantechnica.com/2013/10/29/introducing-samso-100-wind-powered-island/>
- <sup>iii</sup> [http://www.cres.gr/epperaa/prasines\\_agrotikes\\_koinotites.htm](http://www.cres.gr/epperaa/prasines_agrotikes_koinotites.htm)
- <sup>iv</sup> <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>
- <sup>v</sup> <https://tiloshorizon.wordpress.com/>
- <sup>vii</sup> Ανεμογεννήτριες [http://ape.chania.teicrete.gr/gr/files/HPIESI\\_Pres\\_02\\_Wind\\_Turbines.pdf](http://ape.chania.teicrete.gr/gr/files/HPIESI_Pres_02_Wind_Turbines.pdf)
- <sup>viii</sup> Αιολική ενέργεια Σχεδιάζοντας στις αυλές των ανέμων Κανελλόπουλος, Δημήτρης Β.
- <sup>ix</sup> Manual windy boy, [www.sma-hellas.com](http://www.sma-hellas.com)
- <sup>x</sup> Kelvin Tan, Syed Islam, “Optimum Control Strategies in Energy Conversion of PMSG Wind Turbine System Without Mechanical Sensors”, IEEE transactions on energy conversion, Vol.19, NO. 2, June 2004.
- <sup>xi</sup> Διπλωματική εργασία «Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ», Φοιτήτρια: ΚΑΤΩΠΟΔΗ ΕΙΡΗΝΗ-ΚΑΛΛΙΟΠΗ Επιβλ. Καθ.: Μπίκας Δημήτρης του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
- <sup>xii</sup> «Wind Turbine Design–With Emphasis on Darrieus Concept», I. Paraschivoiu, 2002
- <sup>xiii</sup> <http://www.2020solar.com>
- <sup>xiv</sup> <http://www.helixwind.com>
- <sup>xv</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel\\_generator](http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_generator)
- <sup>xvi</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Gas\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/Gas_turbine)
- <sup>xvii</sup> Μοντελοποίηση Συστημάτων \_εσπαρμένης Παραγωγής με Τεχνολογίες Συμπαραγωγής Θερμότητας και Ηλεκτρισμού με χρήση του Λογισμικού GAMS
- <sup>xviii</sup> Αντώνιος Γ. Τσικαλάκης, Διδακτορική διατριβή «Συμβολή στον Προγραμματισμό Λειτουργίας Δικτύων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας με Μεγάλη Διείσδυση Διεσπαρμένης και Ανανεώσιμης Παραγωγής και Συσκευών Αποθήκευσης», Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ, Αθήνα Ιούλιος 2008. Τριμελής Συμβουλευτική επιτροπή: Καθ. Ν.Χατζηαργυρίου, καθ. Κων.Βουρνάς,Καθ. Ευ. Διαλυνάς
- <sup>xix</sup>
- <sup>xx</sup> <http://www.gastronomos.gr/paragoi/5850/50-chronia-turokoos?c=19>
- <sup>xxi</sup> <http://www.conergy.com/>
- <sup>xxii</sup> <http://www.winden.se/hem.html>
- <sup>xxiii</sup> Αντώνιος Γ. Τσικαλάκης, Διδακτορική διατριβή «Συμβολή στον Προγραμματισμό Λειτουργίας Δικτύων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας με Μεγάλη Διείσδυση Διεσπαρμένης και Ανανεώσιμης Παραγωγής και Συσκευών Αποθήκευσης», Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ, Αθήνα Ιούλιος 2008. Τριμελής Συμβουλευτική επιτροπή: Καθ. Ν.Χατζηαργυρίου, καθ. Κων.Βουρνάς,Καθ. Ευ. Διαλυνάς
- <sup>xxiv</sup> [http://www.cres.gr/kape/prasina\\_xoria/perilipsi\\_prosklisis.pdf](http://www.cres.gr/kape/prasina_xoria/perilipsi_prosklisis.pdf)