

ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**  
**ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΠΕ»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΛΙΝΟΣ ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΑΛΔΕΛΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΑΙΓΑΛΕΩ**

**ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2016**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Καθώς οι αρνητικές περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (ορυκτά καύσιμα) συνεχίζουν να πληθαίνουν, σήμερα κρίνεται πιο αναγκαία από ποτέ η καθιέρωση νέων, βιώσιμων και φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σπιτιών και επαγγελματικών χώρων. Ένα επίσης σημαντικό ζήτημα είναι η δυνατότητα εφαρμογής αυτών των τεχνολογιών ακόμα και σε απομακρυσμένες περιοχές, όπως τα μη διασυνδεδεμένα στο ηπειρωτικό δίκτυο νησιά, αγροικίες, φάρους κ.α. Μία από τις πιο ώριμες και δοκιμασμένες μεθόδους είναι τα υβριδικά συστήματα Φωτοβολταϊκών/Ανεμογεννήτριας με αποθήκευση σε μπαταρίες μολύβδου οξέος και επικουρική λειτουργία γεννήτριας Diesel .

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και η κατασκευή της επέκτασης-αναβάθμισης του υφιστάμενου Αυτόνομου Πειραματικού Υβριδικού Σταθμού Α.Π.Ε του εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. Η μελέτη περιλαμβάνει την προσομοίωση της λειτουργίας των Φ/Β του Υβριδικού Σταθμού στο λογισμικό PVsyst , καθώς και τη μελέτη χωροθέτησης του μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Η επέκταση περιλαμβάνει την προσθήκη τεσσάρων (4) Φ/Β πάνελ ονομαστικής ισχύος 235 W έκαστο , την προσθήκη νέου Ρυθμιστή Φόρτισης MPPT στα υπάρχοντα Φ/Β, την προσθήκη τεσσάρων (4) συσσωρευτών Μολύβδου Οξέος , την τοποθέτηση νέων ασφαλιστικών διατάξεων για την προστασία των μπαταριών και των φορτίων και τέλος, έναν νέο αντιστροφέα DC/AC ο οποίος έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί με το δίκτυο για υποστήριξη τυχών ελλειμμάτων κατά τη λειτουργία του Υ.Σ .

Μετά την ολοκλήρωση του έργου, ακολούθησε ο έλεγχος λειτουργίας και η αξιολόγηση του Υβριδικού Σταθμού και εξήχθησαν χρήσιμα και πρακτικά συμπεράσματα.

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

***Ηλιακή Ενέργεια, Φωτοβολταϊκά, Αιολική Ενέργεια, Ανεμογεννήτρια, Ρυθμιστές Φόρτισης, Συσσωρευτές Μολύβδου - Οξέως, Υβριδικά Συστήματα, Ενεργειακή Αυτονομία.***

## ABSTRACT

As the negative environmental and economic impacts of traditional energy sources (fossil fuels) continue to multiply, today is more necessary than ever to establish new, sustainable and environmentally friendly energy technologies to meet the energy needs of homes and business premises. Another important issue is the applicability of these technologies even in remote areas such as the non-interconnected islands to the continental network, cottages, lighthouses etc. One of the most mature and proven methods are solar/wind hybrid systems generator with a lead acid battery storage and auxiliary function Diesel generator. The object of this thesis is the design and construction of the power extension-upgrade of the existing Standalone Experimental Hybrid RES Plant of the Laboratory of Renewable Energy at T.E.I. of Piraeus. The study includes the simulation of the operation of the Photovoltaics of the Hybrid Plant using the Software PVsyst, and the study of the placement of mechanical and electrical equipment. The upgrade includes the addition of four (4) P/V panels of rated power 235 W each, including a new Charge Controller MPPT for the existing P/V, addition of four (4) Lead Acid Batteries, set-up of new systems to protect the batteries and the loads, and finally a new inverter DC / AC, which is able to connect to the network for backup power if needed. After completion of the project, followed by the function test and evaluation of the Hybrid Plant, useful and practical conclusions were reached.

## KEYWORDS

***Solar Energy, Photovoltaics, Wind Energy, Wind Turbine, Charge Controllers, Lead-Acid Battery, Hybrid Energy Systems, Energy Autonomy***

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
<b>1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΘΕΩΡΙΑΣ</b>	
1.1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	3
1.1.1. Ηλιακή Ενέργεια	4
1.1.2. Αιολική Ενέργεια	7
1.1.3. Υδροηλεκτρική Ενέργεια	12
1.1.4. Γεωθερμική Ενέργεια	12
1.1.5. Ενέργεια από Βιομάζα	13
1.1.6. Ενέργεια Ωκεανών	13
1.2. Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας	13
1.2.1. Η αναγκαιότητα της αποθήκευσης ενέργειας	13
1.2.2. Τύποι συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας	14
1.2.3. Συστήματα μακροπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας (long-term)	15
1.3. Αυτόνομα Υβριδικά Συστήματα Α.Π.Ε.	19
<b>2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ</b>	
2.1. Τεχνική Περιγραφή και Λειτουργία του Υβριδικού Σταθμού	20
2.2. Τεχνική Περιγραφή Αναβάθμισης Υβριδικού Σταθμού	28
<b>3. ΜΕΛΕΤΗ-ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ Φ/Β ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ</b>	
3.1. Εισαγωγή	30
3.2. Διαστασιολόγηση Φ/Β συστήματος μέσω του PVSyst	32
3.3. Οπτικός Έλεγχος – Μελέτη Χωροθέτησης	34
3.4. Προσανατολισμός – Κλίση	36
3.5. Στήριξη των Φ/Β Πλαισίων	37
3.6. Αποφυγή Σκιάσεων – Επιπτώσεις της σκίασης	38
3.7. Εκτίμηση των ενεργειακών απολαβών με το λογισμικό PVSyst	39
3.7.1. Σενάριο 1 <sup>ο</sup> : Τοποθέτηση στην πλησιέστερη στον πίνακα DC θέση	40
3.7.2. Σενάριο 2 <sup>ο</sup> : Τοποθέτηση στη θέση με τη λιγότερη σκίαση	41
3.7.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων	42
<b>4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ</b>	
4.1. Πρόλογος	44
4.2. Τοποθέτηση Μηχανολογικού Εξοπλισμού	44
4.3. Τοποθέτηση Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού	48
4.4. Χρονοδιάγραμμα Εργασιών	58
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</b>	59
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	60
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: «ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΦΑΚΕΛΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΠΕ»</b>	

## 1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΘΕΩΡΙΑΣ

Η ενέργεια αποτελεί τη θεμέλιο λίθο όλων των σύγχρονων κοινωνιών. Η αναγκαιότητα για φωτισμό, θέρμανση, μεταφορές, μεταποίηση, τηλεπικοινωνίες κλπ, καθιστούν την παραγωγή και την εκμετάλλευση ενέργειας βασικό παράγοντα ανάπτυξης και ευημερίας. Είναι ευρέως γνωστό πως η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, τις τελευταίες δεκαετίες, έχει ως αποτέλεσμα τη δραματική μείωση των διαθέσιμων αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων. Κατά συνέπεια το περιβάλλον επιβαρύνεται διαρκώς, τόσο από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όσο και από την καταστροφή του φυσικού τοπίου λόγω της υπερεκμετάλλευσης. Προκειμένου να αποφευχθούν μελλοντικές ενεργειακές και περιβαλλοντικές κρίσεις, η διεθνής κοινότητα έχει στραφεί στην εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και σε σύγχρονες τεχνικές εξοικονόμησης.

### 1.1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας** (ΑΠΕ) ή *ήπιες μορφές 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 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα εκλυόμενα αέρια από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και το βιοαέριο.

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με τον ορισμό του άρθρου 2 του Ν. 2773/1999 όπως τροποποιήθηκε από τον Ν. 3468/2006 (άρθρο 2, παρ. 12), ηλεκτρική ενέργεια από Α.Π.Ε., είναι η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από:

- Την εκμετάλλευση αιολικής ή ηλιακής ενέργειας ή βιομάζας ή βιοαερίου.
- Την εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού γεωθερμικού δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο.
- Την εκμετάλλευση ενέργειας από τη θάλασσα.
- Την εκμετάλλευση υδάτινου δυναμικού με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς ισχύος μέχρι 15 MWe (όπως τροποποιήθηκε η παρ. 4 του άρθρου 27 του Ν. 3468/2006 από το άρθρο 17 του Ν. 3489/2006).
- Το συνδυασμό των ανωτέρω.
- Τη συμπαραγωγή, με χρήση μιας ή περισσότερων μορφών ΑΠΕ
- Υβριδικούς Σταθμούς, όπως ορίζονται παρακάτω, κατά το μέρος που η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από ΑΠΕ. Στην ενέργεια αυτή περιλαμβάνεται και η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την πλήρωση των συστημάτων αποθήκευσης του σταθμού, εφόσον αυτή παράγεται από ΑΠΕ, μη συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στα συστήματα αποθήκευσης του σταθμού.



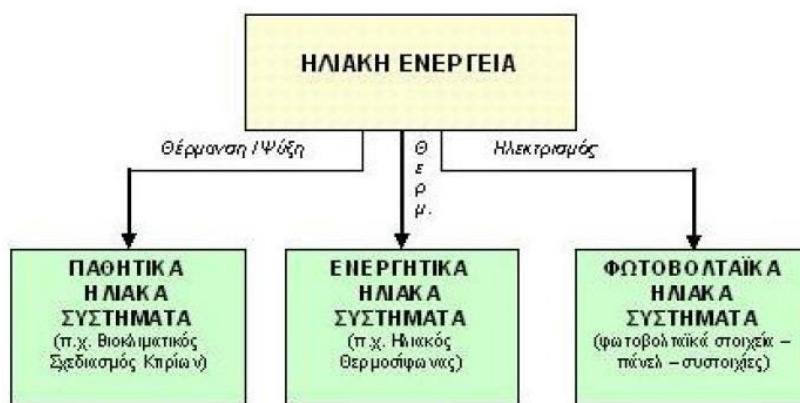
Τα έργα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα έργα δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, κατασκευής υποσταθμών και εν γένει κάθε κατασκευής που αφορά την υποδομή και εγκατάσταση σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, χαρακτηρίζονται

σύμφωνα με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο (παρ. 9 του άρθρου 2 του Ν. 2941/01), ως εγκαταστάσεις «δημόσιας ωφέλειας».

### 1.1.1. Ηλιακή Ενέργεια

Με το όρο Ηλιακή Ενέργεια χαρακτηρίζουμε το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Το φώς και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται στον ήλιο. Φτάνει σχεδόν αμετάβλητη στο ανώτατο στρώμα της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας, διαμέσου του διαστήματος, και στη συνέχεια κατά τη διέλευσή της από την ατμόσφαιρα υπόκειται σε σημαντικές αλλαγές, που οφείλονται στην σύσταση της ατμόσφαιρας. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα σημείο στην επιφάνεια της γης μια δεδομένη χρονική στιγμή χαρακτηρίζεται από την ένταση και την διεύθυνση πρόσπτωσης. Στην επιφάνεια της γης φτάνει μόνο ένα μέρος της ακτινοβολίας που προέρχεται άμεσα από τον ήλιο (άμεση ηλιακή ακτινοβολία), ενώ το υπόλοιπο είτε απορροφάται από τα συστατικά της ατμόσφαιρας είτε ανακλάται πάλι προς το διάστημα ή προς την επιφάνεια της γης. Η ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης μετά από διαδοχικές ανακλάσεις δεν έχει συγκεκριμένη διεύθυνση και καλείται διάχυτη ακτινοβολία.

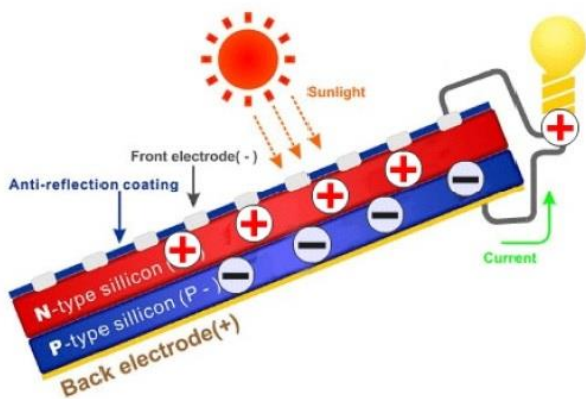
Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ενέργειας με τριών ειδών συστήματα: τα θερμικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



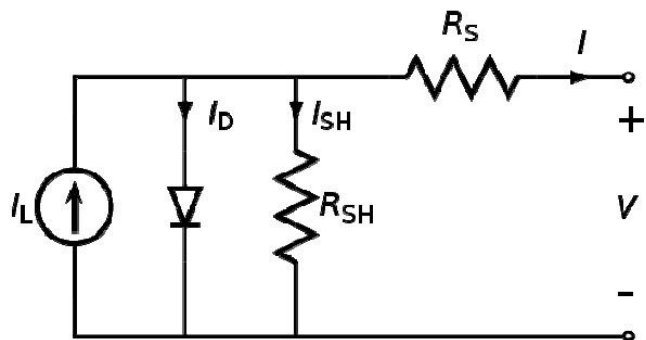
Σχήμα 1.1.: Εκμετάλλευση Ηλιακής Ενέργειας

## Φωτοβολταϊκό στοιχείο και φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Τα φ/β στοιχεία αποτελούνται από δύο πλάκες ημιαγωγών (δίοδοι p-n, συνήθως πυριτίου) που βρίσκονται σε επαφή. Η άνω πλάκα (n) εμπλουτίζεται με πολύ μικρή ποσότητα (π.χ.  $1:10^6$ ) στοιχείου, το οποίο διαθέτει ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο (5 ηλεκτρόνια) στην εξωτερική του στιβάδα, σε σχέση με τον χρησιμοποιούμενο ημιαγωγό. Αντίστοιχα η κάτω πλάκα ενισχύεται με προσμίξεις κατάλληλου στοιχείου που διαθέτει ένα ηλεκτρόνιο λιγότερο στην εξωτερική του στιβάδα (π.χ. Βόριο "B") σε σχέση με το υλικό του ημιαγωγού. Εάν η πλάκα (n) δεχτεί ηλιακή ακτινοβολία, τότε τα φωτόνια που διαπερνούν τον ημιαγωγό ενεργοποιούν ορισμένο αριθμό ηλεκτρονίων, τα οποία συσσωρεύονται κοντά στην επιφάνεια επαφής των δύο πλακών. Στην περίπτωση αυτή δημιουργείται διαφορά τάσεως μεταξύ των δύο πλευρών, που ονομάζεται τάση ανοιχτού κυκλώματος ( $V_{oc}$ ). Κατά τη διάρκεια έκθεσης του φ/β στοιχείου στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώνοντας με κατάλληλο αγωγό τις δύο πλάκες το στοιχείου (p-n), δημιουργείται κλειστό κύκλωμα, που οδηγεί στην ανάπτυξη κυκλοφορίας των ηλεκτρονίων διαμέσου της επιφάνειας επαφής τους. Στο κλειστό αυτό κύκλωμα (πρακτικά χωρίς φορτίο) η ένταση του ρεύματος είναι σταθερή και ονομάζεται ένταση βραχυκυκλώσεως ( $I_{sc}$ ). Η ένταση αυτή, μεταβάλλεται σχεδόν γραμμικά με τη ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.



Σχήμα 1.2.: Αρχή Λειτουργίας φ/β Στοιχείου



Σχήμα 1.3.: Ισοδύναμο Ηλεκτρικό Κύκλωμα Φ/Β Στοιχείου

### Ισοδύναμο Ηλεκτρικό Κύκλωμα - Καμπύλη Λειτουργίας – Βαθμός Απόδοσης

Το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα του ΦΒ στοιχείου είναι μια πηγή ρεύματος σε συνδυασμό με μια ιδανική δίοδο. Ακολουθεί το μη ιδανικό κομμάτι του Φ/Β στοιχείου το οποίο αποτελείται από την αντίσταση απωλειών διαρροής του ρεύματος μεταξύ των άκρων του Φ/Β στοιχείου και την αντίσταση απωλειών στο δρόμο ροής του ρεύματος της διόδου. Η πρώτη αντίσταση θεωρείται εν παραλλήλω και σε καλής απόδοσης Φ/Β είναι μεγαλύτερη του 1 kΩ ενώ η δεύτερη αντίσταση θεωρείται εν σειρά και είναι της τάξης του 0,1 - 0,3 Ω.

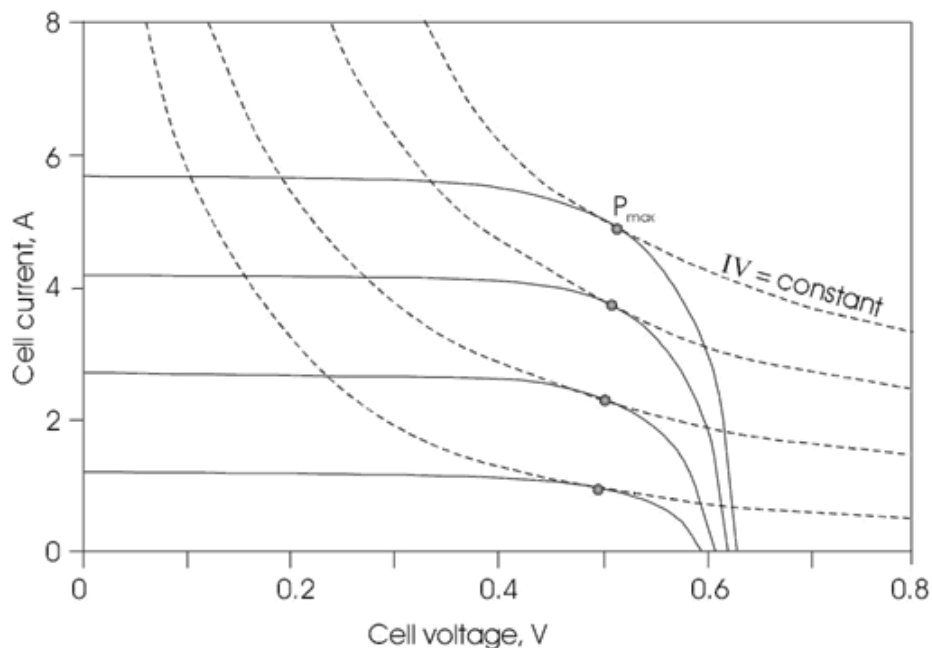
Η έξοδος ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου είναι ένα DC ρεύμα με μια DC τάση. Η καμπύλη I-V του φωτοβολταϊκού για διαφορετικές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας δίνεται στο σχήμα Σχήμα 1.3. Η ισχύς εξόδου του φωτοβολταϊκού στοιχείου δίνεται από τη σχέση:

$$P = V \cdot I$$

Έχοντας ως σκοπό την αποδοτική λειτουργία του ΦΒ στοιχείου θέλουμε να λειτουργεί στο σημείο μέγιστης ισχύς για κάθε ακτινοβολία. Παρατηρώντας την γραφική παράσταση διακρίνουμε ένα μέγιστο το οποίο βρίσκεται κοντά στο «γόνατο» της καμπύλης. Αν  $I_m$  είναι το ρεύμα και  $V_m$  η τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος, τότε η μέγιστη ισχύς μπορεί να εκφραστεί ως:

$$P_{max} = V_{max} \cdot I_{max} = FF \cdot V_{OC} \cdot I_{SC}$$

Όπου  $FF$  ορίζεται ως ο συντελεστής πλήρωσης της κυψέλης,  $I_{sc}$  το ρεύμα βραχυκύκλωσης του στοιχείου και  $V_{oc}$  η τάση ανοικτού κυκλώματος του στοιχείου. Ο συντελεστής πλήρωσης είναι ένα μέτρο της ποιότητας της κυψέλης. Κυψέλες με μεγάλη εσωτερική αντίσταση θα έχουν μικρό συντελεστή πλήρωσης, ενώ για την ιδανική κυψέλη ο συντελεστής πλήρωσης ισούται με τη μονάδα. Σημειώνεται ότι ο μοναδιαίος συντελεστής πλήρωσης αντιστοιχεί σε τετραγωνική χαρακτηριστική  $I-V$ . Μια τέτοια χαρακτηριστική δηλώνει ότι η κυψέλη θα λειτουργεί είτε ως ιδανική πηγή τάσης είτε ως ιδανική πηγή ρεύματος.



**Σχήμα 1.3.:** Καμπύλες  $I-V$  ΦΒ στοιχείου για διάφορες τιμές της ακτινοβολίας

Από τα παραπάνω μπορεί να οριστεί και ο βαθμός απόδοσης του στοιχείου. Έτσι :

$$\eta_{cell} = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{FF \cdot I_{SC} \cdot V_{OC}}{P_{in}}$$

Η απόδοση του Φ/Β στοιχείου εξαρτάται από:

- Το υλικό του ημιαγωγού
- Την πυκνότητα ισχύος της ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται
- Τη θερμοκρασία του Φ/Β στοιχείου

Για να μπορεί να γίνει κάποια ασφαλής σύγκριση μεταξύ των διαφόρων ειδών Φ/Β στοιχείων οι ονομαστικές τιμές απόδοσης τους υπολογίζονται κάτω από τις πρότυπες συνθήκες STC.

### 1.1.2. Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από τη μετακίνηση αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Οι μετακινήσεις του αέρα, οι άνεμοι, προέρχονται από τις μεταβολές και τις διαφορετικές από τόπο σε τόπο τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Οι διαφορετικές αυτές τιμές της πίεσης οφείλονται στη διαφορετική θέρμανση (απορρόφηση ενέργειας) της ατμόσφαιρας κάθε τόπου από τον Ήλιο.

Ο άνθρωπος από πολύ παλιά κατάλαβε πόσο σημαντική μπορεί να αποδειχθεί η ενέργεια που μας δίνει ο άνεμος όταν φυσάει και αξιοποίησε τη δύναμη των ανέμων σε διάφορες χρήσεις. Τα ιστιοφόρα πλοία μετέφεραν ανθρώπους και εμπορεύματα διασχίζοντας τις θάλασσες και πάνω τους στήριξαν την ακμή και την οικονομική τους ευρωστία μεγάλες πόλεις που κυριάρχησαν στην ιστορία. Οι ανεμόμυλοι πάλι, ήταν πολύτιμοι βοηθοί στην παραγωγή του αλευριού, βασικού παράγοντα διατροφής σε όλες τις ανθρώπινες κοινωνίες. Η ενέργεια των ανέμων ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου. Αυτή η ενέργεια, αξιοποιείται στις μέρες μας ολοένα και περισσότερο, σε περιοχές όπου συχνά φυσούν ισχυροί άνεμοι. Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε σήμερα τις **Ανεμογεννήτριες**, με τις οποίες μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική.



*Σχήμα 1.3.: Ανεμογεννήτρια μικρής Ισχύος*

#### **Ανεμογεννήτρια**

Οι ανεμογεννήτριες είναι κατασκευές που εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μέσα στο κέλυφος της ανεμογεννήτριας διαχωρίζεται το μηχανικό και το ηλεκτρικό μέρος.

Το μηχανικό μέρος μιας έχει σκοπό την μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε μηχανική στον άξονα της ηλεκτρικής γεννήτριας. Τα πιο σημαντικά του τμήματα είναι :

- Ο ανεμοκινητήρας
- Το κιβώτιο ταχυτήτων

Το ηλεκτρικό μέρος έχει στόχο τη μετατροπή της μηχανικής ισχύος στον άξονα της ηλεκτρικής γεννήτριας σε ηλεκτρική ισχύ στα στην έξοδο της ανεμογεννήτριας. Το πιο σημαντικό του τμήμα είναι

- Η ηλεκτρική γεννήτρια

## Ανεμοκινητήρας

Η ισχύς μιας μάζας ανέμου σχήματος παραλληλογράμμου που ρέει με ταχύτητα  $u$  και έχει μάζα  $m$ , πυκνότητα  $\rho$  και διασχίζει μια επιφάνεια εμβαδού  $A$  είναι:

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot u^3$$

Σε έναν ανεμοκινητήρα το  $A$  είναι η κυκλική επιφάνεια που σαρώνουν τα πτερύγιά του. Ο άνεμος κινεί τα πτερύγιά του παράγοντας μια ροπή στον άξονά του η οποία τον επιταχύνει. Η ισχύς στον άξονα του ανεμοκινητήρα είναι το γινόμενο της ροπής επί τη γωνιακή του ταχύτητα:

$$P_{αξ} = T \cdot \omega$$

Αν η επιφάνεια των πτερυγίων είναι κάθετη στην κατεύθυνση του ανέμου τότε η ροπή που παράγεται είναι η μέγιστη. Η γωνία που σχηματίζει η κάθετη στην επιφάνεια των πτερυγίων ως προς την κατεύθυνση του ανέμου ονομάζεται γωνία βήματος έλικας και συμβολίζεται με  $\beta$ . Ελέγχοντας αυτήν την γωνία είναι δυνατόν να ελέγξουμε τη ροπή του άξονα του ανεμοκινητήρα.

Έχει αποδειχτεί ότι η ισχύς που μπορεί να εκμεταλλευτεί ένας ιδανικός ανεμοκινητήρας είναι μόνο τα 16/27 της ισχύος του ανέμου:

$$P_{ideal} = \frac{16}{27} \rho A u^3 = 0,593 \cdot P_w$$

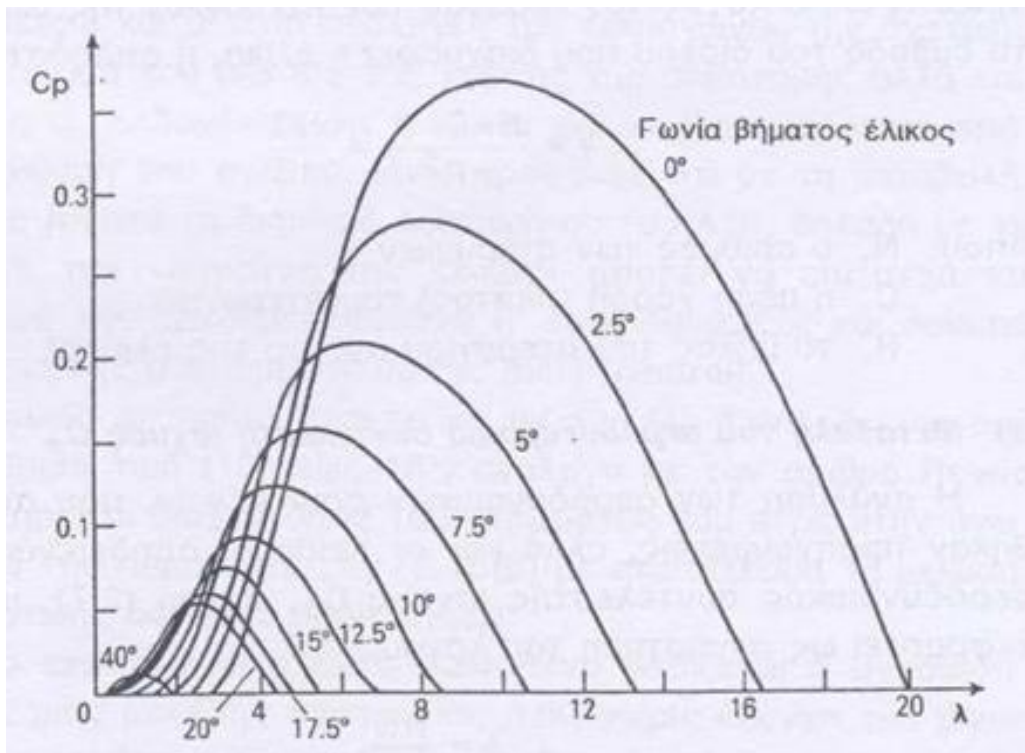
Ο παράγοντας 16/27=0.593 λέγεται συντελεστής του Betz. Στην πράξη το 59.3% πέφτει σε ακόμη χαμηλότερες τιμές λόγω μηχανικών ατελειών. Κυμαίνεται από 35-40%. Στην ανάλυση εκφράζουμε το ποσοστό της ενέργειας του ανέμου που εκμεταλλεύεται ο ανεμοκινητήρας με το συντελεστή  $C_p$  ο οποίος ονομάζεται αεροδυναμικός συντελεστής ισχύος.

$$P_T = C_p \cdot P_w$$

Ο αεροδυναμικός συντελεστής ισχύος εξαρτάται από τη γωνία βήματος της έλικας και μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση του λόγου

$$\lambda = \frac{R \cdot \omega}{u}$$

Όπου  $R$  είναι η ακτίνα της έλικας,  $\omega$  η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της έλικας και  $u$  η ταχύτητα του ανέμου μακριά από την έλικα. Δηλαδή εξαρτάται από το λόγο της ταχύτητας του άκρου της έλικας ( $R\omega$ ) προς την ταχύτητα του ανέμου  $u$ . Στο Σχήμα 1.4. φαίνεται ένα διάγραμμα που δείχνει τη μεταβολή του  $C_p$  συναρτήσει του  $\lambda$  για διάφορες τιμές της γωνίας βήματος έλικας.



Σχήμα 1.4.: Συντελεστής  $C_p$  συναρτήσει του  $\lambda$  για διάφορες γωνίες βήματος έλικας

### Πολλαπλασιαστής στροφών

Οι στροφές του ανεμοκινητήρα είναι συνήθως χαμηλές και κυμαίνονται μεταξύ 60-90rpm. Η γεννήτρια δουλεύει στις 1000rpm εφόσον έχει 6 πόλους. Έτσι μεταξύ του ανεμοκινητήρα και της ηλεκτρικής γεννήτριας συνήθως μεσολαβεί ένας πολλαπλασιαστής στροφών. Ο πολλαπλασιαστής στροφών αυξάνει τις στροφές και μειώνει τη ροπή που θα φτάσει στον άξονα της γεννήτριας. Η σχέση που συνδέει τη ροπή και στις στροφές στους 2 άξονες ενός πολλαπλασιαστή στροφών χωρίς απώλειες είναι :

$$\frac{T_t}{T_{mec}} = \frac{\omega_{mec}}{\omega_t} = a$$

Όπου,

- $T_t$  και  $\omega_t$  είναι η ροπή και οι στροφές στον άξονα χαμηλής ταχύτητας,
- $T_{mec}$  και  $\omega_{mec}$  είναι η ροπή και οι στροφές στον άξονα υψηλής ταχύτητας,
- $a$  είναι ο συντελεστής σύζευξης του πολλαπλασιαστή στροφών
- 

Δηλαδή αν δεν υπάρχουν απώλειες η ισχύς στους δύο άξονες είναι ίση, αλλά αλλάζει η σύνθεσή της. Ο πολλαπλασιαστής στροφών όμως έχει κάποιες απώλειες. Η ισχύς που φτάνει λοιπόν στον άξονα της γεννήτριας δίνεται από τον τύπο:

$$P_{mec} = \eta_{gb} \cdot C_p \cdot P_w$$

Όπου  $\eta_{gb}$  είναι ο βαθμός απόδοσης του πολλαπλασιαστή στροφών.

## Ηλεκτρική γεννήτρια

Η ηλεκτρική γεννήτρια μετατρέπει την ηλεκτρική ισχύ στον άξονά της,  $P_{mec}$ , σε ηλεκτρική ισχύ στην έξοδό της,  $P_{el}$ . Ο βαθμός απόδοσης είναι η  $\eta_{gen}$  και δίνεται από τον τύπο

$$\eta_{gen} = \frac{P_{el}}{P_{mec}}$$

Άρα η ηλεκτρική ισχύς στα άκρα της ηλεκτρογεννήτριας δίνεται ως συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου από τον τύπο:

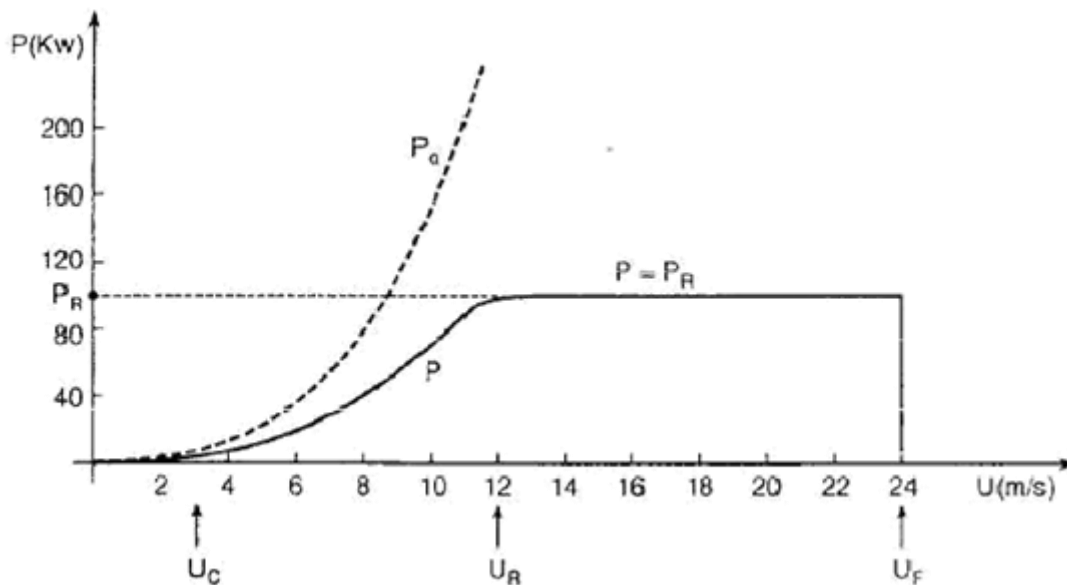
$$P_{el} = \eta_{gen} \cdot \eta_{gb} \cdot C_p \cdot P_w$$

Η ροή ισχύος από τον άνεμο μέχρι τον άξονα της ανεμογεννήτριας δίνεται στο Σχήμα 1.5.



**Σχήμα 1.5.:** Ροή ισχύος από τον άνεμο μέχρι την έξοδο της ηλεκτρογεννήτριας

Στο Σχήμα 1.6. φαίνεται με συνεχή γραμμή μια τυπική καμπύλη ηλεκτρικής ισχύος εξόδου μιας ανεμογεννήτριας ως συνάρτηση της ταχύτητας ανέμου. Με διακεκομμένη γραμμή φαίνεται η ισχύς του ανέμου  $P_w$ .



**Σχήμα 1.6.:** Ηλεκτρική ισχύς εξόδου μιας ανεμογεννήτριας  $P_{el}$  συναρτήσει της ταχύτητας ανέμου  $u$

- Όταν η ταχύτητα υπερβεί την τιμή  $u_c$  (πχ 3m/s), η ανεμογεννήτρια μπορεί να αναπτύξει ισχύ, η οποία υπερβαίνει τις μηχανικές απώλειες (τριβές κτλ) και τίθεται σε λειτουργία.

- Για ταχύτητες  $u > u_c$  η ισχύς  $P_{el}$  αυξάνεται μέχρι  $u = u_R$  (πχ  $u_R = 12\text{m/s}$ ) για την οποία η ανεμογεννήτρια παράγει την ονομαστική της ισχύ  $P_R$ .
- Για ταχύτητες  $u > u_R$  δεν πρέπει η παραγόμενη ισχύς να αυξηθεί γιατί αλλιώς θα προκληθεί υπερφόρτιση των επιμέρους στοιχείων της ανεμογεννήτριας (πχ του πολλαπλασιαστή στροφών, της γεννήτριας κτλ). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με κάποιους τρόπους όπως πχ με έλεγχο του βήματος της έλικας.
- Για μια οριακή τιμή  $u = u_f$  η λειτουργία της ανεμογεννήτριας διακόπτεται και ο δρομέας λαμβάνει την θέση ελάχιστης αντιστάσεως στον άνεμο. Αυτό γίνεται για να μη γίνει υπέρβαση των ορίων αντοχής σε μηχανικές καταπονήσεις.

Από το Σχήμα 1.6. φαίνεται ότι ένα μόνο μικρό ποσοστό της ισχύος του ανέμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ειδικά στις υψηλές ταχύτητες.

### Ασύγχρονη γεννήτρια

Η ασύγχρονη γεννήτρια είναι μια ασύγχρονη μηχανή που λειτουργεί ως γεννήτρια, δηλαδή μετατρέπει τη μηχανική ισχύ στον άξονα της σε ηλεκτρική ισχύ στην έξοδό της. Ο στάτης της μηχανής έχει ένα τριφασικό τύλιγμα, συμμετρικά τοποθετημένο στο χώρο, το οποίο σχηματίζει ζευγάρια πόλων τα οποία μπορεί να είναι 2, 3, 4 ή και παραπάνω. Ο δρομέας είναι ένας βραχυκυκλωμένος κλωβός. Το τριφασικό σύστημα τάσεων τροφοδοσίας στο στάτη δημιουργεί ένα τριφασικό σύστημα ρευμάτων. Το τριφασικό σύστημα ρευμάτων δημιουργεί στο διάκενο της μηχανής το μαγνητικό πεδίο του στάτη το οποίο έχει σταθερό πλάτος και στρέφεται με σύγχρονες στροφές. Η σχέση που δίνει τη σύγχρονη ταχύτητα σε σχέση με τον αριθμό των πόλων της γεννήτριας είναι:

$$n_s = 120 \frac{f_e}{p}$$

Όπου  $n_s$  η σύγχρονη ταχύτητα σε rpm,  $f_e$  η συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου σε Hz και  $p$  ο αριθμός των πόλων. Ο δρομέας σε μια ασύγχρονη γεννήτρια κινείται με μεγαλύτερες στροφές από τη σύγχρονη για το οποίο εξαναγκάζεται από τον κινητήριο μηχανισμό που κινεί τον δρομέα. Η διαφορά των 2 ταχυτήτων λέγεται ολίσθηση και δίνεται από τον τύπο:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Όπου  $n_s$  η σύγχρονη ταχύτητα σε rpm και  $n$  η πραγματική ταχύτητα του δρομέα. Για λειτουργία γεννήτριας η ολίσθηση παίρνει αρνητική τιμή. Εφόσον λοιπόν ο δρομέας και το μαγνητικό πεδίο του στάτη κινούνται με διαφορετική ταχύτητα, ο δρομέας βλέπει ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Έτσι, το μαγνητικό πεδίο του στάτη επάγει τάση στον δρομέα η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρεύματος στο δρομέα. Η τάση και το ρεύμα στο δρομέα έχουν συχνότητα που εξαρτάται από την ολίσθηση και για ονομαστικά φορτία είναι σχετικά μικρή σε σχέση με αυτήν του δικτύου τροφοδοσίας. Δίνεται από τον τύπο:

$$f_r = s \cdot f_e$$

Το ρεύμα του δρομέα δημιουργεί με τη σειρά του το μαγνητικό πεδίο του δρομέα. Ο δρομέας στρέφεται με μεγαλύτερες στροφές από τις σύγχρονες και το ρεύμα στο δρομέα έχει τη συχνότητα  $f_r$ . Η ταχύτητα του μαγνητικού πεδίου του δρομέα προέρχεται από την υπέρθεση της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα στο χώρο και της συχνότητας του ρεύματος του δρομέα, και είναι ίση με τη σύγχρονη ταχύτητα για έναν ακίνητο παρατηρητή. Συνεπώς και το μαγνητικό πεδίο του στάτη και του δρομέα στρέφονται με σύγχρονες



στροφές σχηματίζοντας κάποια γωνία μεταξύ τους στο χώρο. Το διανυσματικό άθροισμα στο χώρο κάθε χρονική στιγμή των 2 μαγνητικών αυτών πεδίων μας δίνει το συνιστάμενο μαγνητικό πεδίο της μηχανής. Το πεδίο αυτό στρέφεται με σύγχρονες στροφές όπως είναι προφανές. Η ροπή που επάγεται από τον δρομέα είναι ίση με:

$$T = k \cdot Br \cdot B_{net} \cdot \sin\delta$$

Όπου  $k$  είναι ένας συντελεστής,  $Br$  το μαγνητικό πεδίο του δρομέα,  $B_{net}$  το συνιστάμενο μαγνητικό πεδίο και  $\delta$  η γωνία στο χώρο που σχηματίζουν αυτά τα δύο πεδία. Η γωνία αυτή αυξάνεται για μεγαλύτερη ροπή από τον δρομέα.

### 1.1.3. Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Το νερό κάνοντας τον "κύκλο του" στη φύση έχει δυναμική ενέργεια, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε) είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η χρήση της ήταν γνωστή από τα αρχαία χρόνια, (υδρόμυλοι για την άλεση σιτηρών) ενώ σήμερα η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για σκοπούς ηλεκτροπαραγωγής.

Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδατοαμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευασθούν υδατοαμιευτήρες.

### 1.1.4. Γεωθερμική Ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμός σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο.

Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, ενώ συνήθως κυμαίνεται από 25°C μέχρι 360°C. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150°C), η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Χρησιμοποιείται ακόμα στις υδατοκαλλιέργειες, όπου εκτρέφονται υδρόβιοι οργανισμοί αλλά και για τηλεθέρμανση, δηλαδή θέρμανση συνόλου κτιρίων, οικισμών, χωριών ή και πόλεων.

### **1.1.5. Ενέργεια από Βιομάζα**

Η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς, περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και/ ή αέριων καυσίμων. Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας. Πρώτον, οι υπολειμματικές μορφές (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα) και δεύτερον η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες.

Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Κατ' αυτήν, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος.

### **1.1.6. Ενέργεια Ωκεανών**

Η θάλασσα καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της γης και είναι μια τεράστια αποθήκη κινητικής ενέργειας αποθηκευμένης στα κύματα, τις παλίρροιες και τα θαλάσσια ρεύματα. Οι ωκεανοί, ως φυσικοί αποταμιευτήρες μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Με την έννοια **ενέργεια των ωκεανών** εννοούμε την ενέργεια που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε από τις παλίρροιες, από τα κύματα της θάλασσας καθώς και από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού.

## **1.2 Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας**

### **1.2.1. Η αναγκαιότητα της αποθήκευσης ενέργειας**

Η ενέργεια που παράγεται από συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και οι ανεμογεννήτριες, διαφέρει σημαντικά σε ημερήσια, ωριαία και εποχιακή βάση, λόγω της αλλαγής της διαθεσιμότητας του ήλιου, του ανέμου ή άλλων ΑΠΕ. Ως εκ τούτου, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν το μειονέκτημα της χρονικής αναντιστοιχίας της παραγωγής (προσφοράς), η οποία δεν μπορεί να ελεγχθεί από τον άνθρωπο, με την κατανάλωση (ζήτηση) της ενέργειας. Αυτή η αναντιστοιχία σημαίνει ότι μερικές φορές η απαιτούμενη ενέργεια δεν είναι διαθέσιμη, ενώ κάποιες άλλες υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας. Ως εκ τούτου, η ανάγκη για την ενσωμάτωση των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι επιτακτική. Η ανάγκη για αποθήκευση ενέργειας υπάρχει από πριν, επειδή οι θερμικές μονάδες ισχύος, δεν είναι ευέλικτες στη λειτουργία τους και υπάρχουν περίοδοι (ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας), στην οποία παράγουν περισσότερη ενέργεια από τη ζήτηση. Ωστόσο, αυτή η ανάγκη θα αυξηθεί σημαντικά στο μέλλον λόγω της αυξημένης συμμετοχής των ΑΠΕ.

### 1.2.2. Τύποι συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας

Το ενδιαφέρον για την αποθήκευση ενέργειας επικεντρώνεται στην αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της εύκολης μεταφοράς της σε μεγάλες αποστάσεις. Η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί εύκολα στις μέρες μας. Παρ' όλα αυτά, λόγω του γεγονότος ότι η άμεση αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι πάντα εφικτή (οικονομικά), ο μετασχηματισμός της σε άλλη μορφή ενέργειας είναι απαραίτητη και, όταν είναι αναγκαίο, να μετατραπεί ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια. Μέχρι στιγμής έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές αποθήκευσης ενέργειας, με βάση όλες σχεδόν τις μορφές ενέργειας.

Ως εκ τούτου, η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί με τις ακόλουθες μορφές:

- Χημική ενέργεια (μπαταρίες)
- Μηχανική ενέργεια, με τη μορφή της κινητικής ενέργειας του σφονδύλου
- Ενέργεια Ηλεκτροστατικού πεδίου, (υπερ-πυκνωτές).
- Ενέργεια Μαγνητικού πεδίου, (υπεραγωγίμα σύστημα αποθήκευσης μαγνητικής ενέργειας).
- Σε μορφή συμπιεσμένου αέρα (CAES)
- Υδραυλική ενέργεια (αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό)
- Σε μορφή υδρογόνου (κυψέλες καυσίμου)

Η συγκριτική μελέτη των τεχνολογιών αυτών είναι δύσκολη, δεδομένου ότι, μεταξύ άλλων, τα επίπεδα ανάπτυξης τους ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό. Ωστόσο, τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας θα μπορούσαν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες σύμφωνα με την κλίμακα αποθήκευσης και την εφαρμογή.

- Συστήματα βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας (short-term)**, τα οποία χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας και έχουν την ικανότητα να ανταποκρίνονται στη ζήτηση για σύντομα χρονικά διαστήματα.
- Συστήματα μακροπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας (long-term)**, τα οποία είναι κυρίως μεγάλες, κεντρικές εγκαταστάσεις και έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν και να παρέχουν ενέργεια για μεγάλες περιόδους.

Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιούνται σε συστήματα μικρής κλίμακας και είναι κατάλληλα για εφαρμογές ποιότητας τάσης. Αυτά τα συστήματα εγκαθίστανται για τη βελτίωση της ποιότητας ισχύος σε ηλεκτρικά συστήματα και ειδικότερα για να διατηρήσει σταθερή την τάση, σε περιπτώσεις αυξομειώσής της που διαρκούν για λίγα δευτερόλεπτα ή λεπτά. Στην κατηγορία των βραχυπρόθεσμων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας περιλαμβάνονται οι σφόνδυλοι, υπερ-πυκνωτές, υπεραγωγίμα μαγνητικά πεδία αποθήκευσης.

Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα μακροπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιούνται σε μεγάλης κλίμακας έργα και είναι κατάλληλα για εφαρμογές αποθήκευσης της περίσσιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από οποιαδήποτε Α.Π.Ε αλλά και από συμβατικές μονάδες. Αυτά τα συστήματα είναι σε θέση να αποθηκεύουν και να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια για κάποιες ώρες ή ακόμα και ημέρες, και να συμβάλουν ιδιαίτερα στη διαχείριση της ενέργειας. Στην κατηγορία των μακροπρόθεσμων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας περιλαμβάνονται οι μπαταρίες, τα αναστρέψιμα υδρο-ηλεκτρικά, τα CAES και το υδρογόνο.

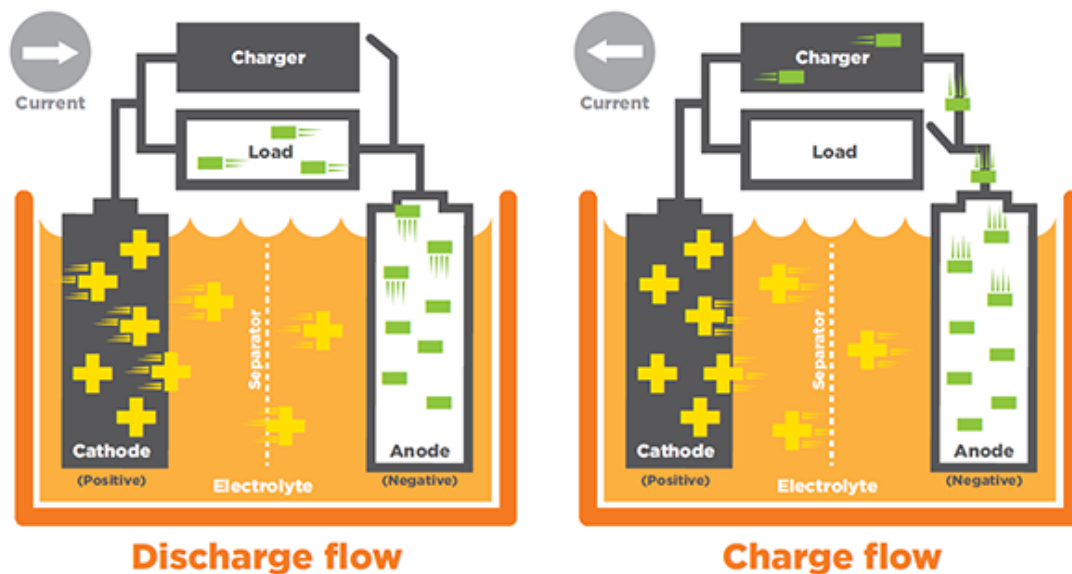
### 1.2.3. Συστήματα μακροπρόθεσμης αποθήκευσης ενέργειας (long-term)

#### Μπαταρίες

Μια μπαταρία είναι μια χημική πηγή ενέργειας, είναι σε θέση να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια μετατρέποντάς την σε χημική και όταν χρειαστεί να την παρέχει σε ένα εξωτερικό κύκλωμα. Μία μπαταρία αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα, ή και τα δύο, ανάλογα με την επιθυμητή τάση εξόδου. Το ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από δύο πλάκες, από διαφορετικά μέταλλα τα οποία είναι εμβαπτισμένα σε κατάλληλο υγρό. Οι πλάκες, οι οποίες πρέπει να είναι αγωγικές, καλούνται ηλεκτρόδια, ενώ το υγρό είναι πολύ αγωγικό και ονομάζεται ηλεκτρολύτης. Τα ηλεκτρόδια αντιδρούν χημικά με τον ηλεκτρολύτη και η αντίδραση περιλαμβάνει τη μεταφορά των ηλεκτρονίων από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο μέσω ενός εξωτερικού ηλεκτρικού κυκλώματος / φορτίο. Ως εκ τούτου, η σύνδεση των ηλεκτροδίων σε ένα εξωτερικό ηλεκτρικό κύκλωμα προκαλεί αυτό το ρεύμα διόδου (εκκένωση της μπαταρίας). Η αποφορτισμένη μπαταρία, επαναφορτίζεται όταν συνδεθεί σε μια συνεχή πηγή ρεύματος, όπου η αντίστροφη χημική διεργασία μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική.

Στο Σχήμα παρακάτω, παριστάνεται σχηματικά η δομή του κάθε ηλεκτρικού στοιχείου. Το αρνητικό ηλεκτρόδιο ή άνοδος παρέχει ηλεκτρόνια στο εξωτερικό ηλεκτρικό κύκλωμα/φορτίο και οξειδώνεται κατά την διάρκεια της ηλεκτροχημικής αντίδρασης. Στη συνέχεια, το θετικό ηλεκτρόδιο, ή κάθοδος δέχεται ηλεκτρόνια, μειώνοντας έτσι το θετικό φορτίο κατά τη διάρκεια της αντίδρασης. Ο ηλεκτρολύτης παρέχει το μέσο για την μεταφορά ηλεκτρονίων μεταξύ της ανόδου και της καθόδου.

#### Typical battery operation and construction



Σχήμα 1.1.: Ηλεκτρικά Στοιχεία Μπαταριών

Σήμερα, χρησιμοποιούνται ή βρίσκονται υπό ανάπτυξη μια πληθώρα τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες. Επί του παρόντος εμπορικά διαθέσιμες είναι οι μπαταρίες εμβάπτισης μολύβδου - οξέος καθώς και ορισμένες αλκαλικές μπαταρίες (NiCd, NiMH). Ορισμένες προηγμένες μπαταρίες που βρίσκονται στο στάδιο της εξέλιξης, είναι οι μπαταρίες ψευδαργύρου / βρωμίου, νάτριου-θείου (NAS) και μετάλλου-αέρα.

## Υδραυλική μορφή (αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό)

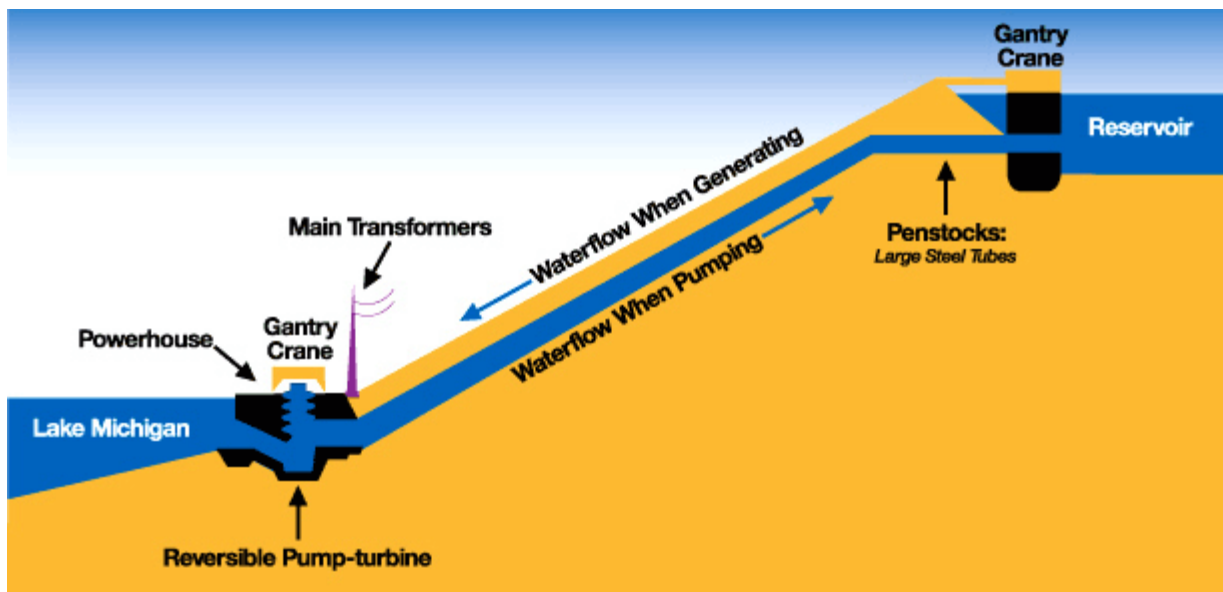
Όπως προαναφέρθηκε, το ποσό της ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) διαφέρει σημαντικά σε ημερήσια, ωριαία και εποχιακή βάση, λόγω της αλλαγής της διαθεσιμότητας του ήλιου, του ανέμου ή άλλων ΑΠΕ. Αυτή η εναλλαγή σημαίνει ότι μερικές φορές η απαιτούμενη ενέργεια δεν είναι διαθέσιμη, ενώ κάποιες άλλες υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας. Επομένως, δημιουργείται η αναγκαιότητα της αποθήκευσης της ενέργειας. Σήμερα, η μόνη αξιόπιστη λύση αποθήκευσης ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα παρέχεται από τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά συστήματα, των οποίων οι παραγωγικές μονάδες είναι αναστρέψιμες, που σημαίνει ότι μπορούν να λειτουργήσουν είτε ως τουρμπίνες (παραγωγική φάση) είτε ως αντλίες (φάση αποθήκευσης).

Ένα τυπικό αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Αντλία ή συστοιχία αντλιών.
- Τουρμπίνα ή συστοιχία τουρμπίνων.
- Δύο ταμιευτήρες νερού οι οποίοι πρέπει να έχουν μια ικανοποιητική υψομετρική διαφορά.
- Δίκτυο σωληνώσεων για παροχή νερού στις τουρμπίνες, αλλά και για άντληση των υδάτων από τον χαμηλό στον υψηλό ταμιευτήρα.
- Μια ηλεκτρική μηχανή η οποία θα λειτουργεί είτε ως γεννήτρια ή ως κινητήρας.

Στις περιόδους κατά τις οποίες η ηλεκτροπαραγωγή από Α.Π.Ε. ξεπερνάει τη ζήτηση, η ηλεκτρική μηχανή λειτουργεί ως κινητήρας για την άντληση υδάτων από τον κάτω στον άνω ταμιευτήρα. Στις περιόδους όπου υπάρχει έλλειμμα ενέργειας νερό από τον άνω ταμιευτήρα οδηγείται στον κάτω περνώντας από τις τουρμπίνες και παράγουν ενέργεια.

Στην παρακάτω εικόνα, παριστάνεται σχηματικά η δομή ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού.

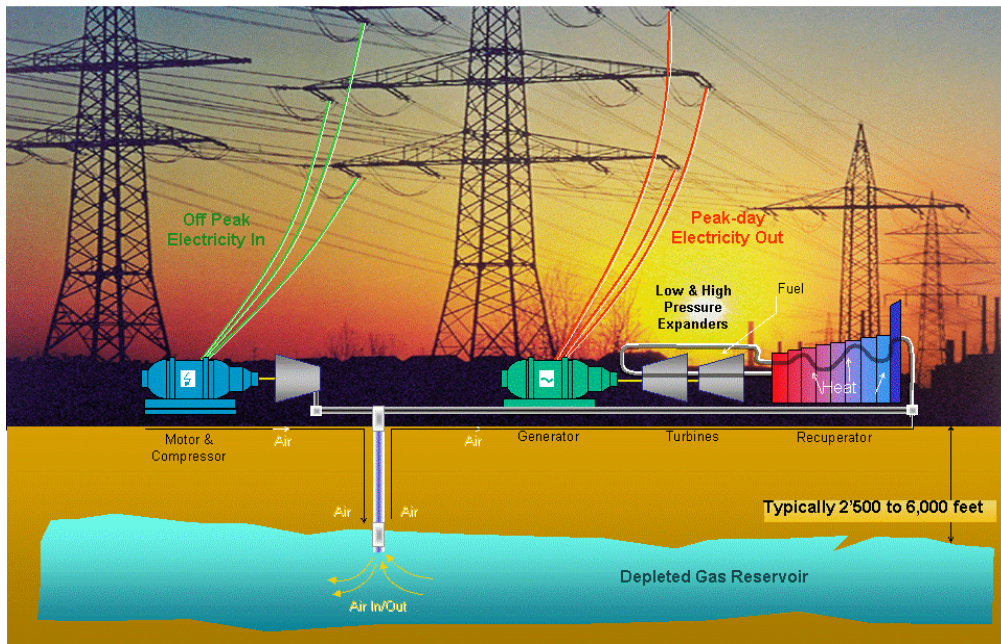


Σχήμα 1.2.: Αναστρέψιμο Υδροηλεκτρικό

### Σύστημα πεπιεσμένου αέρα (CAES)

Τα συστήματα πεπιεσμένου αέρα βρίσκουν εφαρμογή σε μεγάλης κλίμακας έργα αποθήκευσης. Εκτός από το αναστρέψιμο Υ/Η που αναφέρθηκε προηγουμένως, κανένα άλλο μέσο αποθήκευσης δεν είναι ικανό να αποθηκεύσει μεγάλα ποσά ενέργειας και για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η ενέργεια που μπορεί να αποθηκευτεί με τη μέθοδο του πεπιεσμένου αέρα κυμαίνεται από 50MW έως 300 MW. Το πρώτο σύστημα CAES, σε παγκόσμιο επίπεδο, με δυνατότητα αποθήκευσης 290 MW λειτούργησε το 1978 στο Huntorf της Γερμανίας. Τα στοιχεία από τη λειτουργία του εν λόγω εργοστασίου ήταν ενθαρρυντικά και έτσι το 1991 κατασκευάστηκε ένα δεύτερο σύστημα CAES με δυνατότητα αποθήκευσης 110 MW στην Αλαμπάμα των Η.Π.Α.

Στην παρακάτω εικόνα, παριστάνεται σχηματικά ένα σύστημα πεπιεσμένου αέρα (CAES)



Σχήμα 1.3.: CAES

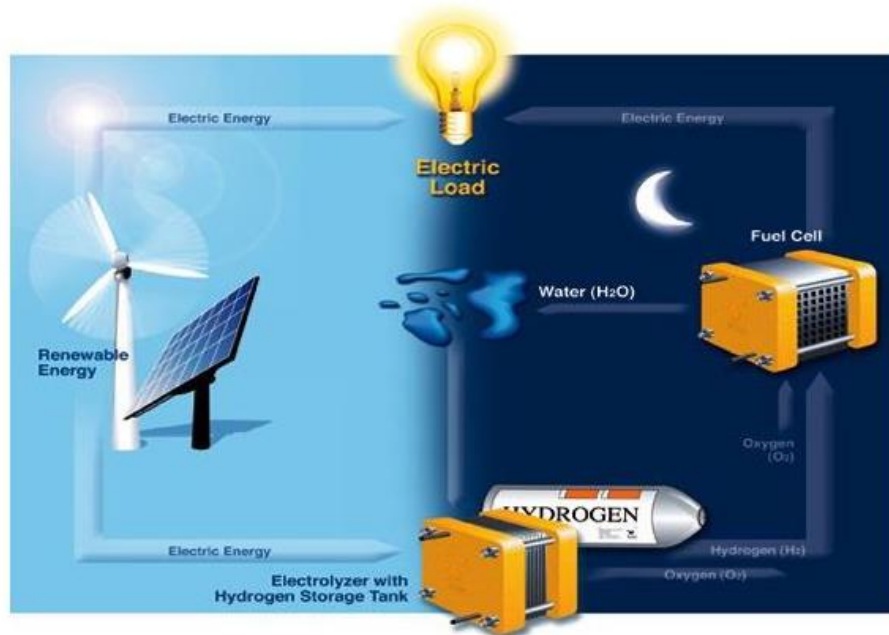
Η φιλοσοφία της λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος είναι αρκετά απλή. Χρησιμοποιείται η περίσσια ενέργεια από ΑΠΕ ή και συμβατικές πηγές, ούτως ώστε να συμπιεστεί αέρας σε υψηλή πίεση (75 bar) η οποία στη συνέχεια αποθηκεύεται σε αεροστεγείς υπόγειες δεξαμενές. Κατά τις περιόδους αυξημένης ζήτησης ενέργειας, ο συμπιεσμένος αέρας απελευθερώνεται από τις δεξαμενές, προθερμαίνεται και εισέρχεται στο θάλαμο καύσης ενός αεριοστρόβιλου, όπου αναμειγνύεται με το καύσιμο. Ο άξονας του αεριοστρόβιλου είναι συνδεδεμένος με γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Σε τυπικές εγκαταστάσεις αεριοστρόβιλων ένα σημαντικό ποσοστό της ενέργειας καταναλώνεται για τη συμπίεση του αέρα. Αντιθέτως, τα CAES χρησιμοποιούν χαμηλού κόστους συμπιεσμένο αέρα, εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο σημαντικά ποσά καυσίμου.

## Υδρογόνο (Hydrogen)

Μια ραγδαίως αναπτυσσόμενη τεχνολογία στο τομέα της ενέργειας, καθώς και της ενεργειακής αποθήκευσης είναι η τεχνολογία του υδρογόνου, η οποία χρησιμοποιεί κυψέλες καυσίμου για ηλεκτροπαραγωγή. Το υδρογόνο έχει πολύ υψηλή θερμότητα δύναμη, ενώ σημαντικές έρευνες έχουν γίνει για την ασφαλή αποθήκευση του σε μεταλλοϋδριδικές δεξαμενές και σε νανοδομημένα υλικά. Η παραγωγή υδρογόνου μπορεί να γίνει με διάφορες φυσικοχημικές μεθόδους, χρησιμοποιώντας υδρογονάνθρακες καθώς επίσης και με τη μέθοδο της ηλεκτρόλυσης του νερού, χρησιμοποιώντας την παρηρησία ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ή άλλες πηγές.

Ένα τυπικό σύστημα αποθήκευσης ενέργειας με βάση το υδρογόνο, αποτελείται από:

- Συσσκευή Ηλεκτρόλυσης
- Δεξαμενή εξισορρόπησης πίεσης και παροχής υδρογόνου (Buffer Tank)
- Μονάδα αποθήκευσης υδρογόνου
- Κυψέλες Καυσίμου
- Υποσυστήματα και Μονάδες Ελέγχου



**Σχήμα 1.4.:** Σύστημα αποθήκευσης με βάση το Υδρογόνο



### 1.3. Αυτόνομα Υβριδικά Συστήματα Α.Π.Ε.

Στις μη διασυνδεδεμένες στο δίκτυο εφαρμογές ΑΠΕ και κυρίως τις εφαρμογές εκμετάλλευσης Ηλιακής και Αιολικής ενέργειας υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί και προϋποθέσεις όσων αφορά τη λειτουργικότητα και τη βιωσιμότητα τους . Για παράδειγμα, για την εκμετάλλευση ηλιακής και αιολικής ενέργειας είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται αποθηκευτικά μέσα λόγω των σημαντικών διακυμάνσεων στη διάθεση τους. Επίσης, υπάρχει περίπτωση μία από τις δύο πηγές να μην είναι διαθέσιμη.

Τα παραπάνω οδήγησαν στην έρευνα και ανάπτυξη των υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ. Τα συστήματα αυτά ορίζονται ως εκείνα τα οποία περιλαμβάνουν περισσότερες από μία ηλεκτρικές γεννήτριες , διαφορετικών τεχνολογιών, οι οποίες λειτουργούν συμπληρωματικά μεταξύ τους (πχ. Φωτοβολταϊκά, Ανεμογεννήτρια, Γεννήτρια Diesel).

Σημαντικοί παράγοντες για το σχεδιασμό ενός υβριδικού συστήματος είναι:

- Η εθνική πολιτική για την προώθηση υβριδικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας και γενικότερα για την προώθηση των ΑΠΕ.
- Τα χαρακτηριστικά του φορτίου και η τοποθεσία στην οποία βρίσκεται (kWh/ημέρα, peak).
- Τη διαθεσιμότητα και την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων των ΑΠΕ.
- Το ποσοστό διείσδυσης της τεχνολογίας των ΑΠΕ στο υβριδικό σύστημα.
- Το κόστος εγκατάστασης, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

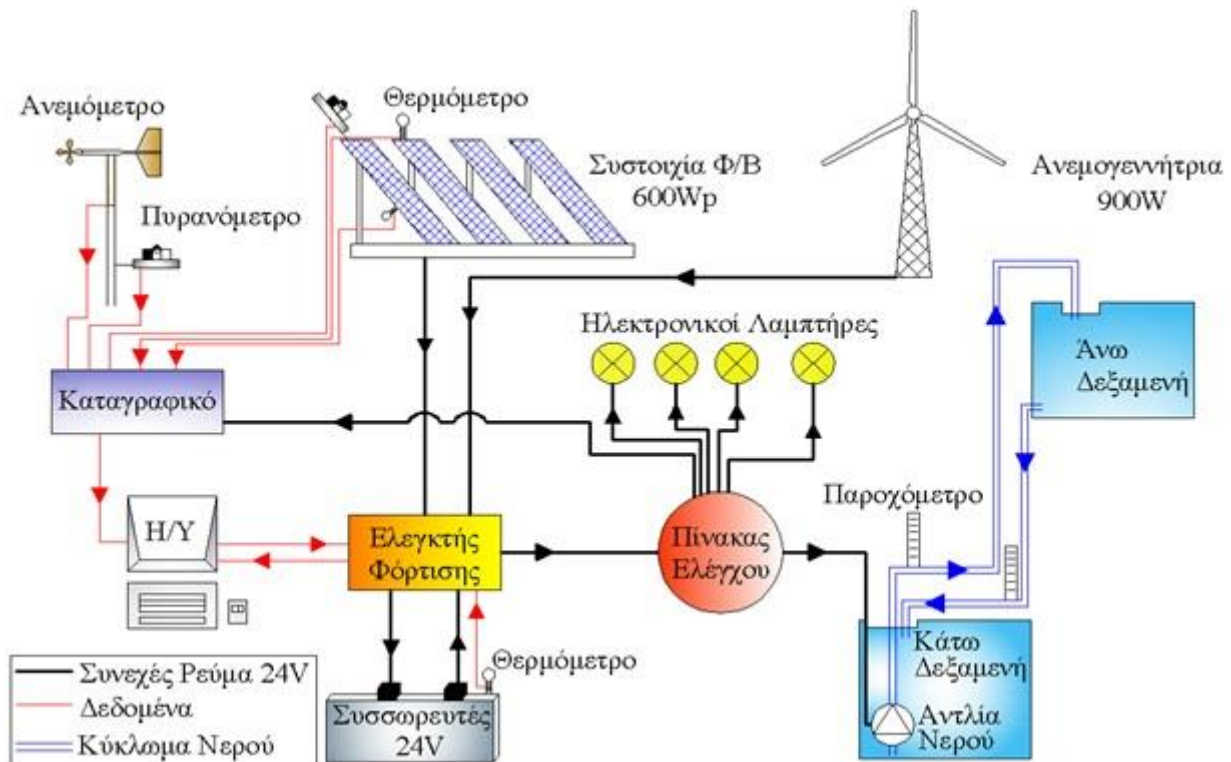
Πλεονεκτήματα Αυτόνομων Υβριδικών Συστημάτων ΑΠΕ

- Υψηλή απόδοση, λόγω συμπληρωματικότητας των διαφορετικών πηγών ενέργειας.
- Εφαρμογή σε περιοχές όπου η σύνδεση τους με το ηλεκτρικό δίκτυο και η μεταφορά καυσίμου θεωρούνται αντιοικονομικές επιλογές.
- Εφαρμογή σε εξειδικευμένους καταναλωτές όπως: τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί, νοσοκομειακές μονάδες κλπ.



## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Στον χώρο του εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας του Περιβάλλοντος του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. έχει εγκατασταθεί πειραματικός υβριδικός σταθμός παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο σταθμός αυτός βασίζεται σε ήπιες μορφές ενέργειας και συγκεκριμένα στην αιολική και την ηλιακή. Η εγκατάσταση αποτελείται από μια ανεμογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 900 W, από έξι συστοιχίες φωτοβολταϊκών πλαισίων συνολικής ονομαστικής ισχύος 600 Wp, καθώς επίσης και από δύο συστοιχίες συνολικά οκτώ ηλεκτρικών συσσωρευτών βαθιάς εκφόρτισης για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Ταυτόχρονα, στον ίδιο χώρο λειτουργεί πειραματικός σταθμός μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας (ολικής) σε οριζόντιο και κεκλιμένο επίπεδο. Ο πρόσθετος εργαστηριακός εξοπλισμός, που συγκροτεί την εγκατάσταση, περιλαμβάνει ένα ανεμόμετρο με δυνατότητα καταγραφής της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου και ένα αντλητικό συγκρότημα με κατάλληλους αγωγούς προσαγωγής και απαγωγής του νερού, τα κατάλληλα παροχόμετρα για τη μέτρηση της διακινούμενης ποσότητας νερού στο κλειστό κύκλωμα και τέλος δυο δεξαμενές νερού (ταμιευτήρες).



Η πειραματική υβριδική ενεργειακή εγκατάσταση αποτελεί αντικείμενο μελέτης και άσκησης προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών πάνω σε θέματα τεχνολογίας αιολικής ενέργειας, φωτοβολταϊκών και αντλητικών συστημάτων, καθώς και τη βάση για δημιουργία σημαντικής επιστημονικής έρευνας σε θέματα μελέτης υβριδικών σταθμών βασισμένων σε ήπιες μορφές ενέργειας. Η εν λόγω πειραματική εγκατάσταση καλύπτει παράλληλα ορισμένα ηλεκτρικά φορτία του εργαστηρίου, όπως η κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου για μέρος του φωτισμού καθώς και την άντληση και αποθήκευση πόσιμου νερού σε επιλεγμένο υψόμετρο.

## 2.1. Τεχνική Περιγραφή και Λειτουργία του Υβριδικού Σταθμού

### Ανεμογεννήτρια Whisper 100

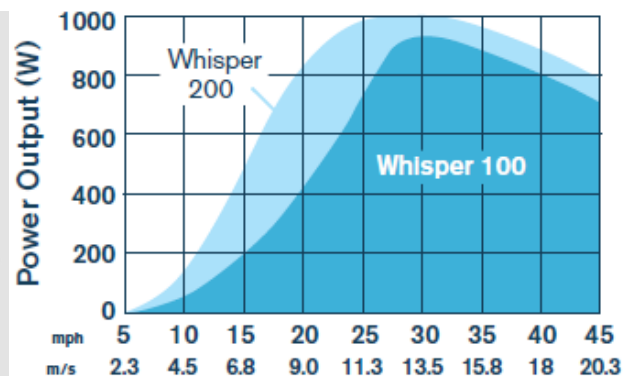
Η ανεμογεννήτρια της εγκατάστασης είναι ασύγχρονη τριφασική εναλλασσόμενου ρεύματος, ονομαστικής ισχύος 900W. Ο χρησιμοποιούμενος δρομέας της είναι οριζοντίου άξονα με τρία πτερύγια (120°), διαμέτρου 2100mm. Το σώμα της α/γ είναι κατασκευασμένο από χυτό αλουμίνιο, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη (λόγο μικρού βάρους) για εγκατάσταση σε μικρά σκάφη.

Για την προστασία της από υπερτάχυνση υπάρχει πατενταρισμένο σύστημα βραχυκύκλωσης των φάσεων της γεννήτριας με σκοπό να την «φρενάρει» όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει μια κρίσιμη τιμή. Μέσω του ρυθμιστή φόρτισης (rectifier) το ρεύμα ανορθώνεται σε συνεχές 24V, ούτως ώστε να συνεργάζεται με το κύκλωμα αποθήκευσης και κατανάλωσης συνεχούς ρεύματος του σταθμού. [Παράρτημα Α]



Σχήμα 2.2.: Ανεμογεννήτρια Whisper100

WHISPER 100	
Rotor Diameter	7 ft (2.1 m)
Weight	47 lb (21 kg) box: 74 lb (22.56 kg)
Shipping Dimensions	51 x 20 x 13 in (1295 x 508 x 330 mm)
Mount	2.5 in schedule 40 (6.35 cm) pipe
Start-Up Wind Speed	7.5 mph (3.4 m/s)
Voltage	12, 24, 36, 48 VDC
Rated Power	900 watts at 28 mph (12.5 m/s)
Turbine Controller	Whisper controller
Body	Cast aluminum/marine option
Blades	3-Carbon reinforced fiberglass
Overspeed Protection	Patented side-furling
Kilowatt Hours Per Month	100 kWh/mo at 12 mph (5.4 m/s)
Survival Wind Speed	120 mph (55 m/s)
Warranty	5 year limited warranty



## Φωτοβολταϊκή μονάδα

Η φωτοβολταϊκή μονάδα αποτελείται από έξι συστοιχίες πολυκρυσταλλικού πυριτίου που περιλαμβάνουν συνολικά 12 φωτοβολταϊκά πλαίσια, εκ των οποίων τα 10 είναι του οίκου Kyocera τύπου LA361 K51S (51Wp) και τα 2 του οίκου Phaesun τύπου UPE045 M401PSP (45Wp) (Σχήμα 3). Τα πλαίσια έχουν νότιο προσανατολισμό και η κλίση τους είναι μεταβλητή από 0° έως 90°. Οι αρθρωτές βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων αποτελούν ιδιοκατασκευή της ερευνητικής ομάδας και επιτρέπουν την αλλαγή κλίσης ανά 5°, έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η μέγιστη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας και κατ' επέκταση την παραγωγή ενέργειας.



Σχήμα 2.3.: Φωτοβολταϊκή μονάδα 600Wp

Τεχνικά Χαρακτηριστικά "Kyocera LA361 K51S"		
Electrical specifications	Units	Values
Nominal peak power ( $W_{max}$ )	W	51,0
Voltage at maximum power ( $V_{mp}$ )	V	16,9
Current at maximum power ( $I_{mp}$ )	A	3,02
Open circuit voltage ( $V_{oc}$ )	V	21,2
Short circuit current ( $I_{sc}$ )	A	3,25
Length	mm	988
Width	mm	448
Thickness	mm	36
Weight	kg	5,9

Τεχνικά Χαρακτηριστικά "Phaesun UPE 045 M4 01 PSP"		
Electrical specifications	Units	Values
Nominal peak power ( $W_{max}$ )	W	45,0
Voltage at maximum power ( $V_{mp}$ )	V	17,1
Current at maximum power ( $I_{mp}$ )	A	2,63
Open circuit voltage ( $V_{oc}$ )	V	21,0
Short circuit current ( $I_{sc}$ )	A	2,97
Length	mm	674
Width	mm	685
Thickness	mm	36
Weight	kg	5,9

Για την ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απωλειών λόγω σχετικά μεγάλης απόστασης από τον ελεγκτή φόρτισης, η καλωδίωση κάθε συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων καταλήγει ξεχωριστά στον πίνακα με καλώδιο διατομής 10mm<sup>2</sup>. [Παράρτημα Α]

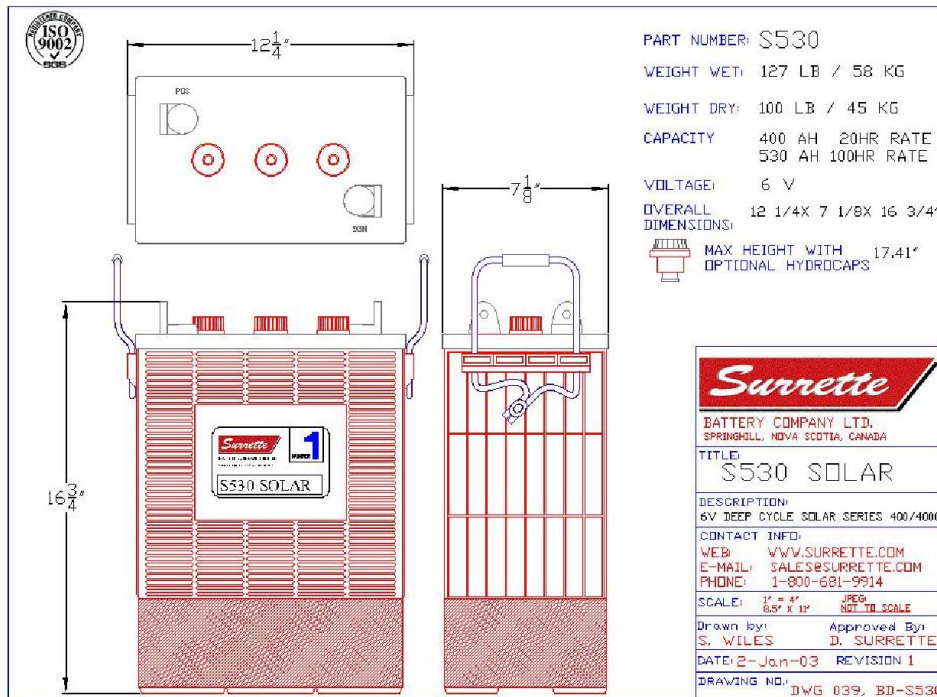
## Μπαταρίες

Για την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας το σύστημα διαθέτει 8 συσσωρευτές κλειστού τύπου μάρκας Rolls (6V, 400Ah έκαστη), αργής εκφόρτισης, μεγάλου βάθους εκφόρτισης. Είναι συνδεδεμένοι ανά 4 σε σειρά και στη συνέχεια εν παραλλήλω, προκειμένου να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη συνεχής τάση των 24V και η μέγιστη αποθήκευση της .



Σχήμα 2.4.: Συσσωρευτές εγκατάστασης

Η θερμοκρασία των συσσωρευτών ελέγχεται συνεχώς από το ρυθμιστή φόρτισης για την αποφυγή "υπερθέρμανσης" των μπαταριών. Ο χρόνος ζωής τους ορίζεται στα 10 χρόνια, ενώ έχουν περισσότερους από 500 κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης. [Παράρτημα Α]



Σχήμα 2.5.: Χαρακτηριστικά μπαταριών Rolls- S530



### Πυρανόμετρο LI-COR

Επειδή είναι αναγκαία η μέτρηση και της διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται δυο πυρανόμετρα τύπου LI-COR (Σχήμα 4). Το ένα όργανο έχει τοποθετηθεί σε οριζόντιο επίπεδο και το δεύτερο στη βάση των πλαισίων, ώστε να έχει πάντα την ίδια κλίση και τον ίδιο προσανατολισμό με αυτόν των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Για τη λειτουργία των πυρανόμετρων να σημειωθεί ότι η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από το δίσκο του αισθητήρα προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του. Το γεγονός αυτό προκαλεί στη συνέχεια μια βαθμωτή μεταβολή της θερμοκρασίας μεταξύ των θερμών και των ψυχρών ενώσεων της θερμοπύλης, που τελικά δημιουργεί μια γραμμική έξοδο ανάλογη προς το μέγεθος της ακτινοβολίας. Το σήμα του πυρανόμετρου είναι της τάξης των mV και οδηγείται στο καταγραφικό, όπου και η μέτρηση η οποία προκύπτει με κατάλληλη βαθμονόμηση δίνεται σε W/m<sup>2</sup>.



Σχήμα 2.6.: Πυρανόμετρο LI-COR

### Ανεμόμετρο Young 5103

Αντίστοιχα, το ανεμόμετρο τύπου Young 05103 θεωρείται ένα αξιόπιστο όργανο ημιτονικού σήματος το οποίο χρησιμοποιείται για μετρήσεις ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου. Το ανεμόμετρο χρησιμοποιεί μια ελικοειδή τετραπτέρυγη πτερωτή. Χαρακτηριστικό του γνώρισμα είναι ότι το τμήμα του, το οποίο περιστρέφεται, έχει κατασκευαστεί από ειδικό αδιάβροχο πλαστικό υλικό με αποτέλεσμα να είναι ανθεκτικό και ταυτόχρονα ευαίσθητο στις μεταβολές των μετρούμενων παραμέτρων.



Σχήμα 2.7.: Ανεμόμετρο Young 5103

Επιπλέον, το συγκεκριμένο όργανο πληροί τις προδιαγραφές US-EPA, ενώ οι ελαστικές ενώσεις του το προστατεύουν από την είσοδο υγρασίας και σκόνης, κάτι το οποίο καθιστά το όργανο κατάλληλο για μόνιμη έκθεση στο εξωτερικό περιβάλλον.

## Καταγραφικό STYLITIS-41

Το καταγραφικό (Data Logger) το οποίο χρησιμοποιείται στην παρούσα πειραματική εγκατάσταση είναι τύπου "STYLITIS-41".

Το συγκεκριμένο όργανο έχει ενσωματωμένο πληκτρολόγιο, οθόνη, ρολόι /ημερολόγιο, συνδέεται μέσω θύρας RS-232 με υπολογιστή, μπορεί να λειτουργήσει και με μπαταρίες, ενώ τέλος αποθηκεύει δεδομένα σε εσωτερική μνήμη και σε αποσπώμενη κάρτα μνήμης για τουλάχιστον 30 ημέρες. Το συγκεκριμένο καταγραφικό συνδέεται με υφιστάμενο προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή (PC) μέσω του λογισμικού "STYLITIS EXPLORER".

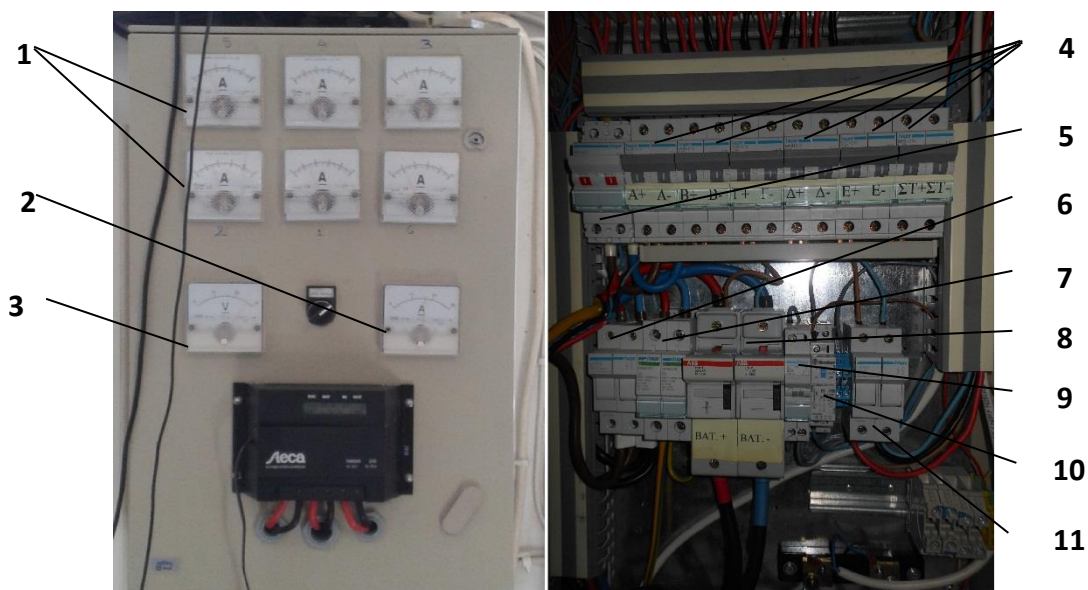


Σχήμα 2.8.: Καταγραφικό STYLITIS-41

## Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου

Το σύστημα εποπτικού ελέγχου αποτελείται από ένα κεντρικό καθώς και από ένα δευτερεύοντα πίνακα. Στον κεντρικό πίνακα υπάρχουν αναλογικά αμπερόμετρα, βολτόμετρα και ένας ψηφιακός ρυθμιστής φόρτισης, που επιβλέπει και ελέγχει την ηλεκτρική ενέργεια στο σύστημα.

α/α	ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΤΥΠΟΣ
1	Αμπερόμετρα	10Α Αναλογικό Άμεσης Ένδειξης
2	Αμπερόμετρο	30Α Αναλογικό Άμεσης Ένδειξης
3	Βολτόμετρο	30V Αναλογικό Άμεσης Ένδειξης
4	Διακόπτες Εισόδου Συστοιχιών	Hager MWN 210 C10
5	Γενικός Διακόπτης Συστοιχιών	Haager SBN 290 100A 400VDC
6	Ασφάλεια Αντικεραυνικής Προστασίας	Hager Ls 502 10,3x38 32Amax 500VDC
7	Αντικεραυνικό Υπέρτασης	Hager SPN015R 230 VAC 15kA
8	Ασφάλειες Εξόδου	ABB E931 22X58 125A
9	Διακόπτης Αυτοματισμού (Αναμονή)	Hager SFT 125 25A 230VAC
10	Ρελέ Εντολής Αυτοματισμού (Αναμονή)	Finder 22.32.0.012.4540
11	Ασφάλεια Βολτόμετρου & PLC	Hager LS 502 10,3x38 32Amax 690VDC



Σχήμα 2.9.: Πίνακας ελέγχου και ρυθμιστής φορτιστής

Ο συγκεκριμένος ρυθμιστής φόρτισης έχει τη δυνατότητα μέσω κατάλληλου λογισμικού να επιλέγει την ταυτόχρονη ή μη φόρτιση των συσσωρευτών από την ανεμογεννήτρια ή τα φωτοβολταϊκά διορθώνοντας την τάση, ενώ παράλληλα είναι συνδεδεμένος με ηλεκτρονικό υπολογιστή για την καταγραφή σε καθημερινή βάση των ενεργειακών δεδομένων. Ο ρυθμιστής λειτουργεί εσωτερικά ως ρυθμιστής φόρτισης σειράς και εξωτερικά ως ρυθμιστής τεχνολογίας "Shunt". Ο ρυθμιστής μπορεί να προγραμματιστεί για μια σειρά λειτουργιών ένδειξης, προειδοποίησης και ασφάλειας. Στα πλαίσια αυτά ρυθμίζει αυτόματα την ονομαστική τάση της εγκατάστασης, έχει ενσωματωμένο ημερολογιακό καταγραφέα δεδομένων για 30 ημέρες, χρονοδιακόπτη και Event-Controller (προϋποθέσεις έναρξης και παύσης).

## Πίνακας Φορτίων DC

Στο δευτερεύοντα πίνακα συνεχούς τάσης 24Volt DC είναι τοποθετημένοι ηλεκτρικοί διακόπτες συνδεδεμένοι με επιλεγμένα φορτία, δηλαδή ειδικά φωτιστικά στοιχεία και μια κατάλληλη πειραματική αντλία. Αναλυτικά, ο πίνακας περιλαμβάνει τις εξής διατάξεις:

α/α	ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΤΥΠΟΣ
1	Γενικός Διακόπτης	Hager NC 463A C63 400VAC
2	Διακόπτες Φωτισμού	Hager SB 225 25A 400VAC

*Πίνακας 2.2.: Διατάξεις Πίνακα DC Φορτίων*



*Σχήμα 2.10.: Πίνακας φορτίων DC*

## Αντλητικό Συγκρότημα

Στην πειραματική εγκατάσταση είναι ενσωματωμένο και ένα αντλητικό συγκρότημα με δυο υδάτινες δεξαμενές (άνω και κάτω ταμειυτήρες) 500lt και 1000lt αντίστοιχα. Η υποβρύχια αντλία Shurflo 9300 συνεχούς ρεύματος 24Volt είναι τοποθετημένη στην κάτω δεξαμενή, που βρίσκεται στο εσωτερικό του εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος και τίθεται σε λειτουργία από ασφαλό-διακόπτη που βρίσκεται στο δευτερεύοντα πίνακα ελέγχου.

Για την προστασία της αντλίας έχει τοποθετηθεί "φλοτέρ" μέσα στη δεξαμενή για τον έλεγχο στάθμης της δεξαμενής, ώστε σε περίπτωση σημαντικής μείωσης της στάθμης να τίθεται αυτόματα εκτός λειτουργίας η αντλητική εγκατάσταση. Η παροχή λειτουργίας της αντλίας ανέρχεται σε 310 l/hour, ενώ η μέγιστη παροχή της φθάνει τα 6.2 l/min. Τα παροχόμετρα για τη μέτρηση της διακινούμενης ποσότητας νερού είναι τοποθετημένα ένα στην έξοδο μετά την αντλία (κάτω δεξαμενή) και ένα στην είσοδο του νερού αφού το νερό περάσει από την άνω δεξαμενή. Πρακτικά σε αυτό το σημείο σχεδιάζεται να τοποθετηθεί και ένας πειραματικός υδροστρόβιλος.



Σχήμα 2.11.: Αντλία 24V DC

## Ηλεκτρικά Φορτία

Τέλος, στο χώρο του εργαστηρίου έχουν τοποθετηθεί διάφορα ηλεκτρικά φορτία, όπως για παράδειγμα τέσσερις ηλεκτρονικοί λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας "Phocos" ονομαστικής ισχύος 15W έκαστο. Χαρακτηρίζονται από υψηλή έξοδο φωτός και μεγάλη διάρκεια ζωής. Δεδομένου ότι οι λαμπτήρες "Phocos" ενσωματώνουν ήδη τα σάρτερ, οι λαμπτήρες μπορούν απλά να λειτουργήσουν με 24V συνεχούς ρεύματος. Πρέπει να αναφερθεί ότι εν λόγω λαμπτήρες αντιστοιχούν με κοινούς λαμπτήρες ισχύος 100W.

Επί προσθέτως, έχουν εγκατασταθεί και ηλεκτρονικά "σποτ" ισχύος 50W έκαστο, τα οποία χρησιμοποιούνται για την αποφυγή υπερπλήρωσης των μπαταριών, με στόχο να μπορούμε πάντα να απορροφούμε τη μέγιστη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και την ανεμογεννήτρια.



Σχήμα 2.11.: Ηλεκτρικά "σποτ" 50 W



## 2.2. Τεχνική Περιγραφή Αναβάθμισης Υβριδικού Σταθμού

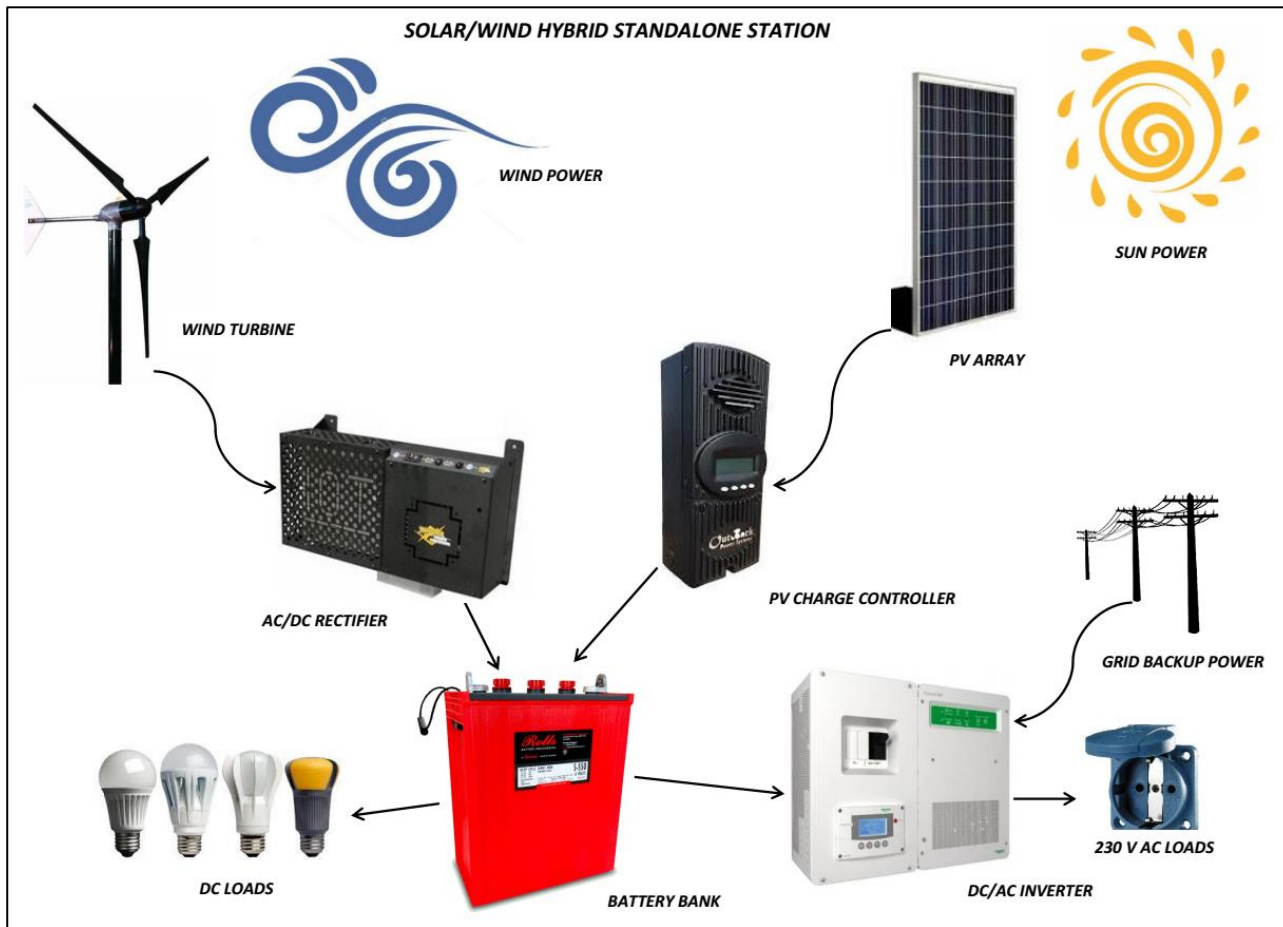
Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής θα γίνουν παρεμβάσεις αναβάθμισης στο σύνολο της εγκατάστασης, με σκοπό την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος, την αύξηση του χώρου αποθήκευσης ενέργειας και τον εκσυγχρονισμό του υπόλοιπου ηλεκτρολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Παρακάτω θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και ορισμένων τεχνικών στοιχείων απαραίτητων για την κατανόηση της φιλοσοφίας που διέπει την αναβάθμιση.

A/A	ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ
1	Φωτοβολταϊκά πάνελ ονομαστικής ισχύος 235 W	Aleo-S18	4	Μετατροπή ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ισχύ
2	Ρυθμιζόμενες βάσεις	Schletter-Vario Top	2	Στήριξη των πάνελ και δυνατότητα ρύθμισης κλίσης
3	Πίνακας DC	Hager	1	Σύνδεση φ/β με το σύστημα
4	Ρυθμιστές φόρτισης MPPT	Outback-Flexmax 60	2	Φόρτιση μπαταριών
5	Μπαταρίες 6 V 424 Ah	Rolls-S 550	4	Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας
6	Ηλεκτρονικός διακόπτης	Victron Energy - Battery Protect BP40/60/200	1	Προστασία μπαταριών από υπερεκφόρτιση
7	Ασφαλαιοαποζεύκτες	Hager	2	Προστασία μπαταριών από υπερθέρμανση
8	Inverter DC/AC 3200 W , 230 V	Schneider Electric-Conext SW 4024 230	1	Μετατροπή από Συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα
9	Πίνακας AC φορτίων	Hager	1	Σύνδεση αντιστροφέα με AC φορτία

### – Αντίστροφη όσμωση

Λόγο της εγκατάστασης νέου αντιστροφέα, περισσότερα φορτία AC μπορούν να εγκατασταθούν. Η ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου αποφάσισε την προμήθεια πειραματικής συσκευής αντίστροφης όσμωσης η οποία θα συνδεθεί με τον υβριδικό σταθμό. Για το λόγο αυτό, αλλά και για μελλοντική προσθήκη φορτίων, κρίθηκε απαραίτητη η αντικατάσταση του πίνακα φορτίων AC με νέο μεγαλύτερο.

## Η ΙΔΕΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ:



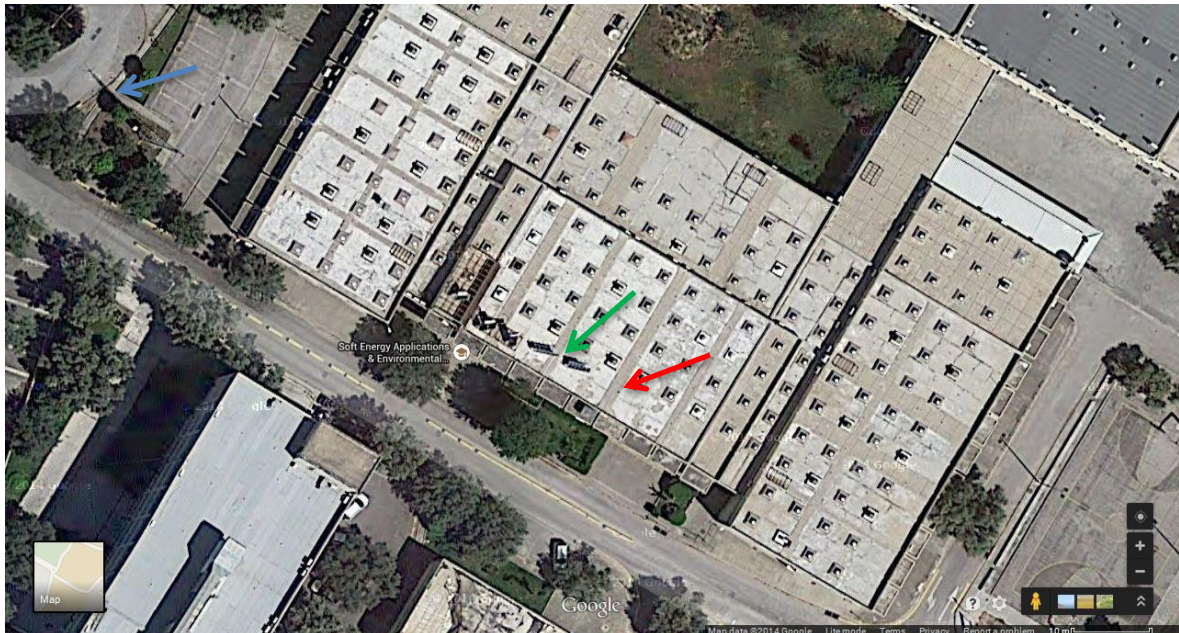
Σχήμα 2.12.: Αυτόνομος Υβριδικός Σταθμός Φωτοβολταϊκών/Ανεμογενήτριας

### 3. ΜΕΛΕΤΗ-ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ Φ/Β ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

#### 3.1. Εισαγωγή

Η παρακάτω μελέτη αφορά την αναβάθμιση του υφιστάμενου Πειραματικού Υβριδικού σταθμού του εργαστηρίου Η.Μ.Ε. με την εγκατάσταση τεσσάρων επιπλέον φ/β πάνελ στη στέγη του κτιρίου Γ. Δεδομένου ότι πρόκειται για την επέκταση του υφιστάμενου υβριδικού σταθμού, η μελέτη αφορά την εγκατάσταση μόνο των νέων φ/β πάνελ. Στη μελέτη περιλαμβάνεται η μελέτη χωροθέτησης, η μελέτη σκίασης και η εκτίμηση της ενεργειακής παραγωγής και αυτονομίας του Σταθμού με τη βοήθεια του λογισμικού PVSystem.

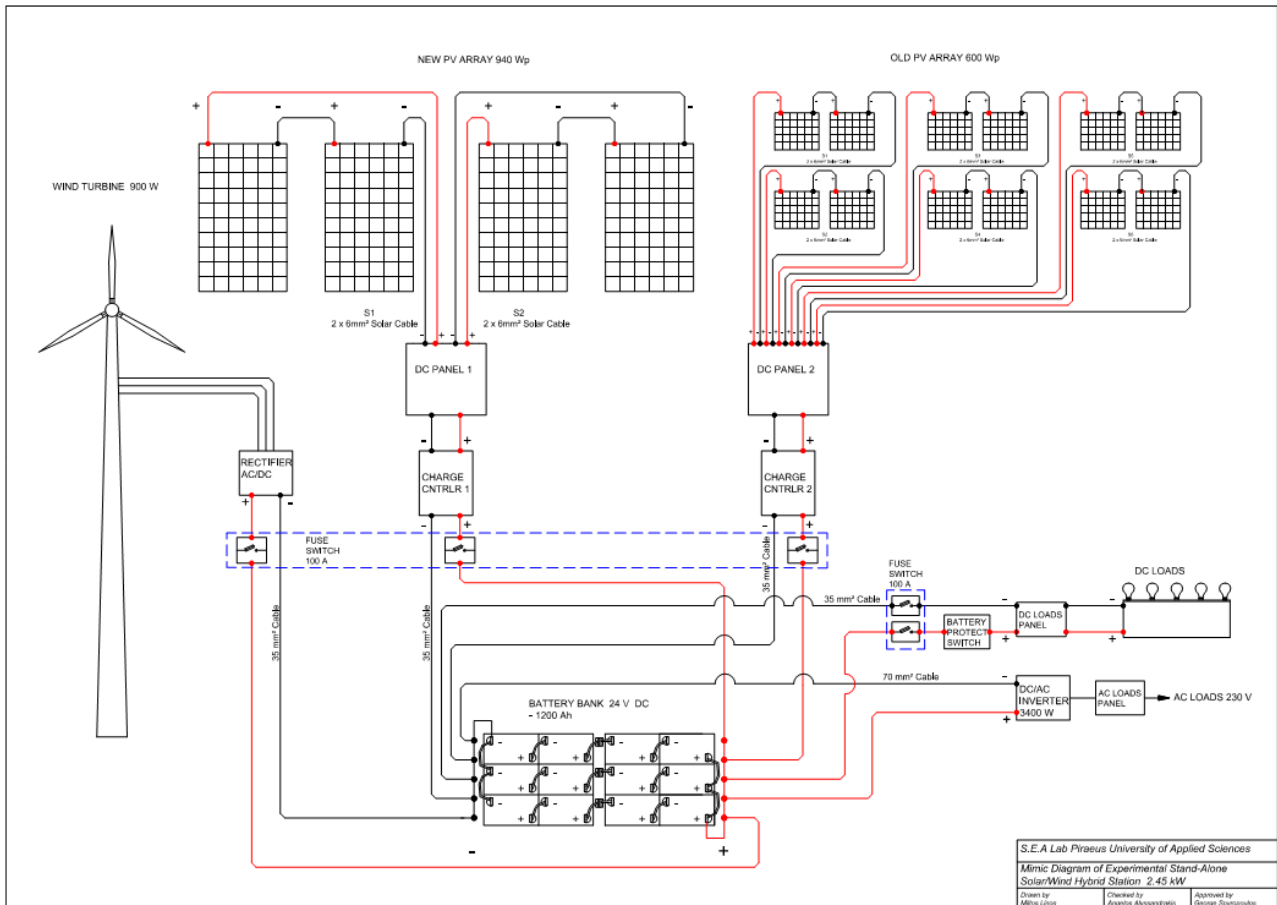
Για την επίτευξη της βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης του συστήματος θεωρήθηκαν 2 διαφορετικά σενάρια τοποθέτησης των Φωτοβολταϊκών, με παραμέτρους τις ελάχιστες απώλειες λόγω σκίασης, όπως επίσης και τις ελάχιστες απώλειες μεταφοράς ρεύματος DC (μήκος καλωδίων).



**Σχήμα 3.1** Ευρύτερη περιοχή του χώρου εγκατάστασης.

- Χώρος τοποθέτησης νέων πάνελ.
- Υφιστάμενα πάνελ.
- Υφιστάμενη ανεμογεννήτρια.

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό Autocad 2012, σχεδιάστηκε το Μιμικό Διάγραμμα του Υβριδικού σταθμού:



Σχήμα 3.2.: Μιμικό Διάγραμμα Υβριδικού Σταθμού μετά την επέκταση

### 3.2 Διαστασιολόγηση Φ/Β Συστήματος μέσω του PVSyst

Το λογισμικό PVSyst, δίνει τη δυνατότητα να διαστασιολογηθούν Φ/Β εγκαταστάσεις, διασυνδεδεμένες και αυτόνομες. Στις αυτόνομες εγκαταστάσεις, που είναι και το αντικείμενο της παρούσης εργασίας, το πιο σημαντικό στοιχείο είναι η πρόβλεψη της κατάλληλης αποθηκευτικής μονάδας (battery bank), η οποία θα μπορεί να παρέχει την απαιτούμενη από τα φορτία ηλεκτρική ισχύ, καθώς και την απαιτούμενη αυτονομία. Τα βασικά στοιχεία που πρέπει να εισαχθούν στην πλατφόρμα του PVSyst είναι:

#### 1. Το Ενεργειακό Προφίλ του Καταναλωτή (User's Needs)

- (a) Τα φορτία που θα πρέπει να καλυφθούν από την εγκατάσταση
- (b) Το χρονικό διάστημα που λειτουργεί ημερησίως το κάθε φορτίο
- (c) Η επιθυμητή αυτονομία.

#### 2. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος

##### 2.1. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β

- (a) Ονομαστική Ισχύς
- (b) Τάση άνευ φορτίου  $V_{OC}$
- (c) Ρεύμα Βραχυκυκλώσεως  $I_{SC}$
- (d) Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πάνελ (διαστάσεις, ενεργή επιφάνεια, κλίση κλπ)

##### 2.2. Τα χαρακτηριστικά των μπαταριών

- (a) Τάση κυκλώματος
- (b) Ονομαστική χωρητικότητα μπαταρίας

##### 2.3. Τα χαρακτηριστικά του Ρυθμιστή φόρτισης

- (a) Μέγιστη Τάση Εισόδου
- (b) Μέγιστο Ρεύμα Εισόδου

#### 3. Τα γεωγραφικά και μετεωρολογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής εγκατάστασης

Στη συνέχεια, αφού εισαχθούν τα παραπάνω στοιχεία, το PVSyst προτείνει αυτόματα τη βέλτιστη διάταξη των Φ/Β και τη βέλτιστη διάταξη των μπαταριών για την επίτευξη της αποδοτικότερης λειτουργίας.

Τα φορτία που θα πρέπει να καλυφθούν ανά ημέρα από τον Υ.Σ. αναγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

A/A	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΧΡΟΝΟΣ ΧΡΗΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ
1	Λαμπτήρας "σποτ"	50 W	9	5 h/day	2300 Wh/day
2	Λαμπτήρας "σποτ"	15 W	1	24 h/day	360 Wh/day
3	Εγκατάσταση R.O.	2200 W	1	0,75 h/day	1650 Wh/day
4	Πρίζα για συσκ. AC	1200 W	1	0,5 h/day	600 Wh/day
					<b>4910 Wh/day</b>

Τα Φ/Β Πάνελ και τα χαρακτηριστικά τους:

ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ	ΔΙΑΤΑΞΗ	ΑΡ. ΠΑΝΕΛ	ΟΝ. ΙΣΧΥΣ	ΟΝ. ΤΑΣΗ ( $V_{MPP}$ )	ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΦΟΡ.
STRING 1	2 σε σειρά, 2 παράλληλα	4	940 Wp	58,6 V	CHARGE CONTR. 1
STRING 2	2 σε σειρά, 6 παράλληλα	12	600 Wp	34 V	CHARGE CONTR. 2

## Μπαταρίες

Οι περισσότερες μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ΑΠΕ έχουν αρχικά σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για βιομηχανικές εφαρμογές, κατά τις οποίες μπορούν να επιτευχθούν συστηματικοί κύκλοι φόρτισης 6-12 ωρών. Στις εφαρμογές ΑΠΕ δεν συνηθίζεται να υπάρχει συνεχόμενη φόρτιση και στις περισσότερες περιπτώσεις μπορεί να επιτευχθεί μία φόρτιση 4-6 ωρών ανά ημέρα, λόγω των απρόβλεπτων καιρικών συνθηκών (Συννεφιά, Νηνεμία κλπ). Για να επιτευχθεί επαρκής φόρτιση των μπαταριών, το σύστημα φόρτισης (Φ/Β, Α/Γ) θα πρέπει να είναι διαστασιολογημένο κατάλληλα ή να προστεθούν περισσότερες πηγές φόρτισης (Diesel, Grid Backup Power)

Κατά το σχεδιασμό αυτόνομων συστημάτων, θα πρέπει να καθοριστεί η κατάλληλη χωρητικότητα των μπαταριών (battery bank) για να καλύπτει τα φορτία και να μην υπερδιαστασιοποιείται. Σε περίπτωση υπερδιαστασιολόγησης μιας συστοιχίας μπαταριών, υπάρχει ο κίνδυνος θειίκωσης (Sulfation)-ενός από τα σημαντικότερα προβλήματα των μπαταριών Μολύβδου Οξέος- λόγω ανεπαρκούς φόρτισης ή λόγω της συχνής υποβοήθησης από το επικουρικό σύστημα (Diesel, Grid Backup Power).

### **Βάθος Εκφόρτισης-D.O.D. (Depth Of Discharge)**

Ο όρος **D.O.D.** χρησιμοποιείται για να περιγράψει το πόσο έχει εκφορτιστεί μια μπαταρία. Μία μπαταρία πλήρως φορτισμένη (100%) θα έχει **DOD 0%**. Αντίστοιχα μία μπαταρία που έχει καταναλώσει το 30 % της συνολικής ονομαστικής χωρητικότητας και έχει ακόμα το 70 % λέμε ότι έχει DOD 30%.

### **Κύκλος ζωής μπαταριών**

Με τον όρο κύκλος, περιγράφουμε την επαναλαμβανόμενη διαδικασία εκφόρτισης και φόρτισης που συμβαίνει σε μια μπαταρία σε λειτουργία. Ένας κύκλος ισοδυναμεί με μια εκφόρτιση που ακολουθείται από μια φόρτιση. Ο κύκλος ζωής είναι ένα μέτρο του πόσους κύκλους μια μπαταρία μπορεί να δώσει κατά τη διάρκεια της χρήσιμης ζωής της. Συνήθως αντιστοιχεί στον αριθμό των κύκλων εκφόρτισης για ένα συγκεκριμένο DOD που η μπαταρία μπορεί να πραγματοποιήσει πριν η διαθέσιμη χωρητικότητά της μειωθεί σε ένα συγκεκριμένο ποσοστό (συνήθως 80%) της αρχικής χωρητικότητας. Οι κατασκευαστές μπαταριών ορίζουν τον κύκλο ζωής ανάλογα με το βάθος εκφόρτισης, δηλαδή όσο μεγαλύτερα ποσοστά εκφόρτισης, τόσο μικρότερος χρόνος ζωής των μπαταριών.

**Στην περίπτωση του εν λόγω Υβριδικού Σταθμού σχεδιάστηκε το σύστημα αποθήκευσης ως εξής:**

<b>ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ</b>	4 ΣΕ ΣΕΙΡΑ , 3 ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ
<b>ΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ</b>	6 V
<b>ΤΑΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ</b>	24 V
<b>ΟΝΟΜ. ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ</b>	1228 Ah ή 29 kWh
<b>D.O.D</b>	50 %

### 3.3 Οπτικός Έλεγχος – Μελέτη Χωροθέτησης

Πριν από κάθε εργασία επί της στέγης θα πρέπει να γίνει μια ακριβής τοπογραφική αποτύπωση της στέγης όπου θα είναι εμφανή τα παρακάτω :

- Διαστάσεις στέγης.
- Σημεία εξόδου και εργασίας.
- Διάδρομοι Στέγης.
- Εμπόδια και αντίστοιχα ύψη.
- Κλίσεις.
- Πρόσβαση.

Έπειτα από σχετική αυτοψία που διενεργήθη στον χώρο διαπιστώθηκαν τα εξής:

- **Η επιφάνεια της στέγης είναι επίπεδη με προσανατολισμό 31° ως προς Νότο.**
- **Η στέγη αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα.**
- **Η στατικότητα του κτιρίου είναι επαρκής για να φιλοξενήσει το βάρος της εγκατάστασης.**
- **Περιμετρικά της στέγης είναι εγκατεστημένο στηθαίο ύψους 80 cm.**

(σχήμα 3.3)

#### Μελέτη Χωροθέτησης

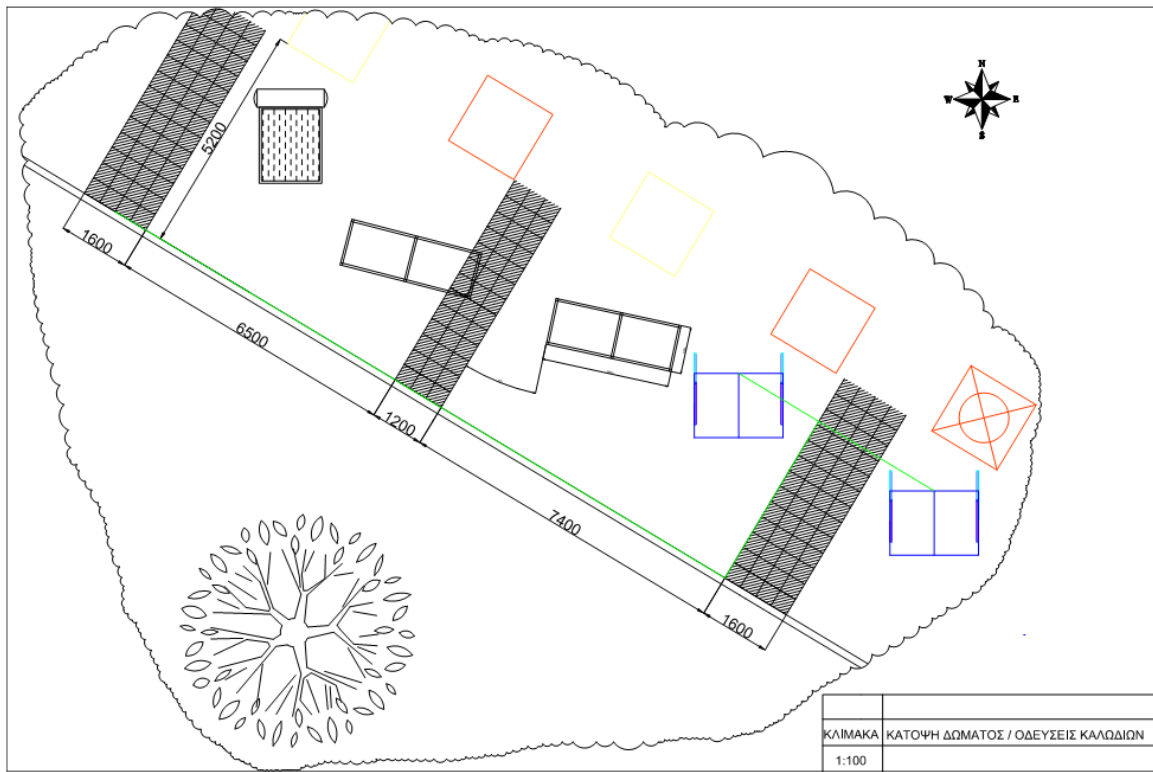
Σκοπός της μελέτης χωροθέτησης είναι να αποτυπωθούν επί του τοπογραφικού οι ακριβείς θέσεις των βάσεων και των πλαισίων προκειμένου να μπορεί να γίνει βελτιστοποίηση και απόλυτη μείωση των αναπόφευκτων απωλειών που έχουμε σε κάθε φωτοβολταϊκό πάρκο και προέρχονται από:

- Σκιάσεις φυσικών εμποδίων.
- Σκιάσεις της ίδιας της εγκατάστασης.
- Μεταφορά ενέργειας (απώλειες DC).

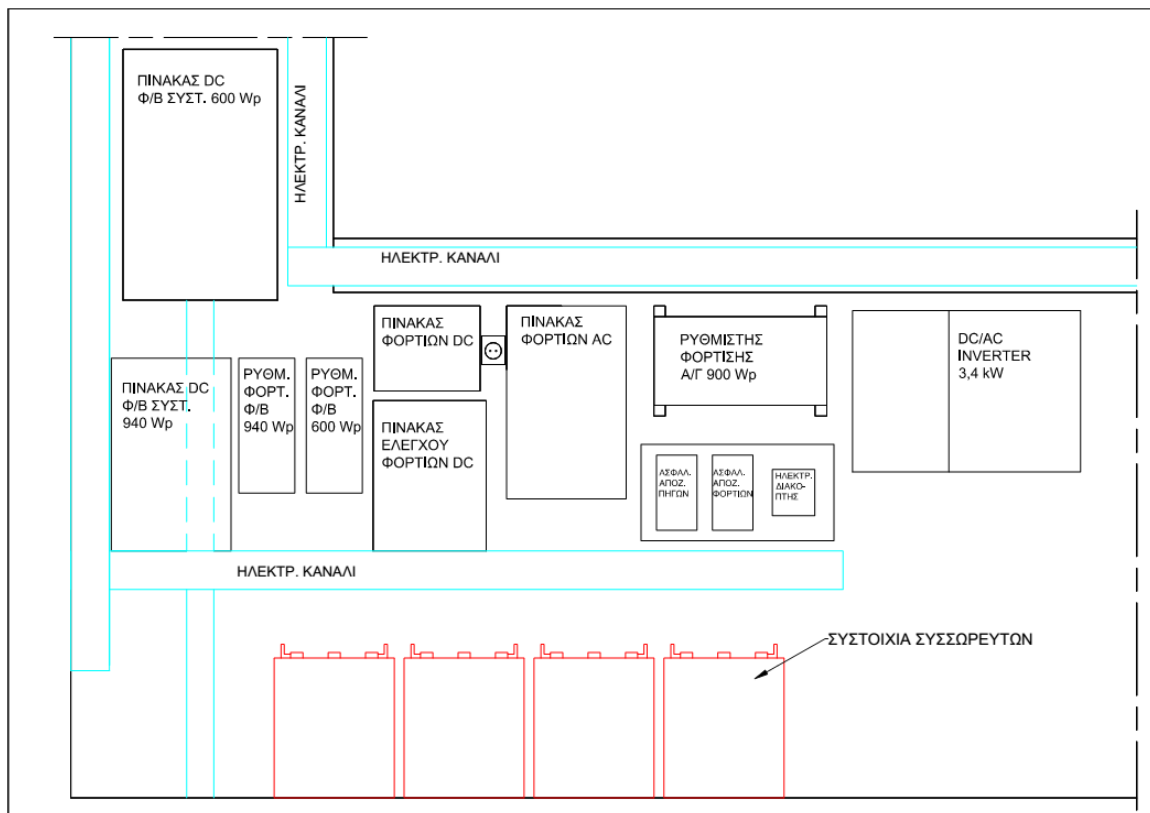
Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνει μελέτη του τρόπου στήριξης των πλαισίων και η επιλογή της καταλληλότερης λύσης ανάλογα με την περίπτωση. (σχήμα 3.5)

Σημαντικό είναι επίσης, να υπολογιστούν τα μήκη των καλωδιώσεων, των ηλεκτρολογικών καναλιών να γίνει σχεδιασμός του χώρου, και του τρόπου στήριξης των ηλεκτρονικών ισχύος, των ηλεκτρολογικών πινάκων και των μπαταριών.

**Έπειτα από προσεχτικό σχεδιασμό προκύπτει μήκος καλωδίων περίπου 27m για κάθε συστοιχία, άρα επιλέχθηκε συνολικά  $4 \times 30 = 120$  m συνολικό μήκος καλωδίου Solar 6mm<sup>2</sup>.**



**Σχήμα 3.3.:** Κάτοψη δώματος- θέση των φ/β και όδευση γείωσης.



**Σχήμα 3.4.:** Διάταξη ηλεκτρολογικού εξοπλισμού στο χώρο του Εργαστηρίου



### 3.4 Προσανατολισμός-Κλίση

Τα φωτοβολταϊκά τοποθετούνται

- στο βόρειο ημισφαίριο με νότιο προσανατολισμό,
- ενώ στο νότιο ημισφαίριο με βόρειο προσανατολισμό.

Αυτός ο προσανατολισμός εξασφαλίζει στις περισσότερες περιπτώσεις την υψηλότερη απόδοση.

#### Ιδιαιτερότητες

Εάν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για την εγκατάστασή (π.χ. εγκατάσταση σε νησιωτική περιοχή) ή εάν κυριαρχούν ιδιαίτερες συνθήκες στην τοποθεσία, μπορεί να εξεταστεί το ενδεχόμενο αποκλίνοντος προσανατολισμού.

Αυτές οι ιδιαιτερότητες μπορούν να είναι οι εξής:

- μία συγκεκριμένη επιθυμητή κύρια φάση χρήσης ή
- ένα ιδιαίτερα ευνοϊκό, ελεύθερο οπτικό πεδίο της τοποθεσίας στην ηλιακή τροχιά.

Παράδειγμα: Εάν η επιθυμητή ημερήσια κύρια φάση χρήσης μίας εγκατάστασης στο βόρειο ημισφαίριο είναι οι βραδινές ώρες και η τοποθεσία προσφέρει προς τα νοτιοδυτικά ένα ιδιαίτερα ευνοϊκό, ελεύθερο οπτικό πεδίο στην ηλιακή τροχιά, τότε ο νοτιοδυτικός προσανατολισμός μπορεί να είναι ευνοϊκότερος.

**Στην περίπτωση του εν λόγω ΥΣ επιλέχθηκε γωνία απόκλισης από το Νότο (Αζιμούθια) ίση με  $0^\circ$ . Όπως προκύπτει από το τοπογραφικό, ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι  $31^\circ$  ως προς το Νότο, άρα θα πρέπει τα Φ/Β να τοποθετηθούν υπό γωνία  $31^\circ$  σε σχέση με τα κάθετα στοιχεία του δώματος. (σχήμα 3.3)**

### Κλίση (ανύψωση)

#### **Ελάχιστη κλίση**

Συνήθως, τα φωτοβολταϊκά πάνελ τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε η επιφάνειά τους να βρίσκεται σε κλίση τουλάχιστον  $10^\circ$  προς τον οριζόντιο άξονα έτσι ώστε το νερό της βροχής να μπορεί να απορρέει και να συμβάλλει έτσι στον αυτοκαθαρισμό των πάνελ. Για το βέλτιστο αυτοκαθαρισμό συνίσταται μία γωνία κλίσης τουλάχιστον  $15^\circ$  προς τον οριζόντιο άξονα.

#### **Βέλτιστη κλίση**

Η βέλτιστη γωνία κλίσης για τη μέγιστη απόδοση εξαρτάται ιδιαίτερα από το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας και από την επιθυμητή, κύρια φάση χρήσης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Οι συνήθεις γωνίες κλίσης στην Ευρώπη είναι γύρω στους  $20^\circ$  για τη νότια Ευρώπη, γύρω στους  $30^\circ$  για την κεντρική Ευρώπη και γύρω στους  $40^\circ$  για τη βόρεια Ευρώπη.

**Στην περίπτωση της εν λόγω εγκατάστασης επιλέχθηκε γωνία κλίσης των Φ/Β πάνελ ίση με  $30^\circ$ .**

### 3.5 Στήριξη των Φ/Β πλαισίων

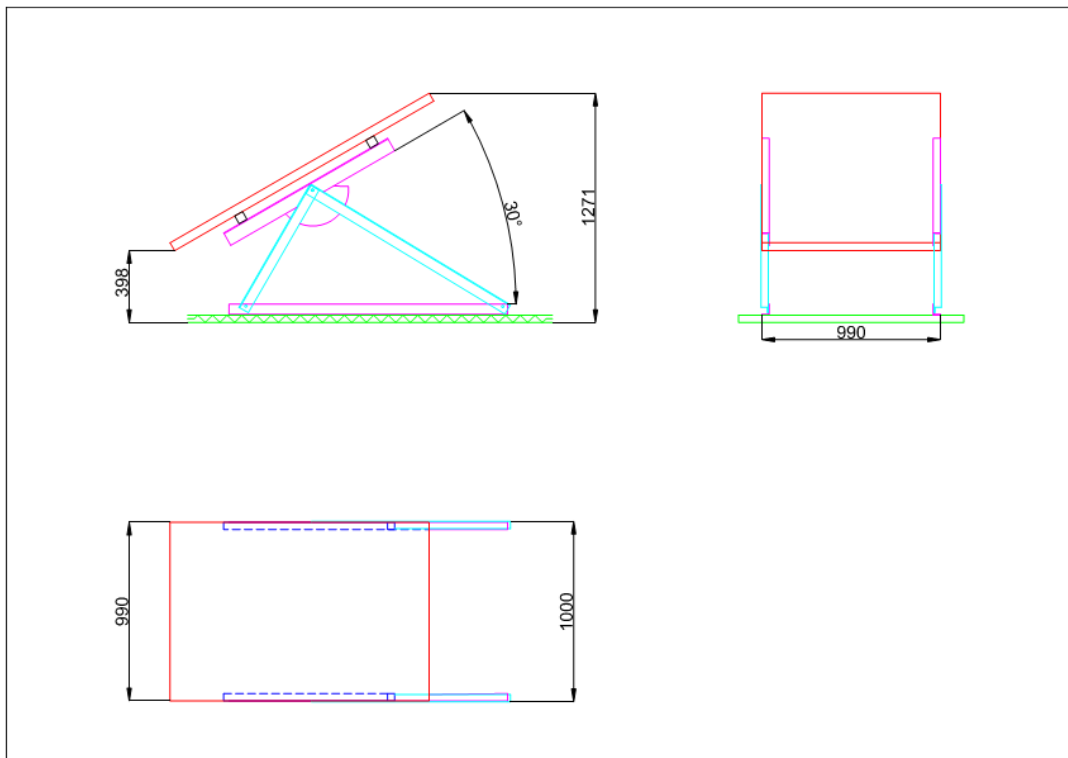
Γενικά, η έδραση των Φ/Β πλαισίων επί του κτηρίου μπορεί να υλοποιηθεί είτε πάνω σε πρόσθετη μεταλλική κατασκευή, είτε επί της επιφάνειας του δώματος, ή ακόμα και με την ενσωμάτωση των πλαισίων στο δομικό κέλυφος του κτηρίου. Αν και το βάρος της ίδιας της Φ/Β συστοιχίας και της βάσης στήριξης δεν αναμένεται να επηρεάσει την στατική αντοχή του κτηρίου, καλό είναι όταν η τοποθέτηση των πλαισίων γίνεται σε στέγαστρα ή σκεπές να διενεργείται στατικός έλεγχος (ή ακόμα και ειδική μελέτη όπου απαιτείται) ώστε να διερευνάται η μηχανική καταπόνηση και η ανεμοπίεση της επιφάνειας έδρασης των πλαισίων.

Τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται σε ένα σύστημα στήριξης, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη λειτουργία και την ασφάλεια της εγκατάστασης σε ακραίες συνθήκες ανέμου, χιονόπτωσης, σεισμού και θερμοκρασιακών μεταβολών. Οι ακραίες αυτές συνθήκες καθώς, ο συνδυασμός τους καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφάλειας, προδιαγράφονται στους Ευροκώδικες (Eurocodes), παράλληλα με επιπρόσθετους ελέγχους, όπως για το σύνολο των δομικών κατασκευών. Για τη στατική επάρκεια του συστήματος στήριξης καθεαυτού, μπορεί να ζητείται αντίστοιχο πιστοποιητικό από τον προμηθευτή.

#### **Ρυθμιζόμενες Βάσεις Vario Top**

Στην περίπτωση του Υβριδικού Σταθμού οι βάσεις που επιλέχθηκαν είναι οι βάσεις Vario Top του Γερμανικού οίκου Schletter. Οι συγκεκριμένες βάσεις είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο και υψηλής αντοχής χάλυβα, ενώ έχουν δυνατότητα ρύθμισης της κλίσης από 0° έως 60° με βήμα 10° (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α)

Κρίθηκε απαραίτητο να γίνει ακριβής σχεδιασμός των βάσεων, προκειμένου να βρεθεί η βέλτιστη χωροταξική διάταξη.



**Σχήμα 3.5.:** Ακριβής αποτύπωση βάσεων VARIO TOP και φ/β πάνελ ALEO S18

### 3.6 Αποφυγή σκιάσεων

Είναι σημαντικό να αποφεύγεται η σκίαση των φωτοβολταϊκών πάνελ. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα έστω και από αντικείμενα μικρού όγκου όπως κολώνες, κεραιές και αλεξικέραυνα. Εάν κατά τη διάρκεια της ημέρας ή του έτους προκύπτουν συστηματικές σκιάσεις στην τοποθεσία από γειτονικά αντικείμενα και δεν υπάρχει καμία δυνατότητα να επηρεαστεί η σκίαση,

- εξετάζεται το ενδεχόμενο επιλογής μιας άλλης τοποθεσίας ή
- συμπεριλαμβάνεται μόνο το μη σκιασμένο τμήμα της τοποθεσίας στο σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

#### Επιπτώσεις της σκίασης

Η σκίαση ακόμα και ενός μόνο πάνελ ή μίας μόνο φωτοβολταϊκής κυψέλης μπορεί να επηρεάσει αισθητά την απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Όταν επιμέρους πάνελ μίας φωτοβολταϊκής γεννήτριας ή επιμέρους κυψέλες ενός πάνελ σκιάζονται, τα τμήματα που βρίσκονται υπό σκιά παράγουν χαμηλότερη ή καθόλου ηλεκτρική ενέργεια (φαινόμενο hot spot). Αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στην απόδοση ολόκληρης της στοιχειοσειράς και κατά συνέπεια ολόκληρης της γεννήτριας. Εκτός αυτού, η σκίαση συχνά έχει ως αποτέλεσμα ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στο πάνελ να μην συμβάλλει πλέον στην απόδοσή του, αλλά να καταναλώνεται από τις κυψέλες της σκιασμένης περιοχής. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη θέρμανση των σκιασμένων κυψελών σε σύγκριση με τις κανονικά φωτιζόμενες κυψέλες. Σε ακραίες περιπτώσεις, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε κίνδυνο πυρκαγιάς.

Εάν στην τοποθεσία έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού υπάρχουν μόνιμοι ή επαναλαμβανόμενοι σκιασμοί (π.χ. σκίαση από παρακείμενα κτήρια, κολώνες, στηθαίο, κλπ.) για μεγάλο χρονικό διάστημα γύρω από το ηλιακό μεσημέρι (από 09:00 έως 15:00), τότε η θέση εγκατάστασης θεωρείται ακατάλληλη.

Τέλος, για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας απρόσκοπτης λειτουργίας του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο εμφάνισης μελλοντικών σκιασμών λόγω ανοικοδόμησης παρακείμενων κτηρίων. Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε ότι ο γενικός κανόνας ορθής τοποθεσίας έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού είναι ο ορίζοντας προς Νότο να είναι ελεύθερος και χωρίς εμπόδια.

### 3.7 Εκτίμηση ενεργειακών απολαβών στο λογισμικό PVSyst

Θα πρέπει να γίνει σαφές ότι δεν έγινε πραγματική διαστασιολόγηση, δεδομένου ότι πρόκειται για πειραματική εγκατάσταση και η ονομαστική ισχύς του σταθμού έχει προκαθοριστεί.

Έτσι, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό PVSyst για:

- ✓ Τη θεώρηση διαφορετικών σεναρίων σε σχέση με τη θέση που θα τοποθετηθούν τα νέα φ/β πάνελ (940 Wp) προκειμένου να βρεθεί η θέση με τη λιγότερη σκίαση.
- ✓ Την εκτίμηση των ενεργειακών απολαβών από το σύνολο των φ/β του σταθμού (1540 Wp).

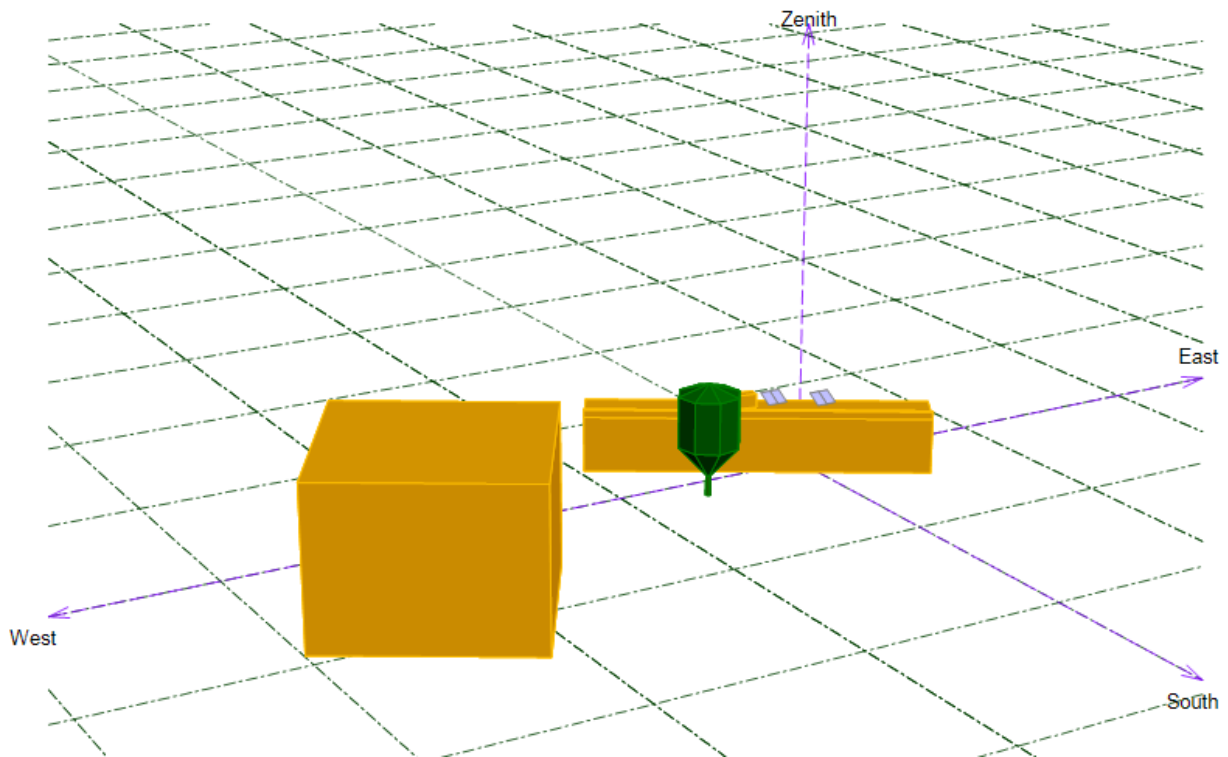
Η εκτίμηση αφορά κλίση των Φ/Β ίση με 30° και προσανατολισμό 0° ως προς το Νότο.

Στον υπολογισμό, εκτός από τις απώλειες λόγω σκίασης, συνυπολογίζονται οι παράγοντες της θερμοκρασίας, υγρασίας, μέσος όρος ηλιοφάνειας, μορφολογίας του εδάφους και ετήσιας βροχόπτωσης. Τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης εξάγονται σε ετήσια κατανομή της ηλιακής ενέργειας, θερμοκρασίας (κλπ) ανά ώρα, παράγοντας αρχείο κλιματολογικών συνθηκών.

Τα ετήσια δεδομένα του ηλιακού δυναμικού λήφθηκαν από την παγκόσμια βάση δεδομένων εφαρμοσμένης κλιματολογίας METEONORM , προϊόν του ελβετικού οίκου METEOTEST.

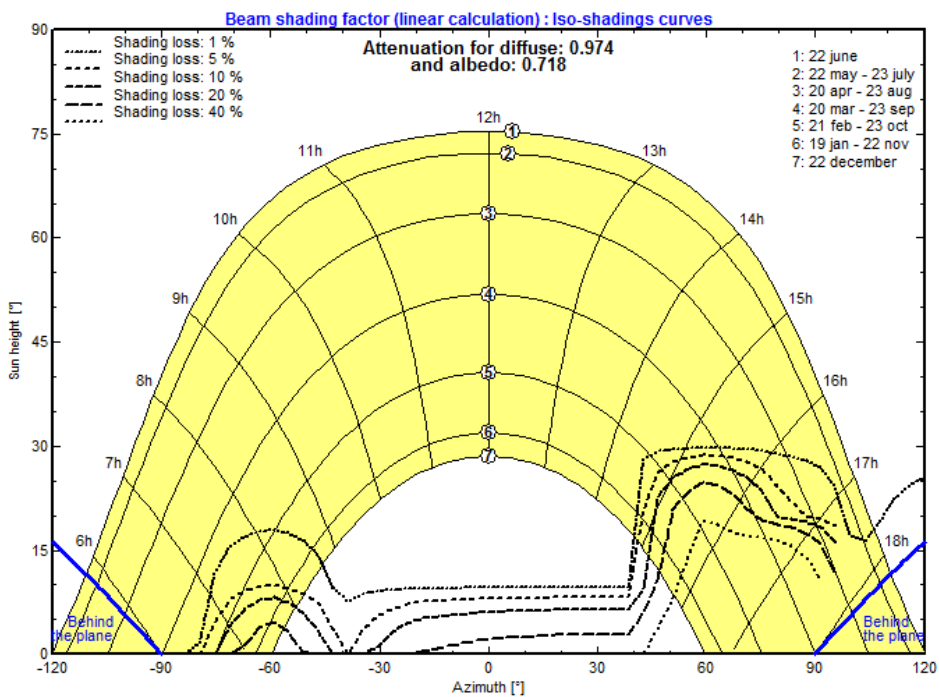
### Σενάριο 1° : Τοποθέτηση στην πλησιέστερη στον πίνακα DC θέση.

Για την εκτίμηση των ενεργειακών απολαβών κάθε σεναρίου έγινε ακριβής αποτύπωση του χώρου της εγκατάστασης στο σχεδιαστικό πρόγραμμα του PVsyst.



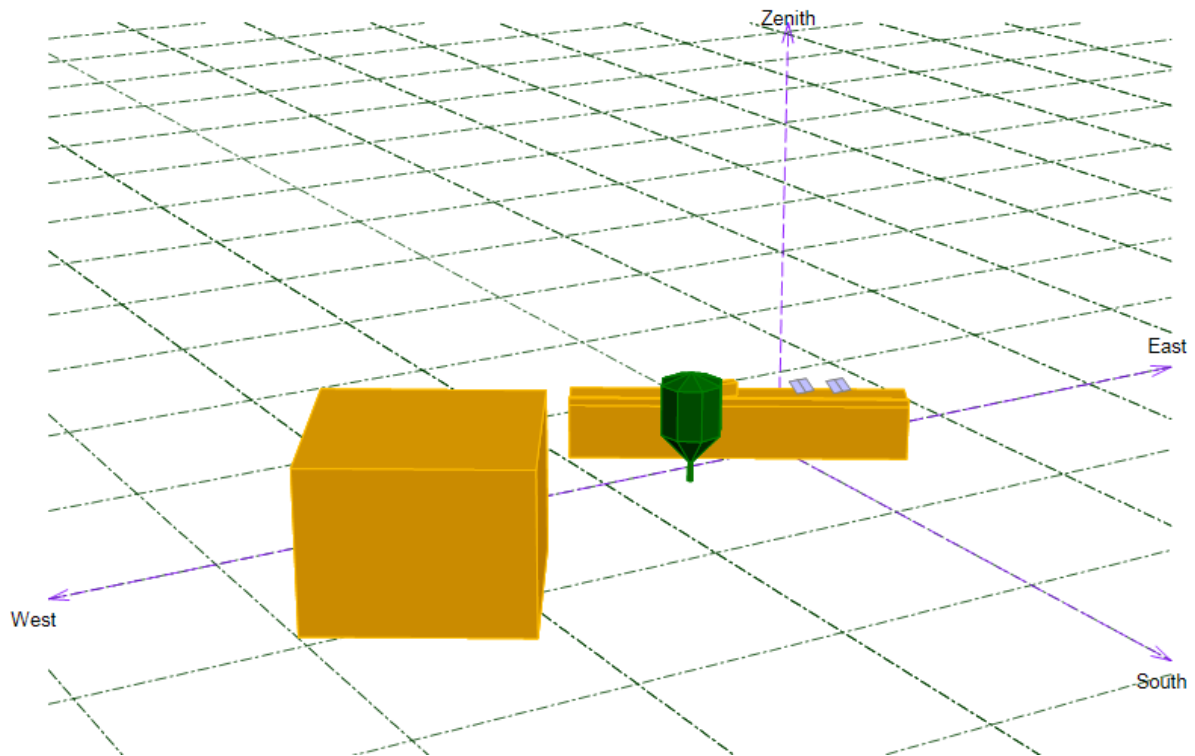
Σχήμα 3.6 Σενάριο 1 στο PVsyst

Όπως φαίνεται και παρακάτω στο διάγραμμα στην θέση αυτή υπάρχει απώλεια λόγω σκίασης από το απέναντι κτίριο (κτίριο Δ) όπως επίσης και από το δέντρο που βρίσκεται κοντά στο δώμα.

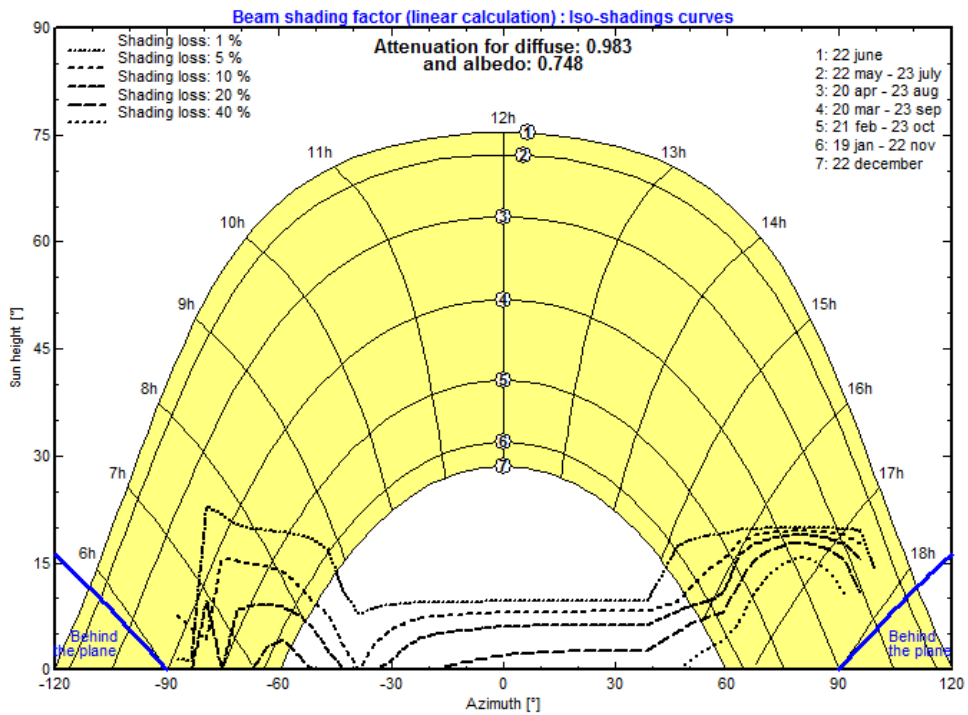


Σχήμα 3.7 Σενάριο 1- Διάγραμμα ισοδυναμικών γραμμών σκίασης και πορείας ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους

Σενάριο 2° : Τοποθέτηση στη θέση με τη λιγότερη σκίαση.



Σχήμα 3.8 Σενάριο 2 στο PVsyst



Σχήμα 3.9 Σενάριο 2- Διάγραμμα ισοδυναμικών γραμμών σκίασης και πορείας ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους

## Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

### Σενάριο 1°

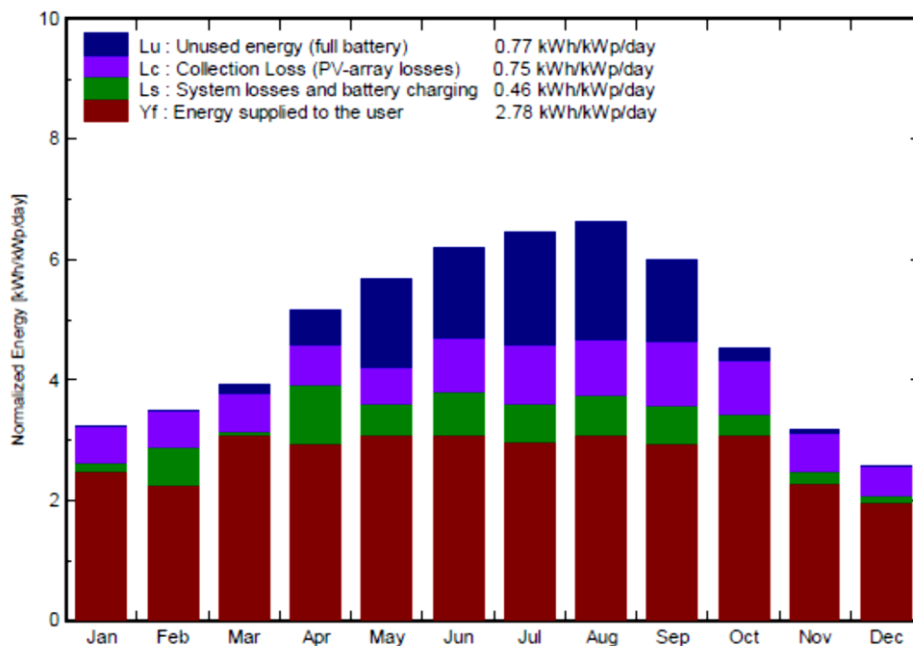
Όπως φαίνεται παραπάνω στο διάγραμμα σκίασης (ηλιακό παράθυρο) υπάρχουν απώλειες λόγω σκίασης της τάξης του 1%, από την ανατολή του ηλίου έως τις 8:00 το πρωί καθώς επίσης από τις 15:00 και μέχρι τη δύση του ηλίου, κατά την περίοδο 22 Οκτώβρη με 22 Φλεβάρη. Παρατηρούμε επίσης ότι με βάση αυτό το σενάριο έχουμε ανεμπόδιστη ηλιοφάνεια όλες τις ώρες της ημέρας κατά την περίοδο 22 Μαΐου με 22 Ιουλίου.

### Σενάριο 2°

Στο αντίστοιχο ηλιακό παράθυρο που αφορά το δεύτερο σενάριο, παρατηρούμε ότι υπάρχουν κάποιες απώλειες της τάξης του 1%, τις πρώτες πρωινές ώρες (μέχρι τις 8 π.μ.) και για την περίοδο 20 Σεπτεμβρίου μέχρι 20 Μάρτη. Παρατηρούμε ότι σε αυτό το σενάριο δεν υπάρχει σκίαση μέχρι τις 15:00 για όλη τη διάρκεια του έτους.

**Η επιλογή της τελικής θέσης των νέων φ/β έγινε με γνώμονα το μικρότερο μήκος καλωδίων, δεδομένου ότι οι διαφορές ανάμεσα στα δύο σενάρια από τις απώλειες λόγω σκίασης είναι πολύ μικρές και συνεπώς αμελητέες σε σχέση με το κόστος μεγαλύτερου μήκους καλωδίου.**

## Εκτίμηση ενεργειακών απολαβών συστήματος

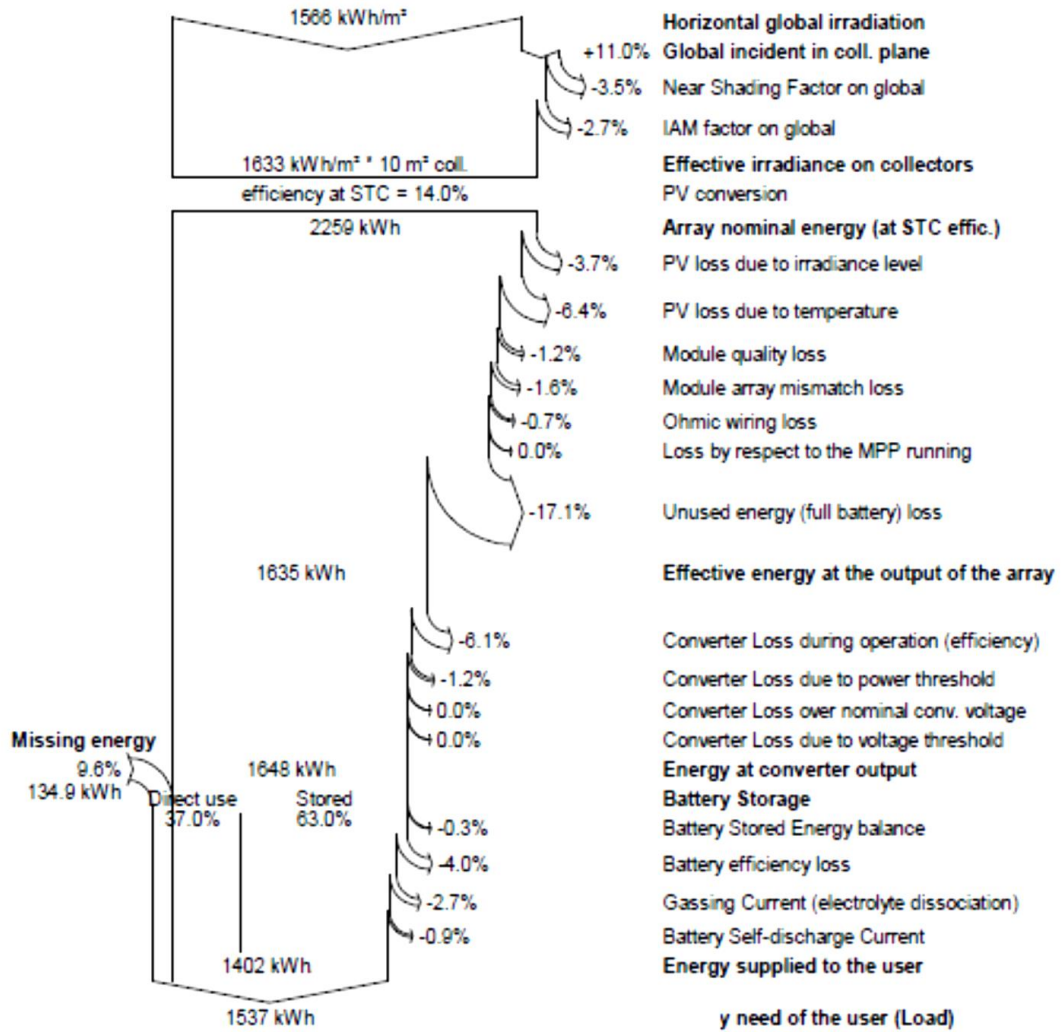


**Σχήμα 3.10** Εκτίμηση παραγωγής ενέργειας από το σύνολο των Φ/Β του Σταθμού

Παρατηρούμε παραπάνω, ότι με βάση το προφίλ κατανάλωσης του εργαστηρίου αναμένουμε μία μέση ημερήσια προμήθεια ενέργειας περίπου 2,78 kWh/kWp/day δηλαδή αν η συνολική εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β είναι περίπου 1,5 kW θα έχουμε :

$$\text{Ενέργεια } \phi\beta = 2,78 \cdot 1,5 = 4,2 \text{ kWh/day}$$

### Loss diagram over the whole year



Σχήμα 3.11 Διάγραμμα απωλειών «Sankey» των φ/β του Υ.Σ.

Παραπάνω βλέπουμε το διάγραμμα απωλειών (Sankey) που προκύπτει από την προσομοίωση του συστήματος στο PVsyst. Στο διάγραμμα αυτό μπορεί κανείς να δει την κατανομή των απωλειών από την πηγή (Ηλιακή ακτινοβολία) έως την ζήτηση από τον καταναλωτή σε ετήσια βάση.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι σύμφωνα με αυτή την εκτίμηση τα φωτοβολταϊκά αναμένεται ότι καλύπτουν τις ανάγκες του εργαστηρίου σε ποσοστό 90,4%.



## 4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

### 4.1. Πρόλογος

Για την άρτια υλοποίηση της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας θα πρέπει να ακολουθούνται οι κανόνες της διεθνούς εμπειρίας και οι ισχύοντες κανονισμοί, έτσι ώστε να αποφευχθούν καταστάσεις που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές ή να προκαλέσουν υλικές καταστροφές. Στο παρών κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή των εργασιών της εγκατάστασης.

Κατά την υλοποίηση της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης Συνεχούς Ρεύματος μπορούν να προκύψουν ανεπιθύμητες καταστάσεις όταν:

- Υπάρχουν κακές ή χαλαρές συνδέσεις (δημιουργία ηλεκτρικού τόξου)
- Υπάρξει σφάλμα ως προς τη γη (καταστροφή μόνωσης και επαφή ενεργού αγωγού με γειωμένο μεταλλικό πλαίσιο ή εξοπλισμό στήριξης αυτού)
- Υπάρξει σφάλμα βραχυκυκλώματος (σφάλμα μόνωσης και επαφή ενεργών αγωγών)

Για το λόγο αυτό, συνεργείο ηλεκτρολόγων μηχανικών εξειδικευμένο στις εγκαταστάσεις αυτόνομων ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών ΑΠΕ, ανάλαβε την ηλεκτρολογική εγκατάσταση του υβριδικού συστήματος. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η ορθή και ασφαλή υλοποίηση των περίπλοκων συνδέσεων του εκτεταμένου δικτύου DC.

Ακολουθεί λεπτομερής περιγραφή των βημάτων της τοποθέτησης και σύνδεσης:

### 4.2. Τοποθέτηση Μηχανολογικού Εξοπλισμού

**Ανύψωση εξαρτημάτων προς τοποθέτηση στο χώρο εγκατάστασης.**

Χρησιμοποιώντας χειροκίνητες ανυψωτικές διατάξεις ανυψώθηκε ο παρακάτω εξοπλισμός:

- ✓ 4 x Φ/Β Πάνελ Aleo 235 W
- ✓ 2 x Βάσεις Schletter
- ✓ 40 x Κράσπεδα αντιστήριξης
- ✓ Εύκαμπτη πλαστικό κανάλι σπιράλ για την όδευση των καλωδίων
- ✓ 160 m καλώδιο solar 6mm<sup>2</sup>
- ✓ 50 m καλώδιο γείωσης



**Σχήμα 4.1.:** Ανύψωση εξοπλισμού

### Συναρμολόγηση βάσεων

Όπως έχει προαναφερθεί και στο κεφάλαιο 3 **Μελέτη- Σχεδιασμός Εγκατάστασης**, οι βάσεις που επιλέχθηκαν είναι οι ρυθμιζόμενες βάσεις **Vario Top** του οίκου **Schletter**. Η συναρμολόγηση των βάσεων έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Οι σύσφιξη όλων των συνδέσεων έγινε με προσοχή και με τη χρήση δυναμόκλειδου. Για κοχλίες **M8** ρυθμίστηκε ροπή **5** και **15 Nm** και για κοχλίες **M10** ροπή **40 Nm**.

Υλικό	Αλουμίνιο/ Υψηλής Ποιότητας χάλυβας 1.4301
Στατική επάρκεια και ερμάτωση	Συνθήκες ισορροπίας του συστήματος σύμφωνα με τον DIN 1055, τμήμα 4 (03/2005) και του Eurocode 1 (Οι σχετικοί πίνακες δεδομένων είναι διαθέσιμοι στο διαδύκιο)
Μήκος βάσης έδρασης	1545 mm
Δυνατότητες διαφοροποίησης	10 έως 60 μοίρες
Βάρος	7 kg
Επιλογές διαφοροποίησης	«Θέσεις» διαφοράς 10 μοιρών (επιδεικνύονται με ταμπέλες)
Στατική πληρότητα	DIN 1055 Νέος και Ευρωκώδικας 1 Λεπτομέρειες κατόπιν παραγγελίας

**Πίνακας 4.1.:** Χαρακτηριστικά βάσεων φ/β Schletter-Vario Top



**Σχήμα 4.2.:** Ρυθμιζόμενες βάσεις Φ/Β πάνελ Vario Top

## Τοποθέτηση των πάνελ στις βάσεις

Η σύνδεση των Φ/Β επιλέχθηκε να γίνει σε δύο (2) στοιχειοσειρές των δύο (2) πάνελ. Οι στοιχειοσειρές αυτές συνδέθηκαν παράλληλα, πετυχαίνοντας έτσι ονομαστική τάση  $V_{MPP} = 58,6 \text{ V}$  (STC) και συνολική ονομαστική εγκατεστημένη ισχύ  $940 \text{ W}_p$ . Η επιλογή αυτή έγινε για να εναρμονιστεί η εγκατάσταση με μία εκ των δυνατοτήτων λειτουργίας του ρυθμιστή φόρτισης (**60VDC systems: 3750W**), στον οποίο γίνεται αναφορά παρακάτω. Σε κάθε περίπτωση η επιλογή της σύνδεσης γίνεται σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή και σε συνδυασμό με την επιλογή των υπόλοιπων διατάξεων του συστήματος.

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (STC)			S18.235
Ονομαστική ισχύς	$P_{MPP}$	[W]	235
Ονομαστική τάση	$U_{MPP}$	[V]	29,3
Ονομαστικό ρεύμα	$I_{MPP}$	[A]	8,01
Τάση άνευ φορτίου	$U_{OC}$	[V]	36,8
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	$I_{SC}$	[A]	8,54
Απόδοση	$\eta$	[%]	14,3
Επιφάνεια ανά μονάδα ισχύος	$A_p$	[m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub> ]	6,99

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά σε τυπικές συνθήκες δοκιμών (STC): 1000 W/m<sup>2</sup>; 25°C; AM 1,5

**Πίνακας 4.2.:** Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά Φ/Β Πάνελ Aleo S18 -235 W<sub>p</sub>

Κατά τη σύσφιξη των πάνελ πάνω στις βάσεις, απαιτείται μεγάλη προσοχή. Σε περίπτωση άσκησης μεγαλύτερης δύναμης δημιουργούνται μικρό ρωγμές στα φωτοβολταϊκά στοιχεία, οι οποίες σε βάθος χρόνου επεκτείνονται, μειώνοντας την απόδοση και το χρόνο ζωής της εγκατάστασης. Η σύσφιξη έγινε με τη χρήση δυναμόκλειδου και με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή η ροπή ρυθμίστηκε στα **24 Nm**.

## Ρύθμιση τελικού προσανατολισμού

Όπως αναφέρθηκε και στη μελέτη η γωνία που επιλέχθηκε είναι (Αζιμούθια = 0°). Προκειμένου να βρεθεί γωνία απόκλισης από τον Νότο, αρχικά χρησιμοποιήθηκε πυξίδα. Λόγω της ενισχυμένης κατασκευής του κτιρίου (χαλύβδινος σπλισμός) υπήρξαν παρεμβολές και κατά συνέπεια αδυναμία προσανατολισμού. Η ρύθμιση του τελικού προσανατολισμού έγινε με τη βοήθεια ηλεκτρονικού κλισιόμετρου σε συνδυασμό με δεδομένα από το χάρτη της περιοχής και του τοπογραφικού σχεδίου του κτιρίου [Παράρτημα Α]. Σύμφωνα με το τοπογραφικό, η απόκλιση από το Νότο είναι **31°**.



**Σχήμα 4.3.:** Χρήση κλισιόμετρου για ρύθμιση προσανατολισμού Τελική-θέση των Φ/Β πάνελ

## Τοποθέτηση αντιστήριξης

Για τη στήριξη των βάσεων τοποθετήθηκαν κράσπεδα σκυροδέματος συνολικού βάρους 500 kg για κάθε βάση συστοιχίας. Κατά τη σύνδεση του συστήματος στήριξης με το κτίριο, και ειδικότερα αναφορικά με σύστημα στήριξης σε δώμα, θα πρέπει να εφαρμόζεται κατάλληλη αγκύρωση. Αυτή γίνεται κυρίως με την προσθήκη φορτίου, ή με τη χρήση κοχλιών. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει το βάρος που θα τοποθετηθεί να είναι σύμφωνο με τη στατική μελέτη του κτιρίου. Στην περίπτωση χρήσεως κοχλιών, θα πρέπει να μην τραυματίζεται η υφιστάμενη μόνωση. Και στις δύο περιπτώσεις, όπως και στην περίπτωση άλλου συστήματος, παρέχονται οι προδιαγραφές για την αγκύρωση από τον προμηθευτή του συστήματος στήριξης. Ωστόσο η συμβατότητα με το κτίριο θα πρέπει να ελέγχεται από έναν μηχανικό.



**Σχήμα 4.4.:** Τελική θέση των Φ/Β πάνελ με αντιστήριξη – Τοποθέτηση αντιστήριξης

Τέλος, ο εγκαταστάτης θα πρέπει να έχει υπόψη του την διαφοροποίηση των συστημάτων στήριξης και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που το διέπουν, συμπεριλαμβανομένων της ευκολίας εγκατάστασης, της αξιοπιστίας και των λειτουργικών στοιχείων (όπως η δυνατότητα ή όχι φυσικού αερισμού του πλαισίου). Στην περίπτωση της συγκεκριμένης εγκατάστασης, η επιλογή των κράσπεδων σκυροδέματος έχει στόχο την προστασία της υφιστάμενης μόνωσης του δώματος καθώς και την εύκολη μετακίνηση των βάσεων σε περίπτωση που απαιτείται.



## Οδεύσεις Καλωδίων και Σύνδεση Φ/Β

Κατά την εγκατάσταση, αρχικά περάστηκαν τα καλώδια με τη βοήθεια ασαλίνας μέσα στο εύκαμπτο κανάλι. Τα καλώδια και το κανάλι είχαν κοπεί στο μήκος που προβλέπονταν από τη μελέτη (... m). Στη συνέχεια, έγινε η εγκατάσταση της όδευσης, από τις νέες φωτοβολταϊκές συστοιχίες μέχρι τον πίνακα DC. Από τις δύο νέες συστοιχίες, συνδέθηκαν τέσσερα εύκαμπτα καλώδια τύπου **Solar**, διατομής **6mm<sup>2</sup>** και η γείωση.



*Σχήμα 4.5.: Οδευση καλωδίων*

Τα καλώδια τα οποία χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις των πλαισίων θα πρέπει να έχουν μόνωση ανθεκτική τουλάχιστον έως 70°C ή και περισσότερο αν δεν υπάρχει ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα. Τα καλώδια μπορούν να είναι εναέρια, αλλά πρέπει να παρέχεται στήριξη, ώστε να μην καταπονούνται οι συνδέσεις. Η στήριξη γίνεται με υλικά ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία, την υγρασία, την υψηλή θερμοκρασία και τη διάβρωση. Η ελαχιστοποίηση των οδεύσεων είναι επιθυμητή, προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση των ηλεκτρικών απωλειών.

### 4.3. Τοποθέτηση Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού

#### Τοποθέτηση ηλεκτρολογικών καναλιών

Τοποθετούνται κανάλια όδευσης ηλεκτρολογικών καλωδιώσεων (100x100 mm) σύμφωνα με το σχέδιο Διάταξης Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού [Παράρτημα Α].



*Σχήμα 4.6.: Εγκατάσταση ηλεκτρολογικών καναλιών*

Προβλέφθηκε χώρος μέσα στο κανάλι για να τοποθετηθούν όλα τα καλώδια της νέας, όπως και της υφιστάμενης εγκατάστασης.

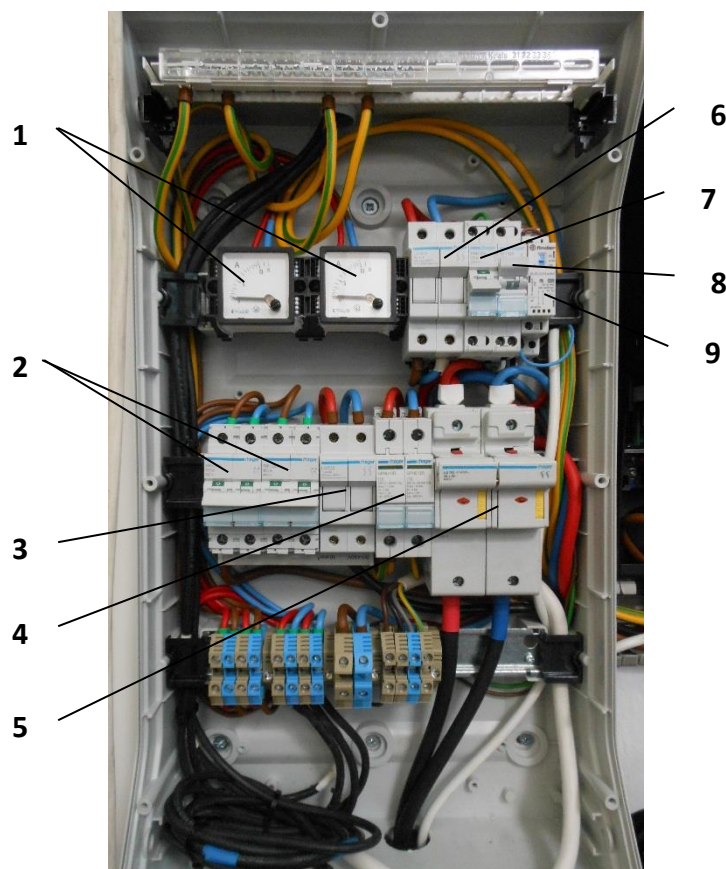
## Τοποθέτηση του πίνακα DC

Ο νέος πίνακας που τοποθετήθηκε φιλοξενεί τα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα για τις δύο νέες συστοιχίες που εγκαταστάθηκαν.

Φέρει αμπερόμετρα για κάθε μία συστοιχία, όπως επίσης διακόπτες και ασφαλιστικές διατάξεις, ρελέ αντικεραυνικής προστασίας και διάταξη για τον έλεγχο των αυτοματισμών.

α/α	ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΤΥΠΟΣ
1	Αμπερόμετρα	20A Αναλογικό Άμεσης Ένδειξης
2	Διακόπτες Εισόδου	Hager SBN 100A / 400 VDC
3	Ασφάλεια Αντικεραυνικής Προστασίας	Hager Ls 502 10,3x38 32Amax 690VDC
4	Αντικεραυνικό Υπέρτασης	Hager SPN015R 230 VAC 16kA
5	Ασφάλειες Εξόδου	Hager LS 702 22x58 690 VDC
6	Ασφάλεια Αυτοματισμού	Hager LS 502 10,3x38 32Amax 690VDC
7	Διακόπτης Προγραμματισμού Ηλεκτρονικού Διακόπτη	Hager SBN 125 25A 230VAC
8	Διακόπτης Ελέγχου Φορτίων μέσω Ρυθμιστή Φόρτισης	Hager SFT 125 25A 230VAC
9	Ρελέ Εντολής Ελέγχου Φορτίων μέσω Ρυθμιστή Φόρτισης	Finder 22.32.0.012.4540

Πίνακας 4.3.: Εξαρτήματα πίνακα DC Φ/Β Συστοιχίας 940Wr



Σχήμα 4.7.: Πίνακας DC Φ/Β Συστοιχίας 940 Wr

## Εγκατάσταση του Ρυθμιστή Φόρτισης της Ανεμογεννήτριας (Rectifier)

Πριν από οποιαδήποτε εργασία στο ρυθμιστή φόρτισης, απαιτείται η θέση εκτός λειτουργίας της ανεμογεννήτριας (φρένο), για προστασία του ρυθμιστή φόρτισης και του εγκαταστάτη. Αυτό επιτυγχάνεται, βραχυκυκλώνοντας τις τρεις φάσεις του καλωδίου που έρχεται από την ανεμογεννήτρια. Ο ρυθμιστής φόρτισης συνδέθηκε από την πλευρά της Α/Γ με τρία **πολύκλιωνα** καλώδια διατομής **2,5 mm<sup>2</sup>** και από την πλευρά των μπαταριών με δύο **πολύκλιωνα** καλώδια **25 mm<sup>2</sup>**. Στο θετικό πόλο της εξόδου, παρεμβάλλεται γέφυρα "shunt" για την καταγραφή της παραγόμενης ενέργειας. Ο ρυθμιστής φόρτισης της ανεμογεννήτριας τοποθετήθηκε σύμφωνα με το Σχέδιο Διάταξης Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού.



Σχήμα 4.8.: Ρυθμιστής Φόρτισης Ανεμογεννήτριας

## Εγκατάσταση των Ρυθμιστών Φόρτισης (Charge Controller)

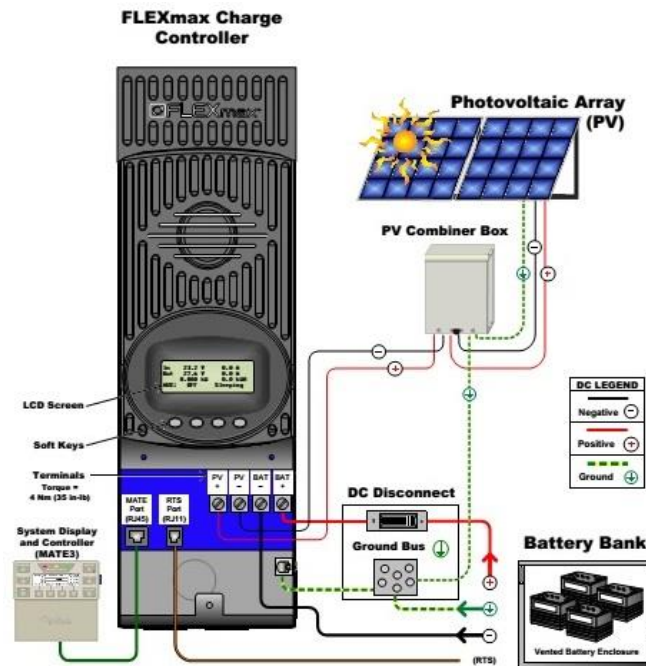
### Ρυθμιστές φόρτισης MPPT

Στα πλαίσια του εκσυγχρονισμού του ηλεκτρονικού εξοπλισμού, επιλέχθηκε η αντικατάσταση του ρυθμιστή φόρτισης της υφιστάμενης εγκατάστασης με έναν νέο, τον **Outback Flexmax 60**. Ο Charge Controller είναι τεχνολογίας MPPT (Max Power Point Tracker). Η μέθοδος αυτή μεταβάλλει το σημείο λειτουργίας (τάση - ένταση) των Φ/Β πάνελ, ώστε να αποδίδεται η μέγιστη δυνατή ισχύς από τις φ/β συστοιχίες. Η επιλογή του μοντέλου έγινε βάση των τεχνικών χαρακτηριστικών του, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά των φ/β πάνελ. Ο ίδιος ρυθμιστής φόρτισης επιλέχθηκε και για τη νέα συστοιχία.



Σχήμα 4.9: Ρυθμιστές Φόρτισης Flexmax 60

Οι δύο νέοι ρυθμιστές φόρτισης συνδέθηκαν με τις συστοιχίες Φ/Β (μέσω του πίνακα DC) και με τις μπαταρίες. Από τον πίνακα χρησιμοποιήθηκαν δύο **πολύκλιωνα** καλώδια διατομής **25 mm<sup>2</sup>** και προς τις μπαταρίες δύο **πολύκλιωνα** καλώδια διατομής **35 mm<sup>2</sup>**.



Σχήμα 4.10.: Πρότυπο Κύκλωμα

## Ρύθμιση των Charge Controllers

	TEMPERATURE	SYSTEM VOLTAGE			
		2 VOLT	12 VOLT	24 VOLT	48 VOLT
BULK/ ABSORPTION	0°C to 16°C 32°F to 60.8°F	2.5 V	15.0 V	30.0 V	60.0 V
	17°C to 27°C 62.6°F to 80.6°F	2.4 V	14.4 V	28.8 V	57.6 V
	28°C to 40°C 82.4°F to 104°F	2.38 V	14.16 V	28.32 V	56.64 V
	TEMPERATURE COMPENSATION	2.45 V	14.7 V	29.4 V	58.8 V
FLOAT		2.19 V	13.14 V	26.28 V	52.56 V
EQUALIZATION		2.58-2.67 V	15.48-16.02 V	30.96 - 32.04 V	61.92 - 64.08 V

Πίνακας 4.4.: Τάση συστήματος - κατάσταση φόρτισης και θερμοκρασία περιβάλλοντος

Μέσω της θύρας AUX του ενός Charge controller έγινε ρύθμιση της τάσης αποκοπής και επαναφοράς των φορτίων. Η ρύθμιση κατώτερου ορίου τάσης μπαταριών γίνεται με σκοπό την προστασία τους από ενδεχόμενη υπερεκφόρτιση. Η θύρα AUX συνδέθηκε με ρελέ εντολής, το οποίο βρίσκεται στον πίνακα DC και στη συνέχεια δίνει εντολή αποκοπής των φορτίων στον ηλεκτρονικό διακόπτη Battery Protect, στον οποίο γίνεται αναφορά παρακάτω.



Η ρύθμιση γίνεται μέσω της ψηφιακής οθόνης και των πλήκτρων ελέγχου, με τον παρακάτω τρόπο:

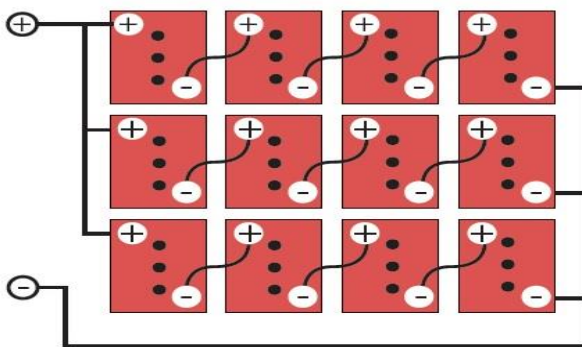
- Από την κεντρική οθόνη πατώντας το αριστερό πλήκτρο, εισερχόμαστε στην οθόνη του κεντρικού μενού
- Χρησιμοποιώντας τα δύο κεντρικά πλήκτρα, μετακινούμε το βέλος αριστερά της ένδειξης Aux
- Πατώντας το δεξί πλήκτρο, εισερχόμαστε στην οθόνη Aux
- Πατώντας το πλήκτρο κάτω από την ένδειξη NEXT περιηγούμε στις επιλογές, μέχρις ότου να φτάσουμε στην επιλογή Low Battery Disconnect
- Πατώντας το πλήκτρο κάτω από την ένδειξη MODE, επιλέγουμε την κατάσταση ON
- Πατώντας το πλήκτρο κάτω από την ένδειξη SET, ορίζουμε τάση αποκοπής και επαναφοράς όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα
- Πατώντας δύο φορές το πλήκτρο κάτω από την ένδειξη EXIT, επιστρέφουμε στην κεντρική οθόνη

Threshold	Voltage	State
Under volt	24 V	DISCONNECT
Upper volt	25,5 V	RECONNECT

*Πίνακας 4.5.: Άνω και κάτω όριο τάσης αποκοπής Charge controller*

### Εγκατάσταση Συσσωρευτών

Η σύνδεση των συσσωρευτών γίνεται σε σειρά, για να επιτύχουμε διαφορά δυναμικού **24 V**, η οποία είναι η τάση λειτουργίας του συστήματος. Η νέα συστοιχία συνδέθηκε παράλληλα με τις δύο παλαιές, διατηρώντας έτσι την τάση στα 24 V DC και αυξάνοντας τη χωρητικότητα κατά **428 Ah**. Το καλώδιο που επιλέχθηκε για τη σύνδεση των συσσωρευτών μεταξύ τους και την επίτευξη της τελικής διάταξης (Σχήμα 3.13) είναι **πολύκλωνο** διατομής **30 mm<sup>2</sup>**.



*Σχήμα 4.11.: Συστοιχία Συσσωρευτών*



*Σχήμα 4.12.: Συστοιχία Συσσωρευτών*

Η συνολική νέα διάταξη των συσσωρευτών του συστήματος, μετά από πλήρη φόρτιση έχει ονομαστική χωρητικότητα **1228 Ah** (400 + 400 + 428) ή **29,5 kWh**, για **ρυθμό εκφόρτισης 20 ωρών** και ονομαστική τάση λειτουργίας **24 VDC**, αυξημένη δηλαδή κατά 50 % από την αρχική χωρητικότητα. Η νέα συστοιχία, όπως και η παλιά, είναι εφοδιασμένη με φλοτέρ για τον έλεγχο της στάθμης του νερού. Στο μέσω κάθε συστοιχίας εγκαταστάθηκε ασφάλεια **125A**, για την προστασία από βραχυκυκλώματα στους ακροδέκτες.

## Εγκατάσταση Αντιστροφέα (Inverter DC/AC)

Τοποθετήθηκε ο νέος Inverter **Conext SW 4024 230** του οίκου **Schneider Electric** προς αντικατάσταση του παλιού. Ο αντιστροφέας αυτός είναι σχεδιασμένος για συνεργασία τόσο με διασυνδεδεμένες, όσο και με μη διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις. Έχει τη δυνατότητα να δώσει στην έξοδο του καθαρό ημιτονοειδές κύμα, σε συχνότητες 50Hz και 60Hz. Σε μη διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις, δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης με εφεδρική πηγή (γεννήτρια πετρελαίου), για την υποστήριξη φορτίων μεγαλύτερων από τις δυνατότητες παραγωγής των Α.Π.Ε. ή για την αύξηση των ωρών αυτονομίας. Ο αντιστροφέας αυτός έχει ισχύ εξόδου **3,4 kW** (συνεχόμενα), σε αντίθεση με τον παλιό που είχε 1kW (συνεχόμενα).

Η αντικατάσταση του Inverter δίνει τη δυνατότητα ασφαλούς σύνδεσης μεγάλων σχετικά φορτίων AC, όπως αυτό της εγκατάστασης Αφαλάτωσης Αντίστροφης Όσμωσης (2,2 kW)

Ο Inverter συνδέθηκε με τις μπαταρίες χρησιμοποιώντας δύο **πολύκλιωνα** καλώδια διατομής **70 mm<sup>2</sup>**. Για προστασία από υπερθέρμανση υπάρχει ενσωματωμένη ασφάλεια **30 A**.



Σχήμα 4.13.: DC/AC Inverter 3,4 kW

Conext SW inverter/charger	
Device short name	SW 4024 E
<b>Electrical specifications - inverter</b>	
Output power (continuous) at 25°C	3400 W
Output power (30 min) at 25°C	4000 W
Output power (6 sec) at 25°C	7000 W
Peak current	42 A
Output frequency	50 / 60 Hz selectable
Output voltage	230 Vac
Output wave form	True sine wave
Optimal efficiency	92%
Idle consumption search mode	<11 W
Input DC voltage range	20 - 34 Vdc
AC connections	Single phase
<b>General specifications</b>	
Compatible battery types	FLA, Gel, AGM, Custom
Transfer relay rating	30 A
Transfer time (AC to inverter and inverter to AC)	<1 cycle (20 ms)
Optimal operating temperature range	-20°C to 60°C (-4°F to 140°F)
Storage ambient temperature range	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)
Humidity Operation / storage	<=95% RH, non condensing
Ingress protection rating	Indoor only, IP20
Altitude (operating)	2000 m (6562 ft)

Πίνακας 4.6.: Τεχνικά χαρακτηριστικά Inverter

## Εγκατάσταση Ασφαλιστικών Διατάξεων Συσσωρευτών

Για την προστασία των συσσωρευτών θα εγκατασταθούν οι παρακάτω ασφαλιστικές διατάξεις.

**Ασφαλειοαποζεύκτες Hager**, οι οποίοι προστατεύουν τους συσσωρευτές από υπερθέρμανση λόγω υπερβολική αύξησης του ρεύματος. Οι διάταξη αυτή θα εγκατασταθεί τόσο στις πηγές όσο και στις καταναλώσεις συνεχούς ρεύματος.

Στην εγκατάσταση προσαρμόστηκαν δύο ασφαλειοαποζεύκτες με υποδοχές για τρεις ασφάλειες έκαστος. Τρεις ασφάλειες αφορούν την προστασία του κυκλώματος μπαταριών-παραγωγής και οι άλλες τρεις αφορούν την προστασία του κυκλώματος μπαταριών-φορτίων DC. Στους ασφαλειοαποζεύκτες τοποθετήθηκαν ασφάλειες **100A**.



*Σχήμα 4.14.: Ασφαλειοαποζεύκτες Hager*

**Ηλεκτρονικός διακόπτης Victron Energy - Battery Protect BP40/60/200**, ο οποίος απομονώνει τα φορτία DC (καταναλώσεις συνεχούς ρεύματος) όταν η τάση των συσσωρευτών μειωθεί κάτω από μία προκαθορισμένη τιμή. Τα φορτία επανασυνδέονται όταν η τάση υπερβεί μια επίσης προκαθορισμένη τιμή, μεγαλύτερη της τάσης αποκοπής. Στόχος είναι να προστατευθούν οι συσσωρευτές από μια ενδεχόμενη υπερεκφόρτιση, η οποία θα μειώσει τον χρόνο ζωής τους. Ο ηλεκτρονικός διακόπτης συνδέθηκε στο θετικό πόλο του κυκλώματος μπαταριών-φορτίων DC σε σειρά μετά τον ασφαλειοαποζεύκτη.



*Σχήμα 4.15.: Ηλεκτρονικός Διακόπτης*

## Ρύθμιση του Ηλεκτρονικού Διακόπτη

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, ο ένας ρυθμιστής φόρτισης φ/β δίνει εντολή στον ηλεκτρονικό διακόπτη μέσω της θύρας AUX για την αποκοπή και την επαναφορά των φορτίων. Ο ηλεκτρονικός διακόπτης ρυθμίζεται και αυτός για τον ίδιο σκοπό. Ο λόγος που οι εντολές δίνονται από δύο διαφορετικές συσκευές είναι για να εξασφαλιστεί η σίγουρη εκτέλεση αυτών σε περίπτωση σφάλματος της μίας εκ των δύο.

Η ρύθμιση της τάσης αποκοπής και επαναφοράς των μπαταριών μέσω του ηλεκτρονικού διακόπτη γίνεται ακολουθώντας τα βήματα που περιγράφονται παρακάτω:

- Από τον πίνακα DC φορτίων, χρησιμοποιούμε τον Διακόπτη Προγραμματισμού Ηλεκτρονικού Διακόπτη (Hager SBN 125 25A 230VAC)
- Θέτουμε τον διακόπτη στη θέση Manual
- Παρακολουθούμε τη λυχνία στον ηλεκτρονικό διακόπτη
- Όταν η λυχνία ανάψει τόσες φορές όσες και ο επιθυμητός αύξων αριθμός στον παρακάτω πίνακα, τότε θέτουμε τον διακόπτη στη θέση Auto
- Θέτοντας το διακόπτη στη θέση Auto, η λυχνία ανάβει τόσες φορές όσες και ο επιθυμητός αύξων, για την επιβεβαίωση της ρύθμισης

24 Volt mode	Undervoltage Threshold	Uppervoltage Threshold
Position 1	21 V	24 V
Position 2	20 V	23 V
Position 3	19 V	23 V
Position 4	22,5 V	26,5 V
Position 5	23 V	27,6 V
Position 6	21 V	25,6 V
Position 7	23 V	25,6 V
Position 8	23,6 V	25,6 V
Position 9	24 V	26 V
Position 10	20 V	26.4 V
Position 11	Normal Alarm	
Position 12	Relay function	

*Πίνακας 4.7.: Ρυθμίσεις Ηλεκτρονικού Διακόπτη*

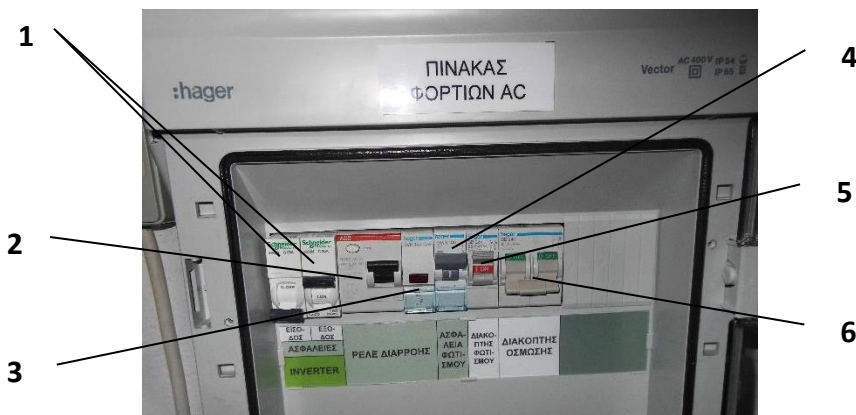
Η Ρύθμιση που επιλέχθηκε είναι η **Position 8**. Αυτό έγινε γιατί η τάση αποκοπής είναι 0,4 V μικρότερη από τη ρύθμιση του charge controller και η τάση επαναφοράς είναι 0,1 V μεγαλύτερη. Με αυτό τον τρόπο, αν ο charge controller δεν δώσει εντολή για την αποκοπή των φορτίων όταν η τάση των μπαταριών γίνει 24 V, τότε ο ηλεκτρονικός διακόπτης αποκόπτει τα φορτία όταν η τάση αυτή γίνει **23,6 V**. Η επαναφορά των φορτίων γίνεται στα 25,5 V και **25,6 V** αντίστοιχα, δηλαδή όταν οι συσσωρευτές φορτιστούν.

## Εγκατάσταση Πίνακα AC Φορτίων

Λόγο της εγκατάστασης νέου Inverter, περισσότερα φορτία AC μπορούν να εγκατασταθούν. Η ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου αποφάσισε την προμήθεια πειραματικής συσκευής αντίστροφης ώσμωσης η οποία θα συνδεθεί με τον υβριδικό σταθμό. Για το λόγο αυτό, αλλά και για μελλοντική προσθήκη φορτίων, κρίθηκε απαραίτητη η αντικατάσταση του πίνακα φορτίων AC με νέο μεγαλύτερο. Ο πίνακας αυτός είναι της εταιρίας Hager και έχει τη δυνατότητα σύνδεσης πολλαπλών φορτίων. Έτσι δίνεται η δυνατότητα, στην ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου, για μελλοντικές αναβαθμίσεις και πειραματισμούς. Ο νέος πίνακας AC φορτίων συνδέεται με την έξοδο του Inverter με **πολύκλωνο** καλώδιο **3x4mm<sup>2</sup>**. Οι διατάξεις του πίνακα AC Φορτίων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

α/α	ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΤΥΠΟΣ
1	Ασφαλειοδιακόπτες Εισόδου / Εξόδου Inverter	Schneider iK60N C25A 230/400VAC
2	Ρελέ Διαρροής	ABB FH202 AC 40A
3	Ενδεικτικό LED	Hager SVN 122 230 VAC
4	Ασφάλεια Φωτισμού (Πρίζας)	Hager MWN 106 C6
5	Διακόπτης Φωτισμού (Πρίζας)	Hager SB 225 25A 400 VAC
6	Διπολικός Διακόπτης Αντίστροφης Ώσμωσης	Hager SB 240 40A 400 VAC

*Πίνακας 4.8.: Διατάξεις Πίνακας AC Φορτίων*



*Σχήμα 4.16.: Πίνακας AC Φορτίων*

## Σύνδεση Φορτίων DC και AC

α/α	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΜΟΝΑΔΑΣ
1	Εγκατάσταση R.O.	2,2 kW
2	Πρίζα για συσκευές AC 230V	1,2 kW

*Πίνακας 4.9.: Φορτία AC*

Τα φορτία DC όπως αναφέρονται στον Πίνακα 4.10, συνδέονται σε πέντε ασφαλειοδιακόπτες, εντός του πίνακα DC φορτίων, με την εξής διάταξη:

α/α	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ
1	Λαμπτήρας	15 W	1	15 W
2	Λαμπτήρας	50 W	1	50 W
3	Λαμπτήρας	50 W	2	100 W
4	Λαμπτήρας	50 W	2	100 W
5	Λαμπτήρας	50 W	4	200 W

*Πίνακας 4.10: Φορτία DC*

Τα πέντε αυτά κυκλώματα ελέγχονται (on - off) από λογισμικό σε υπολογιστή μέσω λογισμικού, χρησιμοποιώντας σύστημα PLC Scada (Siemens S7-200).

#### 4.4. Χρονοδιάγραμμα Εργασιών

Οι εργασίες τοποθέτησης του εξοπλισμού, οι συνδέσεις και οι ρυθμίσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα που ακολουθεί.

ΕΡΓΑΣΙΕΣ/ΗΜΕΡΕΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Μεταφορά εξοπλισμού	■								
Συναρμολόγηση βάσεων	■	■							
Τοποθέτηση Φ/Β πάνελ		■	■						
Τοποθέτηση αντιστήριξης των βάσεων			■						
Κατασκευή οδεύσεων καλωδίων				■					
Εγκατάσταση καλωδίων προς ρυθμιστή φόρτισης				■	■				
Τοποθέτηση Πίνακα DC νέας Φ/Β Συστοιχίας 940 Wp						■			
Τοποθέτηση ρυθμιστών φόρτισης						■			
Τοποθέτηση συσσωρευτών						■			
Τοποθέτηση Inverter DC/AC						■			
Τοποθέτηση ασφαλιστικών διατάξεων						■			
Τοποθέτηση πίνακα AC φορτίων						■			
Ηλεκτρολογικές συνδέσεις εγκατάστασης							■	■	
Γενικός έλεγχος									■
Ρυθμίσεις και θέση του Συστήματος σε λειτουργία									■
Παράδοση έργου									■

Σχήμα 4.17.: Χρονοδιάγραμμα κατασκευής έργου



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν οι παράμετροι διαστασιολόγησης και σχεδιασμού ενός αυτόνομου συστήματος παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ καθώς και η υλοποίηση της επέκτασης και αναβάθμισης του υφιστάμενου Πειραματικού Υβριδικού Σταθμού του Εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του ΑΕΙ Πειραιά ΤΤ.

Σαν πρώτο συμπέρασμα μπορούμε να πούμε πως η θέση της ανεμογεννήτριας δεν είναι κατάλληλη, ο ρόλος της στον υβριδικό σταθμό είναι καθαρά για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Η παραγωγή ενέργειας στην πραγματικότητα, γίνεται αποκλειστικά από τα φ/β (600 Wp + 940 Wp). Ολόκληρη η υβριδική εγκατάσταση λειτουργεί περισσότερο σαν πειραματική εφαρμογή, παρά σαν αυτόνομη μονάδα για την ικανοποίηση ενεργειακών αναγκών.

Με την αναβάθμιση στο σταθμό έχουμε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος από 1500 Wp σε 2440 Wp (900 Wp+600 Wp+940 Wp) επίσης, αυξήθηκε η χωρητικότητα των συσσωρευτών από 800 Ah σε 1200 Ah δίνοντας τη δυνατότητα μεγαλύτερης αυτονομίας του σταθμού.

Η αντικατάσταση του παλαιού ρυθμιστή φόρτισης με νέο MPPT, έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη λειτουργία των συσσωρευτών (φόρτιση-εκφόρτιση) και μεταξύ άλλων, την αύξηση του βαθμού απόδοσης. Αυξήθηκε η ισχύς του φορτίου που μπορεί να καλύψει η μονάδα με την τοποθέτηση του νέου Αντιστροφέα (Inverter) καθαρού ημιτόνου, ο οποίος δίνει 3400 W συνεχόμενα, σε σύγκριση με τα 1000 W που έδινε ο προηγούμενος.

Στα αυτόνομα ενεργειακά συστήματα ΑΠΕ το πιο «πολύτιμο» εξάρτημα είναι οι συσσωρευτές. (υψηλό αρχικό κόστος, βασικός παράγοντας αυτονομίας, μεγάλη ευαισθησία σε φθορά, μικρή διάρκεια ζωής) Με τις νέες ασφαλιστικές διατάξεις (Battery Protect Switch, Charge Controller AUX port) ελέγχου των ορίων τάσης φόρτισης και εκφόρτισης που τοποθετήθηκαν, επιτυγχάνεται η μέγιστη προστασία των συσσωρευτών με σκοπό την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής τους.

Τέλος, σαν γενικότερο συμπέρασμα, στα αυτόνομα συστήματα ΑΠΕ η παραγωγή ενέργειας έχει ως πύμα γραμμική σχέση με τη ζήτηση από τον καταναλωτή, λόγω περιορισμένου χώρου αποθήκευσης της ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι ο καταναλωτής θα πάρει όση ενέργεια μπορεί να καταναλώσει ή να αποθηκεύσει. Μπορεί δηλαδή να υπάρχει δυναμικό για μεγαλύτερες απολαβές ενέργειας, αλλά οι συσσωρευτές να είναι πλήρεις, τα φορτία εκτός, οπότε η ενέργεια ούτε χρησιμοποιείται, ούτε αποθηκεύεται και συνεπώς χάνεται. Είναι σημαντικό λοιπόν κατά τη διαστασιολόγηση να γνωρίζουμε το προφίλ κατανάλωσης (ισχύς φορτίων, αιχμές φορτίων, ώρες λειτουργίας), τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στο συσσωρευτή και τα περιφερειακά καθώς και τις ημέρες αυτονομίας που θέλουμε να καλυφθούν, ώστε να προβλέψουμε τη χωρητικότητα και την επιθυμητή τάση των συσσωρευτών, προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία του συστήματος καθ όλη τη διάρκεια ζωής του.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

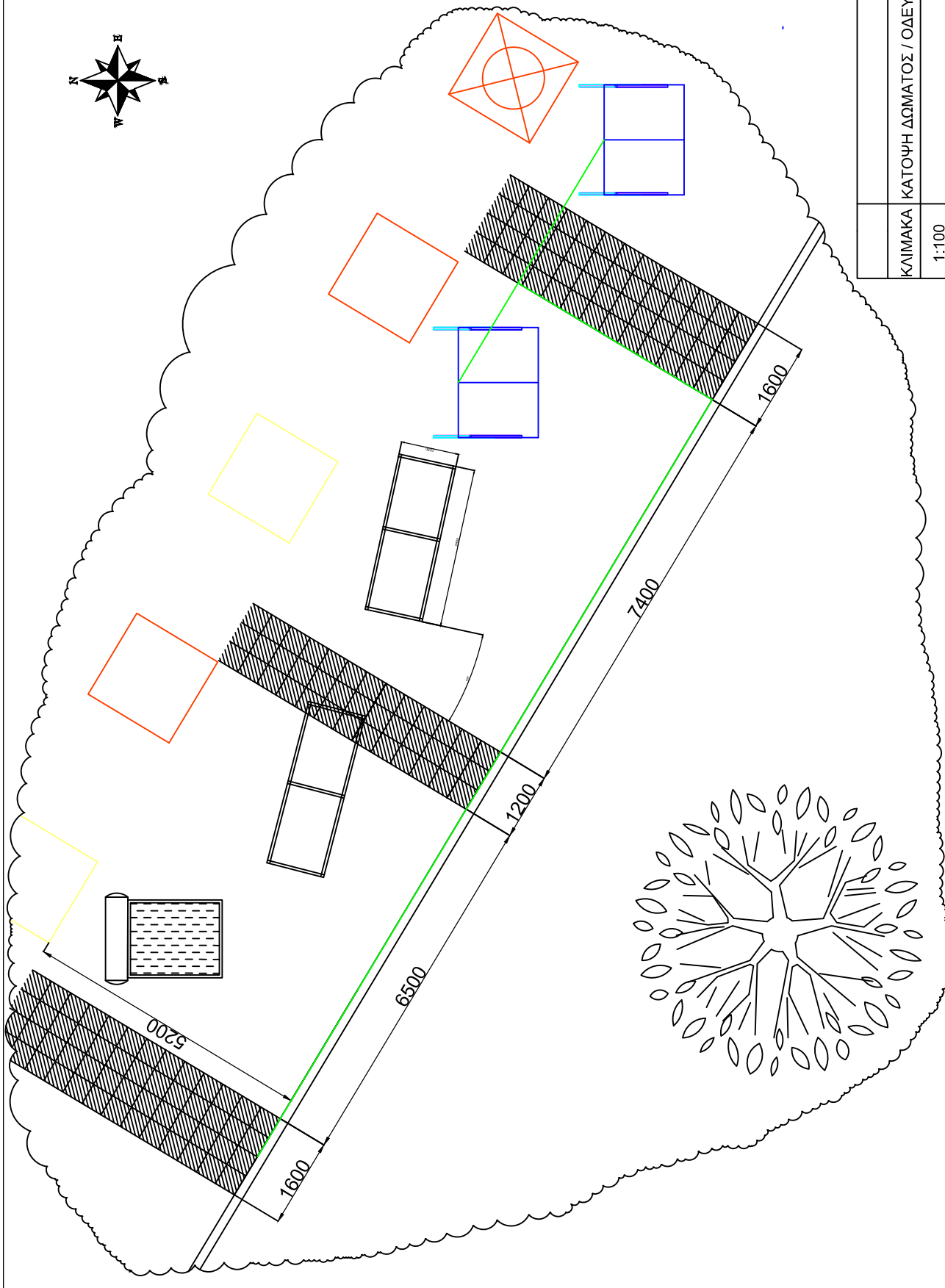
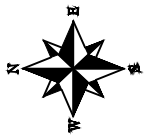
1. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, [www.rae.gr](http://www.rae.gr), 2015
2. Ιωάννης Κ. Καδέλλης, Κοσμάς Α. Καββαδίας, «Εργαστηριακές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας»
3. Σημειώσεις στο μάθημα «Ήπιες Μορφές Ενέργειας Ι», «Ήπιες Μορφές Ενέργειας ΙΙ»
4. «Υπολογιστικές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας: Ηλιακή Ακτινοβολία-Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις-Ηλιακά Θερμικά Συστήματα », Καδέλλης Ι., Σπυρόπουλος Γ. ,Καββαδίας Κ., Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, 2007
5. Dr. Gary L. Johnson, ‘Wind Energy Systems’, electronic edition, Revised January 29 2004
6. Ioannis Hadjipaschalis, Andreas Poullikkas, Venizelos Efthimiou, “Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications”
7. Sérgio Faias, Patrícia Santos, Jorge Sousa, Rui Castro, “An Overview on Short and Long -Term Response Energy Storage Devices for Power Systems Applications”
8. CRES, “Driver Power Technologies RES”
9. Ioannis D. Spyrou “Algorithm Development for Simulation and Optimal Design Autonomous desalination system powered by hybrid RES with Pumped Storage”
10. LOWER COLORADO RIVER AUTHORITY, “STUDY OF ELECTRIC TRANSMISSION IN CONJUNCTION WITH ENERGY STORAGE TECHNOLOGY
11. Wikipedia, “Hydrogen”
12. Kaldellis J.K, Kavvadias K., Zafirakis D., 2012, “Experimental Validation of the Optimum Photovoltaic Panels’ Tilt Angle for Remote Consumers”, *Renewable Energy*, Vol.46 pp. 179-191
13. Kaldellis J.K, Zafirakis D., 2012, “Experimental Investigation of the Optimum Summer Period Photovoltaic Panels’ Tilt Angle” *Energy* vol.38 pp. 305-314
14. Kaldellis J.K, Meidanis E., Zafirakis D., 2011, “Experimental Energy Analysis of a Stand-Alone Photovoltaic-Based Water Pumping Installation”, *Applied Energy*, Vol. 88 pp. 4556-4562

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**

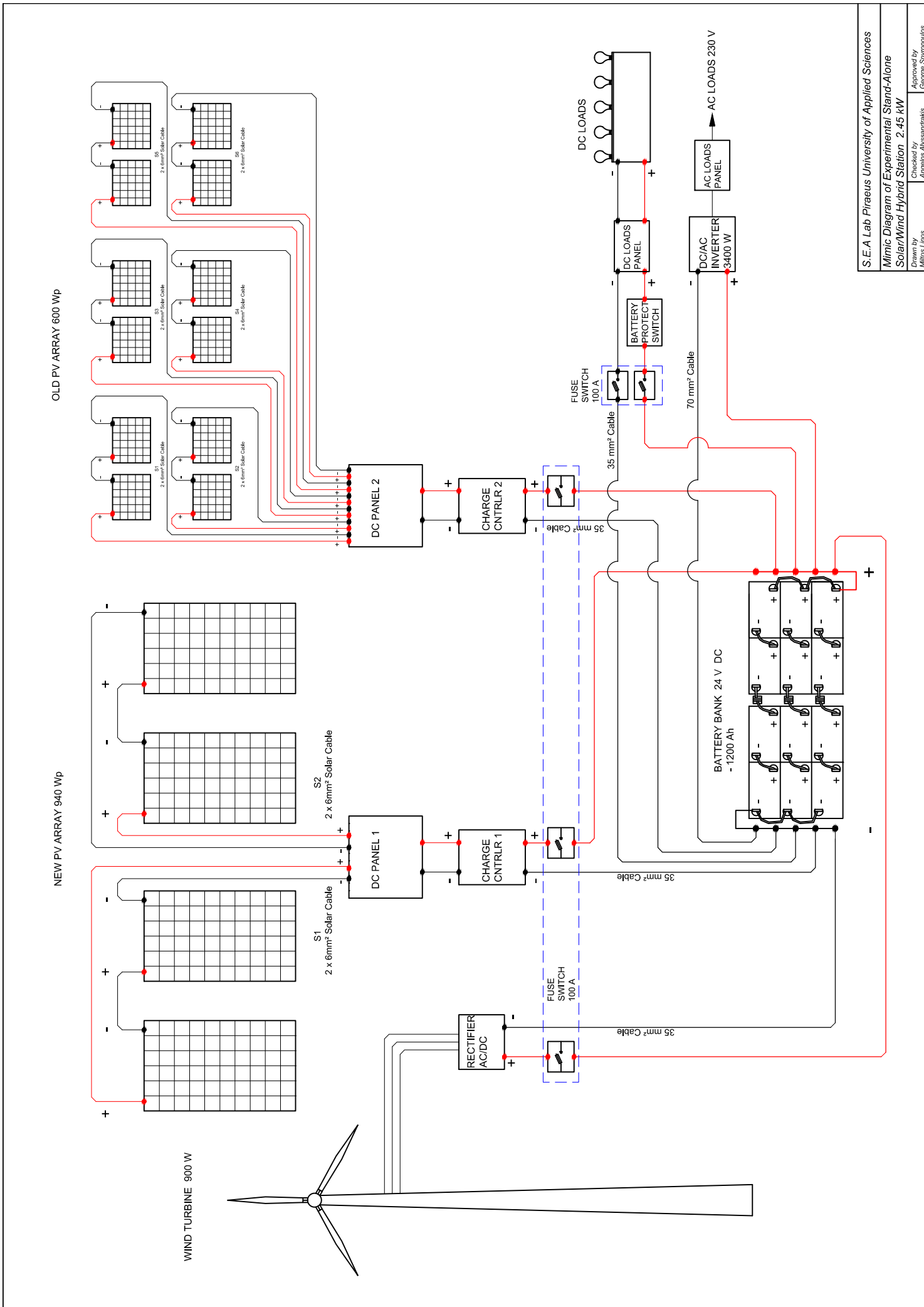
### **«ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΦΑΚΕΛΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΠΕ»**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

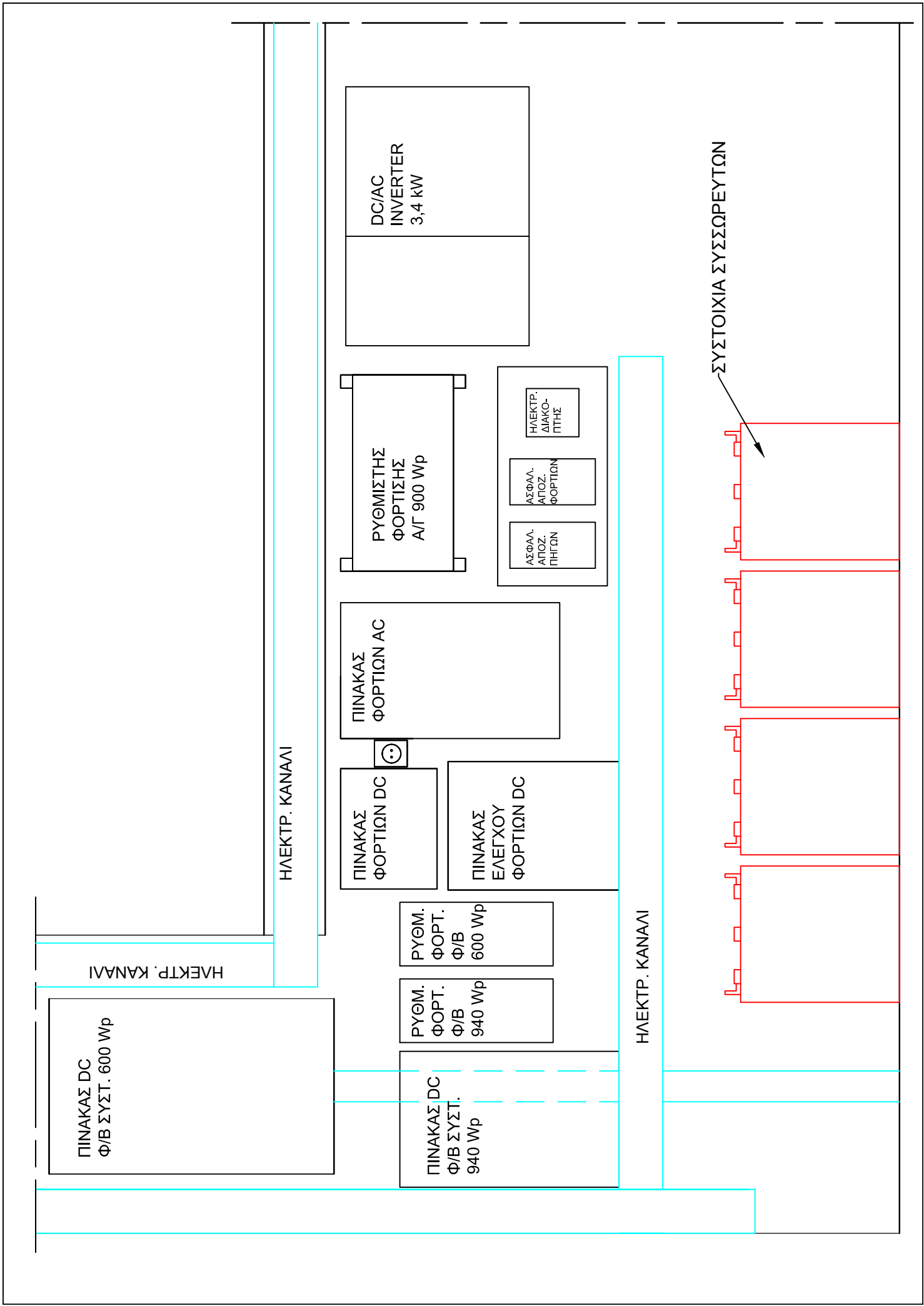
ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ / ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	1
ΜΙΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	2
ΔΙΑΤΑΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	3
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΙΝΑΚΑ DC Φ/Β ΣΥΣΤΟΙΧΙΑΣ 940 Wp	4
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	5
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Φ/Β ΠΑΝΕΛ KYOCERA LA361 K51S	5
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Φ/Β ΠΑΝΕΛ PHAESUN UPE 045 M4 01 PSP	6
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Φ/Β ΠΑΝΕΛ ALEO S18.235	7
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ Φ/Β ΠΑΝΕΛ ALEO S18.235	12
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΑΣΕΩΝ SCHLETTER	14
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ FLEXMAX 60	15
ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΥΝΤΟΜΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ FLEXMAX 60	16
ΟΔΗΓΙΕΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ FLEXMAX 60	17
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ROLLS SURETTE 530	19
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ROLLS SURETTE 550	20
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ROLLS SURETTE	21
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ "BATTERY PROTECT"	22
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ "BATTERY PROTECT"	24
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ SCHNEIDER CONEXT SW 4024E	25
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ SCHNEIDER CONEXT SW 4024E	26
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	27



ΚΛΙΜΑΚΑ	ΚΑΤΟΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ / ΟΔΕΥΣΕΙΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ
	1:100



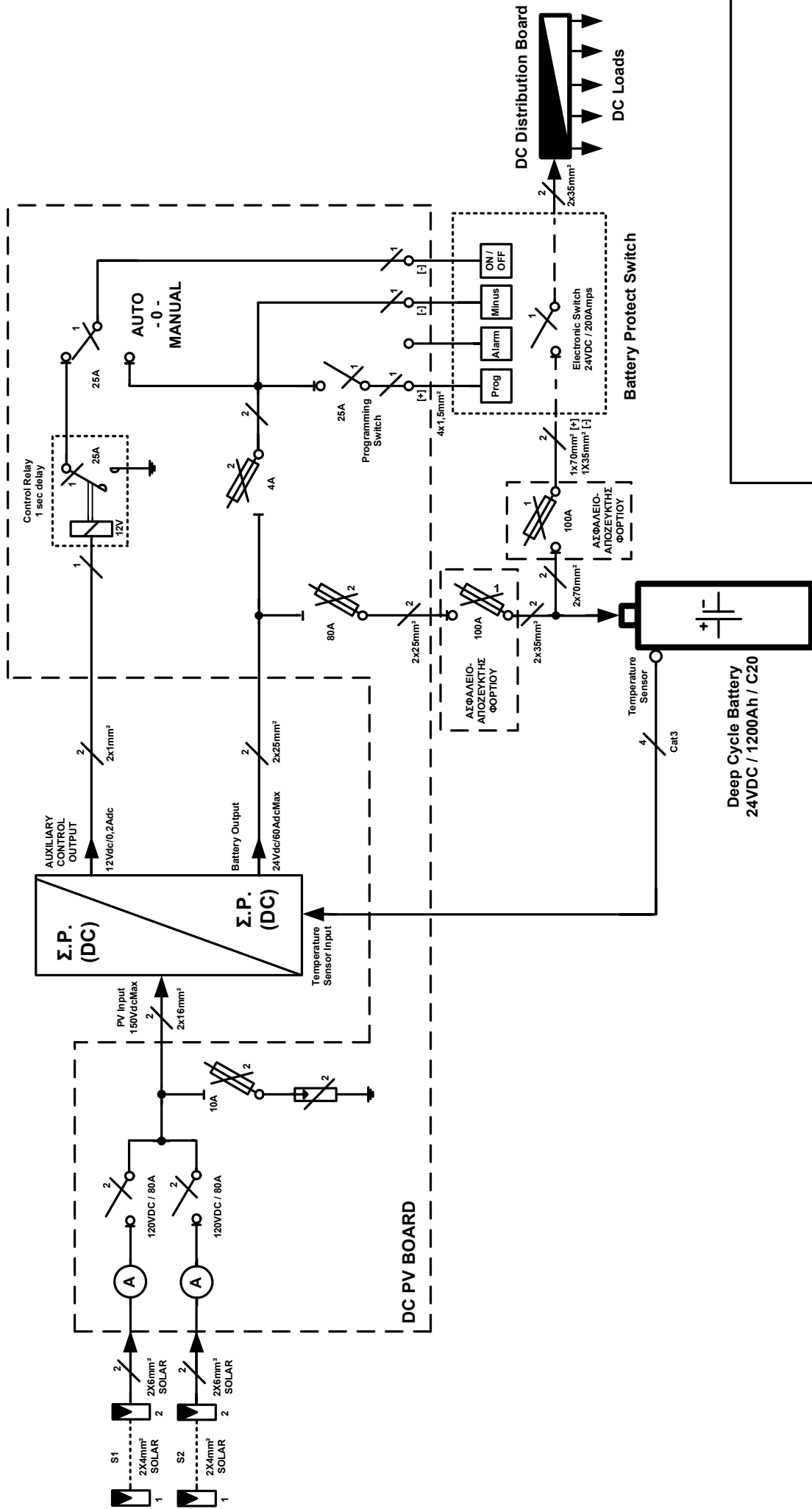
S.E.A Lab Piraeus University of Applied Sciences	
Mimic Diagram of Experimental Stand-Alone Solar/Wind Hybrid Station 2.45 kW	
Drawn by Miltos Trias	Approved by Georgios Szympagos
Checked by Angelos Alysandrakis	



**CHARGE CONTROLLER**

Output : 24Vdc / 60AmpsMax

PV Array (recommended) : 1500W  
 PV Array (Maximum) : 1800W





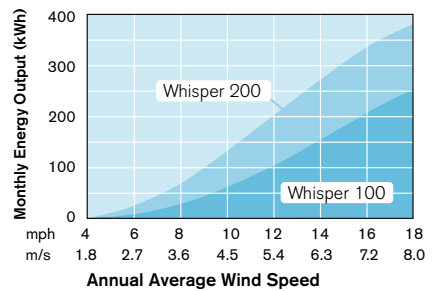
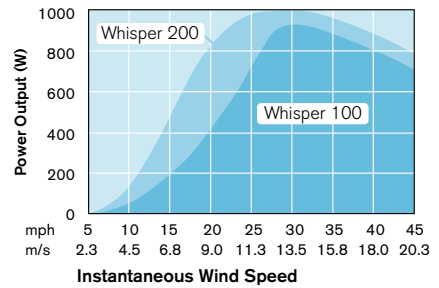
# WHISPER 100/200

## Technical Specifications

	WHISPER 100	WHISPER 200
<b>Rotor Diameter</b>	7 feet / 2.1 meters	9 feet / 2.7 meters
<b>Weight</b>	47 lbs / 21 kg box: 74 lbs / 22.56 kg	65 lbs / 30 kg box: 87 lbs / 39.46 kg
<b>Shipping Dimensions</b>	51 x 20 x 13" / 1295 x 508 x 330 mm	51 x 20 x 13" / 1295 x 508 x 330 mm
<b>Mount</b>	2.5" schedule 40 / 6.35 cm pipe	2.5" schedule 40 / 6.35 cm pipe
<b>Start-Up Wind Speed</b>	7.5 mph / 3.4 m/s	7 mph / 3.1 m/s
<b>Voltage</b>	12, 24, 36, 48 VDC	12, 24, 36, 48 VDC (HV available)
<b>Rated Power</b>	900 watts at 28 mph / 12.5 m/s	1000 watts at 26 mph / 11.6 m/s
<b>Turbine Controller</b>	Whisper controller	Whisper controller
<b>Body</b>	Cast aluminum/marine option available	Cast aluminum/marine option available
<b>Blades</b>	3-Polypro/carbon glass reinforced	3-Polypro/carbon glass reinforced
<b>Overspeed Protection</b>	Patented side-furling	Patented side-furling
<b>Kilowatt Hours Per Month</b>	100 kWh/mo at 12 mph / 5.4 m/s	158 kWh/mo at 12 mph / 5.4 m/s
<b>Survival Wind Speed</b>	120 mph / 55 m/s	120 mph / 55 m/s
<b>Warranty</b>	5 year limited warranty	5 year limited warranty



### Performance Curves



### Southwest Windpower

1801 W. Route 66 • Flagstaff, AZ 86001  
 Tel 928.779.9463 • Fax 928.779.1485  
[www.windenergy.com](http://www.windenergy.com)

Makers of **MADE IN THE USA**  
 Skystream 3.7™  
 Air Breeze  
 Whisper 100/200/500



### Τεχνικά Χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πάνελ "Kyocera LA361 K51S"

Electrical specifications	Units	Values
Nominal peak power ( $W_{max}$ )	W	51,0
Voltage at maximum power ( $V_{mp}$ )	V	16,9
Current at maximum power ( $I_{mp}$ )	A	3,02
Open circuit voltage ( $V_{oc}$ )	V	21,2
Short circuit current ( $I_{sc}$ )	A	3,25
Length	mm	988
Width	mm	448
Thickness	mm	36
Weight	kg	5,9

### Τεχνικά Χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πάνελ "Phaesun UPE 045 M4 01 PSP"

Electrical specifications	Units	Values
Nominal peak power ( $W_{max}$ )	W	45,0
Voltage at maximum power ( $V_{mp}$ )	V	17,1
Current at maximum power ( $I_{mp}$ )	A	2,63
Open circuit voltage ( $V_{oc}$ )	V	21,0
Short circuit current ( $I_{sc}$ )	A	2,97
Length	mm	674
Width	mm	685
Thickness	mm	36
Weight	kg	5,9

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (STC)			S 18.235	S 18.240
Όνομαστική ισχύς	$P_{MPP}$	[W]	235	240
Όνομαστική τάση	$U_{MPP}$	[V]	29,3	29,5
Όνομαστικό ρεύμα	$I_{MPP}$	[A]	8,01	8,13
Τάση άνευ φορτίου	$U_{OC}$	[V]	36,8	37,0
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	$I_{SC}$	[A]	8,54	8,65
Απόδοση	$\eta$	[%]	14,3	14,6
Επιφάνεια ανά μονάδα ισχύος	$A_p$	[m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub> ]	6,99	6,85

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά σε τυπικές συνθήκες δοκιμών (STC): 1000 W/m<sup>2</sup>; 25°C; AM 1,5

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (NOCT)			S 18.235	S 18.240
Ισχύς	$P_{MPP}$	[W]	169	173
Τάση	$U_{MPP}$	[V]	27,9	28,3
Ρεύμα	$I_{MPP}$	[A]	6,05	6,11
Τάση άνευ φορτίου	$U_{OC}$	[V]	33,8	34,0
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	$I_{SC}$	[A]	6,67	6,72
Απόδοση	$\eta$	[%]	12,8	13,1

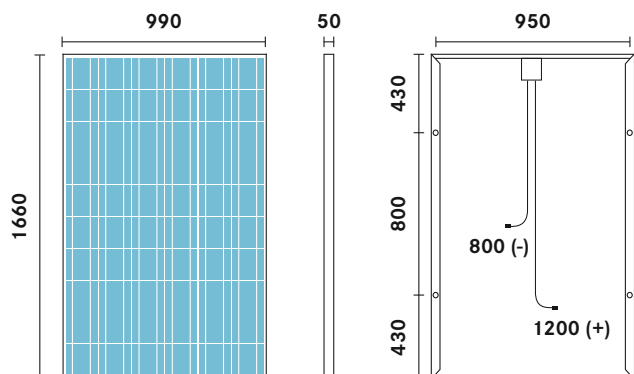
Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά σε ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας κυψελών: 800 W/m<sup>2</sup>; 20°C; AM 1,5; άνεμος 1 m/s  
NOCT: 48°C (ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κυψελών)

Άλλα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά		
Μείωση της απόδοσης STC Από 1000 W/m <sup>2</sup> σε 200 W/m <sup>2</sup>	[%]	< 6
Εύρος κατηγορίας (θετική ταξινόμηση)	[W]	-0/+4,99
Ακρίβεια μέτρησης $P_{MPP}$ σε STC	[%]	-3/+3
Ανοχή λοιπών ηλεκτρικών τιμών	[%]	-10/+10

Φορτία		
Μηχανική καταπόνηση πλαισίων	[Pa]	5400
Μέγιστη τάση συστήματος	[V <sub>DC</sub> ]	1000
Ρεύμα επιστροφής	$I_R$ [A]	15
Μηχανική καταπόνηση κατά IEC/EN 61215		

Συντελεστές θερμοκρασίας			
1. Συντελεστής θερμοκρασίας	$\alpha$ ( $I_{SC}$ )	[%/K]	+0,04
2. Συντελεστής θερμοκρασίας	$\beta$ ( $U_{OC}$ )	[%/K]	-0,34
3. Συντελεστής θερμοκρασίας	$\gamma$ ( $P_{MPP}$ )	[%/K]	-0,46

## Διαστάσεις [mm]



**Διεύθυνση**  
aleo solar AG  
Gewerbegebiet Nord  
Krummer Weg 1  
17291 Prenzlau  
Γερμανία

**Διεύθυνση επικοινωνίας**  
aleo solar Ελλάς  
Εφεδρων Αξιοματικών 3  
15351 Παλλήνη | Αττική  
Ελλάδα  
T +30 210 66 57 293  
info@aleo-solar.gr  
[www.aleo-solar.gr](http://www.aleo-solar.gr)

Βαθμός αποδοτικότητας με βάση τη συνολική επιφάνεια των πλαισίων

Βασικά στοιχεία		
Μήκος x πλάτος x ύψος	[mm <sup>3</sup> ]	1660 x 990 x 50
Βάρος	[kg]	21
Αριθμός κυψελών		60
Μέγεθος κυψελών	[mm <sup>2</sup> ]	156 x 156
Υλικό κυψελών		Πολυκρυσταλλικό Si
Μπροστινό κάλυμμα		Ηλιακό γυαλί (TSG)
Πίσω κάλυμμα		Πολυμερής μεμβράνη
Υλικό πλαισίου		Κράμα αλουμινίου
Μήκος καλωδίου	[mm]	1200 (+), 800 (-)
Φις		Κατηγορία MC3
Κατηγορία IP		IP65
Δίοδοι by-pass		3

Για επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τις εγγυήσεις στα προϊόντα και τις υπηρεσίες μας, μπορείτε να επικοινωνήσετε μαζί μας οποιαδήποτε στιγμή ή να ανατρέξετε στην ιστοσελίδα μας, στη διεύθυνση [www.aleo-solar.gr](http://www.aleo-solar.gr)

© aleo solar AG | 08/2010 | Με κάθε επιφύλαξη για τυχόν λάθη και ενημερώσεις

Ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπος της aleo της περιοχής σας

# **EG-Konformitätserklärung**

Name/Anschrift des Ausstellers:

aleo solar GmbH  
Marius-Eriksen-Strasse 1  
17291 Prenzlau

Produktbezeichnung:

Terrestrische Photovoltaik-Module mit Silizium-Solarzellen

Typenbezeichnung:

S18YXXXZ; S19YXXXZ / S79YXXXZ; L18YXXXZ;  
L19YXXXZ / L79YXXXZ; S24YXXXZ; S25YXXXZ; L24YXXXZ

Das bezeichnete Produkt erfüllt die Bestimmungen der Richtlinie:

**2006/95/EG**

**"Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen".**

Die Übereinstimmung des bezeichneten Produktes mit den Anforderungen der Richtlinie wird durch die technische Dokumentation sowie die vollständige Einhaltung folgender Normen nachgewiesen:

DIN EN 61215 ( VDE 0126-31):2006-02; EN 61215:2005-08  
DIN EN 61730-1 (VDE 0126 Teil 30-1):2007-10; EN 61730-1:2007-05  
DIN EN 61730-1/A1 (VDE 0126-30-1/A1):2012-09; EN 61730-1:2007/A1:2012  
DIN EN 61730-1/A2 (VDE 0126-30-1/A2):2014-01; EN 61730-1:2007/A2:2013  
DIN EN 61730-2 (VDE 0126-30-2):2012-09; EN 61730-2:2007 + A1:2012  
IEC 61215(ed.2)  
IEC 61730-1(ed.1)  
IEC 61730-1(ed.1);am2  
IEC 61730-2(ed.1)  
IEC 61730-2(ed.1);am1

Das VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH (EU-Kenn-Nr. 0366), Merianstr. 28, 63069 Offenbach, hat das Produkt geprüft und zertifiziert.

Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die CE-Kennzeichnung angebracht wurde:

Zeichengenehmigungsausweis Nr.  
Aktenzeichen

40022485  
5018567-3972-0001 / 198975 / ET2 / BWL

Prenzlau, 18.07.2014

(Ort, Datum)

i. A. Reiff

(Rechtsverbindliche Unterschrift des Ausstellers)

# ***EC Declaration of Conformity***

Issuer's name and address:

aleo solar GmbH  
Marius-Eriksen-Strasse 1  
17291 Prenzlau

Product:

Crystalline silicon terrestrial photovoltaic modules

Type designation:

S18YXXXZ; S19YXXXZ / S79YXXXZ; L18YXXXZ;  
L19YXXXZ / L79YXXXZ; S24YXXXZ; S25YXXXZ; L24YXXXZ

The designated product is in conformity with the European Directive:

**2006/95/EC**

**"Council Directive on the harmonization of the laws of the Member States relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits".**

The technical documentation and full compliance with the standards listed below proves the conformity of the product with the requirements of the above-mentioned EC Directive:

DIN EN 61215 ( VDE 0126-31):2006-02; EN 61215:2005-08  
DIN EN 61730-1 (VDE 0126 Teil 30-1):2007-10; EN 61730-1:2007-05  
DIN EN 61730-1/A1 (VDE 0126-30-1/A1):2012-09; EN 61730-1:2007/A1:2012  
DIN EN 61730-1/A2 (VDE 0126-30-1/A2):2014-01; EN 61730-1:2007/A2:2013  
DIN EN 61730-2 (VDE 0126-30-2):2012-09; EN 61730-2:2007 + A1:2012  
IEC 61215(ed.2)  
IEC 61730-1(ed.1)  
IEC 61730-1(ed.1);am2  
IEC 61730-2(ed.1)  
IEC 61730-2(ed.1);am1

The VDE Testing and Certification Institute (EU Identification No.0366), Merianstr. 28, 63069 Offenbach (Germany), has tested and certified the product.

Last two digits of the year in which the CE marking was affixed:

Certificate No.  
File Reference

40022485  
5018567-3972-0001 / 198975 / ET2 / BWL

Prenzlau, 18.07.2014

(Place, Date)

i.A. Kahl

(Legally binding signature of the issuer)



## ZEICHENGENEHMIGUNG MARKS APPROVAL

aleo solar GmbH  
Marius-Eriksen-Strasse 1  
17291 Prenzlau

ist berechtigt, für ihr Produkt /  
*is authorized to use for their product*

**Terrestrische Photovoltaik-Module mit Silizium-Solarzellen**  
***Crystalline silicon terrestrial photovoltaic modules***

die hier abgebildeten markenrechtlich geschützten Zeichen  
für die ab Blatt 2 aufgeführten Typen zu benutzen /  
*the legally protected Marks as shown below for the types referred to on page 2 ff.*



Geprüft und zertifiziert nach /  
*Tested and certified according to*

DIN EN 61215 ( VDE 0126-31):2006-02; EN 61215:2005-08  
DIN EN 61730-1 (VDE 0126 Teil 30-1):2007-10; EN 61730-1:2007-05  
DIN EN 61730-1/A1 (VDE 0126-30-1/A1):2012-09; EN 61730-1:2007/A1:2012  
DIN EN 61730-1/A2 (VDE 0126-30-1/A2):2014-01; EN 61730-1:2007/A2:2013  
DIN EN 61730-2 (VDE 0126-30-2):2012-09; EN 61730-2:2007 + A1:2012  
IEC 61215(ed.2)  
IEC 61730-1(ed.1)  
IEC 61730-1(ed.1);am2  
IEC 61730-2(ed.1)  
IEC 61730-2(ed.1);am1



Aktenzeichen: 5018567-3972-0001 / 198975

File ref.:

Ausweis-Nr. 40022485

Blatt 1

Certificate No.

Page

Weitere Bedingungen siehe Rückseite und Folgeblätter /  
*further conditions see overleaf and following pages*

Offenbach, 2007-10-25

(letzte Änderung / updated 2014-05-26 )

VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH  
VDE Testing and Certification Institute  
Zertifizierungsstelle / Certification

*A. Fabian*

VDE Zertifikate sind nur gültig bei Veröffentlichung unter:  
VDE certificates are valid only when published on:

<http://www.vde.com/zertifikat>  
<http://www.vde.com/certificate>

Name und Sitz des Genehmigungs-Inhabers / *Name and registered seat of the Certificate holder*  
aleo solar GmbH, Marius-Eriksen-Strasse 1, 17291 Prenzlau

Aktenzeichen / *File ref.*  
5018567-3972-0001 / 198975 / ET2 / BWL

letzte Änderung / *updated*  
2014-05-26

Datum / *Date*  
2007-10-25

Dieses Blatt gilt nur in Verbindung mit Blatt 1 des Zeichengenehmigungsausweises Nr. 40022485.  
*This supplement is only valid in conjunction with page 1 of the Certificate No. 40022485.*

## Terrestrische Photovoltaik-Module mit Silizium-Solarzellen *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic modules*

Typ(en) / *Type(s)*

- A) S18YXXXZ
- A) S19YXXXZ / S79YXXXZ
- B) L18YXXXZ
- B) L19YXXXZ / L79YXXXZ
- C) S24YXXXZ
- C) S25YXXXZ
- D) L24YXXXZ

Struktur der Typenbezeichnung  
*Structure of typenumber*

siehe Anlagen Nr. 1 - 2  
*see Appendices no. 1 - 2*

XXX in der Typenbezeichnung ersetzt die tatsächliche  
Modulleistung bei STC, abgerundet auf volle Fünferschritte.  
*XXX in the typenumber replaces the real output of the modules  
at STC, rounded off in steps of five.*

"Y" in der Typenbezeichnung ersetzt ".", "U", "G", "H", "J", "K"  
oder "L" und kennzeichnet essentielle elektrische Eigenschaften  
und/oder unterschiedliche Verkaufsgebiete.  
*"Y" in the model designation represents ".", "U", "G", "H", "J", "K"  
or "L" denoting essential electrical properties and/or different  
marketing territories.*

"Z" in der Typenbezeichnung ersetzt „.", „G“, „T“ oder  
eine "Leerstelle" und kennzeichnet unterschiedliche mechanische  
Eigenschaften.  
*"Z" in the model designation represents „.", „G“, „T“ or "a blank"  
denoting different mechanical properties.*

Zusatz zur Typenbezeichnung  
*Addition for type designation*

Optional - Anhang "sol" für Module mit Solrif  
Rahmen (Horizontal Montage).  
*Optional - Suffix "sol" denoting modules with Solrif  
Frame (horizontal mounting).*

Fortsetzung siehe Blatt 3 /  
*continued on page 3*

Name und Sitz des Genehmigungs-Inhabers / *Name and registered seat of the Certificate holder*  
aleo solar GmbH, Marius-Eriksen-Strasse 1, 17291 Prenzlau

Aktenzeichen / *File ref.*  
5018567-3972-0001 / 198975 / ET2 / BWL

letzte Änderung / *updated*  
2014-05-26

Datum / *Date*  
2007-10-25

Dieses Blatt gilt nur in Verbindung mit Blatt 1 des Zeichengenehmigungsausweises Nr. 40022485.  
*This supplement is only valid in conjunction with page 1 of the Certificate No. 40022485.*

Zusatz zur Typenbezeichnung <i>Addition for type designation</i>	Optional - Anhang "ulr" für Module mit unterschiedlichen Verkaufsgebieten. <i>Optional - Suffix "ulr" denoting different marketing territories.</i>  Optional - Anhang "gen2" für Module einer anderen Modulgeneration. <i>Optional - Suffix "gen2" denoting a different module generation.</i>
Max. Systemspannung <i>Max. system voltage</i>	DC 1000 V
Schutzklasse <i>Protection against electric shock</i>	II
Anwendungsklasse <i>Class of application</i>	A
Brandbeständigkeit <i>Fire resistance</i>	Class C
Max. Rückstrombelastbarkeit <i>Max. Reverse current</i>	20 A
Zusätzliche Informationen <i>Additional information</i>	Module sind für größere Schnee- und Eisablagerungen (5400 Pa) geeignet. <i>Modules qualified for heavy accumulations (5400 Pa) of snow and ice.</i> Für / for A), C)
Weitere Angaben <i>Further information</i>	siehe Anlagen Nr. 1 - 2 <i>see Appendices no. 1 - 2</i>

Dieser Zeichengenehmigungs-Ausweis bildet eine Grundlage für die EG-Konformitätserklärung und CE-Kennzeichnung durch den Hersteller oder dessen Bevollmächtigten und bescheinigt die Konformität mit den grundlegenden Schutzanforderungen der **EG-Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG** mit ihren Änderungen.  
*This Marks Approval is a basis for the EC Declaration of Conformity and the CE Marking by the manufacturer or his agent and proves the conformity with the essential safety requirements of the **EC Low-Voltage Directive 2006/95/EC** including amendments.*

VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH  
*VDE Testing and Certification Institute*  
Fachgebiet ET2  
*Section ET2*



## VarioTop

Το συναρμολογούμενο σύστημα για επίπεδες οροφές με την δυνατότητα εποχιακής προσαρμογής της γωνίας κλίσης

- 10 % μεγαλύτερη απόδοση κατά ετήσιο μέσο όρο
- Μια ολόκληρη συστοιχία μπορεί να διαφοροποιηθεί από μόνο ένα άτομο και σε λίγα μόνο λεπτά!
- Τον χειμώνα τα πάνελ μπορούν εύκολα να μην καλυφθούν από χιόνι!
- Μεγάλο εύρος δυνατοτήτων διαφοροποίησης (10 εως 60 μοίρες)



### Περιγραφή

Η **VarioTop** – βάση έδρασης είναι κατασκευασμένη από αλουμίνιο – οι γωνίες L είναι συνδεδεμένες με περιστρεφόμενη πλακέτα έδρασης επίσης από αλουμίνιο. Ο περιστρεφόμενος μηχανισμός είναι συγκολλημένος προς αποφυγή του τζόγου και του θορύβου από το πέρασμα του αέρα. Στην περιστρεφόμενη πλακέτα είναι διαμορφωμένες οι γωνίες προσαρμογής με διαφορά 10 μοιρών η καθεμιά. Συνήθως μια σειρά από πάνελ είναι τοποθετημένη σε μια αντίστοιχη σειρά έδρασης με δύο εγκάρσιες δοκούς. Συνεπώς η διαφοροποίηση ολόκληρης της σειράς γίνεται κατά σύνολο. Για παράδειγμα μια εγκατάσταση μεγέθους 1kW μπορεί πανεύκολα να διαφοροποιηθεί από ένα μόνο άτομο χωρίς πρόσθετη βοήθεια σε ένα με δύο λεπτά. Η βάση έδρασης VarioTop μπορεί να συνδυαστεί με όλων των ειδών τα συνδετικά στοιχεία (δεξαμενές έρματος, σφιγκτήρες υλικού Kalzip, σφιγκτήρας μεταλλικού ραμπωτέ φύλλου, γάντζους στέγης κλπ)



### Οι πάσσαλοι

της σειράς **VarioTop** – θεωρούνται οι καταλληλότεροι για επίπεδες οροφές σχολείων, εγκαταστάσεις σε δημόσια κτίρια, κοινοπραξίες κτλ. Η οικονομική ωφελιμότητα της εγκατάστασης είναι μεγαλύτερη χάρις στην αύξηση της απόδοσης κατά περίπου 10%. Επίσης πολλοί ιδιοκτήτες Φ/Β εγκαταστάσεων επιθυμούν να χειρίζονται τις επενδύσεις τους αυτοπροσώπως. Σε γενικές γραμμές το VarioTop σας δίνει την ευκαιρία να προσφέρετε στον ενδιαφερόμενο αγοραστή σας ένα σημαντικό προβάδισμα έναντι των ανταγωνιστών σας! Απλώς παρουσιάστε μια εγκατάσταση με VarioTop σαν εναλλακτική πρόταση μιας σταθερής επικλινούς εγκατάστασης!



Λόγω της τάσης ανατροπής που παρουσιάζουν οι επικλινείς εγκαταστάσεις σε επίπεδες οροφές, αντί της χρήσης ερμάτων προτείνουμε να εξετάσετε την δυνατότητα κάποιας κατασκευής σε συνδυασμό με το σύστημα CompactVario.

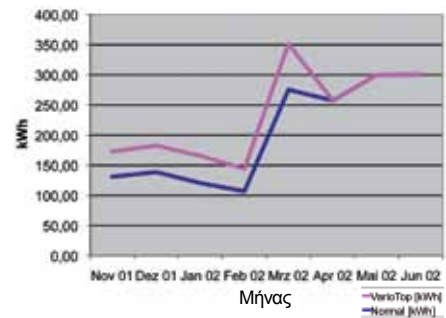
## Κατά την σύγκριση με σταθερές επικλινείς εγκαταστάσεις,

Φ/Β εφαρμογές με το σύστημα VarioTop υπερτερούν οικονομικά γιατί:

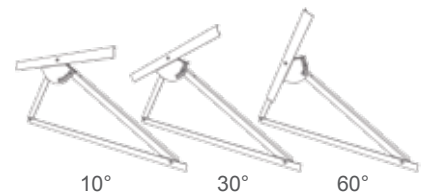
- Χάρης στην επικλινή τοποθέτηση κατά την περίοδο του χειμώνα μπορεί να επιτευχθεί η πλέον ευνοϊκή γωνία έκθεσης στις ηλιακές ακτίνες.
- Με την εφαρμογή γωνίας 60° κατά τους χειμερινούς μήνες μπορεί αποφευχθεί η συσσώρευση χιονιού πάνω στην επιφάνεια των πανέλων.
- Η επιπλέον παραγωγή της τάξεως του 10% (καταμετρημένη στα προάστια του Μονάχου) βελτιώνει την οικονομική ωφέλεια του συστήματος κατά 10% και το επιπλέον κόστος τοποθέτησης του VarioTop και συνεπώς δεν επηρεάζεται το κόστος της συνολικής επένδυσης.
- Ο φόρτος της διαφοροποίησης είναι πολύ μικρός (περίπου 2 φορές από 1 έως 2 λεπτά εργασίες ανά χρόνο για 1kW). Διαδικασία η οποία φυσιολογικά μπορεί να ενταχθεί στον τομέα της απλής συντήρησης.

Οι καταμετρημένες επιπλέον αποδόσεις (βλ. διάγραμμα δεξιά) αφορούν τοποθέτηση με γωνία κλίσης 60° κατά την χειμερινή περίοδο και 30° κατά την θερινή. Συχνότερες διαφοροποιήσεις σε μικρότερες επιμέρους γωνίες κλίσης είναι επίσης πιθανές. Πληροφορίες για τις υψηλότερες ηλιακές θέσεις είναι διαθέσιμες στο [www.stadtlima.de](http://www.stadtlima.de), Μέσες τιμές για την Νότια Γερμανία.

Σύγκριση φυσιολογικών συστημάτων- / Έδραση VarioTop  
Τόπος εγκατάστασης Gräfelfing κοντά στο Μόναχο



Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
19	27	39	50	61	66	63	55	44	31	22	18



## Τεχνικά δεδομένα

<b>Υλικό</b>	Αλουμίνιο/ Υψηλής Ποιότητας χάλυβας 1.4301
<b>Στατική επάρκεια και ερμάτωση</b>	Συνθήκες ισορροπίας του συστήματος σύμφωνα με τον DIN 1055, τμήμα 4 (03/2005) και του Eurocode 1 (Οι σχετικοί πίνακες δεδομένων είναι διαθέσιμοι στο διαδύκτιο)
<b>Μήκος βάσης έδρασης</b>	1545 mm
<b>Δυνατότητες διαφοροποίησης</b>	10 έως 60 μοίρες
<b>Βάρος</b>	7 kg
<b>Επιλογές διαφοροποίησης</b>	«Θέσεις» διαφοράς 10 μοιρών (επιδεικνύονται με ταμπέλες)
<b>Στατική πληρότητα</b>	DIN 1055 Νέος και Ευρωκώδικας 1 Λεπτομέρειες κατόπιν παραγγελίας
<b>Στοιχεία υποδομών</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πλάκες μπετό</li> <li>• Δεξαμενές ερμάτωσης (SolRack, SolTub)</li> <li>• Μεταλλικές οροφές (με ραμποτέ σφιγκτήρες, σφιγκτήρες υλικού Kalzip κλπ.)</li> <li>• Οροφή από βιτουμένιο</li> <li>• Κεραμοσκεπή</li> <li>• Θεμέλια (για επικλινείς υπαίθριες εγκαταστάσεις)</li> <li>• Και πολλά άλλα.</li> </ul>

Όλες οι τιμές του συστήματος γρήγορα και άνετα με το Autokalkulator!

Models:	FLEXmax 80 (FM80-150VDC)	FLEXmax 60 (FM60-150VDC)
<b>Nominal Battery Voltages</b>	12, 24, 36, 48, or 60VDC (Single model, selectable via field programming at start-up)	12, 24, 36, 48, or 60VDC (Single model, selectable via field programming at start-up)
<b>Maximum Output Current</b>	80A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit	60A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit
<b>NEC Recommended Solar Maximum Array STC Nameplate</b>	<b>12VDC systems:</b> 1000W / <b>24VDC systems:</b> 2000W <b>48VDC systems:</b> 4000W / <b>60VDC systems:</b> 5000W	<b>12VDC systems:</b> 750W / <b>24VDC systems:</b> 1500W <b>48VDC systems:</b> 3000W / <b>60VDC systems:</b> 3750W
<b>PV Open Circuit Voltage (VOC)</b>	150VDC absolute maximum coldest conditions / 145VDC start-up and operating maximum	150VDC absolute maximum coldest conditions / 145VDC start-up and operating maximum
<b>Standby Power Consumption</b>	Less than 1W typical	Less than 1W typical
<b>Power Conversion Efficiency</b>	97.5% @ 80 ADC in a 48VDC System (typical)	98.1% @ 60 ADC in a 48VDC System (typical)
<b>Charging Regulation</b>	<b>Five stages:</b> bulk, absorption, float, silent and equalization	<b>Five stages:</b> bulk, absorption, float, silent and equalization
<b>Voltage Regulation Set points</b>	13 to 80VDC user adjustable with password protection	13 to 80VDC user adjustable with password protection
<b>Equalization Charging</b>	Programmable voltage setpoint and duration, automatic termination when completed	Programmable voltage setpoint and duration, automatic termination when completed
<b>Battery Temperature Compensation</b>	Automatic with optional RTS installed / 5.0 mV per °C per 2V battery cell	Automatic with optional RTS installed / 5.0 mV per °C per 2V battery cell
<b>Voltage Step-Down Capability</b>	Down convert from any acceptable array voltage to any battery voltage. <b>Example:</b> 72VDC array to 24VDC battery; 60VDC array to 48VDC battery	
<b>Programmable Auxiliary Control Output</b>	12VDC output signal which can be programmed for different control applications (maximum of 0.2 ADC)	12VDC output signal which can be programmed for different control applications (maximum of 0.2 ADC)
<b>Status Display</b>	3.1" (8 cm) backlit LCD screen, 4 lines with 80 alphanumeric characters total	3.1" (8 cm) backlit LCD screen, 4 lines with 80 alphanumeric characters total
<b>Remote Display and Controller</b>	Optional MATE3, MATE or MATE2 with RS232 serial communications port	Optional MATE3, MATE or MATE2 with RS232 serial communications port
<b>Network Cabling</b>	Proprietary network system using RJ-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)	Proprietary network system using RJ-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)
<b>Data Logging</b>	<b>Last 128 days of operation:</b> Amp Hours, Watt Hours, Time in Float, Peak Watts, Amps, Solar Array Voltage, Max. Battery Voltage, Min Battery Voltage and Absorb, Accumulated Amp Hours, and kW Hours of production	
<b>Operating Temperature Range</b>	-40 to 60°C (power automatically derated above 40°C)	-40 to 60°C (power automatically derated above 40°C)
<b>Environmental Rating</b>	Indoor Type 1	Indoor Type 1
<b>Conduit Knockouts</b>	One 1" (35 mm) on the back; One 1" (35 mm) on the left side; Two 1" (35 mm) on the bottom	One 1" (35 mm) on the back; One 1" (35 mm) on the left side; Two 1" (35 mm) on the bottom
<b>Warranty</b>	Standard 5-year / Available 10-Year	Standard 5-year / Available 10-Year
<b>Weight (lb/kg)</b>	<b>Unit:</b> 12.20 / 5.56 <b>Shipping:</b> 15.5 / 7.3	<b>Unit:</b> 11.65 / 5.3 <b>Shipping:</b> 1490 / 6.7
<b>Dimensions H x W x D (in/cm)</b>	<b>Unit:</b> 16.25 x 5.75 x 4.5 / 41.3 x 14.6 x 11.4 <b>Shipping:</b> 19 x 9.5 x 8.5 / 48.3 x 24.1 x 21.6	<b>Unit:</b> 13.75 x 5.75 x 4.5 / 35 x 14.6 x 11.4 <b>Shipping:</b> 17 x 9.5 x 8.5 / 43.2 x 24.1 x 21.6
<b>Options</b>	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB4, HUB10, MATE, MATE2, MATE3	Remote Temperature Sensor (RTS), HUB4, HUB10, MATE, MATE2, MATE3
<b>Menu Languages</b>	English & Spanish	English & Spanish
<b>Certifications</b>	ETL Listed to UL1741, CSA C22.2 No. 107.1	ETL Listed to UL1741, CSA C22.2 No. 107.1

### Worldwide Corporate Offices

<b>North America</b> Tel: +1 360.435.6030 Fax: +1 360.435.6019	<b>Latin America</b> Tel: +1 561.792.9651 Fax: +1 561.792.7157	<b>Europe</b> Tel: +49 9122.79889.0 Fax: +49 9122.79889.21	<b>Asia Pacific</b> Tel: +852 2736.8663 Fax: +852 2199.7988
--	--	--	---

AVAILABLE FROM



## Models:

- FLEXmax 80: 80 amps maximum continuous output current (up to 40°C without thermal derating)
- FLEXmax 60: 60 amps maximum continuous output current (up to 40°C without thermal derating)

## Features:

- Maximum Power Point Tracking
- Supports 12, 24, 36, 48, and 60 Vdc battery voltages
- Backlit display screen (LCD) with 80 characters (4 lines, 20 characters per line)
- Last 128 days of operational data logging
- Voltage step-down capability allowing a higher PV array voltage configuration
- Manual and automatic equalize cycles

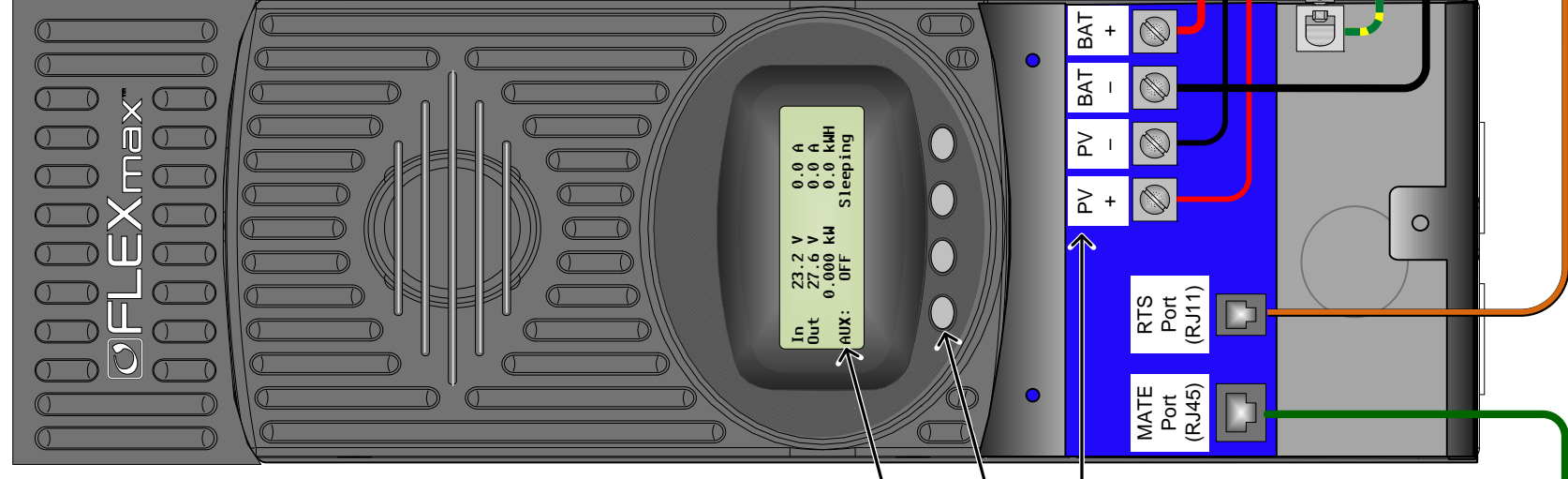
## Screen Versions:

- English
- Spanish
- Australian (English with different default settings)

## Maximum PV Input Wattage per Charge Controller

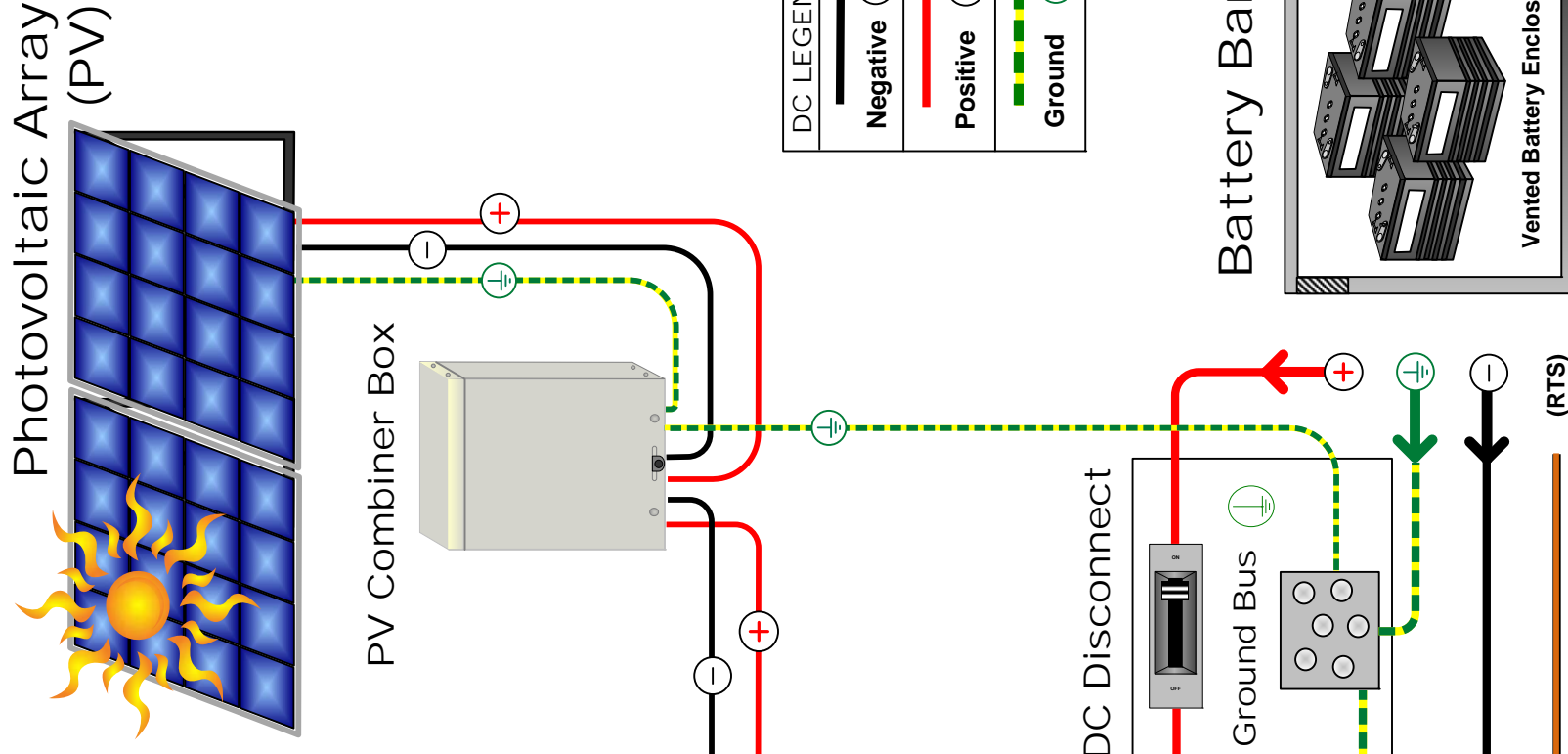
Battery Bank Voltage	Maximum PV Input Wattage for the FLEXmax 80	Maximum PV Input Wattage for the FLEXmax 60
12 Vdc	1000 W	750 W
24 Vdc	2000 W	1500 W
36 Vdc	3000 W	2250 W
48 Vdc	4000 W	3000 W
60 Vdc	5000 W	3750 W

## FLEXmax Charge Controller



**IMPORTANT: Example only.** Actual wiring may vary. All configurations must comply with local and national electric codes. Consult your local electric authority to ensure compliance.

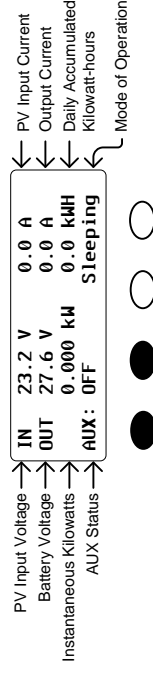
## Photovoltaic Array (PV)



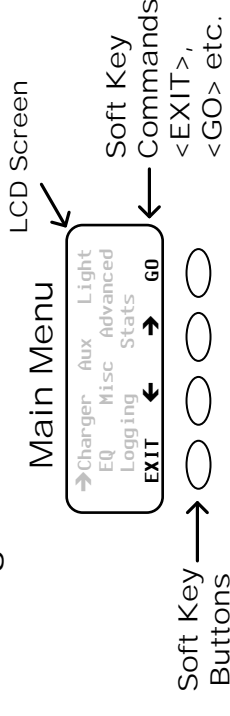
## Startup Screen



## Status Screen



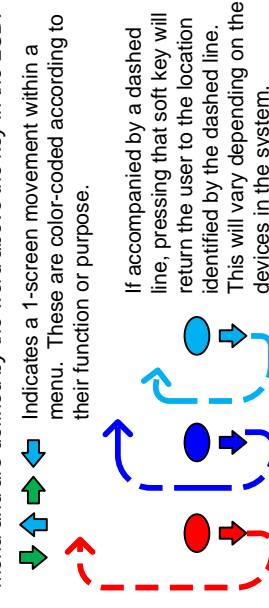
## Navigation:



## Soft Key Color Code:

- Available menus
- Select this option to proceed
- Adjusts the set points value
- Selects a function (e.g., ON, OFF, AUTO)
- Switches between devices on the ports of the Communications HUB
- Navigation colors

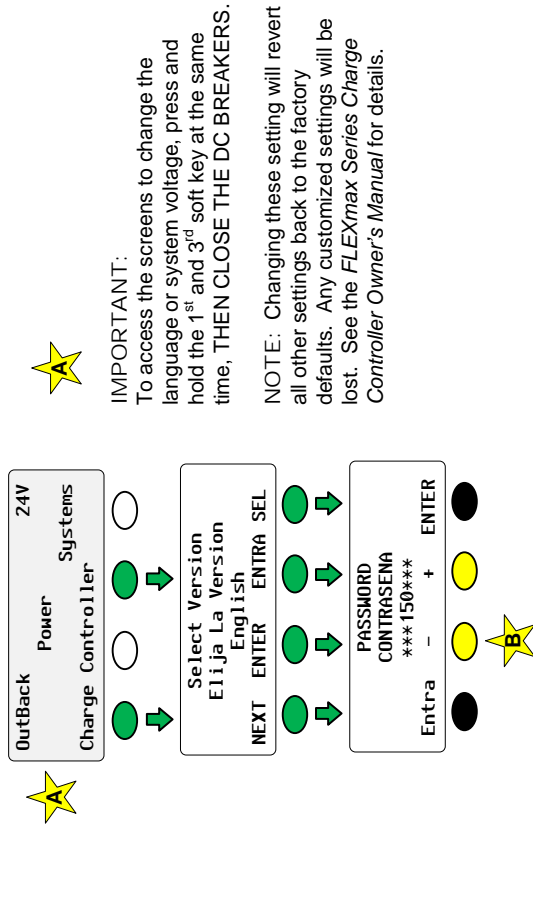
NOTE: Soft key functions will vary depending on the selected menu and are defined by the word above the key in the LCD.



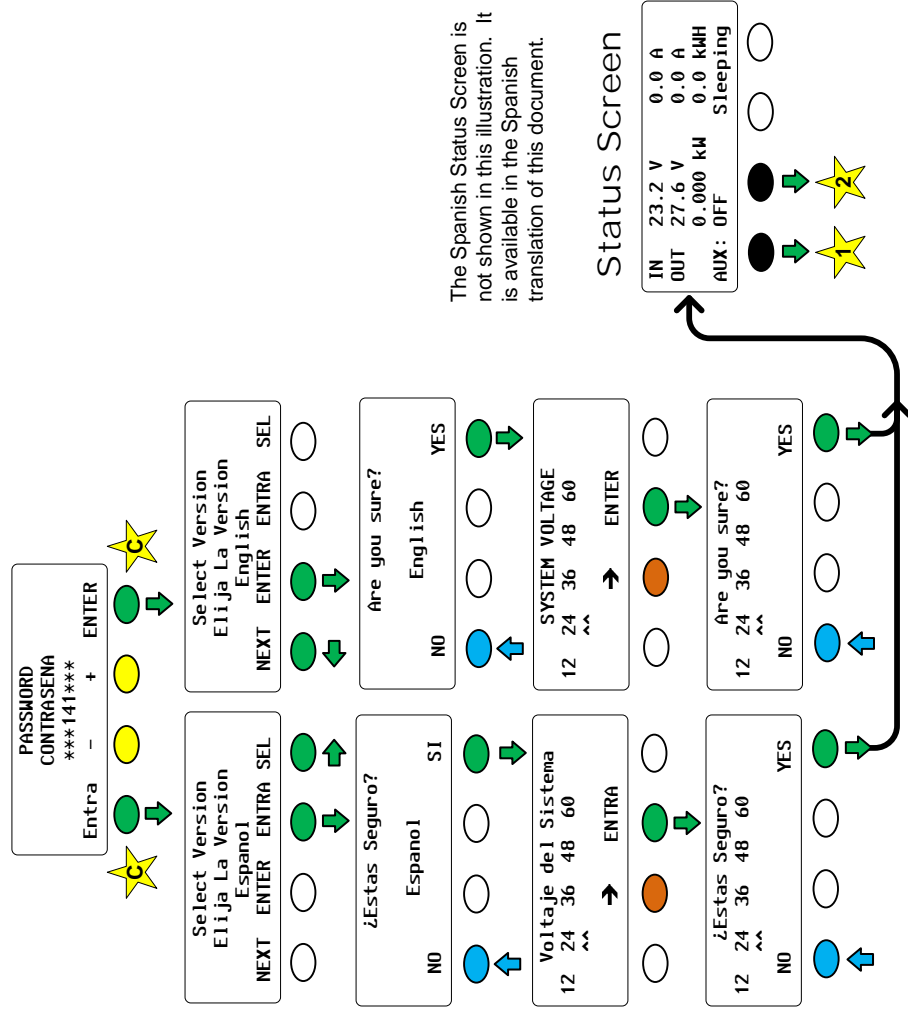
NOTE: See the FLEXmax Series Owner's Manual for details on the settings available in the main menu.



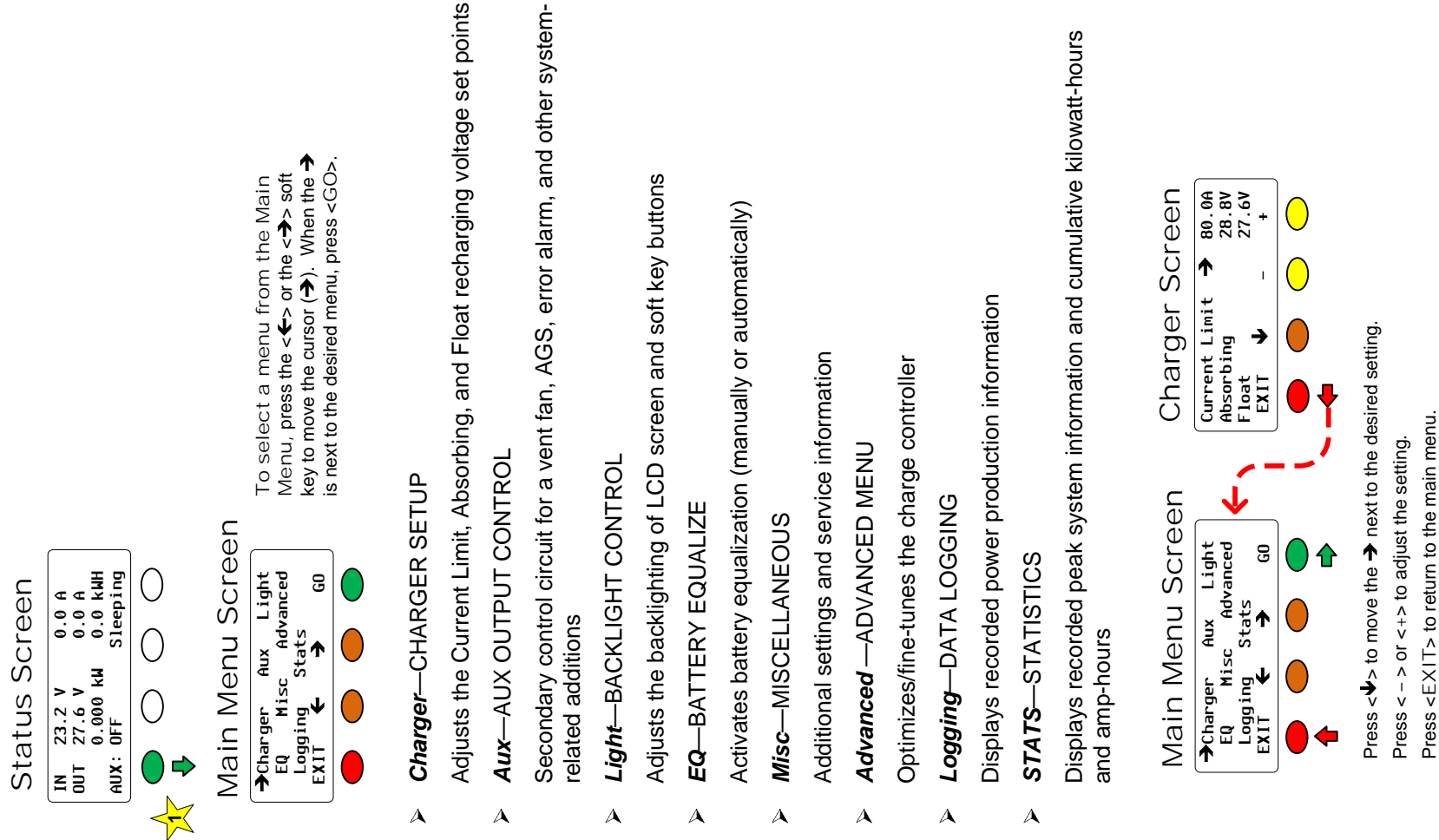
## To change the Language, Screen Version or System Voltage:



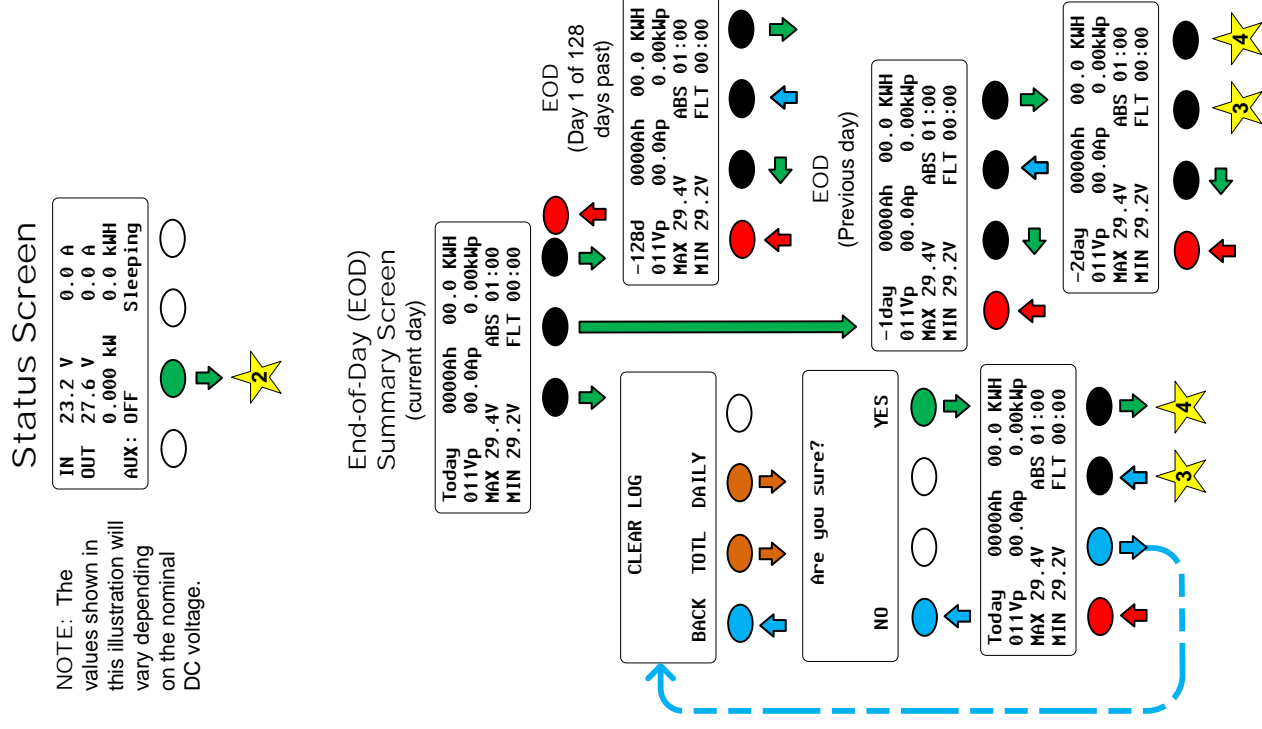
1. Press the <-> soft key until "141" is displayed on the LCD.
2. Press the <ENTRER> or <ENTRER> soft key to accept the password and move forward to the Select Version Screen.



## To access the Main Menu:



## End-of-Day (EOD) Summary Screens



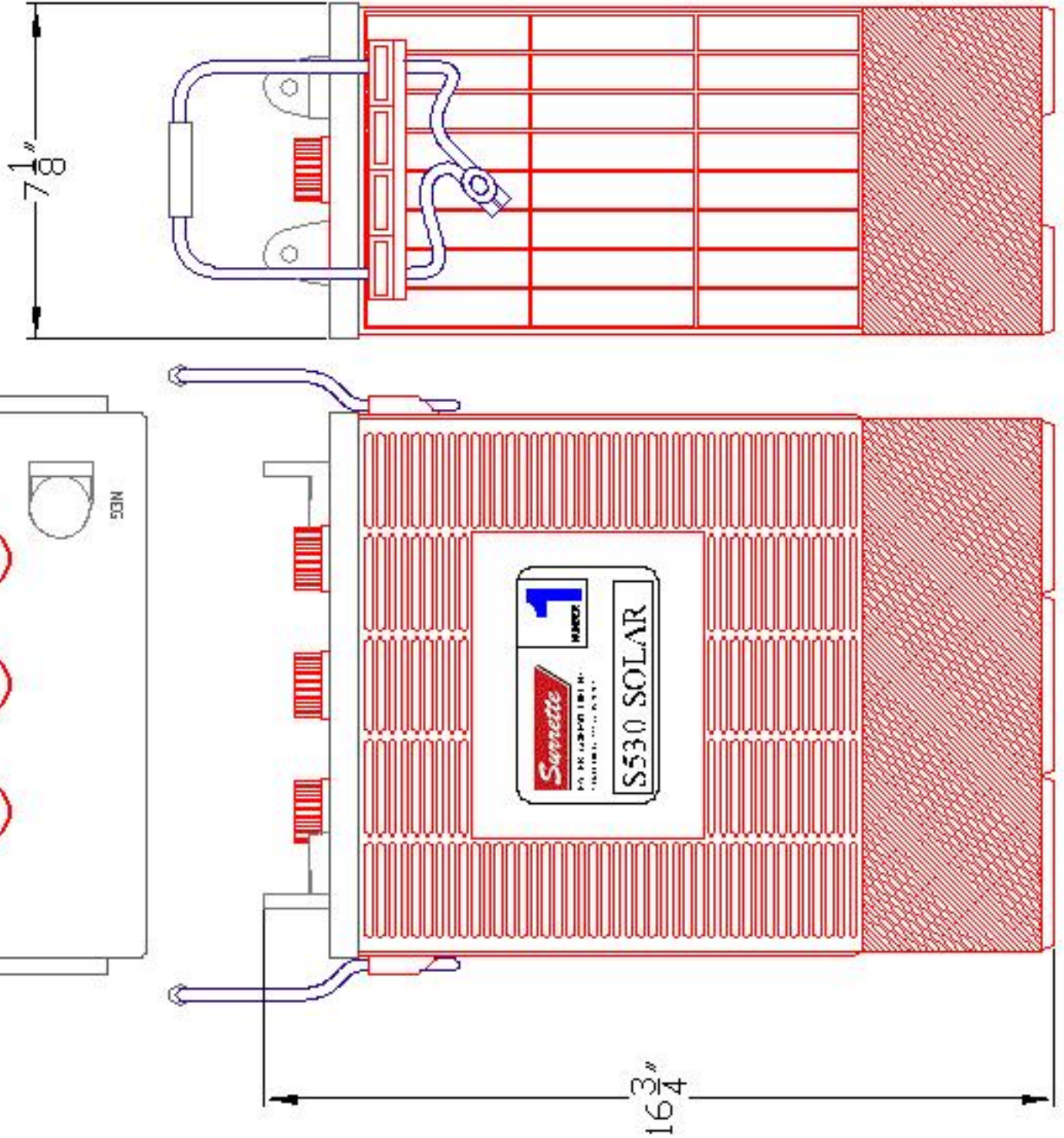
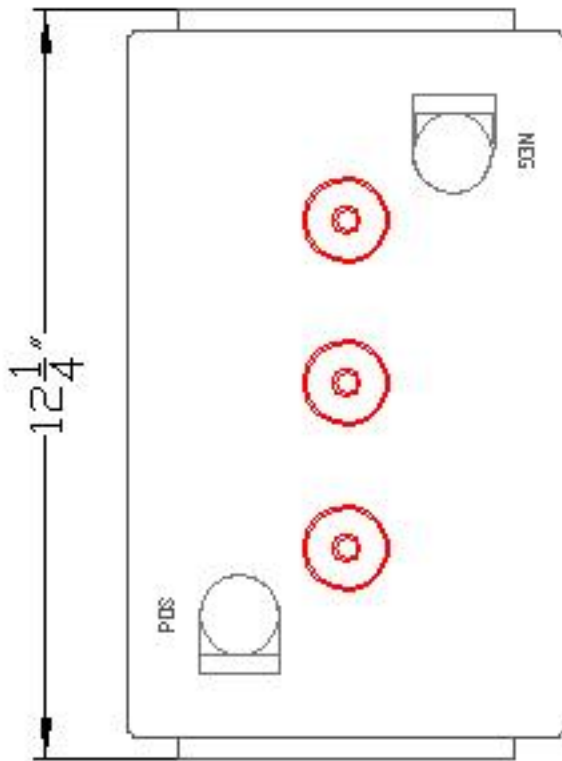
- 3 Continuing to press this soft key will cycle backwards by 1 day up to 128 days.
- 4 Press and hold this soft key to automatically scroll backwards through the available days.



# DEEP CYCLE-SOLAR SERIES 4000

<b>BATTERY TYPE</b>	<b>VOLTS</b>	<b>6</b>	<b>S-530</b>
<b>DIMENSIONS</b>			
LENGTH	311 MM	12 1/4	INCHES
WIDTH	181 MM	7 1/8	INCHES
HEIGHT	425 MM	16 3/4	INCHES
<b>WEIGHT DRY</b>	45 KG	100	LBS.
<b>WEIGHT WET</b>	58 KG	127	LBS.
<b>CONTAINER CONSTRUCTION</b>			
CONTAINER	HIGH DENSITY POLYPROPYLENE		
COVER	HIGH DENSITY POLYPROPYLENE		
HANDLES	ROPE		
<b>PLATES PER CELL</b>	17		
<b>ELECTROLYTE RESERVE ABOVE PLATES</b>	57 MM	2.25	INCHES
<b>DESIGN CRITREA</b>	7 YEAR WARRANTY	1300	CYCLES
		10	YEAR LIFE
<b>POSITIVE PLATE DIMENSION</b>			
HEIGHT	273 MM	10.750	INCHES
WIDTH	143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS	4.32 MM	0.170	INCHES
<b>NEGATIVE PLATE DIMENSION</b>			
HEIGHT	273 MM	10.750	INCHES
WIDTH	143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS	3.05 MM	0.120	INCHES
<b>SEPARATOR INSULATION</b>	SEPARATOR THICKNESS	0.081 INCH	
	0.020" GLASS MAT		
<b>TERMINALS</b>	AUTO POST		
<b>COLD CRANK</b>	CCA	0°F / -17.8°C	1218
	MCA	32°F / 0°C	1523
	<b>RESERVE</b>	870	
	<b>MINUTES AT 25A</b>		
<b>CAPACITY</b>	20 HR RATE	400	
		<b>CAP / AH</b>	<b>CURRENT / AMPS</b>
CAPACITY AT THE 100 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	532	5.32
CAPACITY AT THE 72 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	504	7.00
CAPACITY AT THE 50 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	476	9.52
CAPACITY AT THE 24 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	412	17.2
<b>CAPACITY AT THE 20 HOUR RATE</b>	<b>1.265 SP. GR.</b>	<b>400</b>	<b>20.0</b>
CAPACITY AT THE 15 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	376	25.1
CAPACITY AT THE 12 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	356	29.7
CAPACITY AT THE 10 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	340	34.0
CAPACITY AT THE 8 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	320	40.0
CAPACITY AT THE 6 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	296	49.3
CAPACITY AT THE 5 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	280	56
CAPACITY AT THE 4 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	260	65
CAPACITY AT THE 3 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	236	79
CAPACITY AT THE 2 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	204	102
CAPACITY AT THE 1 HOUR RATE	1.265 SP. GR.	144	144





PART NUMBER: S530

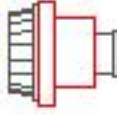
WEIGHT WET: 127 LB / 58 KG

WEIGHT DRY: 100 LB / 45 KG

CAPACITY  
400 AH 20HR RATE  
530 AH 100HR RATE

VOLTAGE: 6 V

OVERALL DIMENSIONS:  
12 1/4 X 7 1/8 X 16 3/4"



MAX HEIGHT WITH  
OPTIONAL HYDROCAPS 17.41"

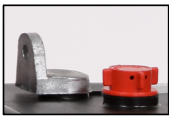
BATTERY COMPANY LTD. SPRINGHILL, NOVA SCOTIA, CANADA	
TITLE: S530 SOLAR	
DESCRIPTION: 6V DEEP CYCLE SOLAR SERIES 400/4000	
CONTACT INFO: WEB: WWW.SURRETTE.COM E-MAIL: SALES@SURRETTE.COM PHONE: 1-800-681-9914	
SCALE: 1" = 4" 8.5" X 11"	JPEG: NOT TO SCALE
Drawn by: S. WILES	Approved By: D. SURRETTE
DATE: 2-Jan-03	REVISION 1
DRAWING NO.: DWG 039, BD-S530	

# Rolls

FLOODED DEEP CYCLE BATTERIES

## S-550

6 VOLTS



CONTAINER:	High Density Polypropylene
COVER:	High Density Polypropylene
TERMINALS:	Flag M
HANDLES:	Rope

WEIGHT DRY:	43 kg	94 Lbs.
WEIGHT WET:	56 kg	123 Lbs.
LENGTH:	318 mm	12 1/2 Inches
WIDTH:	181 mm	7 1/8 Inches
HEIGHT:	425 mm	16 3/4 Inches

CELLS:	17 Plates/Cell	3 Cell
SEPARATOR THICKNESS:	2 mm	0.061 Inches
GLASS MAT INSULATION:	1 mm	0.02 Inches
ELECTROLYTE RESERVE: ABOVE PLATES	57 mm	2.25 Inches

PLATE HEIGHT:	293 mm	11.550 Inches
PLATE WIDTH:	143 mm	5.625 Inches
THICKNESS (POSITIVE):	4.32 mm	0.170 Inches
THICKNESS (NEGATIVE):	3.05 mm	0.120 Inches

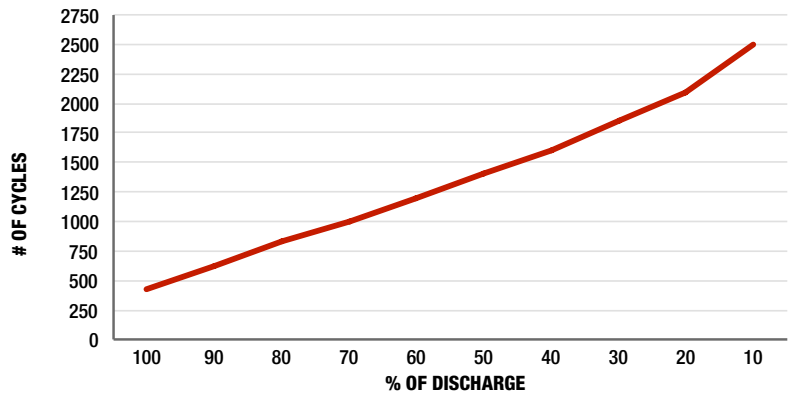
COLD CRANK AMPS (CCA):	0°F / -17.8°C	1315
MARINE CRANK AMPS (MCA):	32°F / 0°C	1645
RESERVE CAPACITY (RC @ 25A):		931 Minutes

### CAPACITY **428 AH**

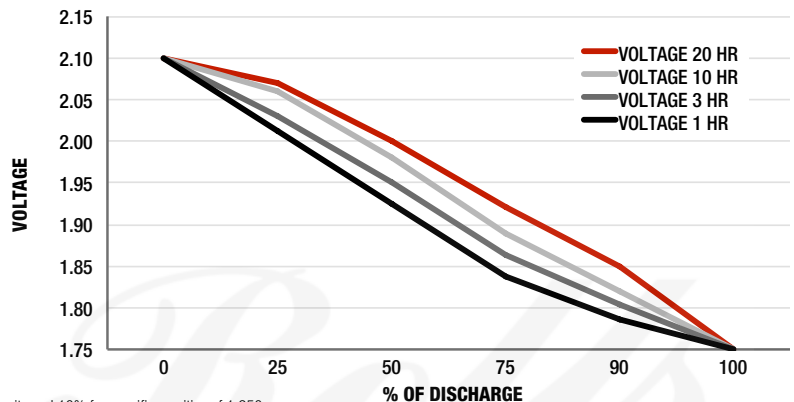
HOURLY RATE:	SPECIFIC GRAVITY	CAPACITY / AMP HOUR	CURRENT / AMPS
@ 100 HOUR RATE	1.280	554	5.54
@ 72 HOUR RATE	1.280	524	7.28
@ 50 HOUR RATE	1.280	500	10.00
@ 24 HOUR RATE	1.280	441	18.37
<b>@ 20 HOUR RATE</b>	<b>1.280</b>	<b>428</b>	<b>21.40</b>
@ 15 HOUR RATE	1.280	401	26.76
@ 12 HOUR RATE	1.280	381	31.74
@ 10 HOUR RATE	1.280	364	36.38
@ 8 HOUR RATE	1.280	342	42.80
@ 6 HOUR RATE	1.280	317	52.79
@ 5 HOUR RATE	1.280	300	59.92
@ 4 HOUR RATE	1.280	278	69.55
@ 3 HOUR RATE	1.280	253	84.17
@ 2 HOUR RATE	1.280	218	109.14
@ 1 HOUR RATE	1.280	154	154.08



### CYCLE LIFE VS. DEPTH OF DISCHARGE



### VOLTAGE VS. DEPTH OF DISCHARGE



Amper Hour capacity ratings based on specific gravities of 1.280. Reduce capacities 5% for 1.265 specific gravity and 10% for specific gravities of 1.250

WWW.ROLLSBATTERY.COM

SURRETTE BATTERY COMPANY 1 STATION RD SPRINGHILL, NS CANADA B0M 1X0

SPEC 01

12/1/2013 REV. 1





**BATTERY COMPANY LIMITED**

P.O. Box 2020  
Springhill, Nova Scotia  
Canada, B0M 1X0

ISO 9001



Tel: (902) 597 - 4003  
Fax: (902) 597 - 8447  
E- Mail: pascal@surrette.com

Tuesday April 22, 2009

CERTIFICATE OF CONFORMANCE

*Surrette Battery Company Limited* certifies that all *Rolls* products supplied comply with the *DIN 40736-1, IEC 60896-11* and *EN 50272-2* standards, as well as being manufactured and tested in compliance with *all Surrette Battery Company Limited ISO 9001:2000 rules and regulations, as well as production specifications and requirements.*

April 22, 2009

---

Pascal Ferron  
Quality Manager / Plant Engineer  
Surrette Battery Company Limited

---

Date

**CurrentWatch**

The Prog/Current connection can be used to connect a CurrentWatch. The CurrentWatch will show the current used by your equipment. If you are interested in this product, please contact your supplier.

**Wire cross section**

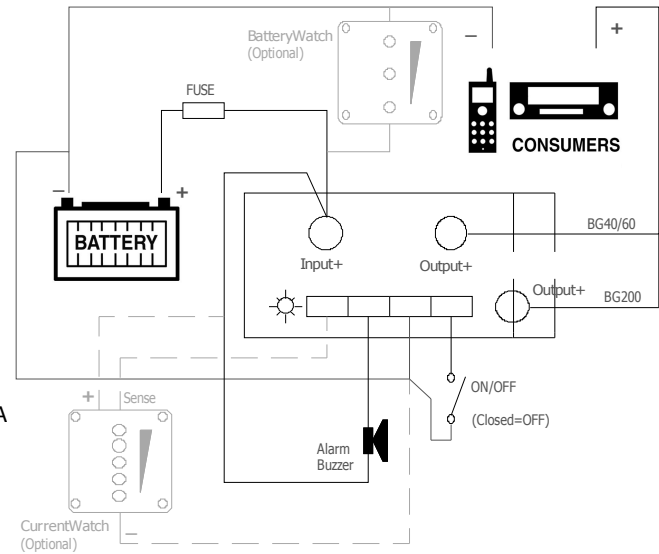
Use at least the following wire cross section for the bolt connection:

- BP40 min 10mm<sup>2</sup>
- BP60 min 15mm<sup>2</sup>
- BP200 min 50mm<sup>2</sup>

In difficult environments it is advised to use larger cross sections.

**Specifications:**

- Auto detect 12 or 24V Battery voltage
  - 8-20V -> 12V mode
  - 20-35V -> 24V mode
- 10 programmable voltage thresholds
- Over voltage shut down
  - > 16V (12V mode)
  - > 32V (24V mode)
- Current in use ~ 4mA
- Current in OFF position or under- or over-voltage position ~ 2mA
- Maximum Load (shut down current)
  - BP40 : ~ 40A (45A)
  - BP60 : ~ 60A (65A)
  - BP200 : ~ 200A (210A)
- Peak current
  - BP40 & BP60 : 120A
  - BP200 : 480A
- Shut down at overload after 5 sec. (after 1 minute start up)
- Connections
  - ON/OFF switch
  - Alarm buzzer or relay
  - CurrentWatch current sensor
- Voltage drop
  - BP40 : ~ 0,0875 @35A
  - BP60 : ~ 0,125 @ 50A
  - BP200 : ~ 0,1125 @ 180A
- Voltage tolerance ~2%
- Current output tolerance +/- 20%
- Water proof IP66
- The BP will shut down after about 5 seconds when overloaded. After about 60 seconds the BP will start up again.



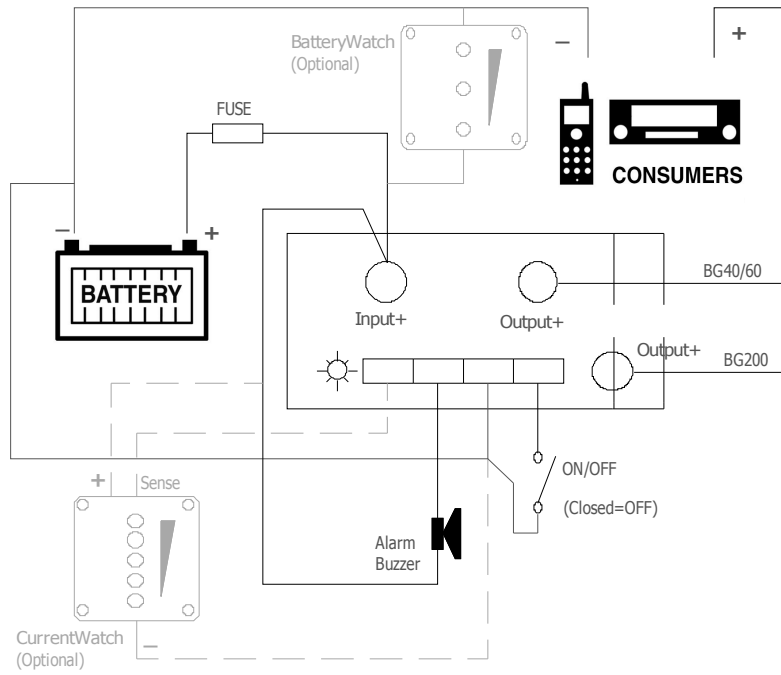
**Programming table**

12 Volt mode				24 Volt mode			
	Undervoltage Threshold		Uppervoltage Threshold		Undervoltage Threshold		Uppervoltage Threshold
Position 1	10,5V		12 V	Position 1	21 V		24 V
Position 2	10 V		11,5V	Position 2	20 V		23 V
Position 3	9,5V		11,5V	Position 3	19 V		23 V
Position 4	11,25 V		13,25 V	Position 4	22,5 V		26,5 V
Position 5	11,5V		13,8 V	Position 5	23 V		27,6 V
Position 6	10,5V		12,8 V	Position 6	21 V		25,6 V
Position 7	11,5V		12,8 V	Position 7	23 V		25,6 V
Position 8	11,8 V		12,8 V	Position 8	23,6 V		25,6 V
Position 9	12 V		13 V	Position 9	24 V		26 V
Position 10	10 V		13,2 V	Position 10	20 V		26,4 V
Position 11	Normal Alarm			Position 11	Normal Alarm		
Position 12	Relay function			Position 12	Relay function		

Position 1 & 11 Default positions

Normal alarm: Alarm output activated at alarm; deactivated after 1 minute.

Relay function: Alarm output activated at alarm; deactivated at overvoltage threshold.



Device short name	SW 2524 E	SW 4024 E	SW 4048 E
<b>Electrical specifications - inverter</b>			
Output power (continuous) at 25°C	2500 W	3400 W	3400 W
Output power (30 min) at 25°C	2800 W	4000 W	4000 W
Output power (5 sec) at 25°C	5000 W	7000 W	7000 W
Peak current	24.3 A	42 A	42 A
Output frequency	50 / 60 Hz selectable	50 / 60 Hz selectable	50 / 60 Hz selectable
Output voltage	230 Vac	230 Vac	230 Vac
Output wave form	True sine wave	True sine wave	True sine wave
Optimal efficiency	91.5%	92%	92%
Idle consumption search mode	<11 W	<11 W	<11 W
Input DC voltage range	20 - 34 Vdc	20 - 34 Vdc	40 - 68 Vdc
AC connections	Single phase	Single phase	Single phase
<b>Electrical specifications - charger</b>			
Output current	65 A	90 A	45 A
Nominal output voltage	24 Vdc	24 Vdc	48 Vdc
Output voltage range	12 - 32 Vdc	12 - 32 Vdc	24 - 64 Vdc
Charge control	3 stage	3 stage	3 stage
Charge temperature compensation	Yes - BTS included	Yes - BTS included	Yes - BTS included
Optimal efficiency	90%	90%	90%
AC input power factor	> 0.98	> 0.98	> 0.98
Input current	10.6 A	14.0 A	14.0 A
Input AC voltage	230 Vac	230 Vac	230 Vac
Input AC voltage range line to neutral	170 - 270 Vac	170 - 270 Vac	170 - 270 Vac
Dead battery charge	Yes	Yes	Yes
<b>General specifications</b>			
Compatible battery types	FLA, Gel, AGM, Custom	FLA, Gel, AGM, Custom	FLA, Gel, AGM, Custom
Transfer relay rating	30 A	30 A	30 A
Transfer time (AC to inverter and inverter to AC)	<1 cycle (20 ms)	<1 cycle (20 ms)	<1 cycle (20 ms)
Optimal operating temperature range	-20°C to 60°C (-4°F to 140°F)	-20°C to 60°C (-4°F to 140°F)	-20°C to 60°C (-4°F to 140°F)
Storage ambient temperature range	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)
Humidity Operation / storage	<=95% RH, non condensing	<=95% RH, non condensing	<=95% RH, non condensing
Ingress protection rating	Indoor only, IP20	Indoor only, IP20	Indoor only, IP20
Altitude (operating)	2000 m (6562 ft)	2000 m (6562 ft)	2000 m (6562 ft)
Product weight	22.3 kg (49.0 lb)	28.1 kg (62.0 lb)	28.1 kg (62.0 lb)
Shipping weight	27.2 kg (60.0 lb)	35.0 kg (77.1 lb)	35.0 kg (77.1 lb)
Product dimensions (H x W x D)	41.8 x 34.1 x 19.7 cm (16.5 x 13.4 x 7.6 in)	41.8 x 34.1 x 19.7 cm (16.5 x 13.4 x 7.6 in)	41.8 x 34.1 x 19.7 cm (16.5 x 13.4 x 7.6 in)
Shipping dimensions (H x W x D)	56.0 x 44.0 x 32.0 cm (22.0 x 17.3 x 12.6 in)	56.0 x 44.0 x 32.0 cm (22.0 x 17.3 x 12.6 in)	56.0 x 44.0 x 32.0 cm (22.0 x 17.3 x 12.6 in)
System network and remote monitoring	Available	Available	Available
Warranty (Depending on the country of installation)	2 or 5 years	2 or 5 years	2 or 5 years
Part number	865-2524-61	865-4024-61	865-4048-61
<b>Regulatory approvals</b>			
Safety	CE mark , RCM mark IEC/EN62109-1, IEC/EN62109-2	CE mark , RCM mark IEC/EN62109-1, IEC/EN62109-2	CE mark , RCM mark IEC/EN62109-1, IEC/EN62109-2
<b>Compatible products</b>			
Universal DC distribution panel	865-1016		
AC distribution panel (120/240 V)	865-1017		
AC distribution panel (230 V)	865-1017-61		
Conext System Control Panel	865-1050		
Conext Automatic Generator Start	865-1060		
Conext ComBox	865-1058		
Conext MPPT 60 150 solar charge controller	865-1030-1		
Conext SW On/Off Remote Switch	865-1052		
Conext SW Stacking Kit	865-1019-61 for 230 Vac, 865-1019 for 120/240 Vac		
Conext Portable Installation and Configuration Tool	Product no. 865-1155-01		

Specifications are subject to change without notice.



A P P R O V A L S ®

## Certificate of Suitability

**Certificate No.:** SAA130287

**Certificate Holder:** Schneider Electric  
3700 Gilmore Way, Burnaby BC,  
Canada V5G 4M1  
Canada

**Class Description:** Non-Declared  
**Product Description:** Inverter/Charger  
**Brand Name:** Conext SW  
**Model No.:** SW 4024 230  
**Markings:** Inverter mode:-  
Input: 24Vdc 208A  
Output: 230V~ 50Hz 16A 3500W  
Charger mode:-  
Input: 230V~ 50Hz 14A  
Output: 6-32Vdc 90A  
Class I  
**Standard:** IEC 62109-2 Ed. 1.0  
IEC 62109-1 Ed. 1.0  
AS/NZS 60335.2.29:2004 Inc A1-2  
**Conditions:** Nil

**Certification Mark:** SAA130287 or RCM

**Date First Registered:** 30 April 2013

**Date of Expiry:** 30 April 2018

For and on Behalf of  
SAA Approvals Pty Ltd

SAA Approvals Pty Ltd as accredited by JAS-ANZ under ISO/IEC 17065 certifies in accordance with the SAA Approvals Electrical Product Safety Certification Scheme that the product nominated in this certificate complies with standard/s listed.

When using the RCM the requirements of all relevant parts of AS/NZS 4417 applicable to the article must be fulfilled.

For SAA Contact Details and to verify this Certificate go to:  
[www.saaapprovals.com.au](http://www.saaapprovals.com.au)

JAS-ANZ



26

[www.jas-anz.org/register](http://www.jas-anz.org/register)



Issued: 22-06-15 130287/1a  
Rating corrected

# ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

1. ΘΕΤΟΥΜΕ, ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ DC PV 600Wp, ΤΟΥΣ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΥΣΤΟΙΧΙΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΗ **OFF**.
2. ΘΕΤΟΥΜΕ, ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ DC PV 940Wp, ΤΟΥΣ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΥΣΤΟΙΧΙΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΗ **OFF**.
3. ΘΕΤΟΥΜΕ, ΣΤΟ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΙΤΡΙΑΣ, ΤΟΝ ΔΙΑΚΟΠΤΗ **STOP** ΣΕ ΘΕΣΗ **ON**.
4. ΘΕΤΟΥΜΕ, ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ DC ΔΙΑΝΟΜΗΣ, ΤΟΝ ΓΕΝΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΣΤΗ ΘΕΣΗ **OFF**.
5. ΘΕΤΟΥΜΕ, ΣΤΟΝ ΑΝΤΙΣΤΟΦΕΑ (INVERTER), ΤΟΝ ΓΕΝΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΣΤΗ ΘΕΣΗ **OFF**.
6. ΘΕΤΟΥΜΕ, ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ AC, ΤΟΝ ΓΕΝΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΣΤΗ ΘΕΣΗ **OFF**.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ

**ELECTROTECH POWER SYSTEMS**  
Υψηλάντου 81 (& Εμ. Μπενάκη), 18758 Κερασίσι  
Τηλ.: +30 210 4321398 - Fax: +30 210 4321034  
Κινητό: 6944564477  
e-mail: [info@electrotech.gr](mailto:info@electrotech.gr)