

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ  
ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ»**

**ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗ 1400**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΦΩΤΗΣ ΜΕΞΙΑΣ**  
**ΤΙΓΚΑΡΑΚΗΣ ΣΠΥΡΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΛΑΜΠΡΟΣ ΜΠΙΣΔΟΥΝΗΣ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΕΣ: ΛΑΜΠΡΟΣ ΜΠΙΣΔΟΥΝΗΣ**  
**ΗΛΙΑΣ ΣΤΑΘΑΤΟΣ**  
**ΑΝΔΡΕΑΣ ΚΑΤΣΑΙΤΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σαν στόχο την μελέτη, σχεδίαση και ανάπτυξη φωτοβολταϊκής διάταξης τροφοδοσίας οικιακού φωτισμού. Η σχεδίαση περιλαμβάνει την τεχνική μελέτη κατασκευής ενός αυτόνομου συστήματος φωτισμού για οικιακή χρήση. Η ανάπτυξη περιλαμβάνει την κατασκευή του συστήματος, με ταυτόχρονη λήψη μετρήσεων κατανάλωσης και αυτονομίας.

Στα πρώτα κεφάλαια (2,3) της πτυχιακής παρουσιάζεται η εξέλιξη στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς επίσης δίνονται παραδείγματα τέτοιων συστημάτων. Στο κεφάλαιο 4, το οποίο αποτελεί κεντρικό κεφάλαιο της εργασίας, γίνεται αναλυτικά η μελέτη, σχεδίαση και περιγραφή του συστήματος που έχει κατασκευαστεί. Επίσης παρουσιάζεται η πειραματική διάταξη, η μεθοδολογία λήψης και οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο σύστημα. Στο κεφάλαιο 5 αναφέρονται τα συμπεράσματα και η γνώση που αποκτήθηκε στα πλαίσια της εργασίας, και τέλος ακολουθούν παραρτήματα τεχνικών χαρακτηριστικών, αναλυτική βιβλιογραφία και αναφορές.

Η εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2013-2014. Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Ανδρέα Κατσαϊτή για την καθοδήγησή μου και για τις ώρες που αφιέρωσε σε αυτή.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες στον φίλο Γεώργιο Περγαντή για τις χρήσιμες τεχνικές συμβουλές, πληροφορίες και προτάσεις που μας έκανε κατά τη διάρκεια της σχεδίασης και κατασκευής του συστήματος.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους φίλους μας Νατάσσα, Λίτσα, Γιώργο, Ολυμπία, Δημήτρη και Μιμίκια για την υποστήριξη που μας προσέφεραν, και το ενδιαφέρον που δείχνανε κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετάται το φωτοβολαϊκό φαινόμενο και η εφαρμογή του σε πειραματική διάταξη τροφοδοσίας οικιακού φωτισμού.

Παρουσιάζεται η θεωρία και η τεχνολογία πίσω από το φαινόμενο, αναλύεται και κατασκευάζεται πρότυπο σύστημα, και συλλέγονται δεδομένα μετρήσεων έπειτα από πολυήμερη παρακολούθηση της λειτουργίας του.

Τέλος εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την απόδοση και την αυτονομία του υπό εξέταση συστήματος, και παρέχονται ιδέες για περαιτέρω συνέχιση της εργασίας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	i
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ.....	2
Ιστορικά Στοιχεία της Τεχνολογίας.....	2
Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	3
Αποδοτική λειτουργία των Φ/Β στοιχείων.....	6
Πρόσφατες εξελίξεις.....	7
Βελτιώσεις στην Τεχνολογία.....	12
ΦΩΤΟΤΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	14
Περιγραφή φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	14
Παραδείγματα φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	15
Κατηγορίες Φ/Β συστημάτων.....	16
Αυτόνομα/διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	17
Κόστος φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	21
Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων.....	22
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	25
Επιμέρους στοιχεία συστήματος.....	25
Σχέδιο ανάπτυξης του συστήματος Φωτισμού.....	28
Θεωρητική ανάλυση.....	28
Υπολογισμός φωτοβολταϊκού συστήματος εργασίας.....	36
Αναμενόμενα αποτελέσματα.....	40

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ / ΔΕΔΟΜΕΝΑ	41
Παρουσίαση πειραματικής διάταξης.....	41
Διαδικασία λήψεις μετρήσεων.....	46
Διαδικασία ανάλυσης μετρήσεων.....	49
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	54
Ανακεφαλαίωση εργασίας.....	54
Γνώση που αποκτήθηκε.....	54
Συμπεράσματα/Μελλοντική Δουλειά.....	55
Βιβλιογραφία αναφορές.....	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....	58
Μετρήσεις.....	58
Παραρτημα 2.....	64
Τεχνικά χαρακτηριστικά ελεγκτη φόρτισης.....	64
Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτηρων οικονομίας .....	65
Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταικου πανελ .....	65

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία 10 χρόνια καταγράφεται και στην Ελλάδα ένα συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση εναλλακτικών τρόπων, δηλαδή με μεθόδους πέραν των καθιερωμένων.

Εδώ και δεκαετίες, καθιερωμένες μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ήταν και είναι η καύση λιγνίτη, η καύση φυσικού αερίου, η καύση πετρελαίου και τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, για να αναφέρουμε μερικές.

Σύμφωνα με στοιχεία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα (National Report PAE 2012), το 66.5% της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων είναι θερμικοί σταθμοί, εκ των οποίων με λιγνίτη τα 4930 MW, με πετρέλαιο τα 730 MW και με φυσικό αέριο τα 4579 MW. Το 19.6% είναι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και το 13.9% είναι μονάδες ΑΠΕ. Συνολικά, ο λιγνίτης είναι η πιο σημαντική εγχώρια ενεργειακή πηγή, συνεισφέροντας το 53.15% της εγχώριας παραγωγής (στοιχεία για το 2011). Τα στοιχεία όμως δείχνουν ότι η χρονική διάρκεια ζωής των ήδη γνωστών εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη δεν υπερβαίνει τα 35 χρόνια, ενώ ακόμη και το φυσικό αέριο που εισάγεται από άλλες χώρες, προβλέπεται ότι δεν θα είναι διαθέσιμο πέραν των 50 – 60 επόμενων ετών. Στην περίπτωση μάλιστα του φυσικού αερίου, πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι υπάρχει πάντα ο παράγοντας της εξάρτησης από τρίτες χώρες.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι ελλείψεις καυσίμων και οι διακοπές παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, αν και σπάνιες, δεν παύουν να μας υπενθυμίζουν ότι είμαστε εξαρτημένοι σε μεγάλο βαθμό από ενεργειακές πηγές πεπερασμένες (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και υδρογονάνθρακες εν γένει). Στην Ευρώπη οι εισαγωγές καυσίμων είναι ήδη σημαντικές, και θα είναι το ίδιο και για το προσεχές μέλλον. Αν και η ΕΕ συντηρεί κάποια στρατηγικά αποθέματα ασφαλείας στα καύσιμα, θα πρέπει μακροπρόθεσμα για την ασφάλεια του εφοδιασμού της να περιορίσει τον βαθμό εξάρτησης από λίγες χώρες. Υπάρχουν φιλόδοξα σχέδια για τη μετάβαση προς ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όμως παραμένει θέμα ζωτικής σημασίας ο περιορισμός της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών. Αυτό προϋποθέτει έντονη και αποφασιστική αλλαγή ενεργειακής πολιτικής προς τη χρήση αιολικής ενέργειας, βιομάζας, υδροηλεκτρικής και κυρίως ηλιακής ενέργειας.

Μια ακόμη σημαντική διάσταση στη παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας προερχόμενης από υδρογονάνθρακες αποτελεί η ρύπανση. Όλα τα παραπάνω λοιπόν, και σε συνδυασμό με την μεγάλη συμμετοχή στην μόλυνση της ατμόσφαιρας (και γενικότερα του περιβάλλοντος), που έχουν οι καύσεις ορυκτών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δικαιολογούν στην τάση, που όπως είπαμε καταγράφεται και στη Ελλάδα, για την χρήση των επονομαζόμενων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο οι χώρες μέλη να παράγουν το 22% της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες μορφές ενέργειας τα επόμενα 5 χρόνια. Στο πλαίσιο αυτό, μια από τις πλέον διαδεδομένες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας η οποία φιλοδοξεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο είναι και η ηλιακή ενέργεια.

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί αφ' ενός σε θερμική (ηλιακοί θερμοσίφωνες) και αφ' ετέρου σε ηλεκτρική μέσω των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στοιχείων. Η αφθονία πρώτης ύλης, ηλιακή ακτινοβολία, η εύκολη εγκατάσταση σχεδόν σε οποιαδήποτε επιφάνεια και περιοχή, καθώς και η μηδαμινή περιβαλλοντική επιβάρυνση καθιστούν τα συστήματα Φ/Β ιδανική λύση.

# Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

## *Ιστορικά Στοιχεία της Τεχνολογίας*

Το 1839 ο Edmond Becquerel σε ηλικία 19 ετών, παρατήρησε το φαινόμενο κατά το οποίο τάση αναπτυσσόταν μεταξύ δύο ηλεκτροδίων βυθισμένα μέσα σ' ένα ηλεκτρολύτη, όταν το ηλιακό φώς έπεφτε επάνω τους. Έκτοτε, το φωτοβολταϊκό φαινόμενο καλείται και «φαινόμενο Becquerel». Το 1873 ο Willoughby Smith παρατήρησε το ίδιο φαινόμενο στο στοιχείο σελήνιο (Se). Τα επόμενο χρόνια οι Adams και Day, παρατήρησαν ότι ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φώς. Το πρώτο φωτοβολταϊκό κυττάρο κατασκευάστηκε από σελήνιο το 1877. Λίγα χρόνια μετά (1883) Charles Edgar Frits κατασκεύασε ένα φωτο-στοιχείο από σελήνιο που μοιάζει με τα σημερινά στοιχεία. Ο Albert Einstein, έδωσε την θεωρητική εξήγηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου το 1904, εργασία για την οποία βραβεύτηκε με το βραβείο Νόμπελ το 1921. Αυτή η θεωρητική εξήγηση αποδείχθηκε πειραματικά από τον Robert Millikan το 1916. Το 1918 ο Πολωνός Czochralski, παρουσίασε τη μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου (mono-Si), η οποία χρησιμοποιείται (με βελτιώσεις) μέχρι σήμερα. Το 1932, παρατηρήθηκε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο σε θειούχο κάδμιο (CdS), υλικό που ακόμη και στην εποχή μας αποτελεί σημαντικό συστατικό της κατασκευής φωτοβολταϊκών κυττάρων τα οποία έχουν μεγάλο συντελεστή απόδοσης. Η επόμενη σημαντική ανακάλυψη έγινε το 1949, όταν οι Mott και Schottky ανέπτυξαν τη θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης.

Τα πρώτα αποδοτικά και εμπορικά εκμεταλλεύσιμα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) στοιχεία παρήχθησαν στα τέλη της δεκαετίας του 50. Κατά την δεκαετία του 60 χρησιμοποιήθηκαν βασικά για την παραγωγή ενέργειας σε δορυφόρους. Τα επόμενα 10-15 χρόνια, βελτιώσεις στον τρόπο παραγωγής τους, στην απόδοση και στην ποιότητα τους, οδήγησαν στην πτώση του κόστους τους. Ο δρόμος για βρουν εφαρμογή σε συστήματα χαμηλής ισχύος κυρίως στην φόρτιση μπαταριών στην ναυσιπλοΐα και σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα, είχε ανοίξει. Στη δεκαετία του 80 αποτέλεσαν πηγή ενέργειας για διάφορες ηλεκτρικές συσκευές χαμηλής κατανάλωσης όπως είναι οι υπολογιστές τσέπης, ρολόγια, ραδιόφωνα κ.τ.λ. Η ενεργειακή κρίση του 70, έπαιξε σημαντικό ρόλο και έγιναν αξιοσημείωτες προσπάθειες για την παραγωγή φωτοβολταϊκών για οικιακή και εμπορική χρήση.

Σήμερα υπάρχει μια ανάπτυξη στην παραγωγή Φ/Β στοιχείων της τάξης 25% ετησίως με εφαρμογές στην άντληση νερού, τις τηλεπικοινωνίες, στην τροφοδοσία απομονωμένων οικισμών κ.α.

## ***Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο***

Η μετατροπή της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια γίνεται με τα ηλιακά κύτταρα, των οποίων η αρχή λειτουργίας στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Οι διατάξεις των στοιχειωδών αυτών στοιχείων (κύτταρα) ονομάζονται φωτοβολταϊκά (Φ/Β) στοιχεία. Τα Φ/Β στοιχεία αποτελούνται από ημιαγωγούς όπως είναι το πυρίτιο. Όταν το φως πέφτει πάνω σ' ένα τέτοιο στοιχείο, μια συγκεκριμένη ποσότητα (10% - 25%) απορροφάται από το υλικό του ημιαγωγού, το οποίο σημαίνει ότι ένα μέρος της ενέργειας που έχει το φως (ενέργεια φωτονίων) μεταφέρεται στον ημιαγωγό. Η ενέργεια αυτή απορροφάται από κάποια από τα ηλεκτρόνια, τα οποία αποδεσμεύονται από τον πυρήνα και κινούνται πλέον ελεύθερα. Ακόμα, τα Φ/Β στοιχεία έχουν ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά πεδία τα οποία ενεργούν πάνω στα ελεύθερα ηλεκτρόνια ώστε να μετακινηθούν σε συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η συντεταγμένη κίνηση των ηλεκτρονίων δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο μπορούμε να πάρουμε στο εξωτερικό κύκλωμα βάζοντας μεταλλικές επαφές στο πάνω και στο κάτω μέρος του στοιχείου. Το ρεύμα αυτό μαζί με την τάση του στοιχείου, η οποία είναι αποτέλεσμα του εσωτερικού του ηλεκτρικού πεδίου, καθορίζει την ισχύ του στοιχείου.

Η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται σε απλή μορφή, και βασίζεται σε μια σειρά από φυσικά φαινόμενα. Στηρίζεται στο πυρίτιο που έχει κάποιες ειδικές χημικές ιδιότητες λόγω της κρυσταλλικής του δομής. Ένα άτομο πυριτίου έχει 14 ηλεκτρόνια κατανομημένα σε τρεις στοιβάδες. Οι δύο πρώτες έχουν 2 και 8 ηλεκτρόνια αντίστοιχα και είναι πλήρως συμπληρωμένες, ενώ η τρίτη που είναι και η εξωτερική έχει μόλις 4. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το άτομο να επιδιώκει να συμπληρώσει την εξωτερική του στοιβάδα με σύνολο 8 ηλεκτρονίων. Για να γίνει αυτό εφικτό δημιουργεί ομοιοπολικούς δεσμούς με τέσσερα γειτονικά άτομα πυριτίου. Έτσι δημιουργείται η κρυσταλλική δομή του πυριτίου, η οποία όμως δεν είναι καλός αγωγός του ρεύματος αφού κανένα από τα ηλεκτρόνια δεν είναι ελεύθερο να μετακινηθεί όπως για παράδειγμα συμβαίνει στον χαλκό. Όταν προσδίδεται ενέργεια στο καθαρό πυρίτιο, μπορεί να σπάσουν κάποιοι δεσμοί και να ελευθερωθούν κάποια ηλεκτρόνια οπότε αφήνουν πίσω τους μια οπή. Τα ηλεκτρόνια αυτά περιφέρονται στον κρύσταλλο μέχρι να επανασυνδεθούν σε κάποιον δεσμό (δηλαδή να δεσμευτούν σε κάποια οπή). Για την διάρκεια που κινούνται αποκαλούνται ελεύθεροι φορείς και μεταφέρουν ηλεκτρικό ρεύμα. Όμως στο πυρίτιο οι φορείς αυτοί είναι πολύ λίγοι οπότε και το ρεύμα που δημιουργούν μικρό και δεν είναι συμφέρον να φτιαχτούν Φ/Β στοιχεία μόνο από άτομα πυριτίου.



1 New Original

1 1 18  
IA IIA IIIA IVA VA VIA VIIA VIIIA

1 H Υδρογόνο 1.00794 2 He Ήλιο 4.002602

3 Li Λίθιο 6.941 4 Be Βερίλλιο 9.012182

11 Na Νάτριο 22.989770 12 Mg Μαγνήσιο 24.3050

19 K Κάλιο 39.0983 20 Ca Ασβέστιο 40.078 21 Sc Σκάνδιο 44.955910 22 Ti Τίτανο 47.887 23 V Βανάδιο 50.9415 24 Cr Χρόμιο 51.9961 25 Μανγάνιο 54.938049 26 Σίδηρος 55.8457 27 Κόβальτο 58.933200 28 Νικέλιο 58.6934 29 Μολύβδος 63.546 30 Ζήνκο 65.409 31 Γαλλίο 69.723 32 Γερμάνιο 72.64 33 Ασβήνιο 74.92160 34 Σελήνιο 78.96 35 Βρώμιο 79.904 36 Κρυπτόν 83.798

37 Rb Ρουβίδιο 85.4678 38 Στρώντιο 87.62 39 Υτιρίο 88.90586 40 Ζιρκόνιο 91.224 41 Νιόβιο 92.90638 42 Μόλυβδος 95.94 43 Τεχνητό (98) 44 Ρουθένιο 101.07 45 Ρήνιο 102.90550 46 Παλλάδιο 106.42 47 Αργήρος 107.8662 48 Κάδμιο 112.411 49 Ινδίο 114.818 50 Σνίκιο 118.710 51 Κόππερ 127.960 52 Τελούριο 127.80 53 Ιώδιο 126.90447 54 Ξενονάιο 131.293

55 Cs Κεσάριο 132.90545 56 Βαρίο 137.327 57 to 71 72 Ηφνίο 178.49 73 Ταντάλο 180.9479 74 Βολφράμιο 183.84 75 Ρηνίο 186.207 76 Οσμίο 190.23 77 Ιρίδιο 192.227 78 Πλάτινα 195.078 79 Χρυσός 196.96655 80 Ήργκιμιο 200.59 81 Τίτανιο 204.3833 82 Πόμπιο 208.98038 83 Βισμύτιο 208.9804 84 Πολώνιο (210) 85 Άστατο 86 Ραδόνιο (222)

87 Fr Φράνσιο (223) 88 Ραδίο (226) 89 to 103 104 Ριφένιο (281) 105 Νόβιο (285) 106 Σιμπέργκιμιο (289) 107 Μπέρκλιο (264) 108 Χάσιο (285) 109 Μανγκάνιο (288) 110 Νιόβιο (271) 111 Ρενγκενίο (272) 112 Κοπέρνιο (285) 113 Ουμπέρτιμιο (284) 114 Ουμπέρτιμιο (285) 115 Ουμπέρτιμιο (284) 116 Ουμπέρτιμιο (285) 117 Ουμπέρτιμιο (284) 118 Ουμπέρτιμιο (284)

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

Design Copyright © 1997 Michael Eicher, [michael@chemie.uni-heidelberg.de](mailto:michael@chemie.uni-heidelberg.de)

57 La Λανθάνιο 138.9055 58 Cε 140.116 59 Pr Προσάκτιο 140.90768 60 Nd Νεοδύμιο 144.24 61 Pm Προμύθειο (145) 62 Sm Σάμριο 150.36 63 Eu Ευρώπιο 151.964 64 Gd Γαδολίνιο 157.25 65 Tb Τεβερβόριο 158.92534 66 Dy Δυσπρόσιο 162.500 67 Ho Ολλιο 164.93032 68 Er Ερβίο 167.259 69 Tm Τυμολόριο 168.93421 70 Yb Υπερβίο 173.04 71 Lu Λουπητίο 174.967

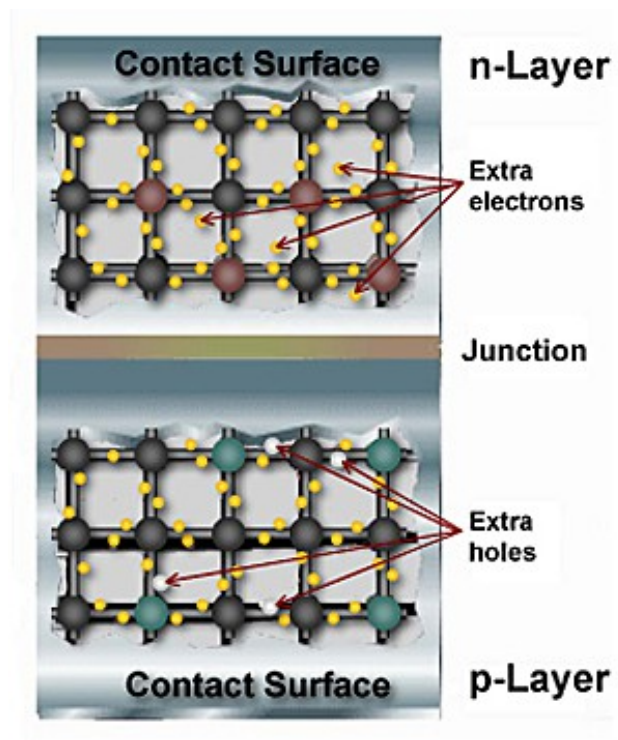
89 Ac Ακτινίο (227) 90 Θόριο 232.0381 91 Πρωακτινίο 231.03688 92 Ουράνιο 238.02891 93 Νηπτοδύμιο (237) 94 Πλουτώνιο (244) 95 Αμείριο (243) 96 Κουρίο (247) 97 Μπερέκλιο (247) 98 Καλιφόρνιο (251) 99 Αϊνστάϊνιο (252) 100 Φερμίο (257) 101 Μεντλέβιο (258) 102 Νομπόλιο (259) 103 Λαβένσιο (262)

Note: The subgroup numbers 1-10 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

Σχήμα 1.1 – Περιοδικός Πίνακας Στοιχείων

Στα Φ/Β στοιχεία χρησιμοποιείται πυρίτιο με ατέλειες, δηλαδή πυρίτιο με κάποιο άλλο στοιχείο τοποθετημένο ανάμεσα στα άτομα του, το οποίο αλλάζει ελαφρώς τις φυσικές ιδιότητες των κρυστάλλων. Τα στοιχεία που δύναται να τοποθετηθούν προέρχονται από τις ομάδες 13 (IIIA) και 15 (VA) του περιοδικού πίνακα.

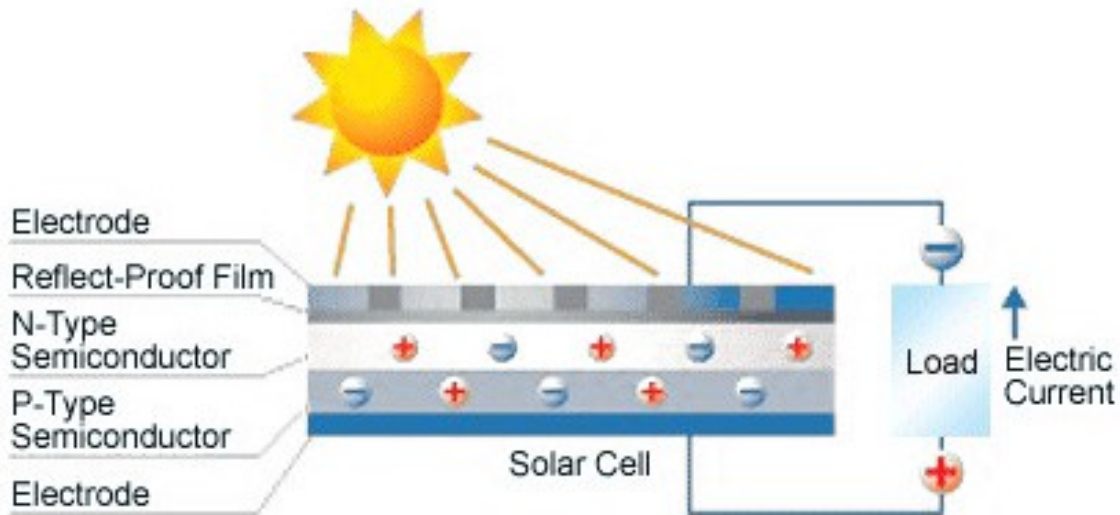
Ένα από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία της ομάδας 15 που χρησιμοποιούνται είναι ο φώσφορος (P) που έχει 5 αντί για 4 ηλεκτρόνια στην τελευταία του στοιβάδα. Με ένα άτομο P αντικαθιστούμε ένα άτομο ανά 1.000.000 άτομα πυριτίου διαδικασία που αποκαλείται ντοπάριασμα ή νόθευση του πυριτίου (σχήμα-1.2). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το άτομο του P να συνδέεται με 4 δεσμούς με τα άτομα του πυριτίου και να του περισσεύει ένα αδέσμευτο ηλεκτρόνιο, το οποίο δεν συγκρατείται από ομοιοπολικό δεσμό. Αυτά τα ηλεκτρόνια για να αποδεσμευτούν χρειάζονται πολύ λιγότερη ενέργεια, οπότε ο αριθμός των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι πολύ μεγαλύτερος απ' ότι πριν. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται ημιαγωγοί τύπου-n, οι οποίοι είναι πολύ καλύτεροι αγωγοί από το καθαρό πυρίτιο. Με παρόμοιο τρόπο δημιουργούνται ημιαγωγοί τύπου-p όταν το πυρίτιο αναμιγνύεται με στοιχεία της ομάδας 13, με πιο διαδεδομένο το βόριο (B), οπότε και εμφανίζεται πληθώρα οπών που είναι κενές θέσεις χωρίς ηλεκτρόνια (σχήμα-1.2).



Σχήμα 1.2 – Διαδικασία Νόθευσης Πυριτίου

Τα Φ/Β στοιχεία αποτελούνται από τύπου-n και τύπου-p ημιαγωγούς ενωμένους οπότε στο εσωτερικό τους δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο (σχήμα-1.3). Στους ημιαγωγούς τύπου-n ο πλεονάζων αριθμός ηλεκτρονίων ισορροπούσε με τα πρωτόνια του P, και στους ημιαγωγούς τύπου-p οι οπές ισορροπούσαν με το πρωτόνιο που έλειπε από τον πυρήνα του B. Με την ένωση των δύο ημιαγωγών το p-n στοιχείο που δημιουργείται δεν θα λειτουργούσε σωστά χωρίς το ηλεκτρικό πεδίο που εμφανίζεται στην p-n επαφή, διότι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που είναι στην n- πλευρά και «αναζητούν» οπές, «βλέπουν» όλες τις οπές της p-πλευράς και προσπαθούν να τις συμπληρώσουν. Αυτό που συμβαίνει όμως είναι ότι όταν στο σημείο επαφής των ημιαγωγών αναμειγνύονται οι οπές με τα ηλεκτρόνια, η ουδετερότητα των δύο ημιαγωγών διαταράσσεται και δημιουργείται ένα φράγμα δυναμικού το οποίο κάνει όλο και πιο δύσκολη την κίνηση των ηλεκτρονίων από την n-πλευρά στην p-πλευρά. Τελικά επιτυγχάνεται ισορροπία. Έχουμε ένα πεδίο μεταξύ των δύο περιοχών που συμπεριφέρεται σαν βαλβίδα επιτρέποντας στα ηλεκτρόνια να κινηθούν μόνο προς την μια κατεύθυνση (δίοδος).

Όταν το φως πέφτει πάνω στο στοιχείο με την μορφή φωτονίου, η ενέργεια του απελευθερώνει ζεύγη οπών-ηλεκτρονίων. Η διαδικασία αυτή αποτελεί το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Κάθε φωτόνιο που έχει αρκετή ενέργεια κανονικά θα απελευθερώσει ακριβώς ένα ηλεκτρόνιο, οπότε θα δημιουργηθεί και μία οπή. Εάν αυτό συμβεί αρκετά κοντά στο πεδίο ή εάν το ελεύθερο ηλεκτρόνιο και η οπή κινούνται στην ακτίνα επιρροής του, το πεδίο θα «ωθήσει» την οπή προς την p-πλευρά και το ηλεκτρόνιο προς την n-πλευρά. Αυτό δημιουργεί περαιτέρω διαταραχή της ηλεκτρικής ισορροπίας, οπότε εάν δώσουμε εξωτερική διέξοδο (σύνδεση με εξωτερικό κύκλωμα) στο ρεύμα, ηλεκτρόνια θα κινηθούν προς την p-πλευρά για να ενωθούν με οπές (σχήμα-1.3). Η κίνηση των ηλεκτρονίων δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα και ο χωρισμός των φορτίων μέσω του πεδίου δημιουργεί τάση. Έτσι και τα δύο μαζί παράγουν ισχύ  $P=VI$ . Η απόδοση από πλευράς ισχύος είναι της τάξης του 15%.



Σχήμα 1.3 – Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

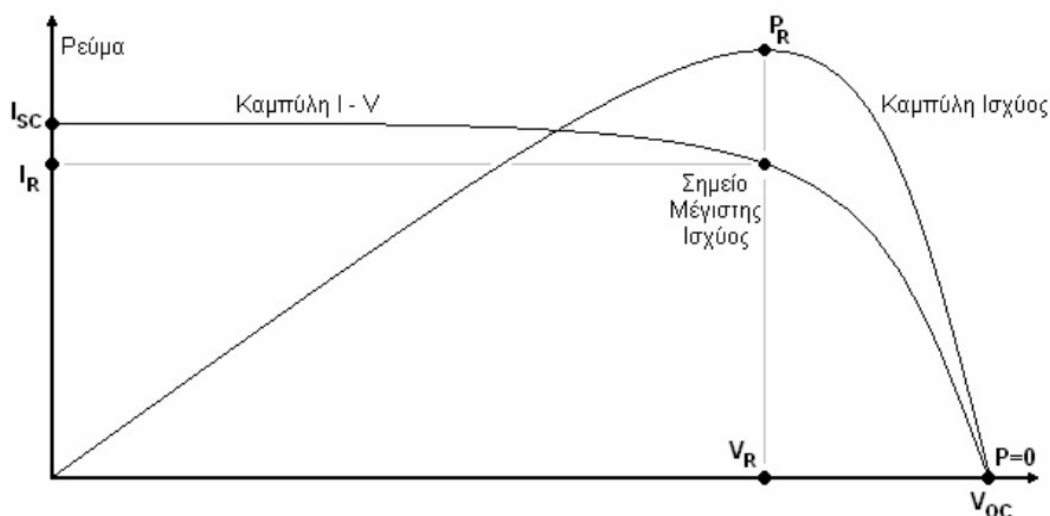
Πάνω στα Φ/Β στοιχεία πέφτει όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα του φωτός. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία δεν είναι μονοχρωματική, αλλά αποτελείται από πολλά διαφορετικά μήκη κύματος που αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα ενέργειας. Άρα όταν το φως πέφτει στο στοιχείο έχει μεγάλη ποικιλία φωτονίων με διαφορετικές ενέργειες, οπότε κάποια απ' αυτά δεν έχουν αρκετή ενέργεια να δημιουργήσουν ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών και θα απορροφηθούν από το στοιχείο χωρίς να σπάσουν ομοιοπολικούς δεσμούς. Με τα φωτόνια που έχουν περισσότερη ενέργεια απ' αυτή που χρειάζεται η περίσσια απορροφάται και γίνεται θερμότητα. Μόνο ένα συγκεκριμένο μέρος της ακτινοβολίας, μετρούμενο σε eV, θα απορροφηθεί από το στοιχείο και θα προκαλέσει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Αυτή η συγκεκριμένη ποσότητα της ακτινοβολίας αποκαλείται ενεργειακό χάσμα και για κρύσταλλο πυριτίου είναι 1.1eV. Αυτές οι δύο περιπτώσεις ευθύνονται για το χάσιμο περίπου του 70% τις προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Λύση θα αποτελούσε η χρήση υλικού με μικρότερο ενεργειακό χάσμα οπότε θα μας ήταν ωφέλιμα περισσότερα φωτόνια. Όμως το χάσμα αυτό καθορίζει το πεδίο άρα και την τάση, οπότε με την απορρόφηση περισσότερων φωτονίων και αυξάνεται το ρεύμα, αλλά χάνουμε έχοντας μικρότερη τιμή τάσης και η ισχύς τελικά παραμένει περίπου ίδια. Το ιδανικό χάσμα ισορροπώντας τα παραπάνω είναι 1.4eV για ένα απλό στοιχείο. Επίσης, υπάρχουν και άλλες απώλειες αφού τα ηλεκτρόνια πρέπει να κινηθούν από την μια πλευρά του στοιχείου στην άλλη μέσω του εξωτερικού κυκλώματος.

### Αποδοτική λειτουργία των Φ/Β στοιχείων

Η τάση των Φ/Β μεταβάλλεται ριζικά (και μη γραμμικά) σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος που δίνουν στο κύκλωμα, έστω και αν η ακτινοβολία που δέχονται παραμένει σταθερή

Για σταθερές συνθήκες ακτινοβολίας, αλλά μεταβαλλόμενες τιμές της αντίστασης του κυκλώματος, η τάση και η ένταση του ρεύματος παίρνουν ενδιάμεσες τιμές.

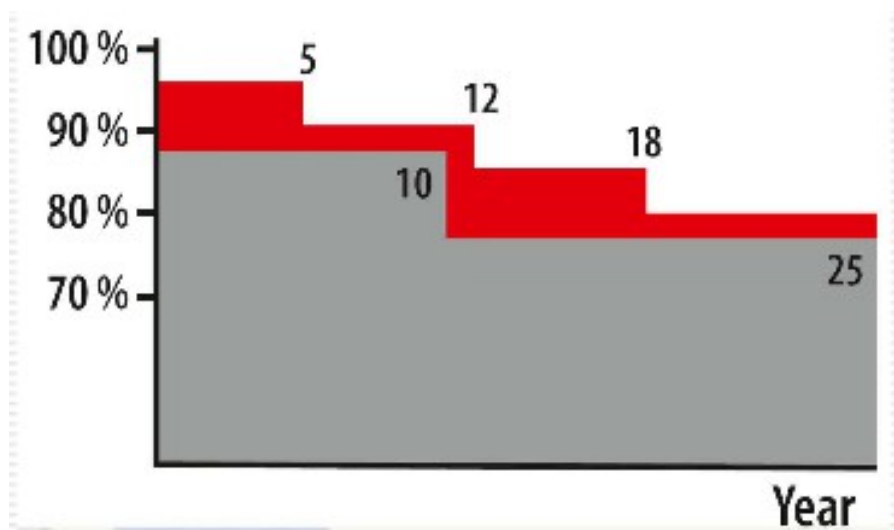
Παράλληλα, μεταβάλλεται ομαλά και η ισχύς που παράγει το στοιχείο, με μέγιστη  $P_m$  σε ένα ορισμένο ζεύγος τιμών τάσης  $V_m$  και έντασης  $I_m$ , που καθορίζει, σε σχέση με το ζεύγος τιμών  $V_{oc}$  και  $I_{sc}$ , το συντελεστή απόδοσης του στοιχείου.



Σχήμα 1.4 – Καμπύλη Ισχύος

Η απόδοση ενός Φ/Β εξαρτάται από:

- τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (όσο λιγότερες είναι οι ημέρες της ηλιοφάνειας τόσο χαμηλότερη η απόδοση)
- την κλίση των Φ/Β πάνελ ως προς το οριζόντιο επίπεδο και τον προσανατολισμό τους (η βέλτιστη απόδοση είναι με νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου 30 μοίρες)
- την ηλικία των Φ/Β πλαίσίων (υπολογίζεται ότι τα πλαίσια έχουν ζωή 25 - 30 χρόνια με απόδοση τουλάχιστον 80% για τα πρώτα 20 έτη).



Σχήμα 1.5 – Πτώση Απόδοσης με το Χρόνο

## Πρόσφατες εξελίξεις

[Φωτοβολταϊκά Στοιχεία Κρυσταλλικού Πυριτίου \(Crystalline Silicon, Si\)](#)

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο για την κατασκευή [φωτοβολταϊκών στοιχείων στην βιομηχανία](#) είναι το πυρίτιο. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Οι μεγάλες (συγκριτικά) [αποδόσεις των φωτοβολταϊκών](#) πλαισίων πυριτίου στο εμπόριο δίνουν και ένα σημαντικό πλεονέκτημα στο συγκεκριμένο υλικό. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της [αγοράς των φωτοβολταϊκών](#).

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι:

- Μπορεί να βρεθεί πάρα πολύ εύκολα στην φύση. Είναι το δεύτερο σε αφθονία υλικό που υπάρχει στον πλανήτη μετά το οξυγόνο. Το *διοξείδιο του πυριτίου* (SiO<sub>2</sub>) (ή κοινώς η άμμος) και ο χαλαζίτης αποτελούν το 28% του φλοιού της γης. Είναι ιδιαίτερα [φιλικό προς το περιβάλλον](#).
- Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί. Επίσης είναι σχετικά εύκολο να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική του μορφή.
- Οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους 1250C κάτι που επιτρέπει την χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες [περιβαλλοντικές συνθήκες](#). Αυτός είναι και ο λόγος που τα [φωτοβολταϊκά στοιχεία](#) πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.
- Πολύ σημαντικό στοιχείο, που συνέβαλε στην γρήγορη ανάπτυξη τα φωτοβολταϊκα στοιχεία τα τελευταία χρόνια, ήταν η ήδη αναπτυγμένη τεχνολογία, στην [βιομηχανία της επεξεργασίας του πυριτίου](#), στον τομέα της ηλεκτρονικής (υπολογιστές, τηλεοράσεις κλπ). Το 2007 μάλιστα ήταν η πρώτη χρονιά που υπήρχε μεγαλύτερη ζήτηση (σε τόνους κρυσταλλικού πυριτίου) στην [αγορά των φωτοβολταϊκών στοιχείων](#) σε σχέση με αυτήν των ημιαγωγών της ηλεκτρονικής.

Μια κατηγοριοποίηση για τα [φωτοβολταϊκά στοιχεία](#) θα μπορούσε να γίνει με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται.

*Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων πυριτίου «μεγάλου πάχους»*

#### 1. Φωτοβολταϊκά μονοκρυσταλλικού πυριτίου (SingleCrystalline Silicon, sc-Si)

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Το μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκα στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέση απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, είναι της SunPower με απόδοση πλαισίου 18,5%. Είναι μάλιστα το μοναδικό που έχει τις μεταλλικές επαφές στο πίσω μέρος του πάνελ αποκομίζοντας έτσι μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με την ηλιακή ακτινοβολία.

#### 2. Φωτοβολταϊκα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si)

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας



στερεοποίησης DS (directional solidification). , η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κελιά. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ).

### 3. Φωτοβολταϊκά ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την Evergreen Solar. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου. Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.

Τύπος	Λεπτής μεμβράνης	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά	Υβριδικά
Απόδοση	Άμορφα : 5-7% CIS : 7-10%	11-14%	13-16%	16-17%
Επιφάνεια ανά KWp	10-20 m <sup>2</sup>	8-10 m <sup>2</sup>	7-8 m <sup>2</sup>	6-7 m <sup>2</sup>

Σχήμα 1.6 – Τεχνολογίες Κατασκευής Φ/B

#### Φωτοβολταϊκα υλικά λεπτών επιστρώσεων (Thin Film)

##### 1. Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe<sub>2</sub> ή CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)

Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

##### 2. Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκα thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο

πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκα στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

### 3. Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκα στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Σημαντικότερος κατασκευαστής για φωτοβολταϊκα στοιχεία CdTe είναι η First Solar. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του Τελουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic).

Τύπος	Λεπτού υμενίου	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση (%)	a-Si: 4,2-6,6 μ-Si: 8,1-8,5 CIS-CIGS: 6-11 CdTe: 6-11,1	11-14,8	11-19,3
Απαιτούμενη επιφάνεια (m <sup>2</sup> /kWp)	9-25	7-9	5,5-9
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh/kWp) (για Ελλάδα)	400 - 970	970-1.300	970-1.700
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> ) (για Ελλάδα)	50-160	145-185	145-235
Ετήσια μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/kWp)	1.150 - 2.800	2.800 - 3.700	2.800 - 4.900

Σχήμα 1.7 – Τεχνολογίες Κατασκευής και η Απόδοσή τους

#### 4. Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσενικό δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκα στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκα στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

#### Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών. HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer). Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω



και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Κατασκευάζεται από την Sanyo Solar. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Αλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

- Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si)
- Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία

### ***Βελτιώσεις στην Τεχνολογία***

Η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων ώστε να έχουν μεγαλύτερη απόδοση, είναι απαραίτητο παρόλα αυτά να συνδυαστεί και με μια αξιόπιστη και σχετικά οικονομική μέθοδο αποθήκευσης της πλεονάζουσας ενέργειας ώστε να μπορούν να αποδίδουν ενέργεια και την νύχτα. Κάτι τέτοιο θα αύξανε την απόδοσή τους και ταυτόχρονα θα τα έκανε ευρύτερα αποδεκτά μιας και θα μπορούσε κάποιος να βασιστεί εκεί για την αποκλειστική τροφοδοσία του με ηλεκτρικό ρεύμα. Μέχρι στιγμής έχουν γίνει κάποιες αξιολογικές προσπάθειες για την αποθήκευση ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο αλλά θα περάσει καιρός ακόμα μέχρι να μπορέσουν να αποτελέσουν μια ολοκληρωμένη και οικονομικά συμφέρουσα λύση.

Η ενέργεια που παίρνουμε από τον ήλιο μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων προορίζεται συνήθως για ημερήσια χρήση (από την παραγωγή στην κατανάλωση), και αυτό γιατί η αποθήκευσή της κοστίζει πολύ και δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική. Η δυνατότητα μιας απλής λύσης και οικονομικής συνάμα για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας θα ήταν ένα σημαντικό βήμα μιας και με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαμε να εξοικονομούμε ενέργεια για το βράδυ και έτσι τα φωτοβολταϊκά να γίνουν αποδοτικότερα. Αυτό ακριβώς έκαναν στο MIT.

Προσομοιώνοντας την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, κατάφεραν να κατασκευάσουν ένα απλό αλλά λειτουργικό και αποδοτικό σύστημα το οποίο αποθηκεύει την πλεονάζουσα ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά ώστε να μπορεί να αποδοθεί όποτε χρειάζεται (πχ. την νύχτα).

Οι ερευνητές Nocera και Matthew Kanan χρησιμοποίησαν υλικά τα οποία δεν είναι τοξικά σε μια διαδικασία η οποία χρησιμοποιεί την ενέργεια από τον ήλιο για να διασπάσει το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο. Τα δύο αέρια μπορούν όποτε χρειαστεί να αντιδράσουν μεταξύ τους σε μια κυψέλη καυσίμου ώστε να αποδώσουν την ενέργεια που ζητείται.

Η καινοτομία στην ανακάλυψη είναι ένας νέος καταλύτης ο οποίος βοηθά στο να αποσπάσει το οξυγόνο από το νερό, ενώ ένας άλλος για να παράγει υδρογόνο. Ο καταλύτης αυτός αποτελείται από κοβάλτιο, και φωσφορικό άλας. ένα ηλεκτρόδιο το οποίο βρίσκεται

μέσα στο νερό δέχεται το ηλεκτρικό ρεύμα από μια πηγή ενέργειας όπως τα φωτοβολταϊκά, και ο καταλύτης σχηματίζει ένα λεπτό στρώμα πάνω του, και παράγει οξυγόνο. Ο καταλύτης που ευθύνεται για την παραγωγή υδρογόνου είναι από πλατίνα. Το σύστημα φαινομενικά είναι ίδιο με την κλασσική ηλεκτρόλυση. Η κύρια όμως διαφορά του είναι ότι τα συστήματα τα οποία διασπούν το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο (για μεγάλη παραγωγή) δεν είναι οικολογικά και είναι ακριβά.

Οι ερευνητές είναι ενθουσιασμένοι με την ανακάλυψη, και υποστηρίζουν ότι η συγκεκριμένη τεχνική αποτελεί ένα τεράστιο άλμα στην αποδοτικότερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, κάτι το οποίο θα δώσει ώθηση στην ευρύτερη διάδοσή της, όσον αφορά την κατ' οίκον χρήση. Η συγκεκριμένη έρευνα ονομάστηκε Solar Revolution Project, και χρηματοδοτήθηκε ήδη με 10.000.000 \$ από δύο ιδρύματα, με σκοπό την εμπορική αξιοποίησή του σε ευρεία κλίμακα μέσα στα επόμενα 10 χρόνια.

## ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### *Περιγραφή φωτοβολταϊκών στοιχείων*

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (ή πλαίσια, ή όπως λέγονται συχνά στο εμπόριο, «κρύσταλλα») Φ/Β στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή. Το Φ/Β στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm. Όπως είδαμε σε προηγούμενες ενότητες, δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία Φ/Β στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, ανάλογα με την χρήση του, αποτελείται από επιμέρους τμήματα (υποσυστήματα). Τα σημαντικότερα τμήματα ενός Φ/Β συστήματος είναι:

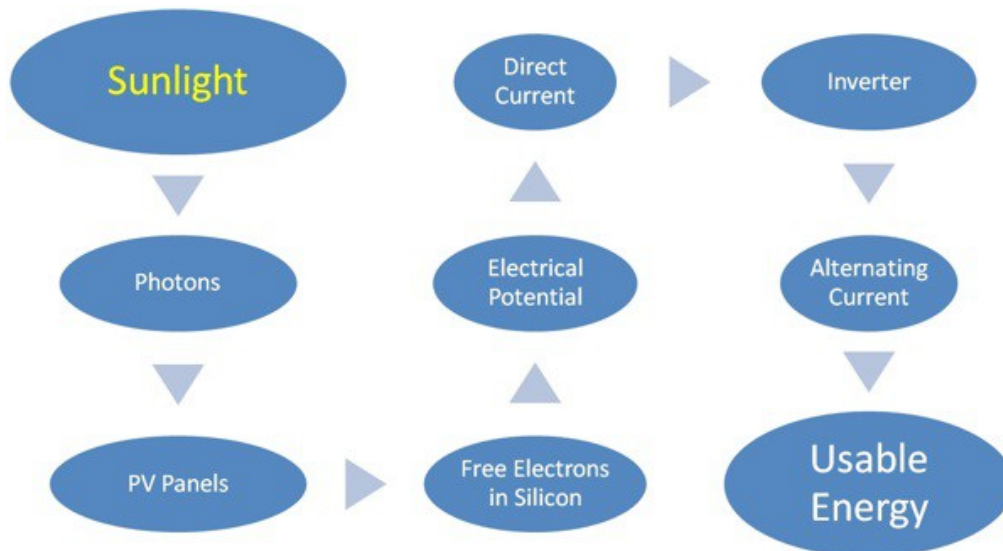
- Το Φ/Β στοιχείο (solar cell), το οποίο συλλέγει το ηλιακό φως. Είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός λεπτού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα
- Το Φ/Β πλαίσιο (PV module) που απαρτίζεται από πολλά Φ/Β στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους και αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας. Τα πλαίσια έχουν τυπική ισχύ από 20W έως 300W.
- Τα Φ/Β πλαίσια συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες

Στο εμπόριο διατίθενται Φ/Β πάνελ – τα οποία δεν είναι παρά πολλά Φ/Β στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους, επικαλυμμένα με ειδικές μεμβράνες και εγκιβωτισμένα σε γυαλί με πλαίσιο από αλουμίνιο – σε διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύος, ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν. Έτσι, ένα πάνελ 36 κυψελών μπορεί να έχει ονομαστική ισχύ 70-85 W, ενώ μεγαλύτερα πάνελ μπορεί να φτάσουν και τα 200 W ή και παραπάνω. Η κατασκευή μιας γεννήτριας κρυσταλλικού πυριτίου μπορεί να γίνει και από ερασιτέχνες, μετά από την προμήθεια των στοιχείων. Το κόστος είναι άπιθανο να είναι χαμηλότερο από την αγορά έτοιμης γεννήτριας, καθώς η προμήθεια ποιοτικών στοιχείων είναι πολύ δύσκολη. Εκτός από το πυρίτιο χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά για την κατασκευή των Φ/Β στοιχείων, όπως το Κάδμιο - Τελλούριο (CdTe) και ο ινδοδισεληνιούχος χαλκός. Σε αυτές τις κατασκευές, η μορφή του στοιχείου διαφέρει σημαντικά από αυτή του κρυσταλλικού πυριτίου, και έχει συνήθως τη μορφή λωρίδας πλάτους μερικών χιλιοστών και μήκους αρκετών εκατοστών. Τα πάνελ συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν τη Φ/Β συστοιχία, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει από 2 έως και αρκετές εκατοντάδες Φ/Β γεννήτριες.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια Φ/Β συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για το λόγο αυτό οι πρώτες χρήσεις των Φ/Β αφορούσαν εφαρμογές DC τάσης: κλασικά παραδείγματα είναι ο υπολογιστής τσέπης («κομπιουτεράκι») και οι δορυφόροι. Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν

ειδικές συσκευές – οι αναστροφείς (inverters) - που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Με τον τρόπο αυτό, το Φ/Β σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση (κατοικία, θερμοκήπιο, μονάδα παραγωγής κλπ.) που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC).

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται σχηματοποιημένα η διαδικασία παραγωγής ενέργειας ενός Φ/Β συστήματος (κύκλος παραγωγής) .



Σχήμα 2.1 – Κύκλος Παραγωγής Ενέργειας με χρήση Φ/Β

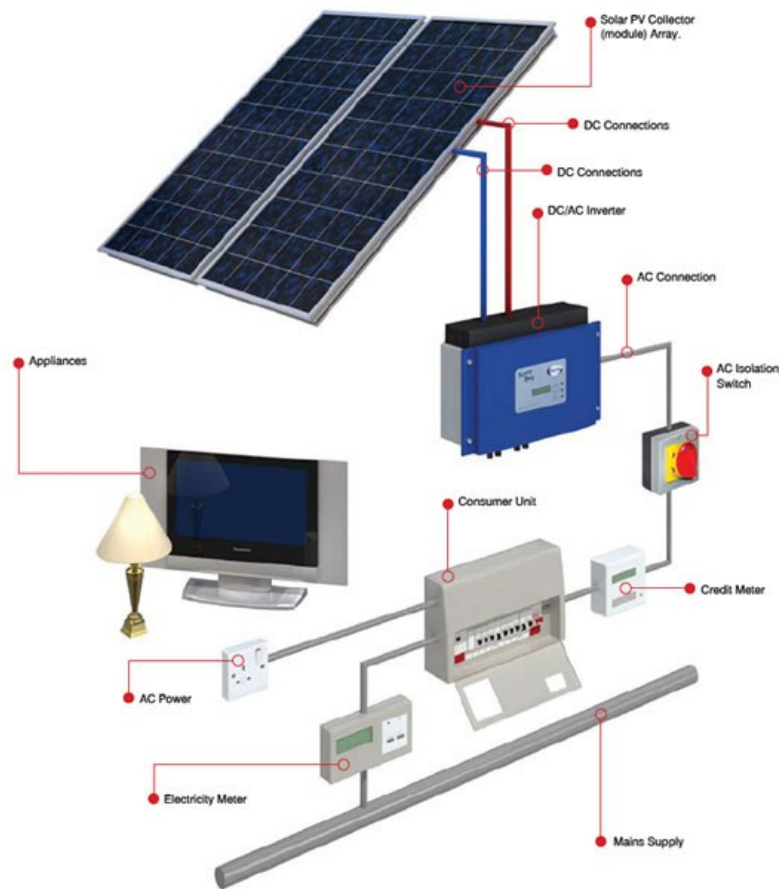
Από τα επιμέρους στάδια του σχήματος, σε ένα σύστημα Φ/Β σύστημα μπορούμε να σταματήσουμε μέχρι το σημείο παραγωγής συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος (direct current), είτε να συμπεριλάβουμε και τις βαθμίδες μέχρι την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από εναλλασσόμενο ρεύμα (alternating current).

### **Παραδείγματα φωτοβολταϊκών συστημάτων**

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να διαστασιολογηθεί ανάλογα με την εφαρμογή χρήσης για την οποία προορίζεται.

- Καταναλωτικά προϊόντα (0,0010100Wp) σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο ή σε τροχόσπιτα, σκάφη αναψυχής κλπ, για την εξυπηρέτηση αναγκών φωτισμού και ψύξης και για προϊόντα όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές.
- Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα (100Wp – 200kWp) αφαλάτωση / άντληση / καθαρισμό νερού φωτισμός (δρόμων, πάρκων, αεροδρομίων) συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρίας και συναγερμού

- Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα (100Wp – 200kWp) συστήματα σηματοδότησης (οδικής κυκλοφορίας, ναυτιλίας, αεροναυτιλίας) ψύξη (αγροτικών προϊόντων, φαρμάκων κλπ).
- Συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο (200kWp - αρκετά MWp) Φ/Β συστήματα μεγέθους έως μερικών εκατοντάδων kWp που τροφοδοτούν κατοικίες ή άλλα κτήρια και όπου η πλεονάζουσα ενέργεια τροφοδοτείται προς το δίκτυο Φ/Β σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπου η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο.



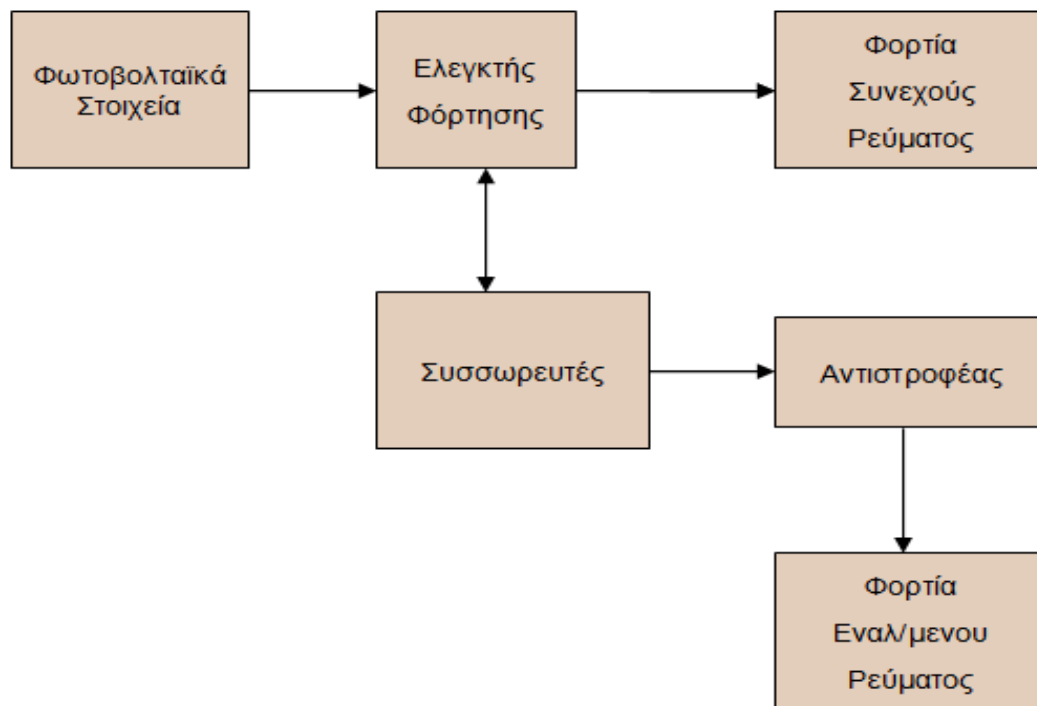
Σχήμα 2.2 – Συνδέσεις Επιμέρους Στοιχείων Φ/Β Συστήματος

### **Κατηγορίες Φ/Β συστημάτων**

Τα Φ/Β συστήματα μπορεί να κατηγοριοποιηθούν με βάση την λειτουργική τους αυτονομία σε τρεις κατηγορίες:

- Διασυνδεδεμένα με το δίκτυο Φ/Β συστήματα: η παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά τροφοδοτεί τα τοπικά ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας, εφ' όσον υπάρχει, διαβιβάζεται στο δίκτυο, και στις περισσότερες περιπτώσεις ανταποδοτικά.

- **Αυτόνομα Φ/Β συστήματα:** μικρά Φ/Β συστήματα σε κεραίες τηλεπικοινωνιακών σταθμών, εξοχικά σπίτια, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται με αυτό τον τρόπο ενεργειακά αυτόνομα.
- **Υβριδικά Φ/Β συστήματα:** Όταν τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυασθούν και με άλλη ανανεώσιμη ή συμβατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ανεμογεννήτρια, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος κλπ). Σε τέτοιες περιπτώσεις, παρέχεται η δυνατότητα αυτονομίας (χωρίς την χρήση ενέργειας από τον συσσωρευτή) καθ' όλη την διάρκεια του 24ώρου.



Σχήμα 2.3 – Διάγραμμα Επιμέρους Στοιχείων Φ/Β Συστήματος

### **Αυτόνομα/διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα**

Αυτόνομα Φ/Β συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ρεύματος) ονομάζονται εκείνα τα αυτόνομα συστήματα ηλεκτροδότησης που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο (Φ/Β) και την αποθηκεύουν σε συσσωρευτές (μπαταρίες), χωρίς να συνδέονται με το δημόσιο δίκτυο ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) παρέχοντας ενεργειακή αυτονομία με τη βοήθεια φωτοβολταϊκών.

Τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα ηλεκτροδότησης μπορούν να είναι και υβριδικά αυτόνομα συστήματα στην περίπτωση που συνεργάζονται και με άλλες πηγές ενέργειας όπως ένα μικρό υδροηλεκτρικό, μια ανεμογεννήτρια ή ακόμη και ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος.

Τα Φ/Β αυτόνομης ρευματοδότησης λειτουργούν ως εξής: όσο υπάρχει ηλιοφάνεια τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μετατρέπουν τα φωτόνια της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρικό ρεύμα εκμεταλλευόμενα το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, ενώ ο ρυθμιστής φόρτισης φορτίζει τους

συσσωρευτές με τη βοήθεια του φωτοβολταϊκού ρεύματος. Οι συσσωρευτές δίνουν την απαιτούμενη ενέργεια στο χρήστη μέσω του αντιστροφέα ο οποίος μετατρέπει την τάση των συσσωρευτών (συνεχής τάση-DC) σε χρήσιμη εναλλασσόμενη τάση (AC) για τον ιδιοκτήτη-χρήστη. Όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια ο χρήστης παίρνει ενέργεια μόνο τους συσσωρευτές μέχρι ενός ορίου εκφόρτισης (πχ 30%) ώστε να διαφυλαχθεί και η μακροζωία των μπαταριών. Περισσότερα σχετικά με την αρχή λειτουργίας ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος μπορείτε να βρείτε στη σχετική ενότητα.

Ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα ηλεκτροδότησης μπορεί να εξάγει συνεχή τάση (μικρά αυτόνομα σε σκάφη ή τροχόσπιτα που τροφοδοτούν DC μικρές συσκευές όπως ψυγεία και LED) ή εναλλασσόμενη τάση (απαιτείται μετατροπείας από DC σε AC που ονομάζεται αντιστροφείας).

Τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα ηλεκτροδότησης διακρίνονται επίσης σε αυτόνομα συστήματα με αποθήκευση (πραγματική αυτονομία) ή χωρίς αποθήκευση (συνήθως διατηρείται η σύνδεση με ΔΕΗ). Η αυτονομία ενός αυτόνομου συστήματος με φωτοβολταϊκα καθορίζεται από το μέγεθος της φωτοβολταϊκής συστοιχίας αλλά και της μπαταρίας.

Σε ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα παραγωγής ενέργειας χωρίς αποθήκευση όσο φωτίζεται από τον ήλιο η φωτοβολταϊκή συστοιχία η παραγόμενη ενέργεια αποδίδεται στην κατανάλωση χωρίς να αποθηκεύεται σε συσσωρευτές (μπαταρίες). Το πλεόνασμα ενέργειας χάνεται και κατά τη διάρκεια μη ύπαρξης ηλιοφάνειας δεν υπάρχει τάση. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα άρδευσης.

Στα αυτονομα Φ/Β συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αποθήκευση η παραγόμενη ενέργεια χρησιμοποιείται για την απευθείας τροφοδοσία των καταναλώσεων και η περίσσεια αποθηκεύεται σε μπαταρίες ώστε να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας ή περιόδου συννεφιάς. Οι μέρες που μπορεί να στηρίξει ένα αυτόνομο την κατανάλωση συνήθως ονομάζεται αυτονομία ρεύματος και εξαρτάται από την χωρητικότητα των συσσωρευτών (εκφράζεται σε Ah και πολλαπλασιαζόμενη με την τάση μας δίνει το μέγεθος της αποθηκευμένης ενέργειας σε Wh). Περισσότερα για μπαταρίες αυτόνομων συστημάτων ρευματοδότησης στη σχετική ενότητα.

Ένα αυτόνομο Φ/Β με αποθήκευση περιλαμβάνει πέρα από τα φωτοβολταϊκα πλαίσια (A) και τους συσσωρευτές (D), έναν ελεγκτή φόρτισης (C), ο οποίος διέπει-ελέγχει τους κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης των μπαταριών, ανάλογα με τη ζήτηση των καταναλώσεων και τις συνθήκες ηλιοφάνειας και έναν αντιστροφέα (B) μετατροπής της τάσης από συνεχή σε εναλλασσόμενη.

Ανάλογα με τον τρόπο διασύνδεσης τα αυτονομα φωτοβολταϊκα διακρίνονται σε DC coupled και σε AC coupled. Μονοφασικά και μικρότερα σχετικά αυτόνομα συστήματα (κάτω από 5kWp) έχουν κοινό σημείο αναφοράς τη συστοιχία συσσωρευτών (DC coupling) ενώ τριφασικά και μεγαλύτερα συστήματα διασυνδέονται σε εναλλασσόμενη τάση (AC coupling). Η πρώτη τεχνική έχει χαμηλότερο κόστος αλλά μειωμένες δυνατότητες και αντοχή ενώ η δεύτερη αυξημένο κόστος με μικρότερες απώλειες μετατροπών.

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται με απλά λόγια η αρχή λειτουργίας ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος. Περιγράφοντας ένα ένα τα μέρη και τον τρόπο αλληλεξάρτησής τους θα γίνει κατανοητός και τρόπος λειτουργίας ενός αυτόνομου συστήματος.

Στο σημείο αυτό πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η εγγενής αδυναμία των αυτονομων Φ/Β να παράγουν ρεύμα σε συνθήκες συννεφιάς ή κατά τη διάρκεια της νύχτας μπορεί να αντιμετωπιστεί στα αυτονομα φωτοβολταϊκα με την παράλληλη χρήση για παράδειγμα μιας

μικρής ανεμογεννήτριας (ή ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους) μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τις απαιτήσεις για συσσωρευτές.

Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί γεννήτρια μαζί με το αυτονομο Φ/Β σύστημα θα πρέπει να επιλεγεί αντιστροφέας/φορτιστής ο οποίος μπορεί να φορτίσει τις μπαταρίες όταν λειτουργεί η γεννήτρια. Οι αντιστροφείς για αυτονομο Φ/Β που είναι ταυτόχρονα και φορτιστές διαχειρίζονται την ενέργεια από τη γεννήτρια καταλλήλως ώστε ενώ φορτίζονται οι μπαταρίες να δίνεται το απαιτούμενο ρεύμα στις καταναλώσεις.

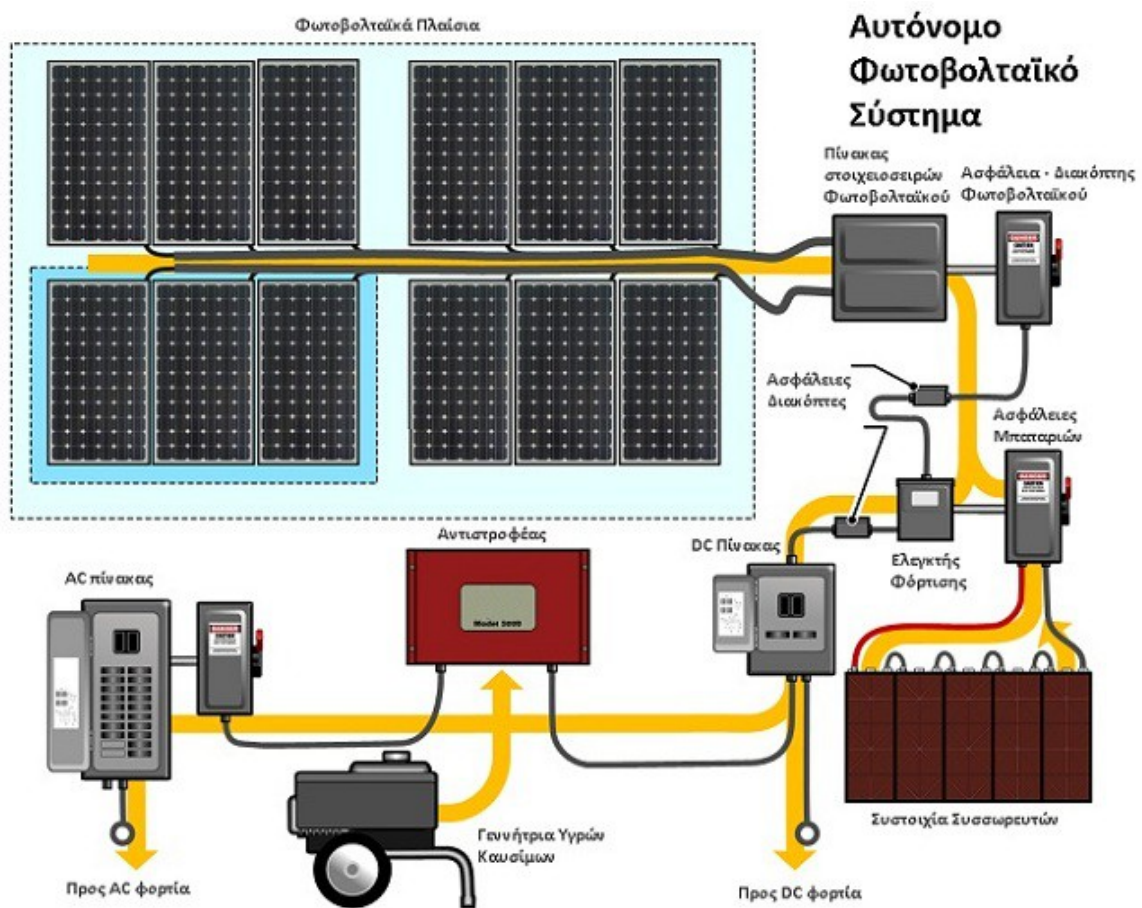
Η περίπτωση που θα εξετάσουμε συμπεριλαμβάνει και μια μπαταρία, δηλαδή μια αποθήκη για να αποθηκεύεται η ενέργεια όσο υπάρχει προσφορά από τον ήλιο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα ( κατά απαίτηση όπως για παράδειγμα το βράδυ ). Όσο λοιπόν ο ήλιος παρέχει με τις ακτίνες του την ενέργεια το πάνελ την μετατρέπει σε ηλεκτρική και αυτή αποθηκεύεται στην μπαταρία (δηλαδή φορτίζει την μπαταρία). Γενικώς πρέπει να γνωρίζει κάποιος ότι για να φορτιστεί μια μπαταρία (οποιαδήποτε επαναφορτιζόμενη μπαταρία σε ηλιακά συστήματα, το αυτοκίνητό μας, στην φωτογραφική μηχανή κτλ.) είναι απαραίτητο να της εφαρμοστεί τάση μεγαλύτερη από εκείνη που αποδίδει η ίδια. Για παράδειγμα αν η μπαταρία που έχουμε είναι 12V τότε η τάση που πρέπει να εφαρμόσουμε στους ακροδέκτες για να φορτιστεί πρέπει να είναι μεγαλύτερη. Πράγματι, η τάση εξόδου των ηλιακών πάνελ είναι περίπου 15-17V και έτσι είναι εφικτή η φόρτιση. Τα περισσότερα ηλιακά πάνελ είναι εφοδιασμένα με ένα μικρό κύκλωμα (δίοδος) το οποίο επιτρέπει την κατεύθυνση του ρεύματος μόνο προς την μπαταρία και όχι από την μπαταρία προς το πάνελ. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως πάνελ και μπαταρία αποτελούν πηγές ενέργειας οπότε αν δεν έχει ήλιο η μπαταρία μπορεί και αυτή να στείλει την ενέργειά της προς το πάνελ με ανεπιθύμητες επιπτώσεις, πρώτον καταναλώνεται η ενέργεια που συσσωρεύτηκε και δεύτερον μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στο ίδιο το πάνελ. Η λύση λοιπόν του προβλήματος αυτού επιτυγχάνεται με την δίοδο μιας κατεύθυνσης. Η παραπάνω υλοποίηση λύνει το πρόβλημα της σταθερής παροχής ενέργειας, αφού αν κάποιος πάρει από τους ακροδέκτες της μπαταρίας ρεύμα, αυτό θα έχει σταθερά χαρακτηριστικά, η τάση δηλαδή ανάλογα με το πόσο είναι φορτισμένη η μπαταρία θα είναι πάντα + / - 12V. Έτσι μπορεί να τροφοδοτηθεί μια συσκευή όταν υπάρξει έκτακτη ανάγκη αλλά το αυτόνομο σύστημα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας μπορεί να βελτιωθεί, και μάλιστα πολύ!

Η επόμενη προσθήκη που πραγματικά αλλάζει την φιλοσοφία και τον τρόπο χρήσης του είναι ελεγκτής φόρτισης (charge controller). Χωρίς την παρουσία της συσκευής αυτής τόσο η μπαταρία και το πάνελ όσο και οι συσκευές που θα συνδέσουμε μπορούν να υποστούν ζημιές. Η λειτουργία του ελεγκτή φόρτισης είναι απλή, παρεμβάλλεται ανάμεσα στην πηγή (ηλιακό πάνελ – ανεμογεννήτρια) και την αποθήκη (μπαταρία ή μπαταρίες). Στην συνέχεια από ξεχωριστά ελεγχόμενη έξοδο (πάνω στον ελεγκτή) μπορούμε να πάρουμε το ρεύμα που θέλουμε και να το διοχετεύσουμε στο δικό μας μικρό δίκτυο όπως θέλουμε. Δηλαδή ελέγχει την ροή του ρεύματος ανάμεσα στα συστατικά του αυτόνομου συστήματός μας και τα προστατεύει, για παράδειγμα αν η μπαταρία έχει πλήρως φορτιστεί δεν συνεχίζει να την τροφοδοτεί με ρεύμα ή αν αυτή κοντεύει να τελειώσει 100% σταματά την χρήση της πριν αυτό συμβεί, γιατί θα πρόκειται για μια πλήρης εκφόρτιση που έχει πολύ αρνητικές συνέπειες στην διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας. Μια ευκολία που συνηθίζεται να παρέχει ακόμη και ένας φτηνός ελεγκτής είναι ο αυτόματος φωτισμός.

Επειδή είναι πολύ συχνό να χρησιμοποιείται σε εφαρμογές φωτισμού ασφαλείας ή φωτισμού αξιοθέατων δίνει την δυνατότητα να παρέχει ρεύμα αυτόματα όταν νυχτώνει και να κλείνει την παροχή πάλι αυτόματα όταν ξημερώσει. Επίσης μπορεί να κλείνει για παράδειγμα μετά από 4 ή 5 ώρες για οικονομία στην μπαταρία με την λογική αν νυχτώσει στις 8 να μείνει μέχρι τις 12, μετά κοιμόμαστε και δεν βλέπουμε τα αξιοθέατα. Έτσι λοιπόν ο



ελεγκτής φόρτισης είναι μια πολύ χρήσιμη συσκευή η οποία πέραν της απλής της λειτουργίας μπορεί να περιέχει και μια μικρή μονάδα αυτοματοποίησης η οποία ειδικά για εφαρμογές φωτισμού μας λύνει τα χέρια! Είναι η συσκευή που έχει 3 υποδοχές οι οποίες συνήθως έχουν σύμβολα για να καταλαβαίνουμε τι θα συνδέσουμε σε ποια. Δύο καλώδια από το πάνελ καταλήγουν εκεί (+ / -). Δύο καλώδια από την μπαταρία καταλήγουν εκεί (+ / -). Τέλος δύο καλώδια (+ / -) φεύγουν από την συσκευή για να δημιουργήσουν το δίκτυο παροχής ενέργειας που θέλουμε! Α, μη ξεχάσω πως αυτή η συσκευή έχει λαμπάκια που μας δείχνουν σε τι κατάσταση φόρτισης βρίσκεται η μπαταρία μας αλλά και κάτι πολύ σημαντικό, ίσως το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό από όλα, κλείνει «τον γενικό», δηλαδή την παροχή ρεύματος όταν διαπιστώσει κάποιο βραχυκύκλωμα. Η τάση των συστημάτων αυτών παρόλο που είναι μικρή ( 12V ) μπορεί να προκαλέσει σπινθήρες αν υπάρξει ανεξέλεγκτο βραχυκύκλωμα. Ο ελεγκτής λοιπόν κλείνει την παροχή ρεύματος μέχρι εμείς να δούμε το αντίστοιχο λαμπάκι να αναβοσβήνει και χειροκίνητα να το επαναφέρουμε αφού έχουμε διορθώσει το πρόβλημα. Ο ελεγκτής φόρτισης λοιπόν είναι απαραίτητο συστατικό οποιοδήποτε αυτόνομου συστήματος παραγωγής και χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 2.4 – Τοπικό Αυτόνομο Φ/Β Σύστημα

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την αποθηκευμένη ενέργεια όπως και όταν θέλουμε. Με έναν περιορισμό όμως! Δεν ξεχνάμε ότι η παροχή της τάσης είναι 12VDC ( συνεχές ρεύμα ) και οι συσκευές που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πρέπει να είναι αυτής της τάσης. Αυτό το βλέπουμε στα αυτοκόλλητα πάνω στις συσκευές. Για παράδειγμα

για τον φωτισμό μας πρέπει να προμηθευτούμε λάμπες 12V. Υπάρχουν βέβαια και αυτό δεν είναι πρόβλημα. Πολλές άλλες συσκευές, ειδικά αυτές που προορίζονται για χρήση στο αυτοκίνητο δουλεύουν στα 12V. Υπάρχουν όμως πολλές άλλες συσκευές οι οποίες λειτουργούν σε μικρότερες τάσεις (router, laptop, κινητές συσκευές, GPS) και πολλά περισσότερα που λειτουργούν στα 220V, την τάση δηλαδή που έχουμε στις πρίζες στο σπίτι μας. Υπάρχει και για αυτό το πρόβλημα λύση και ονομάζεται μετατροπέας τάσης ( power inverter ). Έτσι λοιπόν μπορεί ένας τέτοιος μετατροπέας παρεμβάλλεται στην γραμμή παροχής μετά τον ηλεκτρικό φόρτισης και μας δίνει τάση 220V για να λειτουργήσουν όλες οι κοινές συσκευές μας. Όμως πρέπει να έχουμε στο μυαλό μας μερικά πράγματα, πολύ σημαντικά. Η μετατροπή της τάσης έχει απώλειες, δηλαδή καλό είναι εφόσον έχουμε την δυνατότητα να λειτουργεί το σύστημα όσο πιο πολύ στην τάση των 12V και μόνο αν είναι απαραίτητο να γίνει μετατροπή. Για παράδειγμα βάζουμε λάμπες 12V και όχι 220V γιατί ένα μέρος της κατανάλωσης θα πάει στην μετατροπή. Επίσης πρέπει να προσέξουμε τι συσκευές θα βάλουμε. Οι μετατροπείς αναγράφουν κάποια ονομαστικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα αν η δύναμη που μπορεί να δώσει είναι 300W πρέπει οι συσκευές που θα συνδέσουμε να είναι μέχρι το πολύ αυτό το νούμερο. Η τάση λειτουργίας και η ισχύς αναγράφεται πάνω στα αυτοκόλλητα. Δεν μπορείτε να βάλετε ότι θέλετε μόνο και μόνο επειδή είναι 220V η τάση. Στον μετατροπέα των 300W δεν βάζουμε ηλεκτρικό θερμοσίφωνα 4000W.

Στις παραπάνω παραγράφους αναλύθηκε η θεωρία και τα συστατικά μέρη που βρίσκονται πίσω από ένα μικρό – ερασιτεχνικό αυτόνομο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και συγκεκριμένα από τον ήλιο.

## ***Κόστος φωτοβολταϊκών συστημάτων***

Η τιμή ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να κυμανθεί από μερικές εκατοντάδες ευρώ έως μερικές δεκάδες χιλιάδες ευρώ, ανάλογα με την χρήση, τις απαιτήσεις των ηλεκτρικών φορτίων και την αυτονομία που ζητείται. Το κόστος ενός αυτόνομου Φ/Β εξαρτάται καθαρά από τις δυνατότητες και την ποιότητα των προσφερόμενων υλικών, για αυτό το λόγο ποτέ δύο συστήματα δεν έχουν τις ίδιες τιμές (δύο μπαταρίες με τη ίδια χωρητικότητα και την ίδια τάση μπορεί να διαφέρουν δραματικά για παράδειγμα στον αριθμό των κύκλων "ζωής"). Για να μπορέσετε να συγκρίνετε τιμές και προσφορές πρέπει πριν απευθυνθείτε σε υπεύθυνες, αξιόπιστες και εξειδικευμένες εταιρείες του τομέα να έχετε κάνει κάποια σχετική μελέτη.

Οι τιμές για αυτόνομα Φ/Β συστήματα κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες ευρώ μέχρι πολλές δεκάδες χιλιάδες ευρώ. Ανάλογα με τις δυνατότητες του συστήματος και το μέγεθος του μπορεί κανείς να βρει μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές. Συνοπτικά αναφέρουμε ότι η τιμή ενός αυτόνομου Φ/Β για τροχόσπιτο ή τροχοβίλα κυμαίνεται από 1.000€ έως 3.000€, για μία εξοχική κατοικία από 2.000€ έως 5.000€, ενώ για μόνιμη κατοικία από 6.000€ έως 12.000€. Ανάλογα επίσης με τα φορτία και τις μέρες αυτονομίας οι τιμές για αυτόνομα φωτοβολταϊκά μπορούν να διακριθούν: για τα βασικά φορτία (ψυγείο, φωτισμός, τηλεόραση, υπολογιστής, ανεμιστήρας) από 2.000€ έως 4.000€, για τα βασικά φορτία πλέον κλιματιστικού και πλυντηρίου από 5.000€ έως 7.000€ και πλήρη συστήματα με ηλεκτρικό φούρνο, θερμοσίφωνα κλπ από 9.000€ έως 15.000€. Οι τιμές που αναφέρονται παραπάνω είναι για 2 μέρες αυτονομία ΜΕ ΦΠΑ και ΜΕ Εγκατάσταση.

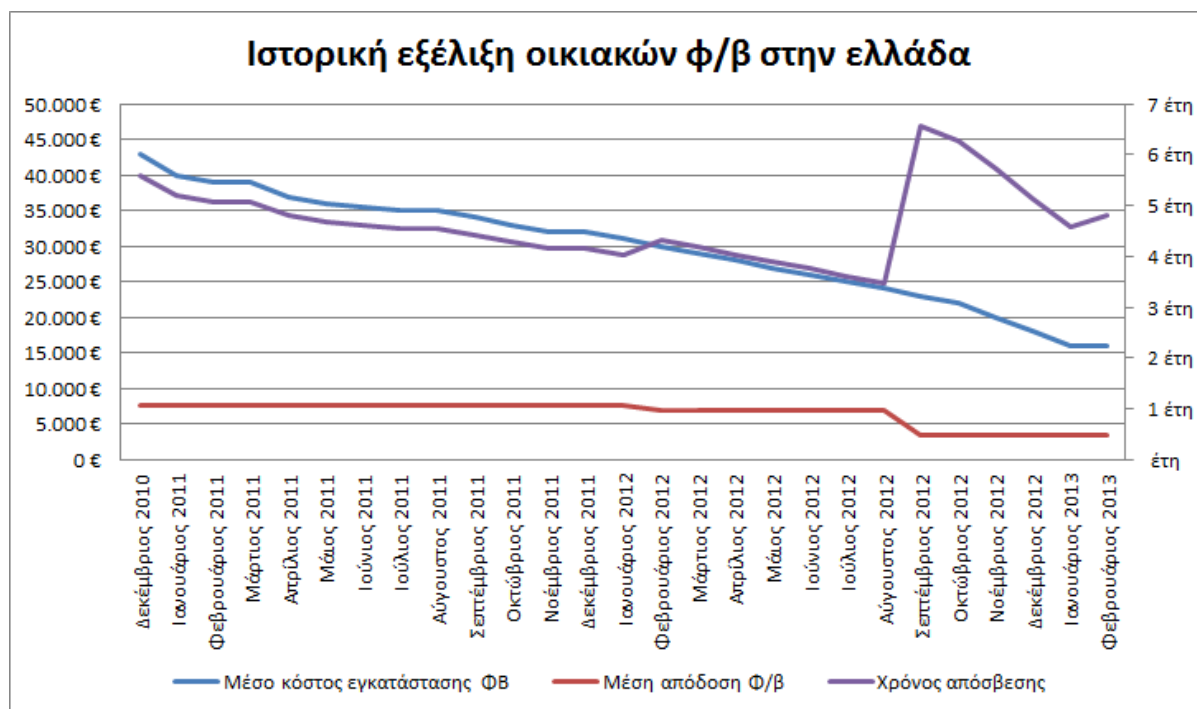
Για μεγαλύτερα αυτόνομα Φ/Β για μικρές ξενοδοχειακές μονάδες, ενοικιαζόμενα δωμάτια, καταστήματα, οι τιμές κυμαίνονται από 10.000€ έως και 50.000€.

Τον Αύγουστο του 2013 ανακοινώθηκαν τα νέα μέτρα για τον κλάδο των φωτοβολταϊκών σύμφωνα με τα οποία μειώθηκε η τιμή της kWh που η ΔΕΗ αγοράζει το ρεύμα και ταυτόχρονα σταμάτησε η εξέταση αιτημάτων για φωτοβολταϊκά πλήν των οικιακών. Πιο συγκεκριμένα στα οικιακά φωτοβολταϊκά η τιμή βρίσκεται στο 0,25€/kWh η οποία από τον Φεβρουάριο θα γίνει 0,2375€/kWh.

Οι περισσότεροι θεωρούν ότι η επένδυση σε οικιακό φωτοβολταϊκό πλέον δεν συμφέρει, κάτι το οποίο δεν μπορεί να τεκμηριωθεί σε οικονομικούς όρους. Τα οικιακά φωτοβολταϊκά με την μείωση του κόστους κατασκευής διατηρούν αποδόσεις της τάξεως του 25% οι οποίες είναι εξαιρετικές. Όλες οι καταβολές της ΔΕΗ γίνονται στην ώρα τους και δεν έχουν υποστεί καμία φορολόγηση.

Πιο αναλυτικά ένα οικιακό φωτοβολταϊκό ισχύος 10kWp κοστίζει με το ΦΠΑ απο 14.000€ έως 18.000€ ανάλογα με τον εξοπλισμό και της απαιτήσεις του έργου. Οι αποδόσεις ενός έργου 10kWp με τον τρόπο που κατασκευάζεται σήμερα, αποδεδειγμένα αποδίδει από 13000 – 17000kWh/ έτος. Το οποίο μεταφράζεται σε 3.250€ – 4.250€/έτος. Συνεπώς η επένδυση αποσβήνεται σε 3,3 – 5,5 χρόνια με απόδοση 18% – 30% και υπογεγραμμένη σύμβαση για 25χρόνια.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η πορεία του κόστους εγκατάστασης ενός οικιακού φωτοβολταϊκού συναρτήσει της απόδοσής του και του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης ιστορικά ξεκίνησε απο τα 6έτη και μειώθηκε στα 3,5 για να επανέλθει στα 4,5-5έτη.



Σχήμα 2.5 – Εξέλιξη Οικιακών Φ/Β στην Ελλάδα

### Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων είναι τα ακόλουθα:

- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα.
- Είναι εύχρηστα. Σε μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν γρήγορα και οικονομικά.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα)
- Μπορούν να επεκταθούν ανά πάσα στιγμή για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών.
- Έχουν αθόρυβη λειτουργία και μηδενικές εκπομπές ρύπων.
- Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία.
- Υψηλό κόστος επένδυσης, χαμηλή απόδοση και πυκνότητα ισχύος

Στη συνέχεια υπάρχουν τα κυριότερα σημεία στα οποία πλεονεκτούν τα Φ/Β ως παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας:

- Δεν καταναλώνουν άλλη πρωτογενή ενέργεια για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας
- Δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον κατά την λειτουργίας τους
- Δεν αφήνουν κατάλοιπα (με εξαίρεση τις μπαταρίες όταν χρησιμοποιούνται σαν αποθηκευτικό μέσο)
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε απομονωμένες και δυσπρόσιτες περιοχές και λειτουργούν αυτόνομα
- Έχουν απλότητα στη λειτουργία τους (μη κινητά μέρη)
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (πάνω από 30 χρόνια)
- Έχουν χαμηλή αναλογία βάρους / αποδιδόμενης ισχύος (Kg/Watt)
- Έχουν περιορισμένες απαιτήσεις συντήρησης
- Το βασικό υλικό παραγωγής του μεγαλύτερου ποσοστού Φ/Β είναι το πυρίτιο, υλικό που αφθονεί στον πλανήτη

Αν και λίγα, υπάρχουν όμως και σημεία στα οποία μειονεκτούν τα Φ/Β συστήματα. Τέτοια σημεία είναι τα ακόλουθα:

- Μικρή πυκνότητα ισχύος: Η ονομαστική ισχύς ανά φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι 180Wp και η δεσμευόμενη επιφάνεια είναι περίπου 3τμ. Η απαιτούμενη επιφάνεια ανά MW φωτοβολταϊκής ισχύος ισούται με 25 στρέμματα.
- Χαμηλή απόδοση: Ο μέγιστος βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου και ο μέσος ετήσιος συντελεστής απασχόλησης δεν ξεπερνούν το 16 17% (Κρήτη).

- Υψηλό κόστος εγκατάστασης: Το μέσο κόστος εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου μεγάλης ισχύος κυμαίνεται στα 2.000€/kWp.
- Υψηλό κόστος παραγωγής: Τα ανωτέρω δύο χαρακτηριστικά συνεπάγονται υψηλό κόστος παραγωγής.

# ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

## Επιμέρους στοιχεία συστήματος

Ένα αυτόνομο σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από τα κάτωθι υλικά:

### Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Τα Φ/Β πλαίσια είναι πηγές σταθερού συνεχούς ρεύματος, οι οποίες μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρικό ρεύμα. Κατάλληλες διατάξεις (φωτοβολταϊκά στοιχεία) αποτελούμενες κυρίως από πυρίτιο διαφορετικών προσμίξεων (δίοδος p-n), εκμεταλλευόμενες το φωτοβολταϊκό φαινόμενο "Hall" (πρόσπτωση φωτονίων ηλιακής ακτινοβολίας αναγκάζουν χημικούς δεσμούς της διόδου p-n να ελευθερώσουν ηλεκτρόνια η κίνηση των οποίων αποτελεί ηλεκτρικό ρεύμα), παράγουν ρεύμα συνεχές ανάλογα με την ένταση ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχήμα 2.6 – Τυπικό Φ/Β Πάνελ

Διάφοροι κανόνες (τάση συστοιχίας συσσωρευτών, χαρακτηριστικά ελεγκτή φόρτισης) ορίζουν την τοπολογία σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων (αριθμός εν σειρά πλαισίων και αριθμός εν παραλλήλω κλάδων). Το ρεύμα αυτό μέσω κατάλληλης διάταξης που ονομάζεται ρυθμιστής φόρτισης φορτίζει τις μπαταρίες του αυτόνομου συστήματος. Συνεπώς τα φωτοβολταϊκά πλαίσια συνδέονται με το ρυθμιστή φόρτισης.

### Ρυθμιστής ή Ελεγκτής φόρτισης

Ο ελεγκτής φόρτισης είναι η ηλεκτρονική εκείνη συσκευή που αναλαμβάνει τη σωστή διοχέτευση της προσλαμβανόμενης ισχύος από τον ήλιο μπαταρίες. Με απλά λόγια λαμβάνουν πχ 70Volts και 9A από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και δίνουν 26Volts και περίπου 24A σε μία 24βολτη συστοιχία. Επίσης αναλαμβάνει την αποσύνδεση των μπαταριών από την πηγή σε περίπτωση υπερφόρτωσης καθώς και διαδικασίες εξισορρόπησης (equalization).





Σχήμα 2.7 – Τυπικός Ελεγκτής Φόρτισης

Οι ρυθμιστές μπορεί να είναι "απλοί" (PWM) ή "έξυπνοι" (MPPT). Χαρακτηρίζονται από την τάση την οποία μπορούν να ελέγξουν (μπαταρίες) και την ισχύ των πλαισίων που μπορεί να συνδεθεί μαζί τους. Οι ρυθμιστές φόρτισης συνδέονται με τη συστοιχία συσσωρευτών.

#### Συσσωρευτές - Μπαταρίες

Οι συσσωρευτές είναι πηγές σταθερής τάσης και χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της ηλιακής ή αιολικής ενέργειας ώστε αυτή να μην πηγαίνει χαμένη όταν δεν υπάρχει ζήτηση και να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρχει ζήτηση αλλά όχι προσφορά ηλιακής (νύχτα, συννεφιά) ή αιολικής ενέργειας (άπνοια). Η αποθήκευση της ενέργειας γίνεται σε κατάλληλα διαλύματα ηλεκτρολύτη (πχ μολύβδου - θειϊκού οξέος) μέσω ηλεκτροδίων και διέπεται από συγκεκριμένες χημικές αντιδράσεις. Η ενέργεια λαμβάνεται πίσω μέσω των ηλεκτροδίων με αντιστροφή της χημικής διεργασίας.



Σχήμα 2.8 – Τυπικός Συσσωρευτής Βαθείας Εκφόρτισης

Υπάρχουν μπαταρίες κλειστού τύπου και ανοιχτού τύπου. Χαρακτηρίζονται από την τάση (V), την χωρητικότητα (Ah) και τους κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης σε συγκεκριμένες

συνθήκες. Το γινόμενο της τάσης και της χωρητικότητας δίνουν την αποθηκευμένη ισχύ ενώ οι κύκλοι φόρτισης-εκφόρτισης την αναμενόμενη διάρκεια ζωής για συγκεκριμένο ποσοστό εκφόρτισης. Η επιλογή της τάσης της συστοιχίας (12, 24, 48Volts) γίνεται ανάλογα με το μέγεθος του συστήματος. Η τοπολογία σύνδεσής τους (παράλληλα-σε σειρά) επιλέγεται βάσει του μεγέθους του συστήματος και των διαθέσιμων στοιχείων (2βολτα, 6βολτα, 12βολτα). Δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσης ενότητας περαιτέρω εμβάθυνση. Η συστοιχία συσσωρευτών συνδέεται με τους ελεγκτές φόρτισης και με τον αντιστροφέα.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι ένας τυπικός συσσωρευτής ευρείας χρήσης είναι αυτός που προορίζεται κυρίως για χρήση στα αυτοκίνητα. Ένας τέτοιος συσσωρευτής όμως δεν επιτρέπει βαθιές εκφορτίσεις, δηλαδή κάτω από το 30% της χωρητικότητάς του. Και αυτό διότι οι συσσωρευτές αυτοί χάνουν την δυνατότητα πλήρους επαναφόρτισης όταν βρεθούν σε τέτοιο χαμηλό ποσοστό χωρητικότητας. Αντίθετα οι συσσωρευτές οι οποίοι διαθέτουν στοιχεία μολύβδου μεγαλύτερης μάζας (διαμέτρου) μπορούν να «γεμίσουν» πλήρως ακόμη και αν φτάσουν σε βάθος εκφόρτισης 5%. Συνεπώς θα είχε ενδιαφέρον η λήψη μετρήσεων ενός αντίστοιχου συστήματος αποτελούμενο από συσσωρευτές βαθιάς εκφόρτισης.

#### *Αντιστροφέας - Μετατροπέας τάσης*

Ο αντιστροφέας είναι η διάταξη εκείνη που αναλαμβάνει την μετατροπή της τάσης των μπαταριών από συνεχή (12, 24, 48VDC, 0HZ) σε εναλλασσόμενη (230VAC, 50Hz).



*Σχήμα 2.9 – Τυπικός Αντιστροφέας AC Τάσης*

Συνήθως στα αυτόνομα φωτοβολταϊκό περιέχει μετασχηματιστή ο οποίος κάνει τη μετατροπή τάσης ενώ ταυτόχρονα παρέχει και κατάλληλη απομόνωση προστασίας. Η ισχύς του αντιστροφέα καθορίζει την ισχύ των ηλεκτρικών φορτίων που δύναται να είναι ταυτόχρονα εν λειτουργία (πχ ένας αντιστροφέα 3.000Watts επιτρέπει τη λειτουργία ταυτόχρονα μία ηλεκτρικής σκούπας 1600Watts και ενός κλιματιστικού 900Watts, όχι όμως της σκούπας με ένα πλυντήριο ισχύος 2.200Watts). Με την αύξηση της θερμοκρασίας πέφτει η απόδοση και η ικανότητα μέγιστης ισχύος του αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας συνδέεται από την DC πλευρά με τις μπαταρίες και από την AC πλευρά με τον ηλεκτρικό πίνακα AC και συνεπώς τις ηλεκτρικές καταναλώσεις.



### *Φορτιστής Μπαταριών (προαιρετικά)*

Είναι η διάταξη που δίνει τη δυνατότητα φόρτισης της συστοιχίας συσσωρευτών από άλλη πηγή ρεύματος όπως είναι μία γεννήτρια ή το δημόσιο δίκτυο. Συνήθως είναι ενσωματωμένος στον αντιστροφέα. Από την μία πλευρά ενώνεται με την δευτερεύουσα πηγή και από την άλλη με τις μπαταρίες.

## **Σχέδιο ανάπτυξης του συστήματος Φωτισμού**

Τώρα που γνωρίζουμε τα επιμέρους τμήματα που συνθέτουν ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, θα πρέπει να ορίσουμε τις παραμέτρους που επηρεάζουν την λειτουργία του κάθε τμήματος χωριστά, ώστε τελικά να προσδιορίσουμε ποιές είναι οι παράμετροι αυτές, και τι τιμές πρέπει να έχουν για την περίπτωση του συστήματος της εργασίας μας.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την σχεδίαση θα προκύψουν από τις απαιτήσεις της εφαρμογής χρήσης του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος. Αρχικά θα πρέπει λοιπόν να προσδιορίσουμε το είδος του φορτίου, την ισχύ του, και τις επιθυμητές ώρες λειτουργίας σε ημερήσια βάση. Με βάση το τελευταίο και σε συνάρτηση με την ηλιοφάνεια της περιοχής στην οποία πρόκειται να λειτουργήσει το σύστημα, θα πρέπει να αποφασιστεί η αυτονομία που θα μας εξασφαλίζει.

## **Θεωρητική ανάλυση**

Ένα από τα πιο κρίσιμα σημεία πριν την κατασκευή του αυτόνομου Φ/Β συστήματος ηλεκτροπαραγωγής είναι η σωστή μελέτη, η οποία αφορά κυρίως τα φορτία που θα ηλεκτροδοτηθούν, τις ημέρες αυτονομίας και τον ετεροχρονισμό τους (δηλαδή ποιές συσκευές θα μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα και για πόσο χρόνο).

Η ισχύς των φορτίων που θα ηλεκτροδοτούνται ταυτόχρονα από ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα επηρεάζει ουσιαστικά την ισχύ των πλαισίων (απαιτούμενη ενέργεια) και τον αντιστροφέα (ικανότητα ταυτόχρονης ισχύος) που θα πρέπει να εγκατασταθούν και σε συνδυασμό με τις ανάγκες χρόνου αυτονομίας καθορίζει τον αριθμό και το μέγεθος των συσσωρευτών (τάση-χωρητικότητα) και τον τρόπο σύνδεσής τους.

Συνοπτικά αναφέρουμε ότι αφού υπολογιστεί η ημερήσια ενέργεια (χειμώνα και καλοκαίρι) σε kWh υπολογίζεται η απαιτούμενη ισχύς φωτοβολταϊκών πάνελ σε kWp για να στηρίξει το φορτίο αλλά και να φορτίσει τις μπαταρίες (σαν απλός κανόνας και μόνο 1 πάνελ των 250Watts μπορεί να δώσει περίπου 1kWh το καλοκαίρι και 0,5kWh το χειμώνα). Εν συνεχεία επιλέγεται η τάση των συσσωρευτών ανάλογα με το μέγεθος του Φ/Β (κάτω από 1kWp φωτοβολταϊκού επιλέγουμε 12V, μέχρι 3kWp 24V και από εκεί και πάνω 48V) και ακολούθως ο ρυθμιστής φόρτισης (ανάλογα με την ισχύ των πάνελ και την τάση της συστοιχίας συσσωρευτών). Τέλος από την τάση της μπαταρίας και την ισχύ ταυτόχρονης λειτουργίας επιλέγουμε τον αντιστροφέα (αν θέλουμε να έχουμε για παράδειγμα ταυτόχρονα σε λειτουργία ένα ψυγείο 200Watts, λάμπες 100Watts και ένα πλυντήριο 2000Watts δεν μπορούμε να επιλέξουμε αντιστροφέα κάτω από 2.500Watts).

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται κάποιες βασικές οδηγίες για πρόχειρους υπολογισμούς, μελέτη και εκτιμήσεις ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος. Τα βασικά στοιχεία

που πρέπει να υπολογιστούν είναι η ισχύς και ο τρόπος συνδεσμολογίας των πλαισίων, ο ρυθμιστής φόρτισης, η χωρητικότητα της συστοιχίας μπαταριών, το είδος των μπαταριών και ο τρόπος σύνδεσής τους και ο αντιστροφέας.

Για κάθε φορτίο θα πρέπει να είναι γνωστή η ισχύς του και η ωριαία κατανάλωση ρεύματος. Στη συνέχεια συμπληρώνονται οι εκτιμώμενες ημερήσιες ώρες λειτουργίας για καλοκαίρι και για χειμώνα. Ο διαχωρισμός αυτός είναι απαραίτητος καθώς οι ώρες ηλιοφάνειας στην Ελλάδα το χειμώνα είναι τουλάχιστον μισές από το καλοκαίρι με αποτέλεσμα οι ικανότητες του Φ/Β να περιορίζονται.

	Ισχύς (Watt)	Ταυτόχρονα φορτία	Χρόνος (hr/day)	Ενέργεια (Wh/day)
Φωτισμός (5 λάμπες οικονομίας)	50	ΝΑΙ	4	200
Φούρνος Μικροκυμάτων	400	ΟΧΙ	0,2	80
Τηλεόραση (μικρή)	100	ΝΑΙ	2	200
Ψυγείο (μεσαίο A+)	200	ΝΑΙ	24 (διακοπτόμενα)	800
Πλυντήριο ρούχων (40°C)	2000	ΟΧΙ	0,5	1000
Κλιματιστικό 9000btu/h (inverter)	1000	ΝΑΙ	1	1000
Διάφορα (PC, μίξερ κλπ.)	200	ΝΑΙ	2	400
<b>Σύνολα</b>	<b>3950Watt</b>	<b>1550Watt</b>		<b>3680Wh</b>

Σχήμα 2.10 – Φορτία Οικιακής Κατανάλωσης

Το σύνολο της ισχύος των ταυτόχρονων φορτίων με ένα συντελεστή ασφαλείας πχ 20% μας δίνει την ισχύ του αντιστροφέα. Ιδιαίτερη προσοχή θέλουν φορτία με κινητήρες τα οποία κατά την έναρξη λειτουργίας τους ζητάνε περισσότερη ισχύ από την ονομαστική τους. Για παράδειγμα μία αντλία μπορεί να απαιτήσει από 3 έως 5 φορές της ονομαστικής της ισχύος. Οι περισσότεροι κατασκευαστές αντιστροφέων δίνουν στοιχεία για στιγμιαία απαίτηση ισχύος (αγγίζει συνήθως τις 2-2,5 φορές της ονομαστικής) καθώς και για 30 λεπτά (1,5 φορά συνήθως).

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι για λόγους μακροζωίας των συσκευών προτείνεται η χρήση αντιστροφέων καθαρού ημιτόνου. Στη συνέχεια από την ημερήσια απαιτούμενη κατανάλωση θα υπολογιστούν η ισχύς της Φ/Β συστοιχίας και η χωρητικότητα των συσσωρευτών.

Ισχύς Φωτοβολταϊκού (kWp)	Τάση Συσσωρευτών (Volt)
0-0,5	12
0,5-3	24
3-10	48
>10	>48

Σχήμα 2.11 – Τάση Εξόδου Φ/Β σε Συνάρτηση με Εγκατεστημένη Ισχύ

Πριν από αυτό πρέπει να δοθούν κάποιοι γενικοί κανόνες όπως η τάση των συσσωρευτών που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν και το βάθος εκφόρτισής τους (καθορίζει ισχυρά το χρόνο ζωής τους). Η τάση επηρεάζει πέρα από τον τύπο της μπαταρίας τα πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν, τον τρόπο σύνδεσής τους και το ρυθμιστή φόρτισης.

Ημέρες Αυτονομίας	Βάθος Εκφόρτισης
1-3	0,4
4-6	0,6
7-10	0,8

Σχήμα 2.12 – Αυτονομία Φ/Β σε Συνάρτηση με Βάθος Εκφόρτισης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται κάποιες βασικές οδηγίες για υπολογισμούς, μελέτη και εκτιμήσεις ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος. Τα βασικά στοιχεία που πρέπει να υπολογιστούν είναι η ισχύς και ο τρόπος συνδεσμολογίας των πλαισίων, ο ρυθμιστής φόρτισης, η χωρητικότητα της συστοιχίας μπαταριών, το είδος των μπαταριών και ο τρόπος σύνδεσής τους και ο αντιστροφέας.

Επίσης θα πρέπει να οριστεί ο αριθμός των ημερών αυτονομίας που θα θέλει από το σύστημά του (νύχτα και ημέρες συννεφιάς). Το βάθος εκφόρτισης ορίζει πόσο βαθιά θα είναι η χρήση της ενέργειας της μπαταρίας. Ο αριθμός των εκφορτίσεων επί το βάθος εκφόρτισης είναι σταθερός και κατά συνέπεια όσο αυξάνεται το βάθος εκφόρτισης τόσο μειώνεται ο χρόνος ζωής της μπαταρίας.

Στη συνέχεια από τα παραπάνω υπολογίζεται αναλυτικά η χωρητικότητα σε Ah της συστοιχίας των συσσωρευτών από την παρακάτω εξίσωση:

$$C = \frac{(N + p) \cdot m \cdot Ek}{\sigma\gamma \cdot \sigma\mu \cdot \beta\epsilon\kappa \cdot V}$$

- N** : Αριθμός ημερών αυτονομίας (συνήθως 2-4)
- p** : Ποσοστό φορτίων που τροφοδοτούνται από το συσσωρευτή (0-1, συνήθως 0.6)
- m** : Περιθώριο (συνήθως 1.2)
- Ek** : Ημερήσια Ενέργεια σε kWh (από πίνακα φορτίων)
- σγ** : Συντελεστής απωλειών γήρανσης (συνήθως 0.8)
- σμ** : Συντελεστής απωλειών μεταφοράς (συνήθως 0,9)
- βεκ** : Βάθος εκφόρτισης (από πίνακάκι αυτονομίας)
- V** : Τάση (από πίνακάκι ισχύος-τάσης)

Και ευθύς αμέσως μετά η ισχύς του Φ/Β συστήματος (αριθμός και ισχύ φωτοβολταϊκών πάνελ):

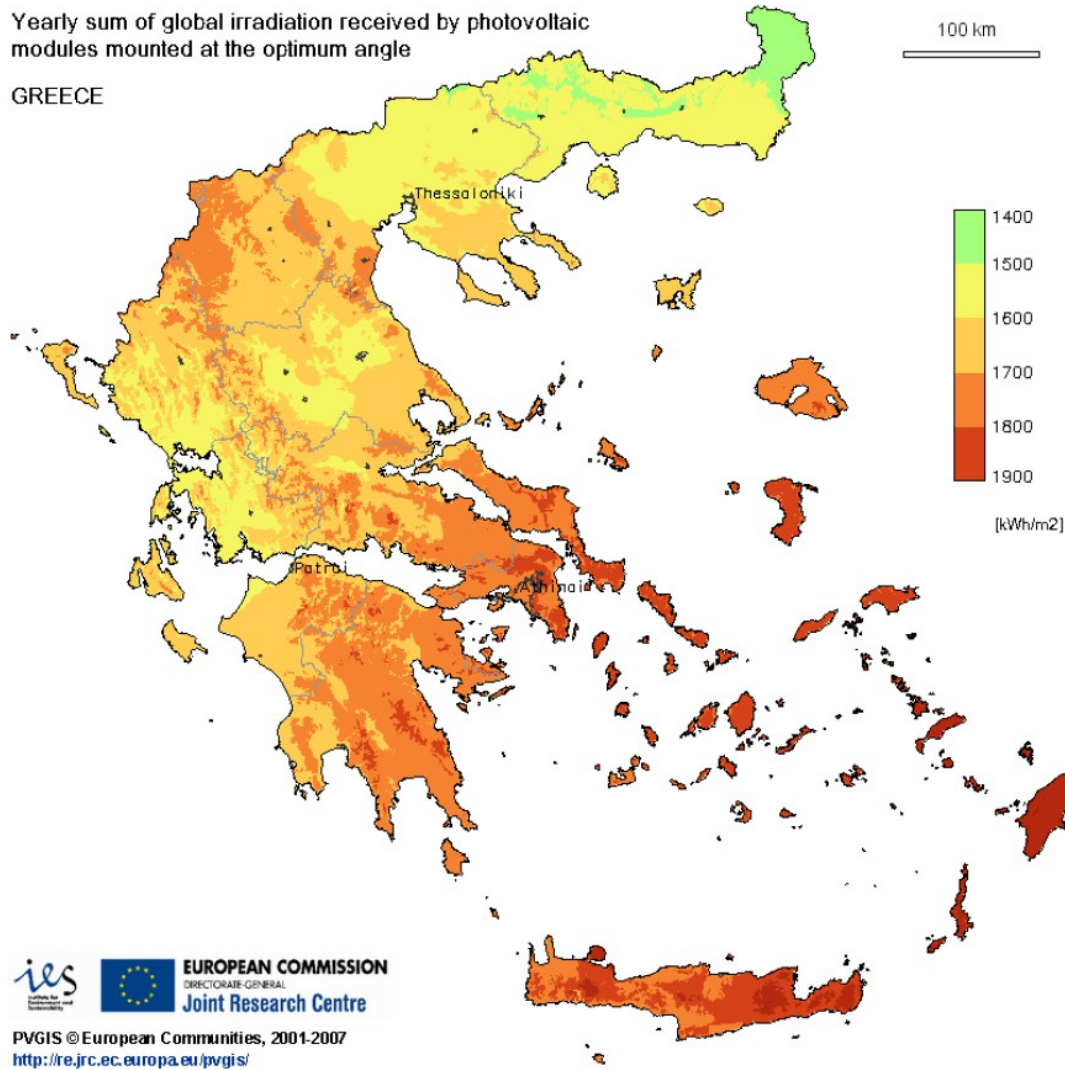
$$P = \frac{Ek \cdot Pstc \cdot m}{E\pi \cdot \sigma\phi\beta \cdot \sigma\mu} \cdot \frac{31}{31 - N}$$

- Ek** : Ημερήσια Ενέργεια σε kWh (από πίνακα φορτίων)
- Pstc** : Ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε πρότυπες συνθήκες (1 kW/m<sup>2</sup>)
- m** : Περιθώριο (συνήθως 1.2)
- Pstc** : Ημερήσια ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (3 kWh/m<sup>2</sup>/day για χειμώνα , 7 kWh/m<sup>2</sup>/day για καλοκαίρι)
- σφβ** : Συντελεστής απωλειών φωτοβολταϊκού (συνήθως 0.77\* σθ – συντελεστή θερμοκρασίας σθ=1-[(θα+30)-25]\*0,004 με θα μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα / συνήθως σθ=0,9)
- σμ** : Συντελεστής απωλειών μεταφοράς (συνήθως 0,9)
- N** : Αριθμός ημερών αυτονομίας (συνήθως 2-4)

Από τα δύο παραπάνω μεγέθη επιλέγεται ο τρόπος συνδεσμολογίας (παράλληλα ή σε σειρά) των συσσωρευτών και των Φ/Β πλαισίων ο οποίος καθορίζει το ρεύμα που πρέπει να σηκώσει και ο ρυθμιστή φόρτισης.

Αναφορικά με την παράμετρο της ηλιοφάνειας, υπάρχει πληθώρα πληροφοριών με μετρήσεις για όλο τον ελλαδικό χώρο. Οι μετρήσεις αυτές καταδεικνύουν την ηγετική και κατά συνέπεια πλεονεκτική θέση της χώρας στο θέμα αυτό. Σύμφωνα με τα γεωγραφικά, μετεωρολογικά και ηλιακής ακτινοβολίας δεδομένα της πανευρωπαϊκής βάσης Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), στην Αθήνα παράγονται 1.550 KWh, έναντι 1.540 KWh στη Μαδρίτη, 1.500 KWh στη Μασσαλία, 1.460 KWh στη Ρώμη, 1.040 KWh στο Μόναχο, και 1.030 KWh στη νότια Τσεχία.

Στην Ελλάδα τώρα, η μικρότερη ετήσια τιμή της ηλιοφάνειας (ολίγον χαμηλότερη των 2200 ωρών), καταγράφεται στα εσωτερικά τμήματα της Δ. Μακεδονίας και της Ηπείρου, καθώς και στα ορεινά της Α. Μακεδονίας (Ροδόπη). Στον κεντρικό ορεινό όγκο του κορμού της Ελληνικής χερσονήσου και στα εσωτερικά τμήματα της Μακεδονίας και της Θράκης, η ηλιοφάνεια κυμαίνεται μεταξύ 2200 έως 2300 ωρών. Οι χαμηλές αυτές τιμές, οφείλονται στη μεγάλη ορογραφική νέφωση, η οποία σχηματίζεται από τις ανυψούμενες από τα ορεινά εμπόδια αέριες μάζες, που μεταφέρονται με τις υφέσεις και τα μέτωπα και κινούνται εκ δυσμών προς ανατολές και από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά.



Σχήμα 2.13 – Ετήσιες Μετρήσεις Ηλιακής Ενέργειας στην Ελλάδα

Επιπλέον, λόγω των ορεινών όγκων, περιορίζεται και η διάρκεια της θεωρητικής ηλιοφάνειας, γι αυτό απαιτείται να γίνονται σχετικές διορθώσεις επί της διάρκειας της θεωρητικής ηλιοφάνειας. Η πραγματική ηλιοφάνεια, αυξάνει από τα κεντρικά ορεινά συγκροτήματα προς την κατεύθυνση των δυτικών ακτών, όπου λαμβάνει τιμές από 2600 έως 2700 ώρες, ενώ η αύξηση αυτή είναι μικρότερη προς τις ανατολικές ακτές, δεδομένου ότι παρεμβάλλονται οι ορεινοί όγκοι του Βερμίου, του Ολύμπου κτλ. Κατά μήκος του άξονος του Αιγαίου, η ηλιοφάνεια αυξάνει από βορρά προς νότο, μέχρι και την Κρήτη. Στο Β. Αιγαίο, η ηλιοφάνεια είναι μικρότερη απ' ό,τι είναι στο Ιόνιο Πέλαγος. Από το κεντρικό όμως, Αιγαίο και νοτιότερο, η ηλιοφάνεια καθίσταται μεγαλύτερη εκείνης του Ιονίου.

Η μεγαλύτερη τιμή της ηλιοφάνειας σημειώνεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του Αιγαίου (Ρόδος, 3100 ώρες, περίπου), καθώς και στα νότια πεδινά και παράκτια τμήματα της Κρήτης (Ιεράπετρα και Τυμπάκιο, με πάνω από 3100 και 3000 ώρες, αντιστοίχως). Ακολουθούν τα νησιά του ανατολικού Αιγαίου (Σάμος, Χίος κτλ.), οι Κυκλάδες, οι βόρειες ακτές της Κρήτης και οι νότιες ακτές της Πελοποννήσου (με 2800 ώρες, περίπου). Στο εσωτερικό ορεινό συγκρότημα της Πελοποννήσου, η ηλιοφάνεια κυμαίνεται από 2500 έως 2700 ώρες και βαίνει ελαττούμενη προς τις ακτές. Κατά το χειμώνα, η ηλιοφάνεια

παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές της, όπου η μέση ηλιοφάνεια κυμαίνεται από 270 μέχρι 430 ώρες, περίπου.

Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται στα νότια παράλια της Κρήτης και στα Δωδεκάνησα και οι μικρότερες καταγράφονται στα βόρεια και εσωτερικά ορεινά τμήματα της Μακεδονίας και της Ηπείρου.

Γενικά, η γεωγραφική κατανομή της ηλιοφάνειας τον Χειμώνα έχει τη μορφή της ετήσιας κατανομής. Κατά την άνοιξη, η ηλιοφάνεια εμφανίζει σημαντική αύξηση έναντι εκείνης του χειμώνα σ' ολόκληρη την ελληνική επικράτεια, λόγω ελάττωσης της συχνότητας της υφειακής δράσεως. Οι μικρότερες τιμές παρατηρούνται και πάλιν, στα εσωτερικά ορεινά τμήματα της Ηπείρου (Κόνιτσα, 550 ώρες) και της Δ. Μακεδονίας και οι μεγαλύτερες στα Δωδεκάνησα (Ρόδος, 750 ώρες περίπου). Επίσης, η Αττική και οι Κυκλάδες, καθώς και η νότιος Κρήτη, καταγράφουν μεγάλες τιμές ηλιοφάνειας.

Η γενική μορφή της κατανομής της ηλιοφάνειας, κατά την εποχή της άνοιξης έχει μια τάση αύξησης από βορρά προς νότο, ιδιαίτερα στο Αιγαίο πέλαγος. Κατά το θέρος, η ηλιοφάνεια παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της εξ όλων των εποχών. Οι τιμές της έχουν ένα εύρος μεταξύ 900 ωρών (Σέρρες) έως 1050 ώρες (Σκύρος), περίπου. Μεγάλες τιμές, παρατηρούνται και στα νησιά του Ιονίου και στις ακτές, ελαττούμενες προς τα εσωτερικά ορεινά συγκροτήματα της Πίνδου. Στο Αιγαίο, η ηλιοφάνεια παρουσιάζει μεγάλες τιμές (άνω των 400 ωρών τον Ιούλιο), πράγμα το οποίο οφείλεται εν πολλοίς, στην εμμονή και έντονη πνοή των Ετησίων ανέμων από ΒΑ και ΒΔ κατευθύνσεις και στην επικράτηση υπεράνω της περιοχής αντικυκλωνικών συνθηκών.

Τέλος, κατά το φθινόπωρο, η ηλιοφάνεια παρουσιάζει έναντι των μηνών του θέρους, μεγάλη ελάττωση σ' ολόκληρο τον Ελληνικό χώρο. Η ελάττωση αυτή, οφείλεται στην έναρξη της δράσης των υφέσεων, η συχνότητα και δραστηριότητα των οποίων είναι μεγαλύτερη εκείνης της άνοιξης. Άλλος λόγος των μικρότερων τιμών της ηλιοφάνειας των φθινοπωρινών, έναντι των μηνών της ανοίξεως, είναι και η μικρότερη θεωρητική ηλιοφάνεια, η οποία υπολείπεται εκείνης της άνοιξης κατά 50 ώρες, περίπου.

Οι μικρότερες τιμές (κάτω των 730 ωρών) παρατηρούνται και κατ' αυτήν την εποχή, στα βόρεια και εσωτερικά ορεινά τμήματα της Ηπείρου και Δ. Μακεδονίας και οι μεγαλύτερες στην Κρήτη και τα Δωδεκάνησα, όπου η μέση φθινοπωρινή ηλιοφάνεια υπερβαίνει τις 750 ώρες.

Ειδικότερα για την περιοχή των Πατρών, οι ετήσιες ώρες ηλιοφάνειας φτάνουν κατά μέσο, τις 2500 ώρες. Σε ημερήσια βάση αυτό ανάγεται σε σχεδόν 7 ώρες (6,82 για την ακρίβεια). Η τιμή αυτή είναι πολύ ικανοποιητική, και αυτή θα χρησιμοποιήσουμε για να προσδιορίσουμε τις επιμέρους παραμέτρους τους συστήματός μας.



Σταθμός	Πλάτος (φ)	Γ. Μήκος (λ)	Υψόμ. (m)	Γ	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	Έτος	Εύρος	Χεσμ.	Άνοι	Καλοκ.	φθίν.
Κομοσινή	41.07	25.24	30	119.6	123.7	138.1	184.9	250.3	280.3	309.3	290.8	249.4	172.0	122.8	115.6	2356.8	193.7	358.9	573.3	880.4	544.2
Σέρρες	41.04	23.34	32	98.0	112.1	150.4	195.2	262.3	284.0	307.3	303.6	241.9	166.0	124.0	114.1	2358.9	209.3	324.2	607.9	894.9	531.9
Σέδες, Θεσ/νίκης	40.32	22.01	52	105.9	120.6	144.0	202.1	262.7	276.0	343.5	308.0	241.9	172.1	114.1	89.4	2380.3	254.1	315.9	608.8	927.5	528.1
Μίκρα, Θεσ/νίκης	40.31	22.58	4	88.5	91.5	146.8	203.4	269.1	280.1	308.9	271.3	221.8	162.5	118.4	105.0	2267.3	220.4	285.0	619.3	860.3	502.7
Κόνιτσα	40.03	20.45	542	121.5	111.8	156.4	159.1	244.1	255.9	276.5	291.0	225.7	167.3	132.5	126.5	2268.3	179.2	359.8	559.6	823.4	525.5
Λήμινα	39.53	25.04	13	81.7	110.3	161.3	221.0	294.1	324.0	362.8	337.5	271.3	196.4	127.0	94.5	2581.9	281.1	286.5	676.4	1024.3	594.7
Ισπαννα	39.4	20.51	483	95.6	100.7	141.6	179.5	246.1	266.0	316.0	295.3	227.9	179.4	115.1	87.0	2250.2	229.0	283.3	567.2	877.3	522.4
Λάρισα	39.38	22.25	73	85.1	104.8	151.3	217.2	277.4	292.2	326.0	320.0	243.6	178.0	142.1	91.3	2429.0	240.9	281.2	645.9	938.2	563.7
Κέρκυρα	39.37	19.55	2	122.4	121.9	165.5	215.1	277.7	327.2	372.8	339.8	258.9	197.7	134.0	111.8	2644.8	261.0	356.1	658.3	1039.8	590.6
Μυτιλήνη	39.06	24.03	2	106.3	121.1	159.1	211.8	305.9	339.2	381.5	354.6	292.0	205.3	144.0	113.2	2734.0	275.2	340.6	676.8	1075.3	641.3
Λαμία	38.54	22.24	144	102.6	90.4	163.5	209.9	280.2	316.7	333.8	320.0	248.1	177.1	148.0	126.8	2517.1	243.4	319.8	653.6	970.5	573.2
Σκύρος	38.54	24.33	4	75.2	96.2	133.4	212.3	301.3	332.3	362.7	340.1	267.4	181.1	127.5	93.4	2522.9	287.5	264.8	647.0	1035.1	576.0
Πάτρα	38.15	21.44	1	110.1	117.2	183.3	185.0	267.9	310.7	319.9	303.5	257.2	185.8	128.7	123.2	2492.5	209.8	350.5	636.2	934.1	571.7
Αλιάρτος	38.23	23.06	110	84.5	109.2	148.9	209.1	279.5	305.4	351.1	324.9	244.5	168.8	138.2	87.8	2451.9	266.6	281.5	637.5	981.4	551.5
Χίος	38.2	26.08	3	109.1	121.7	175.4	225.5	319.1	357.0	391.2	367.4	298.1	222.2	152.3	119.3	2858.3	282.1	350.1	720.0	1115.6	672.6
Αργιστόλιον	38.11	20.29	2	150.4	137.0	163.5	208.6	309.9	334.3	366.5	343.7	272.7	194.6	148.5	119.1	2748.8	247.4	406.5	682.0	1044.5	615.8
Άραξος	38.1	21.25	14	131.3	132.5	183.9	224.9	285.1	299.5	340.7	337.5	274.2	206.3	154.5	119.6	2690.0	221.1	383.4	693.9	977.7	635.0
N. Φιλαδέλφεια, Αττικής	38.03	23.4	136	113.1	128.0	177.9	233.3	298.6	330.4	370.1	395.2	282.5	203.9	152.7	120.6	2806.3	282.1	361.7	709.8	1095.7	639.1
Κόρινθος	37.56	22.57	4	107.7	112.6	173.1	211.4	287.7	328.8	340.6	335.6	265.3	194.5	162.8	129.3	2649.4	232.9	349.6	672.2	1005.0	622.6
Αερ. Ελληνικού	37.54	23.44	10	123.4	136.8	177.6	227.3	297.0	330.9	370.2	347.8	276.9	204.9	159.6	125.5	2777.9	246.8	385.7	701.9	1048.9	641.4
Σάμος	37.42	26.55	48	129.3	139.2	187.9	224.6	299.3	348.7	377.6	356.3	300.5	230.6	168.4	122.4	2884.8	255.2	390.9	711.8	1082.6	699.5
Πύργος	37.41	21.26	12	152.7	133.2	187.2	211.3	312.1	337.8	364.4	348.2	284.8	206.4	175.4	146.2	2859.7	231.2	432.1	710.6	1050.4	666.6
Συρος	37.27	24.57	10	110.6	142.0	175.4	248.8	321.6	342.0	387.3	361.5	289.7	230.7	157.3	127.8	2894.7	276.7	380.4	745.8	1090.8	677.7
Νάξος	37.06	25.23	9	102.3	117.2	166.7	214.9	283.7	314.0	338.2	325.3	276.6	206.8	158.3	118.5	2622.5	235.9	338.0	665.3	977.5	641.7
Πάρος	37.05	25.09	1	111.3	134.8	183.1	236.9	319.5	359.8	377.7	349.8	282.4	212.0	153.5	119.9	2840.7	266.4	366.0	739.5	1087.3	647.9
Καλαμάτα	37.04	22.06	6	158.0	139.5	184.7	199.9	309.0	338.8	364.3	340.0	281.8	202.7	179.1	136.1	2833.9	228.2	433.6	693.6	1043.1	663.6
Μεθώνη	36.5	21.42	33	121.6	124.9	177.0	200.8	295.1	326.5	358.1	338.9	270.9	210.4	164.8	120.1	2709.1	238.0	366.6	672.9	1023.5	646.1
Μήλος	36.43	24.27	182	93.7	87.6	166.5	206.3	327.0	389.2	424.0	399.4	320.6	195.4	161.9	95.8	2867.4	336.4	277.1	699.8	1212.6	677.9
Ρόδος	36.23	28.07	35	136.7	142.9	204.4	247.1	314.3	353.4	388.1	375.1	315.5	238.6	183.8	143.3	3043.2	251.4	422.9	765.8	1116.6	737.9
Κίθηρα	36.09	23	167	153.8	134.2	176.9	216.3	301.6	349.7	365.9	344.6	285.1	208.1	168.4	132.1	2836.7	233.8	420.1	694.8	1060.2	661.6
Σουδα, Χανίων	35.33	24.07	139	112.7	127.7	177.7	229.4	312.2	330.0	371.4	366.0	288.0	187.3	165.5	121.7	2789.6	258.7	362.1	719.3	1067.4	640.8
Χανιά	35.3	24.02	62	112.6	127.6	176.6	228.4	318.0	355.7	393.2	368.7	279.3	186.6	165.9	116.3	2828.9	280.6	356.5	723.0	1117.6	631.8
Ρέθυμνο	35.21	24.31	7	110.8	132.3	157.0	218.0	309.0	335.0	373.1	350.2	263.7	166.1	165.8	112.9	2693.9	262.3	356.0	684.0	1058.3	595.6
Ηράκλειο	35.2	25.11	38	106.8	125.1	181.9	234.4	315.0	351.8	386.9	357.9	290.2	200.2	166.1	122.0	2838.3	280.1	353.9	731.3	1096.6	656.5
Σπεία	35.12	26.06	25	109.1	125.7	181.7	228.2	310.3	346.1	379.3	349.2	286.7	201.3	168.2	118.7	2804.5	270.2	353.5	720.2	1074.6	656.2
Τυμβάκιον	35	24.45	6	134.5	158.7	197.7	234.2	323.4	334.5	386.6	384.0	296.7	232.5	186.6	169.7	3039.1	252.1	462.9	755.3	1105.1	715.8
Ιεράπετρα	35	25.45	16	155.6	158.8	208.3	240.2	319.1	355.4	384.7	367.7	307.5	235.9	201.3	167.0	3101.5	229.1	481.4	767.6	1107.8	744.7

Σχήμα 2.14 – Τιμές Ηλιοφάνειας σε Μέρη της Ελλάδας

Πέραν από τις μετρήσεις αυτές της ηλιοφάνειας για την περιοχή της Πάτρας, ενδιαφέρον για τον προσδιορισμό παραμέτρων του συστήματος μας έχουν και οι μετρήσεις απόδοσης ενός πολυκρυσταλλικού Φ/Β στοιχείου με επιφάνεια συλλογής το 1 τετραγωνικό μέτρο.

**Μηνιαία Ηλιακή Ενέργεια για τις βέλτιστες γωνίες κλίσης  $\beta$  των Φ/Β (kWh/m<sup>2</sup>.μήνα), και βέλτιστη κλίση σε ετήσια (Ε) βάση, χειμερινή (Χ) και θερινή (Θ) περίοδο, για διάφορες περιοχές της Ελλάδας**

Κλίση $\beta$ (°)	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ε	Χ	Θ
7-14	66	82	134	151	200	212	216	201	163	121	79	66	1692	578	1144
23-33	83	96	145	150	189	195	201	196	172	140	100	86	1753	660	1102
42-52	91	100	145	141	170	173	180	181	168	146	109	96	1699	682	1013

*Σχήμα 2.15 – Μέσες Μηνιαίες Μετρήσεις Ηλιακής Ενέργειας στην Πάτρα*

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα, η κλίση του φωτοβολταϊκού στοιχείου παίζει μεγάλο ρόλο στην απόδοση του, αφού μπορεί να την επηρεάσει έως και 50%. Η σωστή κλίση του φωτοβολταϊκού σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Συνήθως επιλέγεται μια κλίση που να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην Ελλάδα, η βέλτιστη κλίση είναι γύρω στις 25-30 μοίρες. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι στο βόρειο ημισφαίριο που είναι η Ελλάδα πρέπει τα φωτοβολταϊκα πάνελ να κοιτάνε προ Νότο για μέγιστη απόδοση 100%. Όμως τις περισσότερες φορές ενδέχεται να αναγκάζομαστε να βάλουμε κάποια φωτοβολταϊκα πάνελ σε διαφορετικό προσανατολισμό για να πετύχουμε την μέγιστη εγκατεστημένη ισχύ. Στόχος είναι με τον διαφορετικό προσανατολισμό και την πιθανή διαφορετική κλίση να μην υπερβαίνει η απώλεια της απόδοσης το 10% από το ιδανικό.

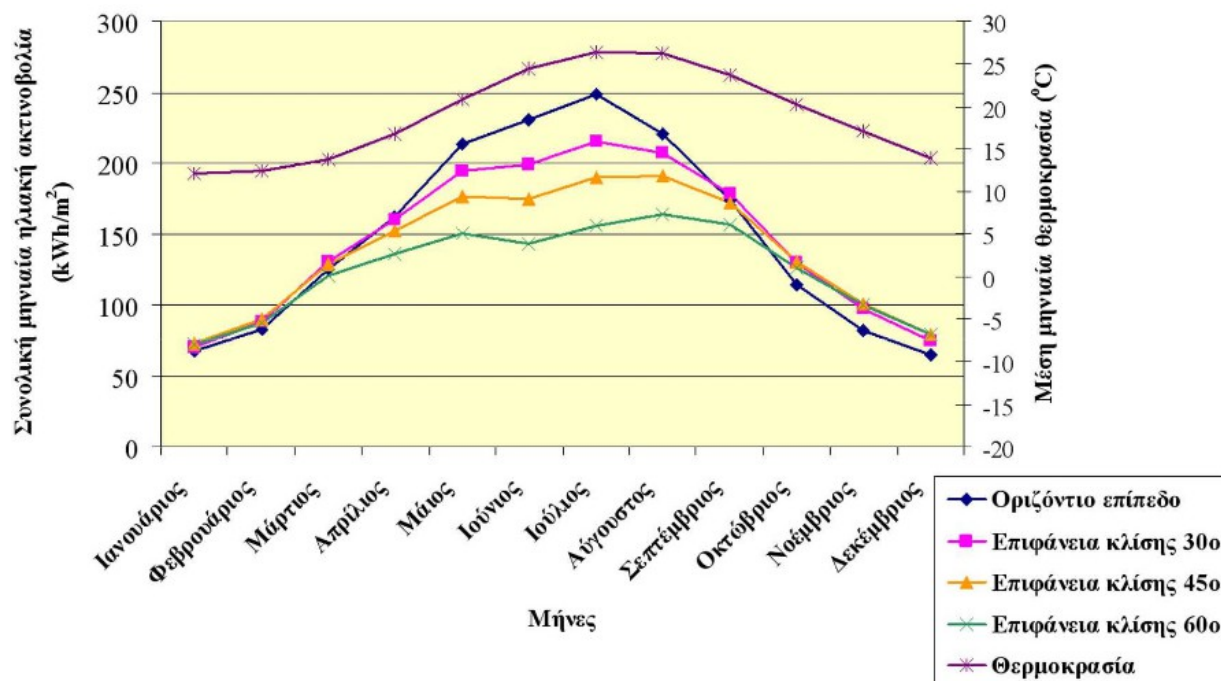
Έτσι, αν κάποια πάνελ που έχουν προσανατολισμό νοτιοανατολικό ή νοτιοδυτικό ή βορειοανατολικό η βορειοδυτικό η απώλεια στην απόδοση θα είναι περίπου 5% σε σχέση με το Νότο, δεδομένου ότι όλοι οι άλλοι παράγοντες έχουν υλοποιηθεί σωστά (π.χ. κλίση, εγκατάσταση, όχι σκιάσεις κτλ). Τα πάνελ που κοιτάζουν Ανατολικά ή Δυτικά θα έχουν χαμηλότερη απόδοση κατά 15%, ενώ αν βάλετε πάνελ στο Βορρά η απόδοση θα πέσει κατά 40%.





Σχήμα 2.16 – Σύστημα Κίνησης Φ/Β Συστήματος

Η καλύτερη λύση, πλην όμως ακριβότερη λύση τοποθέτησης, είναι η χρήση κινητής στήριξης για τα πάνελ. Ένα σύστημα φωτοβολταϊκών ηλιοστατών ενός άξονα, που τοποθετούνται εν σειρά κατά ομάδες με κοινό άξονα κίνησης, μέσω του οποίου μπορούν να παρακολουθούν τον ήλιο κατά την πορεία Ανατολή - Δύση (αζιμούθιο). Το σύστημα αυτό παρέχει μια αύξηση της παραγόμενης ισχύος της τάξεως του 20 με 30% σε σχέση με τις σταθερές βάσεις.



Σχήμα 2.17 – Απόδοση Φ/Β Συστήματος για Διαφορετικές Κλίσεις Τοποθέτησης

## Υπολογισμός φωτοβολταϊκού συστήματος εργασίας

Έχοντας σαν βάση τα όσα έχουν γραφτεί μέχρι τώρα σε προηγούμενες ενότητες, μπορούμε να προσδιορίσουμε τόσο τις παραμέτρους που ορίζουν το σύστημα, όσο και τις τιμές τους. Οι παράμετροι αυτοί θα μας βοηθήσουν να καθορίσουμε τα επιμέρους τμήματα του συστήματος, να υπολογίσουμε την θεωρητική του συμπεριφορά και κατά συνέπεια την απόδοση του.

Σύμφωνα λοιπόν με τα μέχρι τώρα στοιχεία, οι παράμετροι που καθορίζουν την απόδοση ενός οικιακού αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι: το φορτίο, η χωρητικότητα των συσσωρευτών, η ισχύς του φωτοβολταϊκού πάνελ, και η επιθυμητή αυτονομία. Με δεδομένο επίσης ότι η γεωγραφική περιοχή λειτουργίας (λήψης μετρήσεων) θα είναι σταθερή (περιοχή Πατρών), η ηλιοφάνεια θεωρείται δεδομένη σε ποσοστό σύμφωνα με ότι έχουμε περιγράψει σε προηγούμενη ενότητα. Σταθερό επίσης θα θεωρηθεί και το μέγιστο βάθος εκφόρτισης των συσσωρευτών, μιας και πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε συσσωρευτές του εμπορίου οι οποίοι προορίζονται για χρήση σε αυτοκίνητα.

Ξεκινάμε μελετώντας μια προς μια τις επιμέρους επιλογές που συνθέτουν το σύστημά μας.

### *Φορτίο*

Οι προδιαγραφές που θέσαμε σχετικά με τον τύπο του φορτίου και την απαιτούμενη κατανάλωση ήταν η κάλυψη του φωτισμού μιας ενεργειακά αυτόνομης μονάδας μικρής κλίμακας, όπως για παράδειγμα ένα τροχόσπιτο. Για να γίνει εφικτή η κάλυψη, αποφασίσαμε ότι δυο λαμπτήρες με ένταση κοντά στα 300 lumens είναι αρκετή. Οι λαμπτήρες θα έπρεπε να είναι «οικονομίας» δηλαδή όσο γίνεται χαμηλής κατανάλωσης. Αποκλείστηκαν λοιπόν οι λαμπτήρες πυρακτώσεως και αλογόνου, και στραφήκαμε είτε σε λαμπτήρες φθορισμού (CFL), είτε σε λαμπτήρες LED. Επίσης ένα χαρακτηριστικό το οποίο αξιολογήθηκε ήταν η τάση και ο τύπος της τάσης λειτουργίας.

Προκειμένου να βελτιστοποιήσουμε την απόδοση του συστήματος, μειώνοντας ταυτόχρονα τις απώλειες, αναζητήσαμε λαμπτήρες οι οποίοι θα λειτουργούν απ' ευθείας στα 12 Volt συνεχούς ρεύματος. Η τάση αυτή παράγεται απ' ευθείας από την διάταξη ενός φωτοβολταϊκού πάνελ, ενός συσσωρευτή αυτοκινήτου, και ενός ελεγκτή φόρτισης. Θελήσαμε με αυτό τον τρόπο να παρακάμψουμε την χρήση μετατροπέων από συνεχές σε εναλλασσόμενο. Μια τέτοια διαδικασία, και επιπλέον απώλειες θα εισήγαγε στο σύστημά μας, και μεγαλύτερο κόστος θα είχε.

Κοιτάξαμε στο εμπόριο, και πιο συγκεκριμένα στο διαδίκτυο, όπου και διαπιστώσαμε ότι υπήρχαν τόσο λαμπτήρες φθορισμού, όσο και λαμπτήρες LED, με τις προδιαγραφές που επιθυμούσαμε, δηλαδή τάση λειτουργίας 12 Volt με συνεχές ρεύμα, και φωτεινότητα κοντά σε αυτή που επιθυμούσαμε. Επιλέγοντας τέλος την πιο οικονομική λύση, καταλήξαμε να παραγγείλουμε 2 λαμπτήρες φθορισμού κατανάλωσης 10 Watt, τα αναλυτικά χαρακτηριστικά των οποίων φαίνονται στο παράρτημα. Το κόστος των δύο λαμπτήρων φθορισμού έφτασε τα 16 Ευρώ (μαζί με τα μεταφορικά).

Έχοντας σαν δεδομένο το φορτίο του συστήματος μας αρχίσαμε να υπολογίσουμε και τις υπόλοιπες παραμέτρους. Πιο συγκεκριμένα υπολογίσαμε την ημερήσια απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία των λαμπτήρων, κάνοντας την υπόθεση ότι η χρήση τους είναι απαραίτητη για διάστημα 8 ωρών σε καθημερινή βάση. Με βάση τα παραπάνω έχουμε:

Λαμπτήρες:  $10W + 10W = 20W$  (στα 12Volts)

Χρήση/day: 8 Hours

-----  
Κατανάλωση:  $20W * 8 = 160Whours/day$

Με βάση τα κλιματολογικά στοιχεία που είναι διαθέσιμα για την Πάτρα, στη διάρκεια ενός έτους δεν αναμένεται συνεχόμενη βαριά νέφωση (συμπεριλαμβανομένων και των ημερών βροχής) για διάστημα πέραν των δύομισι με τριών ημερών. Έχοντας σαν δεδομένο αυτό επιλέξαμε την ζητούμενη αυτονομία από το σύστημά μας μια μέση τιμή, δηλαδή μια αυτονομία 2,7 ημερών.

Έχοντας υπολογίσει νωρίτερα την ημερήσια κατανάλωση ενέργειας των λαμπτήρων και θέλοντας αυτονομία 2,7 ημέρες, μπορούμε να υπολογίσουμε την συνολική απαιτούμενη ενεργειακή αυτονομία που πρέπει να παρέχει το σύστημά μας:

Ενεργειακή Αυτονομία:  $2,7 X 160 Whours/day = 432Whours$

### *Χωρητικότητα Συσσωρευτών*

Οι προδιαγραφές που πρέπει να έχει ο συσσωρευτής προκύπτουν α) από την απαιτούμενη ενεργειακή αυτονομία που υπολογίσαμε νωρίτερα, και β) από το μέγιστο βάθος εκφόρτισης που θέλουμε να έχει ο συσσωρευτής. Όπως είδαμε στο σχετικό κεφάλαιο, οι κοινοί συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα, δεν πρέπει να πέφτουν κάτω από το 30% της πλήρους χωρητικότητάς τους, διότι σε διαφορετική περίπτωση αρχίζουν να παρουσιάζουν προβλήματα κατά την φάση φόρτισης τους, καθιστώντας πλέον αδύνατη την φόρτισή τους στο 100%.

Έχοντας τα παραπάνω ως δεδομένα, μπορούμε να υπολογίσουμε την μέγιστη παρεχόμενη ενέργεια από τον συσσωρευτή ως εξής:

$$\text{Μέγιστη Παρεχόμενη Ενέργεια: } 432\text{Whours} / 70\% \sim 600\text{Whours}$$

(το 70% προκύπτει από το 100% - 30%)

Θεωρώντας ότι η μέση τάση που παρέχει ένας συσσωρευτής είναι 12 Volts, μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγιστο ρεύμα στη μονάδα του χρόνου (1 Hour) που ζητάμε να μπορεί να μας δώσει ο συσσωρευτής:

$$\text{Μέγιστο Ρεύμα Συσσωρευτή: } 600\text{Whours} / 12\text{Volts} = 50 \text{ Ah}$$

### *Ισχύς Φωτοβολταϊκού Πάνελ*

Η ισχύς που πρέπει να έχει το φωτοβολταϊκό πάνελ, καθορίζεται κυρίως από την ενέργεια που μας ενδιαφέρει να μας αποδίδει σε επίπεδο μιας ημέρας. Έχοντας σαν δεδομένο από τις προηγούμενες παραγράφους ότι το φορτίο μας καταναλώνει 160Whours την ημέρα, και ότι η ημερήσια ηλιοφάνεια για την περιοχή Πατρών είναι κατά μέσο όρο 6,82 ώρες, μπορούμε να υπολογίσουμε τι ισχύος Φ/Β πάνελ μας καλύπτει. Αν υποθέσουμε ότι στο χειρότερο σενάριο, το σύστημά μας μένει για 2,7 ημέρες χωρίς φόρτιση (ή έστω με μικρή φόρτιση), τότε από τον συσσωρευτή θα έχει καταναλωθεί συνολική ενέργεια η οποία υπολογίζεται στην συνέχεια:

$$2,7 \text{ ημέρες} \times 160\text{Whours/day} = 432\text{Whours}$$

Αν επιθυμούμε η ενέργεια που έχει καταναλωθεί να αναπληρωθεί πλήρως μέσα στην επόμενη ηλιόλουστη ημέρα, σε τέτοια περίπτωση, το φωτοβολταϊκό στοιχείο (πάνελ) θα πρέπει να μπορεί να αποδίδει 400Whours σε διάστημα 6,82 ωρών. Με άλλα λόγια, η επιθυμητή ισχύς του πάνελ υπολογίζεται όπως στη συνέχεια:

$$432\text{Whours} / 6,82 \text{ ώρες} = 63,343 \text{ Watts} \text{ ή περίπου } 65 \text{ Watts}$$

Οι τιμή όμως αγοράς ενός τέτοιου φωτοβολταϊκού πάνελ ήταν αρκετά πάνω από τα οικονομικά μας όρια, οπότε προσπαθήσαμε να βρούμε μια πιο συμβιβαστική λύση. Προσπαθήσαμε να συνδυάσουμε το κόστος με την παρεχόμενη ισχύ. Μετά από έρευνα στο διαδίκτυο, και με διαδοχικούς υπολογισμούς της δυνατότητας φόρτισης του κάθε υποψήφιου

πάνελ, καταλήξαμε να χρησιμοποιήσουμε ένα φωτοβολταϊκό πάνελ νε ισχύ 40 Watts. Ένα τέτοιο πάνελ, και με χρήση του τύπου που είδαμε πριν λίγο, υπολογίσουμε ότι θα έχουμε την εξής ενέργεια φότισης:

$$40 \text{ Watts} \times 6,82 = 273 \text{Whours}$$

Συνεπώς, με ένα πάνελ ισχύος 40 Watts, θα έχουμε κατά μέσω όρο, μια πλήρη φόρτιση του συσσωρευτή σε;

$$432 \text{Whours/day} / 273 \text{Whours} = 1,58 \text{ μέρες}$$

Ο χρόνος αυτός (σχεδόν 1,6 μέρες) θεωρήθηκε ικανοποιητικός και αποφασίστηκε να προχωρήσουμε στη αγορά ενός πάνελ με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να συγκεντρώσουμε τους υπολογισμούς, με βάση τους τύπους που βλέπουμε στη συνέχεια.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στους υπολογισμούς θεωρούμε και ένα ποσοστό απωλειών 3% λόγω της χρήσης του ελεγκτή φόρτισης, καθώς επίσης και ένα ποσοστό απωλειών 1% λόγω τους σχετικά μεγάλου μήκους καλωδίου, που ενώνει το Φ/Β πάνελ (το οποίο βρίσκεται σε εξωτερικό, υπερωσώμενο μέρος στήριξης) με τον ελεγκτή φόρτισης.

$$\text{Λάμπες: } 10\text{W} + 10\text{W} = 20\text{W} \text{ στα } 12\text{v}$$

$$\text{Χρήση/day: } 8 \text{ Hours}$$

$$\text{Κατανάλωση: } 20\text{W} * 8 = 160 \text{Whours/day}$$

$$\text{Μπαταρία: } 50\text{Ah} / 12\text{V}$$

$$\text{Παροχή: } 50\text{Ah} * 12\text{v} = 600 \text{Whours}$$

$$\text{Μέγιστη Εκφόρτιση: } 30\%$$

$$\text{Παροχή: } 600 \text{whours} * 70\% = 420 \text{whours}$$

$$\text{Αυτονομία. περίπου } 420/160 = 2.7 \text{ μέρες (8ωρα)}$$

$$\text{Φ/Β Πάνελ: } 40\text{w} / 12\text{v}$$

$$\text{Απώλειες Φορτιστή: } 3\%$$

$$\text{Απώλειες Καλωδίων: } 1\%$$

$$\text{Μέση ηλιοφάνεια: } 6,82 \text{hours (περιοχή Πατρών)}$$

$$\text{Παροχή: } 40\text{w} * 0,96 * 6,82 \text{hours} = 262 \text{Whours}$$

$$\text{Πλήρης φόρτιση σε περίπου } 1.6 \text{ μέρες (6,82ωρα)}$$

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, ξεκινήσαμε την συλλογή των επιμέρους υλικών, τα οποία αγοράστηκαν μέσω διαδικτύου, από την Κίνα (λάμπες και ελεγκτής φόρτισης) και από Γερμανία το φωτοβολταϊκό πάνελ.

## **Αναμενόμενα αποτελέσματα**

Από την θεωρητική προσέγγιση της προηγούμενης παραγράφου, προκύπτει ότι το σύστημά μας, κατά την περίοδο των καλοκαιρινών ημερών, όπου η ημερήσια ηλιοφάνεια είναι υπέρ αρκετή, θα επιτυγχάνει πλήρη φόρτιση σε καθημερινή βάση.

Αντίθετα, αν υπάρξουν 3 συνεχόμενες ημέρες με βαριά νέφωση (π.χ. βροχή) το σύστημά μας θα φτάσει τα όρια τη εκφόρτισης που έχουμε θέσει, και σε αυτή την περίπτωση δυο πράγματα αναμένεται να συμβούν:

- τις επόμενες 2 ημέρες, ή το πολύ τις προσεχείς επιπλέον μέρες, θα μπορέσει το σύστημα να φορτίσει πάλι πλήρως, με δεδομένο ότι θα έχει ολική ή τμηματική ηλιοφάνεια κατά την διάρκεια των ημερών αυτών
- η νέφωση είναι παρατεταμένη, οπότε και το σύστημά μας θα περάσει κάτω από τα όρια του επιθυμητού βάθους εκφόρτισης, βάζοντας σε κίνδυνο την «υγεία» του συσσωρευτή. Στην ακραία περίπτωση μάλιστα όπου η νέφωση συνεχιστεί, τότε το σύστημά μας δεν θα μπορέσει να μας παρέχει καθόλου ενέργεια για την λειτουργία των λαμπτήρων.

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ / ΔΕΔΟΜΕΝΑ

### Παρουσίαση πειραματικής διάταξης

Η πειραματική διάταξη της εργασίας αυτής αποτελείται από τα εξής επιμέρους στοιχεία:

#### Φ/Β στοιχείο

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε είναι κατασκευασμένο από υλικό πυριτίου πολυκρυσταλλικής δομής, και παρέχει ονομαστική ισχύ 40 watt. Έχει διαστάσεις μήκος 61 εκ, πλάτος 51 εκ, και πάχος μόλις 2,5 εκ. Εδράζεται σε αλουμινένιο πλαίσιο και η κύρια χρήση τους είναι σε ναυτιλιακές εφαρμογές, δηλαδή παροχή ενέργειας για φόρτιση συσσωρευτών σε μικρά ιστιοπλοϊκά σκάφη. Ζυγίζει περίπου 5 κιλά, και για την σύνδεση με το ηλεκτρικό κύκλωμα είναι εφοδιασμένο με συνδετήρες τύπου MC4.

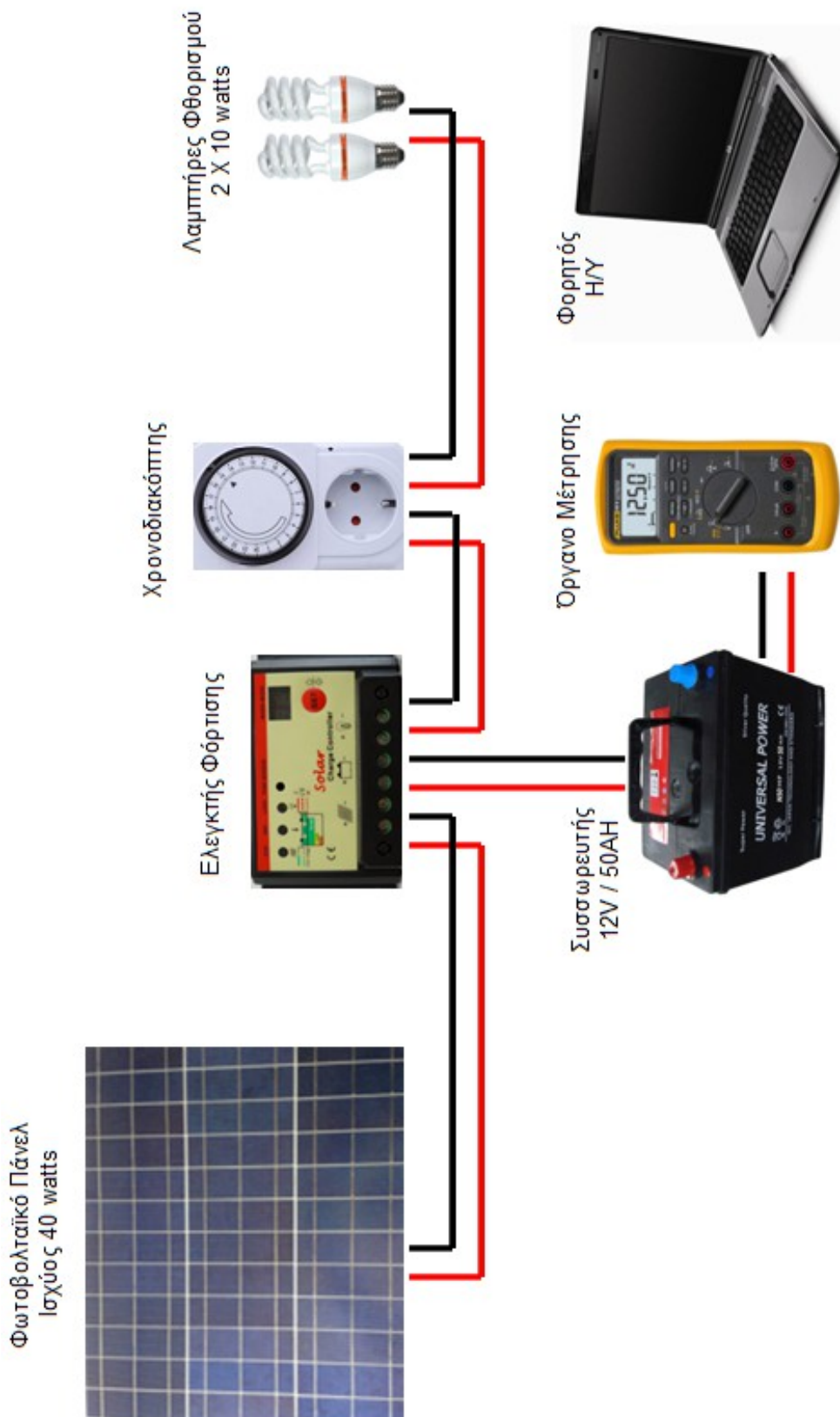


Σχήμα 3.1 – Συνδετήρες Τύπου MC4

Στην τοπική αγορά, οι συνδετήρες αυτοί είναι δύσκολο να βρεθούν, και για αυτό προτιμήσαμε να κολλήσουμε (με ηλεκτρικό κολλητήρι) απ' ευθείας το καλώδιο στο σημείο επαφής τους με το φωτοβολταϊκό στοιχείο.



Σχήμα 3.2 – Σύνδεση με το Φ/Β Στοιχείο



Σχήμα 3.3 – Πειραματική Διάταξη του Φ/Β Συστήματος της Εργασίας

### *Ελεγκτή φόρτισης*

Ο ελεγκτής φόρτισης διαθέτει τρεις θύρες σύνδεσης. Μια για σύνδεση με το φωτοβολταϊκό πάνελ, μια για σύνδεση με τον συσσωρευτή, και μια για σύνδεση με το φορτίο (λαμπτήρες φθορισμού χαμηλής κατανάλωσης).

Ο ελεγκτής φόρτισης στηρίζει την λειτουργία τους σε ηλεκτρονικό κύκλωμα βασισμένο σε μικροελεγκτή. Η λειτουργία φόρτισης που παρέχει προς τον συσσωρευτή είναι υψηλής ακρίβειας, και για αυτό το λόγο χρησιμοποιεί τεχνική διαμόρφωσης πλάτους παλμού (PWM). Διαθέτει επίσης λυχνίες τύπου LED για να δείχνει την κατάσταση λειτουργίας του. Διαθέτει επίσης κυκλώματα προστασίας από βραχυκύκλωμα, αντιστροφή πολικότητας, αντίστροφου ρεύματος, και υπερφόρτισης.

Μπορεί να λειτουργήσει τόσο με Φ/Β πάνελ 12 Volts, όσο και με πάνελ 24 Volts, και να διαχειριστεί ρεύμα εντάσεων έως 10 Amp. Για όλες αυτές τις λειτουργίες καταναλώνει μόλις 6 mA.

### *Φορτίο Κατανάλωσης*

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το φορτίο της πειραματικής διάταξης της εργασίας αποτελείται από δυο λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης τύπου φθορισμού. Οι λαμπτήρες αυτοί χρησιμοποιούν και είναι μόνο κατάλληλοι για τάση 12 Volts συνεχούς ρεύματος. Η κατανάλωση τους είναι 10 watts, και αποδίδουν φωτεινότητα 200 lumens. Η φωτεινότητα αυτή ισοδυναμεί με το φως που βγάζει μια λάμπα πυρακτώσεως με κατανάλωση 35 watts.

Οι λαμπτήρες παράγουν λευκό ψυχρό φως, θερμοκρασίας σιδήρου 6400 βαθμών Kelvin. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή τους, η διάρκεια ζωής ανέρχεται σε 8000 ώρες. Για την σύνδεση τους με το ηλεκτρικό κύκλωμα, διαθέτουν την τυποποιημένη και ευρύτερα διαδεδομένη βάση τύπου E27 (βιδωτή). Προσοχή χρειάζεται στην πολικότητα, όπου ο θετικός πόλος αποτελεί το κεντρικό σημείο επαφής στο κάτω μέρος του λαμπτήρα, με την περιφερειακή σπείρα να είναι ο αρνητικός πόλος.



*Σχήμα 3.4 – Βάση Λαμπτήρων Τύπου E27 με Πολικότητα*

### *Συσσωρευτής*

Ο συσσωρευτής της πειραματικής διάταξης της εργασίας είναι μια κοινή μπαταρία για χρήση σε αυτοκίνητο, κλειστού τύπου. Σύμφωνα με τη θεωρητική ανάλυση των προηγούμενων κεφαλαίων, η παροχή ρεύματος που απαιτείται είναι 50 Ahours. Όπως επίσης



έχει αναφερθεί, δεν είναι ο ιδανικός τύπος για αυτόνομα συστήματα φωτοβολταϊκών μιας και δεν επιτρέπει βαθιές εκφορτίσεις (κάτω από το 30% της ονομαστικής της χωρητικότητας), όμως αποτελεί οικονομική λύση και την βρίσκει κανείς παντού για να την αγοράσει.

### *Όργανο μέτρησης*

Σαν όργανο μέτρησης χρησιμοποιήθηκε ένα ψηφιακό πολύμετρο. Το πολύμετρο είναι ένα πολύ-όργανο μέτρησης ηλεκτρικών ποσοτήτων, όπως για παράδειγμα της τάσης, της έντασης, την ωμικής αντίστασης, και σε αρκετές περιπτώσεις της χωρητικότητας πυκνωτών και επαγωγών πηνίων. Συνήθως είναι φορητές συσκευές και μπορεί να κοστίζουν από μερικές δεκάδες Ευρώ, έως και χιλιάδες Ευρώ για πιστοποιημένα πολύμετρα εργαστηριακής χρήσης.

Το πολύμετρο που χρησιμοποιήσαμε, παρέχει ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού στην μέτρηση της τάσης συνεχούς. Όπως θα πούμε και στη συνέχεια, η ακριβής μέτρηση της τάσης στους πόλους του συσσωρευτή, μας δίνει ασφαλή ένδειξη για την κατάσταση φόρτισής του.

Για την περίπτωση μας, το πολύμετρο χρησιμοποιήθηκε σαν βολτόμετρο στην κλίμακα με μέγιστη μέτρηση τα 20 Volts, όντας συνδεδεμένο παράλληλα στους πόλους της μπαταρίας. Όπως είναι γνωστό για την μέτρηση της τάσης, ένα όργανο πρέπει να συνδεθεί παράλληλα και να εμφανίζει όσο μεγαλύτερη ωμική αντίσταση γίνεται (τάξης μερικών δεκάδων MOhms).

### *Χρονοδιακόπτης*

Προκειμένου να διασφαλίσουμε την δάωρη λειτουργία των λαμπτήρων σε καθημερινή βάση, χρησιμοποιήθηκε ένας μηχανικός χρονοδιακόπτης.



*Σχήμα 3.5 – Μηχανικός Χρονοδιακόπτης*

Ένας μηχανικός χρονοδιακόπτης έχει συνήθως ανάλυση σε βήματα των 15 λεπτών, και μπορεί κανείς με εύκολο τρόπο να επιλέξει την επιθυμητή κατάσταση (ανοικτός ή κλειστός) με ένα απλό πάτημα στο αντίστοιχο «δόντι» του 15λεπτοτυ που επιθυμεί. Στη δική μας

εφαρμογή, ο χρονοδιακόπτης ρυθμίστηκε να «ανοίγει» στις 22:00 και να κλείνει στις 06:00, σε καθημερινή βάση, και για όλη την διάρκεια των μετρήσεων. Να σημειωθεί ότι ο χρονοδιακόπτης τροποποιήθηκε εσωτερικά ώστε να δουλεύει για τάση 12 volt.

### *Φορητός Υπολογιστής*

Για να μπορέσουμε να πάρουμε τις τιμές μέτρησης που έδειχνε το πολύμετρο κάθε δεδομένη στιγμή, χρησιμοποιήσαμε την κάμερα ενός φορητού υπολογιστή. Ο φορητός υπολογιστής τοποθετήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε η ενσωματωμένη κάμερα να στοχεύει την οθόνη του πολυμέτρου. Ο υπολογιστής ήταν πάντα συνδεδεμένος στο ρεύμα, και είχαμε απενεργοποιημένη την κατάσταση εξοικονόμησης ενέργειας.



*Σχήμα 3.6 – Φορητός Υπολογιστής με Ενσωματωμένη Κάμερα*

Όπως αναφέρουμε και στη συνέχεια, ο υπολογιστής εκτελούσε την εφαρμογή περιοδικής λήψης φωτογραφιών, από τις οποίες φωτογραφίες μια φορά την ημέρα, ή και κάθε δυο μέρες, παίρναμε τις μετρήσεις κοιτώντας τις λήψεις. Οι λήψεις αποθηκευόταν με τέτοιο όνομα αρχείο ώστε να αποθηκεύεται η ημερομηνία και η ώρα της κάθε λήψης.

Στο μέρος όπου ήταν ο φορητός υπολογιστής και το πολύμετρο λειτουργούσε πάντα ένα φως (χαμηλής κατανάλωσης) προκειμένου οι λήψεις να είναι ευκρινείς. Με όλα τα παραπάνω, εξασφαλίσαμε την συνεχόμενη και απρόσκοπτη λήψη φωτογραφιών, και κατ' επέκταση μετρήσεων.

Για τις επιμέρους συνδέσεις, σε όλες τις περιπτώσεις είχαμε πολύκλωνο καλώδιο (εύκαμπτο) 3 X 0,75, από το οποίο χρησιμοποιήσαμε τους 2 αγωγούς. Η διατομή του καλωδίου αν και λίγο μεγάλη συγκρινόμενη με την ένταση των ρευμάτων της πειραματικής διάταξης, επιλέχθηκε ώστε να μειώσουμε τις απώλειες στο ελάχιστο δυνατό.



Σχήμα 3.7 – Ελεγκτής Φόρτισης και Καταναλώσεις την Περίοδο των Μετρήσεων

### Διαδικασία λήψεις μετρήσεων

Σύμφωνα με την διαδικασία αξιολόγησης της απόδοσης του συστήματος Φ/Β που κατασκευάσαμε, θα έπρεπε να λαμβάνονται μετρήσεις της τάσης στους πόλους της μπαταρίας, κάθε μια ώρα. Οι μετρήσεις αυτές θα έπρεπε να λαμβάνονται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας (24 ώρες), για όλο το χρονικό διάστημα που θα διαρκούσε η αξιολόγηση.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στην προηγούμενη ενότητα, οι μετρήσεις αφορούν την τάση στους πόλους της μπαταρίας. Από την βιβλιογραφία βρήκαμε ότι η εκάστοτε τιμή της τάσης αυτής (στους πόλους), βρίσκεται σε συνάρτηση με τον βαθμό φόρτισης (ή εκφόρτισης) ενός συσσωρευτή.

Πιο συγκεκριμένα, από τον σχεδιασμό και την κατασκευή της κάθε μπαταρία εσωτερικά της απαρτίζεται από επιμέρους στοιχεία (μονάδες) φόρτισης. Το κάθε στοιχείο ενός συσσωρευτή παρέχει μέση τάση περίπου 2 Volts. Δηλαδή μια μπαταρία που έχει σχεδιαστεί να παράγει 12Volts (που είναι και η πιο συνηθισμένη τιμή τάσης), περιέχει 6 τέτοια στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους στη σειρά. Μπορούμε λοιπόν να θεωρήσουμε ότι ισχύει ο τύπος:

$$6 \text{ (στοιχεία)} * 2 \text{ Volts} = 12 \text{ Volts.}$$

Κάθε πλήρως φορτισμένο στοιχείο μιας μπαταρίας έχει τάση 2,15 Volts. Όταν αποφορτίζετε τελείως φτάνει τα 1,9 Volts. Αυτό σημαίνει ότι μια πλήρως φορτισμένη 12V μπαταρία θα πρέπει να δείχνει 12,9 Volts και μια άδεια, 11,4 Volts. Συνολικά, η διαφορά δυναμικού θα κυμαίνεται από  $2,15 * 6 = 12,9\text{Volts}$  στην πλήρη φόρτιση, έως  $1,9 * 6 = 11,4\text{Volts}$  οπότε και η μπαταρία χαρακτηρίζεται αφόρτιστη.

Μπορούνε λοιπόν με ένα βολτόμετρο (πολύμετρο) εύκολα να μετρήσουμε την τάση, και με βάση τα παραπάνω να υπολογίσουμε το φορτίο ενός συσσωρευτή με τον παρακάτω μαθηματικό τύπο:

$$Y = (X - 11,4) / 1.5 * 100$$

Όπου:

X = Ένδειξη Volt κατά τη μέτρηση της μπαταρίας.

Y = Πόσο επί της εκατό (%) φορτισμένη είναι η μπαταρία μας.

Έτσι λοιπόν μετρώντας την τάση στους πόλους, και κάνοντας χρήση του παραπάνω τύπου, έχουμε το βαθμό φόρτισης του συσσωρευτή.

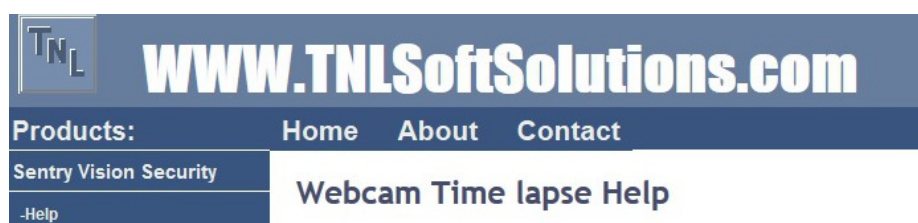
Στην δική μας πειραματική διάταξη, ο σχεδιασμός προέβλεπε ότι οι μετρήσεις θα λαμβάνονται κάθε μια ώρα, καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας (24 ώρες), και για όλο το χρονικό διάστημα που θα διαρκούσε η αξιολόγηση του συστήματος.

Για να γίνει αυτό εφικτό, θα έπρεπε να αυτοματοποιήσουμε την διαδικασία λήψης των μετρήσεων, μιας και δεν θα μπορούσαμε να καταγράφουμε με χειροκίνητο τρόπο τις τιμές της τάσης του συσσωρευτή. Η αυτοματοποίηση προέβλεπε την εξεύρεση τρόπου λήψης της τάσης και καταγραφής αυτής, μαζί με τη ώρα και την ημέρα που έγινε. Ένας καταγραφέας θα μπορούσε να προσφέρει την λύση που χρειαζόμαστε, πλην όμως ήταν πολύ ακριβώς. Προσπαθήσαμε να βρούμε κάποιο εναλλακτικό τρόπο να το επιτύχουμε. Σκεφτήκαμε λοιπόν την λύση να χρησιμοποιήσουμε μια κάμερα (φωτογραφική) η οποία θα έβγαζε φωτογραφία την τιμή που θα έδειχνε το όργανο μέτρησης (πολύμετρο), και στη συνέχεια η φωτογραφία θα αποθηκευόταν σε ψηφιακή μορφή, μαζί με την πληροφορία της στιγμής (ώρα, μέρα) που τραβήχτηκε.

Η πιο δόκιμη λύση σε μια τέτοια ιδέα ήταν να χρησιμοποιηθεί ένα φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής ο οποίος θα διέθετε ενσωματωμένη κάμερα (web camera), και με την χρήση κατάλληλου λογισμικού, θα έπαιρνε τις λήψεις που χρειαζόμαστε, στο χρονικό διάστημα για το οποίο τις χρειαζόμαστε.

Ο φορητός υπολογιστής υπήρχε, και μετά από ψάξιμο στο διαδίκτυο, βρήκαμε αρκετές εφαρμογές λογισμικού, και μάλιστα δωρεάν, οι οποίες μπορούσαν να λαμβάνουν φωτογραφίες από την ενσωματωμένη κάμερα του φορητού, σε χρονικά διαστήματα που επιθυμούσαμε. Οι εφαρμογές αυτές παρείχαν επίσης την δυνατότητα αποθήκευσης του κάθε στιγμιότυπου σε ξεχωριστό αρχείο της μορφής JPEG, το όνομα του φτιαχνόταν κάθε φορά από την τρέχουσα ημερομηνία και ώρα.

Ανάμεσα σε μερικές που εγκαταστήσαμε και αξιολογήσαμε, τελικά η εφαρμογή που επιλέξαμε ήταν η "Webcam Timelapse" της εταιρείας κατασκευής λογισμικού TNL Soft Solutions.



Σχήμα 3.8 – Οίκος της Εφαρμογής Συλλογής Φωτογραφιών

Η εφαρμογή αυτή προσέφερε όλα όσα χρειαζόμασταν, και το κυριότερο, ήταν δωρεάν. Παρείχε δηλαδή την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε την ενσωματωμένη κάμερα του φορητού, να ορίσουμε το διάστημα που θα πραγματοποιούταν η κάθε λήψη (κάθε μια

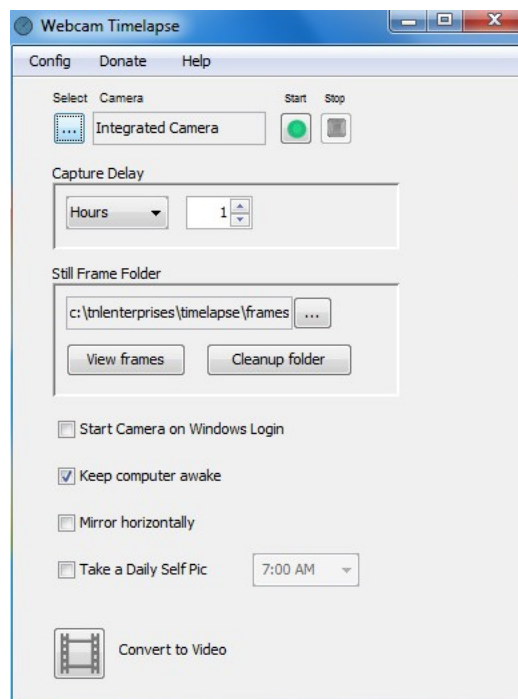
ώρα), και τέλος αποθήκευσε τις λήψεις σε αρχείο του οποίου το όνομα έδινε πληροφορίες για την ημερομηνία και την ώρα που έγινε.



Σχήμα 3.9 – Δείγμα Λήψης με την Εφαρμογή Συλλογής Φωτογραφιών

Στη προηγούμενη φωτογραφία εμφανίζεται ένα στιγμιότυπο σαν και αυτά που πήραμε κατά τη διάρκεια της περιόδου των μετρήσεων, το οποίο απεικονίζει το όργανο μέτρησης να μετράει την τάση στους πόλους του συσσωρευτή.

Μια χαρακτηριστική εικόνα της οθόνης της εν λόγω εφαρμογής, είναι αυτή που φαίνεται στη συνέχεια.



Σχήμα 3.10 – Στιγμιότυπο της Εφαρμογής Συλλογής Φωτογραφιών

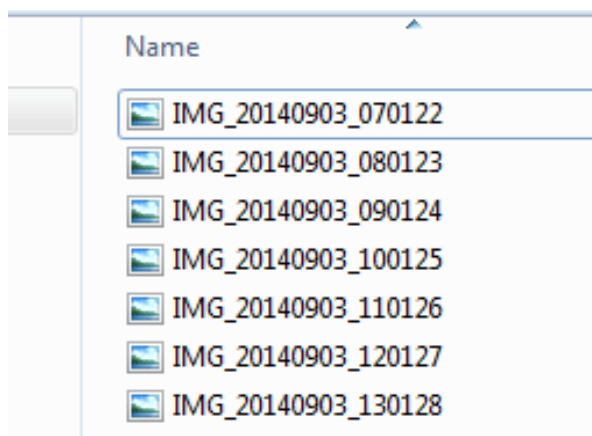
Από το στιγμιότυπο αυτό, φαίνονται οι απλές, πλην όμως αρκετές για την δουλειά που το θέλαμε, ρυθμίσεις που μας παρέχει η εφαρμογή.

### **Διαδικασία ανάλυσης μετρήσεων**

Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα το διάστημα από 11 Αυγούστου 2014 έως και 24 Σεπτεμβρίου 2014. Το διάστημα αυτό, οι κλιματολογικές συνθήκες ήταν γενικά ευνοϊκές, με αποτέλεσμα το υπό δοκιμή σύστημα να παρέχει σε κάθε περίπτωση την προβλεπόμενη ισχύ.

Όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι μετρήσεις γινόταν με ρυθμό μια κάθε 1 ώρα, και για όλο το 24ωρο. Το φορτίο των δύο λαμπτήρων LED, καταναλώνει ισχύ για διάστημα 8 ωρών κάθε βράδυ. Οι λάμπες ανάβανε λίγο μετά τις 10 το βράδυ, και παραμένανε αναμμένες μέχρι της 6 το πρωί.

Κάθε περίπου 1 ή 2 μέρες, ανοίγαμε τα σχετικά αρχεία των λήψεων, βλέπαμε την τιμή, και καταγράφαμε σε φύλλο στο Excel τις μετρήσεις της τάσης, όπως αυτές προέκυπταν από την ανάλυση των φωτογραφιών.



*Σχήμα 3.11 – Δομή Φακέλου Αρχείων Λήψεων*

Όλες οι μετρήσεις υπάρχουν αναλυτικά στο παράρτημα I.

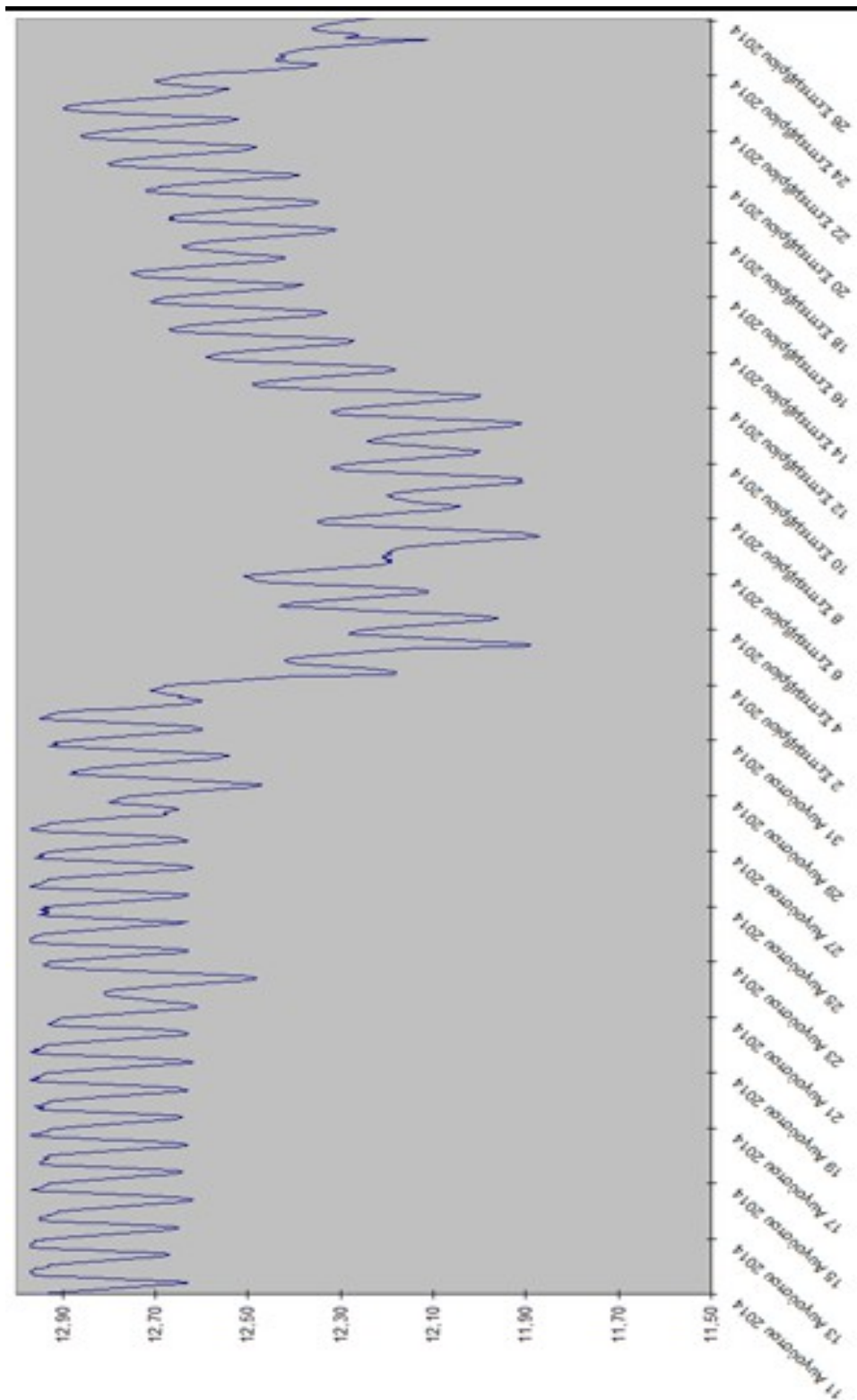
Χρησιμοποιώντας τις τιμές που συλλέξαμε, και με χρήση της εφαρμογής Excel, παράγαμε μερικά χαρακτηριστικά διαγράμματα που απεικονίζουν την στατιστική ανάλυση των μετρήσεων.

Στο πρώτο διάγραμμα (σχ. 3.12) απεικονίζεται η διακύμανση της τάσης του συσσωρευτή, καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων. Σύμφωνα με το διάγραμμα, στις μέρες με καλή ηλιοφάνεια, ο συσσωρευτής ανακτά πλήρως τα μέγιστα επίπεδα φόρτισης σε λίγες ώρες. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μέρες όπου τα επίπεδα ηλιοφάνειας είναι χαμηλά. Στις περιπτώσεις αυτές, ενώ η πληρότητα πέφτει με τον ίδιο τρόπο τις ώρες που τροφοδοτούμε την κατανάλωση, στις ώρες όπου αναμένουμε αύξηση της φόρτισης, αυτό δεν επιτυγχάνεται, με αποτέλεσμα την επόμενη μέρα την ίδια ώρα, η πληρότητα να βρίσκεται σε ακομη χαμηλότερα επίπεδα.

Στο δεύτερο διάγραμμα (σχ. 3.13) απεικονίζεται η διακύμανση της πληρότητας του συσσωρευτή, καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων. Η διακύμανση αυτή ακολουθεί την



διακύμανση της τάσης του προηγούμενου διαγράμματος, και συμφωνεί με την θεωρητική προσέγγιση που έχουμε αναπτύξει σε προηγούμενα κεφάλαια.



Σχήμα 3.12 – Διακύμανση Τάσης Συσσωρευτή στο Διάστημα των Μετρήσεων

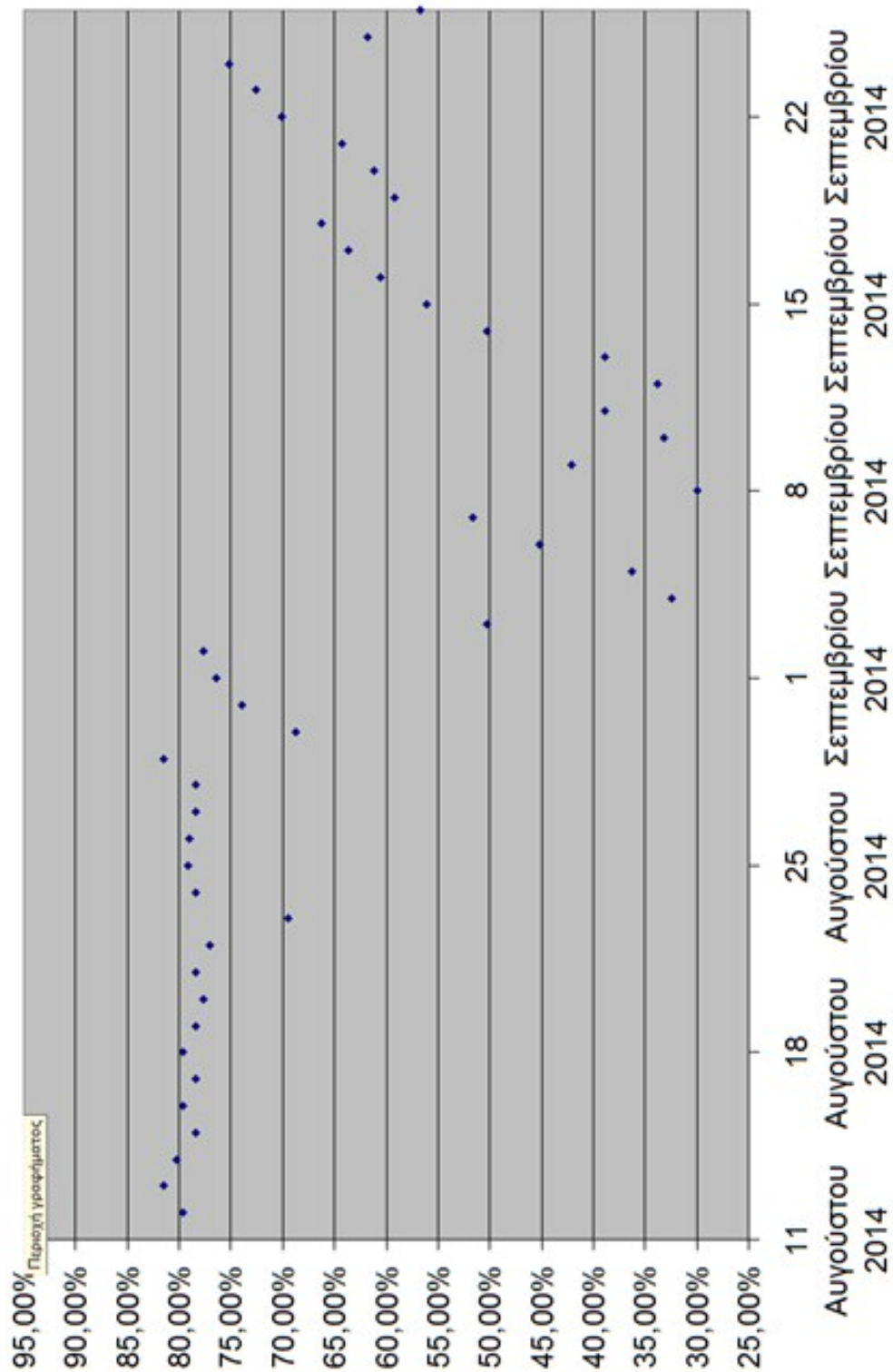




Σχήμα 3.13 – Πληρότητα Συσσωρευτή στο Διάστημα των Μετρήσεων

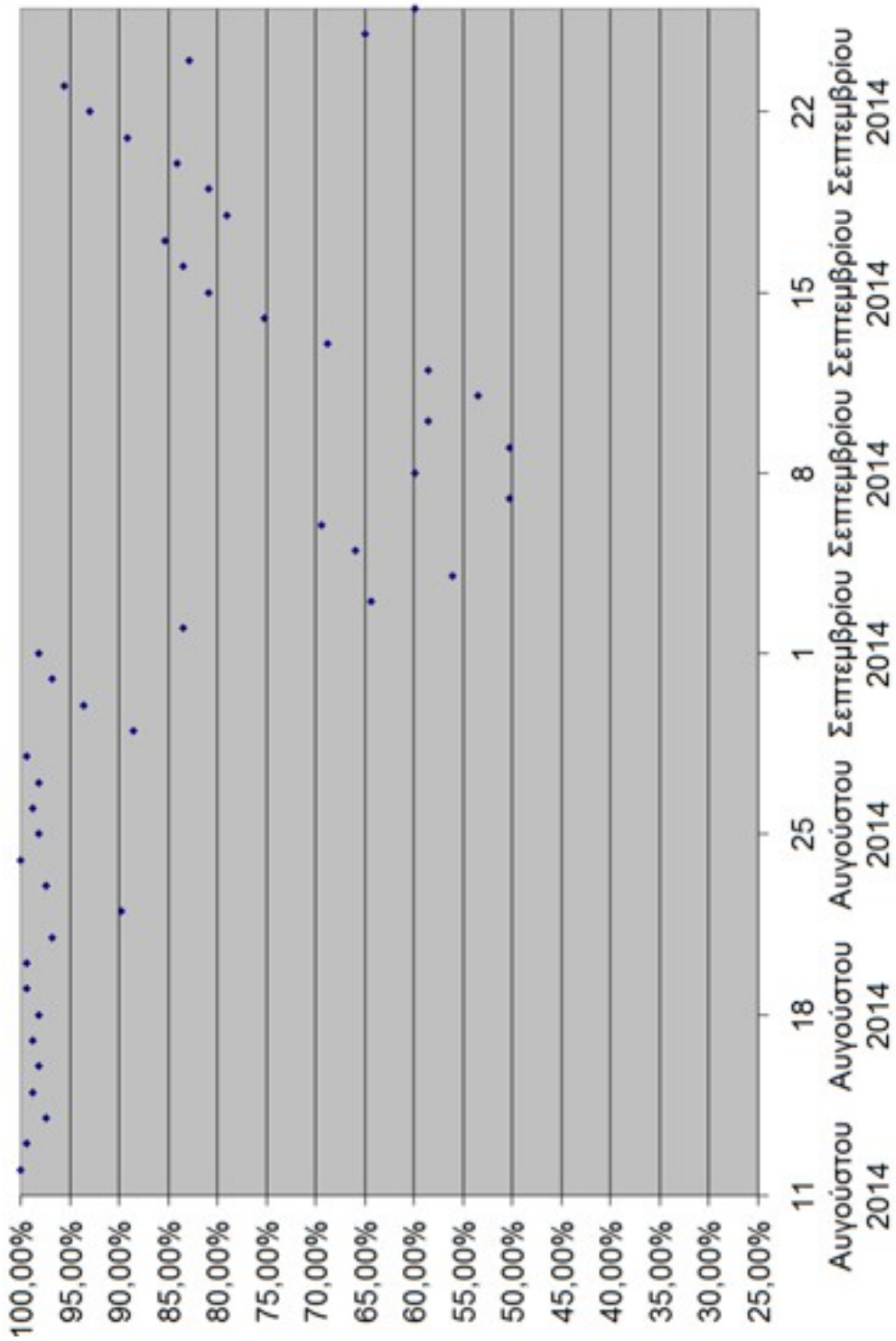
Χαρακτηριστικό είναι το διήμερο 23 και 24 Αυγούστου όπου η συννεφιά δεν επέτρεψε αρκετή φόρτιση κατά την διάρκεια της ημέρας με αποτέλεσμα τις ώρες κατανάλωσης η πληρότητα να υποχωρήσει στο ~ 69%, αλλά την επόμενη ημέρα να επανέλθει (σχεδόν) σε επίπεδα πλήρους φόρτισης.

Στο διάγραμμα του σχήματος 3.14 απεικονίζεται η διακύμανση των ελάχιστων ποσοστών πληρότητας για κάθε μέρα, σε όλη τη διάρκεια των δοκιμών. Σύμφωνα με αυτό, μετά από 3 μέρες με περιορισμένη, αν όχι καθόλου, ηλιοφάνεια, την 8<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου, τα επίπεδα φόρτισης έφτασαν στο θεωρητικό ελάχιστο για το σύστημά μας, το 30%.



Σχήμα 3.14 – Ελάχιστα Ποσοστά Πληρότητα

Στο διάγραμμα τέλος του σχήματος 3.15 απεικονίζεται η διακύμανση των μέγιστων ποσοστών πληρότητας για κάθε μέρα, σε όλη τη διάρκεια των δοκιμών. Σύμφωνα με αυτό, στο διάστημα από 28 έως και 30 Αυγούστου μετά από 2 μέρες με περιορισμένη, αν όχι καθόλου, ηλιοφάνεια, και με την 30<sup>η</sup> να είναι μέρα πλήρους ηλιοφάνειας, ο συσσωρευτής ανέκτησε πάλι τα μέγιστα σχεδόν επίπεδα φόρτισης.



Σχήμα 3.15 – Μέγιστα Ποσοστά Πληρότητα

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

### *Ανακεφαλαίωση εργασίας*

Η παρούσα πτυχιακή εργασία είχε σαν στόχο την μελέτη, σχεδίαση και ανάπτυξη φωτοβολταϊκής διάταξης τροφοδοσίας οικιακού φωτισμού. Η σχεδίαση περιλάμβανε την τεχνική μελέτη ενός αυτόνομου συστήματος φωτισμού για οικιακή χρήση. Πέραν από την θεωρητική μελέτη, η εργασία περιλάμβανε επίσης την κατασκευή του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος, με ταυτόχρονη λήψη μετρήσεων για διάστημα 45 ημερών, της κατανάλωσης και της αυτονομίας, σε πραγματικές συνθήκες.

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάστηκε η θεωρία πίσω από το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, και μια ιστορική διαδρομή με τα κυριότερα σημεία σταθμούς στην εξέλιξή της. Παρουσιάστηκε επίσης η εξέλιξη στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων, και δόθηκαν επίσης παραδείγματα τέτοιων συστημάτων. Παρουσιάστηκε επίσης αναλυτικά η μελέτη, η σχεδίαση και η περιγραφή του συστήματος που τελικά κατασκευάστηκε. Παρουσιάστηκε επίσης η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε, η μεθοδολογία λήψης και οι μετρήσεις που έγιναν στο σύστημα. Τέλος παρουσιάστηκε η ανάλυση των μετρήσεων με την κατασκευή διαγραμμάτων, από τα οποία πιστοποιήθηκε η θεωρητική προσέγγιση που έγινε στο θέμα, καθώς και η ορθότητα των επιλογών αναφορικά με τις παραμέτρους που επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος.

### *Γνώση που αποκτήθηκε*

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία μας δόθηκε η ευκαιρία να ασχοληθούμε διεξοδικά με την τεχνολογία παραγωγής και χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενη από ένα οικιακό φωτοβολταϊκό σύστημα. Μάθαμε βασικά στοιχεία την τεχνολογίας, αλλά και εμβαθύναμε σε καίρια σημεία αυτής, όπως ο υπολογισμός της απόδοσης ενός συστήματος, και οι παράμετροι που επηρεάζουν την απόδοση αυτή σε ένα πραγματικό σύστημα.

Ασχοληθήκαμε με την επιλογή των δόκιμων εξαρτημάτων και των υλικών, καθώς επίσης και με την αγορά αυτών σε προσιτές τιμές από το διαδίκτυο. Η συναρμολόγηση, και γενικότερα το στήσιμο του πρότυπου συστήματος μας βοήθησε να δούμε από κοντά, και πάντα σε πραγματικές συνθήκες, τον τρόπο λειτουργίας των εξαρτημάτων, προβληματιζόμενοι αρκετές φορές με τις ιδιαιτερότητες τους, Χρειάστηκε να διαβάσουμε αναλυτικά τις οδηγίες χρήσης τους, αλλά και να σκεφτούμε δικούς μας τρόπους σύνδεσης.

Ειδικότερα, για την διαδικασία των μετρήσεων χρειάστηκε να ανακαλύψουμε ένα δικό μας έξυπνο και οικονομικό τρόπο λήψης τους, προκειμένου να αποφύγουμε την αγορά ακριβών καταγραφών τάσης από το εμπόριο.

Οι μετρήσεις τέλος, οι οποίες επιβεβαίωσαν την θεωρία, μας προσέδωσαν ένα επιπλέον αίσθημα ικανοποίησης σχετικά με το επίπεδο των γνώσεών μας, ως απόρροια της ενασχόλησής μας με το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο.

## ***Συμπεράσματα/Μελλοντική Δουλειά***

Με την ολοκλήρωση των μετρήσεων και την στατιστική τους επεξεργασία, καταλήξαμε σε κάποια ενδιαφέροντα αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάσαμε αναλυτικά σε προηγούμενες ενότητες, και εδώ αναφέρουμε τα κυριότερα σημεία.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα του οποίου την απόδοση αρχικά υπολογίσαμε, και στη συνέχεια κατασκευάσαμε, απέδωσε σύμφωνα με τις θεωρητικές μας προβλέψεις. Για όλο το διάστημα των δοκιμών (45 ημέρες) οι μετρήσεις που λάβαμε έδειξαν ότι ακόμη και στο σημείο όπου για 2 και πλέον συνεχόμενες ημέρες η ηλιοφάνεια δεν αρκούσε (βαριά συννεφιά) να φορτίσει επαρκώς τους συσσωρευτές, το σύστημα έφτασε στο ελάχιστο προβλεπόμενο σημείο εκφόρτισης του 30%.

Μπορούμε λοιπόν να πούμε με ασφάλεια, μιας και τόσο οι υπολογισμοί, όσο και οι μετρήσεις το απέδειξαν, ότι κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες εξασφαλίζεται αυτονομία σε μια οικιακή κατανάλωση μικρής κλίμακας σαν αυτή που δοκιμάστηκε. Μπορούμε μάλιστα μεταβάλλοντας κάποιες από τις παραμέτρους, να υπολογίσουμε την συμπεριφορά ενός μεγαλύτερης διάστασης αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος. Αν δηλαδή ζητηθεί να εξυπηρετήσουμε μεγαλύτερη κατανάλωση φορτίου, μπορούμε να υπολογίσουμε ανάλογα την χωρητικότητα των συσσωρευτών και την ισχύ του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Σας μελλοντική συνέχεια της εργασία μας, θα μπορούσε μια ομάδα σπουδαστών να επαναλάβει την διαδικασία μετρήσεων που περιγράψαμε, αλλά σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, καλύπτοντας και άλλες εποχές του χρόνου. Επιπλέον, αν αυτό είναι εφικτό, στην διάρκεια μιας ολόκληρης χρονιάς. Σε μια τέτοια περίπτωση, θα φαινόταν πιο καθαρά αν η αρχική υπόθεση ότι για την περιοχή των Πατρών όπου και έγιναν οι υπολογισμοί και οι μετρήσεις, είναι σπάνιο να έχουμε πάνω από 3 συνεχόμενες ημέρες με βαριά συννεφιά, οπότε και θα χρειαζόταν να «ενισχύσουμε» κάποιες από τις παραμέτρους του συστήματος, είτε αυτές πρόκειται για την χωρητικότητα των συσσωρευτών, είτε πρόκειται για την ισχύ του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Τέλος θα μπορούσε η παρούσα πτυχιακή εργασία να πραγματοποιηθεί μεταβάλλοντας μια σημαντική παράμετρο του συστήματος, τον τύπο του συσσωρευτή. Όπως έχουμε αναφέρει στο σχετικό κεφάλαιο, η πειραματική μας διάταξη, αποτελείτο από ένα τυπικό συσσωρευτή ευρείας χρήσης κυρίως στα αυτοκίνητα. Ένας τέτοιος συσσωρευτής όμως δεν προορίζεται για βαθιές εκφορτίσεις, δηλαδή κάτω από το 30% της χωρητικότητάς του. Και αυτό διότι οι συσσωρευτές αυτοί χάνουν την δυνατότητα πλήρους επαναφόρτισης όταν βρεθούν σε τέτοιο χαμηλό ποσοστό χωρητικότητας. Αντίθετα οι συσσωρευτές οι οποίοι διαθέτουν στοιχεία μολύβδου μεγαλύτερης μάζας (διαμέτρου) μπορούν να «γεμίσουν» πλήρως ακόμη και αν φτάσουν σε βάθος εκφόρτισης 5%. Συνεπώς θα είχε ενδιαφέρον η λήψη μετρήσεων ενός αντίστοιχου συστήματος αποτελούμενο από συσσωρευτές βαθιάς εκφόρτισης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ / ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- <http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/vision-report-final.pdf>
- Ηλιακή ενέργεια, Φωτοβολταϊκά - Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Δημήτρης Αλ. Κατσαπρακάκης
- <http://www.em.avnet.com/en-us/design/marketsolutions/Documents/solar/featuredarticle-fundamentals-article-june2012.pdf>
- Εργαστήρια Ηλεκτρολογικού Τομέα του Σύγχρονου ΣΕΚ Ηρακλείου
- Avelion Solar Roof <http://www.avelion.gr/>
- Helios Systems <http://www.selasenergy.gr/index.php>
- [http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/matzarakis\\_katsoulis\\_2005\\_cyprus.pdf](http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/matzarakis_katsoulis_2005_cyprus.pdf)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/MC4\\_connector](http://en.wikipedia.org/wiki/MC4_connector)
- [http://www.polarpower.org/static/docs/PVWhitePaper1\\_31.pdf](http://www.polarpower.org/static/docs/PVWhitePaper1_31.pdf)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive\\_battery](http://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_battery)
- <http://helapco.gr/>
- <http://photovoltaic-software.com/PV-solar-energy-calculation.php>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics>
- <http://geosci.uchicago.edu/~moyer/GEOS24705/2011/Notes/SolarPhysics.pdf>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Photoelectrochemical\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Photoelectrochemical_cell)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_system)
- <http://www.tnlsoftsolutions.com/timelapse.php>
- <http://www.solar-electric.com/deep-cycle-battery-faq.html>
- <http://www.solar-wind.co.uk/deep-cycle-dryfit-batteries-battery-uk.html>
- <http://www.victronenergy.gr/upload/documents/White-paper-Which-solar-charge-controller-PWM-or-MPPT.pdf>
- [http://library.tee.gr/digital/kma/kma\\_m1515/kma\\_m1515\\_PVGuide\\_Approved.pdf](http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1515/kma_m1515_PVGuide_Approved.pdf)
- [http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4039/4/Nimertis\\_Aggelidis%28ele%29.pdf](http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4039/4/Nimertis_Aggelidis%28ele%29.pdf)
- [http://artemis.cslab.ntua.gr/el\\_thesis/artemis.ntua.ece/DT2012-0042/DT2012-0042.pdf](http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2012-0042/DT2012-0042.pdf)

- [http://www.geo.auth.gr/318\\_lab/sunlight.htm](http://www.geo.auth.gr/318_lab/sunlight.htm)
- [http://www.econ3.gr/readmore.php?article\\_id=11941295489054](http://www.econ3.gr/readmore.php?article_id=11941295489054)
- [http://www.cres.gr/kape/present/labs/fotovolt\\_1.htm](http://www.cres.gr/kape/present/labs/fotovolt_1.htm)
- [http://exikonomisi.blogspot.gr/2007/11/blog-post\\_14.html](http://exikonomisi.blogspot.gr/2007/11/blog-post_14.html)
- <http://www.selasenergy.gr/history.php>
- <http://www.solar-systems.gr/solar-panel-pv-1.html>
- <http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/5731/1/DT2011-0313.pdf>
- <http://helios.teiath.gr/patheogk/anadromh.htm>
- <http://www.elecnetsolar.gr/12-fotovoltaikoi-mithoi/>
- <http://www.excel-easy.com/data-analysis/charts.html>
- [http://www.lampsplus.com/products/light-bulbs/voltage\\_low-voltage-12v/](http://www.lampsplus.com/products/light-bulbs/voltage_low-voltage-12v/)



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

## Μετρήσεις

Date	Time	Voltage	Percentage				
11 Αυγούστου 2014	22	12,95	98,73%	15 Αυγούστου 2014	15	12,92	96,50%
11 Αυγούστου 2014	23	12,92	96,60%	15 Αυγούστου 2014	16	12,97	99,87%
11 Αυγούστου 2014	24	12,88	94,48%	15 Αυγούστου 2014	17	12,96	99,36%
12 Αυγούστου 2014	1	12,85	92,36%	15 Αυγούστου 2014	18	12,95	98,73%
12 Αυγούστου 2014	2	12,82	90,23%	15 Αυγούστου 2014	19	12,94	98,09%
12 Αυγούστου 2014	3	12,78	88,11%	15 Αυγούστου 2014	20	12,94	98,09%
12 Αυγούστου 2014	4	12,75	85,99%	15 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%
12 Αυγούστου 2014	5	12,72	83,87%	15 Αυγούστου 2014	22	12,93	97,45%
12 Αυγούστου 2014	6	12,68	81,74%	15 Αυγούστου 2014	23	12,90	95,33%
12 Αυγούστου 2014	7	12,65	79,62%	15 Αυγούστου 2014	24	12,86	93,20%
12 Αυγούστου 2014	8	12,63	78,34%	16 Αυγούστου 2014	1	12,83	91,08%
12 Αυγούστου 2014	9	12,66	80,25%	16 Αυγούστου 2014	2	12,80	88,96%
12 Αυγούστου 2014	10	12,72	84,08%	16 Αυγούστου 2014	3	12,76	86,83%
12 Αυγούστου 2014	11	12,78	87,90%	16 Αυγούστου 2014	4	12,73	84,71%
12 Αυγούστου 2014	12	12,84	91,72%	16 Αυγούστου 2014	5	12,70	82,58%
12 Αυγούστου 2014	13	12,90	95,54%	16 Αυγούστου 2014	6	12,66	80,46%
12 Αυγούστου 2014	14	12,96	99,36%	16 Αυγούστου 2014	7	12,65	79,62%
12 Αυγούστου 2014	15	12,96	99,36%	16 Αυγούστου 2014	8	12,64	78,98%
12 Αυγούστου 2014	16	12,97	100,00%	16 Αυγούστου 2014	9	12,65	79,62%
12 Αυγούστου 2014	17	12,97	100,00%	16 Αυγούστου 2014	10	12,71	83,31%
12 Αυγούστου 2014	18	12,97	100,00%	16 Αυγούστου 2014	11	12,77	87,01%
12 Αυγούστου 2014	19	12,96	99,36%	16 Αυγούστου 2014	12	12,82	90,70%
12 Αυγούστου 2014	20	12,96	99,36%	16 Αυγούστου 2014	13	12,88	94,39%
12 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%	16 Αυγούστου 2014	14	12,94	98,09%
12 Αυγούστου 2014	22	12,93	97,45%	16 Αυγούστου 2014	15	12,95	98,73%
12 Αυγούστου 2014	23	12,93	97,45%	16 Αυγούστου 2014	16	12,95	98,73%
12 Αυγούστου 2014	24	12,90	95,33%	16 Αυγούστου 2014	17	12,94	98,09%
13 Αυγούστου 2014	1	12,86	93,21%	16 Αυγούστου 2014	18	12,94	98,09%
13 Αυγούστου 2014	2	12,83	91,08%	16 Αυγούστου 2014	19	12,93	97,45%
13 Αυγούστου 2014	3	12,80	88,96%	16 Αυγούστου 2014	20	12,94	98,09%
13 Αυγούστου 2014	4	12,76	86,84%	16 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%
13 Αυγούστου 2014	5	12,73	84,71%	16 Αυγούστου 2014	22	12,93	97,45%
13 Αυγούστου 2014	6	12,70	82,59%	16 Αυγούστου 2014	23	12,89	95,11%
13 Αυγούστου 2014	7	12,68	81,53%	16 Αυγούστου 2014	24	12,86	92,78%
13 Αυγούστου 2014	8	12,67	80,89%	17 Αυγούστου 2014	1	12,82	90,44%
13 Αυγούστου 2014	9	12,68	81,53%	17 Αυγούστου 2014	2	12,78	88,10%
13 Αυγούστου 2014	10	12,74	85,35%	17 Αυγούστου 2014	3	12,75	85,76%
13 Αυγούστου 2014	11	12,80	89,17%	17 Αυγούστου 2014	4	12,71	83,43%
13 Αυγούστου 2014	12	12,86	92,99%	17 Αυγούστου 2014	5	12,67	81,09%
13 Αυγούστου 2014	13	12,92	96,82%	17 Αυγούστου 2014	6	12,64	78,75%
13 Αυγούστου 2014	14	12,97	100,00%	17 Αυγούστου 2014	7	12,63	78,34%
13 Αυγούστου 2014	15	12,97	100,00%	17 Αυγούστου 2014	8	12,64	78,98%
13 Αυγούστου 2014	16	12,97	100,00%	17 Αυγούστου 2014	9	12,66	80,25%
13 Αυγούστου 2014	17	12,97	100,00%	17 Αυγούστου 2014	10	12,72	83,89%
13 Αυγούστου 2014	18	12,96	99,36%	17 Αυγούστου 2014	11	12,77	87,52%
13 Αυγούστου 2014	19	12,96	99,36%	17 Αυγούστου 2014	12	12,83	91,15%
13 Αυγούστου 2014	20	12,96	99,36%	17 Αυγούστου 2014	13	12,89	94,78%
13 Αυγούστου 2014	21	12,94	98,09%	17 Αυγούστου 2014	14	12,95	98,41%
13 Αυγούστου 2014	22	12,94	98,09%	17 Αυγούστου 2014	15	12,97	100,00%
13 Αυγούστου 2014	23	12,91	95,97%	17 Αυγούστου 2014	16	12,96	99,36%
13 Αυγούστου 2014	24	12,87	93,84%	17 Αυγούστου 2014	17	12,95	98,73%
14 Αυγούστου 2014	1	12,84	91,72%	17 Αυγούστου 2014	18	12,95	98,73%
14 Αυγούστου 2014	2	12,81	89,60%	17 Αυγούστου 2014	19	12,94	98,09%
14 Αυγούστου 2014	3	12,77	87,47%	17 Αυγούστου 2014	20	12,93	97,45%
14 Αυγούστου 2014	4	12,74	85,35%	17 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%
14 Αυγούστου 2014	5	12,71	83,23%	17 Αυγούστου 2014	22	12,92	96,82%
14 Αυγούστου 2014	6	12,67	81,10%	17 Αυγούστου 2014	23	12,89	94,71%
14 Αυγούστου 2014	7	12,66	80,25%	17 Αυγούστου 2014	24	12,85	92,61%
14 Αυγούστου 2014	8	12,65	79,62%	18 Αυγούστου 2014	1	12,82	90,51%
14 Αυγούστου 2014	9	12,66	80,25%	18 Αυγούστου 2014	2	12,79	88,41%
14 Αυγούστου 2014	10	12,71	83,44%	18 Αυγούστου 2014	3	12,76	86,31%
14 Αυγούστου 2014	11	12,77	87,26%	18 Αυγούστου 2014	4	12,72	84,20%
14 Αυγούστου 2014	12	12,83	91,08%	18 Αυγούστου 2014	5	12,69	82,10%
14 Αυγούστου 2014	13	12,89	94,90%	18 Αυγούστου 2014	6	12,66	80,00%
14 Αυγούστου 2014	14	12,95	98,73%	18 Αυγούστου 2014	7	12,65	79,62%
14 Αυγούστου 2014	15	12,95	98,73%	18 Αυγούστου 2014	8	12,64	78,98%
14 Αυγούστου 2014	16	12,95	98,73%	18 Αυγούστου 2014	9	12,65	79,62%
14 Αυγούστου 2014	17	12,95	98,73%	18 Αυγούστου 2014	10	12,71	83,31%
14 Αυγούστου 2014	18	12,93	97,45%	18 Αυγούστου 2014	11	12,77	87,01%
14 Αυγούστου 2014	19	12,93	97,45%	18 Αυγούστου 2014	12	12,82	90,70%
14 Αυγούστου 2014	20	12,92	96,82%	18 Αυγούστου 2014	13	12,88	94,39%
14 Αυγούστου 2014	21	12,91	96,18%	18 Αυγούστου 2014	14	12,94	98,09%
14 Αυγούστου 2014	22	12,91	96,18%	18 Αυγούστου 2014	15	12,95	98,73%
14 Αυγούστου 2014	23	12,88	94,06%	18 Αυγούστου 2014	16	12,94	98,09%
14 Αυγούστου 2014	24	12,84	91,93%	18 Αυγούστου 2014	17	12,96	99,36%
15 Αυγούστου 2014	1	12,81	89,81%	18 Αυγούστου 2014	18	12,94	98,09%
15 Αυγούστου 2014	2	12,78	87,69%	18 Αυγούστου 2014	19	12,94	98,09%
15 Αυγούστου 2014	3	12,74	85,56%	18 Αυγούστου 2014	20	12,93	97,45%
15 Αυγούστου 2014	4	12,71	83,44%	18 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%
15 Αυγούστου 2014	5	12,68	81,32%	18 Αυγούστου 2014	22	12,92	96,82%
15 Αυγούστου 2014	6	12,64	79,19%	18 Αυγούστου 2014	23	12,89	94,59%
15 Αυγούστου 2014	7	12,63	78,34%	18 Αυγούστου 2014	24	12,85	92,36%
15 Αυγούστου 2014	8	12,62	77,71%	19 Αυγούστου 2014	1	12,82	90,13%
15 Αυγούστου 2014	9	12,63	78,34%	19 Αυγούστου 2014	2	12,78	87,90%
15 Αυγούστου 2014	10	12,65	79,62%	19 Αυγούστου 2014	3	12,75	85,67%
15 Αυγούστου 2014	11	12,70	82,99%	19 Αυγούστου 2014	4	12,71	83,44%
15 Αυγούστου 2014	12	12,76	86,37%	19 Αυγούστου 2014	5	12,68	81,21%
15 Αυγούστου 2014	13	12,81	89,75%	19 Αυγούστου 2014	6	12,64	78,98%
15 Αυγούστου 2014	14	12,86	93,12%	19 Αυγούστου 2014	7	12,63	78,34%
				19 Αυγούστου 2014	8	12,64	78,98%

19 Αυγούστου 2014	9	12,65	79,62%	23 Αυγούστου 2014	14	12,75	85,73%
19 Αυγούστου 2014	10	12,71	83,12%	23 Αυγούστου 2014	15	12,81	89,49%
19 Αυγούστου 2014	11	12,76	86,62%	23 Αυγούστου 2014	16	12,86	93,25%
19 Αυγούστου 2014	12	12,82	90,13%	23 Αυγούστου 2014	17	12,91	96,18%
19 Αυγούστου 2014	13	12,87	93,63%	23 Αυγούστου 2014	18	12,93	97,45%
19 Αυγούστου 2014	14	12,93	97,13%	23 Αυγούστου 2014	19	12,94	98,09%
19 Αυγούστου 2014	15	12,97	100,00%	23 Αυγούστου 2014	20	12,94	98,09%
19 Αυγούστου 2014	16	12,97	100,00%	23 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%
19 Αυγούστου 2014	17	12,95	98,73%	23 Αυγούστου 2014	22	12,93	97,45%
19 Αυγούστου 2014	18	12,96	99,36%	23 Αυγούστου 2014	23	12,89	95,16%
19 Αυγούστου 2014	19	12,95	98,73%	23 Αυγούστου 2014	24	12,86	92,87%
19 Αυγούστου 2014	20	12,94	98,09%	24 Αυγούστου 2014	1	12,82	90,57%
19 Αυγούστου 2014	21	12,94	98,09%	24 Αυγούστου 2014	2	12,79	88,28%
19 Αυγούστου 2014	22	12,93	97,45%	24 Αυγούστου 2014	3	12,75	85,99%
19 Αυγούστου 2014	23	12,89	95,03%	24 Αυγούστου 2014	4	12,71	83,69%
19 Αυγούστου 2014	24	12,85	92,61%	24 Αυγούστου 2014	5	12,68	81,40%
20 Αυγούστου 2014	1	12,82	90,19%	24 Αυγούστου 2014	6	12,64	79,11%
20 Αυγούστου 2014	2	12,78	87,77%	24 Αυγούστου 2014	7	12,63	78,34%
20 Αυγούστου 2014	3	12,74	85,35%	24 Αυγούστου 2014	8	12,63	78,34%
20 Αυγούστου 2014	4	12,70	82,93%	24 Αυγούστου 2014	9	12,65	79,62%
20 Αυγούστου 2014	5	12,66	80,51%	24 Αυγούστου 2014	10	12,71	83,44%
20 Αυγούστου 2014	6	12,63	78,09%	24 Αυγούστου 2014	11	12,77	87,26%
20 Αυγούστου 2014	7	12,62	77,71%	24 Αυγούστου 2014	12	12,83	91,08%
20 Αυγούστου 2014	8	12,63	78,34%	24 Αυγούστου 2014	13	12,89	94,90%
20 Αυγούστου 2014	9	12,65	79,62%	24 Αυγούστου 2014	14	12,95	98,73%
20 Αυγούστου 2014	10	12,71	83,38%	24 Αυγούστου 2014	15	12,97	100,00%
20 Αυγούστου 2014	11	12,77	87,13%	24 Αυγούστου 2014	16	12,97	100,00%
20 Αυγούστου 2014	12	12,83	90,89%	24 Αυγούστου 2014	17	12,97	100,00%
20 Αυγούστου 2014	13	12,89	94,65%	24 Αυγούστου 2014	18	12,97	100,00%
20 Αυγούστου 2014	14	12,95	98,41%	24 Αυγούστου 2014	19	12,96	99,36%
20 Αυγούστου 2014	15	12,96	99,36%	24 Αυγούστου 2014	20	12,96	99,36%
20 Αυγούστου 2014	16	12,97	100,00%	24 Αυγούστου 2014	21	12,95	98,73%
20 Αυγούστου 2014	17	12,95	98,73%	24 Αυγούστου 2014	22	12,94	98,09%
20 Αυγούστου 2014	18	12,96	99,36%	24 Αυγούστου 2014	23	12,91	95,99%
20 Αυγούστου 2014	19	12,94	98,09%	24 Αυγούστου 2014	24	12,87	93,89%
20 Αυγούστου 2014	20	12,94	98,09%	25 Αυγούστου 2014	1	12,84	91,78%
20 Αυγούστου 2014	21	12,94	98,09%	25 Αυγούστου 2014	2	12,81	89,68%
20 Αυγούστου 2014	22	12,93	97,45%	25 Αυγούστου 2014	3	12,78	87,58%
20 Αυγούστου 2014	23	12,89	95,16%	25 Αυγούστου 2014	4	12,74	85,48%
20 Αυγούστου 2014	24	12,86	92,87%	25 Αυγούστου 2014	5	12,71	83,38%
21 Αυγούστου 2014	1	12,82	90,57%	25 Αυγούστου 2014	6	12,68	81,27%
21 Αυγούστου 2014	2	12,79	88,28%	25 Αυγούστου 2014	7	12,64	79,17%
21 Αυγούστου 2014	3	12,75	85,99%	25 Αυγούστου 2014	8	12,63	78,34%
21 Αυγούστου 2014	4	12,71	83,69%	25 Αυγούστου 2014	9	12,64	78,98%
21 Αυγούστου 2014	5	12,68	81,40%	25 Αυγούστου 2014	10	12,69	82,29%
21 Αυγούστου 2014	6	12,64	79,11%	25 Αυγούστου 2014	11	12,74	85,61%
21 Αυγούστου 2014	7	12,63	78,34%	25 Αυγούστου 2014	12	12,80	88,92%
21 Αυγούστου 2014	8	12,63	78,34%	25 Αυγούστου 2014	13	12,85	92,23%
21 Αυγούστου 2014	9	12,64	78,98%	25 Αυγούστου 2014	14	12,90	95,54%
21 Αυγούστου 2014	10	12,65	79,62%	25 Αυγούστου 2014	15	12,95	98,85%
21 Αυγούστου 2014	11	12,70	82,80%	25 Αυγούστου 2014	16	12,94	98,09%
21 Αυγούστου 2014	12	12,75	85,99%	25 Αυγούστου 2014	17	12,93	97,45%
21 Αυγούστου 2014	13	12,80	89,17%	25 Αυγούστου 2014	18	12,94	98,09%
21 Αυγούστου 2014	14	12,85	92,36%	25 Αυγούστου 2014	19	12,93	97,45%
21 Αυγούστου 2014	15	12,90	95,54%	25 Αυγούστου 2014	20	12,95	98,73%
21 Αυγούστου 2014	16	12,93	97,45%	25 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%
21 Αυγούστου 2014	17	12,93	97,45%	25 Αυγούστου 2014	22	12,94	98,09%
21 Αυγούστου 2014	18	12,92	96,82%	25 Αυγούστου 2014	23	12,90	95,80%
21 Αυγούστου 2014	19	12,92	96,82%	25 Αυγούστου 2014	24	12,87	93,50%
21 Αυγούστου 2014	20	12,91	96,18%	26 Αυγούστου 2014	1	12,83	91,21%
21 Αυγούστου 2014	21	12,91	96,18%	26 Αυγούστου 2014	2	12,80	88,92%
21 Αυγούστου 2014	22	12,90	95,54%	26 Αυγούστου 2014	3	12,76	86,62%
21 Αυγούστου 2014	23	12,87	93,31%	26 Αυγούστου 2014	4	12,72	84,33%
21 Αυγούστου 2014	24	12,83	91,08%	26 Αυγούστου 2014	5	12,69	82,04%
22 Αυγούστου 2014	1	12,80	88,85%	26 Αυγούστου 2014	6	12,65	79,75%
22 Αυγούστου 2014	2	12,76	86,62%	26 Αυγούστου 2014	7	12,64	78,98%
22 Αυγούστου 2014	3	12,73	84,39%	26 Αυγούστου 2014	8	12,63	78,34%
22 Αυγούστου 2014	4	12,69	82,17%	26 Αυγούστου 2014	9	12,63	78,34%
22 Αυγούστου 2014	5	12,66	79,94%	26 Αυγούστου 2014	10	12,69	82,04%
22 Αυγούστου 2014	6	12,62	77,71%	26 Αυγούστου 2014	11	12,75	85,73%
22 Αυγούστου 2014	7	12,61	77,07%	26 Αυγούστου 2014	12	12,80	89,43%
22 Αυγούστου 2014	8	12,61	77,07%	26 Αυγούστου 2014	13	12,86	93,12%
22 Αυγούστου 2014	9	12,62	77,71%	26 Αυγούστου 2014	14	12,92	96,82%
22 Αυγούστου 2014	10	12,63	78,34%	26 Αυγούστου 2014	15	12,97	100,00%
22 Αυγούστου 2014	11	12,65	79,62%	26 Αυγούστου 2014	16	12,97	100,00%
22 Αυγούστου 2014	12	12,69	82,17%	26 Αυγούστου 2014	17	12,96	99,36%
22 Αυγούστου 2014	13	12,71	83,44%	26 Αυγούστου 2014	18	12,95	98,73%
22 Αυγούστου 2014	14	12,73	84,71%	26 Αυγούστου 2014	19	12,94	98,09%
22 Αυγούστου 2014	15	12,75	85,99%	26 Αυγούστου 2014	20	12,94	98,09%
22 Αυγούστου 2014	16	12,78	87,90%	26 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%
22 Αυγούστου 2014	17	12,80	89,17%	26 Αυγούστου 2014	22	12,93	97,45%
22 Αυγούστου 2014	18	12,81	89,81%	26 Αυγούστου 2014	23	12,89	95,16%
22 Αυγούστου 2014	19	12,81	89,81%	26 Αυγούστου 2014	24	12,86	92,87%
22 Αυγούστου 2014	20	12,81	89,81%	27 Αυγούστου 2014	1	12,82	90,57%
22 Αυγούστου 2014	21	12,80	89,17%	27 Αυγούστου 2014	2	12,79	88,28%
22 Αυγούστου 2014	22	12,79	88,54%	27 Αυγούστου 2014	3	12,75	85,99%
22 Αυγούστου 2014	23	12,75	86,24%	27 Αυγούστου 2014	4	12,71	83,69%
22 Αυγούστου 2014	24	12,72	83,95%	27 Αυγούστου 2014	5	12,68	81,40%
23 Αυγούστου 2014	1	12,68	81,66%	27 Αυγούστου 2014	6	12,64	79,11%
23 Αυγούστου 2014	2	12,65	79,36%	27 Αυγούστου 2014	7	12,63	78,34%
23 Αυγούστου 2014	3	12,61	77,07%	27 Αυγούστου 2014	8	12,62	77,71%
23 Αυγούστου 2014	4	12,57	74,78%	27 Αυγούστου 2014	9	12,63	78,34%
23 Αυγούστου 2014	5	12,54	72,48%	27 Αυγούστου 2014	10	12,65	79,62%
23 Αυγούστου 2014	6	12,50	70,19%	27 Αυγούστου 2014	11	12,70	82,93%
23 Αυγούστου 2014	7	12,49	69,43%	27 Αυγούστου 2014	12	12,75	86,24%
23 Αυγούστου 2014	8	12,48	68,79%	27 Αυγούστου 2014	13	12,81	89,55%
23 Αυγούστου 2014	9	12,49	69,43%	27 Αυγούστου 2014	14	12,86	92,87%
23 Αυγούστου 2014	10	12,51	70,70%	27 Αυγούστου 2014	15	12,91	96,18%
23 Αυγούστου 2014	11	12,57	74,46%	27 Αυγούστου 2014	16	12,96	99,49%
23 Αυγούστου 2014	12	12,63	78,22%	27 Αυγούστου 2014	17	12,95	98,73%
23 Αυγούστου 2014	13	12,69	81,97%	27 Αυγούστου 2014	18	12,94	98,09%

27 Αυγούστου 2014	19	12,95	98,73%	31 Αυγούστου 2014	24	12,81	90,01%
27 Αυγούστου 2014	20	12,94	98,09%	1 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,78	87,89%
27 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%	1 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,75	85,76%
27 Αυγούστου 2014	22	12,92	96,82%	1 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,71	83,63%
27 Αυγούστου 2014	23	12,89	94,59%	1 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,68	81,50%
27 Αυγούστου 2014	24	12,85	92,36%	1 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,65	79,38%
28 Αυγούστου 2014	1	12,82	90,13%	1 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,61	77,25%
28 Αυγούστου 2014	2	12,78	87,90%	1 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,60	76,43%
28 Αυγούστου 2014	3	12,75	85,67%	1 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,60	76,43%
28 Αυγούστου 2014	4	12,71	83,44%	1 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,61	77,07%
28 Αυγούστου 2014	5	12,68	81,21%	1 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,62	77,71%
28 Αυγούστου 2014	6	12,64	78,98%	1 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,67	81,08%
28 Αυγούστου 2014	7	12,63	78,34%	1 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,73	84,46%
28 Αυγούστου 2014	8	12,64	78,98%	1 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,78	87,83%
28 Αυγούστου 2014	9	12,65	79,62%	1 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,83	91,21%
28 Αυγούστου 2014	10	12,66	80,25%	1 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,89	94,59%
28 Αυγούστου 2014	11	12,72	83,95%	1 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,94	97,96%
28 Αυγούστου 2014	12	12,78	87,64%	1 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,95	98,73%
28 Αυγούστου 2014	13	12,83	91,34%	1 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,94	98,09%
28 Αυγούστου 2014	14	12,89	95,03%	1 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,93	97,45%
28 Αυγούστου 2014	15	12,95	98,73%	1 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,93	97,45%
28 Αυγούστου 2014	16	12,96	99,36%	1 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,92	96,82%
28 Αυγούστου 2014	17	12,97	100,00%	1 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,91	96,18%
28 Αυγούστου 2014	18	12,96	99,36%	1 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,88	93,95%
28 Αυγούστου 2014	19	12,95	98,73%	1 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,84	91,72%
28 Αυγούστου 2014	20	12,94	98,09%	2 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,81	89,49%
28 Αυγούστου 2014	21	12,93	97,45%	2 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,77	87,26%
28 Αυγούστου 2014	22	12,93	97,45%	2 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,74	85,03%
28 Αυγούστου 2014	23	12,90	95,41%	2 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,70	82,80%
28 Αυγούστου 2014	24	12,87	93,38%	2 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,67	80,57%
29 Αυγούστου 2014	1	12,83	91,34%	2 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,63	78,34%
29 Αυγούστου 2014	2	12,80	89,30%	2 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,62	77,71%
29 Αυγούστου 2014	3	12,77	87,26%	2 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,61	77,07%
29 Αυγούστου 2014	4	12,74	85,22%	2 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,60	76,43%
29 Αυγούστου 2014	5	12,71	83,18%	2 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,61	77,07%
29 Αυγούστου 2014	6	12,67	81,15%	2 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,63	78,34%
29 Αυγούστου 2014	7	12,68	81,53%	2 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,65	79,62%
29 Αυγούστου 2014	8	12,68	81,53%	2 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,64	78,98%
29 Αυγούστου 2014	9	12,67	80,89%	2 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,66	80,25%
29 Αυγούστου 2014	10	12,66	80,25%	2 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,68	81,53%
29 Αυγούστου 2014	11	12,65	79,62%	2 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,69	82,17%
29 Αυγούστου 2014	12	12,66	80,25%	2 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,70	82,80%
29 Αυγούστου 2014	13	12,69	82,17%	2 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,71	83,44%
29 Αυγούστου 2014	14	12,72	84,08%	2 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,70	82,80%
29 Αυγούστου 2014	15	12,75	85,99%	2 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,69	82,17%
29 Αυγούστου 2014	16	12,78	87,90%	2 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,68	81,53%
29 Αυγούστου 2014	17	12,80	89,17%	2 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,68	81,53%
29 Αυγούστου 2014	18	12,79	88,54%	2 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,65	79,30%
29 Αυγούστου 2014	19	12,78	87,90%	2 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,61	77,07%
29 Αυγούστου 2014	20	12,78	87,90%	3 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,58	74,84%
29 Αυγούστου 2014	21	12,77	87,26%	3 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,54	72,61%
29 Αυγούστου 2014	22	12,76	86,62%	3 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,51	70,38%
29 Αυγούστου 2014	23	12,73	84,46%	3 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,47	68,15%
29 Αυγούστου 2014	24	12,69	82,29%	3 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,44	65,92%
30 Αυγούστου 2014	1	12,66	80,13%	3 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,40	63,69%
30 Αυγούστου 2014	2	12,62	77,96%	3 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,19	50,32%
30 Αυγούστου 2014	3	12,59	75,80%	3 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,18	49,68%
30 Αυγούστου 2014	4	12,56	73,63%	3 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,18	49,68%
30 Αυγούστου 2014	5	12,52	71,46%	3 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,18	49,68%
30 Αυγούστου 2014	6	12,49	69,30%	3 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,21	51,59%
30 Αυγούστου 2014	7	12,48	68,79%	3 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,22	52,23%
30 Αυγούστου 2014	8	12,47	68,15%	3 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,26	54,78%
30 Αυγούστου 2014	9	12,50	70,06%	3 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,29	56,69%
30 Αυγούστου 2014	10	12,55	73,12%	3 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,33	59,24%
30 Αυγούστου 2014	11	12,60	76,18%	3 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,38	62,42%
30 Αυγούστου 2014	12	12,64	79,24%	3 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,40	63,69%
30 Αυγούστου 2014	13	12,69	82,29%	3 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,41	64,33%
30 Αυγούστου 2014	14	12,74	85,35%	3 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,42	64,97%
30 Αυγούστου 2014	15	12,79	88,41%	3 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,42	64,97%
30 Αυγούστου 2014	16	12,84	91,46%	3 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,41	64,33%
30 Αυγούστου 2014	17	12,88	94,52%	3 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,40	63,69%
30 Αυγούστου 2014	18	12,87	93,63%	3 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,37	61,57%
30 Αυγούστου 2014	19	12,88	94,27%	3 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,33	59,45%
30 Αυγούστου 2014	20	12,86	92,99%	4 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,30	57,33%
30 Αυγούστου 2014	21	12,85	92,36%	4 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,27	55,20%
30 Αυγούστου 2014	22	12,84	91,72%	4 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,23	53,08%
30 Αυγούστου 2014	23	12,81	89,59%	4 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,20	50,96%
30 Αυγούστου 2014	24	12,77	87,45%	4 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,17	48,83%
31 Αυγούστου 2014	1	12,74	85,32%	4 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,13	46,71%
31 Αυγούστου 2014	2	12,71	83,18%	4 Σεπτεμβρίου 2014	7	11,91	32,48%
31 Αυγούστου 2014	3	12,67	81,05%	4 Σεπτεμβρίου 2014	8	11,90	31,85%
31 Αυγούστου 2014	4	12,64	78,92%	4 Σεπτεμβρίου 2014	9	11,89	31,21%
31 Αυγούστου 2014	5	12,61	76,78%	4 Σεπτεμβρίου 2014	10	11,91	32,48%
31 Αυγούστου 2014	6	12,57	74,65%	4 Σεπτεμβρίου 2014	11	11,96	35,61%
31 Αυγούστου 2014	7	12,56	73,89%	4 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,01	38,54%
31 Αυγούστου 2014	8	12,55	73,25%	4 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,05	41,46%
31 Αυγούστου 2014	9	12,54	72,61%	4 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,10	44,39%
31 Αυγούστου 2014	10	12,56	73,89%	4 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,14	47,32%
31 Αυγούστου 2014	11	12,61	77,26%	4 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,19	50,25%
31 Αυγούστου 2014	12	12,67	80,64%	4 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,24	53,18%
31 Αυγούστου 2014	13	12,72	84,01%	4 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,28	56,11%
31 Αυγούστου 2014	14	12,77	87,39%	4 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,28	56,05%
31 Αυγούστου 2014	15	12,83	90,76%	4 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,27	55,41%
31 Αυγούστου 2014	16	12,88	94,14%	4 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,26	54,78%
31 Αυγούστου 2014	17	12,93	97,52%	4 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,25	54,14%
31 Αυγούστου 2014	18	12,92	96,82%	4 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,22	52,01%
31 Αυγούστου 2014	19	12,91	96,18%	4 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,18	49,87%
31 Αυγούστου 2014	20	12,92	96,82%	5 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,15	47,74%
31 Αυγούστου 2014	21	12,89	94,90%	5 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,12	45,61%
31 Αυγούστου 2014	22	12,88	94,27%	5 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,08	43,47%
31 Αυγούστου 2014	23	12,85	92,14%	5 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,05	41,34%

5 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,02	39,20%	9 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,07	42,68%
5 Σεπτεμβρίου 2014	6	11,98	37,07%	9 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,10	44,59%
5 Σεπτεμβρίου 2014	7	11,97	36,31%	9 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,13	46,50%
5 Σεπτεμβρίου 2014	8	11,96	35,67%	9 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,15	47,77%
5 Σεπτεμβρίου 2014	9	11,98	36,94%	9 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,16	48,41%
5 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,00	38,22%	9 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,17	49,04%
5 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,06	41,78%	9 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,19	50,32%
5 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,11	45,35%	9 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,19	50,32%
5 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,17	48,73%	9 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,19	50,32%
5 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,22	52,42%	9 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,20	50,96%
5 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,28	55,80%	9 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,19	50,32%
5 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,33	59,17%	9 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,18	49,68%
5 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,38	62,55%	9 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,17	49,04%
5 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,44	65,92%	9 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,14	46,94%
5 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,42	64,97%	9 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,10	44,84%
5 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,41	64,33%	10 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,07	42,74%
5 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,40	63,69%	10 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,04	40,64%
5 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,39	63,06%	10 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,01	38,54%
5 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,36	60,94%	10 Σεπτεμβρίου 2014	4	11,97	36,43%
5 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,32	58,82%	10 Σεπτεμβρίου 2014	5	11,94	34,33%
6 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,29	56,69%	10 Σεπτεμβρίου 2014	6	11,91	32,23%
6 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,26	54,57%	10 Σεπτεμβρίου 2014	7	11,92	33,12%
6 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,22	52,45%	10 Σεπτεμβρίου 2014	8	11,91	32,48%
6 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,19	50,33%	10 Σεπτεμβρίου 2014	9	11,91	32,48%
6 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,16	48,21%	10 Σεπτεμβρίου 2014	10	11,92	33,12%
6 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,12	46,09%	10 Σεπτεμβρίου 2014	11	11,98	36,82%
6 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,11	45,22%	10 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,04	40,51%
6 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,11	45,22%	10 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,09	44,20%
6 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,12	45,86%	10 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,15	47,90%
6 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,14	47,13%	10 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,21	51,59%
6 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,20	50,76%	10 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,27	55,29%
6 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,25	54,39%	10 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,30	57,32%
6 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,31	58,03%	10 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,32	58,60%
6 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,37	61,66%	10 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,32	58,60%
6 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,42	64,97%	10 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,31	57,96%
6 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,48	68,60%	10 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,30	57,32%
6 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,48	68,79%	10 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,29	56,69%
6 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,49	69,43%	10 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,26	54,57%
6 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,49	69,43%	10 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,22	52,45%
6 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,50	70,06%	11 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,19	50,32%
6 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,51	70,70%	11 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,16	48,20%
6 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,49	69,43%	11 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,12	46,08%
6 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,46	67,30%	11 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,09	43,96%
6 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,42	65,18%	11 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,06	41,84%
7 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,39	63,06%	11 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,02	39,72%
7 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,36	60,94%	11 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,01	38,85%
7 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,32	58,81%	11 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,01	38,85%
7 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,29	56,69%	11 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,00	38,22%
7 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,26	54,57%	11 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,02	39,49%
7 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,22	52,44%	11 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,05	41,53%
7 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,21	51,59%	11 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,08	43,57%
7 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,20	50,96%	11 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,12	45,61%
7 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,19	50,32%	11 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,15	47,64%
7 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,20	50,96%	11 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,18	49,68%
7 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,19	50,32%	11 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,21	51,72%
7 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,21	51,59%	11 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,24	53,76%
7 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,20	50,96%	11 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,24	53,50%
7 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,21	51,59%	11 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,23	52,87%
7 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,20	50,96%	11 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,22	52,23%
7 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,19	50,32%	11 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,21	51,59%
7 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,20	50,96%	11 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,20	50,96%
7 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,19	50,32%	11 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,17	48,85%
7 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,19	50,32%	11 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,13	46,75%
7 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,18	49,68%	12 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,10	44,65%
7 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,17	49,04%	12 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,07	42,55%
7 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,16	48,41%	12 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,04	40,45%
7 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,13	46,28%	12 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,00	38,34%
7 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,09	44,16%	12 Σεπτεμβρίου 2014	5	11,97	36,24%
8 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,06	42,04%	12 Σεπτεμβρίου 2014	6	11,94	34,14%
8 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,03	39,92%	12 Σεπτεμβρίου 2014	7	11,93	33,76%
8 Σεπτεμβρίου 2014	3	11,99	37,79%	12 Σεπτεμβρίου 2014	8	11,92	33,12%
8 Σεπτεμβρίου 2014	4	11,96	35,67%	12 Σεπτεμβρίου 2014	9	11,91	32,48%
8 Σεπτεμβρίου 2014	5	11,93	33,55%	12 Σεπτεμβρίου 2014	10	11,93	33,76%
8 Σεπτεμβρίου 2014	6	11,89	31,42%	12 Σεπτεμβρίου 2014	11	11,99	37,58%
8 Σεπτεμβρίου 2014	7	11,87	29,94%	12 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,05	41,40%
8 Σεπτεμβρίου 2014	8	11,88	30,57%	12 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,11	45,22%
8 Σεπτεμβρίου 2014	9	11,89	31,21%	12 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,17	49,04%
8 Σεπτεμβρίου 2014	10	11,91	32,48%	12 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,23	52,87%
8 Σεπτεμβρίου 2014	11	11,97	36,18%	12 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,29	56,69%
8 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,03	39,87%	12 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,31	57,96%
8 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,08	43,57%	12 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,32	58,60%
8 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,14	47,26%	12 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,32	58,60%
8 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,20	50,96%	12 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,31	57,96%
8 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,26	54,65%	12 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,30	57,32%
8 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,32	58,34%	12 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,28	56,05%
8 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,34	59,87%	12 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,25	53,95%
8 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,35	60,51%	12 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,21	51,85%
8 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,35	60,51%	13 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,18	49,75%
8 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,34	59,87%	13 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,15	47,64%
8 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,33	59,24%	13 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,12	45,54%
8 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,30	57,20%	13 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,08	43,44%
8 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,27	55,16%	13 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,05	41,34%
9 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,23	53,12%	13 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,02	39,24%
9 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,20	51,08%	13 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,01	38,85%
9 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,17	49,04%	13 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,00	38,22%
9 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,14	47,01%	13 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,00	38,22%
9 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,11	44,97%	13 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,06	41,85%
9 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,07	42,93%	13 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,11	45,48%
9 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,06	42,04%	13 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,17	49,11%
9 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,05	41,40%	13 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,23	52,74%
9 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,04	40,76%	13 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,29	56,37%

13 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,34	60,00%	17 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,75	85,99%
13 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,40	63,63%	17 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,74	85,35%
13 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,46	67,26%	17 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,72	84,08%
13 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,48	68,79%	17 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,69	81,96%
13 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,49	69,43%	17 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,65	79,83%
13 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,49	69,43%	18 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,62	77,71%
13 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,47	68,15%	18 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,59	75,59%
13 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,46	67,52%	18 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,55	73,47%
13 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,43	65,41%	18 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,52	71,35%
13 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,39	63,31%	18 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,49	69,23%
14 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,36	61,21%	18 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,45	67,11%
14 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,33	59,11%	18 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,44	66,24%
14 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,30	57,01%	18 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,43	65,61%
14 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,26	54,90%	18 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,42	64,97%
14 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,23	52,80%	18 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,43	65,61%
14 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,20	50,70%	18 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,47	67,83%
14 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,19	50,32%	18 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,50	70,06%
14 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,18	49,68%	18 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,54	72,29%
14 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,19	50,32%	18 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,55	73,25%
14 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,20	50,96%	18 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,59	75,48%
14 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,26	54,65%	18 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,62	77,71%
14 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,32	58,34%	18 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,63	78,34%
14 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,37	62,04%	18 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,64	78,98%
14 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,43	65,73%	18 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,64	78,98%
14 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,49	69,43%	18 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,63	78,34%
14 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,54	72,61%	18 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,62	77,71%
14 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,57	74,52%	18 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,61	77,07%
14 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,58	75,16%	18 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,58	74,95%
14 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,59	75,80%	18 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,54	72,82%
14 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,58	75,16%	19 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,51	70,70%
14 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,57	74,52%	19 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,48	68,58%
14 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,56	73,89%	19 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,44	66,46%
14 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,53	71,76%	19 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,41	64,33%
14 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,49	69,64%	19 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,38	62,21%
15 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,46	67,52%	19 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,34	60,09%
15 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,43	65,40%	19 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,33	59,24%
15 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,39	63,28%	19 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,32	58,60%
15 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,36	61,16%	19 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,31	57,96%
15 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,33	59,04%	19 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,32	58,60%
15 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,29	56,92%	19 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,37	61,46%
15 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,28	56,05%	19 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,41	64,33%
15 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,28	56,05%	19 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,46	67,20%
15 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,27	55,41%	19 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,50	70,06%
15 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,29	56,69%	19 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,56	73,89%
15 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,35	60,32%	19 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,62	77,71%
15 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,40	63,95%	19 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,67	80,57%
15 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,46	67,58%	19 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,67	80,89%
15 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,52	71,21%	19 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,66	80,25%
15 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,58	74,84%	19 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,67	80,89%
15 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,63	78,47%	19 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,66	80,25%
15 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,66	80,25%	19 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,64	78,98%
15 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,67	80,89%	19 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,61	76,86%
15 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,67	80,89%	19 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,57	74,74%
15 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,65	79,62%	20 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,54	72,61%
15 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,64	78,98%	20 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,51	70,49%
15 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,63	78,34%	20 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,47	68,37%
15 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,60	76,22%	20 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,44	66,24%
15 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,56	74,10%	20 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,41	64,12%
16 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,53	71,97%	20 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,37	62,00%
16 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,50	69,85%	20 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,36	61,15%
16 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,46	67,73%	20 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,35	60,51%
16 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,43	65,61%	20 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,35	60,51%
16 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,40	63,48%	20 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,36	61,15%
16 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,36	61,36%	20 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,42	64,97%
16 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,35	60,51%	20 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,48	68,79%
16 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,34	59,87%	20 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,54	72,61%
16 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,33	59,24%	20 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,60	76,43%
16 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,34	59,87%	20 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,64	78,73%
16 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,39	63,31%	20 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,67	81,02%
16 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,45	66,75%	20 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,71	83,31%
16 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,50	70,19%	20 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,72	84,08%
16 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,56	73,63%	20 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,72	84,08%
16 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,61	77,07%	20 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,71	83,44%
16 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,66	80,51%	20 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,69	82,17%
16 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,69	82,17%	20 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,69	82,17%
16 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,71	83,44%	20 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,66	80,04%
16 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,70	82,80%	20 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,62	77,92%
16 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,70	82,80%	21 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,59	75,80%
16 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,69	82,17%	21 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,56	73,67%
16 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,68	81,53%	21 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,52	71,55%
16 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,65	79,41%	21 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,49	69,43%
16 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,61	77,28%	21 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,46	67,30%
17 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,58	75,16%	21 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,42	65,18%
17 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,55	73,04%	21 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,41	64,33%
17 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,51	70,91%	21 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,40	63,69%
17 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,48	68,79%	21 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,39	63,06%
17 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,45	66,67%	21 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,41	64,33%
17 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,41	64,54%	21 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,46	67,52%
17 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,40	63,69%	21 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,51	70,70%
17 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,39	63,06%	21 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,57	74,52%
17 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,38	62,42%	21 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,63	78,34%
17 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,39	63,06%	21 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,70	82,80%
17 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,44	66,50%	21 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,75	85,99%
17 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,50	69,94%	21 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,79	88,54%
17 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,55	73,38%	21 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,80	89,17%
17 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,61	76,82%	21 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,80	89,17%
17 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,66	80,25%	21 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,79	88,54%
17 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,71	83,69%	21 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,78	87,90%
17 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,73	84,71%	21 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,77	87,26%
17 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,74	85,35%	21 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,74	85,14%
17 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,75	85,99%	21 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,70	83,01%

22 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,67	80,89%	24 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,63	78,34%
22 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,64	78,77%	24 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,65	79,62%
22 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,60	76,65%	24 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,68	81,53%
22 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,57	74,52%	24 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,69	82,17%
22 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,54	72,40%	24 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,70	82,80%
22 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,50	70,28%	24 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,70	82,80%
22 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,50	70,06%	24 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,68	81,53%
22 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,49	69,43%	24 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,67	80,89%
22 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,48	68,79%	24 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,66	80,25%
22 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,50	70,06%	24 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,65	79,62%
22 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,55	73,25%	24 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,62	77,49%
22 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,61	77,07%	24 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,58	75,37%
22 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,65	79,62%	25 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,55	73,25%
22 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,71	83,44%	25 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,52	71,13%
22 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,77	87,26%	25 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,48	69,00%
22 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,82	90,45%	25 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,45	66,88%
22 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,85	92,36%	25 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,42	64,76%
22 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,86	92,99%	25 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,38	62,63%
22 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,86	92,99%	25 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,37	61,78%
22 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,85	92,36%	25 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,36	61,15%
22 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,83	91,08%	25 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,35	60,51%
22 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,82	90,45%	25 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,39	63,06%
22 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,79	88,32%	25 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,42	64,97%
22 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,75	86,20%	25 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,44	66,24%
23 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,72	84,08%	25 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,44	66,24%
23 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,69	81,95%	25 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,43	65,61%
23 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,65	79,83%	25 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,42	64,97%
23 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,62	77,71%	25 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,43	65,61%
23 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,59	75,59%	25 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,43	65,61%
23 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,55	73,46%	25 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,42	64,97%
23 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,54	72,61%	25 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,41	64,33%
23 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,53	71,97%	25 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,40	63,69%
23 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,52	71,34%	25 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,39	63,06%
23 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,55	73,25%	25 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,38	62,42%
23 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,62	77,71%	25 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,35	60,30%
23 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,68	81,53%	25 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,31	58,17%
23 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,73	84,71%	26 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,28	56,05%
23 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,79	88,54%	26 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,25	53,93%
23 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,84	91,72%	26 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,21	51,80%
23 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,87	93,63%	26 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,18	49,68%
23 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,89	94,90%	26 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,15	47,56%
23 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,90	95,54%	26 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,11	45,44%
23 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,89	94,90%	26 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,29	56,69%
23 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,89	94,90%	26 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,28	56,05%
23 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,87	93,63%	26 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,27	55,41%
23 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,86	92,99%	26 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,26	54,78%
23 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,83	90,83%	26 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,27	55,41%
23 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,79	88,66%	26 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,30	57,32%
24 Σεπτεμβρίου 2014	1	12,76	86,50%	26 Σεπτεμβρίου 2014	13	12,34	59,87%
24 Σεπτεμβρίου 2014	2	12,72	84,33%	26 Σεπτεμβρίου 2014	14	12,35	60,51%
24 Σεπτεμβρίου 2014	3	12,69	82,17%	26 Σεπτεμβρίου 2014	15	12,36	61,15%
24 Σεπτεμβρίου 2014	4	12,66	80,00%	26 Σεπτεμβρίου 2014	16	12,36	61,15%
24 Σεπτεμβρίου 2014	5	12,62	77,83%	26 Σεπτεμβρίου 2014	17	12,35	60,51%
24 Σεπτεμβρίου 2014	6	12,59	75,67%	26 Σεπτεμβρίου 2014	18	12,34	59,87%
24 Σεπτεμβρίου 2014	7	12,58	75,16%	26 Σεπτεμβρίου 2014	19	12,33	59,24%
24 Σεπτεμβρίου 2014	8	12,57	74,52%	26 Σεπτεμβρίου 2014	20	12,32	58,60%
24 Σεπτεμβρίου 2014	9	12,56	73,89%	26 Σεπτεμβρίου 2014	21	12,30	57,32%
24 Σεπτεμβρίου 2014	10	12,55	73,25%	26 Σεπτεμβρίου 2014	22	12,29	56,69%
24 Σεπτεμβρίου 2014	11	12,54	72,61%	26 Σεπτεμβρίου 2014	23	12,26	54,78%
24 Σεπτεμβρίου 2014	12	12,59	75,80%	26 Σεπτεμβρίου 2014	24	12,23	52,87%

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

### *Τεχνικά χαρακτηριστικά Ελεγκτή Φόρτισης*



#### **Features:**

- Microcontroller digital accuracy
- PWM Charge mode
- State of charge (SOC)
- Temperature compensation
- Automatic detection of the voltage
- External temperature sensor
- Temperature compensation
- Double digital LED display, numbers equal to timer setting
- External temperature sensor

#### **Functions:**

- Short circuit protection
- Reverse polarity protection
- Reverse current protection at night
- Over charging or discharging protection
- Over load protection

#### **Display:**

- 4 LED indicators
- PV: Green charging
- Battery: Green-Yellow-Red
- Load: Red output on
- Red slow flashing& blinking shows mistakes
- The fourth double LED shows timers

#### **EPRC-ST Data Sheet:**

- Type: 12 Volt or 12/24 Volt auto work, 10 Amps (for PV and load)
- Equalisation voltage: 14.8Volt
- High voltage disconnect(HVD): 14.4Volt
- Float voltage: 13.6Volt
- Low voltage disconnect(LVD) 11.1Volt
- Low voltage reconnect(LVR): 12.6Volt
- Self-consumption: 6mA maximum
- Temperature compensation: -30mV/degree C/12V
- Terminals: for wire sizes to 6mm<sup>2</sup>



- Temperature: -35degree Cto +55degree C

### *Τεχνικά χαρακτηριστικά Λαμπτήρων Οικονομίας*



#### **Features:**

- CFL
- 200 Lumens - Equivalent to 35W incandescent bulb
- Color Temperature - 6400k - Day Light White
- Works with any DC 12V Battery or DC 12V power source
- Great for Use with Solar panels and Systems
- NOT SUITABLE FOR 110V - 240V AC / 12V DC Only !
- E27 plug / standard household socket
- 8000 hours lifetime

### *Τεχνικά χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού Πάνελ*



#### **Features:**

- Maximum power (Pmax): 40 W
- Open circuit voltage (Voc): 22,1V
- Short circuit current (Isc): 2,39A
- Maximum power point voltage (Vmp): 18,0V
- Maximum power point current (Imp): 2,22A
- Power tolerance:  $\pm 3\%$
- Maximumsystem voltage: DC 600V

- Weight: 5 kg
- Dimension: Length: 610 mm Width: 510 mm Height: 25 mm

**Certificates**

- TÜV: IEC 61730-1:2004, IEC 61730-2:2004, IEC 61215:2005,
- CE: EN 61000-6-1:2007 und EN 61000-6-3:2007
- ISO 9001:2008