



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΕΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ
ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΞΑΡΤΗΣΗΣ ΤΗΣ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ
ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ
ΜΥΚΟΝΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ

**Μαγγανάς Κωνσταντίνος
Μόσχος Μιχάλης**

**Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Μπάρτζης
Επιστημονική υποστήριξη: Ελένη Παπαδοπούλου**

Κοζάνη 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τους παρακάτω ανθρώπους για την πολύτιμη βοήθειά τους.

Καταρχάς τον επιβλέπων καθηγητή Ιωάννη Μπάρτζη για την πρόθυμη βοήθειά του σε κάθε θέμα που προέκυψε. Καθώς και την κυρία Έλενα Παπαδοπούλου για την επιστημονική υποστήριξη. Συντόνιζε όλες τις εργασίες που απαιτούνταν για την περαίωση της εργασίας και η επικοινωνία μας ήταν άριστη και ευχάριστη.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το προσωπικό της μονάδας αφαλάτωσης Μυκόνου για τη φιλοξενία και την συνεργασία τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΞΑΡΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΥΚΟΝΟΥ

Μία από τις σημαντικότερες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι η ηλιακή ενέργεια. Η μετατροπή της σε ηλεκτρική γίνεται με τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η αρχή λειτουργίας και η τεχνολογία των συστημάτων, η εφαρμογή τους σε μία βιομηχανική μονάδα, καθώς και η εξάρτηση τους από την έκθεση στο περιβάλλον της συγκεκριμένης τοποθεσίας. Εξετάζονται οι επιπτώσεις των επικαθίσεων σε δεδομένο σύστημα και δεδομένη περιοχή και αναλύονται οι οικονομικές συνέπειες.

ABSTRACT

INSTALLATION OF PHOTOVOLTAICS ON AN INDUSTRIAL CAMP AND ANALYSIS OF IMPACT OF SOILING ON MODULES IN THE SPECIFIC AREA

Solar power is considered to be one of the most important forms of Renewable Energy. Through the use of photovoltaic systems we can transform solar power into electrical. In this project we analyze the principles and technology of these systems , the application of them at an industrial sight, as well as the effects of soiling on the pv modules for this exact location.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες

Πίνακας περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ.....	7
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	7
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΡΔΟΜΗ	9
1.3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	10
1.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	12
1.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	13
1.6 ΒΙΟΜΑΖΑ	14
1.7 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	14
1.8 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	15
1.9 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	16
1.10 ΟΙ 10 ΠΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΧΩΡΕΣ	17
1.11 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ ΓΙΑ ΑΠΕ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	21
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	21
2.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ	21
2.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ	21
2.3 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	25
2.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (ΒΑΣΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ).....	25
2.5 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ	26
2.5.1 Επιλέγοντας τη σωστή θέση για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.26	
2.5.2 Έλεγχος στατικής επάρκειας κτηρίου	28
2.6 ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΠΩΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΩΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ	30
2.7 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	30
2.8 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	31
2.9 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑ	32

2.10 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΣΤΕΓΕΣ	33
2.11 ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	33
2.12 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΣΤΕΓΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	33
2.13 ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΩΝ ΕΓΓΥΗΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	38
Η ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΑΦΑΛΛΑΤΩΣΗΣ.....	38
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	38
3.2 ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ	38
3.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF).....	38
3.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (multiple effect distillation).....	40
3.2.3 Εξάτμιση με συμπίεσης ατμών (vapor compression)	41
3.2.4 Ηλιακή απόσταξη (solar distillation)	42
3.2.5 Αντίστροφη ώσμωση (reverse osmosis)	43
3.2.5 Ηλεκτροδιάλυση (elektrodialysis)	48
3.3 Η ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΜΥΚΟΝΟΥ	49
3.4 ΤΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ.....	55
4.2 ΠΡΟΣΩΜΕΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ARCHELIOS.....	58
4.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	69
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	69
5.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	69
5.2 Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ.....	69
5.2.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	69
5.2.2 Πολύμετρα.....	72
5.2.3 Καλώδια και σύρμα χρωμονικελίνης	72
5.3 Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	74
5.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	74
5.5 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ SOILING ΣΤΟ ARCHELIOS ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	
81	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	82
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	82
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	82

6.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΗΝ ΑΦΑΛΛΑΤΩΣΗ ΜΥΚΟΝΟΥ.....	84
6.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ/ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ Φ/Β.....	90
6.4.1 Καθαρισμός από εταιρία καθαρισμού.....	91
6.4.2 Καθαρισμός με συστήματα ψεκασμού και αυτοματοποιημένα συστήματα.....	91
6.4.3 Καθαρισμός με χρήση ρομποτικής τεχνολογίας.....	92
6.4.4 Καθαρισμός με χρήση νανοτεχνολογίας.....	93
6.4.5 Αναμενόμενη τεχνολογία/νέα τεχνολογία	93
6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέχρι τον 19^ο αιώνα ο άνθρωπος κάλυπτε τις ενεργειακές του ανάγκες με τη χρήση αποκλειστικά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η αιολική (ανεμόμυλοι), υδραυλική ενέργεια (νερόμυλοι) κ.τ.λ. Με τη βιομηχανική επανάσταση όμως τα ορυκτά καύσιμα (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) έγιναν οι πρωτεύουσες πηγές ενέργειας για την ανθρώπινη κοινωνία και οικονομία. Πλέον οι ενεργειακές ανάγκες δεν καλύπτονται από πόρους, που υπάρχουν ελεύθερα διαθέσιμοι σε κάθε χώρα αλλά από πόρους που υπήρχαν σε μια μειοψηφία χωρών ενώ οι υπόλοιπες έπρεπε να κάνουν εισαγωγή. Σε μερικές μόνο περιπτώσεις οι μεγάλοι παραγωγοί ήταν και μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας. Αυτή η νέα πραγματικότητα εντάχθηκε στους γεωπολιτικούς σχεδιασμούς μεγάλων και μικρότερων δυνάμεων που μέχρι τότε διαγκωνίζονταν για εύφορες πεδιάδες, εμπορικούς δρόμους και πολύτιμες πρώτες ύλες. Έτσι χώρες που παλιότερα είχαν ελάχιστη σημασία στη διπλωματική σκακιέρα έγιναν πρωτεύοντες στόχοι διεθνούς ενδιαφέροντος.

Καθώς η εκβιομηχάνιση διαδόθηκε ακόμη περισσότερο οι ενεργειακές ανάγκες πολλαπλασιάστηκαν και ενέκυψαν νέα θέματα. Ένα από αυτά αφορά στην εξάντληση των αποθεμάτων ορυκτού πλούτου, γεγονός που καθιστά άμεση την ανάγκη για υποκατάσταση τους με εναλλακτικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πριν εξαντληθούν. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που πιέζουν προς αυτή την κατεύθυνση, την εκμετάλλευση δηλαδή των ανανεώσιμων και καθαρών πηγών ενέργειας. Ένας παράγοντας αφορά στις επιπτώσεις που έχει, αποδεδειγμένα πια στο περιβάλλον η χρήση των ορυκτών καυσίμων. Άλλος παράγοντας αφορά τις έντονες διακυμάνσεις στις τιμές των ορυκτών καυσίμων και στην ανάγκη μείωσης της οικονομικής και πολιτικής εξάρτησης των χωρών καταναλωτών από τις προμηθεύτριες χώρες.

Η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα αποτελεί πλέον παγκόσμιο στόχο, για όλους τους παραπάνω λόγους. Πολλές χώρες έχουν υιοθετήσει ως στρατηγική επιλογή για τη λύση του ενεργειακού τους ζητήματος την πυρηνική ενέργεια, ωστόσο για πολλές άλλες δεν αποτελεί λύση λόγω του μεγάλου κόστους και των περιβαλλοντικών ανησυχιών που υπάρχουν. Άλλες χώρες επενδύουν στην ανάπτυξη, την διάδοση και την εφαρμογή νέων τεχνολογιών που θα αξιοποιήσουν στο μέγιστο βαθμό τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, αιολική, υδραυλική).

Ωστόσο το ενεργειακό ζήτημα δεν τελειώνει εκεί, έχει άμεση σχέση με τα καταναλωτικά πρότυπα και γενικότερα με τον τρόπο ζωής μας. Επειδή το ενεργειακό ζήτημα είναι κάτι που μας αφορά όλους είναι απαραίτητη η αλλαγή της συμπεριφοράς και της στάσης μας απέναντι στο περιβάλλον. Αυτό όμως δεν επιτυγχάνεται με μια απλή ενημέρωση, αλλά οφείλει να γίνει η ευαισθητοποίηση και η συνειδητή συμπεριφορά των πολιτών βίωμα.

Ζωή και ενέργεια είναι δυο έννοιες άρρηκτα δεμένες. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί για να επιζήσουν απαιτούν ενέργεια, αλλά και οι φυσικές όπως και οι ανθρωπογενείς διαδικασίες απαιτούν ενέργεια. Οτιδήποτε κινείται ή προκαλεί κίνηση διαθέτει ενέργεια, ο ήλιος ακτινοβολεί την ενέργειά του, όταν καίμε ξύλα στο τζάκι απελευθερώνεται ενέργεια που τη νιώθουμε σαν ζέστη, οι πυλώνες της ΔΕΗ μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια, ακόμη στους πυρηνικούς αντιδραστήρες η πυρηνική

ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Δεν μπορούμε πάντοτε να την παρατηρήσουμε, αλλά αισθανόμαστε πάντα την επίδρασή της σε εμάς και γενικότερα στον κόσμο μας. Η ενέργεια λοιπόν υπάρχει παντού, μας περιβάλλει, αλλά εμφανίζεται και μέσα στους οργανισμούς μας.

Ενέργεια: εν + έργο, δηλαδή έργο μέσα σε κάποιο σώμα. Το έργο σχετίζεται με την αλλαγή, την κίνηση ή τη στήριξη και ισοδυναμεί με την ενέργεια που δόθηκε στο αντικείμενο. Η ύλη, όταν προσλάβει ενέργεια, μπορεί να αποκτήσει διαφορετική οργάνωση στη δομή της (από στερεή να γίνει υγρή ή αέρια), ακόμη και να αλλάξει τη δομή της π.χ. με χημική αντίδραση. Η ενέργεια είναι φυσική ποσότητα που μπορεί να μετρηθεί και καθορίζει ποιες αλλαγές, γεγονότα ή φυσικά φαινόμενα είναι δυνατόν να συμβούν. Δεν καθορίζει όμως αν θα συμβούν, μια που αυτό εξαρτάται από τις εκάστοτε συνθήκες. Για παράδειγμα, η απαραίτητη συνθήκη για να θερμανθεί το περιβάλλον από ένα θερμό σώμα (που έχει αποθηκευμένη ενέργεια) είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος να είναι χαμηλότερη από αυτή του θερμού σώματος. Η έννοια της ενέργειας χρησιμοποιείται και ευρύτερα, όταν αναφερόμαστε σε κοινωνικές, πολιτικές, πολιτιστικές, αισθητικές δραστηριότητες.

Η ενέργεια περικλείεται ή εμπεριέχεται, αποθηκεύεται, εκπέμπεται, μεταβιβάζεται, απορροφάται, μετατρέπεται, διατηρείται, υποβαθμίζεται, ρέει.

Καθώς όλοι πλέον στρέφουν το ενδιαφέρον τους σε πηγές ενέργειας ανεξάντλητες και φυσικά φιλικές προς το περιβάλλον, αναμένεται στα επόμενα χρόνια μεγάλη αύξηση στη διείσδυση των ΑΠΕ στην αγορά ενέργειας.

Κυριότερες μορφές ΑΠΕ είναι οι εξής:

- Ηλιακή ενέργεια. Αξιοποίηση της ενέργειας που προέρχεται από την ακτινοβολία του ήλιου με φωτοβολταϊκή τεχνολογία και απευθείας δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος ή με θερμικές εφαρμογές όπως π.χ. ο ηλιακός θερμοσίφωνας.
- Αιολική ενέργεια. Αξιοποίηση της κίνησης του ανέμου με διάφορες μορφές ανεμογεννητριών.
- Υδροηλεκτρική ενέργεια. Εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας που έχει το νερό κατά την πτώση του από ύψος. Χρήση υδροστροβίλων και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με γεννήτριες.
- Βιομάζα. Η χρήση ξύλου, αγροτικών υπολειμμάτων ή προϊόντων από ειδικές καλλιέργειες για το σκοπό αυτό, με σκοπό την καύση για θέρμανση αλλά κυρίως την παραγωγή των λεγόμενων βιοκαυσίμων.
- Γεωθερμία. Η χρήση της ενέργειας από το εσωτερικό της γης υπό τη μορφή θερμότητας. Μεγάλη χρήση σε ιαματικά λουτρά, για θέρμανση χώρων αλλά κυρίως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η κυματική ενέργεια. Αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας των κυμάτων, της παλίρροιας, των ρευμάτων και της θερμικής ενέργειας των ωκεανών.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΡΔΟΜΗ

Ο άνθρωπος "τροφοσυλλέκτης" των προϊστορικών χρόνων στηριζόταν αποκλειστικά στη μυϊκή του ενέργεια (δύναμη) για να βρίσκει την τροφή του και να φτιάχνει τα καταφύγια του. Με την πάροδο των ετών χρησιμοποίησε πιο αποδοτικά τη μυϊκή του ενέργεια φτιάχνοντας τα πρώτα απλά εργαλεία από ξύλο, πέτρα, κόκαλα. Αξιοποίησε επίσης τη μυϊκή ενέργεια των ζώων είτε για τη μεταφορά επιβατών και αντικειμένων είτε για όργωμα και άντληση νερού σε συνδυασμό με εργαλεία (π.χ. αλέτρι) και απλές μηχανές. Οι σημαντικότεροι σταθμοί στην ιστορία του ανθρώπου υπήρξαν αναμφισβήτητα η ανακάλυψη και χρήση της φωτιάς και η επινόηση του τροχού.

Από τη λίθινη ακόμη εποχή γνωρίζουμε ότι οι κάτοικοι των σπηλαίων χρησιμοποίησαν την ενέργεια της φωτιάς αρχικά για το φωτισμό, τη θέρμανση και τη μαγειρική και με το πέρασμα των χιλιετιών για τη μεταλλουργία και την υαλουργία. Τα πρώτα καύσιμα ήταν τα ξερά χόρτα, το ξύλο, η κοπριά και στη συνέχεια το φυτικό και ζωικό λίπος (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).

Αργότερα, ανακάλυψε τη δύναμη του ανέμου - αιολική ενέργεια - την οποία χρησιμοποίησε σαν "μηχανική ενέργεια" για την ύδρευση και άρδευση, άλεση δημητριακών, θαλάσσιες μεταφορές. Ήδη από το 3500 π.Χ. ο άνθρωπος χρησιμοποίησε την ενέργεια του ανέμου στα ιστιοφόρα πλοία, ενώ οι πρώτοι ανεμόμυλοι εμφανίστηκαν στην Περσία περίπου το 3000 π.Χ και την τη Γαλλία συγκεκριμένα, το 1180 π.Χ.

Με την ανακάλυψη του τροχού του νερού περίπου το 200 π.Χ., αξιοποιείται η ενέργεια του νερού που έρρεε ή έπεφτε, για την άλεση των σπόρων - υδραυλική ενέργεια - και σήμερα έχει εξελιχθεί στον σύγχρονο υδροστρόβιλο για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι πρώτες προσπάθειες κατασκευής και χρήσης πιο πολύπλοκων μηχανών, που απαλλάσσουν τον άνθρωπο από επίπονες εργασίες και αξιοποιούν τις πιο πάνω πηγές ενέργειας, εμφανίζονται περί το 300 π.Χ.. Ο Αρχιμήδης αναφέρεται ανάμεσα στους πρώτους εφευρέτες, καθώς το 212 π.Χ. με τα κούλα κάτοπτρα που κατασκευάζει, εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια και κατακαίει τα ρωμαϊκά πλοία κατά την πολιορκία των Συρακουσών.

Ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς, το 130 π.Χ. κατασκευάζει την πρώτη θερμική μηχανή που αποτελείται από μια περιστρεφόμενη σφαίρα με δύο ακροφύσια και εκμεταλλεύεται τη δύναμη του ατμού. Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα (467-1453 μ.Χ.) και της Αναγέννησης (1454-1700 μ.Χ.) εμφανίζονται μερικές από τις σπουδαιότερες εφευρέσεις, όπως το υγρό ή ελληνικό πυρ (7ος αιώνας-Καλλίνικος), η πυξίδα (1180), το τηλεσκόπιο (Γαλιλαίος), το ρολόι εκκρεμές (1673-Κρίστιαν Χόιχενς), ενώ διατυπώνονται οι βασικοί νόμοι της Φυσικής (νόμος βαρύτητας, παγκόσμιας έλξης, νόμοι διατήρησης της ενέργειας κ.λπ.). Οι πρώτες χρήσιμες ατμομηχανές εμφανίζονται με τη χρήση των καυσίμων απολιθωμάτων, οπότε ξεκινά η βιομηχανική επανάσταση (1780-1850 μ.Χ.).

Η πρώτη μηχανή εσωτερικής καύσης κατασκευάζεται το 1860 από το Γάλλο εφευρέτη Ζαν-Ζοζέφ-Ετιέν Λενουάρ και τελειοποιείται το 1876 από το Γερμανό μηχανικό Νικολάους Όττο, ο οποίος κατασκευάζει την τετράχρονη μηχανή.

Το πρώτο εύρηστο αυτοκίνητο, με τρεις τροχούς και ανώτατη ταχύτητα 15 χιλιόμετρα την ώρα, κατασκευάζεται το 1885 από το Γερμανό μηχανικό Καρλ Μπεντς.

Το 1901 γενικεύεται η πετρελαιοκινούμενη μεταφορά, ενώ στα τέλη του 19ου αιώνα ανακαλύπτεται ο ηλεκτρισμός που μεταμορφώνει τη ζωή και την εργασία του ανθρώπου και δημιουργεί μια παγκόσμια βιομηχανία με τεράστια οικονομικά μεγέθη.

Στον εικοστό αιώνα κατασκευάζονται σε μερικές χώρες βιομηχανίες που στηρίζονται στην εντατική χρήση πετρελαίου και ηλεκτρισμού και δίνουν τεράστια ώθηση στην οικονομική ανάπτυξη. Ταυτόχρονα όμως δημιουργούνται νέες ανάγκες που απαιτούν κατανάλωση ενέργειας, ενώ συσσωρεύονται πολλά προβλήματα στο περιβάλλον, ιδιαίτερα με τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας από τη δεκαετία του 1970 και μετά.

1.3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο ήλιος είναι μια τεράστια πηγή ενέργειας. Μέσω αέναων πυρηνικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια του, μεταφέρει στην γη, μεγάλα ποσά ενέργειας με την μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Τα ποσά αυτά είναι της τάξεως των $2.1 \cdot 10 \text{ kWh}$ ανά μέρα ή 1700 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο ανά χρόνο.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας δεν είναι σταθερή, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως την εποχή του χρόνου, την ώρα της ημέρας, αν υπάρχει συννεφιά ή ομίχλη και φυσικά τη γεωγραφική θέση, που έχει να κάνει με τη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης (μεγαλύτερη γωνία πρόσπτωσης σημαίνει μεγαλύτερη διαδρομή αυτής στην ατμόσφαιρα, άρα μικρότερη ισχύ τελικά).

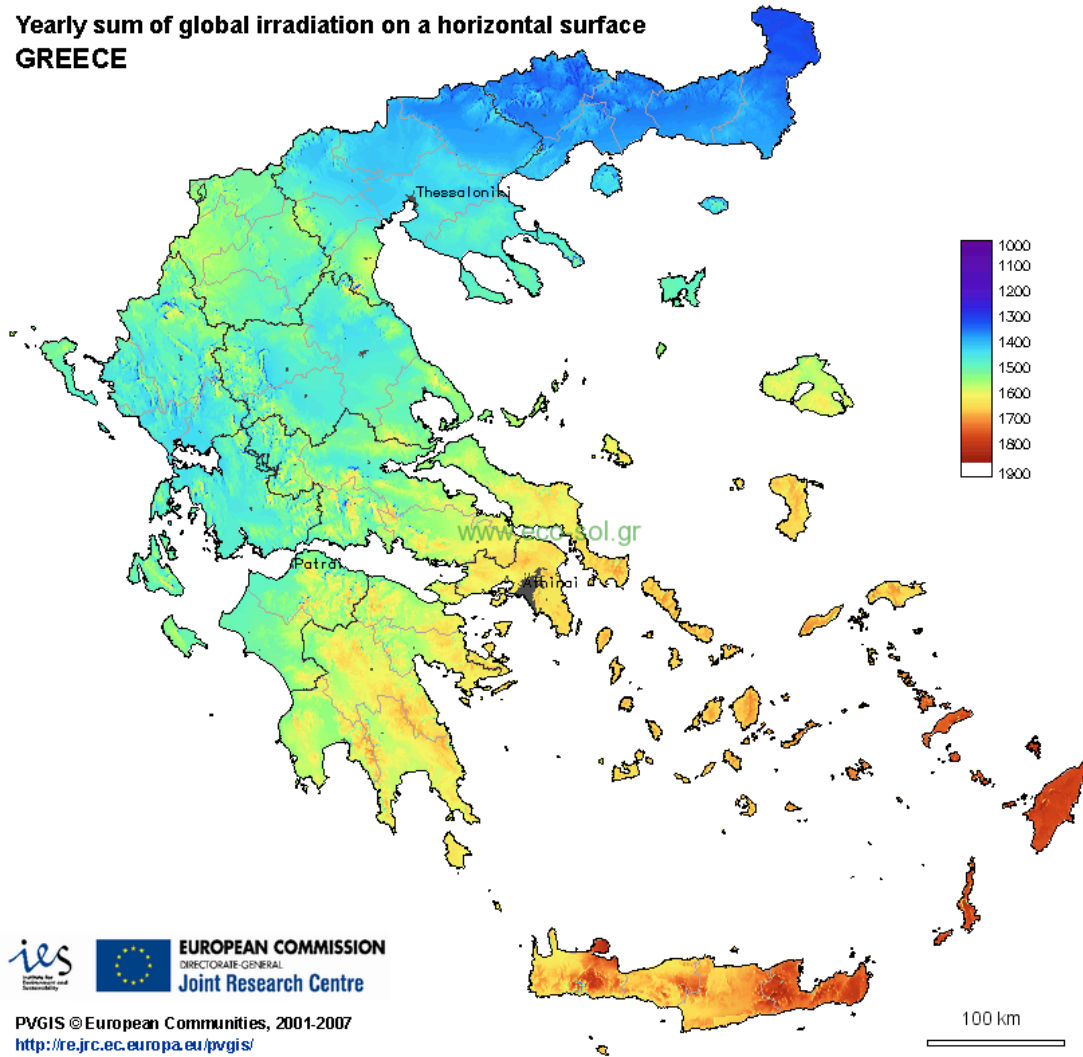
Η ηλιακή ακτινοβολία έχει δύο συνιστώσες. Την άμεση ακτινοβολία, που είναι η ακτινοβολία που φθάνει απευθείας στην επιφάνεια της γης από τον ήλιο χωρίς σκέδαση, χωρίς να αλλάξει δηλαδή κατεύθυνση, και στην διάχυτη. Η διάχυτη είναι η ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια παράδειγμα ενός συλλέκτη μετά από σκέδαση ή ανάκλαση μέσα στην ατμόσφαιρα ή ακόμα και από ανάκλαση στην ίδια την επιφάνεια της γης ή αντικείμενα πάνω σε αυτήν.

Όσο αφορά την Ελλάδα θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι αρκετά ευνοημένη γεωγραφικά. Η γεωγραφική της θέση σε συνδυασμό με τη μεγάλη ηλιοφάνεια, δίνει μέσο όρο ακτινοβολίας 4.1 kWh ανά τετραγωνικό μέτρο ημερησίως, ενώ σε κάποιες περιοχές όπως η Κρήτη ξεπερνάμε τις 3100 ώρες ηλιοφάνειας το χρόνο.

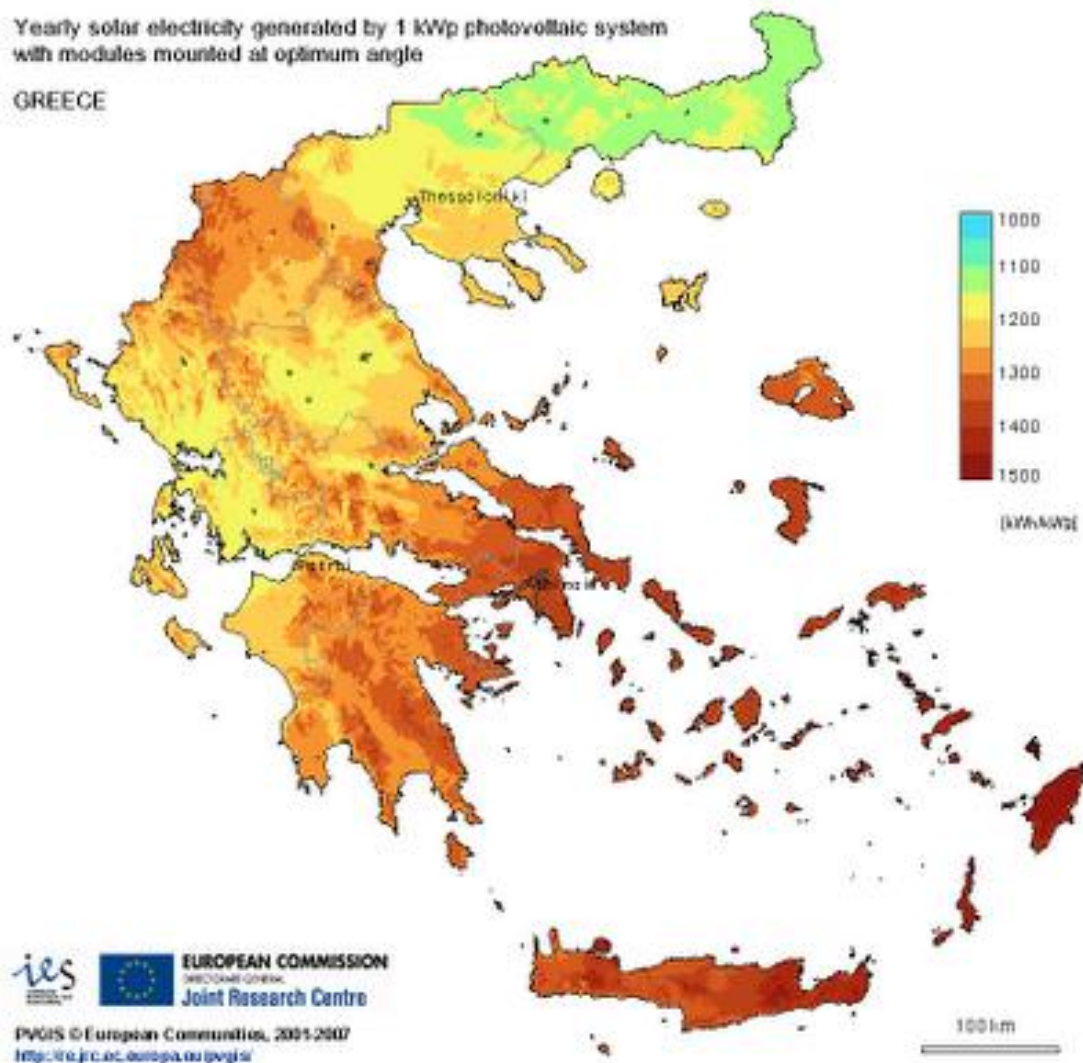
Είναι λοιπόν προφανές ότι η ηλιακή ενέργεια μπορεί για την Ελλάδα να είναι βασικός άξονας οικονομικής εκμετάλλευσης και ανάπτυξης αλλά και εργαλείο για την απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα.

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μια μορφή ενέργειας με σχεδόν σταθερή και προβλέψιμη ένταση (W/m^2) στην διάρκεια του χρόνου και της ημέρας. Η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει την μέγιστη ένταση της κατά την διάρκεια του μεσημεριού (μέγιστο ηλιακό ύψος), τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο. Η ηλιακή ενέργεια είναι μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο, λόγω την θέσης του ήλιου, αλλά και λόγω της αύξησης των ωρών ηλιοφάνειας (μείωση των νεφώσεων).

**Yearly sum of global irradiation on a horizontal surface
GREECE**



Εικόνα 1.1: Ετήσιο ποσό της παγκόσμιας ακτινοβολίας σε οριζόντια επιφάνεια για την Ελλάδα



Εικόνα 1.2: Ετήσια ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκό σύστημα 1 kWp με μονάδες τοποθετημένες στη βέλτιστη γωνία

1.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο αποτελεί μία πρακτική που βρίσκει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι. Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε τις ανεμογεννήτριες.

Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο

ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ανεμογεννήτριες και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη.

Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό, σε αρκετές περιοχές της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Ευβοίας και φυσικά στα νησιά του Αιγαίου. Σε αυτές τις περιοχές θα συναντήσουμε και τα περισσότερα αιολικά πάρκα, τα οποία αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών σε βέλτιστη διάταξη για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού.

Η αιολική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Η εκμετάλλευση του υψηλού της δυναμικού στη χώρα μας, σε συνδυασμό με τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών που ενσωματώνεται στις σύγχρονες αποδοτικές ανεμογεννήτριες, έχει τεράστια σημασία για τη βιώσιμη ανάπτυξη, την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

1.5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια 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 μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της περωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της περωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Η δέσμευση/ αποθήκευση ποσοτήτων ύδατος σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες, για ένα Υδροηλεκτρικό Σταθμό, ισοδυναμεί πρακτικά με αποταμίευση Υδροηλεκτρικής Ενέργειας. Η προγραμματισμένη αποδέσμευση αυτών των ποσοτήτων ύδατος και η εκτόνωσή τους στους υδροστροβίλους οδηγεί στην ελεγχόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με δεδομένη την ύπαρξη κατάλληλων υδάτινων πόρων και τον επαρκή εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες βροχοπτώσεις, η Υδροηλεκτρική Ενέργεια καθίσταται μια σημαντικότερη εναλλακτική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός Υδροηλεκτρικού Σταθμού είναι ποικίλα. Ακόμα και το μειονέκτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξ αιτίας των μεγάλης κλίμακας έργων πολιτικού μηχανικού, τα οποία ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο προϋποθέτει, με μια καλοσχεδιασμένη μελέτη, μπορεί να μετατραπεί σε πλεονέκτημα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της λίμνης Πλαστήρα, κατά την οποία ο κατακλυσμός της περιοχής από ύδατα μετά τη δημιουργία του φράγματος, δημιούργησε ένα νέο υγροβιότοπο, ο οποίος σύντομα μετατράπηκε σε πόλο

τουριστικής έλξης δίνοντας ταυτόχρονα νέες αρδευτικές δυνατότητες στη γύρω περιοχή.

Τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά έργα είναι κυρίως "συνεχούς ροής", δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση ύδατος, και συνεπώς ούτε κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων. Γι' αυτό το λόγο γίνεται συνήθως και ο διαχωρισμός μεταξύ μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών. Ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός αποτελεί ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, καθώς το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων στην περιοχή εγκατάστασης του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας τους τοπικούς πόρους.

1.6 BIOMAZA

Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων.

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά περιλαμβάνεται σε αυτήν οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (καυσόξυλα, κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων.

Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.).

1.7 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Η γεωθερμία είναι μια ήπια και πρακτικά ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ανάγκες θέρμανσης και ψύξης, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Η γεωθερμία προσφέρει ενέργεια χαμηλού κόστους, ενώ δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές βλαβερών ρύπων.

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.

Σήμερα στην Ελλάδα, η εκμετάλλευση της γεωθερμίας γίνεται αποκλειστικά για χρήση της σε θερμικές εφαρμογές, οι οποίες είναι εξίσου σημαντικές με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα, λόγω του πλούσιου σε γεωθερμική ενέργεια

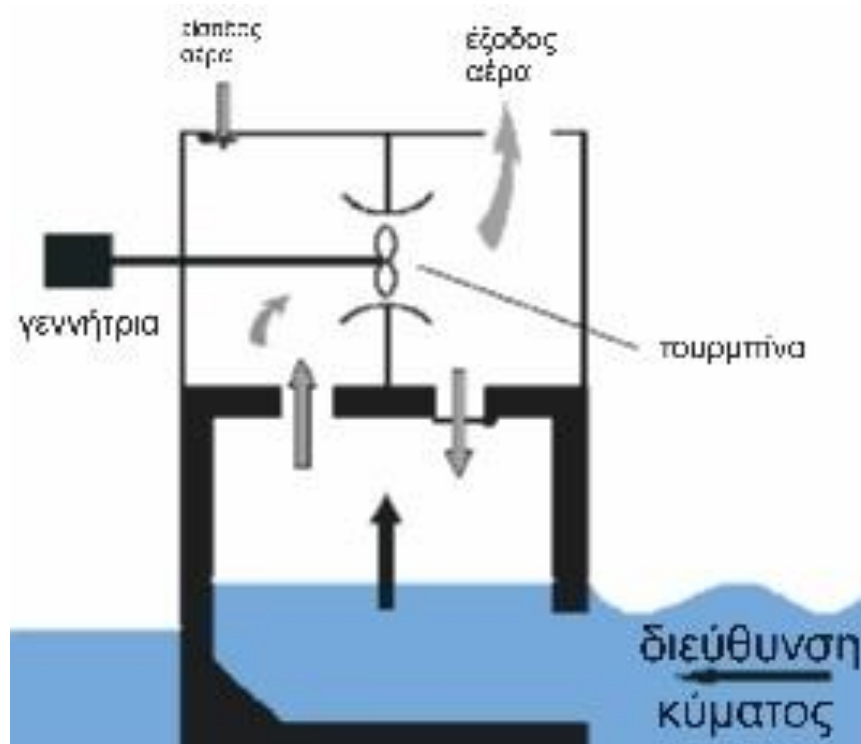
υπεδάφους της χώρας μας, κυρίως κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Σαντορίνη), μπορεί να έχει ευρεία εφαρμογή για τη θερμική αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με στόχο την απόληψη πόσιμου, κυρίως στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές. Μία τέτοια εφαρμογή έχει χαμηλότερο κόστος από εκείνο που απαιτείται για τον εφοδιασμό των περιοχών αυτών με πόσιμο νερό, μέσω υδροφόρων πλοίων.

1.8 ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το νερό της θάλασσας και το νερό των μεγάλων λιμνών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας, όπως το νερό των ποταμών ή των υπορρευμάτων, γιατί δεν είναι δυνατό να κινηθεί με ταχύτητα προς τις χαμηλότερες περιοχές. Κινείται όμως λόγω της παλίρροιας (άμπωτη-πλημμυρίδα), των ρευμάτων (λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία του νερού), ή κινείται παλινδρομικά (κύματα). Αυτές τις κινήσεις μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε για να περιστρέψουμε τροχούς με πτερύγια και στη συνέχεια να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια.

Επίσης, είναι δυνατό να εκμεταλλευτούμε τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην επιφάνεια και τα βαθύτερα στρώματα της θάλασσας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όλες αυτές οι εφαρμογές βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο.

Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κλπ.



Εικόνα 1.3: Σύστημα κυματικής ενέργειας

Ένα σύστημα κυματικής ενέργειας μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε σημείο στον ωκεανό και να παράγει ενέργεια, μπορεί να είναι αγκυρωμένο στο πυθμένα ή πλωτό ανοιχτά της θάλασσας, ή σύστημα εγκαταστημένο στα παράλια ή στα ρηχά νερά. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί επίσης να είναι ολικά βυθισμένο στο νερό ή να είναι τοποθετημένο πάνω από την θαλάσσια επιφάνεια σε μία πλωτή πλατφόρμα. Παρά τις δυνατότητες που παρουσιάζουν τα συστήματα κυματικής ενέργειας τα περισσότερα πρωτότυπα αυτών έχουν εγκατασταθεί στις ακτές. Η αισθητική επίδραση ενός συστήματος στο περιβάλλον εξαρτάται από τον τύπο που θα υιοθετηθεί, έτσι ένα σύστημα μερικώς βυθισμένο ή τοποθετημένο λίγα χιλιόμετρα μακριά δεν επηρεάζει την εναρμόνιση του συστήματος στο φυσικό περιβάλλον. Αντίθετα συστήματα κυματικής ενέργειας τοποθετημένα στις ακτές μπορεί να επιδράσουν αρνητικά στην όλη αισθητική και να μετατρέψουν ένα φυσικό περιβάλλον σε άκρως βιομηχανικό. Έτσι προσοχή απαιτείται τόσο στην μορφή του συστήματος που πρόκειται να υιοθετηθεί καθώς και πως θα εναρμονιστεί με την υπάρχουσα αρχιτεκτονική τοπίου και το φυσικό ανάγλυφο της περιοχής.

Συστήματα κυματικής ενέργειας υπάρχουν σήμερα σε διάφορα μέρη του κόσμου. Στην Ευρώπη συστήματα κυματικής ενέργειας έχουν τοποθετηθεί στην Ιρλανδία (Ειρε), την Μ. Βρετανία, την Νορβηγία, την Πορτογαλία, τη Δανία και τη Σουηδία.

Σημαντικό επίτευγμα της ερευνητικής δραστηριότητας στην Πορτογαλία είναι ο ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός τύπου «μετατροπέα παλλόμενης στήλης» στις νήσους Αζόρες, ονομαστικής ισχύος 400 kW, ο οποίος λειτουργεί με επιτυχία εδώ και μία δεκαετία περίπου και τροφοδοτεί την νήσο Pico.

1.9 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΕ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η χρήση των ΑΠΕ προσφέρει μεγάλο αριθμό πλεονεκτημάτων. Βασικότερα αυτών είναι:

- Είναι ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, πράγμα που σημαίνει ότι δεν πρόκειται ποτέ να οδηγήσει σε ενεργειακή κρίση ή ανεξέλεγκτη αύξηση κόστους ενέργειας, λόγω του φόβου εξάντλησης των αποθεμάτων, όπως μπορεί να συμβεί με τα συμβατικά καύσιμα.
- Αντίθετα με τις τεχνολογίες συμβατικών καυσίμων, είναι περιβαλλοντικά φιλικές, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα και μπορούν να λύσουν το πρόβλημα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Μπορούν να εφαρμοστούν ευέλικτα, για μεγάλη ή για μικρή παραγωγή, για συνδεδεμένα δίκτυα ή μη. Μπορούν έτσι να ικανοποιήσουν απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση σε δίκτυο θα ήταν ασύμφορη, παίρνοντας υπόψη μόνο τις τοπικές κατά περίπτωση ανάγκες σε ενέργεια.
- Το κόστος λειτουργίας τους είναι σχετικά μικρό και φυσικά δεν επηρεάζεται από τις τάσεις της αγοράς, όπως π.χ. η αύξηση της τιμής του πετρελαίου λόγω μιας πολιτικής ή οικονομικής αστάθειας σε μια περιοχή του πλανήτη. Έτσι συμβάλουν σε πιο ομαλή ενεργειακή αγορά.

- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις, είναι κοινωνικά αποδεκτές και ταυτόχρονα προσφέρουν στην κοινωνία με αύξηση απασχόλησης, μη επιβάρυνση του περιβάλλοντος, προσφέροντας λύση στην οικονομική αστάθεια της ενεργειακής αγοράς.

Υπάρχουν όμως και κάποια μειονεκτήματα των ΑΠΕ, βασικότερα των οποίων είναι:

- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας που εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές αισθητικά και ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1.10 ΟΙ 10 ΠΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΧΩΡΕΣ

Η Ελλάδα είναι κατά κοινή ομολογία πλούσια χώρα σε δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το δυναμικό αυτό ωστόσο παραμένει ανεκμετάλλευτο. Αυτό αποδεικνύει η λίστα της Διεθνούς Επιτροπής Ενέργειας (International Energy Agency), για τις πιο αυτόνομες ενεργειακά χώρες και στην οποία η χώρα μας βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις. Η λίστα καταρτίστηκε μετά από εξέταση παραμέτρων, όπως το πόσο ανεξάρτητη είναι μια χώρα από τα ορυκτά καύσιμα, σε συνάρτηση με το ρυθμό ανάπτυξης του ΑΕΠ, αλλά και το βαθμό εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Σε αντίθεση με την Ελλάδα, στην κορυφή της λίστας βρίσκονται χώρες με προηγμένη τεχνογνωσία στην εκμετάλλευση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, όπως η Ιαπωνία και η Δανία, αλλά και χώρες έκπληξη όπως οι παραγωγοί ορυκτών καυσίμων Βρετανία και Γερμανία. Ισραήλ, Αυστρία και Ελβετία, που επίσης βρίσκονται στην πρώτη δεκάδα, μας υπενθυμίζουν ότι ανεξάρτητα από το μέγεθος, μια χώρα μπορεί να εκμεταλλευτεί τα πλεονεκτήματα που διαθέτει να είναι ενεργειακά αυτόνομη.

Ειδικότερα, σύμφωνα με την Επιτροπή, η Ιαπωνία βρίσκεται στην πρώτη θέση, κυρίως εξαιτίας του μεγάλου αριθμού υδροηλεκτρικών έργων, αλλά και των πυρηνικών μονάδων, που βοηθούν στις εξαιρετικές επιδόσεις της χώρας στη μείωση των εκπομπών CO₂. Η Ιαπωνία εκμεταλλεύεται επίσης τα νησιά και τις βραχονησίδες της.

Δεν αποτελεί έκπληξη, η δεύτερη θέση της Δανίας, που θεωρείται από τις πλέον ανεπτυγμένες χώρες στον τομέα των ΑΠΕ. Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας καταλαμβάνουν σημαντικό μερίδιο στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Ήδη από το 1973 η κυβέρνηση της Δανίας, επιβάλλει δασμούς και φόρους στα ορυκτά καύσιμα, δίνοντας επιπλέον κίνητρα για τις "πράσινες" επενδύσεις.

Εκείνο που ίσως δεν είναι ευρέως γνωστό είναι ότι η Ελβετία –που βρίσκεται στην τρίτη θέση– είναι η πρώτη χώρα στον κόσμο που σχεδίασε αυτόνομα ενεργειακά κτίρια. Το 2004 η ενεργειακή αυτονομία της χώρας αυξήθηκε κατά 24%, καθώς εξελίχθηκε περαιτέρω η τεχνολογία των βιοκλιματικών κτιρίων (θέρμανση με βιομάζα, ηλιακοί συλλέκτες κ.α.) [3].

Το Χονγκ Κόνγκ που ακολουθεί στην τέταρτη θέση ξεοδεύει για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών (σε ποσοστό ΑΕΠ), επτά φορές λιγότερα χρήματα απ' ό,τι η Κίνα. Παρουσιάζει καλές επιδόσεις στην ανάπτυξη αιολικών πάρκων, ενώ στη χώρα αποφεύγεται η κατασκευή μεγάλων ενεργοβόρων βιομηχανιών.

Η Ιρλανδία βρίσκεται στην πέμπτη θέση, καθώς με το νέο αναπτυξιακό πρότυπο που υιοθέτησε κατάφερε να προσελκύσει επιχειρήσεις της νέας οικονομίας, λιγότερο ενεργοβόρες. Πρόκειται για επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στους τομείς των ηλεκτρονικών και της φαρμακοβιομηχανίας, οι οποίες βοήθησαν στη σημαντική αύξηση του ΑΕΠ, χωρίς ανάλογη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας της χώρας.

Η Μεγάλη Βρετανία είναι η μεγαλύτερη παραγωγός πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ παράλληλα κάνει εισαγωγές ορυκτών καυσίμων για την κάλυψη των αναγκών της. Ωστόσο οι συστηματικές προσπάθειες για την ανάπτυξη των ΑΠΕ, φέρνουν αποτέλεσμα και η χώρα κατατάσσεται στην έκτη θέση. Σύμφωνα με το πρόγραμμα της βρετανικής κυβέρνησης το 2012, όταν διοργανώθηκαν οι Ολυμπιακοί αγώνες του Λονδίνου, το 25% της κατανάλωσης ενέργειας καλύφτηκε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ακολουθεί το Ισραήλ, το οποίο δε διαθέτει εγχώριους ενεργειακούς πόρους, και ίσως για αυτόν το λόγο έχει καταφέρει να επιτύχει αξιοσημείωτες επιδόσεις στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και της εκμετάλλευσης του ήλιου.

Οι επενδύσεις στις ΑΠΕ, που ξεκίνησαν στην Ιταλία τα προηγούμενα χρόνια, φέρνουν καρπούς και η γειτονική χώρα, που στο παρελθόν ήταν από τις πλέον ενεργοβόρες, βρίσκεται στην όγδοη θέση της λίστας. Εκτός από τις γνωστές Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η Ιταλία πρωτοπορεί και στον τομέα της κυματικής ενέργειας με τα τέσσερα εργοστάσια που εκμεταλλεύονται τα κύματα της Αδριατικής.

Η Γερμανία μαζί με την Ελλάδα είναι οι μεγαλύτεροι λιγνιτοπαραγωγοί της Ε.Ε. Με τη διαφορά ότι οι Γερμανοί εκτός από άνθρακα έχουν αναπτύξει σε σημαντικό βαθμό τα αιολικά, αλλά και τα φωτοβολταϊκά, επενδύοντας σημαντικά κεφάλαια για

την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Το γεγονός αναγνωρίζεται από την ΙΕΑ που κατατάσσει τη χώρα στην ένατη θέση της λίστας.

Τη δεκάδα των «πράσινων» πρωταθλητών της ενεργειακής αυτονομίας κλείνει η Αυστρία, που είναι πρωτοπόρος χώρα στην ανάπτυξη υδροηλεκτρικών μονάδων. Η χώρα έχει προχωρήσει στην εκμετάλλευση του συνόλου του υδροδυναμικού της, καλύπτοντας από τα νερά των ποταμών και των λιμνών, το 50% των αναγκών της σε ενέργεια.

1.11 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ ΓΙΑ ΑΠΕ

Μέχρι το τέλος του 20ού αιώνα, τα ευρωπαϊκά και τα άλλα βιομηχανικά κράτη απολάμβαναν φθινό και άφθονο ενεργειακό εφοδιασμό. Οι εύκολα διαθέσιμοι ενεργειακοί πόροι, η ανυπαρξία περιορισμών για το διοξείδιο του άνθρακα CO₂ και οι πιέσεις των δυνάμεων της αγοράς κατέστησαν τα βιομηχανικά κράτη εξαρτημένα από τα ορυκτά καύσιμα και υποβάθμισαν το ενδιαφέρον για καινοτομία και επενδύσεις σε νέες ενεργειακές τεχνολογίες. Μόλις πρόσφατα αναγνωρίστηκε η ανάγκη προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δεδομένου ότι η εκμετάλλευσή τους συμβάλλει στον μετριασμό της αλλαγής του κλίματος μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, στη βιώσιμη ανάπτυξη, στην ασφάλεια του εφοδιασμού και στην ανάπτυξη μιας βιομηχανίας βασιζόμενης στη γνώση η οποία δημιουργεί θέσεις απασχόλησης, οικονομική μεγέθυνση, ανταγωνιστικότητα και περιφερειακή και αγροτική ανάπτυξη.

Ο Χάρτης πορείας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας της Επιτροπής κατέδειξε ότι ο στόχος του 20% για το συνολικό μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ο στόχος του 10% για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στις μεταφορές είναι κατάλληλοι και εφικτοί στόχοι, και ότι το πλαίσιο το οποίο περιλαμβάνει υποχρεωτικούς στόχους αναμένεται να προσφέρει στην επιχειρηματική κοινότητα τη μακροπρόθεσμη σταθερότητα που χρειάζεται ώστε να λαμβάνει ορθολογικές επενδυτικές αποφάσεις στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

<u>Κράτος μέλος</u>	<u>Μερίδιο των ΑΠΕ για το 2005</u>	<u>Μερίδιο των ΑΠΕ για το 2010</u>	<u>1^{ος} ενδιάμεσος στόχος</u>	<u>Στόχος για το 2020</u>
Αυστρία	23.3%	30,1%	25,4%	34%
Βέλγιο	2.2%	5,4%	4,4%	13%
Βουλγαρία	9.4%	13,8%	10,7%	16%
Κύπρος	2.9%	5,7%	4,9%	13%
Τσεχική Δημοκρατία	6.1%	9,4%	7,5%	13%
Δανία	17%	22,2%	19,6%	30%
Εσθονία	18%	24,3	19,4%	25%
Φινλανδία	28.5%	33%	30,4%	38%
Γαλλία	10.3%	13,5%	12,8%	23%
Γερμανία	5.8%	11%	8,2%	18%
Ελλάδα	6.9%	9,7%	9,1%	18%
Ουγγαρία	4.3%	8,8%	6%	13%
Ιρλανδία	3.1%	5,8%	5,7%	16%
Ιταλία	5.2%	10,4%	7,6%	17%
Λετονία	32.6%	32,6%	34%	42%
Λιθουανία	15%	19,7%	16,6%	23%
Λουξεμβούργο	0.9%	3%	2,9%	11%
Μάλτα	0%	0,4%	2%	10%
Κάτω Χώρες	2.4%	3,8%	4,7%	14%

Πολωνία	7.2%	9,5%	8,8%	15%
Πορτογαλία	20.5%	24,6%	22,6%	31%
Ρουμανία	17.8%	23,6%	19%	24%
Σλοβακική Δημοκρατία	6.7%	9,8%	8,2%	14%
Σλοβενία	16%	19,9%	17,8%	25%
Ισπανία	8.7%	13,8%	10,9%	20%
Σουηδία	39.8%	49,1%	41,6%	49%
Ηνωμένο Βασίλειο	1.3%	3,3%	4%	15%
ΕΕ	8,5%	12,7%	10,7%	20%

Πίνακας 1.1: Το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

Η πρόταση οδηγίας θεσπίζει ένα κοινό πλαίσιο για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Θεσπίζει κανόνες σχετικά με τις εγγυήσεις προέλευσης, τις διοικητικές διαδικασίες και τις συνδέσεις με το διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας όσον αφορά την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Καθιερώνει κριτήρια βιωσιμότητας του περιβάλλοντος για τα βιοκαύσιμα και τα άλλα βιορευστά. Ενώ μόνο ο στόχος του 2020 είναι δεσμευτικός νομικά, η Επιτροπή έχει δηλώσει ότι θα μπορούσε να ακολουθήσει προηγούμενη νομική δράση σε περίπτωση όπου η πρόοδος ενός κράτους μέλους θα είναι τόσο περιορισμένη ώστε θα είναι σαφές ότι ο τελικός στόχος δεν θα μπορεί να επιτευχθεί. Οι οδηγίες 2001/77 και το 2003/30 τροποποιήθηκαν σύμφωνα με τη νέα οδηγία, από την 1η Απριλίου 2010, καταργήθηκαν από την 1η Ιανουαρίου 2012.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αφορούν τρεις τομείς: ηλεκτρική ενέργεια, θέρμανση και ψύξη, μεταφορές. Η συνολική προσέγγιση προβλέπει ότι τα κράτη μέλη έχουν τη διακριτική ευχέρεια να συνδυάσουν τους εν λόγω τομείς για την επίτευξη του εθνικού τους στόχου. Ωστόσο, προτείνεται κάθε κράτος μέλος να επιτύχει τουλάχιστον μερίδιο 10% ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (πρωτίστως βιοκαύσιμα) στον τομέα των μεταφορών έως το 2020. Αυτό γίνεται για τους ακόλουθους λόγους:

Ο τομέας των μεταφορών είναι αυτός που παρουσιάζει την ταχύτερη αύξηση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε σύγκριση με όλους τους άλλους τομείς της οικονομίας.

Τα βιοκαύσιμα αποτελούν απάντηση στο πρόβλημα της εξάρτησης από το πετρέλαιο στον τομέα των μεταφορών, που συνιστά ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ΕΕ όσον αφορά την έλλειψη ασφάλειας του ενεργειακού της εφοδιασμού.

Η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι αυτή τη στιγμή ακριβότερη από την παραγωγή άλλων μορφών ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, πράγμα που ίσως σημαίνει ότι δύσκολα θα μπορούσαν να αναπτυχθούν χωρίς ειδική απαίτηση. Ειδικά για τα βιοκαύσιμα και τα άλλα βιορευστά, η οδηγία θεσπίζει ένα σύστημα για την εγγύηση της περιβαλλοντικής αειφορίας της πολιτικής, διασφαλίζοντας μεταξύ άλλων ότι τα βιοκαύσιμα που συνυπολογίζονται για την επίτευξη των στόχων επιτυγχάνουν ένα ελάχιστο επίπεδο μείωσης των αερίων θερμοκηπίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

2.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Η σημαντικότερη χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι ο ηλιακός ηλεκτρισμός, δηλαδή η απευθείας παραγωγή μέσω των φωτοβολταϊκών και του φωτοβολταϊκού φαινομένου, ηλεκτρισμού από την ηλιακή ακτινοβολία. Αν και τα φωτοβολταϊκά ανακαλύφθηκαν ήδη στις αρχές του 1800 από τον φυσικό Alexandre Edmund Becquerel, δεν χρησιμοποιήθηκαν πρακτικά παρά μόνο όταν τη δεκαετία του 1950 άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε διαστημικές εφαρμογές όπως στην εξασφάλιση ενέργειας για δορυφόρους. Η μεγάλη και ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας όμως παρατηρήθηκε τη δεκαετία του '70. Το 1973 η πετρελαϊκή κρίση οδήγησε σε μεγάλες χρηματοδοτήσεις σε προγράμματα για ανάπτυξη τεχνολογιών εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Από τότε μέχρι σήμερα συνεχίζονται οι προσπάθειες για βελτίωση των βαθμών απόδοσης, μείωση του κόστους παραγωγής και εγκατάστασης.

2.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Προσφέρονται δύο είδη φωτοβολταϊκών συστημάτων για εφαρμογές σε ταράτσες και οροφές κτιρίων. Τα συστήματα άμορφης και κρυσταλλικής σιλικόνης.

- Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα άμορφης σιλικόνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν με γυαλί ή μεμβράνες και να παράγουν απευθείας συνεχές ρεύμα. Υπάρχουν και οι τεχνολογίες thin film, που επιτρέπουν την εφαρμογή απευθείας στην οροφή, αλλά έχουν απόδοση που φτάνει μόλις το 9% και χρειάζονται γενικά πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια για να παράγουν το ίδιο αποτέλεσμα με τα κρυσταλλικά συστήματα.
- Τα κρυσταλλικά συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν απευθείας πάνω στην οροφή. Έχουν απόδοση γύρω στο 94% και είναι ανθεκτικά και ελαφριά. Είναι έτσι εύκολα στην εγκατάσταση σε οποιαδήποτε οροφή με μικρή κλίση. (Τα συστήματα που απαιτούν διάτρηση της οροφής, φυσικά απαιτούν και την ανάλογη υγρομόνωση.)

Σήμερα υπάρχουν τρία βασικά είδη φωτοβολταϊκών πλαισίων, πάνελ για χρήση στην αγορά:

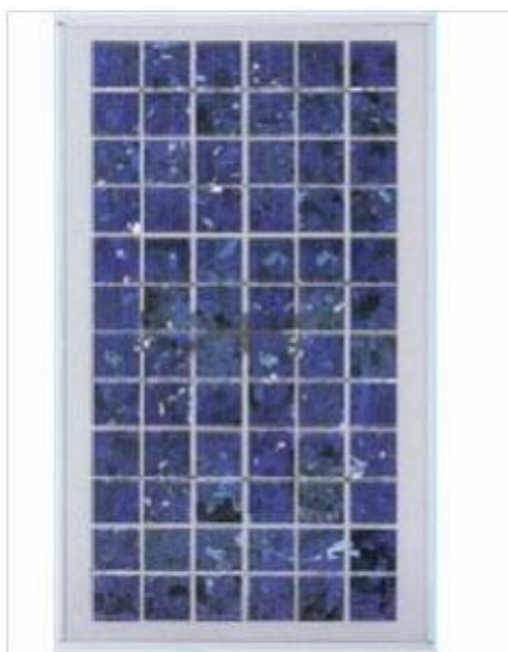
- Τα μονοκρυσταλλικά. Είναι η πιο παλιά τεχνολογία και χρησιμοποιείται συνήθως σε διαστημικές εφαρμογές και απομονωμένες, μη διασυνδεδεμένες εφαρμογές. Είναι η πιο αποδοτική με απόδοση (10 με 17%) αλλά και η πιο ακριβή. Τα πάνελ αυτής της τεχνολογίας έχουν επιδείξει ικανότητα σταθερής παραγωγής ως και 30 χρόνια σε οποιοδήποτε περιβάλλον, από έρημο ως παραθαλάσσιες περιοχές.

Συνήθως τα πλαίσια αυτά αναγνωρίζονται από τις χαρακτηριστικές κουκίδες ή τα οκτάγωνα.



Εικόνα 2.1: Μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο

- Οι πολυκρυσταλλικές μονάδες είναι πιο οικονομικές αλλά η απόδοσή τους είναι της τάξεως του (9 με 14%). Τα πλαίσια αυτά στην εμφάνισή τους έχουν χρώμα γαλανό και εφόσον δεν έχουν κενά και κουκίδες όπως τα μονοκρυσταλλικά, το μέγεθός τους για την ίδια παραγωγή είναι όμοια με αυτό των μονοκρυσταλλικών.



Εικόνα 2.2: Πολυκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο

- Τα πλαίσια άμορφης σιλικόνης ή thin film, παράγονται εξατμίζοντας σιλικόνη και έπειτα τοποθετώντας την σε γυαλί, κεραμικό ή χάλυβα. Η διαδικασία παραγωγής είναι πολύ φθηνή αλλά με απόδοση μόλις (7 με 12%) χρειαζόμαστε συγκριτικά με τα προηγούμενα, πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια για παραγωγή της ίδιας ενέργειας. Βλέπουμε χρήση της τεχνολογίας αυτής κυρίως σε μικρές εφαρμογές όπως παιχνίδια, κομπιουτεράκια κ.α.



Εικόνα 2.3: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο άμορφης σιλικόνης (thin film)

Ως προς τη σύνδεση τους με το δίκτυο τα φωτοβολταϊκά συστήματα χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες.

- Τα αυτόνομα ή μη διασυνδεδεμένα συστήματα με το δίκτυο Φ/Β σύστημα.
- Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β σύστημα με το δίκτυο.
- Τα υβριδικά Φ/Β συστήματα.

Όταν μια διάταξη είναι εγκατεστημένη, με όλα τα συστήματα ηλεκτρικών καλωδίων, ηλεκτρικών συνδέσμων, και τα μέσα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες), τότε έχουμε ένα Φ/Β σύστημα που έχει μορφοποιηθεί για πρακτική χρήση. Η ισχύς που παραδίδεται από μία Φ/Β διάταξη έχει τάση συνεχούς ρεύματος (DC). Ένας ρυθμιστής φόρτισης χρησιμοποιείται για να ελέγχει το ποσό του φορτίου που αποταμιεύεται στους συσσωρευτές (μπαταρίες). Η αποθήκευση ενέργειας στις μπαταρίες γίνεται προκειμένου να υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας ή ακόμα τις ημέρες κατά τις οποίες η ηλιοφάνεια είναι περιορισμένη και δεν επαρκεί για την κάλυψη των προβλεπόμενων αναγκών. Ο μετατροπέας χρησιμοποιείται για να μετατρέψει το συνεχές ρεύμα (DC) των μπαταριών στο

κατάλληλο εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) και στη συχνότητα που απαιτείται για τις ηλεκτρικές συσκευές, τα φώτα, κτλ. Ένα τέτοιο σύστημα συνήθως αναφέρεται ως αυτόνομο σύστημα (stand-alone, SA), λόγω της χρήσης της συχνότητας, του εναλλάκτη ρύθμισης φορτίου και των συσσωρευτών ενέργειας.

Ένα από τα μεγαλύτερα έξοδα που εμπλέκονται σε ένα Φ/Β σύστημα, πέρα από τη διάταξη από μόνη της, είναι και οι μπαταρίες. Μερικοί κατασκευαστές σε βιομηχανικό βαθμό υποστηρίζουν ότι ο κύκλος ζωής των μπαταριών κυμαίνεται περίπου στα 10 χρόνια. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν μπαταρίες και μεμονωμένα ηλιακά κύτταρα που είναι ακριβά.

Σε μερικά Φ/Β συστήματα, οι μπαταρίες δεν χρειάζονται ή δεν επιθυμούνται. Ένα ιδιόκτητο σπίτι, παραδείγματος χάριν, μπορεί να χρησιμοποιήσει την τοπική επιχείρηση ηλεκτρισμού για τις Φ/Β του ανάγκες αποθήκευσης ενέργειας, αντί να χρησιμοποιεί μπαταρίες, χρησιμοποιώντας έναν σύγχρονο μετατροπέα. Ο σύγχρονος μετατροπέας τοποθετείται μεταξύ της Φ/Β διάταξης και της επιχείρησης ηλεκτρισμού που δίνει την ενέργεια. Ο μετατροπέας μετατρέπει τη συνεχή τάση (DC) από την Φ/Β διάταξη σε εναλλασσόμενη (AC), στην κατάλληλη τάση και συχνότητα, και τροφοδοτεί αυτή την τάση μέσω του μετρητή ενέργειας στις γραμμές της επιχείρησης ηλεκτρισμού. Καθώς, ο μετατροπέας τάσης συγχρονίζεται με τη συχνότητα του δικτύου του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), η ποσότητα της μετρούμενης ποσότητας ενέργειας ελαττώνεται ή σταματά, ή στις περιπτώσεις που η απαιτούμενη ενέργεια στο σπίτι είναι πολύ χαμηλή, η μετρούμενη ποσότητα στην πραγματικότητα αντιστρέφεται. Όταν η ακτινοβολία του ήλιου είναι ισχυρή, η ενέργεια επιστρέφει στην επιχείρηση ηλεκτρισμού. Το βράδυ ή τις μέρες με συννεφιά, η ενέργεια ανακτάται από την εταιρία ηλεκτροδότησης. Γι' αυτό το λόγο, η επιχείρηση ηλεκτρισμού παρέχει την αποθηκευμένη ενέργεια και περιορίζει την ανάγκη συσσώρευσης ενέργειας (αποθήκευσης σε μπαταρία). Τα συστήματα που κάνουν χρήση της ενέργειας του ηλεκτρικού δικτύου ισχύος για αποθήκευση ενέργειας, πολύ συχνά αναφέρονται ως utility interactive (UI).

Υπάρχει, επίσης, και το υβριδικό Φ/Β σύστημα, που είναι ένα αυτόνομο σύστημα, το οποίο αποτελείται από τη Φ/Β συστοιχία σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας, όπως μια γεννήτρια πετρελαίου ή άλλη μορφή ΑΠΕ (π.χ. ανεμογεννήτρια). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα υβριδικού Φ/Β συστήματος που χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις είναι αυτό που αποτελείται από τη Φ/Β συστοιχία σε συνδυασμό με μια γεννήτρια πετρελαίου και μια μπαταρία αποθήκευσης ενέργειας. Σε κανονικές συνθήκες η Φ/Β διάταξη δίνει το απαιτούμενο φορτίο. Στην περίπτωση που παράγεται επιπλέον ενέργεια από τη διάταξη, αποθηκεύεται στην μπαταρία μέχρι αυτή να φτάσει τη μέγιστη ικανότητα αποθήκευσης, μέχρι δηλαδή να πάρει η μπαταρία τη μέγιστη φόρτιση. Ο βασικός λόγος αποθήκευσης ενέργειας είναι για την εισαγωγή ή την εξαγωγή ενέργειας ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος κάθε φορά. Στην περίπτωση, που η έξοδος του Φ/Β υπερβαίνει το απαιτούμενο φορτίο και η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας είναι στο μέγιστο, τότε αυτή η παραπάνω ενέργεια τροφοδοτείται σε μερικές άλλες αποθήκες φορτίου ή μένει ανεκμετάλλευτη.

Όσον αφορά, τη γεννήτρια πετρελαίου μπαίνει σε λειτουργία όταν η Φ/Β διάταξη δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες του απαιτούμενου φορτίου και όταν η αποθηκευμένη ενέργεια της μπαταρία έχει εξαντληθεί. Η σύνθεση του υβριδικού συστήματος που αποτελείται από τη Φ/Β διάταξη, τη μπαταρία και τη γεννήτρια πετρελαίου, έχει διάφορα πλεονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι ότι, το φορτίο του συστήματος μπορεί να ικανοποιηθεί με τον ευνοϊκότερο τρόπο, επίσης, η απόδοση της γεννήτριας πετρελαίου μπορεί να μεγιστοποιηθεί, ενώ η συντήρησή της να ελαχιστοποιηθεί.

2.3 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Καθώς το κόστος της ενέργειας αυξάνει πρέπει να γίνει γνωστή και δελεαστική η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών, ιδιαίτερα στις βιομηχανίες. Η εγκατάσταση των Φ/Β μπορεί να προσφέρει στις εταιρίες αισθητικά καλές αλλά και περιβαλλοντικά φιλικές λύσεις για παραγωγή ενέργειας από 25 έως 40 χρόνια. Αξίζει λοιπόν να τονιστούν τα πλεονεκτήματά τους:

- Είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Κατασκευάζονται από κυρίως σιλικόνη που υπάρχει σε άφθονες ποσότητες. Κατά τη λειτουργία τους δεν έχουμε παραγωγή καυσαερίων ή ηχορύπανση.
- Είναι άμεσα διαθέσιμα καθώς χρησιμοποιούν την πιο άφθονη πηγή ενέργειας, τον ήλιο.
- Δεν υπάρχουν σημαντικά εμπόδια και αστάθμητοι παράγοντες κατά την εγκατάστασή τους και έτσι δεν έχουμε σημαντικές υπερβάσεις στους αναμενόμενους χρόνους παράδοσης των έργων.
- Απαιτούν ελάχιστη συγκριτικά συντήρηση, λόγω του ότι δεν αποτελούνται από κινούμενα μέρη.
- Είναι εύχρηστα στην εφαρμογή καθώς μπορούν να προσαρμοστούν σε κάθε είδος ταράτσας ή ακόμα και να ενσωματωθούν στο κτίριο κατά την κατασκευή.
- Έχουν τη δυνατότητα μη σύνδεσης στο δίκτυο, κάτι εξαιρετικά συμφέρον και χρήσιμο σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση στο δίκτυο είναι πολύ δύσκολη ή ασύμφορη.

2.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (ΒΑΣΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ)

❖ Η ΔΙΑΣΤΑΣΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ Φ/Β

Για να γίνει η διαστασολόγηση του Φ/Β συστήματος μιας βιομηχανικής μονάδας πρέπει πρώτα να παρατηρηθεί το ίδιο το κτίριο όπου θα γίνει η εγκατάσταση. Για να έχουν βέλτιστη απόδοση τα Φ/Β θα πρέπει να έχουν προσανατολισμό νότιο-νοτιοδυτικό (N/ND), αν και φυσικά υπάρχουν και τα επίπεδα Φ/Β.

Εκτός από ταράτσες καλοί χώροι για τοποθέτηση Φ/Β μπορεί να είναι όπως χώρος στάθμευσης ή όπως οποιοσδήποτε ανοικτός χώρος. Αρκεί ο χώρος όπως να έχει μηδαμινή ή ελάχιστη σκίαση από εξοπλισμό, δέντρα, άλλα κτίρια ή οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο. Το συνολικό προσφερόμενο εμβαδό χωρίς σκίαση είναι και αυτό που θα καθορίσει πόσο μεγάλο θα είναι το σύστημα φωτοβολταϊκών.

Φυσικά λαμβάνονται υπ' όψιν και άλλα ερωτήματα όπως είναι ο επιθυμητός προϋπολογισμός του έργου, όπως ώρες όπως ημέρας θα έχουμε μέγιστη κατανάλωση, αν έχουν γίνει προσπάθειες βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης όπως μονάδας κ.α..

❖ Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΤΗ

Η επιλογή του εγκαταστάτη θα πρέπει να γίνει προσεκτικά. Η εταιρία ή το πρόσωπο που θα αναλάβει θα πρέπει να έχει καλή θέση στην εγχώρια αγορά Φ/Β, να έχει την ανάλογη εμπειρία και εν προκειμένου για βιομηχανική χρήση να έχει ανάλογη εξειδίκευση.

Είναι όπως πολύ σημαντικό να έχει εμπειρία σε συνδεδεμένα συστήματα καθώς και να έχει πλήρη γνώση των σχετικών νόμων αλλά και των τοπικών κανονισμών που αφορούν την συγκεκριμένη περιοχή.

Ο υποψήφιος θα πρέπει να παρουσιάσει ανάλογα έργα, πρόσφατη εργασία και συστάσεις.

Άλλο σημαντικό κομμάτι είναι η εγγύηση που θα προσφέρεται. Θα πρέπει η εγγύηση για τα πάνελ να είναι τουλάχιστον 25 χρόνια και για τον αντιστροφέα (inverter) τουλάχιστον 5 χρόνια.

Σημειώνεται ότι η σκόνη και οι ρύποι μειώνουν τη απόδοση άρα είναι σημαντικό να προσφέρεται από τον εγκαταστάτη ανάλογη εκπαίδευση για σωστή χρήση και συντήρηση.

Τέλος θα πρέπει ο εγκαταστάτης να προσφέρει πλήθος λύσεων-προτάσεων, για διαφορετικά μεγέθη συστημάτων, κόστους, εξοικονόμησης. Όπως οι προσφορές θα πρέπει φυσικά να αξιολογούνται βάσει ίδιων κριτηρίων, όπως π.χ. η ολική ετήσια εκτιμώμενη παραγωγή.

2.5 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

2.5.1 Επιλέγοντας τη σωστή θέση για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.

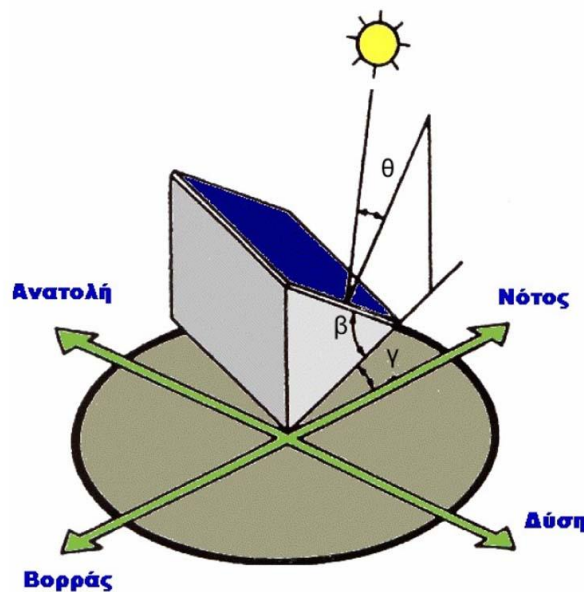
❖ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

Προκειμένου να επιτευχθεί η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας των Φ/Β ενοτήτων, πρέπει να επιτευχθεί η καλύτερη χρησιμοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Δεδομένου ότι η κατεύθυνση του ήλιου αλλάζει κατά την διάρκεια της ημέρας και με το πέρας των ημερών και των ετών, είναι γνωστό ότι για ένα πάνελ προκειμένου να παράγει τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι σε θέση να περιστρέφεται έτσι ώστε μπορεί να ακολουθεί την κατεύθυνση του ήλιου και να κρατάει κάθετη στην κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Πρακτικά, η μηχανική πολυπλοκότητα και το κόστος ενός τέτοιου μηχανισμού που επιτρέπει τη μετακίνηση των πάνελ σύμφωνα με τον προαναφερθέντα τρόπο, το καθιστούν εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό να εφαρμόσει στα Φ/Β συστήματα κτιρίων. Έτσι, η πλειοψηφία των κτιρίων με Φ/Β συστήματα επιλέγουν έναν προσανατολισμό των σταθερών πάνελ προκειμένου να επιτευχθεί μια μέση ετήσια γωνία 90° για την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Αυτός ο στόχος μπορεί να επιτευχθεί με τη σωστή επιλογή της κλίσης και τη σωστή επιλογή της γωνίας αζιμουθίου.

Στο σχήμα 2.1 φαίνονται χαρακτηριστικά οι εξής γωνίες:

- Γωνία πρόσπτωσης (θ) είναι η γωνία που σχηματίζεται από την προσπίπτουσα ακτίνα του ήλιου με την κάθετο του σημείου πρόσπτωσης (φωτοβολταϊκό πάνελ), από την οποία και μετράται.
- Η κλίση του συλλέκτη (β) είναι η διέδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη και στον ορίζοντα και μπορεί να πάρει τιμές από 0 μέχρι 180°
- Αζιμούθιο (γ) είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στη προβολή της κατεύθυνσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά – νότου.



Σχήμα 2.1: Γωνία πρόσπτωσης, κλίση συλλέκτη, αζιμούθιο

Για το βόρειο ημισφαίριο, η καλύτερη κλίση του Φ/Β πάνελ για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος της θέσης και η γωνία αζιμουθίου είναι σχεδόν 0° (με την κατεύθυνση στο νότο).

Στην περίπτωση κτιρίων με Φ/Β συστήματα οι καλύτεροι βαθμοί κλίσης και ο προσανατολισμός του Φ/Β πάνελ μπορεί να είναι ανέφικτοι (λόγω των περιορισμών ως αποτέλεσμα των διαθέσιμων διαστημάτων του κτηρίου), οπότε πρέπει να γίνει μια ηλιακή αξιολόγηση της ακτινοβολίας της επιφάνειας που πρόκειται να τοποθετηθεί το Φ/Β σύστημα. Η μείωση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (στην επιφάνεια του Φ/Β συστήματος) έναντι της μέγιστης θεωρητικής αξίας (καλύτεροι βαθμοί κλίσης και προσανατολισμού) συστήνεται να μην υπερβεί το 10% προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα οικονομικά οφέλη ενός ανεξάρτητου παραγωγού. Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτηρίων, είναι γενικά προτιμότερο να υπάρξουν οι επιφάνειες με την απόκλιση νότιου προσανατολισμού μέχρι 70° στην κατεύθυνση του νότου και την κλίση στη σειρά από 0° έως 50° . Διαπιστώνεται ότι οι γωνίες κλίσης περισσότερο από 10° έως 15° κάνουν ευκολότερο τον αυτοκαθαρισμό των πάνελ από τη σκόνη και άλλων ρύπων μέσω της βροχής.

Η επίδραση μεταξύ του βαθμού γωνίας κλίσης και του προσανατολισμού δεδομένου ότι αφορά την παραγόμενη ηλεκτρική ικανότητα ενός Φ/Β συστήματος

στα απόλυτα και ποσοστιαία ποσοστά, παρουσιάζεται αντίστοιχα. Σε όλες τις περιπτώσεις υποτίθεται ότι δεν υπάρχει καμία σκίαση.

❖ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΚΙΑΣΗΣ

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που έχει επιπτώσεις στη ενεργειακή αποδοτικότητα ενός Φ/Β συστήματος σε ένα κτίριο είναι η παρουσία σκίασης. Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε μια εγκατάσταση, τα Φ/Β στοιχεία (ή μέρη τους) καθώς επίσης και τα Φ/Β πάνελ μιας σειράς, συνδέονται σε σειρές, είναι προφανές ότι ακόμη και η σκίαση ενός μέρους της σειράς μπορεί να προκαλέσει μια σημαντική μείωση της παραχθείσας δύναμης έναντι της αναμενόμενης. Συγκεκριμένα, η συνολική τρέχουσα δύναμη μιας σειράς Φ/Β πάνελ καθορίζεται από τη μειωμένη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος του σκιασμένου μέρους της σειράς Φ/Β. Φυσικά, εάν η σκίαση περιορίζει την τάση των σκιασμένων πάνελ τόσο χαμηλά που η διαδρομή απόκλισης μπαίνει στη διεξαγωγή έπειτα το πάνελ αποκλείεται από την παραγωγή ηλεκτρισμού.

Από μια άλλη οπτική, η μόνιμη ή επαναλαμβανόμενη τοπική σκίαση κατά τη διάρκεια των ωρών της υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να στρεσάρει τη σκιασμένη ενότητα προκαλώντας την πρόωρη γήρανσή της. Επομένως είναι σημαντικό να αποφευχθεί η σκίαση ακόμη και από τα αντικείμενα της μικρής ποσότητας όπως πυλώνες, κεραίες, καλώδια ή ακόμα περισσότερο από δέντρα, κοντινά κτήρια κ.λπ.

Η επιλογή της θέσης που θα τοποθετηθεί η σειρά Φ/Β πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλισθεί ότι δεν υπάρχει καμία σκίαση και ότι δεν θα υπάρξει καμία σκίαση κατά τη διάρκεια του έτους και ειδικά κατά τη διάρκεια των ωρών της ημέρας με την υψηλότερη ηλιακή ακτινοβολία.

Τέλος, πρέπει να εξεταστεί, ώστε να εξασφαλισθεί η μακροπρόθεσμη συνεχή απόδοση του Φ/Β συστήματος από οποιαδήποτε σκίαση λόγω της μελλοντικής οικοδόμησης των γειτονικών κτηρίων.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι ο γενικός κανόνας εύρεσης μιας θέσης για την τοποθέτηση του Φ/Β εξοπλισμού είναι ο ορίζοντας προς το νότο για να είναι απαλλαγμένος από τα εμπόδια. Για τον έλεγχο πιθανής σκίασης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι καλό να χρησιμοποιηθεί ένα διάγραμμα παρουσιάζοντας τον προσανατολισμό του ήλιου. Σε αυτό το διάγραμμα σχεδιάζεται η θέση του ήλιου στις γωνιακές συντεταγμένες, για το γεωγραφικό πλάτος 38 μοιρών. Για το διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος στην Ελλάδα, το διάγραμμα εμφανίζεται ελαφρώς διαφορετικό.

2.5.2 Έλεγχος στατικής επάρκειας κτηρίου

Η τοποθέτηση των Φ/Β πάνελ στο κτήριο μπορεί να εφαρμοστεί είτε σε μια πρόσθετη δομή μετάλλων, είτε στην επιφάνεια της στέγης, ή ακόμα και με την ολοκλήρωση των πάνελ στο δομικό κέλυφος του κτιρίου. Αν και είναι απίθανο η σειρά Φ/Β και το βάρος βάσεων υποστήριξης να έχουν επιπτώσεις στη στατική δύναμη του κτηρίου, είναι προτιμητέο να γίνει μια στατική έρευνα πρώτα, όταν εγκαθίστανται τα πάνελ στις στέγες ώστε να αναλυθούν η μηχανική πίεση και η πίεση αέρα της επιφάνειας των πάνελ που τοποθετούνται. Τα Φ/Β πάνελ τοποθετούνται σε ένα ενισχυτικό σύστημα και εξασφαλίζουν την κατάλληλη λειτουργία και την ασφάλεια της δομής σε ακραίους όρους αέρα, τις χιονοπτώσεις, τον σεισμό και τις

εναλλαγές της θερμοκρασίας. Αυτές οι ακραίες καιρικές συνθήκες ή ένας συνδυασμός τους καθώς επίσης και οι συντελεστές ασφάλειας καθορίζονται από Eurocodes μαζί με τους πρόσθετους ελέγχους, ακριβώς όπως συμβαίνουν σε κάθε δοκιμή κατασκευής. Για την στατική αποδοτικότητα του ενισχυτικού συστήματος μπορεί να κληθεί από τον προμηθευτή να παρέχει ένα σχετικό πιστοποιητικό.

Το ενισχυτικό σύστημα μπορεί να είναι μέρος υαλοπινάκων ή μια ένωση της στέγης ή για να είναι ένα ανεξάρτητο σύστημα τοποθετημένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργεί μια σκιά από τον ήλιο. Το ενισχυτικό σύστημα μπορεί να είναι ακόμη και μεταλλικό φτιαγμένο από αλουμίνιο ή θερμαινόμενο γαλβανισμένο ατσάλι ή φτιαγμένο από πλαστικό (ειδικά στην περίπτωση των περιοχών υποστήριξης). Υπάρχει ποικίλα ενισχυτικών συστημάτων διαθέσιμα στην αγορά. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να δοθεί προσοχή εάν υπάρχει συμβατότητα με τα στοιχεία του υπολοίπου εξοπλισμού, επιπλέον στην ακρίβεια των πιστοποιητικών της στατικής αποδοτικότητας ολόκληρης της κατασκευής. Ο τρόπος που ενώνονται τα Φ/Β πάνελ πρέπει να είναι σύμφωνα με τα πρότυπα προδιαγραφών της Φ/Β ενότητας και επιπροσθέτως οι διαστάσεις των πάνελ πρέπει να είναι ίδιες (ή μικρότερες) έναντι εκείνων που έχουν εγκριθεί στη στατική μελέτη για την έκδοση του πιστοποιητικού της στατικής επάρκειας.



Εικόνα 2.4: φωτοβολταϊκά πάνελ σε οροφή βιομηχανικού κτιρίου

Όσον αφορά τη σύνδεση του ενισχυτικού συστήματος στο κτήριο ειδικά όταν τοποθετείται σε μια στέγη πρέπει να χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη υποστήριξη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη πρόσθετου βάρους ή με τη χρήση βιδών. Στην πρώτη περίπτωση, το πρόσθετο βάρος που πρόκειται να τοποθετηθεί πρέπει να είναι σύμφωνα με τη στατική μελέτη του κτηρίου. Στην περίπτωση όπως χρησιμοποίησης βιδών, δεν πρέπει να βλάψουν την υπάρχουσα μόνωση. Και όπως δύο περιπτώσεις, όπως στην περίπτωση όπως άλλου συστήματος, τα πρότυπα προδιαγραφών για την ενισχυτική διαδικασία παρέχονται από τον προμηθευτή του ενισχυτικού συστήματος. Εντούτοις, η συμβατότητα με το κτήριο πρέπει να ελεγχθεί από έναν μηχανικό. Τέλος, ο εγκαταστάτης πρέπει να γνωρίζει την ποικιλομορφία των συστημάτων υποστήριξης, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά όπως, συμπεριλαμβανομένης όπως ευκολίας όπως εγκατάστασης, όπως αξιοπιστίας των λειτουργικών στοιχείων (όπως η δυνατότητα ή όχι όπως φυσικού αερισμού του πάνελ).

2.6 ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΠΩΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΩΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ

Ένα από τα ζητήματα που χρειάζονται προσοχή κατά το σχεδιασμό όπως Φ/Β συστήματος για κτίρια είναι η επιλογή όπως περιοχής τοποθέτησης των ηλεκτρονικών μετατροπέων. Συνήθως, οι μετατροπείς των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετούνται είτε μέσα στα κτήρια είτε σε έναν ειδικά σχεδιασμένο εσωτερικό χώρο που μπορεί να είναι κοντά στον εξοπλισμό. Πράγματι, στην τελευταία περίπτωση υπάρχει μια σημαντική μείωση του μήκους των ηλεκτρικών αγωγών του συνεχούς ρεύματος (DC). Με άμεσο αποτέλεσμα όπως μείωσης των ηλεκτρικών απωλειών, όπως πτώσης τάσης και όπως μείωσης του κόστους καλωδίωσης.

Φυσικά υπάρχουν ηλεκτρονικοί μετατροπείς που σύμφωνα με τα τεχνικά εγχειρίδια του κατασκευαστή, μπορούν να εγκατασταθούν είτε κάτω από τα Φ/Β πάνελ, είτε στον ενισχυτικό όπως μηχανισμό εάν υπάρχει αρκετός χώρος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι όπως ο τύπος εγκατάστασης έχει κατά συνέπεια την άμεση έκθεση του μετατροπέα όπως υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, ενώ σε μερικά μέρη όπως Ελλάδα υπάρχει μια έκθεση όπως αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα, προτείνεται να εφαρμοστεί μόνο όπως περιπτώσεις που προτείνονται από τον κατασκευαστή. Συγκεκριμένα, στο εγχειρίδιο του κατασκευαστή πρέπει να επιδιωχθεί ο βαθμός του παράγοντα προστασίας (IP) του μετατροπέα από τη σκόνη, το νερό, καθώς όπως και τα όρια θερμοκρασίας ώστε να μην περιορίζει την ασφαλή και ομαλή λειτουργία του. Διαφορετικά, η υιοθέτηση αυτού του τύπου εγκατάστασης μπορεί να προκαλέσει την μείωση όπως υπολογιζόμενης διάρκειας ζωής του μετατροπέα. Όπως, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η ηλεκτρονική ψύξη μετατροπέων επηρεάζεται έντονα από όπως κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή στην οποία το Φ/Β σύστημα εγκαθίσταται (καιρική θερμοκρασία, όροι του φωτός του ήλιου, η υγρασία και ο αέρας), γίνεται κατανοητό ότι όταν τοποθετείται ο μετατροπέας σε έναν εσωτερικό χώρο, κοντά στον Φ/Β εξοπλισμό μπορεί να είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί όπως μηχανισμός ψύξης (ανεμιστήρες). Τα ακόλουθα είναι συγκεκριμένες οδηγίες σχετικά με την κατάλληλη εγκατάσταση και την ασφαλή λειτουργία του Φ/Β συστήματος. Οι οδηγίες είναι βασισμένες στην διεθνή εμπειρία καθώς όπως και στα πρότυπα όπως το IEC και το ID384 364-7-712.

2.7 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Αρχικά πρέπει να επιλεγεί ένα σύστημα που να ικανοποιεί τις ανάγκες της βιομηχανίας. Τα κριτήρια της βιομηχανίας με ένα σύστημα μπορούν να περιλάβουν τη μείωση του μηνιαίου λογαριασμού ηλεκτρικής ενέργειας, τα περιβαλλοντολογικά οφέλη, την επιθυμία μιας εφεδρικής δύναμης, των αρχικών περιορισμών προϋπολογισμού, κ.λπ. Το μέγεθος και ο προσανατολισμός της σειράς Φ/Β παρέχουν την αναμενόμενη ηλεκτρική δύναμη και ενέργεια.

Πρέπει να εξασφαλίσουμε μια περιοχή στεγών ή μια άλλη περιοχή της εγκατάστασης που είναι σε θέση να φιλοξενήσει το επιθυμητό μέγεθος των συστημάτων, για να διευκρινιστούν τα ανθεκτικά υλικά του υπαίθριου εξοπλισμού,

στο φώς του ήλιου, τον καιρό και για να εντοπισθεί η κατάλληλη θέση της σειράς για να ελαχιστοποιηθεί η σκίαση από τα φυλλώματα, τους σωλήνες διεξόδων, και τις παρακείμενες δομές.

Το σύστημα σύμφωνα με όλο το εφαρμόσιμο κτήριο και οι ηλεκτρικοί κώδικες πρέπει να είναι σχέδιο για την ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών απωλειών λόγω της καλωδίωσης, των θρυαλλίδων, των διακοπών, και των αναστροφών. Το σχέδιο πρέπει να καλύψει τις απαιτήσεις διασύνδεσης τοπικής χρησιμότητας.

Το κατάλληλο σχέδιο ενός Φ/Β συστήματος και η κατάλληλη εγκατάσταση απαιτούνται για να εξασφαλίσουν την ομαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, και από την άποψη της ασφάλειας και της ενεργειακής αποδοτικότητας.

2.8 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

❖ ΤΑΣΗ

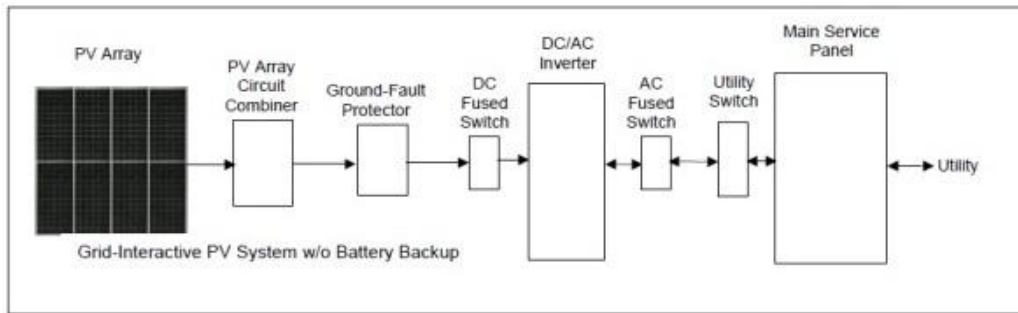
Η μέγιστη αναμενόμενη τάση μιας σειράς Φ/Β είναι η συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων για τη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας.

❖ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Η μέγιστη αναμενόμενη τιμή του ρεύματος μιας σειράς Φ/Β, προκύπτει από το ρεύμα βραχυκύκλωσης του ενός πλαισίου πολλαπλασιασμένο επί τον συντελεστή 1.25. Για παράλληλους κλάδους η μέγιστη αναμενόμενη τιμή του συνολικού ρεύματος, προκύπτει από την αντίστοιχη τιμή του ενός κλάδου πολλαπλασιασμένη επί τον αριθμό των παράλληλων κλάδων. Ο συντελεστής ασφαλείας 1.25 καλύπτει ειδικές συνθήκες ατμόσφαιρας και ανακλάσεων οι οποίες μπορούν να παρουσιαστούν σε καθαρό ουρανό μετά από βροχή (ένταση ακτινοβολίας μεγαλύτερη από 1000W/m^2). Η τιμή του ρεύματος που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαστασολόγηση των καλωδίων και των προστασιών.

❖ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων, όπως και των κιβωτίων σύνδεσης αυτών, μπορεί να φθάσει τους 70°C , σε κατασκευές που επιτρέπουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα στην πίσω πλευρά των Φ/Β πλαισίων. Στις περιπτώσεις που εμποδίζεται η ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα αναμένονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες, έως και $80\text{-}90^{\circ}\text{C}$. Στην περίπτωση που οι αγωγοί διασύνδεσης των Φ/Β πλαισίων γειτνιάζουν με τα πλαίσια, η θερμοκρασία των τελευταίων θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη τόσο για την ορθή επιλογή της μόνωσης των αγωγών, όσο και για την κατάλληλη επιλογή της διατομής τους (επιλογή σωστού διορθωτικού συντελεστή αύξησης διατομής).



Σχήμα 2.2: Grid-connected σύστημα PV

2.9 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΑΣΤΡΟΦΕΑ

Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού απαιτείται ειδική προσοχή στη συνεργασία μεταξύ της Φ/Β σειράς και του ηλεκτρικού αναστροφέα. Ο αναστροφέας απαιτεί μια συγκεκριμένη σειρά τάσης στην είσοδό του για τη λειτουργία του, έχοντας ένα μέγιστο όριο τάσης εισαγωγής. Αυτό το μέγιστο όριο δεν πρέπει να ξεπεραστεί προκειμένου να αποφευχθεί οποιοσδήποτε κίνδυνος ζημιάς στον αναστροφέα. Συνεπώς, ο αριθμός των Φ/Β πλαισίων που μπορούν να συνδεθούν εν σειρά υπολογίζεται έτσι ώστε να μην υπερβαίνονται τα όρια αυτά, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

Η τάση ενός Φ/Β πάνελ εξαρτάται ιδιαίτερα από τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Η τάση, το ρεύμα και η ισχύς δίνονται από τον κατασκευαστή και αναφέρονται στους τυποποιημένους όρους δοκιμής (S.T.C). Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των πάνελ πρέπει να διορθωθούν σύμφωνα με τους ακραίους όρους θερμοκρασίας κατά τη λειτουργία του συστήματος. Συγκεκριμένα, από την ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πάνελ, υπολογίζεται η μέγιστη αξία τάσης των αλυσίδων, και από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πάνελ, υπολογίζεται η μέγιστη αξία του ρεύματος των παράλληλων αλυσίδων (κλάδοι).

Ο μέγιστος αριθμός των πάνελ σε σειρά υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε ότι η συνολική τάση του ανοικτού κυκλώματος της σειράς, μέσα στη χαμηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας, δεν πρέπει να υπερβεί τη μέγιστη τάση εισαγωγής του αναστροφέα. Για τα πεδινά της Ελλάδας η ελάχιστη θερμοκρασία μπορεί να καθοριστεί από -5°C ή -10°C . (θερμοκρασία λειτουργίας του ενεργού υλικού του πάνελ). Συγχρόνως, η μέγιστη τάση λειτουργίας του πάνελ, που πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τάση ανοικτών κυκλωμάτων της σειράς μέσα στη χαμηλότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, πρέπει να ελεγχθεί προκειμένου να αποφευχθεί πρόβλημα στην απομόνωση ενός Φ/Β πάνελ.

Ο ελάχιστος αριθμός πάνελ σε σειρά καθορίζεται έτσι ώστε η συνολική τάση για την βέλτιστη λειτουργία της σειράς στις μέγιστες αναμενόμενες θερμοκρασίες λειτουργίας δεν πρέπει να υπερβεί την ελάχιστη τάση εισαγωγής του αναστροφέα προκειμένου να ενεργοποιηθεί.

Εάν ο κατασκευαστής παρέχει μόνο την αξία του θερμικού συντελεστή για την τάση ενός ανοικτού κυκλώματος ($V/^{\circ}\text{C}$), τότε η ίδια αξία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τάση της μέγιστης παραχθείσας ισχύος του πάνελ χωρίς σημαντικά λάθη.

Εάν από τη σύνδεση σειράς Φ/Β πάνελ δεν παράγεται μια δύναμη περίπου όσο ονομαστική του αναστροφέα, τότε περισσότεροι παράλληλοι κλάδοι (αποδεκτός αριθμός πάνελ σε σειρά) πρέπει να συνδεθούν έτσι ώστε η συνολική δύναμη της σειράς πάνελ να πλησιάζει αυτή του αναστροφέα.

Το ρεύμα λειτουργίας των παράλληλων κλάδων πρέπει να είναι χαμηλότερο από το μέγιστο τρέχον όριο εισόδου του αναστροφέα. Η συνολική δύναμη της σειράς μπορεί να υπερβεί την ονομαστική δύναμη του αναστροφέα.

Για τις καιρικές συνθήκες της Ελλάδας συστήνεται η ονομαστική δύναμη της σειράς Φ/Β να μην ξεπεραστεί το 110% της ονομαστικής δύναμης του αναστροφέα.

Τέλος, ένα σημαντικό ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η συμβατότητα μεταξύ του τύπου των Φ/Β πάνελ και του αναστροφέα που είναι σχετικός με την απαίτηση ή όχι της γείωσης της σειράς στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος. Για να γίνει αυτό πιο συγκεκριμένο, μερικοί τύποι Φ/Β πάνελ σύμφωνα με τον κατασκευαστή απαιτούν τη γείωση του αρνητικού (λεπτός) ή του θετικού (πίσω επαφή) πόλου.

Η γείωση πρέπει να γίνεται είτε άμεσα, είτε μέσω μεγάλης αντίστασης που στοχεύει να αποφύγει τα λειτουργικά προβλήματα που έχουν οι προαναφερθέντες τύποι Φ/Β πάνελ έχουν όταν δεν στηρίζονται (προβλήματα διάβρωσης και παραίτησης απόδοσης). Επομένως, σε τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να αποφευχθεί η χρήση των αναστροφέων χωρίς γαλβανισμένη μόνωση, λόγω του περιστατικού των διαρροών ρεύματος, εκτός αν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή του αναστροφέα ότι ο επιλεγμένος τύπος του αναστροφέα είναι κατάλληλος για τη χρήση με τα πάνελ που έχουμε επιλέξει.

2.10 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΣΤΕΓΕΣ

Οι βιομηχανικές και εμπορικές στέγες αποτελούν έναν ιδανικό χώρο για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς δίνεται η δυνατότητα εκμετάλλευσης τους προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με πολύ απλές διαδικασίες και ευνοϊκούς όρους.

Ο Νόμος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που ψηφίστηκε τον Μάιο του 2010 (Ν.3851/2010 ΦΕΚ 85^Α 4/6/2010) απλοποιεί σημαντικά τις διαδικασίες για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων σε βιομηχανικά κτίρια και ταράτσες.

2.11 ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ

Η νέα νομοθεσία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) παρέχει τη δυνατότητα άμεσης εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε στέγες επιχειρήσεων. Για συστήματα ισχύος έως 1 μεγαβάτ (MWp) σε στέγες δεν απαιτείται πλέον άδεια παραγωγής και περιβαλλοντική αδειοδότηση όπως συνέβαινε στο παρελθόν. Το μόνο που χρειάζεται να κάνει μία επιχείρηση είναι να πάρει μία προσφορά όρων σύνδεσης από το Διαχειριστή του Συστήματος (ΔΕΣΜΗΕ), μία έγκριση μικρών εργασιών από την αρμόδια πολεοδομία και να υπογράψει μία 20ετή σύμβαση αγοροπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Με βάση τη νομοθεσία, κάθε κιλοβατώρα που θα παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα πωλείται στο δίκτυο με τιμή που είναι εγγυημένη από το νόμο για μια εικοσαετία. Έτσι, η επιχείρησης που θα συμμετέχουν στο νέο πρόγραμμα θα έχουν ένα σημαντικό εγγυημένο ετήσιο έσοδο.

2.12 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΣΤΕΓΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Τα βασικά πλεονεκτήματα που έχει η βιομηχανία με την εγκατάσταση Φ/Β είναι τα εξής:

- Φορολογικά οφέλη (πάγια επιχείρησης κλπ.).
- Επένδυση χωρίς ρίσκο, εγγυημένα έσοδα για 20 έτη.
- Απόσβεση το πολύ σε 7 έτη (μέσω δανείου).
- Αναβάθμιση ενεργειακής κλάσης κτιρίου (υποχρεωτικό πλέον το πιστοποιητικό).
- Δυνατότητα εμπορίας δικαιωμάτων ρύπων (CO₂).
- Ενίσχυση πράσινου προφίλ εταιρείας και ευνοϊκή μεταχείριση από διάφορες διατάξεις (φορολογικές – κανονιστικές).
- Πολύ μικρό ή μηδενικό απαιτούμενο αρχικό κεφάλαιο και εξασφάλιση των κεφαλαίων.
- Ταχείς πλέον διαδικασίες και γρήγορη εγκατάσταση.

2.13 ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΩΝ ΕΓΓΥΗΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) έχει θέσει την ανάπτυξη των ΑΠΕ στο κεντρικό κορμό του εθνικού ενεργειακού σχεδιασμού, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος, την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας της χώρας μας και την υποστήριξη των τομέων εκείνων που οδηγούν σε μία οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Η χώρα μας αποτελεί επίσημα το τέταρτο κράτος που συμμετέχει στη Διεθνή Συνεργασία για το μηχανισμό Feed-In Tariff (εγγυημένες τιμές με ταυτόχρονη προτεραιότητα στην απορρόφηση ενέργειας). Αυτό δείχνει έμπρακτα την πεποίθησή μας ότι ο υφιστάμενος μηχανισμός είναι ο πλέον αποτελεσματικός και αποδοτικός μηχανισμός για τη στήριξη των επενδύσεων σε έργα ΑΠΕ, μια διαπίστωση στην οποία συνηγορούν και όλοι οι φορείς που συν-διαμορφώνουν τον κλάδο της ενέργειας στην Ελλάδα.

Ο μηχανισμός των εγγυημένων τιμών έχει συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη σημαντικής εγκατεστημένης ισχύος για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Για αυτό και τα μέτρα που λαμβάνει το Υπουργείο είναι μέτρα ενίσχυσης του μηχανισμού αυτού και όχι αλλαγής του.

Η εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ σήμερα ξεπερνάει τα 2,4GW. Κυρίαρχες τεχνολογίες είναι τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά, ενώ ακολουθούν τα μικρά υδροηλεκτρικά και η βιομάζα. Ειδικότερα τα φωτοβολταϊκά, εμφανίζουν μία πολύ δυναμική εικόνα εξέλιξης. Η εγκατεστημένη ισχύς τους τον Σεπτέμβριο του 2011 ήταν 460MW, από 198MW που ήταν στο τέλος του 2010, ενώ με σύμβαση αγοραπωλησίας («κλειδωμένες τιμές») βρίσκονται περίπου 2.000MW (300% αύξηση σε σύγκριση με το τέλος του 2010).

Με βάση αυτή την εξέλιξη, η χώρα μας αναμένεται να επιτύχει τους εθνικούς στόχους που έχουν τεθεί για ΑΠΕ από φωτοβολταϊκά το 2014 (1.500MW), ενώ η υλοποίηση και μόνο όσων επενδύσεων έχουν ήδη σύμβαση αγοραπωλησίας σημαίνει ότι οι στόχοι του 2020 (2.200MW) θα επιτευχθούν αρκετά χρόνια πριν την ημερομηνία αυτή.

Στο σημερινό δύσκολο οικονομικό περιβάλλον, η βιωσιμότητα του μηχανισμού χρηματοδότησης των ΑΠΕ είναι προϋπόθεση για τη διασφάλιση τόσο της συνέχισης της λειτουργίας των εγκατεστημένων μονάδων, όσο και της ανάπτυξης νέων.

Για τη βιωσιμότητα αυτού του μηχανισμού, και τη μείωση του σημερινού σημαντικού ελλείμματος του Ειδικού Λογαριασμού για την πληρωμή των έργων ΑΠΕ του ΔΕΣΜΗΕ, το ΥΠΕΚΑ προχώρησε σε ευρεία διαβούλευση με τους φορείς της ενεργειακής αγοράς και τις περιβαλλοντικές οργανώσεις.

Αξιοποιώντας τις προτάσεις των φορέων και λαμβάνοντας υπόψη την πρόταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) για τη μείωση των εγγυημένων τιμών στα φωτοβολταϊκά, το ΥΠΕΚΑ με γνώμονα την απρόσκοπτη πληρωμή των παραγωγών ΑΠΕ και την εύρυθμη λειτουργία της ενεργειακής αγοράς, αποφάσισε να μειώσει τις εγγυημένες τιμές για τη συγκεκριμένη τεχνολογία, χωρίς αναδρομική ισχύ, όπως παρουσιάζεται παρακάτω:

Για εγκαταστάσεις μικρότερες των 100 kW και για Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, σε €/MWh:

Μήνας / Έτος	Υφιστάμενη κατάσταση	Νέα τιμή	Ποσοστό μείωσης
Φεβρουάριος 2012	375,54	328,6	12,5% επί της προβλεπόμενης τιμής του Ν.3734/2009 και 7% επί της νέας τιμής ανά εξάμηνο
Αύγουστος 2012	353,55	305,6	
Φεβρουάριος 2013	336,23	284,2	
Αύγουστος 2013	316,55	264,31	
Φεβρουάριος 2014	302,56	245,81	
Αύγουστος 2014	293,59	228,6	

Πίνακας 2.1: Για εγκαταστάσεις μικρότερες των 100 kW και για Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, σε €/MWh

Για κάθε έτος από το 2015 και μετά ορίζεται ως: $1,4 \times \mu.ο.ΟΤΣν-1$ όπου $\mu.ο.ΟΤΣν-1$ η μέση οριακή τιμή συστήματος τον προηγούμενο χρόνο $ν-1$.

Μήνας / Έτος	Υφιστάμενη κατάσταση	Νέα τιμή	Ποσοστό μείωσης
Φεβρουάριος 2012	338,81	292,08	12,5% επί της

Αύγουστος 2012	314,27	271,64	προβλεπόμενης τιμής του Ν.3734/2009 και 7% επί της νέας τιμής ανά εξάμηνο
Φεβρουάριος 2013	298,87	252,62	
Αύγουστος 2013	281,38	234,94	
Φεβρουάριος 2014	268,94	218,49	
Αύγουστος 2014	260,97	203,20	

Πίνακας 2.2: Για εγκαταστάσεις μεγαλύτερες των 100 kW, σε €/MWh

Για κάθε έτος από 2015 και μετά ορίζεται ως: 1,3 x μ.ο.ΟΤΣν-1 όπου μ.ο.ΟΤΣν-1 η μέση οριακή τιμή συστήματος τον προηγούμενο χρόνο ν-1.

Μήνας / Έτος	Υφιστάμενη κατάσταση	Νέα τιμή	Ποσοστό μείωσης
Φεβρουάριος 2012	522,5	495	5%
Αύγουστος 2012	522,5	470,25	
Φεβρουάριος 2013	496,38	446,73	
Αύγουστος 2013	496,38	424,4	
Φεβρουάριος 2014	471,56	403,18	
Αύγουστος 2014	471,56	383,02	

Πίνακας 2.3: Για τα φωτοβολταϊκά στις στέγες, όπως προβλέπεται από το Ειδικό Πρόγραμμα, σε €/MWh

Σημείωση: η μείωση προβλέπεται ανά εξάμηνο και όχι ετήσια όπως ίσχυε μέχρι σήμερα και συνεχίζει έως το έτος 2019.

Η απόφαση του ΥΠΕΚΑ συνυπολογίζει αφενός τη σημαντική μείωση του κόστους εγκατάστασης και τη βελτίωση της αποδοτικότητας της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών, αφετέρου δε την ιδιαίτερη οικονομική συγκυρία που δυσχεραίνει την επενδυτική δραστηριότητα. Η πρόταση έρχεται συμπληρωματικά στις ακόλουθες ρυθμίσεις που έχει ανακοινώσει ήδη το ΥΠΕΚΑ για την ενίσχυση του χρηματοδοτικού μηχανισμού:

- Επιβολή έκτακτου τέλους 2€/MWh στη λιγνιτική ηλεκτροπαραγωγή.
- Αξιοποίηση της υπ' αριθμό 187497/2011 ΚΥΑ, που προβλέπει τη δυνατότητα διάθεσης Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων θερμοκηπίου 10 εκατομμυρίων τόνων κατά το έτος 2012.
- Ενεργοποίηση του άρθρου 12, παρ.16 του νόμου 3851/2010 για τη μεταφορά μέρους των εσόδων από το τέλος υπέρ της ΕΡΤ στον Ειδικό Λογαριασμό ΑΠΕ.

Επίσης, το Υπουργείο σκοπεύει να αναλάβει διαρθρωτικές δράσεις που αφορούν και τις υπόλοιπες τεχνολογίες ΑΠΕ, λαμβάνοντας υπόψη την ωριμότητά τους και τη δυνατότητα επίτευξης των στόχων τους για το 2020, όπως:

- Σταδιακή μετάβαση στη δήλωση ετοιμότητας του έργου για ηλεκτρίση, χωρίς αναδρομική ισχύ, για το «κλείδωμα» της εγγυημένης τιμής, όπως ισχύει στην υπόλοιπη ΕΕ
- Μέτρα περαιτέρω προώθησης για τις τεχνολογίες της βιομάζας, της γεωθερμίας, των μικρών υδροηλεκτρικών και των μικρών ανεμογεννητριών
- Μετονομασία του Ειδικού Τέλους ΑΠΕ, ώστε να εκφράζει την πραγματική του φύση, που είναι το κόστος μετάβασης σε ένα πιο καθαρό ενεργειακό μίγμα για την χώρα.

Τέλος διευκρινίζεται ότι με βάση τα σημερινά δεδομένα το ΥΠΕΚΑ δεν προτίθεται να προχωρήσει σε μειώσεις εγγυημένων τιμών σε άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ πέραν των φωτοβολταϊκών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Είναι ευρέως γνωστό ότι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που έχουν να αντιμετωπίσουν τα ελληνικά νησιά είναι αυτό της τροφοδοσίας γλυκού νερού, της τροφοδοσίας νερού κατάλληλου για πόση και οικιακές χρήσεις. Το πρόβλημα της έλλειψης νερού είναι ακόμα πιο σημαντικό για νησιά με αναπτυγμένη τουριστική βιομηχανία καθώς τα νησιά αυτά έχουν να αντιμετωπίσουν τους θερινούς μήνες, εκτός από την αναπόφευκτη λειψυδρία, και την κατακόρυφη αύξηση ζήτησης για νερό λόγω της έλευσης χιλιάδων τουριστών.

Έχουν υπάρξει κατά καιρούς διάφορες λύσεις για το πρόβλημα της λειψυδρίας. Από τα παραδοσιακά πηγάδια, τις γεωτρήσεις, ως την κατασκευή φραγμάτων ή ακόμα και μεταφορά νερού στα νησιά μέσω δεξαμενόπλοιων παλιότερα.

Μία από αυτές τις λύσεις είναι και η δημιουργία μονάδων αφαλάτωσης, και είναι ίσως και η πιο αξιόπιστη λύση καθώς η παραγωγή καθαρού νερού από αυτές δεν επηρεάζεται από την ενδεχόμενη μείωση βροχοπτώσεων καθώς χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό το οποίο φυσικά είναι άφθονο.

3.2 ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ

Οι διεργασίες αφαλάτωσης γενικά διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

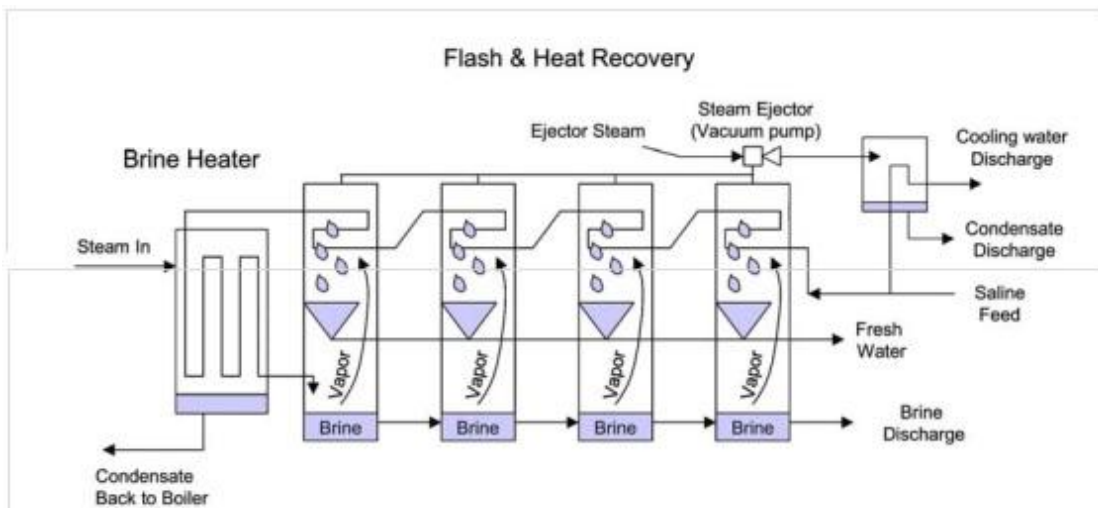
- Σε διεργασίες που περιλαμβάνουν αλλαγή φάσης (θερμικές διεργασίες). Αυτές είναι η απόσταξη και η κρυστάλλωση. Η δεύτερη όμως δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Όσον αφορά την απόσταξη, οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι η πολυβάθμια εκτόνωση (Multiple Stage Flashing, MSF), η πολυβάθμια εξάτμιση (Multiple Effect Distillation, MED), η εξάτμιση με συμπίεση ατμών (Vapor Compression, VC) και η ηλιακή απόσταξη (Solar Distillation).
- Σε διεργασίες οι οποίες πραγματοποιούνται σε μια μόνο φάση, δηλαδή την υγρή. Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν η αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis, RO) και η ηλεκτροδιάλυση (Electrodialysis, ED), οι οποίες χρησιμοποιούν μεμβράνες για την απομάκρυνση των αλάτων.

3.2.1 Πολυβάθμια εκτόνωση (multiple stage flashing, MSF)

Τέτοιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη Μέση Ανατολή: Σαουδική Αραβία, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Κουβέιτ, καλύπτοντας το 40% της παγκόσμιας χρήσης αφαλάτωσης.



Εικόνα 3.1: Εγκατάσταση πολυβάθμιας εκτόνωσης στη Μέση Ανατολή



Εικόνα 3.2: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εκτόνωσης

Όπως φαίνεται και στο σχήμα, η αρχή λειτουργίας τους είναι η εξής: Το θαλασσινό νερό, αφού θερμανθεί σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη από το σημείο βρασμού εισέρχεται στον πρώτο θάλαμο όπου επικρατεί πίεση χαμηλότερη από την πίεση κορεσμού και επομένως το νερό ατμοποιείται. Ο ατμός έρχεται σε επαφή με τους σωλήνες που μεταφέρουν το κρύο θαλασσινό νερό και υγροποιείται. Στη συνέχεια συλλέγεται ως καθαρό νερό.

Το φαινόμενο επαναλαμβάνεται στους επόμενους θαλάμους με την υπολειπόμενη άλμη και με πίεση συνεχώς μειούμενη (για να παρακολουθήσει την αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας της άλμης). Συχνά είναι συμφέρον οι εγκαταστάσεις αυτές της αφαλάτωσης να βρίσκονται κοντά σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς ώστε να γίνεται καλύτερη αξιοποίηση του καυσίμου. Δηλαδή ο ατμός υψηλής πίεσης πρώτα εκτονώνεται στον ατμοστρόβιλο για την παραγωγή ισχύος και κατόπιν χρησιμοποιείται για την αφαλάτωση.

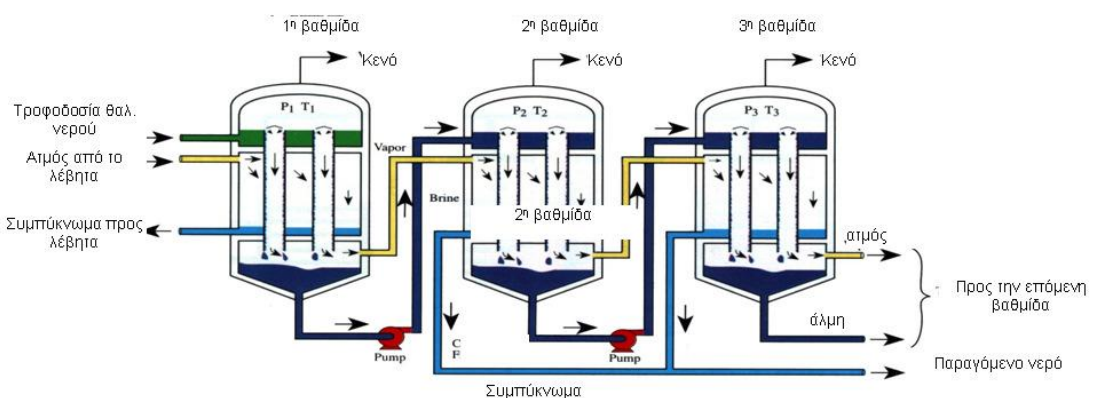
Μπορούμε δυνητικά να θεωρήσουμε ως βαθμό απόδοσης των θερμικών μονάδων αφαλάτωσης το πηλίκο της μάζας του παραγόμενου αποσταγμένου νερού προς την μάζα του ατμού που χρησιμοποιήθηκε. Για την συγκεκριμένη αυτή μέθοδο, ένας

τυπικός βαθμός απόδοσης είναι περίπου 8, ενώ μια μονάδα 20 βαθμίδων απαιτεί περίπου 290 kJ/kg προϊόντος.

3.2.2 Πολυβάθμια εξάτμιση (multiple effect distillation)



Εικόνα 3.3: Εγκατάσταση πολυβάθμιας εξάτμισης στο Ομάν (3 x 2400 m³/ημέρα)



Εικόνα 3.4: Σχηματική απεικόνιση της πολυβάθμιας εξάτμισης

Η πολυβάθμια εξάτμιση δεν είναι και τόσο διαδεδομένη, διότι λόγω τεχνικών προβλημάτων αντικαταστάθηκε σταδιακά τα τελευταία χρόνια από την πολυβάθμια εκτόνωση. Σήμερα παρ' όλα αυτά, λόγω του ότι παρουσιάζει καλύτερο συντελεστή θερμικής απόδοσης αρχίζει να ξανακερδίζει έδαφος.

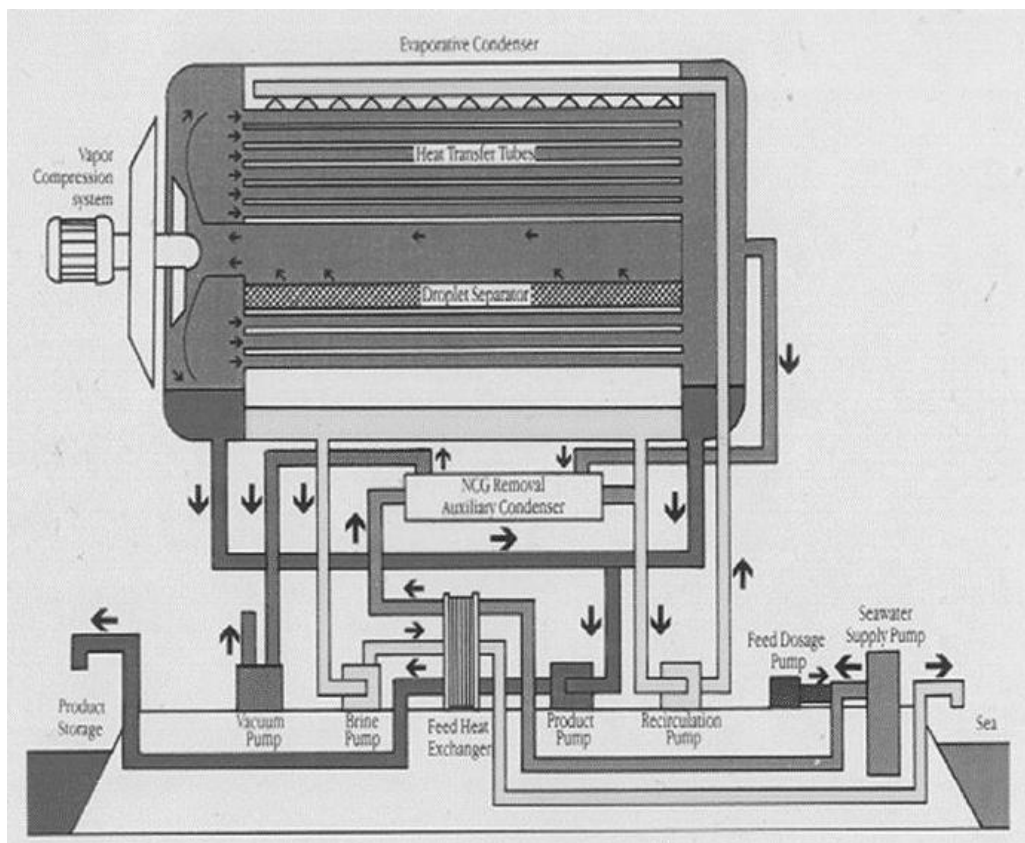
Στην πολυβάθμια εξάτμιση ο ατμός περνάει μέσα από σωλήνες, ενώ το κρύο θαλασσίνο νερό ψεκάζεται πάνω τους δημιουργώντας ένα πολύ λεπτό στρώμα νερού, το οποίο εξατμίζεται άμεσα. Έτσι, μέρος του ατμού συμπυκνώνεται και συλλέγεται σαν καθαρό νερό, ενόσω συνεχίζουν στην επόμενη βαθμίδα ο υπόλοιπος ατμός μαζί με το υπόλοιπο θαλασσίνο νερό που απέμεινε από την ατμοποίηση. Και στη μέθοδο αυτή σε κάθε θάλαμο υπάρχει αντλία κενού που υποβοηθά την εξάτμιση, με βαθμιαία μειούμενη πίεση σε κάθε βαθμίδα, που ισούται με την πίεση κορεσμού στην αντίστοιχη θερμοκρασία του κάθε θαλάμου. Αυτό έχει σαν όφελος να επιτρέπει

την λειτουργία τόσο σε υψηλή όσο και σε χαμηλή θερμοκρασία, συχνά δε, η μέγιστη θερμοκρασία βρασμού μπορεί να είναι μέχρι και 55 °C, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί χαμηλού επιπέδου απορριπτόμενη θερμότητα από άλλες θερμικές διεργασίες. Στη μέθοδο αυτή συχνά χρησιμοποιούνται και συμπιεστές (μηχανικοί ή θερμικοί), ενώ οι παραλλαγές της προκύπτουν απ' την οριζόντια ή κάθετη διάταξη των σωλήνων ατμού και τη φορά του ατμού σε σχέση με την άλμη (ομορροή, αντιρροή ή παράλληλη).

3.2.3 Εξάτμιση με συμπίεσης ατμών (vapor compression)



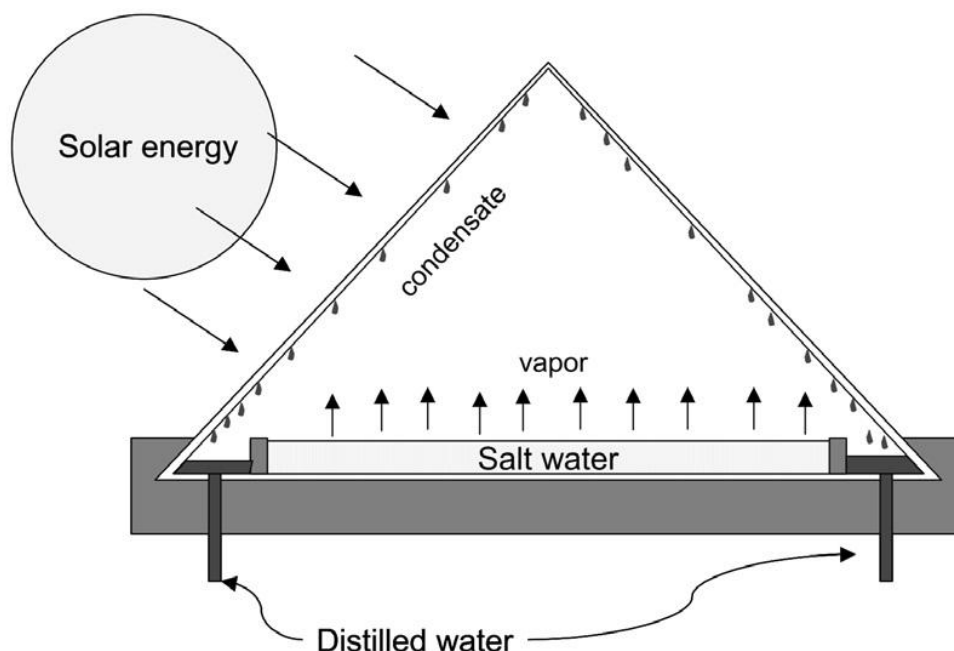
Εικόνα 3.5: Εγκατάσταση εξάτμισης με συμπίεση ατμών



Εικόνα 3.6: Σχηματική απεικόνιση της εξάτμισης με συμπίεση ατμών

Η μέθοδος αυτή είναι απλούστερη των προηγούμενων, και πιο αποτελεσματική. Το κρύο νερό της θάλασσας ψεκάζεται πάνω σε σωλήνες που τους διαπερνά καυτός ατμός, θερμαίνεται και εξατμίζεται με τη βοήθεια αεροσυμπιεστή που δημιουργεί υποπίεση. Σκόπιμη είναι η δημιουργία λεπτού στρώματος νερού πάνω στους σωλήνες για την καλύτερη απόδοση της εγκατάστασης. Κατόπιν οι καθαροί υδρατμοί συλλέγονται, συμπυκνώνονται και λαμβάνονται ως προϊόν. Η μέθοδος αυτή διαφέρει από τις προηγούμενες καθόσον λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και η εξάτμιση προκαλείται αποκλειστικά και μόνο από την χαμηλή πίεση. Έτσι δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη πηγής θερμότητας. Η μέθοδος αυτή μπορεί να παράγει μέχρι και 3000 m³/ημέρα.

3.2.4 Ηλιακή απόσταξη (solar distillation)

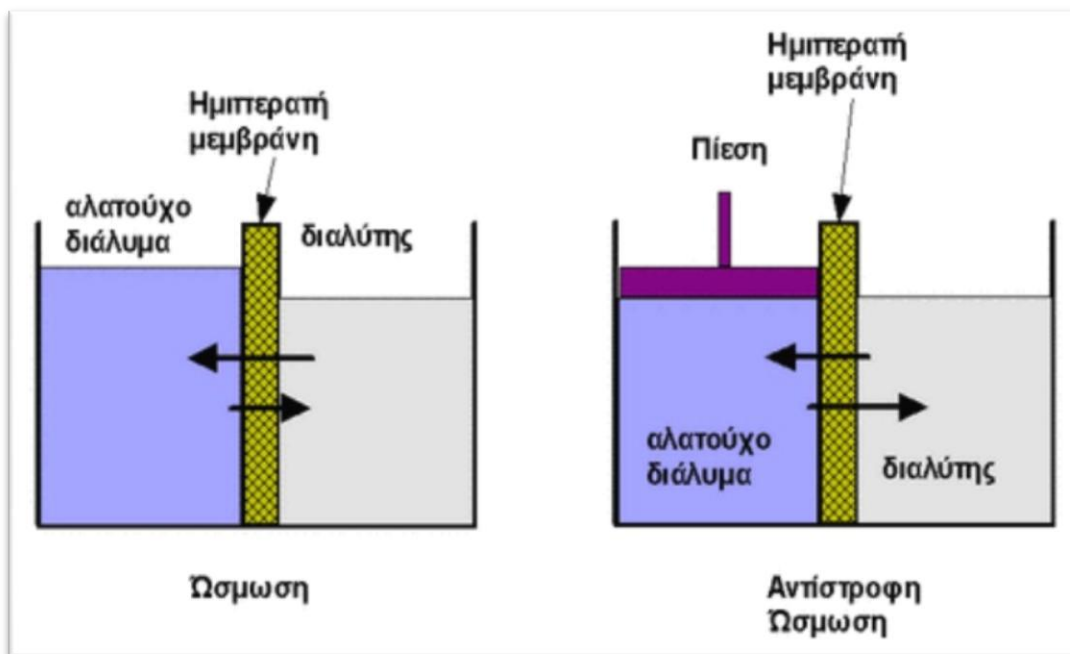


Εικόνα 3.7: Σχηματική απεικόνιση της ηλιακής απόσταξης

Η τεχνική που χρησιμοποιείται για την χρήση της ηλιακής ενέργειας στην αφαλάτωση, βασίζεται στην αρχή του θερμοκηπίου. Οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν ελάχιστο ή μηδενικό κόστος λειτουργίας εφόσον δεν χρησιμοποιούν κανενός είδους καύσιμο και ως εκ τούτου δεν ρυπαίνουν καθόλου το περιβάλλον: οι ακτίνες του ήλιου διέρχονται μέσα από μια διαφανή οροφή και θερμαίνουν το θαλασσινό νερό που βρίσκεται στον πυθμένα. Αυτό εξατμίζεται και ανεβαίνει στην οροφή που είναι κεκλιμένη, οπότε συμπυκνώνεται πάλι και συλλέγεται ως προϊόν από κατάλληλη διάταξη. Η μέγιστη θερμοκρασία ενός τέτοιου θερμοκηπίου φτάνει περίπου τους 45°C – 55°C το καλοκαίρι. Το μοναδικό κόστος είναι αυτό των υλικών κατασκευής και ως εκ τούτου θα πρέπει να αναζητηθούν υλικά με χαμηλό κόστος. Βέβαια, η απόδοση τέτοιων εγκαταστάσεων είναι χαμηλή, περίπου 3,5 λίτρα καθαρό νερό ανά

m² εδάφους, και μάλιστα νερό όχι απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς, πράγμα που σημαίνει ότι χρειάζεται και περαιτέρω επεξεργασία.

3.2.5 Αντίστροφη ώσμωση (reverse osmosis)



Εικόνα 3.8: Το φαινόμενο της ώσμωσης

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο φαινόμενο της ώσμωσης, το οποίο απαντάται πολύ συχνά στη φύση και στις λειτουργίες των κυττάρων, όπως π.χ. του δέρματος, των νεφρών κλπ. Το φαινόμενο της ώσμωσης είναι το εξής:

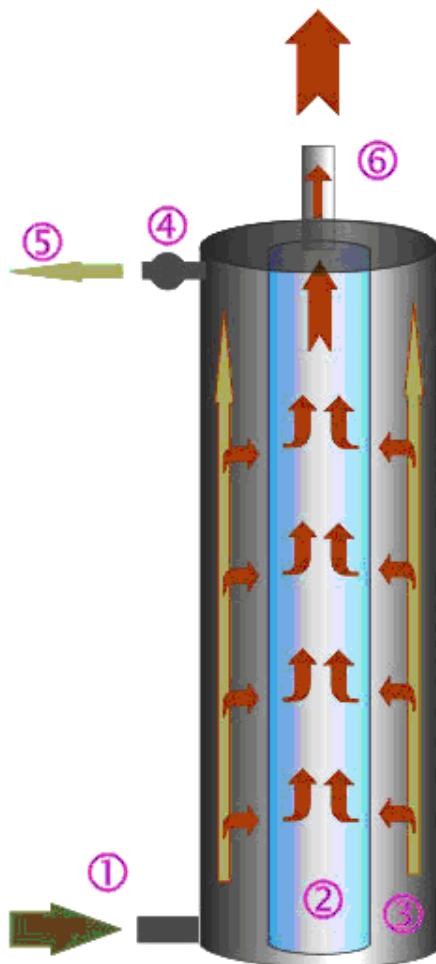
Τα δύο τμήματα του δοχείου που φαίνεται στο σχήμα χωρίζονται από μια μεμβράνη πορώδους υλικού του οποίου οι πόροι είναι πολύ μικροί. Το ένα τμήμα περιέχει ποσότητα καθαρού νερού, ενώ το άλλο ίση ποσότητα νερού με διαλυμένα μόρια αλατιού σε αυτό. Οι στάθμες αρχικά βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, ενώ μετά από λίγη ώρα η στάθμη του τμήματος που περιέχει το αλάτι ανεβαίνει διότι τα μόρια του νερού που βρίσκονται στο τμήμα με το καθαρό νερό διέρχονται της μεμβράνης. Το διάλυμα δηλαδή με την μικρότερη συγκέντρωση θα περάσει μέσα από την μεμβράνη προς το πυκνότερο διάλυμα μέχρι να εξισωθούν οι συγκεντρώσεις.

Αν με κάποιο τρόπο ανακοπεί η πορεία των μορίων του καθαρού νερού προς το αλατούχο, εφαρμόζοντας κάποια πίεση, τότε η ροή σταματά και τα δύο διαλύματα βρίσκονται κάτω από μια ισορροπία πιέσεων. Η πίεση που εφαρμόζεται, ονομάζεται οσμωτική πίεση.

Εάν αυξηθεί η τεχνητή πίεση στο αλατούχο διάλυμα, θα συμβεί το εξής φαινόμενο: το νερό που υπάρχει στο αλατούχο διάλυμα θα περνά στο διαμέρισμα με το καθαρό νερό και η στάθμη αυτού του διαμερίσματος θα ανεβαίνει. Μέσα από τους πόρους της μεμβράνης διέρχεται μόνο το καθαρό νερό, ενώ το αλάτι παραμένει στο διαμέρισμα του αλατούχου διαλύματος και η στάθμη του συνεχώς κατεβαίνει. Η τεχνική αυτή, η οποία προκάλεσε το αντίθετο φαινόμενο από την ώσμωση ονομάζεται αντίστροφη ώσμωση.

Στην διαδικασία αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση συμβαίνει το εξής: με αντλία υψηλής πίεσης διοχετεύεται το αλμυρό νερό στο σύστημα μεμβρανών. Η

πίεση που ασκείται έχει σχέση με την αλατότητα του προς αφαλάτωση νερού, καθώς η διαφορά αυτή οφείλεται στην διαφορετική συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων μέσα στο νερό. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να φτάσει τα 7KWh ανά 5.000 lt πόσιμο νερό, και μπορεί να προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια μετά από φωτοβολταϊκή μετατροπή, καθιστώντας το σύστημα αυτοδύναμο. Η αντίστροφη ώσμωση πραγματοποιείται μέσα σε χαλύβδινα δοχεία που περιέχουν διατάξεις διαδοχικών ζευγών μεμβρανών που φτάνουν μέχρι τις 200. Η διάρκεια ζωής των μεμβρανών είναι 1.5 - 2 χρόνια.



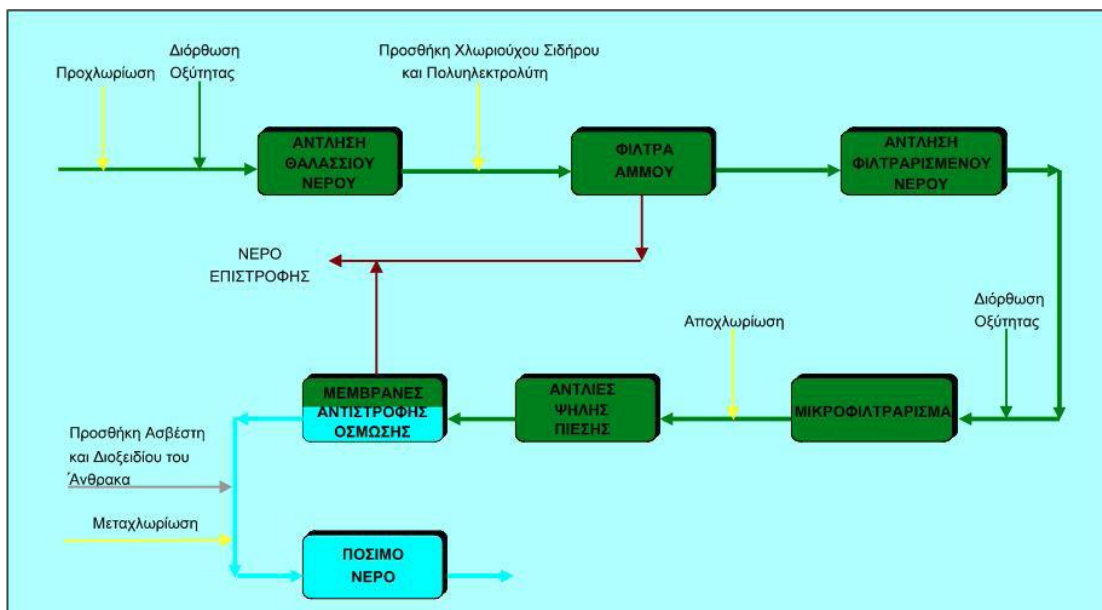
Εικόνα 3.9: Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας συσκευής αντίστροφης ώσμωσης

Το προς καθαρισμό νερό εισέρχεται από την είσοδο (1) στη συσκευή και καταλαμβάνει το χώρο (3). Υπάρχουν δυο διέξοδοι: η (5) και η (6). Ο χώρος (3) βρίσκεται υπό πίεση και το νερό εξαναγκάζεται κατά ποσοστό 25% περίπου να διέλθει μέσα από τη μεμβράνη (2), οπότε και καθαρίζεται και εξέρχεται από την (6) ως προϊόν, είτε μόλις η πίεση ξεπεράσει το όριο της βαλβίδας (4) να βγει από την έξοδο (5), σε ποσοστό 75% περίπου, παρασύροντας μαζί του και τις ακαθαρσίες.

Για το θαλάσσιο νερό, που πρωτίστως μας ενδιαφέρει, χρειάζονται ορισμένα στάδια επεξεργασίας:

- Στάδιο προεπεξεργασίας
- Στάδιο αντίστροφης ώσμωσης

- Τελικό στάδιο επεξεργασίας



Εικόνα 3.10: Διάγραμμα ροής απαλάτωσης με σύστημα αντίστροφης όσμωσης

❖ ΣΤΑΔΙΟ ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το πρώτο αυτό στάδιο επεξεργασίας του θαλασσινού νερού είναι το πιο σημαντικό, διότι ουσιαστικά συμβάλλει στην προστασία των μεμβρανών. Δηλαδή πρέπει να καταστραφούν οι μικροοργανισμοί και να αποφευχθεί η εναπόθεση αλάτων στις μεμβράνες.

Η προεπεξεργασία του θαλάσσιου νερού συνήθως περιλαμβάνει:

- Φίλτρο εισόδου (με τοποθέτηση σχάρας στην αναρρόφηση για να μην εισέλθουν ψάρια, φύκια και πλαστικά)
- Προχλωρίωση του θαλάσσιου νερού (με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου)
- Προσθήκη οξέος (συνήθως θειικό οξύ για τη ρύθμιση της οξύτητας και την αποφυγή απόθεσης αλάτων)
- Συσσωμάτωση των κολλοειδών/οργανικών ουσιών (με προσθήκη χλωριούχου σιδήρου και πολυηλεκτρολύτη)
- Φίλτρο άμμου (περιλαμβάνει άμμο, χαλίκια και ανθρακίτη για την κατακράτηση ακόμα μικρότερων στερεών αιωρούμενων σωματιδίων)
- Φίλτρα πολυπροπυλενίου (για κατακράτηση των στερεών ουσιών με μέγεθος μέχρι και 1μm, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν φθορά στις μεμβράνες)
- Αποχλωρίωση (με θειούχο νάτριο ή φίλτρο ενεργού άνθρακα, γιατί οι μεμβράνες καταστρέφονται στην παρουσία ελεύθερου χλωρίου)

- Αποστείρωση με υπεριώδη ακτινοβολία

❖ ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΤΙΣΠΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ

Στο στάδιο του διαχωρισμού στις μεμβράνες, αντλίες υψηλής πίεσης παρέχουν την πίεση που απαιτείται ώστε το νερό να περάσει μέσα από τις μεμβράνες και να απορρίψει τα άλατά του. Αυτή η πίεση είναι μεταξύ 54 και 80 ατμόσφαιρες. Καθώς ένα μέρος του νερού περνάει μέσα από τις μεμβράνες, στο υπόλοιπο νερό αυξάνεται η συγκέντρωση των αλάτων. Την ίδια στιγμή ένα μέρος του νερού που τροφοδοτείται στις μεμβράνες απορρίπτεται χωρίς να περάσει μέσα από αυτές. Χωρίς αυτή την ελεγχόμενη απόρριψη, η συγκέντρωση των αλάτων στο νερό θα συνέχιζε να αυξάνει, με επακόλουθο την εναπόθεση των υπερκορεσμένων αλάτων και αύξηση της οσμωτικής πίεσης κατά μήκος των μεμβρανών. Η ποσότητα του νερού αυτού είναι μεταξύ 20% και 70% της ροής τροφοδοσίας και εξαρτάται από τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας.

❖ ΤΕΛΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο τελικό στάδιο επεξεργασίας γίνεται σταθεροποίηση του παραγόμενου νερού και προετοιμασία του για τη διανομή του ως πόσιμο νερό. Το στάδιο αυτό μπορεί να αποτελείται από:

- Απομάκρυνση αερίων, όπως το υδρόθειο
- Ρύθμιση της οξύτητας (pH) και αύξηση της σκληρότητας (με προσθήκη ειδικά επεξεργασμένου ασβέστη και διοξειδίου του άνθρακα)
- Τελική χλωρίωση

Είναι φανερό ότι στη μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης η ενέργεια που απαιτείται καταναλώνεται σχεδόν εξ' ολοκλήρου στις αντλίες για τη συμπίεση του νερού. Επειδή η οσμωτική πίεση (που πρέπει να υπερνικηθεί) είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των αλάτων, η αντίστροφη ώσμωση είναι η πρώτη επιλογή για υφάλμυρα νερά, με την πίεση λειτουργίας να είναι 15 – 25 bar, ενώ για θαλάσσιο νερό είναι 54 – 80 bar, αφού η οσμωτική του πίεση είναι περίπου 25 bar. Η σημαντικότερη απώλεια ενέργειας είναι η εκτόνωση της άλμης, όταν βγαίνει με υψηλή πίεση απ' τη συσκευή και γι' αυτό, σε μεγάλες κυρίως μονάδες, υπάρχουν συστήματα ανάκτησης της ενέργειας αυτής, π.χ. υδροστρόβιλοι, με αποτελεσματικότητα μέχρι και 95%.

❖ ΤΥΠΟΙ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ

Οι μεμβράνες κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις τύπους:

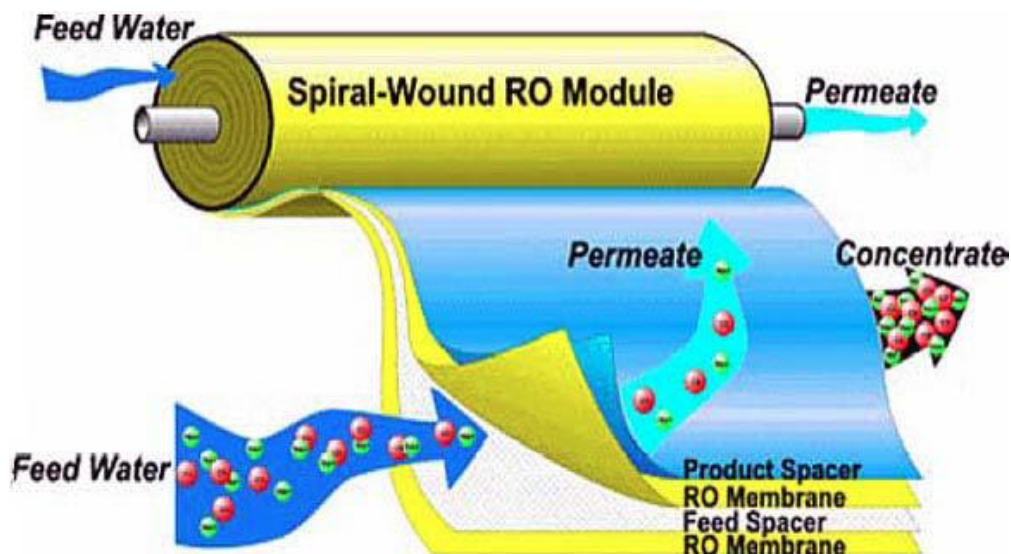
1. Επίπεδος τύπος
2. Σπειροειδής μεμβράνη
3. Σωληνωτός τύπος

4. Τύπος τριχοειδών ινών

Τα συστήματα μεμβρανών έχουν κυλινδρικό σχήμα διότι έτσι, οι δυνάμεις πίεσης που ασκεί το νερό στην μεμβράνη κατανέμονται σε όλη την επιφάνεια εσωτερικά του κυλίνδρου όπου και εξισορροπούνται. Η ικανότητα απόδοσης του συστήματος εξαρτάται από τον αριθμό των μεμβρανών που τοποθετούνται στην εγκατάσταση σε παράλληλη συστοιχία.

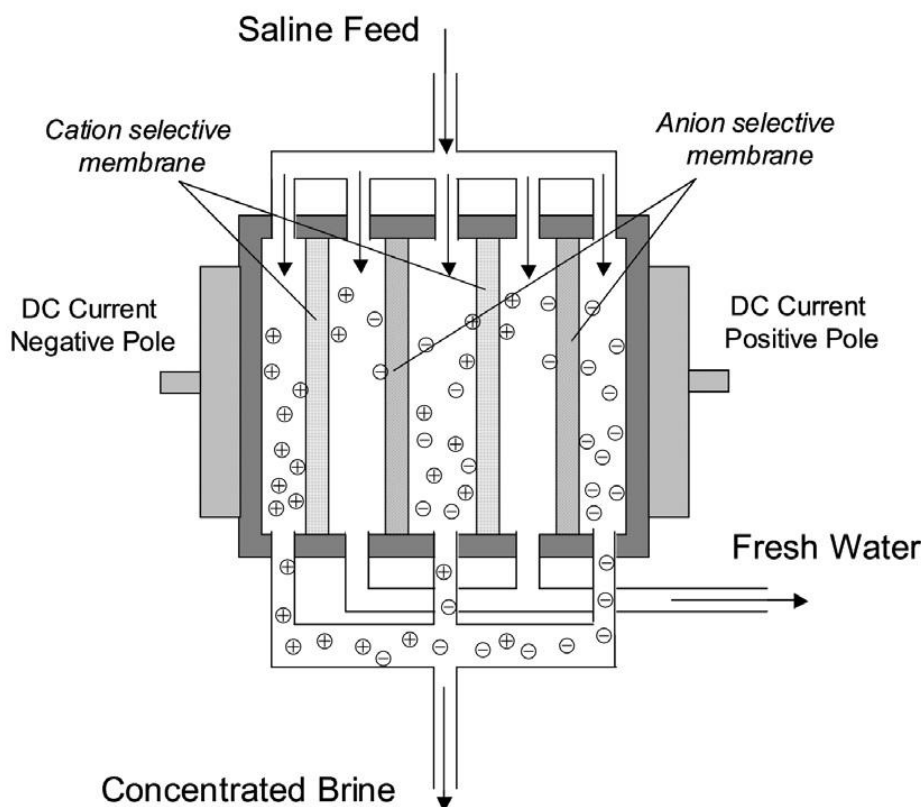
Τα χαρακτηριστικά των μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης είναι τα εξής:

- Αποτελούνται από ένα λεπτό φιλμ πολυμερούς υλικού με πάχος μερικές χιλιάδες Angstroms τοποθετημένο σε πορώδες πολυμερές
- Οι μεμβράνες του εμπορίου έχουν υψηλή διαπερατότητα στο νερό και υψηλό βαθμό ημιδιαπερατότητας, δηλαδή το κλάσμα της ροής του νερού προς τη ροή των διαλυμένων ιόντων είναι πολύ μεγάλο
- Πρέπει να έχουν σταθερή απόδοση σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών και pH, αλλά και καλή μηχανική αντοχή
- Οι μεμβράνες του εμπορίου έχουν διάρκεια ζωής 3 – 5 χρόνια, ανάλογα με τη μεμβράνη, την ποιότητα του τροφοδοτικού νερού και τη λειτουργία της εγκατάστασης
- Οι περισσότερες περιλαμβάνουν τις ουσίες οξικά άλατα κυτταρίνης (cellulose acetate, CA) και πολυαμίδες (polyamide, PA)
- Πολλές φορές η επιλογή της μεμβράνης γίνεται περισσότερο με κριτήριο τη συμβατότητα, παρά από τα τεχνικά χαρακτηριστικά που αφορούν την ικανότητα φίλτρανσης και τη ροή του νερού διαμέσου αυτής



Εικόνα 3.11: σχηματική διαδικασία της RO, η οποία χρησιμοποιεί σπειροειδή μεμβράνη

3.2.5 Ηλεκτροδιάλυση (electrodialysis)



Εικόνα 3.12: σχηματική απεικόνιση της ηλεκτροδιάλυσης

Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται η αρχή της ηλεκτρόλυσης για να καθαρίσει το νερό. Το προς αφαλάτωση νερό περνάει μέσα από ένα σύστημα φορτισμένων μεμβρανών που διαχωρίζουν τα ιόντα των διαλυμένων αλάτων και τα απομακρύνουν από το καθαρό νερό. Τα ιόντα είναι οι – θετικά και αρνητικά – ηλεκτρικά φορτισμένες μονάδες των μετάλλων και των ριζών που βρίσκονται στο νερό.

Έστω ότι μέσα σε ένα δοχείο διαλύεται μια ποσότητα χλωριούχου νατρίου. Σε αυτήν την υδάτινη μάζα θα υπάρχουν ιόντα Νατρίου και ιόντα Χλωρίου. Στη συνέχεια εφαρμόζεται στο διάλυμα ηλεκτρική τάση μέσω δύο ηλεκτροδίων που βυθίζονται μέσα στο διάλυμα και επομένως επιβάλλεται ένα ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο διάλυμα. Τα φορτισμένα ιόντα κινούνται προς την κατεύθυνση των ηλεκτροδίων εκείνων που έχουν αντίθετο φορτίο με αυτά.

Στην αφαλάτωση με ηλεκτρόλυση, το ηλεκτρολυτικό κελί περιλαμβάνει δύο μεμβράνες σαν διαχωριστικά τοιχώματα. Στα πλευρικά τοιχώματα υπάρχουν τα ηλεκτρόδια της συσκευής που συνδέονται με πηγή συνεχούς ρεύματος. Στην συσκευή διοχετεύεται θαλασσινό νερό.

Κατά την κίνησή τους, τα διαλυμένα ιόντα προσκολλώνται στις μεμβράνες με επιλεκτικό τρόπο. Τα ιόντα των αλάτων που συνήθως περιλαμβάνονται στο νερό διαπερνούν τις μεμβράνες εγκαταλείποντας τον ενδιάμεσο θάλαμο. Έτσι ο ενδιάμεσος θάλαμος περιέχει νερό με λιγότερα άλατα και επομένως πιο καθαρό. Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να λειτουργήσει με μη ιοντικά στερεά, ενώ επίσης η απαιτούμενη ενέργεια είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των

αλάτων. Γι' αυτό η μέθοδος αυτή προτιμάται σε υφάλμυρα νερά, με σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων.

Συχνά, για την βέλτιστη λειτουργία των μεμβρανών, εφαρμόζεται αντιστροφή των πεδίων, ώστε τα τμήματα των μεμβρανών που είχαν μαζέψει πολλά άλατα καθαρίζονται από την ροή του καθαρού νερού.

3.3 Η ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΜΥΚΟΝΟΥ

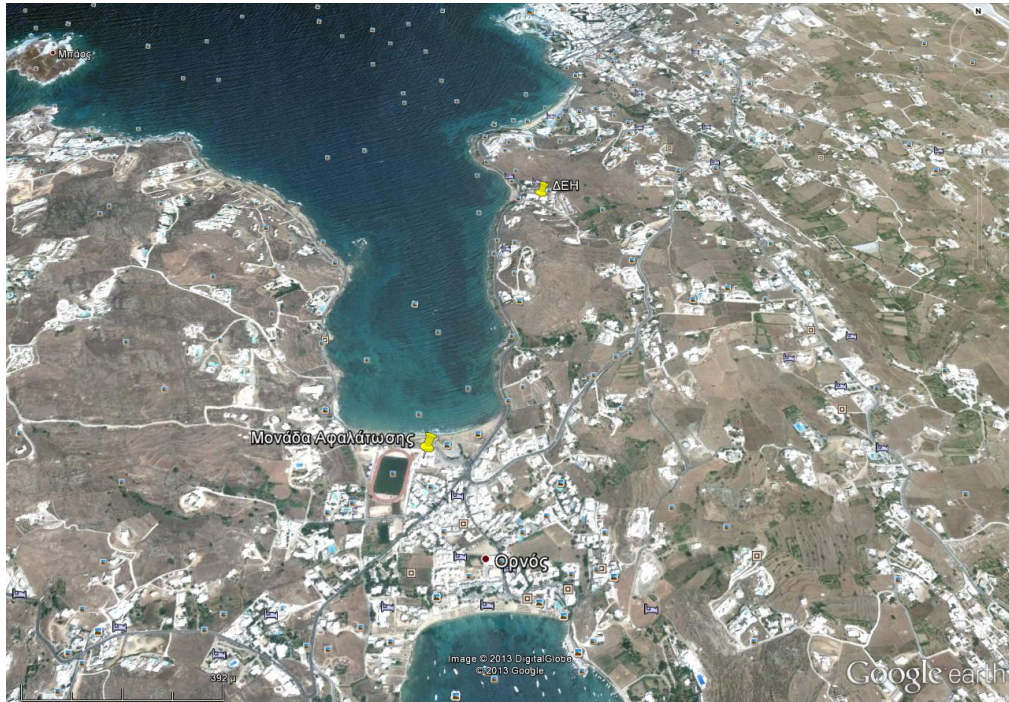
Στο νησί της Μυκόνου υπάρχει μεγάλο πρόβλημα λειψυδρίας όπως και στα περισσότερα νησιά των Κυκλάδων. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την ύπαρξη δύο τεχνητών φραγμάτων για αποθήκευση βρόχινου νερού και την μονάδα αφαλάτωσης θαλασσινού νερού. Το λιγιστό νερό που αποθηκεύεται στα φράγματα λόγω ελάχιστων βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για αρδευτικούς σκοπούς σε αντίθεση με το νερό που προέρχεται από την μονάδα αφαλάτωσης που είναι πόσιμο.

Η μονάδα αφαλάτωσης της Μυκόνου είναι εγκαταστημένη στην περιοχή Κόρφος, 37ο 25,34 Β και 25ο 19,18 Α, σε έκταση ιδιοκτησίας του Δήμου Μυκόνου. Απασχολεί 9 άτομα προσωπικό. Αρχικά αποτελείτο από ένα κτιριακό συγκρότημα με τρεις αντλίες υψηλής πίεσης, δυνατότητας παραγωγής 600 κυβικών μέτρων πόσιμου νερού ημερησίως. Ξεκίνησε τη λειτουργία της το 2000. Στη συνέχεια, το 2010 ήταν έτοιμη η επέκταση της μονάδας με τρεις ακόμα αντλίες, ίδιας ονομαστικής ισχύος με τις παλιές αλλά με δυνατότητα παραγωγής 1500 κυβικών μέτρων πόσιμου νερού ημερησίως η κάθε μία. Η εγκατάσταση λειτουργεί με αναλογία θαλασσινού νερού προς πόσιμο νερό, 3 προς 1, δηλαδή για κάθε κυβικό μέτρο πόσιμου νερού που εξάγεται χρειάζονται 3 κυβικά θαλασσινού. Τα υπόλοιπα 2 κυβικά επιστρέφονται στη θάλασσα. Έτσι σήμερα η μονάδα αφαλάτωσης έχει συνολική δυνατότητα παραγωγής 6300 κυβικών μέτρων πόσιμου νερού ημερησίως.



Εικόνα 3.13: μονάδα αφαλάτωσης Μυκόνου από Google earth

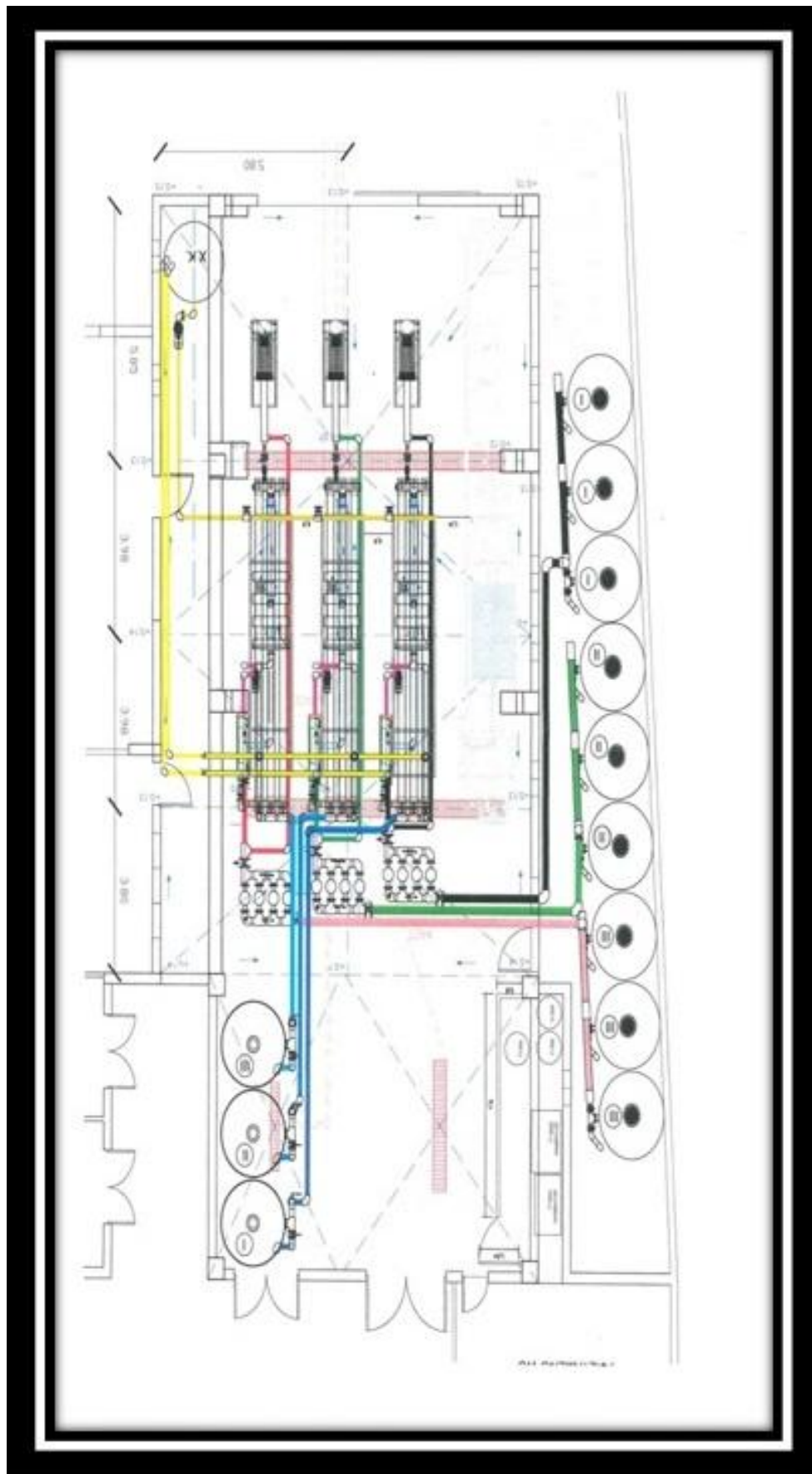
Ο περιβάλλον χώρος γύρω από την αφαλάτωση είναι πιθανόν να επηρεάζει την λειτουργία οποιουδήποτε συστήματος ηλιακής ενέργειας τοποθετηθεί, είναι λοιπόν χρήσιμο να αναφέρουμε ότι η μονάδα είναι κτισμένη σε κόλπο, με απόσταση περί τα σαράντα μέτρα από την θάλασσα και την αμμουδιά που αποτελείται από χονδρόκοκκη άμμο. Προς τα νοτιοανατολικά της μονάδας υπάρχει γήπεδο ποδοσφαίρου και προς τα νότια άλλες κτιριακές εγκαταστάσεις χαμηλότερου κυρίως ύψους κατασκευής. Επίσης σε απόσταση ενός χιλιομέτρου υπάρχει τοπική εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικού από καύση πετρελαίου της ΔΕΗ. Γενικότερα λοιπόν η μονάδα της αφαλάτωσης είναι αρκετά εκτεθειμένη σε ανέμους, σκόνη, άλατα λόγω κοντινής απόστασης από την ακτή και ρύπους.



Εικόνα 3.14: μονάδα αφαλάτωσης Μυκόνου από Google earth

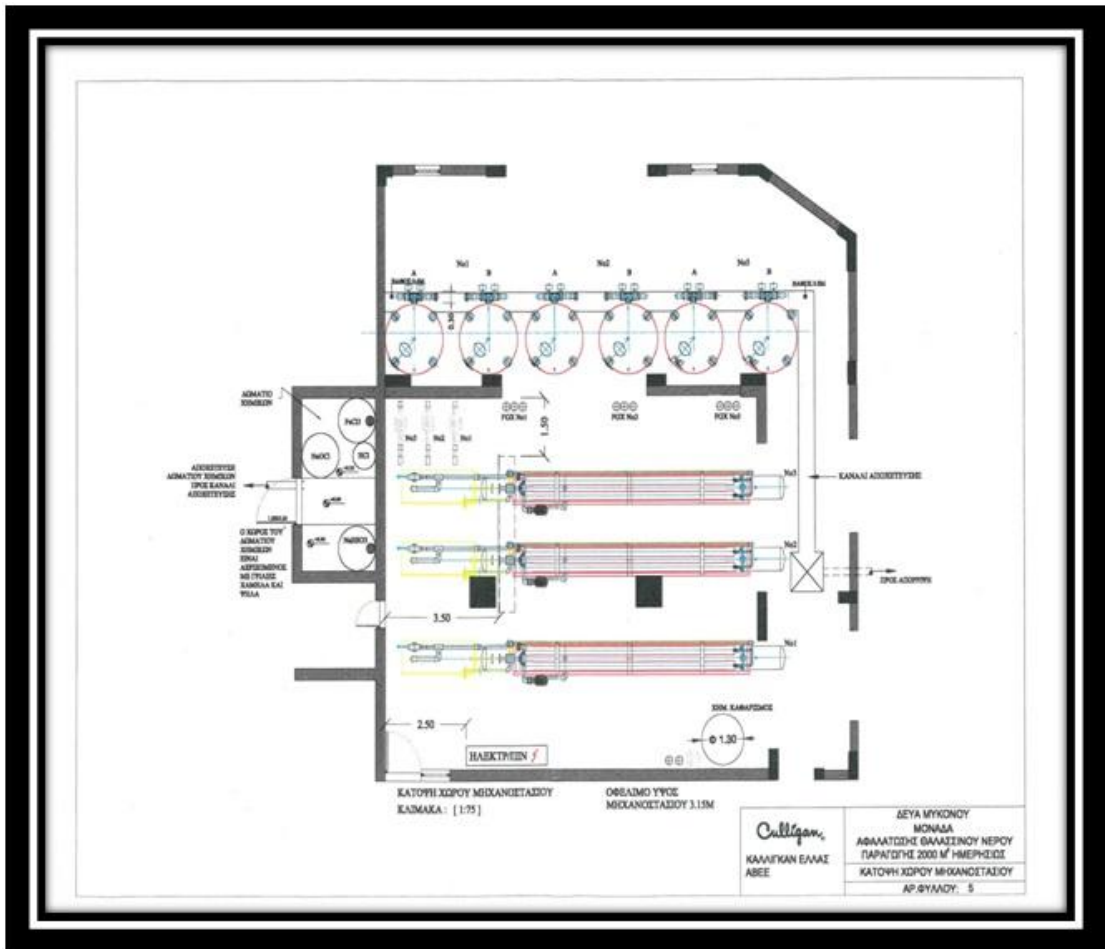
3.4 ΤΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τα μηχανολογικά φορτία για την πρώτη μονάδα της αφαλάτωσης			
		Πλήθος	Ισχύς σε kW
Αντλίες υδροληψίας	Εγκατεστημένα	4	5,5
	Εν λειτουργία	3	5,5
	Απορροφούμενη	3	5
Αντλίες τροφοδοσίας	Εγκατεστημένα	3	11
	Εν λειτουργία	3	11
	Απορροφούμενη	3	10,7
Αντλίες υψηλής πίεσης	Εγκατεστημένα	3	132
	Εν λειτουργία	3	132
	Απορροφούμενη	3	122,5
Αντλίες ανακυκλοφορίας πόσιμου	Εγκατεστημένα	1	0,7
	Εν λειτουργία	1	0,7
	Απορροφούμενη	1	0,7
Αντλίες προώθησης πόσιμου	Εγκατεστημένα	1	55
	Εν λειτουργία	1	55
	Απορροφούμενη	1	46,2
Αντλίες έκπλυσης	Εγκατεστημένα	3	5,5
	Εν λειτουργία	-	-
	Απορροφούμενη	-	-
Αντλίες χημικού καθαρισμού	Εγκατεστημένα	1	11
	Εν λειτουργία	-	-
	Απορροφούμενη	-	-
Αντλίες τροφοδοσίας χημικών	Εγκατεστημένα	19	0,05
	Εν λειτουργία	14	0,05
	Απορροφούμενη	14	0,05
Αναδευτήρες χημικών	Εγκατεστημένα	2	0,08
	Εν λειτουργία	-	-
	Απορροφούμενη	-	-
Αυτοματισμοί	Εγκατεστημένα	1	1
	Εν λειτουργία	1	1
	Απορροφούμενη	-	-
Σύνολο	Εγκατεστημένα	-	536,31
	Εν λειτουργία	-	502,9
	Απορροφούμενη	-	462,2



Εικόνα 3.15: κάτοψη αντλιών του 2000

Τα μηχανολογικά φορτία για την δεύτερη μονάδα της αφαλάτωσης			
		Πλήθος	Ισχύς σε kW
Αντλίες υδροληψίας	Εγκατεστημένα	4	5,5
	Εν λειτουργία	3	5,5
	Απορροφούμενη	3	5
Αντλίες τροφοδοσίας	Εγκατεστημένα	3	11
	Εν λειτουργία	3	11
	Απορροφούμενη	3	10,7
Αντλίες υψηλής πίεσης	Εγκατεστημένα	3	132
	Εν λειτουργία	3	132
	Απορροφούμενη	3	122,5
Αντλίες ανακυκλοφορίας πόσιμου	Εγκατεστημένα	1	0,7
	Εν λειτουργία	1	0,7
	Απορροφούμενη	1	0,7
Αντλίες προώθησης πόσιμου	Εγκατεστημένα	1	55
	Εν λειτουργία	1	55
	Απορροφούμενη	1	46,2
Αντλίες έκπλυσης	Εγκατεστημένα	3	5,5
	Εν λειτουργία	-	-
	Απορροφούμενη	-	-
Αντλίες χημικού καθαρισμού	Εγκατεστημένα	1	11
	Εν λειτουργία	-	-
	Απορροφούμενη	-	-
Αντλίες τροφοδοσίας χημικών	Εγκατεστημένα	19	0,05
	Εν λειτουργία	14	0,05
	Απορροφούμενη	14	0,05
Αναδευτήρες χημικών	Εγκατεστημένα	2	0,08
	Εν λειτουργία	-	-
	Απορροφούμενη	-	-
Αυτοματισμοί	Εγκατεστημένα	1	1
	Εν λειτουργία	1	1
	Απορροφούμενη	-	-
Σύνολο	Εγκατεστημένα	-	536,31
	Εν λειτουργία	-	502,9
	Απορροφούμενη	-	462,2



Εικόνα 3.16: κάτοψη αντλιών του 2010

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

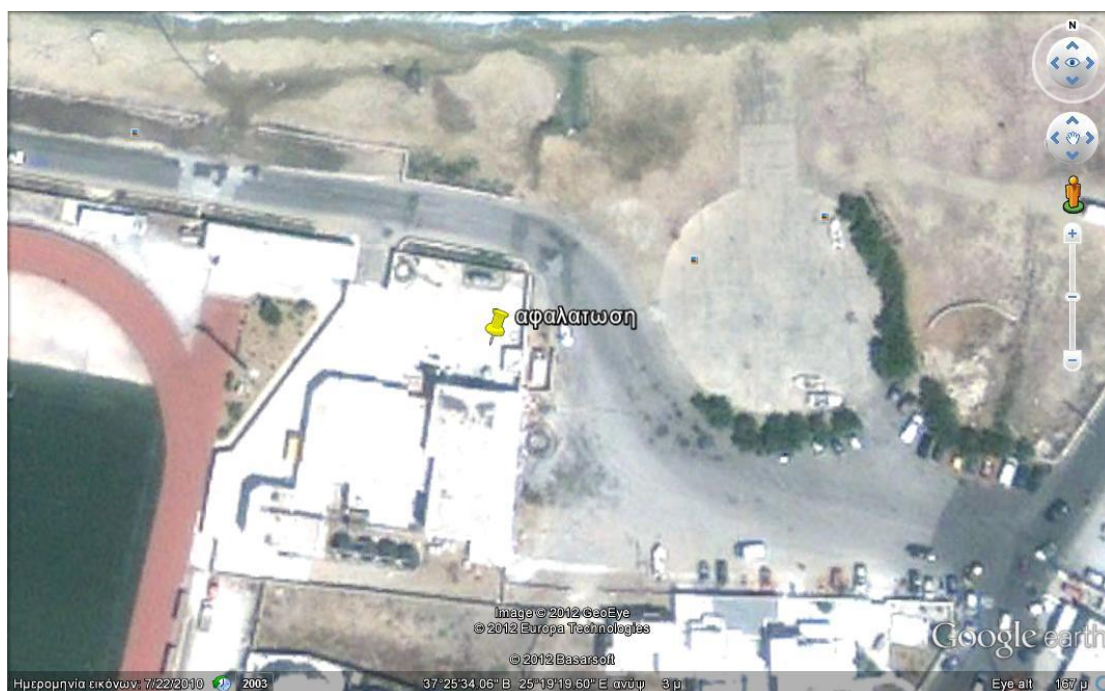
Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

4.1 ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ Ο ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ.

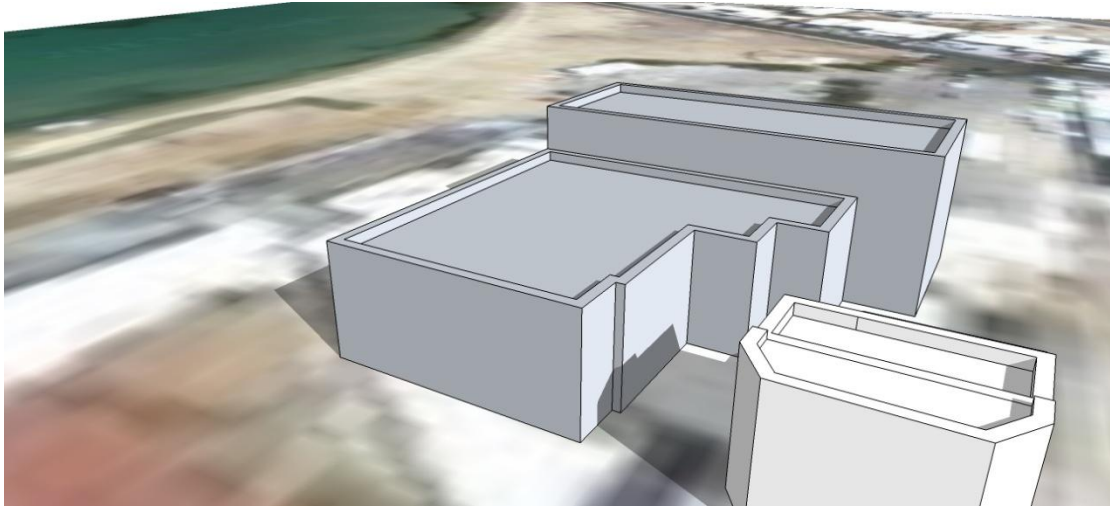
Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται όπως αναφέραμε στην περιοχή Ορνός της Μυκόνου και στεγάζει την μονάδα αφαλάτωσης Μυκόνου. Η μονάδα αποτελείται από δύο κτίρια Το κύριο κτίριο χτίστηκε αρχικά το 1998 και έγινε προέκταση του το 2009 προκειμένου να στεγάσει την επέκταση της μονάδας αφαλάτωσης. Το συνολικό εμβαδό ταράτσας όλων των ταρατσών υπολογίζεται σε 468 τ.μ. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στην εγκατάσταση αυτή είναι η υψομετρική διαφορά μεταξύ του αρχικού κτιρίου και του κτιρίου που χτίστηκε ως προέκταση στα ανατολικά της μονάδας και είναι κατά 3 μέτρα υψηλότερο από το αρχικό.

Η υψομετρική αυτή διαφορά προφανώς παίζει ρόλο στην ολική απόδοση μιας μονάδας φωτοβολταϊκών με το ενδεχόμενο προβλημάτων σκίασης να είναι φανερό.

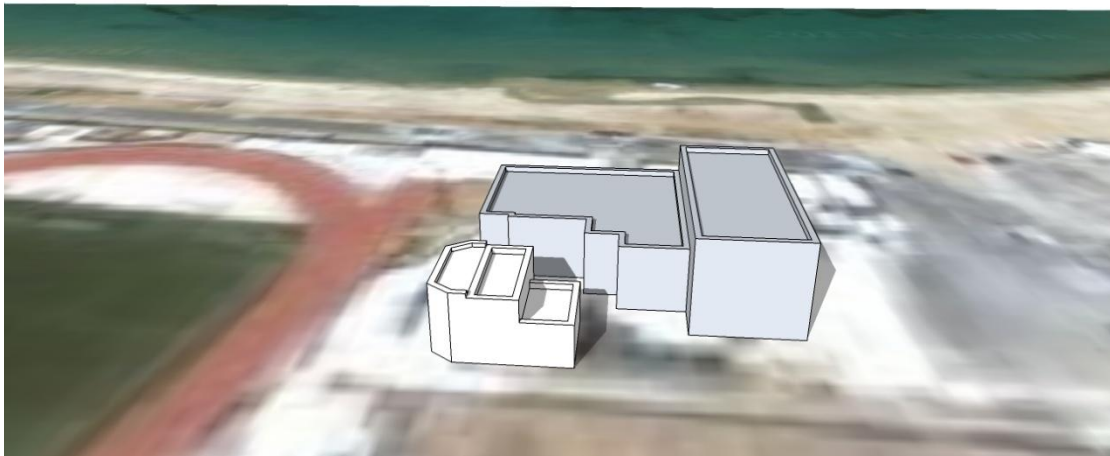
Το κτίριο έχει σχεδιαστεί σε τρισδιάστατη μορφή με τη βοήθεια του σχεδιαστικού εργαλείου SketchUp της Google. Το πρόγραμμα αυτό επιτρέπει και τον αυτόματο υπολογισμό και απεικόνιση και όλων των σκιάσεων που δημιουργούνται.



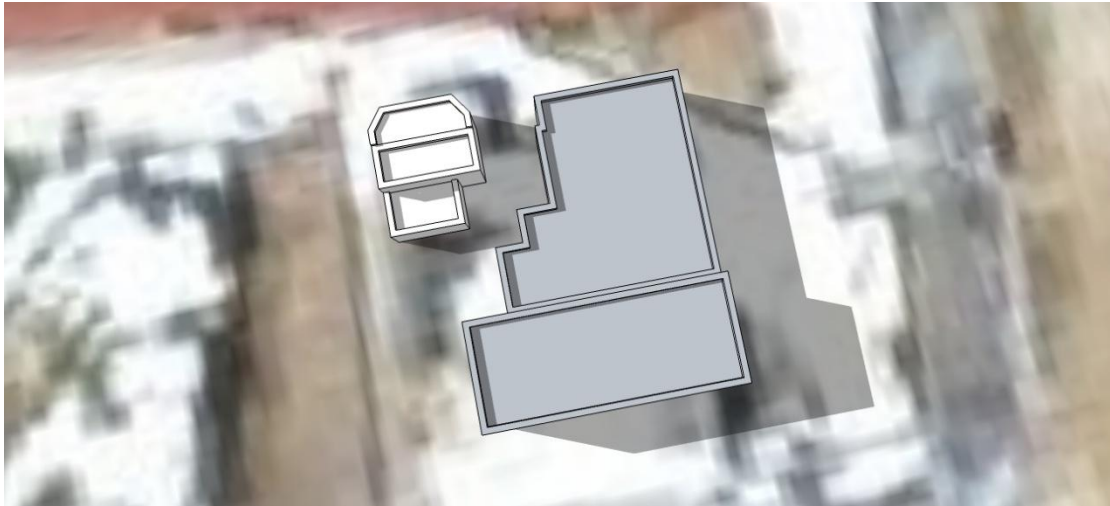
Δορυφορική εικόνα του υπό μελέτη κτιρίου.



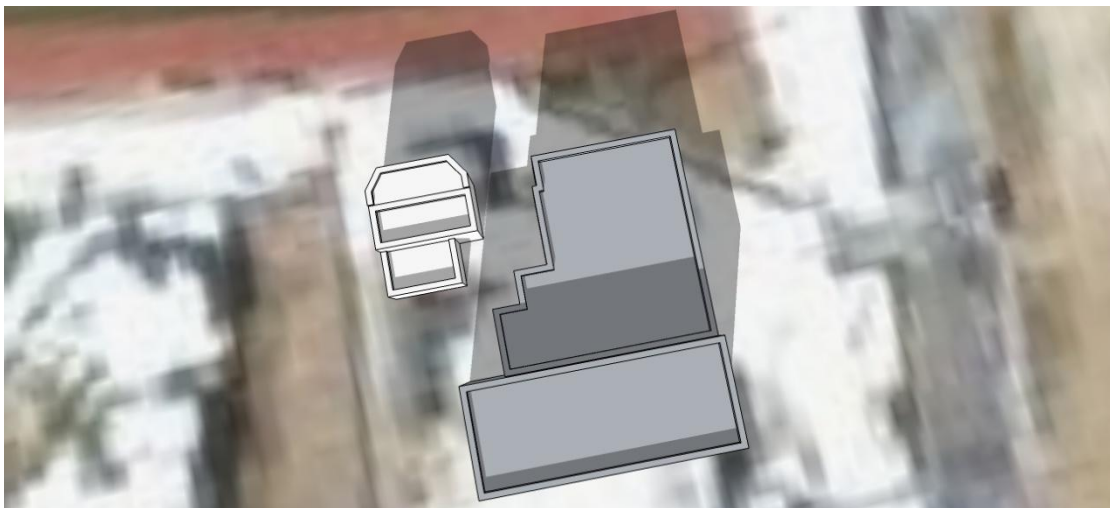
Τρισδιάστατη απεικόνιση στο SketchUp



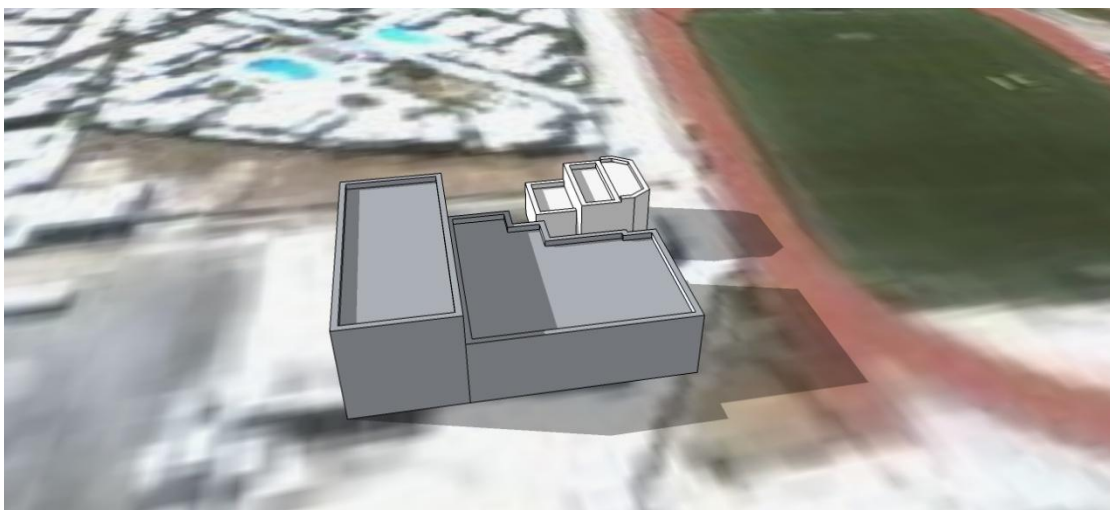
Τρισδιάστατη απεικόνιση στο SketchUp



Η κάτοψη του κτιρίου στο SketchUp



Τρισδιάστατη απεικόνιση των προβλημάτων σκίασης.



4.2 ΠΡΟΣΩΜΕΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ARCHELIOS.

Για την μελέτη της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών επιλέξαμε τη χρήση του λογισμικού προγράμματος Archelios Pro που θεωρείται στην αγορά ένα από τα πιο αξιόπιστα προγράμματα σχεδιασμού φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.

Για την προσομοίωση στο πρόγραμμα χρειάζονται αρκετά στοιχεία εισαγωγής.

Πρώτα από όλα χρειάστηκε το τρισδιάστατο σχέδιο της μονάδας της αφαλάτωσης.

Εν συνεχεία στο πρόγραμμα εισάγαμε τις ακριβείς συντεταγμένες τα τοποθεσίας της μονάδας. Επίσης πίνακα με μετεωρολογικά δεδομένα και πίνακα με δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας.

Επιλογή διασυνδεδεμένου συστήματος ή αυτόνομου. Εδώ η επιλογή ήταν εύκολη, μια απλή ματιά στον πίνακα μηχανολογικών φορτίων της αφαλάτωσης όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο αντίστοιχο κεφάλαιο, βλέπουμε ότι τα φορτία είναι τέτοια που αποκλείεται η κάλυψη των αναγκών από φωτοβολταϊκά μόνο στην ταράτσα.

Πέραν αυτών για την προσομοίωση χρειάστηκε να κάνουμε επιλογή φωτοβολταϊκών στοιχείων. Για λόγους πρακτικούς και για το λόγο ότι οι μετρήσεις του κεφαλαίου 5 έγιναν σε τέτοια μοντέλα, επιλέξαμε τα φωτοβολταϊκά st20 της Shell Solar. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στο κεφάλαιο των μετρήσεων.

Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας είναι η επιλογή της κλίσης και προσανατολισμού των φωτοβολταϊκών. Εδώ επιλέξαμε τη βέλτιστη κλίση των 30 μοιρών και προσανατολισμό Νότιο.

Φυσικά, σε συνέχεια του προβλήματος σκίασης από την μία ταράτσα στην άλλη έχουμε να αντιμετωπίσουμε και το πρόβλημα γνωστό ως inter row shading, δηλαδή σκίαση του ενός πλαισίου από το άλλο. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε την εξίσωση

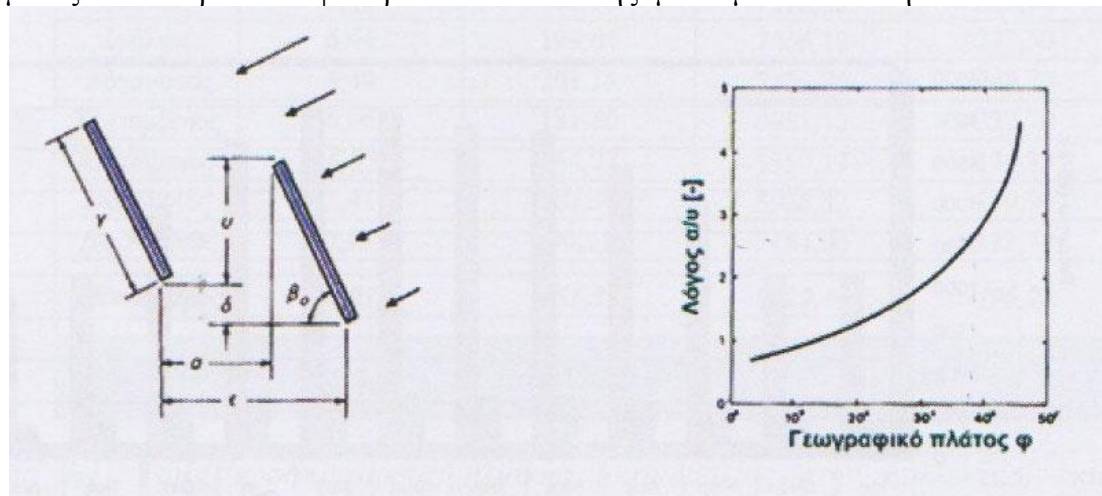
$$u = \gamma \sin\beta - \delta \text{ (m)}$$

γ : μήκος πλαισίων

β : γωνία κλίσης των πλαισίων (30°)

δ : διαφορά ύψους μεταξύ των διαδοχικών σειρών (εδώ $\delta = 0$)

και σε συνδυασμό με το διάγραμμα, για την εύρεση της ελεύθερης απόστασης μεταξύ των σειρών των φωτοβολταϊκών καταλήξαμε σε μία απόσταση 25 εκατοστών.

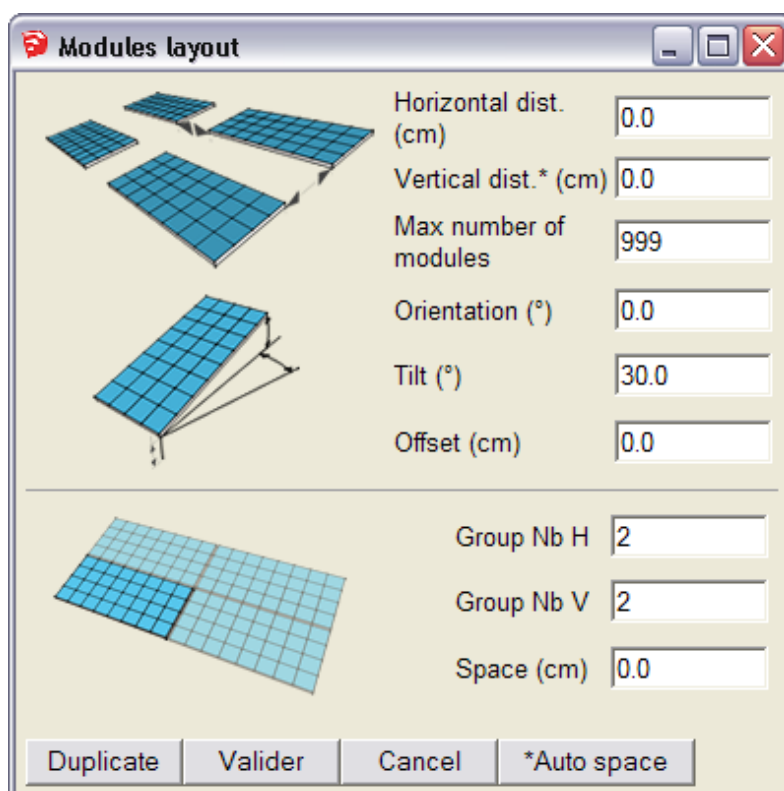


Διάγραμμα για εξεύρεση ελεύθερης απόστασης.

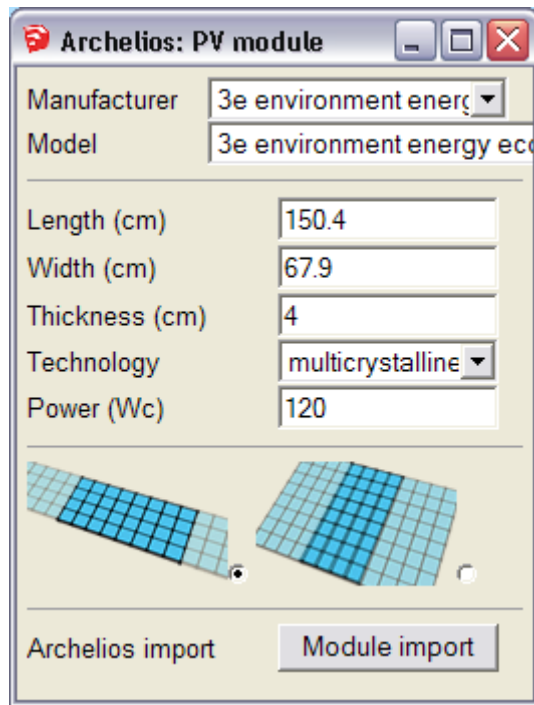
Τέλος αξίζει να αναφέρουμε και άλλα στοιχεία εισαγωγής στο πρόγραμμα όπως οι δείκτες Albedo για την περιοχή, και ο συντελεστής μείωσης απόδοσης λόγω μη καθαρισμού, εδώ μηδέν για καλύτερη σύγκριση με τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Οικονομικά στοιχεία όπως πληθωρισμός, Φ.Π.Α, κόστος αγοράς/πώλησης κιλοβατώρας κ.α χρειάστηκαν για τον υπολογισμό της οικονομικής βιωσιμότητας από το πρόγραμμα.

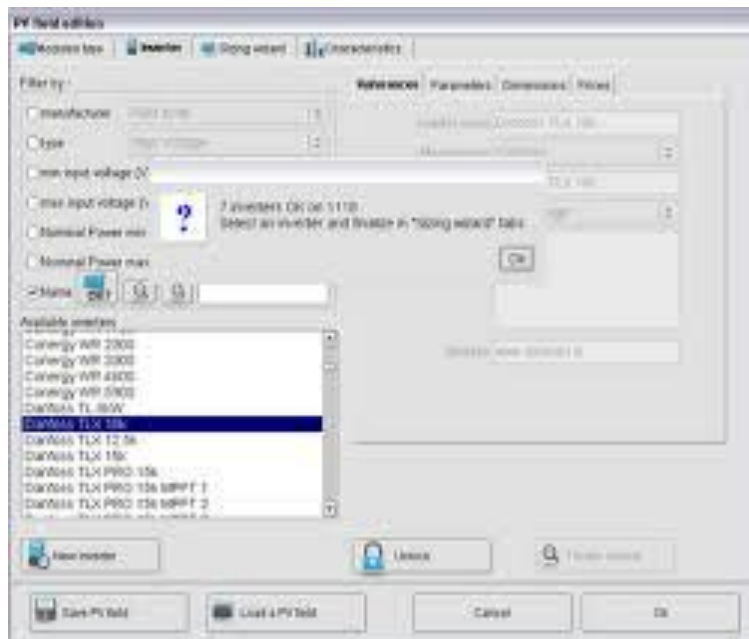
Έχοντας εισάγει όλα αυτά τα δεδομένα στο πρόγραμμα, μπορούμε να τρέξουμε την προσομοίωση. Το πρόγραμμα Archelios θα παράγει λοιπόν αποτελέσματα παραγωγής, συνδεσμολογίας (με δυνατότητες επιλογής inverter), οικονομικών αποτελεσμάτων, ολικής παραγωγής, μεγίστου αριθμού πλαισίων, διαγραμμάτων σκίασης κ.α σε βάθος ενός διαστήματος παρακολούθησης άνω των 20 ετών.



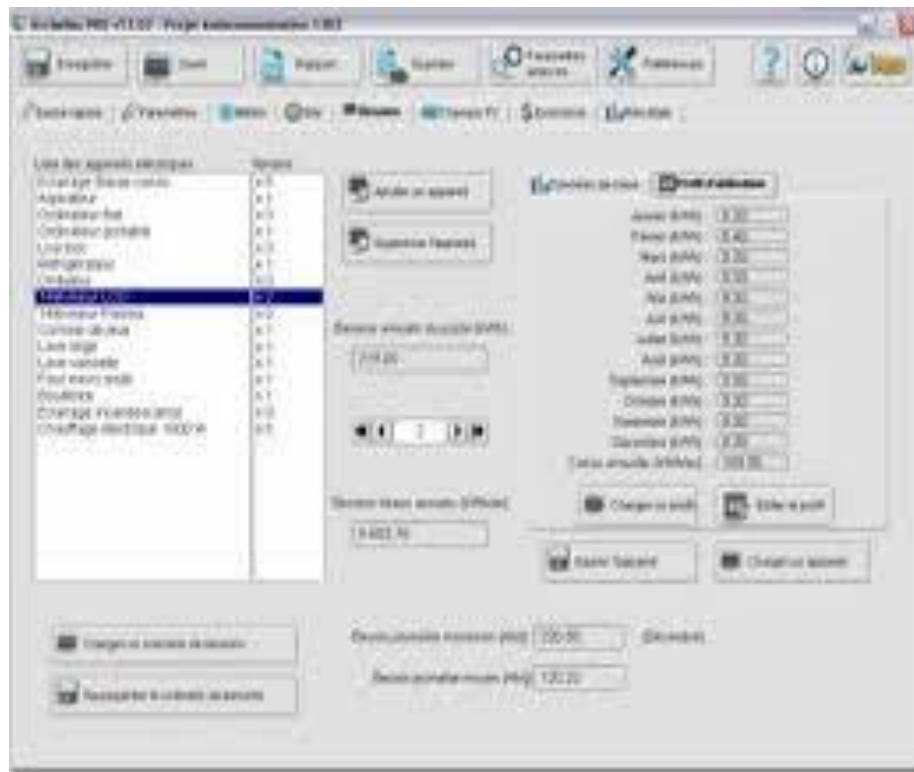
Παράθυρο εισαγωγής ελεύθερης απόστασης, κλίσης και αριθμού πλαισίων



Παράθυρο επιλογής κατασκευαστή και μοντέλου φωτοβολταϊκού πλαισίου.



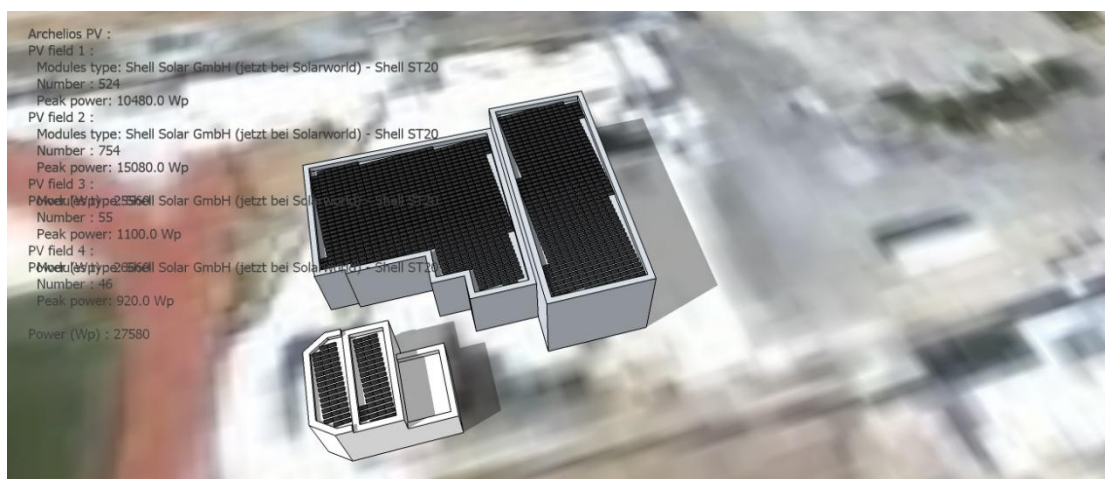
Παράθυρο διαστασολόγησης συστήματος.

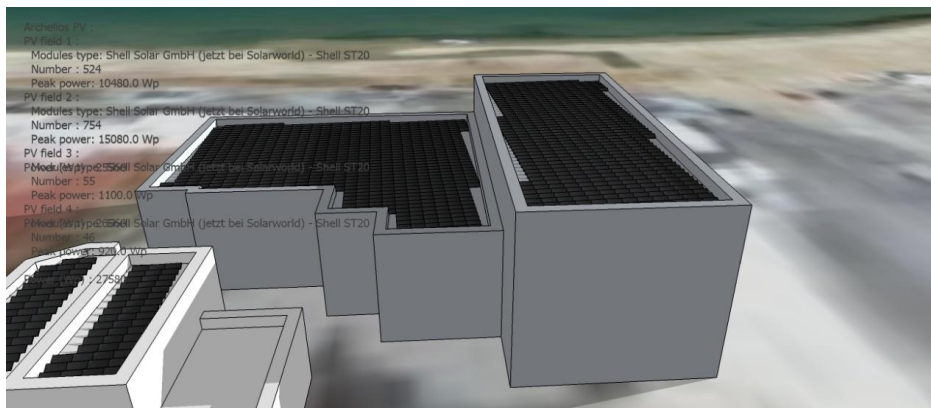
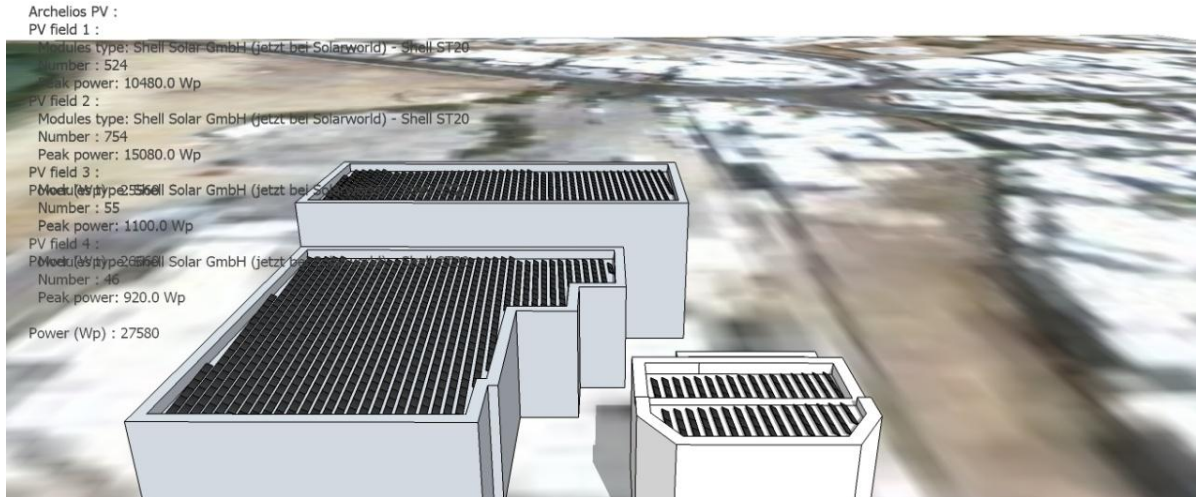


Παράθυρο αποτελεσμάτων παραγωγής.

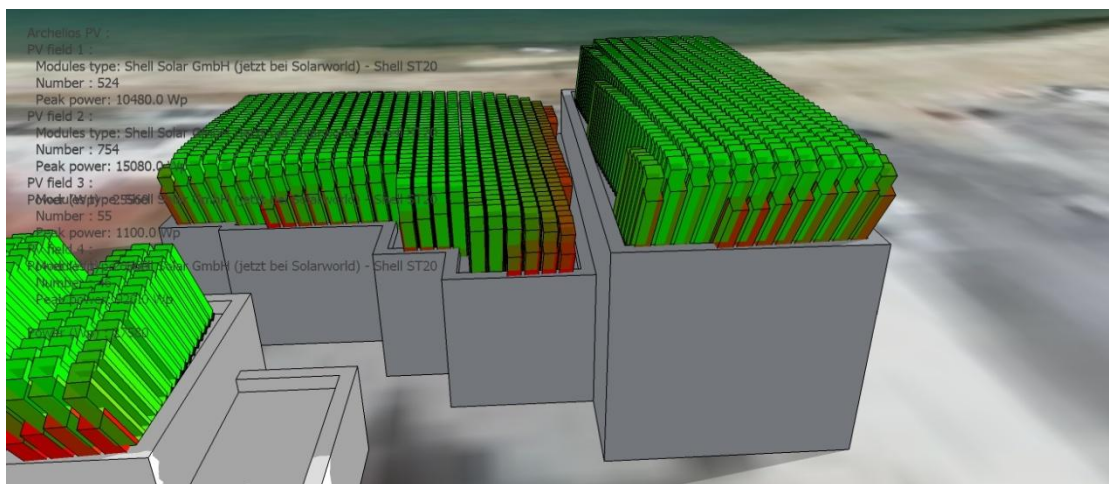
4.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Το πρώτο αποτέλεσμα των προσομοιώσεων είναι η τρισδιάστατη απεικόνιση του συστήματος με τις σειρές φωτοβολταϊκών σε σωστή κλίση, προσανατολισμό και απόσταση μεταξύ τους:



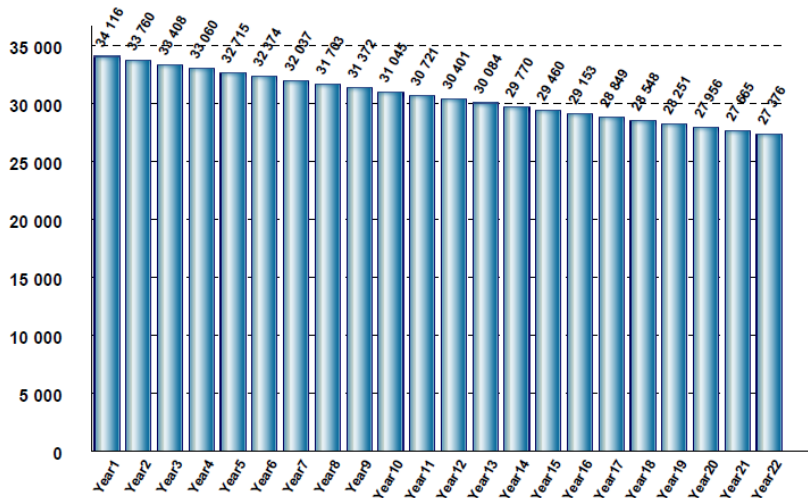


Επίσης λαμβάνουμε στοιχεία παραγωγής για κάθε πλαίσιο ξεχωριστά σε γραφική μορφή:

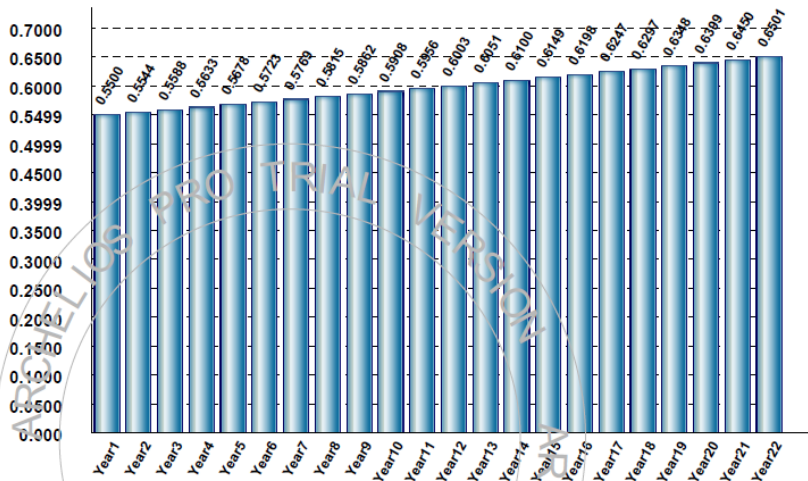


Detailed results :

Annual AC productions (kWh):



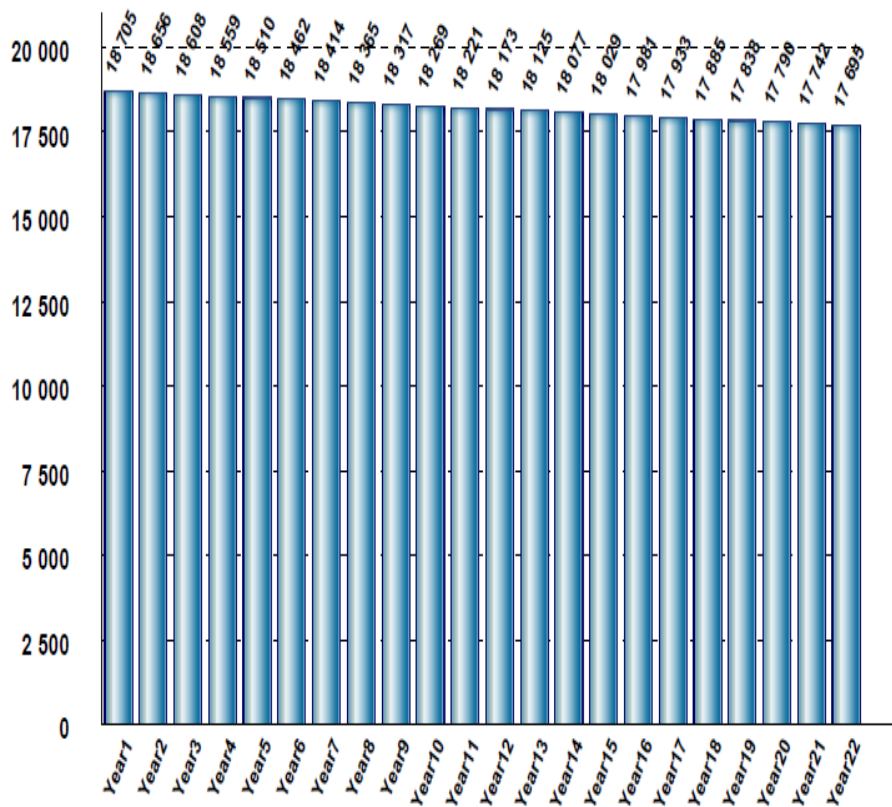
AC price (€/kWh) :



Print this document only if it is useful, if possible on recycled paper

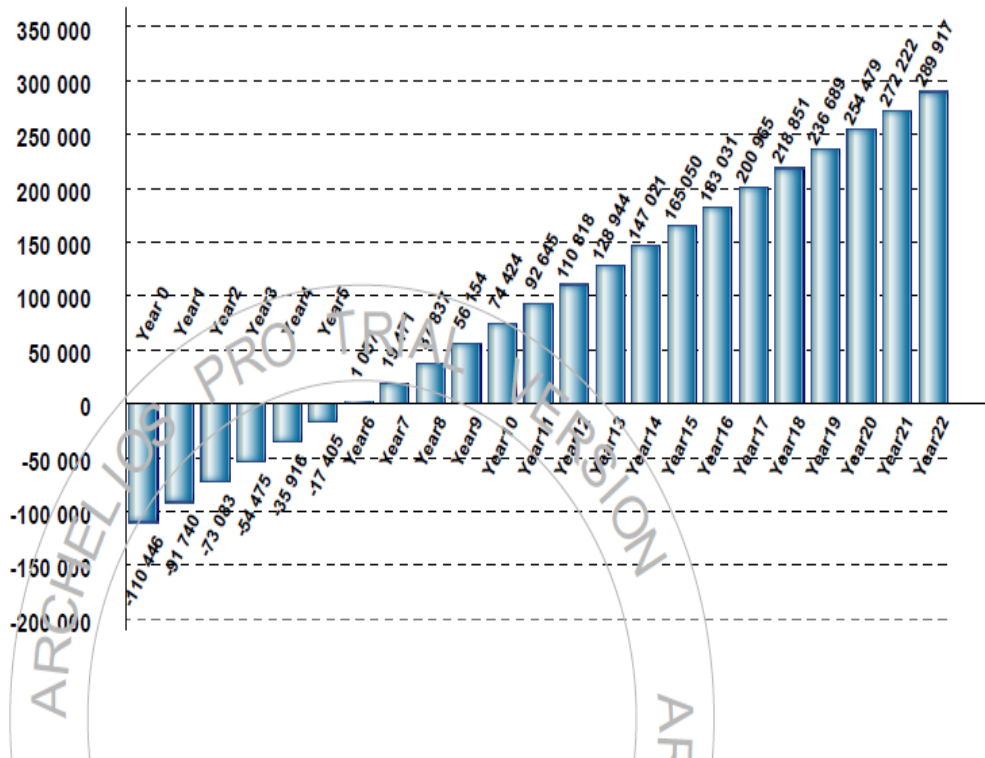
Παρουσίαση ετήσιας παραγωγής σε κιλοβατώρες.

Annual incomes (€):



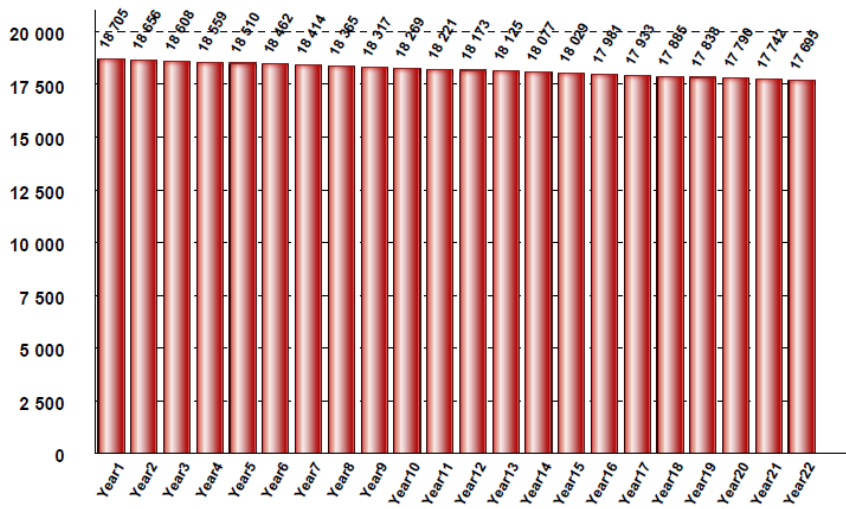
Παρουσίαση ετήσιου εισοδήματος από την επένδυση

Return on investment time:

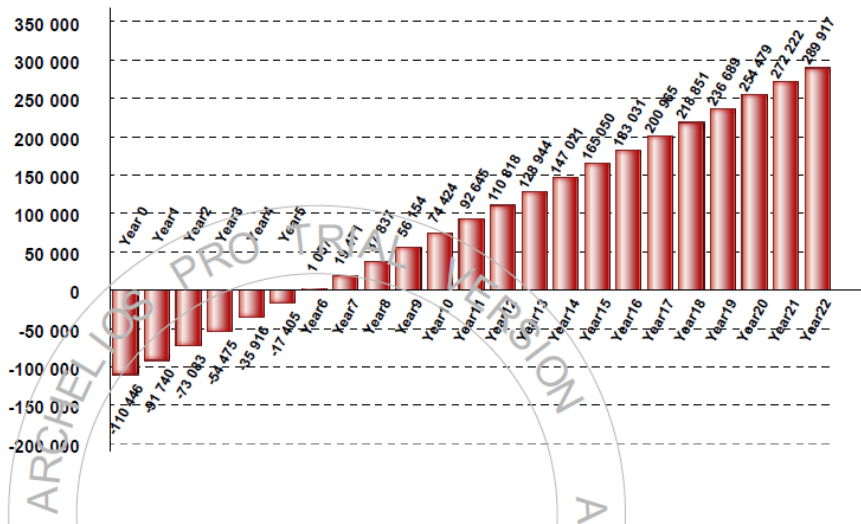


Διάγραμμα απόσβεσης επένδυσης και κέρδους.

Discounted annual incomes (€):



Net present value and return on investment time:



Economic results on observation period**:

	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10
Year AC production (kWh)	34 116	33 760	33 408	33 060	32 715	32 374	32 037	31 703	31 372	31 045
Inverters renewal (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8 978
CASH FLOW										
AC selling price €/kWh	0.5500	0.5544	0.5588	0.5633	0.5678	0.5723	0.5769	0.5815	0.5862	0.5908
Incomes before charges and maintenance cost	18 764	18 717	18 670	18 623	18 576	18 530	18 483	18 437	18 391	18 345
Maintenance cost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other charges	59	60	62	64	65	67	69	71	73	75
Incomes after charges and maintenance cost	18 705	18 657	18 608	18 560	18 511	18 463	18 414	18 366	18 318	18 269
Interests	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Results	18 705	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECONOMIC ANALYSIS										
Incomes	18 705	18 657	18 608	18 560	18 511	18 463	18 414	18 366	18 318	18 269
Discount rate	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Discounted incomes	18 705	18 657	18 608	18 560	18 511	18 463	18 414	18 366	18 318	18 269

Economic results on observation period**:

	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20
Year AC production (kWh)	30 721	30 401	30 084	29 770	29 460	29 153	28 849	28 548	28 251	27 956
Inverters renewal (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8 978
CASH FLOW										
AC selling price €/kWh	0.5956	0.6003	0.6051	0.6100	0.6149	0.6198	0.6247	0.6297	0.6348	0.6399
Incomes before charges and maintenance cost	18 299	18 253	18 207	18 161	18 116	18 070	18 025	17 980	17 934	17 889
Maintenance cost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other charges	77	79	82	84	86	89	91	94	96	99
Incomes after charges and maintenance cost	18 221	18 173	18 125	18 077	18 029	17 981	17 934	17 886	17 838	17 790
Interests	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Results	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECONOMIC ANALYSIS										
Incomes	18 221	18 173	18 125	18 077	18 029	17 981	17 934	17 886	17 838	17 790
Discount rate	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Discounted incomes	18 221	18 173	18 125	18 077	18 029	17 981	17 934	17 886	17 838	17 790

Η προσομοίωση δείχνει μία μονάδα με ετήσια παραγωγή από 34000 τον πρώτο χρόνο ως 27000 κιλοβατώρες το 20ο έτος.

Μία απόσβεση κεφαλαίου το έκτο έτος και ένα κέρδος περίπου των 280000 ευρώ σε βάθος εικοσαετίας.

Όλα τα αποτελέσματα της προσομείωσης όπως ακριβώς παράχθηκαν από το πρόγραμμα Archelios Pro βρίσκονται στο παράρτημα 2.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Συνοπτικά ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή των πειραματικών μετρήσεων για την εκπόηση της διπλωματικής εργασίας είναι:

- Δύο φωτοβολταϊκά της εταιρίας Shell, model Shell ST 20
- Τέσσερα πολύμετρα της εταιρίας Mastech model MY 61
- 30 μέτρα τριπολικό καλώδιο διατομής 6mm²
- 9 μέτρα σύρματος χρωμονικελίνης

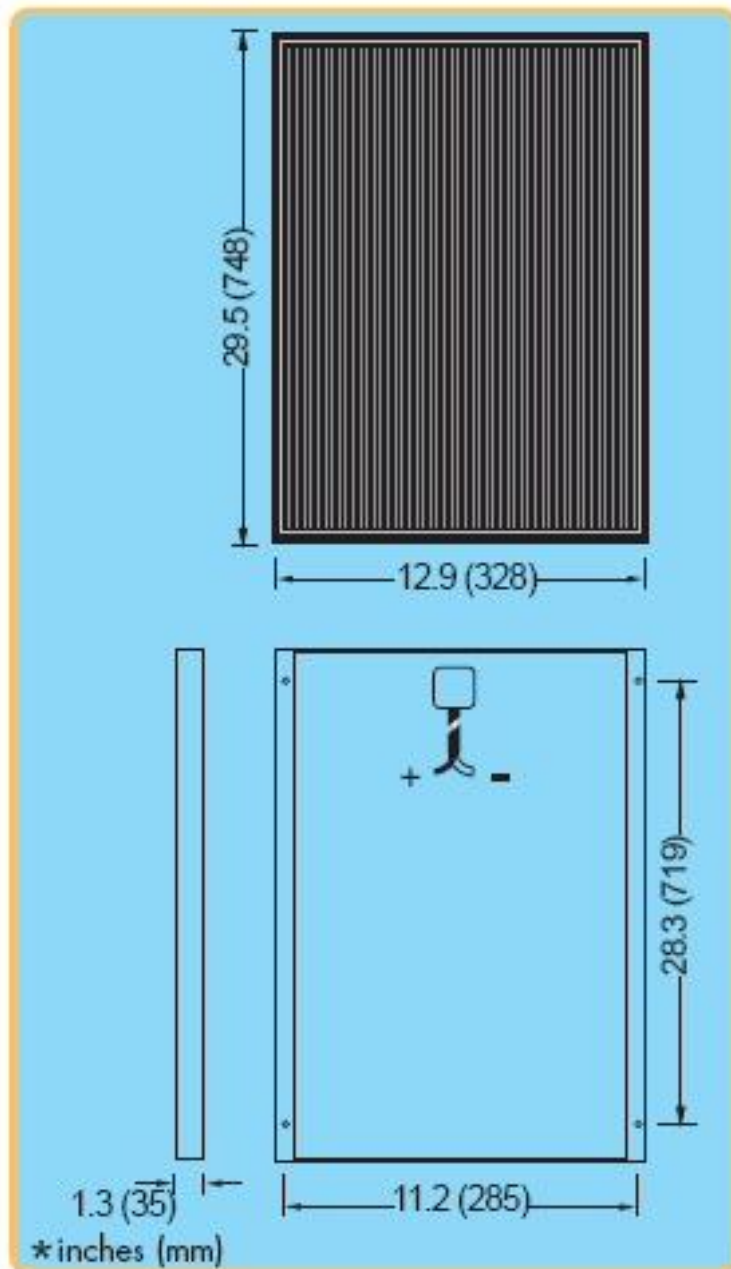
5.2 Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ

5.2.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν δύο φωτοβολταϊκά πλαίσια της εταιρίας Shell και συγκεκριμένα του μοντέλου ST 20. Τα εν λόγω πλαίσια έχουν διαστάσεις 748mm x 328mm, πάχος 35 mm και βάρος 4,1 kg. Είναι κατασκευασμένα για χρήση τόσο στον βιομηχανικό τομέα όσο και στον ιδιωτικό. Η κατασκευή γίνεται σε εργαστήρια πιστοποιημένα κατά ISO 9001 και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι αυτή των μονολιθικών πάνελ, Copper Indium Diselenide. Τα πλαίσια είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο υλικό, αλουμίνιο για την ακρίβεια, προσδίδοντας στη μηχανική αντοχή και τη βέλτιστη λειτουργία κάτω από αντίξοες συνθήκες.



Εικόνα 5.1: Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο Shell ST20.

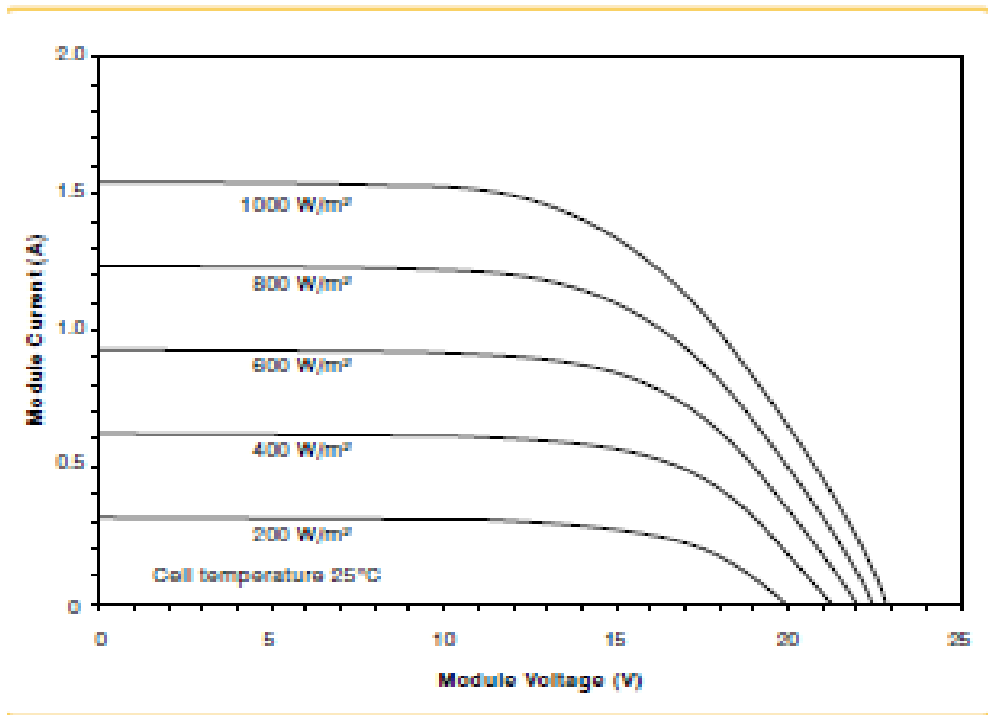


Εικόνα 5.2: Σχεδιάγραμμα με τις διαστάσεις του φωτοβολταϊκού πάνελ.

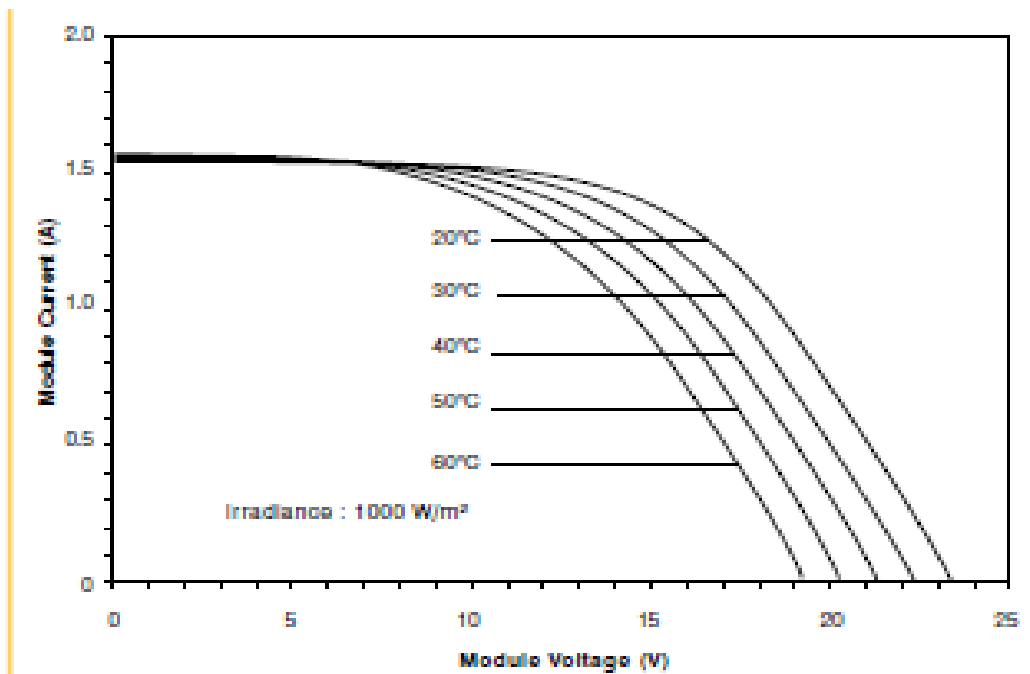
Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου φωτοβολταϊκού που χρησιμοποιείται στην εργασία μας για κανονικές συνθήκες μέτρησης με ακτινοβολία 1000W/m^2 και θερμοκρασία κυττάρων 25°C .

Μέγιστη Ισχύς	P_{\max}	26 W
Τάση Μέγιστης Ισχύος	Rated V	15.6 V
Ρεύμα μέγιστης ισχύος	Rated current	1.29 A
Ρεύμα βραχυκυκλώσεως	Short circuit current	1.54 A
Τάση ανοικτού κυκλώματος	Open circuit V	22.9 V

Επίσης για καλύτερη ανάγνωση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων παραθέτουμε παρακάτω τις χαρακτηριστικές του πάνελ σε πίνακες I-V για ένα εύρος θερμοκρασιών και για εύρος έντασης ακτινοβολίας αντίστοιχα.



Εικόνα 5.3: Χαρακτηριστική I-V για διάφορες τιμές ακτινοβολίας.



Εικόνα 5.4: Χαρακτηριστική I-V για διάφορες θερμοκρασίες πλαισίου.

5.2.2 Πολύμετρα

Τα πολύμετρα που χρησιμοποιήσαμε είναι τα ψηφιακά πολύμετρα της εταιρίας Mastech. Συγκεκριμένα το μοντέλο MY 64.



Εικόνα 5.5: Το πολύμετρο που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις

Τα πολύμετρα που χρησιμοποιήθηκαν έχουν τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

Συνεχής τάση	200mV/2V/20V/200V/1000V
Εναλλασσόμενη τάση	200mV/2V/20V/200V/750V
Συνεχές ρεύμα	200 μ A/2000 μ A/20mA/200mA/10A
Εναλλασσόμενο ρεύμα	2mA/20mA/200mA/10A
Αντίσταση	200 Ω /2K Ω /20K Ω /200K Ω /2M Ω /20M Ω
Μπαταρία	3*1.5 V
Διαστάσεις	156mm*71mm*34mm
Βάρος	168gr

5.2.3 Καλώδια και σύρμα χρωμονικελίνης

Όπως προαναφέρθηκε, για την διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τριπολικά καλώδια διατομής 6mm² και σύρμα χρωμονικελίνης.

Τα καλώδια χρησιμοποιήθηκαν για την σύνδεση των πάνελ με τον χώρο όπου γίνονταν οι μελέτες. Χρησιμοποιήθηκαν 30 μέτρα τριπολικού καλωδίου με διατομή 6mm^2 , μόνωση και μανδύα από PVC.

Η ειδική αντίσταση του χαλκού στους 20 βαθμούς κελσίου είναι $1,68 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ και η διατομή 6mm^2 άρα η αντίσταση ανά μέτρο θα είναι βάση του τύπου $R=\rho/A$, $2,80 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$. Άρα συνολικά για το κάθε πλαίσιο θα έχουμε αντίσταση καλωδίου $0,42 \cdot 10^{-4} \Omega\text{m}$.

Το σύρμα χρωμονικελίνης χρησιμοποιήθηκε ως μεταβλητή αντίσταση κατά τη διάρκεια των μετρήσεων με σκοπό να είναι εύκολος ο έλεγχος των φορτίων του κάθε κυκλώματος και φυσικά για τη δημιουργία των χαρακτηριστικών καμπυλών I-V των φωτοβολταϊκών.

Το σύρμα χρωμονικελίνης που χρησιμοποιήθηκε έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Διάμετρος 0,3mm
- Τεχνικά χαρακτηριστικά Ni Cr 8020 (80% Ni – 20% Cr)
- Ηλεκτρική αντίσταση σε $\mu\Omega \times \text{cm}$:

Θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$	20	100	200	300	400	500
Ηλεκτρική αντίσταση σε $\mu\Omega$	108	109	110	112	114	116

- Φυσικά χαρακτηριστικά:
 - Πυκνότητα στους 20°C : $8,3\text{g/cm}^3$
 - Σημείο τήξης: 1400°C
 - Εδική θερμότητας στους 20°C : $0,42\text{J/gK}$
 - Θερμική αγωγιμότητα στους 20°C : 15W/mK
 - Μέσος συντελεστής γραμμικής διαστολής μεταξύ 20°C και 100°C : $13 \cdot 10^{-6}/\text{K}$
 - Θερμοδυναμικό ως προς χαλκό στους 20°C : $+4\text{mV/K}$



Εικόνα 5.6: Σύρμα χρωμονικελίνης

Για την διεξαγωγή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε σύρμα 9m που σημαίνει ότι ως μέγιστο φορτίο στις μετρήσεις είχαμε : $R = (\rho/A) \times l = 3,6\Omega$ που θεωρήθηκε επαρκές για το συγκεκριμένο πείραμα.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν εκτός των παραπάνω, και διάφορα βοηθητικά όπως κλέμες, κροκοδειλάκια, καθώς και πλαστικός σωλήνας μεγάλης διαμέτρου ως στήριγμα για την μεταβλητή αντίσταση, δηλαδή το σύρμα χρωμονικελίνης.

5.3 Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Αρχικός στόχος των μετρήσεων ήταν να μελετήσουμε την ηλεκτρική συμπεριφορά αλλά και απόδοση των Φ/Β πάνελ κατά τη διάρκεια ενός μήνα. Οι μετρήσεις λοιπόν εκτείνονται στη διάρκεια ενός μήνα, του μήνα Δεκεμβρίου του 2013.

Καθημερινά λαμβάνονται, αν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν (ώστε να εξασφαλιστούν συνθήκες σταθερής ακτινοβολίας) τρεις με πέντε μετρήσεις.

Συγκεκριμένα για τα φωτοβολταϊκά γίνονται μετρήσεις της τάσης ανοικτού κυκλώματος V_{oc} , του ρεύματος βραχυκυκλώσεως I_{sc} , καθώς και της τάσεως και έντασης σε volts (V) και amperes (A) αντίστοιχα σε εύρος διαφορετικών φορτίων.

Ως μεταβλητό φορτίο χρησιμοποιείται το σύρμα χρωμονικελίνης. Οι μετρήσεις για τα φωτοβολταϊκά μάρκας γίνονται για μήκος σύρματος, 20, 30, 40, 60, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700 και 900 εκατοστά του μέτρου.

Παράλληλα, για το όμοια φωτοβολταϊκά και προκειμένου να δείξουμε εντονότερα τη διαφορά στην απόδοση μεταξύ ενός καθαρού και ενός εκτεθειμένου σε ρύπους, σκόνη, επικαθίσεις κ.τ.λ. φωτοβολταϊκού, καθημερινά και πριν τις μετρήσεις εκτελούσαμε χειρονακτικό καθαρισμό του ενός εκ των δύο φωτοβολταϊκών ώστε αυτό να είναι πάντα στη βέλτιστη κατάσταση για τη συγκεκριμένη μέρα.

Οι μετρήσεις γίνονταν κατά το δυνατό γύρω στις ίδιες ώρες καθημερινά και πάντα με γνώμονα σταθερή ακτινοβολία και στις ώρες με τη μέγιστη δυνατή ακτινοβολία.

Οι μετρήσεις στο σύνολό τους, δηλαδή και για τα δύο πλαίσια διαρκούσαν οκτώ με δέκα λεπτά άρα ήταν ασφαλές να υποθέσουμε τη θερμοκρασία του κάθε φωτοβολταϊκού παρέμενε σταθερή κατά τη διάρκειά των μετρήσεων. Η μέτρηση του καθαρού φωτοβολταϊκού γίνεται ταυτόχρονα με τη μέτρηση του εκτεθειμένου σε ρύπους και στο ίδιο φορτίο για το όσο το δυνατόν καλύτερη σύγκριση.

Τέλος όλα τα αποτελέσματα αποθηκεύτηκαν υπό μορφή πινάκων με τη βοήθεια του προγράμματος excel της Microsoft και απεικονίστηκαν σε γραφικές παραστάσεις I-V και ισχύος - αντίστασης, ώστε να έχουμε καλύτερη αντίληψη των αποτελεσμάτων και να μπορούμε να τα αναλύσουμε ευκολότερα, βγάζοντας συμπεράσματα και προτείνοντας λύσεις.

5.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά και δύο μέρες πριν ξεκινήσουμε τις μετρήσεις κάναμε μία αρχική μέτρηση με σκοπό να βεβαιωθούμε ότι τα φωτοβολταϊκά λειτουργούν όπως πρέπει και ότι και τα δύο έχουν την ίδια απόδοση. Δηλαδή να βεβαιωθούμε ότι και τα δύο φωτοβολταϊκά ξεκινούν από την ίδια βάση έτσι ώστε η σύγκριση μεταξύ καθαρού και εκτεθειμένου να αποφέρει ασφαλή συμπεράσματα.

Να σημειωθεί ότι και τα δύο φωτοβολταϊκά πάνελ προσαρμόστηκαν στην ίδια βάση, η οποία ήταν ιδιοκατασκευή από σίδηρο και σε γωνία κλίσης 28° και προσανατολισμό νότιο. Για λόγους πρακτικούς το εκτεθειμένο πλαίσιο ήταν το πάνω φωτοβολταϊκό και το καθαρό το κάτω. Έτσι κατά τον καθημερινό καθαρισμό του ενός πάνελ, αποφεύγαμε πιτσιλιές και νερό στην επιφάνεια του εκτεθειμένου.

Μετά την αρχική μέτρηση επιτρέψαμε ένα διάστημα δύο ημερών ώστε να αφήσουμε το ένα πάνελ εκτεθειμένο. Έτσι λοιπόν και μετά τον χειρωνακτικό καθαρισμό του ενός πάνελ ξεκινήσαμε τις μετρήσεις.

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε ότι χρησιμοποιήθηκε μεταβλητή αντίσταση από σύρμα χρωμονικελίνης. Για αρχή μετρήσαμε την τάση ανοικτού κυκλώματος και το ρεύμα βραχυκυκλώσεως για το κάθε πάνελ. Στη συνέχεια με τη βοήθεια των πολυμέτρων μετρούσαμε σε προκαθορισμένα και προσημειωμένα σημεία του σύρματος χρωμονικελίνης την τάση και την ένταση του κυκλώματος, αυξάνοντας το μήκος του σύρματος χρωμονικελίνης αυξάναμε και την αντίσταση ή το φορτίο του κυκλώματος. Η επαφή γινόταν χειρωνακτικά, συνδέοντας την κάθοδο από τα πάνελ στα διάφορα σημεία του σύρματος που ήταν τυλιγμένα σε πλαστικό σωλήνα με κροκοδειλάκια.

Σημειώνοντας κάθε μέτρηση σε κάθε φορτίο και για κάθε πάνελ, αποθηκεύαμε τις μετρήσεις σε φύλλα του excel που είχαν την εξής μορφή:

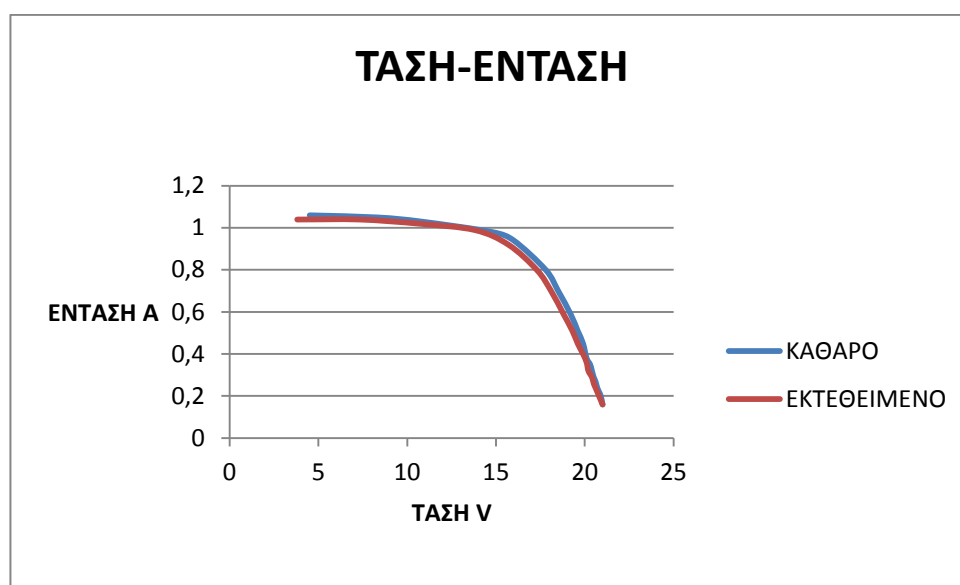
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
V _{oc}		20,8	0		20,9	0	
I _{sc}		0	0,27		0	0,26	
1	0,2	1,7	0,27	0,459	1	0,25	0,25
2	0,4	3	0,26	0,78	1,9	0,25	0,475
3	0,6	2,9	0,26	0,754	2,7	0,25	0,675
4	0,8	3,6	0,26	0,936	3,4	0,25	0,85
5	1	4,2	0,25	1,05	4,2	0,25	1,05
6	1,3	4,8	0,23	1,104	4,7	0,22	1,034
7	1,6	5,8	0,22	1,276	5,7	0,22	1,254
8	2	7	0,22	1,54	6,8	0,22	1,496
9	2,4	8,2	0,21	1,722	8,2	0,2	1,64
10	2,8	9,4	0,21	1,974	9,5	0,21	1,995
11	3,2	11,3	0,21	2,373	10,8	0,21	2,268
12	3,6	12,1	0,21	2,541	12,1	0,21	2,541
13	4	13,9	0,22	3,058	14,2	0,22	3,124
14	4,5	15,5	0,22	3,41	15,7	0,22	3,454
15	5	16,7	0,22	3,674	16,9	0,22	3,718
16	5,5	17,7	0,21	3,717	17,9	0,21	3,759
17	6	18,7	0,22	4,114	18,7	0,2	3,74
18	7	19,3	0,18	3,474	19,4	0,18	3,492
19	9	20,3	0,15	3,045	20,4	0,15	3,06

Στο παραπάνω ενδεικτικό παράδειγμα φύλλου καταγραφής βλέπουμε, τον αριθμό της μέτρησης (A/M), το φορτίο εκφρασμένο σε μέτρα σύρματος χρωμονικελίνης ως αντίσταση, την τάση ανοικτού (I_{oc}) και το ρεύμα βραχυκυκλώσεως (I_{sc}). Ακόμα βλέπουμε την ισχύ (W) για κάθε μέτρηση ξεχωριστά. Επίσης την τάση (V) και την ένταση (I) για κάθε φορτίο και για κάθε πάνελ ξεχωριστά.

Συνεχίζοντας με τα ίδια φύλλα καταγραφής αποθηκεύσαμε όλα τα δεδομένα όλων των μετρήσεων κατά τη διάρκεια του μήνα. Στη συνέχεια φυσικά ήταν σημαντικό όλες αυτές οι μετρήσεις να απεικονιστούν γραφικά, ώστε να γίνει σύγκριση αποτελεσμάτων και απόδοσης των δύο πάνελ, του καθαρού και του εκτεθειμένου.

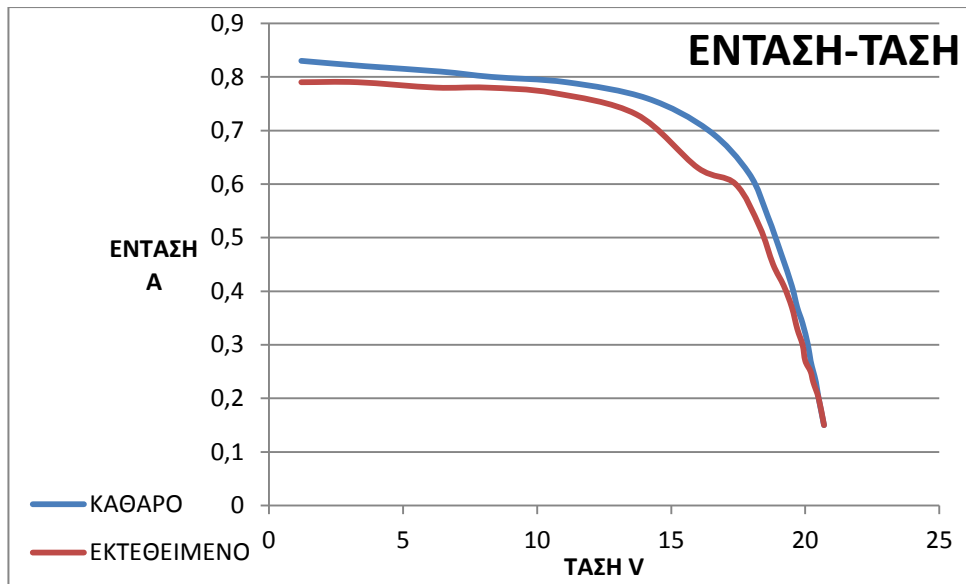
Για το λόγο αυτό προχωρήσαμε σε δύο είδη γραφικών παραστάσεων για την κάθε μέτρηση ξεχωριστά.

Πρωτίστως απεικονίσαμε τα δεδομένα σχηματίζοντας τις χαρακτηριστικές καμπύλες I-V του κάθε πάνελ ξεχωριστά με αναπαράσταση σε ένα γράφημα για σύγκριση και για κάθε μέτρηση ξεχωριστά. Παρακάτω παραθέτουμε κάποια ενδεικτικά παραδείγματα γραφημάτων.

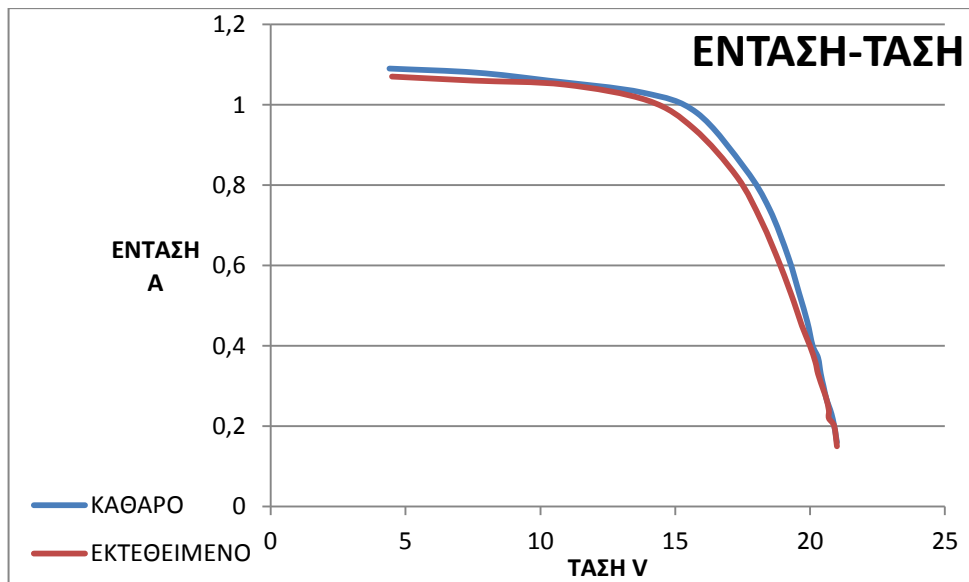


Εικόνα 5.7: Γράφημα τάσης – έντασης φωτοβολταϊκού 21 Δεκεμβρίου

Στον κάθετο άξονα έχουμε την ένταση σε A και στον οριζόντιο την τάση σε V. Η μέτρηση αυτή είναι από τις 21 Δεκεμβρίου δηλαδή την τρίτη εβδομάδα μετρήσεων, είναι φανερό στο διάγραμμα όπου το καθαρό πάνελ απεικονίζεται με τη μπλε γραμμή και το εκτεθειμένο στις περιβαλλοντικές συνθήκες πάνελ που απεικονίζεται με την κόκκινη γραμμή έχουν χαρακτηριστικές διαφορές στα διαγράμματα. Με το καθαρό να έχει σαφώς καλύτερη απόδοση στο σημείο και γύρω από το σημείο βέλτιστου φορτίου.



Εικόνα 5.8: Γράφημα τάσης – έντασης φωτοβολταϊκού 3 Δεκεμβρίου



Εικόνα 5.9: Γράφημα τάσης – έντασης φωτοβολταϊκού 10 Δεκεμβρίου

Στην επόμενη σελίδα έχουμε μια εικόνα ενός πλήρους φύλλου του excel και ολοκληρωμένου με τα διαγράμματα για μία τυχαία από όλες τις μετρήσεις.

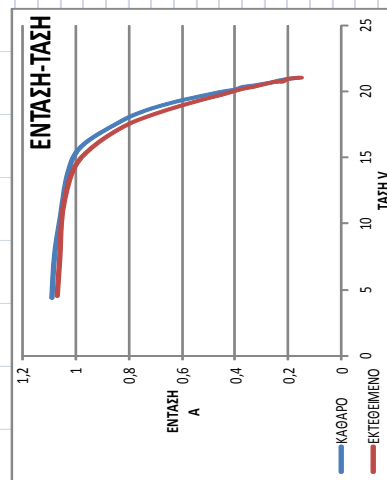
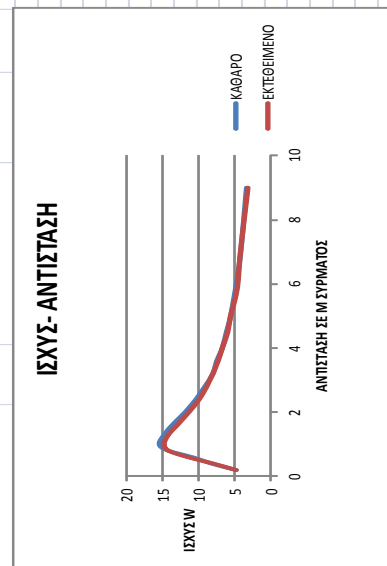
10 Δεκεμβρίου και ώρα 14,30

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
Α/Μ	Αντίσταση σε m σύρματος	V (volts)	I (amperes)	Ισχύς(watts)	V (volts)	I (amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,4	0	0	21,5	0	0
Isc		0	1,1	0	0	1,08	0
1		0,2	4,4	1,09	4,796	4,5	1,07
2		0,4	7,6	1,08	8,208	7,5	1,06
3		0,6	10,3	1,06	10,918	10,9	1,05
4		0,8	13,8	1,03	14,214	14	1,01
5		1	15,8	0,98	15,484	15,7	0,94
6		1,3	17,6	0,84	14,784	17,3	0,82
7		1,6	18,5	0,74	13,69	18,2	0,71
8		2	19,2	0,62	11,904	18,9	0,6
9		2,4	19,6	0,53	10,388	19,4	0,51
10		2,8	19,9	0,46	9,154	19,7	0,45
11		3,2	20,1	0,4	8,04	20	0,4
12		3,6	20,3	0,37	7,511	20,2	0,36
13		4	20,4	0,33	6,732	20,3	0,33
14		4,5	20,5	0,3	6,15	20,5	0,29
15		5	20,6	0,27	5,562	20,6	0,27
16		5,5	20,7	0,25	5,175	20,7	0,24
17		6	20,8	0,23	4,784	20,7	0,22
18		7	20,9	0,2	4,18	20,9	0,2
19		9	21	0,16	3,36	21	0,15
				8,686			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,686**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,455**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **15,484**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **14,758**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,73%**
Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,92%**

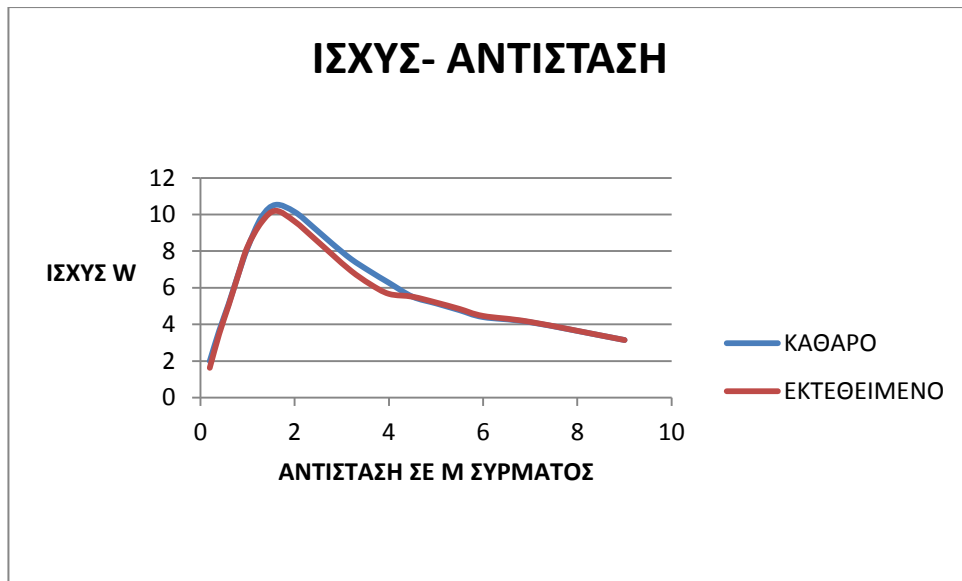


Εικόνα 5.10: Πλήρης απεικόνιση της μορφής αποθήκευσης μετρήσεων στο excel

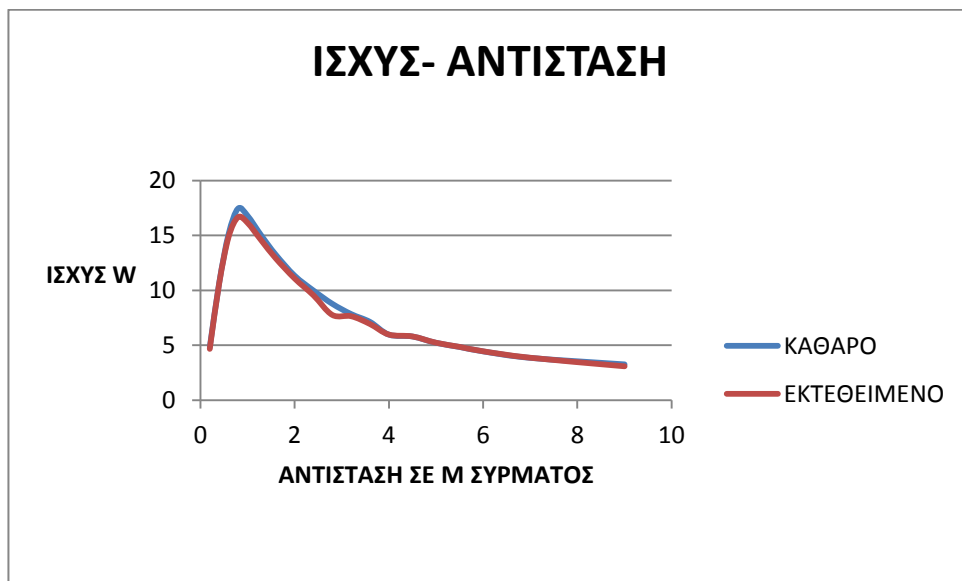
Για τους ίδιους λόγους είναι προφανές ότι χρειαζόμασταν και γραφικές παραστάσεις που να απεικονίζουν τις διαφορές στη διάρκεια του μήνα στην ισχύ του καθαρού και την ισχύ του εκτεθειμένου.

Ομοίως για κάθε μέτρηση ξεχωριστά και σε διάγραμμα απεικονίσαμε τη σύγκριση καθαρού και εκτεθειμένου φωτοβολταϊκού ως προς την ισχύ.

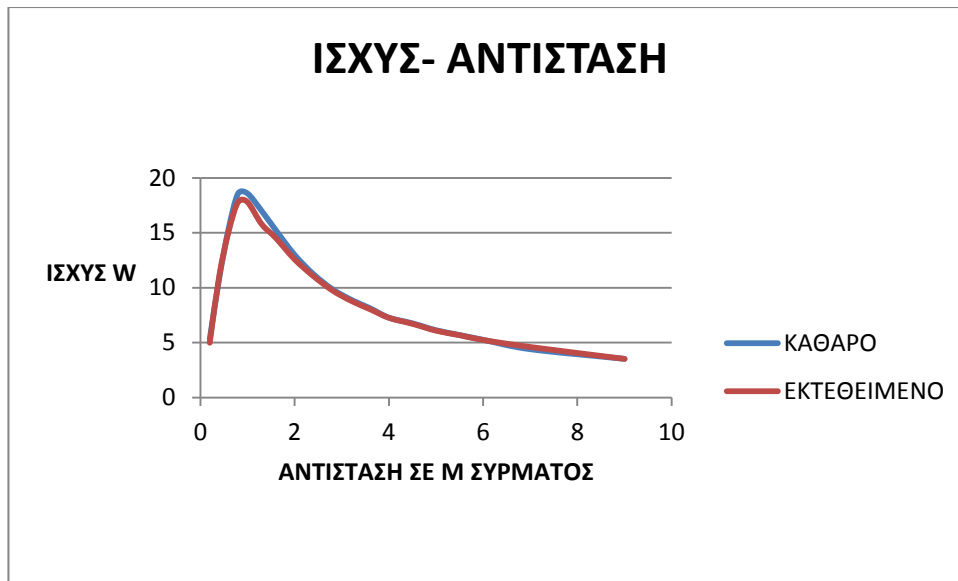
Χαρακτηριστικά παραδείγματα:



Εικόνα 5.11: Γράφημα σύγκρισης καθαρού – εκτεθειμένου φωτοβολταϊκού σε ισχύ ανά μέτρα σύρματος 8 Δεκεμβρίου



Εικόνα 5.12: Γράφημα σύγκρισης καθαρού – εκτεθειμένου φωτοβολταϊκού σε ισχύ ανά μέτρα σύρματος 14 Δεκεμβρίου



Εικόνα 5.13: Γράφημα σύγκρισης καθαρού – εκτεθειμένου φωτοβολταϊκού σε ισχύ ανά μέτρα σύρματος 24 Δεκεμβρίου

Σε όλα τα παραπάνω διαγράμματα βλέπουμε τη σχέση Ισχύς-Αντίσταση εκφρασμένη σε Watt και μέτρα χρωμονικελίνης ως φορτίο. Στον κάθετο άξονα η ισχύς και στον οριζόντιο η αντίσταση. Η αντιπαραβολή γίνεται πάλι μεταξύ καθαρού και εκτεθειμένου πάνελ. Είναι φυσικά πάλι ξεκάθαρο ότι η ισχύς του καθαρού υπερέχει αυτής του εκτεθειμένου σε όλο το εύρος τιμών αντίστασης και κυρίως στις τιμές βέλτιστου φορτίου. Τα παραπάνω διαγράμματα είναι από τυχαίες μετρήσεις στις 8, 14 και 24 Δεκεμβρίου.

Ως συμπληρωματικά στοιχεία σε κάθε υπολογιστικό φύλλο για κάθε μέτρηση υπολογίσαμε κάποια στοιχεία που θα αναλύσουμε αργότερα και χρειάζονται στην ερμηνεία όλων των αποτελεσμάτων του μήνα.

Υπολογίσαμε λοιπόν για κάθε μέτρηση ξεχωριστά.

- Μέσο όρο ισχύος καθαρού κατά τη μέτρηση
- Μέσο όρο ισχύος εκτεθειμένου κατά τη μέτρηση
- Μέγιστη μέτρηση ισχύος καθαρού
- Μέγιστη μέτρηση ισχύος εκτεθειμένου
- Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου
- Ποσοστό διαφοράς μέγιστης μέτρησης ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου

Σε επόμενο κεφάλαιο θα αναλύσουμε και θα ερμηνεύουμε τα στοιχεία ολόκληρου του μήνα.

Όλες οι μετρήσεις και τα διαγράμματά τους υπάρχουν στο παράρτημα 1 στο τέλος της εργασίας.

Ως συντελεστή μείωσης απόδοσης θα πάρουμε τελικά την μέση τιμή των τιμών ισχύος σε βέλτιστο φορτίο για το καθαρό ως προς το εκτεθειμένο που υπολογίζεται σε 3,7%

5.5 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ SOILING ΣΤΟ ARCHELIOS ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Έχοντας ολοκληρώσει τις μετρήσεις και έχοντας προσδιορίσει τον συντελεστή μείωσης απόδοσης ως τον μέσο συντελεστή της μείωσης της μέγιστης ισχύος του καθαρού ως προς το εκτεθειμένο σε 3,7% είμαστε σε θέση να επαναλάβουμε την προσομοίωση και να συγκρίνουμε τα διάφορα σενάρια. Επιλέξαμε την σύγκριση τριών σεναρίων:

- Σενάριο 1: Προσομοίωση με συντελεστή soiling 3 (default) χωρίς πρόβλεψη για καθαρισμό.
- Σενάριο 2: Προσομοίωση με συντελεστή soiling 3.7 οποίος είναι ο υπολογισμένος από τις μετρήσεις, μέσος μηνιαίος συντελεστής μείωσης απόδοσης του εκτεθειμένου ως προς το καθαρό για βέλτιστο φορτίο.
- Σενάριο 3: Προσομοίωση με συντελεστή soiling 0,5 και πρόβλεψη για εγκατάσταση αυτοματοποιημένου συστήματος καθαρισμού.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε τα βασικά αποτελέσματα της προσομοίωσης για κάθε σενάριο συγκρίνοντας συγχρόνως τα οικονομικά δεδομένα για κάθε περίπτωση.

	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
Αριθμός στοιχείων	1318	1318	1318
Μέγιστη ισχύς	26.3 KWp	26.3 KWp	26.3 KWp
Ετήσια παραγωγή AC	30122 KWh	29624 KWh	30629 KWh
Ετήσια παραγωγή DC	33242 KWh	32720 KWh	33807 KWh
Απόσβεση αρχικού κεφαλαίου	6.4 έτη	7 έτη	8,4 έτη
Προβλεπόμενα έσοδα στο πέρας εικοσαετίας.	245,630 €	242,456 €	204,479 €

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στην εφαρμογή φωτοβολταϊκών είναι η πτώση της απόδοσης αυτών λόγω των επικαθίσεων στην επιφάνειά τους. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι οι καλύτερες τοποθεσίες παγκοσμίως για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών είναι και αυτές που υποφέρουν περισσότερο από αυτό το πρόβλημα. Πρόκειται κυρίως για περιοχές που να μην έχουν μεγάλο ηλιακό δυναμικό, ωστόσο είναι περιοχές με εκτεταμένες ξηρασίες, εκτεθειμένες σε ανέμους, σκόνη, τη θάλασσα κ.α. που φυσικά επιβαρύνουν την λειτουργία των φωτοβολταϊκών και μειώνουν την απόδοση.

Το πρόβλημα λοιπόν εστιάζεται στις ακαθαρσίες και τους ρύπους που μπορεί να προσβάλουν τα φωτοβολταϊκά κατά την έκθεση τους στο περιβάλλον της εφαρμογής. Αυτά μπορεί να είναι οτιδήποτε αιωρείται στην ατμόσφαιρα. Κυρίως όμως μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για σκόνη, αιωρούμενα σωματίδια από βιομηχανικές μονάδες, υγρασία, αλμύρα και ακαθαρσίες πτηνών που ζουν στο περιβάλλον σύστημα.



Αυτή η πτώση της απόδοσης όπως είπαμε οφείλεται στην επικάλυψη επί των φωτοβολταϊκών ακαθαρσιών που μειώνουν την ενεργή επιφάνεια του φωτοβολταϊκού και την δυνατότητα απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και άρα την πτώση της ολικής απόδοσης. Ενδεχομένως για μακρά διάρκεια έκθεσης σε επικαλύψεις και ακαθαρσίες να έχουμε και μερική ή ολική μόνιμη καταστροφή των φωτοβολταϊκών.

Το γεγονός όμως που έχει τη μεγαλύτερη σημασία είναι ότι η μείωση αυτή της απόδοσης λόγω μη καθαρισμού των φωτοβολταϊκών και άρα μη πλήρους λειτουργίας

έχει συνήθως μακροχρόνια αρνητικά οικονομικά αποτελέσματα. Η απόσβεση της επένδυσης μπορεί να διαρκέσει πολύ περισσότερο από το αναμενόμενο, ή ακόμα και να μην είναι εφικτή. Η διάρκεια ζωής του συστήματος μπορεί να είναι δραστικά περιορισμένη άρα και τα οικονομικά οφέλη της επένδυσης δραστικά μειωμένα.

Έχουν γίνει διάφορες μελέτες κατά καιρούς για την πτώση της απόδοσης φωτοβολταϊκών. Τα αποτελέσματα βέβαια είναι δύσκολο να γενικευτούν καθώς κάθε τοποθεσία έχει τα δικά της χαρακτηριστικά. Από τα μετεωρολογικά δεδομένα, μέχρι την πανίδα της περιοχής, το υψόμετρο, την απόσταση από ρυπογόνους παράγοντες, την απόσταση από τη θάλασσα κ.τ.λ.

Πάντως πλήθος μελετών έχουν δείξει ότι η πτώση της απόδοσης μπορεί να φτάσει ακόμα και το 30% σε περιοχές με εκτεταμένη ξηρασία.

Είναι λοιπόν φανερό ότι το πρόβλημα του καθαρισμού των φωτοβολταϊκών είναι μεγάλο και μπορεί να έχει σημαντικά αρνητικά αποτελέσματα για ένα σύστημα και άρα αξίζει της προσοχής του εγκαταστάτη μηχανικού.

Στη συνέχεια με την ανάλυση των αποτελεσμάτων θα προσπαθήσουμε να επαληθεύσουμε την ύπαρξη του προβλήματος για την συγκεκριμένη εφαρμογή στην αφαλάτωση Μυκόνου, να λάβουμε μια εικόνα της έκτασης του προβλήματος και να προτείνουμε λύσεις.



6.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΗΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΜΥΚΟΝΟΥ

Αρχικά να αναφέρουμε ότι η αφαλάτωση Μυκόνου βρίσκεται στην περιοχή Κόρφος Μυκόνου. Όπως είναι λογικό είναι εγκαταστημένη σε μικρή απόσταση από τη θάλασσα για να ελαχιστοποιούνται τα φορτία απορρόφησης θαλασσινού νερού. Άρα πρώτος σημαντικός παράγοντας είναι η υγρασία και η αλμύρα λόγω της μικρής απόστασης από τη θάλασσα.

Επίσης βρίσκεται σε σχετικά κοντινή απόσταση από μονάδα παραγωγής της ΔΕΗ, περίπου 800 μέτρα. Το γεγονός ότι βρίσκεται σε περιοχή εκτεθειμένη τόσο σε νότιους όσο και σε βόρειους ανέμους προσδίδει ακόμα μεγαλύτερη βαρύτητα στο πρόβλημα. Τέλος υπάρχει και το πρόβλημα των πτηνών, κυρίως γλάρων που ζουν στην περιοχή.



Άρα λοιπόν στην περίπτωση τοποθέτησης φωτοβολταϊκών στη στέγη της μονάδας αφαλάτωσης θα αντιμετωπίσουμε παρόμοια προβλήματα καθαρισμού όπως και σε κάθε άλλο έργο. Για τον λόγο αυτό προχωρήσαμε στις διάφορες μετρήσεις του προηγούμενου κεφαλαίου. Για να επαληθεύσουμε δηλαδή την επιρροή του περιβάλλοντος στην πτώση απόδοσης των φωτοβολταϊκών και να μετρήσουμε ποσοτικά ποιες θα ήταν οι απώλειες.

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο των μετρήσεων, οι μετρήσεις έγιναν κατά τη διάρκεια του μήνα Δεκεμβρίου. Ο μήνας αυτός είναι παραδοσιακά και ο μήνας με τις περισσότερες βροχοπτώσεις. Είναι επίσης ο μήνας με τη λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια του έτους.

Οι βροχοπτώσεις φυσικά είναι μία φυσική μέθοδος καθαρισμού των φωτοβολταϊκών. Το γεγονός λοιπόν ότι οι μετρήσεις γίνονται το Δεκέμβριο, με τις περισσότερες βροχοπτώσεις είναι λογικό να μας δώσει ένα αποτέλεσμα για την μικρότερη δυνατή πτώση απόδοσης και άρα από εκεί να συμπεράνουμε ότι η πτώση απόδοσης των μετρήσεων, θα είναι κατά πολύ μεγαλύτερη στους άλλους μήνες και ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με την εκτεταμένη ξηρασία.

Τέλος η εξακρίβωση της πτώσης απόδοσης για το μήνα Δεκέμβρη θα μας δείξει εάν και κατά πόσο μειώνεται η απόδοση σε μήνες με πολύ βροχή ή αν σε αυτούς τους

μήνες με τον φυσικό καθαρισμό δεν κρίνεται αναγκαίος κανένας τεχνητός καθαρισμός.

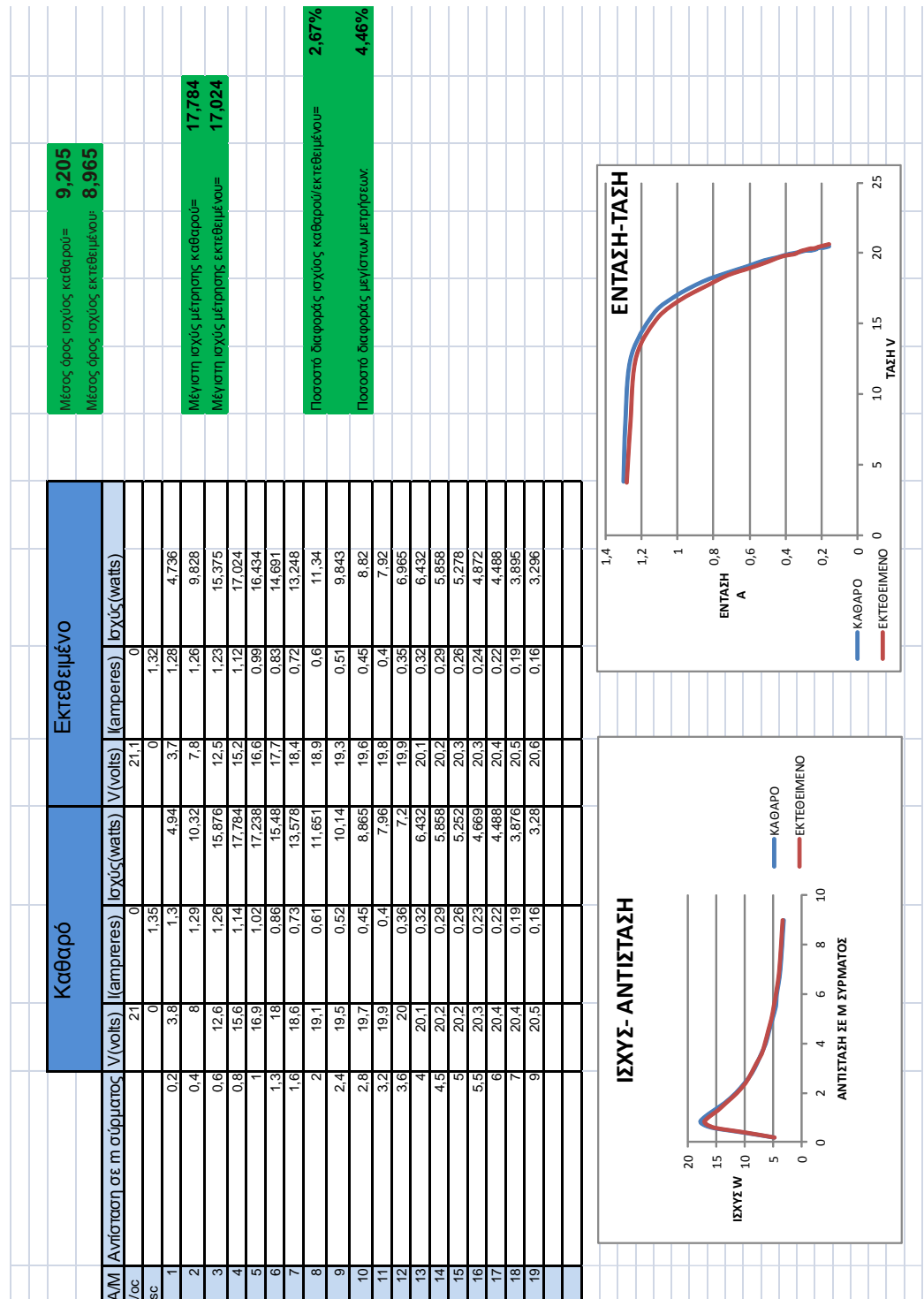
Στόχος είναι όχι μόνο η επιβεβαίωση της πτώσης απόδοσης του φωτοβολταϊκού αλλά και η ποσοτική μέτρηση αυτής της πτώσης καθώς και η εξεύρεση πιθανών λύσεων-προτάσεων.



6.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στο κεφάλαιο των μετρήσεων είχαμε δείξει πως σχεδιάστηκαν για κάθε μέτρηση ξεχωριστά, διαγράμματα χαρακτηριστικής έντασης-τάσης και επίσης διαγράμματα ισχύος-αντίστασης. Είχαμε έτσι τη δυνατότητα να δούμε και να συγκρίνουμε για κάθε μέτρηση, για οποιαδήποτε μέρα των μετρήσεων, την διαφορά που προέκυπτε ανάμεσα στην απόδοση του φωτοβολταϊκού που δεν καθαριζόταν, που ήταν δηλαδή πλήρως εκτεθειμένο στις συνθήκες του περιβάλλοντος πειράματος, και του φωτοβολταϊκού το οποίο καθαρίζαμε καθημερινά πριν την έναρξη των μετρήσεων.

Τα διαγράμματα που δημιουργήσαμε ήταν ως εξής:



Τυχαίο παράδειγμα μέτρησης. Καταγραφή. Απεικόνιση.

Στόχος ωστόσο εδώ είναι να δούμε την επίδραση των επικαθίσεων στην απόδοση των φωτοβολταϊκών σε βάθος χρόνου. Είναι προφανές ότι μεταξύ των μετρήσεων θα υπάρχουν και εξαιρέσεις, όπου για λόγους σφαλμάτων στις μετρήσεις, στιγμιαίων

αλλαγών στην ηλιακή ακτινοβολία κ.τ.λ. ίσως οι μετρήσεις των φωτοβολταϊκών να μην αντικατοπτρίζουν τη γενικότερη κατάσταση.

Για τους λόγους αυτούς και για να δούμε την πραγματική πτώση απόδοσης ενός εκτεθειμένου και ενός καθαρού φωτοβολταϊκού, προχωρήσαμε στη δημιουργία διαγραμμάτων που περιέχουν το σύνολο των μετρήσεων στο σύνολο του μήνα διάρκειας των μετρήσεων. Για την ακρίβεια στο σύνολο 70 ξεχωριστών μετρήσεων στη διάρκεια 30 ημερών.

Πήραμε τα στοιχεία κάθε μέτρησης και συγκεκριμένα την διαφορά ισχύος του καθαρού προς το εκτεθειμένο εκφρασμένη σε ποσοστό τοις εκατό, δύο φορές. Μία για την μέγιστη τιμή ισχύος σε κάθε φωτοβολταϊκό και σε κάθε μέτρηση και μία για τον μέσο όρο ισχύος κάθε μέτρησης.

Στη συνέχεια βάλουμε τα στοιχεία αυτά σε φύλλο υπολογισμού του excel και υπολογίσαμε τους μέσους όρους για το σύνολο των μετρήσεων και την ποσοστιαία διαφορά ισχύος του εκτεθειμένου σε σχέση με το καθαρό φωτοβολταϊκό σε όλη τη διάρκεια του μήνα.

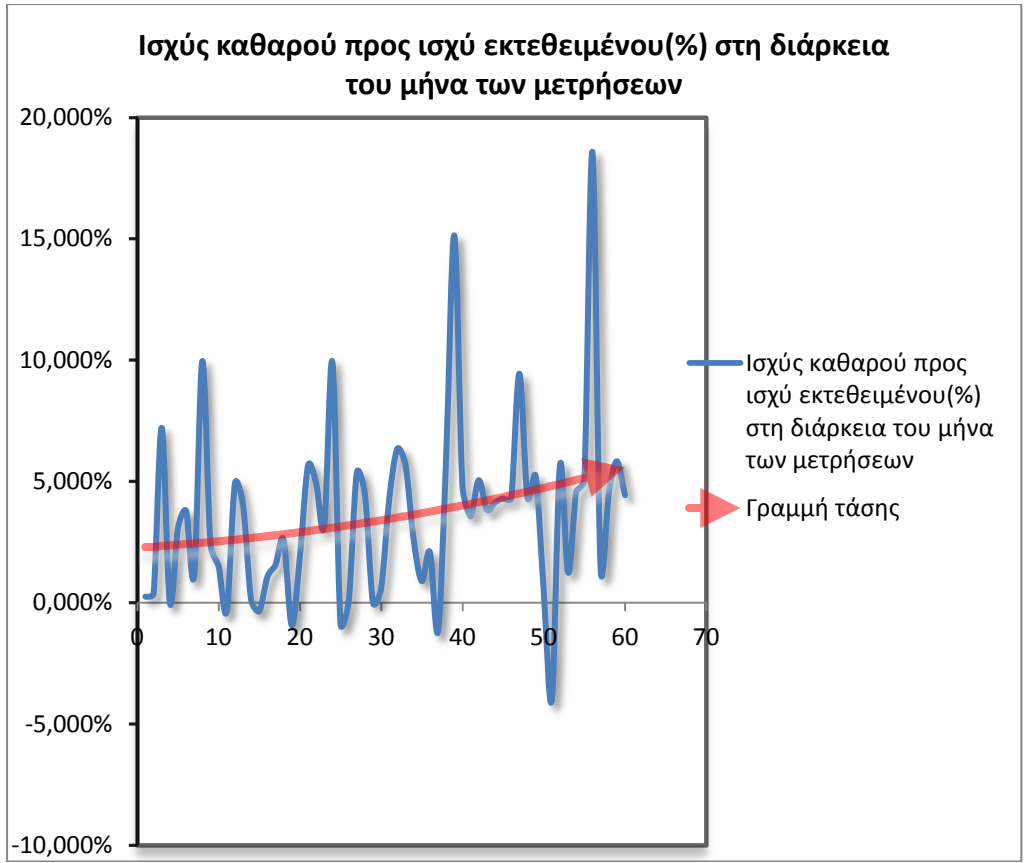
Τέλος τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε γραφικές παραστάσεις με γραμμές τάσης.

Ακολουθούν τα υπολογιστικά φύλλα και τα διαγράμματα από το excel.

Αριθμός μέτρησης	Καθαρό/Εκτεθειμένο-Μέση τιμή μέτρησης	Καθαρό/Εκτεθειμένο- Στο βέλτιστο φορτίο μέτρησης
1	3,98%	0,250%
2	0,73%	0,370%
3	4,42%	7,210%
4	1,64%	0,000%
5	0,82%	3,080%
6	2,01%	3,780%
7	0,57%	1,140%
8	5,04%	9,960%
9	0,77%	2,430%
10	-0,57%	1,510%
11	0,39%	-0,360%
12	2,18%	4,900%
13	1,77%	4,050%
14	0,60%	0,120%
15	0,39%	-0,360%
16	0,44%	1,060%
17	-1,03%	1,560%
18	1,01%	2,580%
19	0,42%	-0,930%
20	-0,15%	1,890%
21	2,81%	5,640%
22	2,73%	4,920%
23	3,90%	3,170%
24	5,31%	9,920%
25	2,65%	-0,880%
26	-2,00%	0,000%
27	2,90%	5,350%

28	1,04%	4,480%
29	0,02%	0,000%
30	-0,73%	0,590%
31	2,52%	4,280%
32	3,90%	6,350%
33	3,54%	5,670%
34	1,53%	2,600%
35	2,26%	0,890%
36	3,26%	2,080%
37	-0,23%	-1,180%
38	4,59%	6,030%
39	2,38%	15,140%
40	3,28%	4,840%
41	1,48%	3,560%
42	2,89%	5,050%
43	3,27%	3,840%
44	3,02%	4,130%
45	2,36%	4,300%
46	2,36%	4,300%
47	2,82%	9,440%
48	1,71%	4,330%
49	1,54%	5,210%
50	3,15%	0,490%
51	7,20%	-4,000%
52	3,54%	5,670%
53	3,71%	1,240%
54	2,92%	4,590%
55	1,92%	5,090%
56	6,25%	18,570%
57	1,98%	1,420%
58	3,00%	4,520%
59	3,89%	5,830%
60	2,67%	4,430%

Άρα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, το καθαρό πλαίσιο ήταν 2,213% κατά μέσο αποδοτικότερο από το εκτεθειμένο πλαίσιο και 3,602% αποδοτικότερο σε λειτουργία βέλτιστου φορτίου.



Από τα ανωτέρω καταλήγουμε ότι το εκτεθειμένο φωτοβολταϊκό, αν και οι μετρήσεις έγιναν τον μήνα του έτους με τις περισσότερες βροχοπτώσεις έχει μειωμένη απόδοση ισχύος κατά μέσο όρο 2,213% στη διάρκεια όλου του μήνα.

Επίσης παρατηρούμε κατά μέσο όρο στις μετρήσεις γύρω από το βέλτιστο φορτίο μία μειωμένη ισχύ 3,602% του εκτεθειμένου έναντι του καθαρού. Μπορούμε ακόμα να τονίσουμε ότι δεν ήταν λίγες οι μετρήσεις στις οποίες η ισχύς του καθαρού ήταν πάνω από 5% μεγαλύτερη από την ισχύ του εκτεθειμένου.

Τέλος βλέπουμε στα διαγράμματα ότι παρόλο που υπάρχουν αυξομειώσεις στην διαφορά ισχύος των δύο φωτοβολταϊκών, που μπορεί να έχουν σχέση με μετεωρολογικά φαινόμενα και κυρίως τη βροχή, η τάση από την αρχή ως το τέλος του μήνα είναι αυξητική. Αυτό κυρίως αποδεικνύει ότι η βροχή αν και στιγμιαία προσφέρει θετικό αποτέλεσμα για το πρόβλημα, δεν μπορεί να το καταπολεμήσει σε βάθος χρόνου.

Είναι άρα απολύτως λογικό από τα παραπάνω ότι η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στην αφαλάτωση θα είχε σίγουρα το πρόβλημα των επικαθίσεων και της μειωμένης απόδοσης φωτοβολταϊκών.

Είναι επίσης προφανές ότι το πρόβλημα είναι σημαντικό καθώς στην καλύτερη των περιπτώσεων, δηλαδή το μήνα Δεκέμβριο με τις πολλές βροχοπτώσεις, η μείωση της απόδοσης μπορεί να είναι από 2,5 έως 3,6% ή και παραπάνω και άρα τους υπόλοιπους μήνες πολύ μεγαλύτερη.

Συμπερασματικά, μια μείωση απόδοσης ακόμα και στο 3,6% μπορεί να έχει σημαντικά αποτελέσματα για το σύστημα. Είναι λοιπόν τελικά απολύτως απαραίτητο κατά την εφαρμογή φωτοβολταϊκών στην ταράτσα της αφαλάτωσης Μυκόνου, να γίνει κατά τη μελέτη, πρόβλεψη για τον καθαρισμό των φωτοβολταϊκών πάνελ ώστε η απόδοση να διατηρείται στα μέγιστα δυνατά επίπεδα.

6.4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΛΥΣΕΙΣ/ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ Φ/Β

Πολλές από τις εταιρίες παραγωγής και εμπορίας φωτοβολταϊκών κατηγορήθηκαν κατά καιρούς ότι στην προσπάθεια προώθησης των προϊόντων τους αποφεύγουν να ενημερώσουν για τα έξοδα συντήρησης ή ακόμα και ότι προωθούν τα προϊόντα τους χρησιμοποιώντας ως πλεονέκτημα τα μηδενικά έξοδα συντήρησης. Προφανώς και τα παράπονα αυτά έχουν κάποια βάση καθώς όπως δείξαμε τα φωτοβολταϊκά να μην συνεχίζουν να λειτουργούν χωρίς συντήρηση αλλά η μειωμένη απόδοση καθιστά την συντήρηση υπό τη μορφή συνεχών καθαρισμών αναγκαία.

Ως αποτέλεσμα πολλές εταιρίες και ερευνητές έχουν στρέψει τις προσπάθειές τους στην ανάπτυξη της τεχνολογίας καθαρισμού φωτοβολταϊκών, με νέες λύσεις να αναδεικνύονται και παλιότερες να τελειοποιούνται.

Υπάρχουν λοιπόν στην αγορά ήδη πολλές εταιρίες που προσφέρουν πλήθος λύσεων για τον καθαρισμό των φωτοβολταϊκών. Το ποιά λύση ταιριάζει κάθε εφαρμογή και φυσικά το ποια λύση συμφέρει οικονομικά ή όχι έχει να κάνει με πολλούς παράγοντες και φυσικά εξαρτάται από την προτίμηση του καταναλωτή και του εγκαταστάτη.

Παρουσιάζονται παρακάτω μερικές από τις τεχνολογίες καθαρισμού, οι υπάρχουσες λύσεις και τα κύρια χαρακτηριστικά τους:

6.4.1 Καθαρισμός από εταιρία καθαρισμού



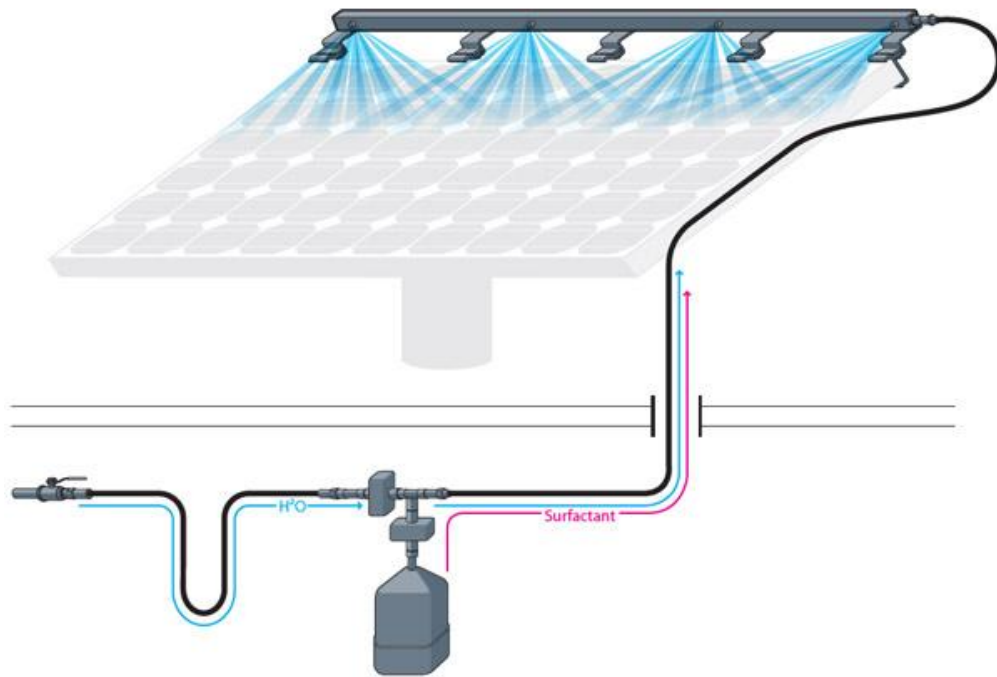
Η πιο απλή λύση. Υπάρχουν πλέον αρκετά συνεργεία καθαρισμού που εξειδικεύονται στον καθαρισμό φωτοβολταϊκών. Επίσης πολλές εταιρίες εγκατάστασης φωτοβολταϊκών προσφέρουν ολοκληρωμένες λύσεις με πακέτα ελέγχου/καθαρισμού ως μέρος μακροχρόνιων επενδυτικών προγραμμάτων. Οι τιμές μπορεί να διαφέρουν αρκετά καθώς πολλές εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών μπορεί να είναι αρκετά δυσπρόσιτες και να απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό.

6.4.2 Καθαρισμός με συστήματα ψεκασμού και αυτοματοποιημένα συστήματα

Τα συστήματα αυτά ταιριάζουν κυρίως σε μεγάλες μονάδες καθώς το κόστος παραγωγής είναι μεγάλο αλλά ο χρόνος που χρειάζεται για τη λειτουργία μετά την εγκατάσταση είναι ελάχιστος.

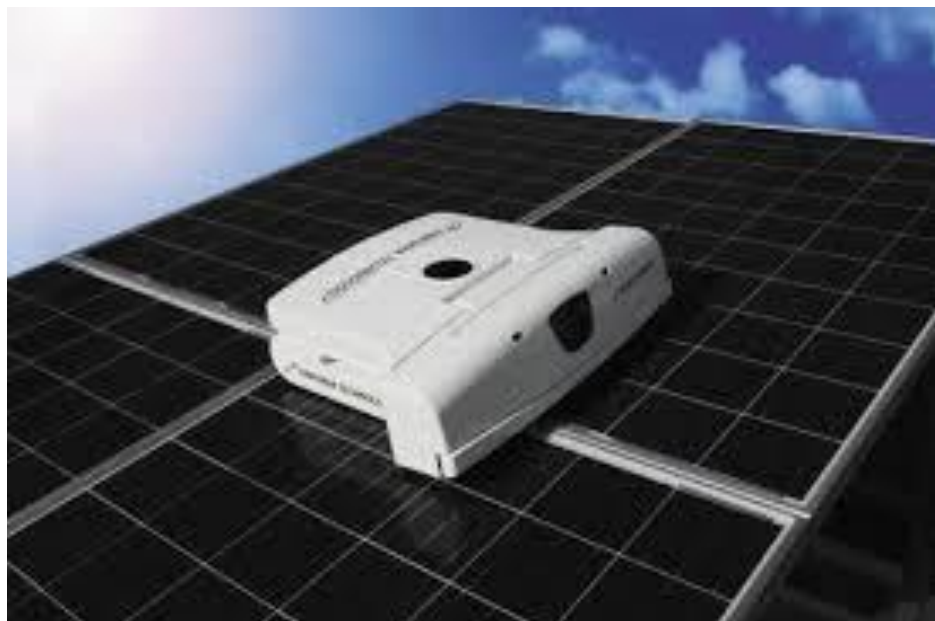
Ουσιαστικά πρόκειται για συστήματα που μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να καθαρίζουν τα φωτοβολταϊκά όσο τακτικά το επιθυμείτε. Ένα τυπικό σύστημα αποτελείται από ακροσωλήνια nozzles που τοποθετούνται στα φωτοβολταϊκά και σε συνδυασμό με νερό από υπάρχουσα παροχή και καθαριστικό υγρό (συνήθως βιοδιασπώμενο σαπούνι) ψεκάζει και καθαρίζει της επιφάνειες.

Το σύστημα επικοινωνεί με αισθητήρες και παρέχει μέσω ενός σχετικά απλού λογισμικού στον χρήστη πληροφορίες και δυνατότητες τοπικού καθαρισμού κ.α.



6.4.3 Καθαρισμός με χρήση ρομποτικής τεχνολογίας

Υπάρχουν εξίσου πολλές εταιρίες που παράγουν ρομπότ καθαρισμού φωτοβολταϊκών. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία που αρχικά εξελίχθηκε για την δημιουργία ρομπότ καθαρισμού πισινών κ.τ.λ. προσφέρουν πλέον ρομπότ για κάθε είδος φωτοβολταϊκή εφαρμογή.



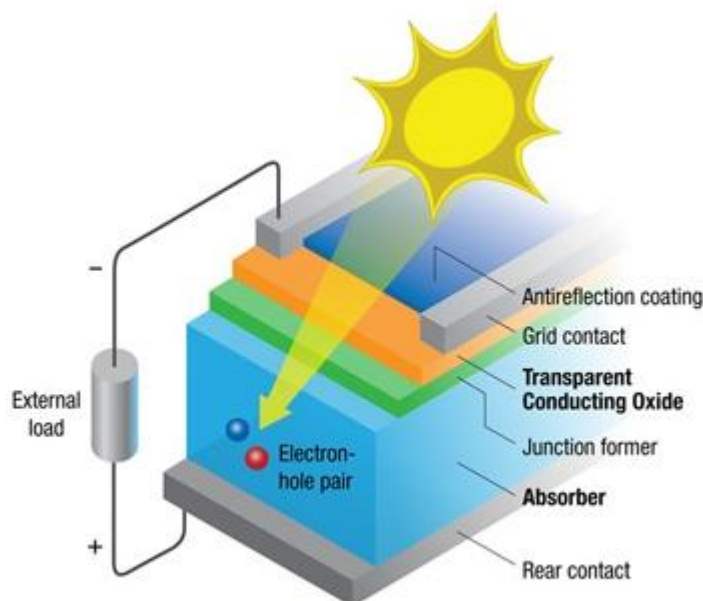
6.4.4 Καθαρισμός με χρήση νανοτεχνολογίας

Η χρήση νανοτεχνολογίας στα φωτοβολταϊκά είναι ένας πολλά υποσχόμενος τομέας και ήδη υπάρχουν στο εμπόριο αρκετές εφαρμογές τεχνολογίας στα φωτοβολταϊκά τρίτης γενιάς. Οι προσπάθειες συγκεντρώνονται σε όλους τους τομείς από την κατασκευή διόδων και την κατασκευή φωτοβολταϊκών με μικρότερη αντανάκλαση για μεγαλύτερη απόδοση ως την δημιουργία των λεγόμενων “smart coatings” ή hydrophobic coatings.

Αυτές οι επενδύσεις ή μανδύες είναι που επικεντρώνουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το κομμάτι του καθαρισμού των φωτοβολταϊκών. Οι επικάλυψη των φωτοβολταϊκών με αυτά τα νανο-καλύμματα δημιουργεί μια στιλπνή επιφάνεια με ελάχιστες τριβές, με μικρότερη αντανάκλαση ακτινοβολίας και λιγότερα φορτία στατικού ηλεκτρισμού. Ως αποτέλεσμα η σκόνη και τα σωματίδια γλιστρούν ευκολότερα από την επιφάνεια του φωτοβολταϊκού και το νερό της βροχής σχηματίζει ευκολότερα σφαιρικές επιφάνειες και απομακρύνεται από την επιφάνεια των φωτοβολταϊκών.

Επίσης τα υλικά αυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να τοποθετηθούν κατά την παραγωγή υπό μορφή φιλμ και σε μικρότερο κόστος, ή να προστεθούν αργότερα σε ήδη έτοιμες εγκαταστάσεις με τη μορφή spray ή paste.

Γίνονται προσπάθειες δημιουργίας υλικών με όλα τα θετικά χαρακτηριστικά των νανοϋλικών σε ένα προϊόν (multifunctional coatings) και το μέλλον για αυτήν τη τεχνολογία θα είναι σίγουρα μεγάλο με μείωση του κόστους και όλο και καλύτερα προϊόντα.



Παράδειγμα χρήσης επικάλυψης νανοϋλικού για μειωμένη ανάκλαση.(self-cleaned panel)

6.4.5 Αναμενόμενη τεχνολογία/νέα τεχνολογία

Υπάρχουν επίσης πολλές υποσχόμενες τεχνολογίες που αναμένονται να δώσουν λύσεις στο πρόβλημα. Ένα παράδειγμα είναι η τεχνολογία που αναπτύχθηκε αρχικά

από τη NASA και προοριζόταν ως λύση του προβλήματος τις επικαλύψεις σκόνης στα φωτοβολταϊκά των οχημάτων προσσελήνωσης και ερευνητικών οχημάτων στον πλανήτη Άρη. Η τεχνολογία όμως δείχνει να έχει εφαρμογή και στην καθημερινότητά μας.

Μια λεπτή διάφανη πλαστική μεμβράνη, ευαίσθητη στα ηλεκτρικά φορτία τυλίγει τα φωτοβολταϊκά, ανιχνευτές παρατηρούν τα επίπεδα σκόνης και όταν αυτά φτάσουν το κρίσιμο επίπεδο φορτίζουν ηλεκτρικά την μεμβράνη η οποία με το ηλεκτρικό σοκ τινάζει τη σκόνη και τα σωματίδια από πάνω της.

6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κάνοντας τα σενάρια των προσομοιώσεων στο λογισμικό Archelios και εισάγοντας συντελεστή μείωσης απόδοσης, 3% default, 3.7% (προσδιορισμένο στις μετρήσεις) και 0,5% για την περίπτωση εφαρμογής αυτοματοποιημένου συστήματος καθαρισμού με αρχικό κόστος εγκατάστασης 47000 € και αναλύοντας και τα οικονομικά δεδομένα των προσομοιώσεων, μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

Οι διαφορά στην παραγωγή και των τριών σεναρίων, δεν υπερβαίνει τις 1000 Kwh.

Ο χρόνος απόσβεσης για το πρώτο και το τρίτο σενάριο δεν υπερβαίνει τα 2 χρόνια.

Τα εκτιμώμενα έσοδα για το σενάριο με σύστημα καθαρισμού είναι μικρότερα από τα έσοδα του πρώτου σεναρίου.(Κυρίως λόγω του μεγάλου αρχικού κόστους εγκατάστασης.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι

Αν και η πτώση απόδοσης λόγω έκθεσης στο περιβάλλον είναι σημαντική, για την αφαλάτωση Μυκόνου οικονομικά ο συνδυασμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκών και ταυτόχρονα συστήματος καθαρισμού θα ήταν ασύμφορη κίνηση.

Δεδομένου και της περίπτωσης της αφαλάτωσης με την εύκολη πρόσβαση σε νερό, την εύκολη πρόσβαση στην ταράτσα και το πλήθος ικανού και εργατικού προσωπικού προτείνεται απλός χειρωνακτικός καθαρισμός από μέλη του προσωπικού της μονάδας κατά τακτά διαστήματα, 2 με 4 φορές το μήνα έτσι ώστε να διατηρείται ο συντελεστής soiling τουλάχιστον στο επίπεδο του αποτελέσματος των μετρήσεων-3,7%

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://www.cres.gr/kape>

<http://www.ypeka.gr>

International Energy Agency

<http://www.europarl.europa.eu/> ευρωπαϊκό κοινοβούλιο

Mark Wilf, (2007), The guidebook to Membrane Desalination Technology.

Σχεδιασμός συστημάτων αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, 2006

<http://www.archelios.com>

M. Mani, R. Pillai. Impact of dust on solar photovoltaic performance: Research status, challenges and recommendations, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 2010, pp. 3124-3131

A.S. Glassner (Ed), An introduction to ray tracing, Academic Press

M. Piliouline, J. Carretero, Comparative analysis of the dust losses in photovoltaic modules with different cover glasses

Δεληγιάννη, Ε. and Β. Μπελεσιώτης: «Μέθοδοι και Συστήματα Αφαλάτωσης», Αρχές Διεργασιών Αφαλάτωσης, 475 pp., Αθήνα, 1995

Βασίλειος Δ. Μπιτζιώνης, Εναλλακτικές μορφές ενέργειας

Σωκράτης Ν. Καπλάνης, Ηλιακή Μηχανική

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

2 Δεκεμβρίου και ώρα 12.30

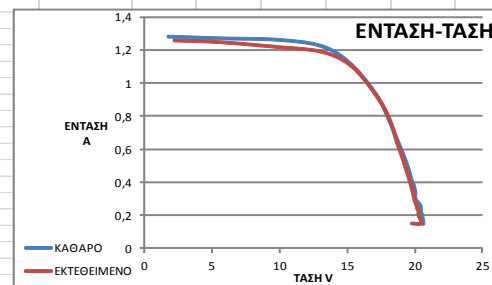
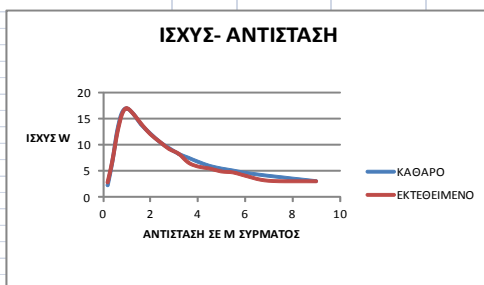
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,2	0		20,9	0	
Isc		0	1,29		0	1,28	
1	0,2	1,8	1,28	2,304	2,2	1,26	2,772
2	0,4	5,4	1,27	6,858	5,5	1,25	6,875
3	0,6	10	1,26	12,6	9,9	1,22	12,078
4	0,8	13,2	1,22	16,104	13,2	1,19	15,708
5	1	15,3	1,11	16,983	15,4	1,1	16,94
6	1,3	17,2	0,92	15,824	17,3	0,91	15,743
7	1,6	18,1	0,77	13,937	18,2	0,77	14,014
8	2	18,7	0,65	12,155	18,7	0,64	11,968
9	2,4	19,2	0,55	10,56	19,1	0,55	10,505
10	2,8	19,5	0,48	9,36	19,4	0,47	9,118
11	3,2	19,7	0,42	8,274	19,6	0,42	8,232
12	3,6	19,9	0,38	7,562	19,9	0,33	6,567
13	4	20	0,34	6,8	20	0,29	5,8
14	4,5	20	0,3	6	20,1	0,27	5,427
15	5	20,3	0,27	5,481	20,2	0,24	4,848
16	5,5	20,4	0,25	5,1	20,3	0,23	4,669
17	6	20,4	0,23	4,692	20,3	0,2	4,06
18	7	20,5	0,2	4,1	20,5	0,15	3,075
19	9	20,6	0,15	3,09	19,8	0,15	2,97
				8,830736842			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,831**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,493**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **16,983**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **16,94**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,98%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **0,25%**



2 Δεκεμβρίου και ώρα 13.30

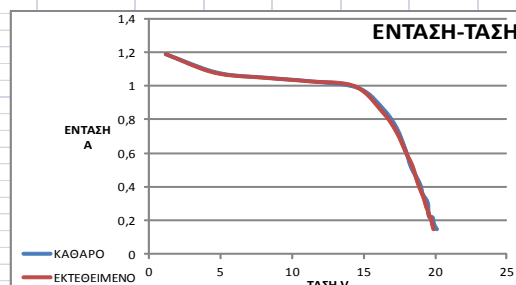
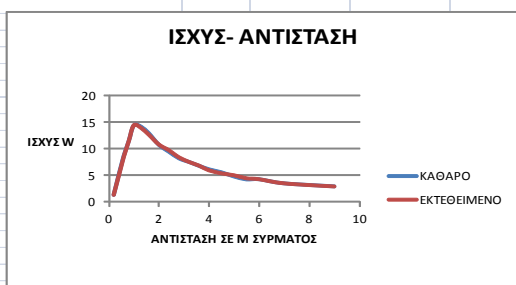
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		20,3	0		20,3	0	
Isc		0	1,19		0	1,19	
1	0,2	1,2	1,19	1,428	1,2	1,19	1,428
2	0,4	4,8	1,08	5,184	4,6	1,08	4,968
3	0,6	8,3	1,05	8,715	8,1	1,05	8,505
4	0,8	11,2	1,03	11,536	11,1	1,03	11,433
5	1	14,6	0,99	14,454	14,4	1	14,4
6	1,3	16,3	0,87	14,181	16,3	0,85	13,855
7	1,6	17,3	0,75	12,975	17,3	0,73	12,629
8	2	18	0,6	10,8	18	0,6	10,8
9	2,4	18,3	0,52	9,516	18,4	0,53	9,752
10	2,8	18,8	0,44	8,272	18,7	0,45	8,415
11	3,2	19	0,4	7,6	18,9	0,4	7,56
12	3,6	19,1	0,36	6,876	19,1	0,36	6,876
13	4	19,4	0,32	6,208	19,3	0,31	5,983
14	4,5	19,5	0,29	5,655	19,4	0,28	5,432
15	5	19,5	0,25	4,875	19,5	0,26	5,07
16	5,5	19,6	0,22	4,312	19,6	0,23	4,508
17	6	19,8	0,22	4,356	19,7	0,22	4,334
18	7	19,9	0,18	3,582	19,8	0,18	3,564
19	9	20,1	0,15	3,015	19,9	0,15	2,985
				7,554736842			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **7,555**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **7,5**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **14,454**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **14,4**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **0,73%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **0,37%**



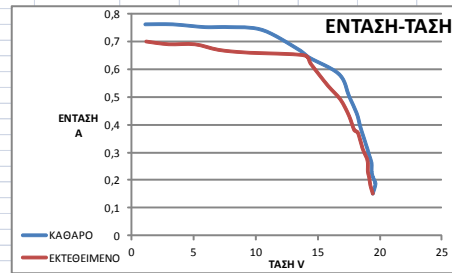
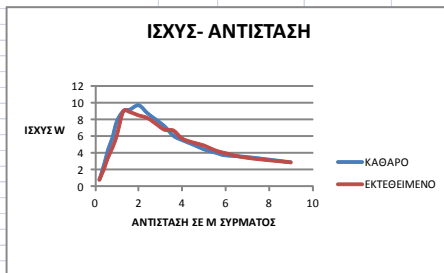
2 Δεκεμβρίου και ώρα 14.30

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		20,5	0		20,5	0	
Isc		0	0,82		0	0,83	
1	0,2	1,1	0,76	0,836	1,2	0,7	0,84
2	0,4	3,3	0,76	2,508	3	0,69	2,07
3	0,6	5,9	0,75	4,425	5,1	0,69	3,519
4	0,8	7,8	0,75	5,85	7	0,67	4,69
5	1	10,5	0,74	7,77	9,3	0,66	6,138
6	1,3	13,4	0,67	8,978	13,9	0,65	9,035
7	1,6	14,3	0,64	9,152	14,4	0,62	8,928
8	2	16,7	0,58	9,686	15,8	0,54	8,532
9	2,4	17,5	0,5	8,75	16,8	0,49	8,232
10	2,8	18,1	0,44	7,964	17,5	0,43	7,525
11	3,2	18,4	0,39	7,176	17,9	0,38	6,802
12	3,6	18,9	0,32	6,048	18,2	0,37	6,734
13	4	19,1	0,29	5,539	18,6	0,31	5,766
14	4,5	19,3	0,26	5,018	18,9	0,28	5,292
15	5	19,3	0,23	4,439	19	0,26	4,94
16	5,5	19,4	0,21	4,074	19	0,23	4,37
17	6	19,6	0,19	3,724	19,1	0,21	4,011
18	7	19,6	0,18	3,528	19,2	0,18	3,456
19	9	19,4	0,15	2,91	19,4	0,15	2,91
				5,703947368			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **5,704**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **5,463**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **9,686**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **9,035**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **4,42%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **7,21%**



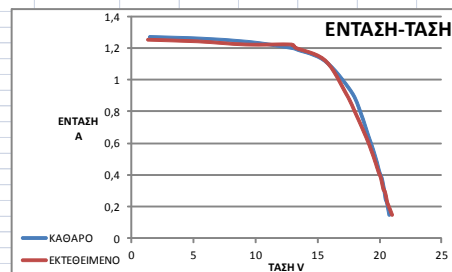
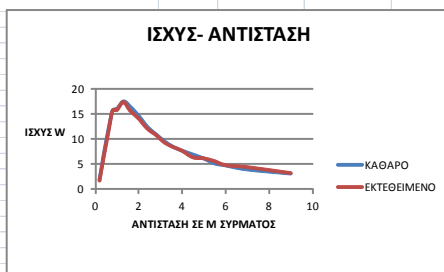
2 Δεκεμβρίου και ώρα 14.30

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,3	0		21,5	0	
Isc		0	1,28		0	1,25	
1	0,2	1,5	1,27	1,905	1,3	1,25	1,625
2	0,4	5,6	1,26	7,056	5,3	1,24	6,572
3	0,6	9,4	1,24	11,656	9,2	1,22	11,224
4	0,8	13	1,2	15,6	12,9	1,22	15,738
5	1	13,4	1,19	15,946	13,2	1,2	15,84
6	1,3	15,6	1,12	17,472	15,6	1,12	17,472
7	1,6	17,7	0,93	16,461	17,3	0,91	15,743
8	2	18,5	0,79	14,615	18,1	0,78	14,118
9	2,4	19,1	0,65	12,415	18,9	0,64	12,096
10	2,8	19,5	0,56	10,92	19,3	0,56	10,808
11	3,2	19,8	0,48	9,504	19,7	0,47	9,259
12	3,6	20	0,42	8,4	19,9	0,42	8,358
13	4	20,2	0,38	7,676	20,1	0,38	7,638
14	4,5	20,3	0,34	6,902	20,3	0,31	6,293
15	5	20,4	0,3	6,12	20,4	0,3	6,12
16	5,5	20,5	0,25	5,125	20,5	0,27	5,535
17	6	20,6	0,23	4,738	20,6	0,23	4,738
18	7	20,7	0,19	3,933	20,7	0,21	4,347
19	9	20,8	0,15	3,12	21	0,15	3,15
				9,450736842			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,451**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,299**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **17,472**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,472**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **1,64%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **0,00%**



3 Δεκεμβρίου και ώρα 12

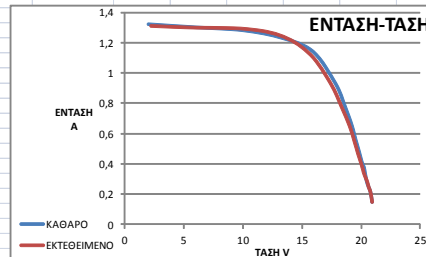
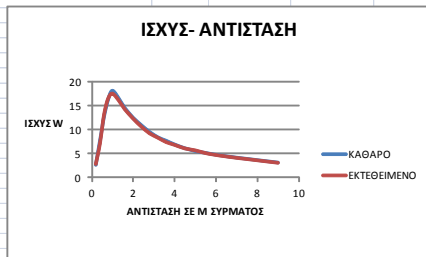
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,2	0		21,4	0	
Isc		0	1,32		0	1,32	
1	0,2	2	1,32	2,64	2,2	1,31	2,882
2	0,4	5,9	1,3	7,67	5,5	1,3	7,15
3	0,6	10	1,28	12,8	10,3	1,29	13,287
4	0,8	13,3	1,23	16,359	13,4	1,24	16,616
5	1	15,9	1,14	18,126	15,7	1,12	17,584
6	1,3	17,8	0,93	16,554	17,4	0,93	16,182
7	1,6	18,6	0,78	14,508	18,3	0,78	14,274
8	2	19,2	0,65	12,48	19	0,65	12,35
9	2,4	19,5	0,56	10,92	19,4	0,55	10,67
10	2,8	19,8	0,48	9,504	19,7	0,47	9,259
11	3,2	20	0,42	8,4	19,9	0,42	8,358
12	3,6	20,2	0,38	7,676	20,1	0,37	7,437
13	4	20,3	0,34	6,902	20,2	0,34	6,868
14	4,5	20,4	0,3	6,12	20,4	0,3	6,12
15	5	20,5	0,27	5,535	20,5	0,28	5,74
16	5,5	20,6	0,25	5,15	20,6	0,25	5,15
17	6	20,7	0,23	4,761	20,7	0,23	4,761
18	7	20,8	0,2	4,16	20,8	0,2	4,16
19	9	20,9	0,15	3,135	20,9	0,15	3,135
				9,126315789			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= 9,126
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= 9,052

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= 18,126
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= 17,584

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= 0,82%

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= 3,08%



3 Δεκεμβρίου και ώρα 13

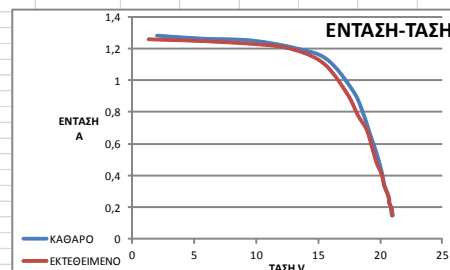
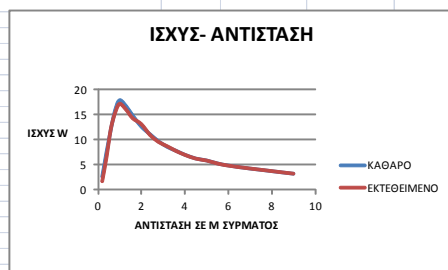
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,4	0		21,6	0	
Isc		0	1,28		0	1,26	
1	0,2	2	1,28	2,56	1,3	1,26	1,638
2	0,4	5,9	1,26	7,434	5,2	1,25	6,5
3	0,6	9,6	1,25	12	9,9	1,23	12,177
4	0,8	13,2	1,2	15,84	12,8	1,2	15,36
5	1	15,7	1,13	17,741	15,4	1,11	17,094
6	1,3	17,8	0,93	16,554	17,3	0,92	15,916
7	1,6	18,6	0,79	14,694	18,2	0,78	14,196
8	2	19,2	0,65	12,48	18,9	0,69	13,041
9	2,4	19,6	0,56	10,976	19,4	0,56	10,864
10	2,8	19,9	0,48	9,552	19,7	0,48	9,456
11	3,2	20,1	0,42	8,442	20	0,43	8,6
12	3,6	20,2	0,38	7,676	20,2	0,38	7,676
13	4	20,3	0,34	6,902	20,3	0,34	6,902
14	4,5	20,5	0,3	6,15	20,5	0,3	6,15
15	5	20,6	0,28	5,768	20,6	0,28	5,768
16	5,5	20,7	0,25	5,175	20,7	0,25	5,175
17	6	20,7	0,23	4,761	20,7	0,23	4,761
18	7	20,8	0,2	4,16	20,9	0,2	4,18
19	9	20,9	0,15	3,135	21	0,15	3,15
				9,052631579			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= 9,053
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= 8,874

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= 17,741
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= 17,094

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= 2,01%

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= 3,78%



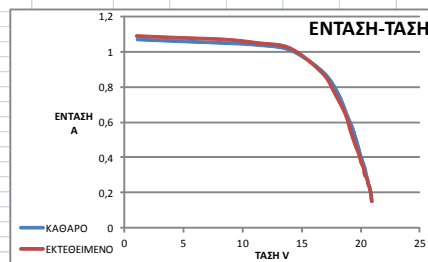
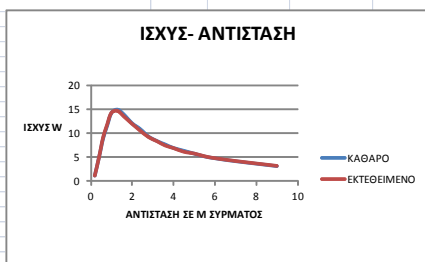
3 Δεκεμβρίου και ώρα 14

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Vac		21,4	0	0	21,5	0	0
Isc		0	1,08	0	0	1,1	0
1	0,2	1,1	1,07	1,177	1	1,09	1,09
2	0,4	4,6	1,06	4,876	4,5	1,08	4,86
3	0,6	8,4	1,05	8,82	8,5	1,07	9,095
4	0,8	11,1	1,04	11,544	11,3	1,05	11,865
5	1	14	1,01	14,14	14	1,02	14,28
6	1,3	16,7	0,89	14,863	16,7	0,88	14,696
7	1,6	18	0,77	13,86	17,8	0,76	13,528
8	2	18,8	0,64	12,032	18,7	0,64	11,968
9	2,4	19,3	0,56	10,808	19,1	0,55	10,505
10	2,8	19,7	0,47	9,259	19,5	0,47	9,165
11	3,2	19,9	0,42	8,358	19,8	0,42	8,316
12	3,6	20,1	0,38	7,638	20	0,37	7,4
13	4	20,3	0,34	6,902	20,2	0,34	6,868
14	4,5	20,4	0,31	6,324	20,3	0,3	6,09
15	5	20,5	0,28	5,74	20,5	0,28	5,74
16	5,5	20,6	0,25	5,15	20,6	0,25	5,15
17	6	20,7	0,23	4,761	20,7	0,23	4,761
18	7	20,8	0,2	4,16	20,8	0,2	4,16
19	9	20,9	0,15	3,135	20,9	0,15	3,135
				8,081421053			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,081**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,035**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **14,863**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **14,696**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **0,57%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **1,14%**



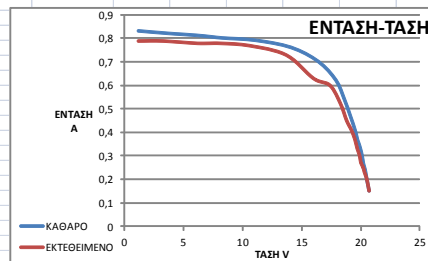
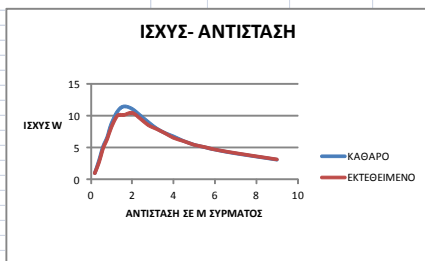
3 Δεκεμβρίου και ώρα 15

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Vac		21,4	0	0	21,4	0	0
Isc		0	0,84	0	0	0,79	0
1	0,2	1,2	0,83	0,996	1,2	0,79	0,948
2	0,4	3,6	0,82	2,952	3,3	0,79	2,607
3	0,6	6,4	0,81	5,184	6,2	0,78	4,836
4	0,8	8,3	0,8	6,64	8,1	0,78	6,318
5	1	11,1	0,79	8,769	10,6	0,77	8,162
6	1,3	14,1	0,76	10,716	13,7	0,73	10,001
7	1,6	16,4	0,7	11,48	16	0,63	10,08
8	2	17,9	0,62	11,098	17,4	0,6	10,44
9	2,4	18,6	0,54	10,044	18,3	0,52	9,516
10	2,8	19,1	0,47	8,977	18,8	0,45	8,46
11	3,2	19,5	0,41	7,995	19,2	0,41	7,872
12	3,6	19,7	0,37	7,289	19,5	0,37	7,215
13	4	19,9	0,34	6,766	19,7	0,33	6,501
14	4,5	20,1	0,3	6,03	19,9	0,3	5,97
15	5	20,2	0,27	5,454	20	0,27	5,4
16	5,5	20,3	0,25	5,075	20,2	0,25	5,05
17	6	20,4	0,23	4,692	20,3	0,23	4,669
18	7	20,5	0,2	4,1	20,5	0,2	4,1
19	9	20,7	0,15	3,105	20,7	0,15	3,105
				6,703263158			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **6,703**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **6,382**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **11,48**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **10,44**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **5,04%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **9,96%**



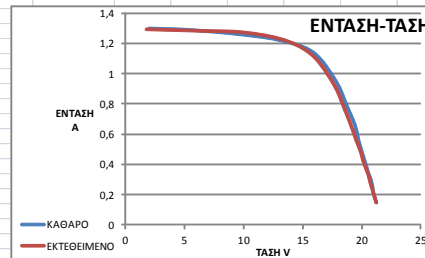
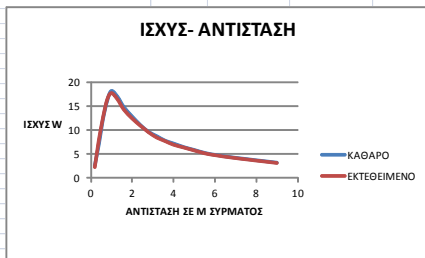
4 Δεκεμβρίου και ώρα 12

A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(ampere)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampere)	Ισχύς(watts)
Vac		21,6	0		21,6	0	
Isc		0	1,3		0	1,29	
1	0,2	2	1,3	2,6	1,8	1,29	2,322
2	0,4	5,5	1,29	7,095	6,3	1,28	8,064
3	0,6	9,8	1,26	12,348	10	1,27	12,7
4	0,8	13,2	1,22	16,104	13,4	1,22	16,348
5	1	15,9	1,14	18,126	15,8	1,12	17,696
6	1,3	17,6	0,95	16,91	17,6	0,93	16,368
7	1,6	18,7	0,79	14,773	18,5	0,77	14,245
8	2	19,4	0,66	12,804	19,1	0,65	12,415
9	2,4	19,7	0,56	11,032	19,5	0,56	10,92
10	2,8	20	0,48	9,6	19,9	0,48	9,552
11	3,2	20,2	0,43	8,686	20,1	0,42	8,442
12	3,6	20,4	0,38	7,752	20,3	0,38	7,714
13	4	20,5	0,35	7,175	20,5	0,34	6,97
14	4,5	20,7	0,31	6,417	20,6	0,31	6,386
15	5	20,8	0,28	5,824	20,7	0,28	5,796
16	5,5	20,9	0,25	5,225	20,8	0,25	5,2
17	6	20,9	0,23	4,807	20,9	0,23	4,807
18	7	21	0,2	4,2	21	0,2	4,2
19	9	21,2	0,15	3,18	21,2	0,15	3,18
				9,192526316			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,193**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,122**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,126**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,696**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **0,77%**
Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **2,43%**



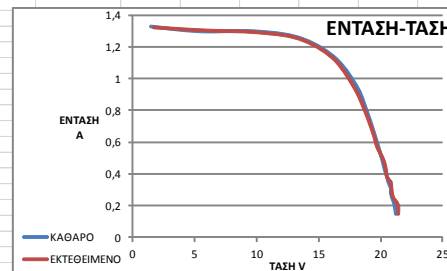
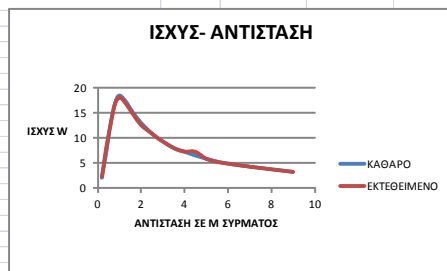
4 Δεκεμβρίου και ώρα 13

A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(ampere)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampere)	Ισχύς(watts)
Vac		21,6	0		21,8	0	
Isc		0	1,33		0	1,32	
1	0,2	1,5	1,33	1,995	1,7	1,32	2,244
2	0,4	5,4	1,3	7,02	6,2	1,3	8,06
3	0,6	9,8	1,3	12,74	9,9	1,29	12,771
4	0,8	13,4	1,26	16,884	13,4	1,25	16,75
5	1	16,2	1,14	18,468	16,1	1,13	18,193
6	1,3	18	0,96	17,28	17,8	0,95	16,91
7	1,6	18,8	0,81	15,228	18,7	0,8	14,96
8	2	19,4	0,67	12,998	19,4	0,65	12,61
9	2,4	19,6	0,57	11,286	19,7	0,57	11,229
10	2,8	20,1	0,49	9,849	20,2	0,49	9,898
11	3,2	20,3	0,43	8,729	20,4	0,43	8,772
12	3,6	20,5	0,38	7,79	20,5	0,38	7,79
13	4	20,6	0,35	7,21	20,8	0,35	7,28
14	4,5	20,8	0,31	6,448	20,8	0,35	7,28
15	5	20,8	0,28	5,824	20,9	0,28	5,852
16	5,5	20,9	0,25	5,225	21	0,25	5,25
17	6	21	0,23	4,83	21,2	0,23	4,876
18	7	21,1	0,2	4,22	21,4	0,2	4,28
19	9	21,2	0,15	3,18	21,4	0,15	3,21
				9,326526316			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,327**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,38**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,468**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **18,193**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **-0,57%**
Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **1,51%**



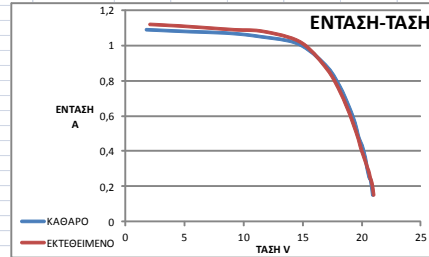
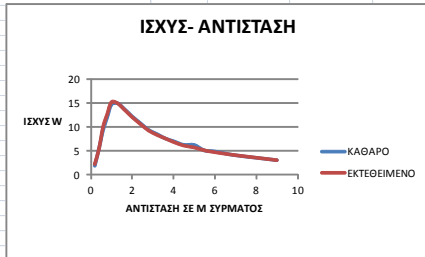
4 Δεκεμβρίου και ώρα 14

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,5	0	0	21,7	0	0
Isc		0	1,09	0	0	1,12	2,352
1	0,2	1,8	1,09	1,962	2,1	1,12	2,352
2	0,4	5,1	1,08	5,508	4,9	1,11	5,439
3	0,6	8,8	1,07	9,416	9,2	1,09	10,028
4	0,8	11,5	1,05	12,075	11,7	1,08	12,636
5	1	14,6	1,01	14,746	14,8	1,02	15,096
6	1,3	16,9	0,89	15,041	16,9	0,88	14,872
7	1,6	18,1	0,77	13,937	18	0,76	13,68
8	2	18,9	0,65	12,285	18,8	0,64	12,032
9	2,4	19,4	0,56	10,864	19,3	0,55	10,615
10	2,8	19,7	0,48	9,456	19,7	0,47	9,259
11	3,2	20	0,43	8,6	19,9	0,42	8,358
12	3,6	20,2	0,38	7,676	20,1	0,38	7,638
13	4	20,3	0,35	7,105	20,3	0,34	6,902
14	4,5	20,4	0,31	6,324	20,5	0,3	6,15
15	5	20,4	0,31	6,324	20,6	0,28	5,768
16	5,5	20,6	0,25	5,15	20,7	0,25	5,175
17	6	20,7	0,24	4,968	20,8	0,23	4,784
18	7	20,8	0,2	4,16	20,9	0,2	4,18
19	9	20,9	0,15	3,135	21	0,15	3,15
				8,354315789			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,354**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,322**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **15,041**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **15,096**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **0,39%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων **-0,36%**



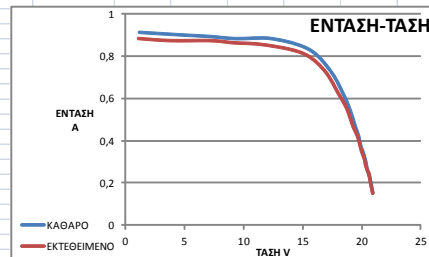
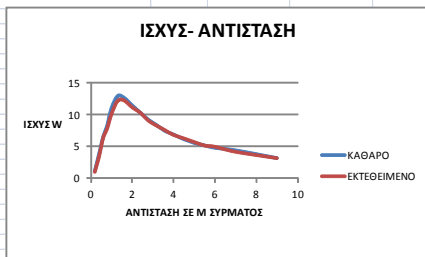
4 Δεκεμβρίου και ώρα 15

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,4	0	0	21,6	0	0
Isc		0	0,91	0	0	0,88	0,968
1	0,2	1,2	0,91	1,092	1,1	0,88	0,968
2	0,4	4,1	0,9	3,69	3,8	0,87	3,306
3	0,6	7,2	0,89	6,408	7,2	0,87	6,264
4	0,8	9,4	0,88	8,272	9,1	0,86	7,826
5	1	12,4	0,88	10,912	11,8	0,85	10,03
6	1,3	15,5	0,83	12,865	15	0,81	12,15
7	1,6	17,3	0,73	12,629	16,8	0,73	12,264
8	2	18,4	0,62	11,408	18	0,62	11,16
9	2,4	19	0,54	10,26	18,7	0,55	10,285
10	2,8	19,4	0,47	9,118	19,2	0,47	9,024
11	3,2	19,7	0,42	8,274	19,6	0,42	8,232
12	3,6	19,9	0,37	7,363	19,8	0,38	7,524
13	4	20,1	0,34	6,834	20	0,34	6,8
14	4,5	20,3	0,3	6,09	20,2	0,31	6,262
15	5	20,4	0,27	5,508	20,3	0,28	5,684
16	5,5	20,5	0,25	5,125	20,5	0,25	5,125
17	6	20,6	0,23	4,738	20,6	0,24	4,944
18	7	20,7	0,21	4,347	20,7	0,2	4,14
19	9	20,9	0,15	3,135	20,9	0,15	3,135
				7,266736842			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **7,267**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **7,112**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **12,865**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **12,264**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,18%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων **4,90%**

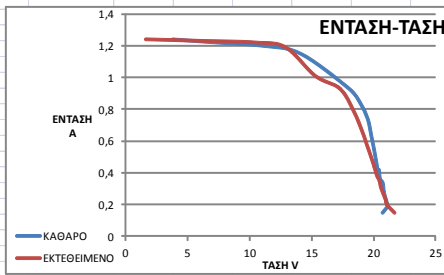
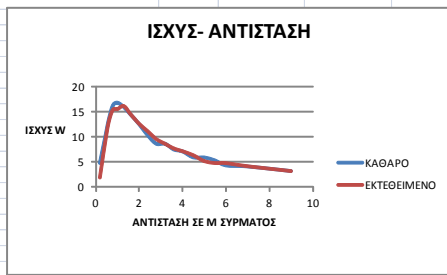


		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(ampres)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampres)	Ισχύς(watts)
Voc		21,6	0		21,8	0	
Isc		0	1,25		0	1,25	
1	0,2	3,8	1,24	4,712	1,6	1,24	1,984
2	0,4	7,3	1,22	8,906	6,3	1,23	7,749
3	0,6	11	1,2	13,2	10,5	1,22	12,81
4	0,8	14,1	1,15	16,215	12,9	1,19	15,351
5	1	18	0,93	16,74	15,3	1,01	15,453
6	1,3	18,9	0,84	15,876	17,3	0,93	16,089
7	1,6	19,5	0,74	14,43	18,4	0,79	14,536
8	2	19,8	0,63	12,474	19,1	0,66	12,606
9	2,4	20,1	0,51	10,251	19,5	0,57	11,115
10	2,8	20,3	0,42	8,526	19,9	0,48	9,552
11	3,2	20,4	0,42	8,568	20,1	0,43	8,643
12	3,6	20,5	0,36	7,38	20,3	0,38	7,714
13	4	20,7	0,34	7,038	20,5	0,35	7,175
14	4,5	20,8	0,28	5,824	20,6	0,31	6,386
15	5	20,8	0,28	5,824	20,9	0,25	5,225
16	5,5	20,9	0,25	5,225	21	0,23	4,83
17	6	21,1	0,2	4,22	21	0,23	4,83
18	7	21,1	0,19	4,009	21,1	0,2	4,22
19	9	20,7	0,15	3,105	21,7	0,15	3,255
				9,080157895			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,08**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,922**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **16,74**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **16,089**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **1,77%**
Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **4,05%**



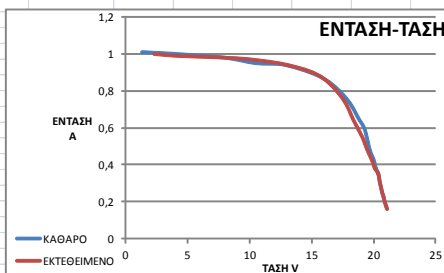
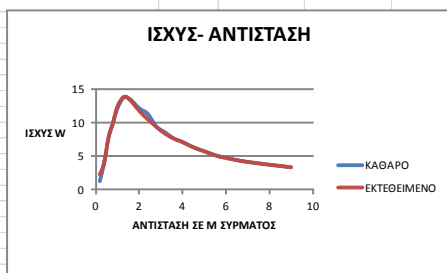
5 Δεκεμβρίου και ώρα 15

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(ampres)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampres)	Ισχύς(watts)
Voc		21,6	0		21,8	0	
Isc		0	1,02		0	1,01	
1	0,2	1,3	1,01	1,313	2,3	1	2,3
2	0,4	4,1	1	4,1	4,1	0,99	4,059
3	0,6	8	0,98	7,84	8	0,98	7,84
4	0,8	10,5	0,95	9,975	10,2	0,97	9,894
5	1	12,9	0,94	12,126	13,1	0,94	12,314
6	1,3	15,9	0,87	13,833	15,7	0,88	13,816
7	1,6	17,8	0,76	13,528	17,5	0,76	13,3
8	2	18,8	0,65	12,22	18,4	0,64	11,776
9	2,4	19,3	0,59	11,387	19,1	0,55	10,505
10	2,8	19,7	0,48	9,456	19,5	0,48	9,36
11	3,2	20	0,43	8,6	19,9	0,42	8,358
12	3,6	20,2	0,38	7,676	20,1	0,38	7,638
13	4	20,4	0,35	7,14	20,4	0,35	7,14
14	4,5	20,5	0,31	6,355	20,5	0,31	6,355
15	5	20,6	0,28	5,768	20,6	0,28	5,768
16	5,5	20,7	0,25	5,175	20,7	0,25	5,175
17	6	20,8	0,23	4,784	20,8	0,23	4,784
18	7	20,9	0,2	4,18	20,9	0,2	4,18
19	9	21,1	0,16	3,376	21,1	0,16	3,376
				7,833263158			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **7,833**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **7,786**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **13,833**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **13,816**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **0,60%**
Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **0,12%**



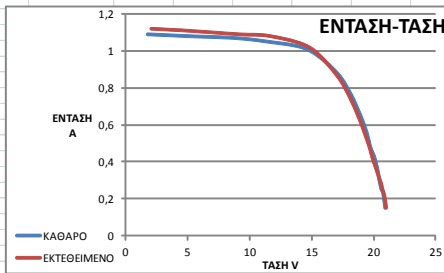
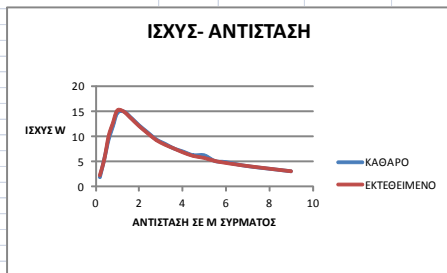
6 Δεκεμβρίου και ώρα 14

A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,5	0		21,7	0	
Isc		0	1,09		0	1,12	
1	0,2	1,8	1,09	1,962	2,1	1,12	2,352
2	0,4	5,1	1,08	5,508	4,9	1,11	5,439
3	0,6	8,8	1,07	9,416	9,2	1,09	10,028
4	0,8	11,5	1,05	12,075	11,7	1,08	12,636
5	1	14,6	1,01	14,746	14,8	1,02	15,096
6	1,3	16,9	0,89	15,041	16,9	0,88	14,872
7	1,6	18,1	0,77	13,937	18	0,76	13,68
8	2	18,9	0,65	12,285	18,8	0,64	12,032
9	2,4	19,4	0,56	10,864	19,3	0,55	10,615
10	2,8	19,7	0,48	9,456	19,7	0,47	9,259
11	3,2	20	0,43	8,6	19,9	0,42	8,358
12	3,6	20,2	0,38	7,676	20,1	0,38	7,638
13	4	20,3	0,35	7,105	20,3	0,34	6,902
14	4,5	20,4	0,31	6,324	20,5	0,3	6,15
15	5	20,4	0,31	6,324	20,6	0,28	5,768
16	5,5	20,6	0,25	5,15	20,7	0,25	5,175
17	6	20,7	0,24	4,968	20,8	0,23	4,784
18	7	20,8	0,2	4,16	20,9	0,2	4,18
19	9	20,9	0,15	3,135	21	0,15	3,15
				8,354315789			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,354**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,322**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **15,041**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **15,096**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **0,39%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **-0,36%**



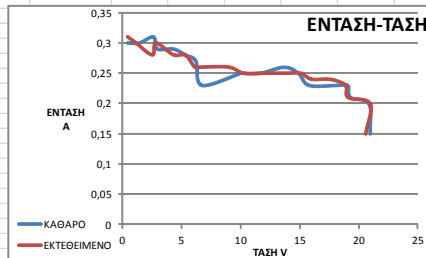
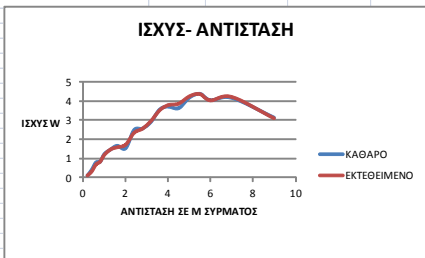
7 Δεκεμβρίου και ώρα 13

A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		20,3	0		20,4	0	
Isc		0	0,28		0	0,35	
1	0,2	0,4	0,3	0,12	0,4	0,31	0,124
2	0,4	1,4	0,3	0,42	1,1	0,3	0,33
3	0,6	2,6	0,31	0,806	2,5	0,28	0,7
4	0,8	2,9	0,29	0,841	2,8	0,3	0,84
5	1	4,3	0,29	1,247	4,3	0,28	1,204
6	1,3	5,3	0,28	1,484	5,3	0,28	1,484
7	1,6	6,2	0,27	1,674	6,1	0,26	1,586
8	2	6,7	0,23	1,541	6,6	0,26	1,716
9	2,4	10	0,25	2,5	9	0,26	2,34
10	2,8	10,3	0,25	2,575	10,2	0,25	2,55
11	3,2	11,7	0,25	2,925	11,8	0,25	2,95
12	3,6	13,7	0,26	3,562	14	0,25	3,5
13	4	14,9	0,25	3,725	15,1	0,25	3,775
14	4,5	15,8	0,23	3,634	16	0,24	3,84
15	5	18,2	0,23	4,186	17,6	0,24	4,224
16	5,5	19,1	0,23	4,393	18,9	0,23	4,347
17	6	19,3	0,21	4,053	19,1	0,21	4,011
18	7	20,9	0,2	4,18	21	0,2	4,2
19	9	21	0,15	3,15	20,6	0,15	3,09
				2,474526316			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **2,475**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **2,464**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **4,393**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **4,347**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **0,44%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **1,06%**



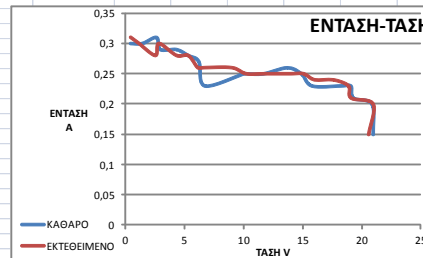
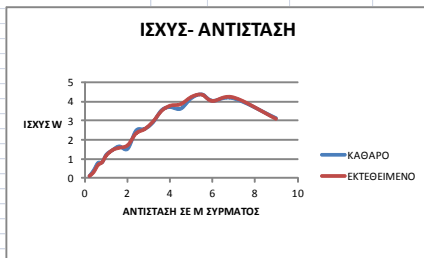
7 Δεκεμβρίου και ώρα 13

A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Vac		20,3	0		20,4	0	
Isc		0	0,28		0	0,35	
1	0,2	0,4	0,3	0,12	0,4	0,31	0,124
2	0,4	1,4	0,3	0,42	1,1	0,3	0,33
3	0,6	2,6	0,31	0,806	2,5	0,28	0,7
4	0,8	2,9	0,29	0,841	2,8	0,3	0,84
5	1	4,3	0,29	1,247	4,3	0,28	1,204
6	1,3	5,3	0,28	1,484	5,3	0,28	1,484
7	1,6	6,2	0,27	1,674	6,1	0,26	1,586
8	2	6,7	0,23	1,541	6,6	0,26	1,716
9	2,4	10	0,25	2,5	9	0,26	2,34
10	2,8	10,3	0,25	2,575	10,2	0,25	2,55
11	3,2	11,7	0,25	2,925	11,8	0,25	2,95
12	3,6	13,7	0,26	3,562	14	0,25	3,5
13	4	14,9	0,25	3,725	15,1	0,25	3,775
14	4,5	15,8	0,23	3,634	16	0,24	3,84
15	5	18,2	0,23	4,186	17,6	0,24	4,224
16	5,5	19,1	0,23	4,393	18,9	0,23	4,347
17	6	19,3	0,21	4,053	19,1	0,21	4,011
18	7	20,9	0,2	4,18	21	0,2	4,2
19	9	21	0,15	3,15	20,6	0,15	3,09
				2,474526316			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= 2,475
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= 2,464

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= 4,393
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= 4,347

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= 0,44%
Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= 1,06%



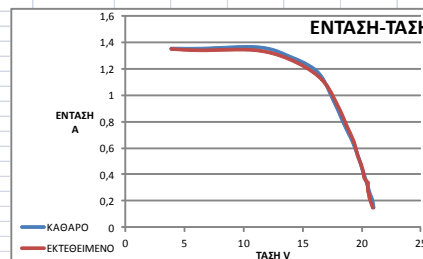
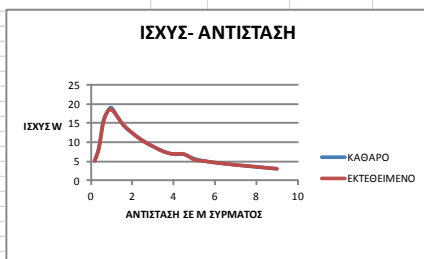
8 Δεκεμβρίου και ώρα 12,30

A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Vac		21,6	0	21,3	0		
Isc		0	1,36		0	1,36	
1	0,2	3,9	1,35	5,265	3,9	1,35	5,265
2	0,4	6,5	1,35	8,775	6,3	1,34	8,442
3	0,6	11,3	1,36	15,368	11,1	1,34	14,874
4	0,8	13,9	1,29	17,931	14,2	1,26	17,892
5	1	16,3	1,17	19,071	16,6	1,12	18,592
6	1,3	17,7	0,94	16,638	17,9	0,93	16,647
7	1,6	18,5	0,78	14,43	18,7	0,77	14,399
8	2	19,2	0,65	12,48	19,3	0,65	12,545
9	2,4	19,6	0,56	10,976	19,6	0,55	10,78
10	2,8	19,9	0,48	9,552	19,9	0,48	9,552
11	3,2	20,1	0,42	8,442	20,1	0,42	8,442
12	3,6	20,3	0,37	7,511	20,2	0,37	7,474
13	4	20,4	0,34	6,936	20,5	0,34	6,97
14	4,5	20,4	0,34	6,936	20,5	0,34	6,97
15	5	20,6	0,28	5,768	20,5	0,27	5,535
16	5,5	20,7	0,25	5,175	20,6	0,25	5,15
17	6	20,8	0,23	4,784	20,6	0,23	4,738
18	7	20,9	0,2	4,18	20,7	0,2	4,14
19	9	21	0,15	3,15	20,9	0,15	3,135
				9,650947368			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= 9,651
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= 9,555

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= 19,071
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= 18,592

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= 1,01%
Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= 2,58%



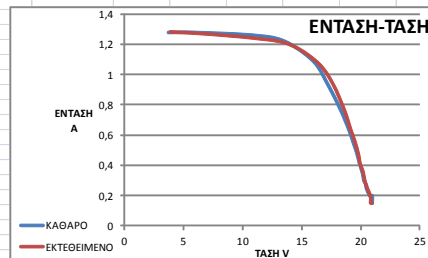
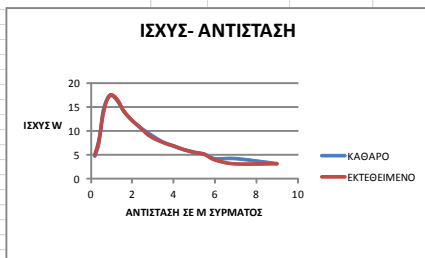
8 Δεκεμβρίου και ώρα 13,30

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,5	0	0	21,2	0	0
Isc		0	1,3	0	0	1,3	0
1	0,2	3,7	1,28	4,736	3,9	1,28	4,992
2	0,4	5,9	1,28	7,552	6,4	1,27	8,128
3	0,6	11,1	1,26	13,986	10,9	1,24	13,516
4	0,8	13,6	1,22	16,592	13,9	1,2	16,68
5	1	16	1,09	17,44	16,3	1,08	17,604
6	1,3	17,2	0,94	16,168	17,6	0,94	16,544
7	1,6	18,3	0,77	14,091	18,6	0,76	14,136
8	2	19	0,64	12,16	19,1	0,64	12,224
9	2,4	19,4	0,55	10,67	19,5	0,55	10,725
10	2,8	19,7	0,48	9,456	19,8	0,46	9,108
11	3,2	19,9	0,42	8,358	19,9	0,41	8,159
12	3,6	20,1	0,37	7,437	20,1	0,37	7,437
13	4	20,2	0,34	6,868	20,2	0,34	6,868
14	4,5	20,3	0,3	6,09	20,3	0,3	6,09
15	5	20,5	0,27	5,535	20,4	0,27	5,508
16	5,5	20,5	0,25	5,125	20,5	0,25	5,125
17	6	20,8	0,2	4,16	20,8	0,19	3,952
18	7	21	0,2	4,2	20,8	0,15	3,12
19	9	21	0,15	3,15	20,9	0,15	3,135
				9,146			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,146**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,108**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **17,44**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,604**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **0,42%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **-0,93%**



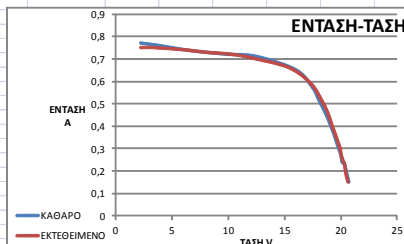
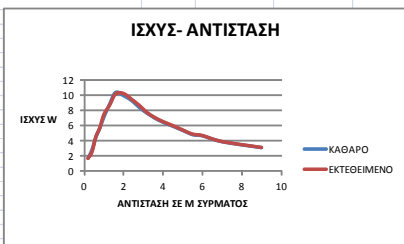
8 Δεκεμβρίου και ώρα 15,30

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,3	0	0	21,3	0	0
Isc		0	0,77	0	0	0,78	0
1	0,2	2,2	0,77	1,694	2,2	0,75	1,65
2	0,4	3,7	0,76	2,812	3,3	0,75	2,475
3	0,6	6,1	0,74	4,514	6,1	0,74	4,514
4	0,8	7,8	0,73	5,694	7,8	0,73	5,694
5	1	9,9	0,72	7,128	10,3	0,72	7,416
6	1,3	12,5	0,71	8,875	12,4	0,7	8,68
7	1,6	16	0,65	10,4	15,4	0,66	10,164
8	2	17,5	0,57	9,975	17,3	0,59	10,207
9	2,4	18	0,52	9,36	18,2	0,52	9,464
10	2,8	18,7	0,45	8,415	18,8	0,46	8,648
11	3,2	19,1	0,4	7,64	19,2	0,4	7,68
12	3,6	19,4	0,38	6,984	19,5	0,38	7,02
13	4	19,6	0,33	6,468	19,7	0,33	6,501
14	4,5	19,8	0,3	5,94	19,9	0,3	5,97
15	5	20	0,27	5,4	20	0,27	5,4
16	5,5	20,1	0,24	4,824	20,2	0,24	4,848
17	6	20,3	0,23	4,669	20,3	0,23	4,669
18	7	20,5	0,19	3,895	20,4	0,19	3,876
19	9	20,7	0,15	3,105	20,6	0,15	3,09
				6,199578947			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **6,2**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **6,209**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **10,4**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **10,207**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **-0,15%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **1,89%**



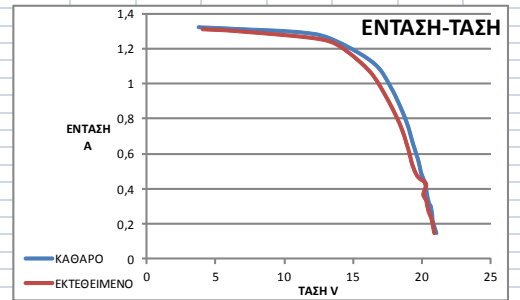
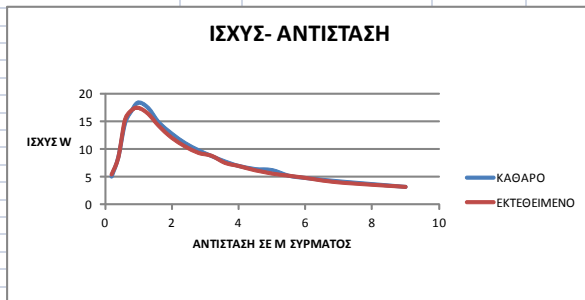
10 Δεκεμβρίου και ώρα 13,30

A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(ampreses)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampreses)	Ισχύς(watts)
Voc		21,4	0	0	21,5	0	0
Isc		0	1,32	1,32	0	1,31	1,31
1	0,2	3,8	1,32	5,016	4,1	1,31	5,371
2	0,4	6,5	1,31	8,515	6,5	1,3	8,45
3	0,6	11,3	1,29	14,577	12,1	1,26	15,246
4	0,8	13,5	1,25	16,875	13,9	1,22	16,958
5	1	16,4	1,12	18,368	16,1	1,08	17,388
6	1,3	17,7	0,98	17,346	17,3	0,94	16,262
7	1,6	18,8	0,79	14,852	18,4	0,77	14,168
8	2	19,3	0,66	12,738	19	0,63	11,97
9	2,4	19,7	0,56	11,032	19,3	0,54	10,422
10	2,8	19,9	0,49	9,751	19,7	0,47	9,259
11	3,2	20,2	0,43	8,686	20,3	0,43	8,729
12	3,6	20,3	0,38	7,714	20,1	0,37	7,437
13	4	20,4	0,34	6,936	20,3	0,34	6,902
14	4,5	20,5	0,31	6,355	20,4	0,3	6,12
15	5	20,6	0,3	6,18	20,5	0,27	5,535
16	5,5	20,7	0,25	5,175	20,6	0,25	5,15
17	6	20,7	0,23	4,761	20,7	0,23	4,761
18	7	20,8	0,2	4,16	20,8	0,19	3,952
19	9	21	0,15	3,15	20,9	0,15	3,135
				9,586789474			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,589**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,327**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,368**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,388**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθει= **2,73%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,92%**

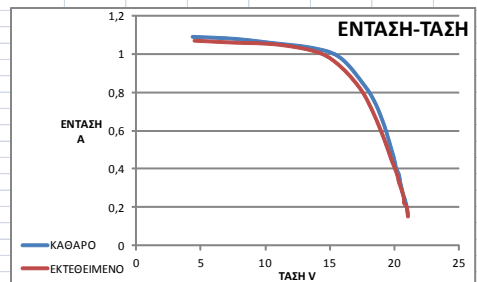
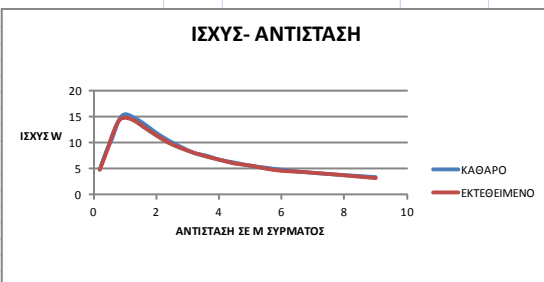


A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(ampreses)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampreses)	Ισχύς(watts)
Voc		21,4	0	0	21,5	0	0
Isc		0	1,1	1,1	0	1,08	1,08
1	0,2	4,4	1,09	4,796	4,5	1,07	4,815
2	0,4	7,6	1,08	8,208	7,5	1,06	7,95
3	0,6	10,3	1,06	10,918	10,9	1,05	11,445
4	0,8	13,8	1,03	14,214	14	1,01	14,14
5	1	15,8	0,98	15,484	15,7	0,94	14,758
6	1,3	17,6	0,84	14,784	17,3	0,82	14,186
7	1,6	18,5	0,74	13,69	18,2	0,71	12,922
8	2	19,2	0,62	11,904	18,9	0,6	11,34
9	2,4	19,6	0,53	10,388	19,4	0,51	9,894
10	2,8	19,9	0,46	9,154	19,7	0,45	8,865
11	3,2	20,1	0,4	8,04	20	0,4	8
12	3,6	20,3	0,37	7,511	20,2	0,36	7,272
13	4	20,4	0,33	6,732	20,3	0,33	6,699
14	4,5	20,5	0,3	6,15	20,5	0,29	5,945
15	5	20,6	0,27	5,562	20,6	0,27	5,562
16	5,5	20,7	0,25	5,175	20,7	0,24	4,968
17	6	20,8	0,23	4,784	20,7	0,22	4,554
18	7	20,9	0,2	4,18	20,9	0,2	4,18
19	9	21	0,16	3,36	21	0,15	3,15
				8,686			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,686**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,455**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **15,484**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **14,758**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,73%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,92%**



10 Δεκεμβρίου και ώρα 15,30

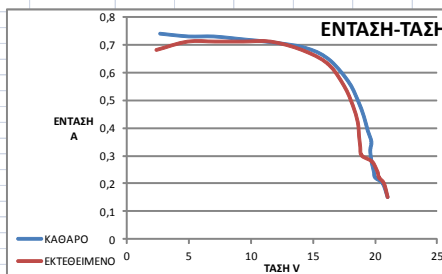
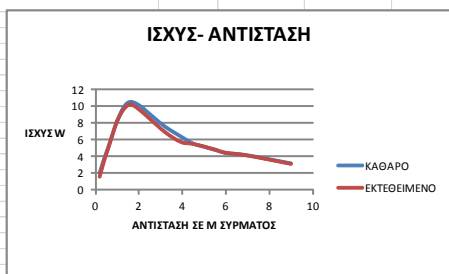
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,2	0		21,3	0	
Isc		0	0,66		0	0,68	
1	0,2	2,7	0,74	1,996	2,4	0,68	1,632
2	0,4	5	0,73	3,65	4,9	0,71	3,479
3	0,6	7	0,73	5,11	7,1	0,71	5,041
4	0,8	9,3	0,72	6,696	9,4	0,71	6,674
5	1	11,5	0,71	8,165	11,6	0,71	8,236
6	1,3	14,3	0,69	9,867	14,1	0,68	9,588
7	1,6	16,2	0,65	10,53	16,2	0,63	10,206
8	2	17,8	0,57	10,146	17,5	0,55	9,625
9	2,4	18,6	0,5	9,3	18,2	0,48	8,736
10	2,8	19,1	0,44	8,404	18,6	0,42	7,812
11	3,2	19,4	0,39	7,566	18,7	0,37	6,919
12	3,6	19,7	0,35	6,895	18,8	0,33	6,204
13	4	19,6	0,32	6,272	18,9	0,3	5,67
14	4,5	19,7	0,28	5,516	19,7	0,28	5,516
15	5	19,8	0,26	5,148	20	0,26	5,2
16	5,5	19,9	0,24	4,776	20,2	0,24	4,848
17	6	20	0,22	4,4	20,3	0,22	4,466
18	7	20,6	0,2	4,12	20,7	0,2	4,14
19	9	21	0,15	3,15	21	0,15	3,15
				6,405736842			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **6,406**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **6,165**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **10,53**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **10,206**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,90%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **3,17%**



13 Δεκεμβρίου και ώρα 13

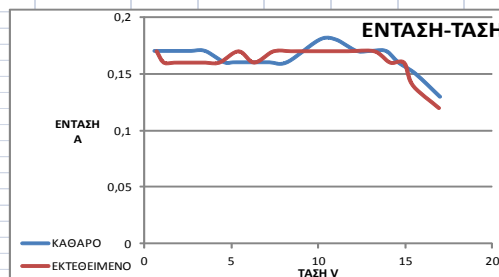
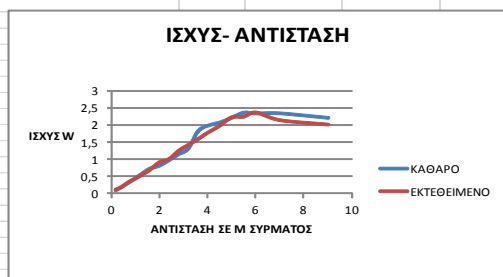
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		19,7	0		19,7	0	
Isc		0	0,17		0	0,17	
1	0,2	0,6	0,17	0,102	0,7	0,17	0,119
2	0,4	1,1	0,17	0,187	1,1	0,16	0,176
3	0,6	1,6	0,17	0,272	1,7	0,16	0,272
4	0,8	2,1	0,17	0,357	2,3	0,16	0,368
5	1	2,7	0,17	0,459	2,7	0,16	0,432
6	1,3	3,5	0,17	0,595	3,5	0,16	0,56
7	1,6	4,6	0,16	0,736	4,3	0,16	0,688
8	2	5,1	0,16	0,816	5,4	0,17	0,918
9	2,4	6,1	0,16	0,976	6,3	0,16	1,008
10	2,8	7,2	0,16	1,152	7,4	0,17	1,258
11	3,2	8,2	0,16	1,312	8,4	0,17	1,428
12	3,6	10,1	0,18	1,818	9,4	0,17	1,598
13	4	11	0,18	1,98	10,5	0,17	1,785
14	4,5	12,2	0,17	2,074	11,7	0,17	1,989
15	5	13	0,17	2,21	13,2	0,17	2,244
16	5,5	13,9	0,17	2,363	14,1	0,16	2,256
17	6	14,6	0,16	2,336	14,9	0,16	2,384
18	7	15,6	0,15	2,34	15,4	0,14	2,156
19	9	17	0,13	2,21	16,9	0,12	2,028
				1,278684211			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **1,279**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **1,246**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **2,363**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **2,384**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,65%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **-0,88%**



10 Δεκεμβρίου και ώρα 15,30

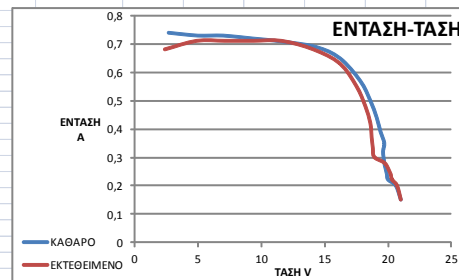
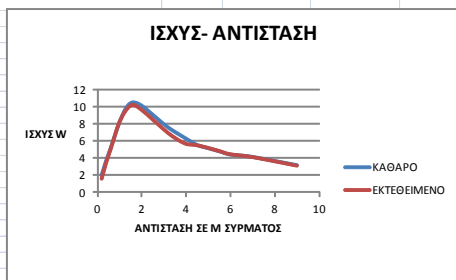
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,2	0		21,3	0	
Isc		0	0,66		0	0,68	
1	0,2	2,7	0,74	1,998	2,4	0,68	1,632
2	0,4	5	0,73	3,65	4,9	0,71	3,479
3	0,6	7	0,73	5,11	7,1	0,71	5,041
4	0,8	9,3	0,72	6,696	9,4	0,71	6,674
5	1	11,5	0,71	8,165	11,6	0,71	8,236
6	1,3	14,3	0,69	9,867	14,1	0,68	9,588
7	1,6	16,2	0,65	10,53	16,2	0,63	10,206
8	2	17,8	0,57	10,146	17,5	0,55	9,625
9	2,4	18,6	0,5	9,3	18,2	0,48	8,736
10	2,8	19,1	0,44	8,404	18,6	0,42	7,812
11	3,2	19,4	0,39	7,566	18,7	0,37	6,919
12	3,6	19,7	0,35	6,895	18,8	0,33	6,204
13	4	19,6	0,32	6,272	18,9	0,3	5,67
14	4,5	19,7	0,28	5,516	19,7	0,28	5,516
15	5	19,8	0,26	5,148	20	0,26	5,2
16	5,5	19,9	0,24	4,776	20,2	0,24	4,848
17	6	20	0,22	4,4	20,3	0,22	4,466
18	7	20,6	0,2	4,12	20,7	0,2	4,14
19	9	21	0,15	3,15	21	0,15	3,15
				6,405736842			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **6,406**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **6,165**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **10,53**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **10,206**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,90%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **3,17%**



14 Δεκεμβρίου και ώρα 12

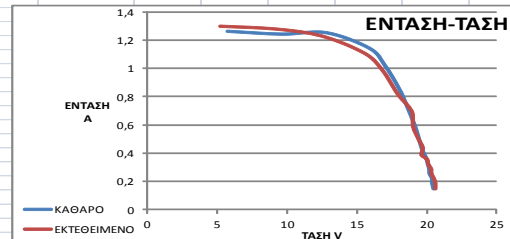
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,4	0		21,2	0	
Isc		0	1,31		0	1,32	
1	0,2	5,7	1,26	7,182	5,2	1,3	6,76
2	0,4	9,6	1,24	11,904	9,2	1,28	11,776
3	0,6	12,8	1,25	16	12,5	1,23	15,375
4	0,8	15,9	1,14	18,126	15,5	1,11	17,205
5	1	17	1,02	17,34	16,8	0,99	16,632
6	1,3	18	0,86	15,48	17,9	0,82	14,678
7	1,6	18,6	0,73	13,578	18,9	0,7	13,23
8	2	19,1	0,61	11,651	19	0,59	11,21
9	2,4	19,4	0,52	10,088	19,4	0,5	9,7
10	2,8	19,6	0,45	8,82	19,7	0,44	8,668
11	3,2	19,8	0,4	7,92	19,8	0,39	7,844
12	3,6	20	0,36	7,2	20	0,36	7,2
13	4	20,1	0,32	6,432	20,1	0,32	6,432
14	4,5	20,2	0,29	5,858	20,3	0,29	5,887
15	5	20,2	0,26	5,252	20,3	0,26	5,278
16	5,5	20,3	0,24	4,872	20,4	0,24	4,896
17	6	20,4	0,22	4,488	20,5	0,22	4,51
18	7	20,4	0,19	3,876	20,6	0,19	3,914
19	9	20,5	0,15	3,075	20,6	0,15	3,09
				9,428526316			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,429**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,162**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,126**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,205**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,90%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **5,35%**



14 Δεκεμβρίου και ώρα 14

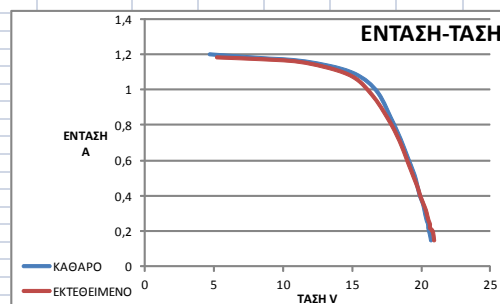
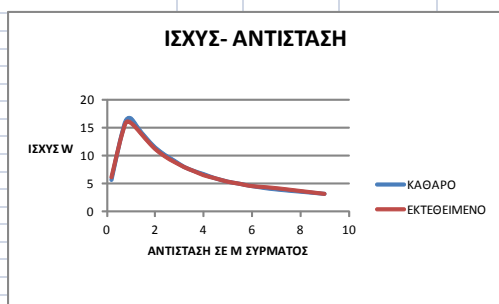
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,2	0		21,5	0	
Isc		0	1,21		0	1,19	
1	0,2	4,7	1,2	5,64	5,2	1,18	6,136
2	0,4	8,2	1,18	9,676	8,4	1,17	9,828
3	0,6	11,6	1,16	13,456	11,6	1,15	13,34
4	0,8	14,9	1,1	16,39	14,8	1,08	15,984
5	1	16,7	1	16,7	16,4	0,97	15,908
6	1,3	17,8	0,84	14,952	17,6	0,83	14,608
7	1,6	18,5	0,72	13,32	18,4	0,71	13,064
8	2	19,1	0,6	11,46	19	0,59	11,21
9	2,4	19,5	0,52	10,14	19,4	0,51	9,894
10	2,8	19,7	0,46	9,062	19,7	0,45	8,865
11	3,2	19,9	0,4	7,96	19,9	0,4	7,96
12	3,6	20,1	0,36	7,236	20,1	0,36	7,236
13	4	20,2	0,33	6,666	20,3	0,32	6,496
14	4,5	20,3	0,29	5,887	20,4	0,29	5,916
15	5	20,4	0,26	5,304	20,5	0,26	5,33
16	5,5	20,5	0,24	4,92	20,6	0,24	4,944
17	6	20,5	0,22	4,51	20,6	0,22	4,532
18	7	20,6	0,19	3,914	20,8	0,2	4,16
19	9	20,7	0,15	3,105	20,9	0,15	3,135
				8,963052632			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,963**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,871**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **16,7**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **15,984**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **1,04%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,48%**



14 Δεκεμβρίου και ώρα 14,30

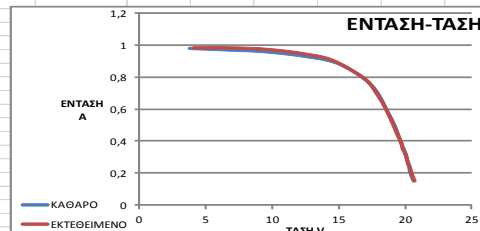
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,1	0		21,4	0	
Isc		0	0,99		0	0,99	
1	0,2	3,8	0,98	3,724	4,1	0,98	4,018
2	0,4	6,8	0,97	6,596	6,7	0,98	6,566
3	0,6	9,4	0,96	9,024	9,7	0,97	9,409
4	0,8	12,5	0,93	11,625	12,6	0,94	11,844
5	1	14,8	0,89	13,172	14,6	0,9	13,14
6	1,3	16,9	0,79	13,351	16,9	0,79	13,351
7	1,6	17,9	0,7	12,53	17,9	0,69	12,351
8	2	18,6	0,59	10,974	18,6	0,59	10,974
9	2,4	19,1	0,51	9,741	19,1	0,5	9,55
10	2,8	19,4	0,45	8,73	19,4	0,44	8,536
11	3,2	19,6	0,4	7,84	19,7	0,39	7,683
12	3,6	19,8	0,36	7,128	19,8	0,35	6,93
13	4	20	0,32	6,4	20	0,32	6,4
14	4,5	20,1	0,29	5,829	20,1	0,29	5,829
15	5	20,2	0,26	5,252	20,2	0,26	5,252
16	5,5	20,3	0,24	4,872	20,3	0,24	4,872
17	6	20,3	0,22	4,466	20,4	0,22	4,488
18	7	20,4	0,19	3,876	20,5	0,19	3,895
19	9	20,6	0,15	3,09	20,7	0,15	3,105
				7,801052632			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **7,801**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **7,8**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **13,351**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **13,351**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **0,02%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **0,00%**



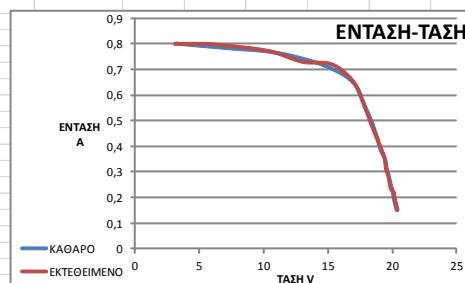
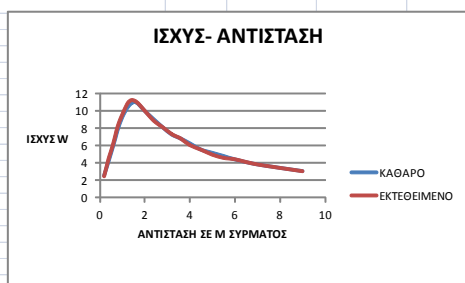
14 Δεκεμβρίου και ώρα 15

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		20,9	0		21,2	0	
Isc		0	0,8		0	0,82	
1	0,2	3,2	0,8	2,56	3,1	0,8	2,48
2	0,4	5,3	0,79	4,187	5,6	0,8	4,48
3	0,6	7,6	0,78	5,928	7,8	0,79	6,162
4	0,8	10,1	0,77	7,777	10,6	0,77	8,162
5	1	12,3	0,75	9,225	13	0,73	9,49
6	1,3	14,9	0,71	10,579	15,3	0,72	11,016
7	1,6	16,9	0,65	10,985	17	0,65	11,05
8	2	17,8	0,56	9,968	17,8	0,56	9,968
9	2,4	18,4	0,49	9,016	18,4	0,48	8,832
10	2,8	18,8	0,43	8,084	18,8	0,43	8,084
11	3,2	19,1	0,38	7,258	19,2	0,38	7,296
12	3,6	19,4	0,35	6,79	19,4	0,35	6,79
13	4	19,5	0,32	6,24	19,5	0,31	6,045
14	4,5	19,7	0,28	5,516	19,7	0,28	5,516
15	5	19,8	0,26	5,148	19,8	0,25	4,95
16	5,5	19,9	0,24	4,776	19,9	0,23	4,577
17	6	20	0,22	4,4	20,1	0,22	4,422
18	7	20,1	0,19	3,819	20,2	0,19	3,838
19	9	20,3	0,15	3,045	20,4	0,15	3,06
				6,594789474			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **6,595**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **6,643**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **10,985**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **11,05**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **-0,73%**
Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **-0,59%**



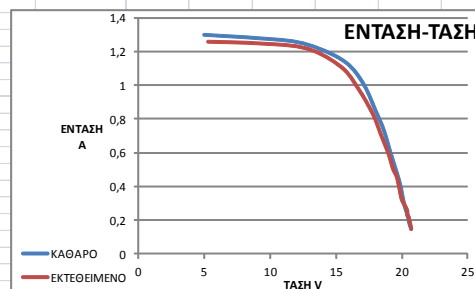
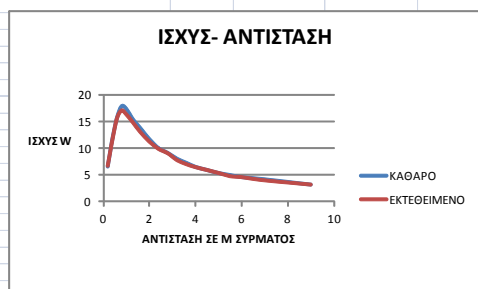
15 Δεκεμβρίου και ώρα 11,30

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,1	0		21,2	0	
Isc		0	1,33		0	1,28	
1	0,2	5	1,3	6,5	5,3	1,26	6,678
2	0,4	9,1	1,28	11,648	9,2	1,25	11,5
3	0,6	12,5	1,25	15,625	12,8	1,22	15,616
4	0,8	15,5	1,15	17,825	15,4	1,11	17,094
5	1	17	1,02	17,34	16,7	0,98	16,366
6	1,3	18	0,85	15,3	17,8	0,83	14,774
7	1,6	18,6	0,74	13,764	18,4	0,71	13,064
8	2	19,1	0,61	11,651	19	0,59	11,21
9	2,4	19,5	0,51	9,945	19,3	0,51	9,843
10	2,8	19,7	0,46	9,062	19,6	0,46	9,016
11	3,2	19,9	0,4	7,96	19,8	0,39	7,722
12	3,6	20	0,36	7,2	19,9	0,35	6,965
13	4	20,1	0,32	6,432	20	0,32	6,4
14	4,5	20,2	0,29	5,858	20,2	0,29	5,858
15	5	20,3	0,26	5,278	20,4	0,26	5,304
16	5,5	20,4	0,24	4,896	20,4	0,23	4,692
17	6	20,5	0,22	4,51	20,5	0,22	4,51
18	7	20,5	0,2	4,1	20,6	0,19	3,914
19	9	20,7	0,15	3,105	20,7	0,15	3,105
				9,368368421			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,368**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,138**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **17,825**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,094**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,52%**
Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,28%**



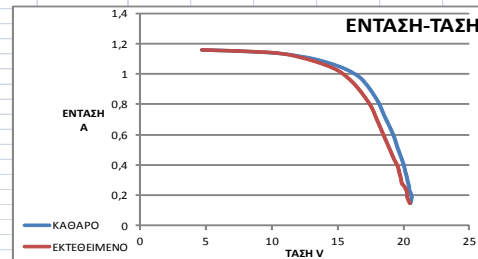
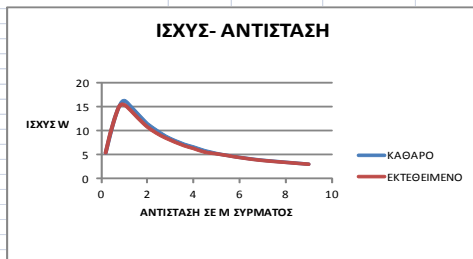
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,3	0	0	21,4	0	0
Isc		0	1,16	0	0	1,16	0
1	0,2	4,7	1,16	5,452	4,7	1,16	5,452
2	0,4	8,1	1,15	9,315	8,2	1,15	9,43
3	0,6	11,3	1,13	12,769	11,2	1,13	12,656
4	0,8	14,1	1,08	15,228	14,4	1,05	15,12
5	1	16,5	0,99	16,335	16	0,96	15,36
6	1,3	17,9	0,84	15,036	17,4	0,81	14,094
7	1,6	18,5	0,73	13,505	18	0,7	12,6
8	2	19,2	0,6	11,52	18,6	0,58	10,788
9	2,4	19,5	0,52	10,14	19	0,5	9,5
10	2,8	19,8	0,45	8,91	19,3	0,44	8,492
11	3,2	20	0,4	8	19,6	0,39	7,644
12	3,6	20,1	0,36	7,236	19,7	0,35	6,895
13	4	20,2	0,33	6,666	19,8	0,32	6,336
14	4,5	20,3	0,29	5,887	19,9	0,28	5,572
15	5	20,4	0,26	5,304	20,1	0,26	5,226
16	5,5	20,4	0,24	4,896	20,2	0,24	4,848
17	6	20,5	0,22	4,51	20,3	0,22	4,466
18	7	20,6	0,19	3,914	20,3	0,19	3,857
19	9	20,5	0,15	3,075	20,5	0,15	3,075
				8,826210526			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,826**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,495**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **16,335**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **15,36**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,90%**

Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **6,35%**



16 Δεκεμβρίου και ώρα 14

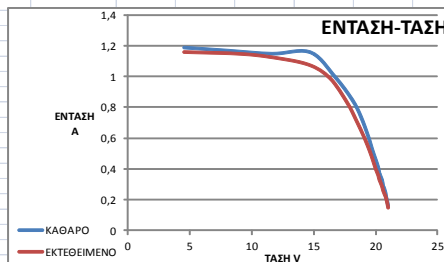
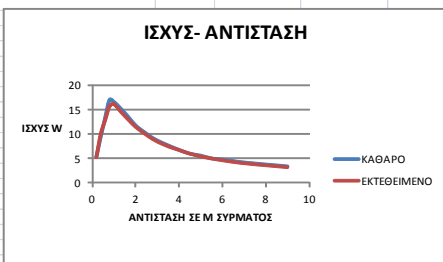
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,6	0	0	21,6	0	0
Isc		0	1,2	0	0	1,19	0
1	0,2	4,5	1,19	5,355	4,5	1,16	5,22
2	0,4	8,1	1,17	9,477	8,7	1,15	10,005
3	0,6	11,6	1,15	13,34	11,3	1,13	12,769
4	0,8	14,7	1,16	17,052	14,5	1,08	15,66
5	1	16,7	1	16,7	16,3	0,99	16,137
6	1,3	18,1	0,85	15,385	17,7	0,83	14,691
7	1,6	18,8	0,74	13,912	18,4	0,72	13,248
8	2	19,4	0,61	11,834	19,1	0,6	11,46
9	2,4	19,7	0,53	10,441	19,5	0,52	10,14
10	2,8	20	0,46	9,2	19,8	0,45	8,91
11	3,2	20,2	0,41	8,282	20	0,4	8
12	3,6	20,3	0,37	7,511	20,2	0,36	7,272
13	4	20,5	0,33	6,765	20,3	0,33	6,699
14	4,5	20,6	0,29	5,974	20,5	0,29	5,945
15	5	20,7	0,27	5,589	20,6	0,26	5,356
16	5,5	20,8	0,24	4,992	20,7	0,24	4,968
17	6	20,8	0,23	4,784	20,8	0,22	4,576
18	7	20,9	0,2	4,18	20,9	0,19	3,971
19	9	21	0,16	3,36	21	0,15	3,15
				9,164894737			

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,165**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,851**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **17,052**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **16,137**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,54%**

Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **5,67%**

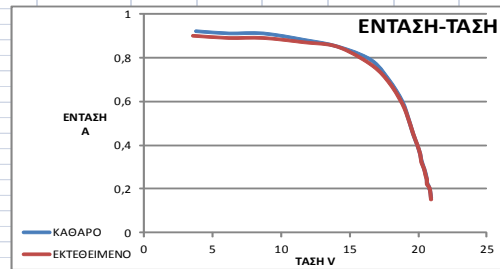
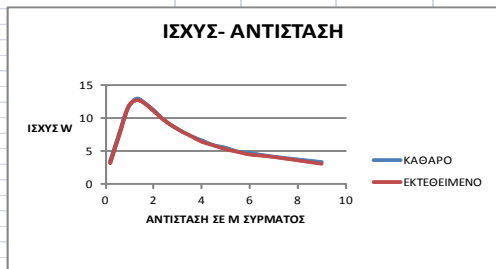


		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)
Voc		21,5	0		21,7	0	
Isc		0	0,93		0,91	0	
1	0,2	3,8	0,92	3,496	3,6	0,9	3,24
2	0,4	6,2	0,91	5,642	6,2	0,89	5,518
3	0,6	8,7	0,91	7,917	8,7	0,89	7,743
4	0,8	11,7	0,88	10,296	11,7	0,87	10,179
5	1	14,1	0,85	11,985	14,1	0,85	11,985
6	1,3	16,5	0,79	13,035	16,5	0,77	12,705
7	1,6	17,8	0,7	12,46	17,8	0,69	12,282
8	2	18,8	0,6	11,28	18,8	0,59	11,092
9	2,4	19,3	0,51	9,843	19,3	0,51	9,843
10	2,8	19,6	0,45	8,82	19,6	0,45	8,82
11	3,2	19,9	0,4	7,96	19,9	0,4	7,96
12	3,6	20,1	0,36	7,236	20,1	0,36	7,236
13	4	20,2	0,33	6,666	20,2	0,32	6,464
14	4,5	20,4	0,29	5,916	20,4	0,29	5,916
15	5	20,5	0,27	5,535	20,5	0,26	5,33
16	5,5	20,6	0,24	4,944	20,6	0,24	4,944
17	6	20,6	0,23	4,738	20,6	0,22	4,532
18	7	20,8	0,2	4,16	20,8	0,2	4,16
19	9	20,9	0,16	3,344	20,9	0,15	3,135

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **7,646**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **7,531**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **13,035**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **12,705**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **1,53%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **2,60%**

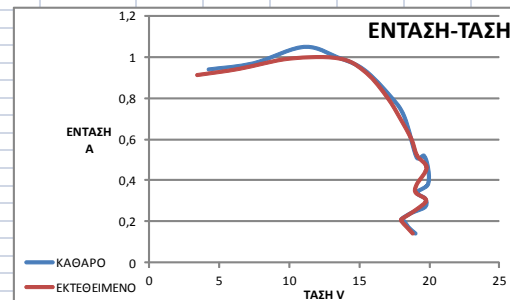
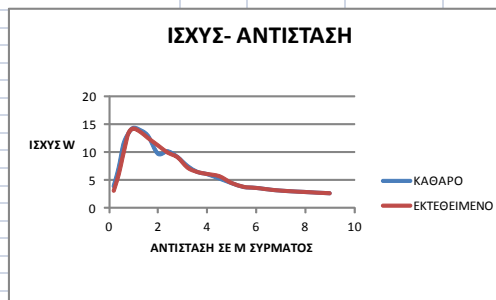


		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)
Voc		22	0		22,1	0	
Isc		0	0,89		0	0,86	
1	0,2	4,2	0,94	3,948	3,4	0,91	3,094
2	0,4	7,4	0,97	7,178	6,4	0,94	6,016
3	0,6	11	1,05	11,55	10	0,99	9,9
4	0,8	13,4	1	13,4	13,6	0,99	13,464
5	1	15,3	0,94	14,382	15,5	0,92	14,26
6	1,3	17,2	0,81	13,932	17	0,8	13,6
7	1,6	18,2	0,71	12,922	17,9	0,7	12,53
8	2	19,1	0,51	9,741	18,7	0,6	11,22
9	2,4	19,6	0,52	10,192	19,1	0,52	9,932
10	2,8	19,9	0,46	9,154	19,8	0,46	9,108
11	3,2	19,9	0,38	7,562	19,1	0,38	7,258
12	3,6	19,1	0,34	6,494	19	0,34	6,46
13	4	19,7	0,31	6,107	19,7	0,31	6,107
14	4,5	19,7	0,27	5,319	19,7	0,29	5,713
15	5	18,7	0,24	4,488	18,7	0,24	4,488
16	5,5	18	0,21	3,78	18	0,21	3,78
17	6	18,2	0,2	3,64	18	0,2	3,6
18	7	18,5	0,17	3,145	18,4	0,17	3,128
19	9	19	0,14	2,66	18,8	0,14	2,632

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **7,873**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **7,699**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **14,382**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **14,26**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,26%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **0,86%**



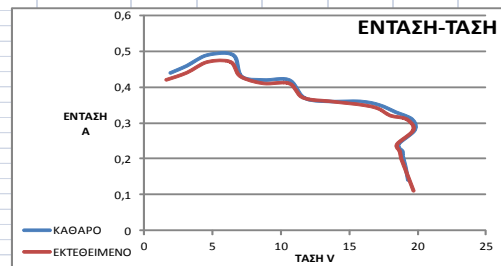
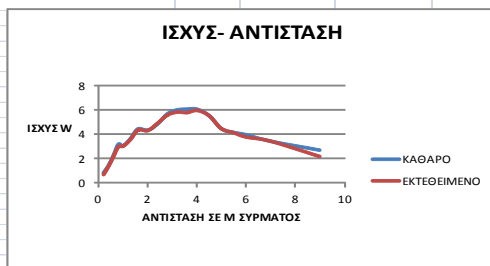
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		20,7	0		20,7	0	
Isc		0	0,5		0	0,47	
1		0,2	1,9	0,44	0,836	1,6	0,672
2		0,4	3,1	0,46	1,426	3,1	1,364
3		0,6	4,6	0,49	2,254	4,6	2,162
4		0,8	6,5	0,49	3,185	6,3	2,961
5		1	7,1	0,43	3,053	7	3,01
6		1,3	8,7	0,42	3,654	8,7	3,567
7		1,6	10,6	0,42	4,452	10,6	4,346
8		2	11,7	0,37	4,329	11,6	4,292
9		2,4	13,5	0,36	4,86	13,6	4,896
10		2,8	15,8	0,36	5,688	15,9	5,565
11		3,2	17,2	0,35	6,02	17,1	5,814
12		3,6	18,4	0,33	6,072	18	5,76
13		4	19,6	0,31	6,076	19,2	5,952
14		4,5	19,8	0,28	5,544	19,7	5,516
15		5	18,6	0,24	4,464	18,5	4,44
16		5,5	18,9	0,22	4,158	18,7	4,114
17		6	18,9	0,21	3,969	18,8	3,76
18		7	19,1	0,18	3,438	19	3,42
19		9	19,3	0,14	2,702	19,7	2,167

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **4,009**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **3,883**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **6,076**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **5,952**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,26%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **2,08%**



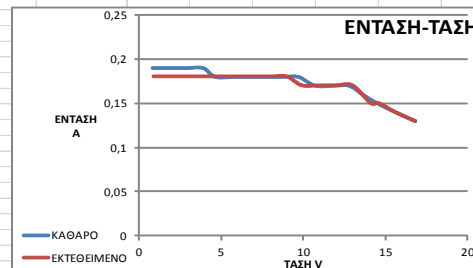
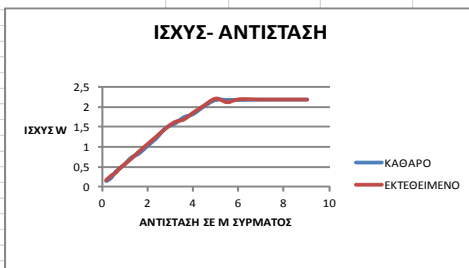
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		19,8	0		19,7	0	
Isc		0	0,19		0	0,18	
1		0,2	0,8	0,152	0,9	0,18	0,162
2		0,4	1,2	0,19	0,228	1,5	0,27
3		0,6	2	0,19	0,38	1,9	0,342
4		0,8	2,5	0,19	0,475	2,6	0,468
5		1	3	0,19	0,57	3,1	0,558
6		1,3	3,9	0,19	0,741	3,9	0,702
7		1,6	4,6	0,18	0,828	4,8	0,864
8		2	5,7	0,18	1,026	5,9	1,062
9		2,4	6,8	0,18	1,224	7	1,26
10		2,8	8,2	0,18	1,476	8,1	1,458
11		3,2	8,8	0,18	1,584	9	1,62
12		3,6	9,7	0,18	1,746	9,9	1,683
13		4	10,7	0,17	1,819	10,9	1,853
14		4,5	11,9	0,17	2,023	12	2,04
15		5	12,8	0,17	2,176	13	2,21
16		5,5	13,6	0,16	2,176	14,1	2,115
17		6	14,5	0,15	2,175	14,6	2,19
18		7	15,6	0,14	2,184	15,6	2,184
19		9	16,8	0,13	2,184	16,8	2,184

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **1,325**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **1,328**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **2,184**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **2,21**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **-0,23%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **-1,18%**

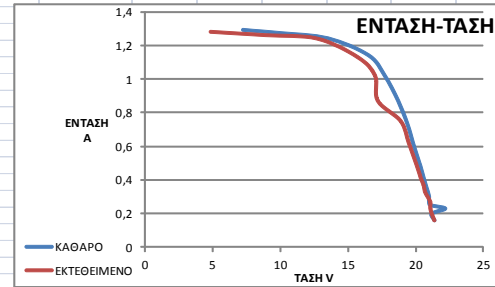
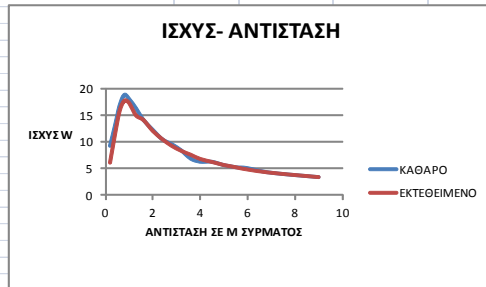


Α/Μ	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(ampere)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampere)	Ισχύς(watts)
Voc		21,9	0		22	0	
Isc		0	1,29		0	1,29	
1	0,2	7,2	1,29	9,288	4,8	1,28	6,144
2	0,4	10,1	1,27	12,827	8,9	1,26	11,214
3	0,6	13,5	1,24	16,74	12,7	1,24	15,748
4	0,8	16,5	1,14	18,81	15,7	1,13	17,741
5	1	17,7	1,02	18,054	17	1,02	17,34
6	1,3	18,7	0,87	16,269	17,2	0,87	14,964
7	1,6	19,4	0,73	14,162	18,9	0,75	14,175
8	2	19,8	0,62	12,276	19,5	0,62	12,09
9	2,4	20,2	0,52	10,504	19,9	0,53	10,547
10	2,8	20,4	0,47	9,588	20,2	0,46	9,292
11	3,2	20,6	0,41	8,446	20,4	0,41	8,364
12	3,6	20,9	0,33	6,897	20,6	0,37	7,622
13	4	21	0,3	6,3	20,7	0,33	6,831
14	4,5	21	0,3	6,3	20,9	0,3	6,27
15	5	21	0,27	5,67	21,1	0,27	5,697
16	5,5	21,1	0,25	5,275	21,1	0,25	5,275
17	6	22,2	0,23	5,106	21,1	0,23	4,853
18	7	21,2	0,2	4,24	21,2	0,2	4,24
19	9	21,4	0,16	3,424	21,4	0,16	3,424

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **10,01**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,57**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,81**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,741**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **4,59%**
 Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **6,03%**



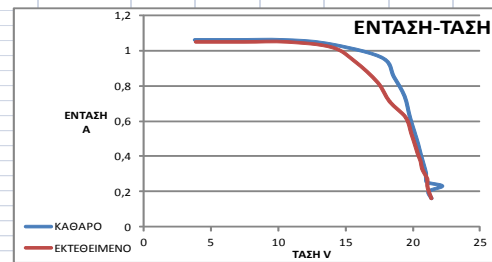
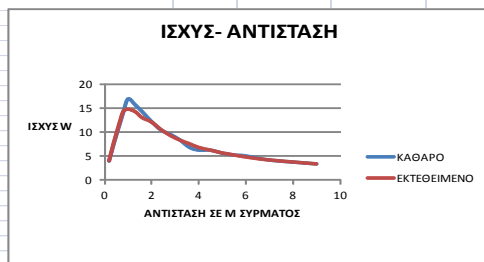
20 Δεκεμβρίου και ώρα 14

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(ampreses)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampreses)	Ισχύς(watts)
Voc		22	0		21,9	0	
Isc		0	1,07		0	1,05	
1	0,2	3,8	1,06	4,028	3,9	1,05	4,095
2	0,4	7,2	1,06	7,632	7,5	1,05	7,875
3	0,6	10,3	1,06	10,918	10,7	1,05	11,235
4	0,8	13,6	1,04	14,144	14	1,02	14,28
5	1	17,7	0,96	16,992	15,7	0,94	14,758
6	1,3	18,6	0,85	15,81	17,4	0,82	14,268
7	1,6	19,4	0,74	14,356	18,3	0,71	12,993
8	2	19,8	0,62	12,276	19,5	0,62	12,09
9	2,4	20,2	0,52	10,504	19,9	0,53	10,547
10	2,8	20,4	0,47	9,588	20,2	0,46	9,292
11	3,2	20,6	0,41	8,446	20,4	0,41	8,364
12	3,6	20,9	0,33	6,897	20,6	0,37	7,622
13	4	21	0,3	6,3	20,7	0,33	6,831
14	4,5	21	0,3	6,3	20,9	0,3	6,27
15	5	21	0,27	5,67	21,1	0,27	5,697
16	5,5	21,1	0,25	5,275	21,1	0,25	5,275
17	6	22,2	0,23	5,106	21,1	0,23	4,853
18	7	21,2	0,2	4,24	21,2	0,2	4,24
19	9	21,4	0,16	3,424	21,4	0,16	3,424

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,837**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,632**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **16,992**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **14,758**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,38%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **15,14%**



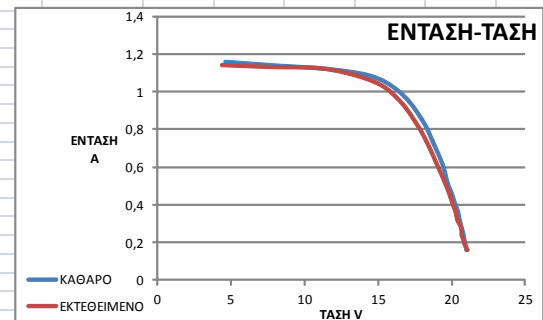
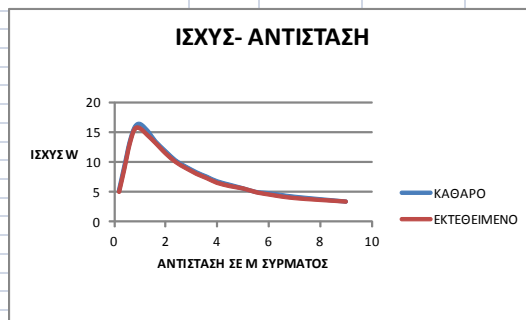
21 Δεκεμβρίου και ώρα 11

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(ampreses)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampreses)	Ισχύς(watts)
Voc		21,5	0		21,6	0	
Isc		0	1,16		0	1,17	
1	0,2	4,6	1,16	5,336	4,4	1,14	5,016
2	0,4	8,1	1,14	9,234	7,8	1,13	8,814
3	0,6	11,8	1,12	13,216	11,5	1,12	12,88
4	0,8	14,7	1,08	15,876	14,8	1,05	15,54
5	1	16,6	0,99	16,434	16,5	0,95	15,675
6	1,3	18	0,85	15,3	17,7	0,82	14,514
7	1,6	18,8	0,72	13,536	18,4	0,72	13,248
8	2	19,4	0,61	11,834	19,1	0,6	11,46
9	2,4	19,7	0,52	10,244	19,6	0,51	9,996
10	2,8	20	0,46	9,2	19,9	0,45	8,955
11	3,2	20,2	0,41	8,282	20,1	0,4	8,04
12	3,6	20,4	0,37	7,548	20,3	0,36	7,308
13	4	20,5	0,33	6,765	20,4	0,32	6,528
14	4,5	20,6	0,3	6,18	20,6	0,29	5,974
15	5	20,7	0,27	5,589	20,7	0,27	5,589
16	5,5	20,8	0,24	4,992	20,7	0,24	4,968
17	6	20,8	0,23	4,784	20,8	0,22	4,576
18	7	20,9	0,2	4,18	20,9	0,19	3,971
19	9	21	0,16	3,36	21,1	0,16	3,376

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,047**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,759**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **16,434**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **15,675**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,28%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,84%**



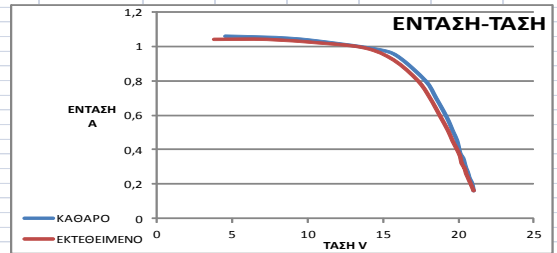
21 Δεκεμβρίου και ώρα 14.30

A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)
V _{oc}		21,4	0		21,5	0	
I _{sc}		0	1,07		0	1,05	
1	0,2	4,5	1,06	4,77	3,8	1,04	3,952
2	0,4	8,3	1,05	8,715	7,3	1,04	7,592
3	0,6	10,8	1,03	11,124	10,7	1,02	10,914
4	0,8	14,8	0,98	14,504	13,8	0,99	13,662
5	1	16	0,94	15,04	15,7	0,92	14,444
6	1,3	17,8	0,8	14,24	17,3	0,8	13,84
7	1,6	18,5	0,7	12,95	18,1	0,7	12,67
8	2	19,2	0,59	11,328	18,8	0,59	11,092
9	2,4	19,6	0,51	9,996	19,3	0,51	9,843
10	2,8	19,9	0,45	8,955	19,6	0,45	8,82
11	3,2	20,1	0,38	7,638	19,9	0,4	7,96
12	3,6	20,3	0,35	7,105	20,1	0,36	7,236
13	4	20,4	0,32	6,528	20,2	0,32	6,464
14	4,5	20,5	0,29	5,945	20,4	0,29	5,916
15	5	20,6	0,27	5,562	20,5	0,26	5,33
16	5,5	20,7	0,24	4,968	20,6	0,24	4,944
17	6	20,8	0,22	4,576	20,7	0,22	4,554
18	7	20,9	0,2	4,18	20,8	0,2	4,16
19	9	21	0,16	3,36	21	0,16	3,36

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,499**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,25**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **15,04**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **14,444**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,05%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,05%**



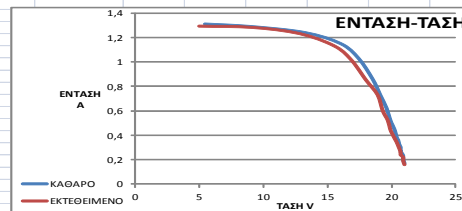
21 Δεκεμβρίου και ώρα 13

A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)
V _{oc}		21,6	0		21,7	0	
I _{sc}		0	1,34		0	1,32	
1	0,2	5,4	1,31	7,074	5	1,29	6,45
2	0,4	8,9	1,29	11,481	9,1	1,28	11,648
3	0,6	13,2	1,24	16,368	12,8	1,23	15,744
4	0,8	16	1,15	18,4	15,5	1,13	17,515
5	1	17,4	1,03	17,922	16,8	1,02	17,136
6	1,3	18,5	0,85	15,81	18	0,85	15,3
7	1,6	19,1	0,73	13,943	18,9	0,73	13,797
8	2	19,6	0,62	12,152	19,3	0,6	11,58
9	2,4	19,9	0,52	10,348	19,7	0,52	10,244
10	2,8	20,2	0,45	9,09	19,9	0,445	8,8555
11	3,2	20,4	0,38	7,752	20,1	0,4	8,04
12	3,6	20,5	0,36	7,38	20,3	0,36	7,308
13	4	20,6	0,32	6,592	20,4	0,34	6,936
14	4,5	20,7	0,3	6,21	20,6	0,29	5,974
15	5	20,7	0,27	5,589	20,7	0,26	5,382
16	5,5	20,8	0,25	5,2	20,7	0,24	4,968
17	6	20,9	0,23	4,807	20,9	0,22	4,598
18	7	20,9	0,2	4,18	20,9	0,19	3,971
19	9	21	0,17	3,57	21	0,16	3,36

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,683**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,411**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,4**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,515**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,89%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **5,05%**



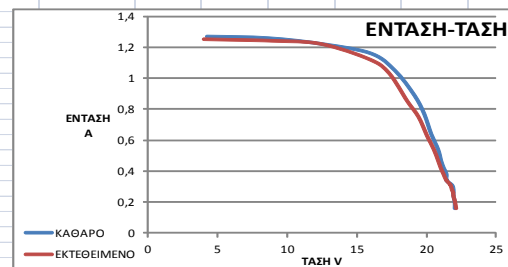
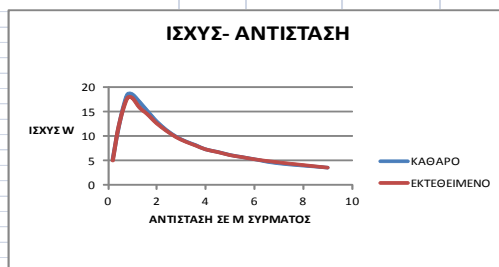
22 Δεκεμβρίου και ώρα 13,30

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		22,6	0		22,8	0	
Isc		0	1,29		0	1,26	
1	0,2	4,2	1,27	5,334	4	1,25	5
2	0,4	8,6	1,26	10,836	8,9	1,24	11,036
3	0,6	12,6	1,22	15,372	12,4	1,22	15,128
4	0,8	16	1,16	18,56	15,9	1,12	17,808
5	1	17,7	1,05	18,585	17,3	1,03	17,819
6	1,3	19,1	0,89	16,999	18,6	0,85	15,81
7	1,6	19,8	0,77	15,246	19,4	0,75	14,55
8	2	20,3	0,64	12,992	20	0,63	12,6
9	2,4	20,8	0,54	11,232	20,5	0,54	11,07
10	2,8	21	0,47	9,87	20,8	0,47	9,776
11	3,2	21,2	0,42	8,904	21	0,42	8,82
12	3,6	21,4	0,38	8,132	21,2	0,38	8,056
13	4	21,4	0,34	7,276	21,4	0,34	7,276
14	4,5	21,8	0,31	6,758	21,7	0,31	6,727
15	5	21,9	0,28	6,132	21,8	0,28	6,104
16	5,5	21,9	0,26	5,694	21,9	0,26	5,694
17	6	21,9	0,24	5,256	21,9	0,24	5,256
18	7	22	0,2	4,4	22	0,21	4,62
19	9	22	0,16	3,52	22,1	0,16	3,536

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **10,06**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,826**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,585**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,819**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,36%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,30%**



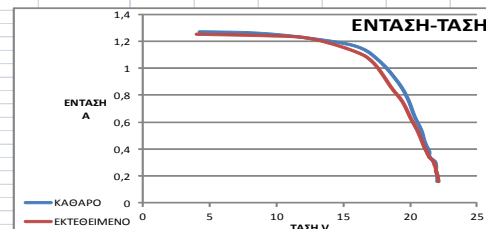
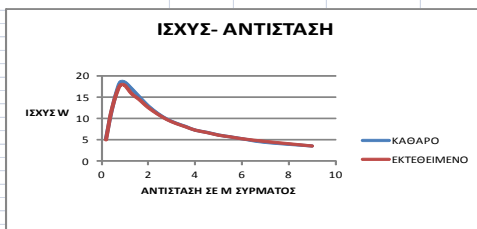
25 Δεκεμβρίου και ώρα 13,30

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		22,6	0		22,8	0	
Isc		0	1,29		0	1,26	
1	0,2	4,2	1,27	5,334	4	1,25	5
2	0,4	8,6	1,26	10,836	8,9	1,24	11,036
3	0,6	12,6	1,22	15,372	12,4	1,22	15,128
4	0,8	16	1,16	18,56	15,9	1,12	17,808
5	1	17,7	1,05	18,585	17,3	1,03	17,819
6	1,3	19,1	0,89	16,999	18,6	0,85	15,81
7	1,6	19,8	0,77	15,246	19,4	0,75	14,55
8	2	20,3	0,64	12,992	20	0,63	12,6
9	2,4	20,8	0,54	11,232	20,5	0,54	11,07
10	2,8	21	0,47	9,87	20,8	0,47	9,776
11	3,2	21,2	0,42	8,904	21	0,42	8,82
12	3,6	21,4	0,38	8,132	21,2	0,38	8,056
13	4	21,4	0,34	7,276	21,4	0,34	7,276
14	4,5	21,8	0,31	6,758	21,7	0,31	6,727
15	5	21,9	0,28	6,132	21,8	0,28	6,104
16	5,5	21,9	0,26	5,694	21,9	0,26	5,694
17	6	21,9	0,24	5,256	21,9	0,24	5,256
18	7	22	0,2	4,4	22	0,21	4,62
19	9	22	0,16	3,52	22,1	0,16	3,536

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **10,06**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,826**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,585**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,819**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,36%**
 Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,30%**



26 Δεκεμβρίου και ώρα 13,30

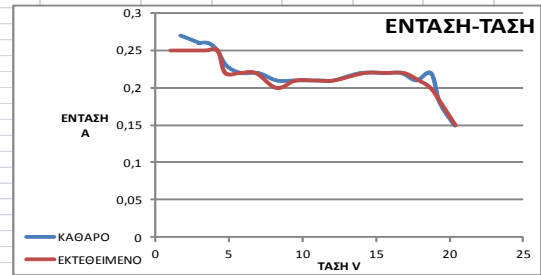
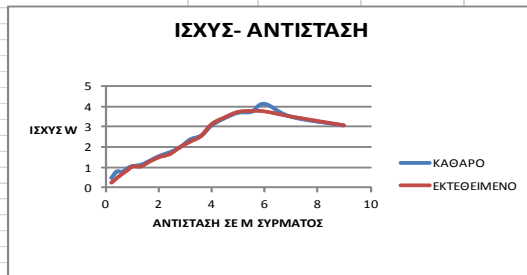
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		20,8	0	0	20,9	0	0
Isc		0	0,27	0,26	0	0,26	0,25
1	0,2	1,7	0,27	0,459	1	0,25	0,25
2	0,4	3	0,26	0,78	1,9	0,25	0,475
3	0,6	2,9	0,26	0,754	2,7	0,25	0,675
4	0,8	3,6	0,26	0,936	3,4	0,25	0,85
5	1	4,2	0,25	1,05	4,2	0,25	1,05
6	1,3	4,8	0,23	1,104	4,7	0,22	1,034
7	1,6	5,8	0,22	1,276	5,7	0,22	1,254
8	2	7	0,22	1,54	6,8	0,22	1,496
9	2,4	8,2	0,21	1,722	8,2	0,2	1,64
10	2,8	9,4	0,21	1,974	9,5	0,21	1,995
11	3,2	11,3	0,21	2,373	10,8	0,21	2,268
12	3,6	12,1	0,21	2,541	12,1	0,21	2,541
13	4	13,9	0,22	3,058	14,2	0,22	3,124
14	4,5	15,5	0,22	3,41	15,7	0,22	3,454
15	5	16,7	0,22	3,674	16,9	0,22	3,718
16	5,5	17,7	0,21	3,717	17,9	0,21	3,759
17	6	18,7	0,22	4,114	18,7	0,2	3,74
18	7	19,3	0,18	3,474	19,4	0,18	3,492
19	9	20,3	0,15	3,045	20,4	0,15	3,06

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **2,158**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **2,099**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **4,114**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **3,759**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,82%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **9,44%**



27 Δεκεμβρίου και ώρα 13,30

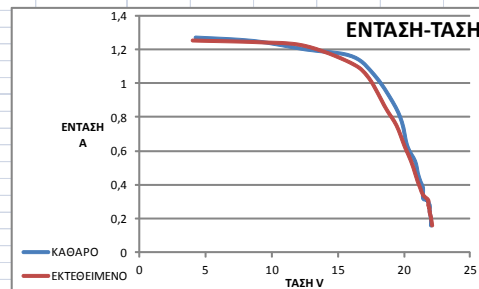
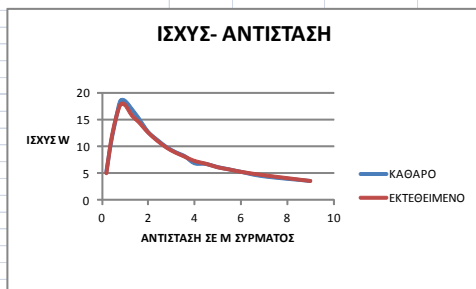
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		22,6	0	0	22,8	0	0
Isc		0	1,28	1,28	0	1,26	1,26
1	0,2	4,2	1,27	5,334	4	1,25	5
2	0,4	8,6	1,25	10,75	8,9	1,24	11,036
3	0,6	12,5	1,2	15	12,4	1,22	15,128
4	0,8	16	1,16	18,56	15,9	1,12	17,808
5	1	17,7	1,05	18,585	17,3	1,03	17,819
6	1,3	19,1	0,89	16,999	18,6	0,85	15,81
7	1,6	19,8	0,77	15,246	19,4	0,75	14,55
8	2	20,2	0,63	12,726	20	0,63	12,6
9	2,4	20,8	0,54	11,232	20,5	0,54	11,07
10	2,8	21	0,47	9,87	20,8	0,47	9,776
11	3,2	21,2	0,42	8,904	21	0,42	8,82
12	3,6	21,4	0,38	8,132	21,2	0,38	8,056
13	4	21,4	0,32	6,848	21,4	0,34	7,276
14	4,5	21,7	0,31	6,727	21,8	0,31	6,758
15	5	21,9	0,28	6,132	21,8	0,28	6,104
16	5,5	21,9	0,26	5,694	21,9	0,26	5,694
17	6	21,9	0,24	5,256	21,9	0,24	5,256
18	7	22	0,2	4,4	22	0,21	4,62
19	9	22	0,16	3,52	22,1	0,16	3,536

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,996**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,827**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,585**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,819**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **1,71%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,30%**



28 Δεκεμβρίου και ώρα 12

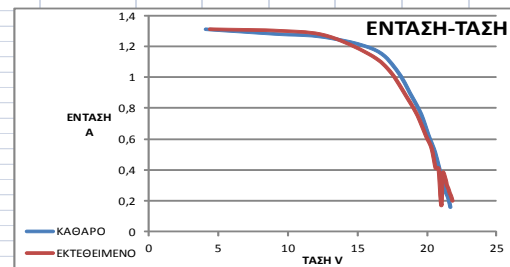
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		22,2	0		22,4	0	
Isc		0	1,35		0	1,32	
1	0,2	4,1	1,31	5,371	4,4	1,31	5,764
2	0,4	9,1	1,28	11,648	9,5	1,3	12,35
3	0,6	12,6	1,26	15,876	12,7	1,27	16,129
4	0,8	16,2	1,18	19,116	15,8	1,15	18,17
5	1	17,8	1,05	18,69	17,3	1,04	17,992
6	1,3	18,9	0,88	16,632	18,6	0,86	15,996
7	1,6	19,6	0,76	14,896	19,3	0,75	14,475
8	2	20,1	0,63	12,663	19,9	0,62	12,338
9	2,4	20,5	0,54	11,07	20,3	0,54	10,962
10	2,8	20,7	0,48	9,936	20,6	0,41	8,446
11	3,2	20,9	0,41	8,569	20,8	0,41	8,528
12	3,6	21	0,38	7,98	21	0,17	3,57
13	4	21,1	0,34	7,174	21,1	0,38	8,018
14	4,5	21,3	0,3	6,39	21,3	0,34	7,242
15	5	21,3	0,28	5,964	21,4	0,3	6,42
16	5,5	21,4	0,25	5,35	21,5	0,28	6,02
17	6	21,5	0,23	4,945	21,6	0,25	5,4
18	7	21,6	0,2	4,32	21,7	0,23	4,991
19	9	21,7	0,16	3,472	21,8	0,2	4,36

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **10**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,851**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **19,116**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **18,17**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **1,54%**

Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **5,21%**



28 Δεκεμβρίου και ώρα 13

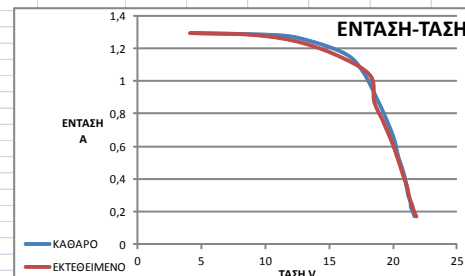
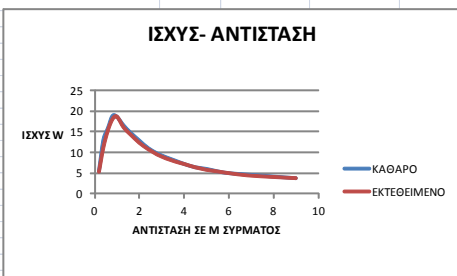
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		22,1	0		22,4	0	
Isc		0	1,33		0	1,3	
1	0,2	4,2	1,29	5,418	4,1	1,29	5,289
2	0,4	10,2	1,28	13,056	8,8	1,28	11,264
3	0,6	12,6	1,26	15,876	12,4	1,24	15,376
4	0,8	16,1	1,17	18,837	15,7	1,15	18,055
5	1	17,6	1,06	18,656	18,2	1,03	18,746
6	1,3	18,8	0,88	16,544	18,5	0,87	16,095
7	1,6	19,5	0,76	14,82	19,2	0,75	14,4
8	2	20,1	0,64	12,864	19,9	0,62	12,338
9	2,4	20,4	0,54	11,016	20,3	0,53	10,759
10	2,8	20,7	0,47	9,729	20,6	0,46	9,476
11	3,2	20,9	0,42	8,778	20,8	0,41	8,528
12	3,6	21	0,38	7,98	21	0,37	7,77
13	4	21,1	0,34	7,174	21,1	0,34	7,174
14	4,5	21,2	0,3	6,36	21,2	0,3	6,36
15	5	21,3	0,28	5,964	21,3	0,27	5,751
16	5,5	21,4	0,25	5,35	21,4	0,25	5,35
17	6	21,4	0,23	4,922	21,5	0,23	4,945
18	7	21,5	0,21	4,515	21,6	0,2	4,32
19	9	21,7	0,17	3,689	21,8	0,17	3,706

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **10,08**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,774**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **18,837**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **18,746**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,15%**

Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **0,49%**



28 Δεκεμβρίου και ώρα 13

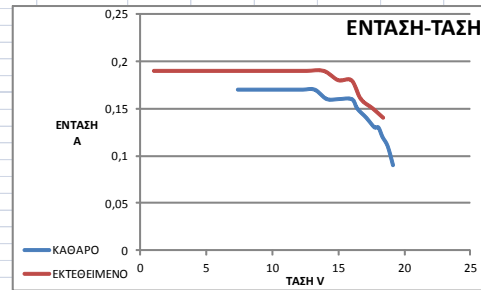
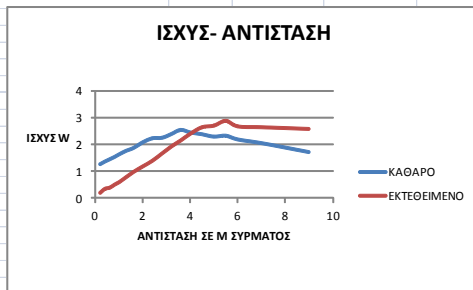
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		20,4	0		20,5	0	
Isc		0	0,17		0	0,19	
1		0,2	7,4	1,258	1	0,19	0,19
2		0,4	8	1,36	1,8	0,19	0,342
3		0,6	8,5	1,445	2	0,19	0,38
4		0,8	9	1,53	2,6	0,19	0,494
5		1	9,6	1,632	3,1	0,19	0,589
6		1,3	10,4	1,768	4,1	0,19	0,779
7		1,6	11	1,87	5,1	0,19	0,969
8		2	12,3	2,091	6,2	0,19	1,178
9		2,4	13,2	2,244	7,3	0,19	1,387
10		2,8	14,1	2,256	8,7	0,19	1,653
11		3,2	15	2,4	10,1	0,19	1,919
12		3,6	16	2,56	11,3	0,19	2,147
13		4	16,4	2,46	12,6	0,19	2,394
14		4,5	17,1	2,394	13,9	0,19	2,641
15		5	17,7	2,301	15	0,18	2,7
16		5,5	18	2,34	16	0,18	2,88
17		6	18,3	2,196	16,7	0,16	2,672
18		7	18,7	2,057	17,6	0,15	2,64
19		9	19,1	1,719	18,4	0,14	2,576

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **1,994**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **1,607**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **2,56**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **2,88**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **24,08%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **-11,11%**



29 Δεκεμβρίου και ώρα 14

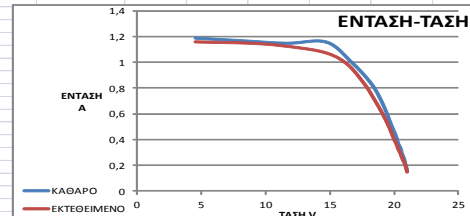
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,6	0		21,6	0	
Isc		0	1,2		0	1,19	
1		0,2	4,5	1,19	5,355	4,5	5,22
2		0,4	8,1	1,17	9,477	8,7	10,005
3		0,6	11,6	1,15	13,34	11,3	12,769
4		0,8	14,7	1,16	17,052	14,5	15,66
5		1	16,7	1	16,7	16,3	16,137
6		1,3	18,1	0,85	15,385	17,7	14,691
7		1,6	18,8	0,74	13,912	18,4	13,248
8		2	19,4	0,61	11,834	19,1	11,46
9		2,4	19,7	0,53	10,441	19,5	10,14
10		2,8	20	0,46	9,2	19,8	8,91
11		3,2	20,2	0,41	8,282	20	8
12		3,6	20,3	0,37	7,511	20,2	7,272
13		4	20,5	0,33	6,765	20,3	6,699
14		4,5	20,6	0,29	5,974	20,5	5,945
15		5	20,7	0,27	5,589	20,6	5,356
16		5,5	20,8	0,24	4,992	20,7	4,968
17		6	20,8	0,23	4,784	20,8	4,576
18		7	20,9	0,2	4,18	20,9	3,971
19		9	21	0,16	3,36	21	3,15

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,165**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,851**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **17,052**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **16,137**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,54%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **5,67%**



1 Ιανουαρίου και ώρα 13

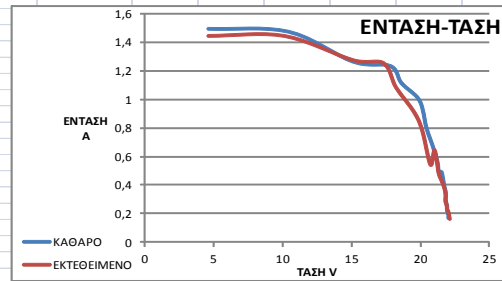
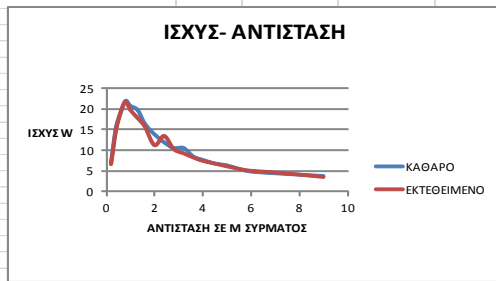
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(ampereres)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampereres)	Ισχύς(watts)
Voc		23,1	0		23,2	0	
Isc		0	1,49		0	1,44	
1	0,2	4,6	1,49	6,854	4,6	1,44	6,624
2	0,4	10,4	1,47	15,288	10,1	1,44	14,544
3	0,6	15,1	1,26	19,026	15,1	1,27	19,177
4	0,8	17,8	1,23	21,894	17,3	1,25	21,625
5	1	18,6	1,11	20,646	18,2	1,08	19,656
6	1,3	19,9	0,99	19,701	19,5	0,91	17,745
7	1,6	20,4	0,8	16,32	20,1	0,78	15,678
8	2	20,9	0,66	13,794	20,7	0,54	11,178
9	2,4	21,2	0,56	11,872	21	0,64	13,44
10	2,8	21,3	0,49	10,437	21,3	0,48	10,224
11	3,2	21,5	0,49	10,535	21,5	0,43	9,245
12	3,6	21,7	0,39	8,463	21,7	0,38	8,246
13	4	21,8	0,35	7,63	21,8	0,34	7,412
14	4,5	21,8	0,31	6,758	21,8	0,31	6,758
15	5	21,8	0,29	6,322	21,8	0,28	6,104
16	5,5	21,9	0,25	5,475	21,9	0,25	5,475
17	6	21,9	0,22	4,818	21,9	0,23	5,037
18	7	22	0,2	4,4	22	0,21	4,62
19	9	22	0,17	3,74	22,1	0,16	3,536

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **11,26**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **10,86**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **21,894**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **21,625**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,71%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **1,24%**



2 Ιανουαρίου και ώρα 13

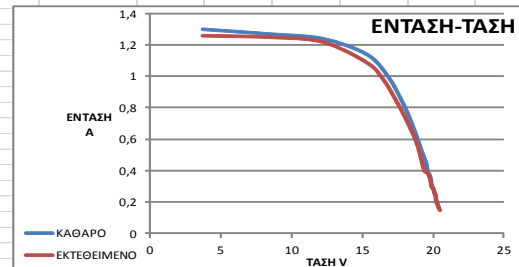
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	Καθαρό			Εκτεθειμένο		
		V(volts)	I(ampereres)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampereres)	Ισχύς(watts)
Voc		20,7	0		21	0	
Isc		0	1,3		0	1,31	
1	0,2	3,7	1,3	4,81	3,7	1,26	4,662
2	0,4	8,4	1,27	10,668	8,5	1,25	10,625
3	0,6	12,2	1,24	15,128	12,2	1,22	14,884
4	0,8	15,3	1,14	17,442	15,3	1,09	16,677
5	1	16,8	1	16,8	16,5	0,98	16,17
6	1,3	17,8	0,84	14,952	17,5	0,83	14,525
7	1,6	18,4	0,72	13,248	18,2	0,71	12,922
8	2	18,9	0,6	11,34	18,8	0,59	11,092
9	2,4	19,2	0,52	9,984	19,1	0,5	9,55
10	2,8	19,5	0,45	8,775	19,4	0,4	7,76
11	3,2	19,6	0,4	7,84	19,6	0,39	7,644
12	3,6	19,8	0,36	7,128	19,8	0,35	6,93
13	4	19,9	0,3	5,97	19,9	0,3	5,97
14	4,5	20	0,29	5,8	20	0,29	5,8
15	5	20,1	0,26	5,226	20,1	0,26	5,226
16	5,5	20,2	0,24	4,848	20,2	0,24	4,848
17	6	20,2	0,22	4,444	20,2	0,22	4,444
18	7	20,3	0,19	3,857	20,3	0,19	3,857
19	9	20,4	0,16	3,264	20,5	0,15	3,075

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,028**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,772**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **17,442**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **16,677**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,92%**

Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **4,59%**



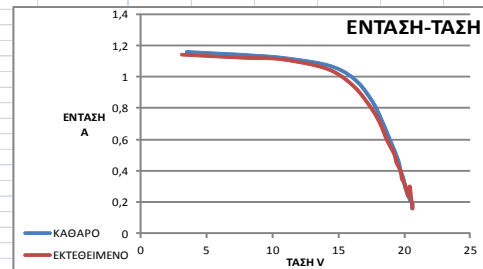
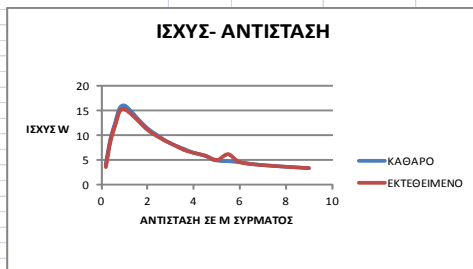
2 Ιανουαρίου και ώρα 14

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,1	0		21,2	0	
Isc		0	1,18		0	1,14	
1		0,2	3,5	1,16	4,06	3,1	1,14
2		0,4	8	1,14	9,12	7,8	1,12
3		0,6	11	1,12	12,32	10,7	1,11
4		0,8	14,4	1,07	15,408	14,1	1,05
5		1	16,3	0,98	15,974	16	0,95
6		1,3	17,6	0,84	14,784	17,3	0,82
7		1,6	18,3	0,72	13,176	18,1	0,71
8		2	18,9	0,6	11,34	18,7	0,59
9		2,4	19,3	0,52	10,036	19,2	0,51
10		2,8	19,6	0,45	8,82	19,4	0,45
11		3,2	19,7	0,4	7,88	19,7	0,4
12		3,6	19,9	0,36	7,164	19,8	0,35
13		4	20	0,32	6,4	20	0,32
14		4,5	20,1	0,29	5,829	20,1	0,29
15		5	20,3	0,24	4,872	20,3	0,24
16		5,5	20,4	0,23	4,692	20,4	0,3
17		6	20,4	0,22	4,488	20,5	0,22
18		7	20,6	0,19	3,914	20,6	0,19
19		9	20,6	0,16	3,296	20,6	0,16

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,609**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,447**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **15,974**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **15,2**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **1,92%**
Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **5,09%**



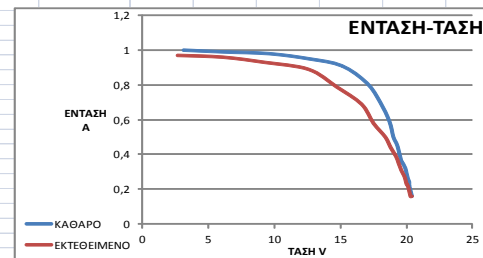
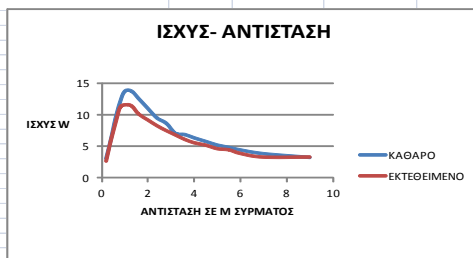
2 Ιανουαρίου και ώρα 15

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,1	0		21,1	0	
Isc		0	1,01		0	0,98	
1		0,2	3,1	1	3,1	2,7	2,619
2		0,4	6,1	0,99	6,039	6,1	0,96
3		0,6	9,6	0,98	9,408	9,3	0,93
4		0,8	12,65	0,95	12,0175	12,6	0,89
5		1	15,1	0,91	13,741	14,7	0,79
6		1,3	17	0,81	13,77	16,6	0,69
7		1,6	18	0,7	12,6	17,5	0,58
8		2	18,7	0,59	11,033	18,4	0,5
9		2,4	19	0,5	9,5	18,8	0,44
10		2,8	19,3	0,45	8,685	19,2	0,39
11		3,2	19,6	0,36	7,056	19,4	0,35
12		3,6	19,7	0,35	6,895	19,6	0,31
13		4	19,9	0,32	6,368	19,8	0,28
14		4,5	20	0,29	5,8	19,9	0,26
15		5	20,1	0,26	5,226	20	0,23
16		5,5	20,2	0,24	4,848	20,1	0,22
17		6	20,2	0,22	4,444	20,2	0,19
18		7	20,3	0,19	3,857	20,3	0,16
19		9	20,4	0,16	3,264	20,4	0,16

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **7,771**
Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **6,814**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **13,77**
Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **11,613**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **14,04%**
Ποσοστό διαφοράς μεγίστων μετρήσεων= **18,57%**



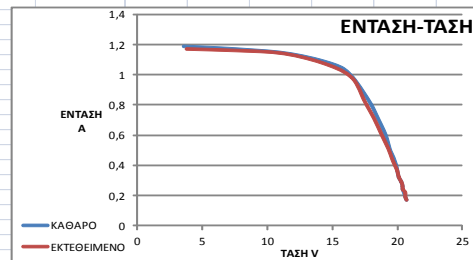
3 Ιανουαρίου και ώρα 11

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)
Voc		21,2	0		21,3	0	
Isc		0	1,22		0	1,19	
1	0,2	3,6	1,19	4,284	3,8	1,17	4,446
2	0,4	8	1,17	9,36	7,6	1,16	8,816
3	0,6	11,8	1,14	13,452	11,3	1,14	12,882
4	0,8	15,1	1,07	16,157	14,5	1,07	15,515
5	1	16,4	1	16,4	16,5	0,98	16,17
6	1,3	17,8	0,83	14,774	17,5	0,82	14,35
7	1,6	18,4	0,73	13,432	18,2	0,71	12,922
8	2	19,1	0,6	11,46	18,8	0,6	11,28
9	2,4	19,4	0,51	9,894	19,3	0,51	9,843
10	2,8	19,7	0,45	8,865	19,6	0,44	8,624
11	3,2	19,9	0,4	7,96	19,8	0,4	7,92
12	3,6	20	0,36	7,2	20	0,36	7,2
13	4	20,1	0,32	6,432	20,1	0,32	6,432
14	4,5	20,3	0,29	5,887	20,3	0,29	5,887
15	5	20,4	0,26	5,304	20,4	0,26	5,304
16	5,5	20,4	0,24	4,896	20,4	0,24	4,896
17	6	20,5	0,22	4,51	20,6	0,22	4,532
18	7	20,6	0,19	3,914	20,6	0,19	3,914
19	9	20,7	0,17	3,519	20,7	0,17	3,519

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **8,826**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,655**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **16,4**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **16,17**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **1,98%**
 Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **1,42%**



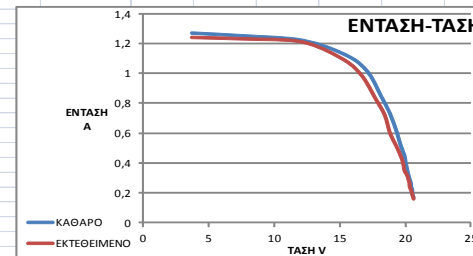
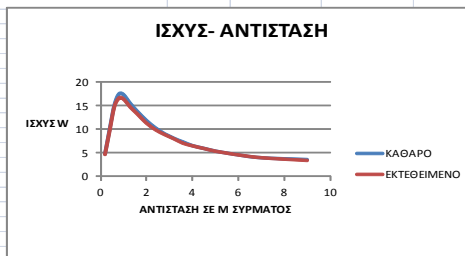
3 Ιανουαρίου και ώρα 11,30

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(ampères)	Ισχύς(watts)
Voc		21,4	0		21,3	0	
Isc		0	1,28		0	1,25	
1	0,2	3,7	1,27	4,699	3,7	1,24	4,588
2	0,4	7,9	1,25	9,875	7,8	1,23	9,594
3	0,6	12,2	1,22	14,884	12,1	1,21	14,641
4	0,8	15,5	1,12	17,36	15,1	1,1	16,61
5	1	17,1	1,01	17,271	16,6	0,99	16,434
6	1,3	18,1	0,85	15,385	17,7	0,83	14,691
7	1,6	18,8	0,73	13,724	18,4	0,72	13,248
8	2	19,3	0,61	11,773	18,8	0,6	11,28
9	2,4	19,6	0,52	10,192	19,3	0,51	9,843
10	2,8	19,9	0,45	8,955	19,6	0,45	8,82
11	3,2	20	0,4	8	19,8	0,4	7,92
12	3,6	20,1	0,36	7,236	19,9	0,35	6,965
13	4	20,2	0,32	6,464	20,1	0,32	6,432
14	4,5	20,3	0,29	5,887	20,2	0,29	5,858
15	5	20,4	0,26	5,304	20,3	0,26	5,278
16	5,5	20,4	0,24	4,896	20,3	0,24	4,872
17	6	20,5	0,22	4,51	20,4	0,22	4,488
18	7	20,5	0,19	3,895	20,5	0,19	3,895
19	9	20,6	0,17	3,502	20,6	0,16	3,296

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,148**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,882**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **17,36**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **16,61**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **3,00%**
 Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **4,52%**



3 Ιανουαρίου και ώρα 12

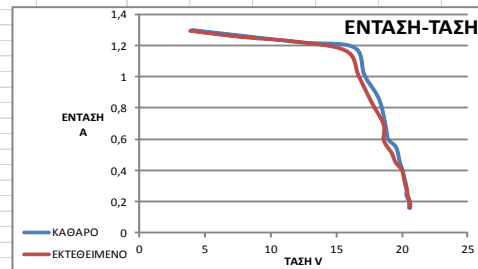
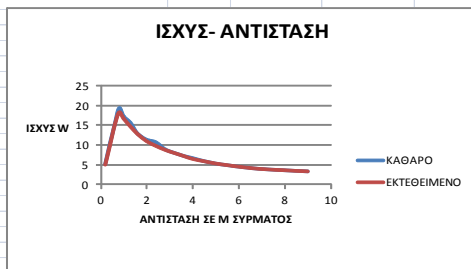
		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21,1	0		21,3	0	
Isc		0	1,34		0	1,3	
1		0,2	4	1,3	5,2	3,9	1,29
2		0,4	8,2	1,26	10,332	7,9	1,25
3		0,6	12,3	1,22	15,006	12,2	1,22
4		0,8	16,3	1,19	19,397	15,8	1,16
5		1	17,1	1,01	17,271	16,7	1
6		1,3	18,2	0,86	15,652	17,7	0,83
7		1,6	18,7	0,69	12,903	18,6	0,69
8		2	18,9	0,6	11,34	18,6	0,59
9		2,4	19,5	0,55	10,725	19,2	0,51
10		2,8	19,8	0,45	8,91	19,5	0,45
11		3,2	20	0,4	8	20	0,4
12		3,6	20,1	0,36	7,236	20,1	0,36
13		4	20,2	0,33	6,666	20,2	0,32
14		4,5	20,3	0,29	5,887	20,3	0,29
15		5	20,3	0,26	5,278	20,4	0,26
16		5,5	20,3	0,24	4,872	20,4	0,24
17		6	20,4	0,22	4,488	20,5	0,22
18		7	20,5	0,19	3,895	20,6	0,19
19		9	20,5	0,16	3,28	20,6	0,16

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,281**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **9,021**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **19,397**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **18,328**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,89%**

Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **5,83%**



3 Ιανουαρίου και ώρα 13

		Καθαρό			Εκτεθειμένο		
A/M	Αντίσταση σε m σύρματος	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)	V(volts)	I(amperes)	Ισχύς(watts)
Voc		21	0		21,1	0	
Isc		0	1,35		0	1,32	
1		0,2	3,8	1,3	4,94	3,7	1,28
2		0,4	8	1,29	10,32	7,8	1,26
3		0,6	12,6	1,26	15,876	12,5	1,23
4		0,8	15,6	1,14	17,784	15,2	1,12
5		1	16,9	1,02	17,238	16,6	0,99
6		1,3	18	0,86	15,48	17,7	0,83
7		1,6	18,6	0,73	13,578	18,4	0,72
8		2	19,1	0,61	11,651	18,9	0,6
9		2,4	19,5	0,52	10,14	19,3	0,51
10		2,8	19,7	0,45	8,865	19,6	0,45
11		3,2	19,9	0,4	7,96	19,8	0,4
12		3,6	20	0,36	7,2	19,9	0,35
13		4	20,1	0,32	6,432	20,1	0,32
14		4,5	20,2	0,29	5,858	20,2	0,29
15		5	20,2	0,26	5,252	20,3	0,26
16		5,5	20,3	0,23	4,669	20,3	0,24
17		6	20,4	0,22	4,488	20,4	0,22
18		7	20,4	0,19	3,876	20,5	0,19
19		9	20,5	0,16	3,28	20,6	0,16

Μέσος όρος ισχύος καθαρού= **9,205**
 Μέσος όρος ισχύος εκτεθειμένου= **8,965**

Μέγιστη ισχύς μέτρησης καθαρού= **17,784**
 Μέγιστη ισχύς μέτρησης εκτεθειμένου= **17,024**

Ποσοστό διαφοράς ισχύος καθαρού/εκτεθειμένου= **2,67%**

Ποσοστό διαφοράς μέγιστων μετρήσεων= **4,46%**

