

**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**Π.Μ.Σ. “ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ”**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Έξυπνο Σπίτι Ενεργειακά Αυτόνομο με τη χρήση Φωτοβολταϊκού  
Συστήματος**

**Αντώνιος Α. Τσικρισής**

**Εισηγητής: Δρ Ιωάννης Έλληνας, Καθηγητής**

**ΑΘΗΝΑ  
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2017**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Έξυπνο Σπίτι Ενεργειακά Αυτόνομο με την χρήση Φωτοβολταϊκού Συστήματος**

**Αντώνιος Α. Τσικριτσής  
Α.Μ. 0090**

**Εισηγητής:**

**Δρ Ιωάννης Έλληνας, Καθηγητής**

**Ημερομηνία εξέτασης:**



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Αντώνιος Τσικριτής του Αθανασίου, με αριθμό μητρώου ais0090. φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ Συστημάτων Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Ιωάννη Έλληνα για την επιστημονική παρακολούθηση, τις πολύτιμες οδηγίες και τις κατευθυντήριες γραμμές κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Επίσης ευχαριστώ και όλους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού προγράμματος για τις πολύτιμες γνώσεις και την ιδιαίτερη στήριξη που μας πρόσφεραν, ώστε να μπορούμε να αντεπεξέλθουμε στις απαιτήσεις ενός σύγχρονου και ιδιαίτερα απαιτητικού εργασιακού περιβάλλοντος

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω τη σύζυγο μου Ειρήνη καθώς και τα παιδιά μου Θάνο και Παναγιώτη, για την παρότρυνση, την υπομονή και την ψυχική βοήθεια καθ' όλη την διάρκεια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος.

Εύχομαι η εργασία μου να γίνει αποδεκτή ως μια μελέτη δημιουργική και χρήσιμη.





*Σε όλη τη διάρκεια της Ιστορίας, ο άνθρωπος έπρεπε να παλεύει με τη Φύση για να επιβιώσει. Σ' αυτόν τον αιώνα, έχει αρχίσει να συνειδητοποιεί ότι για να επιβιώσει, πρέπει να την προστατέψει.*

**Ζαν-Υβ Κουστώ, 1910-1997,  
Γάλλος ωκεανογράφος**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την κατασκευή ενός αυτόνομου ενεργειακά έξυπνου σπιτιού χωρίς σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο με την χρήση ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.

Αρχικά γίνεται παρουσίαση ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος και στην συνέχεια περιγράφεται πως μπορεί ένα έξυπνο σπίτι να χειρίζεται την αυτόνομη ενέργεια του από το φωτοβολταϊκό σύστημα, ώστε να καλύψει τις βασικές ανάγκες του.

Τέλος, γίνεται η παρουσίαση ενός «πραγματικού» ενεργειακά έξυπνου σπιτιού με αυτοματοποιημένο έλεγχο των βασικών συσκευών του, πλήρη απομακρυσμένη εποπτεία και μέγιστη ενεργειακή απόδοση.

## ABSTRACT

This diploma thesis deals with the construction of an autonomous energy-intelligent home without an electrical connection with the use of an autonomous photovoltaic system.

Initially, an autonomous photovoltaic system is presented, and then it is described how an intelligent house can handle its autonomous energy from the photovoltaic system in order to meet its basic needs.

Finally, a "real" energy-intelligent home is presented with automated control of its key devices, complete remote monitoring and maximum energy efficiency.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....                                                              | 17 |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</b> ....                 | 19 |
| 1.1 Ο Ήλιος πηγή ενέργειας.....                                                    | 19 |
| 1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....                                               | 20 |
| 1.3 Ηλιακή ενέργεια.....                                                           | 21 |
| 1.4 Ηλιακή Ακτινοβολία.....                                                        | 22 |
| 1.5 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....                                                 | 22 |
| 1.6 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων.....                  | 23 |
| 1.7 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων.....                                       | 24 |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΞΥΠΝΟ ΣΠΙΤΙ</b> .....                                              | 27 |
| 2.1 Ορίζοντας το έξυπνο Σπίτι.....                                                 | 27 |
| 2.2 Τι προσφέρει το έξυπνο σπίτι.....                                              | 28 |
| 2.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του έξυπνου Σπιτιού.....                       | 28 |
| 2.4 Πράσινο Σπίτι.....                                                             | 30 |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ</b> .....                                 | 31 |
| 3.1 Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.....                                             | 31 |
| 3.1.1 Φωτοβολταϊκά πάνελς.....                                                     | 32 |
| 3.1.2 Ρυθμιστής φόρτισης μπαταριών.....                                            | 34 |
| 3.1.3 Συσσωρευτές του φωτοβολταϊκού συστήματος.....                                | 38 |
| 3.1.4 Πίνακας ασφαλειών για τα φωτοβολταϊκά πάνελς.....                            | 41 |
| 3.1.5 Βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πάνελς.....                                | 41 |
| 3.1.6 Διακλαδωτήρες MC4.....                                                       | 42 |
| 3.1.7 Καλώδιο σύνδεσης συνεχούς ρεύματος για φωτοβολταϊκά πάνελς.....              | 43 |
| 3.1.8 Σύνδεσμοι καλωδίου MC4.....                                                  | 43 |
| 3.1.9 Καλώδιο σύνδεσης συνεχούς ρεύματος με τον Συσσωρευτή 16mm <sup>2</sup> ..... | 44 |
| 3.1.10 Μετατροπέας πραγματικού ημιτόνου 12VDC - 230VAC – 450W.....                 | 44 |
| 3.1.11 Σύστημα περιορισμού ισχύος θερμοσίφωνα.....                                 | 46 |
| 3.1.12 Ασφάλεια συσσωρευτών 200A τύπου ANL (Βαρέως τύπου μαχαιρωτή)                | 48 |

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.13 Ασφαλειοθήκη συσσωρευτών τύπου ANL.....                                                                           | 48 |
| 3.2 Ασύρματο Σύστημα ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.                                                      | 48 |
| 3.2.1 Arduino UNO R3 ATmega328P Board.....                                                                               | 50 |
| 3.2.2 RS485 Shield For Arduino.....                                                                                      | 51 |
| 3.2.3 Module USB to RS485 TTL Serial Converter Adapter FTDI interface<br>FT232RL/75176.....                              | 52 |
| 3.2.4 NRF24L01+ 2.4GHz Wireless RF Transceiver Module.....                                                               | 53 |
| 3.2.5 Socket Adapter for 8Pin NRF24L01+.....                                                                             | 54 |
| 3.2.6 Basic 16x2 Character LCD - White on Blue 5V (I <sup>2</sup> C Protocol).....                                       | 55 |
| 3.2.7 Surface Mounted Box UTP Cat.6 1-Port.....                                                                          | 56 |
| 3.2.8 UTP Standard Cable 2m - Cat5e.....                                                                                 | 57 |
| 3.2.9 Project Box 170x82x47mm Grey.....                                                                                  | 57 |
| 3.2.10 Τροφοδοτικό USB - 5V 1A.....                                                                                      | 58 |
| 3.3 Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα.....                                                             | 58 |
| 3.3.1 Arduino ATmega328P Nano V3.....                                                                                    | 60 |
| 3.3.2 Αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20 Αδιάβροχος. ....                                                                   | 61 |
| 3.3.3 Μπαταριοθήκη για μπαταρία ιόντων λιθίου Li-ion 18650.....                                                          | 62 |
| 3.3.4 Μπαταρία ιόντων Λιθίου NCR18650B 3350mAh.....                                                                      | 63 |
| 3.3.5 Κύκλωμα φόρτισης μπαταρίας Li-ion 3,7V με σταθεροποιημένη έξοδο<br>5V και τάση εισόδου 5V.....                     | 63 |
| 3.3.6 Τροφοδοτικό 110V-220V AC σε 5V DC σταθεροποιημένο 600 mA σε<br>πλαστική θήκη.....                                  | 65 |
| 3.4 Κεντρική μονάδα διαχείρισης όλων των ενεργειακών μεγεθών με<br>δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού..... | 66 |
| 3.4.1 Arduino MEGA2560 R3.....                                                                                           | 67 |
| 3.4.2 Ethernet Shield W5100 Network Board.....                                                                           | 68 |
| 3.4.3 Κάρτα μνήμης Τύπου MicroSD 4GB Class10.....                                                                        | 70 |
| 3.4.4 Οθόνη 20x4 Character LCD - White on Blue 5V (I <sup>2</sup> C Protocol).....                                       | 70 |
| 3.4.5 DS3231 Ρολόι πραγματικού χρόνου.....                                                                               | 71 |
| 3.4.6 Αισθητήρας Υγρασίας & Θερμοκρασίας DHT11.....                                                                      | 72 |
| 3.4.7 Φωτοαντίσταση 5mm GL5539.....                                                                                      | 73 |
| 3.4.8 Κουτί Κατασκευών 118x78x55mm Grey.....                                                                             | 74 |
| 3.4.9 Καλώδια - SM 3 Wire Assembly Female.....                                                                           | 75 |

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5 Μονάδα διαχείρισης ισχύος ελεγχόμενη από την Κεντρική μονάδα διαχείρισης.....                                                                    | 75  |
| 3.5.1 Πολύπριζο 4ων θέσεων 230V.....                                                                                                                 | 76  |
| 3.5.2 Ρελέ 5V 2-καναλιών 250V AC -10A με οπτοαποζεύκτες.....                                                                                         | 77  |
| 3.5.3 Καλώδια - SM 3 Wire Assembly Male.....                                                                                                         | 78  |
| 3.5.4 LED (Λευκό, Κόκκινο, Κίτρινο, Μπλε ).....                                                                                                      | 78  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ.</b>                                                                                      | 79  |
| 4.1 Συνδεσμολογία και λειτουργία Αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος....                                                                              | 79  |
| 4.1.1 Υπολογισμός αυτονομίας του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος...                                                                               | 82  |
| 4.2 Συνδεσμολογία και λειτουργία ασύρματου συστήματος ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.....                                             | 84  |
| 4.3 Συνδεσμολογία και λειτουργία ασύρματου συστήματος ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα.....                                                        | 89  |
| 4.4 Συνδεσμολογία και λειτουργία Κεντρικής μονάδας διαχείρισης όλων των ενεργειακών μεγεθών με δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού..... | 92  |
| 4.5 Συνδεσμολογία και λειτουργία μονάδας διαχείρισης ισχύος ελεγχόμενη από την Κεντρική μονάδα διαχείρισης.....                                      | 99  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΕΞΥΠΝΟΥ ΣΠΙΤΙΟΥ.....</b>                                                                                    | 101 |
| 5.1 Γενικά.....                                                                                                                                      | 101 |
| 5.2 Λειτουργία βελτιστοποίησης παραγωγής ισχύος.....                                                                                                 | 106 |
| 5.3 Γραφικές παραστάσεις κεντρικής μονάδας διαχείρισης.....                                                                                          | 107 |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....</b>                                                                                                  | 111 |
| 6.1 Συμπεράσματα από τη λειτουργία του συστήματος.....                                                                                               | 111 |
| 6.2 Προοπτικές.....                                                                                                                                  | 114 |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>                                                                                                                             | 115 |
| <b>ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....</b>                                                                                                                       | 115 |





## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας το ενεργειακό πρόβλημα εμφανίζεται οξύτερο από ποτέ, αφού τα ενεργειακά αποθέματα διαρκώς μειώνονται σε σχέση με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας που διαρκώς αυξάνονται.

Λύση του ενεργειακού προβλήματος αποτελούν η αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας, η μείωση της κατανάλωσης και η αντικατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πηγών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που χρησιμοποιούνται είναι η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η βιομάζα και η γεωθερμία.

Η σπουδαιότερη από τις ΑΠΕ είναι η ηλιακή ενέργεια η οποία με τη βοήθεια των φωτοβολταϊκών συστημάτων μετατρέπεται κατευθείαν σε ηλεκτρική.

Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε με την κατασκευή ενός αυτόνομου ενεργειακά έξυπνου σπιτιού, χωρίς σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο με τη χρήση ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.

Το Κεφάλαιο 1 της παρούσας εργασίας, αναφέρεται στην ηλιακή ενέργεια, το φωτοβολταϊκό φαινόμενο καθώς και στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η έννοια του έξυπνου σπιτιού μαζί με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά του.

Στη συνέχεια στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται αναλυτικά τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υλοποιηθούν οι 5 (πέντε) κατασκευές που αποτελούν το σύστημά μας και είναι το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, το ασύρματο σύστημα ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος, το ασύρματο σύστημα ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα, η κεντρική μονάδα διαχείρισης όλων των ενεργειακών μεγεθών με δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού και τέλος η μονάδα διαχείρισης ισχύος ελεγχόμενη από την κεντρική μονάδα διαχείρισης.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται οι συνδεσμολογίες και παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργία των επιμέρους κατασκευών του συστήματός μας.

Στο Κεφάλαιο 5 περιγράφεται η λειτουργία του ενεργειακά έξυπνου σπιτιού με σκοπό τη βελτιστοποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ο αυτόματος

τρόπος λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών και η δυνατότητα και παρακολούθησης και χειρισμού του συστήματος μέσω του Internet.

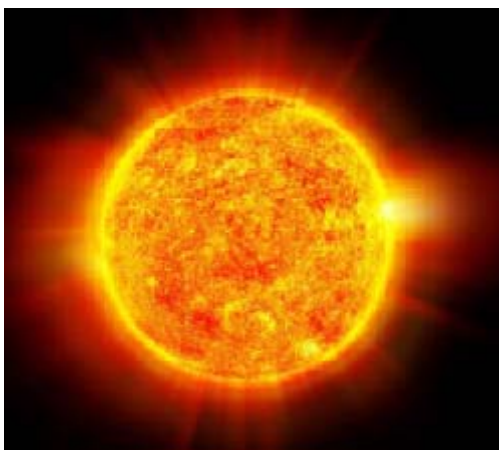
Τέλος στο Κεφάλαιο 6 ακολουθούν συμπεράσματα και προτάσεις που αφορούν τη βελτίωση του τρόπου λειτουργίας του συστήματός μας, αλλά και γενικότερα ενός έξυπνου ενεργειακά αυτόνομου σπιτιού.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

#### 1.1 Ο Ήλιος πηγή ενέργειας.

Ο Ήλιος είναι μια τεράστια πηγή ενέργειας και η ζωή στη γη εξαρτάται από αυτόν. Η ενέργεια που φτάνει τελικά στην επιφάνεια της Γης είναι ένα μικρό ποσοστό της συνολικής ενέργειας που παράγεται από αυτόν. Ακόμη και έτσι όμως, η ενέργεια που φθάνει στη Γη είναι 20.000 φορές περισσότερη από την ενέργεια που καταναλώνεται σε οποιαδήποτε μορφή.



**Εικόνα 1.1 Ο ΗΛΙΟΣ – Μια Αστείρευτη Πηγή Ενέργειας.**

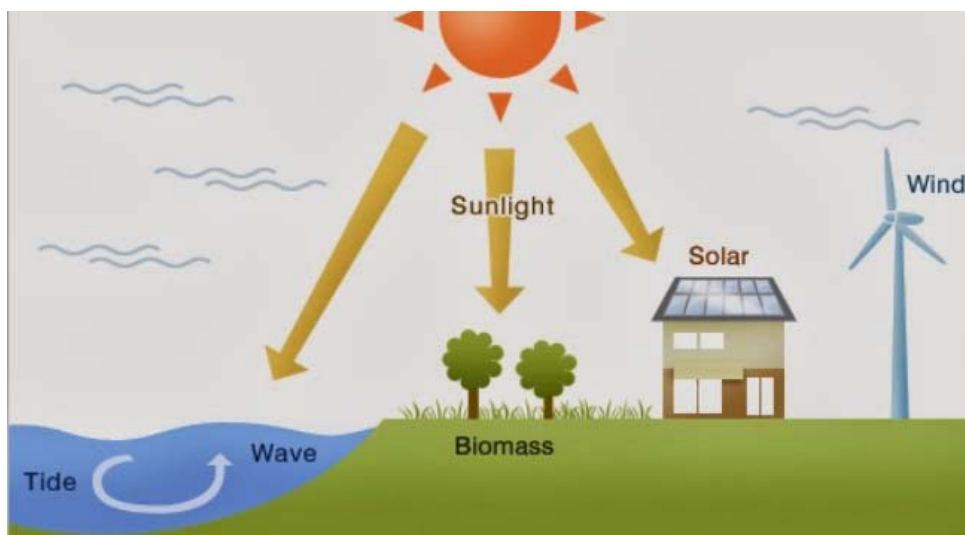
Στην αντίπερα όχθη το περιβάλλον σταδιακά «υποφέρει». Όλο και περισσότερα προβλήματα γεννιούνται ή γίνονται χειρότερα στο πέρασμα των χρόνων με κυρίαρχα το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη μείωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα. Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν μεγάλο μερίδιο ευθύνης για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, αφού χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη συμβατικά καύσιμα όπως πετρέλαιο, λιγνίτη κλπ.

Τα καύσιμα αυτά δεν είναι ανεξάντλητα. Με τον σημερινό ρυθμό κατανάλωσής τους υπολογίζεται ότι θα επαρκέσουν ακόμη το πολύ για 200 χρόνια, ενώ ο χρόνος ζωής του ήλιου υπολογίζεται σε περίπου 5.000.000.000 χρόνια.

Η ύπαρξη της παραπάνω κατάστασης οδήγησε την τεχνολογία να στραφεί προς την ανάπτυξη και εκμετάλλευση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) που είναι ανεξάντλητες, αλλά και ιδιαίτερα φιλικές προς το περιβάλλον.

## 1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ή *ήπιες μορφές ενέργειας*, ή *νέες πηγές ενέργειας*, ή *πράσινη ενέργεια* είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια.



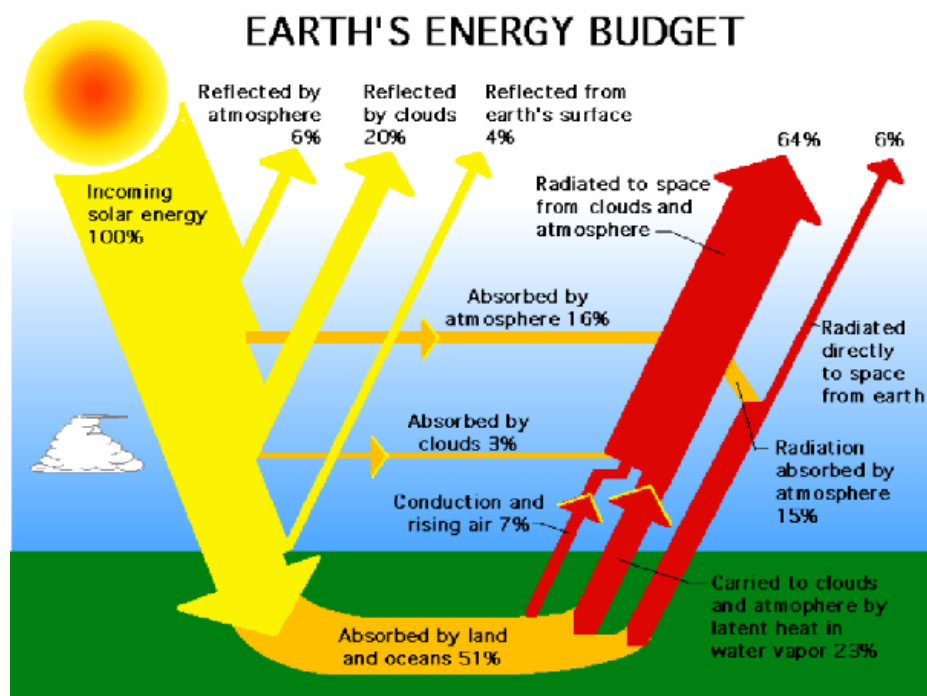
**Εικόνα 1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.**

Η σπουδαιότερη από τις ΑΠΕ είναι η ηλιακή ενέργεια, η οποία μετατρέπεται κατευθείαν σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Με αυτά μπορεί να καλυφθεί ένα μεγάλο κομμάτι της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια και ταυτόχρονα εξασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες για κάθε ηλεκτρική κιλοβατόρα που παράγεται από τον ήλιο ή από άλλες ΑΠΕ αποφεύγεται η έκλυση ενός κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η στροφή και η εκμετάλλευση των φιλικών προς το περιβάλλον ενεργειακών τεχνολογιών, αποτελεί σήμερα επιτακτική ανάγκη και ίσως ασφαλή διέξοδο για την αποτροπή μεγάλων και επικίνδυνων κλιματικών αλλαγών στον πλανήτη.

### 1.3 Ηλιακή ενέργεια.

Από την ενέργεια η οποία φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας:

- το ~31% ανακλάται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας της γης.
- το ~47% φθάνει μέχρι την επιφάνεια της γης.
- το ~23% συμβάλει στη δημιουργία των ανέμων, των κυμάτων και ρυθμίζει το κλίμα.



Εικόνα 1.3 Κατανομή Ηλιακής Ακτινοβολίας.

Η φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται από την θερμοκρασία του ήλιου που είναι περίπου 5.900 °K.

Το 99% της ηλιακής ενέργειας εμφανίζεται σε μήκος κύματος από 0.25 έως 4.0μm.

Σύμφωνα με την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας:

- Ορατό [ $\lambda$ : 0.39-0.77μm] περιέχει το 46.41% της ενέργειας,
- Υπεριώδες [ $\lambda < 0.4$  μm] περιέχει το 8.03% της ενέργειας
- Υπόλοιπο [ $\lambda > 0.77$ μm] περιέχει το 46.4% της ενέργειας

#### 1.4 Ηλιακή Ακτινοβολία.

Η προσπίπτουσα Ηλιακή Ακτινοβολία διακρίνεται στις παρακάτω κατηγορίες:

- 1) Άμεση ηλιακή ακτινοβολία, η οποία είναι η ηλιακή ακτινοβολία που λαμβάνεται χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα.  
Για να υπολογιστεί η φασματική κατανομή της πρέπει να είναι γνωστή η φασματική κατανομή της διαπερατότητας κάθε ατμοσφαιρικού συστατικού που συμβάλλει στη μείωση της ακτινοβολίας.
- 2) Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία, η οποία είναι η ηλιακή ακτινοβολία που έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα. Η φασματική κατανομή της, η οποία προσπίπτει σε οριζόντια επιφάνεια στο έδαφος είναι αποτέλεσμα σκεδάσεων και ανακλάσεων στην ατμόσφαιρα σε σχέση με το μήκος κύματος.
- 3) Ολική ηλιακή ακτινοβολία, η οποία είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται σε μια επιφάνεια. Η φασματική κατανομή της στο έδαφος, σε οριζόντια επιφάνεια, σε ανέφελο ουρανό υπολογίζεται ως το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος.

Στην προσπίπτουσα Ηλιακή Ακτινοβολία μας ενδιαφέρουν κυρίως δύο μεγέθη:

- 1) Η πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας  $I$  (irradiance,  $W/m^2$ ) που είναι ο ρυθμός με τον οποίο η ενέργεια που ακτινοβολείται πέφτει σε μία επιφάνεια, ανά μονάδα επιφάνειας.
- 2) Η πυκνότητα ενέργειας ακτινοβολίας  $H$  (irradiation,  $J/m^2$ ) που είναι η προσπίπτουσα σε μία επιφάνεια ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας και υπολογίζεται με την ολοκλήρωση της πυκνότητας ισχύος σε κάποιο χρονικό διάστημα (1 ώρα, 1 ημέρα).

#### 1.5 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το ηλιακό φως αποτελείται από σωματίδια τα οποία ονομάζονται φωτόνια. Τα φωτόνια έχουν κοινή ταχύτητα αλλά διαφορετική ενέργεια, ανάλογα με το μήκος κύματος της περιοχής του ηλιακού φάσματος στην οποία ανήκουν. Καθώς προσπίπτουν πάνω σε υλικό με ημιαγώγιμες ιδιότητες – φωτοβολταϊκό στοιχείο, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται. Τα φωτόνια με μεγάλη ενέργεια απορροφώνται και προκαλούν την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος,

αναγκάζοντας τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση, ενώ αυτά με χαμηλή ενέργεια διαπερνούν τον ημιαγωγό χωρίς καμία επίδραση. Θέλοντας να επιτύχουμε κάποια εξοικείωση με την ορολογία που θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω θα ήταν καλό να περιγραφούν τα εξής στοιχεία:

- 1) Φωτοβολταϊκό φαινόμενο ονομάζεται η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Για ευκολία, συνήθως χρησιμοποιούμε τη σύντμηση Φ/Β για τη λέξη "φωτοβολταϊκό" (photovoltaic - PV).
- 2) Φωτοβολταϊκό στοιχείο. Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα Φ/Β κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη (PV cell).
- 3) Φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας (PV module).
- 4) Φωτοβολταϊκό πανέλο. Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση (PV panel).
- 5) Φωτοβολταϊκή συστοιχία. Μια ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (PV array).
- 6) Φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Το τμήμα μιας Φ/Β εγκατάστασης που περιέχει Φ/Β στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα (PV generator).

### **1.6 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων.**

Με βάση επιστημονικές έρευνες, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν ένα 5-17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το ακριβές ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιούμε. Υπάρχουν π.χ διαθέσιμα στην αγορά τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, και τα άμορφα. Τα άμορφα έχουν χαμηλότερη απόδοση είναι όμως αρκετά φθηνότερα. Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών που έχει ο καθένας, του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής δυνατότητας.

Όλα τα φωτοβολταϊκά κατά κοινή ομολογία μοιράζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- 1) Μηδενική ρύπανση.
- 2) Αθόρυβη λειτουργία.

- 3) Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια).
- 4) Απαλλαγή από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές.
- 5) Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες.
- 6) Ελάχιστη συντήρηση.
- 7) Σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία. Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται κυρίως το σχετικά υψηλό κόστος αγοράς και η έλλειψη επιδοτήσεων. Τα φωτοβολταϊκά, όπως άλλωστε και όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), έχουν υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και ασήμαντο λειτουργικό κόστος, αντίθετα με τις συμβατικές ενεργειακές τεχνολογίες που συνήθως έχουν σχετικά μικρότερο αρχικό επενδυτικό κόστος και υψηλά λειτουργικά κόστη.

### **1.7 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων.**

Τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τα απομονωμένα συστήματα και τα συνδεδεμένα στο δίκτυο. Με τον όρο δίκτυο εννοούμε τα διακρατικό, εθνικό ή τοπικό δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές πηγές.

Στα απομονωμένα Φ/Β συστήματα (offgrid PV systems) συγκαταλέγονται αυτά που παράγουν ενέργεια, χωρίς να είναι συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο και διακρίνονται σε αυτόνομα και υβριδικά.

Στα αυτόνομα Φ/Β συστήματα η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται αποκλειστικά από τη Φ/Β συστοιχία και μπορεί να είναι συνεχούς (DC) ή εναλλασσόμενης (AC) τάσεως. Με τη σειρά τους αυτά τα συστήματα διακρίνονται σε δυο επιμέρους κατηγορίες:

Αυτόνομα Φ/Β συστήματα χωρίς αποθήκευση: Όσο προσπίπτει ηλιακή ακτινοβολία στη Φ/Β συστοιχία τόσο η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποδίδεται απευθείας στην κατανάλωση χωρίς να αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές. Τα συγκεκριμένα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άντληση νερού για άρδευση καλλιεργειών, όπου δεν απαιτείται η αυστηρά τακτική λειτουργία του συστήματος, όπως για παράδειγμα για κηπευτικά είδη.



Αυτόνομα Φ/Β συστήματα με αποθήκευση: Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για απευθείας τροφοδοσία των ηλεκτρικών καταναλώσεων και η περίσσεια αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές. Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας ή σε συννεφιασμένες μέρες. Σε ένα τέτοιο σύστημα απαιτείται ένας ελεγκτής φόρτισης και εφόσον υπάρχουν συσκευές που λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση θα πρέπει να προστεθεί και ένα μετατροπέας τάσης DC-AC (inverter). Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό των δρόμων, αρχαιολογικών χώρων, σε τηλεοπτικούς αναμεταδότες, εξοχικές κατοικίας κ.α.

Στην κατηγορία αυτή ανήκει και το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα που θα μελετήσουμε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Η μορφή ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος με αποθήκευση φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



**Εικόνα 1.4 Αναπαράσταση αυτόνομου Φ/Β συστήματος με αποθήκευση.**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΞΥΠΝΟ ΣΠΙΤΙ

#### 2.1 Ορίζοντας το έξυπνο Σπίτι

Το έξυπνο σπίτι είναι ένα σπίτι με «νοημοσύνη» που οι λειτουργίες του προσαρμόζονται με βάση τις ανάγκες και τις επιθυμίες του εκάστοτε χρήστη.

Παρέχει στον ιδιοκτήτη του ασφάλεια, ενεργειακή απόδοση, χαμηλό λειτουργικό κόστος και λειτουργικότητα.

Με τον όρο «έξυπνο σπίτι» ορίζουμε μια κατοικία που διαθέτει συσκευές, φωτισμό, θέρμανση, κλιματισμό, υπολογιστές, τηλεοράσεις, συστήματα ψυχαγωγίας, ασφάλεια, συστήματα κάμερας, που μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ελέγχονται από τηλεχειρισμό ή Η/Υ από οποιοδήποτε σημείο χρησιμοποιώντας το διαδίκτυο ή το τηλέφωνο.



Εικόνα 2.1 Το Έξυπνο Σπίτι

Η εγκατάσταση των έξυπνων προϊόντων δίνουν στο σπίτι και τους ιδιοκτήτες του ευκολία και εξοικονόμηση χρόνου, χρημάτων και ενέργειας. Η σχεδίαση και η υλοποίηση ενός έξυπνου σπιτιού σκοπό έχει να επιτύχει και ενεργειακή απόδοση,

που συνεπάγεται υψηλή απόδοση των συσκευών. Ταυτόχρονα μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση της τεχνολογίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως ηλιακών συλλεκτών.

Ο αυτόματος έλεγχος είναι ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των κτιρίων που θεωρούνται έξυπνα σπίτια. Δηλαδή οι λειτουργίες και οι δραστηριότητες των κατοικιών αυτών πραγματοποιούνται μέσω του προγραμματισμού και όχι από την ανθρώπινη προσπάθεια. Η αυτοματοποίηση σε ένα έξυπνο σπίτι προάγει ευκολία χρησιμοποιώντας την τελευταία λέξη της τεχνολογίας. Αυτό επιτυγχάνεται συχνά με διάφορους τρόπους συνδεσιμότητας και καλωδίωσης.

## **2.2 Τι προσφέρει το έξυπνο σπίτι**

Ένα έξυπνο σπίτι μας επιτρέπει ,όταν μένουμε μέσα να ενεργούμε χωρίς να χρειάζεται να μετακινούμαστε στους χώρους του και όταν είμαστε μακριά να έχουμε τη δυνατότητα να ενεργούμε σαν να ήμασταν εκεί. Οι λειτουργίες που μπορεί να ενσωματώσει ένα έξυπνο σπίτι αφορούν στο σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Αρχικά, το έξυπνο σπίτι προσφέρει ασφάλεια παράλληλα με την ποιότητα ζωής.

Κατά την διάρκεια του ύπνου το έξυπνο σπίτι μπορεί να ελέγξει τη θερμοκρασία και να τη ρυθμίσει σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη του ή να δυναμώνει και να χαμηλώνει την ένταση του φωτισμού. Όταν οι ιδιοκτήτες λείπουν από το σπίτι, να μπορεί να σβήνει τα φώτα και να ρυθμίζει κατάλληλα την θέρμανση ώστε να εξοικονομείται ενέργεια ή να ενεργοποιεί το σύστημα συναγερμού. Αλλά ακόμα κι όταν οι ιδιοκτήτες λείπουν να μπορεί να ελέγξει την ομαλή λειτουργία κάθε υποσυστήματος και να ενημερώνει μέσω e-mail τον ιδιοκτήτη.

Επίσης, υπάρχει και η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου από τον ιδιοκτήτη ώστε να μπορεί να επεμβαίνει στην λειτουργία του σπιτιού από οποιοδήποτε σημείο μέσω τηλεφώνου με αναγνώριση φωνητικών εντολών, είτε μέσω διαδικτύου.

## **2.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα του έξυπνου Σπιτιού**

Ένα έξυπνο σπίτι προσφέρει κυρίως τα εξής:

- 1) Άνεση, αφού ο χειρισμός όλων των συσκευών γίνεται από έναν κεντρικό υπολογιστή μέσω οθόνης αφής ή ακόμα και από απόσταση μέσω κινητού τηλεφώνου.
- 2) Ασφάλεια, εξαιτίας του γεγονότος ότι ο αριθμός των καλωδίων μειώνεται και η τάση του ρεύματος στους διακόπτες ελέγχου μειώνεται.
- 3) Εξοικονόμηση Ενέργειας, γιατί το έξυπνο σπίτι αποφασίζει με λογική την παύση λειτουργιών που καταναλώνουν άσκοπα ενέργεια.
- 4) Αισθητική, αφού τα υλικά και οι συσκευές του συστήματος συνδυάζουν την όμορφη διακόσμηση και διαρρύθμιση του χώρου με την τεχνολογία.

Αναλυτικότερα, σε επίπεδο ασφαλείας, το σπίτι διαχειρίζεται μόνο του καταστάσεις κινδύνου όπως π.χ φωτιά, διαρροή νερού οι οποίες και αντιμετωπίζονται χωρίς τη φυσική παρουσία του ιδιοκτήτη, αλλά με άμεση ενημέρωσή του μέσω τηλεφωνικής κλήσης ή ακόμη και εικόνων. Σε περίπτωση παραβίασης του χώρου, οι αισθητήρες συναγερμού ενεργοποιούνται και ξεκινάει αυτόματα η καταγραφή εικόνων.

Σε επίπεδο άνεσης, ο ιδιοκτήτης με το πάτημα ενός και μόνο κουμπιού μπορεί να θέσει το σπίτι σε κατάσταση αποχώρησης ή επιστροφής του σε αυτό.

Σε επίπεδο ενέργειας το «έξυπνο σπίτι» μπορεί να διαχειρίζεται και να ελέγχει την κατανάλωση ενέργειας κάθε οικιακής συσκευής και να παρουσιάζει τα δεδομένα αυτά στον ιδιοκτήτη .

Τέλος, σε επίπεδο αισθητικής το «έξυπνο σπίτι» δεν έχει να ζηλέψει σε τίποτα το παραδοσιακό σπίτι. Το μοντέρνο, το όμορφο και το πρακτικό συνδυάζονται αρμονικά, δημιουργώντας μια ευχάριστη ατμόσφαιρα στον χώρο, αφού όλα τα δωμάτια του σπιτιού είναι συνδεδεμένα με έναν κεντρικό υπολογιστή χωρίς παρουσία καλωδίων.

Το έξυπνο σπίτι απαιτεί προσοχή στην χρήση του γιατί μπορεί η αλόγιστη «εκμετάλλευσή» του να δημιουργήσει μειονεκτήματα όπως:

- 1) Το κόστος, αφού ακόμη και στην εποχή μας η δημιουργία ενός έξυπνου σπιτιού ενδέχεται να υπερβαίνει τις λογικές τιμές. Απαιτείται προσοχή και πολύ καλή έρευνα στα συστήματα που θα χρησιμοποιήσουμε.
- 2) Η υπερβολική αυτοματοποίηση οδηγεί τον άνθρωπο να στηρίζεται

μόνο σε μηχανές και αυτοματισμούς.

## 2.4 Πράσινο Σπίτι

Το έξυπνο σπίτι είναι και οικολογικό όχι μόνο γιατί προστατεύει το περιβάλλον, αλλά ταυτόχρονα γιατί μέσω του περιβάλλοντος λειτουργεί καλύτερα εξοικονομώντας ενέργεια. Για να κατανοήσουμε καλύτερα γιατί το έξυπνο σπίτι λειτουργεί και ως πράσινο, θα πρέπει πρωτίστως να κατανοήσουμε τι είναι το πράσινο σπίτι. Πράσινο σπίτι είναι ένα οικοδόμημα σχεδιασμένο ώστε να είναι φιλικό προς το περιβάλλον με έμφαση την αποτελεσματική χρήση της ενέργειας, του νερού και των οικοδομικών υλικών. Τα πράσινα σπίτια έχουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως ανθεκτικότητα, μειωμένο κόστος ενέργειας, νερού και συντήρησης. Παρότι η κατασκευή του κοστίζει ιδιαίτερα αλλά καθώς τα λειτουργικά κόστη είναι χαμηλά, η απόσβεση επιτυγχάνεται σε μερικά χρόνια.

Η κατασκευή μιας πράσινης κατοικίας μπορεί να περιλαμβάνει τις εξής εφαρμογές:

- 1) Εξωτερική και εσωτερική θερμομόνωση και ηχομόνωση της τοιχοποιίας και της ταράτσας.
- 2) Χρήση ενεργειακών επιχρισμάτων.
- 3) Τοποθέτηση θερμομονωτικών κουφωμάτων.
- 4) Τοποθέτηση ενεργειακών τζαμιών.
- 5) Χρήση καυστήρα νέας τεχνολογίας.
- 6) Ολική ή μερική ενεργειακή αυτονομία με φωτοβολταϊκά συστήματα, ανεμογεννήτριες, ηλιακούς θερμοσίφωνες κ.α.
- 7) Συστήματα εξοικονόμησης νερού.
- 8) Κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακόπτη και διπλά ενεργειακά τζάμια.
- 9) Φιλτράρισμα και καθαρισμό της εσωτερικής ατμόσφαιρας του σπιτιού με μεθόδους όπως ειδικά φυτά, μηχανικά φίλτρα, έξυπνες μεθόδους αερισμού.
- 10) Πρόσθετες λύσεις , όπως ηλιακή καμινάδα, φωτισμό με φωτιστικά νέας τεχνολογίας, συστήματα σκίασης και ηλιοπροστασίας, συστήματα για αερισμό και ψύξη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να υλοποιηθούν οι 5 (πέντε) κατασκευές που αποτελούν το σύστημά μας, ένα έξυπνο σπίτι ενεργειακά αυτόνομο με τη χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος. Οι επιμέρους κατασκευές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

| Επιμέρους κατασκευές που αναπτύχθηκαν |                                                                                                               |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Α/Α                                   | Κατασκευή                                                                                                     |
| 1                                     | Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.                                                                                |
| 2                                     | Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.                                               |
| 3                                     | Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης θερμοκρασίας Θερμοσίφωνα.                                                          |
| 4                                     | Κεντρική μονάδα διαχείρισης όλων των ενεργειακών μεγεθών με δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού. |
| 5                                     | Μονάδα διαχείρισης ισχύος ελεγχόμενη από την Κεντρική μονάδα διαχείρισης.                                     |

**Πίνακας 3.1 Επιμέρους κατασκευές**

#### 3.1 Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Εξαιτίας του γεγονότος, ότι το έξυπνο σπίτι μας δεν διαθέτει σύνδεση με το δίκτυο Ηλεκτρικού ρεύματος, εγκαταστάθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα ικανό να μας παρέχει ενέργεια για τις βασικές λειτουργίες του.

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι τα παρακάτω:

| Τα υλικά του Αυτόνομου Φωτοβολταϊκού Συστήματος |                                                |          |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------|
| Α/Α                                             | Υλικό                                          | Ποσότητα |
| 1                                               | Φωτοβολταϊκά πάνελς 250 Watt – πολυκρυσταλλικά | 3        |
| 2                                               | Ρυθμιστής φόρτισης μπαταριών Τεχνολογίας       | 1        |

|    |                                                         |          |
|----|---------------------------------------------------------|----------|
|    | MPPT 40 A                                               |          |
| 3  | Συσσωρευτής 12 V τεχνολογίας GEL 210 Ah                 | 1        |
| 4  | Πίνακας ασφαλειών για τα φωτοβολταϊκά                   | 1        |
| 5  | Βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών Στοιχείων             | 2        |
| 6  | Διακλαδωτήρες MC4                                       | 3        |
| 7  | Καλώδιο σύνδεσης συνεχούς ρεύματος DC 6 mm <sup>2</sup> | 10μ χ 2  |
| 8  | Σύνδεσμοι καλωδίου MC4                                  | 2        |
| 9  | Καλώδιο σύνδεσης με μπαταρίες DC 16 mm <sup>2</sup>     | 2,5μ χ 2 |
| 10 | Μετατροπέας πραγματικού ημιτόνου 230VAC – 450W          | 1        |
| 11 | Σύστημα περιορισμού ισχύος Θερμοσίφωνα                  | 1        |
| 12 | Ασφάλεια συσσωρευτών 200A τύπου ANL                     | 1        |
| 13 | Ασφαλειοθήκη τύπου ANL                                  | 1        |

**Πίνακας 3.2 Υλικά αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος**

### 3.1.1 Φωτοβολταϊκά πάνελς.

Τα φωτοβολταϊκά πάνελς είναι η μονάδα παραγωγής ενέργειας του έξυπνου σπιτιού. Υπάρχουν 3 βασικές κατηγορίες φωτοβολταϊκών πάνελς. Τα μονοκρυσταλλικά, τα πολυκρυσταλλικά και τα πάνελς άμορφου πυριτίου.

Για τις ανάγκες μας χρησιμοποιήθηκαν 3 πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πάνελς ονομαστικής ισχύος 250 W με δυνατότητα μέγιστης απόδοσης παραγωγής 750 Watt εξαιτίας της οικονομικής τιμής τους, της πολύ καλής απόδοσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αλλά και της ικανοποιητικής απόδοσης κατά τους χειμερινούς μήνες, σε σχέση με το μέγεθός τους.



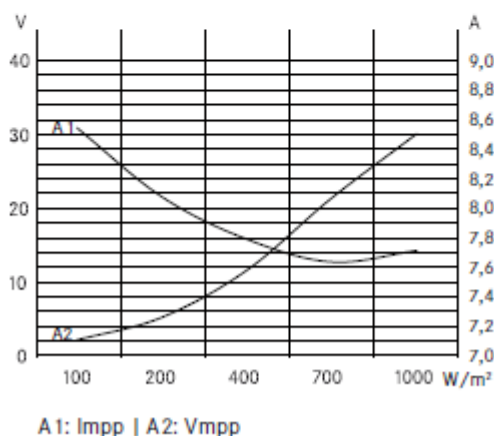
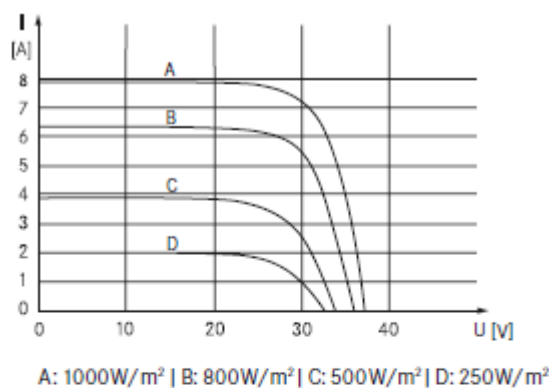


**Εικόνα 3.1 φωτοβολταϊκό πάνελ**

Τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πάνελς, καθώς και οι καμπύλες απόδοσής τους παρουσιάζονται παρακάτω:

| <b>Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πάνελς</b>   |                                          |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Ηλεκτρικά δεδομένα</b>                    | <b>Τιμή</b>                              |
| Ονομαστική ισχύς $P_{mp}$ [Wp]               | 250,00 Wp                                |
| Εύρος $P_{mp}$ από                           | 251,50 Wp                                |
| Εύρος $P_{mp}$ έως                           | 256,49 Wp                                |
| Ονομαστικό ρεύμα $I_{mp}$ [A]                | 8,16 A                                   |
| Ονομαστική τάση $V_{mp}$ [V]                 | 30,83 V                                  |
| Ρεύμα βραχυκυκλώματος $I_{sc}$ [A]           | 8,61 A                                   |
| Τάση άνευ φορτίου $U_{oc}$ [V]               | 37,41 V                                  |
| Βαθμός απόδοσης σε STC                       | 15,46 %                                  |
| Βαθμός απόδοσης σε 200 W/m <sup>2</sup>      | 14,93 %                                  |
| NOCT [°C]                                    | 47 ± 2 °C                                |
| <b>Τεχνικές πληροφορίες</b>                  |                                          |
| Διαστάσεις πλαισίου (Μ x Π x Υ) <sup>2</sup> | 1.640 χιλ. x 992 χιλ. x 45 χιλ.          |
| Βάρος                                        | 19,5 κιλά                                |
| Καλώδια σύνδεσης                             | 4 mm <sup>2</sup> ηλιακό καλώδιο, 1,0 μ. |
| Σύνδεση                                      | σύστημα σύνδεσης, (IP65) MC4             |

**Πίνακας 3.3 Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πάνελς**



**Εικόνα 3.2** Χαρακτηριστικές καμπύλες απόδοσης των φωτοβολταϊκών πάνελς.

### 3.1.2 Ρυθμιστής φόρτισης μπαταριών.

Ο ρυθμιστής φόρτισης των μπαταριών είναι η συσκευή που αναλαμβάνει τη φόρτιση των μπαταριών του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος και τη διακοπή της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, όταν είναι πλήρως φορτισμένες.

Υπάρχουν 3 (τρεις) βασικές κατηγορίες ρυθμιστών φόρτισης. Οι απλοί ρυθμιστές φόρτισης, οι ρυθμιστές φόρτισης τύπου PWM (Pulse Width Modulation) και οι ρυθμιστές φόρτισης μέγιστου σημείου ισχύος (MPPT - Maximum Power Point Tracking).

Στην εγκατάσταση μας επιλέχθηκε ρυθμιστής φορτιστής τύπου MPPT λόγω του αυξημένου βαθμού απόδοσης, σε σχέση με τους άλλους τύπους, αλλά και της ευελιξίας που μας δίνει στην σύνδεση των φωτοβολταϊκών πάνελς σε σχέση με τους διαθέσιμους συσσωρευτές.



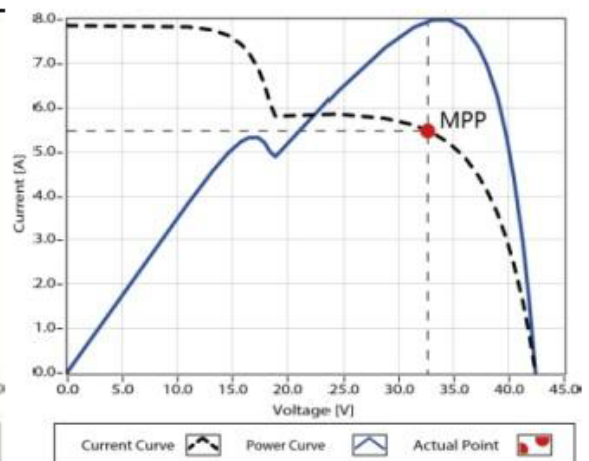
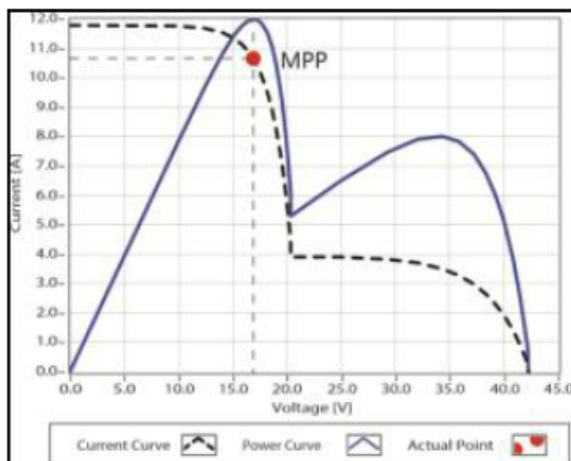
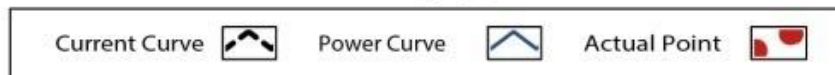
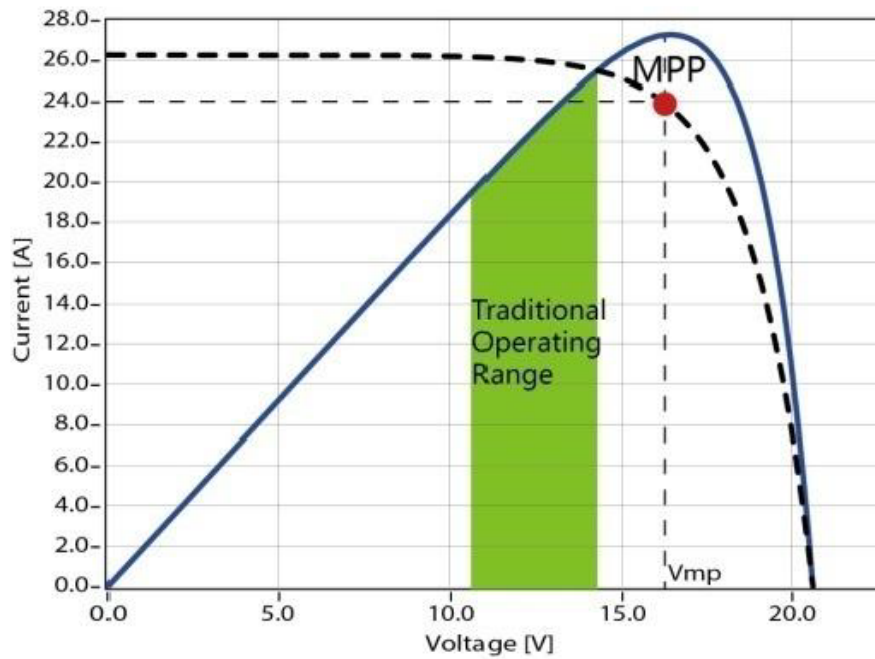
**Εικόνα 3.3 Ρυθμιστής φόρτισης.**

Τα χαρακτηριστικά του ρυθμιστή φόρτισης καθώς και οι καμπύλες παρακολούθησης μέγιστου σημείου ισχύος εικονίζονται παρακάτω:

| <b>Χαρακτηριστικά Ρυθμιστή Φόρτισης</b>                        |
|----------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                  |
| Μέγιστο Ρεύμα Φόρτισης: 40A                                    |
| Μέγιστη Ονομαστική Κατανάλωση Εισόδου: 12V / 520W -24V / 1040W |
| Ονομαστική Τάση Συστήματος : 12VDC   24VDC                     |
| Μέγιστη τάση Ανοικτού Κυκλώματος (Max voltage PV) : 150VDC     |
| Θερμοκρασία λειτουργίας : -35 με 55 C                          |
| Υγρασία : <=95 % NC                                            |
| Προστασία: IP30                                                |
| Αυτοκατανάλωση : < 60mA ( 12V ), <30mA(24V)                    |
| Βαθμός Απόδοσης 98 %                                           |
| Θύρα διασύνδεσης RS-485                                        |
| <b>Ηλεκτρονικές προστασίες</b>                                 |
| Προστασία από βραχυκύκλωμα στην πλευρά των φωτοβολταϊκών       |
| Προστασία αποφόρτισης.                                         |
| Προστασία υπερφόρτισης.                                        |

|                                                   |
|---------------------------------------------------|
| Προστασία από Υπερφόρτωση φορτίου                 |
| Προστασία από βραχυκύκλωμα στα φορτία             |
| Προστασία από ανάποδη πολικότητα φωτοβολταϊκών    |
| Προστασία από λάθος σύνδεση πολικότητας μπαταρίας |

Πίνακας 3.4 Χαρακτηριστικά του Ρυθμιστή Φόρτισης



Εικόνα 3.4 Καμπύλες παρακολούθησης μέγιστου σημείου ισχύος

| System voltage | 36cell Voc<23V |      | 48cell Voc<31V |      | 54cell Voc<34V |      | 60cell Voc<38V |      |
|----------------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|
|                | MAX.           | Best | MAX.           | Best | MAX.           | Best | MAX.           | Best |
| 12V            | 4              | 2    | 2              | 1    | 2              | 1    | 2              | 1    |
| 24V            | 6              | 3    | 4              | 2    | 4              | 2    | 3              | 2    |

| System voltage | 72cell Voc<46V |      | 96cell Voc<62V |      | Thin-Film Module Voc>80V |
|----------------|----------------|------|----------------|------|--------------------------|
|                | MAX.           | Best | MAX.           | Best |                          |
| 12V            | 2              | 1    | 1              | 1    | 1                        |
| 24V            | 3              | 2    | 2              | 2    | 1                        |

**Πίνακας 3.5 Πιθανοί δυνατοί συνδυασμοί συνδεσμολογίας φωτοβολταϊκών πάνελς.**

Στον παραπάνω πίνακα μπορούμε να δούμε τους πιθανούς τρόπους σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πάνελς. Στην περίπτωση μας τα φωτοβολταϊκά πάνελς είναι 60 στοιχείων και έχουν μέγιστη τάση 37 Volt, οπότε επιλέχθηκε η παράλληλη συνδεσμολογία και των 3 (τριών) πάνελς, αφού αποτελεί τον αποδοτικότερο τρόπο σύνδεσης, χρησιμοποιώντας τάση λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος τα 12 Volt.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι έχει γίνει oversizing στο τμήμα των φωτοβολταϊκών πάνελς, κάτι που δεν μπορεί να γίνει με όλους τους ρυθμιστές φόρτισης, αφού έχουμε σύνδεση 750 Watt ισχύος, σε ρυθμιστή φόρτισης με μέγιστη ωφέλιμη ισχύ εισόδου τα 520 Watt στα 12 Volt λειτουργίας συστήματος.

Σε άλλους ρυθμιστές φόρτισης, χωρίς περιορισμό ρεύματος, η διαμόρφωση αυτή θα μπορούσε να καταστρέψει το ρυθμιστή φόρτισης.

| Rated Charge Current | Rated Charge Power    | Max. PV Array Power    | Max. PV open circuit voltage           |
|----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------------------|
| 10A                  | 130W/12V<br>260W/24V  | 390W/12V<br>780W/24V   | 150V <sup>①</sup><br>138V <sup>②</sup> |
| 20A                  | 260W/12V<br>520W/24V  | 780W/12V<br>1560W/24V  |                                        |
| 30A                  | 390W/12V<br>780W/24V  | 1170W/12V<br>2340W/24V |                                        |
| 40A                  | 520W/12V<br>1040W/24V | 1560W/12V<br>3120W/24V |                                        |

**Πίνακας 3.6 Μέγιστη πιθανή ισχύς εισόδου στον ρυθμιστή φόρτισης**

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι στον συγκεκριμένο ρυθμιστή φόρτισης μπορούμε να έχουμε σαν είσοδο ισχύος φωτοβολταϊκών πάνελς μέχρι 1560 Watt (Τάση λειτουργίας 12 Volt, 40 A Ονομαστική ένταση φόρτισης). Η μέγιστη ισχύς που αποδίδεται στην μπαταρία περιορίζεται στα 520 Watt, αλλά έχουμε καλύτερη απόδοση όλου του συστήματος κατά τους χειμερινούς μήνες που δεν έχουμε τη μέγιστη απόδοση των πάνελς, λόγω χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας ή συννεφιάς.

### 3.1.3 Συσσωρευτές του φωτοβολταϊκού συστήματος

Οι συσσωρευτές σε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελούν το βασικότερο τμήμα, αφού επιθυμούμε να έχουμε διαθέσιμη ενέργεια όλη την διάρκεια του 24ώρου και όχι μόνο όταν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία.

Υπάρχουν πολλοί τύποι συσσωρευτών, αλλά πολύ λίγοι είναι κατάλληλοι για τη λειτουργία ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος. Βασικό χαρακτηριστικό που θα πρέπει να έχει ένας συσσωρευτής για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι να αντέχει σε «βαθείς» εκφορτίσεις χωρίς να καταστρέφεται. Οι συνηθέστεροι τύποι συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ειδικής κατασκευής μπαταρίες μολύβδου. Μερικούς βασικούς τύπους συσσωρευτών μολύβδου μπορούμε να δούμε στον παρακάτω πίνακα:

| <b>Συσσωρευτές κατάλληλοι για φωτοβολταϊκά συστήματα</b> |                                                                                   |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τύπος συσσωρευτή</b>                                  | <b>Αναμενόμενοι κύκλοι φορτίσεων / εκφορτίσεων σε 50% DoD (Deep of Discharge)</b> |
| Συσσωρευτές AGM 12 V κλειστού τύπου                      | 600                                                                               |
| Συσσωρευτές GEL 12 V κλειστού τύπου                      | 1200                                                                              |
| Μπαταρίες Ανοιχτού Τύπου 2V SOPzS ανοιχτού τύπου         | 2500                                                                              |
| Μπαταρίες Κλειστού Τύπου 2V SOPzV GEL                    | 2500                                                                              |
| Μπαταρίες Ανοιχτού Τύπου 2V OPzS ανοιχτού τύπου          | 2500                                                                              |
| Μπαταρίες Κλειστού Τύπου 2V OPzV GEL                     | 3000                                                                              |

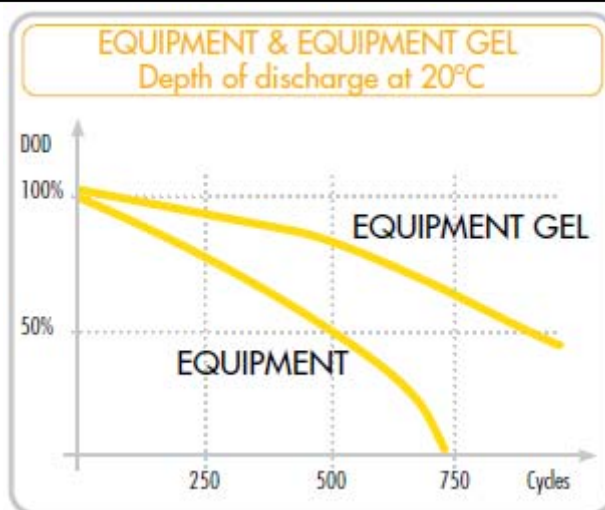
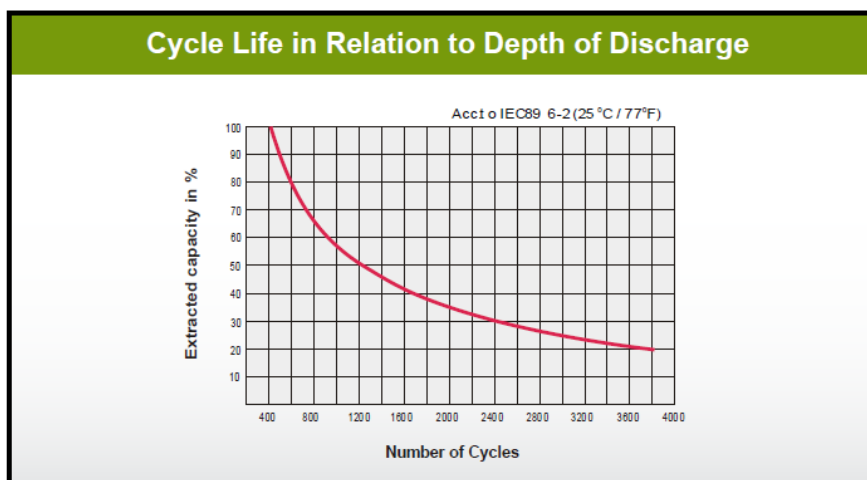
**Πίνακας 3.7 Συσσωρευτές κατάλληλοι για φωτοβολταϊκά συστήματα**

Στο σύστημα μας χρησιμοποιήθηκε ένας συσσωρευτής GEL 12 V κλειστού τύπου με χωρητικότητα 210 Ah. Ο συγκεκριμένος συσσωρευτής μπορεί να αποδώσει μέχρι 2,4 kWh, χωρίς να υπερβεί το συνιστώμενο όριο αποφόρτισης του (DoD - Deep of Discharge). Η διάρκεια ζωής του μπορεί να φτάσει τα 5 χρόνια με την κατάλληλη φροντίδα (αποφορτίσεις έως 30%) που θα εξασφαλίσει το σύστημα αυτόματης διαχείρισης ενέργειας που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της μελέτης.



**Εικόνα 3.5 Συσσωρευτής αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος τεχνολογίας GEL - Deep Cycle 12 V - 210 Ah.**

Οι αναμενόμενοι κύκλοι φορτίσεων / εκφορτίσεων μπορούν να διπλασιαστούν αν ο ρυθμός DoD (Deep of Discharge) είναι 30%, ανάλογα με τον τύπο της μπαταρίας.



**Εικόνα 3.6 Καμπύλες διάρκειας ζωής του συσσωρευτή σε σχέση με τον βαθμό εκφόρτισης των συσσωρευτών (DoD - Deep of Discharge).**

Οι συσσωρευτές ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι από τα πιο ακριβά του τμήματα, ενώ η διάρκεια ζωής τους είναι σχετικά μικρή σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά. Ένας βασικός στόχος αυτής της εργασίας ήταν να επιτευχθεί η ελάχιστη δυνατή καταπόνηση των συσσωρευτών, ώστε να αποκτήσουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και να είναι συμφέρουσα η λειτουργία ενός ενεργειακά αυτόνομου σπιτιού, σε σχέση με την κόστος που θα είχαμε αν το σπίτι ήταν συνδεδεμένο με το ηλεκτρικό δίκτυο.

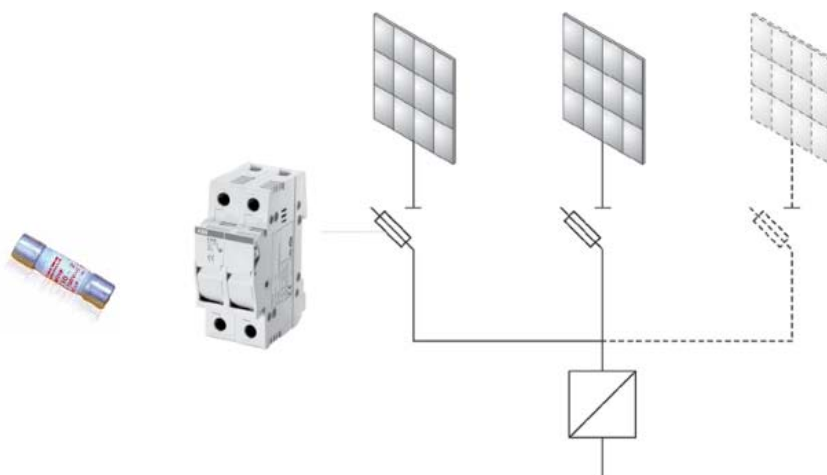
Παράλληλα το Ενεργειακά Αυτόνομο Έξυπνο σπίτι μπορεί να εκμεταλλεύεται την περίοδο μέγιστης ηλιοφάνειας και παραγωγής ισχύος ( 4-7 ώρες ημερησίως )



για να λειτουργεί πολύ «ενεργοβόρες» συσκευές όπως κλιματιστικό, αφυγραντήρας και θερμοσίφωνα, χωρίς να καταπονούνται οι συσσωρευτές. Αυτό επιτυγχάνεται διανέμοντας την επιπλέον ενέργεια στα συστήματα αυτά, μέσω της συνεχούς παρακολούθησης των ενεργειακών μεγεθών του συστήματος και του αυτόματου ελέγχου των συσκευών ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν.

### 3.1.4 Πίνακας ασφαλειών για τα φωτοβολταϊκά πάνελς.

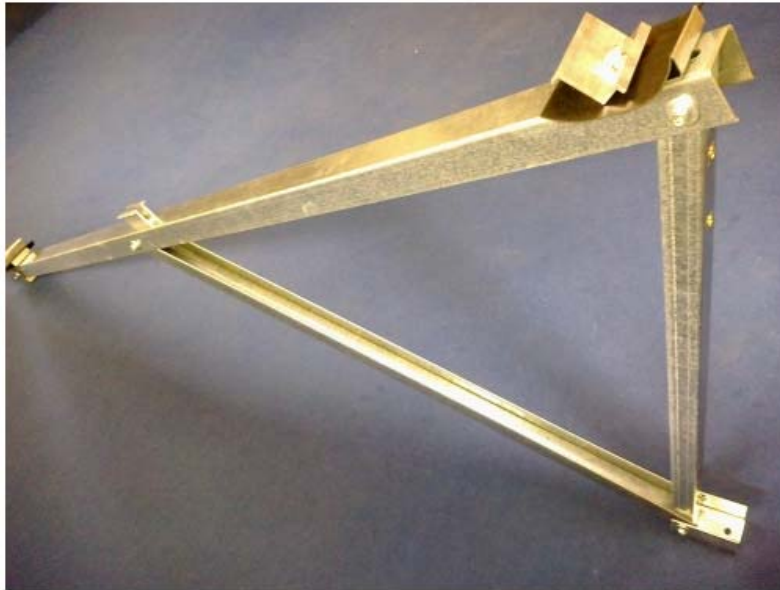
Για την προστασία του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος χρησιμοποιήθηκαν ασφάλειες τύπου φυσιγγίου για την σύνδεση των φωτοβολταϊκών πάνελς με τον ρυθμιστή φόρτισής και την προστασία το συστήματος από εξωτερικές υπερτάσεις και αιχμές ρεύματος.



Εικόνα 3.7 Ασφαλειοαποζεύκτες E90PV και κυλινδρικές ασφάλειες.

### 3.1.5 Βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πάνελς.

Για τη στήριξη των φωτοβολταϊκών πάνελς χρησιμοποιήθηκαν 4 (τέσσερα) τρίγωνα στήριξης για 2(δύο) φωτοβολταϊκά πάνελς σε διάταξη Landscape για την εξοικονόμηση χώρου στην ταράτσα του σπιτιού, με δυνατότητα στήριξης 4 (τεσσάρων) φωτοβολταϊκών πάνελς.



**Εικόνα 3.8 Βάσεις στήριξης για 2 Φωτοβολταϊκά πάνελ σε διάταξη Landscape.**

### **3.1.6 Διακλαδωτήρες MC4.**

Για την παράλληλη σύνδεση των φωτοβολταϊκών πάνελς χρησιμοποιήθηκαν 2 (δύο) σετ συνδέσμων διακλαδωτήρες MC4 (συμβατοί με τα πρότυπα στεγανοποίησης IP67) απαραίτητοι για τη διασύνδεση και τη στεγανοποίηση της σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πάνελς με το κεντρικό καλώδιο σύνδεσης του ρυθμιστή φόρτισης.



**Εικόνα 3.9 Διακλαδωτήρες MC4.**

### **3.1.7 Καλώδιο σύνδεσης συνεχούς ρεύματος για φωτοβολταϊκά πάνελς.**

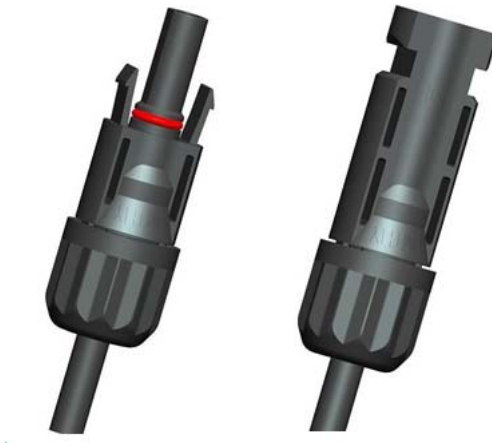
Για τη σύνδεση των φωτοβολταϊκών πάνελς χρησιμοποιήθηκε ειδικό καλώδιο SOLAR 6 mm<sup>2</sup> εύκαμπτο με μεγάλη αντοχή στις καιρικές συνθήκες.



**Εικόνα 3.10 Καλώδιο εύκαμπτο PV1-F 1X6mm<sup>2</sup>**

### **3.1.8 Σύνδεσμοι καλωδίου MC4.**

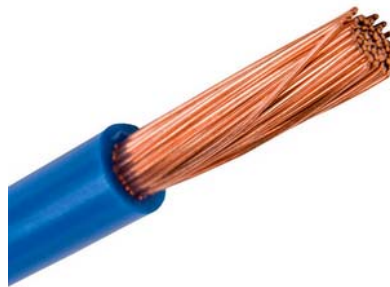
Για τη σύνδεση του καλωδίου συνεχούς ρεύματος 6mm<sup>2</sup> με τα φωτοβολταϊκά πάνελς χρησιμοποιήθηκε ένα ζεύγος συνδέσμων MC4 συμβατών με τα πρότυπα στεγανοποίησης IP67.



**Εικόνα 3.11 Σύνδεσμοι καλωδίου MC4 (MALE – FEMALE).**

### **3.1.9 Καλώδιο σύνδεσης συνεχούς ρεύματος με τον Συσσωρευτή 16mm<sup>2</sup>.**

Για την σύνδεση του Ρυθμιστή φόρτισης με τον Inverter και τον Συσσωρευτή χρησιμοποιήθηκε καλώδιο διατομής 16 mm<sup>2</sup> για την ελαχιστοποίηση των απωλειών, λόγω της χαμηλής τάσης του συστήματος (12V) και τις υψηλές απαιτήσεις σε παροχή ρεύματος (40+ A).



**Εικόνα 3.12 Καλώδιο εύκαμπτο H07V-K 1X16mm<sup>2</sup>**

### **3.1.10 Μετατροπέας πραγματικού ημιτόνου 12VDC - 230VAC – 450W.**

Οι οικιακές συσκευές στην Ελλάδα λειτουργούν με ονομαστική τάση 230V. Για το έξυπνο ενεργειακά αυτόνομο σπίτι και την δοκιμαστική λειτουργία επιλέχθηκε ένας μετατροπέας πραγματικού ημιτόνου με τάση εισόδου 12 V DC και τάση εξόδου 230V AC, ονομαστικής ισχύος 450W, λόγω της χαμηλής αυτοκατανάλωσης, του καλού βαθμού απόδοσης του και της υψηλής απόδοσης

στιγμιαίας ισχύος (SPIKE) που μπορεί να φτάσει τα 900W. Ο συγκεκριμένος μετατροπέας περιλαμβάνει και ρυθμιστή φόρτισης τύπου MPPT (υποστήριξη ρεύματος εισόδου από το φωτοβολταϊκά πάνελς έως 11A – 500W ισχύς φωτοβολταϊκών πάνελς) που χρησιμοποιήθηκε για τις αρχικές δοκιμές του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.



**Εικόνα 3.13 Μετατροπέας 230V ονομαστικής ισχύος 450W**

Τα χαρακτηριστικά του μετατροπέα πραγματικού ημιτόνου 230VAC – 450W μπορούμε να τα δούμε στον παρακάτω πίνακα:

| <b>Χαρακτηριστικά Μετατροπέα πραγματικού ημιτόνου 12VDC-230VAC–450W</b> |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Ηλεκτρικά δεδομένα</b>                                               | <b>Τιμή</b>                             |
| Ονομαστική ισχύς                                                        | 450 W                                   |
| Μέγιστη Ισχύς                                                           | 500W (60 δευτ.)<br>900 W (Ισχύς Αιχμής) |
| Τύπος Μετατροπέα                                                        | Πραγματικού ημιτόνου<br>(THD<3%)        |
| Τάση Μπαταρίας                                                          | 12 V                                    |
| Ένταση Ρεύματος                                                         | 50 A                                    |
| Ρεύμα Ηρεμίας (Χωρίς φορτίο)                                            | 1,1 A                                   |
| Μέγιστο ρεύμα εισόδου Φωτοβολταϊκών                                     | 11 A                                    |
| Τάση εισόδου φωτοβολταϊκών πάνελ                                        | 25-50 V                                 |
| Ισχύς εισόδου Φωτοβολταϊκών                                             | 500 W                                   |
| Βαθμός απόδοσης Ρυθμιστή φόρτισης                                       | 98 %                                    |
| Βαθμός απόδοσης Inverter                                                | 86 %                                    |

| Τεχνικές πληροφορίες                |                                          |
|-------------------------------------|------------------------------------------|
| Διαστάσεις (Μ x Π x Υ) <sup>2</sup> | 205 χιλ. x 158 χιλ. x 67 χιλ.            |
| Βάρος                               | 2,35 κιλά                                |
| Θερμοκρασία Λειτουργίας             | -20~+40°C@100% Φορτίο<br>60°C@50% Φορτίο |
| MTBF                                | >58000 Ώρες                              |

**Πίνακας 3.8 Χαρακτηριστικά του μετατροπέα πραγματικού ημιτόνου  
12VDC-230VAC-450W**

### 3.1.11 Σύστημα περιορισμού ισχύος Θερμοσίφωνα.

Ο ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας (και το ηλεκτρικό κύκλωμα θέρμανσης ενός ηλιακού θερμοσίφωνα) είναι μια από τις συσκευές με την υψηλότερη ισχύ κατανάλωσης σε όλο το σπίτι. Η συνήθης ισχύς που απαιτείται για τη λειτουργία ενός απλού θερμοσίφωνα είναι 4000 W, ισχύς που είναι απαγορευτική για ένα μικρό (σαν το δικό μας) ή μέσο αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα. Αν υποθέσουμε ότι είχαμε αρκετά μεγάλες μπαταρίες για να υποστηρίξουν μια τέτοια κατανάλωση το ρεύμα που θα περνούσε από το κύκλωμα των 12V θα ήταν 333 Ampere, ενώ ο μετατροπέας θα έπρεπε να μπορεί να μας παρέχει συνεχή ισχύ τουλάχιστον 4000 Watt.

Ο θερμοσίφωνας του έξυπνου σπιτιού έχει ονομαστική ισχύ 1500 Watt . Επειδή η ισχύς αυτή είναι μεγάλη για τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος, προστέθηκε ένα κύκλωμα περιορισμού ισχύος (SCR Voltage Regulator) πριν τον θερμοσίφωνα που περιορίζει την ισχύ που αυτός καταναλώνει στα 400W. Έτσι μπορεί να λειτουργήσει με το συγκεκριμένο μετατροπέα που διαθέτουμε και δεν αποφορτίζει την μπαταρία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η επιπλέον ενέργεια να διοχετευτεί στον θερμοσίφωνα και όχι να αποφορτιστεί η μπαταρία όσο θα λειτουργεί ο θερμοσίφωνας.



**Εικόνα 3.14 Σύστημα περιορισμού ισχύος θερμοσίφωνα 10 KW.**

Τα χαρακτηριστικά του Συστήματος περιορισμού ισχύος θερμοσίφωνα μπορούμε να δούμε στον παρακάτω πίνακα:

| <b>Σύστημα περιορισμού ισχύος Θερμοσίφωνα</b> |                                                                                |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ηλεκτρικά δεδομένα</b>                     | <b>Τιμή</b>                                                                    |
| Ονομαστική ισχύς                              | 5500 W                                                                         |
| Μέγιστη Ισχύς                                 | 10000W                                                                         |
| Τάση Λειτουργίας                              | 230 V                                                                          |
| Ένταση Ρεύματος                               | 25 A                                                                           |
| Μέγιστη Ένταση Ρεύματος                       | 45 A                                                                           |
| Χρήση                                         | 11 A                                                                           |
| Τάση εξόδου                                   | 10-230 V AC                                                                    |
| Προτεινόμενη Χρήση                            | Για ηλεκτρικό φούρνο, θερμοσίφωνα, λαμπτήρες, μικρό κινητήρα, ηλεκτρικό σίδερο |

**Πίνακας 3.9 Χαρακτηριστικά του Συστήματος περιορισμού ισχύος θερμοσίφωνα.**

### 3.1.12 Ασφάλεια συσσωρευτών 200A τύπου ANL (Βαρέως τύπου μαχαιρωτή).

Για την προστασία του κυκλώματος χαμηλής τάσης 12V χρησιμοποιήθηκε μια ασφάλεια μαχαιρωτού τύπου 200 A κατά την σύνδεση των συσσωρευτών με τον inverter και τον ρυθμιστή Φόρτισης.



Εικόνα 3.15 Ασφάλεια συσσωρευτών 200A τύπου ANL.

### 3.1.13 Ασφαλειοθήκη συσσωρευτών τύπου ANL.

Για την τοποθέτηση της ασφάλειας στις μπαταρίες χρησιμοποιήθηκε ασφαλειοθήκη για ασφάλειες ANL ικανή να δεχθεί ασφάλειες από 100 έως 300 A. Η ασφαλειοθήκη διαθέτει δύο πόλους σύσφιξης για καλώδια με ακροδέκτες έως 0GA.



Εικόνα 3.16 Ασφαλειοθήκη συσσωρευτών τύπου ANL.

## 3.2 Ασύρματο Σύστημα ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.

Για να είναι εφικτή η όσο το δυνατόν απλούστερη ανάγνωση της ενεργειακής κατάστασης του έξυπνου σπιτιού αναπτύχθηκε μια κατασκευή ικανή να διαβάζει



τα δεδομένα του ρυθμιστή φόρτισης μέσω της υποδοχής RS-485 και να τα μεταδίδει ασύρματα στην κεντρική μονάδα ελέγχου του έξυπνου σπιτιού, αφού για λόγους ασφαλείας ο ρυθμιστής φόρτισης και οι μπαταρίες βρίσκονται σε κάποιο εξωτερικό χώρο του σπιτιού ή σε κάποιο υπόγειο.

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται το ασύρματο σύστημα ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος είναι τα παρακάτω:

| Ασύρματο Σύστημα ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος. |                                                                               |          |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------|
| A/A                                                             | Υλικό                                                                         | Ποσότητα |
| 1                                                               | Arduino UNO R3 ATmega328P Board (DIP Version)                                 | 1        |
| 2                                                               | RS485 Shield For Arduino                                                      | 1        |
| 3                                                               | Module USB to RS485 TTL Serial Converter Adapter FTDI interface FT232RL/75176 | 1        |
| 4                                                               | NRF24L01+ 2.4GHz Wireless RF Transceiver Module for Arduino                   | 1        |
| 5                                                               | Socket Adapter for 8Pin NRF24L01+ Wireless Transceivers                       | 1        |
| 6                                                               | Basic 16x2 Character LCD - White on Blue 5V (I2C Protocol)                    | 1        |
| 7                                                               | Equip 235211 Surface Mounted Box UTP Cat.6 1-Port                             | 1        |
| 8                                                               | UTP Cable 2m Standard Cat5e                                                   | 1        |
| 9                                                               | Project Box 170x82x47mm Grey                                                  | 1        |
| 10                                                              | Τροφοδοτικό USB - 5V 1A                                                       | 1        |

**Πίνακας 3.10 Υλικά συστήματος ανάγνωσης κατάστασης αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.**

### 3.2.1 Arduino UNO R3 ATmega328P Board.

Ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας του συστήματος επιλέχθηκε ο μικροελεγκτής **Arduino UNO R3 ATmega328P Board**, λόγω της συμβατότητας με το αντίστοιχο shield RS485. Η πλακέτα διαθέτει 14 ψηφιακές εισόδους ή εξόδους (6 από αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν PWM έξοδοι), 6 αναλογικές εισόδους, 1 θύρα USB (τύπου B) για τον προγραμματισμό και την τροφοδοσία της πλακέτας, 1 είσοδο τροφοδοσίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά για τροφοδοσία από τροφοδοτικό πρίζας, 1 υποδοχή ICSP και τέλος κουμπί για το reset της πλακέτας. Ο μικροελεγκτής είναι συγχρονισμένος στους 16 megacycles (Crystal 16MHz).



**Εικόνα 3.17 Arduino UNO R3 ATmega328P Board (DIP Version).**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Arduino UNO R3 μπορούμε να δούμε παρακάτω:

| <b>Arduino UNO R3 ATmega328P</b> |
|----------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>    |
| Μικροελεγκτής ATmega328          |
| Αρχιτεκτονική ελεγκτή AVR        |
| Τάση λειτουργίας: 5 VDC          |
| Τάση εισόδου 7-12 V προτεινόμενη |

|                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|
| Ψηφιακές εισόδους/εξόδους 14 (6 PWM εξόδους)                          |
| Αναλογικές εισόδους 6                                                 |
| Ρεύμα ανά είσοδο/έξοδο 20mA                                           |
| Ρεύμα ανά είσοδο/έξοδο 3.3V 50mA                                      |
| Μνήμη Flash 32 KB από τα οποία 0.5 KB χρησιμοποιούνται για το σύστημα |
| Μνήμη SRAM 2 KB                                                       |
| Μνήμη EEPROM 1 KB                                                     |
| Ταχύτητα 16 MHz                                                       |

**Πίνακας 3.11 Χαρακτηριστικά - Arduino UNO R3 ATmega328P**

### 3.2.2 RS485 Shield For Arduino.

Η μονάδα διασύνδεσης με τον ελεγκτή φόρτισης είναι το παρακάτω shield με δυνατότητα ανάγνωσης και αποστολής δεδομένων βάσει του προτύπου RS-485.

Το RS485 είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο που προσφέρει επικοινωνία μεγάλης απόστασης χωρίς παρεμβολές και αξιόπιστη επικοινωνία. Το shield Arduino RS485, είναι ειδικά σχεδιασμένο για το μικροελεγκτή Arduino.

Βασικός σκοπός του shield είναι η μετατροπή του πρωτόκολλου UART / Serial στο πρωτόκολλο RS485, ώστε να έχουμε εύκολη πρόσβαση του Arduino στο βιομηχανικό πρωτόκολλο RS485.



**Εικόνα 3.18 RS485 Shield For Arduino**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του RS485 Shield μπορούμε να δούμε παρακάτω:

| <b>RS485 Shield For Arduino</b>                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                                                          |
| Ενσωματωμένη μια τυπική θύρα RS485, μίνι θύρα RS485, τερματική σύνδεση με βίδες( RS485)                |
| Παρέχετε περιοχή συγκόλλησης για την πλήρη χρήση του ελεύθερου χώρου.                                  |
| Διακόπτης επιλογής Αυτόματου ή ελεγχόμενου από το πρόγραμμα τρόπου επικοινωνίας.                       |
| Διακόπτης αποσύνδεσης της διασύνδεσης Tx / Rx όταν χρειάζεται να προγραμματιστεί ο Arduino             |
| Χρυσό βύσμα PCB. Οι μακριές ακίδες στο πίσω μέρος προσαρμόζονται στους περισσότερους ελεγκτές Arduino. |

**Πίνακας 3.12 Χαρακτηριστικά RS485 Shield.**

### **3.2.3 Module USB to RS485 TTL Serial Converter Adapter FTDI interface FT232RL/75176.**

Με το συγκεκριμένο module είναι δυνατή η σύνδεση Η/Υ, μέσω της USB υποδοχής που διαθέτει με το ρυθμιστή φόρτισης, ώστε να μπορούμε να πραγματοποιήσουμε την αρχική παραμετροποίηση (τάση Λειτουργίας του συστήματος, τύπος Μπαταρίας, όρια φόρτισης μπαταριών) του ρυθμιστή φόρτισης και να δούμε διάφορα στατιστικά στοιχεία που έχουν καταγραφεί μέσω του ειδικής εφαρμογής που συνοδεύει τον ρυθμιστή φόρτισης.



**Εικόνα 3.19 USB to RS485 TTL Serial Converter Adapter FTDI interface FT232RL/75176.**

| <b>USB to RS485 TTL Serial Converter Adapter FTDI interface<br/>FT232RL/75176</b>                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                                                                                |
| Σύνδεση USB2.0 , υποστήριξη πρότυπου RS485                                                                                   |
| Χρήση αυτόματου ελέγχου ροής δεδομένων, αυτόματη διάκριση και έλεγχος της κατεύθυνσης μεταφοράς δεδομένων                    |
| Αυτόματη ανίχνευση ταχύτητας δεδομένων σειριακής θύρας 300-921600 bps                                                        |
| Υποστήριξη έως 32 συσκευών συνδεδεμένων στον δίαυλο RS485.                                                                   |
| Αμφίδρομη μετατροπή σήματος σειριακής επικοινωνίας μεταξύ του RS485 και εικονικής σειριακής θύρας COM μέσω της σύνδεσης USB. |
| Τροφοδοσία μέσω USB θύρας                                                                                                    |

**Πίνακας 3.13 Χαρακτηριστικά USB to RS485 TTL Serial Converter**

### **3.2.4 NRF24L01+ 2.4GHz Wireless RF Transceiver Module.**

Με το συγκεκριμένο module είναι δυνατή η αποστολή και η λήψη δεδομένων στη κεντρική μονάδα διαχείρισης του έξυπνου σπιτιού χρησιμοποιώντας την μπάντα συχνοτήτων 2,4 GHz.



**Εικόνα 3. 20 NRF24L01+ 2.4GHz Wireless RF Transceiver Module.**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του NRF24L01+ 2.4GHz Wireless RF Transceiver Module φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

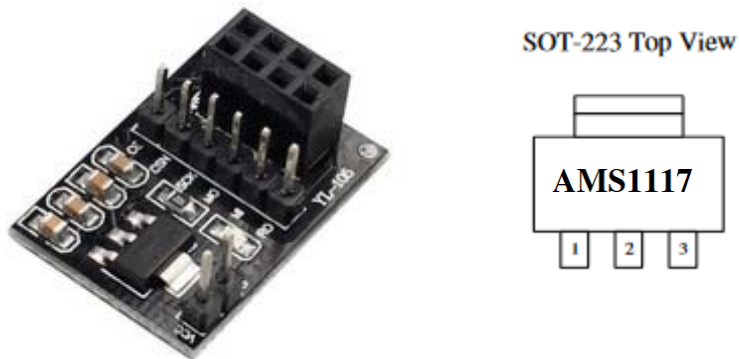
| <b>NRF24L01+ 2.4GHz Wireless RF Transceiver Module</b>                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                                                                                                    |
| Μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας 2Mbps, διαμόρφωση GFSK, δυνατότητα παρεμπόδισης παρεμβολών, Ιδιαίτερα κατάλληλο για εφαρμογές βιομηχανικού ελέγχου. |
| 125 διαθέσιμα κανάλια, επικοινωνία πολλαπλών σημείων και αναπήδηση συχνότητας για την κάλυψη των αναγκών επικοινωνίας                            |
| Ενσωματωμένη δυνατότητα ανίχνευσης σφαλμάτων CRC, Έλεγχος διεύθυνσης επικοινωνίας πολλαπλών σημείων.                                             |
| Τάση λειτουργίας 1,9 ~ 3,6V, Χαμηλή ισχύς (μόνο 1uA) σε λειτουργία Power down                                                                    |
| Ενσωματωμένη κεραία 2.4Ghz, μπορεί να συνδεθεί απευθείας με μια ποικιλία μικροελεγκτών                                                           |

**Πίνακας 3.14 Χαρακτηριστικά NRF24L01+ 2.4GHz Wireless RF Transceiver Module.**

### 3.2.5 Socket Adapter for 8Pin NRF24L01+.

Για τη σταθερή λειτουργία του ασύρματου module χρησιμοποιήθηκε το συγκεκριμένο Socket Adapter το οποίο τροφοδοτείται με 5 V και μας παρέχει

σταθερή τροφοδοσία 3,3 V στο NRF24L01+ χρησιμοποιώντας τον ολοκληρωμένο σταθεροποιητή τάσης AMS1117-3.3.



**Εικόνα 3.21 Socket Adapter for 8Pin NRF24L01+**

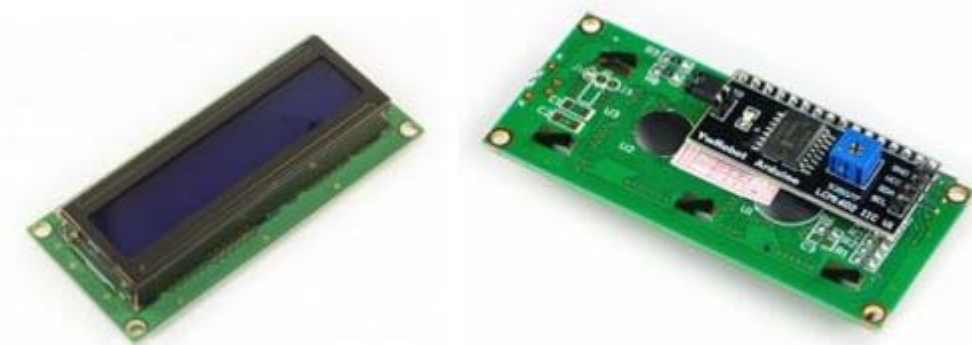
Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Socket Adapter for 8Pin NRF24L01+ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| <b>Socket Adapter for 8Pin NRF24L01+.</b>                       |
|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                   |
| Πλακέτα υποδοχής της ασύρματης μονάδας NRF24L01                 |
| Περιλαμβάνει τον ολοκληρωμένο σταθεροποιητή τάσης AMS1117-3.3 V |

**Πίνακας 3.15 Χαρακτηριστικά Socket Adapter for 8Pin NRF24L01+**

### 3.2.6 Basic 16x2 Character LCD - White on Blue 5V (I<sup>2</sup>C Protocol)

Ως μονάδα απεικόνισης χρησιμοποιήθηκε μια LCD οθόνη 2 (δύο) γραμμών με 16 (δεκαέξι) χαρακτήρες ανά γραμμή για την απευθείας επιτήρηση της κατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος στο χώρο που βρίσκεται ο ρυθμιστής φόρτισης. Η οθόνη υποστηρίζει σύνδεση μέσω του πρωτοκόλλου I<sup>2</sup>C με την χρήση 2 (δύο) μόνο καλωδίων (SDA, SCL).



**Εικόνα 3.22 Basic 16x2 Character LCD - White on Blue 5V (I<sup>2</sup>C Protocol)**

| Basic 16x2 Character LCD - White on Blue 5V (I <sup>2</sup> C Protocol) |
|-------------------------------------------------------------------------|
| Τεχνικά Χαρακτηριστικά                                                  |
| Οθόνη 2 γραμμών με 16 χαρακτήρες ανά γραμμή                             |
| Διασύνδεση: I2C, Διεύθυνση I2C: 0x27                                    |
| Ορισμός ακίδων: VCC, GND, SDA, SCL                                      |
| Οπίσθιος φωτισμός (Μπλε με λευκό χρώμα χαρακτήρων)                      |
| Τάση τροφοδοσίας: 5V                                                    |
| Ρύθμιση αντίθεσης: Μέσω ποτενσιόμετρου                                  |
| Χρησιμοποιεί μόνο δύο διεπαφές I/O                                      |

**Πίνακας 3.16 Χαρακτηριστικά Basic 16x2 Character LCD**

### 3.2.7 Surface Mounted Box UTP Cat.6 1-Port

Για την σύνδεση με το ρυθμιστή φόρτισης χρησιμοποιήθηκε η εσωτερική πλακέτα του συγκεκριμένου Box, αφού και ο τύπος socket που διαθέτει ο ρυθμιστής φόρτισης για την επικοινωνία με το RS485 πρωτόκολλο είναι τύπου RJ45, ίδιος δηλαδή με το γνωστό βύσμα που χρησιμοποιείται για την σύνδεση δικτύου Ethernet.





**Εικόνα 3.23 Surface Mounted Box UTP Cat.6 1-Port**

### **3.2.8 UTP Standard Cable 2m - Cat5e**

Για τη σύνδεση του ρυθμιστή φόρτισης με το σύστημα ανάγνωσης κατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος χρησιμοποιήθηκε απλό καλώδιο δικτύου τύπου UTP Category 5e, μήκους 2 (δύο) μέτρων. Να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να συνδέσουμε το ρυθμιστή φόρτισης με την υποδοχή δικτύου RJ45 ενός Υπολογιστή ή LAPTOP, αφού απαιτείται ειδικό κύκλωμα επικοινωνίας (Converter) για την ανάγνωση των σημάτων RS485 που συνήθως καταλήγει σε διασύνδεση USB στην πλευρά του Η/Υ.



**Εικόνα 3.24 UTP Standard Cable 2m - Cat5e**

### **3.2.9 Project Box 170x82x47mm Grey**

Για τις ανάγκες συναρμολόγησης και τη δημιουργία μιας στιβαρής κατασκευής επιλέχθηκε ένα κουτί κατασκευών με υποδοχή για την LCD Οθόνη.



**Εικόνα 3.25 Project Box 170x82x47mm Grey**

### **3.2.10 Τροφοδοτικό USB - 5V 1A**

Για τις ανάγκες τροφοδοσίας της κατασκευής επιλέχθηκε ένα τροφοδοτικό 5V – 1A για τη σταθερή τροφοδοσία του Arduino και των shields με 5 V μέσω της θύρας USB του Arduino.



**Εικόνα 3.26 Τροφοδοτικό USB - 5V 1A**

### **3.3 Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα.**

Το σύστημα αυτό έχει δύο χρησιμότητες:

- 1) Να βλέπουμε τη θερμοκρασία του ηλιακού θερμοσίφωνα, αν αυτός υπάρχει, ώστε να μπορούμε να ενεργοποιούμε απομακρυσμένα την

θέρμανση του ζεστού νερού σε περίπτωση που αυτό δεν έχει ζεσταθεί από τον ήλιο.

- 2) Να έχουμε έλεγχο της θερμοκρασίας του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα που έχουμε στο μπάνιο μας, ώστε να μπορούμε να τον διαχειριστούμε από την κεντρική μονάδα ελέγχου.

Ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας είναι συνήθως εγκατεστημένος στο μπάνιο και ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι εγκατεστημένος στην ταράτσα της οικοδομής. Και στα δύο σημεία ο θερμοσίφωνας τροφοδοτείται με ρεύμα, όταν θερμαίνουμε το νερό, χωρίς να υπάρχει συνήθως κάποια άλλη πηγή ρεύματος κοντά του. Η κατασκευή που αναπτύξαμε μεταφέρει την πληροφορία της θερμοκρασίας ασύρματα στην κεντρική μονάδα ελέγχου του έξυπνου σπιτιού, ενώ διαθέτει και ένα επαναφορτιζόμενο σύστημα τροφοδοσίας βασιζόμενο σε μια μπαταρία λιθίου (Li-ion) 3,7 V χωρητικότητας 3350 mAh ικανή να διατηρήσει την κατασκευή σε λειτουργία για αρκετές ημέρες. Η μπαταρία φορτίζεται όταν τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια ο θερμοσίφωνας.

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται το ασύρματο σύστημα ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα είναι τα παρακάτω :

| Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης θερμοκρασίας Θερμοσίφωνα |                                                             |          |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|
| A/A                                                 | Υλικό                                                       | Ποσότητα |
| 1                                                   | Arduino ATmega328P Nano V3                                  | 1        |
| 2                                                   | NRF24L01+ 2.4GHz Wireless RF Transceiver Module for Arduino | 1        |
| 3                                                   | Socket Adapter for 8Pin NRF24L01+ Wireless Transceivers     | 1        |
| 4                                                   | Basic 16x2 Character LCD - White on Blue 5V (I2C Protocol)  | 1        |
| 5                                                   | Αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20 Αδιάβροχος                  | 1        |
| 6                                                   | Μπαταριοθήκη για μπαταρία Ιόντων Λιθίου (Li-ion) 18650      | 1        |
| 7                                                   | Μπαταρία Ιόντων Λιθίου NCR18650B 3350mAh                    | 1        |

|    |                                                                                        |   |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 8  | Κύκλωμα φόρτισης μπαταρίας Li-ion 3,7V με σταθεροποιημένη έξοδο 5V και τάση εισόδου 5V | 1 |
| 9  | Τροφοδοτικό 110V-220V AC σε 5V DC σταθεροποιημένο 600 mA σε πλαστική θήκη              | 1 |
| 10 | Project Box 170x82x47mm Grey                                                           | 1 |

**Πίνακας 3.17 Υλικά συστήματος ανάγνωσης θερμοκρασίας Θερμοσίφωνα.**

Παρακάτω θα δούμε μόνο τα υλικά που δεν αναλύονται στην προηγούμενη κατασκευή (Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος).

### 3.3.1 Arduino ATmega328P Nano V3.

Ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας του συστήματος επιλέχθηκε ο μικροελεγκτής arduino στην έκδοση **ATmega328P Nano V3** λόγω του μικρού του μεγέθους και της χαμηλής κατανάλωσης του, αφού το κύκλωμα αυτό τροφοδοτείται από επαναφορτιζόμενη μπαταρία. Η πλακέτα διαθέτει 14 ψηφιακές εισόδους ή εξόδους (6 από αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν PWM εξόδους), 6 αναλογικές εισόδους, 1 θύρα USB (mini USB) για τον προγραμματισμό και την τροφοδοσία της πλακέτας, 1 υποδοχή ICSP και τέλος κουμπί για το reset της πλακέτας. Ο μικροελεγκτής είναι συγχρονισμένος στους 16 megacycles (Crystal 16MHz).



### Εικόνα 3.27 Arduino ATmega328P Nano V3.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Arduino ATmega328P Nano V3 μπορούμε να δούμε παρακάτω:

| Arduino ATmega328P Nano V3                                          |
|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                       |
| Μικροελεγκτής ATmega328P                                            |
| Τάση λειτουργίας: 5 VDC                                             |
| Τάση εισόδου 7-12 V προτεινόμενη                                    |
| Ψηφιακές εισόδους/εξόδους 14 (6 PWM εξόδους)                        |
| Αναλογικές εισόδους 8                                               |
| Ρεύμα ανά είσοδο/έξοδο 40mA                                         |
| Μνήμη Flash 32 KB απο τα οποία 2 KB χρησιμοποιούνται για το σύστημα |
| Μνήμη SRAM 2 KB                                                     |
| Μνήμη EEPROM 1 KB                                                   |
| Ταχύτητα 16 MHz                                                     |

**Πίνακας 3.18 Χαρακτηριστικά - Arduino ATmega328P Nano V3**

#### 3.3.2 Αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20 Αδιάβροχος.

Για τη λήψη της θερμοκρασίας του θερμοσίφωνα χρησιμοποιήθηκε ο ψηφιακός αισθητήρας DS18B20 με ψηφιακή έξοδο 1-Wire της Dallas, που στην περίπτωση μας προσαρμόστηκε στη θέση του μετρητή θερμοκρασίας του θερμοσίφωνα.



**Εικόνα 3.28 Αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20 Αδιάβροχος**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Αισθητήρα Θερμοκρασίας DS18B20 μπορούμε να δούμε παρακάτω:

| <b>Αισθητήρας Θερμοκρασίας DS18B20 Αδιάβροχος</b>                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                                                                                                    |
| Εύρος θερμοκρασίας από $-55^{\circ}\text{C}$ έως $+125^{\circ}\text{C}$                                                                          |
| Ανάλυση 9-12 bits και ακρίβεια $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ( $-10^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$ )                                      |
| Κάθε αισθητήρας DS18B20 έχει ένα μοναδικό σειριακό αριθμό 64-bit όπου δίνει την δυνατότητα να συνδεθούν πολλοί μαζί πάνω στο ίδιο "καλώδιο" bus. |
| Η τροφοδοσία κυμαίνεται μεταξύ 3.0V έως 5.5V DC.                                                                                                 |
| Συμβατός με τις περισσότερες αναπτυξιακές πλακέτες, όπως Arduino, Raspberry.                                                                     |

**Πίνακας 3.19 Χαρακτηριστικά Αισθητήρα Θερμοκρασίας DS18B20**

### 3.3.3 Μπαταριοθήκη για μπαταρία ιόντων λιθίου Li-ion 18650.

Για την τοποθέτηση της μπαταρίας Li-ion 18650 χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω μπαταριοθήκη ενός στοιχείου ιόντων λιθίου τύπου 18660.



**Εικόνα 3.29 Μπαταριοθήκη για μπαταρία ιόντων λιθίου Li-ion 18650**

### 3.3.4 Μπαταρία Ιόντων Λιθίου NCR18650B 3350mAh.

Για την ανάγκη τροφοδοσίας του ασύρματου συστήματος ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα, στην περίπτωση που δεν τροφοδοτείται με ρεύμα ο θερμοσίφωνα, χρησιμοποιήθηκε μια μπαταρία Ιόντων Λιθίου με χωρητικότητα 3350 mAh, ικανή να διατηρήσει το κύκλωμα σε λειτουργία για αρκετές ημέρες. Οι μπαταρίες Ιόντων Λιθίου έχουν μεγάλη χωρητικότητα σε σχέση με το μέγεθος τους, μεγάλη διάρκεια ζωής και μπορούν να φορτίζονται μερικώς χωρίς να μειώνεται η διάρκεια ζωής τους.



**Εικόνα 3.30 Μπαταρία Ιόντων Λιθίου NCR18650B 3350mAh**

### 3.3.5 Κύκλωμα φόρτισης μπαταρίας Li-ion 3,7V με σταθεροποιημένη έξοδο 5V και τάση εισόδου 5V.

Το κύκλωμα αυτό αναλαμβάνει να φορτίσει την μπαταρία της κατασκευής Li-ion με ασφάλεια και παρέχει σταθεροποιημένη τροφοδοσία 5V στον arduino, ανεξάρτητα από την τάση της μπαταρίας μέσω ενός step-up converter. Η έξοδος του κυκλώματος είναι μία USB θύρα στην οποία συνδέεται ο Arduino. Το κύκλωμα τροφοδοτείται με τάση 5V και λειτουργεί όπως ένα Power Bank.



**Εικόνα 3.31 Κύκλωμα φόρτισης μπαταρίας Li-ion 3,7V με σταθεροποιημένη έξοδο 5V και τάση εισόδου 5V.**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κυκλώματος φόρτισης μπαταρίας Li-ion 3,7V μπορούμε να δούμε παρακάτω:

| <b>Κύκλωμα φόρτισης μπαταρίας Li-ion 3,7V με σταθεροποιημένη έξοδο 5V και τάση εισόδου 5V</b> |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                                                 |  |
| Τάση τροφοδοσίας: 5V                                                                          |  |
| Ενίσχυση της τάσης: 5V 1A max                                                                 |  |
| Ρεύμα Ηρεμίας: 180uA                                                                          |  |
| Προστασία υπερφόρτισης: 4.3V                                                                  |  |
| Κόκκινο LED: Φόρτιση                                                                          |  |
| Πράσινο LED: Η φόρτιση ολοκληρώθηκε                                                           |  |
| Μπλε LED: Υπάρχει φορτίο στο USB                                                              |  |
| <b>Προστασίες</b>                                                                             |  |
| Προστασία υπερφόρτισης: 4.3V                                                                  |  |
| Απενεργοποίηση προστασίας από υπερφόρτιση: 4.1V                                               |  |
| Προστασία από υπερβολική εκφόρτιση: 2.9V                                                      |  |
| Απενεργοποίηση προστασίας από υπερβολική εκφόρτιση: 3V                                        |  |

**Πίνακας 3.20 Χαρακτηριστικά κυκλώματος φόρτισης μπαταρίας Li-ion 3,7V.**



### 3.3.6 Τροφοδοτικό 110V-220V AC σε 5V DC σταθεροποιημένο 600 mA σε πλαστική θήκη.

Το κύκλωμα αυτό αναλαμβάνει την τροφοδοσία της προηγούμενης πλακέτας με 5V και μπορεί να λειτουργήσει με μεγάλο εύρος εισερχόμενης τάσης από 85-264 V AC



**Εικόνα 3.32 Τροφοδοτικό 110V-220V AC σε 5V DC σταθεροποιημένο 600 mA.**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Τροφοδοτικού 110V-220V AC σε 5V DC μπορούμε να δούμε παρακάτω:

| <b>Τροφοδοτικό 110V-220V AC σε 5V DC σταθεροποιημένο 600 mA.</b> |
|------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                    |
| Τάση λειτουργίας AC(85 – 264)V                                   |
| Απομονωμένη έξοδος DC 5V (+ / -0,2V) 600mA                       |
| Ρεύμα εισόδου: 0.0273A / 115VAC, 0.014A / 230VAC                 |
| Εύρος συχνοτήτων: 50/60 Hz                                       |
| Θερμοκρασία λειτουργίας: -30 - 70 °C                             |
| Σχετική υγρασία: 20% - 90%                                       |
| Ονομαστική ισχύς: 3W                                             |

**Πίνακας 3.21 Χαρακτηριστικά τροφοδοτικού 110V-220V AC σε 5V DC σταθεροποιημένο 600 mA.**

### 3.4 Κεντρική μονάδα διαχείρισης όλων των ενεργειακών μεγεθών με δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού.

Η Κεντρική μονάδα διαχείρισης των ενεργειακών μεγεθών με δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού είναι το βασικό τμήμα του έξυπνου σπιτιού, όπου συγκεντρώνονται όλα τα ενεργειακά στοιχεία από τις 2 (δύο) άλλες κατασκευές και μας δίνει τη δυνατότητα ρυθμίσεων και απομακρυσμένου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού.

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται η κεντρική μονάδα διαχείρισης είναι τα παρακάτω:

| Κεντρική μονάδα διαχείρισης των ενεργειακών μεγεθών με δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού.. |                                                             |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|
| A/A                                                                                                       | Υλικό                                                       | Ποσότητα |
| 1                                                                                                         | Arduino MEGA2560 R3 Board ATmega2560-16AU                   | 1        |
| 2                                                                                                         | Ethernet Shield W5100 Network Board                         | 1        |
| 3                                                                                                         | Κάρτα μνήμης Τύπου MicroSD 4GB Class10                      | 1        |
| 4                                                                                                         | NRF24L01+ 2.4GHz Wireless RF Transceiver Module for Arduino | 1        |
| 5                                                                                                         | Socket Adapter for 8Pin NRF24L01+ Wireless Transceivers     | 1        |
| 6                                                                                                         | Οθόνη 20x4 Character LCD - White on Blue 5V                 | 1        |
| 7                                                                                                         | DS3231 Ρολόι πραγματικού χρόνου                             | 1        |
| 8                                                                                                         | Αισθητήρας Υγρασίας & Θερμοκρασίας DHT11                    | 1        |
| 9                                                                                                         | Φωτοαντίσταση 5mm GL5539                                    | 1        |
| 10                                                                                                        | Κουτί Κατασκευών 118x78x55mm                                | 1        |
| 11                                                                                                        | SM 3 Wire Assembly Female                                   | 2        |
| 12                                                                                                        | Τροφοδοτικό USB - 5V 1A                                     | 1        |

**Πίνακας 3.22 Υλικά συστήματος ανάγνωσης κατάστασης αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.**

Παρακάτω θα δούμε μόνο τα υλικά που δεν αναλύονται στις προηγούμενες κατασκευές (Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος και Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα).

### 3.4.1 Arduino MEGA2560 R3.

Ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας του συστήματος, επιλέχθηκε ο μικροελεγκτής **Arduino MEGA2560 R3**, δεδομένου ότι προτείνεται για πιο απαιτητικές κατασκευές, που απαιτούν μεγαλύτερη μνήμη. Έτσι έχουμε μεγάλο περιθώριο ανάπτυξης της κεντρικής εφαρμογής και της συμβατότητας με το ethernet shield W5100 που χρησιμοποιήθηκε για σύνδεση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας με το Internet . Η πλακέτα διαθέτει 54 ψηφιακές εισόδους ή εξόδους (15 από αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν PWM εξόδοι), 16 αναλογικές εισόδους, 4 σειριακές θύρες, 1 θύρα USB (τύπου B) για τον προγραμματισμό και την τροφοδοσία της πλακέτας, 1 είσοδο τροφοδοσίας για σύνδεση με τροφοδοτικό πρίζας, 1 υποδοχή ICSP και τέλος κουμπί για το reset της πλακέτας. Ο μικροελεγκτής είναι χρονισμένος στους 16 megacycles (Crystal 16MHz).



**Εικόνα 3.33 Arduino MEGA2560 R3.**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Arduino MEGA2560 R3 μπορούμε να δούμε παρακάτω:

| Arduino MEGA2560 R3                                                  |
|----------------------------------------------------------------------|
| Τεχνικά Χαρακτηριστικά                                               |
| Μικροελεγκτής ATmega2560                                             |
| Αρχιτεκτονική ελεγκτή AVR                                            |
| Τάση λειτουργίας: 5 VDC                                              |
| Τάση εισόδου 7-12 V προτεινόμενη                                     |
| Τάση εισόδου 6-20 V limit, min-max                                   |
| Ψηφιακές εισόδους/εξόδους 54 (15 PWM εξόδους)                        |
| Αναλογικές εισόδους 16                                               |
| Ρεύμα ανά είσοδο/έξοδο 20mA                                          |
| Παροχή Ρεύματος στα 3.3V 50mA                                        |
| Μνήμη Flash 256 KB από τα οποία 8 KB χρησιμοποιούνται για το σύστημα |
| Μνήμη SRAM 8 KB                                                      |
| Μνήμη EEPROM 4 KB                                                    |
| Συχνότητα λειτουργίας 16 MHz                                         |

**Πίνακας 3.23 Χαρακτηριστικά - Arduino MEGA2560 R3.**

### 3.4.2 Ethernet Shield W5100 Network Board.

Για τη σύνδεση της κεντρικής μονάδας ελέγχου με το δίκτυο του έξυπνου σπιτιού και κατ' επέκταση με το Internet χρησιμοποιήθηκε το Ethernet shield W5100. Το shield συνδέεται πάνω στην πλακέτα του arduino και επιπλέον διαθέτει και υποδοχή για κάρτα μνήμης SD, όπου μπορούμε να αποθηκεύσουμε μέρος του προγράμματος και τα δεδομένα μετρήσεων από τους αισθητήρες και τις άλλες δύο κατασκευές του έξυπνου σπιτιού.



**Εικόνα 3.34 Ethernet Shield W5100 Network Board**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Ethernet Shield W5100 μπορούμε να δούμε στον επόμενο πίνακα:

| <b>Ethernet Shield W5100 Network Board</b>                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                                                                                          |
| Τάση λειτουργίας 5V (παρέχεται από το Arduino)                                                                                         |
| Ελεγκτής Ethernet: W5100 με εσωτερική μνήμη 16K                                                                                        |
| Ταχύτητα σύνδεσης: 10 / 100Mb                                                                                                          |
| Σύνδεση με το Arduino στη θύρα SPI                                                                                                     |
| Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διακομιστής ή πελάτης                                                                                      |
| Υποστηρίζει μέχρι τέσσερις ταυτόχρονες συνδέσεις δικτύου                                                                               |
| Υποστηρίζεται απευθείας από την επίσημη βιβλιοθήκη Ethernet του Arduino                                                                |
| Προσθέτει υποδοχή κάρτας micro-SD, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση αρχείων για προβολή μέσω του δικτύου            |
| είναι συμβατό με το Arduino Duemilanove (168 ή 328), το Uno καθώς και το Mega (1280/2560) και είναι προσβάσιμο μέσω της βιβλιοθήκης SD |
| Το W5100 παρέχει υποστήριξη δικτύου (IP) με υποστήριξη TCP και UDP πρωτοκόλλου .                                                       |

**Πίνακας 3.24 Ethernet Shield W5100 Network Board.**

### 3.4.3 Κάρτα μνήμης Τύπου MicroSD 4GB Class10.

Για την καταγραφή των μετρήσεων των ενεργειακών και κλιματολογικών συνθηκών του ενεργειακά έξυπνου σπιτιού και την αποθήκευση των ιστοσελίδων παρακολούθησης και ελέγχου, χρησιμοποιήθηκε μια κάρτα μνήμης τύπου MicroSD 4GB, υψηλής ταχύτητας ώστε να μην προσθέτει καθυστερήσεις στον Arduino κατά την εγγραφή και ανάγνωση, η οποία συνδέθηκε στην υποδοχή MicroSD του Ethernet Shield WS5100.



Εικόνα 3.35 Κάρτα μνήμης Τύπου MicroSD 4GB Class10

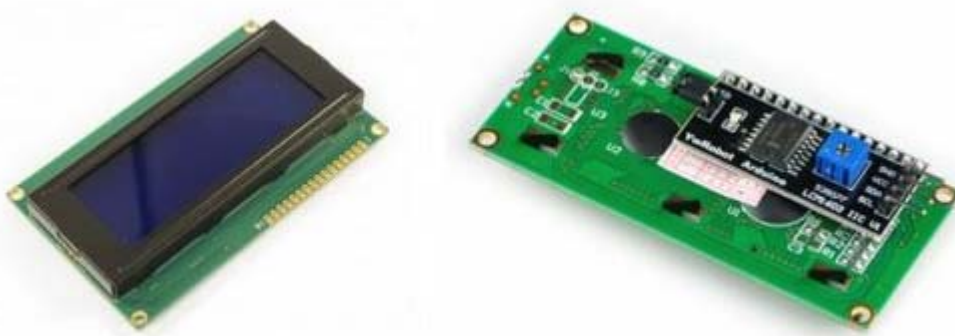
| Κάρτα μνήμης Τύπου MicroSD 4GB Class10  |
|-----------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>           |
| Χωρητικότητα: 4GB                       |
| Τύπος μνήμης: MICRO SDHC CLASS 10       |
| Ταχύτητα μεταφοράς: 20MB/s              |
| Τάση λειτουργίας: 2.7V ~ 3.6V           |
| Θερμοκρασία λειτουργίας: -25° C ~ 85° C |
| Αντοχή: 10,000 insertion/removal cycles |
| Βάρος: 0.4g                             |

Πίνακας 3.25 Χαρακτηριστικά κάρτας μνήμης τύπου MicroSD 4GB Class10

### 3.4.4 Οθόνη 20x4 Character LCD - White on Blue 5V (I<sup>2</sup>C Protocol)

Στην κεντρική μονάδα του ενεργειακά έξυπνου σπιτιού χρησιμοποιήθηκε ως μονάδα απεικόνισης μια LCD οθόνη 4 γραμμών, με 20 χαρακτήρες ανά γραμμή,

για την απευθείας επιτήρηση των βασικών παραμέτρων του έξυπνου σπιτιού. Έτσι με μια ματιά έχουμε συνολική εικόνα της ενεργειακής κατάστασης και των κλιματολογικών συνθηκών στο εσωτερικό του σπιτιού. Η οθόνη υποστηρίζει σύνδεση βάσει του πρωτοκόλλου I<sup>2</sup>C με την χρήση 2 (δύο) μόνο καλωδίων (SDA, SCL).



**Εικόνα 3.36 Οθόνη 20x4 Character LCD - White on Blue 5V (I<sup>2</sup>C Protocol)**

| <b>Οθόνη 20x4 Character LCD - White on Blue 5V (I<sup>2</sup>C Protocol)</b> |
|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                                |
| Οθόνη 4 γραμμών με 20 χαρακτήρες ανά γραμμή                                  |
| Διασύνδεση: I <sup>2</sup> C, Διεύθυνση I <sup>2</sup> C: 0x27               |
| Ορισμός ακίδων: VCC, GND, SDA, SCL                                           |
| Οπίσθιος φωτισμός (Μπλε με λευκό χρώμα χαρακτήρων)                           |
| Τάση τροφοδοσίας: 5V                                                         |
| Ρύθμιση αντίθεσης: Μέσω ποτενσιόμετρου                                       |
| Χρησιμοποιεί μόνο δύο διεπαφές I/O                                           |

**Πίνακας 3.26 Χαρακτηριστικά Basic 16x2 Character LCD**

### 3.4.5 DS3231 Ρολόι πραγματικού χρόνου

Για τη διαχείριση της ενέργειας στο ενεργειακά έξυπνο σπίτι είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την ώρα, για να διαχειριζόμαστε την επιπλέον ενέργεια τις ώρες που είναι αναμενόμενη η μεγάλη παραγωγή ισχύος. Το DS3231 είναι μια οικονομική λύση για να αποκτήσουμε εύκολα πρόσβαση σε ώρα και ημερομηνία στο arduino.

Το συγκεκριμένο module διαθέτει μπαταρία, έτσι ώστε να διατηρείται η ώρα για 2-4 χρόνια χωρίς τροφοδοσία και να μην επηρεάζεται από την τροφοδοσία του arduino. Η σύνδεση με τον arduino είναι πολύ απλή, αφού χρησιμοποιεί τη διασύνδεση I<sup>2</sup>C με τη χρήση 2 (δύο) καλωδίων.



**Εικόνα 3.37 DS3231 Ρολόι πραγματικού χρόνου**

| <b>DS3231 Ρολόι πραγματικού χρόνου (I<sup>2</sup>C Protocol)</b> |
|------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                    |
| Βάρος: 8γρ.                                                      |
| Διασύνδεση: I <sup>2</sup> C, Διεύθυνση I <sup>2</sup> C: 0x57   |
| Ορισμός ακίδων: VCC, GND, SDA, SCL                               |
| Τάση τροφοδοσίας: 3,3V – 5,5V                                    |
| Χρησιμοποιεί μόνο δύο διεπαφές I/O                               |
| Παρέχει έγκυρη ώρα μέχρι το έτος 2100                            |
| Ολοκληρωμένο κύκλωμα ρολογιού υψηλής ακρίβειας DS3231            |

**Πίνακας 3.27 Χαρακτηριστικά DS3231 Ρολόι πραγματικού χρόνου.**

### **3.4.6 Αισθητήρας Υγρασίας & Θερμοκρασίας DHT11**

Για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο εσωτερικό του έξυπνου σπιτιού, ώστε να έχουμε άμεση πληροφόρηση για τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του σπιτιού και για να μπορούμε να ενεργοποιούμε αυτόματα τις ηλεκτρικές συσκευές ανάλογα με αυτές τις συνθήκες χρησιμοποιήσαμε τον αισθητήρα DHT-11, ο οποίος μας παρέχει πολύ εύκολη πρόσβαση σε θερμοκρασία και υγρασία με την χρήση μόνο μίας ψηφιακής εισόδου στον arduino.





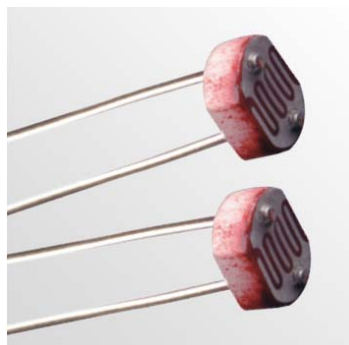
**Εικόνα 3.38 Αισθητήρας Υγρασίας & Θερμοκρασίας DHT11**

| <b>Αισθητήρας Υγρασίας &amp; Θερμοκρασίας DHT11</b>                       |
|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                             |
| Τάση τροφοδοσίας: 5V                                                      |
| Εύρος μέτρησης υγρασίας: 20% ~ 90% RH (αντιστάθμιση θερμοκρασίας 0-50 °C) |
| Εύρος μέτρησης θερμοκρασίας: 0 ~ + 50 °C                                  |
| Ακρίβεια μέτρησης υγρασίας: ± 5% RH.                                      |
| Ακρίβεια μέτρησης θερμοκρασίας: ± 2,0 °C.                                 |
| Χρόνος απόκρισης: <5 δευτερόλεπτα.                                        |
| Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας                                               |

**Πίνακας 3.28 Χαρακτηριστικά - Αισθητήρα Υγρασίας & Θερμοκρασίας DHT11.**

### 3.4.7 Φωτοαντίσταση 5mm GL5539

Για να έχουμε ένδειξη της φωτεινότητας που υπάρχει στο εσωτερικό του έξυπνου σπιτιού χρησιμοποιήσαμε ως αισθητήριο φωτεινότητας την φωτοαντίσταση GL5539 που μας παρέχει πολύ εύκολα την ένδειξη της φωτεινότητας με την χρήση ενός απλού διαιρέτη τάσης και την χρήση μιας αναλογικής εισόδου στον Arduino.



**Εικόνα 3.39 Φωτοαντίσταση 5mm GL5539**

| <b>Φωτοαντίσταση 5mm GL5539</b>           |
|-------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>             |
| Μέγιστη Τάση λειτουργίας(V): 150          |
| Μέγιστη κατανάλωση ενέργειας (mW): 100    |
| Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C): -30 - +70 |
| Φάσμα μέτρησης (nm): 540                  |
| Αντίσταση σε σκοτάδι (ΜΩ): 5              |
| Αντίσταση (10Lux) (ΚΩ): 30-90             |

**Πίνακας 3.29 Χαρακτηριστικά Φωτοαντίστασης 5mm GL5539.**

#### **3.4.8 Κουτί Κατασκευών 118x78x55mm Grey**

Για τις ανάγκες συναρμολόγησης της Κεντρικής μονάδας διαχείρισης και την δημιουργία μια στιβαρής κατασκευής επιλέχθηκε ένα κουτί κατασκευών με αρκετό χώρο, ώστε να φιλοξενηθούν στο εσωτερικό του όλα τα απαραίτητα κυκλώματα της μονάδας καθώς και η κεντρική πλακέτα.



**Εικόνα 3.40 Κουτί Κατασκευών 118x78x55mm Grey**

#### **3.4.9 Καλώδια - SM 3 Wire Assembly Female**

Για την σύνδεση της Κεντρικής μονάδας διαχείρισης με την μονάδα διαχείρισης ισχύος χρησιμοποιήθηκαν 2 (δύο) καλώδια τριών αγωγών, αφού για την επικοινωνία των δύο πλακετών απαιτούνται 6 (έξι) καλώδια .



**Εικόνα 3.41 Καλώδια - SM 3 Wire Assembly Female**

### **3.5 Μονάδα διαχείρισης ισχύος ελεγχόμενη από την Κεντρική μονάδα διαχείρισης.**

Η μονάδα διαχείρισης ισχύος είναι ο σύνδεσμος της κεντρικής μονάδας ελέγχου με τις ηλεκτρικές συσκευές του έξυπνου σπιτιού. Κατασκευάστηκε, ώστε να

έχουμε πλήρη διαχωρισμό των ασθενών ρευμάτων της ηλεκτρονικής πλακέτας που λειτουργεί με 5V με τα ισχυρά ρεύματα που λειτουργούν οι ηλεκτρικές συσκευές του έξυπνου σπιτιού (230V AC). Η συγκεκριμένη μονάδα τροφοδοτείται με 230V AC και αναλαμβάνει την τροφοδοσία των ηλεκτρικών συσκευών του έξυπνου σπιτιού. Με την ενεργοποίηση της αντίστοιχης συσκευής έχουμε οπτική ένδειξη με την χρήση ενός LED ανά κανάλι. Η μονάδα διαθέτει 4 κανάλια ισχύος με υποστήριξη 2000W ανά κανάλι, ενώ μπορούν να συνδεθούν σε αυτή μέχρι 8 συσκευές ( 2 ανά κανάλι ) με τη χρήση ρευματολήπτη τύπου σούκο.

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται η μονάδα διαχείρισης ισχύος είναι τα παρακάτω:

| Μονάδα διαχείρισης ισχύος ελεγχόμενη από την Κεντρική μονάδα διαχείρισης. |                                                   |          |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|
| A/A                                                                       | Υλικό                                             | Ποσότητα |
| 1                                                                         | Πολύπριζο 4 <sup>ων</sup> θέσεων                  | 2        |
| 2                                                                         | Ρελέ 5V 2-καναλιών 250V AC -10A με οπτοαποζεύκτες | 2        |
| 3                                                                         | Καλώδια - SM 3 Wire Assembly Male                 | 2        |
| 4                                                                         | LED (Λευκό, Κόκκινο, Κίτρινο, Μπλέ )              | 4        |

**Πίνακας 3.30 Υλικά μονάδας διαχείρισης ισχύος.**

### **3.5.1 Πολύπριζο 4ων θέσεων 230V.**

Για την απομόνωση των ισχυρών ρευμάτων, ώστε να είναι ασφαλές το τμήμα της κατασκευής που διαχειρίζεται τα 230V AC, χρησιμοποιήθηκαν 2 (δύο) πολύπριζα ασφαλείας, ώστε να μην είναι πιθανό κάποιος να έρθει σε επαφή με τα 230V. Τα 2 (δύο) πολύπριζα έχουν ενωθεί και υπάρχει μία τροφοδοσία σούκο από όπου συνδέονται τα 230 AC στην κατασκευή.



**Εικόνα 3.42 Πολύπριζο 4<sup>ων</sup> θέσεων 230V.**

### 3.5.2 Ρελέ 5V 2-καναλιών 250V AC -10A με οπτοαποζεύκτες.

Το κάθε πολύπριζο της μονάδας διαχείρισης ισχύος διαθέτει από ένα ρελέ 2 (δύο) καναλιών με δυνατότητα διαχείρισης 10 A στα 230V. Το κάθε κανάλι του ρελέ συνδέθηκε σε 2 (δύο) ρευματοδότες, ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης μέχρι 8 συσκευών .



**Εικόνα 3.43 Ρελέ 5V 2-καναλιών 250V AC -10A**

| <b>Ρελέ 5V 2-καναλιών 250V AC -10A</b>                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τεχνικά Χαρακτηριστικά</b>                                           |
| Τάση τροφοδοσίας (V) : 5 V                                              |
| Απαιτούμενο ρεύμα ανά ρελέ (mA) : 20-25                                 |
| Κατώφλι Ενεργοποίησης ρελέ (V) : >2                                     |
| Κανάλια : 2                                                             |
| Είσοδοι με Οπτοαποζεύκτες : 2                                           |
| Χαρακτηριστικά ισχύος εξόδου, ανά ρελέ : AC 250V/10A , DC 30V/10A       |
| Τυποποιημένη διασύνδεση που μπορεί να ελέγχεται άμεσα από μικροελεγκτές |

(8051, AVR, PIC, DSP, ARM, MSP430 και λογική TTL)

### Πίνακας 3.31 Χαρακτηριστικά - Ρελέ 5V 2-καναλιών 250V AC -10A.

#### 3.5.3 Καλώδια - SM 3 Wire Assembly Male.

Για τη σύνδεση της μονάδας διαχείρισης ισχύος με την Κεντρική μονάδα διαχείρισης χρησιμοποιήθηκαν 2 (δύο) καλώδια τριών αγωγών, αφού για την επικοινωνία των δύο πλακετών απαιτούνται 6 (έξι) καλώδια .



Εικόνα 3.44 Καλώδια - SM 3 Wire Assembly Male

#### 3.5.4 LED (Λευκό, Κόκκινο, Κίτρινο, Μπλε ).

Για την οπτική παρακολούθηση των ενεργοποιημένων εξόδων της μονάδας διαχείρισης ισχύος χρησιμοποιήθηκαν 4 LED (Λευκό, Κόκκινο, Κίτρινο, Μπλε) τα οποία ανάβουν μόλις γίνει ενεργή η αντίστοιχη έξοδος 230V του πολύπριζου .



Εικόνα 3.45 LED (Λευκό, Κόκκινο, Κίτρινο, Μπλε )

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε την συνδεσμολογία των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τις 5 (πέντε) κατασκευές που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, ώστε να γίνει εφικτή η υλοποίηση του συστήματος διαχείρισης του ενεργειακά έξυπνου σπιτιού. Οι συνδεσμολογίες των επιμέρους κατασκευών που αναπτύχθηκαν είναι:

| Συνδεσμολογία Επιμέρους κατασκευών |                                                                                                                               |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A/A                                | Κατασκευή                                                                                                                     |
| 1                                  | Συνδεσμολογία Αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.                                                                             |
| 2                                  | Συνδεσμολογία Ασύρματου συστήματος ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.                                             |
| 3                                  | Συνδεσμολογία Ασύρματου συστήματος ανάγνωσης θερμοκρασίας Θερμοσίφωνα.                                                        |
| 4                                  | Συνδεσμολογία Κεντρικής μονάδας διαχείρισης όλων των ενεργειακών μεγεθών με δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού. |
| 5                                  | Συνδεσμολογία Μονάδας διαχείρισης ισχύος ελεγχόμενη από την Κεντρική μονάδα διαχείρισης.                                      |

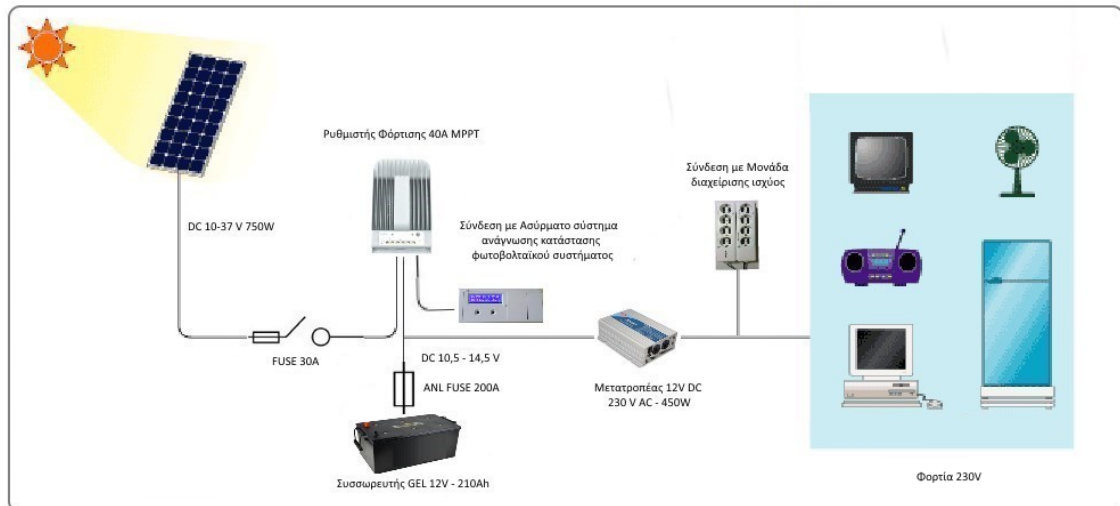
**Πίνακας 4.1 Συνδεσμολογία Επιμέρους κατασκευών.**

#### 4.1 Συνδεσμολογία και λειτουργία του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος.

Παρακάτω θα δούμε τη συνδεσμολογία του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος που μας παρέχει την απαραίτητη ενέργεια για την τροφοδοσία του Έξυπνου Ενεργειακά Αυτόνομου Σπιτιού.

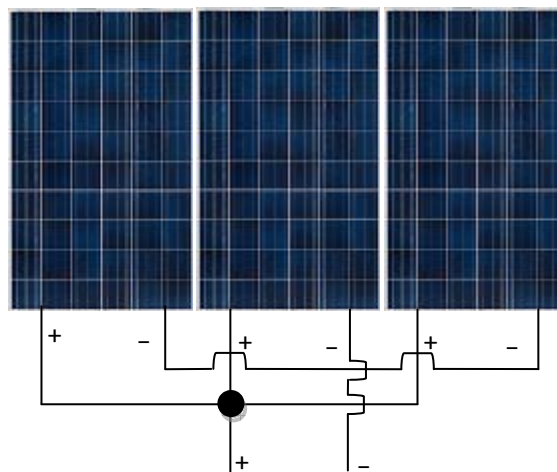
Το Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα που θα παρουσιάσουμε στη συνέχεια έχει τη δυνατότητα παραγωγής μέχρι 3,5 kWh ανά ημέρα, κατά την περίοδο υψηλής

ηλιοφάνειας ( Άνοιξη – Καλοκαίρι ), ενώ ακόμη και στις δύσκολες βροχερές ημέρες του Χειμώνα μπορεί να αποδώσει πάνω από 0,5 kWh ανά Ημέρα .



**Εικόνα 4.1** Συνδεσμολογία αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος .

Στο Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημά μας, χρησιμοποιήθηκαν 3 (τρία) φωτοβολταϊκά πάνελς τα οποία συνδέθηκαν παράλληλα, ώστε να δίνουν την ίδια τάση και το τριπλάσιο ρεύμα. Η ονομαστική ισχύς των 3<sup>ωv</sup> φωτοβολταϊκών πάνελς είναι 750 Watt.

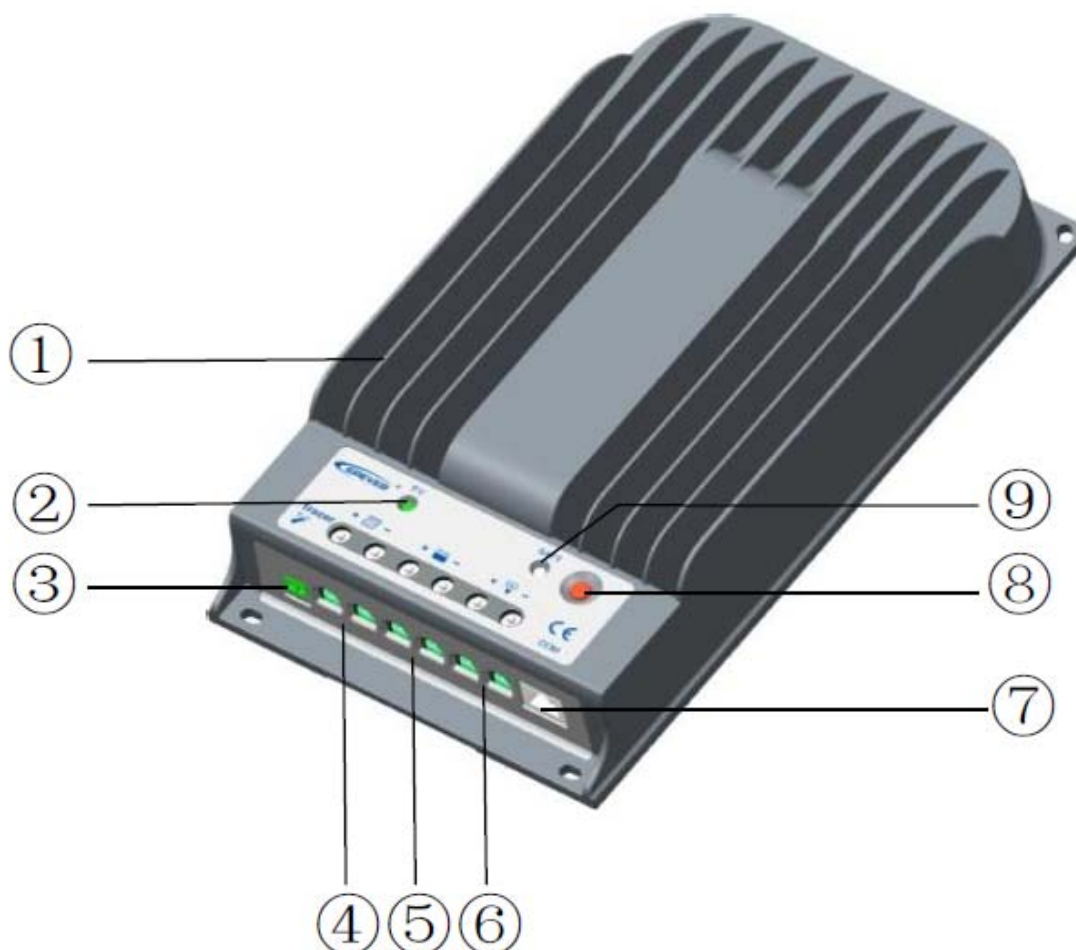


**Εικόνα 4.2** Συνδεσμολογία φωτοβολταϊκών πάνελς.

Τα δύο καλώδια πηγαίνουν μέσω ασφαλειών στο ρυθμιστή φόρτισης που αναλαμβάνει να φορτίσει τις μπαταρίες, ενώ διαθέτει και έξοδο για σύνδεση



φορτίου 12V με δυνατότητα ελέγχου μέσω χρονοδιακόπτη και απομόνωση του φορτίου, όταν η τάση των συσσωρευτών πέσει κάτω από μια συγκεκριμένη τιμή.



|   |                                   |   |                             |
|---|-----------------------------------|---|-----------------------------|
| 1 | Ψύκτρα                            | 6 | Σύνδεση Φορτίου             |
| 2 | Led ένδειξης φόρτισης             | 7 | Σύνδεση RS-485              |
| 3 | Σύνδεση αισθητήρα<br>Θερμοκρασίας | 8 | Κουμπί                      |
| 4 | Σύνδεση φωτοβολταϊκών<br>πάνελς   | 9 | LED ένδειξης<br>συσσωρευτών |
| 5 | Σύνδεση Συσσωρευτών               |   |                             |

Εικόνα 4.3 Συνδεσμολογία ρυθμιστή φόρτισης

Ο κατασκευαστής του ρυθμιστή φόρτισης προτείνει στην έξοδο φορτίου να μην συνδέεται ο μετατροπέας τάσης (Inverter), αφού η συγκεκριμένη έξοδος μπορεί να μας δώσει μικρό ρεύμα (στην δικιά μας περίπτωση έως 20 A), ενώ ένας μετατροπέας μπορεί να απορροφήσει από τις μπαταρίες ακόμα και ρεύμα 200 A για μικρό χρονικό διάστημα. Στη συγκεκριμένη έξοδο μπορούμε να τοποθετήσουμε λαμπτήρες φωτισμού 12V ή άλλες συσκευές που λειτουργούν στα 12V.

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι η κεντρική συσκευή ελέγχου σε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα. Ο ρυθμιστής φόρτισης στην περίπτωση μας είναι τύπου MPPT (Maximum Point Tracking) με αποτέλεσμα να μας παρέχει τη μέγιστη ισχύ που μπορούν να παράγουν τα φωτοβολταϊκά πανελς, ώστε η μπαταρία να φορτίζεται στον μικρότερο δυνατό χρόνο. Στη συνέχεια όταν η μπαταρία φορτιστεί ελαττώνει το ρεύμα φόρτισης ή το διακόπτει με σκοπό την προστασία της μπαταρίας από υπερφόρτιση.

Ο ρυθμιστής φόρτισης διαθέτει δυνατότητα σύνδεσης με Η/Υ (μέσω αγοράς του κατάλληλου καλωδίου) συμβατή με το πρωτόκολλο RS-485 με δυνατότητα πληροφόρησης για όλα τα ενεργειακά μεγέθη του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος, την οποία θα χρησιμοποιήσουμε για την σύνδεση του ασύρματου συστήματος ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.

Ο συσσωρευτής συνδέεται στον ρυθμιστή φόρτισης στις αντίστοιχες υποδοχές (4) με προσοχή στην σωστή πολικότητα (+ - ) και αναλαμβάνει την τροφοδοσία του έξυπνου σπιτιού κατά το χρονικό διάστημα που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια.

Παράλληλα με την μπαταρία συνδέεται και ο μετατροπέας 12V DC σε 230 VAC (450Watt) που αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει τις ηλεκτρικές συσκευές του έξυπνου σπιτιού που λειτουργούν με 230 V AC, δηλαδή τις κοινές ηλεκτρικές συσκευές που έχουμε στα σπίτια μας.

#### **4.1.1 Υπολογισμός αυτονομίας του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος**

Η αποθηκευμένη ενέργεια του συσσωρευτή είναι περίπου 2,4 kWh. Οι ηλεκτρικές συσκευές που μπορούν να υποστηριχθούν κατά την διάρκεια όλου το 24ώρου είναι :

Αυτοκατανάλωση Μετατροπέα 10W (0,24 kWh/24ωρο)

Κατασκευές έλεγχου διαχείρισης ενέργειας Έξυπνου σπιτιού 7W (0,17 kWh/24ωρο)

Ηλεκτρικό ψυγείο τάξη A++ 1,65 Cm, για 24 ώρες ( 0,6 kWh/24ωρο)

Φορητός υπολογιστής (max power 50W) για 3 ώρες (0,15 kWh/24ωρο)

Τηλεόραση 32" τάξη A++ (max Power 40 W) για 3 ώρες (0,12 kWh/24ωρο)

Ραδιόφωνο (Max power 10W) για 5 ώρες (0.05 kWh) /24ωρο

Φωτισμός LED – 3 λαμπτήρες 12W για 5 ώρες (0,18 kWh/24ωρο)

Ανεμιστήρας (max Power 50 W) για 2 ώρες (0,1 kWh/24ωρο)

Σύνολο 1,37 kWh / 24ώρο

Ο μετατροπέας έχει βαθμό απόδοσης 85% οπότε η συνολική ισχύ που χρειαζόμαστε ανά 24ωρο είναι περίπου 1.6 kWh

Η ισχύς που παράγει το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημά μας είναι από 0,5 kWh (σε ημέρες με συννεφιά ) έως 3,5 kWh το καλοκαίρι με μέγιστη ηλιοφάνεια, άρα έχουμε περίπου 2 ημέρες αυτονομία το χειμώνα ( 1kWh παραγωγή με συννεφιά σε 2 ημέρες + 2,4 kWh αποθηκευμένη ενέργεια = 3,4 kWh > 3,2 kWh που είναι η κατανάλωση σε 2 ημέρες).

Από τα παραπάνω μπορούμε πολύ εύκολα να καταλάβουμε τη χρησιμότητα των κατασκευών μας, αφού και από ένα μικρό φωτοβολταϊκό σύστημα από τις 3,5 kWh που παράγει η 1,9 kWh θα έμεναν ανεκμετάλλευτες (Ο ρυθμιστής φόρτισης θα σταματούσε την φόρτιση όταν ο συσσωρευτής θα ήταν φορτισμένος στο 100% με αποτέλεσμα να χάνεται πάνω από το 60% της διαθέσιμης ενέργειας).

Το χειμώνα έχουμε πλήρη εποπτεία της ενεργειακής κατάστασης του συστήματος και μπορούμε να περιορίζουμε κάποιες καταναλώσεις που δεν είναι κρίσιμες, ώστε να μην «ξεμείνουμε» από ενέργεια τη νύχτα. Αν έχουμε μια ηλιόλουστη χειμερινή ημέρα και ο συσσωρευτής έχει γεμίσει, η επιπλέον ενέργεια θα δρομολογηθεί στη θέρμανση του έξυπνου σπιτιού και του θερμοσίφωνα.

#### 4.2 Συνδεσμολογία και λειτουργία ασύρματου συστήματος ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.

Το Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης κατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ο σύνδεσμος του ενεργειακά έξυπνου σπιτιού με το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα. Με την βοήθεια του μπορούμε να πάρουμε από τον ρυθμιστή φόρτισης όλα τις ενεργειακές μετρήσεις που διαθέτει μέσω της σύνδεσης RS-485 και να τις στείλουμε ασύρματα στην κεντρική μονάδα διαχείρισης του έξυπνου σπιτιού. Έτσι μπορούμε να ελέγξουμε διάφορες ηλεκτρικές συσκευές, ανάλογα με την ενεργειακή κατάσταση του έξυπνου σπιτιού και να εκμεταλλευτούμε 100% την παραγόμενη ενέργεια των φωτοβολταϊκών πάνελς.



**Εικόνα 4.4 Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.**

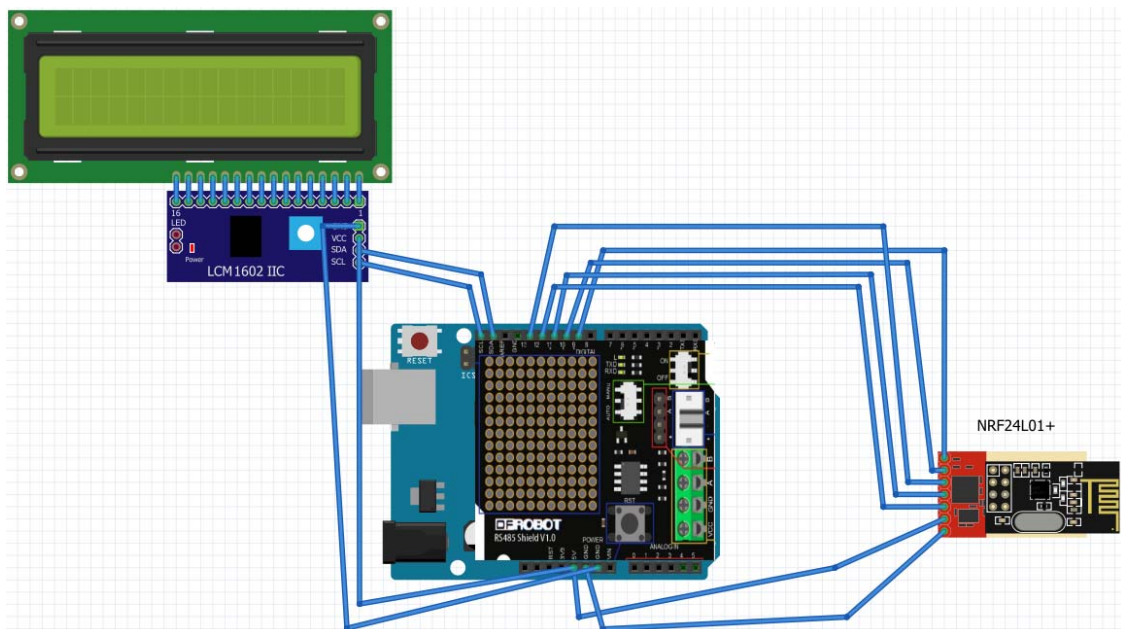
Η κατασκευή αυτή αναλαμβάνει την επικοινωνία με το ρυθμιστή φόρτισης και την συλλογή των μετρήσεων που θέλουμε να πάρουμε μέσα από μια πολύ μεγάλη συλλογή μετρήσεων που είναι διαθέσιμη.

Η σύνδεση του με τον ελεγκτή φόρτισης γίνεται με ένα απλό καλώδιο Ethernet, ενώ τροφοδοτείται μέσω ενός USB βύσματος. Επίσης μας δίνει τη δυνατότητα να συνδέσουμε Η/Υ σε μια δεύτερη θύρα USB που διαθέτει και να διαβάζουμε παράλληλα τις μετρήσεις του ρυθμιστή φόρτισης στον Η/Υ, ενώ μέσω αυτής της θύρας μπορούμε να πραγματοποιήσουμε και την αρχική ρύθμιση του ρυθμιστή φόρτισης (τύπος μπαταριών, τάση λειτουργίας, ρύθμιση ώρας κ.α.).

Η κατασκευή βρίσκεται στο χώρο του ρυθμιστή φόρτισης και περιλαμβάνει LCD οθόνη, ώστε να έχουμε εποπτεία των βασικών μεγεθών και απεικόνιση 4<sup>ωv</sup> (τεσσάρων) μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο που είναι:

- 1) Ισχύς που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πάνελς (337 Watt).
- 2) Ενέργεια που παράχθηκε από τα φωτοβολταϊκά πάνελς ανά ημέρα (2,07 kWh - μηδενίζει κάθε βράδυ στις 0:00).
- 3) Τάση συσσωρευτών (13,10 V).
- 4) Ένταση ρεύματος προς τον συσσωρευτή (25,79 A).

Παρακάτω μπορούμε να δούμε τη συνδεσμολογία της κατασκευής:

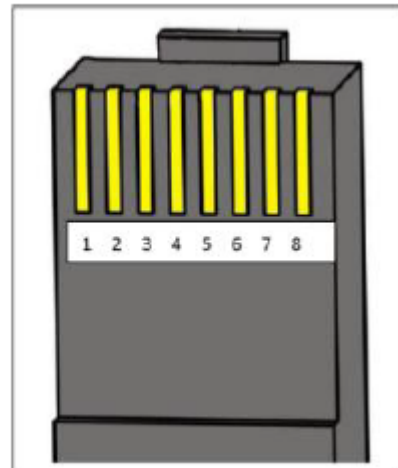


**Εικόνα 4.5 Συνδεσμολογία Ασύρματου συστήματος ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος**

Για τη σύνδεση με το ρυθμιστή φόρτισης χρησιμοποιήθηκε μία πρίζα τύπου Ethernet στην οποία συνδέθηκαν οι ακροδέκτες, ώστε να πάρουμε τα σήματα A, B και GND που χρειάζεται η πλακέτα του RS485 shield για να λειτουργήσει. Την συνδεσμολογία μπορούμε να τη δούμε παρακάτω :

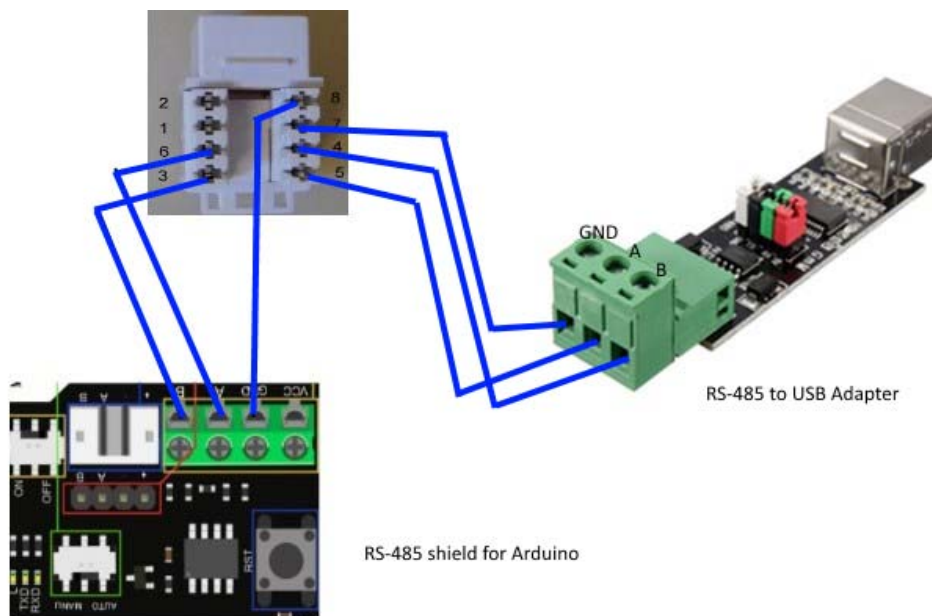
➤ The RJ45 interface pin define is shown below:

| Pins | Define                  |
|------|-------------------------|
| 1    | Power supply output +5V |
| 2    | Power supply output +5V |
| 3    | RS-485-B                |
| 4    | RS-485-B                |
| 5    | RS-485-A                |
| 6    | RS-485-A                |
| 7    | Ground                  |
| 8    | Ground                  |



**Εικόνα 4.6** Ακροδέκτες εξόδου RS-485 στο βύσμα RJ45

Για τη σύνδεσή μας χρειάζεται 2(δύο) φορές το σήμα RS-485 αφού συνδέεται σε 2(δύο) διαφορετικές πλακέτες, σύμφωνα με τη συνδεσμολογία:



**Εικόνα 4.7** Συνδεσμολογία Ethernet RJ45 με RS-485 modules

Για την ανάγνωση του ρυθμιστή φόρτισης χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο επικοινωνίας MODBUS(RS-485). Παρακάτω βλέπουμε μερικές από τις διευθύνσεις μνήμης από τις οποίες μπορούμε να διαβάσουμε πληροφορίες.

| Variable name                 | Address | Description                                                                                                                           | Unit           | Times |
|-------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|
| Maximum input volt (PV) today | 3300    | 00: 00 Refresh every day                                                                                                              | V              | 100   |
| Minimum input volt (PV) today | 3301    | 00: 00 Refresh every day                                                                                                              | V              | 100   |
| Maximum battery volt today    | 3302    | 00: 00 Refresh every day                                                                                                              | V              | 100   |
| Minimum battery volt today    | 3303    | 00: 00 Refresh every day                                                                                                              | V              | 100   |
| Consumed energy today L       | 3304    | 00: 00 Clear every day                                                                                                                | KWH            | 100   |
| Consumed energy today H       | 3305    |                                                                                                                                       |                | 100   |
| Consumed energy this month L  | 3306    | 00: 00 Clear on the first day of month                                                                                                |                | 100   |
| Consumed energy this month H  | 3307    |                                                                                                                                       | KWH            | 100   |
| Consumed energy this year L   | 3308    | 00: 00 Clear on 1, Jan.                                                                                                               |                | 100   |
| Consumed energy this year H   | 3309    |                                                                                                                                       |                | 100   |
| Total consumed energy L       | 330A    |                                                                                                                                       |                | 100   |
| Total consumed energy H       | 330B    |                                                                                                                                       | KWH            | 100   |
| Generated energy today L      | 330C    | 00: 00 Clear every day.                                                                                                               |                | 100   |
| Generated energy today H      | 330D    |                                                                                                                                       |                | 100   |
| Generated energy this month L | 330E    | 00: 00 Clear on the first day of month.                                                                                               |                | 100   |
| Generated energy this month H | 330F    |                                                                                                                                       | KWH            | 100   |
| Generated energy this year L  | 3310    | 00: 00 Clear on 1, Jan.                                                                                                               |                | 100   |
| Generated energy this year H  | 3311    |                                                                                                                                       | KWH            | 100   |
| Total generated energy L      | 3312    |                                                                                                                                       | KWH            | 100   |
| Total Generated energy H      | 3313    |                                                                                                                                       |                | 100   |
| Carbon dioxide reduction L    | 3314    | Saving 1 Kilowatt=Reduction 0.997KG"Carbon dioxide "=Reduction 0.272KG"Carton"                                                        | Ton            | 100   |
| Carbon dioxide reduction H    | 3315    |                                                                                                                                       |                | 100   |
| Battery Current L             | 331B    | The net battery current,charging current minus the discharging one. The positive value represents charging and negative, discharging. | A              | 100   |
| Battery Current H             | 331C    |                                                                                                                                       |                | 100   |
| Battery Temp.                 | 331D    | Battery Temp.                                                                                                                         | degree Celsius | 100   |
| Ambient Temp.                 | 331E    | Ambient Temp.                                                                                                                         | degree Celsius | 100   |

**Εικόνα 4.8 Μερικές διευθύνσεις μνήμης του πρωτοκόλλου MODBUS (RS-485)**

Στη συνέχεια μπορούμε να δούμε το τμήμα του κώδικα που διαβάζουμε κάποιες διευθύνσεις με πληροφορίες, σχετικά με την ενεργειακή κατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος.



```
epsolarwireles2 §  
  
void doRegistryNumber() {  
  Registries[currentRegistryNumber] ();  
}  
  
void AddressRegistry_3100() {  
  result = node.readInputRegisters(0x3100, 7);  
  if (result == node.ku2MBSuccess)  
  {  
    ctemp = node.getResponseBuffer(0x11) / 100.0f;  
    {  
      Serial.println(ctemp);  
      Serial.print("Battery Voltage: ");  
    }  
    bvoltage = node.getResponseBuffer(0x04) / 100.0f;  
    {  
      Serial.println(bvoltage);  
    }  
    lpower = ((long)node.getResponseBuffer(0x0F) << 16 | node.getResponseBuffer(0x0E)) / 100.0f;  
    {  
      Serial.print("Load Power: ");  
      Serial.println(lpower);  
    }  
    lcurrent = (long)node.getResponseBuffer(0x0D) / 100.0f;  
    {  
      Serial.print("Load Current: ");  
      Serial.println(lcurrent);  
    }  
    pvvoltage = (long)node.getResponseBuffer(0x00) / 100.0f;  
    {  
      Serial.print("FV Voltage: ");  
      Serial.println(pvvoltage);  
    }  
  }  
}
```

**Εικόνα 4.9** Κώδικας ανάγνωσης πληροφοριών του ρυθμιστή φόρτισης.

Από τον κώδικα παρατηρούμε ότι κάποιες πληροφορίες είναι αποθηκευμένες σε 2 (δύο) διευθύνσεις μνήμης και διαβάζονται διαδοχικά. Αφού διαβαστούν οι πληροφορίες που θέλουμε από τον ρυθμιστή φόρτισης τις αποστέλλουμε στην κεντρική μονάδα διαχείρισης του έξυπνου σπιτιού με τον κώδικα που ακολουθεί:



```
timer.run();  
|  
    transmitter1_data.p1 = bvoltage;  
    transmitter1_data.p2 = bremaining;  
    transmitter1_data.p3 = pvpower;  
    transmitter1_data.p4 = energy;  
    bool ok=radio.write(&transmitter1_data, sizeof(transmitter1_data));  
    if(ok)  
    {  
        Serial.println(transmitter1_data.p1);  
        Serial.println(transmitter1_data.p2);  
        Serial.println(transmitter1_data.p3);  
        Serial.println(transmitter1_data.p4);  
    }  
    else  
    {  
        Serial.println("Failed to sent");  
    }  
}
```

**Εικόνα 4.10 Κώδικας αποστολής πληροφοριών μέσω του NRF24L01+**

### **4.3 Συνδεσμολογία και λειτουργία Ασύρματου συστήματος ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα.**

Για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας του θερμοσίφωνα του ενεργειακά έξυπνου σπιτιού, κατασκευάστηκε το Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα. Η κατασκευή μπορεί να τοποθετηθεί σε απλό ηλεκτρικό θερμοσίφωνα ή σε ηλιακό θερμοσίφωνα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του νερού.

Η επικοινωνία με την κεντρική μονάδα διαχείρισης του έξυπνου σπιτιού γίνεται ασύρματα με την χρήση του module NRF24L01+ .

Ο σκοπός της κατασκευής είναι διπλός:

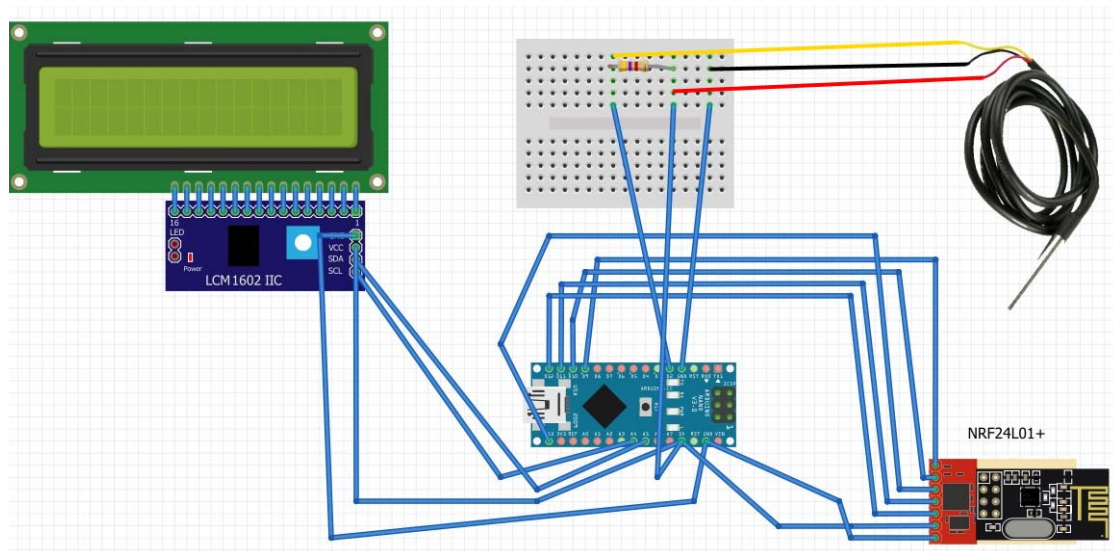
- 1) Να λαμβάνουμε την μέτρηση θερμοκρασίας ζεστού νερού του θερμοσίφωνα, ώστε να ενεργοποιούμε αυτόματα την θέρμανση όταν υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας.
- 2) Να έχουμε την ένδειξη της θερμοκρασίας του νερού στον ηλεκτρικό ή τον ηλιακό θερμοσίφωνα , ώστε να μην ενεργοποιούμε άσκοπα το ηλεκτρικό τους κύκλωμα όταν το νερό είναι ζεστό. Εξάλλου η θέρμανση του νερού είναι μια εργασία που αναλαμβάνει αυτόματα η κεντρική μονάδα διαχείρισης του έξυπνου σπιτιού.



**Εικόνα 4.11** Ασύρματο σύστημα ανάγνωσης θερμοκρασίας Θερμοσίφωνα.

Η κατασκευή περιλαμβάνει οθόνη LCD , ώστε να έχουμε άμεση πληροφόρηση της θερμοκρασίας του νερού όταν είμαστε στο χώρο του μπάνιου που είναι τοποθετημένος ο θερμοσίφωνα. Βασίζεται στο αδιάβροχο ψηφιακό Αισθητήριο θερμοκρασίας DS18B20 που τοποθετείται στον θερμοσίφωνα στη θέση του οργάνου μέτρησης θερμοκρασίας.

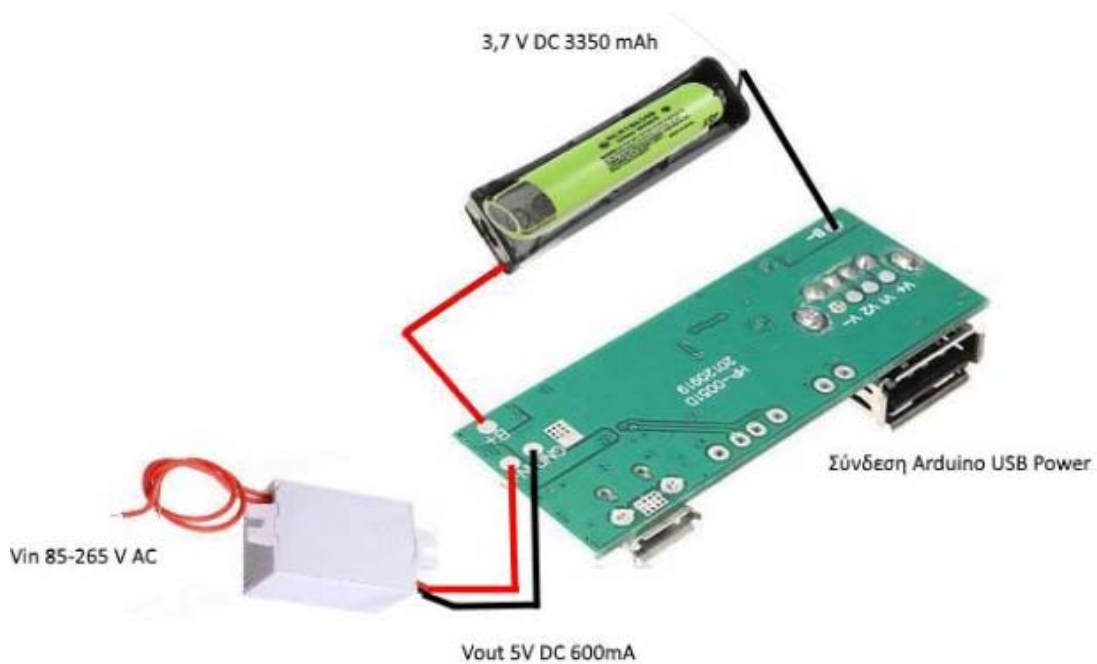
Παρακάτω μπορούμε να δούμε τη συνδεσμολογία της κατασκευής:



**Εικόνα 4.12** Συνδεσμολογία Ασύρματου Συστήματος ανάγνωσης θερμοκρασίας Θερμοσίφωνα.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην τροφοδοσία της κατασκευής που τροφοδοτείται με 85 – 265 V AC , ώστε να μπορεί να συνδεθεί παράλληλα με την τροφοδοσία του θερμοσίφωνα και να φορτίζει την εσωτερική μπαταρία της όταν λειτουργεί ο θερμοσίφωνα. Έχει αυτονομία για 3-4 ημέρες χωρίς καθόλου τροφοδοσία και επαναφορτίζεται κάθε φορά που διοχετεύεται τάση για την θέρμανση του νερού (1 ώρα φόρτισης κάθε ημέρα αρκεί για την λειτουργία της κατασκευής). Εναλλακτικά η κατασκευή μπορεί να τροφοδοτηθεί με ένα τροφοδοτικό με έξοδο mini-USB 5V-500mA χωρίς την τοποθέτηση μπαταρίας και τάσης AC.

Το κύκλωμα τροφοδοσίας της κατασκευής εικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα:



**Εικόνα 4.13 Τροφοδοσία Ασύρματου Συστήματος ανάγνωσης θερμοκρασίας Θερμοσίφωνα.**

Αφού διαβαστεί η θερμοκρασία του θερμοσίφωνα αποστέλλεται στην κεντρική μονάδα διαχείρισης του έξυπνου σπιτιού με το παρακάτω τμήμα κώδικα:

```
void loop(void) {  
  
    sensors.requestTemperatures();  
  
    Serial.print("Celsius temperature: ");  
  
    Heat = sensors.getTempCByIndex(0);  
    Heater1 = Heat;  
  
    Serial.println(Heater1);  
    transmitter2_data.t1 = Heater1;  
    lcd.setCursor(12, 0);  
    lcd.print(Heat);  
    bool ok=radio.write(&transmitter2_data, sizeof(transmitter2_data));  
    if(ok)  
    {  
        Serial.println("send Transmitter2 data: ");  
        Serial.println(transmitter2_data.t1);  
    }  
    else  
    {  
        Serial.println("Failed to sent");  
    }  
}
```

**Εικόνα 4.14 Κώδικας αποστολής Θερμοκρασίας Θερμοσίφωνα μέσω του NRF24L01+ .**

#### **4.4 Συνδεσμολογία και λειτουργία Κεντρικής μονάδας διαχείρισης όλων των ενεργειακών μεγεθών με δυνατότητα αυτομάτου ελέγχου του έξυπνου σπιτιού.**

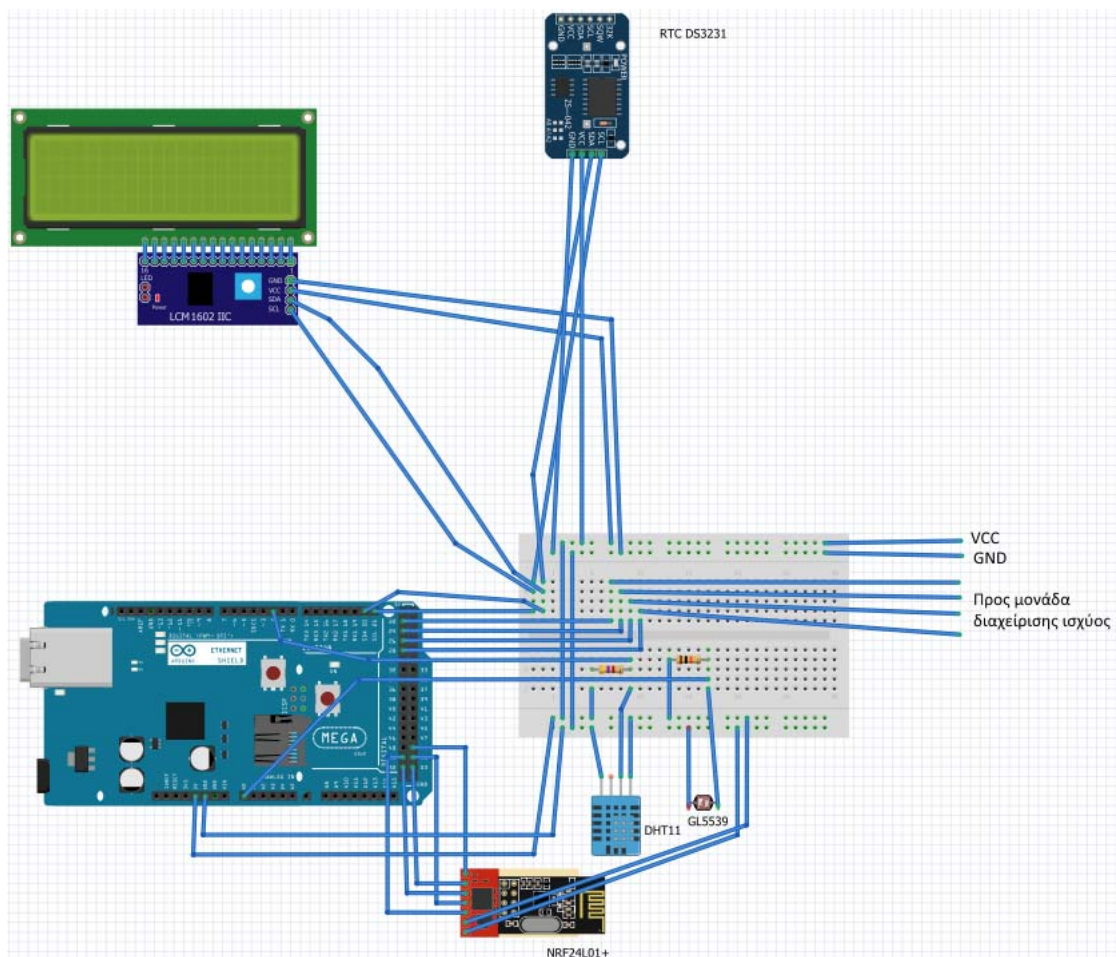
Η κεντρική μονάδα διαχείρισης του έξυπνου σπιτιού είναι η βασική κατασκευή της παρούσας μελέτης και αναλαμβάνει όλες τις λειτουργίες ελέγχου και παρακολούθησης. Η συσκευή εκτός από τα σήματα που συλλέγει από τις άλλες 2 (δύο) μονάδες περιλαμβάνει και αισθητήρια θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτεινότητας, ώστε να έχουμε και μια πλήρη εικόνα των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν μέσα στο σπίτι.

Οι κύριες λειτουργίες που εκτελεί η κεντρική μονάδα διαχείρισης είναι:

- 1) Λήψη των δεδομένων του ασύρματου συστήματος ανάγνωσης κατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.

- 2) Λήψη των δεδομένων του ασύρματου συστήματος ανάγνωσης θερμοκρασίας θερμοσίφωνα.
- 3) Απεικόνιση των ενεργειακών και κλιματολογικών μεγεθών στην οθόνη LCD 4x20 που περιλαμβάνει.
- 4) Υποστήριξη του συστήματος ελέγχου και απεικόνισης όλων των πληροφοριών με την χρήση εσωτερικού Web Server , ώστε να είναι δυνατή η παρακολούθηση και ο έλεγχος μέσω web από Η/Υ, κινητό τηλέφωνο και υπολογιστές τύπου tablet με λειτουργικό android ή IOS.
- 5) Έλεγχος των ηλεκτρικών συσκευών του έξυπνου σπιτιού μέσω της μονάδας διαχείρισης ισχύος.

Το κύκλωμα της κεντρικής μονάδας διαχείρισης εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 4.15 Συνδεσμολογία Κεντρικής μονάδας διαχείρισης.

Η κεντρική μονάδα διαχείρισης περιλαμβάνει ένα Ethernet shield που χρησιμεύει στη δικτύωση της κεντρικής μονάδας. Στο shield περιλαμβάνεται και η σύνδεση με την microSD κάρτα που χρησιμεύει για την αποθήκευση των βασικών σελίδων χειρισμού. Υπάρχει επίσης το τμήμα λήψης των ασύρματων σημάτων των άλλων 2(δύο) κατασκευών με την χρήση του NRF24L01+ και οι 2 (δύο) αισθητήρες θερμοκρασίας-υγρασίας και φωτεινότητας. Βασικό στοιχείο της κατασκευής είναι και το ρολόι πραγματικού χρόνου ώστε να πραγματοποιείται ο αυτόματος έλεγχος του ενεργειακά αυτόνομου σπιτιού ανάλογα με την ώρα της ημέρας, ώστε οι συσσωρευτές στο τέλος της ημέρας να είναι πλήρως φορτισμένοι.

Οι μετρήσεις που συλλέγονται απεικονίζονται στην ιστοσελίδα που έχουμε δημιουργήσει στον arduino, ενώ πάνω στην συσκευή υπάρχει και μια οθόνη LCD 20x4 χαρακτήρων όπου απεικονίζεται η κλιματολογική και ενεργειακή κατάσταση του σπιτιού.





**RTC - SENSORS**

RTC:23/11/2017 00:40:32    Θερμοκρασία: 21 °C  
Υγρασία: 31 %    Φωτεινότητα: 69 lux  
Τάση Μπαταριών: 14.16 V    SoC Μπαταριών: 100 %  
Ισχύς Φωτοβολταϊκών: 20 W  
Παραγόμενη Ισχύς Ημέρας: 0.00 kWh  
Θερμοκρασία Θερμοσίφωνα: 31 °C

**Manual Controls**

Νυχτερινός Φωτισμός: **Light**    Θέρμανση: **Heat**  
Αφυγραστήρας: **humidifier**    Θερμοσίφωνα: **Heater**

**Auto Power Management Settings**

Φωτεινότητα:  lux    Θερμοκρασία:  °C  
Υγρασία:  %    Θερμοκρασία Θερμοσίφωνα:  °C  
POWER OPTIMIZED OPERATION: **OPTIMIZE**

**Γραφικές Παραστάσεις**

Energy Autonomous Smart Home with PV Panels, Αντώνης Τσικριτσής, ©2017

Εικόνα 4.16 Ιστοσελίδα Κεντρικής μονάδας διαχείρισης .



**Εικόνα 4.17 Κεντρική μονάδα διαχείρισης Οθόνη LCD.**

Στην οθόνη LCD μπορούμε να δούμε την ένδειξη της φωτεινότητας στο χώρο (58 Lux) , την ένδειξη της θερμοκρασίας του χώρου (27 °C) και την ένδειξη της υγρασίας του χώρου (27%). (Τα δύο αισθητήρια βρίσκονται εκτός της μονάδας και λαμβάνουν τις μετρήσεις του χώρου στον οποίο βρίσκεται η μονάδα).



**Εικόνα 4.18 Αισθητήρια κεντρικής μονάδας διαχείρισης**

Επίσης εικονίζονται τα ενεργειακά μεγέθη του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος που είναι:



- 1) Η τάση του συσσωρευτή (13,2 V).
- 2) Η κατάσταση φόρτισης του συσσωρευτή ( 46% SoC).
- 3) Η ισχύς που αποδίδουν την συγκεκριμένη στιγμή τα φωτοβολταϊκά πάνελς (368W PV).
- 4) Η ισχύς που παρήγαγαν τα φωτοβολταϊκά πάνελς την συγκεκριμένη ημέρα έως την στιγμή που βλέπουμε (2,09 kWh).
- 5) Η θερμοκρασία νερού του θερμοσίφωνα (29 °C).

Στην μονάδα χρησιμοποιήθηκε ο βασικός transceiver NRF24L01+ ο οποίος κάλυπτε ικανοποιητικά τις αποστάσεις που υπήρχαν μέσα στο σπίτι (έως 10 μέτρα με 2 τοίχους μεταξύ των κατασκευών). Σε περιπτώσεις μεγάλου σπιτιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί το module NRF24L01+ στην κεντρική μονάδα ελέγχου, με τη βελτιωμένη κάλυψη που μπορεί να διπλασιάσει την απόσταση επικοινωνίας μεταξύ των κατασκευών.



**Εικόνα 4.19 NRF24L01+PA+LNA Transceiver με SMA Antenna**

Τον κώδικα λήψης των δεδομένων των άλλων 2(δύο) κατασκευών μπορούμε να δούμε παρακάτω:

```
    if (radio.available(&pip))
    {
        pload_width_now = radio.getDynamicPayloadSize();
        if(!pload_width_now){

        }
        else
        {
            radio.read( rx_buf, pload_width_now );
            newdata=1;
            Serial.print(F("Data on pip= "));
            Serial.print(pip);
            Serial.print(F(" Got data size="));
            Serial.print(pload_width_now);
            Serial.print(F(" data="));
            for(byte i=0; i<pload_width_now; i++)
            {
                Serial.print( " ");
                Serial.print(rx_buf[i]);
            }
            Serial.print( " ");
        }
    }
    if(newdata==1)
    {
        newdata=0;
        if(pip==1&&pload_width_now==sizeof(transmitter1_data))
        {
            memcpy(&transmitter1_data, rx_buf, sizeof(transmitter1_data));
            battery = transmitter1_data.p1;
            bremaining = transmitter1_data.p2;
            pvpower = transmitter1_data.p3;
            energytoday = transmitter1_data.p4;
        }
        if(pip==2&&pload_width_now==sizeof(transmitter2_data))
        {
            memcpy(&transmitter2_data, rx_buf, sizeof(transmitter2_data));
            Serial.print(" transmitter2_data p1 ");
            Serial.print(transmitter2_data.t1);
            heat = transmitter2_data.t1;
        }
    }
}
```

**Εικόνα 4.20 Κώδικας λήψης ασύρματων δεδομένων.**

#### 4.5 Συνδεσμολογία και λειτουργία μονάδας διαχείρισης ισχύος ελεγχόμενη από την Κεντρική μονάδα διαχείρισης.

Για τη σύνδεση των ηλεκτρικών συσκευών χωρίς κίνδυνο να έρθουμε σε επαφή με τα 230V AC, κατασκευάστηκε η μονάδα διαχείρισης ισχύος που αποτελείται από 2(δύο) πολύπριζα με ενσωματωμένο κύκλωμα ενεργοποίησης των 4<sup>ων</sup>(τεσσάρων) ρελέ στο εσωτερικό τους. Η μονάδα διαθέτει LED που ενεργοποιούνται όταν ενεργοποιείται η αντίστοιχη έξοδος, ώστε να έχουμε οπτική ένδειξη για το πότε είναι ενεργοποιημένη μία έξοδος με τάση 230 V AC. Οι έξοδοι έχουν χωριστεί σε ομάδες ανά 2(δύο), ώστε να μπορούμε να τοποθετήσουμε 2(δύο) συσκευές σε κάθε κανάλι εξόδου 230 V AC. Η ισχύς που μπορεί να μας δώσει κάθε έξοδος είναι 2,3 kW (230 V AC / 10A).

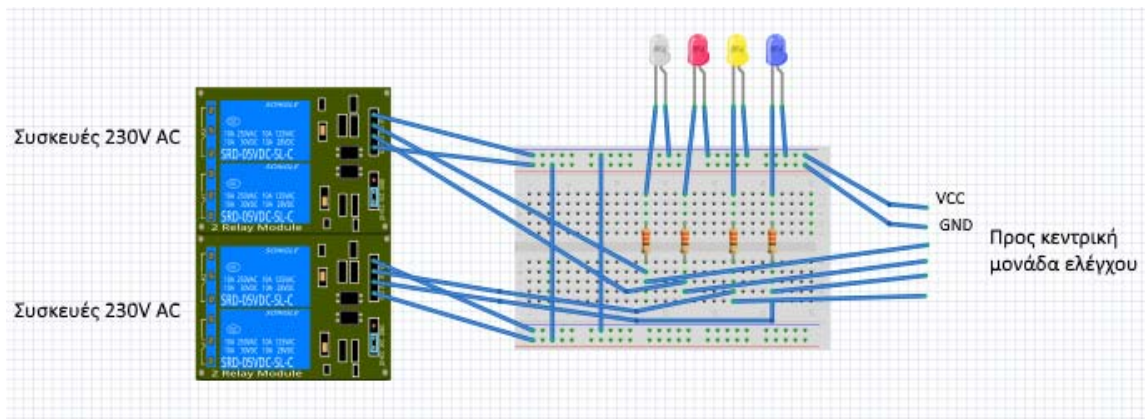
Τη μονάδα διαχείρισης ισχύος μπορούμε να δούμε παρακάτω:



**Εικόνα 4.21 Μονάδα διαχείρισης ισχύος ελεγχόμενη από την Κεντρική μονάδα διαχείρισης.**

Η κατασκευή εκτός από τα ρελέ περιλαμβάνει στο εσωτερικό της και πλακέτα ελέγχου που αναλαμβάνει την τροφοδοσία των LED.

Η συνδεσμολογία της μονάδας διαχείρισης ισχύος εικονίζεται στο επόμενο σχήμα:



**Εικόνα 4.22 Συνδεσμολογία μονάδας διαχείρισης ισχύος.**

Τα ρελέ της κατασκευής διαθέτουν οπτοαποζεύκτες, ώστε να έχουμε πλήρη απομόνωση των κυκλωμάτων 5V, από τα ισχυρά ρεύματα των φορτίων που είναι 230 V. Σε κατάσταση ηρεμίας (τα ρελέ δεν είναι οπλισμένα) η κάθε είσοδος θα πρέπει να βρίσκεται σε λογικό 1 (Τάση 3-5 V), ενώ για την ενεργοποίηση του ρελέ η είσοδος πρέπει να γίνει λογικό 0 (Τάση 0V). Η παραπάνω συνδεσμολογία πραγματοποιήθηκε, ώστε όταν ενεργοποιείται το ρελέ να ανάβει το αντίστοιχο LED.

Κατά την ενεργοποίηση της κεντρικής πλακέτας ελέγχου του έξυπνου σπιτιού διαπιστώθηκε ότι ενεργοποιούνταν για λίγο (1 sec) όλα τα ρελέ. Στην περίπτωση μας αυτό δημιουργούσε πρόβλημα, αφού ενεργοποιούνταν ταυτόχρονα όλες οι ηλεκτρικές συσκευές πριν αναλάβει η κεντρική μονάδα των ελεγχό τους και ενεργοποιούνταν η ασφάλεια υπερφόρτωσης του μετατροπέα τάσης (inverter) με αποτέλεσμα τη διακοπή της τροφοδοσίας όλου του έξυπνου σπιτιού.

Η λύση στο πρόβλημα δόθηκε με την προσθήκη του παρακάτω τμήματος κώδικα στον arduino πριν τον ορισμό των εξόδων των ρελέ.

```
// Initialize control pins
pinMode (LUMINOSITY_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode (TEMPERATURE_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode (HUMIDITY_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode (HEATER_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode (LUMINOSITY_PIN, OUTPUT);
pinMode (TEMPERATURE_PIN, OUTPUT);
pinMode (HUMIDITY_PIN, OUTPUT);
pinMode (HEATER_PIN, OUTPUT);
```

**Εικόνα 4.23 Κώδικας ελέγχου εξόδων Ρελέ.**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΕΞΥΠΝΟΥ ΣΠΙΤΙΟΥ.

#### 5.1 Γενικά

Για την αυτόνομη λειτουργία ενός σπιτιού μόνο με φωτοβολταϊκά πάνελς θα πρέπει να γίνει πολύ προσεκτική μελέτη και τροποποιήσεις σε σχέση με ένα σπίτι συνδεδεμένο στο δίκτυο. Συσκευές όπως η ηλεκτρική κουζίνα, ο κοινός ηλεκτρικός θερμοσίφωνα και τα κλιματιστικά θα πρέπει να αποφεύγονται, ειδικά τις ώρες που δεν υπάρχει έντονη ηλιοφάνεια.

Σε ένα μικρό φωτοβολταϊκό σύστημα σαν το δικό μας (750W) οι παραπάνω συσκευές δεν είναι δυνατόν να λειτουργήσουν χωρίς κάποιο σύστημα παρακολούθησης των ενεργειακών μεγεθών του φωτοβολταϊκού συστήματος, ενώ η ενεργοποίηση κάποιων από αυτών είναι δυνατή σε περιόδους έντονης ηλιοφάνειας.

Μερικές βασικές τροποποιήσεις που θα πρέπει απαραίτητα να γίνουν είναι οι παρακάτω:

- 1) Αντικατάσταση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με ηλιακό θερμοσίφωνα ή χρήση ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με ισχύ έως 1500W
- 2) Αντικατάσταση Ηλεκτρικής Κουζίνας με κουζίνα Φυσικού αερίου – Υγραερίου
- 3) Επιλογή ψυγείου με ενεργειακή σήμανση A++
- 4) Επιλογή κλιματιστικών με ενεργειακή σήμανση A+++
- 5) Θέρμανση του σπιτιού με φυσικό αέριο (για παραγωγή ταυτόχρονα ζεστού νερού)
- 6) Χρήση λαμπτήρων φωτισμού τύπου LED
- 7) Χρήση τηλεόρασης 32” max με ενεργειακή σήμανση A++

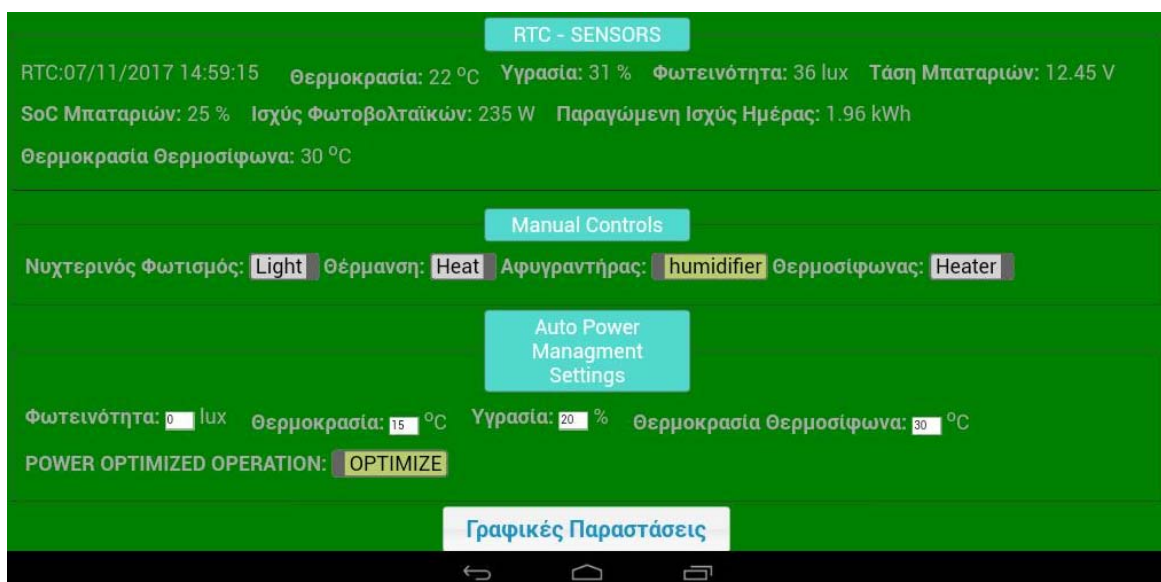
Οι βασικές λειτουργίες που υλοποιήθηκαν με τις κατασκευές μας είναι:

- 1) Βελτιστοποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση της επιπλέον ενέργειας (στην περίπτωση που οι μπαταρίες είναι πλήρως

φορτισμένες ) για την παραγωγή ζεστού νερού, την θέρμανση, και την αφύγρανση του σπιτιού.

- 2) Επίβλεψη των ενεργειακών μεγεθών του συστήματος και ενεργοποίηση - απενεργοποίηση ηλεκτρικών συσκευών, ώστε στο τέλος της ημέρας οι μπαταρίες να είναι πλήρως φορτισμένες.
- 3) Παρακολούθηση μέσω του Internet της ενεργειακής κατάστασης του συστήματος και έλεγχος από απόσταση όλων των διασυνδεδεμένων συσκευών.

Αφού συνδεθούμε στην ιστοσελίδα της κεντρικής μονάδας βλέπουμε πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή και κλιματολογική κατάσταση του σπιτιού:



**Εικόνα 5.1 Κεντρική σελίδα ελέγχου και χειρισμού της κεντρικής μονάδας ελέγχου.**

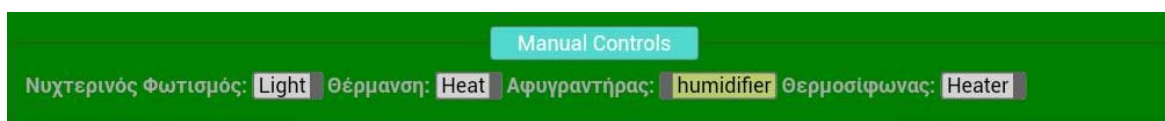
Στο πάνω μέρος της ιστοσελίδας αναγράφονται πληροφορίες για μεγέθη όπως θερμοκρασία, υγρασία, φωτεινότητα καθώς και η τρέχουσα ενεργειακή κατάσταση του έξυπνου σπιτιού .



### Εικόνα 5.2 Πληροφορίες κεντρικής μονάδας διαχείρισης .

Το συγκεκριμένο στιγμιότυπο έχει ληφθεί στις 07/11/2017 και ώρα 14:59, η θερμοκρασία ανέρχεται στους (22°C), η υγρασία (31%) και η φωτεινότητα (36 lux). Στη συνέχεια εικονίζονται τα στοιχεία που σχετίζονται με την ενεργειακή κατάσταση του σπιτιού όπως φόρτιση των μπαταριών (25%), τρέχουσα ισχύς των φωτοβολταϊκών πάνελ (235W), ισχύς που παρήγαμε το φωτοβολταϊκό κατά την διάρκεια της ημέρας (1,96 kWh) και θερμοκρασία του θερμοσίφωνα (30 °C)

Ακολουθούν τα χειριστήρια με τα οποία μπορούμε να ενεργοποιήσουμε ή να απενεργοποιήσουμε κάποια συσκευή κάνοντας «κλικ» στο αντίστοιχο χειριστήριο. Επιτυγχάνεται έτσι ο χειροκίνητος έλεγχος στην περίπτωση που θέλουμε να ενεργοποιήσουμε απομακρυσμένα κάποια συσκευή.



### Εικόνα 5.3 Χειριστήρια απομακρυσμένου ελέγχου εφαρμογής .

Στη συνέχεια υπάρχει το τμήμα της εφαρμογής με το οποίο γίνεται η ρύθμιση και η ενεργοποίηση της αυτόματης διαχείρισης ενέργειας του έξυπνου σπιτιού.



### Εικόνα 5.4 Πλήκτρο ενεργοποίησης Βελτιστοποίησης ενέργειας .

Με το πάτημα του κουμπιού OPTIMIZE πραγματοποιείται αυτόματα απενεργοποίηση όλων των συσκευών του σπιτιού και ενεργοποιείται η λειτουργία βελτιστοποίησης ενέργειας της κατασκευής. Πριν το πάτημα το κουμπιού



μπορούμε να βάλουμε ότι τιμές επιθυμούμε, ενώ υπάρχουν και οι αρχικές τιμές που έχουμε ορίσει στον κώδικα του arduino.

```
int LUMINOSITY_LIMIT = 10;
int TEMPERATURE_LIMIT = 15;
int HUMIDITY_LIMIT = 20;
int HEATER_LIMITT = 30;
int TIME_LIMIT = 15;
int POWER_LOW_LIMIT = 50; // > 50 Watt PV
float BATTFULL_LIMIT = 13.8;
float BATTLOW_LIMIT = 12.4;
```

### Εικόνα 5.5 Αρχικές τιμές βελτιστοποίησης ενέργειας .

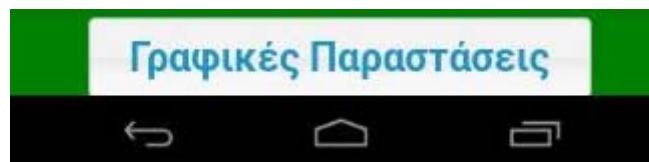
Οι παραπάνω τιμές έχουν πολύ μεγάλη σημασία στη βελτιστοποίηση λειτουργίας του συστήματος, ενώ παρακάτω αναλύουμε τη σημασία τους:

- 1) LUMINOSITY\_LIMIT = 10 σημαίνει ότι ο νυχτερινός φωτισμός θα ενεργοποιείται, όταν η φωτεινότητα πέσει κάτω από 10 Lumen, χωρίς να εξαρτάται από την ενεργειακή κατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος (συνήθως ή κατανάλωση είναι 1-2 Watt).
- 2) TEMPERATURE\_LIMIT = 15 σημαίνει ότι η θέρμανση του σπιτιού θα ενεργοποιηθεί, όταν η θερμοκρασία είναι κάτω από 15 °C και εξαρτάται από την ενεργειακή κατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος (θα δούμε παρακάτω το πώς).
- 3) HUMIDITY\_LIMIT = 20 σημαίνει ότι ο αφυγραντήρας του σπιτιού θα ενεργοποιηθεί, όταν η υγρασία είναι πάνω από 20 % και εξαρτάται από την ενεργειακή κατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος (θα δούμε παρακάτω το πώς).
- 4) HEATER\_LIMITT = 30 σημαίνει ότι ο θερμοσίφωνας του σπιτιού θα ενεργοποιηθεί, όταν η θερμοκρασία είναι κάτω από 30 °C και εξαρτάται από την ενεργειακή κατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος (θα δούμε παρακάτω το πώς).
- 5) TIME\_LIMIT = 15 σημαίνει ότι όλες οι ηλεκτρικές συσκευές θα ενεργοποιούνται βάσει των συνθηκών που θα δούμε παρακάτω μέχρι της 15:00. Στη συνέχεια η κεντρική μονάδα διαχείρισης απενεργοποιεί τις συσκευές, προκειμένου να προλάβει να φορτιστεί ο συσσωρευτής ώστε να είναι πλήρως φορτισμένος για το διάστημα που δεν θα υπάρχει ηλιοφάνεια.

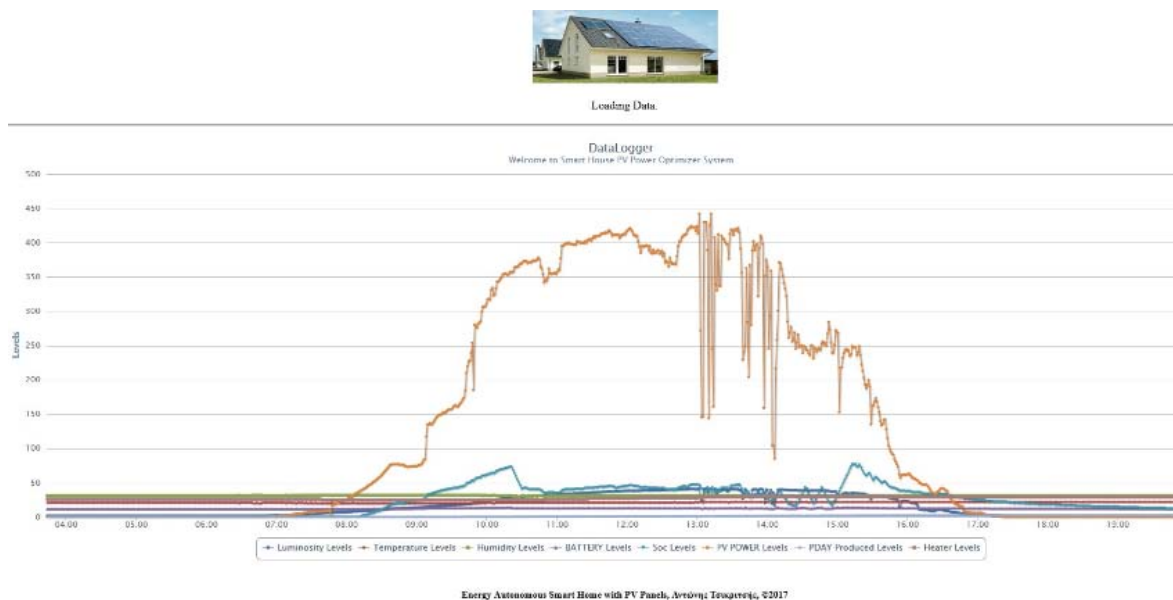


- 6) POWER\_LOW\_LIMIT = 50 που αποτελεί παράμετρο της βελτιστοποίησης ισχύος, γεγονός που σημαίνει ότι οι συσκευές ενεργοποιούνται όταν τα φωτοβολταϊκά πάνελς, παράγουν πάνω από 50 Watt και ισχύουν και οι παρακάτω συνθήκες.
- 7) BATTFULL\_LIMIT = 13.8 που σημαίνει ότι οι συσκευές ενεργοποιούνται, όταν ο συσσωρευτής έχει τάση πάνω από 13,8 Volt (είναι πλήρως φορτισμένος).
- 8) BATTLOW\_LIMIT = 12.4 που σημαίνει ότι η αυτόματη λειτουργία των συσκευών θα διακοπεί (οι συσκευές θα απενεργοποιηθούν ) όταν η τάση του συσσωρευτή πέσει κάτω από 12,4 Volt (π.χ. λόγω συννεφιάς).

Τέλος υπάρχει το πλήκτρο Γραφικές Παραστάσεις που ανοίγει την σελίδα του καταγραφικού όπου μπορούμε να δούμε όλα τα ενεργειακά μεγέθη κατά την διάρκεια της ημέρας.



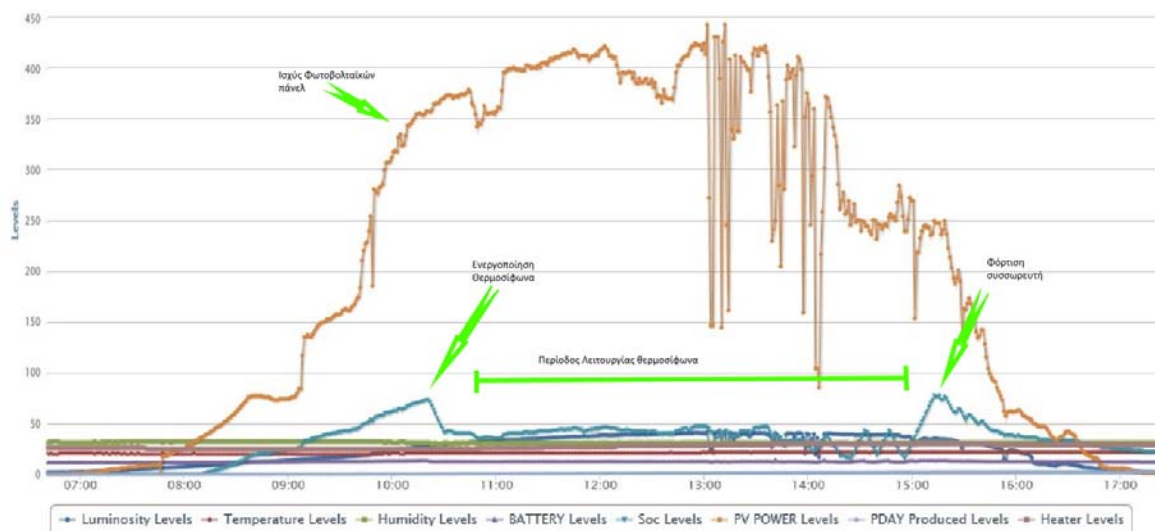
Εικόνα 5.6 Πλήκτρο προβολής γραφικών παραστάσεων.



Εικόνα 5.6 Γραφικές παραστάσεις των καταγεγραμμένων μεγεθών.

## 5.2 Λειτουργία βελτιστοποίησης παραγωγής ισχύος.

Για να κατανοήσουμε πλήρως τη λειτουργία της κεντρικής μονάδας διαχείρισης μπορούμε να δούμε το παρακάτω γράφημα όπου φαίνεται και η λειτουργία του συστήματος κατά τη διάρκεια της ημέρας.



**Εικόνα 5.7 Λειτουργία βελτιστοποίησης παραγωγής και διαχείρισης ενέργειας.**

Παρατηρούμε ότι μετά τις 8:00 το πρωί που υπάρχει έντονος φωτισμός τα φωτοβολταϊκά πάνελ, αρχίζουν να παράγουν ενέργεια και ο συσσωρευτής αρχίζει να γεμίζει. Στη συνέχεια στις 10:30 περίπου όταν η τάση του συσσωρευτή γίνει 13,8 V και φορτιστεί πλήρως ενεργοποιείται ο θερμοσίφωνας. Με την ενεργοποίηση του θερμοσίφωνα η τάση του συσσωρευτή πέφτει στα 13 V, λόγω του ότι ένα μεγάλο μέρος της ισχύος (400Watt) πηγαίνει στο θερμοσίφωνα και δε φορτίζει την μπαταρία. Παρά την πτώση της τάσης ο θερμοσίφωνας εξακολουθεί να είναι ενεργοποιημένος, μέχρι η τάση του συσσωρευτή να πέσει κάτω από 12,4 V. Αν υπάρχει ήλιος η τάση θα ανεβαίνει σιγά σιγά, επειδή η ισχύς των φωτοβολταϊκών είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση.

Στη συνέχεια όταν η θερμοκρασία του θερμοσίφωνα φτάσει τους 30 °C ο θερμοσίφωνας απενεργοποιείται και ενεργοποιούνται ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες η θέρμανση του χώρου (πάνελ υπερέθρων 150 Watt)

και ο αφυγραντήρας (200 Watt κατανάλωση), αφού και οι δύο αυτές συσκευές έχουν μικρότερη ισχύ και μπορούν να δουλεύουν ταυτόχρονα.

Η κεντρική μονάδα ελέγχου δρομολογεί την επιπλέον ισχύ στον θερμοσίφωνα με προτεραιότητα. Μπορούμε όμως να παρακάμψουμε τη συνθήκη αυτή βάζοντας μια χαμηλή τιμή π.χ 10 ως επιθυμητή θερμοκρασία νερού, οπότε η μονάδα θα δρομολογεί την επιπλέον ενέργεια στη θέρμανση και την αφύγρανση.

Όταν η ώρα γίνει 15:00 η λειτουργία ενεργειακής βελτιστοποίησης διακόπτεται προκειμένου να προλάβει να φορτιστεί ο συσσωρευτής στη διάρκεια της ημέρας, ώστε να είναι πλήρως φορτισμένος πριν νυχτώσει.

Το κομμάτι του κώδικα της βελτιστοποίησης και εκμετάλλευσης ισχύος μπορούμε να δούμε παρακάτω:

```
LUMINOSITY_STATE = measurements[0] < LUMINOSITY_LIMIT;
TEMPERATURE_STATE = (measurements[1] < TEMPERATURE_LIMIT && measurements[3] > BATTFULL_LIMIT && measurements[7] > (HEATER_LIMIT-2) && HEATER_STATE == 0 && hour < TIME_LIMIT) ||
(measurements[1] < TEMPERATURE_LIMIT && HEATER_STATE == 0 && TEMPERATURE_STATE == 1 && measurements[3] > BATTLOW_LIMIT );
HUMIDITY_STATE = (measurements[2] > HUMIDITY_LIMIT && measurements[3] > BATTFULL_LIMIT && measurements[7] > (HEATER_LIMIT-2) && HEATER_STATE == 0 && hour < TIME_LIMIT) ||
(measurements[2] > HUMIDITY_LIMIT && HEATER_STATE == 0 && HUMIDITY_STATE == 1 && measurements[3] > BATTLOW_LIMIT );
HEATER_STATE = (measurements[5] > POWER_LOW_LIMIT && measurements[3] > BATTFULL_LIMIT && measurements[7] < HEATER_LIMIT && hour < TIME_LIMIT) ||
(measurements[7] < HEATER_LIMIT && HEATER_STATE == 1 && measurements[3] > BATTLOW_LIMIT && hour < TIME_LIMIT);
digitalWrite(LUMINOSITY_PIN, (LUMINOSITY_STATE==true) ? LOW : HIGH);
digitalWrite(TEMPERATURE_PIN, (TEMPERATURE_STATE==true) ? LOW : HIGH);
digitalWrite(HUMIDITY_PIN, (HUMIDITY_STATE==true) ? LOW : HIGH);
digitalWrite(HEATER_PIN, (HEATER_STATE==true) ? LOW : HIGH);
```

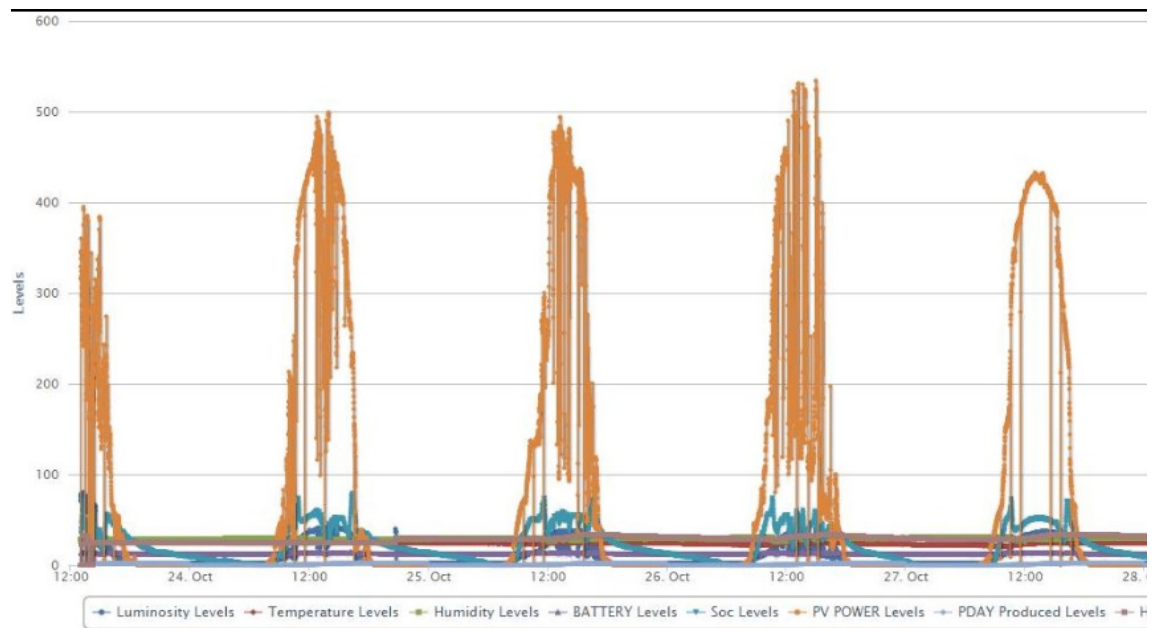
### Εικόνα 5.8 Κώδικας βελτιστοποίησης και εκμετάλλευσης ισχύος.

## 5.3 Γραφικές παραστάσεις κεντρικής μονάδας διαχείρισης.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε 2(δύο) περιόδους λειτουργίας του συστήματός μας από 6/11-11/11/2017 και από 24/10-27/10/2017 σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία ( $W/m^2$ ), βάσει των μετρήσεων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

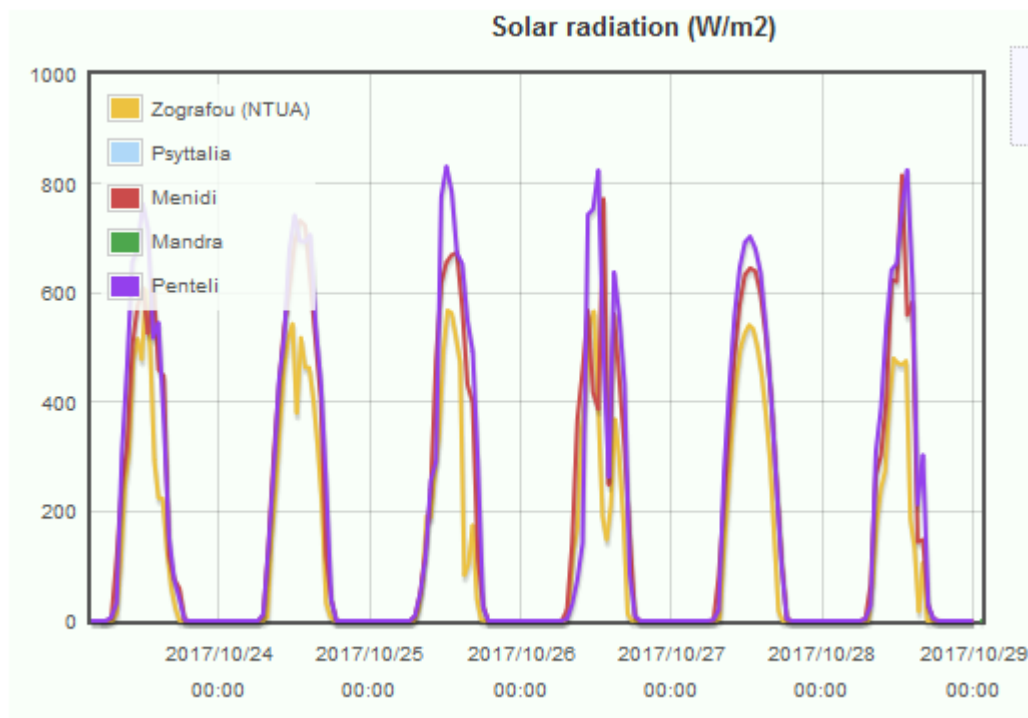
[http://hoa.ntua.gr/charts/solar\\_radiation/?date=2017-10-22&last=week&time](http://hoa.ntua.gr/charts/solar_radiation/?date=2017-10-22&last=week&time) και

[http://hoa.ntua.gr/charts/solar\\_radiation/?date=2017-11-06&last=week&time](http://hoa.ntua.gr/charts/solar_radiation/?date=2017-11-06&last=week&time)

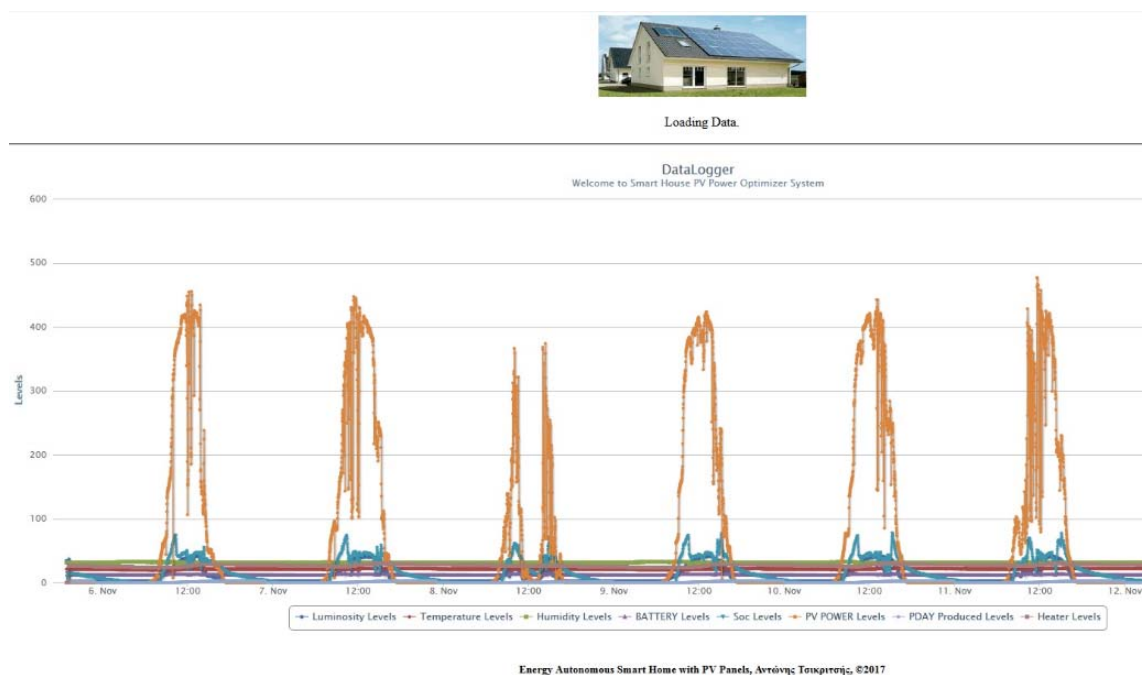


Energy Autonomous Smart Home with PV Panels, Αντώνης Τσικριτσής, ©2017

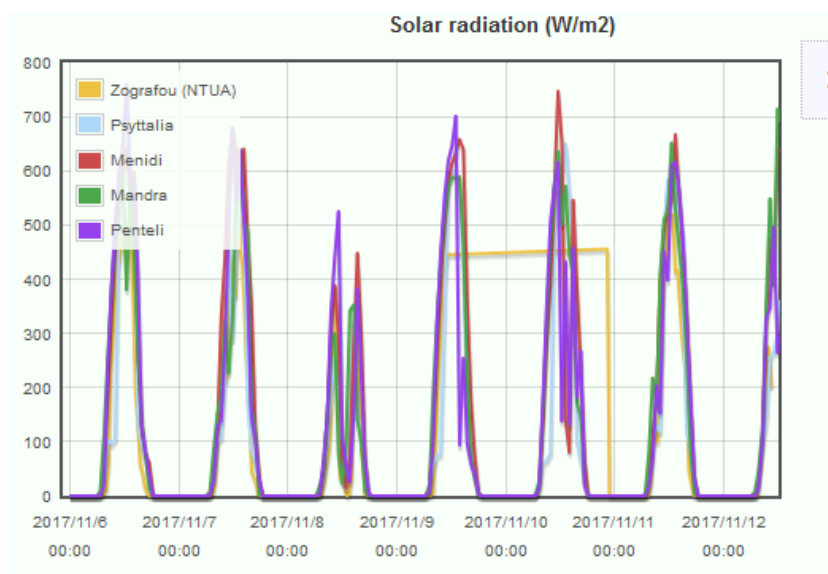
**Εικόνα 5.9 Καταγραφή ενεργειακών μεγεθών από 24/10/2017 έως 27/10/2017.**



**Εικόνα 5.10 Μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών από 24/10/2017 έως 29/10/2017.**



**Εικόνα 5.11 Καταγραφή ενεργειακών μεγεθών από 6/11/2017 έως 11/11/2017.**



**Εικόνα 5.12 Μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών 6/11/2017 έως 11/11/2017.**

Στις παραπάνω καμπύλες παρατηρούμε ότι ειδικά τη δεύτερη περίοδο λειτουργίας από 6/11-11/11/2017 η παραγωγή ενέργειας είναι ιδιαίτερη μειωμένη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πλησιάζουμε τον Δεκέμβριο που μαζί με τον Ιανουάριο είναι οι δύο πιο δύσκολοι μήνες για τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, εξαιτίας του ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι αρκετά μικρή, υπάρχουν

μεγάλες περίοδοι συννεφιάς και η διάρκεια της ημέρας είναι πολύ μικρή. Παρατηρούμε ότι τα φωτοβολταϊκά μας πάνελς που είναι ονομαστικής ισχύος 750 W παράγουν το πολύ 450 Watt, αν και οι ημέρες ήταν σχετικά ηλιόλουστες για την εποχή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

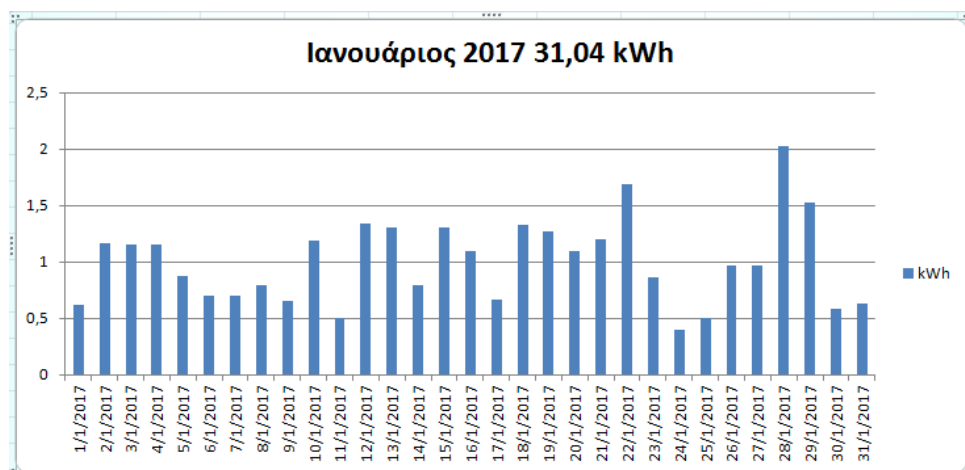
#### 6.1 Συμπεράσματα από τη λειτουργία του συστήματος.

Το συγκεκριμένο έξυπνο σπίτι κατοικείται περιστασιακά σαν εξοχικό και έχει μετά την τοποθέτηση του συστήματός μας σχεδόν πάντα ζεστό νερό το βράδυ καθώς και διαθέσιμη ενέργεια για φωτισμό και οποιαδήποτε ηλεκτρονική συσκευή όπως Laptop, Τηλεόραση , Wifi internet. Υπάρχει η εντύπωση πως κατοικείται συνεχώς, αφού πάντα έχει απαλό φωτισμό το βράδυ, ενώ μπορούμε και απομακρυσμένα μέσω tablet και κινητού τηλεφώνου να ανοιγοκλείσουμε το φως και τις συσκευές του ή να ξέρουμε αν έχει ζεστό νερό σε περίπτωση που θέλουμε να το επισκεφτούμε.

Κατά τη λειτουργία του συστήματος μας, διαπιστώθηκε ότι με τη βοήθεια των κατασκευών μας επιτεύχθηκαν κυρίως οι στόχοι:

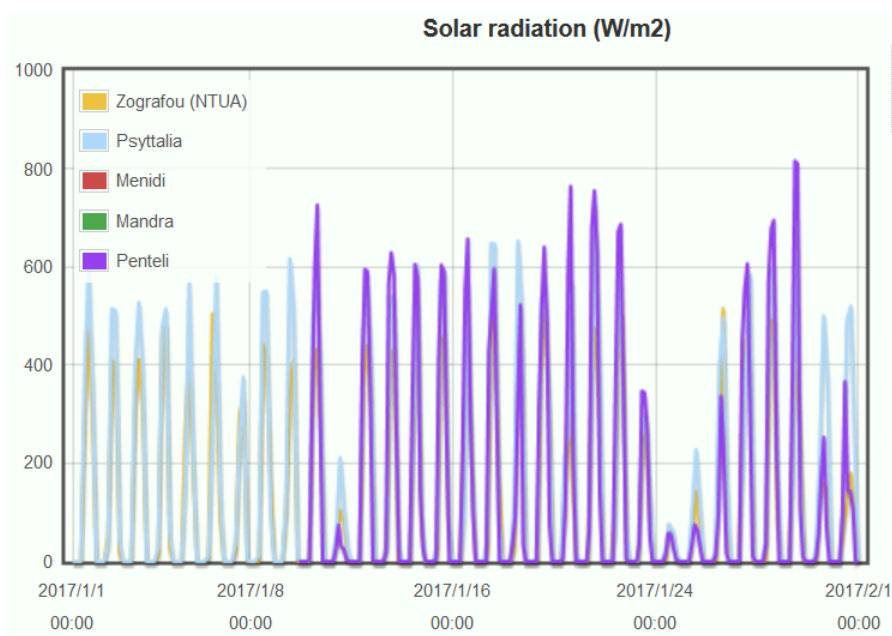
- 1) Αποκτήσαμε πλήρη γνώση των κλιματολογικών και ενεργειακών συνθηκών του σπιτιού, οποιαδήποτε χρονική στιγμή.
- 2) Είχαμε τη δυνατότητα παρακολούθησης της ενεργειακής του κατάστασης και των κλιματολογικών συνθηκών και απομακρυσμένα.
- 3) Υπήρξε πλήρης αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας που θα μπορούσε να παραχθεί από το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.
- 4) Αποκτήσαμε τη δυνατότητα έλεγχου και ενεργοποίησης των ηλεκτρικών συσκευών απομακρυσμένα.

Η χρησιμότητα παρακολούθησης της ενεργειακής κατάστασης του συστήματός μας, διαπιστώνεται ιδιαίτερα και με τις παρακάτω μετρήσεις του φωτοβολταϊκού συστήματος κατά τον μήνα Ιανουάριο του 2017.



Εικόνα 5.13 Παραγωγή ενέργειας τον Ιανουάριο 2017

Η ηλιακή ακτινοβολία τις ημέρες εκείνες ήταν :



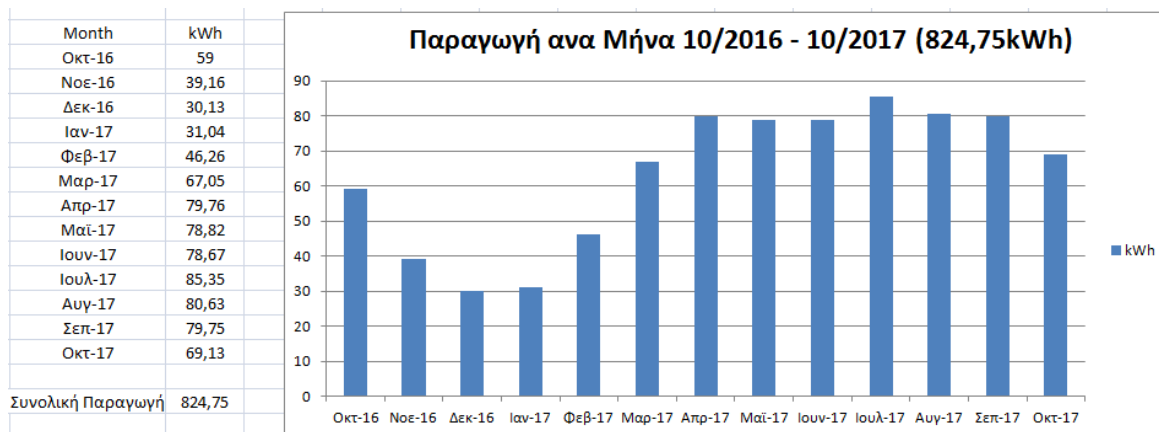
Εικόνα 5.14 Μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών 1/1/2017 έως 31/1/2017.

Από τις παραπάνω μετρήσεις παρατηρούμε πως η παραγωγή ενέργειας είναι αρκετά μειωμένη κατά το μήνα Ιανουάριο, αλλά παρά τη χαμηλή ισχύ παραγωγής ενέργειας (περίπου 1 kWh την Ημέρα), το φωτοβολταϊκό μας σύστημα μπορούσε να διατηρήσει σε λειτουργία τις βασικές συσκευές και να παρέχει φωτισμό στο χώρο. Σε αυτό έπαιξε ρόλο, όπως αναφέραμε και παραπάνω, η παρακολούθηση των ενεργειακών μεγεθών που είχαμε στην διάθεση μας, ώστε να περιορίζονται οι



περιττές καταναλώσεις, όταν το επίπεδο της αποθηκευμένης ενέργειας είναι πολύ χαμηλό.

Την παραγωγή ενέργειας του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος κατά την διάρκεια ενός έτους ανά μήνα μπορούμε να δούμε στην παρακάτω εικόνα:



**Εικόνα 5.13 Ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά μήνα, αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος ( 10ος2016 - 10ος2017).**

Παρά την ικανοποιητική λειτουργία του συστήματός μας, θα προτείνουμε:

- 1) Την ύπαρξη τουλάχιστον 6 (έξι) φωτοβολταϊκών πάνελς και τη λειτουργία στα 24 V με την χρήση 2 (δύο) συσσωρευτών ιδίου τύπου με αυτόν που χρησιμοποιήσαμε, ώστε να έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας, κυρίως το Χειμώνα (τουλάχιστον 2 kWh την ημέρα το Χειμώνα και 6 kWh το Καλοκαίρι).
- 2) Ένας μετατροπέας 1200-2000 Watt θα βοηθούσε στη λειτουργία πιο απαιτητικών σε ενέργεια συσκευών όπως κλιματιστικό , πλυντήριο, ηλεκτρική σκούπα. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή του μετατροπέα θα πρέπει να γίνει πολύ προσεκτικά, ώστε να έχει χαμηλή αυτοκατανάλωση (υπάρχουν μετατροπείς με ισχύ 1200 Watt και αυτοκατανάλωση 6 WATT, ενώ ο δικός μας έχει αυτοκατανάλωση 10 W ).
- 3) Την ύπαρξη κάποιου συμβατικού συστήματος θέρμανσης (ενεργειακό τζάκι με κυκλοφορητή για καλοριφέρ ή σόμπα τύπου πέλετ συνδεδεμένη με τα καλοριφέρ ή στη χειρότερη περίπτωση καυστήρα πετρελαίου) για τη θέρμανση και την παραγωγή ζεστού νερού το χειμώνα που έχουμε χαμηλή παραγωγή ενέργειας.

## 6.2 Προοπτικές.

Οι δυνατότητες βελτίωσης και ανάπτυξης ενός ενεργειακά έξυπνου σπιτιού είναι απεριόριστες.

Αρχίζοντας από τον Ενεργειακό Τομέα θα μπορούσε να γίνει αύξηση των φωτοβολταϊκών πάνελς ή ακόμη και να προστεθεί στο αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα μια ανεμογεννήτρια που θα συνεισφέρει στην παραγωγή ενέργειας ειδικά το Χειμώνα. Επίσης η αύξηση της χωρητικότητας των συσσωρευτών, θα μπορούσε να προσφέρει μεγαλύτερη ευχρηστία στη διαχείριση της ενέργειας.

Συνεχίζοντας με το «έξυπνο» σπίτι και αφού έχει αναπτυχθεί σύστημα ασύρματης επικοινωνίας 6 (έξι) καναλιών θα μπορούσαν να προστεθούν και άλλες συσκευές ελέγχου όπως αισθητήρια θερμοκρασίας και υγρασίας σε άλλα δωμάτια. Επίσης θα μπορούσαν να συνδεθούν και άλλες μονάδες ασύρματα με την κεντρική μονάδα χειρισμού που θα εκτελούσαν συγκεκριμένες λειτουργίες όπως σύστημα συναγερμού (με αισθητήρια κίνησης και περιμετρικό έλεγχο με την χρήση παγίδων στα παράθυρα και τις πόρτες του έξυπνου σπιτιού), σύστημα ελέγχου με ηλεκτρικές περσίδες, στο οποίο οι περσίδες να ρυθμίζονται αυτόματα ανάλογα με τον φωτισμό του χώρου ή ακόμη και σύστημα αυτομάτου ποτίσματος του κήπου με δυνατότητα παρακολούθησης της υγρασίας του χώματος.

Θα μπορούσαμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε την υπηρεσία IFTT με τη χρήση των κατάλληλων βιβλιοθηκών που υπάρχουν για το arduino, ώστε να μπορούμε να ελέγχουμε και να παίρνουμε πληροφορίες από συσκευές άλλων Κατασκευαστών.

Τέλος, το σύστημά μας (με ή χωρίς το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα) θα μπορούσε να εγκατασταθεί σε οποιοδήποτε σπίτι σε συνδυασμό με το ηλεκτρικό δίκτυο, ώστε να γίνει «έξυπνο» επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Βαζαίος Ευθύμιος «Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας : υπολογισμός και σχεδίαση συστημάτων», 4η εκδ. Αθήνα, Φοίβος 1990.
- [2] Μαλαμής Β. «Αυτόνομες εφαρμογές ηλιακής ενέργειας μικρού & μεσαίου μεγέθους», Αθήνα , Ιων .1999
- [3] Κοσμόπουλος, Π., «Κτίρια - Ενέργεια – Περιβάλλον», Θεσ/κη, University Studio Press, 2008.
- [4] Λούκας, Θ. «SmartHomes (έξυπνα σπίτια)», Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας , 2012.
- [5] Μπουγάς Ι. «Αυτόνομο ηλιακό σπίτι», Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2015.

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- [1] Πράσινη Αντίληψη - Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων  
<http://greenmindset.cti.gr/categories>
- [2] Radiation & Energy Transfer  
<https://myasadata.larc.nasa.gov/radiation-energy-transfer>
- [3] Internet of Things  
<http://internetofthings-pune.blogspot.gr/2013/07/this-is-open-source-home-automation.html>
- [4] Arduino Mega  
<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
- [5] Arduino Nano  
<https://store.arduino.cc/arduino-nano>
- [6] Arduino Uno Rev3  
<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- [7] Tracer RS485 Modbus Blynk  
<https://github.com/jaminNZx/Tracer-RS485-Modbus-Blynk>
- [8] Driver for nRF24L01(+) 2.4GHz Wireless Transceiver  
<http://maniacbug.github.io/RF24/>
- [9] nRF24 multiple transmitters  
<https://gist.github.com/rlogiacco/b50b2a4398029bd4eb3c>
- [10] nRF24L01 Six Channels To One Receiver

<https://www.itead.cc/blog/nrf24l01-six-channels-to-one-receiver>

[11] Tracer4215BN

[http://www.epsolarpv.com/en/index.php/Product/pro\\_content/id/573/am\\_id/136](http://www.epsolarpv.com/en/index.php/Product/pro_content/id/573/am_id/136)

[12] Data logging for a epSolar Tracer 4210

<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=332222.0>