

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ**

**Τ. Ε. Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

*Επιβλέπων: ΠΕΤΡΟΣ Γ. ΒΕΡΝΑΔΟΣ, Καθηγητής*

*Συνεπιβλέπουσα: ΕΡΙΕΤΤΑ Ι. ΖΟΥΝΤΟΥΡΙΑΔΟΥ, Εργ. Συνεργάτης*

**«ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ  
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΑΝΑΓΚΩΝ  
ΠΟΛΥΤΕΛΟΥΣ ΔΙΩΡΟΦΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ»**

**«INSTALLATION DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC AND WIND TURBINE  
SYSTEM FOR COVERING LUXURIOUS RESIDENCE LOADS»**

**Πτυχιακή Εργασία:**  
**Μιχαήλ Κ. Γεωργόπουλου (Α.Μ. 27129)**  
**Αναστάσιου Α. Κολιού (Α.Μ. 32253)**

**ΑΙΓΑΛΕΩ 2013**

## Πρόλογος

Λίγα λόγια από τους σπουδαστές

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε μεσούσης μιας κρίσιμης εποχής για την χώρα και εμάς τους κατοίκους της. Δεν αποτελεί μια ιδέα ή μια άποψη, είναι όμως προϊόν ανθρώπων που είναι σε μια κρίσιμη καμπή της ζωής τους και χρειάστηκε να ερευνήσουν αρκετά το αντικείμενο, κυρίως γιατί έπρεπε να συνδυάσουν το παρών με το μέλλον σε επιστημονικό αλλά και σε αμιγώς επαγγελματικό επίπεδο.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα, την χώρα του ήλιου, του αιγαιοπελαγίτικου ανέμου και όλων των φυσικών, πανέμορφων και συνάμα αξιοποιήσιμων σε τρομακτικά στατιστικά πόρων είναι αναξιοποίητες στο μεγαλύτερο τμήμα της.

Ταξιδεύοντας τόσο την ηπειρωτική ενδοχώρα όσο και την νησιωτική παρατηρήσαμε μικρά φωτοβολταϊκά πάρκα, εκτάσεως ενός αμπελώνα, αιολικά πάρκα των τεσσάρων, ίσως και έξι πυλώνων.

Ενώ στην περιφέρεια οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν έχουν την βαρύτητα που θα περιμέναμε, το εντυπωσιακό είναι πως δεν παρατηρείται η ίδια εξέλιξη και στα αστικά κέντρα. Παρατηρήσαμε πως πολλές πρωτεύουσες νομών, με κύρια την Αθήνα, έχουν αρχίσει και τοποθετούν στις οροφές των πολυκατοικιών τους ηλιακά πάνελς και ηλιακούς θερμοσίφωνες καθώς και φυσικό αέριο στις εισόδους τους, επιβεβαιώνοντας πως ο έλληνας πολίτης έχει την διάθεση και ίσως για την ώρα την τόλμη να ρισκάρει προκειμένου να βοηθήσει στην αλλαγή κάποιων βασικών ζητημάτων.

Μολονότι αυτό βασίζεται στην ιδιωτική πρωτοβουλία εμείς, οι μελλοντικοί μηχανικοί, επιλέξαμε να τοποθετηθούμε και να πραγματοποιήσουμε την πτυχιακή μας εργασία, πάνω σε αυτό το αντικείμενο, με την ευχή να καταφέρουμε να εξελιχθούμε μέσω της μελέτης αυτής και ταυτόχρονα να μπορέσουμε να αφήσουμε σαν παρακαταθήκη για τους επόμενους κάποιες έννοιες, μεθόδους και ίσως προτάσεις για να πάνε μια αντίστοιχη μελέτη ένα βήμα παραπάνω.

Μιχάλης & Τάσος

## **Ευχαριστίες**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή Πέτρο Βερνάρδο, για την τιμή που μας έκανε να είναι ο επιβλέπων καθηγητής, μιας τόσο ξεχωριστής για εμάς εργασίας. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την καθηγήτρια Εριέττα Ζουντουρίδου, η οποία όντας συνεπιβλέπουσα μας κατεύθυνε όλο αυτό το χρονικό διάστημα και χωρίς την βοήθεια και την στήριξη της δεν θα είχε πραγματοποιηθεί αυτή η εργασία. Ακόμα ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή Γεώργιο Κιόκε, ο οποίος μας βοήθησε στα σχέδια και την ηλεκτρολογική εγκατάσταση.

Τέλος, ευχαριστούμε και ευγνωμονούμε τους ανθρώπους που παρ' όλες της αντιξοότητες, πάντα μας στηρίζουν και πιστεύουν σε μας.

## Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	I
Ευχαριστίες.....	II
Περιεχόμενα.....	III
Περίληψη – Λέξεις κλειδιά.....	VII
Abstract – Key Words.....	VIII
Γλωσσάριο.....	σελ.1
1. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ.....	σελ. 2
1.1 Γενικά Στοιχεία.....	σελ. 2
1.2 Νομοθετικό Πλαίσιο.....	σελ. 4
1.3 Κοινοτικές Οδηγίες.....	σελ. 5
1.4 Το ΚΑΠΕ και ο ρόλος του.....	σελ. 6
1.5 Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητας.....	σελ. 7
2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ Ε.Η.Ε.....	σελ. 10
2.1. Τα βασικά στοιχεία που χρειάζονται για την εκπόνηση μελέτης μιας Ε.Η.Ε.....	σελ. 10
2.1.1. Εκπόνηση μελέτης μιας Ε.Η.Ε.....	σελ. 10
2.1.2. Παράδειγμα υπολογισμού εγκατεστημένης ισχύος .....	σελ. 12
2.1.3. Υπολογισμός της διατομής των αγωγών για κάθε γραμμή, με βάση την επιτρεπόμενη πυκνότητα ρεύματος.....	σελ. 13
2.1.4 Σύγχρονες απαιτήσεις ηλεκτρικής κατασκευής.....	σελ. 14
2.1.5 Στοιχεία για τον υπολογισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης έντασης φόρτισης .....	σελ. 15
2.2 Γενικές οδηγίες για τις Ε.Η.Ε. και Υπολογισμοί.....	σελ. 16
2.2.1 Γενικές οδηγίες για τις Ε.Η.Ε.....	σελ. 16
2.3 Υπολογισμοί Ε.Η.Ε.....	σελ. 18
2.3.1 Υπολογισμός εγκατεστημένης ισχύος.....	σελ. 18
2.3.2 Υπολογισμός της πτώσης τάσης και της διατομής των αγωγών.....	σελ. 19
3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ.....	σελ. 22
3.1 Ιστορική αναδρομή.....	σελ. 22
3.2 Ηλιακή ενέργεια.....	σελ. 23
3.2.1 Γενικά.....	σελ. 23
3.2.2 Ηλιακή ακτινοβολία.....	σελ. 23
3.2.3 Ημερήσια ενεργειακή απολαβή από τον Ήλιο.....	σελ. 25
3.2.4 Ηλιοφάνεια.....	σελ. 26
3.2.5 Κίνητρα και Εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας.....	σελ. 27
3.2.6 Πλεονεκτήματα αξιοποίησης Ηλεκτρικής ενέργειας.....	σελ. 28
3.3 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία.....	σελ. 29
3.3.1 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	σελ. 29
3.3.2 Ημιαγωγοί τύπου P και τύπου N.....	σελ. 30

3.3.3 Βαθμός απόδοσης.....	σελ. 33
3.3.4 Είδη Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών.....	σελ. 35
3.3.4.1 Μονοκρυσταλλικά.....	σελ. 36
3.3.4.2 Πολυκρυσταλλικά.....	σελ. 36
3.3.4.3 Λεπτής μεμβράνης.....	σελ. 37
3.3.4.4 Σφαιρικές ηλιακές κυψέλες.....	σελ. 38
3.3.4.5 Κυψέλες (υψηλής) συγκέντρωσης (HCPV) – CPV.....	σελ. 38
3.3.4.6 Υβριδικά στοιχεία HIT.....	σελ. 39
3.3.4.7 Φωτοβολταϊκά Διπλής Όψεως.....	σελ. 39
3.3.4.8 Solyndra.....	σελ. 40
3.4 Οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα.....	σελ. 41
3.4.1 Δομή Φ/Β Συστήματος.....	σελ. 41
3.4.1.1 Πίνακας έλεγχου.....	σελ. 41
3.4.1.2 Φωτοβολταϊκά πάνελ.....	σελ. 41
3.4.1.3 Μετατροπέας τάσης (inverter).....	σελ. 41
3.4.1.4 Συσσωρευτές (για αυτόνομα συστήματα).....	σελ. 43
3.4.1.5 Ελεγκτής φόρτισης (για αυτόνομα συστήματα).....	σελ. 44
3.4.2 Είδη φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	σελ. 45
3.4.2.1 Διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα (grid-connected system).....	σελ. 45
3.4.2.2 Αυτόνομο Φ/Β σύστημα (off-grid system).....	σελ. 46
3.4.2.3 Υβριδικό Φ/Β σύστημα.....	σελ. 47
3.4.3 Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων.....	σελ. 48
3.4.4 Προβλήματα σκιασμών.....	σελ. 51
3.4.5 Προστασία Φ/Β Εγκατάστασης.....	σελ. 53
3.4.5.1 Γείωση.....	σελ. 53
3.4.5.2 Αντικεραυνική προστασία.....	σελ. 57
3.5 Τρόπος λειτουργίας του συνδεδεμένου με το δίκτυο φ/β συστήματος.....	σελ. 60
3.6 Τρόπος λειτουργίας του αυτόνομου φ/β συστήματος.....	σελ. 60
3.7 Διαστασιολόγηση του αυτόνομου συστήματος με φ/β τυπικής.....	σελ. 61
3.7.1 Εκτίμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στη διάρκεια.....	σελ. 61
4. ANEMOGENNHTPIES.....	σελ. 66
4.1 Γενικά.....	σελ. 66
4.2 Ιστορική Αναδρομή Αιολικής Ενέργειας.....	σελ. 66
4.3 Μικρές Ανεμογεννήτριες.....	σελ. 68
4.3.1 Διαχωρισμός με βάση τη θέση του άξονα της α/γ.....	σελ. 69
4.3.2 Διαχωρισμός με βάση τον έλεγχο της ισχύος.....	σελ. 73
4.3.3 Διαχωρισμός με βάση τη μεταβολή των στροφών.....	σελ. 75
4.3.4 Οι μηχανές αξονικής ροής μόνιμων μαγνητών.....	σελ. 77

4.4 Αιολικό Δυναμικό Περιοχής.....	σελ. 80
4.4.1 Μέτρηση & ανάλυση αιολικού δυναμικού περιοχής.....	σελ. 80
4.4.2 Μετρήσεις καμπύλης ισχύος.....	σελ. 82
4.4.3 Μέτρηση φορτίων σε ανεμογεννήτριες.....	σελ. 83
4.4.4 Μετρήσεις ποιότητας ισχύος Α/Γ.....	σελ. 85
4.4.5 Μετρήσεις θορύβου από Α/Γ στη θέση του αποδέκτη.....	σελ. 85
4.4.6 Μετρήσεις θορύβου στην ανεμογεννήτρια.....	σελ. 86
4.4.7 Βαθμονόμηση ανεμομέτρων.....	σελ. 87
4.4.8 Δοκιμές & έλεγχοι πτερυγίων ανεμογεννητριών πλήρους κλίμακας.....	σελ. 87
4.5 Μελέτη αιολικού δυναμικού περιοχής.....	σελ. 89
5. ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	σελ. 90
5.1 Γενικά.....	σελ. 90
5.2 Ενδεικτικές ώρες χρήσης οικιακών συσκευών.....	σελ. 90
5.3 Επιλογή Συσκευών της Αυτόνομης Οικίας.....	σελ. 92
5.4 Υπολογισμός Κατανάλωσης των Συσκευών.....	σελ. 92
5.4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά του ψυγείου.....	σελ. 92
5.4.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του πλυντηρίου ρούχων.....	σελ. 93
5.4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά της κουζίνας.....	σελ. 95
5.4.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλιακού ραδιόφωνου.....	σελ. 97
5.4.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά του στεγνωτήρα μαλλιών.....	σελ. 98
5.4.6 Σύγκριση με αντίστοιχες συσκευές χαμηλότερης ενεργειακής κλάσης.....	σελ. 99
5.4.7 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας κατανάλωσης συσκευών εξοικονόμησης και ενεργοβόρων συσκευών.....	σελ. 107
6. ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ.....	σελ. 108
6.1 Γενικά.....	σελ. 108
6.2 Επιλογή και τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα.....	σελ. 108
6.2.1 Επιλογή του τύπου του συλλέκτη.....	σελ. 108
6.2.2 Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης.....	σελ. 109
6.2.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά του Θερμοδοχείου (Μπόϊλερ).....	σελ. 110
6.2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά του επιλεκτικού συλλέκτη NCS MALTEZOS.....	σελ. 111
7. ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ.....	σελ. 112
7.1 Θερινή περίοδος.....	σελ. 112
7.1.1 Ανεμιστήρας οροφής.....	σελ. 112
7.1.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμιστήρα οροφής.....	σελ. 112
7.1.3 Σύγκριση με κλιματιστικό.....	σελ. 113
7.1.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά κλιματιστικού 10.000 btu.....	σελ. 115
7.1.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά κλιματιστικού 5200 btu.....	σελ. 116

7.1.6 Τελικός συγκριτικός πίνακας ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για τους διαφορετικούς τρόπους δροσισμού.....	σελ. 116
7.2 Χειμερινή περίοδος.....	σελ. 117
7.2.1 Ενεργειακό αερόθερμο τζάκι.....	σελ. 117
7.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του ενεργειακού τζακιού.....	σελ. 121
8. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ.....	σελ. 123
8.1 Βασικοί Υπολογισμοί.....	σελ. 123
8.2 Τελικός συγκριτικός πίνακας ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για τους διαφορετικούς τρόπους θέρμανσης.....	σελ. 129
9. ΦΩΤΙΣΜΟΣ.....	σελ. 130
9.1 Μελέτη φωτισμού.....	σελ. 130
9.2 Εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται σε σχέση με τους λαμπ. πυρ.....	σελ. 131
Συμπεράσματα- Προτάσεις .....	σελ. 133
Πηγές- Βιβλιογραφία.....	σελ. 134
Παραρτήματα.....	σελ. 139
Παράρτημα 1 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΤΕΛΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	σελ. 140
Παράρτημα 2 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΤΕΛΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 4Μ.....	σελ. 149
Παράρτημα 3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΤΕΛΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ .....	σελ. 177

## Περίληψη

Τον τελευταίο καιρό στην χώρα μας παρατηρείται μια στροφή προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ο λόγος δεν είναι ένας, αλλά αρκετοί και σύνθετοι. Μεγάλο μέρος σίγουρα καλύπτει η ανάγκη για νέους κλάδους εργασίας και την παραγωγή φθηνότερης και περισσότερης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η Ελλάδα έχει ιδανικό γεωφυσικό πλούτο και μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια από όλες σχεδόν τις μορφές των ανανεώσιμων πηγών.

Κορυφαίες φυσικά είναι η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, με την δεύτερη να μας κατατάσσει στις κορυφαίες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μαζί με Ηνωμένο Βασίλειο και Ολλανδία.

Επιλέξαμε λοιπόν και εμείς την μελέτη αυτή, με σκοπό να κατανοήσουμε αρχικά, το τι χρειάζεται για μια εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελς και ανεμογεννήτριας και στη συνέχεια να μάθουμε το πώς γίνεται αυτή η εγκατάσταση και τι κόστος θα χρειαστεί. Κατόπιν τούτου συλλέγουμε τα στοιχεία μας, επεξεργαζόμαστε τα αποτελέσματα μας και παίρνουμε αποφάσεις για το τι συμφέρει περισσότερο από οικονομικής και φυσικά οικολογικής άποψης.

Θα δούμε αρχικά την ηλεκτρολογική μελέτη, την οποία θα συγκρίνουμε στη συνέχεια με τον συνδυασμό της φωτοβολταϊκής μελέτης και μιας μικρής- οικιακής ανεμογεννήτριας. Στο τέλος θα βγάλουμε τα συμπεράσματά μας για το τι είναι αυτό που μας συμφέρει την δεδομένη χρονική στιγμή.

Στην μελέτη έχουμε προσθέσει και μια σύγκριση των ενεργοβόρων ηλεκτρικών συσκευών με αυτές της πράσινης ενέργειας.

## Λέξεις Κλειδιά

Εγκατεστημένη ισχύς, ηλεκτρική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, πρωτογενείς ενέργεια, φωτοβολταϊκό φαινόμενο, αιολικό δυναμικό περιοχής, συσκευές ενεργειακής κλάσης, ενεργοβόρες συσκευές, φωτοβολταϊκό πάνελ, ανεμογεννήτρια.



## **ABSTRACT**

In recent times in our country is observed a turn to the Renewable Sources of Energy. There are many multiple reasons for that. The main of them are, the need for new branch of work and the production of cheaper and non burn-ale electric energy.

Greece has ideal geophysical wealth and it can produce electric energy from all almost the forms of renewable sources.

Leading energy is the solar and the wind energy, with the second one to classify us in the leading countries of European Union, with United Kingdom and Holland.

Therefore we selected this study, to comprehend initially, what are the needs for installation photovoltaic panels and wind generator and afterwards to learn how this installation becomes and which cost it needs. Consequently we collect our elements, we processed our results and we take decisions about the interest from economic and ecological opinion.

We will initially see the electrical study, which we will compare afterwards with the combination of photovoltaic study and small domestic wind generator. In the end we will draw our conclusions of the profit and the benefits in the given time.

In our study we have also added a comparison of energy disadvantageous electric appliances, with those of green energy.

## **Key Words**

Installed force, electric energy, solar energy, wind energy, primary energy, photovoltaic phenomenon, wind potential of region, appliances of energy age group, energy disadvantageous appliances, photovoltaic panel, wind generator.

## **Γλωσσάριο**

### ***Βελτίωση Ενεργειακής Αποδοτικότητας:***

Τα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας αποτελούν τις δυνατές επεμβάσεις σε παραγωγικές εγκαταστάσεις, το κτιριακό κέλυφος, τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

### ***Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:***

Φυσικές πηγές παραγωγής ενέργειας που δεν εξαντλούνται ή που η ανανέωσή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί με φυσικές μεθόδους.

### ***Ηλιακή Ενέργεια:***

Το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο, όπως το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

### ***Αιολική Ενέργεια:***

Η παραγωγή ενέργειας γίνεται μέσω ανεμογεννητριών που μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική.

### ***Φωτοβολταϊκά Συστήματα:***

Αποτελούνται από πλαίσια φωτοβολταϊκών στοιχείων μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή.

## 1. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

### 1.1 Γενικά Στοιχεία

Κατά την τελευταία δεκαετία βρίσκεται σε εξέλιξη σημαντική προσπάθεια εκσυγχρονισμού και ανάπτυξης του ενεργειακού τομέα της χώρας. Η προσπάθεια αυτή περιλαμβάνει:

- Τον τεχνολογικό εκσυγχρονισμό με την εισαγωγή του φυσικού αερίου, την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη βελτίωση της αξιοπιστίας των δικτύων.
- Προσαρμογή του ρυθμιστικού πλαισίου και των κρατικών επιχειρήσεων στο πλαίσιο της απελευθέρωσης των ενεργειακών αγορών ώστε να αναπτυχθεί ο ανταγωνισμός στον ενεργειακό τομέα και να ενισχυθεί η ανταγωνιστικότητα της ελληνικής οικονομίας.
- Ενίσχυση της προστασίας του περιβάλλοντος από τις ενεργειακές δραστηριότητες παραγωγής και κατανάλωσης στο πλαίσιο και των διεθνών δεσμεύσεων της χώρας σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Οι μεταβολές που συντελούνται στον Ενεργειακό τομέα της Ελλάδας είναι φιλόδοξες και σημαντικές για όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Έχουν ως τελικό σκοπό την ασφάλεια εφοδιασμού, την προστασία των πολιτών και την ανταγωνιστικότητα της οικονομίας. Διότι η σταθερή και βιώσιμη αναπτυξιακή πορεία των ευρωπαϊκών οικονομιών προϋποθέτει την απρόσκοπτη πρόσβαση στις απαιτούμενες ποσότητες

ενέργειας για την παραγωγή των αντίστοιχων αγαθών και υπηρεσιών. Αυτό απαιτεί την περαιτέρω απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας στις χώρες της Ε.Ε. με στόχο την ενίσχυση του ανταγωνισμού, τη μείωση και τη σταθερότητα των τιμών της ενέργειας που επηρεάζουν τις τιμές των περισσότερων αγαθών.

Επιπρόσθετα, επιβάλλει τη διασύνδεση των ευρωπαϊκών οικονομιών, μέσω της κατασκευής των αντίστοιχων δικτύων μεταφοράς, με τα νέα και αναπτυσσόμενα κέντρα παραγωγής ενέργειας και ιδιαίτερα με αυτά που βρίσκονται στην περιφέρεια της Ε.Ε. (Ρωσία, περιοχή Κασπίας, Μεσόγειος και Μέση Ανατολή). Απαιτεί, όμως, και μία πιο ορθολογική χρήση της ενέργειας τόσο από τις επιχειρήσεις όσο και από τους καταναλωτές.

Συγχρόνως, αναζητείται και η αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσα στο σύνολο των χρησιμοποιούμενων ενεργειακών πόρων, με στόχο τη διασφάλιση της μακροχρόνιας βιωσιμότητας της αναπτυξιακής πορείας και την προστασία του περιβάλλοντος.

Παράλληλα, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι διεθνείς εξελίξεις επηρεάζουν τα ενεργειακά δρώμενα τόσο σε διεθνές όσο και σε περιφερειακό επίπεδο.

Παρά το γεγονός λοιπόν ότι η Ελλάδα είναι μια μικρή χώρα, με περιορισμένα μεγέθη αγορών, εν τούτοις παρουσιάζει ενδιαφέρον, αφού λόγω της γεωγραφικής της θέσης θεωρείται ένα κρίσιμο σταυροδρόμι μεταξύ των πλούσιων κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου της Μέσης Ανατολής και της Ρωσίας και των μεγάλων καταναλωτών της Ευρώπης. Γι' αυτό και το ενδιαφέρον της Ελληνικής Προεδρίας έχει στραφεί στην επιτυχή προς τα συμφέροντα της Ε.Ε. αναθεώρησης της συμφωνίας με τη Ρωσία για τροφοδοσία της ενεργειακής της αγοράς καθώς και στην ανάπτυξη συνεργασιών και με άλλες χώρες της Κασπίας.

Τέλος, οι ενεργειακές ανάγκες της οικονομίας της χώρας αυξάνουν με γρήγορο ρυθμό που συμβαδίζει με το στόχο της οικονομικής σύγκλισης με τις υπόλοιπες χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η αξιόπιστη κάλυψη των αναγκών αυτών απαιτεί σημαντικές νέες επενδύσεις (σταθμοί ηλεκτρισμού, δίκτυα, αγωγοί κ.λπ.), οι οποίες συνολικά για τα επόμενα οκτώ χρόνια θα πρέπει να ξεπεράσουν τα 23 δις. ευρώ περίπου.

Τα προφανή αναπτυξιακά οφέλη από τα έργα αυτά μεγιστοποιούνται εφόσον προσελκύονται νέοι επενδυτικοί πόροι και μάλιστα από ξένα κεφάλαια εκτός του παραδοσιακού κύκλου του δημόσιου τομέα. Σε αυτό το σημείο η χώρα συναγωνίζεται άλλες χώρες εντός ή εκτός της Ε.Ε. (ιδιαίτερα της Μεσογείου) όπου η επιτυχία της εξαρτάται από το ρυθμό και την πειστικότητα της εμπέδωσης θετικών επιχειρηματικών προσδοκιών και σταθερού ρυθμιστικού και οικονομικού περιβάλλοντος το οποίο ακριβώς αποτελεί και το ζητούμενο από τις αναγκαίες διαρθρωτικές αλλαγές της αγοράς ενέργειας.

Έτσι οι στόχοι του εκσυγχρονισμού συναρτώνται με την ανάγκη επενδύσεων και επαρκούς κάλυψης των αναγκών. Το γεγονός ότι η ζητούμενη, ανταγωνιστικότητα αξιοπιστία και επάρκεια θα προκύπτουν πλέον από την αγορά, είναι ακριβώς η μεγάλη φιλοδοξία και η πρόκληση για τι εγχείρημα που επιχειρείται και για το λόγο αυτό απαιτούνται σημαντικές δράσεις.

Κάτι τέτοιο είναι λογικό, καθώς ανεξάρτητα από τον ανταγωνισμό, η αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας, που γίνεται με ρυθμούς 4-5% ετησίως, απαιτεί νέους μεγάλους σταθμούς παραγωγής, οι οποίοι για λόγους περιβαλλοντικούς πρέπει να χρησιμοποιούν φυσικό αέριο. Για την επάρκεια της ηλεκτρικής ισχύος απαιτείται μια μεγάλη νέα μονάδα να τίθεται σε λειτουργία κάθε χρόνο μέχρι και μετά το 2010, αρχής γενομένης από το 2004. Δεδομένης της Πράσινης Βίβλου για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού και της υπογραφής της συνθήκης του Κιότο,

στόχος τόσο της Ελλάδας όσο και ολόκληρης της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με 20% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας έως το 2010.

Καταλήγουμε λοιπόν στο ότι η ανάπτυξη του ανταγωνισμού και η προσέλκυση ιδιωτικών και ξένων επενδύσεων συνδέει άμεσα την ηλεκτρική αγορά με τη διασφάλιση επάρκειας τροφοδοσίας της χώρας. Υπό αυτό το πρίσμα αναπτύσσονται οι ελληνικές εταιρίες ενέργειας όπως η ΔΕΠΑ, τα ΕΛΠΕ και η ΔΕΗ στο βαλκανικό χώρο, ενώ έχουν επιτευχθεί το τελευταίο διάστημα σημαντικές συμφωνίες για την προώθηση του αγωγού φυσικού αερίου με την Τουρκία και με την Ιταλία αλλά και ο αγωγός πετρελαίου Μπουργκάς-Αλεξανδρούπολη.

Παράλληλα αξίζει να γίνει ιδιαίτερη αναφορά στη διαμόρφωση ενιαίας ηλεκτρικής αγοράς στη ΝΑ Ευρώπη, για την οποία υπεγράφη μνημόνιο συνεργασίας με την πρωτοβουλία της χώρας μας καθώς και στη συμπλήρωση και εκσυγχρονισμό του θεσμικού πλαισίου ώστε να διευκολυνθεί η δραστηριοποίηση των ιδιωτών επενδυτών.

Η εμπειρία των άλλων χωρών δείχνει ότι η πορεία της απελευθέρωσης των αγορών και προσαρμογής των επιχειρήσεων απαιτεί προσπάθεια και συνεχείς διορθωτικές κινήσεις καθώς και προσεχτική διαχείριση της μεταβατικής περιόδου όπως αυτή στην οποία βρίσκεται σήμερα η χώρας μας. [13]

## 1.2 Νομοθετικό Πλαίσιο

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Ν.2244/94 και 2773/99) η ΔΕΗ είναι υποχρεωμένη να αγοράζει την παραγόμενη ενέργεια από ανεξάρτητο παραγωγό. Η τιμή πώλησης της KWh συνδέεται με τα τιμολόγια των καταναλωτών. Συγκεκριμένα, για το διασυνδεδεμένο δίκτυο και για τον Ανεξάρτητο Παραγωγό η τιμή πώλησης καθορίζεται στο 90% του τιμολογίου Β2. Επιπλέον, παρέχεται ένα σταθερό επιχειρησιακό περιβάλλον, αφού υπογράφονται μακροχρόνιες (10 ετών) συμβάσεις πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Επιπρόσθετα, μέσω του αναπτυξιακού νόμου 2601/98 τα Αιολικά Πάρκα χρηματοδοτούνται με ένα ποσοστό 40% που οδηγεί στην πλήρη απόσβεση της επένδυσης από 2-7 χρόνια, ανάλογα με το αιολικό δυναμικό της περιοχής και την ονομαστική ισχύ του σταθμού. Μια εναλλακτική πηγή χρηματοδότησης μπορεί να είναι τα Κοινοτικά Προγράμματα (Ενεργειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα).

Η χωροθέτηση αποτελεί μία απαραίτητη προϋπόθεση για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης για τον αιολικό σταθμό. Για την εγκατάσταση του αιολικού σταθμού απαιτείται επίσης και η άδεια εγκατάστασης, λήψη της οποίας απαιτεί 1 με 2 χρόνια.

Ενώ η άδεια λειτουργίας εκδίδεται μετά την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου.

Όσον αφορά στη λήψη άδειας παραγωγής, βάσει του νόμου 2773/99, ιδρύθηκε μια ανεξάρτητη αρχή ενέργειας (ΡΑΕ), όπου οι ενδιαφερόμενοι επενδυτές / εταιρείες / κοινοπραξίες μπορούν να καταθέτουν μία αίτηση και ένα φάκελο μελέτης. Η ΡΑΕ, με τη σειρά της εξετάζει κάθε αίτηση ξεχωριστά και διαμορφώνει μια γνώμη για αυτή. Αυτή η γνώμη κοινοποιείται στον Υπουργό Ανάπτυξης, ο οποίος λαμβάνει και την τελική απόφαση για την έκδοση άδειας παραγωγής ή όχι. [15]

### 1.3 Κοινοτικές Οδηγίες

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ αποτελεί βασική προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) για λόγους ανεξαρτησίας ενεργειακού εφοδιασμού και προστασίας περιβάλλοντος αλλά και κοινωνικής και οικονομικής συνοχής. Αυτό έχει εκφραστεί τόσο με την Οδηγία 2001/77 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου, όσο και με τις περιβαλλοντικές δεσμεύσεις της Ε.Ε. στο Πρωτόκολλο του Κιότο.

Τα κύρια σημεία της Οδηγίας είναι τα ακόλουθα:

- Ζητεί από τα κράτη – μέλη να ορίσουν συγκεκριμένους στόχους για το ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και της ηλεκτρικής ειδικότερα που θα προέρχεται από ΑΠΕ κατά το έτος 2010. Τα ποσοστά αυτά πρέπει να είναι σύμφωνα με το συνολικό στόχο που θέτει η Ε.Ε., δηλαδή 12% της συνολικής και 22,1% της ηλεκτρικής.
- Ορίζει επίσης ενδεικτικούς για κάθε κράτος – μέλος στόχους, όσον αφορά το ποσοστό της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Για την Ελλάδα ανέρχεται σε 20,1% (περιλαμβανομένων και των μεγάλων υδροηλεκτρικών).
- Τα κράτη – μέλη μπορούν στην παρούσα φάση να καθορίζουν μόνο τα μέτρα υποστήριξης των ΑΠΕ για την επίτευξη του τιθέμενου στόχου, τα οποία θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις αρχές της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας να λαμβάνουν υπόψη τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τεχνολογιών, να είναι απλά και αποτελεσματικά και να προβλέπουν μεταβατικές ρυθμίσεις, ώστε να διατηρείται η εμπιστοσύνη των επενδυτών.
- Τα κράτη – μέλη θα πρέπει να επανεξετάσουν τις ισχύουσες διαδικασίες αδειοδότησης και τις διοικητικές ρυθμίσεις, ώστε να εξασφαλίζεται η διαφάνεια και να διευκολύνεται η ανάπτυξη των ΑΠΕ.
- Ορίζει ότι θα πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για την κατά προτεραιότητα σύνδεση των ΑΠΕ στα ηλεκτρικά δίκτυα και ζητεί από τα κράτη – μέλη να απαιτήσουν από τους

διαχειριστές του συστήματος και του δικτύου την έκδοση κανονισμών που θα εξασφαλίζουν διαφανείς διαδικασίες σύνδεσης και κοστολόγησης.

- Ορίζει ότι τα κράτη – μέλη θα πρέπει να δημιουργήσουν τους κατάλληλους μηχανισμούς και να ορίσουν αρμόδιους φορείς για την έκδοση Έγγυησεων Προέλευσης ενέργειας προερχόμενης από ΑΠΕ.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι η οδηγία ορίζει χρονικά διαστήματα εντός των οποίων τα κράτη – μέλη να αναφέρουν τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των οριζόμενων. Τα μέτρα στήριξης των ΑΠΕ που έχουν χρησιμοποιηθεί από τα κράτη – μέλη περιλαμβάνουν επιδότηση των επενδύσεων ή φοροαπαλλαγές, αλλά η κύρια ενίσχυση προέρχεται από άμεση στήριξη της τιμής της ενέργειας που καταβάλλεται στους παραγωγούς ΑΠΕ. [20]

#### 1.4 Το ΚΑΠΕ και ο ρόλος του

Για μηχανές παραγωγής αιολικής ενέργειας με δυνατότητα άνω των 20 KW είναι αναγκαία η πιστοποίηση από το ΚΑΠΕ. Το ΚΑΠΕ έχει ήδη δεχθεί αιτήσεις για πιστοποίηση από πολλά πανεπιστημιακά ιδρύματα καθώς και από ιδιωτικούς φορείς. Το ίδιο κέντρο σκοπεύει στην επένδυση 1,3 δις δολαρίων σε προγράμματα εκμετάλλευσης ΑΠΕ στην Ελλάδα. Τα προγράμματα αυτά πραγματοποιούνται σε συνεργασία με άλλους κυβερνητικούς φορείς εμπλεκόμενους με τον τομέα της ενέργειας, όπως είναι η ΔΕΗ.

Το ΚΑΠΕ διενήργησε επίσης μελέτες για εξοικονόμηση ενέργειας στην κατασκευή των εγκαταστάσεων των Ολυμπιακών αγώνων του 2004 στην Αθήνα. Οι βασικές μελέτες αφορούσαν βίο-κλιματικές εγκαταστάσεις καθώς και εγκαταστάσεις συστημάτων θέρμανσης με καύσιμο το φυσικό αέριο.

Το ΚΑΠΕ αποτελεί έναν κρατικό φορέα που λειτουργεί υπό την αιγίδα του Υπουργείου Ανάπτυξης. Ο βασικός του στόχος είναι η προώθηση της χρησιμοποίησης των ΑΠΕ αλλά και η λογική χρήση της ενέργεια, τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Το κέντρο ιδρύθηκε το Σεπτέμβριο του 1987 με προεδρική απόφαση και διοικείται από ένα 7μελές συμβούλιο διευθυντών που αποτελείται από αντιπροσώπους της Ε.Ε., της ΔΕΗ, των Ελληνικών Πετρελαίων, της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας του Υπουργείου Ανάπτυξης και του Συνδέσμου Ελλήνων Βιομηχάνων. Το κέντρο απασχολεί περί τους 120 ειδικούς στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και το περιβάλλον, ενώ διατηρεί τα δικά του εργαστήρια όπως και τις δικές του υπαίθριες εγκαταστάσεις για βιομάζα, φωτοβολταϊκά, παθητικά ηλιακά συστήματα και αιολική ενέργεια. Σημαντική ώθηση στην αλματώδη ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα έδωσε η υλοποίηση 17 αιολικών πάρκων, συνολικής ισχύος 123MW και επένδυσης 44,7 δις δραχμές στο πλαίσιο του επιχειρησιακού προγράμματος ενέργειας του

Υπουργείου Ανάπτυξης στο διάστημα 1999-2002. Πιο συγκεκριμένα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από μόλις 39,5 MW που ήταν το 1988 ανήλθε σε 226 MW τον Νοέμβριο του 2002. [6]

### 1.5 Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητας

Στο επιχειρησιακό πρόγραμμα ανταγωνιστικότητας έχουν ενταχθεί για επιδότηση 38 αιολικά πάρκα, είκοσι δυο εκ των οποίων έχουν συνολική ισχύ 390 MW, και την τεχνική παρακολούθησή τους έχει αναλάβει το ΚΑΠΕ. Ενώ τα υπόλοιπα δεκαέξι έχουν συνολική ισχύ 50 MW περίπου.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της σπουδαιότητας της δράσης του ΚΑΠΕ στον ελληνικό χώρο αποτελεί το αιολικό πάρκο επίδειξης που βρίσκεται στο λόφο του Σταυραετού Κερατέας στη Λαυρεωτική Αττικής. Έχει ισχύ 3,01 MW και αποτελείται από πέντε ανεμογεννήτριες, εκ των οποίων οι τρεις αγοράστηκαν από το εξωτερικό και οι δύο είναι ελληνικής προέλευσης. Βασικός στόχος του αιολικού πάρκου είναι η αξιολόγηση των ανεμογεννητριών με διαφορετικές αρχές λειτουργίας, σε συνθήκες σύνθετης τοπογραφίας, που είναι η κατεξοχήν χώροι εγκατάστασης αιολικών πάρκων στη χώρα μας.

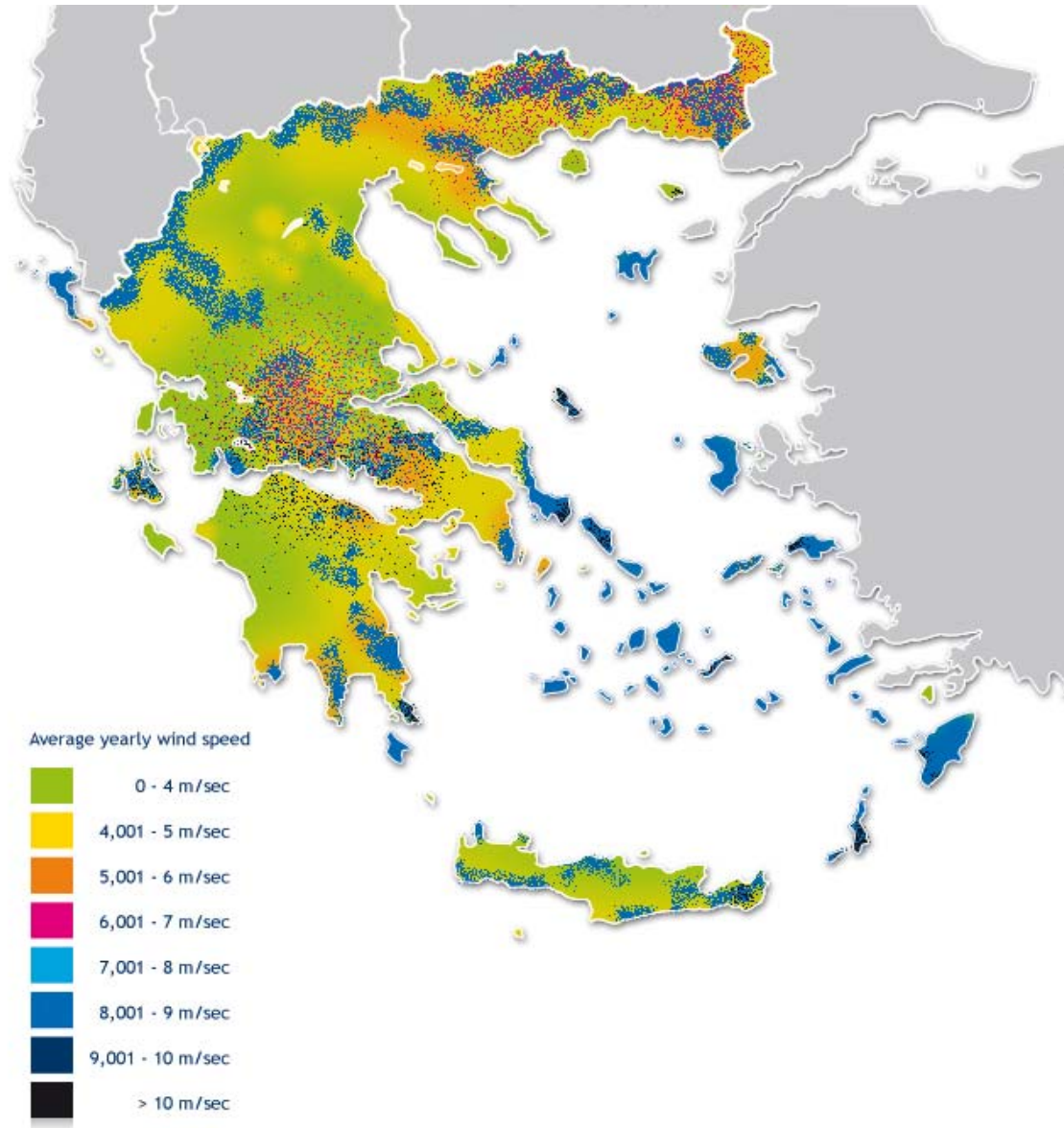
Το γεγονός ότι έχουμε κατά κανόνα μεγάλες διακυμάνσεις στη ζήτηση αιολικής ενέργειας τόσο σε εποχική όσο και σε 24ωρη βάση θέτει καθοριστικούς φραγμούς στην ευρύτερη εγκατάσταση και κυρίως στην οικονομική λειτουργία των ανεμογεννητριών στα δίκτυα αυτά. Φραγμοί στην ευρύτερη διείσδυση των ΑΠΕ σε αυτόνομα δίκτυα μπαίνουν επίσης και λόγω της στοχαστικής διαθεσιμότητας των ΑΠΕ και ιδιαίτερα της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας.

Έτσι, για την καλύτερη προσαρμογή των μορφών αυτών ενέργειας στην εκάστοτε ζήτηση των αυτόνομων δικτύων καθίσταται απαραίτητη η αναζήτηση και η ανάπτυξη κατάλληλων τρόπων βραχυπρόθεσμης ή μεσοπρόθεσμης αποθήκευσης της ενέργειας.

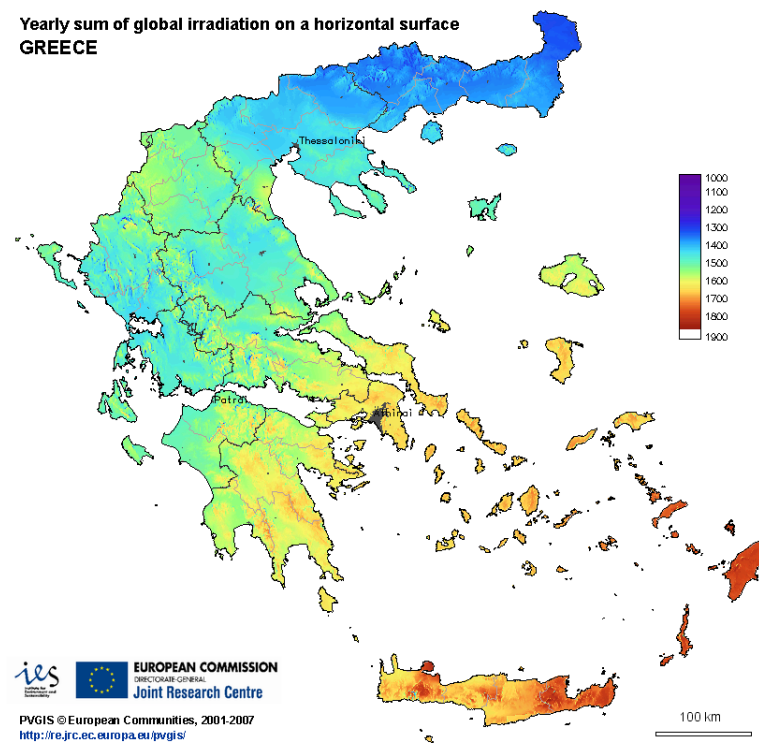
Η ευστάθεια ενός αυτόνομου δικτύου προσδιορίζεται κυρίως από την σταθερότητα της συχνότητας και της τάσης και επιτυγχάνεται σήμερα με κατάλληλες ρυθμίσεις που γίνονται στις σύγχρονες ηλεκτρικές γεννήτριες των ΑΕΠ.

Η σταθερότητα της συχνότητας επιτυγχάνεται για παράδειγμα με τη λειτουργία του κινητήρα σε σταθερές στροφές. Η λειτουργία του κινητήρα είναι οικονομική όταν το εκάστοτε πραγματικό του φορτίο είναι κοντά στο ονομαστικό του φορτίο. Με τη μείωση λοιπόν του φορτίου αυξάνεται η ειδική κατανάλωση καυσίμου. [7]

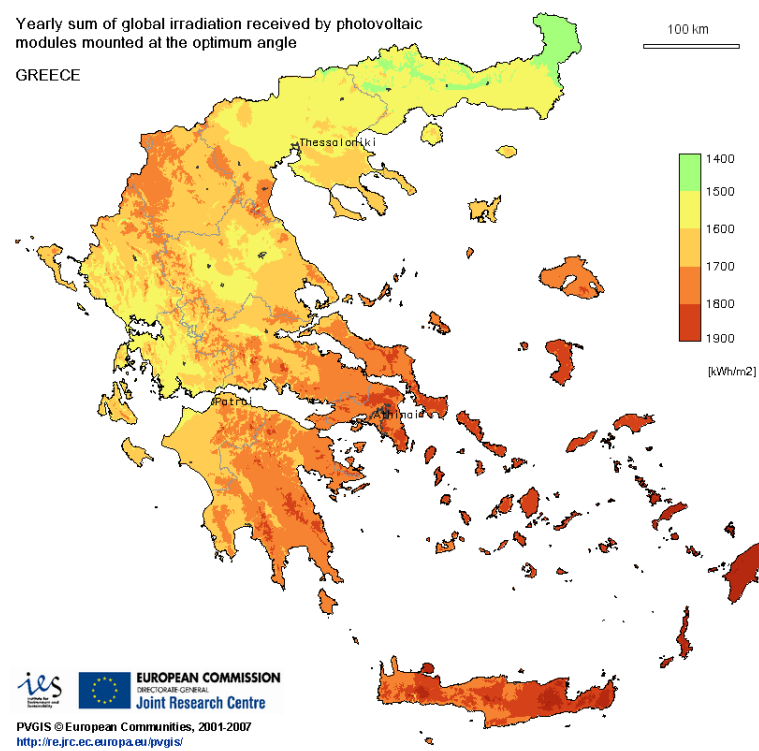




Εικόνα 1.1: Χάρτης Αιολικής Απόδοσης



Εικόνα 1.2: Συνολική Ετήσια Ολική Προσπίπτουσα Ακτινοβολία σε Οριζόντιο Επίπεδο



Εικόνα 1.3: Συνολική Ετήσια Προσπίπτουσα Ακτινοβολία που Λαμβάνεται από Συλλέκτες με Βέλτιστη Κλίση και Νότιο Προσανατολισμό

## 2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ Ε.Η.Ε.

### 2.1. Τα βασικά στοιχεία που χρειάζονται για την εκπόνηση μελέτης μιας Ε.Η.Ε. είναι:

- Τα σχέδια των κατόψεων του κτιρίου και η περιγραφή του είδους των χώρων.
- Η θέση και η ισχύς των συσκευών καταναλώσεων που πρόκειται να τροφοδοτηθούν.

#### Πρέπει να διευκρινισθούν τα ακόλουθα θέματα:

- Ποιές προβλέψεις χρειάζεται να γίνουν για συσκευές που δεν υπάρχουν στην αρχή, αλλά είναι ενδεχόμενο να αποκτηθούν μελλοντικά.
- Πού είναι επιθυμητό να τοποθετηθούν ρευματοδότες, σε ποιές θέσεις είναι επιθυμητό να είναι οι διακόπτες για τα φώτα και αν τα τελευταία θα είναι απλά, κομιτατέρ ή αλέ-ρετούρ, από ποιά θέση είναι επιθυμητό να γίνεται ο χειρισμός ορισμένων συσκευών.
- Ποιές θα είναι οι συνθήκες λειτουργίας των συσκευών (θα λειτουργούν όλες ταυτόχρονα και με πλήρη ισχύ ή όχι;)
- Αν υπάρχουν ορισμένες συγκεκριμένες απαιτήσεις που προκύπτουν από το δομικό μέρος, π.χ. αν, για κάποιο λόγο που αφορά το κτίριο, δεν πρέπει να περάσουν γραμμές της Ε.Η.Ε. από ορισμένα σημεία.
- Αν μπορούν να γίνουν ορισμένες προβλέψεις στο στάδιο της κατασκευής του κτιρίου, που θα διευκολύνουν και την κατασκευή της Ε.Η.Ε.

#### 2.1.1. Εκπόνηση μελέτης μιας Ε.Η.Ε.

Η μελέτη μπορεί να ακολουθήσει τα εξής στάδια:

1. Καταγραφή και εντοπισμός, πάνω σε σχέδιο, των συσκευών κατανάλωσης σημαντικής ισχύος. Επίσης σημειώνονται στο σχέδιο οι θέσεις των φωτιστικών σημείων και των διακοπών τους, οι θέσεις των ρευματοδοτών και τυχόν σταθερές συσκευές μικρής ισχύος.
2. Καθορισμός των γραμμών που χρειάζονται για την τροφοδότηση των συσκευών κατανάλωσης. Τυπικό Σχέδιο Εσωτερικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης κατοικίας.
3. Καθορισμός των οργάνων προστασίας και της διατομής των αγωγών καθεμιάς από τις προηγούμενες γραμμές.
4. Καθορισμός του είδους της παροχής που θα ζητηθεί (μονοφασική ή τριφασική) και του μεγέθους της. Καθορισμός των γενικών ασφαλειών του πίνακα διανομής και της διατομής των αγωγών της κύριας γραμμής (γραμμής μετρητή-πίνακα).
5. Καθορισμός της θέσης του πίνακα διανομής.

6. Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν υποπίνακες: καθορισμός για καθέναν από αυτούς αν θα είναι τριφασικός ή μονοφασικός.
7. Καθορισμός της σύνθεσης του πίνακα διανομής και καθενός από τους υποπίνακες, αν υπάρχουν.
8. Σχεδίαση της όδευσης όλων των γραμμών μέσα στο κτίριο.
9. Καθορισμός του είδους των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στους διάφορους χώρους. Μονογραμμικό σχέδιο τριφασικού πίνακα διανομής κατοικίας.
10. Καθορισμός του τρόπου κατασκευής και σύνδεσης της γείωσης και των αγωγών προστασίας. [47]

Τυπικό Σχέδιο Εσωτερικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης κατοικίας καθώς και Μονογραμμικό Σχέδιο Τριφασικού πίνακα διανομής κατοικίας δίδονται παρακάτω.

Πίνακας 2.1: Συνήθειες οικιακές συσκευές κατανάλωσης

Συσκευή	Ισχύς (kW)
Ηλεκτρικό μαγειρείο 4 εστιών με φούρνο	<b>8-10</b>
Ηλεκτρικό μαγειρείο χωρίς φούρνο	<b>1,5-2 ανά εστία</b>
Ηλεκτρικός φούρνος χωριστός	<b>4</b>
Θερμοσίφωνα 60, 80 ή 120 lt	<b>3-5</b>
Πλυντήριο ρούχων	<b>2-3</b>
Πλυντήριο πιάτων	<b>2-2,5</b>
Στεγνωτήριο ρούχων	<b>2-3</b>
Κλιματιστικό μηχανήμα (air conditioning) κεντρικό	<b>Η ισχύς ορίζεται από τη μελέτη Κλιματισμού</b>
Κλιματιστικό δωματίου (air	<b>1-1,5</b>

conditioning)	
Θερμοσυσσωρευτής	<b>Η ισχύς ορίζεται από τη μελέτη θέρμανσης</b>
Φορητό θερμαντικό σώμα (αερόθερμο ή ηλεκτρικό καλοριφέρ)	<b>2-3</b>

Ιδιαίτερη γραμμή πρέπει να διαθέσουμε για την τροφοδότηση καθεμιάς από τις συσκευές που έχουν μεγάλη ισχύ, συνήθως πάνω από 1,5 KW περίπου. Στην ίδια κατηγορία μπορούμε να εντάξουμε και τις γραμμές που τροφοδοτούν δύο ομοειδείς συσκευές μικρότερης ισχύος, όπως π.χ. μια γραμμή που τροφοδοτεί τα κλιματιστικά δύο δωματίων.

Με βάση τα φορτία των συσκευών που πρόκειται να τροφοδοτήσει κάθε γραμμή, καθορίζεται η διατομή των αγωγών καθώς και το ονομαστικό ρεύμα του οργάνου προστασίας της.

### 2.1.2 Παράδειγμα υπολογισμού εγκατεστημένης ισχύος

Κατά προσέγγιση ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος ή του φορτίου γίνεται όπως παρακάτω:

α) Για κάθε φωτιστικό σημείο θεωρούμε φορτίο 0,5A. Αν όμως πρόκειται για συνδεσμολογία κομιτατέρ, θεωρούμε 2A ανά πολύφωτο. Για φωτιστικά ισχύος 200W θεωρούμε φορτίο 1A.

β) Για κάθε πρώτη από τρεις πρίζες θεωρούμε φορτίο 2A, για κάθε μια από τις υπόλοιπες 0,5A.

Πιο λεπτομερής υπολογισμός του φορτίου γίνεται από τον τύπο της ισχύος:

$$P=U \cdot I \cdot \cos\varphi \quad \text{και} \quad I=P/U$$

( Watts=Volts x Amperes x  $\cos\varphi$  ) όπου  $\cos\varphi = 1$  ( $\varphi=0$ ) για το φωτισμό

Από τον παραπάνω τύπο βρίσκουμε το ρεύμα κάθε καταναλωτή. Αθροίζουμε τις εντάσεις των καταναλωτών κάθε κυκλώματος και έτσι βρίσκουμε τη μεγαλύτερη ένταση που θα διαρρέει το κύκλωμα αυτό (δηλ. όταν όλες οι συσκευές του κυκλώματος λειτουργούν ταυτόχρονα).

Πίνακας 2.2: Φορτία φωτιστικών σημείων και ρευματοδοτών

Περιγραφή	Ισχύς (W)
Φωτιστικό σημείο απλό	100
Φωτιστικό σημείο πολλαπλό (ελεγχόμενο από διακόπτη κομιτατέρ)	200
Προβολέας ή φωτιστικό με λάμπα μεγαλύτερη από 500 W	Ισχύς λάμπας
Ρευματοδότης (για τους επόμενους πέρα των τριών κάθε κυκλώματος 10 A)	200
Μόνιμες συσκευές (όπως εξαεριστήρες, απορροφητήρες, κ.λπ.)	100 Ισχύς κατασκευής

2.1.3 Υπολογισμός της διατομής των αγωγών για κάθε γραμμή, με βάση την επιτρεπόμενη πυκνότητα ρεύματος

Θεωρώντας σαν παραδεκτό φορτίο ενός μαγειρείου τα 6,3 KW (28,6 A) και ενός θερμοσίφωνα τα 4 KW (18,2 A) έχουμε:

Γραμμή μετρητή-πίνακα:

Για ρεύμα 36A τοποθετούμε αγωγούς διατομής 10 mm<sup>2</sup> (το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα αγωγού διατομής 10 mm<sup>2</sup> είναι 43 A).

Κατασκευή: Καλώδιο ΑΟ5VV-R 3Χ10 mm<sup>2</sup> μέσα σε σωλήνα των 21 ή 23 mm.

Γραμμή μαγειρείου:

Για ρεύμα 28,6 A ή ισχύ 6,3 KW βάζουμε αγωγούς διατομής 6 mm<sup>2</sup> (Ιεπιτρ.=33 A) (Συνήθης εγκατεστημένη ισχύς: 10KW, λόγω ετεροχρονισμού 6,3 KW).

Κατασκευή: Καλώδια ΑΟ5VV-R 3X6 mm<sup>2</sup> ή 3 αγωγοί ΗΟ7V-U των 6mm<sup>2</sup> σε σωλήνα των 16 mm, ασφάλεια 25 Α

Γραμμή θερμοσίφωνα:

Για ρεύμα 18,2 Α ή ισχύ 4 kW βάζουμε αγωγούς διατομής 2,5 mm<sup>2</sup> (Ιεπιτρ. = 20 Α)  
Κατασκευή: Καλώδιο ΑΟ5VV-R 3X2,5 mm<sup>2</sup> ή 3 αγωγοί ΗΟ7V-U των 2,5 mm<sup>2</sup> μέσα σε σωλήνα 13,5 mm, ασφάλεια 16 Α.

Γραμμές φωτισμού-πριζών:

Για ρεύμα 10 Α χρησιμοποιείται η ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή των 1,5 mm<sup>2</sup>  
Κατασκευή: Καλώδιο ΑΟ5VV-R 3X1,5 mm<sup>2</sup> ή αγωγοί ΗΟ7V-U των 1,5 mm<sup>2</sup> σε σωλήνα 13,5 mm, ασφάλεια 10 Α.

*2.1.4 Σύγχρονες απαιτήσεις ηλεκτρικής κατασκευής*

- Στο χώρο της κουζίνας χρησιμοποιούνται τρεις τουλάχιστον διαφορετικές ηλεκτρικές γραμμές:
  - 6. ηλεκτρικού μαγειρείου
  - 6. φωτισμού που περιλαμβάνει τα φωτιστικά σώματα, το ρευματοδότη ψυγείου, το ρευματοδότη φορητών συσκευών καθαριότητας και τον εξαερισμό.
  - 6. εξυπηρέτησης λοιπών συσκευών
- Στο χώρο του καθιστικού της οικίας τοποθετούμε - σε κατάλληλα επιλεγμένα σημεία - πολλαπλό ρευματοδότη, έτσι, ώστε να μπορούν να εξυπηρετηθούν οι διάφορες φορητές συσκευές κατανάλωσης
- Σε κάθε δύο δωμάτια τοποθετούμε και μια γραμμή φωτισμού και στην περίπτωση που υπολείπεται κάποιο δωμάτιο, τοποθετούμε ξεχωριστή γραμμή
- Για ηλεκτρολογικές γραμμές υψηλών απαιτήσεων, τοποθετούμε ξεχωριστές γραμμές φωτισμού και γραμμές ρευματοδοτών.
- Η τροφοδότηση φορητών οικιακών συσκευών κουζίνας, στο χώρο αυτής, γίνεται πάντοτε με ρευματοδότες σούκο
- Η τροφοδότηση οικιακών συσκευών λοιπών χώρων γίνεται με απλούς ρευματοδότες
- Σε εξωτερικούς χώρους ή χώρους αποθήκης χρησιμοποιούνται στεγανοί ρευματοδότες σούκο, περιστροφικοί διακόπτες και στεγανά φωτιστικά.
- Ακόμα και στην πιο μικρή οικιακή κατασκευή, απαιτούνται τουλάχιστον δύο γραμμές φωτισμού.

- Σε κάθε δωμάτιο πρέπει να υπάρχουν, υποχρεωτικά, τουλάχιστον τρεις ρευματοδότες.

Πίνακας 2.3: Μέγιστη θερμοκρασία αγωγού καλωδίων για συνεχή λειτουργία

ΥΛΙΚΟ ΜΟΝΩΣΗΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ °C	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ °C
PVC	70	160
Ελαστικό	60	160
Ελαστικό EPR	90	250
Διασυνδεδεμένο Πολυαιθυλένιο (XLPE)	90	250

#### 2.1.5 Στοιχεία για τον υπολογισμό της μέγιστης επιτρεπομένης έντασης φόρτισης

Πίνακας 2.4: Συντελεστές Διόρθωσης του Ρεύματος σε Συνάρτηση με τη Θερμοκρασία Περιβάλλοντος

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΩΣΗΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ °C							
	15	20	25	30	35	40	45	50
PVC	1.17	1.12	1.06	1.0	0.94	0.87	0.79	0.71
Ελαστικό	1.22	1.15	1.08	1.0	0.91	0.82	0.71	0.58
XLPE	1.14	1.09	1.04	1.0	0.96	0.91	0.87	0.82

#### PVC για καλώδια

H07V-U, H07V-R, H07V-K, H05V-U, H05V-K, A05VV-U, A05VV-R, H05VV-F, A05VV-F, H03VV-F, NYIFY, H03VH-H, NYY, NYSLYO, J1VV-U, J1VV-R, J1VV-S, NYCY



**ΕΛΑΣΤΙΚΟ** για καλώδια

HO5RR-F, A05RR-F, H07RN-F, AO7RN-F, NSLF, NSLFFOU, HO1N2-D, HO1N2-E

**XLPE** για καλώδια

XLPE/PVC, XLP/CWS/PVC

Σε περίπτωση που τοποθετούνται περισσότερα του ενός καλώδια το ένα κοντά στο άλλο είναι απαραίτητο να υπάρχει αρκετός χώρος για αερισμό. Η μεταφερόμενη ισχύς δεν επηρεάζεται εάν:

(α) Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των καλωδίων είναι τουλάχιστον ίση με δύο φορές τη διάμετρο των καλωδίων

(β) Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των καλωδίων δεν είναι μικρότερη από τέσσερις φορές τη διάμετρο τους.

(γ) Τοποθετούνται σε οριζόντια διάταξη ακόμα και αν ο αριθμός των καλωδίων υπερβαίνει τα τρία. [9]

## **2.2 Γενικές οδηγίες για τις Ε.Η.Ε. και Υπολογισμοί**

### *2.2.1 Γενικές οδηγίες για τις Ε.Η.Ε.*

1) Παίρνουμε πρώτα το αρχιτεκτονικό σχέδιο της οικοδομής σε κάτοψη και τομή.

2) Σημειώνουμε επάνω στο σχέδιο τα Φωτιστικά σώματα μετά την εκπόνηση της φωτοτεχνικής μελέτης καθώς επίσης και τις θέσεις των μόνιμων ή φορητών συσκευών με τις αντίστοιχες πρίζες, θέσεις διακοπών, θέση γενικού πίνακα εισαγωγής, υποπινάκων διανομής κ.λπ.

Σε μικρούς χώρους π.χ. δωμάτια κατοικιών συνήθως τοποθετούμε ένα φωτιστικό σημείο στο, γεωμετρικό κέντρο του δωματίου, τους δε διακόπτες πάντα κοντά στην πόρτα και στην πλευρά που αντιστοιχεί στο άνοιγμα αυτής.

3) Μετά από τα παραπάνω χωρίζουμε τα Φωτιστικά σημεία και τις συσκευές σε ομάδες, ώστε να είναι δυνατή ή τροφοδότηση κάθε ομάδας με ξεχωριστή γραμμή. Συνιστάται για κάθε προβλεπόμενο φορτίο 15 Α και μια χωριστή γραμμή. Οι γραμμές φωτισμού θα πρέπει να είναι, τουλάχιστον δύο, ώστε όταν καεί μια ασφάλεια να μην βυθιστεί όλο το σπίτι στο σκοτάδι.

Αν είναι δυνατό πρέπει να έχουμε ανεξάρτητη γραμμή πριζών ή και πλυντηρίου, αλλά αυτό δεν τηρείται αυστηρά για λόγους οικονομίας. Για, το θερμοσίφωνα, μαγειρείο και την ηλεκτρική θέρμανση πρέπει να προβλεφτούν οπωσδήποτε ανεξάρτητες γραμμές.

**Κατά το άρθρο 43 των κανονισμών μονοφασικά κυκλώματα ισχύος μεγαλύτερης των 1500 W θα πρέπει να κόβονται με διπολικό διακόπτη (διακοπή σε όλους τους πόλους) π.χ. γραμμή μαγειρείου.**

Συνήθως στο γενικό πίνακα της εγκατάστασης υπάρχουν οι διακόπτες και οι ασφάλειες μαγειρείου και θερμοσίφωνα. Αν το μαγειρείο απέχει αρκετά (παρεμβάλλονται δύο ή περισσότερες πόρτες) από το γενικό πίνακα, τότε τοποθετούμε το χωριστό πίνακα για το μαγειρείο μέσα στην κουζίνα.

4) Ο γενικός πίνακας πρέπει να τροφοδοτείται σε ύψος 1,8 m από το έδαφος.

5) **Το φορτίο που δέχεται η ΔΕΗ στα 220 V ( μονοφασική παροχή ) είναι το πολύ 8 KW (ή 36A), άρα: Για να μη συμβεί υπέρβαση αυτού του ορίου Φορτίου δεν θα πρέπει όλες οι καταναλώσεις της κατοικίας να είναι συγχρόνως υπό τάση. Τούτο συμβαίνει κατά γενικό κανόνα γιατί μέρος μόνο του φωτισμού, και των συσκευών είναι υπό τάση ή όπως λέγομε υπάρχει "ετεροχρονισμός" των διαφόρων φορτίων.**

6) Ασφάλειες τοποθετούνται μόνο στους αγωγούς φάσης και ποτέ στον ουδέτερο. Απαγορεύεται ή διακοπή ενός κυκλώματος με την ασφάλειά, όταν τούτο διαρρέεται από ρεύμα και ασφαρίζεται με φυσίγγι μεγαλύτερο των 6 A.

7) Αυτόματοι μεγίστου χωρίς ασφάλειες τοποθετούνται μόνον όταν αυτοί προστατεύουν το δίκτυο από βραχυκυκλώματα.

8) Στη θέση του ηλεκτρικού ψυγείου μπαίνει πρίζα σούκο.

9) Ο φωτισμός του λουτρού γίνεται στεγανός δηλαδή το φωτιστικό θα αποτελείται από αρματούρα στεγανή. Απαγορεύεται μέσα στο λουτρό ή τοποθέτηση διακοπών και πριζών εκτός από την ειδική πρίζα ξυρίσματος.

10) Οι πρίζες τοποθετούνται σε ύψος μεγαλύτερο από 25 cm από το δάπεδο. Αν το δάπεδο είναι αγωγίμο απαραίτητα θα είναι τριπολικές (δηλ. με γείωση). Γενικά οι τριπολικές πρίζες είναι προτιμότερες γιατί προστατεύουν από ηλεκτροπληξία.

11) Μέσα στους σωλήνες τοποθετούνται αγωγοί που προστατεύονται από ασφάλειες της ίδιας ομάδας π.χ. αγωγοί κυκλωμάτων φωτισμού η αγωγοί κυκλώματος μαγειρείου κλπ.

12) Τα κουτιά αν τοποθετηθούν πάνω σε ξύλο πρέπει να χωριστούν απ' αυτό με άκαυστο υλικό.

13) Οι συνδέσεις των αγωγών πρέπει να γίνονται μέσα στα κουτιά διακλάδωσης και ποτέ μέσα στις σωληνώσεις.

14) Στα άκρα των σωληνώσεων, από τις οποίες τροφοδοτούμε συσκευές, πρέπει να τοποθετούμε κατάλληλα προστόμια.

15) Σε περίπτωση καμψής θα πρέπει ή ακτίνα καμπυλότητας για σωλήνες να είναι μεγαλύτερη από 6 cm και σε περίπτωση καλωδίου το δεκαπλάσιο της εξωτερικής διαμέτρου του.

16) Η τροφοδότηση των φωτιστικών σημείων από την οροφή γίνεται με στρεπτό αγωγό διατομής 0,75 cm<sup>2</sup>. Το βάρος πού θα κρέμεται από αυτόν δεν πρέπει να ξεπερνάει το 1/2 κιλό.

### 2.3 Υπολογισμοί Ε.Η.Ε.

#### 2.3.1 Υπολογισμός εγκατεστημένης ισχύος

Κατά προσέγγιση ο υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος ή του φορτίου γίνεται όπως παρακάτω:

α) Για κάθε φωτιστικό σημείο θεωρούμε φορτίο 0,5 A. Αν όμως πρόκειται για συνδεσμολογία κομμυτατέρ, θεωρούμε 2 A ανά πολύφωτο. Για φωτιστικά ισχύος 200 W θεωρούμε φορτίο 1 A.

β) Για κάθε πρώτη από τρεις πρίζες θεωρούμε φορτίο 2 A, για κάθε μια από τις υπόλοιπες 0,5 A.

Πιο λεπτομερής υπολογισμός τού φορτίου γίνεται, από το τύπο της Ισχύος:

$$P = U * I * \cos\phi \qquad \text{Watts} = \text{Volts} * \text{Amperes} * \cos\phi$$

και

$$I = \frac{P}{U * \cos\phi} \qquad \text{οπού } \cos\phi = 1 \text{ (}\phi = 0\text{) για το φωτισμό.}$$

Από τον παραπάνω τύπο βρίσκουμε το ρεύμα κάθε καταναλωτή. Αθροίζουμε τις εντάσεις των καταναλωτών κάθε κυκλώματος και έτσι παίρνουμε τη μεγαλύτερη ένταση πού θα

διαρρέει το κύκλωμα αυτό (δηλ. όταν όλες οι συσκευές του κυκλώματος λειτουργούν συγχρόνως).

Έχοντας το ολικό φορτίο της εγκατάστασης το κατανέμουμε σε γραμμές των 10 A (2,2 KM). Πρέπει να γνωρίζουμε ότι για το χωρισμό μιας εγκατάστασης σε πολλά κυκλώματα δεν υπάρχουν ακριβείς κανόνες. Πολλοί χρησιμοποιούν μια γραμμή για κάθε προβλεπόμενο συνολικό φορτίο 15 A, ή άλλοι για κάθε 8 σημεία φωτισμού ή πριζών.

### 2.3.2 Υπολογισμός της πτώσης τάσης και της διατομής των αγωγών

Γνωρίσαμε ότι, κάθε αγωγός πρέπει να διαρρέεται από ρεύμα έντασης που δεν θα ξεπερνά κάποια τιμή. Έτσι εμφανίζεται η συνεχής λειτουργία του αγωγού με θέρμανση μέσα σε παραδεκτά όρια (μέχρι 60°C).

Π.χ. ένας αγωγός διατομής 2,5 mm<sup>2</sup> που λειτουργεί σε περιβάλλον θερμοκρασίας 30°C πρέπει να δεχτεί μέγιστο (επιτρεπτό) ρεύμα 20 A. Με τις συνθήκες και για συνεχή λειτουργία η θερμοκρασία της μόνωσης δεν θα ξεπεράσει τη παραδεκτή τιμή των 60°C.

Άρα η επιτρεπόμενη για τον αγωγό αυτό πυκνότητα ρεύματος δεν θα πρέπει να ξεπεράσει την τιμή:

$$\text{επιτρεπτή πυκνότητα ρεύματος} = \frac{\text{επιτρεπτή ένταση}}{\text{διατομή}} = \frac{20\text{A}}{2,5\text{mm}^2} = 8 \text{ A} / \text{mm}^2$$

Κατά την εκλογή της διατομής μιας γραμμής, εκτός των παραπάνω πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η προκαλούμενη από τη γραμμή πτώσης τάσης

#### Επιτρεπόμενη πτώση τάσης γραμμής

Κάθε ρευματοδοτική γραμμή προκαλεί μια πτώση της τάσης που είναι ανάλογη του γινομένου της αντίστασης της γραμμής και του ρεύματος που τη διαρρέει. Τούτο έχει σαν αποτέλεσμα η τάση του καταναλωτή να είναι μικρότερη από εκείνη που επιβάλλεται στην αρχή της γραμμής κατά το μέγεθος της προκαλούμενης πτώσης τάσης  $u$ .

Αν η προκαλούμενη πτώση τάσης  $u$  ξεπεράσει κάποια όρια, η λειτουργία του καταναλωτή γίνεται προβληματική.

Τα επιτρεπτά όρια πτώσης τάσης μιας ρευματοδοτικής γραμμής είναι:

- Σε γραμμές φωτισμού 1% της τάσης παροχής, δηλαδή

$$u = 220\text{V} * 1/100 = 2,2\text{V}$$

- Σε γραμμές κίνησης 3% της τάσης παροχής

$$u = 380 * 3/100 = 11,4V$$

Έτσι λοιπόν όταν γίνεται εκλογή της διατομής των αγωγών μιας γραμμής, πρέπει να εξασφαλίζονται ταυτόχρονα, τα εξής:

α) Η ένταση του ρεύματος της γραμμής δεν πρέπει να ξεπερνά την επιτρεπτή ένταση που αντιστοιχεί στην επιλεγείσα διατομή.

β) Η προκαλούμενη πτώση τάσης δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα επιτρεπτά όρια.

Πίνακας 2.5: Συγκεντρωτικό Τυπολόγιο

ΜΟΡΦΗ ΔΙΚΤΥΟΥ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΕΝΤΑΣΗ ( A )	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ U ΣΕ VOLTS	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΟΥ
Δίκτυο Σ.Ρ. δύο αγωγών	$P = U * I$	$I = \frac{P}{U}$	Επειδή έχουμε 2 ενεργούς αγωγούς ,αν $u_0$ είναι η πτώση τάσης του ενός αγωγού για όλο το κύκλωμα έχουμε :  $u = 2 u_0$  $u = 2 \frac{p * l * I}{S} = 2 \frac{p * l * P}{S * U}$	$S = \frac{2 * p * l * I}{u} = \frac{2 * p * l * P}{U * u}$  Για Cu : $p = \frac{1}{56\dot{4}57} = 0,017$  Al : $p = \frac{1}{34\dot{4}35} = 0,0294$
Μονοφασικό δίκτυο	$P = U * I * \text{συν}\phi$	$I = \frac{P}{U * \text{συν}\phi}$	$u = 2 \frac{p * l * I * \text{συν}\phi}{S} = \frac{p * l * P}{S * U}$	$S = 2 \frac{p * l * I * \text{συν}\phi}{U * u}$  $= 2 \frac{p * l * P}{U * u}$
Τριφασικό δίκτυο τριών ενεργών αγωγών	$P = 3 * U_{\phi} * I_{\phi} * \text{συν}\phi$	$I_{\phi} = \frac{P}{3U_{\phi}\text{συν}\phi}$  $I_{\pi} =$	$U_{\phi} = \frac{p * l * I_{\phi} * \text{συν}\phi}{S} = \frac{p * l * P}{3 * S * U_{\phi}}$	$S = \frac{p * l * P}{3 * U_{\phi} * u_{\phi}}$

	$P = \sqrt{3} * U_{\pi} * I_{\pi} * \cos\phi$	$\frac{P}{\sqrt{3}U_{\pi}\cos\phi}$	$U_{\pi} = \frac{\sqrt{3}p * l * I_{\pi}\cos\phi}{S} = \frac{p * l * P}{S * U_{\pi}}$	$S = \frac{p * l * P}{U_{\pi} * \cos\phi}$
--	-----------------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

#### 2.4 Μελέτη Ε.Η.Ε.

Η μελέτη της εγκατεστημένης ισχύος της οικίας πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα 4M (Παράρτημα 2<sup>ο</sup>).

Στο σύνολο βρίσκουμε ότι η εγκατεστημένη ισχύς θα είναι: 85.90KW.

**Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι: 85,9KW\*8064h=685.440 KWh**

- ΣΤΟ 1<sup>ο</sup> ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΤΑ ΣΧΕΔΙΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.
- ΣΤΟ 2<sup>ο</sup> ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΥΠΑΡΧΕΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ Η ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ ΜΕΣΟ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ 4M.
- ΣΤΟ 3<sup>ο</sup> ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ, Ο ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΙ ΤΑ ΣΧΟΛΙΑ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ Φ/Β ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΙΚΙΑΣ.

### 3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

*"Η ουσία ενός φαινομένου γίνεται καλύτερα αντιληπτή όταν το ερευνούμε από την γένεσή του."*

*Αριστοτέλης*

#### 3.1 Ιστορική αναδρομή

**1839:** Ο δεκαεννιάχρονος Γάλλος φυσικός Alexandre-Edmond Becquerel, ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο καθώς πειραματιζόταν με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης.

**1873:** Ανακαλύφθηκε η φωτοαγωγιμότητα του σεληνίου από τον Willoughby Smith.

**1876:** Ο William Grylls Adams με τον μαθητή του Richard Evans Day, ανακάλυψαν ότι το σελήνιο παράγει ηλεκτρισμό όταν εκτίθεται στο φως.

**1883:** Ο Αμερικάνος ερευνητής Charles Fritts, περιέγραψε την πρώτη κυψέλη η οποία αποτελούνταν από φωτοβολταϊκό στοιχείο σεληνίου.

**1887:** Ο Heinrich Hertz ανακάλυψε ότι διευκολύνεται η δημιουργία βολταϊκού τόξου μεταξύ δύο πολωμένων ηλεκτροδίων, όταν ο χώρος μεταξύ των ηλεκτροδίων ακτινοβολείται από υπεριώδη ακτινοβολία.

**1904:** Ο Albert Einstein δημοσίευσε την εργασία με την οποία έδωσε την εξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Γι' αυτήν του την προσπάθεια, τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ το 1921.

**1918:** Ο πολωνός επιστήμονας Jan Czochralski ανέπτυξε μια νέα μέθοδο παραγωγής του μονοκρυσταλλικού πυριτίου, το οποίο αργότερα χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή των αντίστοιχων ηλιακών κυψελών.

**1954:** Οι ερευνητές του Bell Labs, Gerald Pearson, Daryl Chapin και Calvin Souther Fuller ανακάλυψαν τις πρώτες ηλιακές κυψέλες πυριτίου με απόδοση 4,5%, η οποία έφτασε στο 6% λίγους μόλις μήνες μετά.

**1958:** Η Hoffman Electronics πετυχαίνει να αυξήσει τον βαθμό απόδοσης κυψέλης στο 9%, ενώ στις 17 Μαρτίου εκτοξεύεται ο Vanguard I, ο πρώτος δορυφόρος του οποίου η ισχύς προέρχεται από ηλιακές κυψέλες.

**Σήμερα:** Η έρευνα πάνω στην βελτίωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών είναι συνεχής και εντεινόμενη. Οι εμπορικά διαθέσιμες εφαρμογές αποτελούνται πλέον από κυψέλες, των οποίων ο βαθμός απόδοσης μπορεί να ξεπερνάει ακόμη και το 20%, με κόστος σημαντικό μικρότερο από ότι στο παρελθόν.

### 3.2 Ηλιακή ενέργεια

#### 3.2.1 Γενικά

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το **φως** ή **φωτεινή ενέργεια**, η **θερμότητα** ή **θερμική ενέργεια** καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή **ενέργεια ακτινοβολίας**.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα **παθητικά ηλιακά συστήματα**, τα **ενεργητικά ηλιακά συστήματα**, και τα **φωτοβολταϊκά συστήματα**. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του **φωτοβολταϊκού φαινομένου**. [19]

#### 3.2.2 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, καθαρή, ανεξάρτητη και ανανεώσιμη (ουσιαστικά ανεξάντλητη). Από τον ήλιο ακτινοβολείται προς το διάστημα τεράστια ποσότητα ενέργειας, αποτελούμενη από φως και θερμότητα, διαφόρων μηκών κύματος, με ισχύ που φθάνει τα εκατοντάδες χιλιάδες δισεκατομμύρια KW. Η ισχύς αυτή οφείλεται στην πυρηνική διάσπαση του υδρογόνου: σε χρόνο 1sec 600 εκατομμύρια τόνοι του στοιχείου αυτού μετατρέπονται σε 596 εκατομμύρια τόνους ηλίου. Τα υπόλοιπα περίπου 4 εκατομμύρια μετατρέπονται στην ακτινοβόλουμένη ενέργεια.

Από την ενέργεια της ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος ανά δευτερόλεπτο, στους πλανήτες γύρω του φτάνει ένα μικρό ποσοστό, μόνο το 1/120.000.000.



Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία κατευθύνεται από το διάστημα προς τη γη ένα μέρος της ανακλάται προς το διάστημα, ένα άλλο μέρος της απορροφάται από τα διάφορα αέρια και τους υδρατμούς, ένα μέρος της σκεδάζεται από αέρια, υδρατμούς, σκόνες και αεροζόλ αλλάζοντας πορεία και ένα μέρος της ακτινοβολίας πέρνα στην επιφάνεια της γης.

Γενικά επειδή η εξασθένηση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διέλευση της από την ατμόσφαιρα μεταβάλλεται για διαφορετικές χρονικές στιγμές, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στη γη παρουσιάζει στοχαστικότητα.

Παράλληλα λόγω της απόκλισης του άξονα περιστροφής της γης γύρω από το εαυτό της σε σχέση με το επίπεδο περιστροφής της γης γύρω από τον ήλιο, παρουσιάζει και εποχικότητα.

Η μέση τιμή της έντασης της ακτινοβολίας, που προσπίπτει σε κάθετο επίπεδο στις ακτίνες του ήλιου, στα όρια της ατμόσφαιρας είναι 1353 W/m<sup>2</sup>. Βέβαια, η μεταβολή της απόστασης ηλίου-γης προκαλεί και μεταβολή στην ένταση κατά ±3%, σαφώς όμως το ποσοστό της ελάττωσης της ακτινοβολίας εξαρτάται από το μήκος της διαδρομής στην ατμόσφαιρα και την κατάσταση της (πχ. σύννεφα). Η ελάττωση αυτή οφείλεται στη σκέδαση από τα μόρια του αέρα, τους υδρατμούς, τη σκόνη και την απορρόφηση από το O<sub>3</sub>, το H<sub>2</sub>O και το CO<sub>2</sub>.

Το μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει άθικτο σε μια επιφάνεια της γης ονομάζεται *άμεση ακτινοβολία* (direct or beam radiation). Το μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια μετά από σκέδαση ονομάζεται *ακτινοβολία σκέδασης* (sky diffuse radiation). Τέλος το μέρος της ακτινοβολίας που ανακλάται από το περιβάλλον μιας επιφάνειας και προσπίπτει σε αυτήν ονομάζεται *ακτινοβολία ανάκλασης* (reflected radiation).

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια επιφάνεια *απαρτίζεται* από τις τρεις συνιστώσες:

$$I = IB + ID + IR$$

Όπου:

IB : η άμεση ακτινοβολία

ID : η διάχυτη ακτινοβολία

IR : η ανακλώμενη ακτινοβολία

Η εξίσωση απλουστεύεται αν η επιφάνεια είναι επίπεδη και δεν υπάρχουν κτίρια ή άλλα υψώματα, οπότε IR = 0.

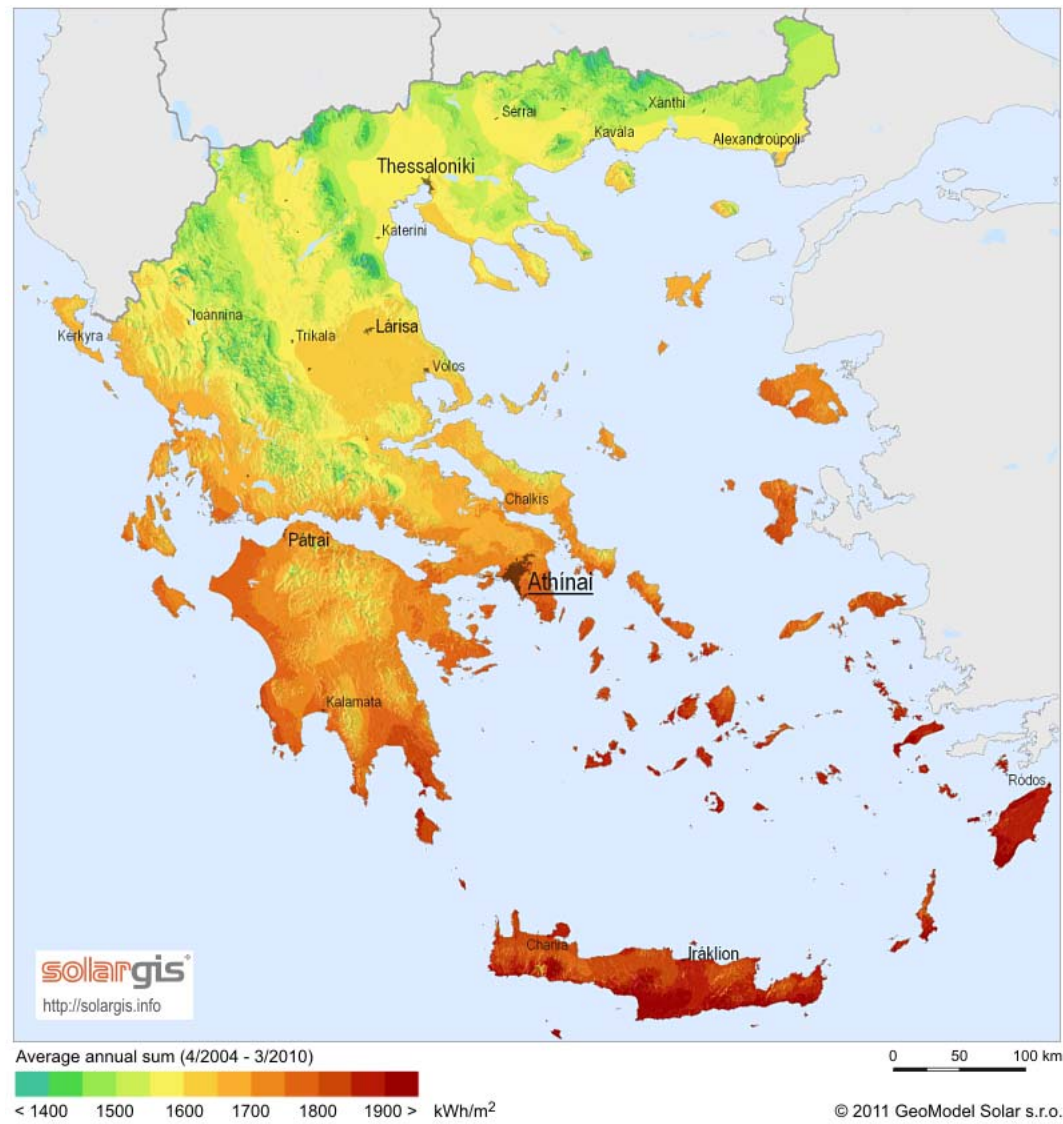
Ο βαθμός εξασθένησης της ηλιακής ακτινοβολίας δια μέσου της ατμόσφαιρας της γης εξαρτάται από την απόσταση που διανύει η ηλιακή ακτινοβολία εντός της ατμόσφαιρας. Η απόσταση αυτή είναι συνάρτηση της γωνίας θ<sub>z</sub> (γωνία zenith) και του υψόμετρου πάνω από την θάλασσα.

Όταν ο ήλιος είναι στο ζενίθ, η ένταση της ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο είναι  $1\text{kW/m}^2$ , τα 20% με 25% του οποίου οφείλονται στη διάχυτη. Η ένταση δεν είναι σταθερή αφού λόγω της περιστροφής της γης παρουσιάζει χρονική διακύμανση μεταξύ της μέγιστης τιμής την ημέρα και της μηδενικής τη νύχτα και παράλληλα διακύμανση ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και την εποχή του έτους. Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η ακτινοβολία αυτή είναι αραιή δημιουργούν προβλήματα στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

### *3.2.3 Ημερήσια ενεργειακή απολαβή από τον Ήλιο*

Η ενέργεια ανά  $\text{m}^2$ , που φτάνει στην επιφάνεια της Γης μέσα σε μια μέρα, εξαρτάται από την κλίση της συλλεκτικής επίπεδης επιφάνειας, το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, τη μέρα του χρόνου και από τις συγκεντρώσεις των διαφόρων αερίων, υγρών και στερεών συστατικών και αιωρημάτων της ατμόσφαιρας, κατά την ημέρα εκείνη.

Προκειμένου, όμως, να υπάρχουν συγκρίσιμα στοιχεία, σε διεθνή κλίμακα, αναφερόμαστε σε μετρήσεις με αισθητήρες, οι οποίοι τοποθετούνται με την συλλεκτική τους επιφάνεια οριζόντια. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μέσες ημερήσιες τιμές της πυκνότητας ισχύος και της πυκνότητας ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας, σε οριζόντια επιφάνεια, μέσα σε κάθε μήνα και μέσα σε κάθε έτος. Για να αξιοποιηθούν αυτά τα μετεωρολογικά στοιχεία σε πρακτικές εφαρμογές (π.χ. σε ενεργειακές μελέτες), απαιτούνται μετρήσεις που καλύπτουν περίοδο πολλών ετών (π.χ. 10 έως 30 ετών). [17]



Σχήμα: Μέση ετήσια ενεργειακή απολαβή στην Ελληνική επικράτεια.

Εικόνα 3.1: Μέση ετήσια ενεργειακή απολαβή στην Ελληνική επικράτεια

### 3.2.4 Ηλιοφάνεια

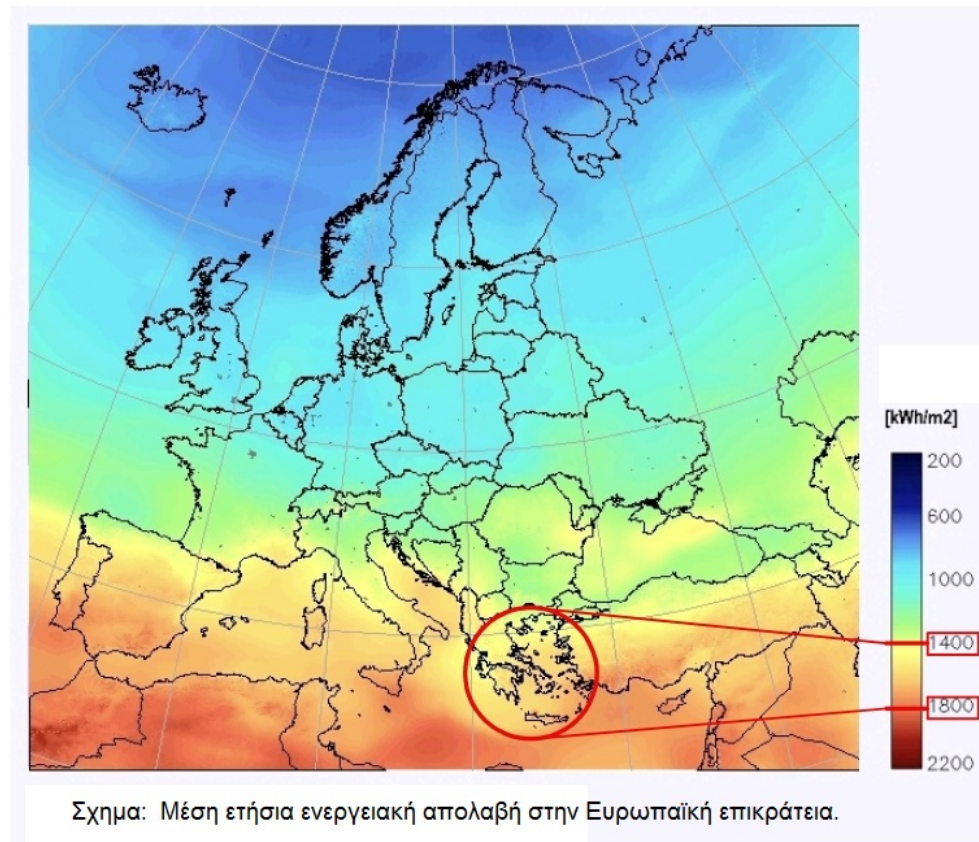
Εκτός από τη μέση ημερήσια ενέργεια από τον ήλιο σε μηνιαία και ετήσια βάση, σε οριζόντιο επίπεδο, χαρακτηριστικό στοιχείο μιας περιοχής είναι η ηλιοφάνεια της. Αυτή εξαρτάται βεβαίως από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και από την θέση και την διαμόρφωση της περιοχής. Τα χαρακτηριστικά αυτά ίσως να ευνοούν την ανάπτυξη νεφώσεων, με αποτέλεσμα την μείωση των ηλιόλουστων ημερών. Η ηλιοφάνεια εκφράζεται σε πλήθος ωρών ανά μήνα και ανά έτος, κατά τις οποίες ο ήλιος είναι ορατός στον ουρανό. Στην Ελλάδα, η περιοχή με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, είναι η περιοχή της

Ιεράπετρας, στο νοτιοανατολικό μέρος της Κρήτης (3108 ετησίως).

### 3.2.5 Κίνητρα και Εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο της για το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Ως προς την ηλιοθερμική ενέργεια η Ελλάδα ήταν πρωτοπόρος χώρα στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες με περίπου ένα εκατομμύριο εγκατεστημένους ηλιακούς θερμοσίφωνες, που συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας το ανεξάντλητο ηλιακό δυναμικό. Τώρα μένει να γίνει το ίδιο και ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι προϋποθέσεις μάλιστα για τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα είναι ακόμα καλύτερες, αφού τα Φ/Β συστήματα παρουσιάζουν την μέγιστη παραγωγή ακριβώς εκείνες τις ώρες της ημέρας που και η κατανάλωση (ζήτηση) φτάνει στο μέγιστο και η ΔΕΗ ζητά από όλους τους καταναλωτές να περιορίσουν την ζήτηση ή αναγκάζεται να κάνει περικοπές (ελεγχόμενη συσκότιση). Τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιδοτούνται από το Ελληνικό κράτος μέσω του νέου επενδυτικού νόμου N. 3522/06 και του αναπτυξιακού νόμου N. 3299/04 για επενδυτές μεσαίας και μεγάλης κλίμακας. [13]



Εικόνα 3.2: Μέση ετήσια ενεργειακή απολαβή στην Ευρωπαϊκή επικράτεια

Τα κίνητρα αυτά έχουν ήδη δείξει τα πρώτα αποτελέσματα, και πλέον βλέπουμε τη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων σε πολλές περιοχές της χώρας, και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε καινούργια ή και παλιότερα σπίτια. Με την τρέχουσα νομοθεσία η Ελληνική πολιτεία στοχεύει στην δημιουργία μεγάλων ως πολύ μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων, σε αντίθεση με άλλες χώρες, που όπως η Γερμανία στοχεύουν στην ανάπτυξη πολλών μικρών συστημάτων. Μία σχετική σύγκριση φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί. Τα στοιχεία του διαγράμματος προέρχονται από τον σύνδεσμο εταιρειών ηλιακής ενέργειας της Γερμανίας (BSW) και από την Ελληνική Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) [14]

### 3.2.6 Πλεονεκτήματα αξιοποίησης Ηλεκτρικής ενέργειας

Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων. Οι λόγοι για την προώθηση της Φ/Β τεχνολογίας, της έρευνας και των εφαρμογών στην Ελλάδα συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Αξιοποίηση μιας εγχώριας και ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που είναι σε αφθονία, με συμβολή στην ασφάλεια παροχής ενέργειας.

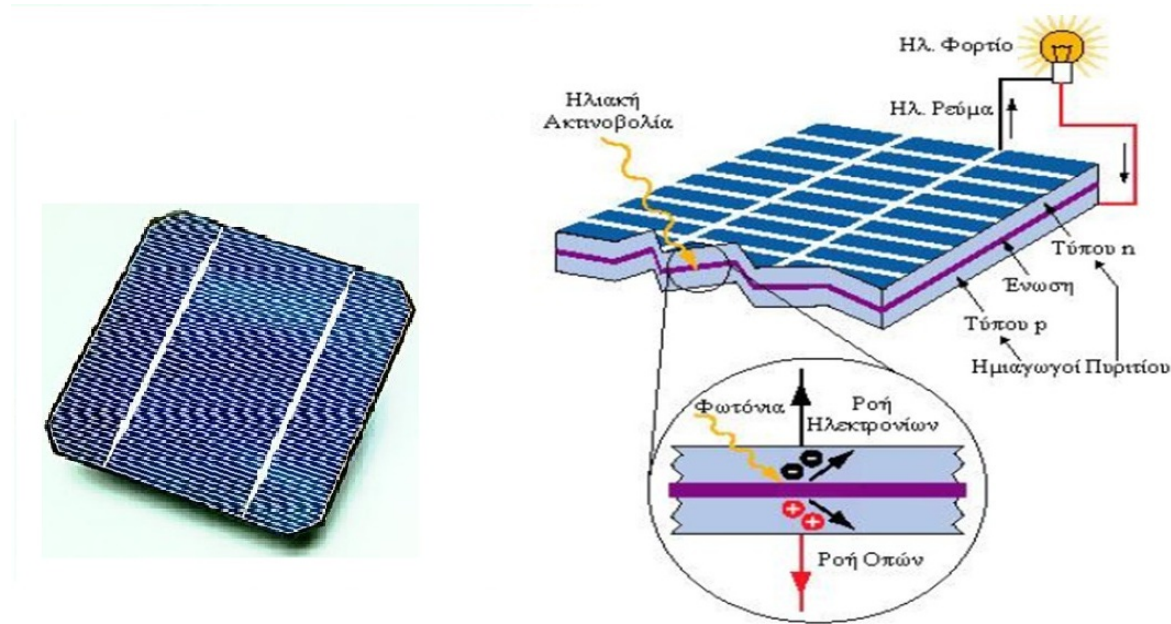
- Ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου τις ώρες των μεσημβρινών αιχμών, όπου τα Φ/Β παράγουν το μεγάλο μέρος ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο που παρατηρείται έλλειψη ή πολύ υψηλό κόστος ενέργειας.
- Μείωση των απωλειών του δικτύου, με την παραγωγή ενέργειας στον τόπο της κατανάλωσης, ελάφρυνση των γραμμών και χρονική μετάθεση των επενδύσεων στο δίκτυο.
- Περιορισμός του ρυθμού ανάπτυξης νέων κεντρικών σταθμών ισχύος συμβατικής τεχνολογίας. Συμβολή στη μείωση των διακοπών ηλεκτροδότησης λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου ΔΕΗ.
- Σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο και κάθε μορφής εισαγόμενη ενέργεια και εξασφάλιση της παροχής ενέργειας μέσω αποκεντρωμένης παραγωγής.
- Κοινωνική προσφορά του παραγωγού / καταναλωτή και συμβολή στην αειφόρο ανάπτυξη, την ποιότητα ζωής και προστασία του περιβάλλοντος στα αστικά, κέντρα και στην περιφέρεια.
- Ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων με σημαντική συμβολή σε αναπτυξιακούς και κοινωνικούς στόχους.
- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ανάπτυξη Ελληνικής τεχνογνωσίας. Ανάπτυξη της Ελληνικής Βιομηχανίας Φ/Β Συστημάτων με άριστες προοπτικές για πλήρη κάλυψη της Ελληνικής αγοράς και εξαγωγικές δραστηριότητες. Εκτίμηση 2004: 2 βιομηχανίες για κατασκευή ΦΒ. 3 ΜΜΕ για ανάπτυξη ηλεκτρονικών ισχύος και 3 μονάδες παραγωγής μπαταριών για Φ/Β εφαρμογές.
- Προώθηση των στόχων της ΕΕ και του Κιότο σχετικά με τη μείωση των αερίων ρύπων και τη διείσδυση των ΑΠΕ στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή, σε ποσοστό 20% έως το 2010 [3]

### 3.3 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία

#### 3.3.1 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Η απ' ευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η μικρότερη κατασκευαστική μονάδα στην οποία είναι δυνατή η εμφάνιση του φωτοβολταϊκού φαινομένου ονομάζεται *φωτοβολταϊκό κύτταρο* ή *φωτοβολταϊκό στοιχείο* ή *ηλιακό κύτταρο* και δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια δίοδος ημιαγωγικής ένωσης τύπου p-n με τη μορφή επίπεδης πλάκας. Κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο

Εξ του ημιαγωγού, μπορεί να απορροφηθεί και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Όσο διαρκεί η πρόσπτωση της ακτινοβολίας, δημιουργείται περίσσεια φορέων (ηλεκτρόνια - οπές). Οι φορείς αυτού κυκλοφορούν στο στερεό και αν δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντίθετου πρόσημου δέχονται την επίδραση του ηλεκτροστατικού πεδίου της ένωσης p-n. Έτσι δημιουργείται διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου. Αν στους ακροδέκτες συνδεθεί κατάλληλο ηλεκτρικό φορτίο, παρατηρείται ροή ηλεκτρικού ρεύματος από τη φωτοβολταϊκή διάταξη προς αυτό. Τελικά, η όλη διάταξη αποτελεί μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος, που διατηρείται όσο υπάρχει πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του κυττάρου. Η ύπαρξη της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στους δύο ακροδέκτες της παρακάτω διάταξης, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. [21]



Σχήμα: Φωτοβολταϊκό κύτταρο

Σχήμα: Φωτοβολταϊκό κύτταρο σε τομή

Εικόνα 3.3: Φωτοβολταϊκό κύτταρο

### 3.3.2 Ημιαγωγοί τύπου P και τύπου N

Δεν μπορούν όλα τα υλικά να χρησιμοποιήσουν την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής. Υπάρχουν υλικά, οι ημιαγωγοί που έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων σε ηλεκτρική. Στους ημιαγωγούς οφείλεται ουσιαστικά η τεράστια τεχνολογική πρόοδος στον τομέα της ηλεκτρονικής και στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών συνεπώς αξίζει τον κόπο να δούμε τι τους κάνει τόσο ξεχωριστούς. Οι ημιαγωγοί μας δίνουν τη δυνατότητα να ελέγχουμε την ηλεκτρική τους

αγωγιμότητα ενώ ένα χαρακτηριστικό που τους διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων σθένους.

Ο πιο γνωστός ημιαγωγός που χρησιμοποιείται στην κατασκευή των φωτοβολταϊκών είναι το πυρίτιο (Si) με ατομικό αριθμό 14. Στην εξωτερική του στοιβάδα το πυρίτιο έχει 4 ηλεκτρόνια αλλά έχει πολύ σταθερή κρυσταλλική μορφή, δηλαδή παρόλο που δεν έχει συμπληρωμένη την εξωτερική στοιβάδα δεν επιδιώκει ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια. Αυτή είναι μια

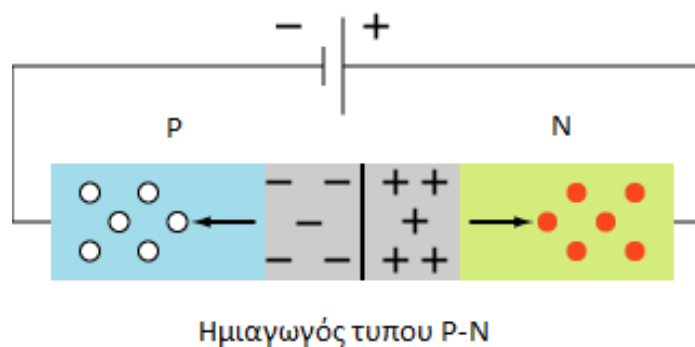


ιδιότητα που κάνει το πυρίτιο πολύ σημαντικό στοιχείο αφού του δίνει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πολύ κοντά σε αυτά ενός μονωτή (δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια). Όμως κατά την πρόσμειξη του πυριτίου (νόθευση) με στοιχεία τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο, είτε ένα λιγότερο στη στοιβάδα σθένους (πχ. το Βόριο με 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα), δημιουργείται ένα κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (τύπου p) είτε σε αρνητικά φορτία (τύπου n). Έτσι το νοθευμένο πυρίτιο διαθέτει είτε περίσσεια ηλεκτρονίων –τύπου n- είτε έλλειμμα –τύπου p.

Συγκεκριμένα για τους ημιαγωγούς τύπου n: προσθέτουμε στο πυρίτιο άτομα από την V ομάδα του περιοδικού πίνακα (Φώσφορος). Αυτά έχουν 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στοιβάδα από τα οποία τα τέσσερα συμμετέχουν στην δημιουργία δεσμών με τα γειτονικά άτομα του πυριτίου ενώ το πέμπτο συγκρατείται «χαλαρά» από τον πυρήνα. Από το σύνολο των χαλαρών αυτών ηλεκτρονίων δημιουργείται το νέφος των ελεύθερων ηλεκτρονίων. Αυτά όταν απορροφούν ενέργεια μπορούν να μεταφερθούν στη ζώνη αγωγιμότητας. Οι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος στους ημιαγωγούς τύπου n είναι τα ηλεκτρόνια. Οι επικρατέστεροι φορείς ονομάζονται φορείς πλειονότητας. Αντίστοιχα δεδομένα ισχύουν για τους ημιαγωγούς τύπου p. Στο έλλειμμα ενός ηλεκτρονίου δηλαδή η απουσία αρνητικού φορτίου χαρακτηρίζεται και ως οπή, και πρακτικά σημαίνει θετικό φορτίο παρόλο που στην πραγματικότητα δεν υπάρχει.

Κανονικά μέσα στους νοθευμένους ημιαγωγούς οι φορείς μπορούν να μετακινούνται προς κάθε διεύθυνση ανάλογα με την εφαρμογή του πεδίου. Αν τώρα φέρουμε σε επαφή ένα κομμάτι πυριτίου τύπου n και ένα άλλο τύπου p τότε δημιουργείται μια δίοδος, ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών. Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της επαφής n έλκονται από τις «οπές» τις επαφής p.





Εικόνα 3.4: Ημιαγωγός τύπου P-N

Η διόδος αυτή ουσιαστικά επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο ενώ αποτελεί το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και άρα τη βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

Η διαφορά στη συγκέντρωση ηλεκτρονίων και οπών ανάμεσα στους δυο ημιαγωγούς προκαλεί στην περιοχή της επαφής τους το φαινόμενο της διάχυσης. Αυτό σημαίνει ότι ηλεκτρόνια από την περιοχή n όπου βρίσκονται σε περίσσεια μεταφέρονται προς την περιοχή p και αντίστροφα για τις οπές. Έτσι ένα τμήμα του ημιαγωγού n κοντά στην επαφή p-n έχει θετικό φορτίο και όμοια ένα τμήμα του ημιαγωγού p κοντά στην επαφή p-n να έχει αρνητικό φορτίο.

Αυτές οι διεργασίες όμως δεν έχουν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό συμβαίνει επειδή αναπτύσσεται στην περιοχή της επαφής p-n ηλεκτρικό πεδίο με κατεύθυνση από την περιοχή n προς την περιοχή p. Το φαινόμενο της διάχυσης σταματά αφού τα ηλεκτρόνια κινούνται αντίθετα από τη φορά του πεδίου ενώ τα θετικά φορτία σύμφωνα με την κατεύθυνση του πεδίου. Και με αυτό τον τρόπο επέρχεται κατάσταση δυναμικής ισορροπίας.

Ας εξετάσουμε τώρα τι συμβαίνει όταν το φωτοβολταϊκό στοιχείο εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία. Στα φωτόνια που προσπίπτουν στο στοιχείο έχουν ένα ενεργειακό περιεχόμενο ίσο με

$$E = h \cdot f$$

όπου  $h$ : η σταθερά του Planck

$f$ : το μήκος κύματος του φωτονίου

Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια διάταξη Φ/Β κελιού περνούν την επαφή τύπου-n χωρίς καμία επίδραση και χτυπούν τα άτομα της περιοχής τύπου-p όπου τα ηλεκτρόνια αρχίζουν να κινούνται μεταξύ των οπών, φτάνουν στην περιοχή της διόδου και έλκονται από το θετικό πεδίο της. Αν το ενεργειακό τους περιεχόμενο είναι μεγαλύτερο ή ίσο της διαφοράς

ενέργειας μεταξύ της ζώνης σθένους και της ζώνης αγωγιμότητας, τότε τα φωτόνια αλληλεπιδρούν με ηλεκτρόνια της ζώνης σθένους και τους μεταφέρουν ενέργεια, με αποτέλεσμα αυτά να μετακινούνται στην ζώνη αγωγιμότητας αφήνοντας μία οπή στην ζώνη σθένους. Άρα όταν φωτόνια με κατάλληλα υψηλή ενέργεια προσπίπτουν στις περιοχές p , n ενός ημιαγωγού δημιουργούν ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών και στις δύο περιοχές.

Τελικά, ηλεκτρόνια από την περιοχή p (φορείς μειονότητας) λαμβάνοντας την κατάλληλη ενέργεια από τα φωτόνια μεταπηδούν στη ζώνη αγωγιμότητας και διαχέονται προς την επαφή p-n. Εκεί υπάρχει αντίστροφης πόλωσης ηλεκτρικό πεδίο. Έτσι το πεδίο αυτό τα μετακινεί στην περιοχή n. Ακριβώς την ίδια λογική ακολουθούν και οι οπές της περιοχής n, αλλά με την αντίθετη πορεία. Άρα έχουμε ταυτόχρονα την αντίθετη κίνηση αντίθετων φορτίων, δηλαδή ουσιαστικά κίνηση φορτίου προς την μία κατεύθυνση. Τώρα δηλαδή δεν έχουμε απλά το φαινόμενο της διάχυσης που καταλήγει σε ισορροπία. Αφού υπάρχει συνεχόμενη κίνηση φορέων έχουμε τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος.

Για να γίνει βέβαια αυτό αρκεί να έχει τοποθετηθεί μια διάταξη (μεταλλικός αγωγός στο πάνω μέρος της επαφής n και στο κάτω της επαφής p) και ένα φορτίο ενδιάμεσα με τέτοιο τρόπο ώστε να κλείσει κύκλωμα. [21]

### 3.3.3 Βαθμός απόδοσης

Ο βαθμός απόδοσης ενός ηλιακού κυττάρου δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\eta = \frac{FF \cdot Voc \cdot Isc}{G \cdot A} \quad (1)$$

όπου G: η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο ηλιακό κύτταρο

A: η επιφάνεια του ηλιακού κυττάρου

Πρακτικά ο βαθμός απόδοσης παίρνει τιμές γύρω στο 12% - 14%, πειραματικά έχουν επιτευχθεί και μεγαλύτερες τιμές 20% με 24%.

Μια άλλη ποσότητα που χρησιμοποιείται συχνά και σχετίζεται με την απόδοση των κυττάρων είναι ο συντελεστής πληρώσεως (FF) και ορίζεται ως εξής:

$$FF = \frac{Vmp \cdot Imp}{Voc \cdot Isc} \quad (2)$$

Ο συντελεστής πληρώσεως εκφράζει το πόσο «τετράγωνη» είναι η I-V χαρακτηριστική και παίρνει τιμές γύρω στο 0,7. Από την σχέση (2) αντικαθιστώντας στην σχέση (1) παίρνουμε την σχέση (3) για την βαθμό απόδοσης.

$$\eta = \frac{FF \cdot V_{oc} \cdot I_{sc}}{G \cdot A} \quad (3)$$

όπου:  $V_{pm}$  = Η τάση που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Volt)

$I_{pm}$  = Η ένταση ρεύματος που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ (σε Ampere)

$V_{oc}$  = Τάση ανοικτού κυκλώματος (σε Volt)

$I_{sc}$  = Ένταση ρεύματος βραχυκυκλώματος (σε Ampere)

Από την παραπάνω λοιπόν εξίσωση βλέπουμε ότι ο βαθμός απόδοσης εξαρτάται από το ρεύμα βραχυκύκλωσης, την τάση ανοικτού κυκλώματος και το συντελεστή πληρώσεως. Ο συντελεστής πληρώσεως εξαρτάται κυρίως από την τάση ανοικτού κυκλώματος, οπότε καταλήγουμε ο βαθμός απόδοσης να επηρεάζεται κυρίως από το  $I_{sc}$  και από το  $V_{oc}$ .

Η παράμετρος  $\eta$  οποία ουσιαστικά επιβάλλει τις τιμές των  $I_{sc}$  και  $V_{oc}$  είναι το ενεργειακό χάσμα του κρυστάλλου. Για να δούμε λοιπόν πως θα επιτύχουμε το μέγιστο βαθμό απόδοσης πρέπει να εξετάσουμε πως το ενεργειακό χάσμα επηρεάζει το ρεύμα βραχυκύκλωσης και την τάση ανοικτού κυκλώματος. Όσο το ενεργειακό χάσμα μειώνεται τόσο περισσότερα φωτόνια έχουν την απαραίτητη ενέργεια ώστε τα ηλεκτρόνια να μεταβούν από την ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας επομένως έχουμε και μεγαλύτερο ρεύμα παραγωγής. Αρα μείωση του ενεργειακού χάσματος προκαλεί αύξηση του ρεύματος βραχυκυκλώσεως.

Η εύρεση της σχέσης μεταξύ του ενεργειακού χάσματος και της τάσης ανοικτού κυκλώματος είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, γι' αυτό θα αρκεστούμε εδώ να αναφέρουμε ότι η μείωση του ενεργειακού χάσματος προκαλεί μείωση της  $V_{oc}$ . Δηλαδή το ενεργειακό χάσμα επιδρά με αντίστροφο τρόπο στις δύο παραμέτρους που μας ενδιαφέρουν, υπάρχει όμως μια βέλτιστη τιμή του ενεργειακού χάσματος για την οποία ο βαθμός απόδοσης μεγιστοποιείται. Η μέγιστη απόδοση επιτυγχάνεται για τιμές του ενεργειακού χάσματος στην περιοχή 1.4-1.6eV.

Μέχρι τώρα εξετάσαμε πως θα επιτύχουμε το μέγιστο βαθμό απόδοσης και πάλι όμως αυτός παίρνει μια τιμή μέχρι το πολύ 25% - 30%. Οι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για την χαμηλή τιμή του βαθμού απόδοσης είναι:

- Ατελής εκμετάλλευση της ενέργειας των φωτονίων: Όπως έχουμε ήδη αναφέρει δεν απορροφώνται όλα τα φωτόνια από τον κρύσταλλο, άλλα τον διαπερνούν, άλλα ανακλώνται. Αλλά και από αυτά που απορροφώνται δεν έχουν όλα την απαραίτητη ενέργεια για την παραγωγή οπής-ηλεκτρονίου. Αυτός ο παράγοντας από μόνος του είναι υπεύθυνος για την μείωση του βαθμού απόδοσης στο 44%.

- **Ανάκλαση:** ανάκλαση στην επιφάνεια του πυριτίου. Μη επεξεργασμένη επιφάνεια πυριτίου ανακλά το 30% την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Με κατάλληλη επεξεργασία της επιφάνειας μπορεί να περιοριστεί στο 3%.
- **Σκίαση από τις επαφές:** Από την μία θέλουμε τα ηλεκτρόδια να έχουν μικρή επιφάνεια για να αποφεύγουμε την σκίαση του κυττάρου από την άλλη πρέπει να έχουν μεγάλη επιφάνεια διότι η αντίσταση στην επιφανειακή κίνηση των φορέων είναι μεγάλη και θέλουμε να υπάρχουν πολλά σημεία απαγωγής των φορέων. Αυτό έχει αποτέλεσμα το 5% - 15% της προσπίπτουσα ακτινοβολία να εκτρέπεται.
- **Επανασύνδεση**
- **Αντίσταση:** μη ικανοποιητικές τιμές της  $R_s$  και της  $R_{sh}$  έχουν ως αποτέλεσμα μικρό συντελεστή πλήρωσης.
- **Θερμοκρασία:** Οι ακραίες θερμοκρασίες τείνουν να μειώσουν σημαντικά το βαθμό απόδοσης.

### 3.3.4 Είδη Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών

Αξιοποιώντας το φ/β φαινόμενο, μέσω της απορρόφησης των φωτονίων της από ειδικούς ημιαγωγούς τοποθετημένους σε ειδικές φωτοβολταϊκές κυψέλες, μετατρέπεται η ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η ενέργεια όμως που παράγεται από ένα συλλέκτη είναι περιορισμένη. Γι αυτό πολλές κυψέλες συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα φ/β πάνελ. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον και σημαντική πρόοδος της τεχνολογίας κατασκευής τους. Αν και υπάρχουν διάφορα ημιαγωγικά υλικά, αυτό που χρησιμοποιείται περισσότερο στην παγκόσμια παραγωγή Φ/Β πλαισίων είναι το πυρίτιο. Το πυρίτιο βρίσκεται στο έδαφος της γης σε σχεδόν ανεξάντλητες ποσότητες, καθώς παράγεται από το χαλαζία, συστατικό της κοινής άμμου. Εδώ ακριβώς εντοπιζόταν το κύριο πρόβλημα της αρχικής αντικονομικότητας των συστημάτων. Η ενεργοβόρος παραγωγή πυριτίου από χαλαζία, δεν αποσβενόταν ενεργειακά λόγω της μικρής απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυψελών. Οι βελτιωμένες όμως μέθοδοι και η αυξανόμενη ενεργειακή παραγωγή των συστημάτων ακόμη και σε νεφροσκεπείς συνθήκες, βελτίωσαν την αποδοτικότητα τους. Τα Φ/Β κύτταρα πυριτίου χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τα κρυσταλλικά και τα μη κρυσταλλικά. Σήμερα σύμφωνα με στοιχεία του I.E.A., τα κρυσταλλικά αποτελούν την πρώτη ύλη για το 80% περίπου της αγοράς.

#### 3.3.4.1 Μονοκρυσταλλικά

Η ονομασία τους προέρχεται από την μορφή του κρυσταλλικού πλέγματος των ατόμων Si που πλησιάζει τον τέλειο κρύσταλλο. Κατασκευάζονται ύστερα από ψύξη λιωμένου Si και πριονισμό του σε λεπτές πλάκες – τα κύτταρα. Τα στοιχεία αυτής της τεχνολογίας αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου με πάχος από 200 ως 400 μm. Πάνω από αυτό το στρώμα τοποθετείται μεταλλικό πλέγμα το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρική επαφή και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως ηλιακό στοιχείο. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου που κατασκευάζονται από



καθαρούς κρυστάλλους είναι κυλινδρικής μορφής αλλά συχνά κόβονται τετράγωνα για να είναι εύκολη η τοποθέτησή τους στις φωτοβολταϊκές μονάδες. Η ανάγκη χρησιμοποίησης ιδιαίτερα καθαρού Si (ακριβή «πρώτη» ύλη), η χρήση εξειδικευμένων μεθόδων τήξης και κοπής για την επίτευξη του μονοκρυσταλλικού πλέγματος αυξάνει το κόστος παραγωγής δίνοντας τους όμως τον καλύτερο βαθμό απόδοσης από τις τρεις κατηγορίες φθάνοντας το 15-18%. Το ποσοστό αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι τα μονοκρυσταλλικά κύτταρα είναι πιο ευαίσθητα στην υπέρυθη ακτινοβολία που το ενεργειακό της περιεχόμενο είναι σχετικά χαμηλό.

Χρώμα: [σκούρο μπλε](#) έως μαύρο

*Κατασκευαστές:* Astro Power, Aleo , Bharat Electronics, BHEL, BP Solar, Canrom, CEL, CellSiCo, Deutsche Cell, Eurosolare, GE Energy, GPV, Helios, Humaei, Isofoton, Kaifeng Solar Cell Factory, Kwazar JSC, Maharishi, Matsushita Seiko, Microsolpower, Ningbo Solar Energy Power, Energysolutions , Exelgroup, Pentafour Solec Technology, Photowatt, RWE Schott Solar, Sharp, Shell Solar, Solartec, Solar Wind Europe, Solarworld , Solec, Solmecs, Solterra, Suntech, Sunways, Telekom-STV, Tianjin Jinneng Solar Cell, Trinasolar , Viva Solar, Webel SL, Yunnan Semiconductor.

#### 3.3.4.2 Πολυκρυσταλλικά

Σε αντίθεση με τα μονοκρυσταλλικά, τα πολυκρυσταλλικά κύτταρα στο πλέγμα τους περιλαμβάνουν κρυστάλλους ποικίλων προσανατολισμών. Η κατασκευή αυτών των στοιχείων προκύπτει από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους καθαρού πυριτίου που βρίσκονται μέσα σε ειδικούς κλιβάνους στους οποίους μέσα ψύχεται αργά τήγμα πυριτίου για



τη δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων. Τα στοιχεία αυτά είναι εξαρχής τετράγωνης μορφής αφού κόβονται από τις ορθογώνιες ράβδους. Το μέγεθός τους είναι λίγο μεγαλύτερο από αυτό των

μονοκρυσταλλικών στοιχείων. Αιτία αυτής της διαφοροποίησης, η μαζική και λιγότερο ελεγχόμενη ψύξη του Si, κάτι που μειώνει αισθητά το κόστος παραγωγής. Όπως και στην προηγούμενη τεχνολογία, μετά την ψύξη το πολυκρυσταλλικό πλέγμα πριονίζεται στα λεπτά Φ/Β κύτταρα. Η ύπαρξη διαφόρων κρυστάλλων μέσα στο πλέγμα αυξάνει την εσωτερική αντίσταση στα σημεία σύνδεσής τους, με αποτέλεσμα ο συνολικός βαθμός απόδοσης να μην μπορεί να ξεπεράσει το 13-15%.

Χρώμα: [μπλε](#)

*Κατασκευαστές:* Al-Afandi, Aleo , BP Solar, Canadian Solar, Conergy, Deutsche Cell, Energysolutions, ErSol, Eurosolare, Exelgroup, GPV, Ibersolar , Kwazar JSC, Kyocera, Maharishi, Mitsubishi, Motech, NAPS , Photovoltech, Photowatt, Q-Cells, REC , RWE Schott Solar, Scheuten ,Sharp, Shell Sola, Silcio , Solar Cells Hellas , Solar Power Industries, Solartec, Solarworld , Solterra, SunOwe , Suntech, Sunways, Tenesol , Tianjin Jinneng Solar Cell, Trinasolar , YinGli.

#### 3.3.4.3 Λεπτής μεμβράνης

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η μη κρυσταλλική της δομή. Οι λεπτές ταινίες ορισμένων ειδικών στοιχείων, μπορούν να αποτελέσουν το υλικό παρασκευής ηλιακών κυψελών, χρησιμοποιώντας πολύ λιγότερο υλικό από τις αντίστοιχες κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου. Τα στοιχεία που κατασκευάζονται με αυτό τον τρόπο έχουν πάχος μερικών μόνο μικρών. Η μικρή και οικονομική ποσότητα πρώτων υλών, ο απλός τρόπος κατασκευής, η ευκολία στην εγκατάσταση και συναρμολόγηση καθιστούν τα άμορφα κύτταρα ικανά για μαζική παραγωγή. Μειονέκτημα αποτελεί η σχετικά χαμηλή απόδοση, μόλις στο 5-8%, γεγονός που οφείλεται στην έλλειψη του κρυσταλλικού πλέγματος στην δομή τους. Παρόλα αυτά είναι τεχνολογία που επιδέχεται βελτιώσεων και αναμένεται να αναπτυχθεί τα επόμενα χρόνια. Τα βασικά υλικά παραγωγής τέτοιων πάνελ είναι το Άμορφο Πυρίτιο (a-Si), ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός (CIGS) και τα κράματά του, το Τελουριούχο Κάδμιο και το Αρσενικούχο Γάλλιο (CdTe).



Χρώμα: [Κοκκινίζων καφέ](#) έως [μπλε](#) ή [μπλε-βιολετί](#)

*Κατασκευαστές:* BP Solar, Canon, Dunasolar, ECD Ovonic, ENN , EPV, Free Energy Europe, First Solar , Fuji Electric, Heliosphera, ICP, Iowa Thin Film Technologies, Kaneka, MHI, RWE Schott Solar, Sanyo, Sharp , Shenzhen Topray Solar, Sinonar, Solar Cells, Terra Solar, Tianjin Jinneng Solar Cell, United Solar Ovonic, VHF Technologies

#### 3.3.4.4 Σφαιρικές ηλιακές κυψέλες

Πρωτοεμφανίστηκαν από την Καναδική Spheral Solar Power και πλέον την έρευνα πάνω σε αυτές συνεχίζει η Ιαπωνική Kyosemi Corporation. Οι σφαιρικές κυψέλες έχουν διάμετρο 0,7m ή 1-1.2mm αντίστοιχα και σχηματίζονται από σταγόνες πυριτίου που πέφτουν σε κενό. Μεταξύ τους συνδέονται παράλληλα με φύλλα αλουμινίου και μονώνονται με μια στρώση σκληρού πλαστικού. Προς το παρόν έχουν πετύχει απόδοση μέχρι 12.5%

Πλεονέκτημα αυτών των κυψελών είναι ότι λόγω σφαιρικότητας εκμεταλλεύονται μεγάλο κομμάτι διάχυτης ακτινοβολίας ,ενώ είναι ικανές να παράγουν εύκαμπτα στοιχεία. Οι σχετικά απλές μέθοδοι κατασκευής και οι μειωμένες απαιτήσεις σε πυρίτιο υπόσχονται πιθανή μείωση του κόστους για το μέλλον.

#### 3.3.4.5 Κυψέλες (υψηλής) συγκέντρωσης (HCPV) – CPV

Οι ημιαγωγοί III-IV, όπως InGaAs, InGaPh ή γερμάνιο επιτρέπουν την παραγωγή υψηλής απόδοσης ηλιακών κυψελών. Αυτές οι πολλαπλές ηλιακές κυψέλες φτιαγμένες από διαφορετικά υλικά και διαμορφωμένες για να εκμεταλλεύονται διαφορετικά κομμάτια του ηλιακού φάσματος είναι κολλημένες η μια πάνω απ'την άλλη. Επειδή όμως αυτές οι κυψέλες είναι υπερβολικά ακριβές ,φτηνοί φακοί (με βαθμό συγκέντρωσης φωτός περίπου 500) χρησιμοποιούνται για να συλλέξουν το ηλιακό φως από μια ευρύτερη περιοχή και να το συγκεντρώσουν στη μικρή κυψέλη ,η οποία συνήθως έχει μέγεθος μερικά χιλιοστά και βαθμό απόδοσης έως 39%. Αν χρησιμοποιηθούν 4-5 διαφορετικά στρώματα όμως (αντί για τα συνήθη 3) αυτός μπορεί να αγγίξει και το 50% στο μέλλον.

Το κακό με αυτή την τεχνολογία είναι ότι μόνο η κάθετη ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και έως εκ τούτου είναι απαραίτητα tracking systems που θα ακολουθούν τη φορά του ήλιου. Όσον αφορά την εμπορική διάθεση αυτών των συστημάτων οι τριπλής σύνδεσης κυψέλες της Spectrolab είναι σε θέση να παράγουν 15-17 Watt, τα οποία αντιπροσωπεύουν μία αποδοτικότητα, της τάξης του 37%, ένα ποσοστό σημαντικά υψηλότερο σε σχέση με αυτό που επιτυγχάνεται με τις συμβατικές κυψέλες πυριτίου.

Ο πυρήνας του συστήματος αποτελείται από μία σειρά ηλιακά φωτοβολταϊκά πάνελ (HCPV) της OPEL τύπου MK-I. Κάθε Φ/Β πλαίσιο MK-I HCPV παράγει 90Wp (ελάχιστο ΣΥΝΕΧΕΣ ρεύμα DC) και χρησιμοποιεί τις υψηλής τεχνολογίας (37% το ελάχιστο) γαλλίου αρσενίου(GaAs) ηλιακής συγκέντρωσης κυψέλες που παράγονται από την Spectrolab (ένα τμήμα της Boeing Corporation). Τα φωτοβολταϊκά πάνελ MK-I CPV τοποθετούνται πάνω στις διπλού άξονα κινούμενες βάσεις στήριξης SF20 της εταιρίας FEINA με μια ακρίβεια της τάξης

των 0.1 βαθμών. Κάθε κινούμενη βάση στήριξης συνοδεύεται από μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία έτσι ώστε να του επιτρέπεται να λειτουργήσει κάτω από χαμηλή ακτινοβολία ηλίου και κατά τη διάρκεια καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

#### 3.3.4.6 Υβριδικά στοιχεία HIT

Μια προσπάθεια περαιτέρω βελτίωσης της απόδοσης των κυψελών αποτελούν τα υβριδικά στοιχεία, τα οποία αναπτύχθηκαν από την Sanyo Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφορετικού κρυσταλλικού πλέγματος. Πιο συγκεκριμένα κατασκευάζεται στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου ανάμεσα σε δύο λεπτές στρώσεις άμορφου πυριτίου. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός απόδοσης, που φτάνει το 17,7%.



Solar.

από μία

#### 3.3.4.7 Φωτοβολταϊκά Διπλής Όψεως

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών διπλής όψεως προέκυψε από τις διαστημικές ανάγκες της Σοβιετικής Ένωσης. Για τους δορυφόρους η μόνη πηγή ενέργειας είναι η ηλιακή και για την υποστήριξη των οργάνων τους χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκές κυψέλες. Προκειμένου οι δορυφόροι με τα panels να είναι ενεργειακά αυτόνομοι, επινοήθηκε η τεχνική λείανσης της κυψέλης και από την πίσω πλευρά και το κλείσιμο της σε "σάντουιτς τζάμι-τζάμι". Αυτή η επινοήση οδήγησε σε ένα προϊόν που αποδίδει περισσότερη ενέργεια από μικρότερη επιφάνεια.



Εικόνα 3.5: Φωτοβολταϊκά πάνελς διπλής όψεως

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από τη χρονική διάρκεια που θα "βλέπουν" τον Ήλιο κάθετα. Έχουν απόδοση 15-19%. Τα συμβατικά panels, αξιοποιούν μέρος μόνο της προσφερόμενης ηλιακής ενέργειας, αφού είναι ενεργά από τη μία όψη μόνο, η οποία ενεργοποιείται όταν ο ήλιος βρίσκεται στο νότιο μισό του ορίζοντα



και σε μία περιοχή περίπου 1500. Αντίθετα τα bifacial – windsol επιπλέον εκμεταλλεύονται: α) το χρόνο που ο ήλιος βρίσκεται βόρεια του νοητού άξονα ανατολής – δύσης και που κατά την θερινή περίοδο είναι πάνω από 7 ώρες ημερησίως, β) την ακτινοβολία που διαχέεται στο περιβάλλον και γ) αυτή που ανακλάται.

Κατασκευαστές: Anacos, Hitachi ,Sanyo, Sunpower Co.

#### 3.3.4.8 Solyndra

Τα κύρια μέρη του συστήματος είναι το φωτοβολταϊκό πάνελ Solyndra και η συνθετική μεμβράνη Rheranol fk white. Το πάνελ Solyndra είναι μια πρωτοποριακή τεχνολογία φωτοβολταϊκών λεπτού φιλμ και CIGS, το οποίο αποτελείται από κυλινδρικά στοιχεία τα οποία εκμεταλλεύονται την προσπίπτουσα, διαχέουσα και αντανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία, προσφέροντας έτσι υψηλή απόδοση σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας της τάξης του 12-14% για κάθε κυψέλη. Για την απρόσκοπτη, αποδοτική και μακροχρόνια απόδοση του Solyndra, σημαντικό ρόλο έχει και η επιφάνεια πάνω στην οποία θα τοποθετηθεί. Και το ιδανικό υπόστρωμα είναι η συνθετική μεμβράνη Rheranol fk white της FDT. Η Rheranol fk white, είναι μια μεμβράνη στεγανοποίησης δωματίων από πολυισοβουτυλένιο (PIB) η οποία έχει σχεδιαστεί από τον κορυφαίο ευρωπαϊκό παραγωγό FDT, ειδικά για χρήση σε συνδυασμό με το Solyndra.



### 3.4 Οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα

#### 3.4.1 Δομή Φ/Β Συστήματος

Τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται ένα τυπικό οικιακό φωτοβολταϊκό σύστημα είναι τα εξής

##### 3.4.1.1 Πίνακας έλεγχου

χρησιμοποιείται για την σύνδεση της τροφοδοσίας εισόδου (DC) και την διανομή της εξόδου (AC). Επίσης Στον μονάδα αυτή περιλαμβάνονται, μετρητής ενέργειας, αισθητήρες θερμοκρασίας Φ/Β και εξωτερικού χώρου, καλώδια σύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή,

σύστημα επιτήρησης και προστασίας (αμπερόμετρα, βολτόμετρα, ασφάλειες, αντικεραυνική προστασία).

#### 3.4.1.2 Φωτοβολταϊκά πάνελ

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι ένα από τα πιο βασικά μέρη στα φωτοβολταϊκα συστήματα. Πρόκειται για πλαίσια που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία βοηθούν στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Έχουν συνήθως τετράγωνο ή παραλληλόγραμμο σχήμα, ενώ τοποθετούνται σε οροφές και στο



που  
και

έδαφος. Τα σημαντικότερα στοιχεία που διαφοροποιούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ της αγοράς μεταξύ τους είναι η ονομαστική ισχύς σε Watt, η τάση που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ, η ένταση ρεύματος που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ, η τάση ανοιχτού κυκλώματος, η ένταση ρεύματος βραχυκυκλώματος, η μέγιστη τάση συστήματος, οι συντελεστές επίδρασης θερμοκρασίας αλλά ακόμα και η εγγύησή του.

#### 3.4.1.3 Μετατροπέας τάσης (inverter)

Ο inverter (επίσης μετατροπέας ή αντιστροφέας) είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη.

Ο αναστροφέας είναι δυνατόν να υπάρχει ως αυτόνομη ηλεκτρονική συσκευή, ή ως βαθμίδα άλλης ηλεκτρονικής συσκευής. Ως αυτόνομη συσκευή, χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων, αυτόνομα συστήματα ενέργειας με συσσωρευτές, και όπου αλλού χρειάζεται να μετατρέψουμε συνεχή τάση 12 V ή 24 V (συνηθέστερες τιμές), σε εναλλασσόμενη 220 V. Ως τελική βαθμίδα, υπάρχει στα UPS (συστήματα αδιάλειπτης παροχής ισχύος).

Η κυριότερη διάκριση των αναστροφέων όσον αφορά τη χρήση τους σε εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. είναι σε αναστροφείς "διασυνδεδεμένων συστημάτων" και "αυτόνομων συστημάτων".

Όσον αφορά την τεχνολογία κατασκευής αναστροφέων "αυτόνομων συστημάτων", η κυριότερη διάκριση είναι ανάμεσα σε αναστροφείς "καθαρού ημιτόνου" και "τροποποιημένου

ημιτόνου". Οι μετατροπείς καθαρού ημιτόνου έχουν υψηλότερο κόστος αλλά επιτυγχάνουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης, είναι συμβατοί με όλες τις συσκευές και έχουν γενικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.



Μετατροπέας τροποποιημένου ημιτόνου

Ένας μετατροπέας με τροποποιημένο ημίτονο, είναι φθηνότερος από έναν με καθαρό ημίτονο και είναι κατάλληλος για τις περισσότερες συσκευές. Καταναλώνει όμως έως και 20% περισσότερη ενέργεια από τη μπαταρία σε σχέση με έναν μετατροπέα καθαρού ημιτόνου. Επίσης, σε τηλεοράσεις και ηχοσυστήματα μέτριας ποιότητας θα ακούγεται ένα ελαφρύ βουητό.

Από την άλλη μεριά, το μοναδικό μειονέκτημα που έχουν οι inverter καθαρού ημιτόνου είναι η τιμή τους, αφού είναι τρεις έως τέσσερις φορές ακριβότεροι από έναν αντίστοιχο με τροποποιημένο ημίτονο. Αν έχουμε ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές, καλό είναι να χρησιμοποιούμε για αυτές inverter με καθαρό ημίτονο.



Inverter καθαρού ημιτόνου

Οι συσκευές που λειτουργούν με μοτέρ (π.χ. ψυγείο) απαιτούν στιγμιαία (κατά την εκκίνηση του μοτέρ) πολλαπλάσια Watt (π.χ. πενταπλάσια ή και παραπάνω) από αυτά της κανονικής τους λειτουργίας. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να γνωρίζουμε κατά την επιλογή του μετατροπέα, ώστε να επιλέξουμε έναν με μεγαλύτερη ισχύ από τα συνολικά (ονομαστικά) Watt των συσκευών που θα λειτουργούν ταυτόχρονα.

Οι βασικές κατασκευαστικές προδιαγραφές ενός αντιστροφέα (Inverter) είναι να αποτελείται από εύκολα συναρμολογούμενα μέρη για να γίνονται εύκολα μετατροπές και αναβαθμίσεις, ενώ πρέπει να είναι διαμορφωμένο έτσι ώστε να μη σταματάει η λειτουργία του σε υψηλές διακοπτικές συχνότητες. Ακόμα, πρέπει να υπάρχει πλήρης γαλβανική απομόνωση του κυκλώματος από τα κυκλώματα ελέγχου και προστασίας ώστε να έχει τη δυνατότητα ο αντιστροφέας (Inverter) να συνδέεται με άλλα ψηφιακά συστήματα.

Οι βασικές λειτουργικές προδιαγραφές ενός αντιστροφέα τάσης (Inverter) είναι να μπορεί να μετατρέπεται εύκολα η λειτουργία του από μονοφασική σε τριφασική, να είναι απλός ο επαναπρογραμματισμός του χωρίς να είναι απαραίτητη η αποσυναρμολόγηση του, ώστε να εξασφαλιστεί η ανάπτυξη και ο έλεγχος λειτουργίας. Επίσης, πρέπει να έχει τη δυνατότητα, σε περίπτωση προβλήματος όπως κάποιο βραχυκύκλωμα, ή υπέρταση, να σταματάει τη λειτουργία του κυκλώματος και να υπάρχει μια ένδειξη η οποία να μας προσδιορίζει το πρόβλημα.

#### 3.4.1.4 Συσσωρευτές (για αυτόνομα συστήματα)

Ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα πρέπει να παρέχει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για την ικανοποίηση της ζήτησης ακόμα και τις χρονικές περιόδους όπου δεν υπάρχει παραγωγή ενέργειας (δεν έχουμε ηλιακή ακτινοβολία), δηλαδή κατά τη διάρκεια της νύκτας ή όταν αυτή δεν είναι αρκετή λόγω συννεφιάς. Συνεπώς παρουσιάζεται η ανάγκη αποθήκευσης της επιπλέον παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μέχρι στιγμής η καλύτερη λύση, από άποψη κόστους, πυκνότητας αποθήκευσης ανά μονάδα βάρους και όγκου, είναι η χρήση διαφόρων τύπων ηλεκτρικών συσσωρευτών (μπαταρίες), όπως μολύβδου-νικελίου-καδμίου (NiCd) κτλ. Ο πιο δημοφιλής τύπος, που χρησιμοποιείται ευρέως από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα (κυρίως στα αυτοκίνητα), είναι ο συσσωρευτής μολύβδου-θειικού οξέως (Pb/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν τις δυνατότητες μιας μπαταρίας είναι η ονομαστική τάση στους πόλους V και η ονομαστική χωρητικότητά της C, η οποία αφορά το ηλεκτρικό φορτίο που μπορεί να αποθηκευτεί στο εσωτερικό της με τη μορφή χημικής ενέργειας και εκφράζεται συνήθως σε Ah.



Σχήμα: Τυπικοί συσσωρευτές αυτόνομων Φ/Β συστημάτων.

Εικόνα 3.6: Τυπικοί συσσωρευτές αυτόνομων Φ/Β συστημάτων

Τυπικές τιμές της ονομαστικής τάσης των συσσωρευτών του εμπορίου είναι 12 V και 24V. Αν δύο συσσωρευτές συνδεθούν σε σειρά οι επιμέρους τάσεις τους προστίθενται, ενώ η χωρητικότητα είναι ίση με τη χωρητικότητα του ενός. Αντιθέτως, αν συνδεθούν παράλληλα έχουν κοινή τάση (την ονομαστική τους) και χωρητικότητα το πολλαπλάσιο της ονομαστικής τους χωρητικότητας C. Η φόρτισή τους πραγματοποιείται με εφαρμογή συνεχούς τάσης στους πόλους και προτιμάται να γίνεται με χαμηλό ρεύμα. Αν η ονομαστική χωρητικότητα του συσσωρευτή είναι C, η φόρτισή του με ρεύμα C/20 αποτελεί τον λεγόμενο κανονικό ρυθμό φόρτισης. Συνήθως δίνεται από τον κατασκευαστή ένας ιδανικός ρυθμός φόρτισης/εκφόρτισης (C/x) για την εκάστοτε μπαταρία. Για τους κοινούς συσσωρευτές αυτοκινήτων προτείνεται ρεύμα φόρτισης C/20, ενώ για τους Φ.Β συσσωρευτές C/10. Απότομες εκφορτίσεις

δημιουργούν' ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Ακόμα, οι συσσωρευτές δεν πρέπει να υφίστανται παρατεταμένη φόρτιση σε πολλή υψηλή τάση εαυτούς (overcharging), ούτε να εκφορτίζονται κάτω από ένα όριο (overdischarging).

#### 3.4.1.5 Ελεγκτής φόρτισης (για αυτόνομα συστήματα)

Η φόρτιση των ηλεκτρικών συσσωρευτών' μέσω της φωτοβολταϊκής συστοιχίας απαιτεί συνεχή έλεγχο της κατάστασης φόρτισής τους. Ο ελεγκτής φόρτισης ή ρυθμιστής φόρτισης είναι η ηλεκτρονική διάταξη η οποία ελέγχει τη διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισης του συσσωρευτή και έχει δύο δυνατότητες: α) απομονώνει το σύστημα αποθήκευσης από την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (Φ/Β συστοιχία) στην περίπτωση υπερφόρτισης, όπου θα είχαμε σταδιακή μείωση της στάθμης του ηλεκτρολύτη. β) απομονώνει τους συσσωρευτές από την κατανάλωση στην περίπτωση υπερεκφόρτισης, η οποία περιορίζει σημαντικά το χρόνο ζωής τους. Χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Παράλληλοι ελεγκτές φόρτισης
- Ελεγκτές φόρτισης σειράς

Οι πρώτοι χρησιμοποιούνται όταν η μοναδική πηγή ενέργειας είναι η φωτοβολταϊκή συστοιχία, ενώ αυτοί της δεύτερης κατηγορίας μπορούν να διαχειριστούν ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από οποιαδήποτε πηγή παραγωγής (Φ.Β. Ανεμογεννήτρια. Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος).



Σχήμα: Τυπικοί ελεγκτές φόρτισης συσσωρευτών

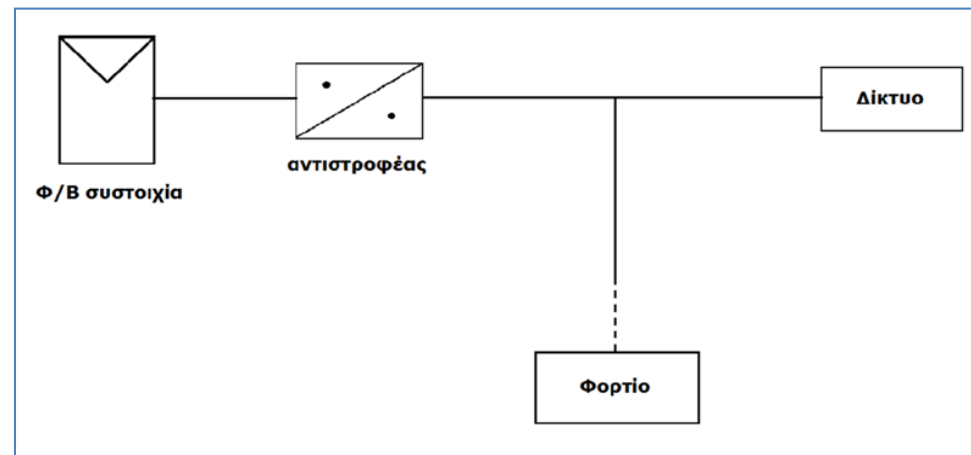
Εικόνα 3.7: Τυπικοί ελεγκτές φόρτισης συσσωρευτών

#### 3.4.2 Είδη φωτοβολταϊκών συστημάτων

##### 3.4.2.1 Διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα (grid-connected system)

Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ισχύος των εγκατεστημένων Φ/Β συστημάτων. Τα συγκεκριμένα Φ/Β συστήματα είναι συνδεδεμένα σε

κάποιο δίκτυο ηλεκτρικής παροχής αντλώντας από αυτό την ηλεκτρική ισχύ την οποία δεν μπορούν να καλύψουν καθιστώντας μη απαραίτητη την αποθήκευση της παραγομένης ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, μπορούν να συνιστούν μεγάλης ισχύος κεντρικούς Φ/Β σταθμούς με ισχύ μεγαλύτερη των 50k Wp, η οποία διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο (Centralized systems) ή να είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο ως καταναμημένα συστήματα (Distributed).



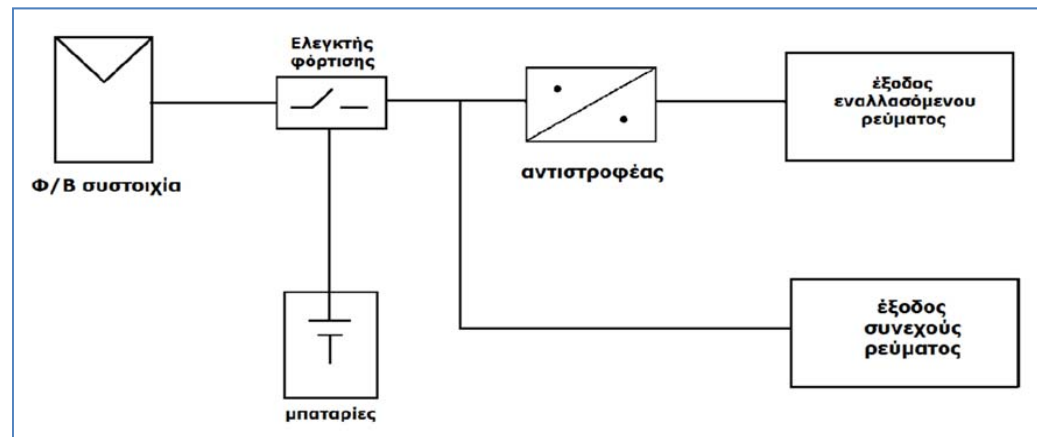
Εικόνα 3.8: Διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα

Τα καταναμημένα συστήματα αποτελούν τα μεγαλύτερο ποσοστό τον παγκόσμιος συνδεδεμένων στο δίκτυο Φ/Β συστημάτων με τυπικό μέγεθος 1.5kwp έως 20kw. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο αλληλεπίδραση: τους με το δίκτυο:

- **Φ/Β συστήματα που χρησιμοποιούν το δίκτυο ως βοηθητική πηγή ενέργειας.** Το σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε να καλύπτει τις μέσες μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της εφαρμογής. Στις περιπτώσεις έκτακτης ενεργειακή ζήτησης ή αστοχίας του Φ/Β συστήματος το δίκτυο καλύπτει την ζήτηση ισχύος.
- **Φ/Β συστήματα τα οποία λειτουργούν με συνεχή αλληλεπίδραση με το δίκτυο.** Το σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε να καλύπτει τις ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις της εφαρμογής. Σύμφωνα με το παραπάνω, στην ιδανική περίπτωση, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση ή μεγαλύτερη με την ενέργεια του δικτύου προς την εφαρμογή.

#### 3.4.2.2 Αυτόνομο Φ/Β σύστημα (off-grid system)

Σε ένα απομακρυσμένο από το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο σύστημα οι ενεργειακές ανάγκες μιας εγκατάστασης π.χ. ενός σπιτιού μπορούν να τροφοδοτούνται από ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα. Παρόλα αυτά θα μπορούσαμε να διακρίνουμε και μια ακόμη κατηγορία τα υβριδικά συστήματα στα οποία συνεισφέρουν ενέργεια, τα φωτοβολταϊκά πάνελ και άλλες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας όπως η αιολική ή κάποια γεννήτρια πετρελαίου.



Εικόνα 3.9: Αυτόνομο Φ/Β σύστημα

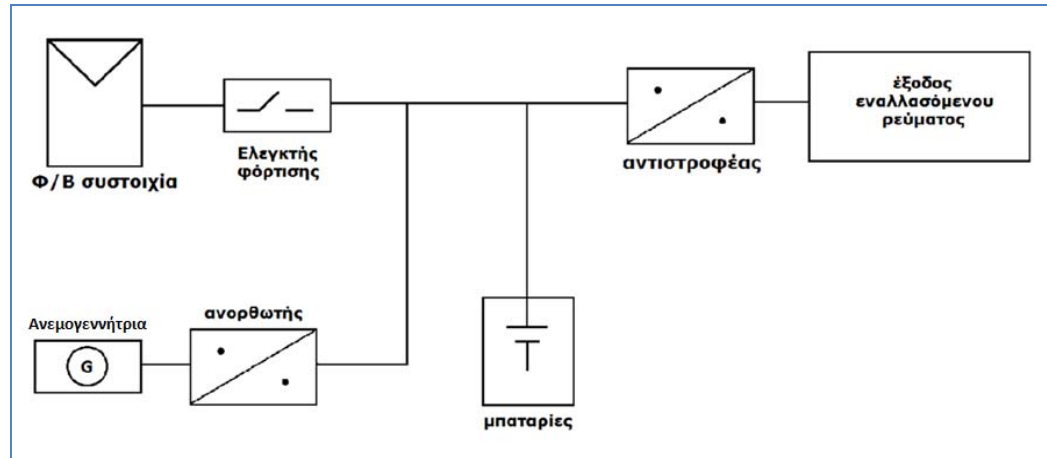
Ενα **αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα** είναι μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά από φωτοβολταϊκές γεννήτριες. Παραπέρα τα **αυτόνομα φωτοβολταϊκά** μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτά που έχουν κάποια αποθηκευτική διάταξη ενέργειας (συνήθως μπαταρίες) και σε αυτά που είναι άμεσα συνδεδεμένα μόνο με τα φορτία που τροφοδοτούν χωρίς αποθηκευτική διάταξη (παράδειγμα: εξοχικό σπίτι με μια μικρή dc αντλία νερού συνδεδεμένη απ' ευθείας με ένα φωτοβολταϊκό πάνελ).

### 3.4.2.3 Υβριδικό Φ/Β σύστημα

Συνήθως ένα τέτοιο σύστημα επιβάλλεται από το κόστος. Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τροφοδοτήσουν οποιαδήποτε εγκατάσταση (όπως ένα εξοχικό σπίτι) αλλά το κόστος μπορεί να είναι μεγάλο. Για τον λόγο αυτό τα φωτοβολταϊκά μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες πηγές ενέργειες.

Για παράδειγμα υπάρχουν περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό και μάλιστα συνήθως όταν υπάρχει συννεφιά ο αέρας είναι ισχυρότερος. Έτσι μπορεί μια ανεμογεννήτρια και μια φωτοβολταϊκή συστοιχία να αλληλοσυμπληρώνονται σε μια εγκατάσταση.

Σε αυτήν την περίπτωση οι δύο πηγές ενέργειας τροφοδοτούν τις συστοιχίες των συσσωρευτών μέσω ρυθμιστών φόρτισης και από εκεί η ενέργεια διοχετεύεται στις καταναλώσεις της εγκατάστασης για παράδειγμα ενός αυτόνομου **φωτοβολταϊκού σπιτιού**.



Εικόνα 3.10: Υβριδικό Φ/Β σύστημα

Γενικότερα οι τεχνολογίες που μπορεί να συμμετέχουν σε μια υβριδική εγκατάσταση για την επίτευξη **ενεργειακής αυτονομίας** (ηλεκτρικής), είναι συνήθως οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, οι **ανεμογεννήτριες**, και οι πετρελαιοκινητήρες Η/Ζ. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ενεργειακές πηγές μπαίνουν παράλληλα στο τοπικό δίκτυο με σκοπό την αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Η επιλογή ενός τέτοιου συστήματος προέρχεται από έναν συγκερασμό μετεωρολογικών και οικονομοτεχνικών δεδομένων.

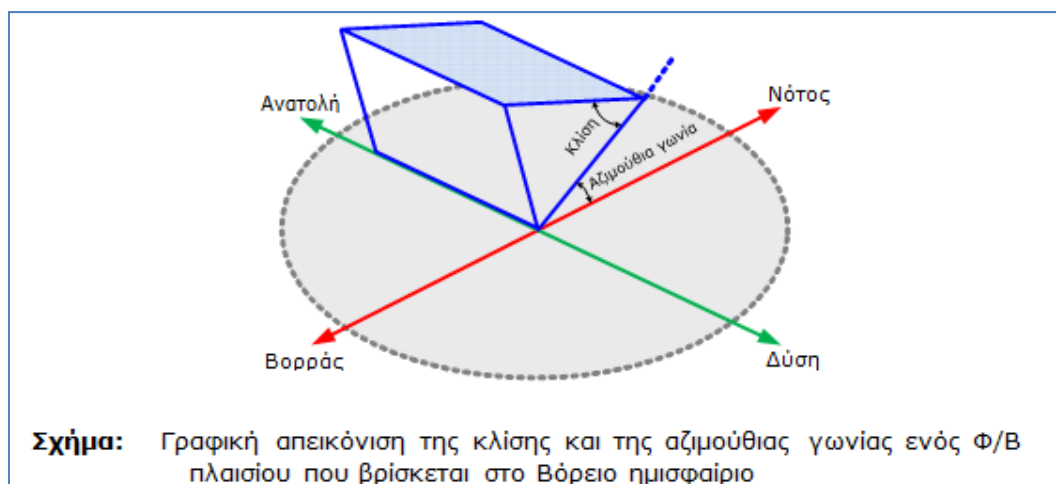
### 3.4.3 Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων

Για να είναι εφικτή η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας των Φ/Β πλαισίων, θα πρέπει να επιτυγχάνεται βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα, εφόσον η πορεία του ήλιου αλλάζει τόσο με την ώρα της ημέρας όσο και με τη μέρα του έτους, τεκμαίρεται πως για να παράγει ένα πλαίσιο τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να περιστρέφεται ώστε να μπορεί να ακολουθεί την τροχιά του ήλιου και να είναι συνεχώς κάθετο στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας.

Πρακτικά, η μηχανική πολυπλοκότητα και το κόστος ενός μηχανισμού που θα επέτρεπε την κίνηση των πλαισίων σύμφωνα με τον παραπάνω τρόπο, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή την εφαρμογή του σε κτηριακά Φ/Β συστήματα. Έτσι στη πλειονότητα των κτηριακών Φ/Β συστημάτων επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των πλαισίων, ώστε να



επιτυγχάνεται μέση ετήσια γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας όσο το δυνατό πιο κοντά στις 90ο. Η επίτευξη αυτού του στόχου έγκειται στην σωστή επιλογή της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου. Η κλίση του πλαισίου εκφράζεται με τη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο της επιφάνειας του Φ/Β πλαισίου και το οριζόντιο επίπεδο, ενώ η αζιμούθια γωνία σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κεκλιμένης πλευράς του πλαισίου και τον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου, όπως φαίνεται στο σχήμα .



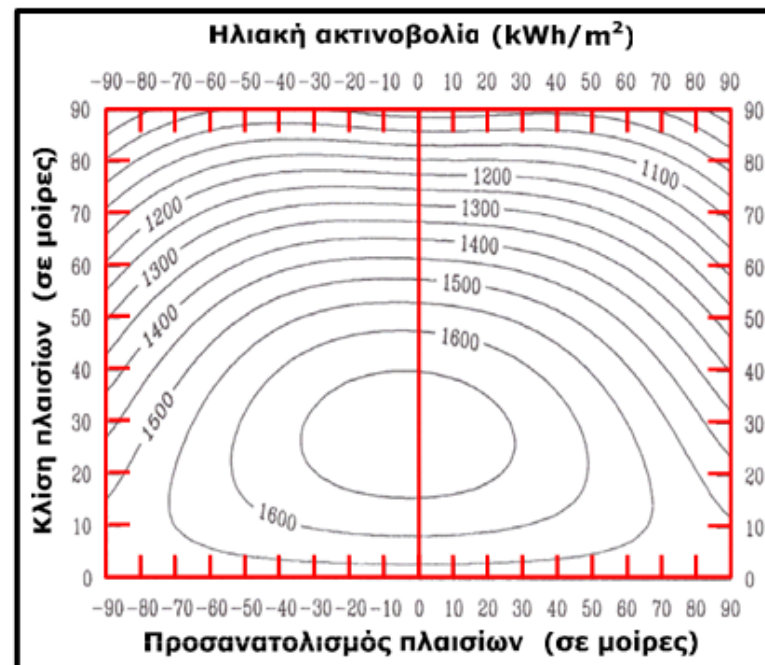
Εικόνα 3.11: Γραφική απεικόνιση της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας ενός Φ/Β πλαισίου που βρίσκεται στο Βόρειο ημισφαίριο

Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του Φ/Β πλαισίου για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι περίπου 0° (κατεύθυνση προς νότο). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 30°.

Δεδομένου ότι στην περίπτωση των κτηριακών Φ/Β εγκαταστάσεων οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να είναι ανέφικτες (λόγω των περιορισμών που προκύπτουν από τις δεδομένες διαθέσιμες επιφάνειες του κτηρίου), θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί η Φ/Β συστοιχία. Η μείωση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (στην επιφάνεια της Φ/Β συστοιχίας) συγκριτικά με τη μέγιστη θεωρητική της τιμή (βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού) συνιστάται να μην υπερβαίνει το 10% προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα οικονομικά οφέλη του ανεξάρτητου παραγωγού. Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που

προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτηρίων, προτιμώνται γενικά επιφάνειες νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως  $70^\circ$  από την κατεύθυνση του Νότου, και κλίσης στο εύρος  $0^\circ$ - $50^\circ$ . Σημειώνεται ότι η χρήση γωνιών κλίσης άνω των  $10^\circ$ - $15^\circ$  διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό των πλαισίων από σωματίδια σκόνης και άλλους ρύπους μέσω της βροχής.

Στα σχήματα α και β παρατίθενται ενδεικτικά η επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος σε απόλυτες τιμές και σε επί τοις εκατό ποσοστά αντίστοιχα. Σε όλες τις περιπτώσεις υποθέτεται ότι δεν υπάρχουν σκιασμοί.



**Σχήμα α:** Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m<sup>2</sup>/έτος) στο επίπεδο των ηλιακών πλαισίων ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στην Αττική

Εικόνα 3.12: Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο των ηλιακών πλαισίων ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στην Αττική

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	30°	0	90
Ανατολικός - Δυτικός	85%kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	50%kWh <sub>(max)</sub>
Νότιοανατολικός - Δυτικός	95%kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	60%kWh <sub>(max)</sub>
Νότιος	kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	60%kWh <sub>(max)</sub>
Βόρειοανατολικός - Δυτικός	95%kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	30%kWh <sub>(max)</sub>
Βόρειος	60%kWh <sub>(max)</sub>	90%kWh <sub>(max)</sub>	20%kWh <sub>(max)</sub>

**Σχήμα:** Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος (σε επί τοις εκατό ποσοστά)

Εικόνα 3.13: Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος

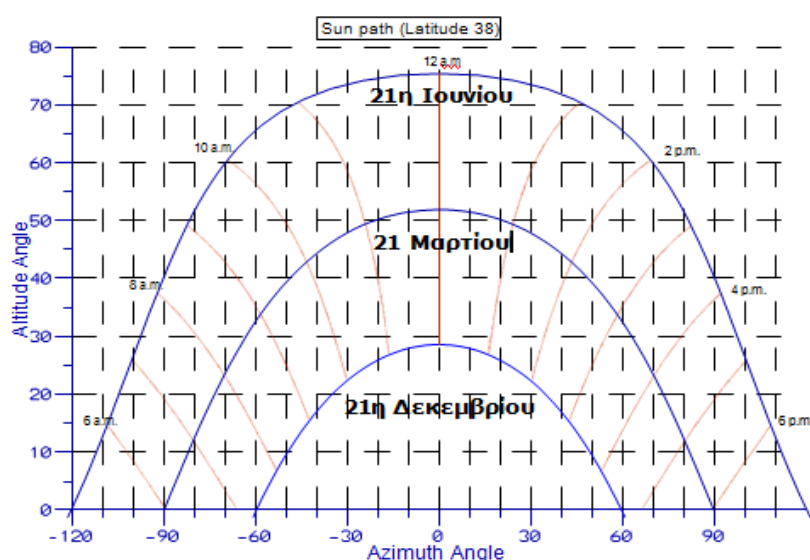
#### 3.4.4 Προβλήματα σκιασμών

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας ο οποίος επιδρά καθοριστικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος είναι η ύπαρξη σκιασμών. Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε ένα Φ/Β πλαίσιο τόσο τα Φ/Β στοιχεία (ή μέρος αυτών) όσο και τα Φ/Β πλαίσια μιας στοιχειοσειράς συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά, γίνεται κατανοητό ότι ακόμα κι ο σκιασμός ενός μέρους της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος συγκριτικά με την αναμενόμενη τιμή αυτής. Αναλυτικότερα, το συνολικό ρεύμα μιας στοιχειοσειράς Φ/Β πλαισίων καθορίζεται από το μειωμένο ρεύμα του σκιασμένου τμήματος της Φ/Β συστοιχίας. Βέβαια στην περίπτωση που ο σκιασμός περιορίσει την τάση του (των) σκιασμένου(ων) πλαισίου(ων) αρκετά χαμηλά ώστε να εισέλθει σε αγωγή η δίοδος παράκαμψης, το πλαίσιο αυτό εξαιρείται της ηλεκτροπαραγωγής.

Από μια άλλη οπτική γωνία, μόνιμοι και επαναλαμβανόμενοι τοπικοί σκιασμοί σε ώρες υψηλής ακτινοβολίας δύναται να καταπονήσουν το σκιαζόμενο Φ/Β πλαίσιο, προκαλώντας την πρόωγη γήρανση αυτού. Συνεπώς είναι σημαντικό να αποφεύγονται σκιασμοί, έστω και από αντικείμενα μικρού όγκου όπως κολώνες, κεραίες ή ηλεκτρικά καλώδια ή, ακόμη περισσότερο, από δένδρα, παρακείμενα κτήρια κλπ.

Η επιλογή της θέσης έδρασης της Φ/Β συστοιχίας θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρξουν σκιασμοί καθ' όλο το έτος και ειδικά τις ώρες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας. Εάν στην τοποθεσία έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού υπάρχουν μόνιμοι ή επαναλαμβανόμενοι σκιασμοί (π.χ. σκίαση από παρακείμενα κτήρια, κολώνες, στηθαίο, κλπ.) για μεγάλο χρονικό διάστημα γύρω από το ηλιακό μεσημέρι (από 09:00 έως 15:00), τότε η θέση εγκατάστασης θεωρείται ακατάλληλη. Τέλος, για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας απρόσκοπτης λειτουργίας του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο εμφάνισης μελλοντικών σκιασμών λόγω ανοικοδόμησης παρακείμενων κτηρίων. Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε ότι ο γενικός κανόνας ορθής τοποθεσίας έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού είναι ο ορίζοντας προς Νότο να είναι ελεύθερος και χωρίς εμπόδια.

Για τον έλεγχο πιθανών σκιασμών καθ' όλο το έτος καλό είναι να χρησιμοποιηθεί ένα διάγραμμα τροχιάς του ήλιου, όπως αυτό που παρατίθεται στο σχήμα. Στο εν λόγω διάγραμμα σχεδιάζεται η θέση του ήλιου σε γωνιακές συντεταγμένες, για γεωγραφικό πλάτος 38°. Για διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος στην Ελλάδα προκύπτει ελαφρά διαφορετικό διάγραμμα. Ο οριζόντιος άξονας στο σχήματος 4 αντιστοιχεί στην αζιμούθια γωνία του ήλιου, ήτοι την γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατεύθυνσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου (γωνιακή απόσταση του ήλιου από τη διεύθυνση του Νότου), ενώ ο κατακόρυφος άξονας αντιστοιχεί στη γωνία του ύψους του ήλιου, δηλαδή ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και της προβολής της στο οριζόντιο επίπεδο.



**Σχήμα:** Διάγραμμα τροχιάς ήλιου σε Βόρειο γεωγραφικό πλάτος 38° μοιρών

Εικόνα 3.14: Διάγραμμα τροχιάς ήλιου σε Βόρειο γεωγραφικό πλάτος 38ο μοιρών

Επί του διαγράμματος έχουν σχεδιασθεί ενδεικτικά η 21η Δεκεμβρίου, η 21η Μαρτίου και η 21η Ιουνίου, ενώ επίσης σημειώνονται επί των τροχιών και οι θέσεις του ήλιου για κάθε ώρα της ημέρας (σε τοπική ηλιακή ώρα). Με βάση το διάγραμμα του σχήματος θα πρέπει να συγκριθούν τα περιγράμματα των εμποδίων (σε γωνιακές συντεταγμένες στο ίδιο σύστημα αξόνων) όπως φαίνονται από το δυσμενέστερο σημείο της Φ/Β συστοιχίας. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε αν τα εμπόδια σκιάζουν την Φ/Β συστοιχία, δηλαδή αν η γωνία ύψους των εμποδίων είναι μεγαλύτερη από τη γωνία ύψους του ήλιου για την αντίστοιχη αζιμούθια γωνία.

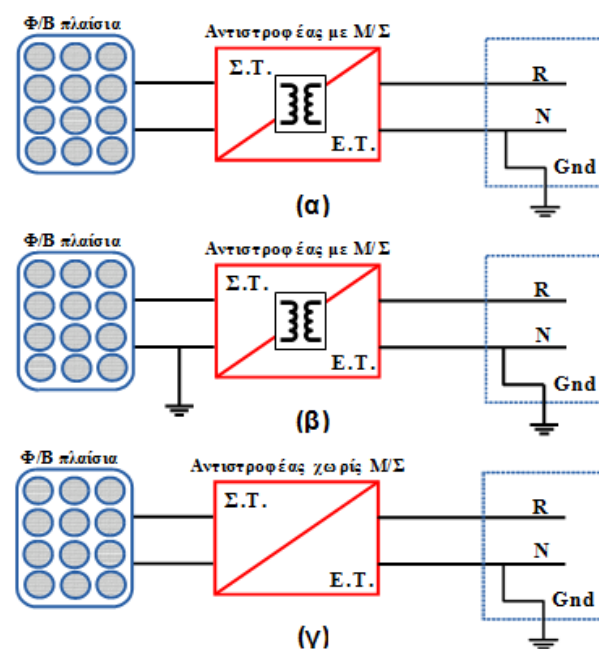
### 3.4.5 Προστασία Φ/Β Εγκατάστασης

#### 3.4.5.1 Γείωση

Η γείωση (άμεση ή ουδετέρωση, ανάλογα με την περιοχή) αποσκοπεί κυρίως στην προστασία των εγκαταστάσεων παραγωγής και την ασφάλεια των προσώπων και θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς (HD384). Στο σχήμα 3.15 παρουσιάζονται οι δυνατοί τρόποι γείωσης των διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η γείωση ενός εκ των ακροδεκτών του αντιστροφέα στην πλευρά συνεχούς ρεύματος δεν είναι υποχρεωτική στις Ευρωπαϊκές χώρες, σε αντιδιαστολή με τις Η.Π.Α.

Τονίζεται ότι η γείωση ή μη της πλευράς Σ.Ρ. εξαρτάται από την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων και την τοπολογία του αντιστροφέα. Οι Φ/Β συστοιχίες που διαμορφώνονται από συγκεκριμένα είδη πλαισίων (λεπτών επιστρώσεων, back – contact) γειώνονται με υπόδειξη του κατασκευαστή, προκειμένου να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία τους αλλά και η βελτιστοποίηση της απόδοσής τους. Ειδικότερα, τα Φ/Β πλαίσια λεπτών επιστρώσεων (thin film) με υλικά όπως το άμορφο πυρίτιο (a –Si) και το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe), λόγω της τεχνολογίας κατασκευής τους (superstrate technology), παρουσιάζουν συνήθως υψηλό κίνδυνο διάβρωσης του στρώματος TCO, γεγονός που επιφέρει καταστρεπτικά για τα πλαίσια αποτελέσματα. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, γειώνεται ο αρνητικός ακροδέκτης της Φ/Β πηγής. Το φαινόμενο αυτό δεν εμφανίζεται, βάσει των υφιστάμενων μελετών, σε Φ/Β πλαίσια thin film με άλλα υλικά (π.χ.

CIS). Σε συστήματα με Φ/Β πλαίσια τεχνολογίας back – contact, επιβάλλεται (από τον κατασκευαστή) η γείωση του θετικού ακροδέκτη στην πλευρά Σ.Ρ. για βελτιστοποίηση της απόδοσης. Η γείωση σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να γίνει μέσω μεγάλης αντίστασης. Σε αυτές τις περιπτώσεις επιβάλλεται η χρήση αντιστροφέα με Μ/Σ απομόνωσης, εκτός αν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή ότι ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφέα (χωρίς Μ/Σ) είναι κατάλληλος για χρήση με τα πλαίσια που έχουμε επιλέξει. Όσον αφορά στα συνήθη κρυσταλλικά πλαίσια, δεν έχουν τεθεί ιδιαίτερες απαιτήσεις από τους κατασκευαστές ως προς τη γείωση ή μη των ακροδεκτών της πλευράς Σ.Ρ. Σε αυτές τις περιπτώσεις, εφόσον δεν γειώνονται ενεργά μέρη στην πλευρά ΣΡ, είναι δυνατή η χρήση αντιστροφέα χωρίς Μ/Σ απομόνωσης. Σε κάθε περίπτωση, ο μελετητής του συστήματος ακολουθεί τις οδηγίες του κατασκευαστή για τις ειδικές απαιτήσεις που προκύπτουν ανάλογα με την τεχνολογία των Φ/Β πλαισίων. Συνήθως οι κατασκευαστές αντιστροφέων, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, προτείνουν τον κατάλληλο εξοπλισμό ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου. Τονίζεται ότι, αν ο αντιστροφέας δεν περιλαμβάνει μετασχηματιστή απομόνωσης, η πλευρά Σ.Ρ. δεν γειώνεται. Αντίθετα όλα τα εκτεθειμένα μεταλλικά μέρη του Φ/Β εξοπλισμού (π.χ. βάσεις στήριξης και μεταλλικά μέρη των Φ/Β πλαισίων) γειώνονται υποχρεωτικά. Στις παραγράφους που ακολουθούν αναλύονται ορισμένα θέματα τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής ανάλογα με τον τρόπο γείωσης του αντιστροφέα.



Σχήμα: Δυνατοί τρόποι γείωσης των Διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων (α,β,γ)

Εικόνα 3.15: Δυνατοί τρόποι γείωσης των Διασυνδεδεμένων κτηριακών Φ/Β συστημάτων (α,β,γ)

Στο σχήμα α παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος στο οποίο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας με Μ/Σ και γείωση αυτού στη μεριά Ε.Ρ. Σε ένα τέτοιο σύστημα η δημιουργία σφάλματος μεταξύ ενός εκ των δύο αγωγών Σ.Ρ. και της γης δεν οδηγεί στη ροή ρευμάτων. Το ίδιο γενικά ισχύει και όταν ένας άνθρωπος (ο οποίος έρχεται σε επαφή με τη γη) ακουμπήσει έναν εκ των ενεργών αγωγών Σ.Ρ. Βέβαια, εάν τα πλαίσια είναι γειωμένα και δεν διαθέτουν κατάλληλη μόνωση, μπορεί να προκληθεί εκφόρτιση της παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων μέσω του ανθρώπου προς τη γη (ρεύμα διαρροής). Γι' αυτό είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται πλαίσια με κατηγορία μόνωσης "Class II" σύμφωνα με το πρότυπο IEC EN 61730. Τέλος, στα εν λόγω συστήματα απαιτείται η χρήση ειδικών συστημάτων επιτήρησης σφαλμάτων ως προς γη και συστημάτων αποσύνδεσης του αντιστροφέα (στη μεριά Σ.Ρ.), προκειμένου να αποφευχθούν ατυχήματα λόγω ηθελημένης ή μη γείωσης της μεριάς συνεχούς.

Στο σχήμα β παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος στο οποίο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας με Μ/Σ και γείωση αυτού τόσο στη μεριά Σ.Ρ. όσο και στη μεριά Ε.Ρ. Σε αντιδιαστολή με την προηγούμενη περίπτωση, η δημιουργία ενός σφάλματος μεταξύ του αγείωτου αγωγού Σ.Ρ. και της γης οδηγεί στη ροή ρευμάτων, όπως επίσης και η επαφή ενός ανθρώπου (ο οποίος έρχεται σε επαφή με τη γη) με τον αγείωτο αγωγό Σ.Ρ. Ο μοναδικός τρόπος να διακοπεί η ροή ρευμάτων ως προς γη (περίπτωση σφάλματος), είναι η αποσύνδεση της μεριάς Σ.Ρ. από αυτή. Για την ασφάλεια των ανθρώπων απαιτείται η χρήση διάταξης ανίχνευσης του ρεύματος που ρέει προς τη γη από τον ηθελημένα γειωμένο αγωγό, ενώ τέλος τα ρεύματα διαρροής λόγω της παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την αξιοπιστία της προαναφερθείσας διάταξης.

Στο σχήμα γ παρουσιάζεται η περίπτωση ενός Φ/Β συστήματος στο οποίο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας χωρίς Μ/Σ και γείωση αυτού στη μεριά Ε.Ρ. Μολονότι η πλευρά Σ.Ρ. δεν γειώνεται άμεσα, σε ορισμένες περιπτώσεις (ανάλογα με την τοπολογία του αντιστροφέα) η γείωση στη μεριά Ε.Ρ. γίνεται "ορατή" στη μεριά Σ.Ρ. Στην περίπτωση που είτε τα πλαίσια είναι γειωμένα και δεν διαθέτουν κατάλληλη μόνωση είτε προκληθεί λόγω σφάλματος μη θελημένη γείωση αυτών προκαλείται εκφόρτιση της παρασιτικής χωρητικότητας των πλαισίων μέσω του αντιστροφέα προς τη γη (ρεύμα διαρροής). Για την ασφάλεια των ανθρώπων απαιτείται η χρήση διάταξης ανίχνευσης των ρευμάτων διαρροής. Βέβαια, η ρύθμιση του ορίου ενεργοποίησης της παραπάνω διάταξης χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή (καθορισμός ανώτατου και κατώτατου ορίου, απότομες μεταβολές).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε όλες τις περιπτώσεις η τάση στα άκρα της Φ/Β συστοιχίας δύναται να είναι αρκετά υψηλή (ώστε σύμφωνα με τα πρότυπο IEC 364-4-41 να υφίσταται ανάγκη λήψης μέτρων για την προστασία του κοινού), αλλά και η έξοδος του αντιστροφέα συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο Χ.Τ, τεκμαίρεται ότι, η τάση σε ορισμένα εξαρτήματα του αντιστροφέα μπορεί να είναι δύο ή και τρεις φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική τάση του δικτύου. Συνεπώς, σηματοδοτείται η ανάγκη γειώσεως του μεταλλικού περιβλήματος του μετατροπέα προκειμένου να αποφεύγεται ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Επιπλέον, με αυτόν τον τρόπο μειώνεται και η ενδεχόμενη ηλεκτρομαγνητική παρενόχληση που μπορεί να προκληθεί από τη διακοπτική λειτουργία του κυκλώματος ισχύος σε παρακείμενες ηλεκτρικές συσκευές.

Τονίζεται τέλος ότι η γείωση του φωτοβολταϊκού εξοπλισμού μπορεί να επιφέρει σοβαρά προβλήματα στην περίπτωση που η μόνωση των πλαισίων δεν είναι κατάλληλης τάξης. Από την άλλη πλευρά, μολονότι η χρήση αγείωτων Φ/Β πλαισίων περιορίζει τον παραπάνω κίνδυνο, αυξάνει τον κίνδυνο καταστροφής των πλαισίων σε ένα ενδεχόμενο κεραυνικό πλήγμα. Σε ορισμένες περιπτώσεις η γείωση των πλαισίων είναι επιβεβλημένη από τον κατασκευαστή.

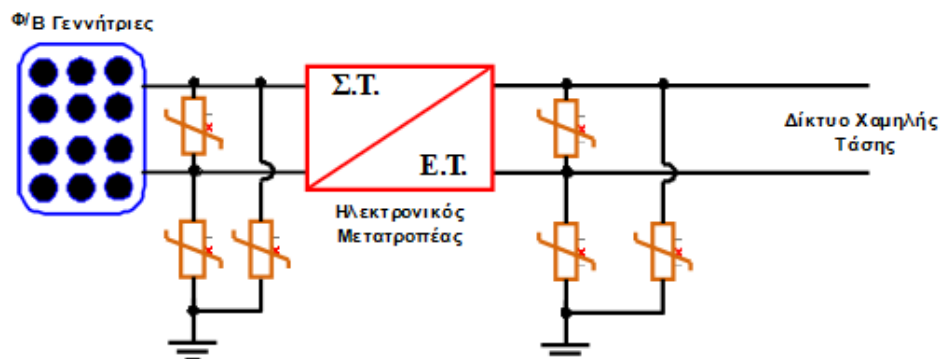
#### 3.4.5.2 Αντικεραυνική προστασία

Η προστασία των κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων από υπερτάσεις και κεραυνούς είναι ένα θέμα το οποίο αποσκοπεί στην προστασία των εγκαταστάσεων παραγωγής, αλλά κυρίως την ασφάλεια των ανθρώπων και θα πρέπει να υλοποιείται μόνο σύμφωνα με τα ισχύοντα εθνικά (ΕΛΟΤ), ευρωπαϊκά (EN) και διεθνή (IEC) πρότυπα αλλά και την ισχύουσα νομοθεσία.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ470 (5 Μαρτίου 2004) Άρθρα 3 έως και 6, τα φαινόμενα εκδήλωσης υπερτάσεων, εφόσον πρόκειται για αρχικό έλεγχο (νέα ηλεκτρική εγκατάσταση ή σοβαρή τροποποίηση παλαιάς), θα πρέπει να αντιμετωπιστούν σύμφωνα με τα ισχύοντα εθνικά και ευρωπαϊκά πρότυπα, τα οποία είναι τα πρότυπα σειράς ΕΛΟΤ EN 61643. Επομένως η αναγκαιότητα εφαρμογής προστασίας από υπερτάσεις είναι πλέον απαραίτητη ανεξάρτητα με το εάν υπάρχει ή εάν προβλέπεται να υπάρξει σύστημα εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας.



Με κάθε επιφύλαξη, στηριζόμενοι στην υπάρχουσα εμπειρία εκατοντάδων χιλιάδων Φ/Β συστημάτων μικρότερων των 10 kWp που εγκαταστάθηκαν σε ευρωπαϊκές χώρες και δεν εξέχουν σημαντικά από το περίγραμμα του κτηρίου, όπως προβλέπεται στις Υπουργικές Αποφάσεις, θεωρείται ότι ο κίνδυνος από άμεσο κεραυνικό πλήγμα δεν αυξάνεται. Εντούτοις, για την ασφάλεια των ανθρώπων και την προστασία των κτηριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και συσκευών συνιστάται η εκτίμηση των κινδύνων από τους κεραυνούς και τις υπερτάσεις που προκαλούν (ΕΛΟΤ EN 62305). [10]



**Σχήμα:** Τυπική μορφή των συστημάτων γειώσεως και προστασίας από υπερτάσεις της εγκατάστασης

Εικόνα 3.16: Τυπική μορφή των συστημάτων γειώσεως και προστασίας από υπερτάσεις της εγκατάστασης

Στο σχήμα παρουσιάζεται μια ενδεικτική μορφή εγκατάστασης των διατάξεων προστασίας από υπερτάσεις για την προστασία μόνο του Φ/Β συστήματος η οποία και συνιστάται. Παράλληλα θα πρέπει να προβλεφθεί και προστασία των υφιστάμενων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων του κτηρίου (π.χ. προστασία γενικού πίνακα και υποπινάκων).

Τα πρότυπα αντικεραυνικής προστασίας που ισχύουν και εφαρμόζονται είναι της σειράς ΕΛΟΤ EN 62305 καθώς επίσης της σειράς ΕΛΟΤ EN 50164. Τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 62305 περιγράφουν τις απαιτήσεις σχεδιασμού ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας ενώ τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 50164 περιγράφουν τις απαιτήσεις δοκιμών των εξαρτημάτων αντικεραυνικής προστασίας. Επίσης για την προστασία από υπερτάσεις τα αντίστοιχα πρότυπα είναι της σειράς ΕΛΟΤ EN 61643 τα οποία περιγράφουν τις απαιτήσεις δοκιμών και εγκατάστασης των διατάξεων προστασίας από υπερτάσεις τόσο για τα ενεργειακά όσο και για τα τηλεπικοινωνιακά κυκλώματα.

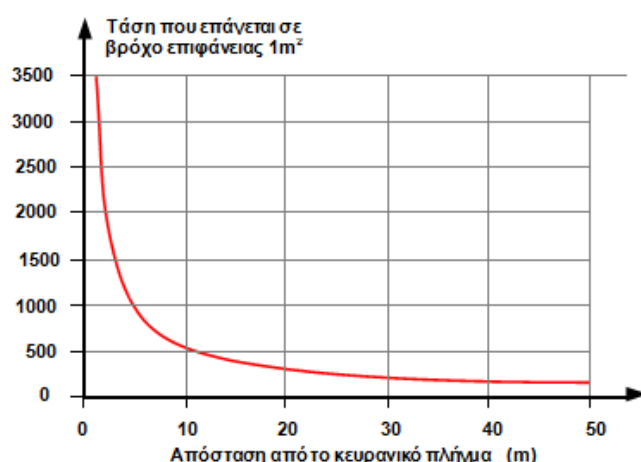
Η αναγκαιότητα εγκατάστασης ενός συστήματος εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας μπορεί να εξετασθεί με την εφαρμογή του προτύπου ΕΛΟΤ EN 62305-2. Το πρότυπο εξετάζει, ανεξάρτητα με το εάν υπάρχει Φ/Β εγκατάσταση, τον κίνδυνο που μπορεί να έχει το υφιστάμενο κτήριο σε ένα άμεσο ή έμμεσο κεραυνικό πλήγμα.

Εάν η εγκατάσταση ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας κριθεί απαραίτητη, ο σχεδιασμός του συστήματος θα πρέπει να υλοποιηθεί με βάση το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3.

Σε περίπτωση που το κτήριο διαθέτει σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, θα πρέπει να μελετηθεί εάν ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου και εάν καλύπτει τις Φ/Β εγκαταστάσεις. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να γίνουν όλες οι απαραίτητες συμπληρωματικές ενέργειες ώστε το υφιστάμενο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας να προσαρμοστεί στις νέες απαιτήσεις (π.χ. εγκατάσταση επιπρόσθετων ακίδων, συλλεκτήριων αγωγών, αγωγών καθόδου, εφαρμογή ισοδυναμικών συνδέσεων, ηλεκτροδίων γείωσης κ.α.).

Η προστασία του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, όπως και των ανθρώπων που έρχονται σε επαφή με αυτά σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 62305-3, επιβάλλεται εφόσον εφαρμόζεται ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας. Η επιλογή και η εγκατάσταση των διατάξεων προστασίας θα πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 62305-4.

Οι εγκαταστάτες καλό είναι να αποφεύγουν τη δημιουργία μεγάλων βρόγχων ρεύματος, διότι ένα ενδεχόμενο κεραυνικό πλήγμα θα οδηγήσει στην εμφάνιση υψηλών τάσεων εξ επαγωγής, όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται στο σχήμα.



**Σχήμα:** Ενδεικτικό σχήμα τάσης που επάγεται σε βρόχο επιφάνειας 1m<sup>2</sup> συναρτήσει της απόστασης του κεραυνικού πλήγματος

Εικόνα 3.17: Ενδεικτικό σχήμα τάσης που επάγεται σε βρόχο επιφάνειας 1 μ2 συναρτήσει της απόστασης του κεραυνικού πλήγματος

Στην περίπτωση που το Φ/Β σύστημα εγκαθίσταται σε κτήριο που διαθέτει υφιστάμενο σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (Σ.Α.Π.) και μπορεί να διατηρηθεί απόσταση ασφαλείας (0.5-1 μέτρο) μεταξύ του Φ/Β συστήματος και των αγωγών συλλογής

και καθόδου του κεραυνικού ρεύματος, το Φ/Β σύστημα θεωρείται ότι βρίσκεται μέσα στην περιοχή προστασίας του αλεξικέραυνου και δεν πρέπει να συνδέεται αγώγιμα με το Σ.Α.Π. (εφόσον πρόκειται για ενσωμάτωση σε υφιστάμενα κτήρια). Αν δεν μπορεί να διατηρηθεί η απόσταση αυτή θα πρέπει να πραγματοποιείται αγώγιμη σύνδεση με τους αγωγούς του Σ.Α.Π

### **3.5 Τρόπος λειτουργίας του συνδεδεμένου με το δίκτυο φ/β συστήματος**

Τα φ/β στοιχεία, τοποθετημένα σε νότια κατεύθυνση, δέχονται το ηλιακό φως και το μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια σε μορφή συνεχούς ρεύματος. Με τη χρήση ενός μετατροπέα, το συνεχές ρεύμα μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα και τροφοδοτεί το δίκτυο της ΔΕΗ. Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσωπική όπως και για επαγγελματική χρήση (ιδιωτικές κατοικίες, γραφεία, εργοστάσια, σταθμούς παραγωγής ρεύματος κλπ). Στο Σχήμα 8.1 παρουσιάζεται το κύκλωμα συνδεδεμένου φ/β συστήματος.

### **3.6 Τρόπος λειτουργίας του αυτόνομου φ/β συστήματος**

Στην περίπτωση του αυτόνομου φ/β συστήματος η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις φ/β κυψέλες, αποθηκεύεται σε συσσωρευτές (μπαταρίες). Οι συσσωρευτές προμηθεύουν το σύστημα με ηλεκτρισμό όταν ζητηθεί, πχ τη νύχτα. Ένας ρυθμιστής φόρτισης προστατεύει τους συσσωρευτές από την υπερφόρτιση όπως και από την ολική τους αποφόρτιση. Για τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών με εναλλασσόμενο ρεύμα (220Vac) το σύστημα χρειάζεται έναν μετατροπέα (inverter).

Αυτόνομα φ/β συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε εξοχικά σπίτια, τροχόσπιτα, σκάφη όπως και σε απομακρυσμένα σημεία όπου δεν υπάρχει ηλεκτρικό δίκτυο. Ακόμη, χρησιμοποιούνται για ηλεκτροδότηση Ιερών Μονών, αφαλάτωση / άντληση / καθαρισμό νερού, συστήματα εξωτερικού φωτισμού δρόμων, πάρκων, αεροδρομίων, συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρήσεων και συναγερμού, συστήματα σηματοδότησης οδικής κυκλοφορίας, ναυτιλίας, αεροναυτιλίας, αγροτικές εφαρμογές όπως άντληση νερού, ιχθυοκαλλιέργειες, ψύξη αγροτικών προϊόντων, φαρμάκων κλπ. (πηγή ΚΑΠΕ)

Πίνακας 3.1: Κατηγορίες φ/β επενδύσεων (Πηγή ΥΠΙΑΝ)

	Ισχύς αιχμής	Χαρακτηριστικό
Οικιακά ΦΒ έργα	$\leq 10$ kW	Μόνο σε στέγες κτιρίων, αφορολόγητα έσοδα, διάρκεια σύμβασης 25 έτη, ειδική ταρίφα (0,55€ / kWh)
Πολύ μικρά επενδυτικά ΦΒ έργα	10kW - 100kW	Εύκολες διαδικασίες αδειοδότησης, υψηλή ταρίφα
Μικρά επενδυτικά ΦΒ έργα	100kW - 500kW	Εξαιρούνται από την Άδεια Παραγωγής και απαλλάσσονται από την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
Μεσαία επενδυτικά ΦΒ έργα	500kW - 1MW	Εξαιρούνται από την Άδεια Παραγωγής
Μεγάλα επενδυτικά ΦΒ έργα	$>=1$ MW	Πλήρης διαδικασία αδειοδότησης

Οικιακά έργα (< 10 kWp)

ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ	ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ
- Άδεια Παραγωγής	- Σύμβαση συμψηφισμού με τη ΔΕΗ
- Άδεια Εγκατάστασης	
- Άδεια Λειτουργίας	
- Απόφαση Εξαίρεσης της ΡΑΕ	
- Άδεια Δόμησης	
- Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων	
- Έγκριση Εργασιών Μικρής Κλίμακας	

Πίνακας 3.2: Τεχνικές προδιαγραφές των φωτοβολταϊκών πλαισίων (Power plus 230P, Conergy)

	Conergy PowerPlus 200P	Conergy PowerPlus 205P	Conergy PowerPlus 210P	Conergy PowerPlus 215P	Conergy PowerPlus 220P	Conergy PowerPlus 225P	Conergy PowerPlus 230P
<b>Τεχνικά χαρακτηριστικά:</b>							
Όνομαστική ισχύς στις STC <sup>1</sup>	200Wp	205Wp	210Wp	215Wp	220Wp	225Wp	230Wp
Ανοχή ισχύος	+2,5%	+2,5%	+2,5%	+2,5%	+2,5%	+2,5%	+2,5%
Απόδοση Φ/Β γεννήτριας	12,29%	12,59%	12,90%	13,21%	13,51%	13,82%	14,13%
Τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος ( $V_{mp}$ )	28,52V	28,56V	28,652V	28,80V	29,01V	29,23V	29,54V
Ρεύμα στο σημείο μέγιστης ισχύος ( $I_{mp}$ )	7,09A	7,26A	7,41A	7,54A	7,65A	7,74A	7,82A
Τάση ανοικτού κυκλώματος ( $V_{oc}$ )	35,29V	35,53V	35,77V	36,00V	36,23V	36,43V	36,66V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης ( $I_{sc}$ )	7,72A	7,83A	7,94A	8,04A	8,15A	8,24A	8,34A
Συντελεστής θερμοκρασίας στο σημείο μέγιστης ισχύος ( $P_{mp}$ )	-0,45%/°C	-0,45%/°C	-0,45%/°C	-0,45%/°C	-0,45%/°C	-0,45%/°C	-0,45%/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας στην τάση ανοικτού κυκλώματος ( $V_{oc}$ ) - απόλυτος	-0,120V/°C	-0,121V/°C	-0,122V/°C	-0,122V/°C	-0,123V/°C	-0,124V/°C	-0,125V/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας στην τάση ανοικτού κυκλώματος ( $V_{oc}$ ) - ποσοστιαίος	-0,34%/°C	-0,34%/°C	-0,34%/°C	-0,34%/°C	-0,34%/°C	-0,34%/°C	-0,34%/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_{sc}$ ) - Απόλυτος	3,9mA/°C	3,9mA/°C	4,0mA/°C	4,0mA/°C	4,1mA/°C	4,1mA/°C	4,2mA/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας ρεύματος βραχυκύκλωσης ( $I_{sc}$ ) - Ποσοστιαίος	0,05%/°C	0,05%/°C	0,05%/°C	0,05%/°C	0,05%/°C	0,05%/°C	0,05%/°C
Εγγύηση ισχύος 1	92% για 12 χρόνια	92% για 12 χρόνια	92% για 12 χρόνια	92% για 12 χρόνια	92% για 12 χρόνια	92% για 12 χρόνια	92% για 12 χρόνια
Εγγύηση ισχύος 2	80% για 25 χρόνια	80% για 25 χρόνια	80% για 25 χρόνια	80% για 25 χρόνια	80% για 25 χρόνια	80% για 25 χρόνια	80% για 25 χρόνια

Πίνακας 3.3: Τεχνικές προδιαγραφές του μετατροπέα στοιχειοσειράς

Μετατροπέας δικτύου Conergy IPG σειράς S			
Είσοδος DC	Conergy IPG 3S	Conergy IPG 4S	Conergy IPG 5S
Εύρος τάσης εισόδου	250-750V	250-750V	275-750V
Μέγιστη τάση εισόδου	900V	900V	900V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	19A	19A	19A
Ρυθμιστής MPPT tracking	1	1	1
Αριθμός εισόδων	1	1	1
Σύνδεση	MCIV compatible	MCIV compatible	MCIV compatible
Συμπεριφορά σε υπερφόρτωση	Το σημείο λειτουργίας αλλάζει σύμφωνα με την χαρακτηριστική καμπύλη V/I του Φ/Β συστήματος		
Έξοδος AC			
Τροφοδοσία	Μονοφασικοί	Μονοφασικοί	Μονοφασικοί
Σύνδεση	Βύσμα (plug)	Βύσμα (plug)	Βύσμα (plug)
Τάση λειτουργίας <sup>1</sup>	184-264V <sub>ac</sub>	184-264V <sub>ac</sub>	184-264V <sub>ac</sub>
Συχνότητα <sup>1</sup>	47,5-50,2Hz	47,5-50,2Hz	47,5-50,2Hz
Μέγιστη ισχύς εισόδου	3kW	4kW	5kW
Ονομαστική ισχύς εισόδου	3kW	4kW	5kW
Παραμόρφωση	<3%	<3%	<3%
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	14A	19A	22A
Απόδοση			
Μέγιστη απόδοση	97,5%	97,6%	97,7%
Απόδοση euro	96,4%	96,8%	97,0%
Προστασία			
Τύπος	IP 65	IP 65	IP 65
Έλεγχος σφάλματος γείωσης	NAI	NAI	NAI
Προστασία υπέρτασης εισόδου	Εκτονωτές υψηλών τάσεων (Varistors) και κενά σπινθηρισμού		
Προστασία αντίστροφης πολικότητας	Δίοδοι βραχυκύκλωσης στην είσοδο		

### 3.7 Διαστασιολόγηση του αυτόνομου συστήματος με φ/β

#### 3.7.1 Εκτίμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στη διάρκεια μιας τυπικής μέρας.

Η διαστασιολόγηση ξεκινά από την εκτίμηση της μέγιστης στιγμιαίας ισχύος των φορτίων (Pload) και της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στη διάρκεια μιας τυπικής μέρας (E =Energy consumed per day).

Παρατίθεται πίνακας εκτίμησης της μέγιστης ηλεκτρικής κατανάλωσης- δηλαδή όταν χρησιμοποιούνται όλες οι συσκευές, ο δροσισμός και ο φωτισμός παράλληλα-της οικίας ανά ημέρα. Χρησιμοποιείται η εγκατεστημένη ισχύς του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού. Σημείωση: Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ανά ημέρα θεωρήθηκε ότι η κατανάλωση είναι σταθερή και ισόποση για χειμώνα και καλοκαίρι.

Πίνακας 3.4: Εκτίμηση μέγιστης κατανάλωσης ενέργειας ανά ημέρα

Κατηγορία	ισχύς σε W	ώρες/ημέρα	κατανάλωση ενέργειας σε Wh
δροσισμός	65	1,5	97,5
κουζίνα	2000	1,5	3000
H/Y	63	2	126
πλυντήριο ρούχων	465	2	930
σεσουάρ	40	0,5	20
ψυγείο	18	24	432
ράδιο	48	1,25	60
φωτισμός	356,7	5	1783,5
ΣΥΝΟΛΟ:	3055,7		6449

Από τον πίνακα 3.5 προκύπτει:

**Pload max= 3 KW**

**Econsdays = 6,5 KWh**

Επειδή, όμως, σπάνια τροφοδοτούνται όλα τα φορτία μαζί, θεωρείται ένας συντελεστής εκτίμησης (0,8) ώστε να βρεθεί ένα νέο Pload:

$$Pload = Pload\ max \times 0,8 = 2,4\ KW$$

Από την μέγιστη στιγμιαία ισχύ προκύπτει η ονομαστική ισχύς του inverter.

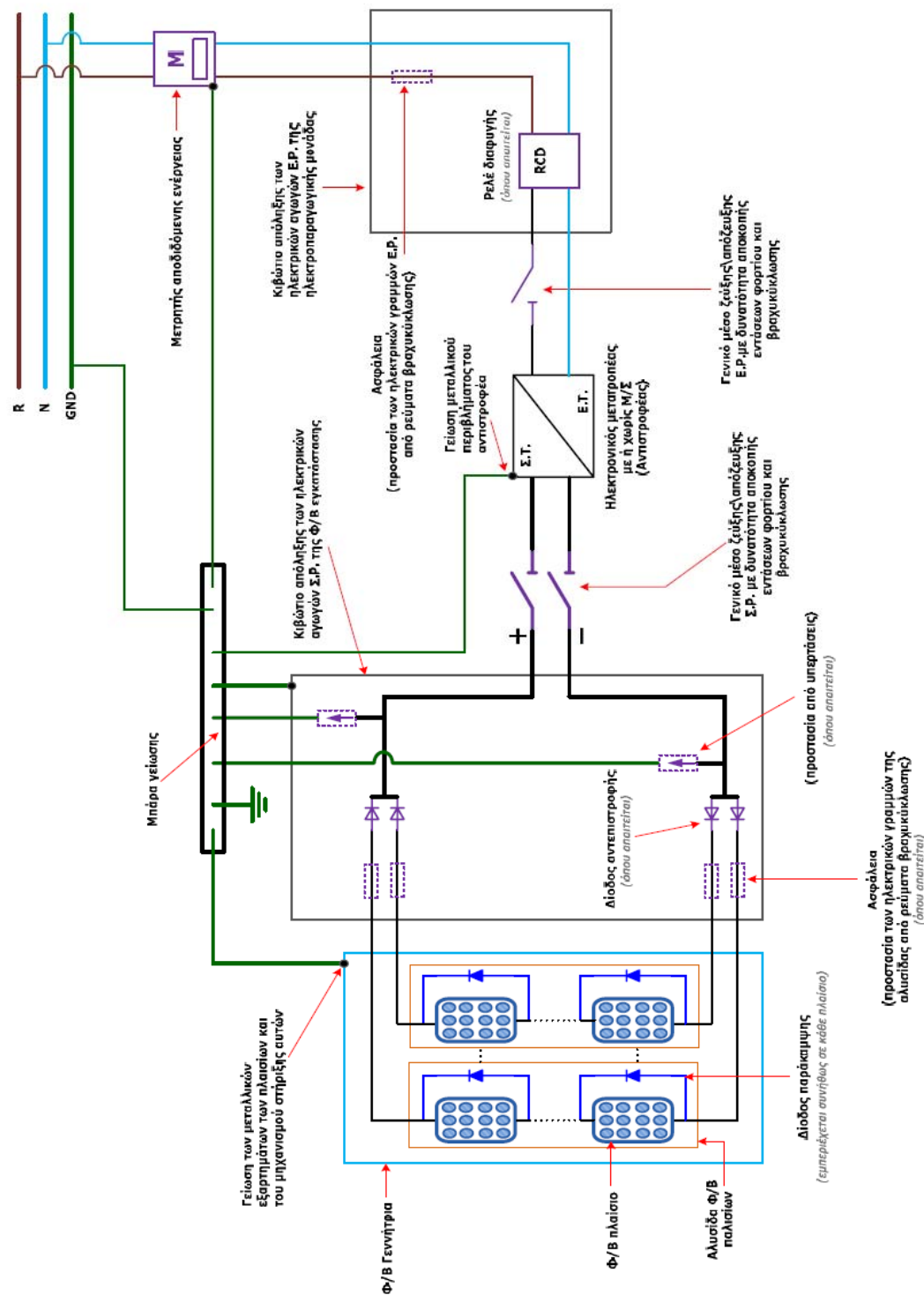
**Επιλογή : Inverter IPG 3S 3 KW**

Επιλέγεται η τάση λειτουργίας στη πλευρά DC . Συνηθισμένες τιμές είναι 12 V ή 24 V ή 48 V.

Από τα τεχνικά στοιχεία του πάνελ Conergy επιλέγονται 48 V. Η τιμή της τάσης λειτουργίας είναι απαραίτητο στοιχείο και για τον αντιστροφέα και τον ρυθμιστή φόρτισης.

**Επιλογή : Αντιστροφέας ονομαστικής ισχύος 3 KW**

**10 ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΑΚΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**



**Σχήμα:** Τυπική μορφή της ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός διασυνδεδεμένου οικιακού Φ/Β συστήματος σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-7-712

Εικόνα 3.18: Τυπική μορφή ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός διασυνδεδεμένου οικιακού Φ/Β συστήματος σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-7-712



## 4. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

### 4.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη αναφορά στα διάφορα είδη των α/γ που υπάρχουν με βάση διάφορα κριτήρια διαχωρισμού τους καθώς και αναφορά στις όχι και τόσο διαδεδομένες μηχανές αξονικής ροής (σε σύγκριση με τις μηχανές ακτινικής ροής) και πιο συγκεκριμένα στις μηχανές αξονικής ροής μονίμων μαγνητών. Τέλος θα γίνει μια σύντομη αναφορά για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των μικρών α/γ.

### 4.2 Ιστορική Αναδρομή Αιολικής Ενέργειας

Η ιστορία της αιολικής ενέργειας φανερώνει μια γενική εξέλιξη από τη χρήση απλών ελαφρών συσκευών που χρησιμοποιούσαν την αεροδυναμική οπισθέλκουσα, στη χρήση των μοντέρνων ευέλικτων με προηγμένα υλικά συσκευών. Η πιο παλιά χρήση της δύναμης του αέρα είναι η χρήση του ιστίου στα αρχαία ήδη καράβια και η τεχνογνωσία αυτή συνέργησε και στην μετέπειτα ανάπτυξη των ανεμόμυλων.

Αρχαιολογικές έρευνες έδειξαν την ύπαρξη ανεμόμυλων στην Αίγυπτο, τη Περσία, τη Μεσοποταμία και το Αιγαίο. Στην αρχαιότητα οι ανεμόμυλοι αυτοί χρησιμοποιούνταν κυρίως για την άλεση των δημητριακών και για την άντληση των υδάτων. Η πρώτη τέτοια συσκευή αναπτύχθηκε στην Περσία μεταξύ του 900 και του 500π.Χ και σε αυτό το πρώιμο στάδιο ο άξονας του μύλου ήταν κάθετος στο επίπεδο της γης. Το πρώτο σχεδιάγραμμα ανεμόμυλου έρχεται και αυτό από την Περσία. Πρόκειται για έναν ανεμόμυλο με κάθετα ιστία που αποτελούνταν από σωρούς καλαμιών ή ξύλων και τα οποία προσαρμόζονταν στον κεντρικό κάθετο άξονα με οριζόντια δοκάρια.

Οι πρώτοι ανεμόμυλοι που εμφανίστηκαν στην Ευρώπη ήταν τύπου οριζοντίου άξονα. Οι ανεμόμυλοι ανθίζουν στην Ευρώπη στα μέσα του δέκατου τρίτου αιώνα μ.Χ.. Το 1500 μ.Χ. κάνουν την εμφάνιση τους στην Ολλανδία, ενώ το 1860 και η Δανία στρέφει το ενδιαφέρον της προς τον άνεμο, αρχίζοντας μάλιστα ένα ειδικό πρόγραμμα για την κατασκευή ανεμοκινητήρων που θα παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Οι ανεμομηχανές της Δανίας είχαν τέσσερα πτερύγια και οι κινητήρες τους απέδιδαν 25 KW. Η πρώτη ανάλογη προσπάθεια έγινε στην Ελλάδα το 1982, και πιο συγκεκριμένα στο νησί της Κύθνου.

Ένας από τους πρώτους ανεμόμυλους που διασώζεται ακόμα στη Μεσογειακή ακτή παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.1: Ανεμόμυλος

Οι πρώτες σύγχρονες ανεμομηχανές εμφανίστηκαν στη Γαλλία το 1929, μια ηλεκτρομηχανική εταιρεία κατασκεύασε την αιολική μηχανή Bonrgget, διαμέτρου 20 μέτρων με δυο πτερύγια, η οποία όμως καταστράφηκε από τον άνεμο. Η επόμενη προσπάθεια έγινε από την πλευρά των Ρώσων, οι οποίοι το 1931 δημιούργησαν μια παρόμοια μηχανή διαμέτρου 30 μέτρων. Στόχος τους ήταν η παραγωγή 100 KW, όμως τα σχέδιά τους ναυάγησαν δεδομένου ότι η κατασκευή τους άντεξε μόνο για δυο χρόνια και η ετήσια παραγωγή δεν ξεπέρασε τα 32 KW.

Οι ουσιαστικότερες μελέτες στον κλάδο της αιολικής ενέργειας ξεκίνησαν μετά το Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Ποικίλες μελέτες στη Γαλλία οδήγησαν στην κατασκευή πολλών πειραματικών μεγάλων αιολικών μηχανών. Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα είναι η ανεμογεννήτρια **Best Romani**, η οποία διέθετε τρία πτερύγια, είχε διάμετρο 30 μέτρων και παρήγαγε 800 KW. Το πιο σημαντικό συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι οι μεγάλες αιολικές μηχανές που έχουν κατασκευαστεί σωστά (βάση υπολογισμών της θέσης του εδάφους και της ροής των τοπικών ανέμων) δεν κάνουν καθόλου θόρυβο.

Η μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια της εποχής κατασκευάστηκε τη δεκαετία του '50 στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Εμπνευστές και σχεδιαστές του μεγάλου αυτού εγχειρήματος ήταν το επιστημονικό προσωπικό του Τεχνολογικού Ιδρύματος της Μασαχουσέτης (MIT), η ισχύς της έφτανε τα 1,25 MW και η λειτουργία της διακόπηκε μετά από πέντε χρόνια λόγω βλάβης που κατέστησε αδύνατη την επιδιόρθωσή της.

Μέχρι την περίοδο αυτή, ανάλογη ήταν και η εξέλιξη στον ευρωπαϊκό χώρο. Αξίζει να σημειωθεί, όμως, πως στις αρχές της δεκαετίας του 1950 η χαμηλή τιμή του

πετρελαίου οδήγησε σε στασιμότητα τις όποιες ερευνητικές προσπάθειες . Ο ανταγωνισμός ήταν έντονος και το φθινό κόστος των καυσίμων ήταν δυσανάλογο με την απόσβεση μιας ανεμομηχανής. Την εποχή αυτή έκανε την εμφάνισή της και η πυρηνική ενέργεια. Το ενδιαφέρον όλων ήταν έντονο και σε μικρό χρονικό διάστημα κατασκευάστηκαν πυρηνικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού. Δεν ήταν λίγα τα κράτη που έστησαν στα εδάφη τους πυρηνικά εργοστάσια πιστεύοντας πως τα μέχρι τότε υπαρκτά καύσιμα θα παραγκωνιστούν. Βέβαια υπήρχαν και άτομα επιφυλακτικά απέναντι στην «εμμονή» της εποχής ισχυριζόμενα πως η εγκατάσταση των σταθμών αυτών ήταν πολύ δύσκολη και απαιτητική λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής και συντήρησης του εξοπλισμού. Δεν άργησαν να φανούν και τα πρώτα προβλήματα, ορισμένα από αυτά ήταν η διαχείριση των στερεών και υγρών ραδιενεργών υπολειμμάτων, η αλλαγή των ραδιενεργών υλικών, η γήρανση των αντιδραστήρων, η αντικατάσταση των φθαρμένων τμημάτων . Τα θέματα αυτά αποτελούσαν και εξακολουθούν να αποτελούν μια μόνιμη απειλή μόλυνσης της ανθρωπότητας και του πλανήτη γενικότερα.

Η μόλυνση του περιβάλλοντος τόσο από την πυρηνική ενέργεια όσο και από άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας ήταν πλέον γεγονός.

Στο κλίμα της έντονης ανησυχίας προστέθηκε και η πετρελαϊκή κρίση του 1973, με αποτέλεσμα στην αργή αλλά σταθερή στροφή του ανθρώπου στη φύση και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η αρχή έγινε με την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα η αμερικανική κυβέρνηση ανέθεσε της οργάνωση του προγράμματος της εκμετάλλευσής της στη ΝΑΣΑ. Εστίασαν κυρίως στις κλασικές αιολικές μηχανές, και κατασκεύασαν μηχανές μικρής ισχύος 60 KW. Παράλληλα με την Αμερική, και ο Καναδάς διαμόρφωσε μια ανάλογη μεγαλόπνοη έρευνα. [37]

#### 4.6 Μικρές Ανεμογεννήτριες

Μικρές α/γ ονομάζονται αυτές των οποίων η ονομαστική ισχύς είναι μέχρι 50 KW αν και τα όρια δεν είναι σαφή.

Είναι πιθανόν να αναρωτηθεί ακόμα και να υποτιμήσει κάποιος τη χρησιμότητα τέτοιου μεγέθους ανεμογεννήτριες αναφορικά με τη συνεισφορά τους στη συνολική παραγωγή ισχύος που απαιτείται σήμερα για να καλύψει τις ανάγκες του ανθρώπου των πόλεων. Πράγματι τέτοιου μεγέθους α/γ δε «φιλοδοξούν» να αντικαταστήσουν τη μαζική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία απαιτείται για να καλύψει τις ανάγκες του σύγχρονου κόσμου.

Ακόμα και αν γεμίζαμε τις ταράτσες των πολυκατοικιών με μικρές α/γ τα αποτελέσματα θα ήταν αμφίβολα. Παράγοντες όπως το χαμηλό αιολικό δυναμικό σε ένα αστικό περιβάλλον, η

όχληση από το θόρυβο και η δύσκολη συντήρηση ενός τόσο μεγάλου αριθμού α/γ καθώς και η διασύνδεσή τους σε ένα δίκτυο όπως το υπάρχον καθιστούν μάλλον ανέφικτο ένα τέτοιο σχέδιο. Φυσικά δε γίνεται λόγος για την αντικατάσταση των μεγάλων α/γ της τάξης των MW που αποτελούν μέρος αιολικών πάρκων σε περιοχές με υψηλό δυναμικό αφού η παραγόμενη κιλοβατώρα θα ήταν πολύ πιο ακριβή.

Στην περίπτωση της μελέτης μας όμως, όπου η μικρή μας ανεμογεννήτρια θα βοηθήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας σε συνδυασμό με το φωτοβολταϊκό σύστημα, ευελπιστούμε σε μια αρκετά συμφέρουσα επένδυση. [23]



Εικόνα 4.2 Οικιακή Ανεμογεννήτρια

#### 4.1 Διαχωρισμός με βάση τη θέση του άξονα της α/γ

Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται με βάση τη θέση του άξονα τους, σε δύο κατηγορίες:

- Οριζοντίου άξονα οι οποίες είναι οι πλέον διαδεδομένες και
- Κατακόρυφου άξονα

Παρακάτω γίνεται μία σύντομη περιγραφή των δύο ειδών:

##### 1) Α/Γ Οριζοντίου Άξονα :

Τα μέρη μίας α/γ οριζοντίου άξονα είναι :

- **Ο Πύργος :** μπορεί να είναι μεταλλικός (δικτυωτός ή συνηθέστερα σωληνωτός) αλλά και από οπλισμένο σκυρόδεμα, για α/γ μεγάλης ισχύος. Βασικής σημασίας για την επιλογή του πύργου είναι ο προβλεπόμενος τρόπος μεταφοράς και εγκατάστασής

του, σε συνδυασμό με την όλη συναρμολόγηση της α/γ και την έδρασή της.

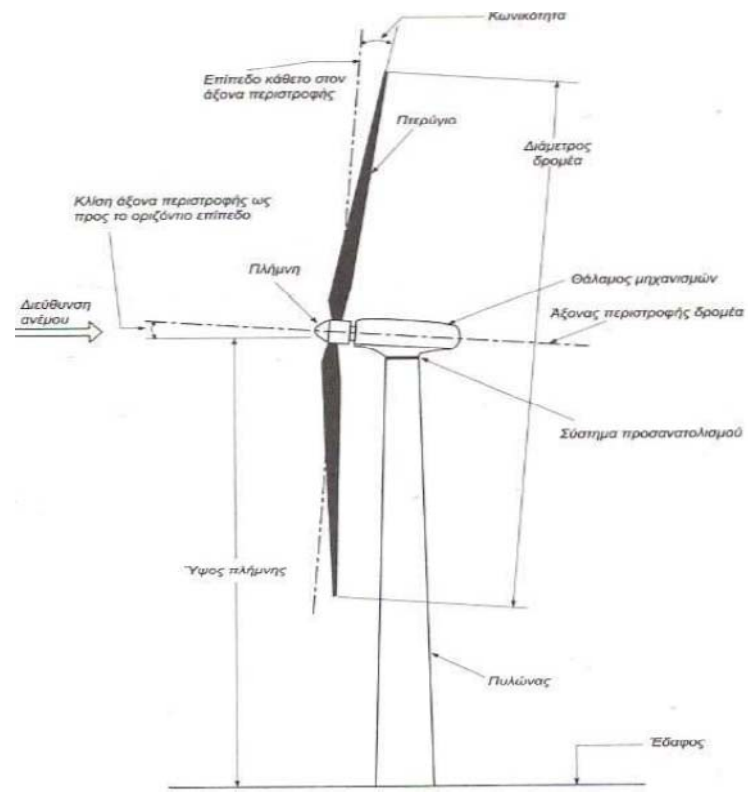
Ο πύργος υπολογίζεται ως πακτωμένη δοκός, η οποία υφίσταται σύνθετη στατική και κυρίως δυναμική καταπόνηση. Ο σχεδιασμός του πύργου ώστε να αποφεύγονται συνθήκες συντονισμού έχει βασική σημασία.

- **Ο δρομέας (Ελικά) :** οι α/γ κατασκευάζονται με 2 (πιο σπάνια) ή 3 πτερύγια.

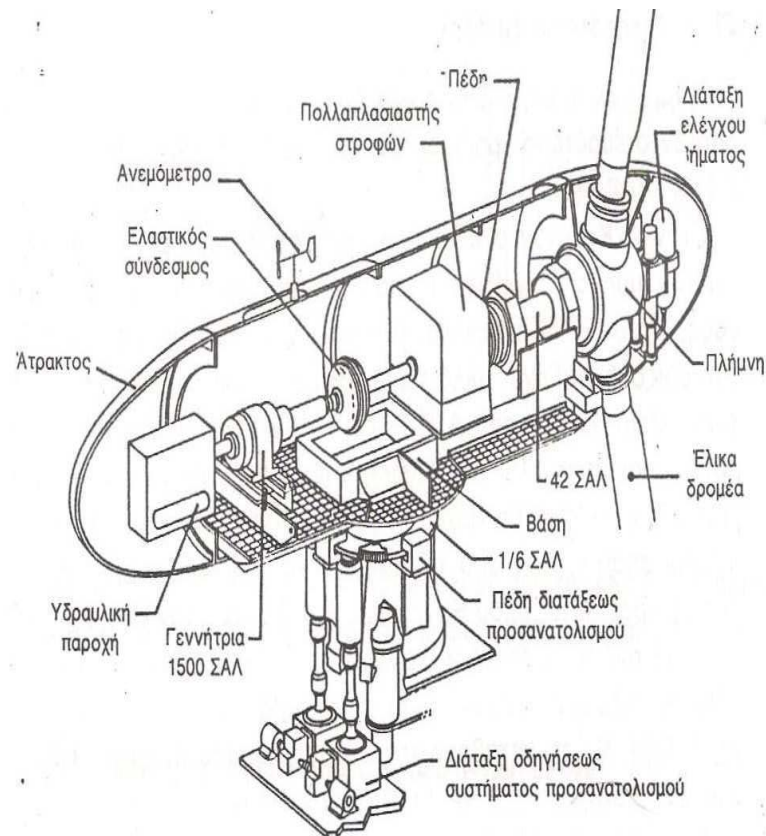
Η στήριξη των πτερυγίων της έλικας στον άξονα του δρομέα μπορεί να είναι σταθερή(πτερύγιο σταθερού βήματος) ή μεταβλητή( πτερύγιο μεταβλητού βήματος). Επίσης το πτερύγιο μπορεί να αποτελείται από δύο τμήματα: ένα τμήμα σταθερό, στηριζόμενο στον άξονα και επιπλέον ένα ρυθμιζόμενο ακροπτερύγιο. Οι παραπάνω παραλλαγές είναι βασικής σημασίας για τον έλεγχο ισχύος-στροφών της α/γ καθώς και για την ασφάλεια της λειτουργίας της.

Η τεχνολογία κατασκευής των πτερυγίων βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη και πολλά είδη υλικών έχουν χρησιμοποιηθεί. Για μικρές α/γ (έως 100KW) χρησιμοποιούνται συνήθως πολυουρεθάνη, υαλονήματα (fiberglass) και ξύλο, για μεσαίου μεγέθους (μερικές εκατοντάδες KW) υαλονήματα σε πολλαπλές στρώσεις και εναλλαγή κατευθύνσεων ενώ για τις μεγάλες (της τάξεως MW) α/γ χρησιμοποιούνται συνήθως ανθρακονήματα.

- **Ο Χώρος Μηχανισμών (Άτρακτος) :** περιλαμβάνει κυρίως:
  - το σύστημα εδράσεως του δρομέα στον πύργο
  - τον πολλαπλασιαστή στροφών
  - τη γεννήτρια
  - το φρένο
  - τους μηχανισμούς ελέγχου του βήματος των πτερυγίων και
  - το σύστημα περιστροφής και προσανατολισμού προς την κατεύθυνση του ανέμου



Εικόνα 4.3 Ανεμογεννήτρια Οριζοντίου άξονα



Εικόνα 4.4 Άτράκτος Α/Γ

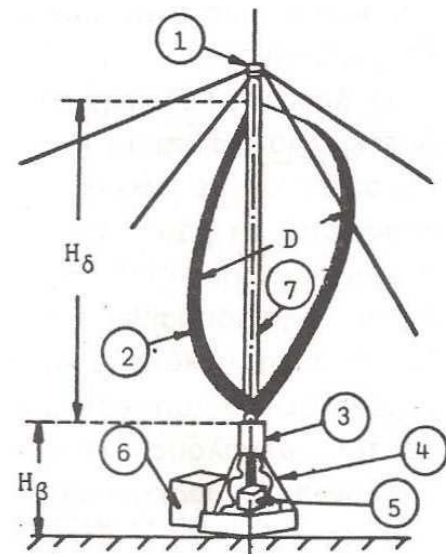
Ένα σημαντικό στοιχείο για την όλη διαμόρφωση των α/γ οριζοντίου άξονα είναι ο περιορισμός του εύρους των ταλαντώσεων και ιδιαίτερα η αποφυγή συνθηκών συντονισμού της όλης διάταξης με τις συχνότητες ταλαντώσεων που προκαλεί ο άνεμος.

Ο μηχανισμός προσανατολισμού της α/γ περιστρέφει την άτρακτο και την έλικα ώστε το επίπεδο περιστροφής της τελευταίας να είναι κάθετο προς την κατεύθυνση του ανέμου. Η έλικα μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμη διάταξη (up- wind), δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμη (down- wind), δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου.

## 2) Α/Γ Κατακόρυφου Άξονα :

Οι κύριοι τύποι α/γ κατακόρυφου άξονα είναι οι Darrieus και Savonius ενώ υπάρχουν και σχέδια α/γ στον άξονα των οποίων υπάρχουν και οι δύο τύποι.

Οι α/γ κατακόρυφου άξονα παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτούν σύστημα αυτοματισμού για τον προσανατολισμό του δρομέα προς τη διεύθυνση του ανέμου καθώς επίσης και ότι η εγκατάσταση του συστήματος μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια (πολλαπλασιαστής στροφών, γεννήτρια) βρίσκεται στο επίπεδο του εδάφους, στη βάση της α/γ. Τα παραπάνω πλεονεκτήματα των α/γ κατακόρυφου άξονα, καθώς και το γεγονός ότι είναι κατασκευαστικά απλούστερες από τις α/γ οριζοντίου άξονα , αντισταθμίζει εν μέρει το μικρότερο αεροδυναμικό συντελεστή ισχύος.



(β)

- (1) - (3) Έδρανα, (2) Πτερύγια  
(4) Βάση, (5) Κιβώτιο ταχυτήτων  
(6) Γεννήτρια, (7) Πύργος



Εικόνα 4.5 Α/Γ Darrieus



Εικόνα 4.6 A/T Savonius



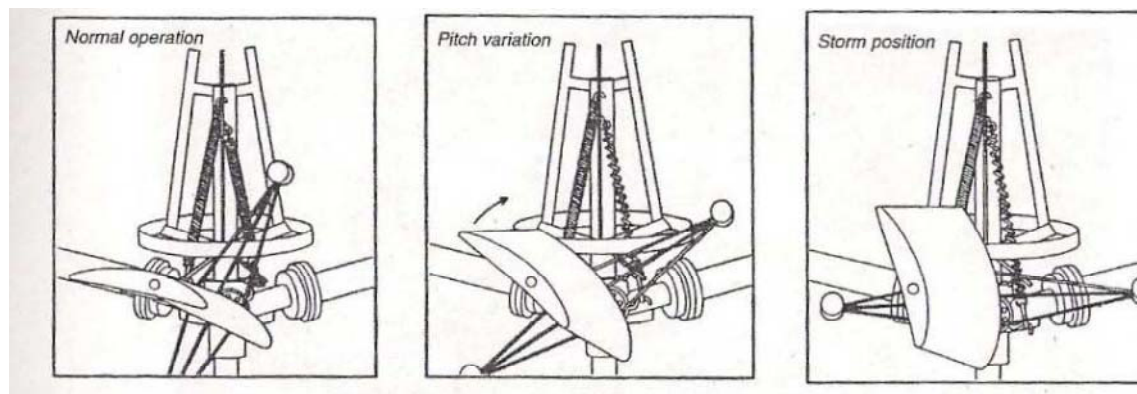
Εικόνα 4.7 Συνδυασμός A/T Darrieus- Savonius

#### 4.2 Διαχωρισμός με βάση τον έλεγχο της ισχύος

Πιο συγκεκριμένα, σε αυτήν την παράγραφο κάνουμε ένα διαχωρισμό των α/γ με βάση τον έλεγχο της παραγόμενης ισχύος με μηχανικά μέσα και ειδικότερα με τον έλεγχο ορισμένων αεροδυναμικών στοιχείων που σχετίζονται με τα πτερύγια της α/γ και αναφέρονται στην παράγραφο της κατασκευής των πτερυγίων:

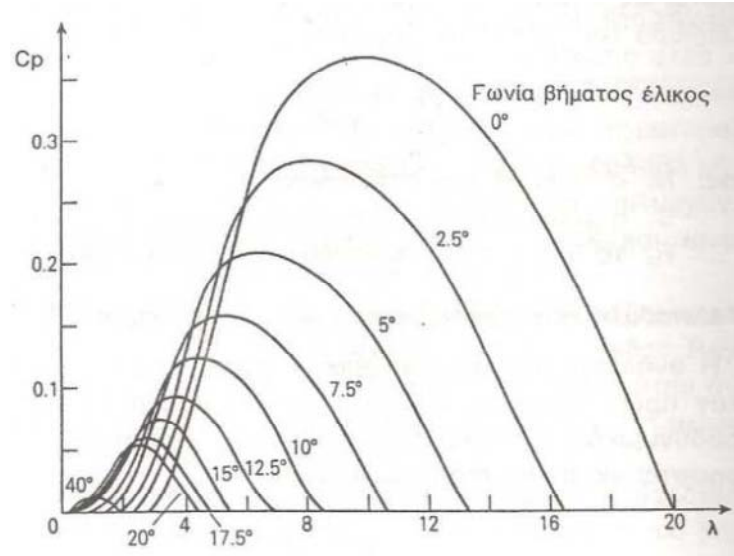
##### 1) Έλεγχος βήματος (pitch control):

Σε αυτήν την περίπτωση μεταβάλλεται η γωνία  $\beta$  για την επίτευξη του ελάχιστου λόγου αντίστασης / άνωση. Πιο συγκεκριμένα ανάλογα με την ταχύτητα το βήμα μεταβάλλεται για να έχουμε το βέλτιστο αεροδυναμικό συντελεστή.



Εικόνα 4.8 Περιστροφή των πτερυγίων κατά το διαμήκη άξονά τους (pitch control)

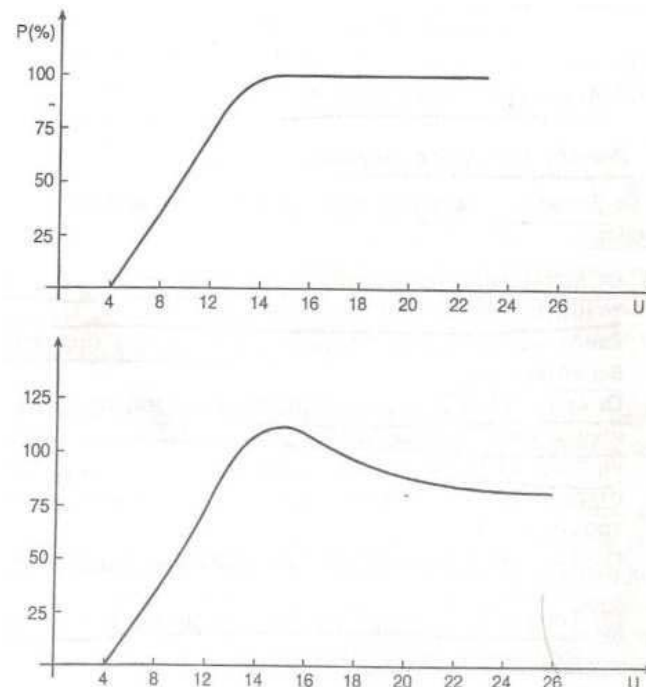




Εικόνα 4.9 Μεταβολή του  $c_p$  με τη γωνία  $\beta$

2) Έλεγχος της ανυψωτικής δύναμης των πτερυγίων-αεροδυναμικός έλεγχος (*passive stall regulation*):

Σε αυτήν την περίπτωση τα πτερύγια είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε μετά από ορισμένη ταχύτητα ανέμου, να παύει να αυξάνεται η ανυψωτική δύναμη και συνεπώς να αποφεύγεται η φόρτιση της α/γ πέρα από τα όρια από τα οποία έχει σχεδιαστεί [25]



Εικόνα 4.10 Έλεγχος βήματος (επάνω) και αεροδυναμικός έλεγχος (κάτω)

3) *Active stall regulation:*

Εδώ στην ουσία έχουμε τις ίδιες λειτουργίες με τον έλεγχο βήματος, μόνο που σε αυτήν την περίπτωση η γωνία προσβολής αυξάνεται σε αντίθεση με τον έλεγχο βήματος.

4) *Yawing system:*

Είναι το σύστημα που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ισχύος της α/γ της παρούσας εργασίας. Σύμφωνα με αυτό η έλικα περιστρέφεται πάντα με τέτοιο τρόπο ώστε το επίπεδο περιστροφής της να είναι κάθετο στην ταχύτητα του ανέμου. Σε πολύ μεγάλες ταχύτητες όπου μπορεί η παραγόμενη ισχύς να ξεπεράσει την ονομαστική και να προκληθούν διάφορα προβλήματα, όπως υπερθέρμανση των τυλιγμάτων του στάτη, τότε η έλικα στρέφεται έτσι ώστε το επίπεδο περιστροφής της να μην είναι κάθετο στην ταχύτητα. Η περιστροφή της έλικας γίνεται με ένα πτερύγιο-ουρά που βρίσκεται στο πίσω από τη γεννήτρια.

5) *Έλεγχος με κιβώτιο ταχυτήτων:*

Ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής, αλλάζουμε το λόγο μετάδοσης της κίνησης για να μεταβάλλουμε την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα για να πετύχουμε τις βέλτιστες στροφές

6) *Έλεγχος της ισχύος με πέδηση της έλικας:*

Αυτή η μέθοδος δεν εφαρμόζεται απευθείας όταν η έλικα έχει πολύ υψηλή ταχύτητα, αλλά αφού πρώτα αυτή έχει μειωθεί με κάποιο άλλο μέσο.

4.3 Διαχωρισμός με βάση τη μεταβολή των στροφών

• **Σταθερές στροφές**

Οι α/γ σταθερών στροφών αποτελούν το σημαντικότερο κομμάτι από τις λειτουργούσες α/γ αν και η χρήση τους περιορίζεται [26]. Μπορούν να χρησιμοποιούν είτε γεννήτριες επαγωγής είτε σύγχρονες με τις πρώτες όμως να χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά λόγω σημαντικών μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν οι δεύτερες, όπως η ιδιαίτερα αυξημένη ταλάντωση της απόκρισής τους σε συνθήκες μεταβαλλόμενου ανέμου και το αυξημένο κόστος και βάρος τους.

Οι α/γ αυτές χρωστάνε τη μεγάλη εξάπλωσή τους κυρίως στο μικρό τους κόστος, αφού για τη σύνδεσή τους με το δίκτυο δε χρειάζεται να παρεμβάλλονται

ηλεκτρονικοί μετατροπείς, των οποίων το κόστος είναι πολύ σημαντικό. Η σύνδεσή αυτή γίνεται απευθείας, με αποτέλεσμα η ταχύτητα του δρομέα να είναι σταθερή και πρακτικά ίση με τη σύγχρονη, με αποκλίσεις της τάξης του 1%, δηλαδή όσο και η ολίσθηση ονομαστικής λειτουργίας. Επίσης οι α/γ αυτού του τύπου παρουσιάζουν και τα πλεονεκτήματα της εξαιρετικής απλότητας και αξιοπιστίας καθώς και των μηδενικών αναγκών συντήρησής τους.

Παράλληλα όμως η λειτουργία των σταθερών στροφών παρουσιάζει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι:

- Λειτουργία με μη βέλτιστο αεροδυναμικό συντελεστή
- Αυξημένη μεταβλητότητα ισχύος εξόδου
- Χαμηλός συντελεστής ισχύος εξόδου
- Μεταβατικά φαινόμενα εκκίνησης και ζεύξης – απόζευξης

Τα παραπάνω σημαντικά προβλήματα, έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη στρόφι τόσο του επιστημονικού ενδιαφέροντος όσο και των κατασκευαστών προς τις ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών, οι οποίες φαίνονται να δίνουν αν όχι ριζική, τουλάχιστον ικανοποιητική λύση σε πολλά από τα παραπάνω.

#### • Μεταβλητές στροφές

Η ιδέα των μεταβλητών στροφών, στηρίζεται στις αρχές λειτουργίας ενός σφονδύλου. Όταν παρατηρείται αύξηση της αεροδυναμικής ισχύος, μέρος της μετατρέπεται σε κινητική αποκόπτοντας με αυτόν τον τρόπο τις γρήγορες μεταβολές της. Η αντίστροφη λειτουργία συμβαίνει κατά τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου. Για να είναι η απόδοση της α/γ βέλτιστη, πρέπει η ταχύτητα περιστροφής των πτερυγίων να είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας απαιτεί σημαντική μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής των πτερυγίων. Κάτι τέτοιο επιχειρήθηκε παλιότερα με διάφορες μεθόδους, όπως με χρήση υδραυλικών συστημάτων ή κιβωτίων ταχυτήτων μεταβαλλόμενου λόγου, αλλά αργότερα οι μέθοδοι αυτές εγκαταλείφθηκαν.

Τη θέση των παραπάνω μεθόδων πήρανε τα συστήματα ηλεκτρονικών μετατροπέων συχνότητας τα οποία έχουν λίγες απώλειες και είναι αρκετά αξιόπιστα. Τα συστήματα αυτά παρεμβάλλονται ανάμεσα στο δίκτυο και στην ηλεκτρική γεννήτρια και έτσι ταχύτητα περιστροφής αποδεσμεύεται από τη σταθερή συχνότητα του δικτύου και είναι δυνατή η μεταβολή της εντός ευρέων ορίων.

Οι α/γ μεταβλητών στροφών έχουν αρχίσει να κυριαρχούν στην αγορά λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν όπως τα παρακάτω:

- Βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης της α/γ
- Εξομάλυνση της μεταβλητότητας των μηχανικών ροπών

- Περιορισμός καταπονήσεων-μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- Μείωση τυχαίας μεταβλητότητας της ισχύος εξόδου
- Περιορισμός ταχέων διακυμάνσεων της τάσης (flicker)
- Δυνατότητα μείωσης ενεργού ισχύος εξόδου
- Δυνατότητα ελέγχου αέργου ισχύος εξόδου
- Χαμηλά επίπεδα θορύβου
- Διευκόλυνση διαδικασιών εκκίνησης

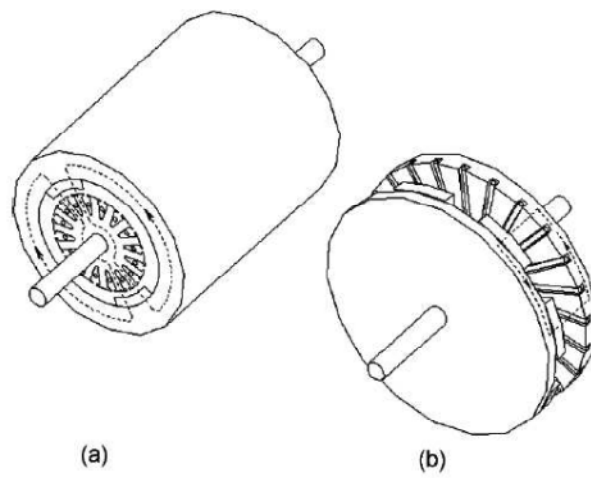
Τα μειονεκτήματα των α/γ μεταβλητών στροφών, μπορούν να τοποθετηθούν κυρίως στον οικονομικό τομέα. Πιο συγκεκριμένα, τα χρησιμοποιούμενα ηλεκτρονικά ισχύος που είναι απαραίτητα για τη σύνδεση τους στο δίκτυο, επιβαρύνουν κατά πολύ το κόστος τους, μιας και αυτά αντιπροσωπεύουν από οικονομικής πλευράς το μεγαλύτερο μέρος του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Εκτός όμως από τα οικονομικά μειονεκτήματα της λειτουργίας των μεταβλητών στροφών, σημειωτέα είναι και τα εξής:

- Αυξημένη πολυπλοκότητα
- Έγχυση αρμονικών συχνοτήτων στο δίκτυο λόγω των ηλεκτρονικών μετατροπέων
- Εγκατάσταση φίλτρων
- Παραμόρφωση ρευμάτων γεννήτριας – αύξηση απωλειών

Όμως, τα παραπάνω προβλήματα καθώς και το πρόβλημα του κόστους, αναμένεται να επιλυθούν σε σημαντικό βαθμό τα επόμενα χρόνια χάρη στην πρόοδο της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών ισχύος, η οποία θα επιτρέψει τόσο τη σταδιακή μείωση του κόστους τους, όσο και τη βελτίωση των λειτουργικών τους χαρακτηριστικών κάνοντας τη χρήση τους ακόμα πιο δημοφιλή [26].

#### 4.4 Οι μηχανές αξονικής ροής μόνιμων μαγνητών

Οι μηχανές αξονικής ροής όπως καταδεικνύει και το όνομά τους είναι μηχανές στις οποίες η μαγνητική ροή έχει την κατεύθυνση του άξονά τους. Σχηματικά μοιάζουν με τις μηχανές ακτινικής ροής έκτυπων πόλων καθώς ο λόγος της διαμέτρου προς το μήκος του άξονά τους είναι σχετικά μικρότερο από αυτόν στις συνηθισμένες μηχανές ακτινικής ροής.



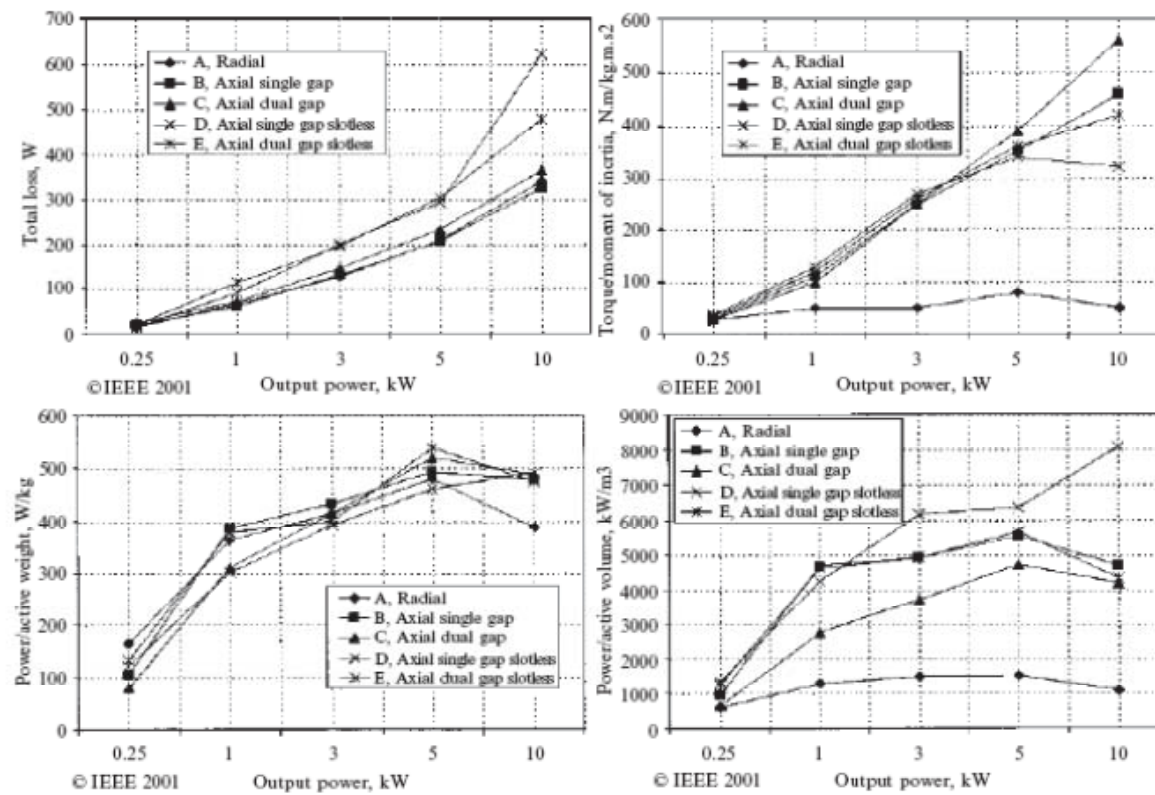
Εικόνα 4.11 Μηχανή μονίμων μαγνητών ακτινικής ροής α) και αξονικής ροής β)

- Πλεονεκτήματα

Η μηχανή μονίμων μαγνητών αξονικής ροής (Axial Flux Permanent Magnets Machines AFPMM) παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα σε σχέση και με τις μηχανές μονίμων μαγνητών ακτινικής ροής (Radial Flux Permanent Magnets Machines-RFPMM) [3][4] :

- Η δυνατότητα σχεδίασης της ώστε να έχει υψηλότερη πυκνότητα ισχύος (ισχύς εξόδου ανά μονάδα μάζας ή όγκου) περιορίζοντας το υλικό του πυρήνα. Έτσι, έχει πιο συμπαγή κατασκευή
- Ο λόγος της διαμέτρου του πυρήνα προς το αξονικό μήκος είναι μεγαλύτερος. Όταν μεγαλώνει η διάμετρος του πυρήνα μπορεί να εγκατασταθεί μεγαλύτερος αριθμός πόλων, κάνοντας τις μηχανές αξονικής ροής κατάλληλες για εφαρμογές υψηλής συχνότητας ή χαμηλής ταχύτητας
- Η εσωτερική διάμετρος του πυρήνα είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη από τη διάμετρο του άξονα περιστροφής και έτσι μπορεί να επιτευχθεί καλύτερος αερισμός και ψύξη

Στην παρακάτω εικόνα συγκρίνονται οι επιδόσεις μιας συμβατικής μηχανής ακτινικής ροής με τέσσερις διαφορετικές τοπολογίες μηχανών αξονικής ροής σε πέντε διαφορετικά επίπεδα ισχύος. Παρατηρούμε πως η μηχανή αξονικής ροής έχει μικρότερο όγκο και λιγότερη μάζα για δεδομένη ισχύ από τη μηχανή ακτινικής ροής.

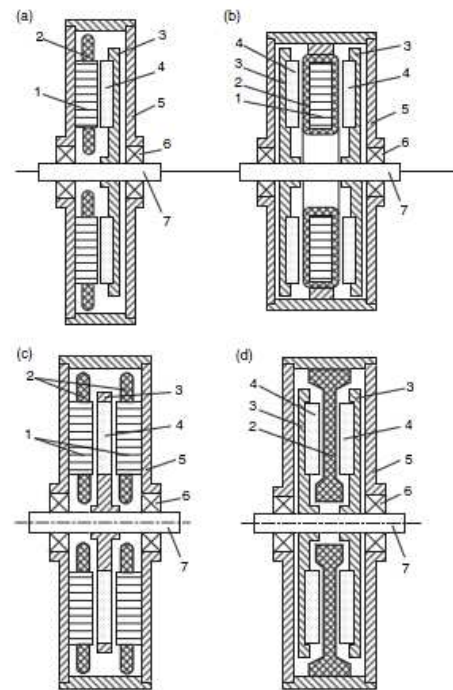


Εικόνα 4.12 Σύγκριση AFPMM και RFPMM

• Τοπολογίες

Κάποιες από τις τοπολογίες των AFPMM είναι :

- Μονός δρομέας – μονός στάτης
  - Με πυρήνα σιδήρου στο στάτη χωρίς αυλάκια
  - Με πυρήνα σιδήρου στο στάτη με αυλάκια
  - Χωρίς πυρήνα σιδήρου στο στάτη
- Διπλός δρομέας- μονός στάτης ( στο εσωτερικό)
  - Με πυρήνα σιδήρου στο στάτη χωρίς αυλάκια
  - Με πυρήνα σιδήρου στο στάτη με αυλάκια
  - Χωρίς πυρήνα σιδήρου στο στάτη και στο δρομέα (Halbach)
- Διπλός στάτης – μονός δρομέας (στο εσωτερικό)
  - Με πυρήνα σιδήρου στο στάτη χωρίς αυλάκια
  - Με πυρήνα σιδήρου στο στάτη με αυλάκια
  - Χωρίς πυρήνα σιδήρου στο στάτη
- Πολλαπλών δίσκων



Εικόνα 4.13 Τοπολογίες AFPMM. (α) μονής όψης με αυλακώσεις στο στάτη, (β) διπλής όψης με εσωτερικό στάτη, (γ) διπλής όψης με εσωτερικό δρομέα, (δ) διπλής όψης χωρίς πυρήνα στο στάτη. 1-πυρήνας στάτη, 2-τυλίγματα στάτη, 3-δρομέας, 4-μόνιμοι μαγνήτες, 5-πλαίσιο, 7-άξονας

#### 4.6 Αιολικό Δυναμικό Περιοχής

##### 4.1 Μέτρηση & ανάλυση αιολικού δυναμικού περιοχής

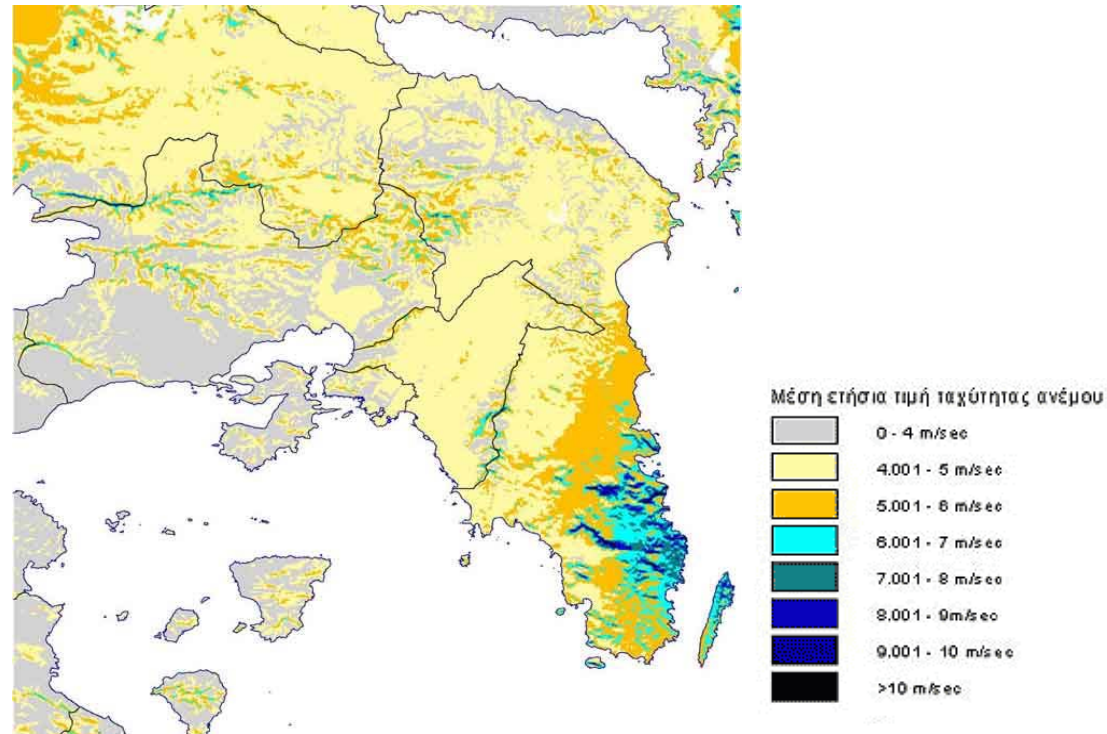
Μέτρηση και ανάλυση του αιολικού δυναμικού περιοχής. Μακροχρόνιες μετρήσεις ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου με στόχο την εκτίμηση της διαθέσιμης αιολικής ενέργειας (ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση, χρονική και χωρική κατανομή).

Οι μετρήσεις αιολικού δυναμικού είναι απαραίτητες για το σχεδιασμό και τον καλό προγραμματισμό λειτουργίας ενός αιολικού σταθμού. Η εκτίμηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι πολύ ευαίσθητη στις διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου ενώ η επιλογή της θέσης μέτρησης απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό και εμπειρία. Το εργαστήριο δοκιμών ανεμογεννητριών έχει μια μεγάλη εμπειρία στην επιλογή θέσεων μέτρησης, εγκατάστασης και συντήρησης μετρητικών συστημάτων καθώς και ανάλυσης ανεμολογικών μετρήσεων για τη εκτίμηση του αιολικού δυναμικού. Η εμπειρία αυτή έχει αποκτηθεί μέσα από την εγκατάσταση ενός μεγάλου αριθμού μετρητικών συστημάτων στην Ελλάδα και το εξωτερικό. Χαρακτηριστικότερη περίπτωση είναι αυτή της δημιουργίας του αιολικού χάρτη στην Ελλάδα τον οποίο δημιούργησε το εργαστήριο δοκιμών ανεμογεννητριών

στο πλαίσιο ενός εθνικού προγράμματος χρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στη διάρκεια αυτού του προγράμματος το εργαστήριο δοκιμών ανεμογεννητριών εγκατέστησε και παρακολούθησε 100 περίπου μετρητικούς σταθμούς σε όλη την Ελλάδα, ηπειρωτική και νησιωτική για ένα διάστημα ενός χρόνου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών αξιοποιήθηκαν για την προσαρμογή και βελτιστοποίηση των θεωρητικών αποτελεσμάτων που προήλθαν από τη χρήση ενός αριθμητικού κώδικα επίλυσης ροών πάνω από σύνθετη τοπογραφία ο οποίος έχει αναπτυχθεί από τον τομέα Αιολικών του ΚΑΠΕ.

Οι μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου μπορούν να προσαρμοστούν στις απαιτήσεις του ενδιαφερόμενου. Συνήθως οι μετρήσεις περιλαμβάνουν την εγκατάσταση ενός μεταλλικού ιστού ύψους από 10 έως 60m στον οποίο τοποθετούνται ένα ή περισσότερα ανεμόμετρα και ανεμοδείκτες. Οι μικρού ύψους ιστοί δηλαδή έως 10m, λόγω του χαμηλού κόστους τους αλλά και της εύκολης μεταφοράς τους και τοποθέτησής τους χρησιμοποιούνται συνήθως για τον εντοπισμό της καταλληλότερης θέσης μέτρησης. Αφού εντοπιστεί η θέση μέτρησης ο μικρού ύψους ιστός μπορεί να αντικατασταθεί με έναν άλλο μεγαλύτερου ύψους έτσι ώστε το ύψος μέτρησης να πλησιάζει όσο το δυνατόν περισσότερο το ύψος των ανεμογεννητριών που θα εγκατασταθούν. Οι μετρήσεις διαρκούν συνήθως ένα χρόνο για να καλυφθούν όλες οι εποχιακές διακυμάνσεις που μπορεί να παρουσιάζονται σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων συγκεντρώνονται στο ΚΑΠΕ με τη βοήθεια συστημάτων μετάδοσης κάνοντας χρήση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων κινητής τηλεφωνίας διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό καθημερινή και έγκαιρη ενημέρωση σχετικά με την κατάσταση του εξοπλισμού, συστηματική και αυτοματοποιημένη παρακολούθηση των μετρήσεων καθώς και ασφαλή φύλαξη των στοιχείων.





Εικόνα 4.14 Χάρτης Αιολικού Δυναμικού Περιφέρειας Αττικής

#### 4.2 Μετρήσεις καμπύλης ισχύος

Μέτρηση καμπύλης ισχύος ανεμογεννήτριας (κατά IEC & MEASNET): Σειρά μετρήσεων με στόχο την συσχέτιση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με την ταχύτητα του πνέοντος ανέμου.

Οι μετρήσεις καμπύλης ισχύος έχουν ως στόχο να διαπιστωθεί η σχέση μεταξύ της καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από μία ανεμογεννήτρια και της ταχύτητας του ανέμου σε κάποια συγκεκριμένη θέση. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται είτε για να επιβεβαιωθεί η θεωρητικά υπολογιζόμενη απόδοση της ανεμογεννήτριας είτε για να ελεγχθεί η εγγυημένη καμπύλη απόδοσης ισχύος την οποία προσφέρει ο κατασκευαστής στον επενδυτή ή τον ιδιοκτήτη του αιολικού σταθμού.

Η διαδικασία περιλαμβάνει μετεωρολογικές μετρήσεις, λειτουργικές καθώς και ηλεκτρικές μετρήσεις σύμφωνα πάντα με το ισχύον πρότυπο IEC 61400-12 και την αντίστοιχη διαδικασία MEASNET Power Performance Procedure.

Κανονικά η διαδικασία μέτρησης περιλαμβάνει δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο πραγματοποιείται μια διαδικασία μετρήσεων στην περιοχή εγκατάστασης του αιολικού σταθμού προκειμένου να συσχετιστούν οι μετρήσεις ενός μετρητικού ιστού αναφοράς που ανεγείρεται σε κάποια απόσταση από τη θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας με τις

μετρήσεις ενός προσωρινού μετρητικού ιστού που ανεγείρεται στη θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας πριν από την εγκατάσταση αυτής. Στην περίπτωση που η ανεμογεννήτρια είναι ήδη εγκατεστημένη, μπορεί να γίνουν ανάλογες μετρήσεις με την εγκατάσταση προσωρινού μετρητικού ιστού στην άτρακτο της ανεμογεννήτριας.

Αφού ολοκληρωθεί μια σειρά μετρήσεων και συσχετίσεων μεταξύ των δύο ιστών, ο προσωρινός ιστός απομακρύνεται και στη θέση του εγκαθίσταται η ανεμογεννήτρια για να ακολουθήσει μια νέα σειρά μετρήσεων και συσχετίσεων μεταξύ της παραγωγής της ανεμογεννήτριας και του ιστού αναφοράς.

Συνήθως το ύψος του μετρητικού ιστού αναφοράς πλησιάζει το ύψος των υπό εγκατάσταση ανεμογεννητριών ενώ όλα τα μετρητικά όργανα που χρησιμοποιούνται βαθμονομούνται στις εγκαταστάσεις του ΚΑΠΕ πριν την εγκατάστασή τους.

#### *4.3 Μέτρηση φορτίων σε ανεμογεννήτριες*

Μέτρηση φορτίων σε ανεμογεννήτριες (κατά IEC). Καταγραφή φορτίων σε τμήματα της ανεμογεννήτριας και συσχέτιση τους με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του πνέοντος ανέμου (ταχύτητα, ένταση τύρβης κλπ) και με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας (ταχύτητα περιστροφής, ρυθμίσεις ελέγχου κλπ) με στόχο την ανάλυση της δυναμικής και κοπωτικής συμπεριφοράς της ανεμογεννήτριας.

Οι μετρήσεις των φορτίων που αναπτύσσονται σε μια ανεμογεννήτρια αποτελούν ένα κρίσιμο παράγοντα για τον έλεγχο του σχεδιασμού της ή τη βελτίωση των χαρακτηριστικών της κατασκευής. Συνήθως τέτοιου είδους μετρήσεις ζητούνται από τους κατασκευαστές των ανεμογεννητριών προκειμένου να ελεγχθούν τα νέα προϊόντα τους και να αποκτήσουν το πιστοποιητικό τύπου από τους οργανισμούς πιστοποίησης ανεμογεννητριών. Για την εκτέλεση τέτοιου είδους μετρήσεων απαιτείται προσωπικό με υψηλό επίπεδο κατάρτισης τόσο για την προετοιμασία και το σχεδιασμό των μετρήσεων όσο και για την ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Συνήθως τα φορτία υπολογίζονται με τη βοήθεια ηλεκτρικών επιμηκυνσιομέτρων (strain gages) τα οποία τοποθετούνται σε κατάλληλα επιλεγμένα σημεία των τμημάτων της ανεμογεννήτριας (τα πτερύγια, τον πύργο, τον κύριο άξονα κτλ). Τα σήματα από τους αισθητήρες αυτούς μεταφέρονται μέσω καλωδίων στο καταγραφικό σύστημα όπου μαζί με στοιχεία από τη λειτουργία της μηχανής (θέση ατράκτου, ταχύτητα περιστροφής, παραγόμενη ισχύς, βήμα πτερυγίων κτλ) και τα λεπτομερή ανεμολογικά χαρακτηριστικά (καθ' ύψος κατανομή ανέμου, επίπεδα τύρβης κτλ) συγκεντρώνονται και αποθηκεύονται. Με τη

χρήση τηλεμετρικών συστημάτων μπορούν να καταγραφούν ενδείξεις και από περιστρεφόμενα τμήματα της μηχανής όπως είναι ο κύριος άξονας μετάδοσης. [28]

Οι μετρήσεις γίνονται σύμφωνα πάντα με το ισχύον πρότυπο IEC TS61400-13 το οποίο είναι ένα ιδιαίτερα αυστηρό πρότυπο και στόχος είναι να προσομοιωθούν όλες εκείνες οι περιπτώσεις λειτουργίας (load cases) που έχουν προβλεφθεί από τον κατασκευαστή κατά το σχεδιασμό της μηχανής.

Συνήθως η διαδικασία των μετρήσεων των φορτίων ολοκληρώνεται εντός διαστήματος 4 μηνών εφόσον το επιτρέψουν και οι καιρικές συνθήκες.

#### *4.4 Μετρήσεις ποιότητας ισχύος A/G*

Ποιότητα ισχύος ανεμογεννήτριας (κατά IEC & MEASNET). Σειρά μετρήσεων με στόχο την συσχέτιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών (διακύμανση, αρμονικές, συντελεστής φορτίου κ.λπ.) της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος με την ταχύτητα του πνέοντος ανέμου και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας.

Η ισχύς που παράγουν οι ανεμογεννήτριες θα πρέπει να εκπληρώνουν κάποιες συγκεκριμένες απαιτήσεις οι οποίες ορίζονται σε διεθνή πρότυπα και από χειριστές ηλεκτρικών δικτύων. Η εκπομπή αρμονικών χαμηλής συχνότητας (flicker), οι ακραίες αυξήσεις της ισχύος και οι διακυμάνσεις των αρμονικών συχνοτήτων είναι οι πιο κύριοι παράγοντες που ενδιαφέρουν για την εκτίμηση της ποιότητας ισχύος μιας ανεμογεννήτριας κατά τη λειτουργία της. Ανάλογες μετρήσεις πραγματοποιούνται και σε μεταβατικές καταστάσεις της ανεμογεννήτριας όπως κατά την εκκίνηση της μηχανής. Οι μετρήσεις γίνονται σύμφωνα πάντα με το ισχύον πρότυπο IEC 61400-21 και την αντίστοιχη διαδικασία MEASNET. Το εργαστήριο δοκιμών ανεμογεννητριών έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο, αυτόνομο μετρητικό σύστημα (ΘΑΛΗΣ) το οποίο μετρά ταυτόχρονα το ρεύμα και την τάση και στις τρεις φάσεις με συχνότητα δειγματοληψίας έως και 51.2kHz.

Η διάρκεια των μετρήσεων καθορίζεται από τις ελάχιστες απαιτήσεις που θέτουν τα πρότυπα και από τις συνθήκες της περιοχής ενώ για παράδειγμα μια βασική μέτρηση των αρμονικών χαμηλής συχνότητας (flicker) απαιτεί 2 έως 3 εβδομάδες. [29]

#### *4.5 Μετρήσεις θορύβου από A/G στη θέση του αποδέκτη*

Μέτρηση της ηχοστάθμης του θορύβου που εκπέμπεται από τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας ή αιολικού πάρκου στη θέση του αποδέκτη και συσχετίσή του με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του πνέοντος ανέμου.

Η μέτρηση του θορύβου της ανεμογεννήτριας στη θέση του αποδέκτη είναι μια διαδικασία η οποία επιτρέπει την καταγραφή των επιπέδων του θορύβου που εκπέμπεται από μία ή περισσότερες ανεμογεννήτριες και γίνεται αντιληπτός σε μια συγκεκριμένη θέση στο γύρω χώρο. Η διαδικασία αυτή γίνεται κυρίως για να ελεγχθεί αν και κατά πόσο ο παραγόμενος θόρυβος από την ανεμογεννήτρια ή το πάρκο είναι εντός των αποδεκτών επιπέδων θορύβου που ορίζονται από τη σχετική νομοθεσία, καθώς επίσης και για να επαληθευθεί η ακρίβεια των μοντέλων πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμησή του.

Η διαδικασία της συγκεκριμένης μέτρησης περιλαμβάνει εκτός των ακουστικών, την μέτρηση μετεωρολογικών μεγεθών όπως η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, στην θέση της ανεμογεννήτριας και στην θέση του αποδέκτη του θορύβου.

Η μέτρηση γίνεται σε συμφωνία με τα πρότυπα :

- IEA Recommendations, part 10 (1997), Recommended practices for wind turbine testing. Part 10 : Measurement of noise immission from wind turbines at noise receptor locations.
- ISO 1996-1:2003, Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures.
- ISO 1996-2:2007, Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των μετρήσεων δίνονται για ταχύτητα ανέμου 8 m/s (μετρούμενη σε ύψος 10 μ από την επιφάνεια του εδάφους) και προαιρετικά, ειδικά στην περίπτωση ύπαρξης τονικότητας, για το εύρος ταχυτήτων από 6 έως 10 m/s. Περιλαμβάνουν δε εκτός από την ηχοστάθμη της ακουστικής πίεσης και την ανάλυση της τονικότητας του εκπεμπόμενου ακουστικού φάσματος.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται, είναι βαθμονομημένος σε πιστοποιημένα εργαστήρια διακρίβωσης, με ιχνηλασιμότητα σε διεθνή και εθνικά πρότυπα.

#### *4.6 Μετρήσεις θορύβου στην ανεμογεννήτρια*

Μέτρηση της ακουστικής ισχύος του θορύβου που εκπέμπεται από τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας και συσχέτισή του με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του πνέοντος ανέμου καθώς και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας.

Στόχος των μετρήσεων στην πηγή του θορύβου δηλαδή την ανεμογεννήτρια είναι να διαπιστωθούν τα επίπεδα του παραγόμενου θορύβου σε έναν νέο τύπο ανεμογεννήτριας προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία πιστοποίησής της ή να επιβεβαιωθεί η «εγγύηση» ακουστικών εκπομπών που δίνει ο κατασκευαστής της και οι τιμές της οποίας χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των αναμενόμενων επιπέδων θορύβου στη γύρω περιοχή.

Η διαδικασία της συγκεκριμένης μέτρησης περιλαμβάνει εκτός των ακουστικών, την μέτρηση μετεωρολογικών μεγεθών όπως ταχύτητα, διεύθυνση ανέμου, θερμοκρασία, βαρομετρική πίεση, καθώς επίσης και την μέτρηση λειτουργικών χαρακτηριστικών της Α/Γ όπως η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς και η ταχύτητα περιστροφής του ρότορα.

Η μέτρηση γίνεται σε συμφωνία με τα πρότυπα :

- IEC 61400-11: “Wind turbine generator systems- Part 11: Acoustic noise measurement techniques” (2nd edition, 12/2002)
- IEC 61400-11, 2002: Amendment 1 (05/2006)
- MEASNET: Acoustic Noise Measurement Procedure, Version 2, January 2005

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των μετρήσεων για κάθε ακέραια ταχύτητα του ανέμου από 6 έως 10 m/s (σε ύψος 10 μ από την επιφάνεια του εδάφους), περιλαμβάνουν:

- Τη στάθμη της εκπεμπόμενης ακουστικής ισχύος
- Την ηχοστάθμη ακουστικής πίεσης για το προαναφερθέν εύρος των ταχυτήτων του ανέμου.
- Την ανάλυση ανά τριτοκτάβες του εκπεμπόμενου ακουστικού φάσματος.
- Την ανάλυση τονικότητας του εκπεμπόμενου ακουστικού φάσματος.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται, είναι βαθμονομημένος σε πιστοποιημένα εργαστήρια διακρίβωσης, με ιχνηλασιμότητα σε διεθνή και εθνικά πρότυπα.

#### *4.7 Βαθμονόμηση ανεμομέτρων*

Βαθμονόμηση ανεμομέτρων (κατά MEASNET). Μέτρηση του σήματος εξόδου ανεμομέτρου σε σαφώς καθορισμένες συνθήκες ροής με στόχο τον υπολογισμό της σχέσης μετατροπής (σχέση που συνδέει το σήμα εξόδου με την ταχύτητα του ανέμου) του οργάνου. Οι βαθμονομήσεις εκτελούνται στην ιδιόκτητη αεροσήραγγα του ΚΑΠΕ στις εγκαταστάσεις στο Πικέρμι. [8]

Τα ανεμόμετρα και ειδικότερα τα κυπελλοφόρα ανεμόμετρα είναι τα πλέον διαδεδομένα όργανα μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου σε κάθε είδους μετρητική διαδικασία, όπως μέτρηση αιολικού δυναμικού, μέτρηση φορτίων, μέτρηση καμπύλης ισχύος. Αν και ο τρόπος λειτουργίας τους είναι σχετικά απλός επειδή η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας είναι πολύ ευαίσθητη στις μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου, τα ανεμόμετρα θα πρέπει να μετράνε με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Η ακρίβεια αυτή βελτιώνεται όταν έχει προηγηθεί μια αναλυτική διαδικασία βαθμονόμησης των οργάνων και ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα κατά την τοποθέτηση των ανεμόμετρων.

#### *4.8 Δοκιμές & έλεγχοι πτερυγίων ανεμογεννητριών πλήρους κλίμακας*

Πειραματικός προσδιορισμός στατικής, δυναμικής και κοπωτικής συμπεριφοράς πτερύγων ανεμογεννητριών πλήρους κλίμακας (κατά IEC). Εφαρμογή στατικών και εναλλασσόμενων φορτίων κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες με στόχο την πιστοποίηση της δυσκαμψίας και αντοχής του πτερυγίου και εφαρμογή δυναμικών φορτίων συγκεκριμένης μορφής με στόχο τον προσδιορισμό των ιδιοσυχνοτήτων αυτού.

Οι δοκιμές και οι έλεγχοι που εκτελούνται σε πτερύγια πλήρους κλίμακας ανεμογεννητριών αποτελούν ένα κρίσιμο παράγοντα για τον έλεγχο του σχεδιασμού και της κατασκευής τους, τη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών της κατασκευής, καθώς επίσης και την ανάπτυξη νέων τεχνικών δομικού σχεδιασμού. Συνήθως τέτοιου είδους μετρήσεις ζητούνται από τους κατασκευαστές των πτερυγίων ανεμογεννητριών προκειμένου να ελεγχθούν τα νέα προϊόντα τους και να αποκτήσουν το πιστοποιητικό τύπου από τους οργανισμούς πιστοποίησης ανεμογεννητριών. [28]

Στο ΚΑΠΕ από το 1994 λειτουργεί με επιτυχία το μοναδικό εργαστήριο στην Ελλάδα και ένα από τα 5 ανεξάρτητα εργαστήρια πτερυγίων παγκοσμίως προσφέροντας υπηρεσίες υψηλής ποιότητας σε αυτή την θεματική περιοχή. Με χρήση του πλήρους προγραμματιζόμενου σερβοϋδραυλικού συστήματος επιβολής δυνάμεων του ΚΑΠΕ εκτελούνται στο χώρο του εργαστηρίου οι παρακάτω δοκιμές σε πτερύγια πλήρους κλίμακας μήκους μέχρι 20m:

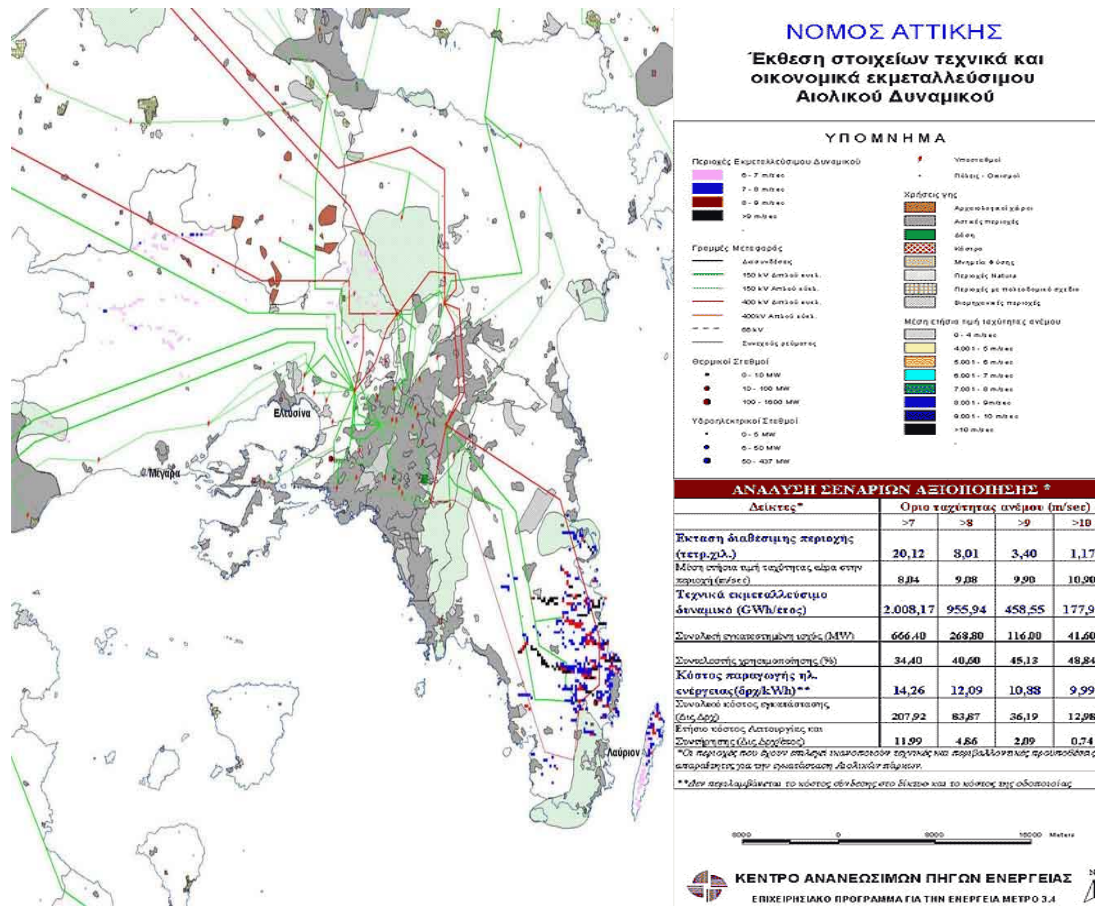
- **Στατικές δοκιμές** για τον προσδιορισμό της αντοχής και δυσκαμψίας του πτερυγίου κατά IEC 61400-23
- **Δυναμικές δοκιμές** για τον προσδιορισμό των ιδιοσυχνοτήτων, των ιδιομορφών και των συντελεστών απόσβεσης του πτερυγίου
- **Κοπωτικές δοκιμές** κατά IEC 61400-23 για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του πτερυγίου υπό εναλλασσόμενη φόρτιση.

Κατά τη διάρκεια κάθε δοκιμής καταγράφονται οι παραμορφώσεις, οι μετατοπίσεις, οι κλίσεις και οι επιταχύνσεις που αναπτύσσονται από το πτερύγιο, οι επιβαλλόμενες δυνάμεις και οι επικρατούσες περιβαλλοντολογικές συνθήκες για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του πτερυγίου.

Επιπρόσθετα το εργαστήριο υποστηρίζοντας την βελτιστοποίηση του δομικού σχεδιασμού των πτερυγίων προσφέρει τις ακόλουθες υπηρεσίες:

- Στατικές δοκιμές δοκιμών συνθέτων υλικών για τον χαρακτηρισμό των μηχανικών τους ιδιοτήτων υπό στατική φόρτιση
- Κοπωτικές δοκιμές δοκιμών συνθέτων υλικών για τον χαρακτηρισμό των μηχανικών τους ιδιοτήτων υπό εναλλασσόμενη φόρτιση
- Στατικές και κοπωτικές δοκιμές σε κατασκευαστικές λεπτομέρειες πτερυγίων πλήρους κλίμακας (π.χ. λεπτομέρεια συνδέσμου πτερυγίου πλήμνης)
- Προσδιορισμό της μάζας και του κέντρου βάρους του πτερυγίου
- Δοκιμές με χρήση ακουστικής εκπομπής κατάλληλα προσαρμοσμένη για εφαρμογές κατασκευών από σύνθετα υλικά
- Δοκιμές με χρήση υπερήχων κατάλληλα προσαρμοσμένη για κατασκευές με σύνθετα υλικά
- Ποιοτικό έλεγχο της εξωτερικής γεωμετρίας πτερυγίων πλήρους κλίμακας με χρήση ψηφιοποιητή τριών διαστάσεων.

Το πεδίο της διαπίστευσης του εργαστηρίου Δοκιμών Ανεμογεννητριών του ΚΑΠΕ από τον οργανισμό DAP (Deutsches Akkreditierungssystem Pruefwesen) σαν Εργαστήριο Δοκιμών σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο DIN-EN ISO/IEC 17025:2000 περιλαμβάνει τις δοκιμές πλήρους κλίμακας πτερυγίων Α/Γ για τον προσδιορισμό της στατικής και δυναμικής συμπεριφοράς τους. [15]



Εικόνα 4.15 Εκμεταλλεύσιμο Δυναμικό της Αιολικής Ενέργειας Στην Περιφέρεια Αττικής



## 5. ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

### 5.1 Γενικά

Εξοικονόμηση ενέργειας από τη χρήση των συσκευών μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους εξής τρόπους:

- 1) Επιλογή οικιακών συσκευών υψηλής ενεργειακής απόδοσης- βάσει της ενεργειακής τους ετικέτας, όπως αναφέρθηκε στο σχετικό κεφάλαιο της θεωρίας.
  - 2) Επιλογή ηλεκτρικών συσκευών κατάλληλου μεγέθους και κατάλληλης ισχύος. Είναι απαραίτητη η σωστή εκτίμηση των αναγκών της οικίας, πριν την αγορά οικιακής συσκευής, έτσι ώστε να επιλέγονται συσκευές κατάλληλου μεγέθους και κατάλληλης ισχύος, όπως ψυγείο χωρητικότητας ανάλογης των αναγκών των ενοίκων.
  - 3) Απενεργοποίηση ηλεκτρικών συσκευών που δε χρησιμοποιούνται. Αποτελεί ένα πολύ απλό μέσο εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και αρκετά αποτελεσματικό. Με απενεργοποίηση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, όταν δε χρησιμοποιείται, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας 50-75%, σύμφωνα με τη Greenpeace. Ομοίως με το σβήσιμο των λαμπτήρων όπου δε χρειάζονται (σε κάθε ένοικο του σπιτιού αντιστοιχεί το πολύ ένα φωτιστικό σώμα, επομένως , ιδανικά κάθε στιγμή πρέπει να λειτουργούν φωτιστικά σώματα, σε αριθμό το πολύ όσα είναι οι ένοικοι).
  - 4) Συνετή χρήση των συσκευών κατά τη λειτουργία τους. Για παράδειγμα, σβήσιμο του ματιού της κουζίνας ή του φούρνου λίγα λεπτά πριν ολοκληρωθεί το μαγείρεμα.
  - 5) Περιορισμός της φάσης αναμονής. Οι συσκευές καταναλώνουν ενέργεια ακόμη και στη φάση αναμονής, οπότε και εκτελούν κάποια βοηθητική λειτουργία, όπως ένδειξη ώρας. Είναι δυνατή η εξοικονόμηση ενέργειας με απενεργοποίηση των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών (όπως την τηλεόραση, τον υπολογιστή , τους φορτιστές) από το διακόπτη on-off .
- [13]

*Σημείωση:* Για τα παραπάνω θα μπορούσε να γίνεται ενημέρωση των ενοίκων μέσου εντύπου.

### 5.2 Ενδεικτικές ώρες χρήσης οικιακών συσκευών

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι τυπικές ώρες χρήσεις διαφόρων οικιακών συσκευών και Η/Υ αντίστοιχα.

Πίνακας 5.1: Ώρες χρήσης συσκευών (Πηγή: Μαλαμής Β. (1999), *Αυτόνομες εφαρμογές ηλιακής ενέργειας μικρού & μεσαίου μεγέθους*, Αθήνα: Εκδόσεις "ΙΩΝ")

α/α	Συσκευή	Ισχύς (Watt)	Χρόνος λειτουργίας (Ώρες για κάθε μέρα)	Χρόνος λειτουργίας (Μέρες για κάθε εβδομάδα)
1	Ψυγείο (Α' Εν. Κλάσης)	200	6,00	7
2	Τηλεόραση 17"	60	4,00	7
3	Mixer	150	0,75	1
4	Τοστιέρα	800	0,15	6
5	Στεγνωτήρας μαλλιών	1000	0,50	2
6	Πλυντήριο ρούχων (Α' Εν. Κλάσης)	2100	2,00	2
7	Φωτισμός	200	6,00	7
8	Ράδιο	30	1,25	7
9	Ανεμιστήρας	50	1,50	7
10	Ηλεκτρική σκούπα	1000	0,50	2
11	Ηλεκτρικό σίδερο	1000	0,25	4
12	Ηλεκτρική κουζίνα	2000	1,50	7
13	Υπολογιστής	200	4,00	7

Πίνακας 5.2: Ώρες χρήσης H/Y Fujitsu .Πηγή: Fujitsu Technology Solutions ( σύμφωνα με τις οδηγίες της Κομισιόν)

Ώρες/ημέρα	Καταναλωτής: οικία (300 μέρες/έτος)	Καταναλωτής: γραφείο (260 μέρες/έτος)
Σε κατάσταση λειτουργίας	2	8
Σε κατάσταση 'standby'	9	2
Εκτός λειτουργίας	13	14

### 5.3 Επιλογή Συσκευών της Αυτόνομης Οικίας

Επιλέγονται, σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες και τις ανάγκες του χώρου οι συσκευές:

Πίνακας 5.3: Επιλογή συσκευών για την οικία

Συσκευές	ώρες/ημέρα	μέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος
κουζίνα	1,5	7	52
Η/Υ	2	6	50
πλυντήριο ρούχων	2	2	52
σεσουάρ	0,5	2	52
ράδιο	1,25	7	52
Ψυγείο	συνεχής λειτουργία		

#### 5.4 Υπολογισμός Κατανάλωσης των Συσκευών

Στην παρακάτω παράγραφο παρουσιάζεται η επιλογή συσκευών που πληρούν όλες τις προϋποθέσεις της ευρωπαϊκής ένωσης για την ενεργειακή εξοικονόμηση.

Βάσει των τεχνικών τους χαρακτηριστικών έγινε η επιλογή των παρακάτω οικιακών συσκευών:

##### 5.4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά του ψυγείου

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ψυγείου. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας δίνεται από τον κατασκευαστή και είναι 157 KWh.



Εικόνα 5.1: Ψυγείο Siemens KG39EAW40G

Πίνακας 5.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά ψυγείου Siemens KG39EAW40G

Siemens KG39EAW40G specification Dimensions (mm) 600 x 2010 x 650
-------------------------------------------------------------------

LowFrost Yes  
Shelf Type Safety Glass  
Manufacturer Warranty 2 Year(s)  
Energy Rating A+++ Rated  
Auto Defrost Refrigerator Yes  
Fridge Capacity (Gross) 252 Litres  
Fridge Capacity (Net) 247 Litres  
Freezer Capacity (Gross) 95 Litres  
Freezer Capacity (Net) 92 Litres  
Required Room Temperature 10 To 43 °C  
**Annual Energy Consumption 157 KWh**  
Noise Level 38 dB  
Fast Freezing Yes  
Vacation Button Yes  
Number of Shelves (Fridge) 5  
Number of Compartments (Freezer) 3  
Bottle Storage Yes  
Adjustable Shelves Yes  
Salad Crisper Yes  
Super Cool Yes  
Interior Light LED  
Reversible Door Yes  
Open Door Alert Yes  
coolBox Yes

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 157 KWh**

#### 5.4.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του πλυντηρίου ρούχων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλυντηρίου ρούχων. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε ότι είναι 96,2 KWh. Ο υπολογισμός της ακολουθεί αναλυτικά μετά τον πίνακα 3.5 και έγινε με δεδομένη την κατανάλωση ενέργειας ανά πλύση (0.93 KWh) που δίνεται από τον κατασκευαστή. Το πρόγραμμα λειτουργίας προκύπτει από τον πίνακα 3.3.



Εικόνα 5.2: Πλυντήριο ρούχων Miele WT2789iWPM

Πίνακας 5.5: Τεχνικά χαρακτηριστικά του πλυντηρίου

Requires Own Furniture Door	Yes
Quick Wash Time	30 Minutes
Manufacturer Warranty	2 Year(s)
Energy Rating	A+ Rated
Wash Performance	A Rated
Spin Performance	A Rated
Wash Load	5.5 Kg
Drying Load	3 Kg
Spin Speed	1600 RPM
<b>Energy Consumption</b>	<b>0.93 KWh</b>
Water Consumption	45 Litres
Loading	Front Loading
Large Porthole	Yes
Number of Programmes	16
Anti Crease Programme	Yes
Delicate Wash	Yes
Easy Iron Programme	Yes
Hand Wash	Yes
Quick Wash	Yes
Rinse Hold	Yes
Silk Wash	Yes
Wool Programme	Yes

Audible End of Programme Yes  
Control Panel Type LCD  
Variable Spin Yes  
Delay Timer Yes  
Drum Interior Light Yes  
Time to End of Programme Yes  
Water Supply Cold Only Fill  
Sensor Drying Yes  
Sports Programme Yes  
Jeans Programme Yes  
Dryer Type Condenser  
Honeycomb Drum Yes

Για τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας πολλαπλασιάζεται η κατανάλωση ενέργειας ανά πλύση με τις πλύσεις ανά έτος βάσει του πίνακα 5.3:

$2 \text{ πλύσεις/βδομ.} \times 52 \text{ βδομ./έτος} \times 0,93 \text{ KWh/πλύση} = 96,2 \text{ KWh/έτος}$

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 96,2 KWh/έτος**

#### 5.4.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά της κουζίνας

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κουζίνας. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε ότι είναι 513,24 KWh. Ο υπολογισμός της, ακολουθεί αναλυτικά μετά τον πίνακα 5.6 και έγινε βάσει της εγκατεστημένης ισχύος των δύο μεγαλύτερων θερμαντικών στοιχείων και της κατανάλωσης ενέργειας του φούρνου σε λειτουργία κυκλοφορίας θερμού αέρα. Το πρόγραμμα λειτουργίας προκύπτει από τον πίνακα 5.3.



Εικόνα 5.3: Κουζίνα Bosch

Πίνακας 5.6: Τεχνικά χαρακτηριστικά της κουζίνας Bosch

Μάρκα: Bosch
Εντοιχιζόμενο / Ελεύθερο: Ελεύθερη συσκευή
Συνολικός αριθμός θέσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα: 4
Αριθμός ηλεκτρικών ζωνών μαγειρέματος: 4
Έλεγχος εστιών: Ηλεκτρικό ρεύμα
Πηγή ενέργειας: Ηλεκτρικό ρεύμα
Προδιαγραφές σύνδεσης με ηλεκτρικό ρεύμα (W): 8.300 W
Διαστάσεις του προϊόντος (Υ x Π x Β) (mm): 850 x 600 x 600 mm
Διαστάσεις συσκευασμένου προϊόντος (Υ x Π x Β) mm: 960 x 670 x 700 mm
Πηγή ενέργειας - Θάλαμος 1: Ηλεκτρικό ρεύμα
Ενεργειακή κλάση -εσωτερικός χώρος 1: A
Κατανάλωση ενέργειας σε συμβατική λειτουργία (KWh) - εσωτερικός χώρος 1: 0,89 KWh
Κατανάλωση ενέργειας σε λειτουργία κυκλοφορίας θερμού αέρα- εσωτερικός χώρος 1 (KWh): 0,79 KWh
Τύπος του πρώτου θερμαντικού στοιχείου: Εστία από χυτοσίδηρο, Ζώνη μαγειρ. υψηλής ταχύτητας
Διαστάσεις του πρώτου θερμαντικού στοιχείου (mm): 180 mm
Ισχύς του πρώτου θερμαντικού στοιχείου (KW): 2 KW
Θέση του δεύτερου θερμαντικού στοιχείου: Πίσω αριστερά
Τύπος του δεύτερου θερμαντικού στοιχείου: Ζώνη standard, Εστία από χυτοσίδηρο
Διαστάσεις του δεύτερου θερμαντικού στοιχείου (mm): 145 mm
Ισχύς του δεύτερου θερμαντικού στοιχείου (KW): 1 KW
Θέση του τέταρτου θερμαντικού στοιχείου: Ζώνη μαγειρ. πίσω δεξιά
Τύπος του τέταρτου θερμαντικού στοιχείου: Εστία από χυτοσίδηρο, Ζώνη standard
Διαστάσεις του τέταρτου θερμαντικού στοιχείου (mm): 220 mm
Ισχύς του τέταρτου θερμαντικού στοιχείου (KW): 2 KW
Θέση του πέμπτου θερμαντικού στοιχείου: Εμπρός δεξιά
Τύπος του πέμπτου θερμαντικού στοιχείου: Εστία από χυτοσίδηρο, Ζώνη standard
Διαστάσεις του πέμπτου θερμαντικού στοιχείου (mm): 80 mm
Ισχύς του πέμπτου θερμαντικού στοιχείου (KW): 0.45 KW

Για τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, θεωρείται ότι μία ημέρα ανά εβδομάδα χρησιμοποιείται το θερμαντικό στοιχείο των 2 KW, τρεις ημέρες ανά εβδομάδα χρησιμοποιείται το θερμαντικό στοιχείο των 1 KW και τις υπόλοιπες τρεις ημέρες ανά εβδομάδα χρησιμοποιείται ο φούρνος σε λειτουργία κυκλοφορίας θερμού αέρα. Οπότε βάσει του πίνακα 5.3:

$$\begin{aligned} & 1 \text{ ημέρα} \times 2 \text{ KW (το μεγαλύτερο θερμαντικό στοιχείο)} \times 1,5 \text{ h} + \\ & + 3 \text{ ημέρες} \times 1 \text{ KW (το δεύτερο θερμαντικό στοιχείο)} \times 1,5 \text{ h} + \\ & + 3 \text{ ημέρες} \times 0,79 \text{ KWh} = 9,87 \text{ KWh/εβδομάδα} \\ & 9,87 \text{ KWh/εβδομάδα} \times 52 \text{ εβδομάδες} = 513,24 \text{ KWh/έτος} \end{aligned}$$

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 513,24 KWh/έτος**

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 45,1 KWh/έτος**

#### 5.4.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλιακού ραδιόφωνου

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλιακού ραδιοφώνου. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε ότι είναι 3,9 KWh. Ο υπολογισμός της έγινε βάσει της εγκατεστημένης ισχύος που δίνει ο κατασκευαστής (4,8 V\* 1000 mAh = 48W) . Το πρόγραμμα λειτουργίας προκύπτει από τον πίνακα 3.3.



Εικόνα 5.4: Gowireless Δυναμό-Ηλιακό Ραδιόφωνο C03G0070115

Πίνακας 5.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά του ηλιακού ραδιοφώνου

Gowireless Δυναμό-Ηλιακό Ραδιόφωνο C03G0070115  
Περιστρεφόμενη χειροκίνητη λαβή για φόρτιση μέσω ενσωματωμένης γεννήτριας NiMh-Akku  
4,8 V, Χωρητικότητας 1000 mAh  
Υψηλής απόδοσης ηχεία, Impedanz 8 Ohm  
FM (88 εως 108 MHz): πτυσσόμενη τηλεσκοπική κεραία  
AM (500 εως 1700 KHz)



Πολυκρυσταλλικά Si-Solar cells

ON/OFF διακόπτης

Ρυθμιστής έντασης

Επιλογέας μπάντας

Έξοδος για ακουστικά

Είσοδος για συνεχές ρεύμα

Διαστάσεις:

Ύψος: 10 εκ.

Μήκος: 20,5 εκ.

Βάθος: 6 εκ.

Μέγεθος ηχείου: 6,6 εκ.

Το ραδιόφωνο είναι εξοπλισμένο με ενδεικτική λυχνία LED τέλειας φόρτισης κατά την περιστροφή της ενσωματωμένης γεννήτριας.

Επίσης μέσω του 6 V ΕΡ/ΣΡ Μετασχηματιστή μπορεί να συνδεθεί στην παροχή ρεύματος.

Βάσει των κλιματολογικών δεδομένων Καλαμάτας θεωρήθηκαν 300 μέρες ηλιοφάνειας, οπότε με τα στοιχεία του πίνακα 3.3 προκύπτει:

$$48W \times 1,25\text{ώρες/ημέρα} \times 65 \text{ ημέρες} = 3,9 \text{ KWh/έτος.}$$

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 3,9 KWh/έτος**

#### 5.4.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά του στεγνωτήρα μαλλιών

Επιλέχθηκε ο στεγνωτήρας μαλλιών ταξιδιού JOHAN 400W RCY1. . Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε ότι είναι 20,8 KWh. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 400W. Το πρόγραμμα λειτουργίας προκύπτει από τον πίνακα 3.3.



Εικόνα 5.5: Στεγνωτήρας μαλλιών ταξιδιού JOHAN 400W RCY1

Για τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας πολλαπλασιάζεται η ισχύς του στεγνωτήρα μαλλιών με τις ώρες λειτουργίας ανά έτος βάσει του πίνακα 3.3:

$400 \text{ W} \times 0,5 \text{ ώρες/ημέρα} \times 2 \text{ ημέρες/εβδομάδα} \times 52 \text{ εβδομάδες/έτος} = 20,8 \text{ KWh/έτος}$ .

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 20,8 KWh/έτος.**

#### 5.4.6 Σύγκριση με αντίστοιχες συσκευές χαμηλότερης ενεργειακής κλάσης

Στην παρακάτω παράγραφο παρουσιάζεται η επιλογή ενεργοβόρων συσκευών, ώστε να υπολογιστεί η κατανάλωση τους στον σχεδιασμό αναφοράς. Βάσει των τεχνικών τους χαρακτηριστικών έγινε η επιλογή των παρακάτω οικιακών συσκευών:

### Ψυγείο

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ψυγείου. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας δίνεται από τον κατασκευαστή και είναι 332 KWh.



Εικόνα 5.6: Ψυγείο Smeg FA311XS2

Πίνακας 5.9: Τεχνικά χαρακτηριστικά του ψυγείου Smeg FA311XS2

Smeg FA311XS2 specification Dimensions (mm) 600 x 1615 x 650
Manufacturer Warranty 1 Year(s)
Energy Rating A Rated
Frost Free Freezer No
Auto Defrost Refrigerator Yes
Fridge Capacity (Net) 242 Litres
Freezer Capacity (Net) 68 Litres
Required Room Temperature 18To38 °C

**Annual Energy Consumption 332 KWh**

Arrangement Freezer Over Fridge

Number of Shelves (Fridge) 3

Number of Compartments (Freezer) 1

Glass Shelves Yes

Adjustable Shelves Yes

Freezer Star Rating 4

Ice Cube Tray Yes

Hinge Position Left

Temperature Controls Mechanical

Power Failure Safe Storage 16 Hours

Split Type 70/30

Please Note Requires An 80mm Gap On The Hinge Side

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 332 KWh**

### Πλυντήριο

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλυντηρίου ρούχων. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε ότι είναι 474 KWh. Ο υπολογισμός της ακολουθεί αναλυτικά μετά τον πίνακα 5.10 και έγινε με δεδομένη την κατανάλωση ενέργειας ανά πλύση (4.56 KWh) που δίνεται από τον κατασκευαστή. Το πρόγραμμα λειτουργίας προκύπτει από τον πίνακα 5.3.



Εικόνα 5.7: Πλυντήριο Bosch WVD24520GB

Πίνακας 5.10: Τεχνικά χαρακτηριστικά του πλυντηρίου Bosch WVD24520GB

Bosch WVD24520GB specification Dimensions (mm) 600 x 860 x 560

Manufacturer Warranty 2 Year(s)

Energy Rating C Rated

Wash Performance A Rated

Spin Performance B Rated

Wash Load 5 Kg

Drying Load 2.5 Kg

Spin Speed 1200 RPM

**Energy Consumption 4.56 KWh**

Water Consumption 49 Litres

Noise Level 75 dB

Loading Front Loading

Wide Opening Door Yes

Large Porthole Yes

Number of Programmes 15

Number of Drying Temperatures 2

Anti Crease Programme No

Delicate Wash Yes

Easy Iron Programme Yes

Economy Wash Yes

Hand Wash Yes

Quick Wash Yes

Length of Quick Wash 15 Minutes

Pre Wash Yes

Rinse Hold Yes

Silk Wash Yes

Wool Programme Yes

Control Panel Type LCD

Variable Rinses Yes

Variable Spin Yes

Variable Temperature Yes

Delay Timer Yes

Drum Interior Light No

Fuzzy Logic Yes

Super / Extra Rinse Yes
Super Silent No
Time to End of Programme Yes
Drum Capacity 42 Litres
Water Supply Cold Fill Only
Number of Drying Programmes 2
Auto Half Load Yes

Για τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας πολλαπλασιάζεται η κατανάλωση ενέργειας ανά πλύση με τις πλύσεις ανά έτος βάσει του πίνακα 3.3:

$2 \text{ πλύσεις/βδομ.} \times 52 \text{ βδομ./έτος} \times 4,56 \text{ KWh/πλύση} = 474 \text{ KWh/έτος}$

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 474 KWh/έτος**

### Κουζίνα

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κουζίνας. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε ότι είναι 639,6 KWh. Ο υπολογισμός της, ακολουθεί αναλυτικά μετά τον πίνακα 5.11 και έγινε βάσει της εγκατεστημένης ισχύος των δύο μεγαλύτερων θερμαντικών στοιχείων και της κατανάλωσης ενέργειας του φούρνου σε λειτουργία κυκλοφορίας θερμού αέρα. Το πρόγραμμα λειτουργίας προκύπτει από τον πίνακα 5.3.



Εικόνα 5.8: Κουζίνα Belling FORUM317

Πίνακας 5.11: Τεχνικά χαρακτηριστικά της κουζίνας Belling FORUM317

Belling FORUM317 specification Dimensions (mm) 502 x 900 x 602

**Energy Consumption (Second Oven) 1.1 KWh**

**Energy Consumption (Main Oven) 1.1 KWh**

Electrical Connection 9.9 KW

Door Type Glass

Manufacturer Warranty 1 Year(s)

Energy Rating C Rated

**Ισχύς του πρώτου θερμαντικού στοιχείου (KW): 1,8 KW**

**Ισχύς του δεύτερου θερμαντικού στοιχείου (KW): 0,9 KW**

**Ισχύς του τρίτου θερμαντικού στοιχείου (KW): 1,4 KW**

**Ισχύς του τέταρτου θερμαντικού στοιχείου (KW): 0,9 KW**

Fuel Type Electric

Hob Type Solid Plate

Oven Type Electric

Main Cavity Type Electric Fan Oven

Main Cavity Capacity 53 Litres

Second Cavity Type Electric Conventional Oven / Grill

Second Cavity Capacity 24 Litres

Number Of Ovens 2

Number of Functions 1

LPG Convertible No

Requires Electrician To Hard Wire Yes

Pyrolytic No

Removable Inner Door Glass Yes

Defrost Feature No

Slow Cook Feature No

Grill Pan Yes

Grill Type Variable Grill

Roasting Dish No

Rotisserie No

Number of Burners / Zones 4

Για τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, θεωρείται ότι μία ημέρα ανά εβδομάδα χρησιμοποιείται το θερμαντικό στοιχείο των 1,8 KW, τρεις ημέρες ανά εβδομάδα

χρησιμοποιείται το θερμαντικό στοιχείο των 1,4 KW και τις υπόλοιπες τρεις ημέρες ανά εβδομάδα χρησιμοποιείται ο κεντρικός φούρνος. Οπότε βάσει του πίνακα 5.3:

1 ημέρα  $\times$  1,8 KW (τα μεγαλύτερο θερμαντικό στοιχείο)  $\times$  1,5 h+  
+3 ημέρες  $\times$  1,4 KWh (τα δεύτερο θερμαντικό στοιχείο)  $\times$  1,5 h+  
+3 ημέρες  $\times$  1,1 KWh=12,3 KWh/ εβδομάδα

12,3 KWh/ εβδομάδα  $\times$  52 εβδομάδες= 639,6 KWh/έτος

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 639,6 KWh/έτος**

## H/Y

Για τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας ενός H/Y, σύμφωνα με τη ΔΕΗ η ενδεικτική κατανάλωση ισχύος είναι 250 W. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε ότι είναι 300 KWh. Ο υπολογισμός της, ακολουθεί αναλυτικά μετά τον πίνακα 5.12.



Εικόνα 5.9: Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

Πίνακας 5.12: Ενδεικτικές ώρες λειτουργίας συσκευών (Πηγή: ΔΕΗ)

ΠΟΣΟ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΝΟΥΝ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΟΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ			
ΣΥΣΚΕΥΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ W	ΚΟΣΤΟΣ euro
Ηλεκτρικό σίδερο	1 ώρα	1000	0,1
Ηλεκτρική σκούπα	1 ώρα	1000	0,1
Φριτέζα	25 λεπτά	1600	0,067
Καφετιέρα	10 λεπτά	900	0,015
Μίξερ	1 γλυκό (3 λεπτά)	180	0,001
Τηλεόραση (έγχρωμη)	1 ώρα	41	0,004
Αναμονή τηλεόρασης	1 ώρα	8	0,001
Βίντεο	1 ώρα	33	0,003
Αναμονή βίντεο	1 ώρα	8	0,001
Στερεοφωνικό	1 ώρα	30	0,003
Αναμονή στερεοφωνικού	1 ώρα	8	0,001
Η/Υ (PC)	1 ώρα	250	0,025
Αυτόματος τηλεφωνητής	1 ώρα	3	0,001
Αποκωδικοποιητής συνδρομικής τηλεόρασης	1 ώρα	15	0,002

Από τον παραπάνω πίνακα για εγκατεστημένη ισχύ 250 W και πρόγραμμα λειτουργίας βάσει του πίνακα 5.3 προκύπτει:

$$250 \text{ W} \times 4 \text{ ώρες/ημέρα} \times 300 \text{ μέρες/έτος} = 300 \text{ KWh/έτος.}$$

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 300 KWh/έτος**

#### Στερεοφωνικό Σύστημα

Για τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας ενός ραδιοφώνου, σύμφωνα με τη ΔΕΗ (Πίνακας 5.12) η ενδεικτική εγκατεστημένη ισχύς είναι 30W. Με πρόγραμμα λειτουργίας βάσει του πίνακα 5.3 προκύπτει:

$$30 \text{ W} \times 1,25 \text{ ώρες/ημέρα} \times 7 \text{ μέρες/εβδομάδα} \times 52 \text{ εβδομάδες/έτος} = 13,65 \text{ KWh/έτος.}$$

**Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 13,65 KWh/έτος**





Εικόνα 5.10: Στερεοφωνικό σύστημα

### Σεσουάρ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του στεγνωτήρα μαλλιών χειρός TWIN TURBO. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίστηκε ότι είναι 67,6 KWh. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 1.300W. Το πρόγραμμα λειτουργίας προκύπτει από τον πίνακα 5.3.



Εικόνα 5.11: Στεγνωτήρας μαλλιών χειρός TWIN TURBO

Πίνακας 5.13: Τεχνικά χαρακτηριστικά στεγνωτήρα μαλλιών χειρός TWIN TURBO

<p>Στεγνωτήρας μαλλιών χειρός TWIN TURBO.</p> <p>1300 Watt ελεγχόμενη ισχύς.</p> <p>2 ταχύτητες, 4 θερμοκρασίες</p> <p>2 διακόπτες λειτουργίας σε θέση που προσφέρουν μεγάλη εργονομία.</p> <p>52 κυβικά μέτρα αέρα ανά ώρα για γρήγορο στέγνωμα.</p> <p>Για τον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας πολλαπλασιάζεται η ισχύς του στεγνωτήρα μαλλιών με τις ώρες λειτουργίας ανά έτος βάσει του πίνακα 5.3:</p> <p><math>1300W \times 0,5 \text{ ώρες/ημέρα} \times 2 \text{ ημέρες/εβδομάδα} \times 52 \text{ εβδομάδες/έτος} = 67,6 \text{ KWh/έτος.}</math></p> <p><b>Ετήσια κατανάλωση ενέργειας: 67,6 KWh/έτος</b></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.4.7 Συγκριτικός πίνακας ετήσιας κατανάλωσης συσκευών εξοικονόμησης και ενεργοβόρων συσκευών.

Πίνακας 5.14: Συγκριτικός πίνακας ετήσιας κατανάλωσης μεταξύ ενεργοβόρων και αποδοτικών συσκευών

Συσκευές	Κατανάλωση ενέργειας αποδοτικών συσκευών (KWh/έτος)	Κατανάλωση ενέργειας ενεργοβόρων συσκευών (KWh/έτος)
κουζίνα	513,24	639,6
H/Y	45,1	300
πλυντήριο ρούχων	96,2	474
σεσουάρ	20,8	67,6
στέρεο	3,9	13,65
ψυγείο	157	332
ΣΥΝΟΛΟ	836,24	1826,85

## 6. ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ

### 6.1 Γενικά

Για ζεστό νερό χρήσης θα χρησιμοποιηθεί ηλιακός θερμοσίφωνα. Η λειτουργία του ηλιακού θερμοσίφωνα βασίζεται στην απορρόφηση ηλιακής ενέργειας από έναν συλλέκτη (πάνελ) στο εσωτερικό του οποίου βρίσκεται ένα σκουρόχρωμο μεταλλικό έλασμα καθώς και ένα σύστημα σωληνώσεων που περιέχουν ένα μείγμα νερού και αντιψυκτικού υγρού. Η θερμότητα η οποία έχει απορροφηθεί από το μείγμα νερού / αντιψυκτικού υγρού μεταδίδεται στο νερό του οικιακού δικτύου μέσω ενός εναλλάκτη στη δεξαμενή αποθήκευσης του ηλιακού συστήματος και στη συνέχεια μεταφέρεται στα σημεία χρήσης μέσα στο σπίτι.

### 7.2 Επιλογή και τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα

#### 6.2.1 Επιλογή του τύπου του συλλέκτη

Πίνακας 6.1: Συντελεστής αξιοποίησης ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε κατοικίες (πηγή ΤΟΤΕΕ)

Πόλεις της Ελλάδας	Τύπος ηλιακού συλλέκτη								
	Απλός			Επιλεκτικός			Κενού		
	Γωνία κλίσης εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών (°)								
	15°	45°	65°	15°	45°	65°	15°	45°	65°
Αλεξαν/πολη	0,318	0,325	0,329	0,341	0,353	0,350	0,360	0,367	0,369
Αθήνα	0,338	0,344	0,351	0,359	0,369	0,369	0,374	0,381	0,383
Ηράκλειο	0,333	0,339	0,343	0,355	0,364	0,361	0,370	0,375	0,378
Καστοριά	0,307	0,314	0,316	0,333	0,344	0,340	0,356	0,363	0,363
Λάρισα	0,327	0,334	0,341	0,350	0,360	0,360	0,369	0,376	0,378
Λήμνος	0,319	0,327	0,331	0,343	0,354	0,352	0,360	0,368	0,370
Νάξος	0,332	0,340	0,344	0,355	0,365	0,363	0,372	0,378	0,381
Πάτρα	0,335	0,342	0,348	0,357	0,366	0,366	0,373	0,381	0,382
Θεσσαλονίκη	0,325	0,332	0,337	0,348	0,358	0,358	0,368	0,375	0,376
Τρίπολη	0,317	0,324	0,327	0,340	0,349	0,347	0,363	0,369	0,370
<b>Μέσος όρος</b>	<b>0,325</b>	<b>0,332</b>	<b>0,337</b>	<b>0,348</b>	<b>0,358</b>	<b>0,357</b>	<b>0,366</b>	<b>0,373</b>	<b>0,375</b>

Επιλέγεται ως αναφορά η κοντινότερη πόλη στη Μάνη, η Τρίπολη.

Συνεπώς, βάσει του Πίνακα 6.1, από τα τρία είδη συλλεκτών επιλέγεται ο απλός συλλέκτης καθώς έχει πιο μικρό κόστος, εύκολη συντήρηση και η διαφορά του ως προς την απόδοση σε σχέση με τους άλλους συλλέκτες είναι μικρή. Η γωνία κλίσης θα είναι 65ο.

Για την οικία, το ρευστό του συλλέκτη επιλέγεται να είναι το ίδιο το νερό της κατανάλωσης, οπότε πρόκειται για συστήματα ανοικτού κυκλώματος. Με αυτόν τον τρόπο η κατασκευή γίνεται πιο απλή και οικονομικότερη καθώς αποφεύγεται η μεταφορά της θερμότητας στο νερό χρήσης μέσω εναλλάκτη θερμότητας.

Σημείωση: η θερμοκρασία σύμφωνα με την ΕΜΥ δεν πέφτει κάτω από το μηδέν οπότε δεν υπάρχει κίνδυνος το νερό που κυκλοφορεί στους συλλέκτες να παγώσει.

#### 6.2.2. Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης

Πίνακας 6.2: Κατανάλωση ζεστού νερού χρήση ( Πηγή: TOTEE)

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης [ℓ/άτομο/ημέρα]	Ημερήσια κατανάλωση ανά δομημ. επιφάνεια [ℓ/m <sup>2</sup> /ημέρα]	Ετήσια κατανάλωση ανά δομημ. επιφάνεια [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /έτος]
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	50	2,50	0,91
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	60	9,00	3,28
θερινής λειτουργίας	50	7,50	1,59
χειμερινής λειτουργίας	60	9,00	2,18
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	60	9,00	3,28
θερινής λειτουργίας	50	7,50	1,59
χειμερινής λειτουργίας	60	9,00	2,18

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα του TOTEE:

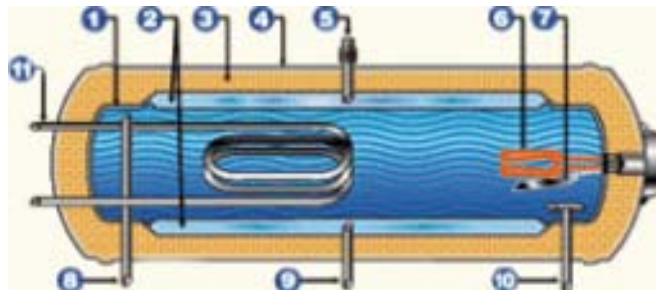
Στην οικία θα μπορούν να μείνουν έως 6 άτομα- δύο στο υπνοδωμάτιο του ισογείου και τέσσερα στον πρώτο όροφο- οπότε αρκεί ένας θερμοσίφωνας 200 l.

Ενδεικτικά επιλέγεται ένας **Ηλιακό Θερμοσίφωνα MALTEZOS**:



Εικόνα 6.1: Ηλιακός θερμοσίφωνας MALTEZOS

### 6.2.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά του Θερμοδοχείου (Μπόϊλερ)

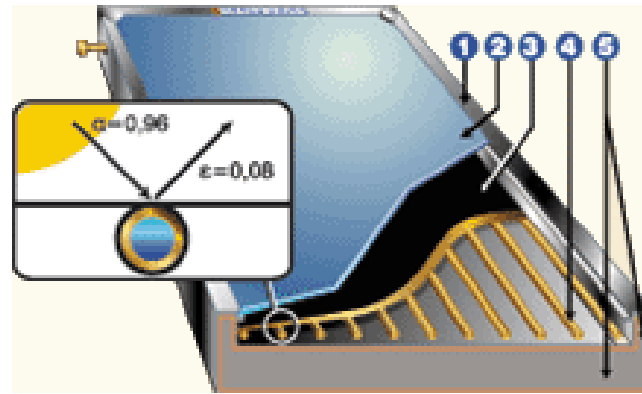


Εικόνα 6.2: Μπόϊλερ

Ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Μπόϊλερ του θερμοσίφωνα (Εικόνα 6.2):

1. Θερμοδοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα 316L HiMo.
2. Εναλλάκτης θερμότητας από ανοξείδωτο χάλυβα 316L HiMo.
3. Μόνωση θερμοδοχείου (πολυουρεθάνη 70mm, 35- 40Kg/m<sup>2</sup>).
4. Εξωτερικό κάλυμμα από ανοξείδωτο χάλυβα 304BA.
5. Βαλβίδα ασφαλείας (ανακουφιστική).
6. Ηλεκτρική αντίσταση ειδικής κατασκευής, αντιδιαβρωτική, με θερμοστάτη ασφαλείας.
7. Αντιδιαβρωτική (ανοδική) προστασία
8. Έξοδος ζεστού νερού.
9. Σωλήνας κλειστού κυκλώματος.
10. Είσοδος κρύου νερού (δίκτυο ύδρευσης) με βαλβίδα ασφαλείας 10 ατμοσφαιρών.
11. Σερπαντίνα από ανοξείδωτο χάλυβα 316L για συμπληρωματική πηγή ενέργειας (π.χ. λέβητας κεντρικής θέρμανσης), (μόνο για μπόϊλερ τριπλής ενέργειας - 3E).

6.2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά του επιλεκτικού συλλέκτη NCS MALTEZOS



Εικόνα: 6.3 Επιλεκτικός συλλέκτης

Ακολουθούν τα Τεχνικά Χαρακτηριστικά επιλεκτικού συλλέκτη του θερμοσίφωνα (Εικόνα 4.3):

1. Ειδικά σχεδιασμένο πλαίσιο, από αλουμίνιο.
2. Ειδικό διάφανο κρύσταλλο ασφάλειας για καλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και μεγαλύτερη αντοχή.
3. Συλλεκτική επιφάνεια από επιλεκτικό χαλκό. Επικαλυμμένος χαλκός με μαύρο χρώμα πάνω σε ειδικό υπόστρωμα νικελίου, κολλημένο στους σωλήνες χαλκού με τεχνολογία υπερήχων.
4. Σωλήνες χαλκού.
5. Μόνωση πετροβάμβακα με επικάλυψη μαύρου υαλοϋφάσματος.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαστάσεις του θερμοσίφωνα:

Πίνακας 6.3: Πίνακας διαστάσεων θερμοσίφωνα

ΤΥΠΟΣ	MALTH 125 L	MALTH 160 L	MALTH 200 L	MALTH 300 L
Θερμοδοχείο (λιτ)	125	160	200	300
Συλλέκτης	NCS 100X150	NCS 130X150	NCS 90X150	NCS 130X150
Αριθμός συλλεκτών	1	1	2	2
Επιφάνεια απορροφητή	Επιλεκτικό Χαλκό	Επιλεκτικό Χαλκό	Επιλεκτικό Χαλκό	Επιλεκτικό Χαλκό
Διαστάσεις (ΥxΠxΒ)	170x100x170	170x130x170	176x200x170	176x280x170
Βάρος kg.	90,2	111,9	132,5	173

## 7. ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

### 7.1 Θερινή περίοδος

#### 7.1.1 Ανεμιστήρας οροφής

Κατά τη θερινή περίοδο, λόγω της θέσης της κατοικίας και της κατάλληλης θερμομόνωσης, η χρήση ανεμιστήρων οροφής είναι επαρκής.

Πιο συγκεκριμένα, οι ανεμιστήρες οροφής βελτιώνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης καθώς προκαλούν την κυκλοφορία του εσωτερικού αέρα με ταχύτητα 0,5-0,8 m/s.

#### Οδηγίες εγκατάστασης

Σύμφωνα με στοιχεία του TOTEE λαμβάνουμε υπόψη τα εξής:

Οι συνηθισμένοι ανεμιστήρες οροφής είναι αποτελεσματικοί σε μια ακτίνα μέχρι και 1,8 m από το κέντρο του ανεμιστήρα και για ύψος εγκατάστασης 2,5 m επάνω από το δάπεδο.

Για τους υπολογισμούς η μέση επιφάνεια κάλυψης του δαπέδου από έναν ανεμιστήρα οροφής λαμβάνεται ίση με 10m<sup>2</sup>.

Επιλέχθηκε:

Ανεμιστήρας οροφής HUNTER SONIC 24363



Εικόνα 7.1: Ανεμιστήρας οροφής HUNTER SONIC 24363

#### 7.1.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμιστήρα οροφής

Πίνακας 7.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά του ανεμιστήρα οροφής HUNTER SONIC 24363

Διάμετρος : 112 & 132 cm (στη συσκευασία περιλαμβάνονται δύο σετ πτερυγίων).
Πτερύγια : 4
Παροχή αέρα : 13500 κυβικά/ώρα

Στροφές ανά λεπτό: 180

**Κατανάλωση : 65 watts/0.45A**

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει εγκατεστημένη ισχύς 65 W ανά ανεμιστήρα οροφής.

Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης για δροσισμό με ανεμιστήρες:

Σύμφωνα με το TOTEE ο δροσισμός υπολογίζεται για 4 μήνες ανά έτος. Λαμβάνοντας υπόψη το πρόγραμμα λειτουργίας των πράσινων συσκευών, για κάθε ανεμιστήρα προκύπτουν:

$$65 \text{ W} \times 1,5 \text{ ώρες/ημέρα} \times 7 \text{ ημέρες/εβδομάδα} \times 16 \text{ εβδομάδες/έτος} = 10,9 \text{ KWh/έτος.}$$

Οπότε για το σύνολο των ανεμιστήρων της οικίας υπολογίζεται η ετήσια κατανάλωση ενέργειας της οικίας:

$$10,9 \text{ KWh/έτος} \times 6 \text{ ανεμιστήρες} = 65,4 \text{ KWh/έτος.}$$

**Συνολική ετήσια κατανάλωση για δροσισμό= 65,4 KWh/έτος.**

7.1.3 Σύγκριση με κλιματιστικό

**Οδηγίες εγκατάστασης**

Σύμφωνα με το ΚΑΠΕ αρκούν 400-500 btu/m<sup>2</sup>. Βάσει της οδηγίας αυτής προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας:

Πίνακας 7.2: Απαιτούμενα Btu/χώρο οικίας βάσει του εμβαδού

Όροφος	Είδος χώρου	m <sup>2</sup>	btu
Ισόγειο	Δωμάτιο	13	5200
Ισόγειο	Λουτρό	7,5	
Ισόγειο	Καθιστικό & Κουζίνα	32	12800
Ισόγειο	Σκάλες	7,5	
1 ος	Γραφείο	10	4000
1 ος	Λουτρό	7,5	
1 ος	Δωμάτιο	10,2	4080
ΣΥΝΟΛΟ:		98	

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα επιλέγεται ένα κλιματιστικό Daikin URURU περίπου 10.000 btu (Εικόνα 7.2.1) για το σαλόνι και 5 κλιματιστικά Kenmore 5.200 btu (Εικόνα 7.2.2) για τα δωμάτια και το γραφείο.





Εικόνα 7.2.1. Κλιματιστικό Daikin URURU 10.000 btu



Εικόνα 7.2.2 Κλιματιστικό Kenmore 5.200 btu

#### 7.1.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά κλιματιστικού 10.000 btu

Πίνακας 7.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά κλιματιστικού Daikin URURU 10.000 btu

Daikin URURU SARARA FTXR28E / RXR28E
Απόδοση ψύξης KW/BTU 2,8 /
Απόδοση θέρμανσης KW/BTU 3,6 /
EER Ψύξη 5,00
COP Θέρμανση 5,14
Ενεργειακή σήμανση Ψύξη A, Θέρμανση A
Ψυκτικό R-410A
Εσωτερική μονάδα
Διαστάσεις mm 209x890x305
Εξωτερική μονάδα
Διαστάσεις mm 693x795x285
Τροφοδοσία ισχύος: 1~/220-240V/50Hz
Θόρυβος Ψύξη: 46 db
Θόρυβος Θέρμανση: 46 db
Ψυκτικό: R-410A
Μήκος σωληνώσεων: 30m
Μεγ. Υψομετρική διαφορά: 20m

Υπολογισμός ετήσιας κατανάλωσης . Ισχύει ότι  $3412\text{btu/h}=1000\text{W}$

Οπότε τα 10.000 btu/h αποδιδόμενη ισχύος του κλιματιστικού αντιστοιχούν σε 2931W.

Για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας χρησιμοποιείται ο συντελεστής απόδοσης ψύξης EER. Ισχύει από τα στοιχεία του κατασκευαστή ότι:

$EER \text{ Ψύξης} = 5,00 = \text{απόδοση} / \text{κατανάλωση}$

$\text{Κατανάλωση} = 2931 / 5 \text{ W} = 586 \text{ W}$

Υπολογίστηκε ότι η εγκατεστημένη ισχύς του κλιματιστικού είναι 586W και βάσει του πίνακα η ετήσια κατανάλωση θα είναι:

$586 \text{ W} \times 1,5 \text{ ώρες/ημέρα} \times 7 \text{ ημέρες/εβδομάδα} \times 16 \text{ εβδομάδες/έτος} = 98,45 \text{ KWh/έτος.}$

**Ετήσια κατανάλωση δροσισμού για το σαλόνι= 98,45 KWh/έτος.**

7.1.5

Τεχνικά χαρακτηριστικά κλιματιστικού 5200 btu.

Πίνακας 7.4: Τεχνικά χαρακτηριστικά κλιματιστικού Kenmore 5.200 btu

Kenmore 5,200 btu Room Air Conditioner ENERGY STAR®
Power and Performance
Cooling Amperage: 4.5
Cooling BTU: 5200
<b>Cooling Wattage: 475</b>
Cord Length (ft.): 6
Energy Efficiency Rating: 11
Kilowatt Hrs. per Year: 356
Maximum Air Flow (CFM): 176
Rated Amps (Receptacle): 15
Room Coverage in Sq. Ft.: 165
Total Connected Load: 0
Voltage: 110/120V

Ο κατασκευαστής δίνει την εγκατεστημένη ισχύ (475W). Βάσει του πίνακα η ετήσια κατανάλωση θα είναι:

$$475 \text{ W} \times 1,5 \text{ ώρες/ημέρα} \times 7 \text{ ημέρες/εβδομάδα} \times 16 \text{ εβδομάδες/έτος} = 79,8 \text{ KWh/έτος.}$$

Ετήσια κατανάλωση= 79,8 KWh/έτος.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση και των πέντε κλιματιστικών θα είναι:

$$79,8 \text{ KWh/έτος} \times 5 \text{ κλιματιστικά} = 399 \text{ KWh/έτος.}$$

**Συνολική ετήσια κατανάλωση δροσισμού για τα δωμάτια και το γραφείο= 399 KWh/έτος.**

Η ετήσια κατανάλωση για δροσισμό της οικίας με κλιματιστικά θα είναι:

$$98,45 \text{ KWh/έτος} + 399 \text{ KWh/έτος} = 497,45 \text{ KWh/έτος}$$

**Η ετήσια κατανάλωση για δροσισμό της οικίας με κλιματιστικά= 497,45 KWh/έτος**

### 7.1.6 Τελικός συγκριτικός πίνακας ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για τους διαφορετικούς τρόπους δροσισμού.

Πίνακας 7.5: Τελικός συγκριτικός πίνακας ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για δροσισμό με ανεμιστήρες και για δροσισμό με κλιματιστικά

Μέθοδος δροσισμού	Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh)
ανεμιστήρες	65,4
κλιματιστικά	497,45

Από τον Πίνακα 7.5 παρατηρείται πως εάν χρησιμοποιηθούν ανεμιστήρες για το δροσισμό της οικίας η ετήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι 65,4 KWh, ενώ εάν χρησιμοποιηθούν κλιματιστικά η ετήσια κατανάλωση ενέργειας θα είναι 497,45 KWh. Συνεπώς, με την χρησιμοποίηση ανεμιστήρων υπολογίζεται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα μειωθεί κατά 80%.

## 7.2 Χειμερινή περίοδος

### 7.2.1 Ενεργειακό αερόθερμο τζάκι

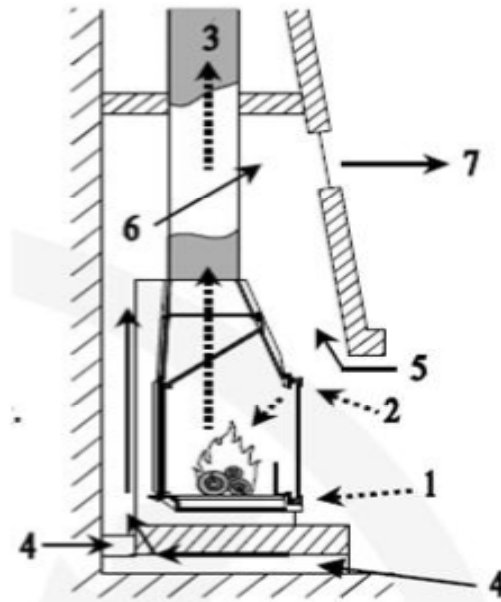
Για την θέρμανση της οικίας επιλέγουμε ενεργειακό τζάκι. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, προτιμάται στην οικία το ενεργειακό και όχι απλώς ένα παραδοσιακό τζάκι.

Πίνακας 7.6: Σύγκριση τρόπου λειτουργίας ενεργειακού και παραδοσιακού τζακιού

ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ ΤΖΑΚΙΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΤΥΠΟΥ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΤΖΑΚΙΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ
ΖΕΣΤΑΙΝΟΥΝ ΤΟΠΙΚΑ ΟΠΟΥ ΦΤΑΝΕΙ Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	ΘΕΡΜΑΙΝΟΥΝ ΑΕΡΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΝ ΔΙΑΝΕΜΟΥΝ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ
Η ΚΑΜΙΝΑΔΑ ΡΟΥΦΑΕΙ ΑΠΟ ΤΟ ΣΠΙΤΙ 200-400 m <sup>3</sup> /h ΑΕΡΑ ΜΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΝΑ ΤΟ ΚΡΥΩΝΕΙ	Η ΠΟΡΤΑ ΑΠΟΤΡΕΠΕΙ ΤΗΝ ΕΞΟΔΟ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΠΙΤΙ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΚΑΜΙΝΑΔΑΣ
Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΩΝ ΣΥΛΩΝ ΕΙΝΑΙ ΜΕΓΑΛΗ ΚΑΙ ΜΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ	ΕΧΟΥΜΕ ΜΙΚΡΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΥΛΟΥ
ΑΞΙΟΠΟΙΟΥΝ ΤΟ 10-15 % ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΛΟΥ	ΑΞΙΟΠΟΙΟΥΝ ΤΟ 70-85 % ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΛΟΥ
ΡΥΠΑΙΝΟΥΝ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΟΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΡΥΠΩΝ ΕΙΝΑΙ ΠΟΛΥ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΕ
ΕΙΝΑΙ ΕΠΙΚΥΝΔΥΝΑ ΓΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΩΤΙΑΣ	ΣΑΣ ΠΑΡΕΧΟΥΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Τα ενεργειακά αερόθερμα τζάκια είναι εστίες καύσης ξύλου κλειστού τύπου με πυρίμαχο τζάμι. Επιλέγουμε ενεργειακά τζάκια μονού τοιχώματος.

Με εστίες φτιαγμένες εξολοκλήρου από μαντέμι. Ο αέρας που περνάει περιμετρικά από την εστία, ζεσταίνεται, ανεβαίνει ψηλά, με φυσική ροή, και βγαίνει στο δωμάτιο μέσω περσίδων. Είναι περιορισμένης θερμικής απόδοσης και συνεπώς κατάλληλα για την θέρμανση ενιαίου χώρου μέχρι 60-70 m<sup>2</sup>.



Σχήμα 7.1: Τα μέρη του ενεργειακού τζακιού

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.1, τα μέρη ενός τυπικού ενεργειακού τζακιού είναι τα εξής:

1. Κύρια είσοδος και ρυθμιστής εισαγωγής αέρα καύσης (για τον έλεγχο της κατανάλωσης ξύλων)
2. Air wash (εισαγωγή αέρα για την μείωση λερώματος του τζαμιού)
3. Εξαγωγή καπναερίων
4. Είσοδος φρέσκου αέρα για θέρμανση
5. Φρέσκος αέρας για θέρμανση μεταξύ συσκευής και περιβλήματος.
6. Κίνηση του αέρα καθώς θερμαίνεται
7. Έξοδος θερμού αέρα από περσίδες στον χώρο

### Χαλύβδινο ενεργειακό τζάκι KA306



Εικόνα 7.3: Χαλύβδινο ενεργειακό τζάκι KA306

Το ενεργειακό τζάκι KA306 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη του συστήματος θέρμανσης και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Μέσω του εναλλάκτη θερμότητας στο πάνω μέρος του θαλάμου καύσης, θερμαίνεται νερό και μεταφέρεται σε έναν θερμαντήρα συνδυασμένης λειτουργίας (τύπου combi). Είναι κατασκευασμένο σύμφωνα με το DIN18895A1.

Διαθέτει:

1. Ενσωματωμένο εναλλάκτη για υποστήριξη θέρμανσης και παραγωγή ζεστού νερού.
2. Πρισματική ανοιγόμενη πόρτα δεξιά ή αριστερά.
3. Μεγάλο πρισματικό πυρίμαχο τζάμι με πανοραμική θεά της εστίας.

Πίνακας 7.7: Τεχνικά χαρακτηριστικά ενεργειακού τζακιού KA306

Τύπος			KA306-14
Συνολική ονομ. θερμική ισχύς		kW	14
Ονομαστική θερμική ισχύς	με διανομέα θέρμου αέρα	kW	7
Βάρος		kg	230
Ποσότητα νερού εναλλάκτη		lt	22
Υπολογισμός καμινάδας	Θερμοκ. καυσαερίων	°C	280
	Ροή καυσαερίων	g/s	15
	CO <sub>2</sub>	%	8,5
	Ελάχ. ελκυσμός	Pa	13
Σημείο πλήρωσης	Ύψος	mm	379
	Πλάτος	mm	643
Μήκος ξύλου		mm	500
Μεγ. θερμοκρασία προσαγωγής		°C	95
Μεγ. πίεση λειτουργίας		bar	3
Πίεση δοκιμής εργοστασίου		bar	4
Ισχύς της θερμικής ασφάλειας		kW	27
Ελεύθερη διατομή		cm <sup>2</sup>	> 850
Σήμανση τύπου (δοχείο υπό πίεση)			74 - 221-730 X
Άδεια κατασκευής			Z - 43.11-126

Όμως ο κατασκευαστής δεν αναφέρει την κατανάλωση σε ξυλεία. Συνεπώς , για να υπολογιστεί η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, επιλέγουμε το παρακάτω ενεργειακό τζάκι:

### FLAT minimal 125 με πόρτα



Εικόνα 7.4: FLAT minimal 125 με πόρτα

#### 7.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του ενεργειακού τζακιού

Πίνακας 7.8: Τεχνικά χαρακτηριστικά του ενεργειακού τζακιού FLAT minimal 125 με πόρτα

Χώρος καύσης: 119x47cm

Ύψος συνολικό εστίας: 160cm

Πλάτος συνολικό εστίας: 137cm

Βάθος συνολικό εστίας: 62cm

Ύψος ποδιάς: 30cm

Βάρος: 320Kgr

Θερμική απόδοση: 74%

Κατανάλωση ξύλου με υγρασία 11,78% και θερμογόνο δύναμη 3903 Kcal/Kg: 8Kg/h

Ισχύς: 27KW

Επιλέγεται να τοποθετηθεί ένα ενεργειακό τζάκι στο ισόγειο, στο σαλόνι. Σωληνώσεις θα διανέμουν τον ζεστό αέρα σε όλο το σπίτι.



Πίνακας 7.9: Πίνακας αριθμού ενεργειακών τζακιών λαμβάνοντας υπόψη το εμβαδό κάθε χώρου

Όροφος	Είδος χώρου	Εμβαδό (m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	Ενεργειακά τζάκια
Ισόγειο	Δωμάτιο	17	0
Ισόγειο	Λουτρό	6,7	0
Ισόγειο	Καθιστικό & Κουζίνα	62,3	1
1 ος	Καθιστικό	16	0
1 ος	Σκάλες	4,8	0
1 ος	Λουτρό	3	0
1 ος	Δωμάτια	10,2 x 4	0
ΣΥΝΟΛΟ:		149,6	1

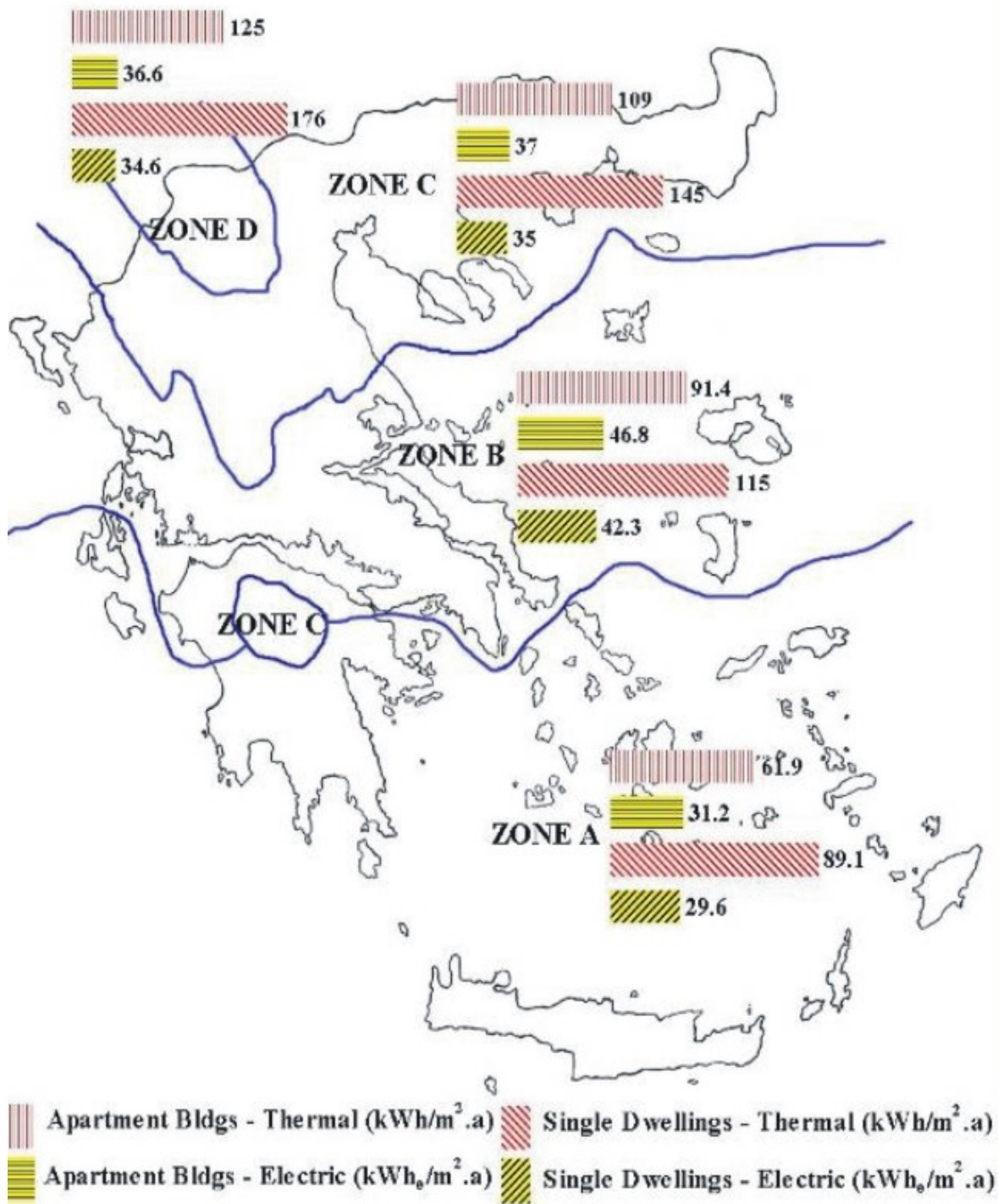
## 8. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ

### 8.1 Βασικοί Υπολογισμοί

Ο πίνακας 8.1 παρουσιάζει τις τυπικές καταναλώσεις ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ανά m<sup>2</sup> για μονοκατοικίες και διαμερίσματα, ανά κλιματική ζώνη της Ελλάδας και ανάλογα με το έτος κατασκευής τους.

Πίνακας 8.1: Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση ενέργειας (KWh/m<sup>2</sup>) στις ελληνικές οικίες για τις διαφορετικές κλιματικές ζώνες (Πηγή: C.A. Balaras et al. / Building and Environment 42 (2007))

Average annual specific energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> ) in Hellenic residential buildings for the different climatic zones						
Climatic zones	Single dwellings 1980	Apartment buildings 1980	Single dwellings 2001	Apartment buildings 2001	Single dwellings 2010 (predicted)	Apartment buildings 2010 (predicted)
Average specific electrical energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> )						
Greece (total)	26,61	28,13	38,68	40,63	37,45	39,2
Zone A	22,53	24,59	29,59	31,19	27,26	28,5
Zone B	28,28	31,45	42,33	46,76	41,75	45,84
Zone C	24,08	25,77	34,99	36,99	33,74	35,45
Zone D	25,35	28,13	34,63	36,63	32,65	34,21
Average specific thermal energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> )						
Greece (total)	140,1	96,2	122,9	94,5	92,4	75,2
Zone A	94,0	65,3	89,1	61,9	66,9	52,1
Zone B	134,0	93,7	115,2	91,4	88,3	70,5
Zone C	159,4	110,8	145,1	109,0	107,7	90,4
Zone D	186,9	129,8	175,7	124,5	129,2	114,9



Εικόνα 8.1: Μέση ετήσια ειδική κατανάλωση ενέργειας (KWh/m<sup>2</sup>) στις ελληνικές οικίες για τις διαφορετικές κλιματικές ζώνες

Πίνακας 8.1: Αριθμός κατοικιών για διάφορες υποκατηγορίες με κοινά χαρακτηριστικά

Subcategories	Single dwellings (pre-1980)	Apartment buildings (pre-1980)	Single dwellings (1980-2001)	Apartment buildings (1980 – 2001)	Single dwellings (2002-2010)	Apartment buildings (2002-2010)
<b>Total building stock</b>	<b>1,371,642</b>	<b>194,667</b>	<b>450,724</b>	<b>91,443</b>	<b>278,351</b>	<b>81,297</b>
Buildings without or inadequate external wall insulation	1,371,642	194,667	74,491	12,314	--	--
Buildings without or inadequate roof insulation	1,056,164	149,894	18,623	3,079	--	--
Buildings with central heating systems	741,979	79,647	436,598	89,981	278,351	81,297
Buildings with old central heating systems	519,385	55,753	17,210	2,932	--	--
Buildings without temperature balance control for central space heating	519,385	55,753	130,979	26,994	--	--
Buildings without space thermostats	667,781	71,682	34,421	5,865	--	--
Buildings with local air-conditioning	643,100	98,954	214,916	45,172	131,312	40,060
Building without solar collectors	1,097,314	155,734	289,057	57,944	139,176	40,649
Buildings without shading	321,550	49,477	107,458	22,586	65,656	20,030

Ακολουθεί ο υπολογισμός της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για την περίπτωση της χρήσης ενεργειακού τζακιού για τη θέρμανση της οικίας και της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για την περίπτωση εγκατάστασης κεντρικού συστήματος θέρμανσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Στην συνέχεια υπολογίζεται ενδεικτικά το κόστος των τριών εναλλακτικών.

Η ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά m<sup>2</sup> της οικίας δίνεται από τον Πίνακα 8.1.

Οπότε, για την περιοχή της Αθήνας (zone A) και για μονοκατοικία του 2010 έχουμε:

Ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά m<sup>2</sup> 92,4 KWh/m<sup>2</sup>

Πολλαπλασιάζοντας με το εμβαδό της οικίας (165 m<sup>2</sup>):

**Ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας 15.246 KWh**

Στον Πίνακα 8.1 η ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας αναφέρεται σε κεντρικό σύστημα θέρμανσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Οπότε, για να υπολογιστεί η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας όλων των πιθανών τρόπων θέρμανσης της οικίας, υπολογίζεται αρχικά το ετήσιο θερμικό φορτίο.

Ισχύει ότι:

Κατανάλωση θερμικής ενέργειας= θερμικό φορτίο απόδοση συστήματος θέρμανσης (COP)

Όπου: COP (πετρελαίου ή αερίου)= 0,8

Αρα με δεδομένη ,από τον Πίνακα 8.1, την ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας το ετήσιο θερμικό φορτίο θα είναι:

Ετήσιο Θερμικό φορτίο = 15.246 /0,8 KWh =19.057,5 KWh

**Ετήσιο Θερμικό φορτίο = 19.057,5 KWh**

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του ενεργειακού τζακιού FLAT minimal 125:

Αρχικά υπολογίζεται η ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας βάσει του ετήσιου θερμικού φορτίου που υπολογίστηκε παραπάνω. Από τον Πίνακα 8.8 δίνεται ότι ο βαθμός απόδοσής του είναι 74%, δηλαδή: COP (ενεργειακού τζακιού)= 0,74

Ισχύει ότι:

Ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας= ετήσιο θερμικό φορτίο X COP

Οπότε θα είναι:

Ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας = 19.057,5 KWh×0,74= 14.102.55 KWh

Στην συνέχεια υπολογίζονται τα kg βιομάζας ετησίως.

Με δεδομένη την ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας και την ισχύ του ενεργειακού τζακιού (Πίνακας 8.8) προκύπτουν οι ώρες λειτουργίας ετησίως:

Ώρες λειτουργίας ετησίως= 8376 KWh /27 KW =310,2 h

Επίσης στον Πίνακα 8.8 αναφέρεται η ωριαία κατανάλωση σε ξύλο του τζακιού:

Ο ρυθμός κατανάλωσης ξύλου με υγρασία 11,78% είναι 8 Kg/h.

Συνεπώς η καταναλισκόμενη βιομάζα ετησίως είναι:

Βιομάζα ετησίως=310,2 h × 8 Kg/h = 2.481,8 Kg

Τέλος υπολογίζεται η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας πολλαπλασιάζοντας τα kg βιομάζας ετησίως με τη θερμογόνο της δύναμη (3903 Kcal/Kg) που δίνεται στον Πίνακα 8.2.

Οπότε:

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας βιομάζας=

Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας =

$$=2.481,8 \text{ Kg} \times 3903 \text{ Kcal/Kg}=9.686.465,4 \text{ Kcal}= 11.265,36 \text{ KWh}$$

**Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ενεργειακού τζακιού= 11.265,36 KWh**

Θεωρώντας μέσο κόστος ξυλείας τα 0,12 €/kg το ετήσιο κόστος θέρμανσης με ενεργειακό τζάκι θα είναι:

$$\text{Ετήσιο Κόστος}= 0,12 \text{ €/kg} \times 2.481,8 \text{ Kg}= 298 \text{ €}$$

**Ετήσιο Κόστος θέρμανσης με ενεργειακό τζάκι= 298 €**

Πίνακας 8.2: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια (Πηγή: TOTEE 1)

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κεντρικού συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο.

Στον Πίνακα 8.2 δίνεται ο συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια για πηγή ενέργειας το πετρέλαιο θέρμανσης. Οπότε με δεδομένη, από τον Πίνακα 8.1, την ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την περίπτωση εγκατάστασης κεντρικού συστήματος θέρμανσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου θα είναι:

$$\text{Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας}=9.055,2 \text{ KWh} \times 1,10=9960,7 \text{ KWh}$$

**Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας συστήματος θέρμανσης με πετρέλαιο= 9960,7 KWh**

Για τον υπολογισμό του κόστους θέρμανσης με πετρέλαιο λαμβάνουμε υπόψη τα παρακάτω:

$$\text{Θερμογόνος δύναμη πετρελαίου}= 11,9 \text{ KWh/Lt}$$

$$\text{Κόστος πετρελαίου}= 0,65 \text{ ευρώ ανά λίτρο.}$$

$$\text{Ωριαία κατανάλωση τυπικού λέβητα}= 1,313 \text{ Lt}$$

Διαιρώντας την ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας με την θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου προκύπτει η ετήσια κατανάλωση σε λίτρα:

$$\text{Ετήσια λίτρα πετρελαίου} = 9.055,2 \text{ KWh} / 11,9 \text{ KWh/Lt} = 760,94 \text{ Lt}$$

Οπότε:

$$\text{Ετήσιο κόστος} = 760,94 \text{ Lt} \times 0,65\text{€/Lt} = 494,6 \text{ €}$$

$$\text{Ετήσιο Κόστος θέρμανσης με πετρέλαιο} = 494,6 \text{ €}$$

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κεντρικού συστήματος θέρμανσης με φυσικό αέριο.

Στον Πίνακα 8.2 δίνεται ο συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια για πηγή ενέργειας το φυσικό αέριο. Οπότε με δεδομένη, από τον Πίνακα 8.1, την ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας για την περίπτωση εγκατάστασης κεντρικού συστήματος θέρμανσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου θα είναι:

$$\text{Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας} = 9.055,2 \text{ KWh} \times 1,05 = 9508 \text{ KWh}$$

$$\text{Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας συστήματος θέρμανσης με φυσικό αέριο} = 9508 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό του κόστους θέρμανσης με φυσικό αέριο λαμβάνουμε υπόψη τα παρακάτω:

$$\text{Θερμογόνος δύναμη φυσικού αερίου} = 11,2 \text{ KWh/Nm}^3$$

$$\text{Μέσο κόστος (ποικίλει ανάλογα με το μήνα του έτους) φυσικού αερίου} = 0,577 \text{ €/Nm}^3$$

$$\text{Ωριαία κατανάλωση φυσικού αερίου} = 1,196 \text{ Nm}^3$$

Διαιρώντας την ετήσια κατανάλωση θερμικής ενέργειας με την θερμογόνο δύναμη του φυσικού αερίου προκύπτει η ετήσια κατανάλωση σε Nm<sup>3</sup>:

$$\text{Ετήσια Nm}^3 \text{ φυσικού αερίου} = 9.055,2 \text{ KWh} / 11,2 \text{ KWh/Nm}^3 = 808,5 \text{ Nm}^3$$

Οπότε:

$$\text{Ετήσιο κόστος} = 808,5 \text{ Nm}^3 \times 0,577 \text{ €/Nm}^3 = 466,5 \text{ €}$$

$$\text{Ετήσιο Κόστος θέρμανσης με φυσικό αέριο} = 466,5 \text{ €}$$

## 8.2 Τελικός συγκριτικός πίνακας ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για τους διαφορετικούς τρόπους θέρμανσης.

Πίνακας 8.3: Τελικός συγκριτικός πίνακας ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και ετήσιου κόστους για την θέρμανση της οικίας από διαφορετικές πηγές ενέργειας

Πηγή ενέργειας	Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (KWh)	Ετήσιο Κόστος (€)
βιομάζα	11.265,36	298
πετρέλαιο θέρμανσης	9960,7	494,6
φυσικό αέριο	9508	466,5

Από τον Πίνακα 8.3 παρατηρούμε ότι το ενεργειακό τζάκι (με πηγή ενέργειας τη βιομάζα) είναι και κατά πολύ οικονομικότερο από τα συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ή φυσικό αέριο με ετήσιο κόστος 298€, ενώ η διαφορά κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας μεταξύ τους είναι σχεδόν αμελητέα. Το ενεργειακό τζάκι είναι, συνεπώς, ο καλύτερος συνδυασμός οικολογικής και οικονομικής επιλογής.



## 9. ΦΩΤΙΣΜΟΣ

### 9.1 Μελέτη φωτισμού

Για την πραγματοποίηση της πλήρους μελέτης φωτισμού ενός χώρου απαιτείται η γνώση των ακόλουθων πληροφοριών:

1. Η χρήση του χώρου
2. Το είδος των φωτιστικών σωμάτων
3. Η θέση των φωτιστικών σωμάτων στο χώρο
4. Οι οπτικές ιδιότητες του χώρου
5. Η καθαρότητα του χώρου
6. Η επιφάνεια του χώρου

Με τα παραπάνω δεδομένα υπολογίζεται η απαιτούμενη τιμή της φωτεινής ροής  $\Phi$  (Lm) και ο απαιτούμενος αριθμός λαμπτήρων.

Ανάλογα με το είδος του χώρου και τη χρήση του, απαιτείται διαφορετικό επίπεδο φωτισμού, το οποίο εκφράζεται μέσω της έντασης φωτισμού E (Lux).

ο Lux είναι η μονάδα SI (International System) της έντασης του φωτισμού. Χρησιμοποιείται στην φωτομετρία ως μέτρο της έντασης του φωτός, που πέφτει ή διέρχεται σε μία επιφάνεια, ανά τετραγωνικό μέτρο, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι. ( $\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2$ )

Το Lumen είναι η μονάδα SI της φωτεινής ροής. Μετρά την ισχύ του φωτός όπως γίνεται αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι. Η φωτεινή ροή διαφέρει από τη ροή ακτινοβολίας, Μετρά την εκπεμπόμενη συνολική ισχύ του φωτός.

Η επιλογή λαμπτήρων απαιτεί ανάλυση των προδιαγραφών και χαρακτηριστικών του κάθε λαμπτήρα. Οι προδιαγραφές επιδόσεων περιλαμβάνουν την ισχύ του λαμπτήρα (σε Watt), τη διάρκεια ζωής, το μήκος του λαμπτήρα, τη θερμοκρασία του χρώματος του εκπεμπόμενου φωτός, και τη μέση απόδοση του λαμπτήρα. Μερικοί λαμπτήρες διατίθενται με επιπλέον κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, που είναι διαθέσιμα από ορισμένους κατασκευαστές.

### 9.2 Εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται σε σχέση με τους λαμπτήρες πυράκτωσης

Χρησιμοποιούνται οι παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 9.1: Τυπικές τιμές φωτεινής δραστηκότητας λαμπτήρων ( Πηγή: TOTEE 1)

Τύπος λαμπτήρα	Φωτεινή δραστηκότητα [lm/W]
Πυρακτώσεως	10 - 18
Αλογόνου	15 - 25
Συμπαγείς φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου (ballast))	50 - 70
Γραμμικοί φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου (ballast))	60 - 100
Αλογονιδίων μετάλλων (συμπεριλαμβανομένου του στραγγαλιστικού πηνίου (ballast))	65 - 110
Φωτοδιόδοι (LED) (συμπεριλαμβανομένου του οδηγού (driver))	30 - 60

Πίνακας 9.2: Τυπικές τιμές του αριθμού ωρών λειτουργίας ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια ύπαρξης διαθέσιμου φυσικού φωτισμού ( $T_d$ ) και κατά τη διάρκεια μη ύπαρξης φυσικού φωτισμού ( $T_n$ ), για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό ανά κατηγορία κτιρίου (Πηγή: TOTEE 1)

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας ημέρας ( $T_D$ )	Ώρες λειτουργίας νύκτας ( $T_N$ )	Σύνολο ωρών ( $T_T = T_N + T_D$ )
		[h]	[h]	[h]
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	2912	2912	5824
Προσωρινής διαμονής	Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	3276	3713	6989
	θερινής λειτουργίας	2123	1953	4077
	χειμερινής λειτουργίας	1941	2718	4659
	Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	3276	3713	6989
	θερινής λειτουργίας	2123	1953	4077
	χειμερινής λειτουργίας	1941	2718	4659
	Οικοτροφείο και κοιτώνας	3276	3713	6989
	Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	1456	2912	4368
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	3276	5460	8736	

Πίνακας 9.3 Ενδεικτικές τιμές της επιθυμητής φωτισμού διαφόρων χώρων

των χώρων ( Πηγή: Εφαρμογές κτιριακών και Βιομηχανικών εγκαταστάσεων Π.Γ. Μπούρκας)

Εγκατάσταση	Είδος χώρου και εργασία	Ε σε Lux
Κατοικίες και ξενοδοχεία	Υπνοδωμάτιο : γενικός φωτισμός	150
	Υπνοδωμάτιο : τοπικός φωτισμός	250-500
	Λουτρό: γενικός φωτισμός	150
	Λουτρό: ξύρισμα και καλλωπισμός	250
	Καθιστικό : γενικός φωτισμός	150
	Καθιστικό : τοπικός φωτισμός	500-1000
	Κουζίνα : γενικός φωτισμός	250
	Κουζίνα : θέσεις εργασίας	250-500
	Κλιμακοστάσιο	150
	Μηχανοστάσιο	150
	Μπαρ-αναψυκτήριο ξενοδοχείου	150

## Συμπεράσματα

Σκοπός της πτυχιακής μας εργασίας ήταν η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε μια πολυτελή κατοικία.

Για την πραγματοποίηση της εγκατάστασης αυτής έπρεπε αρχικά να μελετήσουμε την οικία αυτή και να κάνουμε μια πλήρη ηλεκτρολογική μελέτη χρησιμοποιώντας τις μέγιστες δυνατές καταναλώσεις.

Υλοποιώντας την ηλεκτρολογική μελέτη και έχοντας βρει την συνολική εγκατεστημένη ισχύ, παρατηρήσαμε πως ήταν αρκετά μεγάλη και η οικία δεν θα μπορούσε να κάνει ίδια χρήση της ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά. Συνεπώς αυτό που συμφέρει είναι η πώληση αυτής της ενέργειας στην Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρικού (Δ.Ε.Η.).

Ένας από τους παράγοντες που εμποδίζουν την μέγιστη κάλυψη των αναγκών, είναι ο τρόπος εγκατάστασης των φ/β πάνελς, μιας και στην σκεπή πρέπει να υπάρχουν κάποιοι προαπαιτούμενοι ελεύθεροι χώροι. Άλλος ένας περιορισμός είναι η κλίση της εκάστοτε οροφής. Στην οικία μας είχαμε τριών ειδών στέγες, οι οποίες δεν μπορούσαν να παράγουν το μέγιστο δυνατό λόγω προσανατολισμού (ο ιδανικός είναι ο Νότιος) και κλίσης.

Συνοψίζοντας παρατηρούμε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας είναι εφικτή, χρειάζεται ακόμα όμως αρκετές τεχνολογικές εξελίξεις για να αποκτήσουμε το επιθυμητό- ιδανικό αποτέλεσμα.

## Πηγές- Βιβλιογραφία

- 1) Πρωτόκολλο Ελέγχου κατά ΕΛΟΤ HD 384.
- 2) Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2006), τεύχος Α΄ /27.06.2006/ Αρ. Φύλλου 129, νόμος υπ' αριθ. 3468, «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις».
- 3) Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (I.E.N.E.). (2004), Προτάσεις για την ανάπτυξη ηλιακών εφαρμογών στην Ελλάδα.
- 4) Ecotec. Η τεχνολογία στην υπηρεσία του περιβάλλοντος 2011-2012.
- 5) Γενική Γραμματεία Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.).
- 6) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2000β), "Οδηγός ενεργειακής επιθεώρησης".
- 7) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2001), Οδηγός τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.
- 8) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2002), Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα.
- 9) Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρικού, Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Κεφάλαια 6-11.
- 10) ΕΛΕΜΚΟ- ΑΒΕΕ, ΕΛΟΤ 62305-ΕΛΟΤ EN 50164, Αντικεραυνική Προστασία.
- 11) Βλάχου, Α. (2001), Περιβάλλον και φυσικοί πόροι, Οικονομική θεωρία και πολιτική, τόμος Α΄, Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.
- 12) Γεωργόπουλος, Α. (2001), Γη, ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης, Gutenberg.
- 13) Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Κ.Π.Α.Α.) (2003), Ενέργεια, Περιβάλλον & Επιχειρηματικότητα, Προτάσεις για τον ενεργειακό τομέα στον ελληνικό χώρο.
- 14) Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων, ΤΕΕ-TKM, Θεσσ/νίκη 2011.
- 15) Εγχειρίδιο ΑΠΕ για δυνητικούς χρήστες, ΚΑΠΕ 2006.
- 16) European Photovoltaic Industry Association, EPIA.
- 17) Helarco, Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών-Σ.Ε.Φ.
- 18) Greenpeace. (2005), Πρακτικός οδηγός για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών Συστημάτων.
- 19) Καγκαράκη Κ.: Φωτοβολταϊκή τεχνολογία.
- 20) Νόμος 3851/2010: Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

- 21) Δέρβος Κ.Θ. : Εισαγωγή στα ημιαγώγιμα υλικά και φωτοβολταϊκές διατάξεις. Αθήνα 2008.
- 22) Αλάσης, Α. (2005), Μικρά Φ/Β συστήματα και η συμβολή τους στο ενεργειακό πρόβλημα της Λέσβου, Ημερίδα με θέμα: «Γεωθερμία, Ανανεώσιμες πηγές & Εξοικονόμηση ενέργειας στην υπηρεσία του περιβάλλοντος στη Λέσβο», Μυτιλήνη, 10 Δεκεμβρίου.
- 23) Ανεμογεννήτριες, Γ. Μπεργελές.
- 24) Ανεμογεννήτριες κατ' οίκον, Γ. Ελαφρού, 12/11/2010.
- 25) Παπαδόπουλος Μ., “Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές”, Ε.Μ.Π., Αθήνα 1997.
- 26) Παντζίρης Κ., “Κατασκευή μικρής α/γ και προσομοίωση της διασύνδεσής της σε μικροδίκτυο αγροτικής εφαρμογής”, Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., 2010.
- 27) Gieras J., Wang R., Kamper M. “Axial flux permanent magnet brushless machines”, second edition, Springer, 2008.
- 28) Κοτσαμπόπουλος Π. “Μελέτη , κατασκευή και προσομοίωση της λειτουργίας μικρής ανεμογεννήτριας αξονικής ροής”, Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., 2010.
- 29) Piggott H. “A wind turbine recipe book”, 2010.
- 30) Chapman S.J. “Ηλεκτρικές μηχανές AC-DC”, Εκδ. Τζιόλας, Θεσσαλονίκη 2003.
- 31) Rossouw Francois G. “Analysis and Design of Axial Flux Permanent Magnet Wind Generator System for Direct Battery Charging Applications”, MSc thesis, Stellenbosch University, South Africa, 2009.
- 32) Mohan N, Undeland T., Robbins W., “Ηλεκτρονικά Ισχύος”, Εκδ. Τζιόλας, Θεσσαλονίκη, 1996.
- 33) Fitzgerald A.E. “Electric Machinery”, Mc Graw Hill.
- 34) Δημουλιάς Χ. “Πανεπιστημιακές σημειώσεις στο μάθημα Ηλεκτρικές Μηχανές Γ’”, Τ.Η.Μ.Μ.Υ, Α.Π.Θ.
- 35) Piggott H. “Choosing Windpower”, Center for Alternative Technology, 2006.
- 36) Piggott H. “Windpower Workshop”, Centre for Alternative Technology Publications, 2000.
- 37) Αξιοποίηση Αιολικής Ενέργειας, Α. Φλάμος, ΠΑ.ΠΕΙ.
- 38) Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (2000), Πράσινη Βίβλος - Προς μία ευρωπαϊκή στρατηγική για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Βρυξέλλες.
- 39) Β. Χατζηαθανασίου, «Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας», εκδόσεις ΑΠΘ.
- 40) Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (KENAK), Υπουργείο Περιβάλλοντος Πρότυπο ISO 13790.

- 41) Μουστάκα Αναστασία, «Η επιρροή του κελύφους των κτιρίων στην ενεργειακή τους κατανάλωση: Μελέτη του κτιρίου εδρών της πολυτεχνικής σχολής του ΑΠΘ», Διπλωματική εργασία τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ, 2007.
- 42) Μαυρίδης Γρηγόρης, Μιχαηλίδης Χρήστος, «Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων σύμφωνα με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ», Διπλωματική εργασία τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΑΠΘ, 2008.
- 43) Αυγελής Αριστοτέλης, «Ενεργειακή διαχείριση κτιρίων με έμφαση στη ποιότητα αέρα και στο εσώκλιμα», Διδακτορική διατριβή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΑΠΘ, 2008.
- 44) Κάπρος, Π. (2006), Σημειώσεις στο μάθημα ενεργειακής οικονομίας, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- 45) Ευθυμιάδης Α. (2006), Βελτιώσεις της ενεργειακής και περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των κτιρίων στην Ελλάδα, μετά την εφαρμογή της κοινοτικής οδηγίας στην Ελλάδα, Ημερίδα του Κ.Α.Π.Ε, Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στον κτιριακό τομέα, Αθήνα, 31 Μαΐου.
- 46) Εφαρμογές κτιριακών και Βιομηχανικών εγκαταστάσεων, Π.Γ. Μπούρκας.
- 47) Τ.Ε.Ι. Κρήτης- Σ.Τ.Εφ., Σημειώσεις τμήματος Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις II (Ηλεκτρολογικά), Μονιάκης Μύρων.
- 48) Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ.

## **Links**

<http://www.stiebeltron-usa.com>, Stiebel – Eltron

<http://www.hellasres.gr>, Γνωρίστε τις ΑΠΕ, Ελληνικός Σύνδεσμος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ, (Δ.Ε.Σ.Π.Η.Ε.)

<http://www.conergy.gr>

<http://www.roe.gr>

<http://www.helapco.gr>

<http://www.kathimerini.gr>

<http://www.energotechniki.gr>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ship#cite\\_ref-10](http://en.wikipedia.org/wiki/Ship#cite_ref-10)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Windm%C3%BChle#cite\\_ref-0](http://de.wikipedia.org/wiki/Windm%C3%BChle#cite_ref-0)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Windmill#cite\\_note-Sathyajith2006-6](http://en.wikipedia.org/wiki/Windmill#cite_note-Sathyajith2006-6)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Windmill#cite\\_ref-Lohrmann\\_10f.\\_3-0](http://en.wikipedia.org/wiki/Windmill#cite_ref-Lohrmann_10f._3-0)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Windmill#cite\\_ref-Drachmann\\_4-0](http://en.wikipedia.org/wiki/Windmill#cite_ref-Drachmann_4-0)

<http://www.awea.com>, American Wind Energy Association  
<http://www.eren.doe.gov> , DOE – Wind Energy Program  
<http://www.bwea.com>, BWEA, The windiest country in Europe  
<http://www.ewea.org>, European Wind Energy Association  
<http://www.eere.energy.gov/RE/wind.html>, EERE: Wind Energy  
<http://www.windpower.dk>, Wind Energy: Danish Wind Industry Association  
<http://www.cres.gr>  
[http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m\\_santamouris.htm](http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm)  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/electrikes\\_syskeves\\_simansi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/electrikes_syskeves_simansi.htm)  
[http://ec.europa.eu/energy/efficiency/labelling/labelling\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/labelling/labelling_en.htm)  
<http://eur-lex.europa.eu/en/index.htm>  
<http://www.newenergylabel.com/>  
[http://ec.europa.eu/energy/efficiency/ecodesign/legislation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/ecodesign/legislation_en.htm)  
<http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sustainable-business/ecodesign/>  
<http://www.dei.gr/ecpage.aspx?id=1223&nt=18&lang=1>  
[http://www.minenv.gr/4/47/00\\_4701/odigos\\_katoikion.pdf](http://www.minenv.gr/4/47/00_4701/odigos_katoikion.pdf)  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/electrikes\\_syskeves\\_klimatistika.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/electrikes_syskeves_klimatistika.htm)  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/electrikes\\_syskeves\\_kouzines.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/electrikes_syskeves_kouzines.htm)  
[http://www.mei.gov.on.ca/en/energy/conservation/?page=energy-saving-tips\\_refrigerator](http://www.mei.gov.on.ca/en/energy/conservation/?page=energy-saving-tips_refrigerator)  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/electrikes\\_syskeves\\_psygeia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/electrikes_syskeves_psygeia.htm)  
<http://www.dei.gr/ecpage.aspx?id=1220&nt=18&lang=1>  
<http://www.eea.europa.eu/green-tips/turn-down-your-hot-water-thermostat>  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/electrikes\\_syskeves\\_thermosifones.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/electrikes_syskeves_thermosifones.htm)  
<http://www.nef.org.uk/energysaving/labels.htm>  
[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/electrikes\\_syskeves\\_plyntiria\\_piaton.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/electrikes_syskeves_plyntiria_piaton.htm)  
<http://www.nrel.gov/learning/> NREL – National Renewable Energy Laboratory  
<http://www.sciencedirect.com> Science direct  
<http://www.deh.gr>, Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.)  
<http://www.ypan.gr>, Εθνικό πληροφοριακό σύστημα ενέργειας, Ενεργειακά Ισοζύγια, Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠ.ΑΝ.)  
<http://www.maltezos.gr/el/hlinox.html>  
[http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/Analytikos\\_pinakas\\_timologiou\\_deh.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/Analytikos_pinakas_timologiou_deh.pdf)  
<http://remodece.isr.uc.pt/>



[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/EKDHLVSEIS/PROSEXEI  
S\\_EKDHLWSEIS/ENERGEIAKO\\_PISTOPOIHTIKO\\_KTIRIWN/Tab1/axarlh.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/EKDHLVSEIS/PROSEXEI<br/>S_EKDHLWSEIS/ENERGEIAKO_PISTOPOIHTIKO_KTIRIWN/Tab1/axarlh.pdf)

<http://www.lato.com.gr/F0060783.el.aspx>

<http://www.howat.gr/topothethsh-hliakou-thermosifona.html>

[http://www.ecodomima.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=6](http://www.ecodomima.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=6)

[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=products.pr\\_pie](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=products.pr_pie)

<http://www.rehva.eu/projects/interset/interset.html>

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvngis/apps3/pvest.php#>

<http://www.energia.gr>, Ηλεκτρονική ενημέρωση για θέματα ενέργειας

<http://www.michanikos.gr>

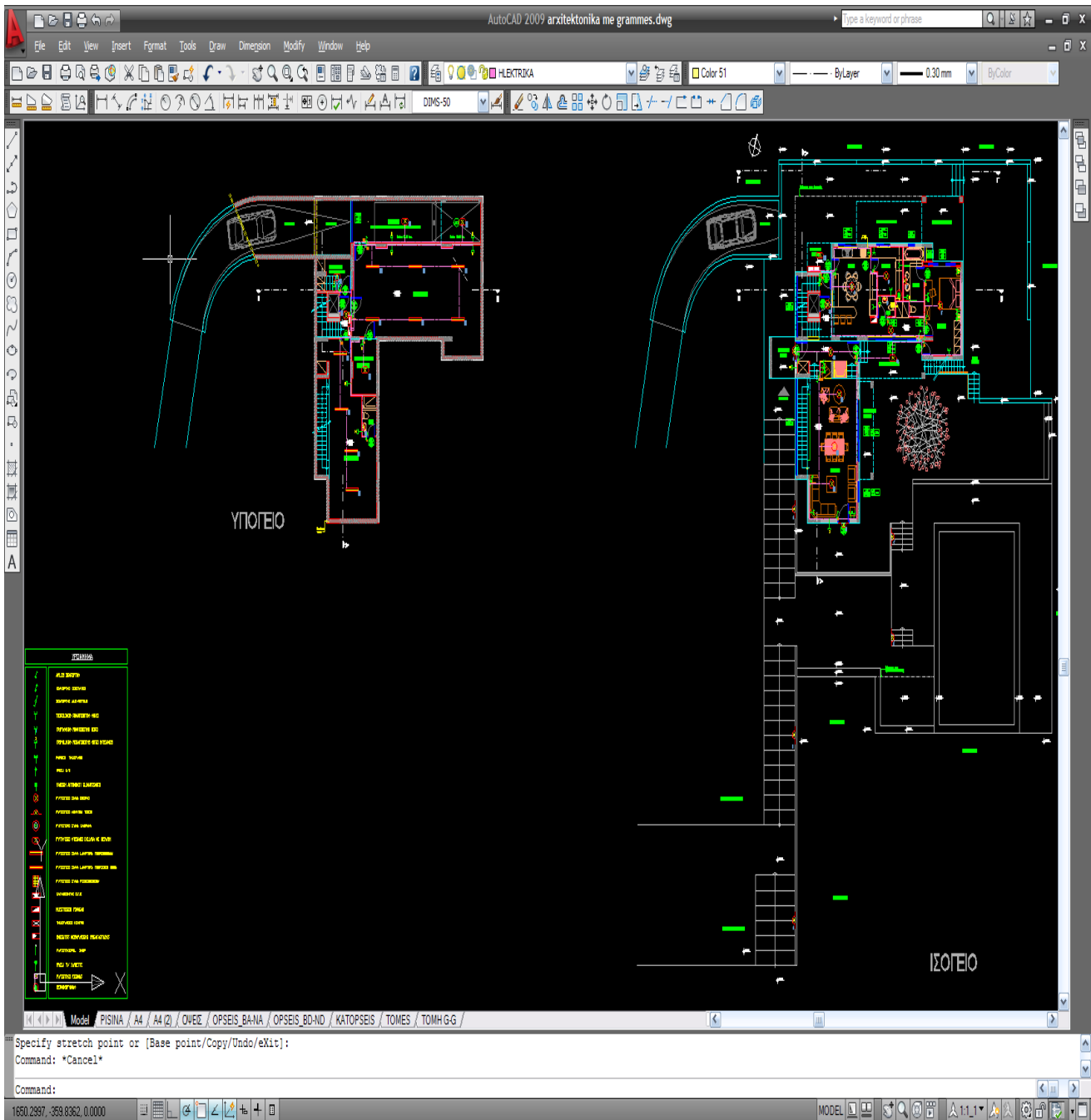
<http://www.e-shop.gr>

<http://www.greenenergyparts.com>

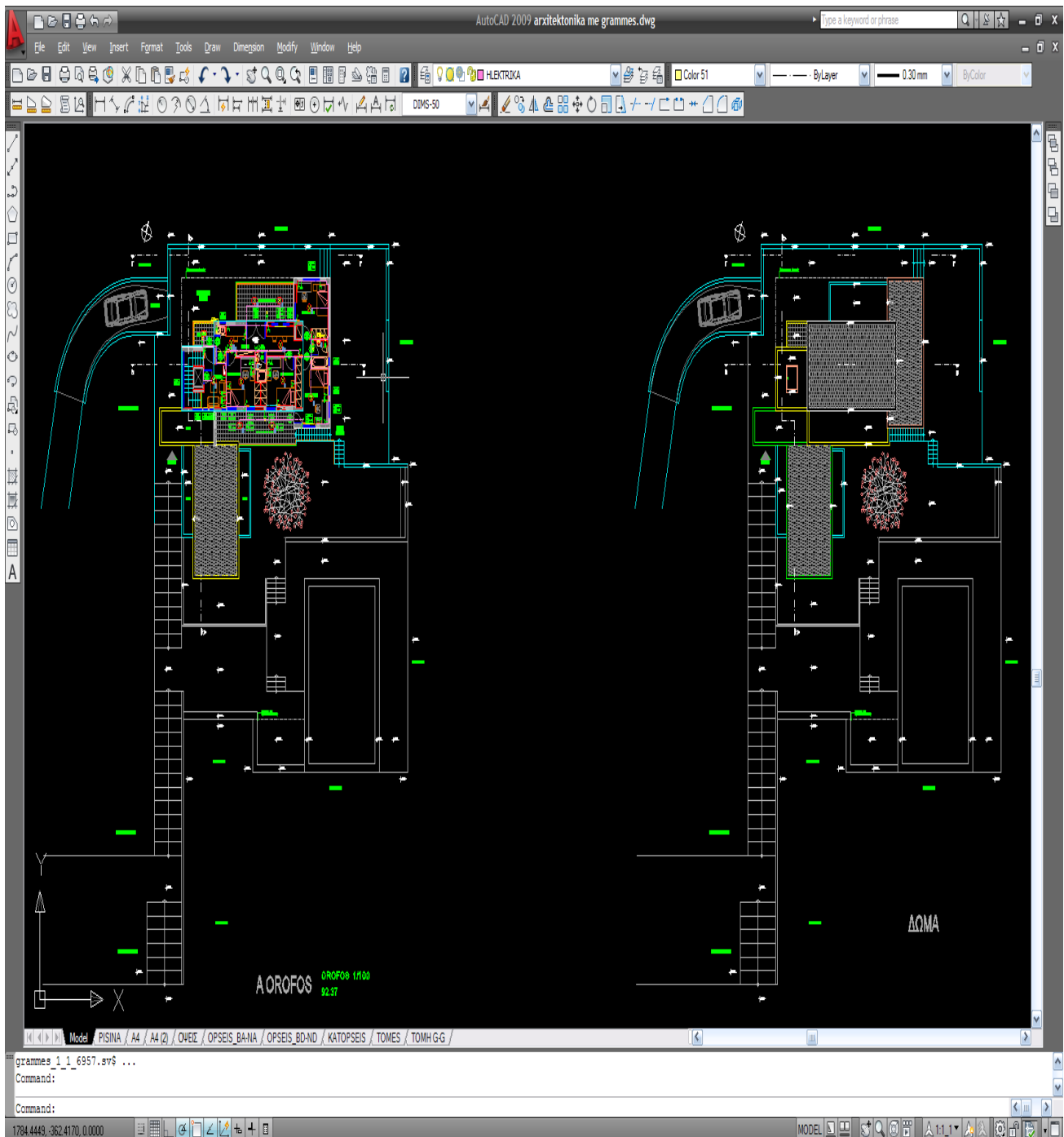
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1<sup>0</sup>

### ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΤΕΛΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

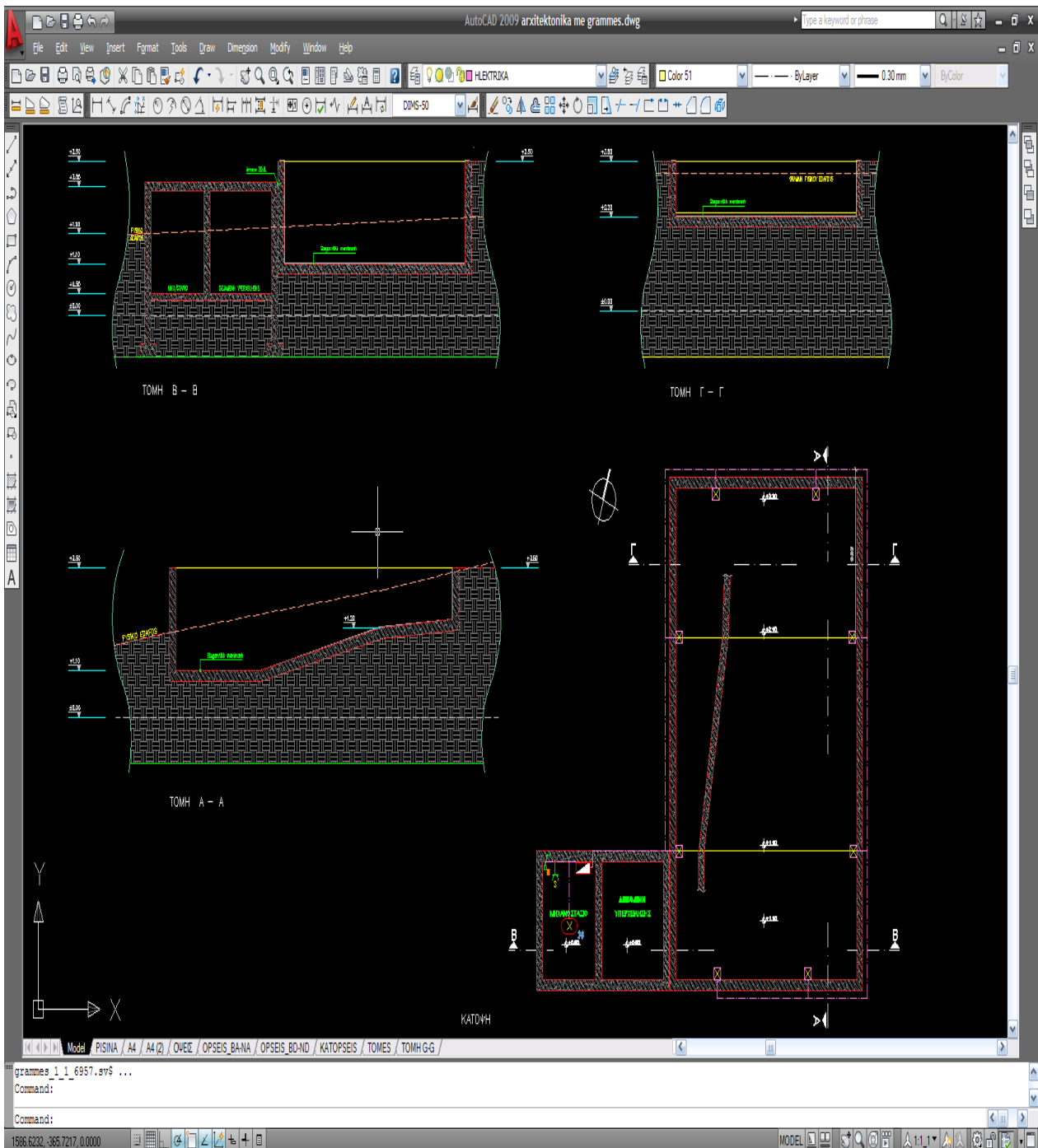


1. Κάτοψη Υπογείου
2. Κάτοψη Ισογείου

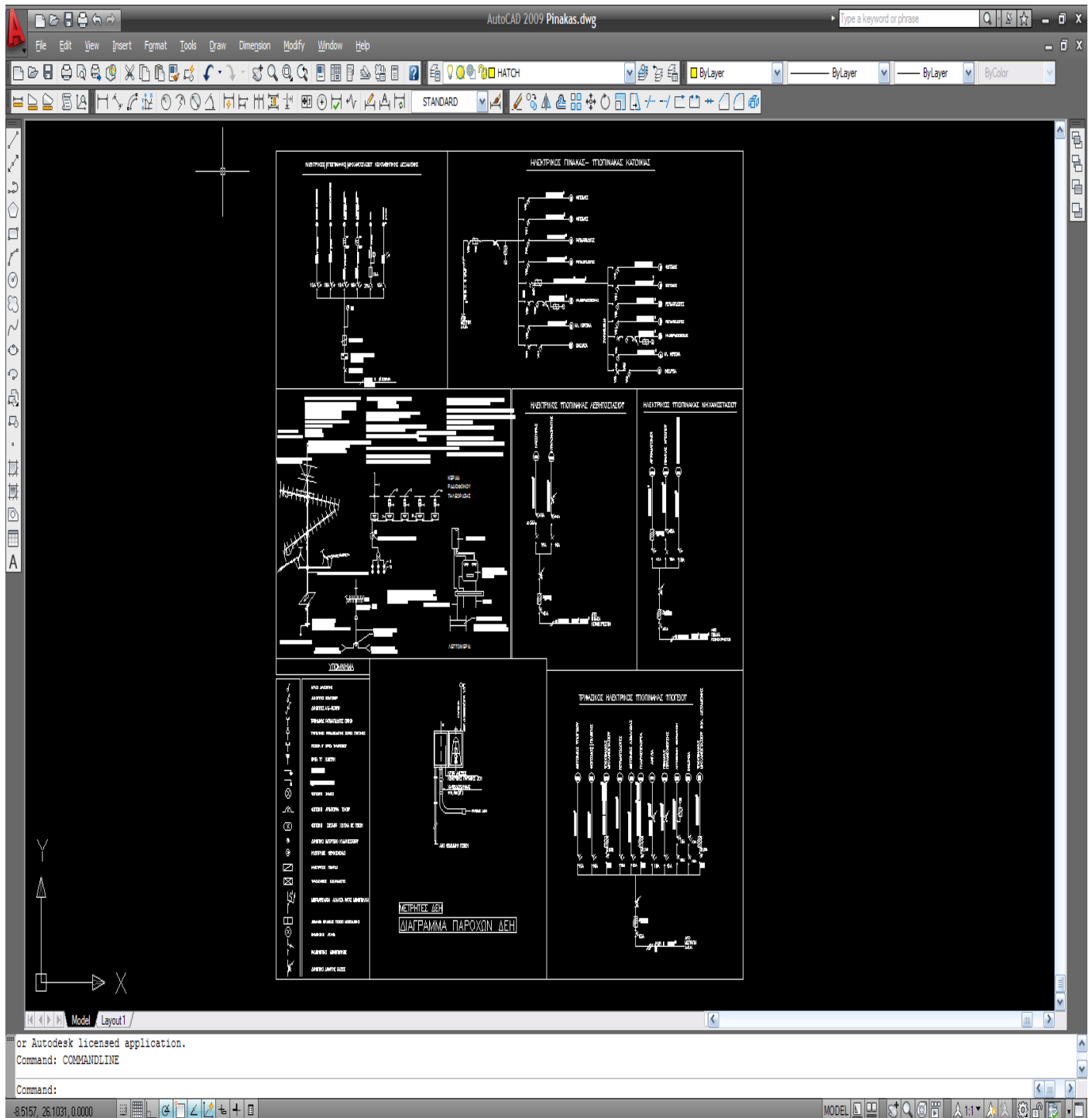


3. Κάτοψη Α' Ορόφου

4. Κάτοψη Δώματος - Σκεπής



## 5. Κάτοψη – Τομή Πισίνας



## 6. Ηλεκτρικός Πίνακας

## **Τ Ε Χ Ν Ι Κ Η   Π Ε Ρ Ι Γ Ρ Α Φ Η**

### **Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ι Κ Ω Ν**

**Εργοδότης** : Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

**Έργο** : ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΖΟΡΟΦΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΛΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΠΙΣΙΝΑ

**Ημερομηνία:** ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2012

**Μελετητές** : ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΚΟΛΙΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ



## 1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Η μελέτη ηλεκτρικής εγκατάστασεως περιλαμβάνει την τεχνική περιγραφή για την εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων (φωτισμός) και για τις εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων (δίκτυο τηλεφώνων Ο.Τ.Ε.).

Οι εγκαταστάσεις θα εκτελεστούν με βάση την τεχνική περιγραφή, τα σχέδια της μελέτης που τη συνοδεύουν και τα σχετικά άρθρα του Κ.Ε.Η.Ε.

## 2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΧΥΡΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

### 2.1. Μετρητές

Κοντά στην είσοδο του κτιρίου, στο ισόγειο, θα τοποθετηθούν ειδικά κουτιά (γνωμονοκιβώτια) στα οποία η Δ.Ε.Η. θα τοποθετήσει 1 μετρητή (κατοικία-εξωτερικοί χώροι).

### 2.2. Γείωση

Στην είσοδο του κτιρίου και κοντά στους μετρητές κατασκευάζεται τεχνητή γείωση. Ο αγωγός γείωσης μέσω σωλήνος συνδέεται με το γνωμοκιβώτιο.

### 2.3. Τροφοδότηση

Για κάθε ιδιοκτησία έγινε προϋπολογισμός της απαιτούμενης να εγκατασταθεί ισχύος με τη βοήθεια του Πίνακα.

#### 2.3.1. **Γραμμές παροχής (γενικά)**

Από κάθε μετρητή ξεκινά γραμμή παροχής η οποία από το συντομότερο δρόμο, καταλήγει στον πίνακα διανομής της ιδιοκτησίας. Ο καθορισμός της διατομής των αγωγών των γραμμών παροχής και της διατομής του σωλήνα προστασίας της γραμμής, έγινε σύμφωνα με τον κανονισμό Ε.Η.Ε. (άρθρα 125 έως 170).

Συγκεκριμένα για κάθε μονοφασική γραμμή χρησιμοποιούνται τρεις αγωγοί (φάση, ουδέτερος, γείωση) τύπου NYA 10 mm<sup>2</sup>. Οι αγωγοί αυτοί τοποθετούνται σε σωλήνα χαλύβδινο ή πλαστικό (Μπέργκμαν) συνήθως διαμέτρου 23 mm.

Οι θέσεις των γραμμών και τα στοιχεία της παροχής φαίνονται στα σχέδια κατόψεως και τον Πίνακα.

#### 2.3.2. **Πίνακες διανομής**

Στην ιδιοκτησία αντιστοιχεί ένας πίνακας διανομής στον οποίο καταλήγει η γραμμή παροχής και από τον οποίο ξεκινούν οι αγωγοί των γραμμών της ιδιοκτησίας.

Οι πίνακες διανομής είναι κατασκευασμένοι από θερμοπλαστικό υλικό ή λαμαρίνα ή αλουμίνιο στο οποίο έχουν τοποθετηθεί οι διακόπτες, οι ασφάλειες και τα ενδεικτικά λαμπάκια.

Οι πίνακες της οικοδομής είναι Α τύπου.

#### 2.3.3. **Ηλεκτρικές γραμμές φωτισμού**

Από κάθε μερική ασφάλεια φωτισμού του πίνακα διανομής, ξεκινούν τροφοδοτικές γραμμές με αγωγούς NYA 1,5 για να τροφοδοτήσουν στοιχεία φωτισμού. Η φόρτιση της κάθε γραμμής περιορίζεται σύμφωνα με τον Κ.Ε.Η.Ε. (άρθρα 58 και 59).

Οι θέσεις και ο αριθμός των φωτιστικών σημείων σε κάθε χώρο, οι σωλήνες προστασίας και οι αγωγοί παροχής, φαίνονται στις κατόψεις (σχέδια) και τον Πίνακα.

#### 2.3.4. Ηλεκτρικές γραμμές ρευματοδοτών (πριζών)

Από κάθε μερική ασφάλεια ρευματοδότη του πίνακα διανομής, ξεκινούν τροφοδοτικές γραμμές με αγωγούς NYA 2,5 για να τροφοδοτήσουν ρευματοδότες. Η φόρτιση της κάθε γραμμής περιορίζεται σύμφωνα με τον Κ.Ε.Η.Ε. (άρθρα 58 και 59).

#### 2.3.5. Ηλεκτρικές γραμμές θερμοσιφώνων

Στις κατοικίες προβλέπεται τροφοδοτική γραμμή με τρεις αγωγούς NYA 2,5 mm<sup>2</sup> (σε σωλήνα 16 mm) για την τροφοδότηση θερμοσιφώνων από 4KW.

### 2.4. Γενικές οδηγίες

#### 2.4.1.

Όλες οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις θα είναι χωνευτές. Οι αγωγοί θα είναι NYA και θα τοποθετηθούν σε πλαστικούς σωλήνες.

#### 2.4.2.

Τα κουτιά διακλαδώσεως θα είναι από πλαστικό.

#### 2.4.3.

Τα φωτιστικά σώματα θα είναι φθορισμού μικρής διαμέτρου T8 με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό ballast (αποθήκη), φθορισμού «κόμπακτ» (καθιστικό, υπνοδωμάτια, πιλωτή, εξώστες) και βελτιωμένης πυράκτωσης (λουτρά, χώρος στάθμευσης, μηχανοστάσιο, λεβητοστάσιο).

#### 2.4.4.

Όλοι οι ρευματοδότες θα έχουν γείωση.

### 3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΘΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Οι εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων της οικοδομής περιλαμβάνουν το δίκτυο έξι εξωτερικών τηλεφώνων, έξι ρευματοδότες ψηφιακού σήματος (δίκτυο) και επτά ρευματοδότες αναλογικού σήματος (TV).

#### 3.1. Τηλέφωνα Ο.Τ.Ε.

Θα τοποθετηθεί υποδοχή λήψεως εξωτερικού τηλεφώνου (Ο.Τ.Ε.) και προβλέπεται ανεξάρτητο δίκτυο σωλήνων και αγωγών (2 ΝΥΑ 0,8 mm<sup>2</sup> σε σωλήνα Φ 11 mm) μέχρι τον κατανεμητή του Ο.Τ.Ε. (κοντά στην είσοδο). Για την τροφοδότηση του κατανεμητή προβλέπεται σωλήνας Φ για το καλώδιο το οποίο θα τοποθετήσει ο Ο.Τ.Ε.

### 4. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

#### 4.1.

Η όλη εγκατάσταση θα εκτελεστεί από αδειούχο εγκαταστάτη με σχετική εμπειρία.

#### 4.2.

Για την εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθούν υλικά άριστης ποιότητας και σύμφωνα με τις προδιαγραφές των Κ.Ε.Η.Ε.

#### 4.3.

Κάθε αλλαγή στα σχέδια είναι δυνατή μόνο μετά από την έγκριση του συντάκτη της μελέτης.

#### 4.4.

Μετά την εκτέλεση της εργασίας και όταν γίνει η σύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η., ο εγκαταστάτης οφείλει να ελέγξει την καλή λειτουργία της γειώσεως και την καλή λειτουργία των εγκαταστάσεων.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2<sup>0</sup>

### ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΤΕΛΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 4M

# ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ

## *Τεύχος Υπολογισμών Εγκατάστασης*

**Εργοδότης** : Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

**Έργο** : ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΖΩΡΟΦΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΛΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΠΙΣΙΝΑ

**Ημερομηνία** : ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2012

**Μελετητές** : ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ Μ.  
ΚΟΛΙΟΣ Α.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με το DIN και τον κανονισμό εσωτερικών Ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα βοηθήματα:

α) *Electrical Installations handbook, Vol 1 & 2, SIEMENS*

β) *Κανονισμοί Ηλεκτρικών Εσωτερικών Εγκαταστάσεων*

γ) *Κανονισμοί ΔΕΗ*

δ) *Ειδικά Κεφάλαια Ηλεκ/κών εγκαταστάσεων και Δικτύων, Δ. Τσανάκα*

ε) *Τεχνικό Εγχειρίδιο FULGOR*

στ) *Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Μ. Μόσχοβιτς*

## 2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

### (α) Βασικές σχέσεις:

$$U = I \times R \quad (\text{νόμος του } \Omega\mu)$$

$$W = I^2 \times R \times t \quad (\text{θερμότητα ρεύματος})$$

$$2 l$$

$$R = \frac{l}{K \times A} \quad (\text{Αντίσταση Κυκλώματος})$$

$$K \times A$$

$$P = U \times I \quad (\text{ισχύς στο συνεχές ρεύμα})$$

$$P = U \times I \times \cos\phi \quad (\text{ισχύς στο εναλλασσόμενο μονοφασικό})$$

$$P = 1.73 \times U \times I \times \cos\phi \quad (\text{ισχύς στο τριφασικό})$$

(β) Πτώση τάσης και διατομή καλωδίων

(β1) Πτώση τάσης  $u$  (V)

- Μονοφασικό

$$\cos\phi$$

$$u = 2 \times \left( \frac{l}{K \times A} + \omega \times L \times \sin\phi \right) \times I \times l$$

$$K \times A$$

- Τριφασικό

$\cos\varphi$

$$u = 1.73 \times \left( \frac{U}{\sqrt{3}} + \omega \times L \times \sin\varphi \right) \times I \times l$$

$K \times A$

όπου:

- U: Τάση δικτύου σε V σε σύστημα 2 αγωγών μεταξύ των αγωγών, σε σύστημα συνεχούς 3 αγωγών μεταξύ των 2 κυρίων αγωγών, σε τριφασικά συστήματα μεταξύ δύο κυρίως αγωγών
- u: Πτώση τάσης σε V από την αρχή μέχρι το τέλος του κυκλώματος
- I: Ένταση ρεύματος σε A
- R: Αντίσταση σε  $\Omega$
- W: Ενέργεια σε W x s
- P: Ισχύς σε W
- K: Αγωγιμότητα
- $\cos\varphi$ : συντελεστής Ισχύος
- A: Διατομή καλωδίου σε  $\text{mm}^2$
- l: Μήκος της γραμμής σε m
- t: χρονική διάρκεια σε s
- L: Επαγωγική αντίσταση του καλωδίου σε H/m ( $\omega=2\pi f$ ,  $f=50$  Hz)

### (β2) Διατομή A ( $\text{mm}^2$ )

Επιλέγεται καλώδιο τέτοιο, ώστε το ρεύμα που περνάει από τη γραμμή να είναι μικρότερο από το επιτρεπόμενο ρεύμα του καλωδίου και ταυτόχρονα η προκύπτουσα πτώση τάσης να είναι μικρότερη από την επιθυμητή (προκύπτει από τις σχέσεις της παραγράφου β1).

Για την εύρεση του επιτρεπόμενου ρεύματος λαμβάνονται υπόψη το είδος του καλωδίου, το μέσο όδευσης, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καλωδίου, και ο τρόπος διάταξης και λειτουργίας.

### (β3) Όργανα προστασίας

Ο υπολογισμός γίνεται σε κάθε γραμμή με έναν από τους δύο παρακάτω τρόπους:

- Επιλέγεται όργανο προστασίας ώστε το επιτρεπόμενο ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της γραμμής
- Επιλέγεται όργανο προστασίας ώστε το επιτρεπόμενο ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της γραμμής, και το μέγεθός του να είναι το αμέσως μικρότερο της επιτρεπόμενης έντασης του καλωδίου

### (β4) Ρεύμα Βραχυκυκλώσεως

το επιτρεπόμενο ρεύμα βραχυκυκλώσεως υπολογίζεται από την σχέση:

$$0.115 A$$

$$I = \frac{\int \dots}{t}$$

όπου I σε kA, A διατομή καλωδίου και t διάρκεια βραχυκυκλώματος

Το ρεύμα βραχυκυκλώσεως στους πίνακες υπολογίζεται με την σχέση:

$$I = \frac{V}{z}$$

όπου z η συνολική αντίσταση σε όλη την διαδρομή του καλωδίου.

Η παραπάνω σχέση υπερκαλύπτει και την σχέση  $I = (\sqrt{3} V)/2z$  που ισχύει για την περίπτωση τριφασικού βραχυκυκλώματος.

### 3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των γραμμών του δικτύου παρουσιάζονται πινακοποιημένα με τις ακόλουθες στήλες:

- Τμήμα Γραμμής
- Μήκος Γραμμής (m)
- Φορτίο (kw)
- Είδος Φορτίου
- Cosφ
- Φάση
- Πτώση Τάσης (V)
- Διατομή Καλ. (mm<sup>2</sup>)
- Ασφάλεια (A)

Επίσης, για κάθε πίνακα της εγκατάστασης πραγματοποιείται αναλυτικός υπολογισμός, με αποτελέσματα που εμφανίζονται όπως ακολούθως:

Στο επάνω μέρος εμφανίζεται πινακάκι με τις ακόλουθες στήλες:

- Είδος Φορτίου
- Εγκατ. Πραγμ. Ισχύς (kw)
- Cosφ (KVxA)
- Εγκατ. Φαιν. Ισχύς (KVxA)
- Ετεροχρονισμός
- Μέγιστη πιθανή ζήτηση



Τα στοιχεία αυτά αναγράφονται ανά είδος φορτίου (συγκεντρωτικά) και στο κάτω μέρος αναγράφεται το σύνολο της μέγιστης πιθανής ζήτησης. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά αναγράφονται πιο κάτω τα εξής:

- ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΑΣΕΩΝ R S T
- Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A)
- Συνολικός Συντελεστής Ζήτησης
- Ένταση για Ισοκατανομή Φάσεων (A)
- Πιθανή Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A)
- ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ
- Λόγω Εφεδρείας (%)
- Λόγω Κινητήρων (A)
- Λόγω Έναυσης Λαμπτήρων (A)
- ΤΕΛΙΚΟ ΡΕΥΜΑ (A)
- τύπος καλωδίου
- επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου σε Κ.Σ. (A)
- συντελεστής διόρθωσης
- επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου (A)
- Γενικός Διακόπτης (A)
- Ασφάλεια ή Αυτ. Διακόπτης (A)
- Τροφοδοτικό Καλώδιο (mm<sup>2</sup>)
- Βαθμός Προστασίας πίνακα

#### Στοιχεία Δικτύου:

Φασική Τάση Δικτύου (V)	230
Τύπος Καλωδίων	Χαλκός
Συντελεστής Αγωγιμότητας (S m/mm <sup>2</sup> )	56

#### Τυπικά Στοιχεία:

Είδος Φορτίου	CosΦ	Ετεροχρονισμός	Πτώση Τάσης (%)	Τρόπος Σύνδεσης	Είδος Γραμμής
Πίνακας	1	1	2.5		3
Κύκλωμα φωτι	1	0.75	2.5		
Κύκλωμα πριζ	1	0.15	2.5		
Φωτισμός	1	0.7	2.5		
Πρίζα σούκο	1	0.2	2.5		

Κινητήρας ασ	1	1	2.5		3
Καυστήρας πε	1	1	2.5		3
Κουζίνα τριφ	1	0.7	2.5		3
Αντίσταση ΒΟ	1	1	2.5		
Ψυγείο	1	0.5	2.5		
Πλυντήριο ρο	1	1	2.5		
Κουζίνα μονο	1	0.7	2.5		
Αντλία πισίνας	1	1	2.5		3
Γκαραζόπορτα	1	1	2.5		3

**Δίκτυο Ηλεκτρικής Εγκατάστασης:**

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm <sup>2</sup> )	Υπολ. Διατομή (mm <sup>2</sup> )	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
Γ.Π	15	34.20	Πίνακας	1	123		3		50	
Γ.1	18.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	2	3.830	1	1.5	1.5	10
Γ.2	16.5	2	Κύκλωμα πριζών	1	2	2.050	1	2.5	2.5	16
Γ.3	24.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	2	5.072	1	1.5	1.5	10
Γ.4	5.5	1	Φωτισμός	1	2	0.569	1	1.5	1.5	10
Γ.5	5	1	Πρίζα σούκο	1	2	0.311	1	2.5	2.5	16
Γ.6	6.5	10	Κινητήρας ασανσέρ	1	123	0.486	3	6	6	25
Γ.7	3.5	1	Φωτισμός	1	2	0.362	1	1.5	1.5	10
Γ.8	11.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	2	2.381	1	1.5	1.5	10
Γ.9	9	2	Κύκλωμα πριζών	1	2	1.118	1	2.5	2.5	16

Γ.10	5.5	1	Φωτισμός	1	2	0.569	1	1.5	1.5	10
Γ.11	4	1	Πρίζα σούκο	1	2	0.248	1	2.5	2.5	16
Γ.12	5	3	Καυστήρας πετρελαίου	1	123	0.269	3	2.5	2.5	16
Γ.13	8	3	Γκαραζόπορτα	1	123	0.431	3	2.5	2.5	16
Γ.14	9	1	Φωτισμός	1	2	0.932	1	1.5	1.5	10
Γ.15	35	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	2	4.348	1		2.5	16
Γ.16	45	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	2	5.590	1		2.5	16
Α.Γ	8	34.20	Πίνακας	1	123	0.246	3		50	
Α.Π	11	74.80	Πίνακας	1	123		3		70	125
Α.1	29	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	1	3.602	1		2.5	16
Α.2	24	2	Κύκλωμα πριζών	1	1	2.981	1	2.5	2.5	16
Α.3	22	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	1	4.555	1	1.5	1.5	10
Α.4	13.5	2	Κύκλωμα πριζών	1	1	1.677	1	2.5	2.5	16
Α.5	15	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	1	3.106	1	1.5	1.5	10
Α.6	22	2	Κύκλωμα πριζών	1	1	2.733	1	2.5	2.5	16
Α.7	8.5	10	Κουζίνα τριφασική	1	123	0.636	3	6	6	25
Α.8	7	4	Αντίσταση BOILER	1	1	1.087	1	4	4	20
Α.9	3	3	Ψυγείο	1	1	0.559	1	2.5	2.5	16
Α.10	7.5	3	Πλυντήριο ρούχων	1	1	1.398	1	2.5	2.5	16
Α.Β	6	19.70	Πίνακας	1	123	0.152	3		35	

B.Π	7	19.70	Πίνακας	1	123		3		35	32
B.1	8	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	3	1.656	1	1.5	1.5	10
B.2	15.5	2	Κύκλωμα πριζών	1	3	1.925	1	2.5	2.5	16
B.3	16	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	3	3.313	1	1.5	1.5	10
B.4	20	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	3	4.141	1	1.5	1.5	10
B.5	28	2	Κύκλωμα πριζών	1	3	3.478	1	2.5	2.5	16
B.6	13.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	3	2.795	1	1.5	1.5	10
B.7	14.5	2	Κύκλωμα πριζών	1	3	1.801	1	2.5	2.5	16
B.8	19.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	3	4.037	1	1.5	1.5	10
B.9	10	2	Κύκλωμα πριζών	1	3	1.242	1	2.5	2.5	16
B.10	5	10	Κουζίνα μονοφασική	1	3	0.485	1		16	50
B.11	15	4	Αντίσταση BOILER	1	3	2.329	1	4	4	20
Γ.Γ1	38	6.900	Πίνακας	1	123	1.177	3		10	35
Γ1.Π	38	6.900	Πίνακας	1	123		3		4	35
Γ1.1	51	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	2	3.960	1		4	10
Γ1.2	37	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	2	4.596	1		2.5	16
Γ1.3	5	1	Πρίζα σούκο	1	2	0.311	1	2.5	2.5	16
Γ1.4	6.6	1	Φωτισμός	1	2	0.683	1	1.5	1.5	10
Γ1.5	4	3	Αντλία πισίνας	1	123	0.215	3	2.5	2.5	16

**Υπολογισμοί Ηλεκτρικής Εγκατάστασης:**

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδ. Καλ.	Αριθ. Παράλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm <sup>2</sup> )	Επιθ. Διατομή (mm <sup>2</sup> )	Επιτρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιτρ. Ρεύμα (A).	Μέγιστη Ασφάλεια (A)	Ρεύμα Γραμμής (A)
Γ.Π			Πίνακας	1	NYM		50		127.0	0.946	120.1		106.4
Γ.1	18.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
Γ.2	16.5	2	Κύκλωμα πριζών	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	8.696
Γ.3	24.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
Γ.4	5.5	1	Φωτισμός	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	4.348
Γ.5	5	1	Πρίζα σούκο	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	4.348
Γ.6	6.5	10	Κινητήρας ασανσέρ	1	NYY		6	6	33.00	0.946	31.22	25	14.49
Γ.7	3.5	1	Φωτισμός	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	4.348
Γ.8	11.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
Γ.9	9	2	Κύκλωμα πριζών	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	8.696
Γ.10	5.5	1	Φωτισμός	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	4.348
Γ.11	4	1	Πρίζα σούκο	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	4.348
Γ.12	5	3	Καυστήρας πετρελαίου	1	NYY		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	4.348
Γ.13	8	3	Γκαραζόπορτα	1	NYM		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	4.348
Γ.14	9	1	Φωτισμός	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	4.348
Γ.15	35	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		2.5		20.00	0.946	18.92	16	8.696
Γ.16	45	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		2.5		20.00	0.946	18.92	16	8.696
Α.Γ	8		Πίνακας	1	NYM		50		127.0	0.946	120.1		106.4
Α.Π	11		Πίνακας	1	NYM		70		147.0	0.946	139.1	125	114.3

A.1	29	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		2.5		20.00	0.946	18.92	16	8.696
A.2	24	2	Κύκλωμα πριζών	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	8.696
A.3	22	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
A.4	13.5	2	Κύκλωμα πριζών	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	8.696
A.5	15	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
A.6	22	2	Κύκλωμα πριζών	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	8.696
A.7	8.5	10	Κουζίνα τριφασική	1	NYA		6	6	33.00	0.946	31.22	25	14.49
A.8	7	4	Αντίσταση BOILER	1	NYM		4	4	25.00	0.946	23.65	20	17.39
A.9	3	3	Ψυγείο	1	NYM		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	13.04
A.10	7.5	3	Πλυντήριο ρούχων	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	13.04
A.B	6		Πίνακας	1	NYM		35		100.0	0.946	94.60	32	85.65
B.Π	7		Πίνακας	1	NYM		35		100.0	0.946	94.60	32	85.65
B.1	8	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
B.2	15.5	2	Κύκλωμα πριζών	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	8.696
B.3	16	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
B.4	20	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
B.5	28	2	Κύκλωμα πριζών	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	8.696
B.6	13.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
B.7	14.5	2	Κύκλωμα	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	8.696

			πριζών										
B.8	19.5	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	8.696
B.9	10	2	Κύκλωμα πριζών	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	8.696
B.10	5	10	Κουζίνα μονοφασική	1	NYM		16		60.00	0.946	56.76	50	43.48
B.11	15	4	Αντίσταση BOILER	1	NYM		4	4	25.00	0.946	23.65	20	17.39
Γ.Γ1	38		Πίνακας	1	NYM		10		43.00	1.000	43.00	35	23.33
Γ1.Π	38		Πίνακας	1	NYM		4		25.00	1.000	25.00	35	23.33
Γ1.1	51	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		4		25.00	1.000	25.00	10	8.696
Γ1.2	37	2	Κύκλωμα φωτισμού	1	NYA		2.5		20.00	0.946	18.92	16	8.696
Γ1.3	5	1	Πρίζα σούκο	1	NYA		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	4.348
Γ1.4	6.6	1	Φωτισμός	1	NYA		1.5	1.5	14.00	0.946	13.24	10	4.348
Γ1.5	4	3	Αντλία πισίνας	1	NYM		2.5	2.5	20.00	0.946	18.92	16	4.348

Ανάλυση Φορτίου Πίνακα : Γ.Π

Όνομα Πίνακα : ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ

**Φορτία Πίνακα:**

Είδος Φορτίου	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	CosΦ	Φαινόμενη Ισχύς (kVA)	Ετεροχρονισμός	Μεγιστη Ζήτηση (kVA)
Κύκλωμα φωτισμού	10	1	10	0.75	7.5
Κύκλωμα πριζών	4	1	4	0.15	0.6
Φωτισμός	4	1	4	0.7	2.8
Πρίζα σούκο	2	1	2	0.2	0.4

Κινητήρας ασανσέρ	10	1	10	1	10
Καυστήρας πετρελαίου	3	1	3	1	3
Γκαραζόπορτα	3	1	3	1	3
Πίνακας	6.9	1	6.9	1	6.9
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>42.90</b>	<b>1.00</b>	<b>42.90</b>		<b>34.20</b>

### Κατανομή Φάσεων

R (KVA):	6.10
S (KVA):	30.70
T (KVA):	6.10
Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A):	133.48
Συνολικός Συντελεστής Ζήτησης:	0.80
Ένταση για Ισοκατανομή Φάσεων (A):	49.57
Πιθανή Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A):	106.41
Προσαυξήσεις	
Λόγω Εφεδρείας (%):	
Λόγω Κινητήρων (A):	
Λόγω Έναυσης Λαμπτήρων (A):	
Τελικό Ρεύμα (A):	106.41
Τύπος Καλωδίου:	NYM
Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου σε Κ.Σ (A):	127.00
Συντελεστής Διόρθωσης:	0.95
Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου (A):	120.14
Επιλέγεται	
Γενικός Διακόπτης (A):	
Ασφάλεια ή Αυτόματος Διακόπτης (A):	
Τροφοδοτικό Καλώδιο (mm <sup>2</sup> ):	50.00



Βαθμός Προστασίας Πίνακα: IP54

Ενσωματωμένος σε άλλο Πίνακα: Όχι

Ανάλυση Φορτίου Πίνακα : Α.Π

Όνομα Πίνακα : ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ

**Φορτία Πίνακα:**

Έιδος Φορτίου	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	CosΦ	Φαινόμενη Ισχύς (kVA)	Ετερο χρονοι σμός	Μεγιστη Ζήτηση (kVA)
Πίνακας	53.9	1	53.9	1	53.9
Κύκλωμα φωτισμού	6	1	6	0.75	4.5
Κύκλωμα πριζών	6	1	6	0.15	0.9
Κουζίνα τριφασική	10	1	10	0.7	7
Αντίσταση BOILER	4	1	4	1	4
Ψυγείο	3	1	3	0.5	1.5
Πλυντήριο ρούχων	3	1	3	1	3
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>85.90</b>	<b>1.00</b>	<b>85.90</b>		<b>74.80</b>

**Κατανομή Φάσεων**

R (KVA):	30.20
S (KVA):	27.80
T (KVA):	27.90
Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A):	131.29
Συνολικός Συντελεστής Ζήτησης:	0.87
Ένταση για Ισοκατανομή Φάσεων (A):	108.41

Πιθανή Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A): 114.32

Προσαυξήσεις

Λόγω Εφεδρείας (%):

Λόγω Κινητήρων (A):

Λόγω Έναυσης Λαμπτήρων (A):

Τελικό Ρεύμα (A): 114.32

Τύπος Καλωδίου: NYM

Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου σε Κ.Σ (A): 147.00

Συντελεστής Διόρθωσης: 0.95

Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου (A): 139.06

Επιλέγεται

Γενικός Διακόπτης (A):

Ασφάλεια ή Αυτόματος Διακόπτης (A): 125

Τροφοδοτικό Καλώδιο (mm<sup>2</sup>): 70.00

Βαθμός Προστασίας Πίνακα: IP40

Ενσωματωμένος σε άλλο Πίνακα: Όχι

Ανάλυση Φορτίου Πίνακα : Β.Π

Όνομα Πίνακα : ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ Α' ΟΡΟΦΟΥ

### **Φορτία Πίνακα:**

Έιδος Φορτίου	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	CosΦ	Φαινόμενη Ισχύς (kVA)	Ετερο χρονι σμός	Μεγιστη Ζήτηση (kVA)
Κύκλωμα φωτισμού	10	1	10	0.75	7.5

Κύκλωμα πριζών	8	1	8	0.15	1.2
Κουζίνα μονοφασική	10	1	10	0.7	7
Αντίσταση BOILER	4	1	4	1	4
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>32.00</b>	<b>1.00</b>	<b>32.00</b>		<b>19.70</b>

### Κατανομή Φάσεων

R (KVA):	
S (KVA):	
T (KVA):	32.00
Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A):	139.13
Συνολικός Συντελεστής Ζήτησης:	0.62
Ένταση για Ισοκατανομή Φάσεων (A):	28.55
Πιθανή Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A):	85.65
Προσαυξήσεις	
Λόγω Εφεδρείας (%):	
Λόγω Κινητήρων (A):	
Λόγω Έναυσης Λαμπτήρων (A):	
Τελικό Ρεύμα (A):	85.65
Τύπος Καλωδίου:	NYM
Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου σε Κ.Σ (A):	100.00
Συντελεστής Διόρθωσης:	0.95
Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου (A):	94.60
Επιλέγεται	
Γενικός Διακόπτης (A):	40
Ασφάλεια ή Αυτόματος Διακόπτης (A):	32
Τροφοδοτικό Καλώδιο (mm <sup>2</sup> ):	35.00
Βαθμός Προστασίας Πίνακα:	IP40

Ενσωματωμένος σε άλλο Πίνακα:

Όχι

Ανάλυση Φορτίου Πίνακα : Γ1.Π

Όνομα Πίνακα : ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΣΙΝΑΣ





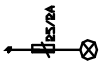










**Φορτία Πίνακα:**

Είδος Φορτίου	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	CosΦ	Φαινόμενη Ισχύς (kVA)	Ετερο χρονι σμός	Μεγιστη Ζήτηση (kVA)
Κύκλωμα φωτισμού	4	1	4	0.75	3
Πρίζα σούκο	1	1	1	0.2	0.2
Φωτισμός	1	1	1	0.7	0.7
Αντλία πιεστικού ύδρ	3	1	3	1	3
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>9.00</b>	<b>1.00</b>	<b>9.00</b>		<b>6.90</b>

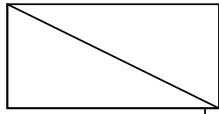
**Κατανομή Φάσεων**

R (KVA):	1.00
S (KVA):	7.00
T (KVA):	1.00
Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A):	30.43
Συνολικός Συντελεστής Ζήτησης:	0.77
Ένταση για Ισοκατανομή Φάσεων (A):	10.00
Πιθανή Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A):	23.33
Προσαυξήσεις:	
Λόγω Εφεδρείας (%):	
Λόγω Κινητήρων (A):	
Λόγω Έναυσης Λαμπτήρων (A):	
Τελικό Ρεύμα (A):	23.33

Τύπος Καλωδίου:	NYM
Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου σε Κ.Σ (Α):	25.00
Συντελεστής Διόρθωσης:	1.00
Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου (Α):	25.00
Επιλέγεται:	
Γενικός Διακόπτης (Α):	40
Ασφάλεια ή Αυτόματος Διακόπτης (Α):	35
Τροφοδοτικό Καλώδιο (mm <sup>2</sup> ):	4.00
Βαθμός Προστασίας Πίνακα:	IP65
Ενσωματωμένος σε άλλο Πίνακα:	Όχι

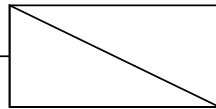
ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ		
 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΖΟΜΕΝΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ</p>	 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ</p>	 <p>2-ΠΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ</p>
 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΤΗΛΕΧΕΙΡ. ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΕ ΘΕΡΜΙΚΑ</p>	 <p>ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΛΥΧΝΙΑ ΣΤΟΥΣ ΖΥΓΟΥΣ</p>	 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ</p>
 <p>3-ΠΟΛ. ΑΣΦΑΛΕΙΟ-ΑΠΟΖΕΥΚΤΗΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ</p>	 <p>3 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΛΥΧΝΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΖΥΓΟΥΣ</p>	 <p>1-ΠΟΛΙΚΟΣ ΜΙΚΡΟ-ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ</p>
 <p>1-ΠΟΛΙΚΗ ΚΟΧΛΙΩΤΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ</p>	 <p>2-ΠΟΛΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΔΙΑΦΡΩΣ</p>	 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΜΙΚΡΟ-ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ</p>
 <p>3-ΠΟΛΙΚΗ ΚΟΧΛΙΩΤΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ</p>	 <p>4-ΠΟΛΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΔΙΑΦΡΩΣ</p>	 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΡΑΦΟ</p>

ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ

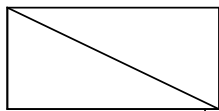


NYM 5x4

ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΣΙΝΑΣ

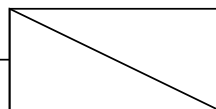


ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ



NYM 5x35

ΥΠΟΠΙΝΑΚΑΣ Α' ΟΡΟΦΟΥ



**Πτώση Τάσης στις Γραμμές του Δικτύου:**

Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.1 :	3.972	V ( 1.727%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.2 :	2.192	V ( 0.953%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.3 :	5.214	V ( 2.267%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.4 :	0.711	V ( 0.309%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.5 :	0.453	V ( 0.197%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.6 :	0.732	V ( 0.184%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.7 :	0.504	V ( 0.219%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.8 :	2.523	V ( 1.097%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.9 :	1.260	V ( 0.548%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.10 :	0.711	V ( 0.309%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.11 :	0.390	V ( 0.170%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.12 :	0.515	V ( 0.129%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.13 :	0.677	V ( 0.170%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.14 :	1.074	V ( 0.467%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.15 :	4.490	V ( 1.952%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ.16 :	5.732	V ( 2.492%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ1.1 :	4.783	V ( 2.079%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ1.2 :	5.419	V ( 2.356%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ1.3 :	1.134	V ( 0.493%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ1.4 :	1.506	V ( 0.655%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->Γ1.5 :	1.638	V ( 0.412%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.1 :	3.602	V ( 1.566%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.2 :	2.981	V ( 1.296%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.3 :	4.555	V ( 1.980%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.4 :	1.677	V ( 0.729%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.5 :	3.106	V ( 1.350%)



Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.6 :	2.733	V ( 1.188%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.7 :	0.636	V ( 0.160%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.8 :	1.087	V ( 0.473%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.9 :	0.559	V ( 0.243%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.10 :	1.398	V ( 0.608%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.1 :	1.744	V ( 0.758%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.2 :	2.013	V ( 0.875%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.3 :	3.401	V ( 1.479%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.4 :	4.229	V ( 1.839%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.5 :	3.566	V ( 1.550%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.6 :	2.883	V ( 1.253%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.7 :	1.889	V ( 0.821%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.8 :	4.125	V ( 1.793%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.9 :	1.330	V ( 0.578%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.10 :	0.573	V ( 0.249%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->B.11 :	2.417	V ( 1.051%)

Τύπος Καλωδίου	Κωδικός A.T.H.E.	Μήκος
NYA 1 x 1.5	8751.1.2	595.80
NYA 1 x 2.5	8751.1.3	523.50
NYA 1 x 16	8751.2.3	42.50
NYM 3 x 2.5	8766.3.2	4.00
NYM 3 x 4	8766.3.3	7.00
NYY 3 x 6 rm	8774.3.4	6.50

Όργανα Προστασίας	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
ΜΟΝ.ΑΣΦ.ΜΑΧΑΙΡΩΤΗ 25Α		3.00
ΜΟΝ.ΑΣΦ. ΒΙΔΩΤΗ 35Α		3.00
ΜΟΝ.ΑΣΦ. ΒΙΔΩΤΗ125Α		3.00
ΜΟΝ.ΜΙΚΡ/ΤΟΜΑΤΟΣ 10Α		16.00
ΜΟΝ.ΜΙΚΡ/ΤΟΜΑΤΟΣ 16Α		18.00
ΤΡΙ.ΜΙΚΡ/ΤΟΜΑΤΟΣ 16Α		3.00
ΜΟΝ.ΜΙΚΡ/ΤΟΜΑΤΟΣ 20Α		2.00
ΤΡΙ.ΜΙΚΡ/ΤΟΜΑΤΟΣ 25Α		1.00
ΤΡΙ.ΜΙΚΡ/ΤΟΜΑΤΟΣ 32Α		1.00
ΜΟΝ.ΜΙΚΡ/ΤΟΜΑΤΟΣ 50Α		1.00
ΤΡΙ.ΤΗΛΕΧ.ΔΙΑΚΟΠΤ 22Α		2.00
ΤΡΙ.ΔΙΑΚ. ΔΙΑΡΟΗΣ 40Α		1.00
ΤΡΙ.ΔΙΑΚ. ΡΑССО 25Α		1.00
ΤΡΙ.ΔΙΑΚ. ΡΑССО 40Α		1.00
ΜΟΝ.ΡΑΓΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 25Α		1.00
ΤΡΙ.ΡΑΓΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 25Α		1.00
ΜΟΝ.ΡΑΓΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 63Α		1.00
ΜΟΝ.ΒΑΣΗ ΑΣΦ.ΜΑΧ.125Α		3.00
ΜΟΝ.ΒΑΣΗ ΑΣΦ.ΒΙΔ. 63Α		3.00
ΜΟΝ.ΒΑΣΗ ΑΣΦ.ΒΙΔ.200Α		3.00

Άλλα Υλικά	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
------------	------------------	----------

**Προμέτρηση – Κοστολόγηση:**

A/A	Περιγραφή	Τ.Μον. €.	Ποσot.	Εκπt. %	ΦΠΑ %	Σ.Τιμή €.
1	ΚΑΛΩΔΙΑ	0	0	0	0	0
2	ΝΥΑ 1 x 1.5	0	595.8	0	0	0
3	ΝΥΑ 1 x 2.5	0	523.5	0	0	0
4	ΝΥΑ 1 x 16	0	42.5	0	0	0
5	ΝΥΜ 3 x 2.5	0	4	0	0	0
6	ΝΥΜ 3 x 4	0	7	0	0	0
7	ΝΥΥ 3 x 6 mm	0	6.5	0	0	0
8	ΟΡΓΑΝΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	0	0	0	0	0
9	ΜΟΝ.ΑΣΦ.Μ ΑΧΑΙΡΩΤΗ 25Α	0	3	0	0	0
10	ΜΟΝ.ΑΣΦ. ΒΙΔΩΤΗ 35Α	0	3	0	0	0
11	ΜΟΝ.ΑΣΦ. ΒΙΔΩΤΗ125Α	0	3	0	0	0
12	ΜΟΝ.ΜΙΚΡ/Τ ΟΜΑΤΟΣ 10Α	0	16	0	0	0
13	ΜΟΝ.ΜΙΚΡ/Τ ΟΜΑΤΟΣ 16Α	0	18	0	0	0
14	ΤΡΙ.ΜΙΚΡ/ΤΟ ΜΑΤΟΣ 16Α	0	3	0	0	0
15	ΜΟΝ.ΜΙΚΡ/Τ ΟΜΑΤΟΣ 20Α	0	2	0	0	0
16	ΤΡΙ.ΜΙΚΡ/ΤΟ ΜΑΤΟΣ 25Α	0	1	0	0	0
17	ΤΡΙ.ΜΙΚΡ/ΤΟ	0	1	0	0	0

	ΜΑΤΟΣ 32Α					
18	ΜΟΝ.ΜΙΚΡ/Τ ΟΜΑΤΟΣ 50Α	0	1	0	0	0
19	ΤΡΙ.ΤΗΛΕΧ.ΔΙ ΑΚΟΠΤ 22Α	0	2	0	0	0
20	ΤΡΙ.ΔΙΑΚ. ΔΙΑΡΟΗΣ 40Α	0	1	0	0	0
21	ΤΡΙ.ΔΙΑΚ. ΡΑССО 25Α	0	1	0	0	0
22	ΤΡΙ.ΔΙΑΚ. ΡΑССО 40Α	0	1	0	0	0
23	ΜΟΝ.ΡΑΓΟΔΙ ΑΚΟΠΤΗΣ 25Α	0	1	0	0	0
24	ΤΡΙ.ΡΑΓΟΔΙΑ ΚΟΠΤΗΣ 25Α	0	1	0	0	0
25	ΜΟΝ.ΡΑΓΟΔΙ ΑΚΟΠΤΗΣ 63Α	0	1	0	0	0
26	ΜΟΝ.ΒΑΣΗ ΑΣΦ.ΜΑΧ.125 Α	0	3	0	0	0
27	ΜΟΝ.ΒΑΣΗ ΑΣΦ.ΒΙΔ. 63Α	0	3	0	0	0
28	ΜΟΝ.ΒΑΣΗ ΑΣΦ.ΒΙΔ.200Α	0	3	0	0	0
29	ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ	0	0	0	0	0

## **ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡ/ΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

### **0. Γενικά**

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει την ηλεκτρική εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων και πρόκειται να κατασκευασθεί σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και τις απαιτήσεις της Δ.Ε.Η.

### **1. Τροφοδοσία Δ.Ε.Η. - Μετρητές**

Η τροφοδοσία θα γίνει από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. 220/380 V-50Hz. Στον χώρο που φαίνεται στα σχέδια θα τοποθετηθούν τα μπαροκιβώτια και οι μετρητές. Προβλέπεται ένας μετρητής για κάθε ιδιοκτησία και ένας επιπλέον μετρητής για τους κοινόχρηστους χώρους.

Κοντά στους μετρητές θα κατασκευασθεί άμεση γείωση η οποία θα συνδεθεί με αγωγό γείωσης σε χαλυβδοσωλήνα η γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα με την μπάρα γείωσης των μπαροκιβωτίων. Η είσοδος του καλωδίου της Δ.Ε.Η. και ο τρόπος μηχανικής προστασίας του θα υποδειχθούν από την Δ.Ε.Η.

### **2. Καλωδιώσεις-Σωληνώσεις.**

**α.** Οι παροχές των πινάκων θα γίνουν με καλώδια NYΥ ή NYM και όπου η εγκατάσταση είναι χωνευτή θα χρησιμοποιούνται χαλυβδοσωλήνες.

**β.** Όπου η εγκατάσταση είναι χωνευτή και όχι στεγανή θα χρησιμοποιηθούν καλώδια NYA μέσα σε πλαστικούς σωλήνες. Αντίστοιχα, όπου η εγκατάσταση είναι στεγανή (χωνευτή η ορατή) θα χρησιμοποιηθούν καλώδια NYM ή NYA και χαλυβδοσωλήνες. Σε περίπτωση χρήσης καλωδίων NYA οι χαλυβδοσωλήνες θα έχουν εσωτερική μόνωση. Σαν στεγανοί χώροι θεωρούνται μεταξύ των άλλων χώροι υγιεινής, λεβητοστάσιο, κλπ.

**γ.** Ειδικά όταν η εγκατάσταση είναι ενσωματωμένη στο μπετόν, θα χρησιμοποιηθούν πλαστικοί σωλήνες τύπου HELIFLEX.

**δ.** Τα μεγέθη των σωλήνων, ανάλογα με την διατομή του καλωδίου, δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

<b>Καλώδια</b>	<b>Σωλήνας</b>
3x1.5 mm	Φ 13.5mm
3x2.5 mm, 5x1.5 mm	Φ 16 mm
3x4 mm, 5x2.5 mm	Φ 21 η Φ 23mm

3x6 mm, 5x4 mm	Φ 21 η Φ 23mm
3x10 mm, 5x6 mm	Φ 29mm
3x16 mm, 5x10 mm	Φ 36mm

Για μεγαλύτερες διατομές καλωδίων θα χρησιμοποιηθούν γαλβανισμένοι σιδηροσωλήνες ή και υδραυλικοί πλαστικοί σωλήνες για διαδρομές στο έδαφος.

ε. Όλες οι γραμμές θα φέρουν αγωγό γείωσης.

στ. Οι οριζόντιες διαδρομές σωληνώσεων θα βρίσκονται κατά το δυνατόν σε ύψος μεγαλύτερο από 2.5 m.

ζ. Για τις γραμμές φωτισμού τα καλώδια θα έχουν διατομή 1.5 mm, ενώ για τις αντίστοιχες ρευματοδοτών, διατομή 2.5 mm.

### 3. Πίνακες διανομής

Οι πίνακες διανομής θα είναι μεταλλικοί προστασίας IP54 ή εναλλακτικά μονοφασικοί (η τριφασικοί) τυποποιημένοι πίνακες από θερμοπλαστικό υλικό. Κάθε πίνακας θα φέρει ξεχωριστές μπάρες φάσεων, ουδέτερου και γείωσης. Μεταξύ των άλλων, ο πίνακας θα περιλαμβάνει:

- Γενικές συντηκτικές ασφάλειες.
- Γενικό διακόπτη.
- Ηλεκτρονόμο διαφυγής 30mA.
- Αναχωρήσεις σύμφωνα με το σχέδιο πινάκων.

### 4. Προσωρινή παροχή

Η προσωρινή παροχή θα γίνει σύμφωνα με τα άρθρα 75,76,77 του 1073/81 Π.Δ/τος μέριμνα του ιδιοκτήτη και με ευθύνη του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη.

Τα άρθρα αυτά προβλέπουν η προσωρινή παροχή να είναι τοποθετημένη σε στεγανό μεταλλικό κουτί καλά γειωμένο το οποίο να φέρει κλειδαριά, ώστε να ασφαλίζεται κατά τις μη εργάσιμες ώρες, με μέριμνα του ιδιοκτήτη.

Επίσης προβλέπεται και θα τοποθετηθεί οπωσδήποτε αυτόματος προστατευτικός διακόπτης διαφυγής (διαφορικής προστασίας- αντιηλεκτροπληξιακός αυτόματος). Προτού η παροχή αυτή χρησιμοποιηθεί, θα κληθεί για έλεγχο ο επιβλέπων μηχανικός, άλλως ουδεμία ευθύνη θα φέρει σε περίπτωση ατυχήματος. Οι μπαλαντέζες που θα χρησιμοποιηθούν να φέρουν αγωγό γείωσης, έστω και αν τροφοδοτούν εργαλεία που δεν απαιτούν γείωση. Ο τρόπος που θα

απλώνονται να είναι τέτοιος ώστε να αποκλείεται φθορά και συνεπώς κίνδυνος ατυχήματος (μακράν από συνήθεις διακινήσεις προσωπικού, οχημάτων-μηχανημάτων κ.α.).

## **5. Παρατηρήσεις**

- α.** Οι ρευματοδότες θα φέρουν αγωγό γείωσης και θα τοποθετούνται σε ύψος 50 cm από το δάπεδο.
- β.** Οι διακόπτες θα τοποθετηθούν σε ύψος 80 cm από το δάπεδο.
- γ.** Οι θέσεις φωτιστικών σημείων δείχνονται στα σχέδια. Τύποι φωτιστικών που έχουν προκαθορισθεί στο στάδιο της μελέτης, δείχνονται επίσης στα σχέδια.
- δ.** Όταν σε κάποιο χώρο η εγκατάσταση είναι στεγανή, αντίστοιχα στεγανοί θα είναι οι ρευματοδότες, οι διακόπτες και τα φωτιστικά σώματα.

## **6. Πρόσθετα στοιχεία προστασίας**

Γεφύρωση των ειδών υγιεινής και σύνδεση των μεταλλικών παροχών ύδρευσης με την μπάρα γείωσης των παραροκιβωτίων.

## **7. Δοκιμές εγκατάστασης**

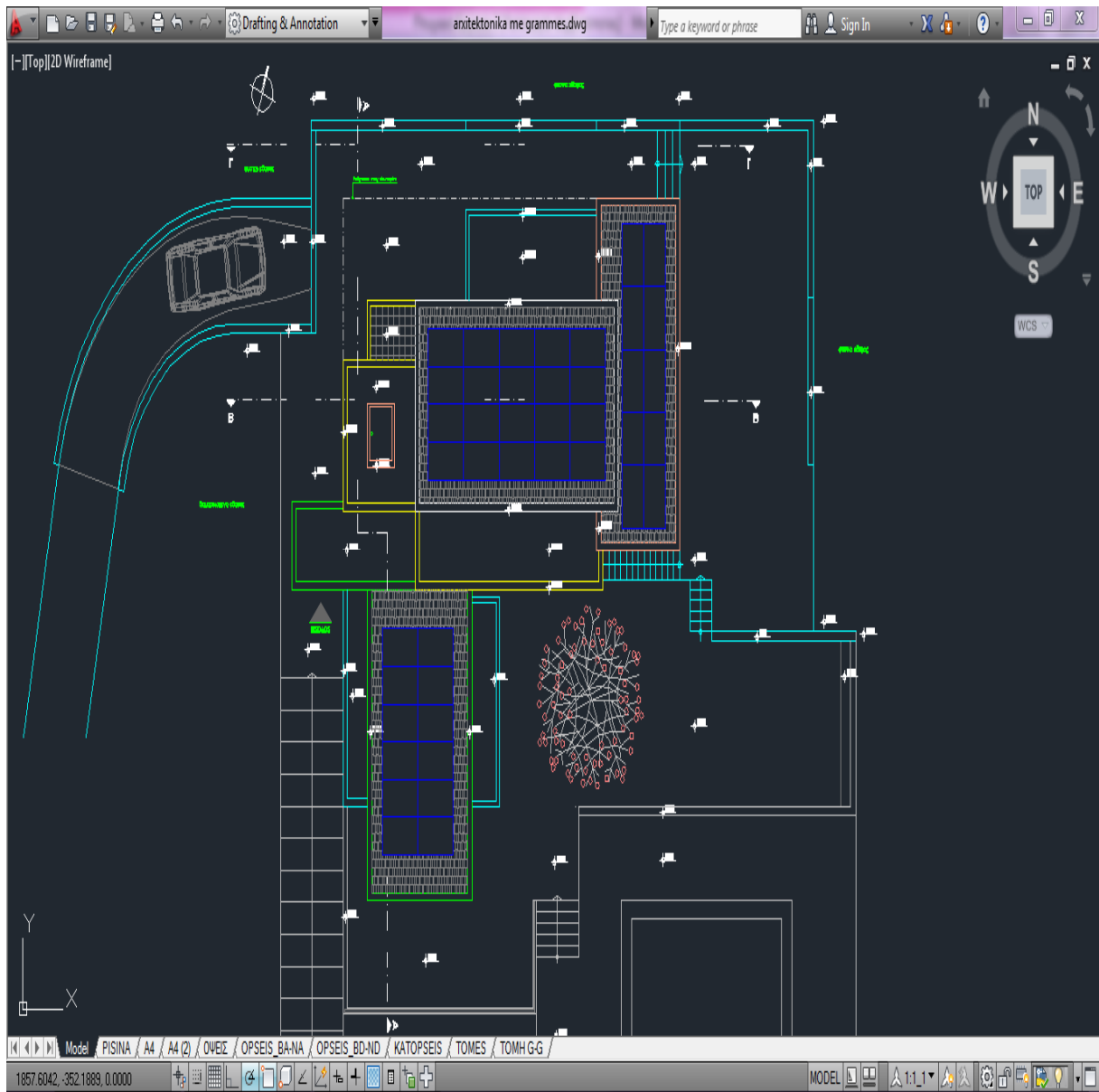
Επισημαίνεται η δοκιμή αντίστασης μόνωσης. Η τιμή θα υπερβαίνει τα 250 ΜΩ.

**Ο Συντάξας**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3<sup>0</sup>

### ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΤΕΛΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ





Κάτοψη Δώματος – Σκεπής με τοποθετημένα τα φ/β πάνελς

### **Υπολογισμοί Φ/Β Πάνελς:**

Προς Δύση:  $4,5 \times 8,1 = 3,5 \times 7,1 = 3 \times 4 = 12$ πανελς  $\times 230W = 2,76 KW - 10\%$  (λόγω Δυτικού προσανατολισμού) = **2,484KW**

Προς Βορρά:  $5,2 \times 9,1 = 4,2 \times 8,1 = 4 \times 5 = 20$ πανελς  $\times 230W = 4,6KW - 25\%$  (λόγω Βόρειου προσανατολισμού) = **3,450KW**

Προς Ανατολή:  $3,5 \times 9,1 = 2,5 \times 8,1 = 2 \times 5 = 10$ πανελς  $\times 230W = 2,3KW - 10\%$  (λόγω Ανατολικού προσανατολισμού) = **2, 7KW**

Άρα για το σύνολο των πανελς θα έχουμε:  $12 + 10 + 20 = 42$  **πανελς**

Και το σύνολο των ετήσιων KW της Φ/Β εγκατάστασης μας θα είναι:  $2,484 + 3,45 + 2,7 = 8,004KW$

### **Υπολογισμοί Ετησίων Ωρών και Ετήσιας Παραγωγής:**

Ετήσιες Ώρες (h):  $7h$  (βλ. Κεφάλαιο 3)  $\times 365$  (μέρες τον χρόνο) = **2555 h**

Ετήσια Παραγωγή Ηλ. Ενέργειας:  $2555h \times 8,004KW = 20.450 KWh$

### **Ενδεικτική Κοστολόγηση για Εξοπλισμό για 20 πανελς:**

*Κοστολόγηση από Green Energy Parts:*

#### Panels:

Luxor 235Wp :  $200€ \times 42$  τεμαχια = 8400€

#### Inverter:

Victor Phoenix 5000 VA : 2800€

#### Βασεις:

$65€ \times 42$  τεμαχια = 2730€

#### Καλωδια:

MC4 :  $5€ \times 42$  τεμαχια = 210

**Συνολο 14140€ με ΦΠΑ 23%**

*Κοστολογοση απο eshops.gr*

*Panels:*

SE 240-245Watt : 240€ x 42 τεμαχια = 10080€

*Inverter:*

SE Sunny Boy 5000 TL HC : 2620€

*Βασεις:*

65€ x 42 τεμαχια = 2730€

*Καλωδια:*

MC4 : 5€ x 42 τεμαχια = 210€

***Συνολο 15640€ με ΦΠΑ 23%***

**Στη συνέχεια πραγματοποιούμε την οικονομοτεχνική μας μελέτη μέσω του προγράμματος EXCELL:**

Ετος	Παραγωγή (kWh)	Τιμή πώλησης (€/kWh)	Έσοδα (€)	Κοστος Επένδυσης	Λειτουργικές Δαπάνες	Καθαρά κέρδη προ φόρων	Φόροι	Ταμειακές Ροές	Συντελεστής	ΠΑ
0	0		0	15.000 €		0 €	0 €	-15.000 €	1,00000	-15.000 €
1	20.450	0,419	8.569 €	0	300 €	8.269 €	1.654 €	6.615 €	0,94340	6.240 €
2	20.399	0,419	8.547 €	0	300 €	8.247 €	1.649 €	6.598 €	0,89000	5.872 €
3	20.348	0,419	8.526 €	0	300 €	8.226 €	1.645 €	6.581 €	0,83962	5.525 €
4	20.297	0,423	8.589 €	0	300 €	8.289 €	1.658 €	6.632 €	0,79209	5.253 €
5	20.246	0,423	8.568 €	0	300 €	8.268 €	1.654 €	6.614 €	0,74726	4.943 €
6	20.196	0,423	8.547 €	0	300 €	8.247 €	1.649 €	6.597 €	0,70496	4.651 €
7	20.145	0,427	8.610 €	0	300 €	8.310 €	1.662 €	6.648 €	0,66506	4.422 €
8	20.095	0,432	8.675 €	0	300 €	8.375 €	1.675 €	6.700 €	0,62741	4.204 €
9	20.045	0,436	8.740 €	0	300 €	8.440 €	1.688 €	6.752 €	0,59190	3.996 €
10	19.994	0,440	8.805 €	0	300 €	8.505 €	1.701 €	6.804 €	0,55839	3.799 €
11	19.944	0,445	8.871 €	0	300 €	8.571 €	1.714 €	6.857 €	0,52679	3.612 €
12	19.895	0,449	8.937 €	0	300 €	8.637 €	1.727 €	6.910 €	0,49697	3.434 €
13	19.845	0,453	8.999 €	0	300 €	8.699 €	1.740 €	6.960 €	0,46884	3.263 €
14	19.795	0,453	8.977 €	0	300 €	8.677 €	1.735 €	6.942 €	0,44230	3.070 €
15	19.746	0,453	8.955 €	0	300 €	8.655 €	1.731 €	6.924 €	0,41726	2.889 €
16	19.696	0,458	9.012 €	0	300 €	8.712 €	1.742 €	6.969 €	0,39365	2.743 €
17	19.647	0,458	8.989 €	0	300 €	8.689 €	1.738 €	6.951 €	0,37136	2.581 €
18	19.598	0,458	8.967 €	0	300 €	8.667 €	1.733 €	6.933 €	0,35034	2.429 €
19	19.549	0,462	9.034 €	0	300 €	8.734 €	1.747 €	6.987 €	0,33051	2.309 €
20	19.500	0,462	9.011 €	0	300 €	8.711 €	1.742 €	6.969 €	0,31180	2.173 €
21	19.451	0,462	8.989 €	0	300 €	8.689 €	1.738 €	6.951 €	0,29415	2.045 €
22	19.403	0,467	9.056 €	0	300 €	8.756 €	1.751 €	7.005 €	0,27750	1.944 €
23	19.354	0,467	9.033 €	0	300 €	8.733 €	1.747 €	6.987 €	0,26180	1.829 €
24	19.306	0,467	9.011 €	0	300 €	8.711 €	1.742 €	6.968 €	0,24698	1.721 €
25	19.258	0,467	8.988 €	0	300 €	8.688 €	1.738 €	6.950 €	0,23300	1.619 €
								155.802 €	<b>ΚΠΑ=</b>	<b>71.567 €</b>
						46.285 €			<b>ΕΒΑ=</b>	<b>20,15</b>
									<b>ΕΒΑ=</b>	<b>34,63</b>

Κάναμε τους υπολογισμούς για ίδια κεφάλαια και για επιτόκιο προθεσμιακών καταθέσεως της τάξης του 6%.

Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας  $\leq 100$  kW = 0,419 €/kWh

Ετήσια μείωση απόδοσης φωτοβολταϊκών = 0,25%

Φόρος 20-24%

ΟΕ 20%

ΑΕ 24%

Πληθωρισμός 4% με προσαύξηση 25% .

Καθαρή Παρούσα Αξία (Κ.Π.Α.) = 71.567€ > 0

Συνεπώς δεν απορρίπτεται αλλά δεν αρκεί και για ίδια κατανάλωση. Γι' αυτό και θα το πουλάμε στην Δ.Ε.Η..

Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Ε.Β.Α.) > i

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως μέχρι να ολοκληρωθεί το τρίτο έτος της επένδυσης-εγκατάστασής μας θα έχουμε κάνει απόσβεση και για τα επόμενα χρόνια θα έχουμε έναν αρκετά σημαντικό αριθμό εσόδων. Μπορεί οι καταναλώσεις της οικίας μας να είναι υπέρογκες για να έχουμε ίδια κατανάλωση, έχουμε όμως την δυνατότητα να εκμεταλλευτούμε τα τετραγωνικά της στέγης μας και να έχουμε ένα αρκετά σημαντικό ετήσιο έσοδο για κάτι παραπάνω από δώδεκα χρόνια!!!