



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
"Διαχείριση και Ενεργειακή Βελτιστοποίηση Συστημάτων"**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ  
, ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΟΙΚΙΣΜΩΝ , ΠΩΛΗΣΗ ΣΤΗ ΔΕΗ"**



**Αθήνα  
Σεπτέμβριος - 2020**

**Υπεύθυνος Καθηγητής:** Καραϊσάς Πέτρος  
**Φοιτητής :** Κουτρουλίδης Χαράλαμπος

Copyright © Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Στην οικογένειά μου , του καθηγητές και φίλους μου.

## Περιεχόμενα

<u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u> .....	6
<u>EXECUTIVE SUMMARY</u> .....	7
<u>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</u> .....	8
<u>ΜΕΡΟΣ Α'</u> .....	9
<u>ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u> .....	9
<u>Α) ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</u> .....	9
1.1 Αποδόσεις Ηλιακών Συλλεκτών .....	10
1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ - Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ F .....	12
<u>ΗΛΙΑΚΟΙ ΦΟΥΡΝΟΙ</u> .....	15
<u>Αρχές λειτουργίας ηλιακού φούρνου</u> .....	16
<u>Φούρνος κουτί (Box cooker)</u> .....	16
<u>Πλαισιωμένος φούρνος (Panel cooker)</u> .....	17
<u>ΗΛΙΑΚΑ ΑΕΡΟΘΕΡΜΑ</u> .....	18
<u>Παραβολική εστία (Parabolic cooker)</u> .....	20
<u>Υβριδική ηλιακή εστία (Hybrid cooker)</u> .....	21
<u>Ηλιακο αερόθερμο</u> .....	21
<u>ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ</u> .....	22
<u>Εισαγωγή</u> .....	22
<u>Αρχές Λειτουργίας, Τεχνολογίες Φωτοβολταϊκών</u> .....	25
<u>Χαρακτηριστικά Μεγέθη Φωτοβολταϊκών</u> .....	27
<u>Ενεργειακή Συμπεριφορά Φωτοβολταϊκών με Μεταβαλλόμενες Εξωτερικές Συνθήκες</u> .....	30
<u>Σύνδεση Φωτοβολταϊκών Στοιχείων</u> .....	33
<u>ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</u> .....	34
<u>ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ</u> .....	38
<u>C<sub>p</sub></u> .....	39
<u>ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ</u> .....	42
<u>ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</u> .....	43
<u>ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΙΣΧΥΟΣ</u> .....	49
<u>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ GSM</u> .....	49
<u>Το GSM modem</u> .....	49
<u>Η μονάδα ταυτότητας συνδρομητή (SIM)</u> .....	51
<u>Εντολές AT</u> .....	51
<u>ΜΕΡΟΣ Β</u> .....	52
<u>Ο ελεγκτής NCR-25 GSM</u> .....	54



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ολοένα και εντονότερα γίνονται τα προβλήματα της μόλυνσεως του περιβάλλοντος τα τελευταία χρόνια. Αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη , κλιματολογικές αλλαγές σε διάφορες περιοχές και πάρα παλλά ακόμα προβλήματα. Για αυτό το λόγο ήταν επιτακτική ανάγκη να στραφούμε προς την εφαρμογή των “ πράσινων μορφών ενέργειας “ . Έτσι βλέπουμε καθημερινά τριγύρω μας την εξάπλωση τους τόσο σε μονάδες μεγάλης κλίμακας , όσο και μικρής . Εκτός από τους μεγάλους επενδυτές των Ανεμογεννητριών ή των μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων , βλέπουμε και πάρα πολλούς πολίτες που ενδιαφέρονται για μικρής κλίμακας οικές μονάδες παραγωγής ρεύματος, τόσο για την διάθεσή της παραγώμενης ενέργειας προς πώληση , όσο και για ιδιοκατανάλωση.

Ένας άλλος τομέας που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν βρεί εφαρμογή είναι η ηλεκτροδότηση απομακρισμένων περιοχών . Με τον τρόπο αυτό μπορούν πλέον και οι κάτοικοι απομακρισμένων περιοχών να αποκτήσουν ένα βελτιωμένο επίπεδο ζωής.

Οστόσο η εξέλιξη στον τομέα των ηλεκτρονικών και του αυτοματισμού έδωσε τρομερή ώθηση στην εξάπλωση τέτοιου είδους συστημάτων. Η παρακολούθηση και του ελέγχου μιας τέτοιας εγκατάστασης ,χωρίς την φυσική μας παρουσια στο χώρο έδωσε λύσεις σε ιδιοκτήτες και τεχνικούς.

Μια τέτοια εγκατάσταση λοιπόν θα περιγραφή σε αυτήν την εργασία. Σε μία εξοχική κατοικία 80 m<sup>2</sup> θα παρουσιάσουμε ένα σύστημα με δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο για ιδιοκατανάλωση ,όσο και για πώληση της ενέργειας στο δίκτιο με δυνατότητα τηλεχειρισμού



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**  
**SCHOOL OF ENGINEERING**  
**Department of Electrical and Electronic Engineering**

**POSTGRADUATE STUDIES PROGRAM**  
**" Systems Management and Energy Optimization "**

**POSTGRADUATE THESIS**

**ELECTRICITY PRODUCTION WITH MODERN FORMS OF**  
**ENERGY, SUPPLY OF SETTLEMENTS, SALE TO PPC "**



**Professor in charge:**  
**College student :**

Karaisas Petros  
Koutroulidis Charalambos



<a href="#">SUMMARY</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">EXECUTIVE SUMMARY</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">PROLOGUE</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">PART A</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">ENERGY SOURCES</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">A) SOLAR ENERGY</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">1.1 Solar Collector Yields</a> .....	<a href="#">Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</a>
<a href="#">1.2 CALCULATION METHODOLOGY - THE F-CURVE METHOD</a> .....	<a href="#">Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</a>
<a href="#">SOLAR OVENS</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Principles of operation of a solar oven</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Box cooker</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Panel cooker</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">SOLAR AIR HEATERS</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Parabolic cooker</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Hybrid cooker</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Solar fan heater</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">PHOTOVOLTAIC SYSTEMS</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Introduction</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Principles of Operation, Photovoltaic Technologies</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Typical Photovoltaic Sizes</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Photovoltaic Energy Behavior with Variable External Conditions</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">Connection of Photovoltaic Elements</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">wind power</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">PRINCIPLES OF WIND GENERATORS</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">C<sub>p</sub></a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">WIND POTENTIAL</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">HYDROPOWER</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">HYBRID POWER SYSTEMS</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">GSM TECHNOLOGY</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">GSM modem</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">The subscriber ID unit (SIM)</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">AT commands</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">PART B</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">The NCR-25 GSM controller</a> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
<a href="#">BIBLIOGRAPHY</a> .....	66

## EXECUTIVE SUMMARY

Recent years there is an increasing problem with the environmental pollution. The temperature rise , causes climate changes in a lot of places around the world. For this reason we should use more renewable energy systems. Thus , we see around us every day the spreading of these systems. Not only big investors , but every citizen is interesting to invest in renewable energy systems . There are such systems that we can give the produced energy in the public grid and store this energy in batteries also. An another sector , where the renewable energy systems helped , is in cut off areas or in telecommunication antennas where there is no grid.

However the progress in the field of electronics and automation systems helped these systems to spread. The remote control systems helped owners and technicians to manage their facilities.

In this thesis , we will describe a system like we mentioned above. We will introduce a remote controller that can manage the production of electricity in a country house, where the grid has problems. So with this GSM controller we could choose if the electricity we produce will go to the grid or we will store it in our batteries.

**Keywords:** λέξεις κλειδιά της πτυχιακής εργασίας, λέξεις που την κατατάσσουν σε θεματικές περιοχές και καθιστούν ευκολότερη την ηλεκτρονική της αναζήτηση (στα αγγλικά)

## ΜΕΡΟΣ Α΄

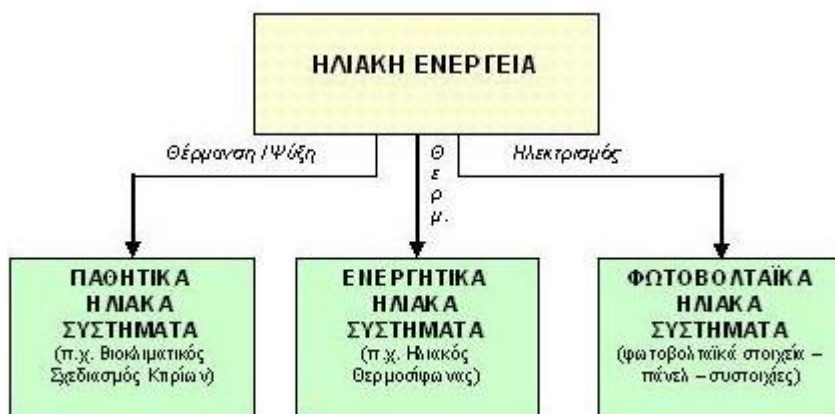
### ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### Α) ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

**Ηλιακή ενέργεια** χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Μορφές ενέργειας προερχόμενες από τον Ήλιο είναι το φως , η θερμότητα που προέρχεται από τον Ήλιο και διάφορες ακτινοβολίες.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον Ήλιο , και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

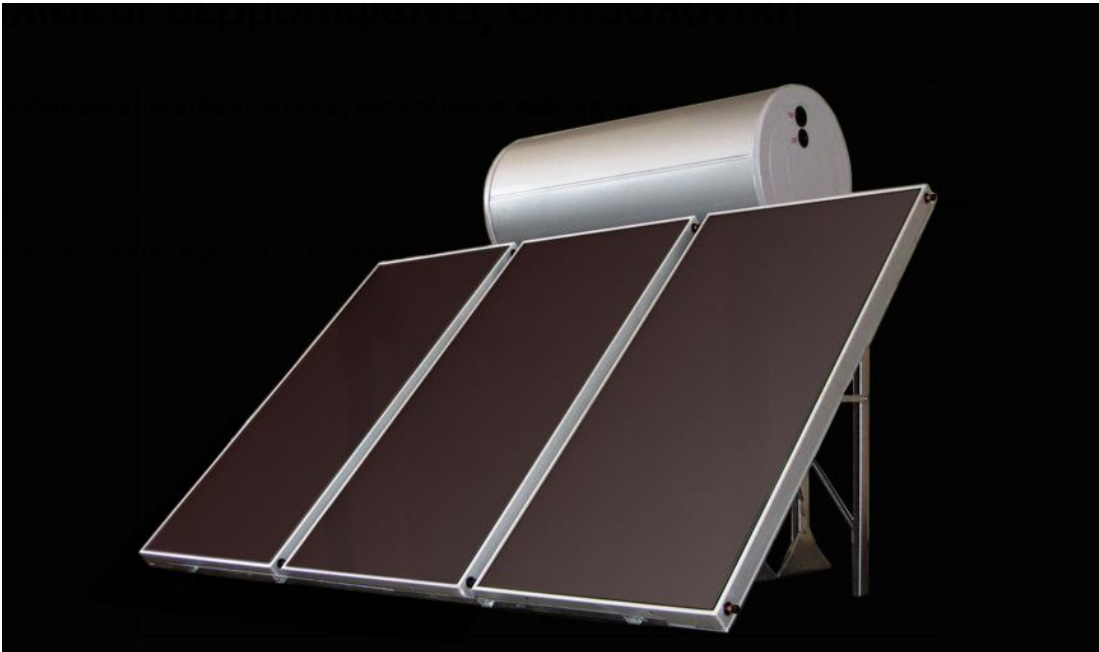
Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα , τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή Ηλιοθερμικά συστήματα , και τα φωτοβολταϊκά συστήματα . Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται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



Παρακάτω θα παρουσιαστούν διάφορα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

#### Α1) ΗΛΙΑΚΟΙ ΘΕΡΜΟΣΪΦΩΝΕΣ

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες ανήκουν στα θερμικά ηλιακά συστήματα. Αποτελούν την πιο διαδεδομένη μορφή των συστημάτων αυτού του είδους. Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και την μετατρέπουν σε θερμική αποδίδοντάς την σε κάποιο ρευστό. Χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ΖΝΧ όπως οικιακή χρήση για θέρμανση νερών πισίνας και άλλα. Παρακάτω εμφανίζονται σε φωτογραφίες η τυπική μορφή αυτών των συστημάτων.



Ο ηλιακός θερμοσίφωνας φυσικής κυκλοφορίας κατά την λειτουργία του εκμεταλλεύεται το φυσικό φαινόμενο της ροής των ρευστών λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (διαφοράς πυκνότητας), γνωστό και σαν αρχή του θερμοσιφώνου. Έτσι πετυχαίνεται με φυσικό τρόπο χωρίς κυκλοφορητή (αντλία) η συνεχής ροή του θερμαινόμενου μέσου, από το θερμότερο σημείο (ηλιακοί συλλέκτες) προς το ψυχρότερο (δεξαμενή νερού), μέχρις ότου τα δύο σημεία να αποκτήσουν παρόμοιες θερμοκρασίες. Για να είναι αυτό δυνατό πρέπει το ψυχρότερο σημείο να είναι ψηλότερα από το θερμότερο σημείο και για τον λόγο αυτό σε όλους τους ηλιακούς θερμοσίφωνες η δεξαμενή αποθήκευσης είναι πάντα ψηλότερα από τους ηλιακούς συλλέκτες. Η συνολική απόδοση του ηλιακού θερμοσίφωνα εξαρτάται από το μέγεθος και το είδος της συλλεκτικής επιφάνειας που σε συνάρτηση με το θερμοδοχείο καθώς και από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τη νεφοκάλυψη και την αποτελεσματικότητα της θερμικής μόνωσης του συστήματος.

Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, τα συστήματα είναι πιο πολύπλοκα καθώς με την παρουσία ηλεκτρονικών συσκευών των οποίων η πολυπλοκότητα ποικίλει ανάλογα την εφαρμογή.

### 2.1.1. Απόδοσεις Ηλιακών Συλλεκτών

Το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος από έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, είναι η διαφορά του ποσού της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από τον απορροφητήρα και των απωλειών ενέργειας στο περιβάλλον. Ο υπολογισμός της ωφέλιμης θερμικής ισχύος δίνεται από τη σχέση:

$$Q = \underbrace{A_c \cdot G_T \cdot F_R (\tau\alpha)_n}_{\text{κέρδη}} - \underbrace{A_c \cdot FRUL \cdot (T_{\text{εισ}} - T_a)}_{\text{απώλειες}} \quad (2.1)$$

όπου:

"Q" ωφέλιμη συλλεγόμενη θερμική ισχύς (W) "A<sub>c</sub>" επιφάνεια συλλέκτη (m<sup>2</sup>)

"G<sub>T</sub>" ένταση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη (W/m<sup>2</sup>) "F<sub>R</sub>"  
 συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη

"τ" διαπερατότητα του διαφανούς καλύμματος του συλλέκτη στην ηλιακή ακτινοβολία "α"  
 απορροφητικότητα του απορροφητήρα στην ηλιακή ακτινοβολία

"U<sub>L</sub>" συνολικός ισοδύναμος συντελεστής ενεργειακών απωλειών του συλλέκτη (W/m<sup>2</sup>/°C) "T<sub>εισ</sub>"  
 θερμοκρασία του ρευστού στην είσοδο του συλλέκτη (°C)

"T<sub>α</sub>" θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C)

Οι συντελεστές "(τα)<sub>n</sub>" με δείκτη "n", αναφέρονται σε επίπεδο κάθετο στις ακτίνες του ήλιου.

Οι τιμές των χαρακτηριστικών παραμέτρων ενός συλλέκτη (F<sub>R</sub>(τα)<sub>n</sub> και F<sub>R</sub>U<sub>L</sub>) προκύπτουν από τις δοκιμές απόδοσης και πιστοποίησης του συγκεκριμένου συλλέκτη από αναγνωρισμένο εργαστήριο δοκιμών (πχ Κέντρο Δοκιμών Ηλιακών Συλλεκτών του Δημόκριτου). Μερικές αντιπροσωπευτικές τιμές για κάποιους τύπους συλλεκτών δίνονται στον πίνακα 2.1.

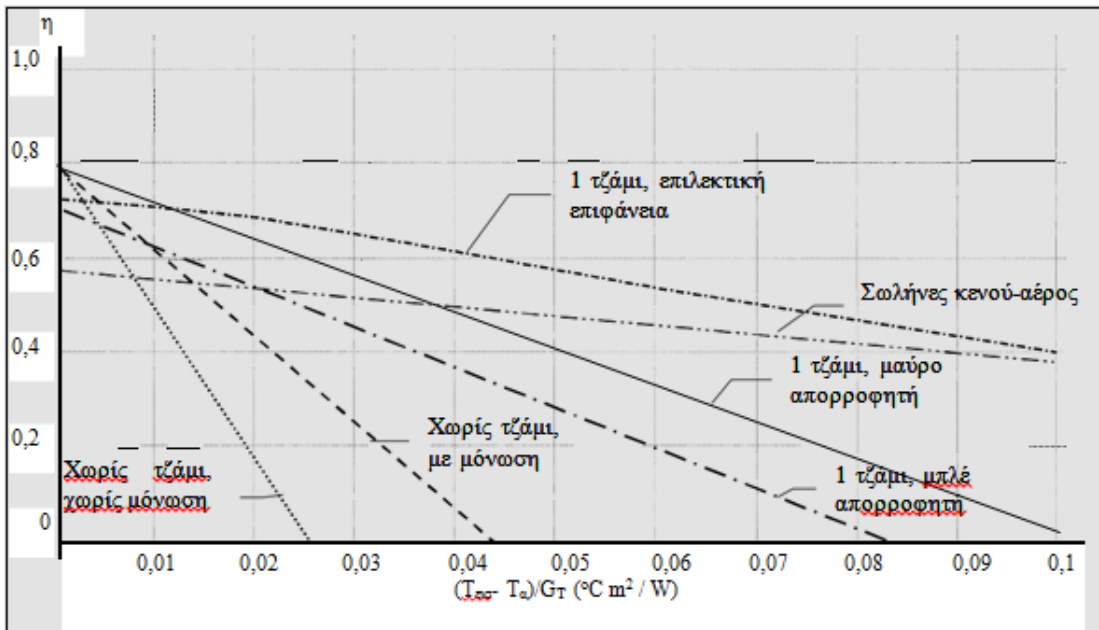
**Πίνακας 2.1.** Αντιπροσωπευτικές τιμές για τις παραμέτρους απόδοσης διάφορων τύπων ηλιακών συλλεκτών.

Περιγραφή ηλιακού συλλέκτη νερού	F <sub>R</sub> (τα) <sub>n</sub>	F <sub>R</sub> U <sub>L</sub> [W/m <sup>2</sup> .C]
Μαύρο χρώμα, 1 υαλοπίνακα	0,82	7,5
Μαύρο χρώμα, 2 υαλοπίνακες ή επιλεκτική επιφάνεια με 1 υαλοπίνακα	0,75	5
Σωλήνες κενού-αέρος	0,57	1,82
Απλός συλλέκτης (πλαστικοί σωλήνες) χωρίς κάλυμμα και μόνωση (ταχύτητα ανέμου 2,2 m/s)	0,86	21,5

Ως βαθμός απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη, ορίζεται ο στιγμιαίος βαθμός απόδοσής του, για δεδομένη τιμή έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και εξωτερική θερμοκρασία. Η στιγμιαία απόδοση ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{Q}{A_c \cdot G_T} = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)_n - F_R \cdot U_L \cdot \frac{(T_{εισ} - T_a)}{G_T}$$

Αν ο συντελεστής U<sub>L</sub> υποθέσουμε ότι παραμένει σταθερός, τότε η απόδοση του συλλέκτη σε συνάρτηση με το πηλίκο (T<sub>εισ</sub>-T<sub>α</sub>)/G<sub>T</sub> είναι μια γραμμική σχέση, με κλίση -F<sub>R</sub>U<sub>L</sub>. Η ευθεία τέμνει τον y- άξονα στο σημείο F<sub>R</sub>(τα)<sub>n</sub>. Χαρακτηριστικές καμπύλες απόδοσης διαφόρων τύπων συλλεκτών παρουσιάζονται στο σχήμα 2.11

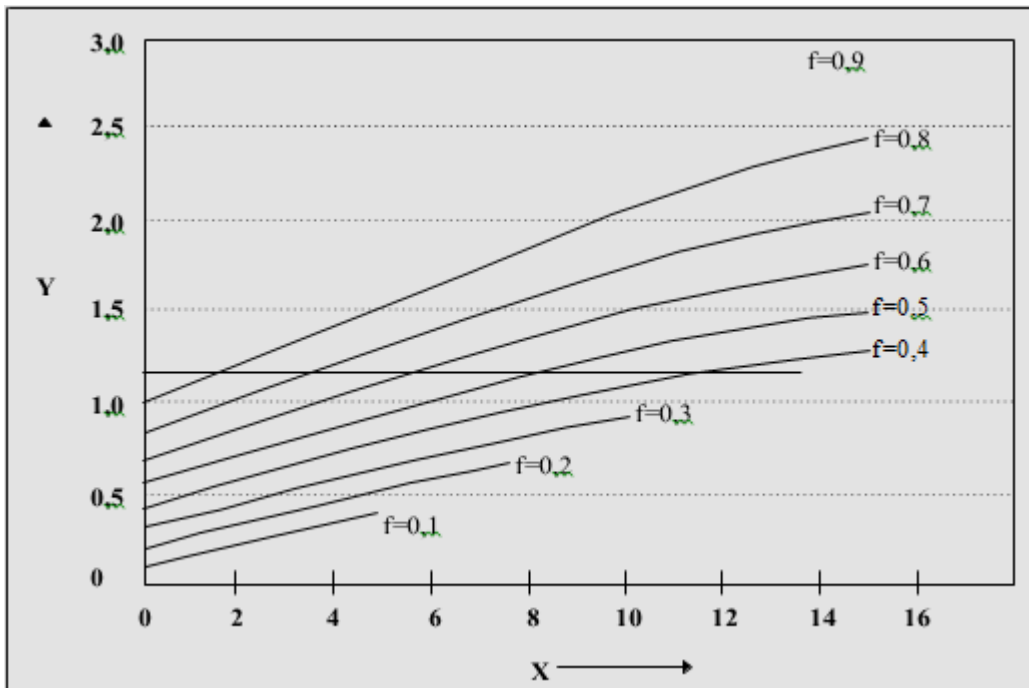


Στις περισσότερες εφαρμογές ηλιακών συλλεκτών, επιλέγεται η κλίση του συλλέκτη ώστε να βλέπει όσο το δυνατόν πιο κάθετα τις ηλιακές ακτίνες. Στην επιλογή της κλίσης του συλλέκτη, βασικός παράγοντας είναι η περίοδος χρήση του και η περιοχή εγκατάστασής του.

## 2.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ - Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ F

Εκτός του στιγμιαίου βαθμού απόδοσης υπάρχει και ο μακροχρόνιος βαθμός απόδοσης ή αλλιώς συντελεστής κάλυψης "f" και αναφέρεται στο ποσό απαιτούμενης ενέργειας που μπορεί να καλύψει ο συλλέκτης, σε μια δεδομένη περιοχή, και για ορισμένη χρονική διάρκεια.

αξιολογηθεί η απόδοση ενός κεντρικού συστήματος ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με συγκεκριμένη ζήτηση φορτίου (θέρμανση χώρων ή/και ΖΝΧ), έχουν αναπτυχθεί διάφορες προσεγγιστικές μέθοδοι. Η πιο γνωστή μέθοδος υπολογισμού είναι η μέθοδος καμπυλών f [6-8] που έχει επίσης ενσωματωθεί στο εθνικό και ευρωπαϊκό πρότυπο



Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της μηνιαίας και ετήσιας θερμικής απόδοσης ενεργητικών ηλιακών συστημάτων υπολογίζοντας το ποσοστό του ολικού θερμικού φορτίου που θα καλυφθεί από την ηλιακή ενέργεια. Η βασική παράμετρος είναι η επιφάνεια των συλλεκτών. Δευτερεύουσες παράμετροι είναι ο τύπος του συλλέκτη, η δυνατότητα αποθήκευσης, ο ρυθμός ροής μάζας και το μέγεθος των εναλλακτών που χρησιμοποιούνται στην πλευρά του συλλέκτη και του φορτίου. Η τελική σχέση που χρησιμοποιείται στην μέθοδο αυτή, υπολογίζει το συντελεστή κάλυψης  $f$  (το ποσοστό του μηνιαίου θερμικού φορτίου για θέρμανση χώρων και ΖΝΧ που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια) σε σχέση με δυο αδιάστατες παραμέτρους: (α) Η πρώτη παράμετρος συνδέεται με το πηλίκο των απωλειών του συλλέκτη προς το θερμικό φορτίο, (β) Η δεύτερη παράμετρος συνδέεται με το πηλίκο της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας προς το θερμικό φορτίο.

Το ποσοστό κάλυψης  $f$  του μηνιαίου θερμικού φορτίου υπολογίζεται από το σχήμα 2.12 ή τη σχέση 2.3, μέσω των συντελεστών "X" και "Y".

$$f = 1,029 \cdot Y - 0,065 \cdot X - 0,245 \cdot Y^2 + 0,0018 \cdot X^2 + 0,0215 \cdot Y^3 \quad (2.3)$$

όπου τα "X" και "Y" παίρνουν τιμές μεταξύ των διαστημάτων " $0 < Y < 3$ " και " $0 < X < 18$ ". Ο συντελεστής "X" εκφράζει το ποσό των ενεργειακών απωλειών προς το συνολικό θερμικό φορτίο του μήνα και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$X = \left(\frac{A_C}{L}\right) \cdot F_R \cdot U_L \cdot \left(\frac{F'_R}{F_R}\right) \cdot (T_{av\alpha\phi} - \bar{T}_a) \cdot \Delta t \cdot k_1 \cdot k_2$$

Ο συντελεστής "Y" εκφράζει το ποσό της ενέργειας που μπορεί να αξιοποιήσει ο ηλιακός συλλέκτης προς το συνολικό θερμικό φορτίο του μήνα και υπολογίζεται από τη σχέση

$$Y = \left( \frac{A_c}{L} \right) \cdot F_R (\tau \alpha)_n \cdot \left( \frac{F_R'}{F_R} \right) \cdot \left( \frac{\overline{\tau \alpha}}{(\tau \alpha)_n} \right) \cdot \overline{H_p} \cdot k_3$$

Όπου:

"Ac" επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών (m<sup>2</sup>). Σύμφωνα με την TOTEE 20701-1/2010, η συνήθης πρακτική είναι η εγκατάσταση 1m<sup>2</sup> απλού επίπεδου ηλιακού συλλέκτη για κάθε άτομο, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε ZNX. Αντίστοιχα, για τη θέρμανση χώρων αντιστοιχεί 1m<sup>2</sup> επίπεδου απλού ηλιακού συλλέκτη για θερμικό φορτίο 700W (≈600kcal/h).

"L" μέσο μηνιαίο φορτίο (J) για την παραγωγή ZNX (LZNX) ή/και θέρμανση χώρων "Lθ". Το απαιτούμενο μηνιαίο φορτίο για παροχή ζεστού νερού "LZNX" υπολογίζεται από τη σχέση:

$$L_{ZNX} = N \cdot HK_{ZNX} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{ZNX} - T_K)$$

"N" αριθμός ημερών του εκάστοτε μήνα

"HK<sub>ZNX</sub>" μέση ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού σε (lt/ημέρα)

"ρ" πυκνότητα του νερού (περίπου 1kg/lt αν και η τιμή μεταβάλλεται λίγο με την θερμοκρασία)

"C<sub>p</sub>" πυκνότητα του νερού (περίπου 1kg/lt αν και η τιμή μεταβάλλεται λίγο με την θερμοκρασία)

"T<sub>ZNX</sub>" επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού (°C)

"T<sub>κ</sub>" θερμοκρασία νερού δικτύου (°C)

Το απαιτούμενο μηνιαίο φορτίο για τη θέρμανση χώρων είναι ανάλογο των βαθμοημερών θέρμανσης στη διάρκεια του μήνα σε (J) και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$L_{\theta} = 24 \cdot 3600 \cdot (U \cdot A) \cdot DD \cdot k$$

όπου:

"(U·A)" το γινόμενο του συντελεστή θερμοπερατότητας "U" επί το εμβαδό επιφάνειας του κελύφους του κτηρίου "A" σε (W/°C)

"DD" αριθμός βαθμοημερών θέρμανσης του μήνα με βάση την επιθυμητή θερμοκρασία θέρμανσης χώρων (°C.ημέρα)

"k" συντελεστής λειτουργίας του κτηρίου, για παράδειγμα, για 24ωρη συνεχή λειτουργία "k=1" και για διακοπτόμενη λειτουργία 8-16 ώρες ημερήσια "k=0,70-0,85". Σε περίπτωση χρήσης των



ηλιακών συλλεκτών για ZNX και θέρμανση χώρων, οι θερμικές απώλειες στο δίκτυο μεταφοράς νερού μπορεί να είναι σημαντικές (10-20% ανάλογα με τη θερμομόνωση των σωλήνων του δικτύου) " $F_{RUL}$ ,  $F_R(\tau)_n$ " χαρακτηριστικά μεγέθη του συλλέκτη που δίνονται από τον κατασκευαστή.

Αντιπροσωπευτικές τιμές για ηλιακούς συλλέκτες δίνονται στον Πίνακα 2.1.

" $F_R'/F_R$ " διορθωτικός συντελεστής συλλέκτη-εναλλάκτη σε περίπτωση που παρεμβάλλεται εναλλάκτης θερμότητας όπως σε κλειστό σύστημα ηλιακού συλλέκτη. Το πηλίκο αυτό παίρνει τιμές από  $0 \leq 1$  και εξαρτάται από τις θερμικές ιδιότητες της επιφάνειας συναλλαγής και τις θερμοκρασίες των δύο ρευμάτων. Συνήθης τιμή της παραμέτρου αυτής είναι 0.80-0.95.

" $T_{αναφ}$ " θερμοκρασία αναφοράς ( $100^\circ\text{C}$ )

" $T_a$ " μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας ( $^\circ\text{C}$ )

" $\Delta t$ " χρονική περίοδος κάθε μήνα (s),

" $(\tau_a)/(\tau_a)_n$ " διορθωτικός συντελεστής λόγω της θέσης του συλλέκτη και της εποχής του έτους, που ορίζεται ως το πηλίκο του γινομένου της μέσης μηνιαίας τιμής της διαπερατότητα " $\tau$ " και απορροφητικότητας " $\alpha$ " προς την αντίστοιχη τιμή με δείκτη " $n$ " που αναφέρεται σε επίπεδο κάθετο στις ακτίνες του ήλιου. Για συλλέκτες με μονό και διπλό τζάμι, ο συντελεστής υπολογίζεται συναρτήσει της γωνίας πρόσπτωσης " $\theta$ " της ηλιακής ακτινοβολίας κατά το ηλιακό μεσημέρι της τυπικής ημέρας για κάθε μήνα, σύμφωνα με τις σχέσεις:

- $(\tau_a)/(\tau_a)_n = 1 - 0,0044*\theta + 0,00022*\theta^2 - 3,31 * 10^{-6} * \theta^3$  μόνο τζάμι
- $(\tau_a)/(\tau_a)_n = 0,99065 - 0,000567 * \theta + 8,2488*10^{-5} * \theta^2 - 2,26787 * 10^{-6} * \theta^3$  διπλό τζάμι
- $(\tau_a)/(\tau_a)_n = 0,99$  συλλέκτες χωρίς κάλυμμα και συλλέκτες κενού

" $H_B$ " μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο επίπεδο του συλλέκτη ανά μονάδα επιφάνειας ( $\text{J}/\text{m}^2/\mu\text{ήνα}$ )

" $k_1$ " διορθωτικός συντελεστής χωρητικότητας αποθήκης (δεξαμενής). Η μέθοδος των καμπυλών  $f$  έχει αναπτυχθεί για ανηγμένη χωρητικότητα δεξαμενής  $75\text{lt}/\text{m}^2$ . Σε αυτή την περίπτωση ισχύει ότι " $k_1=1$ ". Σε διαφορετικές περιπτώσεις, ο διορθωτικός συντελεστής υπολογίζεται ως:

$$k_1 = \left[ \frac{75}{M} \right]^{0,25}$$

όπου:

" $M$ " ο ανηγμένος όγκος της δεξαμενής ανά τετραγωνικό μέτρο συλλεκτικής επιφάνειας ( $\text{lt}/\text{m}^2$ )

" $k_2$ " διορθωτικός συντελεστής ζεστού νερού. Η μέθοδος των καμπυλών  $f$  έχει αναπτυχθεί, θεωρώντας ότι το φορτίο για το ZNX είναι πολύ μικρό σε σχέση με το θερμικό φορτίο για τη θέρμανση χώρου. Στην περίπτωση αυτή ο συντελεστής " $k_2$ " είναι ίσος με 1. Εάν οι υπολογισμοί αφορούν μόνο τη θέρμανση ZNX τότε ο " $k_2$ " υπολογίζεται από τη σχέση:

$$k_2 = \frac{11,6 + 1,18 \cdot T_{ZNX} + 3,86 \cdot T_k - 2,32 \cdot T_\alpha}{100 - T_\alpha}$$

"k<sub>3</sub>" διορθωτικός συντελεστής για τον εναλλάκτη θερμότητας φορτίου. Το μέγεθος του εναλλάκτη φορτίου επηρεάζει σημαντικά την απόδοση του συστήματος. Όταν μειώνεται το μέγεθος του εναλλάκτη η θερμοκρασία της δεξαμενής πρέπει να αυξηθεί για να μπορέσει να καλύπτει τις ίδιες ενεργειακές ανάγκες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερη θερμοκρασία εισόδου του υγρού στους συλλέκτες, με ταυτόχρονη μείωση της απόδοσής τους. Η παράμετρος που αντιπροσωπεύει το μέγεθος του εναλλάκτη είναι το γινόμενο " $\varepsilon \cdot C_{\min} / (U_L \cdot A_c)$ ", όπου " $\varepsilon$ " βαθμός εκμετάλλευσης του εναλλάκτη, " $C_{\min}$ " η μικρότερη θερμική παροχή μεταξύ εργαζόμενου μέσου στο συλλέκτη και νερό που του κυκλώματος θέρμανσης- σύστημα δεξαμενής ( $W/m^2/^\circ C$ ). Οι καμπύλες f έχουν αναπτυχθεί για " $\varepsilon \cdot C_{\min} / (U \cdot A) = 2$ ". Σε αυτήν τη περίπτωση ισχύει ότι " $k_3 = 1$ ". Για εναλλάκτες διαφορετικού μεγέθους, ο διορθωτικός συντελεστής υπολογίζεται από τη σχέση

$$k_3 = 0,39 + 0,65 \cdot \exp \frac{-0,139 \cdot (U_L \cdot A_c)}{\varepsilon \cdot C_{\min}}$$

Για παραγωγή ZNX, ο συντελεστής παίρνει τιμή ίση με τη μονάδα ( $k_3 = 1$ ) επειδή δεν παρεμβάλλεται εναλλάκτης φορτίου.

Η μέση μηνιαία ωφέλιμη ενέργεια είναι το γινόμενο του f επί το μέσο μηνιαίο θερμικό φορτίο L, για κάθε μήνα. Η **μέση ετήσια κάλυψη F**, είναι το πηλίκο του αθροίσματος των τιμών της μέσης μηνιαίας ωφέλιμης ενέργειας προς το μέσο ετήσιο φορτίο και υπολογίζεται από τη σχέση

$$F = \frac{\sum (L_i \cdot f_i)}{\sum (L_i)} \quad \text{όπου } i = 1-12$$

όπου  $i = 1,2,3 \dots 12$

## ΗΛΙΑΚΟΙ ΦΟΥΡΝΟΙ

Οι ηλιακοί φούρνοι είναι συσκευές που χρησιμοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία σαν πηγή ενέργειας. Δεν χρησιμοποιούν κάποιο καύσιμο, συνεπώς δεν εκπέμπουν βλαβε- ρά συστατικά στην ατμόσφαιρα, καθώς, επίσης, δεν χρειάζονται και ηλεκτρικό ρεύμα. Η χρήση τους προωθείται από διάφορες οργανώσεις προκειμένου να καθυστερείται η αποψίλωση των δασών από τη χρήση του ξύλου ως καυσίμου για το μαγείρεμα. Επιπρόσθετα, οι ηλιακοί φούρνοι είναι κατάλληλοι για χρήση σε περιπτώσεις όπου η ελάχιστη κατανάλωση καυσίμου, καθώς και ο κίνδυνος φωτιάς είναι παράγοντες σημαντικοί.

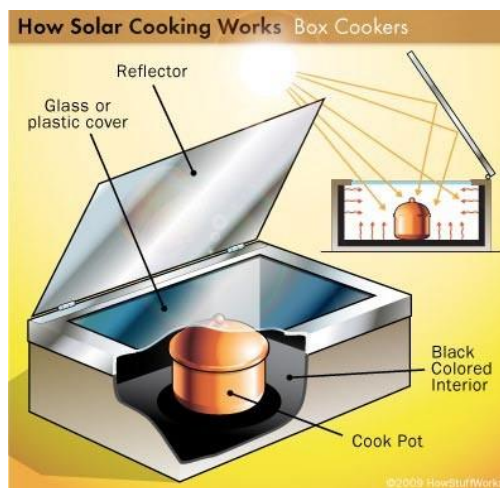
## 1.1 Αρχές λειτουργίας ηλιακού φούρνου

Οι βασικές αρχές που διέπουν τη λειτουργία των ηλιακών φούρνων είναι οι παρακάτω :

- *Συγκέντρωση ηλιακής ακτινοβολίας:* Κάποιο στοιχείο της κατασκευής ενός ηλιακού φούρνου (καθρέπτης, μέταλλο ανακλαστικό κλπ) χρησιμοποιείται για να συγκεντρώσει την ηλιακή ακτινοβολία σε μία πιο περιορισμένη έκταση, την περιοχή του μαγειρέματος, αυξάνοντας τη συγκέντρωση ισχύος στον χώρο αυτό.
- *Μετατροπή ακτινοβολίας σε θερμότητα:* Η σχεδίαση του εσωτερικού αποσκοπεί στη μετατροπή της ακτινοβολίας σε θερμότητα. Η επιλογή των υλικών, του χρώματος του εσωτερικού του φούρνου, καθώς και τα υλικά και χρώματα των σκευών πρέπει να αποσκοπούν στην αύξηση της αποτελεσματικότητας μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμότητα.
- *Εγκλωβισμός θερμότητας:* Η κατασκευή πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να ελαχιστοποιούνται πιθανές απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον.

Κάθε μία από τις παραπάνω αρχές σχεδιασμού δεν είναι ικανή από μόνη της να δώσει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Συνεπώς, συνδυασμός αυτών σε διάφορους σχεδιασμούς φέρνουν το επιθυμητό αποτέλεσμα.

### 1.1.1 Φούρνος κουτί (Box cooker)



Εικόνα 2.1:Φούρνος Κουτί.

Η μόνωση σε έναν τέτοιο φούρνο πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αντέχει σε θερμοκρασίες μέχρι και 1500 C χωρίς να καταστρέφεται. Το διαφανές κάλυμμα είναι από γυαλί ή πλαστικό ή κάποιο αναλώσιμο υλικό όπως σακούλα ψησίματος. Το εσωτερικό του φούρνου πρέπει να είναι σκουρόχρωμο όπως και τα χρησιμοποιούμενα σκεύη. Εάν δεν χρησιμοποιηθεί υλικό σκουρόχρωμο, μπορεί να βαφτεί με κατάλληλη μη τοξική σε υψηλή θερμοκρασία βαφή .

Ο ηλιακός φούρνος αυτού του τύπου πετυχαίνει θερμοκρασίες έως 150° C. Ο ιδανικός χρόνος για την εκκίνηση του ψησίματος, καθώς και ο χρόνος που θα διαρκέσει αυτό εξαρτώνται από τον καιρό που επικρατεί στον χώρο, καθώς και από το γεωγραφικό πλάτος. Πέρα από τη διαδικασία του μαγειρέματος, ο φούρνος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παστεριοποίηση γάλατος και νερού, όπου αυτό είναι απαραίτητο.

Μπορούν να κατασκευαστούν τέτοιες συσκευές με υλικά διαθέσιμα τοπικά, ή να κατασκευαστούν σε κάποια γραμμή παραγωγής. Το μέγεθός τους ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή.

### 1.1.2 Πλαισιωμένος φούρνος (Panel cooker)

Αυτός ο τύπος είναι ιδιαίτερα φθηνός και απλός στην κατασκευή. Αποτελείται από εύκαμπτα τμήματα που κατευθύνουν την ηλιακή ακτινοβολία προς το μαγειρικό σκεύος, το οποίο είναι κλεισμένο σε διάφανη πλαστική σακούλα προκειμένου να μειώνονται οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον.

Είναι ελαφριά κατασκευή και ιδιαίτερα εύκολη στην αποθήκευση. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι πολύ φθηνά καθιστώντας την ιδανική λύση για μαζική παραγωγή και χρήση στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Η θερμοκρασία που επιτυγχάνεται δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή, είναι όμως αρκετή για παστερίωση ή μαγείρεμα φαγητού μεγέθους κόκκων ρυζιού.



Εικόνα 2.2: Panel cooker

Παρ' όλα αυτά, ημέρα με έντονη ηλιοφάνεια η θερμοκρασία είναι αρκετή για μαγεί- ρεμα κρέατος λαχανικών και ρυζιού για μία οικογένεια 5 ατόμων. Το μαγειρικό σκεύος πρέπει και σε αυτή την περίπτωση να είναι σκούρου χρώματος, σκεπασμένο με σφιχτά εφαρμοσμένο καπάκι. Για ταχύτερο μαγείρεμα το σκεύος ανυψώνεται ελάχιστα από τη βάση προκειμένου να κυκλοφορεί ο θερμός αέρας κάτω από αυτό.



Εικόνα 2.3: *Hotpot*

Ειδικό σκεύος έχει κατασκευαστεί για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Το HotPot αποτελείται από ένα διάφανο σκεύος, μέσα στο οποίο βρίσκεται μία μαύρη κατσαρόλα. Το καπάκι του είναι διάφανο, ώστε να γίνεται ο έλεγχος του φαγητού χωρίς να έχουμε απώλειες θερμότητας.

## ΗΛΙΑΚΑ ΑΕΡΟΘΕΡΜΑ

Η ηλιακή ακτινοβολία περνάει από το διάφανο κάλυμμα και φτάνει στον ηλιακό συλλέκτη, των σκουρόχρωμων επιφανειών. Αυτοί με την σειρά τους την μετατρέπουν σε θερμική ενέργεια. Η Θερμική ενέργεια μεταφέρεται στο χώρο με τον αέρα που περνάει από τον συλλέκτη με την βοήθεια ενός πολύ μικρού ανεμιστήρα. Ο αέρας επανακυκλοφορεί από το χώρο μέσα στη συσκευή, αφού πρώτα φιλτραριστεί για να καθαριστεί από τα αιωρούμενα σωματίδια και την σκόνη.

Τα ηλιακά αερόθερμα βρίσκουν πεδίο εφαρμογής στους εξής τομείς

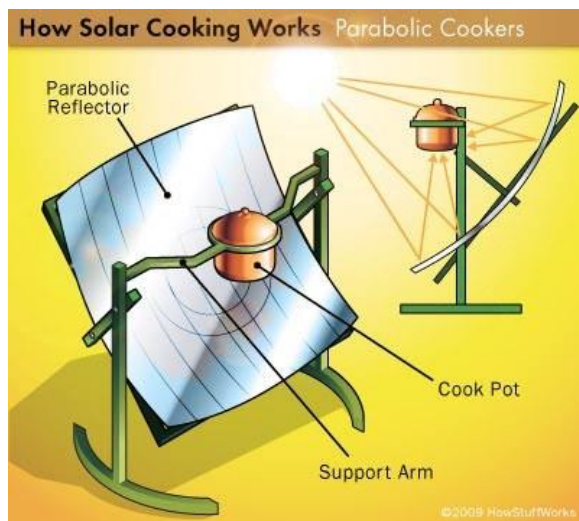
" Θέρμανση Κατοικιών "

Θέρμανση Επαγγελματικών χώρων "

Ξήρανση φυτών και φρούτων

### 1.1.3 Παραβολική εστία (Parabolic cooker)

Αυτοί οι τύποι ηλιακών εστιών μπορούν να μαγειρέψουν το ίδιο αποτελεσματικά με συμβατικές, όμως, είναι δύσκολες στην κατασκευή. Μπορούν να επιτύχουν υψηλές θερμοκρασίες μειώνοντας τον χρόνο μαγειρέματος, αλλά απαιτούν συχνή ρύθμιση ως προς τη θέση του ήλιου και επίβλεψη για ασφαλή λειτουργία. Αποτελεί ιδανική λύση για περιπτώσεις όπου επιθυμείται ομαδικό μαγείρεμα.



Εικόνα 2.4: Παραβολική εστία

Αξίζει να αναφερθεί το solar bowl, που χρησιμοποιήθηκε στην Ινδία. Η θερμοκρασία που αναπτύσσει σε ημέρα με ηλιοφάνεια είναι  $150^{\circ}\text{C}$  και σ' αυτήν την περίπτωση υπάρχει δυνατότητα κάλυψης των αναγκών 1000 ατόμων για 2 μερίδες την ημέρα.



Εικόνα 2.5: *Solar bowl*

#### 1.1.4 Υβριδική ηλιακή εστία (Hybrid cooker)

Η υβριδική ηλιακή εστία χρησιμοποιεί τα στοιχεία ενός solar box cooker μαζί με συμβατικά ηλεκτρικά στοιχεία θέρμανσης.

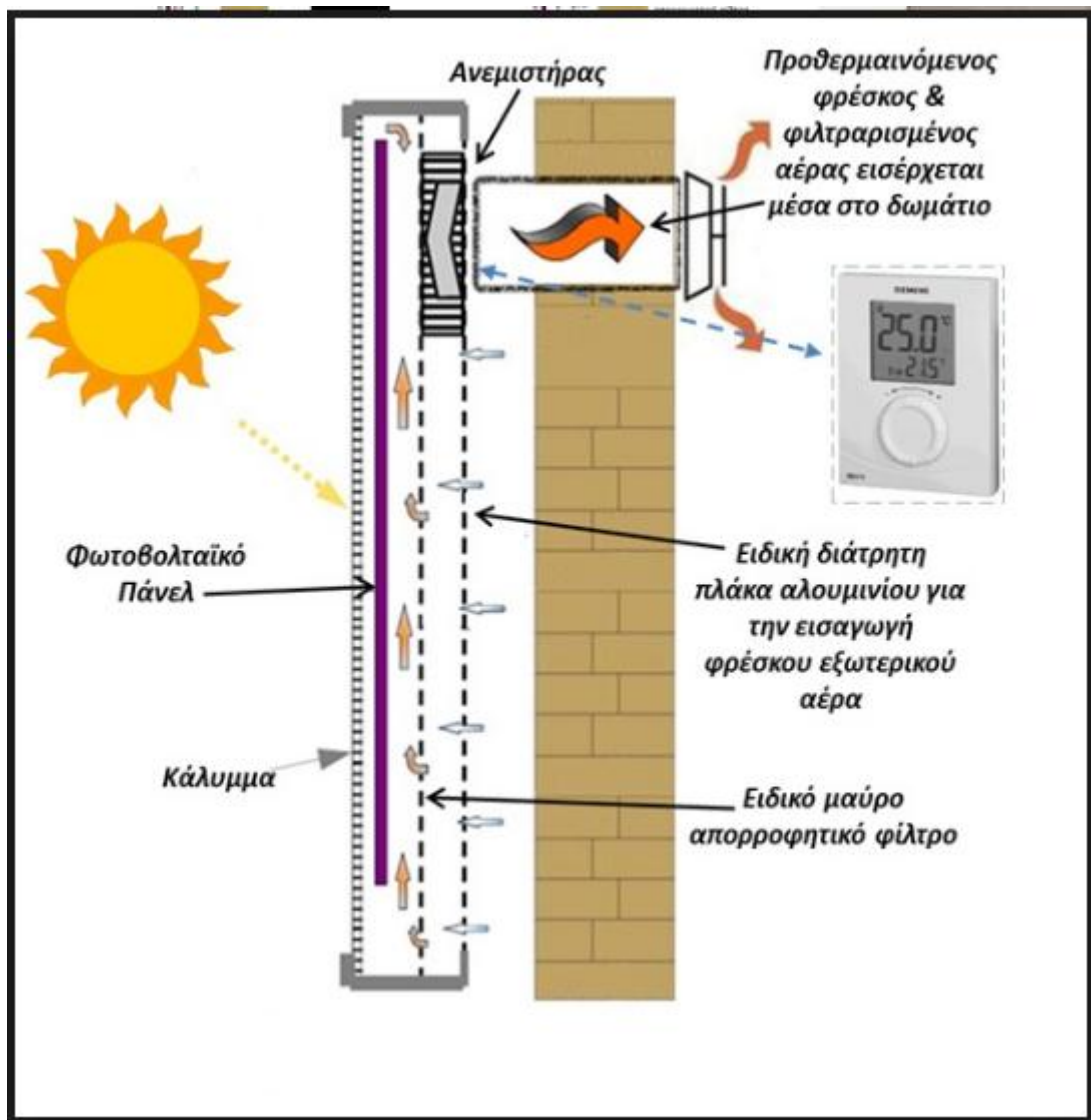
Συνεπώς, μπορεί να λειτουργήσει νύχτα ή συννεφιασμένη ημέρα, ή να ανεβάσει τη θερμοκρασία του σε ημέρα με μέτρια ηλιοφάνεια. Αυτός ο τύπος εστίας είναι πιο ανεξάρτητος από τις καιρικές συνθήκες και είναι περισσότερο διαδεδομένος σε περιπτώσεις αναπτυσσόμενων χωρών, λόγω του αυξημένου κόστους του.



Εικόνα 2.6: Υβριδική εστία

#### Ηλιακο αερόθερμο

Τα ηλιακά αερόθερμα χρησιμοποιούνται, για θέρμανση και αφύγρανση χώρων με ζεστό αέρα. Η βασική αρχή του συστήματος ενός τέτοιου συστήματος είναι η ακόλουθη: Η ηλιακή ακτινοβολία περνά από το διάφανο κάλυμμα και φτάνει στον επιλεκτικό ‘‘απορροφητή’’ όπου με την βοήθεια των μπλε οξειδίων του τιτανίου μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια μεταφέρεται στο κτίριο από τον αέρα που περνά γύρω από τον απορροφητή με την βοήθεια ανεμιστήρα. Ο αέρας εισέρχεται στην συσκευή αφού φιλτραριστεί για να καθαριστεί από οποιαδήποτε αιωρούμενα σωματίδια και σκόνη. Ο ανεμιστήρας του συλλέκτη διασφαλίζει ότι ο συλλέκτης δουλεύει ακόμη και όταν δεν είναι κανείς στο κτίριο κρατώντας το ζεστό, με φρέσκο αέρα και χωρίς μυρωδιές.



### 3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

#### 3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) είναι μια τεχνολογία που μετατρέπει μέρος της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας απευθείας σε ηλεκτρισμό. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιήθηκε πρώτα στη διαστημική τεχνολογία κατά τη δεκαετία του '60 για παραγωγή ενέργειας στις διαστημικές εφαρμογές. Από τις αρχές της δεκαετίας του '70 οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών χρησιμοποιήθηκαν στην κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών σε διάφορες περιοχές του κόσμου, ιδιαίτερα σε απομονωμένες περιοχές ή



σε περιοχές με μικρές ανάγκες ενέργειας Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών έχει αποδειχτεί ότι μπορεί να λειτουργήσει με επιτυχία και σε εφαρμογές όπου απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια.



Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η βασική πηγή ενέργειας που ενεργοποιεί τη φωτοβολταϊκή διαδικασία αποδίδοντας ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελείται από φωτόνια που κινούνται με εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες και έχουν διαφορετικό μήκος κύματος (συχνότητα). Η ενέργεια που έχει κάθε φωτόνιο είναι ίση με το γινόμενο της μάζας επί της ταχύτητάς του.

Το βασικό υλικό που συνήθως χρησιμοποιείται για την κατασκευή φωτοβολταϊκών είναι το πυρίτιο. Όλα τα φωτόνια με ενέργεια μεγαλύτερη από  $1,08\text{eV}$  εφόσον απορροφηθούν θα ενεργοποιήσουν τα ηλεκτρόνια του υλικού του Φ/Β (ημιαγωγός). Συνεπώς, φαίνεται αρχικά ότι σχεδόν όλη η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας θα μπορούσε να μετατραπεί σε ηλεκτρισμό. Δυστυχώς όμως, ένα φωτόνιο μπορεί να ενεργοποιήσει και να ελευθερώσει μόνο ένα ηλεκτρόνιο. Τα φωτόνια που έχουν περισσότερη ενέργεια από την ελάχιστη που απαιτείται για την ενεργοποίηση ενός ηλεκτρονίου, μετατρέπουν την υπολειπόμενη ενέργεια σε θερμότητα μέσα στο ίδιο το υλικό. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι οι φωτοβολταϊκές κυψέλες από πυρίτιο μπορούν να μετατρέψουν περίπου το 25% της ολικής απορροφούμενης ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Αυτό σύμφωνα με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες αποτελεί θεωρητικό όριο. Σε μερικές περιπτώσεις ίσως είναι οικονομικότερο να

κατασκευάσουμε συστήματα που εκμεταλλεύονται και τη θερμική ενέργεια που συσσωρεύεται στο υλικό, για εφαρμογές όπου χρειάζεται ηλεκτρισμός και θερμότητα. Τέτοια συστήματα ονομάζονται φωτοβολταϊκά-θερμικά συστήματα. Η επιλογή του πυριτίου ως υλικό κατασκευής στα φωτοβολταϊκά προκαλεί ανακλάσεις της ηλιακής ακτινοβολίας με συνέπεια ένα μέρος της να μην φτάνει ποτέ στο φωτοβολταϊκό καθώς αντανακλάται πάνω στην επιφάνεια του υλικού. Αυτή η απώλεια μπορεί να μειωθεί χρησιμοποιώντας αντανακλαστική επικάλυψη στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού. Επίσης, υπάρχουν εσωτερικές απώλειες ενέργειας που εξαρτώνται από την καθαρότητα του υλικού και την ποιότητα της κρυσταλλικής δομής του. Τέλος, σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα η επιφάνεια που έχει διατεθεί για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας δεν καλύπτεται πλήρως από φωτοβολταϊκά στοιχεία. Αν και αυτό το πρόβλημα περιορίζεται κατασκευάζοντας στοιχεία με εξαγωνικό ή παραλληλεπίπεδο σχήμα αντί για κυκλικό (όπως συνηθιζόταν παλαιότερα) κάποιο μέρος της επιφάνειας παραμένει αχρησιμοποίητο. Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η κατανομή ενέργειας σε μια φωτοβολταϊκή κυψέλη.

Κατά την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε μια φωτοβολταϊκή κυψέλη, ένα άτομο πυριτίου (ημιαγωγός) απορροφά ένα φωτόνιο και η πρόσθετη ενέργεια που ενεργοποιεί ή διεγείρει ένα από τα εξωτερικά ηλεκτρόνια το ελευθερώνει. Αυτό γίνεται καλύτερα όταν τα άτομα είναι παρατεταγμένα σε συγκεκριμένες σειρές ή θέσεις. Αυτή ονομάζεται κρυσταλλική κατάσταση. Σε οποιοδήποτε κρύσταλλο, τα άτομα ή τα μόρια είναι διατεταγμένα σε τέλειους γεωμετρικούς συνδυασμούς. Όταν ένα φωτόνιο χτυπήσει τον κρύσταλλο του πυριτίου, το διαπερνά μέχρις ότου απορροφηθεί από ένα άτομο. Αμέσως μετά, η ενέργεια του φωτονίου μεταφέρεται σε ένα από τα εξωτερικά ηλεκτρόνια, το οποίο ακολούθως ελευθερώνεται από το άτομο αφήνοντας ελεύθερη τη θέση του, ή όπως ονομάζεται, δημιουργώντας μια "οπή". Όταν μια δέσμη φωτός πέφτει πάνω στον κρύσταλλο του πυριτίου, εκατομμύρια ηλεκτρονίων απελευθερώνονται κατά αυτό τον τρόπο, και δημιουργείται ένας αντίστοιχος αριθμός οπών που παραμένουν στην εξωτερική στοιβάδα. Ένα οποιοδήποτε ηλεκτρόνιο μπορεί να γεμίσει τη θέση μιας τρύπας εκπέμποντας μια ελάχιστη ποσότητα θερμότητας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής.

Όταν σταματήσει η ακτινοβολία, όλα τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται ελεύθερα και εκτός θέσεως, επιστρέφουν αμέσως στις κενές θέσεις. Ο κρύσταλλος επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση, με αυξημένη τη θερμοκρασία του υλικού. Επειδή τα

άτομα δεν αλλάζουν θέση, ο κρύσταλλος δεν αλλάζει μέγεθος, βάρος, σχήμα ή εμφάνιση.

### 3.1. ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο κατασκευάζεται με την τοποθέτηση ενός λεπτού στρώματος πυριτίου ενισχυμένου με φώσφορο, σε επαφή με ένα στρώμα από πυρίτιο ενισχυμένο με βόριο. Όταν προσπίπτει ακτινοβολία πάνω στο στοιχείο, τα φωτόνια απορροφούνται και ελευθερώνονται τα ηλεκτρόνια. Πρόσθετα ηλεκτρόνια δημιουργούνται στο κομμάτι του πυριτίου-φωσφόρου, που ονομάζεται N-πυρίτιο γιατί τα ηλεκτρόνια έχουν αρνητικό φορτίο. Εάν συνδέσουμε με ένα σύρμα τα δυο στρώματα, τότε ηλεκτρόνια από το πάνω στρώμα θα φύγουν και θα κατευθυνθούν μέσα από το σύρμα στο κάτω στρώμα όπου και θα απορροφηθούν από το πυρίτιο-βόριο, που ονομάζεται P- πυρίτιο, μια και το φορτίο του είναι θετικό.

Κατά την κατασκευή του Φ/Β στοιχείου, στην επιφάνεια επαφής μεταξύ των δύο στρωμάτων μερικά από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια στο "N" στρώμα διαχέονται στη μικρή απόσταση μέχρι την απέναντι επιφάνεια του "P" στρώματος, καθώς προσελκύονται από τις οπές που υπάρχουν εκεί, τις οποίες θέλουν να γεμίσουν. Αυτό αφήνει τα άτομα του φωσφόρου στο "N" στρώμα χωρίς αρκετά ηλεκτρόνια για να ισορροπήσει τα θετικά φορτία στα μόριά του, ενώ αρκετά ηλεκτρόνια βρίσκονται στο "P" στρώμα γύρω από τα άτομα του βόριου. Δημιουργείται έτσι ένα λεπτό στρώμα ηλεκτρικού φορτίου κατά μήκος της επαφής των δυο στρωμάτων.

Αφού τα ηλεκτρόνια είναι φορτισμένα σωματίδια, είναι δύσκολο να περάσουν μέσα από τη ζώνη στατικού ηλεκτρικού φορτίου. Γι' αυτό το λόγο, η φορτισμένη περιοχή δρα ως συνριοιακή περιοχή για το στοιχείο. Όταν κατασκευάζεται το στοιχείο, το σύνορο αυτό δημιουργείται αυτόματα. Υπάρχει καθ' όλη τη ζωή του στοιχείου και ποτέ δεν εξασθενίζει. Κανένα φωτοβολταϊκό δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς αυτή τη ζώνη. Μόνο ηλεκτρόνια με υψηλά επίπεδα ενέργειας (υψηλές ταχύτητες) μπορούν να το διαπεράσουν. Σαν αποτέλεσμα, το σύνορο αυτό λειτουργεί ως φίλτρο που αφήνει μόνο ηλεκτρόνια με υψηλές ενέργειες και σταματά ηλεκτρόνια με χαμηλά επίπεδα ενέργειας.

Η ποσότητα ρεύματος που παράγει ένα φωτοβολταϊκό είναι ανάλογη της ποσότητας ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω στο στοιχείο. Γι' αυτό το λόγο, το ρεύμα αυξάνεται με την επιφάνεια του στοιχείου καθώς και με την ένταση της ακτινοβολίας. Η τάση από την άλλη, εξαρτάται από το υλικό που χρησιμοποιείται.

Όλα τα στοιχεία από πυρίτιο παράγουν περίπου 0.5Volt ανεξάρτητα από την επιφάνεια.

Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν ένα μοναδικό τρόπο παραγωγής ενέργειας αφού δεν καταναλώνουν κανένα υλικό κατά τη διάρκεια παραγωγής του ρεύματος ούτε απελευθερώνουν κάποια ποσότητα υλικού. Γι' αυτό το λόγο, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να είναι μονάδες τελείως απομονωμένες και ανεξάρτητες και θεωρητικά έχουν χρόνο ζωής όσο και τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται. Το υλικό δεν αλλάζει σχήμα και τελικά η μόνη διαδικασία που συμβαίνει είναι ότι ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται κατευθείαν σε ηλεκτρική ενέργεια για εξωτερική χρήση.

Τα φωτοβολταϊκά πυριτίου διακρίνονται ανάλογα με τη δομή του βασικού υλικού τους. Προκειμένου να έχει το πυρίτιο ικανοποιητικές ιδιότητες για χρήση του σε Φ/Β εφαρμογές απαιτείται μεγάλη καθαρότητα. Από τις φάσεις καθαρισμού προκύπτει σε κυλινδρική μονοκρυσταλλική μορφή το στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Εκτός από το φωτοβολταϊκό μονοκρυσταλλικού πυριτίου υπάρχουν και άλλες μορφές πυριτίου που είναι πιο φθηνές να παραχθούν από τους αντίστοιχους μεγάλου μεγέθους μονοκρυστάλλους. Η στερεοποίηση υπό κανονικές συνθήκες πυριτίου που έχει υποστεί τήξη, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μικροσκοπικών κρυστάλλων. Εάν ο χρόνος στερεοποίησης είναι μεγάλος τότε οι κρύσταλλοι που δημιουργούνται θα είναι μεγαλύτεροι σε μέγεθος. Το τελικό προϊόν ονομάζεται πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, που είναι κοκοειδές στη μορφή του και το μέγεθος των κρυστάλλων εξαρτάται από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ψύχθηκε το πυρίτιο. Το προϊόν παράγεται σαν στερεό κομμάτι, ή σε σχήμα κορδέλας η οποία απάγεται από τη τηγμένη πρώτη ύλη, ή με βρασμό του πυριτίου και τη συγκέντρωση των ατμών πάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια. Αυτοί οι μέθοδοι παραγωγής κοστίζουν λιγότερο από τη δημιουργία μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα στοιχεία που δημιουργούνται από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο έχουν μικρότερη απόδοση στη μετατροπή ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό. Παρατηρούνται επίσης μικρά ηλεκτρικά βραχυκυκλώματα στα όρια των κρυστάλλων. Συνεπώς, όσο μεγαλύτεροι είναι οι κρύσταλλοι, τόσο λιγότερες οι συννοριακές τους επιφάνειες και το στοιχείο συμπεριφέρεται περισσότερο σαν να ήταν μονοκρυσταλλικό.

Στα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιείται επίσης το άμορφο πυρίτιο, το οποίο είναι καθαρό πυρίτιο που δεν έχει κρυσταλλική δομή. Τα άτομα του πυριτίου στο στερεό είναι τυχαία τοποθετημένα. Το γυαλί για παράδειγμα, είναι άμορφο όχι κρυσταλλικό

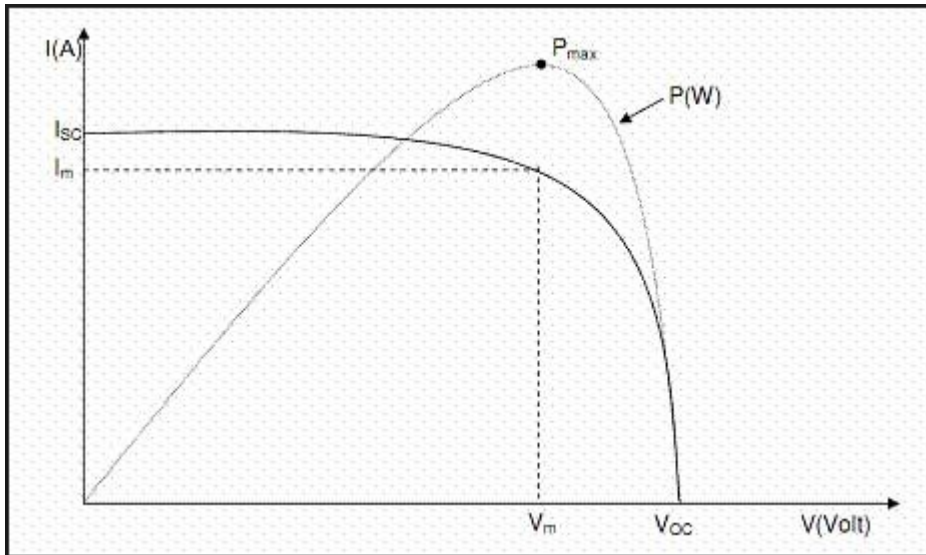
υλικό. Πολύ λεπτά φιλμ από άμορφο πυρίτιο μπορούν να μετατρέπουν την ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό. Λόγω δε του ότι χρησιμοποιείται πολύ λίγο υλικό και αποφεύγεται η κρυσταλλοποίηση, τα στοιχεία από άμορφο πυρίτιο είναι πολύ φθηνά στην κατασκευή τους, οι αποδόσεις τους όμως είναι μικρές,  $9\div 11\%$ , σε σχέση με  $16\div 18\%$  για τις μονοκρυσταλλικές κυψέλες. Το άμορφο πυρίτιο χρησιμοποιείται αρκετά σε ιαπωνικά προϊόντα, τροφοδοτώντας μικροσυσκευές, π.χ. ρολόγια, υπολογιστές τσέπης και παιχνίδια που χρειάζονται πολύ μικρές ποσότητες ενέργειας. Οι ιαπωνικές εταιρείες είναι πρωτοπόροι στην παραγωγή άμορφου πυριτίου. Η μελλοντική αύξηση της απόδοσής τους και της σταθερότητάς τους μπορούν να κάνουν την κατασκευή τέτοιων στοιχείων συμφέρουσα και για μεγαλύτερες εφαρμογές.

Φωτοβολταϊκά μπορούν να κατασκευαστούν και από άλλα υλικά. Ο διαχωρισμός γίνεται βάσει των υλικών που χρησιμοποιούνται και του τύπου της ένωσης που έχουν. Υπάρχουν βασικά τέσσερις τρόποι για την ένωση των υλικών. Στην περίπτωση του πυριτίου, η ένωση είναι μια πολύ λεπτή περιοχή στα όρια των N και P υλικών. Το υλικό είναι βασικά πυρίτιο αλλά με διαφορετικούς εμπλουτισμούς. Στην περίπτωση αυτή η ζώνη επαφής ονομάζεται ομοεπαφή. Τα Φ/B στοιχεία όμως μπορούν να κατασκευαστούν από διαφορετικά υλικά. Ένας τύπος έχει ένα στρώμα από σουλφίδιο χαλκού που εναποτίθεται σε ένα στρώμα από σουλφίδιο καδμίου και η ένωση δημιουργείται στο σημείο επαφής των δυο υλικών. Όταν χρησιμοποιούνται δυο διαφορετικά υλικά, η ζώνη επαφής ονομάζεται ετεροεπαφή. Μια ένωση μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ ενός ημιαγωγού και ενός μετάλλου και τότε ονομάζεται επαφή τύπου Schottky. Τέλος, στην περίπτωση που έχουμε ένα υλικό όπως οξειδίο τιτανίου μεταξύ μιας μεταλλικής επιφάνειας και ενός ημιαγωγού, η ένωση ονομάζεται MIS. Εάν η κατασκευή είναι ημιαγωγός-οξειδίο τιτανίου-ημιαγωγός τότε ονομάζεται SIS

### 3.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Συνδέοντας το Φ/B σε κύκλωμα που παρεμβάλλεται ωμική αντίσταση, παρατηρείται μεταβολή της τάσης "U" συναρτήσει της τιμής της αντίστασης από το μηδέν έως την τιμή της τάσης ανοικτού κυκλώματος "U<sub>oc</sub>", (σχήμα 3.3). Παράλληλα με την αύξηση της αντίστασης, η ένταση του ρεύματος παραμένει σταθερή μέχρι ενός χαρακτηριστικού σημείου, ενώ στη συνέχεια μειώνεται απότομα. Η καμπύλη (I-U) του σχήματος 3.3 αποτελεί τυπική χαρακτηριστική Φ/B στοιχείων, και προκύπτει για

σταθερή τιμή της έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας "G" και της θερμοκρασίας του πλαισίου.



Προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση διαφορετικών φωτοβολταϊκών πλαισίων, έχουν καθοριστεί πρότυπες συνθήκες ελέγχου (Standard Test Conditions, STC) κάτω από τις οποίες καταγράφεται η ηλεκτρική συμπεριφορά των φωτοβολταϊκών από όπου προκύπτει και η χαρακτηριστική (I-U). Οι πρότυπες συνθήκες ακολουθούν το πρότυπο IEC 60904/DIN EN 60904 σύμφωνα με το οποίο η κάθετα προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι ίση με  $1000\text{W/m}^2$ , η θερμοκρασία της Φ/Β επιφάνειας  $25^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), και το φάσμα ακτινοβολίας του φωτός (σύμφωνα με τη φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας αναφοράς του IEC 60904-3) μάζας αέρα AM=1,5. Η μάζα αέρα ορίζεται ως ο λόγος του μήκους της διαδρομής της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στην ατμόσφαιρα προς το πάχος της ατμόσφαιρας, καθορίζοντας ουσιαστικά τη μείωση της έντασης ακτινοβολίας που προκαλείται από το μεγαλύτερο δρόμο (σε σχέση με την κατακόρυφη διαδρομή) που ακολουθούν οι ηλιακές ακτίνες μέσα στην ατμόσφαιρα.

Η καμπύλη λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου χαρακτηρίζεται από το σημείο μέγιστης ισχύος όπου το φωτοβολταϊκό λειτουργεί αποδίδοντας τη μέγιστη ισχύ ( $N_{\max}$ ), το σημείο ρεύματος βραχυκυκλώσεως ( $I_{sc}$ ) το οποίο είναι 5%-15%

μεγαλύτερο από το ρεύμα μέγιστης ισχύος ( $I_{mp}$ ) και το σημείο τάσης ανοιχτοκυκλώσεως ( $U_{oc}$ ) το οποίο είναι περίπου  $0,5\pm 0,6V$  στα φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου και  $0,6\pm 0,9V$  στα άμορφου πυριτίου.

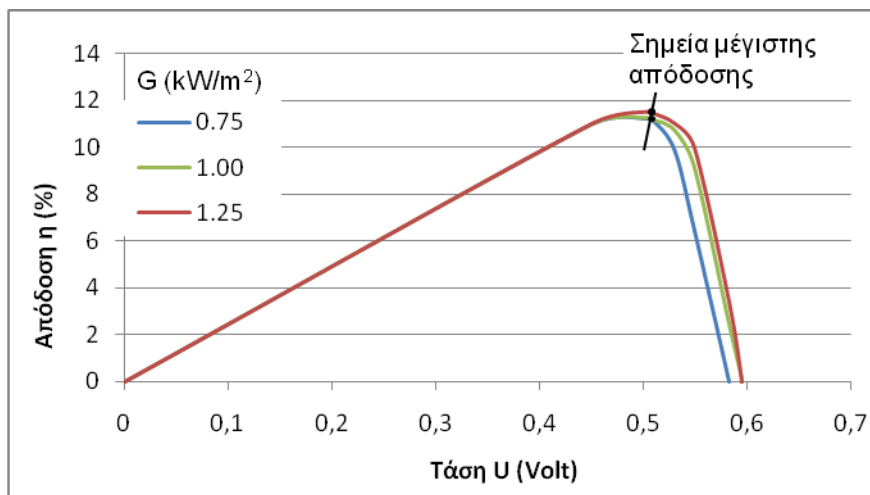
Χαρακτηριστικό μέγεθος το οποίο καθορίζει την ποιότητα του φωτοβολταϊκού είναι ο συντελεστής πλήρωσης (FF), ο οποίος ορίζεται από το λόγο της μέγιστης παραγόμενης ισχύος " $N_{max}$ " προς τη μέγιστη θεωρητικά παραγόμενη ισχύ η οποία ορίζεται από το γινόμενο του ρεύματος βραχυκυκλώσεως " $I_{sc}$ " επί την τάση ανοιχτοκυκλώσεως " $U_{oc}$ ".

Ο συντελεστής πλήρωσης των φωτοβολταϊκών κρυσταλλικού πυριτίου είναι περίπου  $0.75\pm 0.85$  και των φωτοβολταϊκών άμορφου πυριτίου  $0,56\pm 0,61$ .

Η ισχύς " $N$ ", που αποδίδει ένα Φ/Β στοιχείο, δίνεται από την εξίσωση:

$$N=U*I$$

Η διακύμανση της αποδιδόμενης ισχύος σε συνάρτηση με την τάση " $U$ ", παρουσιάζεται στο σχήμα 3.4, για σταθερή ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας " $G$ " και σταθερή θερμοκρασία πλαισίων.



Βαθμός απόδοσης Φ/Β για διάφορες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας

Ο βαθμός αξιοποίησης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας " $\eta$ " είναι ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος " $N$ " που παράγεται προς τη διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια, η οποία καθορίζεται ως το γινόμενο της έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας " $G$ " επί το εμβαδόν " $A$ " της επιφάνειας του Φ/Β. Συνεπώς ο βαθμός

απόδοσης υπολογίζεται από την εξίσωση (3.3), ενώ στο σχήμα 3.5 παρουσιάζεται η μεταβολή της απόδοσης  $\Phi/B$  στοιχείου συναρτήσει της τάσης του για διάφορες τιμές έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας

$$\eta = \frac{N}{G \cdot A}$$

Όπως φαίνεται από το σχήμα η καμπύλη του βαθμού απόδοσης παραμένει σχεδόν σταθερή για διάφορες μεταβολές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Συνεπώς η καμπύλη απόδοσης του  $\Phi/B$  δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ έχει παρόμοια μορφή με την καμπύλη ισχύος. Ο μέγιστος βαθμός απόδοσης εμφανίζεται στην ίδια περίπου τιμή τάσης λειτουργίας του  $\Phi/B$ , με μικρή μετατόπιση προς τα δεξιά και προς τα πάνω, όσο αυξάνεται η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

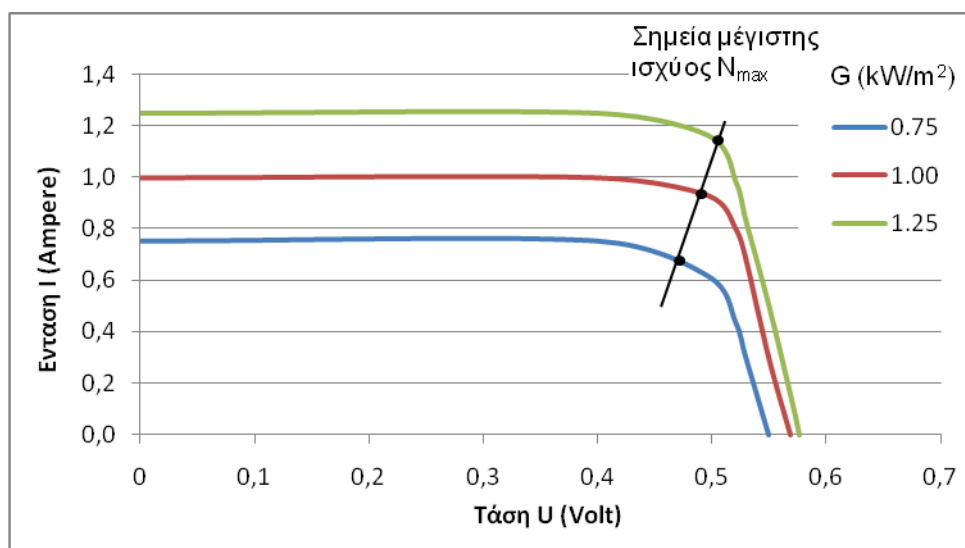
#### ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας καθορίζει την ωφέλιμη ισχύ που παράγει το  $\Phi/B$  στοιχείο. Δεδομένης της διαρκούς μεταβολής της θέσεως του ήλιου ως προς την επιφάνεια της γης, θα έπρεπε να μεταβάλλεται συνεχώς η κλίση του  $\Phi/B$  ώστε να επιτυγχάνεται κάθετη πρόσπτωση των ηλιακών ακτινών σ' αυτό. Λόγω των σοβαρών κατασκευαστικών δυσκολιών αλλά και των αντίστοιχων οικονομικών προβλημάτων που θα προκαλούσε μια τέτοια εφαρμογή στα κτήρια, προτιμάται συνήθως σταθερή κλίση τοποθέτησης των  $\Phi/B$ . Οι γωνίες κλίσης εξαρτώνται από την επιθυμητή χρήση και την εποχή του έτους. Κατά προσέγγιση η βέλτιστη κλίση του  $\Phi/B$  πλαισίου " $\beta^*$ " είναι εκείνη η οποία επιτυγχάνει την κατά το δυνατό κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας για την υπό μελέτη χρονική περίοδο. Για τις περιοχές της χώρας μας, η προτεινόμενη κλίση των πλαισίων είναι περίπου  $55^\circ, 60^\circ$  για τη χειμερινή περίοδο. Αντίστοιχα, για την καλοκαιρινή περίοδο η προτεινόμενη κλίση των  $\Phi/B$  κυμαίνεται μεταξύ των  $10^\circ - 15^\circ$  (πίνακας 3.1). Πιο συγκεκριμένα, εάν επιθυμούμε τη μεγιστοποίηση της ετήσιας παραγόμενης ηλιακής ακτινοβολίας επιλέγεται η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, δηλαδή " $\beta \gg \varphi - 15^\circ$ ", όπου " $\varphi$ " το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Στην περίπτωση όμως αυτή, η παραγόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι σαφώς μικρότερη αυτής του καλοκαιριού, επειδή τόσο η ένταση της διαθέσιμης ακτινοβολίας όσο και η διάρκεια της ημέρας είναι μικρότερες.



Μήνας	Γωνία Τοποθέτησης "β"	Μήνας	Γωνία Τοποθέτησης "β"
Ιανουάριος	$\varphi+29^\circ$	Ιούλιος	$\varphi-24^\circ$
Φεβρουάριος	$\varphi+18^\circ$	Αύγουστος	$\varphi-10^\circ$
Μάρτιος	$\varphi+3^\circ$	Σεπτέμβριος	$\varphi-2^\circ$
Απρίλιος	$\varphi-10^\circ$	Οκτώβριος	$\varphi+10^\circ$
Μάιος	$\varphi-22^\circ$	Νοέμβριος	$\varphi+23^\circ$
Ιούνιος	$\varphi-25^\circ$	Δεκέμβριος	$\varphi+30^\circ$

Αντίθετα εάν επιθυμούμε την ενεργειακή αυτονομία της εγκατάστασης, επιλέγεται γωνία κλίσης " $\beta \gg \varphi + 15^\circ$ ", η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απολαβής κατά το χειμώνα καθώς και μια σχεδόν σταθερή απόδοση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



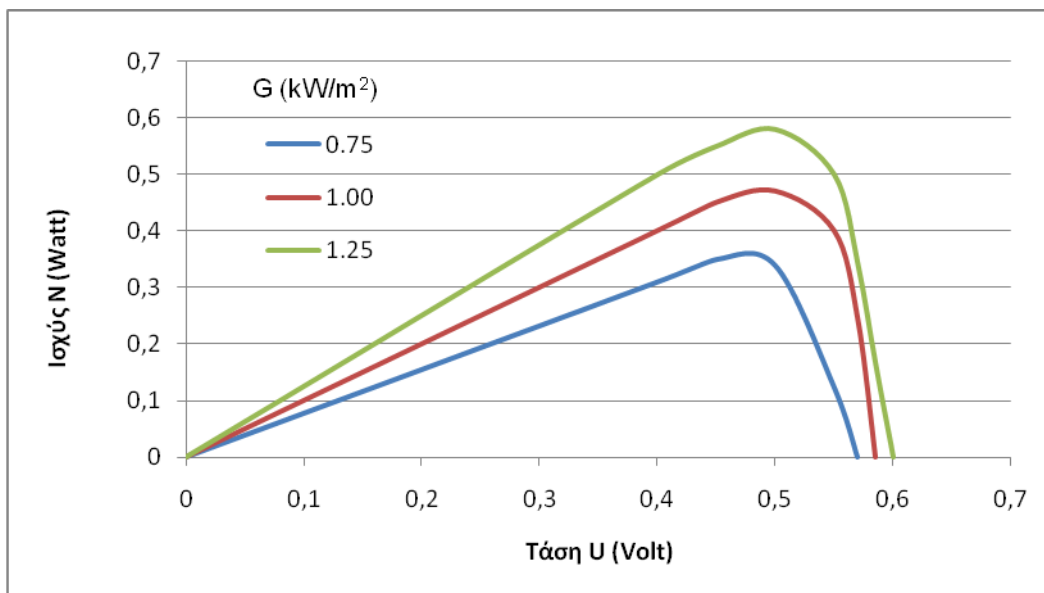
Σχήμα Χαρακτηριστικές καμπύλες  $\Phi/B$ , (I-U) για διάφορες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας

Πράγματι η μεταβολή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας, επιδρά σημαντικά στην καμπύλη λειτουργίας του  $\Phi/B$  στοιχείου. Δηλαδή, η αύξηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνει το ρεύμα βραχυκυκλώσεως μετατοπίζοντας την καμπύλη (I-U) προς τα πάνω. Αντίστοιχα, η μείωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μετατοπίζει την καμπύλη λειτουργίας (I-U) προς τα κάτω (σχήμα 3.6).

Αντίθετα, η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας δεν επηρεάζει σημαντικά την τάση ανοιχτοκυκλώσεως " $U_{oc}$ " του Φ/Β.

Διερευνώντας τα δεδομένα του σχήματος 3.6 παρατηρείται ότι η καμπύλη που ενώνει τα σημεία στα οποία εμφανίζεται η μέγιστη ισχύς του Φ/Β, είναι ευθεία γραμμή σχεδόν κάθετη στον άξονα της

" $U$ ", με ελαφρά κλίση προς τα δεξιά. Συνεπώς, όπως έχει ήδη αναφερθεί το σημείο μέγιστης ισχύος εμφανίζεται πρακτικά για την ίδια τιμή τάσης " $U$ ", ανεξάρτητα από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η πληροφορία αυτή επιβεβαιώνεται από τα στοιχεία του σχήματος 3.7, όπου παρουσιάζονται οι αντίστοιχες καμπύλες (N-U) για διάφορες τιμές της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχήμα Διάγραμμα (N-U) Φ/Β για Διάφορες Τιμές Ηλιακής Ακτινοβολίας

Παράλληλα, αλλαγές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας ή του έτους επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά των Φ/Β στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση της τάσης ανοιχτοκυκλώσεως " $U_{oc}$ " με αποτέλεσμα το κάθετο μέρος της καμπύλης (I-U) να μετακινείται προς τα αριστερά. Αντίστοιχα, η μείωση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της τάσης, (βλέπε σχήμα 3.8). Ο ρυθμός μείωσης της τάσης για Φ/Β στοιχεία πυριτίου με " $U_{oc}=0.6V$ " είναι περίπου  $2mV/^{\circ}C$ . Πιο συγκεκριμένα, η τάση " $U_{\theta}$ " του Φ/Β στοιχείου σε τυχαία θερμοκρασία πλαισίου " $\theta$ ", μπορεί να προσεγγισθεί από την ακόλουθη σχέση:

$$U_{\theta} = U_{25} \times [1 - 0.002 \times (\theta - 25)]$$

Η παρατηρούμενη μείωση αντισταθμίζεται μερικώς από την αύξηση της έντασης του ρεύματος βραχυκυκλώσεως " $I_{sc}$ ", καθώς σύμφωνα με την εξίσωση (3.5) παρατηρείται μικρή αύξηση του ρεύματος εξόδου " $I_{\theta}$ " (σε mA), δηλαδή:

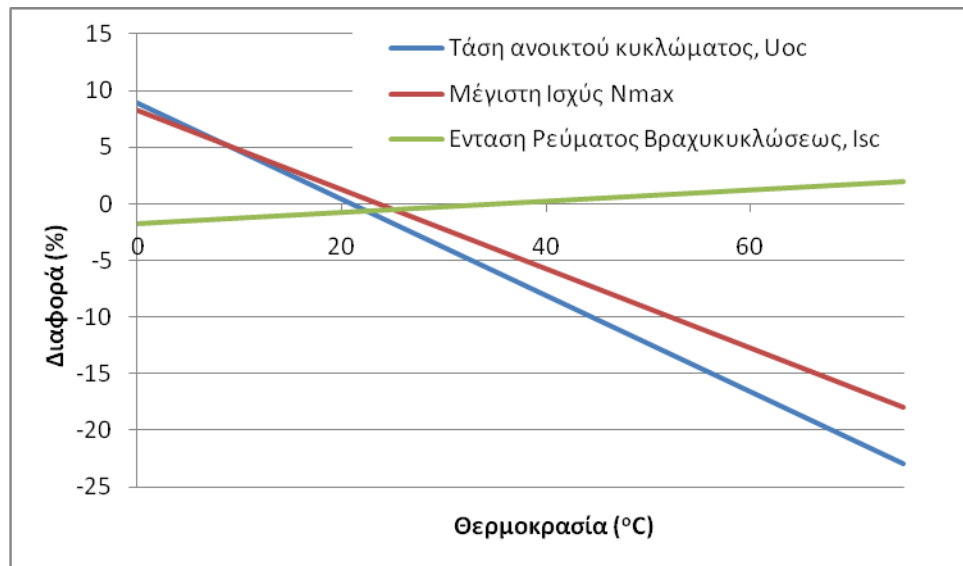
$$I_q = I_{25} \times [1 + 0.025 \times A \times (q - 25)]$$

όπου "A" εμβαδόν του φ/β στοιχείου σε cm<sup>2</sup>.

Η θερμοκρασία πλαισίου "θ" μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$q = q_a + k \times G$$

όπου "θ<sub>a</sub>" η θερμοκρασία περιβάλλοντος, "G" η στιγμιαία ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και "k" θερμοκρασιακή σταθερά η οποία εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας και μετάδοσης θερμότητας του Φ/Β πλαισίου και κυμαίνεται μεταξύ 0,02°C/(W/m<sup>2</sup>) και 0,04°C/(W/m<sup>2</sup>).



Σχήμα Επίδραση Θερμοκρασίας στη Συμπεριφορά ενός Φ/Β Στοιχείου

Τελικά η αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας του Φ/Β στοιχείου επηρεάζει αρνητικά την αποδιδόμενη μέγιστη ισχύ "N<sub>max</sub>" (σχήμα 3.8).

Τέλος, ο βέλτιστος προσανατολισμός των Φ/Β πλαισίων για τις κυριότερες χρήσεις, είναι ο νότιος- νοτιοδυτικός, ενώ είναι σημαντικό να αποφεύγεται η σκίαση της επιφάνειας των Φ/Β από φυσικά ή τεχνητά εμπόδια

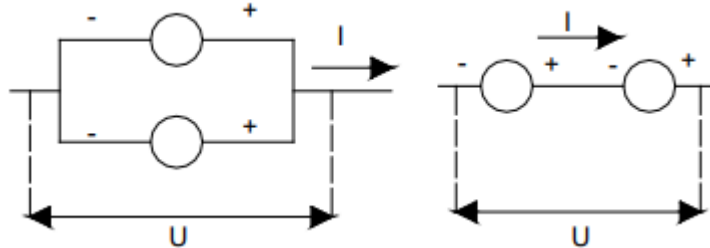
Στην περίπτωση όπου υπάρχουν φυσικά ή τεχνητά εμπόδια τα οποία σκιάζουν τα Φ/Β, τότε είναι δυνατός ο υπολογισμός της γωνίας ύψους "γ" του εμποδίου προκειμένου στη συνέχεια να υπολογιστεί η μείωση λόγω σκίασης της ηλιακής ενέργειας που δέχεται η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Ο υπολογισμός προκύπτει από τη διαφορά του ύψους

τοποθέτησης των Φ/Β "h<sub>1</sub>" και του ύψους του αντικειμένου που προκαλεί τη σκίαση "h<sub>2</sub>" το οποίο βρίσκεται σε απόσταση "d":

$$\gamma = \tan^{-1} \left( \frac{h_2 - h_1}{d} \right)$$

### 3.1. ΣΥΝΔΕΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Επειδή το κάθε Φ/Β στοιχείο αποδίδει ισχύ μερικών μόνο Watt, τα οποία δεν είναι αρκετά για τις περισσότερες εφαρμογές, δημιουργούνται κατάλληλοι συνδυασμοί Φ/Β στοιχείων ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις του φορτίου όσον αφορά την απαιτούμενη τάση, ισχύ ή ένταση ρεύματος. Με κατάλληλη συνδεσμολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων τοποθετημένα σε πλαίσιο δημιουργούν το φωτοβολταϊκό πλαίσιο το οποίο είναι και το τελικό προϊόν που διατίθεται προς εγκατάσταση. Για την επίτευξη της τάσης και της απαιτούμενης ισχύος μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, τα πλαίσια συνδέονται σε συνδεσμολογίες εν σειρά και εν παραλλήλω. Στο σχήμα 3.10, δίνονται οι βασικές συνδεσμολογίες Φ/Β στοιχείων



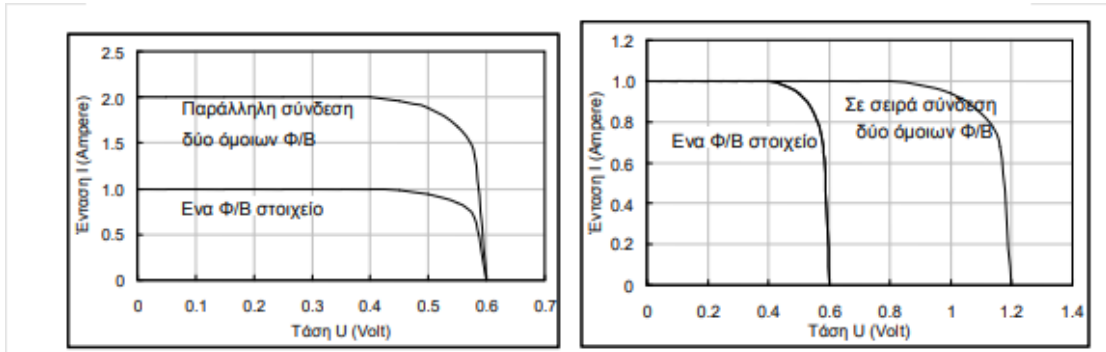
Σχήμα 3.10 Βασικές συνδεσμολογίες Φ/Β στοιχείων

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες (I-U) που αντιστοιχούν στις δύο βασικές διατάξεις σύνδεσης όμοιων Φ/Β στοιχείων δίνονται στο σχήμα 3.11. Για την εν παραλλήλω σύνδεση Φ/Β στοιχείων, η τάση "U" της ισοδύναμης συνδεσμολογίας προκύπτει ως η μέση τιμή των τάσεων των "n" επιμέρους στοιχείων, ενώ η ένταση του ρεύματος "I" ως το άθροισμα των αντίστοιχων ρευμάτων, δηλαδή

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n}$$

Και

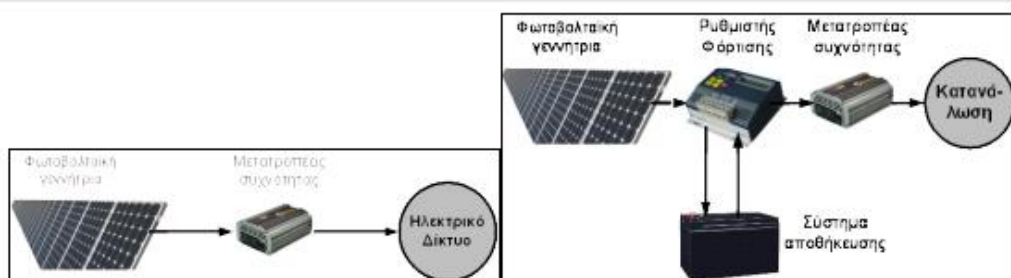
$$I = \sum_{i=1}^n I_i$$



Σχήμα...Χαρακτηριστικές γραφικές παραστάσεις (U-I) για εν σειρά και εν παραλλήλω σύνδεσης Φ/Β στοιχείων.

### 3.6. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Οι επιμέρους συνιστώσες μιας Φ/Β μονάδας εξαρτώνται από το σκοπό που εξυπηρετεί η εγκατάσταση. Όταν ο σκοπός είναι η παραγωγή και διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας στο τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο (διασυνδεδεμένο σύστημα) τότε απαιτείται μόνο η χρήση ενός ή περισσοτέρων μετατροπέων συχνότητας προκειμένου η παραγόμενη ενέργεια της Φ/Β γεννήτριας να ικανοποιεί τις προϋποθέσεις διασύνδεσης. Στην περίπτωση όπου το ζητούμενο για την εγκατάσταση είναι η κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών αυτόνομου καταναλωτή η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια, το ρυθμιστή φόρτισης, το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες) και το μετατροπέα συχνότητας



Για τον αναλυτικό προσδιορισμό των διαστάσεων μιας Φ/Β γεννήτριας, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη γνωστών ενεργειακών απαιτήσεων "E<sub>0</sub>" αυτόνομου καταναλωτή υπό δεδομένη τάση λειτουργίας "U<sub>0</sub>", απαιτείται η γνώση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. "H<sub>T</sub>"), καθώς και της μεταβολής της θερμοκρασίας στην περιοχή εγκατάστασης, κατά τη διάρκεια όλων των ωρών/ημερών του έτους. Ακολουθώντας, με βάση τις καμπύλες απόδοσης των Φ/Β πλαισίων και τις συγκεκριμένες

γωνίες τοποθέτησής τους (ανά εποχή του έτους), εκτιμάται το εμβαδόν των συλλεκτικών επιφανειών για την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης.

Πιο συγκεκριμένα, για κάθε μήνα (ή ημέρα) του έτους υπολογίζεται το πεδίο μεταβολής του αριθμού των απαιτούμενων Φ/Β πλαισίων "z", ως:

$$z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$z_{\min} = \frac{E_o / (\eta_{CC} \cdot \eta_{INV} \cdot \eta_{KAL})}{(H_T \cdot \eta_{PV}) \cdot S_{\text{ΠΛΑΙΣΙΟΥ}} \cdot \eta_{\Theta EPM} \cdot \eta_{K\Theta AP} \cdot \eta_{ΓHP}}$$

$$z_{\max} = z_{\min} / \eta^*$$

όπου:

$H_T$ : η μηνιαία ηλιακή ενέργεια (kWh/mo/m<sup>2</sup>) στην περιοχή εγκατάστασης και σε γωνία τοποθέτησης των Φ/Β πλαισίων "β"

$\eta_{CC}$ : η μέση μηνιαία απόδοση του ρυθμιστή φόρτισης (87%÷93%)

$\eta_{INV}$ : η μέση μηνιαία απόδοση του μετατροπέα συχνότητας (inverter) (90%÷96%)

$\eta_{KAL}$ : λαμβάνει υπόψη τις απώλειες των καλωδιώσεων μεταφοράς (96%÷99%)

$\eta_{PV}$ : η αναμενόμενη μέση μηνιαία ενεργειακή απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων (8%÷17%)

$\eta_{\Theta EPM}$ : λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή της απόδοσης των Φ/Β στοιχείων λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας λειτουργίας των από τους 20°C, θερμοκρασία στην οποία οι κατασκευαστές παραθέτουν την καμπύλη απόδοσης των Φ/Β πλαισίων τους (85%÷95%).

$\eta_{K\Theta AP}$ : λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή της απόδοσης των Φ/Β πλαισίων λόγω επικαθήσεων σκόνης κ.λπ. (96%÷99%)

$\eta_{ΓHP}$ : λαμβάνει υπόψη τη γήρανση των Φ/Β η οποία εκφράζεται συνήθως ως ποσοστό γήρανσης ανά έτος (90%÷95%)

$S_{\text{ΠΛΑΙΣΙΟΥ}}$ : το εμβαδόν του τυπικού Φ/Β πλαισίου που συγκροτεί τη γεννήτρια

$\eta^*$ : η συνολική απόδοση του συστήματος αποθήκευσης και απόδοσης

Για την πλήρη αυτονομία της εγκατάστασης επιλέγεται το πλήθος των πλαισίων "z", το οποίο ικανοποιεί τις ενεργειακές ανάγκες όλων των μηνών του έτους. Ακολουθώντας το συνολικό πλήθος των πλαισίων αναλύεται σε γινόμενο "z<sub>1</sub>z<sub>2</sub>" εν παραλλήλω και εν σειρά συνδεδεμένων, καθώς:

$$Z = Z_1 \cdot Z_2 \text{ και } Z_2 = U_o / U_d$$

όπου "Ud" η τάση λειτουργίας του κάθε Φ/Β πλαισίου.

Για την επιλογή των χαρακτηριστικών μεγεθών της συστοιχίας των συσσωρευτών, η χωρητικότητά τους εκτιμάται συναρτήσει της απαιτούμενης ενεργειακής αυτονομίας (π.χ. "do" τυπικών ημερών), της τάσης λειτουργίας "UΣΥΣ" και του μέγιστου επιτρεπόμενου βαθμού εκφόρτισης (DODL) των συσσωρευτών, οπότε:

$$Q_{\max} = \frac{d_o \cdot (E_{\text{ΕΤΗΣΙΑ}} / 8760)}{\eta_{\text{db}} \cdot \text{DOD}_L \cdot U_{\text{ΣΥΣ}}}$$

όπου "ηdb" ο βαθμός απόδοσης του κλάδου εκφόρτισης των συσσωρευτών, συμπεριλαμβανομένου του μετατροπέα συχνότητας και των αντίστοιχων καλωδιώσεων. Η τάση λειτουργίας των συσσωρευτών από την εμπειρία λαμβάνει τιμές ίσες με 12V ή 24V ή 48V.

Για την επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης, η ονομαστική του ισχύς καθορίζεται μεγαλύτερη ή ίση με αυτή της Φ/Β γεννήτριας, ενώ οι τιμές τάσεως εισόδου και εξόδου αντιστοιχούν στην τιμή της τάσεως της Φ/Β γεννήτριας και της συστοιχίας των συσσωρευτών. Σε περιπτώσεις απαίτησης μεγάλης έντασης ηλεκτρικού ρεύματος επιλέγεται η λύση περισσότερων μονάδων συνδεδεμένων εν παραλλήλω.

Τέλος, η ονομαστική ισχύς του μετατροπέα συχνότητας καθορίζεται από τη μέγιστη ζήτηση φορτίου της κατανάλωσης προσαυξημένη κατά ένα ποσοστό, ώστε να συνυπολογίζεται και η πιθανή αύξηση της ζήτησης στο επόμενο χρονικό διάστημα. Η απαιτούμενη τάση λειτουργίας των φορτίων της κατανάλωσης προσδιορίζει και την τάση εξόδου του μετατροπέα συχνότητας της εγκατάστασης.

Στην περίπτωση διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος, δεν απαιτείται σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας καθώς το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας οδηγείται στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω του μετατροπέα συχνότητας. Ως εκ τούτου, στην παραπάνω διαδικασία υπολογισμού δε λαμβάνεται υπόψη ο ρυθμιστής φόρτισης και το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας.

Η εκτίμηση της ετήσιας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μιας Φ/Β εγκατάστασης υπολογίζεται ως:

$$E_y = N_o \cdot CF \cdot \Delta t$$

όπου "No" η ονομαστική ισχύς της Φ/Β εγκατάστασης, "CF" ο συντελεστής φορτίου (Capacity Factor) της εγκατάστασης και "Δt" οι ώρες του έτους (8760 ή 8784 για δίσεκτο έτος).

Ο συντελεστής φορτίου της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης εξαρτάται από το ηλιακό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης καθώς επίσης και από τον τύπο των φωτοβολταϊκών που χρησιμοποιούνται. Για την περιοχή της Ελλάδας ο μέσος ετήσιος συντελεστής φορτίου των Φ/Β εγκαταστάσεων κυμαίνεται μεταξύ 15÷20%. Αντίστοιχα η αναμενόμενη ενεργειακή παραγωγή ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ ισχύος φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα κυμαίνεται περίπου από 1300÷1800kWh ετησίως.

Η απαιτούμενη Φ/Β επιφάνεια για τη δημιουργία μιας Φ/Β εγκατάστασης εξαρτάται από την απαιτούμενη ισχύ "No" (σε kW) και το μέγιστο βαθμό απόδοσης "η" των πλαισίων που τη συγκροτούν, και υπολογίζεται (σε m<sup>2</sup>) για ένταση ακτινοβολίας 1kW και θερμοκρασία πλαισίου 25oC, ως:

$$A = \frac{N_o}{\eta}$$

### **Αιολική ενέργεια**

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη, γι' αυτό και είναι ανανεώσιμη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με την σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικόδυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των





συμβατικών μορφών ενέργειας. Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί αν γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν εγκατασταθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στην Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο, και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30MW. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης δείχνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW.

Οι αιολικές μηχανές αποτελούν ανθρώπινες επινοήσεις που έχουν ως σκοπό την αποτελεσματική αξιοποίηση της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Οι αιολικές μηχανές ή ανεμόμυλοι όπως ονομάζονταν στο παρελθόν, ήταν γνωστοί από τα πρώιμα ιστορικά χρόνια, καθώς Κινέζοι, Πέρσες, Ασσύριοι, αλλά και αρχαίοι Έλληνες φέρονται να χρησιμοποιούν αντίστοιχες συσκευές ήδη από τη 2η π.Χ. χιλιετία.

Οι ανεμοκινητήρες ή ανεμογεννήτριες (Α/Γ) όπως αποκαλούνται σήμερα, επανήλθαν στο προσκήνιο της ενεργειακής τεχνολογίας στα μέσα της δεκαετίας του εβδομήντα, κυρίως σαν συνέπεια των διαδοχικών ενεργειακών κρίσεων αλλά και της επιδεινούμενης περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Πριν από τη ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη που παρουσίασε ο τομέας της αιολικής ενέργειας τις τελευταίες δεκαετίες, οι Α/Γ χρησιμοποιούνταν κατά κύριο λόγο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μικρών απομονωμένων καταναλωτών χωρίς δυνατότητα σύνδεσης σε τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα.

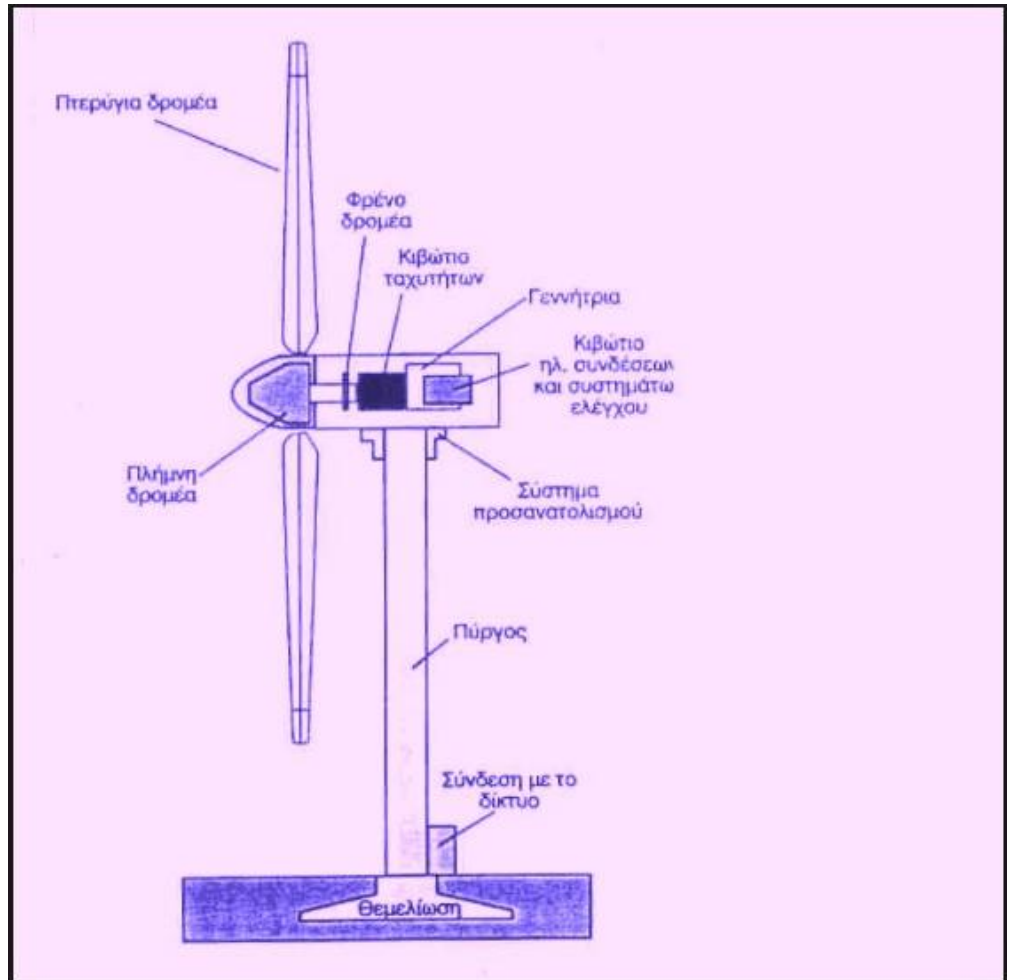
Σήμερα οι Α/Γ έχουν γνωρίσει σημαντική εξέλιξη σχετικά με το μέγεθός τους και η πλειοψηφία των αιολικών εγκαταστάσεων παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε ηλεκτρικά δίκτυα (διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις). Παράλληλα, σημαντική παραμένει η συνεισφορά των Α/Γ στην κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών απομονωμένων καταναλωτών όπως εξοχικές κατοικίες, τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί, αγροκτήματα, φάροι κ.λπ.

Κάθε χρόνο στον πλανήτη προστίθενται ολοένα και περισσότερες εγκαταστάσεις Α/Γ φτάνοντας το 2010 την εγκατάσταση νέων αιολικών πάρκων ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερης των 25000MW (2 φορές περίπου την εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ της χώρας μας) ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα τελευταία χρόνια το μεγαλύτερο ποσοστό των νέων

εγκαταστάσεων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής αφορούσε σε μονάδες αξιοποίησης αιολικής ενέργειας.

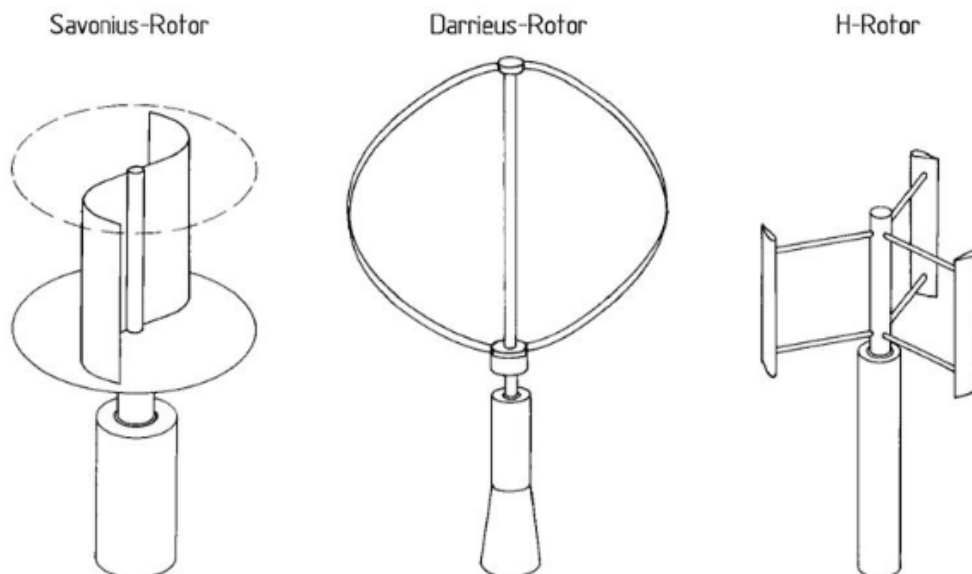
Οι Α/Γ ανάλογα με την ονομαστική τους ισχύ και κατά συνέπεια το μέγεθός τους διακρίνονται σε μικρο (micro) όπου περιλαμβάνονται Α/Γ έως 1kW, σε μικρές Α/Γ με μέγεθος από 1÷10kW, μικρές/μεσαίες Α/Γ 10÷100kW, μεσαίες Α/Γ 100÷500kW και μεγάλες Α/Γ με ονομαστική ισχύ μεγαλύτερη από 500kW. Οι Α/Γ έως και 10kW είναι κατάλληλες για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών στον κτηριακό τομέα καθώς μπορούν υπό προϋποθέσεις να εγκατασταθούν εντός του αστικού περιβάλλοντος.

Οι πλέον διαδεδομένοι τύποι Α/Γ είναι οι Α/Γ "οριζοντίου" και οι Α/Γ "κατακορύφου" άξονα. Οι Α/Γ οριζοντίου άξονα (σχήμα 6.1), έχουν τον άξονά τους παράλληλο προς την επιφάνεια της γης και συνήθως παράλληλο με τη διεύθυνση του ανέμου. Επιπλέον, μπορούν να έχουν ένα, δύο, τρία ή και περισσότερα πτερύγια, ενώ η πτερωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμη διάταξη, δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμη, δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου. Οι μηχανές αυτές παρουσιάζουν μεγάλο αεροδυναμικό βαθμό απόδοσης. Ο προσανατολισμός του δρομέα προς τη διεύθυνση του ανέμου, επιτυγχάνεται είτε με τη χρήση καθοδηγητικού πτερυγίου (σε μικρές Α/Γ), είτε με κατάλληλα αισθητήρια που καταγράφουν τη στιγμιαία διεύθυνση του ανέμου και στρέφουν (προσανεμίζουν) την πτερωτή στη διεύθυνση του ανέμου ηλεκτρονικά με τη χρήση σερβομηχανισμού.



Τμήματα ανεμογεννήτριας

Για τον έλεγχο ισχύος της μηχανής είναι απαραίτητη είτε η ρύθμιση του βήματός της, είτε ο κατάλληλος αεροδυναμικός σχεδιασμός και η αξιοποίηση του φαινομένου "απώλειας στήριξης". Πιο συγκεκριμένα, με τη διαδικασία ρύθμισης βήματος (pitch control) επιχειρείται η περιστροφή του πτερυγίου γύρω από το διαμήκη άξονά του, με σκοπό την επίτευξη της επιθυμητής γωνίας προσβολής κατά το μήκος του πτερυγίου ώστε να υλοποιούνται οι απαιτήσεις ισχύος της μηχανής. Αντίστοιχα, ο μηχανισμός απώλειας στήριξης (stall control) βασίζεται στο αεροδυναμικό φαινόμενο της αποκόλλησης του οριακού στρώματος από τμήμα ή το σύνολο του πτερυγίου, εφόσον η γωνία προσβολής του πτερυγίου ξεπεράσει ορισμένα αεροδυναμικά όρια. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε απότομη μείωση της ισχύος της μηχανής



*Μορφές Α/Γ καθέτου άξωνα*

Οι μηχανές κατακόρυφου άξωνα εμφανίζουν το σημαντικό πλεονέκτημα αυτόματης προσαρμογής στη διεύθυνση του ανέμου και ως εκ τούτου αποτελούν πιο απλές κατασκευές. Οι εν λόγω Α/Γ περιστρέφονται γύρω από έναν άξωνα κάθετο στη διεύθυνση του ανέμου όσο και στο έδαφος. Το παραγόμενο μηχανικό έργο μεταφέρεται μέσω κατακόρυφου άξωνα απ' ευθείας στο έδαφος, όπου βρίσκεται τοποθετημένη και η ηλεκτρική γεννήτρια. Ο συντελεστής ισχύος των μηχανών κατακόρυφου άξωνα είναι εν γένει μικρότερος από αυτόν των μηχανών οριζοντίου άξωνα. Επίσης οι μεγάλες μηχανές κατακόρυφου άξωνα παρουσιάζουν σημαντικό πρόβλημα κατά την εκκίνηση, όπου απαιτείται εξωτερική βοήθεια, μειονέκτημα που δεν εμφανίζεται στις μηχανές οριζοντίου άξωνα. Η επιλογή μικρών Α/Γ κατακόρυφου άξωνα μειώνει τις διαστάσεις της πτερωτής και θεωρείται ότι ενσωματώνεται καλύτερα στο αστικό περιβάλλον

### **ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ**

Τα πτερύγια του δρομέα μιας Α/Γ δεσμεύουν ένα ποσοστό της ανά μονάδα χρόνου κινητικής ενέργειας του ανέμου και το μετατρέπουν σε μηχανικό έργο (στρεπτική ροπή) στον άξωνα της πτερωτής. Το μηχανικό έργο μετασχηματίζεται κατά κανόνα μέσω της ηλεκτρικής γεννήτριας σε ηλεκτρική ισχύ. Η τελική ισχύς εξόδου της Α/Γ ισούται με:

$$N_{ex} = C_p \cdot \eta \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \right)$$

$C_p$  είναι ο αεροδυναμικός βαθμός απόδοσης της πτερωτής. Η μέγιστη τιμή του αεροδυναμικού βαθμού απόδοσης για μικρές A/Γ κυμαίνεται από 10÷35%. Από το σχεδιασμό της πτερωτής των υφιστάμενων A/Γ είναι γνωστό ότι το " $C_p$ " εκφράζεται συναρτήσει της παραμέτρου περιστροφής " $\lambda$ " της πτερωτής, όπου

$$\lambda = \frac{\pi D n_r}{60V}$$

όπου με " $n_r$ " συμβολίζεται ο αριθμός στροφών του άξονα της πτερωτής, και συνεπώς  $C_p = C_p(\lambda)$

Οι τιμές του αεροδυναμικού βαθμού απόδοσης μεταβάλλονται ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου, ενώ η μέγιστη τιμή του επιτυγχάνεται σε ταχύτητες ανέμου μεταξύ 10÷15m/s.

" $\eta$ " είναι ο ηλεκτρομηχανολογικός βαθμός απόδοσης της A/Γ. Στις μικρές A/Γ ο ηλεκτρομηχανολογικός βαθμός απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 80÷95% ενώ για μακροχρόνιους υπολογισμούς θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η επίδραση της γήρανσης της μηχανής. Οι σύγχρονες μεγάλες A/Γ εμφανίζουν ηλεκτρομηχανολογικό βαθμό απόδοσης που φτάνει το 95%.

" $\rho$ " είναι η πυκνότητα του αέρα σε  $\text{kg/m}^3$ . Οι καμπύλες λειτουργίας των A/Γ που δίνουν οι κατασκευαστές αναφέρονται σε πυκνότητα αέρα  $1,225\text{kg/m}^3$ . Η πυκνότητα του αέρα παρουσιάζει μικρές μεταβολές ανάλογα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν (ατμοσφαιρική πίεση, σχετική υγρασία και θερμοκρασία περιβάλλοντος). Επίσης, μεταβάλλεται ανάλογα με το υψόμετρο τοποθέτησης της A/Γ.

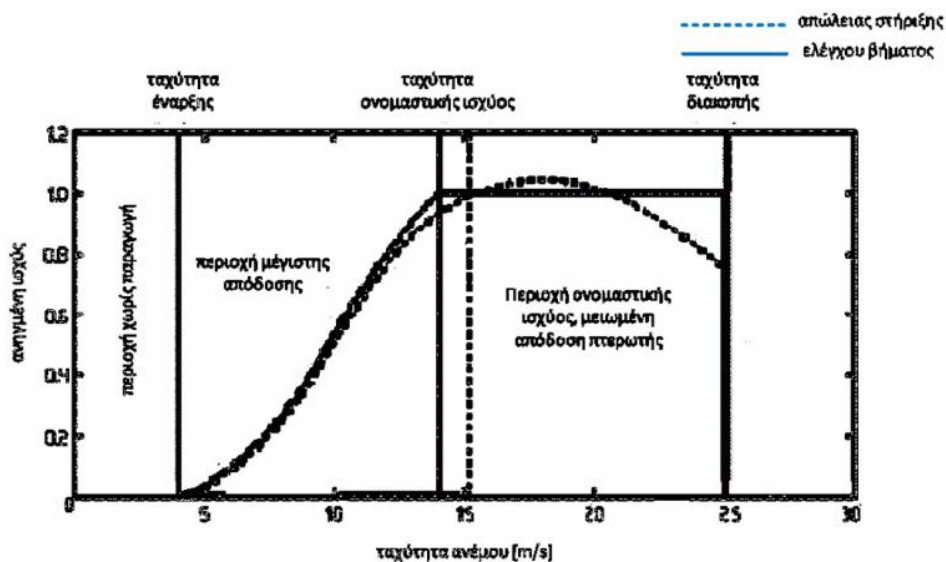
"A" είναι η επιφάνεια σάρωσης της πτερωτής η οποία υπολογίζεται ως:

$$A = \pi \cdot D^2 / 4$$

όπου με " $D$ " συμβολίζεται η διάμετρος της πτερωτής. Η επιφάνεια σάρωσης της πτερωτής αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ενεργειακή παραγωγή μιας A/Γ καθώς η ενεργειακή παραγωγή μιας A/Γ αυξάνει με το τετράγωνο της διαμέτρου της.

"V" είναι η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της πτερωτής και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ενεργειακή παραγωγή μιας Α/Γ. Η ταχύτητα του ανέμου εξαρτάται από το ύψος τοποθέτησης της Α/Γ και φυσικά από την ποιότητα του αιολικού δυναμικού της περιοχής εγκατάστασης.

Η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας μιας Α/Γ περιγράφει τη μεταβολή της παραγόμενης ισχύος της Α/Γ ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου που προσβάλλει την πτερωτή. Ανάλογα με τη μέθοδο ελέγχου ισχύος που χρησιμοποιεί η Α/Γ αλλάζει και η μορφή της καμπύλης λειτουργίας της. Οι Α/Γ ελέγχου βήματος παρουσιάζουν σταθερή απόδοση ισχύος για ταχύτητες μεγαλύτερες από την ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας της μηχανής, ενώ στις Α/Γ απώλειας στήριξης η αποδιδόμενη ισχύς μετά από την ταχύτητα ονομαστικής λειτουργίας δεν είναι απολύτως σταθερή



Σχήμα ..Καμπύλες λειτουργίας Α/Γ ελέγχου βήματος και απώλειας στήριξης.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μιας Α/Γ ξεκινάει από ταχύτητες ανέμου " $V_c=2\div 5\text{m/s}$ " (ταχύτητα έναρξης λειτουργίας), που αντιστοιχούν σε ένταση ανέμων  $2\div 3$  Beaufort, και για λόγους ασφαλείας διακόπτεται η λειτουργία της όταν η ταχύτητα ανέμου ξεπεράσει τα " $V_f=20\div 25\text{m/s}$ " (ταχύτητα διακοπής λειτουργίας) ή αντίστοιχα  $9\div 10$  Beaufort. Η μέγιστη ενεργειακή παραγωγή μιας Α/Γ επιτυγχάνεται σε ταχύτητες ανέμου μεταξύ " $V_R=10\div 15\text{m/s}$ " (ταχύτητα ονομαστικής λειτουργίας) δηλαδή σε ανέμους με ένταση  $6\div 7$  Beaufort.

Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή μιας Α/Γ για χρονικό διάστημα " $\Delta t$ ", υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη το αιολικό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης, το οποίο

συνήθως περιγράφεται από την καμπύλη πυκνότητας πιθανότητας "f(V)" (στο υπό μελέτη χρονικό διάστημα) και την καμπύλη ισχύος του κατασκευαστή. Παράλληλα, απαιτείται η εκτίμηση μιας ρεαλιστικής πρόβλεψης του μέσου συντελεστή τεχνικής διαθεσιμότητας της εγκατάστασης "Δ" στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση αυτή θα ισχύει:

$$E(\Delta t) = N_0 \cdot \omega \cdot \Delta \cdot \Delta t$$

όπου ο μέσος συντελεστής ισχύος "ω" της εγκατάστασης δίνεται ως

$$\omega = \int_{V_c}^{V_f} \frac{N(V)}{N_0} f(V) dV$$

και παίρνει συνήθως τιμές μεταξύ του 0,2 και του 0,6, χωρίς να αποκλείονται θεωρητικά αριθμητικά μικρότερες ή μεγαλύτερες τιμές. Φυσικά στις αστικές περιοχές, λόγω της μέτριας ποιότητας του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού, οι τιμές του "ω" υπολείπονται σημαντικά των παραπάνω ενδεικτικών τιμών.

Η τεχνική διαθεσιμότητα "Δ" μιας εγκατάστασης εκφράζει την ικανότητα ασφαλούς λειτουργίας της εγκατάστασης από τεχνικής σκοπιάς και δε συνδέεται άμεσα με το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό της περιοχής. Φυσικά η εμφάνιση ισχυρής έντασης ανέμων αυξάνει την πιθανότητα βλάβης των εγκαταστάσεων και κυρίως εμποδίζει τη γρήγορη και αποτελεσματική αποκατάσταση πιθανών βλαβών. Επιπλέον, σε νησιωτικές (απομονωμένες) περιοχές, η επιδείνωση των καιρικών συνθηκών μπορεί να καθυστερήσει τη μετάβαση των εξειδικευμένων συνεργείων συντήρησης. Να σημειωθεί ότι μια αιολική εγκατάσταση δεν είναι τεχνικά διαθέσιμη, ακόμα και αν φυσούν άνεμοι ικανής έντασης, σε περιπτώσεις τυχαίων βλαβών, προγραμματισμένης συντήρησης, λειτουργίας μηχανισμών αυτοπροστασίας αλλά και αδυναμίας του τοπικού ηλεκτρικού δικτύου να απορροφήσει την αποδιδόμενη ενέργεια, όταν η Α/Γ είναι διασυνδεδεμένη. Στις μικρές εγκαταστάσεις Α/Γ η τεχνική διαθεσιμότητα κυμαίνεται μεταξύ 0,7÷0,9.

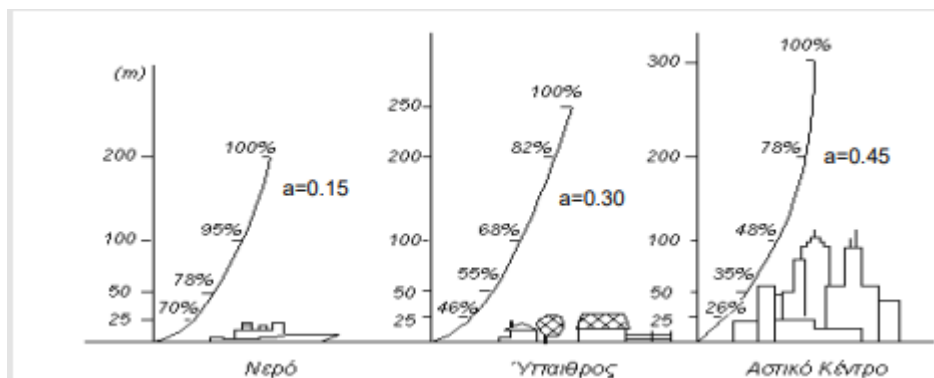
Συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία το γινόμενο "ω·Δ" αποδίδεται με τον όρο "capacity factor", δηλαδή συντελεστής φορτίου (ισχύος) της εγκατάστασης

$$CF = \Delta \cdot \omega$$

Με τη βοήθεια του μέσου συντελεστή ισχύος, η τυχαία Α/Γ ονομαστικής ισχύος "N<sub>o</sub>" μπορεί να εξομοιωθεί με μηχανή συνεχούς ισχύος ( $\omega \cdot N_o$ ) για την περίπτωση μέσων ενεργειακών υπολογισμών. Βασική επιδίωξη στον τομέα των αιολικών εφαρμογών είναι η επιλογή εκείνης της εμπορικής μηχανής, η οποία με δεδομένο το διαθέσιμο τοπικό αιολικό δυναμικό μεγιστοποιεί την ετήσια παραγωγή ενέργειας.

### 6.1. ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζει μια κατακόρυφη διανομή μέσα στο στρώμα της ατμόσφαιρας. Ειδικότερα, παρουσιάζει εκθετική αύξηση με την αύξηση του ύψους η οποία συνήθως είναι αξιοσημείωτη για τα πρώτα 100m από το έδαφος, συνήθως εντός του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος. Ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας με την αύξηση του ύψους εξαρτάται κυρίως από το ανάγλυφο της περιοχής. Στις αστικές περιοχές η παρουσία των κτηρίων διαταράσσει σημαντικά το πεδίο ροής του ανέμου. Σύμφωνα με έρευνες σχετικά με τη ροή γύρω από κτήρια, η ζώνη επιρροής των κτηρίων περιλαμβάνει δύο φορές το ύψος του κτηρίου ανάντη, δέκα φορές το ύψος του κτηρίου κατόντη και ύψος τουλάχιστον διπλάσιο του κτηρίου. Είναι ενδεικτικό ότι σε απόσταση διπλάσια του ύψους του κτηρίου έχουμε κατά 5% αύξηση του επιπέδου της τύρβης και κατά 6% μείωση της ταχύτητας του ανέμου, η οποία και οδηγεί σε μείωση κατά 17% της διαθέσιμης ενέργειας του αδιατάρακτου ρεύματος ανάντη του κτηρίου.



Σχήμα ...Μεταβολή της κατακόρυφης διανομής της ταχύτητας του ανέμου ανάλογα με το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής

Για την περιγραφή της κατακόρυφης διανομής της ταχύτητας του ανέμου έχουν προταθεί διάφορες αναλυτικές σχέσεις, οι οποίες στηρίζονται στη θεωρία των



οριακών στρωμάτων εκ των οποίων η πιο διαδεδομένη είναι η εκθετική διανομή (power law)

$$\frac{V(h)}{V(h_0)} = \left( \frac{h}{h_0} \right)^a$$

Η παραπάνω εξίσωση δίνει την ταχύτητα του ανέμου "V(h)" σε ύψος "h" από το έδαφος συναρτήσει της παραμέτρου "a" όταν είναι γνωστή η ταχύτητα "V(h<sub>0</sub>)" στο ύψος αναφοράς "h<sub>0</sub>". Η ακριβής τιμή της παραμέτρου "a" εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους αλλά και από τη διεύθυνση του ανέμου.

Για τις ανάγκες υπολογισμού του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής δεν επαρκεί η γνώση της μέσης ταχύτητας του ανέμου της περιοχής, αλλά απαιτούνται αναλυτικές πληροφορίες και για την κατανομή της πιθανότητας εμφάνισης των διαφόρων τιμών ταχύτητας του ανέμου μέσα στο χρόνο, ενώ παράλληλα απαιτείται η γνώση των διαστημάτων νηνεμίας καθώς και των ριπών του ανέμου στην περιοχή. Μια παραστατική εικόνα της συχνότητας εμφάνισης των ταχυτήτων του ανέμου σε μια περιοχή αποτελεί το ιστόγραμμα, το οποίο απεικονίζει την πυκνότητα συχνότητας "f" εμφάνισης ταχυτήτων του ανέμου σε συγκεκριμένα διαστήματα ταχυτήτων. Το αναφερθέν ιστόγραμμα παρουσιάζεται παρακάτω.



Σχήμα Διάγραμμα πυκνότητας πιθανότητας ανέμου.

Για να μπορέσουμε να καταλήξουμε σε ασφαλή αποτελέσματα απαιτούνται μακροχρόνιες και αναλυτικές μετρήσεις με σημαντικό κόστος αλλά και χρονική καθυστέρηση που συνοδεύει τις εκτεταμένες μετρήσεις. Ως εκ τούτου,

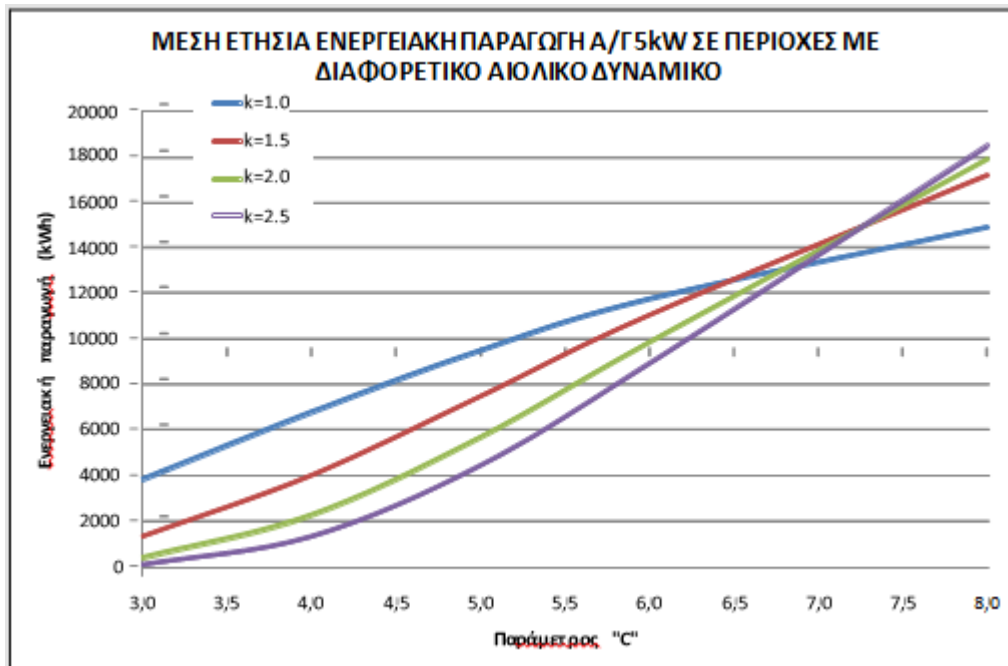
καταφεύγουμε σε αναλυτικές κατανομές, που περιγράφουν με σχετική ακρίβεια το τοπικό αιολικό δυναμικό μιας περιοχής βάσει μικρού αριθμού παραμέτρων. Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη αναλυτική διανομή πυκνότητας πιθανότητας είναι η κατανομή "Weibull". Η κατανομή "Weibull" αποτελεί μια ειδική περίπτωση της γενικευμένης κατανομής που προτάθηκε από τον Weibull και περιγράφει ικανοποιητικά τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά στις περιοχές της εύκρατης ζώνης και για ύψος μέχρι 100 μέτρα από το έδαφος. Η κατανομή "Weibull" προσδιορίζει την πιθανότητα η ταχύτητα του ανέμου να βρίσκεται σε μια περιοχή της ταχύτητας "V" (V-dV/2, V+dV/2) βάσει δύο μόνο παραμέτρων. Η αναλυτική έκφραση της κατανομής "Weibull" δίνεται ως

$$f_w(V) = \frac{k}{C} \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{V}{C}\right)^k\right]$$

όπου η παράμετρος "C" συνδέεται με τη μέση ταχύτητα του ανέμου ( $C \approx 1.1V$ ) και η παράμετρος "k" είναι αντιστρόφως ανάλογη της διασποράς του μέτρου των ταχυτήτων του ανέμου ως προς τη μέση ταχύτητα ( $k=1.5 \div 2.0$ ).

Οι κατασκευαστές Α/Γ, προκειμένου να διευκολύνουν τους αγοραστές όσον αφορά στην εκτίμηση της ενεργειακής παραγωγής των Α/Γ ανάλογα με το αιολικό δυναμικό της περιοχής και του ύψους τοποθέτησης, παρέχουν καμπύλες ενεργειακής παραγωγής σε σχέση με τις παραμέτρους "k" και "C"

Θεωρώντας μια απλοποιημένη μορφή καμπύλης λειτουργίας μια Α/Γ, παρουσιάζεται παρακάτω προσεγγιστικά η μέση ετήσια αναμενόμενη ενεργειακή παραγωγή μιας Α/Γ ανά kW ονομαστικής ισχύος σε περιοχές με διαφορετικές μέσες ετήσιες ταχύτητες του ανέμου.



Σχήμα ...

Αναμενόμενη ετήσια ενεργειακή παραγωγή Α/Γ 5kW εγκατεστημένη σε περιοχές με διαφορετικό αιολικό δυναμικό.

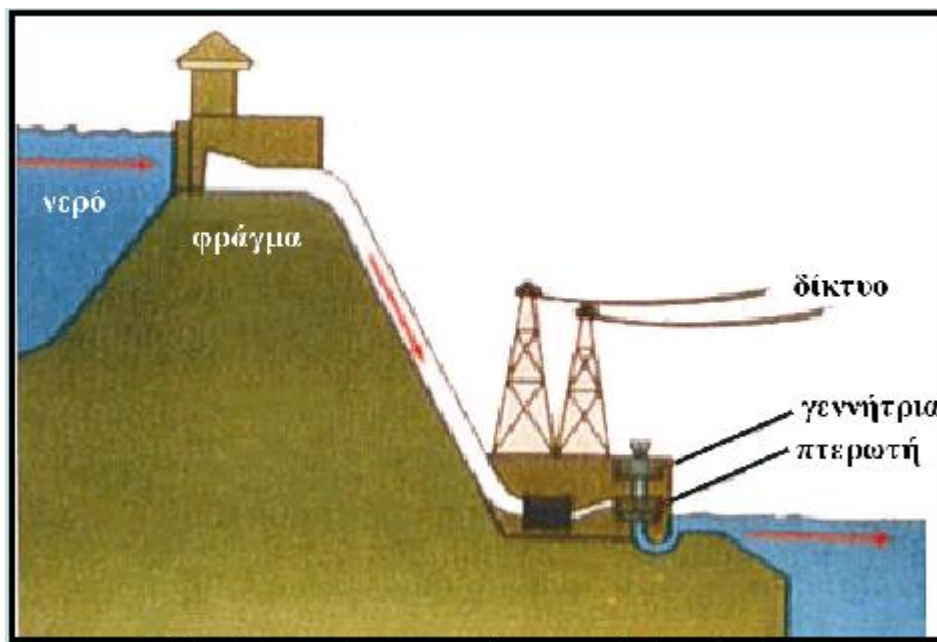
### Υδροηλεκτρική ενέργεια

Το νερό κάνοντας τον "κύκλο του" στη φύση έχει δυναμική ενέργεια, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Φυσικά, μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευασθούν

υδατοταμιευτήρες. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί το 10% των ενεργειακών μας αναγκών.

Τα **πλεονεκτήματα** από τη χρήση της υδραυλικής ενέργειας είναι :

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς (γαιανθράκων, πετρελαίου), που απαιτούν χρόνο προετοιμασίας



Μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, αναψυχή, αθλητισμός

Τα **μειονεκτήματα** που συνήθως εμφανίζονται είναι:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, όπως και ο πολύς χρόνος που απαιτείται μέχρι την αποπεράτωση του έργου
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα (ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, υποβάθμιση περιοχών, αλλαγή στη χρήση γης, στη χλωρίδα και πανίδα περιοχών αλλά και του τοπικού κλίματος, πλήρωση ταμιευτήρων με φερτές ύλες, αύξηση σεισμικής επικινδυνότητας, κ.ά.). Η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή μικρών φραγμάτων

Οι Υδροηλεκτρικές μονάδες δαμάζουν την ενέργεια του νερού και χρησιμοποιώντας μια απλή μέθοδο μετατρέπουν την ενέργεια αυτή σε ηλεκτρικό ρεύμα. Οι μονάδες αυτές βασίζονται στην κίνηση του νερού που περιστρέφει μια τουρμπίνα η οποία θέτει σε λειτουργία μια γεννήτρια. Οι περισσότερες υδροηλεκτρικές μονάδες χρησιμοποιούν ένα φράγμα το οποίο συγκρατεί μια μεγάλη ποσότητα νερού δημιουργώντας έτσι μια μεγάλη δεξαμενή. Κάποιες θύρες στο φράγμα ανοίγουν και λόγω της βαρύτητας το νερό περνάει σε έναν αγωγό ο οποίος το οδηγεί σε μια τουρμπίνα. Καθώς αυτό περνάει από τον αγωγό δημιουργεί μεγάλη πίεση. Το νερό πέφτει πάνω στις φτερωτές μιας τουρμπίνας και την **περιστρέφει**

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες εκμεταλλεύονται μια φυσική συνεχή μέθοδο - την διαδικασία που προκαλεί τη βροχή και δημιουργεί τα ποτάμια. Κάθε μέρα ο πλανήτης μας αποβάλλει μια μικρή ποσότητα νερού στην ατμόσφαιρα καθώς οι υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου διασπών τα μόρια του νερού. Αλλά ταυτόχρονα άλλο νερό εμφανίζεται λόγω της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Το ποσό του νερού που δημιουργείται και το ποσό που χάνεται είναι περίπου το ίδιο.

Ο όγκος του συνόλου του νερού εμφανίζεται σε διαφορετικές μορφές. Μπορεί να είναι σε υγρή μορφή πχ. Οι ωκεανοί, τα ποτάμια, η βροχή, σε στερεή μορφή όπως οι παγετώνες και σε αέρια μορφή όπως οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα. Το νερό αλλάζει μορφές καθώς κινείται γύρω από τον πλανήτη από ρεύματα αέρος. Τα ρεύματα αέρος δημιουργούνται από την θερμική ακτινοβολία του ήλιου. Τα αέρια ρεύματα δημιουργούνται επειδή ο ήλιος θερμαίνει τον Ισημερινό περισσότερο από άλλα μέρη της γης. Τα ρεύματα του αέρα μεταφέρουν το νερό μέσα από τον δικό του κύκλο, που ονομάζεται **υδρολογικός κύκλος (επιλέξτε εδώ, αρχείο Flash)**. Ο ήλιος θερμαίνει το νερό και το μετατρέπει σε υδρατμούς οι οποίοι γεμίζουν τον αέρα. Ο ήλιος επίσης θερμαίνει τον αέρα. Ο θερμός αέρας ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα μεταφέροντας τους υδρατμούς. Στα ανώτερα στρώματα συναντά ψυχρά ρεύματα αέρα. Οι υδρατμοί ψύχονται και γίνονται μικρά σταγονίδια νερού που σχηματίζουν σύννεφα. Όταν αρκετά σταγονίδια συσσωρευτούν βαραίνουν και πέφτουν ξανά στην γη σαν βροχή, χαλάζι ή χιόνι.

Ο **υδρολογικός κύκλος** (αρχείο Flash) είναι σημαντικός για τις υδροηλεκτρικές μονάδες επειδή η ροή νερού σ'αυτές εξαρτάται από αυτόν. Λιγότερες βροχές σημαίνει λιγότερο νερό και λιγότερη παραγωγή ηλεκτρισμού

## Γεωθερμική ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμφανίζεται με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Είναι μια ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Οι γεωθερμικές περιοχές συχνά εντοπίζονται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμό σε μια περιοχή πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσης του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρα που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται στην επιφάνεια είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού όπως προαναφέρθηκε είτε αντλούνται με γεώτρηση και αφού χρησιμοποιηθεί η θερμική τους ενέργεια, γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Έτσι ενισχύεται η μακροβιότητα του ταμιευτήρα και αποφεύγεται η θερμική ρύπανση του περιβάλλοντος.

Είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που πηγάζει από το εσωτερικό της γης. Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της. Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ζεστό νερό σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 150oC μέχρι περισσότερο από 370oC μεταφέρεται σε γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Αν η δεξαμενή χρησιμοποιηθεί για άμεση χρήση της θερμότητας τα γεωθερμικά ρευστά τροφοδοτούν έναν εναλλακτήρα θερμότητας και να επιστέψουν στη γη. Το ζεστό νερό από την έξοδο του εναλλακτήρα χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων κ.α

Υπάρχουν δυο κύριες εφαρμογές της γεωθερμική ενέργειας.

- Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις (θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκάζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η

θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης.

- Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπογείων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανση και ψύξης.

Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκόσμια, αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στις υδατοκαλλιέργειες, δεδομένου ότι πολλά είδη υδροβίων οργανισμών, όπως χέλια, γαρίδες ή φύκια αναπτύσσονται γρηγορότερα σε αυξημένες θερμοκρασίες (25 έως 30°C). Άλλη διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι η θέρμανση οικισμών. Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με την βοήθεια ενός δικτύου αγωγών (τηλεθέρμανση). Στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, μια άλλη εφαρμογή μπορεί να είναι θερμική αφαλάτωση θαλασσινού νερού, ενώ στις περιπτώσεις γεωθερμικών ρευστών υψηλής θερμοκρασίας (>150°C) μπορεί να γίνει παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με την εκτόνωση ατμού.

Η Ελλάδα διαθέτει μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων που είναι διάσπαρτα σε ολόκληρη σχεδόν τη χώρα, όπως στη Ν.Κεσσάνη Ξάνθης, Νιγρίτα Σερρών, Λαγκαδά, Θεσσαλονίκη, Ελαιοχώρα Χαλκιδικής, Στύψη και Άργεννο Λέσβου, Μήλο, Σαντορίνη και Νίσυρο. Η συστηματική εκμετάλλευσή τους μπορεί να επιφέρει στη χώρα μας σημαντικά οφέλη.

### **Βιομάζα**

Με τον όρο **βιομάζα** αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό που παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιέργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Το καύσιμο βιομάζας είναι γνωστό στην Ελλάδα κι ως πέλετ.



Μια μορφή βιομάζας: pellets (συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών.

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής, της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.



## Υβριδικά συστήματα ισχύος

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

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

Σημαντικοί παράγοντες για το σχεδιασμό ενός υβριδικού συστήματος είναι:

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

Πλεονεκτήματα Αυτόνομων Υβριδικών Συστημάτων ΑΠΕ

- Υψηλή απόδοση, λόγω συμπληρωματικότητας των διαφορετικών πηγών ενέργειας.
- Εφαρμογή σε περιοχές όπου η σύνδεση τους με το ηλεκτρικό δίκτυο και η μεταφορά καυσίμου θεωρούνται αντικοινωνικές επιλογές.

Εφαρμογή σε εξειδικευμένους καταναλωτές όπως: τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί, νοσοκομειακές μονάδες κλπ.

## Τεχνολογία GSM

Το GSM , είναι ένα δίκτυο κυψελοειδούς τύπου. Αυτό σημαίνει ότι οι κινητοί σταθμοί , αφού εντοπίσουν έναν κοντινό σταθερό σταθμό , μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο. Χρησιμοποιείται στις κινητές τηλεφωνίες . Στην Ελλάδα οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν τις ζώνες συχνοτήτων περί τα 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz και 2600 MHz . Στο εξωτερικό το δίκτυο αυτού του τύπου αποτελείται από 4 συχότητες εκ των οποίων αυτές των 900 Mhz και των 1800 Mhz να αποτελούν τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες. Η συχνότητα των 1800 Mhz μπορεί να φιλοξενήσει πολύ μεγαλύτερο αριθμό χρηστών, για αυτό το λόγο χρησιμοποιείτε στις πυκνοκατοικιμένες περιοχές Downlink, ονομάζονται οι συχότητες στις οποίες εκπέμπει ο σταθμός βάσης . Uplink, ονομάζονται οι συχότητες όπου ο σταθμός βάσης λειτουργεί για τη λήψη σήματος

### To GSM modem

Το modem GSM είναι ένα ασύρματο modem το οποίο λειτουργεί βάση της τεχνολογίας gsm. Λειτουργεί σαν ενσύρματο modem , την διαφορά ότι η μετάδοση της πληροφορίας γίνεται ασύρματα. Τα GSM modem μπορεί να έχουν την μορφή εξωτερικής μονάδας η να είναι ενσωματωμένα σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή με την μορφή κάρτας. Στην περίπτωση της εξωτερικής μονάδας η επικοινωνία με τον κεντρικό υπολογιστή γίνεται με θύρα RS-323 ή με θύρα USB.

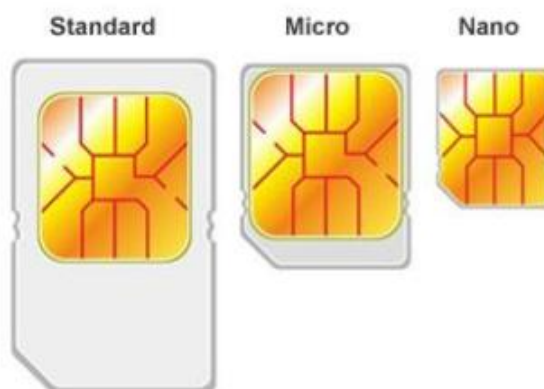


*Εξωτερική μονάδα δικτύου gsm*



## Σχήμα...κάρτα gsm modem

### Η μονάδα ταυτότητας συνδρομητή (SIM)



### *Σχήμα....Η μονάδα ταυτότητας συνδρομητή (SIM)*

Η μονάδα ταυτότητας συνδρομητή είναι γνωστή ως κάρτα SIM ,είναι ένα από τα σημαντικότερα μέρη του δικτύου GSM . Μια κάρτα SIM αποθηκεύονται τα στοιχεία του συνδρομητή όπου του δίνουν τη δυνατότητα να συνδεθεί στο δίκτυο και κάποια προσωπικά του στοιχεία όπως ο τηλεφωνικός του κατάλογος. Μια κάρτα SIM αποτελείται από έναν μικροεπεξεργαστή , μια μνήμη ROM και μια μνήμη EPROM . Η μνήμη ROM, όπως όλες οι μνήμες αυτού του τύπου είναι μνήμη μόνο για ανάγνωση , γράφεται μία φορά από το εργοστάσιο κατασκευής και περιέχει πληροφορίες για την σύνδεση του συνδρομητή στο δίκτυο όπως πιστοποιητικά και αρμόδια κέντρα μνημάτων.

Η μνήμη EPROM χρησιμεύει στην αποθήκευση των προσωπικών δεδομένων του χρήστη.

### Εντολές AT

Ο έλεγχος του modem από τον υπολογιστή γίνεται μέσω των εντολών AT. Τα γράμματα AT προέρχονται από την λέξη “Attention” που σημαίνει προσοχή. Κάθε γραμμή εντολής ξεκινά με τα γράμματα AT που ζητούν την προσοχή του Modem για να ακολουθήσει το κύριο μέρος των εντολών όπου πρόκειται να εκτελεστεί. Πολλές από τις εντολές που

χρησιμοποιούνται στα ενσύρματα modem υποστηρίζονται και από τα modem GSM., με χαρακτηριστικά παραδείγματα τα ακόλουθα:

- ATD (κλήση)
- - ATA (απάντηση) -
- ATH (τερματισμός κλήσης)

Εκτός από αυτές τις βασικές εντολές, τα modem GSM έχουν και αποκλειστικές εντολές για την τεχνολογία GSM, όπως οι εντολές για την διαχείριση της κάρτας SIM, για την παρακολούθηση της ισχύος του σήματος, εντολές σχετικές με την υπηρεσία γραπτών μηνυμάτων και άλλες υπεύθυνες για διαγνωστικά αποτελέσματα με σκοπό τον έλεγχο προβλημάτων. Παρακάτω παρατίθενται μερικές από τις πιο σημαντικές περιπτώσεις εντολών.

#### Λήψη στοιχείων GSM Modem

- AT+CGMM (αριθμός μοντέλου).
- AT+CGMI (όνομα κατασκευαστή)

#### Υπηρεσίες κλήσεων

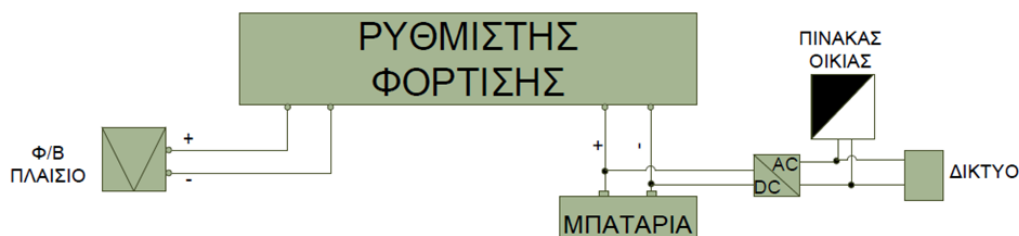
- AT+CPBW (εγγραφή).
- AT+CPBR (ανάγνωση).
- AT+CPBF (αναζήτηση)

#### Υπηρεσίες γραπτών μηνυμάτων

- AT+CMGR (ανάγνωση).
- AT+CMGS (αποστολή).
- AT+CMGD (διαγραφή).

## ΜΕΡΟΣ Β

Σε αυτό το μέρος της διπλωματικής εργασίας, θα περιγραφεί εξοχικό σπίτι στην περιοχή της Αττικής. Το συγκεκριμένο σπίτι διαθέτει φωτοβολταϊκό σύστημα με δυνατότητα να καταναλώνει την παραγόμενη ενέργεια αλλά και να παρέχει ενέργεια στο δίκτυο ανάλογα με τις ανάγκες του. Το σπίτι βρίσκεται στην περιοχή του Μαραθώνα. Είναι ένα τυπικό σπίτι των  $80 m^2$ . Το σχεδιάγραμμα του συστήματος που θα κατασκευαστεί φαίνεται παρακάτω.



Το σύστημα έχει την εξής φιλοσοφία, υπάρχει ένα σύστημα αυτόνομου φωτοβολταϊκού το οποίο εξυπηρετεί τις ανάγκες της εξοχικής κατοικίας σε περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος από το δίκτυο, στην περίπτωση όμως που οι ιδιοκτήτες απουσιάζουν από το σπίτι, η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση που οι μπαταρίες βρίσκονται σε κατάσταση πλήρους φορτίσεως.

Το πότε το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα θα καταναλήσκει στα φορτία της οικίας και το πότε θα διοχετεύεται στο δίκτυο θα το αποφασίζει ο ιδιοκτήτης κατά βούληση.

Τα φορτία του σπιτιού είναι

- το ψυγείο
- ο φωτισμός
- η αντλία ποτίσματος (της οποίας η λειτουργία είναι περιοδική)
- πλυντήριο
- 2 τηλεοράσεις
- 2 ηλεκτρονικοί υπολογιστές
- περιστασιακά λειτουργούν : ηλεκτρική σκούπα, ηλεκτρικό σίδερο
- και τέλος τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου του σπιτιού ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία τους.

Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία αυτών των συσκευών ποικίλει ανάλογα την εποχή. Ενώ το χειμώνα η ζήτηση από το ψυγείο και την αντλία ποτίσματος μειώνεται αντιθέτως αυξάνεται η ανάγκη για φωτισμό. Το καλοκαίρι όμως η ανάγκες για φωτισμό μειώνονται καθώς η διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερη, αντιθέτως η ζήτηση του ψυγείου αυξάνεται καθώς η θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες, το ίδιο αυξημένη είναι η ζήτηση της αντλίας ποτίσματος. Ο σαφής καθορισμός της απαιτούμενης αποθηκευμένης ενέργειας στις μπαταρίες όμως ξεφεύγει από τα όρια αυτής της εργασίας άρα δεν θα ασχοληθούμε περαιτέρω πέραν της απλής αναφοράς του προβλήματος.

Έτσι λοιπόν, ο χρήστης θα έχει την δυνατότητα, ανάλογα την εποχή του χρόνου, έχοντας γνώση των αναγκών του οικίματος να επιλέγει εκείνος το που θα διοχετεύσει την παραγόμενη ενέργεια.

Για τον έλεγχο του συστήματος θα χρησιμοποιήσουμε ένα τηλεχειριζόμενο ελεγκτή τεχνολογίας GSM .Οι ελεγκτές αυτού του τύπου μας επιτρέπουν τον απομακρυσμένο έλεγχο , εφόσον υπάρχει δίκτυο κινητής τηλεφωνίας.

Ο ελεγκτής που θα χρησιμοποιήσουμε είναι ο NCR-25 GSM Control Unit. Διαθέτει μια αναλογική είσοδο , 4 ψηφιακές εισόδους και 2 ψηφιακές εξόδους. Ελέγχεται από εφαρμογή που εγκαθίσταται στο κινητό τηλέφωνο του ιδιοκτήτη και διαθέτει ένα πολυ εύκολο και φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον.



Ο ελεγκτής NCR-25 GSM

Τις ψηφιακές εισόδους θα τις εκμεταλευτούμε ως εξής:

- πλήρης φόρτιση συσσωρευτών.

Στους πόλους των συσσωρευτών θα τοποθετηθεί ένα current switch το οποίο θα ανιχνεύει την ροή ρεύματος στους συσσωρευτές . Όταν οι μπαταρίες βρίσκονται σε κατάσταση πλήρους

φορτίσεως , δεν υπάρχει ροή φορτίου προς τους συσσωρευτές,οπότε η επαφή του current switch θα ανοίγει.Η μορφή ενός τέτοιου διακόπτη φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



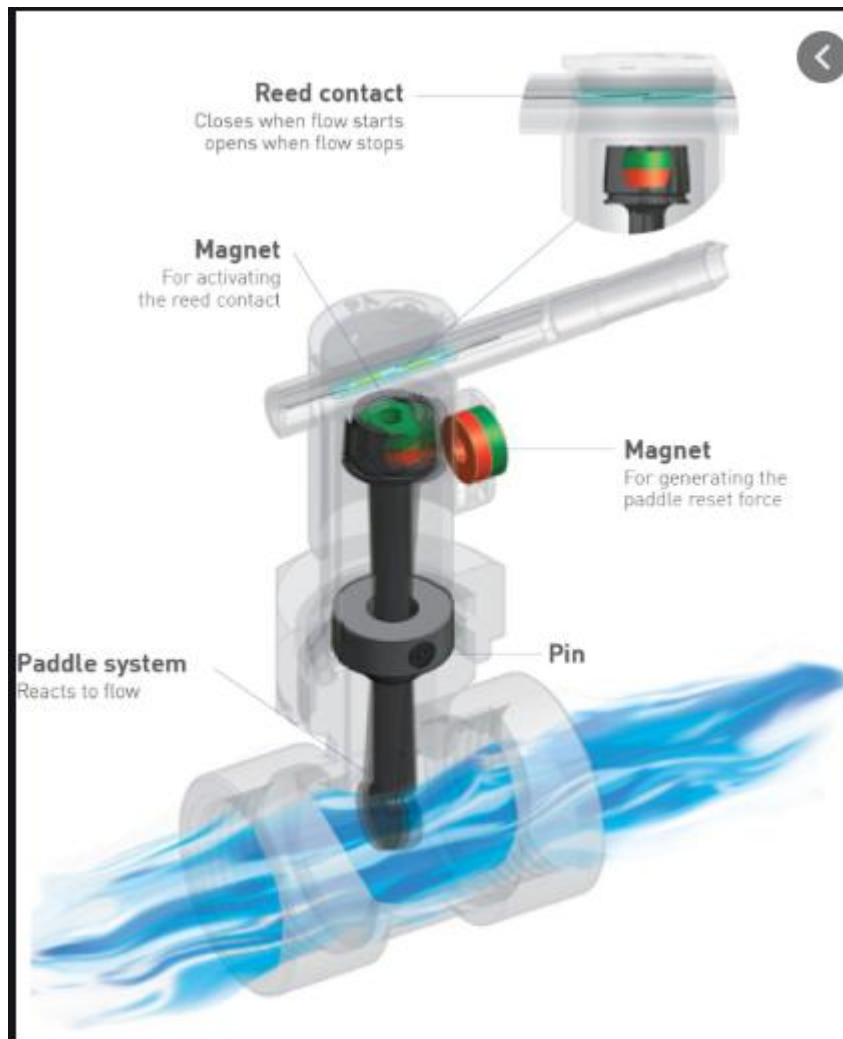
Μορφή current switch

- Επιβεβαίωση διοχέτευσης ισχύος προς το δίκτιο.

Στους αγωγούς σύνδεσης με το δίκτιο θα τοποθετηθεί ένα current switch το οποίο θα μας επιβεβαιώνει ότι υπάρχει ροή φορτίου προς το δίκτιο.

- Επιβεβαίωση λειτουργίας αντλίας ποτίσματος.

Θα τοποθετηθεί ένα flow switch στην κατάθλιψη της αντλίας ώστε να μα ενημερώνει όταν η αντλία είναι σε λειτουργία.



Μορφή flow switch

Με τις παραπάνω επιβεβαιώσεις , ο ιδιοκτήτης του σπιτιού θα μπορεί να είναι σε θέση :

- 1) Να είναι βέβαιος ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το φωτοβολταϊκό το σύστημα διοχετεύεται στο δίκτυο
- 2) Ότι η μπαταρίες είναι πλήρως φορτισμένες, έτσι ώστε να επιλέγει εκείνος το πού θα παροχετεύσει η παραγόμενη ενέργεια.
- 3) Και τέλος να μπορεί να γνωρίζει ότι η ανλία ποτίσματος λειτουργεί κανονικά

Στην αναλογική είσοδο του ελεγκτή , θα συνδέσουμε ένα αισθητήριο θερμοκρασίας , ώστε να λαμβάνουμε ενδείξεις της εξωτερικής θερμοκρασίας. Το αισθητήριο θερμοκρασίας που επιλέξαμε είναι της εταιρείας siemens , το οποίο απεικονίζεται παρακάτω. Στην ίδια φωτογραφία φαίνονται και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του.



## AQR2540..



### Εντοιχιζόμενες βάσεις αισθητηρίων για μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας

Τεχνικό φυλλάδιο	N1410
Τάση λειτουργίας	AC 24 V DC15...36 V
Αναλογική έξοδος σήμα	DC 0...10 V DC 2...10 V DC 0...5 V DC 0...20 mA DC 4...20 mA DC 0...10 mA
Σύνδεση, ηλεκτρική	Κλέμες με βίδες

### Σειρά προϊόντων AQR2540..

Μηχανικός σχεδιασμός	Διαστάσεις (W x H)	Stock No.	Product No.
EU (CEE/VDE)	70.8 x 70.8 mm	S55720-S142	AQR2540NF
UK (British Standard)	83 x 83 mm	S55720-S143	AQR2540NH
IT (3 modular)	110 x 64 mm	S55720-S144	AQR2540NG

### Σχήμα... Το αισθητήριο που χρησιμοποιήθηκε

Τις δύο ψηφιακές εξόδους του ελεγκτή , θα τις χρησιμοποιήσουμε ώστε να :

- 1) Έλέγχουμε τον ηλεκτρονόμο που θα ελέγχει την παροχή του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτιο .
- 2) Ελέγχουμε την λειτουργία της αντλίας ποτίσματος

Έτσι με όλα τα παραπάνω ο ιδιοκτήτης θα είναι σε θέση να λαμβάνει πληροφορίες για το ακίνητό του και να μπορεί να ελέγξει το φωτοβολταϊκό του σύστημα.

### Συμπεράσματα

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας των επικοινωνιών και των δικτύων , ο απομακρισμένος έλεγχος εφαρμογών είναι πλέον δυνατός. Από μια απλή εγκατάσταση και ένα απλό σύστημα όπως αυτό που περιγράψαμε παραπάνω έως τα πιο πολύπλοκα και μεγάλα συστήματα είναι δυνατόν να ελεγχθούν απομακρισμένα κάνοντας εύκολη και άμεση την επέμβασή μας ανα πάσα στιγμή.

## Πηγές

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- ΤΕΕ,. (2011, Ιούνιος). Τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- Gorjian, S. (2017, June). An Introduction to the Renewable Energy Resources.
- Joshi, S. (2017, January). Solar cooker- A Review. *Muni Seva Ashram, Goraj, dist. Vadodara, Gujarat, India., Solar Cooker International, 6th SCI World Conferenc* .
- Kaldellis, J., & Zafirakis, D. (2011, July). The wind energy (r)evolution: A short review of a long history. *Renewable Energy* , σσ. 1887-1901.
- Khan, J., & Arsalan, M. (2016, March). Solar power technologies for sustainable electricity generation – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , σσ. 414-425.
- Malinowski, M., Leon, J., & Abu-Rub, H. (2017, April). Solar Photovoltaic and Thermal Energy Systems: Current Technology and Future Trends. *Proceedings of the IEEE* , σσ. 1-15.
- Mughal, S., Jarial, R., & Sood, Y. (2018, April). A Review on Solar Photovoltaic Technology and Future Trends. *Conference: International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology* .
- Ogueke, N., Anyanwu, E., & Ekechukwu, V. (2009, July). A review of solar water heating systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* .
- Panwar, N., Kaushik, S., & Kothari, S. (2011, April 1513-1524). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* .
- Rahman, Z. (2017, February). GSM Technology: Architecture, Security and Future Challenges. *International Journal of Science Engineering and Advance Technology* .
- Shahzad, U. (2015, August). The Need For Renewable Energy Sources. *International Journal of Information Technology and Electrical Engineering* .
- Shaikh, M., Shaikh, S., Waghmare, S., & Labade, S. (2017, September). A Review Paper on Electricity Generation from Solar Energy. *International Journal for*

*Research in Applied Science & Engineering Technology .*

Tadvi, S., Jain, V., & Thakkar, K. (2014, April). A Review: Solar Water Heating Systems. *Conference: National Conference on Emerging Vista of Technology in 21st Century .*

Wasfi, M. (2011, February). Solar Energy and Photovoltaic Systems. *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Renewable and Sustainable Energy (JRSE).*