



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



### ΚΥΒΕΤΟΥ ΠΑΝΔΩΡΑ

**ΘΕΜΑ: Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την πλήρη ενεργειακή κάλυψη μιας σύγχρονης κατοικίας.**

**Επιβλέπων: Γιάννης Βουρδουμπάς, Καθηγητής εφαρμογών**

**ΧΑΝΙΑ 2013**





ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΚΥΒΕΤΟΥ ΠΑΝΔΩΡΑ**

**ΘΕΜΑ: Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την  
πλήρη ενεργειακή κάλυψη μιας σύγχρονης κατοικίας.**

**Επιβλέπων: Γιάννης Βουρδουμπάς, Καθηγητής εφαρμογών**

**ΧΑΝΙΑ 2013**

## ***ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ***

*Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα πτυχιακή εργασία.*

*Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Γιάννη Βουρδουμπά , Καθηγητή εφαρμογών για την πολύτιμη βοήθειά του, τις εύστοχες παρατηρήσεις του και την καθοδήγηση που μου έδινε και φυσικά για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.*

*Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον άντρα μου, την οικογένεια μου, τον αδερφό μου και την συμφοιτήτρια μου Τσαγγαλίδου Σοφία για την ηθική αλλά και έμπρακτη υποστήριξή τους καθώς αποτέλεσε τον σημαντικότερο παράγοντα για να καταφέρω να τελειώσω με επιτυχία την πτυχιακή μου.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από φυσικές διαδικασίες (ηλιακή ενέργεια). Η Ελλάδα με 300 μέρες το χρόνο ηλιοφάνεια είναι ιδανική για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της Φ/Β τεχνολογίας. Τα είδη των ΑΠΕ είναι η ηλιακή ενέργεια, αιολική, υδραυλική, γεωθερμική ενέργεια από βιομάζα και ενέργεια των θαλασσών. Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να είναι διασυνδεδεμένα στο δίκτυο αυτόνομα ή υβριδικά. Σημαντικοί παράγοντες στην τοποθέτηση των Φ/Β είναι η κλίση του πλαισίου η γωνία πρόσπτωσης και ο προσανατολισμός του συλλέκτη. Τα είδη των ηλιακών κυψελών είναι το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο το πολυκρυσταλλικό και άμορφο πυρίτιο. Ένα Φ/Β πλαίσιο αποτελείται από Φ/Β πλαίσια ένα ρυθμιστή φορτίου, συσσωρευτές και μετατροπέα. Η τοποθέτηση των πλαισίων πρέπει να γίνεται μετά από μελέτη και αυτοψία του χώρου λαμβάνοντας υπόψη όλες τις ιδιαιτερότητες. Σημαντικό παράγοντα στην απόδοση του συστήματος παίζει και η σκίαση όπου πρέπει να δοθεί βάρος κατά την μελέτη του χώρου. Σε μια Φ/Β εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθούν εκατοντάδες Φ/Β πλαίσια. Όπως είναι αναμενόμενο τα Φ/Β πρέπει να ομαδοποιηθούν και να συνδεθούν κατάλληλα. Η στήριξη των Φ/Β πλαισίων γίνεται με βάσεις αλουμινίου. Οι ηλιοστάτες είναι συστήματα στήριξης επί εδάφους όπου ακολουθούν την τοποθεσία του ηλίου με αποτέλεσμα να εκμεταλλευόμαστε στο μέγιστο την ηλιακή ακτινοβολία, αφού προσδιοριστεί η θέση των πάνελ στην κατοικία τοποθετούνται γάντζοι στα κεραμίδια και ακολουθεί ηλεκτρολογική σύνδεση και καλωδίωση για κάθε πάνελ. Οι αυξημένες ανάγκες μιας κατοικίας για εξοικονόμηση ενέργειας και αποδοτική θέρμανση απαιτούν νέες τεχνολογίες. Οι αντλίες θερμότητας είναι μηχανήματα που αντλούν θερμότητα από το περιβάλλον, με τη χρήση της αντλίας το σύστημα είναι ως και 6 φορές πιο αποτελεσματικό από τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης με ορυκτά καύσιμα. Σπουδαίο ρόλο παίζει και η τεχνολογία inverter. Επιπροσθέτως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ηλιακό θερμοσίφωνα για να έχουμε ζεστό νερό περιορίζοντας την χρήση της αντλίας ή τζάκια καλοριφέρ-τζάκια λέβητες που θερμαίνουν το νερό και το διοχετεύουν μέσω της ενδοδαπέδιας θέρμανσης σε όλους τους χώρους του σπιτιού. Τέλος, ένας παράγοντας που πρέπει να δοθεί προσοχή κατά την κατασκευή της κατοικίας είναι η θερμομόνωση η οποία περιορίζει της θερμικές απώλειες. Στο πλαίσιο αυτό τα ενεργειακά κουφώματα είναι ιδανικά για την μείωση των απωλειών.

## ABSTRACT

Renewable energy sources are viable forms of energy derived from natural processes (solar energy). Greece, with 300 days a year sunshine, is ideal for producing electricity through the P / V technologies. The types of renewable energy are: solar energy, wind, hydroelectric, geothermal and biomass energy, as well as wave power from sea. The P / V systems can be connected to the network independently or as hybrid systems. Important factors of P / V are the slope of the frame, the angle of incidence and orientation collector. The types of solar cells are the mono-crystalline silicon and amorphous poly-crystalline silicon. A P / V framework consists of P / V frames, a charge controller, batteries and a controller. The placement of the frames should be installed after studying and performing an autopsy of the space, considering all specificities. An important factor, in the performance of the system, plays the shadows where it should be given weight during the study of the location. On a P / V installation, we can use hundreds of P / V panels. As it is expected the P / V have to be grouped and properly connected. The P / V support frames are made form aluminium bases. The trackers are support systems at the ground, where they track sun position and thus exploiting the maximum solar radiation. After the position of the panels has been specified, hooks on the house's tiles are going to be placed as well as electrical connection and wiring for each panel. The increased needs of home energy saving and efficient heating require new technologies. The heat pumps are machines that draw heat from the environment and the use of the pumps system is up to 6 times more efficient than traditional heating systems (burning fossil fuels). Significant role is playing the inverter technology. Additionally, we can use solar heating to have hot water and limit the use of heat pumps, fireplaces and boilers which are heating water and channeled through the underfloor heating in all rooms of the house. Finally, a factor that should be given attention during the construction of a house is the thermal insulation that reduces heat loss. At this point, energy windows are ideal for reducing thermal losses.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
1.1 Ήπιες Μορφές Ενέργειας.....	1
1.2 Εξάντληση Φυσικών Πόρων .....	2
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ΑΠΕ.....	4
1.4 Οι ΑΠΕ στην Ελλάδα και κυρίως τα Φ/Β .....	5
1.5 Είδη Ήπιων Μορφών Ενέργειας .....	7

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Ηλιακά συστήματα .....	9
2.2 Κατηγορίες Φ/Β συστήματος .....	9
2.3 Ηλιακή Ενέργεια .....	12
2.4 Ηλιακή Γεωμετρία .....	14
2.5 Ενσωμάτωση Φ/Β σε κτήρια.....	16
2.6 Προσανατολισμός συλλέκτη .....	17
2.7 Ηλιακές κυψέλες .....	18
2.8 Τα είδη των ηλιακών κυψελών .....	20

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Τα Φ/Β πλαίσια .....	22
3.2 Φ/Β συστήματα για ηλεκτροδότηση .....	23
3.3 Τοποθέτηση Φ/Β πλαισίων .....	26
3.4 Τύποι σκίασης .....	27
3.5 Σφάλματα οφειλόμενα στη σκίαση.....	29
3.6 Απόδοση Φ/Β πλαισίων και συστημάτων.....	30
3.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ/Β συστημάτων .....	31
3.8 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ηλιακής κυψέλης .....	33
3.9 Μετρήσεις ονομαστικής ισχύος Φ/Β πλαισίων .....	35
3.10 Φ/Β πλαίσιο .....	36
3.11 Φ/Β συστοιχία .....	37
3.12 Χαρακτηριστική καμπύλη I-V Φ/Β κυψέλης .....	41
3.13 Η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του Φ/Β στοιχείου .....	41
3.14 Επίδραση της θερμοκρασίας στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του Φ/Β στοιχείου.....	42
3.15 Συνεργασία Φ/Β και αντιστροφέα .....	43
3.16 Μετατροπείς υποβιβασμού .....	44
3.17 Μεταροπέας ανύψωσης τάσης .....	44
3.18 Αναστροφέας (DC/AC inverter) .....	45

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Βάσεις στήριξης και ηλιοστάτες .....	46
4.2 Τρόπος τοποθέτησης των πάνελ .....	47
4.3 Περιγραφή εγκατάστασης Φ/Β συστήματος .....	49
4.4 Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας .....	50
4.5 Προσανατολισμός και κλίση Φ/Β πλασιών .....	52
4.6 Γείωση Φ/Β συστήματος .....	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	
5.1 Αντλίες θερμότητας .....	56
5.2 Πλεονεκτήματα αντλίας θερμότητας .....	57
5.3 Κατηγορίες αντλιών θερμότητας .....	58
5.4 Αντλίες θερμότητας Αέρα/Νερού (ψύξη) .....	59
5.5 Αντλίες θερμότητας Αέρα/Νερού (θέρμανση) .....	60
5.6 Αντλία θερμότητας ζεστού νερού χρήσης .....	60
5.7 Κατασκευαστικά στοιχεία αντλίας θερμότητας .....	61
5.8 Τεχνολογία inverter .....	65
5.9 Ο ενεργειακός κύκλος της αντλίας θερμότητας .....	69
5.10 Λειτουργία αντλίας θερμότητας στις δύο περιπτώσεις θέρμανσης και ψύξης .....	73
5.11 Ο βαθμός απόδοσης .....	74
5.12 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση αντλίας θερμότητας .....	75
5.13 Ένταξη αντλιών θερμότητας σε συστήματα ηλιακών συλλεκτών .....	75
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>	
6.1 Μονώσεις .....	77
6.2 Ηλιακός θερμοσίφωνας .....	81
6.3 Εγκατάσταση των ηλιακών θερμοσιφώνων .....	83
6.4 Solar kit .....	84
6.5 Ενεργειακό τζάκι με pellets .....	87
6.6 Συσκευές θέρμανσης με χρήση pellets .....	89
6.7 Υδραυλικό ενεργειακό τζάκι .....	90
6.8 Σύγκριση τζακιών .....	92
6.9 Τζάκια καλοριφερ – τζάκι λέβητας – ξυλολέβητας .....	93
6.10 Buffer δοχείο αδράνειας .....	93
6.11 Ενδοδαπέδια θέρμανση .....	96
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	98
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	99





# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2012-2013 του τμήματος Διαχείρισης Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση τεχνολογιών ΑΠΕ για την πλήρη ενεργειακή κάλυψη μιας αυτόνομης οικίας. Οι **ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (ΑΠΕ)** ή ήπιες μορφές ενέργειας, ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού η ηλιακή ενέργεια και άλλες.

### 1.1 Ήπιες μορφές ενέργειας

Ο όρος «**ήπιες**» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών και ενεργειακών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

### Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ως **ανανεώσιμες πηγές** θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται κατ' ουσίαν στην ηλιακή ακτινοβολία, με *εξαιρέση τη γεωθερμική ενέργεια*, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δεσκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια "συσκευασμένη" κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπομενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις

ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους κβο στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2010 το 25% της ενέργειας θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρικά και βιομάζα).

### **Ευρώπη και δέσμευση για την προστασία του περιβάλλοντος**

Άνθρωπος και περιβάλλον είναι δυο έννοιες αλληλένδετες. Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί το περιβάλλον με πολλούς τρόπους, βασικής σημασίας για τη ζωή του. Οφείλει λοιπόν να σέβεται και να διαφυλάσσει το περιβάλλον και να το εκμεταλλεύεται με σύνεση. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970, η Ευρώπη ανέλαβε σταθερή δέσμευση όσον αφορά το περιβάλλον. Η δέσμευση αυτή αναφέρει ότι η προστασία της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και των υδάτων, η διατήρηση των φυσικών πόρων και της βιοποικιλότητας, η διαχείριση των αποβλήτων και των δραστηριοτήτων που έχουν δυσμενείς επιπτώσεις συγκαταλέγονται μεταξύ των πεδίων της ευρωπαϊκής δράσης, τόσο σε επίπεδο κρατών μελών όσο και στον διεθνή χώρο. Στόχος της ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής πολιτικής, που βασίζεται στο άρθρο 174 της συνθήκης για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, είναι η εξασφάλιση της αειφόρου ανάπτυξης του ευρωπαϊκού κοινωνικού μοντέλου, ανεξαρτήτως του εάν πρόκειται για διορθωτικά μέτρα με σκοπό την αντιμετώπιση συγκεκριμένων περιβαλλοντικών προβλημάτων ή για μέτρα που καλύπτουν περισσότερους τομείς ή ενσωματώνονται σε άλλους τομείς άσκησης πολιτικής.

### **1.2 Εξάντληση φυσικών ορυκτών πόρων**

Στην κατηγορία των φυσικών ορυκτών πόρων ανήκουν πηγές όπως το πετρέλαιο, ο λιγνίτης, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας, οι οποίες χρησιμοποιούνται παγκοσμίως, σε μεγάλη κλίμακα εφαρμογών για την παραγωγή διαφόρων μορφών ενέργειας.

Πρόσφατες έρευνες επάνω στην αυξανόμενη αυτή πορεία χρήσης, δείχνουν γενικότερα ότι οι υπάρχοντες πόροι δεν επαρκούν για να καλύψουν στο μέλλον τις αυξανόμενες ανάγκες, γεγονός που εξηγεί παράλληλα και την άνοδο των τιμών τους. Ο διεθνής οργανισμός ενέργειας εκτιμά αναλυτικότερα ότι η παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση θα αυξηθεί κατά 60% έως το 2030 και ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση, της οποίας το 80% της

παραγωγής ενέργειας καλύπτεται απο ορυκτούς πόρους θα δει τις εισαγωγές της ενέργειας να αυξάνονται απο το 50% που είναι σήμερα,σε 70%.Παράλληλα ο ανταγωνισμός για την διασφάλιση πόρων ενέργειας οδηγεί συχνά μέχρι και σε πολιτικές εντάσεις, απειλώντας ακόμη και την ειρήνη σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη. Για τον λόγω αυτό πολλές χώρες προσπαθούν να επενδύσουν πάνω στην καθαρή ενέργεια. Η ζήτηση επομένως και η κατανάλωση τους είναι ήδη τεράστια, αλλά και αυξάνεται συνεχώς με το πέρασμα του χρόνου και την παράλληλη αύξηση των αναγκών. Το αυτονόητο αποτέλεσμα της πορείας αυτής είναι σε πρώτο επίπεδο η σταδιακή μείωση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων.

### Πίνακες επενδύσεων και επιπτώσεων στην καθαρή ενέργεια



Πίνακας 1.1: Επενδύσεις στην καθαρή ενέργεια

### Πίνακας περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαφόρων πηγών ενέργειας

Στους παρακάτω πίνακες υπάρχει μια γενική αξιολόγηση των διαφόρων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα, με κριτήριο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την παραγωγή και την χρήση τους.

Στον **πρώτο** πίνακα αξιολογούνται οι **συμβατικές** πηγές ενέργειας, οι πηγές δηλαδή, των οποίων τα αποθέματα δεν είναι ανεξάρτητα αλλά περιορίζονται σταδιακά.

ΕΠΥΠΤΩΣΗ	ΑΝΘΡΑΚΑΣ	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	ΠΥΡΗΝΙΚΗ	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
SO2 NO2	4	3	1	1
CO2	4	4	2	4
CH4	2	1	-	3

ΥΓΙΕΙΝΗ	1	1	1	-
ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	2	2	-	-
ΒΑΡΙΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	2	1	-	2
ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΑΣ	1	2	-	2
ΑΠΟΒΛΗΤΑ	2	1	2	-
ΑΙΣΘΗΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	2	1	3	1
ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ	1	-	2	-
ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΓΗΣ	3	1	1	1

Πίνακας1.2: Συμβατικές πηγές ενέργειας και επιπτώσεις

Στον *δεύτερο* πίνακα βρίσκονται οι επονομαζόμενες **ανανεώσιμες** πηγές ενέργειας, οι πηγές δηλαδή οι οποίες θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Από τις τιμές του πίνακα γίνεται αισθητή η μεγαλύτερη αρνητική επιρροή που δημιουργούν στο περιβάλλον οι **συμβατικές** πηγές ενέργειας

ΕΠΥΠΤΩΣΕΙΣ	Φ/Β	ΑΙΟΛΙΚΗ	ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	ΒΙΟΜΑΖΑ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΙΚΗ	ΠΑΛΙΡ/ΚΗ	ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ
SO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub>			1	1			
CO <sub>2</sub>							

Πίνακας1.3: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και επιπτώσεις

**Επεξήγηση πίνακα :** Ανύπαρκτη = ‘-’ Ασήμαντη =1, Σημαντική = 2, Σημαντική/μεγάλη =3, Μεγάλη=4

### 1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ΑΠΕ

#### Πλεονεκτήματα

- ❖ Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- ❖ Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- ❖ Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- ❖ Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- ❖ Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- ❖ Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.
- ❖ Μηδενικές εκπομπές ρύπων κατά τη λειτουργία
- ❖ Χαμηλό μεταφορικό κόστος
- ❖ Υψηλή αξιοπιστία
- ❖ Δυνατότητα κάλυψης ευρείας κλίμακας εφαρμογών
- ❖ Προσαρμοστικότητα σε υπάρχουσες κατασκευές

- ❖ Επεκτασιμότητα του συστήματος

### **Μειονεκτήματα**

- ❖ Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- ❖ Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- ❖ Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

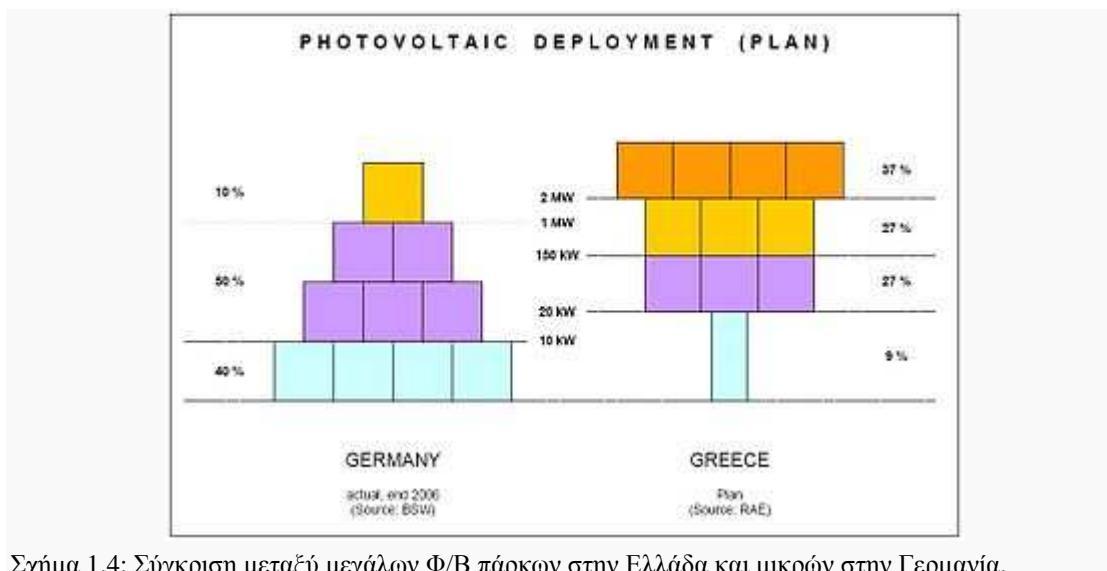
### **1.4 Οι ΑΠΕ στην Ελλάδα και κυρίως τα Φωτοβολταϊκά**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο της για το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Ως προς την ηλιοθερμική ενέργεια η Ελλάδα ήταν πρωτοπόρος χώρα στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες με περίπου ένα εκατομμύριο εγκατεστημένους ηλιακούς θερμοσίφωνες, που συμβάλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας το ανεξάντλητο ηλιακό δυναμικό. Τώρα μένει να γίνει το ίδιο και ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι προϋποθέσεις μάλιστα για τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα είναι ακόμα καλύτερες, αφού τα Φ/Β συστήματα παρουσιάζουν την μέγιστη παραγωγή ακριβώς εκείνες τις ώρες της ημέρας που και η κατανάλωση (ζήτηση) φτάνει στο μέγιστο και η ΔΕΗ ζητά από όλους τους καταναλωτές να περιορίσουν την ζήτηση ή αναγκάζεται να κάνει περικοπές (ελεγχόμενη συσκότιση). Τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιδοτούνται από το Ελληνικό κράτος μέσω του νέου επενδυτικού νόμου Ν. 3522/06 και του αναπτυξιακού νόμου Ν. 3299/04 για επενδυτές μεσαίας και μεγάλης κλίμακας (επιδότηση αγοράς εξοπλισμού έως και 40% ανάλογα με την περιοχή της εγκατάστασης και τα επιχειρηματικά κριτήρια που ικανοποιούνται). Στη συνέχεια, με βάση το νόμο Ν. 3468/06 για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ο επενδυτής συνάπτει δεκαετές συμβόλαιο – με μονομερή δυνατότητα ανανέωσης της σύμβασης από την πλευρά του επενδυτή για ακόμη δέκα χρόνια – για την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει στον ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) για τις διασυνδεδεμένες περιοχές, ή απευθείας στη ΔΕΗ για τις μη-διασυνδεδεμένες περιοχές. Η τιμή πώλησης κυμαίνεται από 0,40 έως 0,50 Ευρώ ανά κιλοβατώρα(kWh) ανάλογα με το μέγεθος και την περιοχή της εγκατάστασης. Όμως, και ο ιδιώτης μπορεί να επωφεληθεί του νόμου 3468, πουλώνοντας την πλεονάζουσα ενέργεια της εγκατάστασης ιδιοχρήσης που διαθέτει στις ίδιες ανταγωνιστικές τιμές, με επιπλέον όφελος φοροελάφρυνση έως και 700 Ευρώ στις παρούσες συνθήκες.

Τα κίνητρα αυτά είχαν δείξει τα πρώτα αποτελέσματα, και ήταν ευδιάκριτη η δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων σε πολλές περιοχές της χώρας, και την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε καινούργια ή και παλιότερα σπίτια. Με

την τρέχουσα νομοθεσία η Ελληνική πολιτεία στόχο είχε την δημιουργία μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων, σε αντίθεση με άλλες χώρες, που όπως η Γερμανία στοχεύουν στην ανάπτυξη πολλών μικρών συστημάτων.

Μία σχετική σύγκριση φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί. Τα στοιχεία του διαγράμματος προέρχονται από τον σύνδεσμο εταιρειών ηλιακής ενέργειας της Γερμανίας (BSW) και από την Ελληνική Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ).



Σχήμα 1.4: Σύγκριση μεταξύ μεγάλων Φ/Β πάρκων στην Ελλάδα και μικρών στην Γερμανία.

### Λόγοι Προώθησης των Φ/Β στην Ελλάδα

- ❖ Αξιοποίηση μιας εγχώρια και ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που είναι σε αφθονία με συμβολή στην ασφάλεια παροχής ενέργειας.
- ❖ Υποστήριξη του τουριστικού τομέα για καλύτερο περιβάλλον και οικολογικό τουρισμό, ιδιαίτερα στα νησιά.
- ❖ Ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου στις ώρες των μεσημβρινών αιχμών, ιδιαίτερα κατά την θερινή περίοδο έλλειψης ή πολύ υψηλού κόστους αιχμής, όπου τα Φ/Β παράγουν το μεγάλο μέρος ηλεκτρικής ενέργειας.
- ❖ Μείωση των απωλειών του δικτύου, με την παραγωγή στον τόπο της κατανάλωσης, ελάφρυνση των γραμμών και χρονική μετάθεση των επενδύσεων στο δίκτυο.
- ❖ Κοινωνική προσφορά του παραγωγού/ καταναλωτή και συμβολή στη βιώσιμη ανάπτυξη.
- ❖ Ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων με έντονη συμβολή σε αναπτυξιακούς και κοινωνικούς στόχους (νέες θέσεις εργασίας.)
- ❖ Ανάπτυξη βιομηχανικών δραστηριοτήτων εντός και εκτός της χώρας βιομηχανίες για κατασκευή Φ/Β, για ανάπτυξη ηλεκτρονικών ισχύος και μονάδες παραγωγής μπαταριών για Φ/Β εφαρμογές.

## **Τα Φ/Β στην Ευρώπη**

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία είναι αντίστοιχη με την ελληνική. Πολλές πόλεις χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν παράσχει ανάλογα κίνητρα για την εγκατάσταση Φ/Β τόσο σε οικιακές όσο και σε εταιρικές εγκαταστάσεις. Πρόσφατα, η πόλη με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στην Γερμανία το Φράιμπουργκ διατηρώντας τον τίτλο της «πράσινης πόλης» ανακοίνωσε την εγκατάσταση Φ/Β σε οικίες και δημόσια κτήρια ενώ τον Οκτώβριο του 2008 φιλοξενήθηκε το διεθνές συνέδριο για τα Φ/Β. Οι οικιακοί καταναλωτές στην πόλη πωλούν τα ποσά ενέργειας που περισσεύουν στον απαροχέα ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόμοιες προσπάθειες γίνονται επίσης, στην Νότια Γαλλία και στην Ιταλία καθώς οι περιοχές αυτές πλεονεκτούν από την άποψη της ημερήσιας ηλιοφάνειας.

### **1.5 Είδη Ήπιων Μορφών Ενέργειας**

#### **❖ Ηλιακή ενέργεια**

Χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή η φωτεινή ενέργεια ή η θερμότητα (θερμική ενέργεια) καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. 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. Για την παραγωγή ενέργειας, τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας, την ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία προέρχεται από την πυρήνα του Ηλίου, όπου γίνεται η πυρηνική σύντηξη ατόμων υδρογόνου και ατόμων ηλίου. Κάθε δευτερόλεπτο αυτής της διεργασίας, 700 εκατομμύρια τόνοι υδρογόνου μετατρέπονται σε 695 εκατομμύρια τόνους ηλίου. Οι υπόλοιποι 5 εκατομμύρια τόνοι μετατρέπονται σε ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, η οποία εκλύεται στο επιφανειακό του Ηλίου στο διάστημα. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία εισέλθει στην ατμόσφαιρα, ένα μέρος της σκεδάζεται (από μόρια αέρα νερού και σκόνης) και ένα μέρος απορροφάται (από  $O_3$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ ). Μόνο λοιπόν ένα μέρος της ακτινοβολίας προσπίπτει στο έδαφος χωρίς να έχει υποστεί κάποια επίδραση. Αυτή η συνιστώσα ακτινοβολία ονομάζεται ακτινική ή άμεση ακτινοβολία. Ένα μέρος της σκεδασμένης ηλιακής ακτινοβολίας επιστρέφει στο διάστημα, όμως το υπόλοιπο μέρος της σκεδασμένης ηλιακής ακτινοβολίας καταφέρνει να αφτάσει στο έδαφος. Η ηλιακή αυτή ακτινοβολία, της οποίας η κατεύθυνση έχει αλλάξει λόγω της σκέδασης στην ατμόσφαιρα, ονομάζεται διάχυτη ακτινοβολία. Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας θα μπορούσαμε να πούμε ότι η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες) ενώ η χρήση της για παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας από το ελληνικό κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση.



#### ❖ Αιολική ενέργεια.

Χρησιμοποιήθηκε παλιότερα για την άντληση νερού απο πηγάδια καθώς και για μηχανικές εφαρμογές (π.χ. την άλεση στους ανεμόμυλους). Έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως για ηλεκτροπαραγωγή.

#### ❖ Υδραυλική ενέργεια.

Είναι τα γνωστά υδροηλεκτρικά έργα, που στο πεδίο των ήπιων μορφών ενέργειας εξειδικεύονται περισσότερο στα μικρά υδροηλεκτρικά. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.

#### ❖ Βιομάζα.

Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε απ' το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα. Μπορεί να δώσει βιοαιθανόλη και βιοαέριο, που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές που θα χρησιμοποιηθεί πλατιά στο μέλλον.

#### ❖ Γεωθερμική ενέργεια.

Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών, όσον αφορά τη θέρμανση, και το 20%, όσον αφορά τον ηλεκτρισμό, με γεωθερμική ενέργεια.

#### ❖ Ενέργεια από τη θάλασσα

##### Ενέργεια από παλίρροιας.

Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.

##### Ενέργεια από κύματα.

Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.

##### Ενέργεια απο τους ωκεανούς.

Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο έρυνας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Ηλιακά συστήματα

Διακρίνονται στα εξής:

#### ❖ **Θερμικά Ηλιακά Συστήματα( ενεργητικά)**

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια, τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό, όπως το νερό για παράδειγμα. Η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας γίνεται μέσω ηλιακών συλλεκτών, σκουρόχρωμων δηλαδή επιφανειών καλά προσανατολισμένων στον ήλιο, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με νερό και του μεταδίδουν μέρος της θερμότητας που παρέλαβαν. Το παραγόμενο ζεστό νερό χρησιμοποιείται για απλή οικιακή ή πιο σύνθετη βιομηχανική χρήση, τελευταία δε ακόμη και για τη θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω κατάλληλων διατάξεων.

#### ❖ **Παθητικά Ηλιακά Συστήματα(φωτοβολταϊκά πλαίσια)**

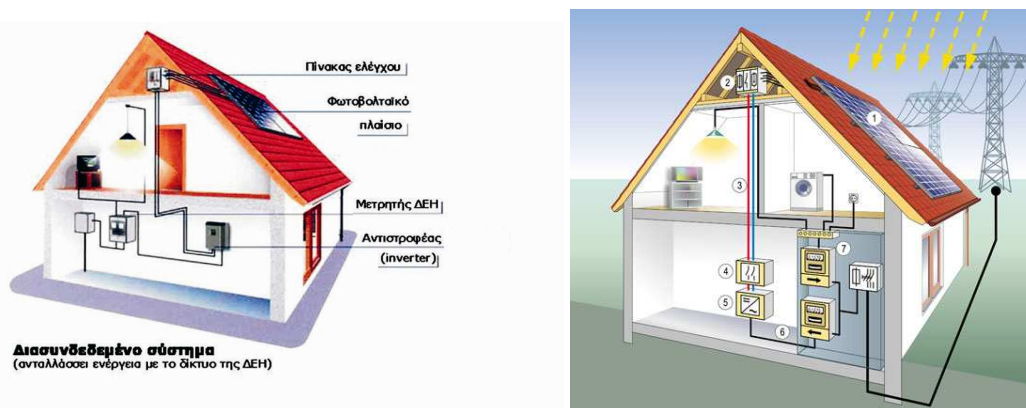
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από δομικά στοιχεία, κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους, ώστε να υποβοηθούν την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων ή για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε αυτά. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής και μπορούν να εφαρμοσθούν σε όλους σχεδόν τους τύπους κτιρίων.

### 2.2 Κατηγορίες Φωτοβολταϊκού Συστήματος

#### **Διασυνδεδεμένο Φωτοβολταϊκό Σύστημα**

Όταν το σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ ονομάζεται διασυνδεδεμένο σύστημα. Στην

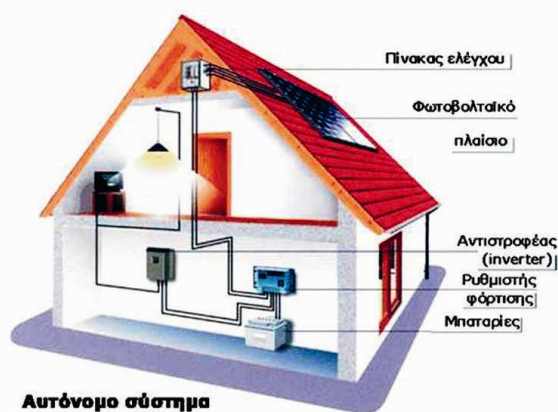
περίπτωση αυτή, το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται πουλιέται στη ΔΕΗ έναντι μιας ορισμένης από το νόμο τιμής αλλά συνεχίζει να καταναλώνει - αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ. Έχει δηλαδή ένα διπλό μετρητή για την καταμέτρηση της εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας. Ένα διασυνδεδεμένο σύστημα φαίνεται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 2.1: Διασυνδεδεμένο σύστημα

## Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα

Εναλλακτικά, μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί ένα αυτόνομο σύστημα που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας.



Σχήμα 2.3: Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για παροχή εφεδρικής ηλεκτρικής ενέργειας (δηλαδή ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής – UPS). Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (συν όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή. Ένα **αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα** είναι μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά από φωτοβολταϊκές γεννήτριες. Παραπέρα τα **αυτόνομα** φωτοβολταϊκά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτά που έχουν κάποια αποθηκευτική διάταξη ενέργειας (συνήθως μπαταρίες) και σε αυτά που είναι άμεσα

συνδεδεμένα μόνο με τα φορτία που τροφοδοτούν χωρίς αποθηκευτική διάταξη (παράδειγμα: εξοχικό σπίτι με μια μικρή dc αντλία νερού συνδεδεμένη απ' ευθείας με ένα φωτοβολταϊκό πάνελ). Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί ικανοποιητικά να καλύψει ανάγκες σε ηλεκτρισμό σε μία κατοικία, ένα γραφείο μια αποθήκη ή ένα σκάφος. Η ενέργεια αποθηκεύεται σε συσσωρευτές βαθιάς εκφορτίσεως και τάσεως που κυμαίνεται στα 12, 24 Volt ή 48V ενώ μπορεί να παράσχει αυτονομία από 1 έως και 5 ημέρες! Το αυτόνομο σύστημα περιλαμβάνει επίσης ένα αντιστροφέας (inverter) για την μετατροπή του ρεύματος από 12 Volt/ 24V ή 48V DC στα 220 Volt AC ώστε να χρησιμοποιηθεί για όλες τις ηλεκτρικές συσκευές όπως ψυγείο, τηλεόραση, λαμπτήρες φωτισμού, υπολογιστές, modem internet, συναγερμό, κάμερες ασφαλείας κ.α.)

Η διαστασιολόγηση γίνεται αντίστροφα από τον κλασσικό τρόπο για τα διασυνδεδεμένα συστήματα. Πρώτα υπολογίζουμε τις ενεργειακές ανάγκες που απαιτείται να καλυφθούν και στην συνέχεια γίνεται ο υπολογισμός του συστήματος. Για επαρκή υπολογισμό κατάλληλου αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι απαραίτητο ο μελετητής να γνωρίζει:

- ❖ Τις καταναλώσεις σε WATT της κάθε συσκευής που χρησιμοποιείτε ( ψυγείο, TV, φωτισμός, κλιματισμός... )
- ❖ Τις ώρες λειτουργίας τους σε ένα 24ωρο ( πχ. 4 ώρες TV, 5 ώρες φωτισμός κλπ)
- ❖ Τις μέρες λειτουργίας ( πχ. μόνο Σαββατοκύριακο ή μόνο 5 μέρες της εβδομάδα, κλπ )
- ❖ Την εποχή που τα χρησιμοποιείτε ( πχ μόνο το καλοκαίρι ή μόνο το χειμώνα σε καθημερινή βάση )
- ❖ Την ακριβή περιοχή τοποθέτησης για να υπολογισθεί το ενεργειακό φορτίο της περιοχής.

**Τα βασικά μέρη ενός αυτόνομου συστήματος είναι:**

- ❖ Τα φωτοβολταϊκά πάνελ
- ❖ οι συσσωρευτές
- ❖ ο ρυθμιστής φόρτισης
- ❖ ο αντιστροφέας dc/ac(για τις καταναλώσεις των 230volt)
- ❖ ασφάλειες
- ❖ διακόπτες dc
- ❖ όργανα μέτρησης χωρητικότητας συσσωρευτών

### **Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Συστήματα**

Τα υβριδικά συστήματα είναι συνδυασμός ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και άλλων συστημάτων παραγωγής ενέργειας (όπως ανεμογεννήτριες ή μικρά ηλεκτροπαραγωγικά ζεύγη) και αποτελούν λύση για επαρκούς κάλυψης φορτίου σε οποιοδήποτε συνθήκες. Για παράδειγμα υπάρχουν περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό και μάλιστα συνήθως όταν υπάρχει συννεφιά ο αέρας είναι ισχυρότερος. Έτσι μπορεί μια ανεμογεννήτρια και μια φωτοβολταϊκή συστοιχία να αλληλοσυμπληρώνονται σε μια εγκατάσταση. Σε αυτήν την περίπτωση οι δύο πηγές

ενέργειας τροφοδοτούν τις συστοιχίες των συσσωρευτών μέσω ρυθμιστών φόρτισης και από εκεί η ενέργεια διοχετεύεται στις καταναλώσεις της εγκατάστασης. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ενεργειακές πηγές μπαίνουν παράλληλα στο τοπικό δίκτυο με σκοπό την αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Η επιλογή ενός τέτοιου συστήματος προέρχεται από έναν συγκερασμό μετεωρολογικών και οικονομοτεχνικών δεδομένων. Συνήθως ένα τέτοιο σύστημα επιβάλλεται από το κόστος. Υπάρχουν περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό και μάλιστα συνήθως όταν υπάρχει συννεφιά ο αέρας είναι ισχυρότερος. Έτσι μπορεί μια ανεμογεννήτρια και μια φωτοβολταϊκή συστοιχία να αλληλοσυμπληρώνονται σε μια εγκατάσταση.

Σε αυτήν την περίπτωση οι δύο πηγές ενέργειας τροφοδοτούν τις συστοιχίες των συσσωρευτών μέσω ρυθμιστών φόρτισης και από εκεί η ενέργεια διοχετεύεται στις καταναλώσεις της εγκατάστασης για παράδειγμα ενός αυτόνομου **φωτοβολταϊκού σπιτιού**.



Σχήμα 2.4: Υβριδικό Φωτοβολταϊκό Σύστημα

### **2.3. Ηλιακή ενέργεια**

#### **Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική**

Η πρώτη παρατήρηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου έγινε το 1839 από τον Γάλλο φυσικό Henri Becquerel. Ο Becquerel ανακάλυψε πως είναι δυνατόν να εμφανισθεί ηλεκτρικό ρεύμα όταν μια φωτεινή πηγή εφαρμοσθεί σε ορισμένα χημικά διαλύματα. Το 1883, η πρώτη ηλιακή κυψέλη κατασκευάστηκε από τον Charles Fritts, ο οποίος χρησιμοποίησε το σελήνιο με ένα εξαιρετικά λεπτό στρώμα χρυσού για την κατασκευή των ενώσεων. Η συσκευή ήταν περίπου 1% αποτελεσματική.

Στη συνέχεια, ο Ρώσος φυσικός Aleksandr Stoletov κατασκεύασε την πρώτη ηλιακή κυψέλη με βάση το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (το ανακάλυψε ο Heinrich Hertz νωρίτερα το 1887). Ενώ, το 1946 ο Russell Ohl κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την κατασκευή ενώσεων ηλιακών κυψελών. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο άρχισε να γίνεται παγκοσμίως γνωστή κυρίως με την ανακοίνωση της πρώτης κατασκευής ηλιακής κυψέλης πυριτίου από τους Fuller,

Pearson και Chappin το 1954. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών. Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά (διαπερατότητα) είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας.

Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας (σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας) η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων σε ηλεκτρική ενέργεια.

Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών. Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων του ατόμου στην εξωτερική του στοιβάδα (σθένους). Ο περισσότερο γνωστός ημιαγωγός και το πιο σύνηθες υλικό κατασκευής των ηλιακών κυψελών είναι το πυρίτιο (Si). Το πυρίτιο έχει κάποιες ιδιαίτερες χημικές ιδιότητες στην κρυσταλλική του δομή. Ένα άτομο πυριτίου έχει 14 ηλεκτρόνια κατανομημένα σε τρεις διαφορετικές στοιβάδες. Οι πρώτες δύο στοιβάδες, αυτές που είναι πιο κοντά στο κέντρο, είναι συμπληρωμένες (2 και 8 ηλεκτρόνια αντίστοιχα). Η εξωτερική στοιβάδα όμως έχει μόνο 4 ηλεκτρόνια ενώ θα έπρεπε να έχει 8. Γι' αυτό μοιράζεται ηλεκτρόνια με τα γειτονικά του άτομα. Έτσι, τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν την κρυσταλλική δομή του πυριτίου, που είναι πολύ σημαντική για τις ηλιακές κυψέλες.

Αυτό είναι το καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο. Το καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού αφού κανένα ηλεκτρόνιο του δεν είναι ελεύθερο να μετακινηθεί όπως τα ηλεκτρόνια στους καλούς αγωγούς, σαν το χαλκό. Αντίθετα τα ηλεκτρόνια του είναι 'κλειδωμένα' στην κρυσταλλική δομή του. Το πυρίτιο σε μια ηλιακή κυψέλη τροποποιείται ελαφρά έτσι ώστε να μπορέσει να λειτουργήσει σαν ηλιακή κυψέλη. Το κρυσταλλικό πυρίτιο αναμιγνύεται με άτομα φωσφόρου.

Ο φώσφορος έχει 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα και όχι 4 όπως το πυρίτιο. Πάλι συνδέεται με τα γειτονικά του άτομα πυριτίου αλλά ο φώσφορος έχει ένα ηλεκτρόνιο που δεν συνδέεται με κάποιο άλλο. Δεν σχηματίζει δεσμό, αλλά υπάρχει ένα θετικό πρωτόνιο στον πυρήνα του φωσφόρου που το συγκρατεί. Όταν διοχετεύεται ενέργεια στο καθαρό πυρίτιο, για παράδειγμα με τη μορφή θερμότητας, μερικά ηλεκτρόνια σπάζουν τους δεσμούς τους και φεύγουν από τα άτομα τους. Τότε δημιουργείται μια κενή θέση στο άτομο. Αυτά τα ηλεκτρόνια περιφέρονται τυχαία μέσα στο κρυσταλλικό πυρίτιο αναζητώντας μια άλλη θέση. Έτσι μεταφέρουν την ενέργεια (ηλεκτρικό ρεύμα). Είναι τόσο λίγα που δεν είναι πολύ χρήσιμα. Το πυρίτιο, όμως, με άτομα φωσφόρου είναι κάτι διαφορετικό. Χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για να ελευθερωθεί το επιπλέον ηλεκτρόνιο του φωσφόρου, αφού αυτό δεν σχηματίζει δεσμό με άλλο (τα γειτονικά ηλεκτρόνια δεν το συγκρατούν).

Σαν αποτέλεσμα τα περισσότερα από αυτά τα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και γίνονται φορείς ηλεκτρικού ρεύματος, που είναι πολύ περισσότεροι από αυτούς του κρυσταλλικού πυριτίου. Η διαδικασία μίξης ατόμων κρυσταλλικού πυριτίου με άτομα φωσφόρου δημιουργεί πυρίτιο που ονομάζεται πυρίτιο τύπου N (Negative, Αρνητικό) εξαιτίας της υπεροχής του αριθμού των ηλεκτρονίων και είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Στην πραγματικότητα μόνο ένα μέρος της ηλιακής κυψέλης είναι πυρίτιο τύπου N. Το άλλο μέρος είναι ανάμειξη κρυσταλλικού πυριτίου με βόριο, το οποίο έχει μόνο 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα αντί για 4, και μετατρέπεται σε πυρίτιο τύπου P. Αντί να έχει ελεύθερα ηλεκτρόνια, το πυρίτιο τύπου

P (Positive, θετικό) έχει ελεύθερες θέσεις. Οι θέσεις αυτές είναι ουσιαστικά απουσία ηλεκτρονίων, και έτσι μεταφέρουν αντίθετο φορτίο (θετικό) και περιφέρονται όπως και τα ηλεκτρόνια. Όταν τοποθετηθούν μαζί πυρίτιο τύπου P και N, η ηλιακή κυψέλη έχει τουλάχιστον ένα ηλεκτρικό πεδίο. Χωρίς ηλεκτρικό πεδίο, η κυψέλη δεν θα λειτουργούσε. Ξαφνικά τα ηλεκτρόνια του πυριτίου τύπου N ψάχνουν για ελεύθερες θέσεις και προσπαθούν να καλύψουν τις κενές θέσεις στο πυρίτιο τύπου P. Το ηλεκτρικό πεδίο λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, επιτρέποντας τα ηλεκτρόνια να περάσουν από το πυρίτιο P στο N αλλά όχι αντίστροφα. Έτσι, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο που λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, στο οποίο τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν σε μια μόνο κατεύθυνση. Άρα λοιπόν, η λειτουργία των ηλιακών κυψελών βασίζεται στην δημιουργία ηλεκτροστατικού φράγματος δυναμικού. Όσο διαρκεί η ακτινοβολία της κυψέλης, δημιουργείται μια περίσσεια από ζεύγη φορέων. Αν οι ελεύθεροι αυτοί φορείς δεν επανασυνδυαστούν αλλά βρεθούν στην περιοχή της ένωσης P-N, θα δεχτούν το ενσωματωμένο ηλεκτροστατικό πεδίο της διόδου και θα διαχωριστούν. Έτσι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου N και οι οπές μεταφέρονται προς το τμήμα τύπου P, με αποτέλεσμα η συσσώρευση αυτή του φορτίου στα δυο τμήματα να δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου. Η διάταξη, δηλαδή, λειτουργεί ως ορθά πολωμένη δίοδος και ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος για όσο διαρκεί η οπτική διέγερση. Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δυο όψεις της ηλιακής κυψέλης σύμφωνα με την διαδικασία που προαναφέρθηκε ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

#### **2.4. Ηλιακή Γεωμετρία**

Η Ηλιακή Γεωμετρία αναφέρεται στη μελέτη της θέσης του Ήλιου σε σχέση με δεδομένο σημείο κατά ορισμένο χρονικό διάστημα.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που διαμορφώνει την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η θέση του ήλιου σε σχέση με το σημείο της γης που δέχεται την ακτινοβολία.

#### **Ηλιακή σταθερά $G_{sc}$**

Ως ηλιακή σταθερά ορίζεται η ροή της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία μοναδιαία επιφάνεια κάθετη στις ακτίνες του ήλιου στο όριο της ατμόσφαιρας:

$$G_{sc}=1353\text{w/m}^2$$

Λόγω της μεταβολής της απόστασης ήλιου-γης κατά την διάρκεια του έτους χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση για τον υπολογισμό της διαχρονικής μεταβολής της ηλιακής σταθεράς:

$$G_{an}= G_{sc}(1+0.0033*\cos360*n/365)$$

Όπου:

n οι ημέρες του έτους  $n=1,2,3,\dots,365$

σημεία ακτινοβολία που δέχεται επίπεδο εκτός ατμόσφαιρας και κάθετο στις ακτίνες του ήλιου.

### Γεωγραφικό πλάτος του τόπου φ

Το γεωγραφικό πλάτος του τόπου εκφράζει τη γωνία που σχηματίζει ο τοπος με τον ισημερινό και είναι:

$$-90 \leq \varphi \leq 90$$

Γεωγραφικά πλάτη διαφόρων ελληνικών περιοχών, για την επιλογή της σωστής κλίσης του ηλιακού συλλέκτη. Υπάρχουν και εφαρμογές, όπου κρίνεται σκόπιμη η αναπροσαρμογή της κλίσης του συλλέκτη δύο ή περισσότερες φορές στη διάρκεια του έτους ώστε να παρακολουθεί κάπως την απόκλιση του ήλιου.

ΠΟΛΗ Η ΠΕΡΙΟΧΗ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ
Σιδηρόκαστρο, Διδυμότειχο, Ορεστιάδα, Φλώρινα, Έδεσσα, Γιαννιτσά, Κυκλίκ	41ο30'
Ξάνθη, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη	41ο
Καστοριά, Πτολεμαίδα, Κοζάνη, Νάουσα, Βέροια, Κατερίνη, Θεσσαλονίκη,	40ο30'
Κόνιτσα, Γρεβενά, Λιτοχωρό, Κασσάνδρα, Λήμνος	40ο
Κέρκυρα, Ηγουμενίτσα, Ιωάννινα, Μέτσοβο, Τρίκαλα, Καρδίτσα, Λάρισα	39ο30'
Λευκάδα, Πρέβεζα, Άρτα, Καρπενήσι, Λαμία, Σκύρος, Μυτιλήνη	39ο
Κεφαλληνία, Ιθάκη, Αγρίνιο, Μεσολόγγι, Πάτρα, Αμφιλοχία, Λιβαδειά, Θήβα	38ο 30'
Ζάκυνθος, Αμαλιάδα, Καλάβρυτα, Κόρινθος, Μέγαρο, Ελευσίνα, Αθήνα,	38ο
Ραφήνα	
Πύργος, Μεγαλόπολη, Τρίπολη, Άργος, Ναύπλιο, Πόρος, Σύρος, Πάτμος	37ο 30'
Πύλος, Καλαμάτα, Σπάρτη, Πάρος, Νάξος, Κάλυμνος, Κως	37ο
Γύθειο, Μήλος, Σαντορίνη, Ρόδος	36ο 30'
Κύθηρα, Καστελόριζο	36ο
Χανιά, Ρέθυμνο, Ηράκλειο, Κάσσο, Κάρπαθος	35ο 30'
Χώρα Σφακίων, Ιεράπετρα, Αγ.Νικόλαος Κρήτης, Κύπρος	35ο

Πίνακας 4: Γεωγραφικό πλάτος (κατά προσέγγιση) διαφόρων Ελληνικών πόλεων και περιοχών.

### Κλίση και απόκλιση

Ο άξονας B-N της Γης αποκλίνει από τη κάθετο στο επίπεδο της εκλειπτικής κατά σταθερή γωνία περίπου. Οι διαδοχικές θέσεις του άξονα B- N στο Διάστημα ορίζουν ένα λοξό κύλινδρο με άξονα την ευθεία Ήλιου-Πολικού Αστερά. Έτσι, η γωνία μεταξύ του άξονα B-N και των ηλιακών ακτίνων (‘απόκλιση’) μεταβάλλεται στη διάρκεια του έτους από  $90 + 23.5 = 113.5$  έως  $90 - 23.5 = 66.5$

### Γωνία πρόσπτωσης



Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε κάποιο επίπεδο εξαρτάται κυρίως από τη γωνία μεταξύ των ακτίνων και του επιπέδου. Η γωνία αυτή μεταβάλλεται στη διάρκεια της ημέρας. Για οριζόντιο επίπεδο είναι μηδέν κατά την ανατολή και τη δύση. Κατά το 'ηλιακό μεσημέρι' παρουσιάζεται η μέγιστη η μερήσια τιμή της, η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και την ημερομηνία.

### **Ηλιακές γωνίες**

Οι ηλιακές γωνίες είναι ένα ζεύγος γωνιακών μεταβλητών ('ηλιακό ύψόμετρο' & 'αζιμούθιο'), που ορίζουν τη φαινόμενη θέση του Ήλιου στη δεδομένη στιγμή.

Το *υψόμετρο* είναι η γωνία μεταξύ μιας ακτίνας και της οριζόντιας προβολής της. Τα σημεία του ορίζοντα έχουν υψόμετρο 0, ενώ το υψόμετρο του zenith είναι 90.

Το *αζιμούθιο* είναι η γωνία της οριζόντιας προβολής της ακτίνας και της διεύθυνσης που λαμβάνεται ως αφετηρία. Μετράται στο οριζόντιο επίπεδο δεξιόστροφα, με αφετηρία τον Βορρά ή τον Νότο.

### **Ηλιακά διαγράμματα**

Τα ηλιακά διαγράμματα είναι χάρτες του ουράνιου θόλου που απεικονίζουν τη τοποθεσία του Ήλιου όπως φαίνεται από τα σημεία συγκεκριμένου γεωγραφικού πλάτους σε επιλεγμένες ημέρες. Προσφέρουν μια γρήγορη εικόνα του ηλίου στη διάρκεια ολόκληρου του έτους. Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί με παρόμοιες γραφικές μεθόδους στη μελέτη του ηλιασμού. Γενικότερα, τα διαγράμματα αυτά αποτελούν 'χάρτες' του ουρανού, όπου κάθε σημείο του ουράνιου θόλου αντιστοιχεί σε ζεύγος γωνιακών συντεταγμένων, όπως ακριβώς σε κάθε γεωγραφικό χάρτη. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να παρασταθούν όχι μόνο η θέση του Ήλιου αλλά και άλλα στοιχεία, π.χ. μια βουνοκορφή.

## **2.5. Ενσωμάτωση Φωτοβολταϊκών σε Κτίρια**

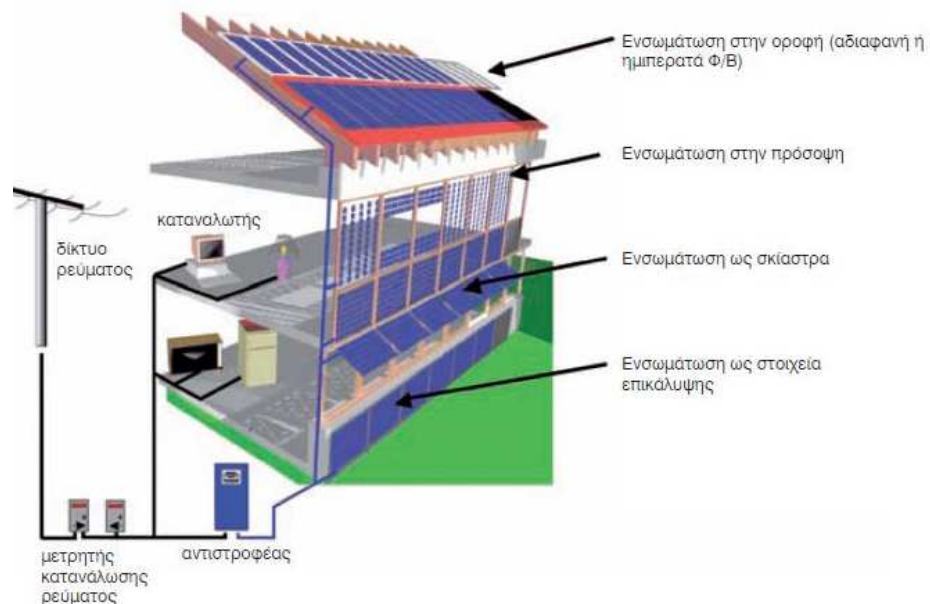
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι εγκατεστημένα σε κτίρια αποτελούν δομικό υλικό για το κέλυφος του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως παραγωγό καθακής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο, με σημαντικό πλεονέκτημα την εξοικονόμηση κόστους τόσο των υλικών όσο και της ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά αποτελούν ιδανικά οικοδομικά στοιχεία σε πολλαπλές εφαρμογές καθώς επιτρέπουν μεγάλη ευελιξία στον σχεδιασμό. Μπορούν να αντικαταστήσουν διαφορετικά στοιχεία-από γυάλινες προσόψεις μέχρι οροφές-ή να υποκαταστήσουν παραδοσιακά οικοδομικά υλικά σε εφαρμογές όπως η σκίαση και η στεγανοποίηση. Με ποικιλία σε σχήματα και χρώματα και την ικανότητα να συνδυάζονται αρμονικά ή να ξεχωρίζουν, επιτρέπουν στους αρχιτέκτονες να κρύψουν ή να προβάλλουν τη χρήση τους σύμφωνα με τις οικοδομικές απαιτήσεις. Τα φωτοβολταϊκά έχουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης σε οποιοδήποτε οικοδομικό έργο, από κτίρια υψηλής τεχνολογικής αισθητικής έως οικοδομήματα πολιτιστικής κληρονομιάς.

Παρόλο που η χρήση των φωτοβολταϊκών από τους αρχιτέκτονες, ως δομικό υλικό αυξάνεται συνεχώς, ο αριθμός των κτιρίων που έχουν ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ακόμα χαμηλός. Το υψηλό κόστος της ενσωμάτωσής τους προβάλλεται συνήθως ως η αιτία για την μη υιοθέτησή τους. Ωστόσο το κόστος δεν μπορεί να θεωρηθεί ως καθοριστική αιτία, καθώς συχνά στις προσόψεις των κτιρίων

χρησιμοποιούνται υλικά υψηλότερου κόστους όπως π.χ γρανίτης. Η ενσωμάτωση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό επιτρέπει στον σχεδιαστή να δημιουργήσει περιβαλλοντικά ήπια και ενεργειακά αποδοτικά κτίρια, χωρίς να θυσιάσει την άνεση, την αισθητική ή την οικονομία. Η σύγχρονη φωτοβολταϊκή τεχνολογία έχει πολλαπλές δυνατότητες αρχιτεκτονικής ενσωμάτωσης και ικανοποιεί απαιτητικές λειτουργίες ή αισθητικές παραμέτρους.

Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές αφορούν την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών σε:

- ❖ Στέγες / Ταράτσα
- ❖ Πρόσοψη
- ❖ Σκίαστρα / Στέγαστρα



Σχήμα 2.4: Εναλλακτικές δυνατότητες ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών σε κτίριο.

## **2.6. Προσανατολισμός του συλλέκτη**

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι ο προσανατολισμός του ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως η θέση του ήλιου στον ουρανό, έτσι και ο προσανατολισμός ενός επίπεδου στην επιφάνεια της γης περιγράφεται από δύο γωνίες : την κλίση και την αζιμούθια γωνία. Η κλίση του συλλέκτη είναι η διέδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη. Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι ο προσανατολισμός του ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας.

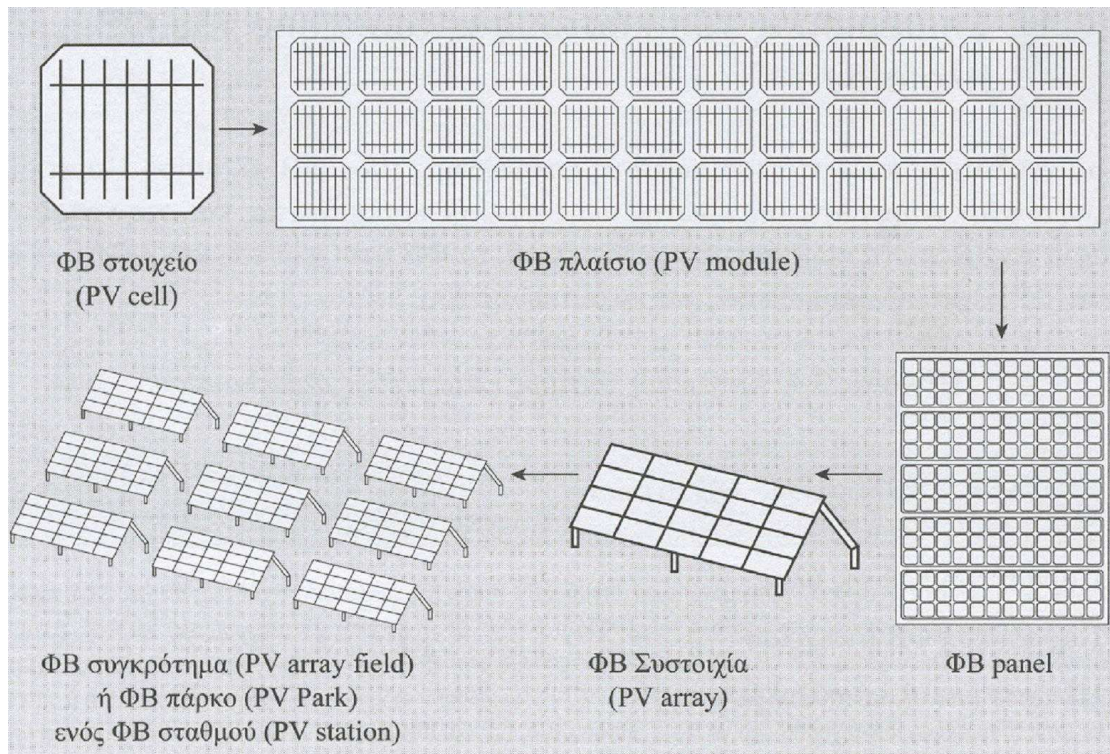
Για γωνίες  $>90$  μοιρών το επίπεδο του συλλέκτη είναι στραμμένο προς τα κάτω. Η αζιμούθια γωνία του συλλέκτη είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του συλλέκτη και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου. Παίρνει τιμές από  $-180$  μέχρι  $+180$ . Η γωνία  $-180$  (που συμπίπτει με την  $+180$ ) αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του συλλέκτη προς το βορρά, η γωνία  $-90$  προς την ανατολή, η γωνία  $0$  προς το νότο και η γωνία  $+90$  προς τη δύση. Προφανώς, η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας, πάνω σε ένα επίπεδο συλλέκτη θα πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς τη κατεύθυνση της ακτινοβολίας, δηλαδή όταν η γωνία πρόσπτωσης ( $\theta$ ) είναι  $0$ . Η συνθήκη όμως αυτή δεν είναι εύκολο να εξασφαλιστεί καθώς ο ήλιος συνεχώς μετακινείται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έχουν κατασκευαστεί μηχανικές διατάξεις που επαναπροσανατολίζουν συνεχώς τον συλλέκτη (π.χ. με τη βοήθεια υπολογιστή ή φωτοκύτταρων) ώστε η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Οι διατάξεις όμως αυτές είναι πολύπλοκες και δαπανηρές. Έτσι, η χρήση τους δικαιολογείται μόνον σε περιπτώσεις εφαρμογών, όπως στα συστήματα συγκεντρωμένης ακτινοβολίας με φακούς ή κάτοπτρα.

Οι επίπεδοι συλλέκτες χρησιμοποιούν την άμεση και τη διάχυτη ακτινοβολία και συνήθως τοποθετούνται υπό σταθερή κλίση και προσανατολισμό κατά τη διάρκεια του έτους. Η επιλογή του ευνοϊκού προσανατολισμού και της κλίσης του συλλέκτη είναι το σημαντικότερο μέτρο για τη βελτίωση του ηλιακού κέρδους. Η θέση του συλλέκτη (προσανατολισμός και κλίση) επηρεάζει την απόδοσή του κατά δύο τρόπους. Πρώτα επηρεάζει σημαντικά το ποσό της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη. Ακόμα η θέση του συλλέκτη επηρεάζει τον συντελεστή διάβασης των διαφανών καλυμμάτων και τον συντελεστή απορρόφησης του απορροφητήρα, αφού οι δύο συντελεστές είναι συναρτήσεις της γωνίας, που η ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια του συλλέκτη.

**Γενικά** η μεγαλύτερη ποσότητα της ηλιακής ενέργειας, λαμβάνεται σε μία **Νότια προσανατολισμένη κλίση**. Εάν η επιφάνεια του συλλέκτη δεν αντικρίζει ακριβώς το νότο, το ποσό της ωφέλιμης ενέργειας, μειώνεται ελαφρά σε μία γωνία  $30$  ανατολικά, δυτικά ή νότια. Η κλίση για συστήματα που λειτουργούν όλο το χρόνο είναι  $45$  ενώ αντίθετα για συστήματα που λειτουργούν καλοκαιρινούς μήνες π.χ. ξενοδοχεία η κλίση λαμβάνεται μικρότερη περίπου  $25$ . Έτσι είναι δυνατόν να αξιολογηθεί ορθά η εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων ώστε να βελτιστοποιηθεί η απόδοσή τους.

## **2.7. Οι ηλιακές κυψέλες**

Επειδή η ενέργεια που παράγεται από μια ηλιακή κυψέλη είναι περιορισμένη και προκειμένου να παραχθεί μια σημαντική ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος, πολλές ηλιακές κυψέλες συνδέονται μεταξύ τους ηλεκτρονικά, σχηματίζοντας έτσι ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις, στις οποίες γίνεται παραγωγή μέσης ή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ισχύος, απαιτείται η ύπαρξη πολλών φωτοβολταϊκών πλαισίων, τα οποία συνδέονται και σχηματίζουν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια διατάσσονται με τέτοιο τρόπο, στο διαθέσιμο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης μεταξύ των διαφορετικών σειρών των πλαισίων.



Σχήμα 2.5: Ηλιακές κυψέλες

### Η δομή των ηλιακών κυψελών

Για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, οι ηλιακές κυψέλες έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμα τους μεταλλικά ελάσματα ανοδιωμένου αλουμινίου και, για λόγους προστασίας είναι αεροστεγώς και υδατοστεγώς κλεισμένα μέσα σε ειδικό γυαλί και ειδικό μονωτικό πλαστικό.

**Οι ηλιακές κυψέλες αποτελούνται από:**

- ❖ Μεταλλική
- ❖ Πυρίτιο τύπου P
- ❖ Πυρίτιο τύπου N
- ❖ Μη-ανακλαστικό στρώμα επικάλυψης
- ❖ Μεταλλικά αγωγίμα ελάσματα



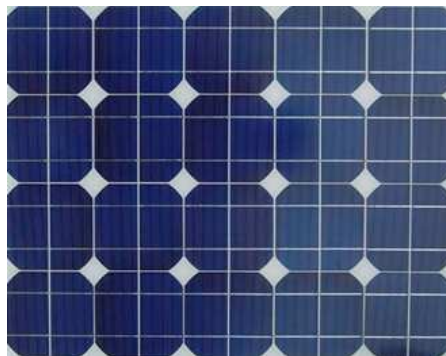
Σχήμα 2.6: Δομή ηλιακής κυψέλης

## 2.8. Τα είδη των ηλιακών κυψελών

*Οι ηλιακές κυψέλες μπορούν να διαφοροποιηθούν με βάση την κρυσταλλική τους δομή σε:*

### Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

Οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχουν κοπεί από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Το πυρίτιο πρέπει να είναι πολύ υψηλής καθαρότητας και να έχει τέλεια δομή κρυστάλλου. Αυτού του είδους οι ηλιακές κυψέλες έχουν και την μεγαλύτερη απόδοση, δηλαδή μετατρέπουν μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Η κατασκευή τους όμως είναι πιο πολύπλοκη γιατί απαιτεί την κατασκευή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποτέλεσμα υψηλότερο κόστος κατασκευής.



Σχήμα 2.7: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο μονοκρυσταλλικού πυριτίου

### Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

Οι ηλιακές κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλομένου πυριτίου. Για την παραγωγή τους, οι ράβδοι του πυριτίου κόβονται σε λεπτά τμήματα από τα οποία κατασκευάζεται η κυψέλη του φωτοβολταϊκού πλαισίου με την διαδικασία χύτευσης. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι απλούστερη από εκείνη των μονοκρυσταλλικών ηλιακών κυψελών με αποτέλεσμα χαμηλότερο κόστος παραγωγής. Όμως, παρουσιάζουν μικρότερη

απόδοση από τις ηλιακές κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου που οφείλεται στις ατέλειες στη δομή του κρυστάλλου ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χύτευσης.



Σχήμα 2.8: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

### **Άμορφο πυρίτιο(thin film)**

Το άμορφο πυρίτιο ανήκει σε μια από τις τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin film technology). Οι ηλιακές κυψέλες αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα πυριτίου που έχει εναποτεθεί ομοιόμορφα σε κατάλληλη βάση. Σαν βάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεγάλη ποικιλία υλικών από δύσκαμπτα μέχρι ελαστικά με αποτέλεσμα μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών, ιδιαίτερα σε καμπύλες ή εύκαμπτες επιφάνειες. Ενώ το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση του φωτός, εντούτοις η φωτοβολταϊκή απόδοση του είναι η μικρότερη των κρυσταλλικών. Το φθινό όμως κόστος κατασκευής τους τα κάνει ιδανικά σε εφαρμογές όπου δεν απαιτείται υψηλή απόδοση. Εκτός από τους παραπάνω τρεις τύπους ηλιακών κυψελών από πυρίτιο που διατίθενται στην παγκόσμια αγορά, γίνονται έρευνες και προσπάθειες για τη χρησιμοποίηση και άλλων στοιχείων (είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό) όπως γάλλιο-αρσενικό (GaAs), θείο-κάδμιο (CdS), φώσφορο-ίνδιο (InP).



Σχήμα 2.9: Άμορφο πυρίτιο(thin film)

### Απεικόνιση της απόδοσης των τριών συνηθέστερων τύπων:

Υλικό της ηλιακής κυψέλης	Απόδοση ηλιακής κυψέλης
Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	13-16%
Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο	12-14%
Άμορφο πυρίτιο	6-8%

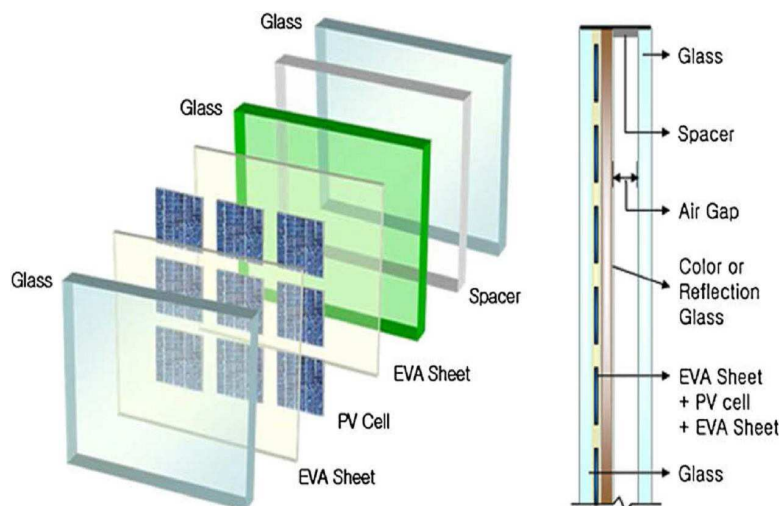
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια

Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από έναν αριθμό ηλιακών κυψελών. Για να γίνει εφικτή η λειτουργία του πλαισίου, είναι σημαντικό να προστατεύονται οι ηλιακές κυψέλες από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι ηλιακές κυψέλες είναι πολύ λεπτές και άρα επιρρεπείς σε μηχανικές βλάβες. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων και η δομή τους συχνά είναι διαφορετική για τα διάφορα είδη ηλιακών κυψελών ή για τις ποικίλες εφαρμογές τους. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από διάφορα στρώματα, τα οποία είναι:

- ❖ Ειδικό γυαλί
- ❖ Συμπυκνωμένο υλικό (Ethylene Vinyl Acetate (EVA) Sheet) για την ενθυλάκωση των κυψελών
- ❖ Ηλιακές κυψέλες
- ❖ Συμπυκνωμένο υλικό (EVA)
- ❖ Ειδικό γυαλί
- ❖ Κενό αέρος
- ❖ Ειδικό γυαλί

Οι ηλιακές κυψέλες περικλείονται συνήθως από δυο κομμάτια γυαλιού ή ένα φύλλο γυαλιού και ένα πλαστικού, ενώ μερικές φορές εξ ολοκλήρου από πλαστικό. Τα είδη των γυαλιών που χρησιμοποιούνται είναι διαφανή, χρωματισμένα και αντανακλούν την θερμότητα. Το συμπυκνωμένο υλικό είναι συνήθως EVA, υλικό που εμφανίζει πολύ καλή ηλεκτρική μόνωση και μεγάλη διαπερατότητα στο φως.



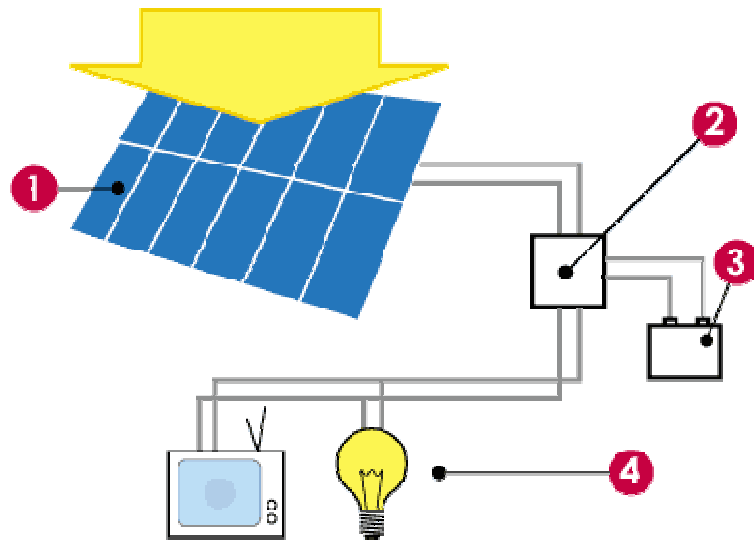
Σχήμα 3.1: στρώματα Φ/Β πλαισίου

Οι ηλιακές κυψέλες συνδέονται σε σειρά, παράλληλα ή και συνδυασμένες προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε τάση και σε ρεύμα. Επίσης, οι ηλιακές κυψέλες πρέπει να όμοιες, για να εμφανίζουν όμοια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και να επιτυγχάνεται η ομαλή λειτουργία του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και, συνακόλουθα, η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

### **3.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα για ηλεκτροδότηση**

Όλοι έχουμε συναντήσει φωτοβολταϊκά συστήματα σε μικρούς υπολογιστές και ρολόγια. Πρόκειται για συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια και που, εδώ και πολλά χρόνια, χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση μη διασυνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο καταναλώσεων. Δορυφόροι, φάροι και απομονωμένα σπίτια χρησιμοποιούν παραδοσιακά τα φωτοβολταϊκά για την ηλεκτροδότησή τους. Στην Ελλάδα, η προοπτική ανάπτυξης και εφαρμογής των Φ/Β συστημάτων είναι τεράστια, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από Φωτοβολταϊκά έχει ένα τεράστιο πλεονέκτημα αποδίδει την μέγιστη ισχύ της κατά τη διάρκεια της ημέρας που παρουσιάζεται η μέγιστη ζήτηση. Ένα βασικό φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο, ένα φορτίο και ένα καλώδιο σύνδεσης. Ο αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων αλλά και τα συμβαλλόμενα μέρη του φωτοβολταϊκού συστήματος εξαρτώνται από την απαιτούμενη ισχύ του συστήματος και το είδος της εφαρμογής. Στη συνέχεια, παρατίθενται οι διάφοροι τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων.





Σχημα 3.2: Αυτόνομο σύστημα

*Ανάλογα με τη χρήση του παραγόμενου ρεύματος, τα Φ/Β κατατάσσονται σε:*

- ❖ **Αυτόνομα συστήματα**, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων καταναλώνεται επιτόπου και εξολοκλήρου από την παραγωγή στην κατανάλωση
- ❖ **Διασυνδεδεμένα συστήματα**, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού.

### Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεραιές τηλεπικοινωνιακών σταθμών, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα δηλαδή δεν είναι συνδεδεμένα με κάποιο δίκτυο. Βέβαια υπάρχουν συστοιχίες συσσωρευτών, οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, ενώ σε περίπτωση που υπάρχουν φορτία εναλλασσομένου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφείας στο σύστημα, ο οποίος θα μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση. Όταν τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυασθούν και με άλλη ανανεώσιμη ή συμβατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ανεμογεννήτρια, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, κ.λ.π.) τότε χαρακτηρίζονται σαν υβριδικά.

**Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούνται από:**

### Φωτοβολταϊκά πλαίσια

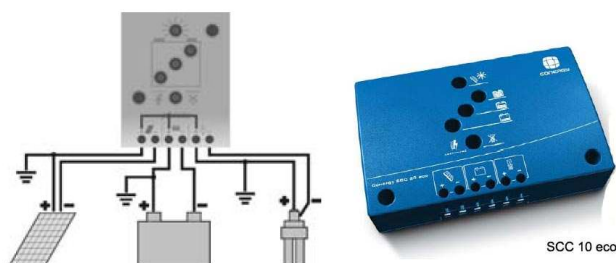
Παράγουν απευθείας από τον ήλιο συνεχές ρεύμα (DC). Η τάση και η ισχύς τους συστήματος εξαρτώνται από τον αριθμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων που συνδέθηκαν (στη σειρά ή παράλληλα).

### Ανεμογεννήτρια

Στην περίπτωση που υπάρχει ανεμογεννήτρια, τότε, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι υβριδικό. Η ανεμογεννήτρια παράγει ρεύμα από την ταχύτητα του ανέμου. Συνεργάζεται με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για την φόρτιση του συσσωρευτή του συστήματος. Τοποθετείται βοηθητικά σε περιοχές με μέτριο ή υψηλό αιολικό δυναμικό. Συνήθως συμπληρώνει με ενέργεια τις ημέρες με κακοκαιρία που τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν αποδίδουν την μέγιστη ισχύ τους.

### Ρυθμιστής φόρτισης

Πρόκειται για μία ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου της φόρτισης και εκφόρτισης του συσσωρευτή. Είναι απαραίτητη συσκευή για την μακροχρόνια χρήση του συσσωρευτή και την σωστή λειτουργία του. Οι περισσότεροι ρυθμιστές φόρτισης διαθέτουν οθόνη με όλες τις πληροφορίες του συστήματος.



Σχημα 3.3:Ρυθμιστής Φόρτισης

### Συσσωρευτής

Αποθηκεύει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή τις ανεμογεννήτριες και την διαθέτει μόλις η κατανάλωση το απαιτήσει. Ανάλογα με την χωρητικότητα του εξαρτάται και η αυτονομία του συστήματος η οποία υπολογίζεται συνήθως για 3-4 ημέρες για τα δεδομένα της Ελλάδας. Ο συσσωρευτής αποτελείται από στοιχεία τα οποία, συνδεδεμένα στη σειρά ή παράλληλα, αποδίδουν την ονομαστική ισχύ και τάση του.

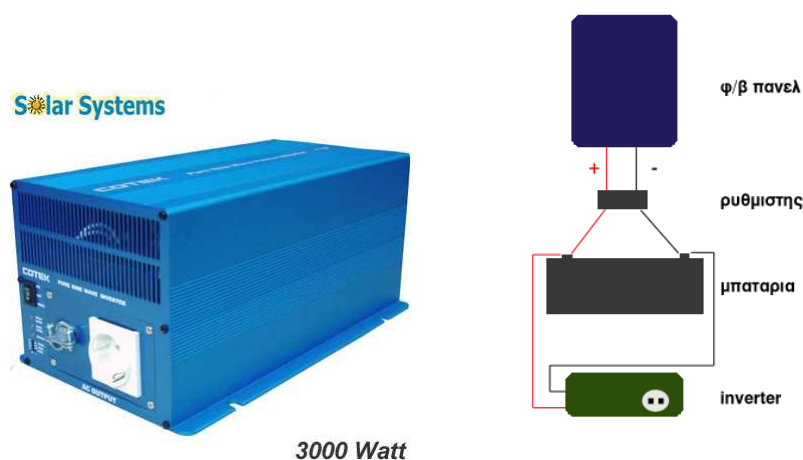


Σχημα3.4: Συσσωρευτής

### Μετατροπέας

Συνδέεται με τον συσσωρευτή και μετατρέπει το ρεύμα από συνεχές σε εναλλασσόμενο για κάθε χρήση. Η ισχύς του μετατροπέα εξαρτάται από την ισχύ των συσκευών που θα τροφοδοτούνται. Δεν έχει σημασία πόσες συσκευές θα συνδεθούν

ταυτόχρονα, αρκεί η ισχύς όλων των συσκευών που λειτουργούν ταυτόχρονα να μην ξεπερνά την επιτρεπόμενη ισχύ του μετατροπέα τάσης.



Σχημα 3.5: Μετατροπέας

### 3.3 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων

#### Ιδιαιτερότητες Χώρου – Αυτοψία

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

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

Παράλληλα θα πρέπει να είναι διαθέσιμη η στατική μελέτη του κτιρίου, διατομές και βάρη σκελετού, προκειμένου να είναι υπολογίσιμο:

Το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος επί στέγης, ο Υπολογισμός διατομών, ο Υπολογισμός Πρόσθετης μεταλλικής Κατασκευής για την υποστήριξη των βάσεων και Έπειτα διενεργείται σχετική αυτοψία στον χώρο.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για να έχουν την μέγιστη απόδοση, θα πρέπει να δέχονται συνεχώς την μέγιστη ακτινοβολία. Οι ηλιακές ακτίνες θα πρέπει να προσπίπτουν πάντα κάθετα στην επιφάνεια του γιατί τότε έχουν την μεγαλύτερη πυκνότητα στην μονάδα επιφανείας και δεν ανακλώνται στην γυάλινη επικάλυψη του πλαισίου. Ωστόσο, ο ήλιος κινείται κατά την διάρκεια της ημέρας και για να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση του πλαισίου, θα πρέπει το φωτοβολταϊκό πλαίσιο να παρακολουθεί συνεχώς την κίνηση του ήλιου στον ουράνιο θόλο. Οπότε, η αποδοτική λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από τη σωστή τοποθέτηση και διάταξη των πλαισίων. Αυτό για πρακτικούς λόγους δεν είναι εύκολο. Ωστόσο, επιλέγοντας τον καταλληλότερο σταθερό προσανατολισμό για το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, θα υπάρξουν ικανοποιητικά αποτελέσματα απόδοσης. Στη

συνέχεια, ορίζονται οι γωνίες που βοηθούν στον ορισμό του κατάλληλου προσανατολισμού:

### Γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας ( $\omega$ ):

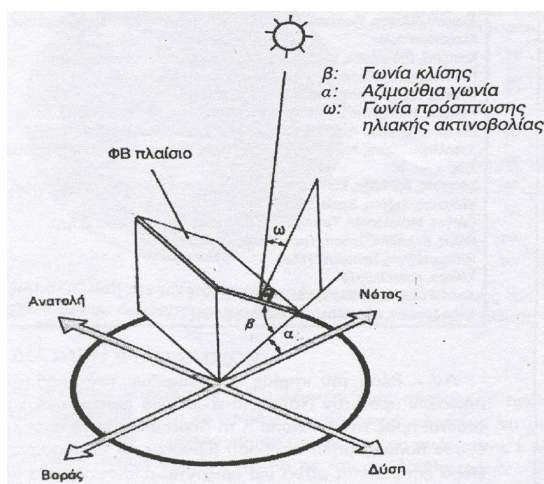
Η γωνία  $\omega$  ορίζεται ως η γωνία μεταξύ της ακτινικής συνιστώσας της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια και της καθέτου στην επιφάνεια αυτή.

### Προσανατολισμός του πλαισίου ( $\beta$ ) / Αζιμούθια γωνία επιφάνειας ( $\alpha$ )

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία είναι ο προσανατολισμός του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως η τοπθεσία του ήλιου στον ουρανό, έτσι και ο προσανατολισμός ενός επίπεδου στην επιφάνεια της γης περιγράφεται από δύο γωνίες, την κλίση ( $\beta$ ) και την αζιμούθια γωνία επιφάνειας ( $\alpha$ ),

όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.6 Η κλίση του πλαισίου ( $\beta$ ) είναι η διεδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του πλαισίου και στον ορίζοντα και μπορεί να πάρει τιμές από 0ο μέχρι 180ο.

Η αζιμούθια γωνία επιφάνειας του πλαισίου ( $\alpha$ ) είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του πλαισίου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου. Παίρνει τιμές από -180ο μέχρι +180ο. Έχουν κατασκευαστεί μηχανικές διατάξεις που επαναπροσανατολίζουν συνεχώς το πλαίσιο (π.χ. με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή ή φωτοκύτταρων), ώστε η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Οι διατάξεις όμως αυτές είναι πολύπλοκες και δαπανηρές. Έτσι, η χρήση τους δικαιολογείται μόνον σε περιπτώσεις ειδικών εφαρμογών.



Σχήμα 3.6: Γωνίες που σχηματίζονται κατά την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο πλαίσιο.

### 3.4. Τύποι Σκίασης

Στην ιδανική περίπτωση οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες θα πρέπει να εγκατασταθούν σε ένα χώρο χωρίς σκιάς. Ωστόσο, τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα βρίσκονται

συνήθως σε αστικές και ημιαστικές περιοχές και τα μοντέλα συνήθως εγκαθίστανται σε στέγες όπου μερικές φορές κάποια σκίαση είναι αναπόφευκτη. Η σκίαση μπορεί να μειώσει σημαντικά την παραγωγή μιας συστοιχίας φωτοβολταϊκών και στην ιδανική περίπτωση θα πρέπει να αποφεύγεται. Μια σκιά σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα έχει πολύ μεγαλύτερη επίδραση στην ηλιακή απόδοση από ότι για παράδειγμα στην περίπτωση των θερμικών ηλιακών συστημάτων. Τα αποτελέσματα από ένα γερμανικό πρόγραμμα που διεξάχθηκε σε 1000 στέγες έδειξε πως η μερική σκίαση προκαλεί ετήσιες μειώσεις απόδοσης μεταξύ των 5 τις εκατό και 10 τις εκατό. Η σκίαση μπορεί να χαρακτηριστεί ως προσωρινή ή να προκύπτει από την τοποθεσία ή από το ίδιο το κτίριο ή μπορεί να προκαλείται από το ίδιο το σύστημα ( αυτό - σκίαση ).

### **Προσωρινή Σκίαση**

Η τυπική προσωρινή σκίαση εξαρτάται από τους παράγοντες όπως το χιόνι, τα φύλλα, τα περιττώματα των πουλιών και από άλλα είδη ακαθαρσιών. Το χιόνι είναι ένας σημαντικός παράγοντας ιδιαίτερα στις ορεινές περιοχές. Το χιόνι βέβαια σε μια συστοιχία φωτοβολταϊκών λιώνει πιο γρήγορα από το γύρω χιόνι, με αποτέλεσμα η σκίαση να εμφανίζεται μόνο για λίγες μέρες. Η σκόνη και οι ακαθαρσίες αιθάλης σε βιομηχανικές περιοχές ή τα πεσμένα φύλλα σε δασικές περιοχές είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες που μαζεύονται πάνω στη συστοιχία των φωτοβολταϊκών και προκαλούν σκίαση. Το αποτέλεσμα αυτό της σκίασης είναι λιγότερο επιβαρυντικό αν η συστοιχία αυτοκαθαρίζεται (δηλαδή αν παρασύρονται οι ακαθαρσίες από τη ροή του βρόχινου νερού). Αυτό εξασφαλίζεται από τη γωνία κλίσης στο σύστημα με κλίση 12 μοίρες ή και περισσότερο. Οι γωνίες με μεγαλύτερη κλίση αυξάνουν την ταχύτητα ροής του νερού της βροχής με αποτέλεσμα να απομακρύνουν μακριά τα βρώμικα σωματίδια. Έτσι αυξάνοντας την κλίση της συστοιχίας μειώνεται αυτό το είδος της σκίασης. Στις χιονισμένες περιοχές η τοποθέτηση των συστημάτων σε οριζόντια διάταξη μειώνει τις απώλειες που προκαλούνται κατά το ήμισυ. Με τον τρόπο αυτό, η σκίαση που προκαλείται από το χιόνι γενικά επηρεάζει μόνο δυο και όχι τέσσερις σειρές κυττάρων σε κάθε πλαίσιο σε αντίθεση με αυτό που συμβαίνει στην κάθετη τοποθέτηση.

Η σκίαση που προκαλείται από τα φύλλα, τα περιττώματα των πουλιών, την ατμοσφαιρική ρύπανση και από τους άλλους ρύπους έχει μια ισχυρότερη και μεγαλύτερη σε διάρκεια επίδραση. Σε αυτό το σύστημα ο τακτικός καθαρισμός των φωτοβολταϊκών μονάδων θα αυξήσει σημαντικά την ηλιακή απόδοση. Σε μια κανονική θέση και με αρκετή κλίση μπορεί να θεωρηθεί πως η απώλεια που οφείλεται σε ακαθαρσίες πουλιών ανέρχεται στο 2% -5%. Σε γενικές γραμμές, η απώλεια αυτή είναι αποδεκτή. Αν υπάρχει μεγάλη ρύπανση, τα μοντέλα θα πρέπει να καθαρίζονται με νερό και με χρήση σφουγγαριού χωρίς να χρησιμοποιηθεί απορρυπαντικό. Για να αποφεύγετε το γρατζούνισμα των επιφανειών δε θα πρέπει να βουρτσίζονται ή να καθαρίζονται με στεγνή επιφάνεια.

### **Σκίαση που Προκύπτει από τη Τοποθεσία**

Η σκίαση που προκύπτει από την τοποθεσία καλύπτει όλες τις σκιάσεις που παράγονται από το περιβάλλον του κτιρίου. Γειτονικά κτίρια, δέντρα, ακόμα και μακρινά ψηλά κτίρια μπορούν να σκιάσουν το σύστημα μας η τουλάχιστον να το οδηγήσουν σε οριζόντια συσκότιση. Έτσι κατά την μελέτη θα πρέπει να υπολογίσουμε την ανάπτυξης των δέντρων και της βλάστησης που μπορεί να προκαλέσουν σκίαση στο σύστημα μετά από μερικά χρόνια. Τα εναέρια καλώδια που

οδεύουν πάνω από το κτίριο , έχουν επίσης αρνητικά αποτελέσματα ρίχνοντας μια μικρή αλλά αποτελεσματική κινούμενη σκιά.

### **Σκίαση που Προκύπτει από το Κτίριο**

Η σκίαση που προκύπτει από το κτίριο περιλαμβάνει άμεσες σκιές οι οποίες θα πρέπει να θεωρηθούν ως ιδιαίτερα κρίσιμες. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στις καμινάδες, στις κεραίες, στα αλεξικέραυνα, στα δορυφορικά πιάτα, στις προεξοχές της οροφής και της πρόσοψης, στο αντιστάθμισμα των κτιριακών δομών, στις υπερκατασκευές της οροφής κλπ. Μερικές σκιάσεις μπορούν να αποφευχθούν με την μετακίνηση των φωτοβολταϊκών μονάδων ή το αντικείμενο που τους προκαλεί τη σκίαση ( π.χ. κεραίες ).

### **Αυτοσκίαση**

Η αυτοσκίαση των μονάδων μπορεί να προκληθεί από τη γραμμή που σχηματίζουν τα συστήματα ανάρτησης των μονάδων που βρίσκονται μπροστά τους (σκίαση από την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστοιχιών). Οι τοπικές απαιτήσεις και οι απώλειες σκίασης μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με την βελτιστοποίηση της γωνίας κλίσης και τις αποστάσεις μεταξύ των μονάδων. Ένα κακώς σχεδιασμένο και εγκατεστημένο σύστημα ανάρτησης μπορεί επίσης να προκαλέσει μια μικρή σκίαση σε εγκαταστάσεις που είναι τοποθετημένες σε επικλινές στέγες .

*Προκειμένου να εκτιμηθεί η σκίαση που προκύπτει από την τοποθεσία εκτελείται η ανάλυση σκίασης.*

### **Ανάλυση Σκίασης**

Προκειμένου να εκτιμηθεί η σκίαση που προκύπτει από την τοποθεσία εκτελείται η ανάλυση σκίασης. Η ανάλυση γίνεται καταρχήν καταγράφοντας το περίγραμμα της σκιάς του περιβάλλοντος χώρου για ένα σημείο του συστήματος, συνήθως το κεντρικό σημείο της φωτοβολταϊκής συστοιχίας. Αν το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι μεγαλύτερο απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια και έτσι η ανάλυση σκίασης χρειάζεται να πραγματοποιηθεί για περισσότερα σημεία.

Το περίγραμμα της σκιάς για τη γύρω περιοχή μπορεί να βρεθεί χρησιμοποιώντας:

- ❖ Σχέδιο τοποθεσίας κτιρίου
- ❖ Διάγραμμα ροής ήλιου
- ❖ Αναλυτή σκίασης (μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή και το λογισμικό ή εύρεση ηλιακών δρόμων)

Επιπλέον, υπάρχουν πολλά λογισμικά για την ανάλυση σκιάς. Αυτά επιτρέπουν την ακριβή ανάλυση σκιάς και είναι λιγότερο επιρρεπείς σε λάθη από ότι ο χειροκίνητος τρόπος.

### **3.5 Σφάλματα οφειλόμενα στη σκίαση.**

#### **Τρόποι ανίχνευσης σφαλμάτων**

- ❖ Υπέρυθρη απεικόνιση
- ❖ P-Spice προσομοίωση
- ❖ AMPS προσομοίωση
- ❖ Ανάλυση καμπύλης τάσης-ρεύματος
- ❖ Οπτική απεικόνιση

Για την ανίχνευση σφαλμάτων σε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χρησιμοποιείται ευρέως η θερμογραφία. Ο όρος θερμογραφία αναφέρεται στο σύνολο των τεχνικών καταγραφής της επιφανειακής θερμοκρασίας ενός αντικειμένου, ανεξάρτητα από το φυσικό φαινόμενο στο οποίο βασίζονται. Η θερμογραφία είναι μία μέθοδος με την οποία ανιχνεύονται οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις επιφάνειες διαφόρων υλικών. Με την μέθοδο αυτή προσδιορίζονται και ερμηνεύονται οι θερμοκρασιακές διαφορές που εμφανίζονται στα υλικά και στην κατασκευή εν γένει. Με την θερμογραφία δεν μετράται απ' ευθείας η θερμοκρασία μιας επιφάνειας αλλά η μεταβολή της επιφανειακής ακτινοβολίας. Η θερμογραφία βασίζεται στην αρχή ότι κάθε επιφάνεια εκπέμπει ενέργεια με την μορφή της θερμοκρασιακής ακτινοβολίας. Το μήκος κύματος που εκπέμπεται εξαρτάται από την θερμοκρασία. Αυξανόμενης της θερμοκρασίας, το μήκος κύματος γίνεται βραχύτερο και στην περίπτωση πολύ μεγάλων θερμοκρασιών βρίσκεται στο ορατό φάσμα (π.χ. πυρακτωμένη άκρη βελόνας). Η ακτινοβολία ανιχνεύεται με κατάλληλες ανιχνευτικές διατάξεις (θερμοκάμερες) οι οποίες παράγουν ηλεκτρικό σήμα ανάλογο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, το οποίο με κατάλληλη βαθμονόμηση εκφράζεται σε θερμοκρασία. Η υπέρυθρη θερμογραφία είναι μια δισδιάστατη, μη-καταστροφική τεχνική η οποία χρησιμοποιεί την ακτινοβολία της υπέρυθρης περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (κατά προσέγγιση 0.9–14  $\mu\text{m}$ ) για να παράγει εικόνες ενός συγκεκριμένου θερμοκρασιακού σχεδίου. Σύμφωνα με τον νόμο του Planck για το μέλαν σώμα, η υπέρυθρη ακτινοβολία εκπέμπεται από όλα τα αντικείμενα και αυτό συμβαίνει ανάλογα με την θερμοκρασία τους. Επίσης, η υπέρυθρη ακτινοβολία είναι δυνατόν να καθορίσει την επιφανειακή θερμοκρασία και, άρα, οποιεσδήποτε ανωμαλίες στο θερμοκρασιακό σχέδιο του προς εξέταση αντικειμένου. Υπάρχουν δυο διαφορετικές προσεγγίσεις όσον αφορά την υπέρυθρη ακτινοβολία, η παθητική και η ενεργητική προσέγγιση. Στην παθητική θερμογραφία, τα προς εξέταση αντικείμενα είναι σε υψηλότερη ή χαμηλότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον και ασυνήθιστα θερμοκρασιακά προφίλ υποδεικνύουν ένα πιθανό πρόβλημα. Γενικά, η παθητική θερμογραφία είναι ποιοτική μέθοδος γιατί ο στόχος είναι η ανίχνευση αστοχιών. Στην ενεργητική θερμογραφία, είναι απαραίτητο να δοθεί ενέργεια στο αντικείμενο για να παρατηρηθούν θερμοκρασιακές διαφορές οι οποίες αποδεικνύουν την ύπαρξη υποεπιφανειακών αστοχιών.

### **3.6 Απόδοση φωτοβολταϊκών πλαισίων και συστημάτων**

Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τα μετεωρολογικά-κλιματικά στοιχεία μιας περιοχής (όχι μόνο η ηλιακή ακτινοβολία αλλά και η θερμοκρασία της επηρεάζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας). Επίσης το γεωγραφικό μήκος, πλάτος και το υψόμετρο του συστήματος επηρεάζουν δραστικά την απόδοση του φωτοβολταϊκού. Ο βαθμός απόδοσης όλων των φωτοβολταϊκών πλαισίων που κυκλοφορούν σήμερα στη αγορά εξαρτάται από την θερμοκρασία. Με ανάπτυξη υψηλής θερμοκρασίας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια

έχουμε μείωση του βαθμού απόδοσης περίπου -0.45% ανά °C, γεγονός που

συνεπάγεται σημαντική πτώση της παραγόμενης ισχύος τους.

Η λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου χαρακτηρίζεται ικανοποιητική ανάλογα με την απόδοση του. Γι' αυτό, ο βαθμός απόδοσης του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους δείκτες σωστής λειτουργίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ο αναμενόμενος βαθμός απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου δίνεται από το φυλλάδιο του κατασκευαστή και έχοντας τον βαθμό απόδοσης αναφοράς μπορεί να παρατηρηθεί κάποιο σφάλμα στην λειτουργία του. Ωστόσο, για να οριστεί ο βαθμός απόδοσης είναι απαραίτητο πρώτα να δοθεί μια λεπτομερής περιγραφή του ηλεκτρικού κυκλώματος της ηλιακής κυψέλης για να κατανοηθεί περαιτέρω ο τρόπος λειτουργίας της

Ο **βαθμός απόδοσης** εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Τα πρώτα φωτοβολταϊκά στοιχεία, που σχεδιάστηκαν τον 19ο αιώνα, δεν είχαν παρά 1-2% απόδοση, ενώ το 1954 τα εργαστήρια Bell Laboratories δημιούργησαν τα πρώτα Φ/Β στοιχεία πυριτίου με απόδοση 6%. Στην πορεία του χρόνου όλο και αυξάνεται ο βαθμός απόδοσης: η αύξηση της απόδοσης, έστω και κατά μια ποσοστιαία μονάδα, θεωρείται επίτευγμα στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών. Στην σημερινή εποχή ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου βρίσκεται στο **13 – 19%**, ο οποίος, συγκρινόμενος με την απόδοση άλλου συστήματος (συμβατικού, αιολικού, υδροηλεκτρικού κλπ.), παραμένει ακόμη αρκετά χαμηλός. Αυτό σημαίνει ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καταλαμβάνει μεγάλη επιφάνεια προκειμένου να αποδώσει την επιθυμητή ηλεκτρική ισχύ. Ωστόσο, η απόδοση ενός δεδομένου συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε ηλιοστάτη. Οι προϋποθέσεις αξιοποίησης των Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα είναι από τις καλύτερες στην Ευρώπη, αφού η συνολική ενέργεια που δέχεται κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας στην διάρκεια ενός έτους κυμαίνεται από 1400-1800 kWh.

### **3.7 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Απόδοση των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων.**

Η αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων, οι οποίοι είναι:

#### **1. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.**

Αυξανόμενη της ηλιακής έντασης έχουμε γραμμική αύξηση του παραγομένου φωτορεύματος και λογαριθμική αύξηση της τάσης της ανοικτοκυκλωμένης φωτοβολταϊκής κυψέλης.

#### **2. Η θερμοκρασία της φωτοβολταϊκής κυψέλης.**

Ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος μπορεί να μεταβάλλει αξιοσημείωτα την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι η θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών στοιχείων του. Έχει μετρηθεί ότι κυρίως λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω



τους, στις αντιστάσεις σειράς, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποκτούν κατά την λειτουργία τους θερμοκρασία αρκετά μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος. Αν  $T_c$  είναι η θερμοκρασία του στοιχείου μπορούμε να θεωρήσουμε ότι εξαρτάται αυτή γραμμικά από την θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_a$  και την ηλιακή ακτινοβολία  $G$ , ως εξής:

$$T_c = T_a + h_w * G$$

Όπου  $h_w$  είναι ένας χαρακτηριστικός συντελεστής των φωτοβολταϊκών πλαισίων, με τιμή συνήθως:  $h_w = 0,03 \text{ m}^2 \text{ C/W}$

Αυτό συνεπάγεται ότι ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο που δέχεται ηλιακή ακτινοβολία  $1 \text{ kW/m}^2$ , θα έχει θερμοκρασία κατά  $30^\circ\text{C}$  μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος. Η θερμοκρασία ακόμα επηρεάζεται από την ταχύτητα του ανέμου και γίνεται καλύτερη απαγωγή θερμότητας όσο η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη. Ως γενικός κανόνας στους υπολογισμούς φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, που επαληθεύεται και από μετρήσεις σε πραγματικές εγκαταστάσεις, λαμβάνεται συνήθως αύξηση της θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου κατά  $30^\circ\text{C}$  από αυτή του περιβάλλοντος. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου δίνονται συνήθως σε στάνταρ συνθήκες (STC : Standard Test Conditions, δηλαδή θερμοκρασία  $25^\circ\text{C}$ ,  $AM=1,5$  και ηλιακή ακτινοβολία  $1 \text{ kW/m}^2$ ) Αν υποθέσουμε ότι  $m_{STC}$  η είναι η απόδοση του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε STC, τότε για να υπολογιστεί η απόδοση σε οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία χρειάζεται ένας διορθωτικός θερμοκρασιακός συντελεστής ( $\sigma_\theta$ ), ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_\theta = 1 - (T_c - 25) \cdot 0,005$$

Η σχέση αυτή ισχύει για τα συμβατικά στοιχεία πυριτίου και υποδηλώνει μείωση της απόδοσης κατά  $0,005$  ανά βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας πάνω από τη θερμοκρασία των  $25^\circ\text{C}$ . Τελικά η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου σε οποιαδήποτε θερμοκρασία προκύπτει:

$$n_m = \sigma_\theta \cdot n_{m,25 \text{ c}}$$

### 3. Η αντίσταση του κυκλώματος.

Η ισχύς που παράγεται από το φωτοβολταϊκό στοιχείο και αποδίδεται στην αντίσταση RL(φορτίο καταναλωτή) είναι:  $P_L = V_L \cdot I_L = R_L \cdot I_L^2$ . Η αποδιδόμενη ισχύς γίνεται προφανώς μέγιστη για μια ορισμένη τιμή της αντίστασης  $R_L = R_m$ , που αντιστοιχεί στο σημείο ΣΜΙ (Σημείο Μέγιστης Ισχύος). Ειδικές διατάξεις που βρίσκονται συνήθως στις μονάδες επεξεργασίας ισχύος (inverter) μεταβάλουν κατάλληλα την αντίσταση του συστήματος (ώστε το συνολικό σύστημα – φορτίο) να βρίσκεται πάντα σ' αυτό το σημείο.

### 4. Ο συντελεστής γήρανσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Τα φ/β στοιχεία με την πάροδο του χρόνου παρουσιάζουν σημάδια φθοράς, τα οποία οδηγούν σε ελάττωση της συνολικής τους ισχύος. Τα σύγχρονα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν ένα βαθμό μείωσης της απόδοσης τους της τάξης του  $0,8\%$  ετησίως (οι κατασκευαστές δηλώνουν ότι εξασφαλίζουν το  $80\%$  της αποδοτικότητάς τους μετά την παρέλευση 25ετίας).

## 5. Οπτικές ενεργειακές απώλειες.

Οι οπτικές απώλειες οφείλονται σε πολλούς παράγοντες. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι:

- ❖ α) η διαφοροποίηση ανακλαστικότητας του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε σχέση με την αντίστοιχη σε εργαστηριακές συνθήκες ελέγχου, με μέση ετήσια τιμή των απωλειών αυτών ~3%,
- ❖ β) οι απώλειες διαφοροποίησης της πόλωσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με μέση ετήσια απώλεια ~2%,
- ❖ γ) η καθαρότητα του πλαισίου με ~1,5% μέση ετήσια απώλεια. Ένας αντιπροσωπευτικός μέσος ετήσιος συντελεστής οπτικών απωλειών κυμαίνεται ανάλογα με την καθαρότητα της επιφάνειας του φωτοβολταϊκού πλαισίου από 7%~10%.

## 6. Επίδραση της ρύπανσης στην απόδοση.

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να μειώσει την ηλεκτροπαραγωγή των φωτοβολταϊκών πλαισίων, ιδίως όταν έχουν μικρή κλίση, είναι η ρύπανση της επιφάνειάς τους από την επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού κ.α. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά στην γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των φ/β πλαισίων, χωρίς να μπορεί η βροχή εύκολα να τη ξεπλύνει. Επομένως είναι σημαντικό όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια πρόκειται να εγκατασταθεί σε μια περιοχή, που εκτιμάται ότι η ρύπανσή της θα είναι σημαντική να προβλεφθεί στους υπολογισμούς η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με τη χρησιμοποίηση ενός αδιάστατου συντελεστή καθαρότητας (σρ). Ο συντελεστής αυτός ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο φωτοβολταϊκό πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που παράγει όταν η επιφάνειά του είναι τελείως καθαρή. Η τιμή του σρ είναι τόσο μικρότερη από τη μονάδα, όσο εντονότερη είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, όσο μικρότερη είναι η κλίση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, όσο σπανιότερες είναι οι βροχές στην περιοχή κλπ. Τελικά η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου, λαμβάνοντας υπόψη την ρύπανση της επιφάνειάς του, προκύπτει:

$$nm = \sigma_r \cdot nm_{\kappa} \text{, κ όπου } nm_{\kappa} \text{ η απόδοσή του, όταν είναι καθαρό}$$

## 7. Η δίοδος αντεπιστροφής.

Η δίοδος αντεπιστροφής εμποδίζει την εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή διαμέσου του φωτοβολταϊκού πλαισίου, όταν αυτό δεν φωτίζεται κατά τις νυχτερινές ώρες. Είναι εγκατεστημένη στο πλαίσιο από τον κατασκευαστή σε όλα τα πλαίσια ανεξαρτήτως εάν αυτά θα χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας στο δίκτυο ή θα την αποθηκεύσουν σε συσσωρευτές. Έτσι θα πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη ανεξάρτητα της μικρής τιμής της ~1%.

## 8. Ο συντελεστής ωμικών απωλειών στη γραμμή σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος με το δίκτυο.

Ως βάση υπολογισμού επιλέγουμε τέτοια διάμετρο καλωδίου ώστε οι ωμικές αντιστάσεις των καλωδίων να είναι της τάξης του 2%.

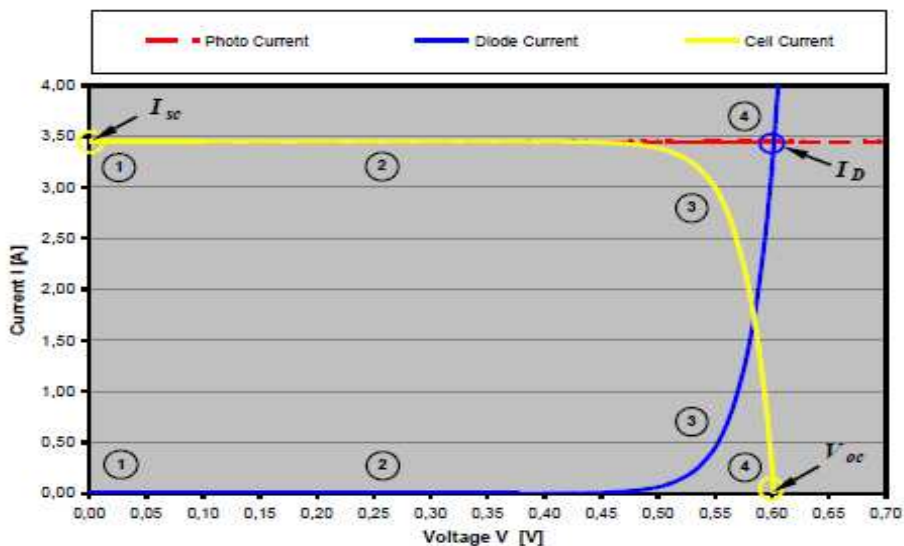
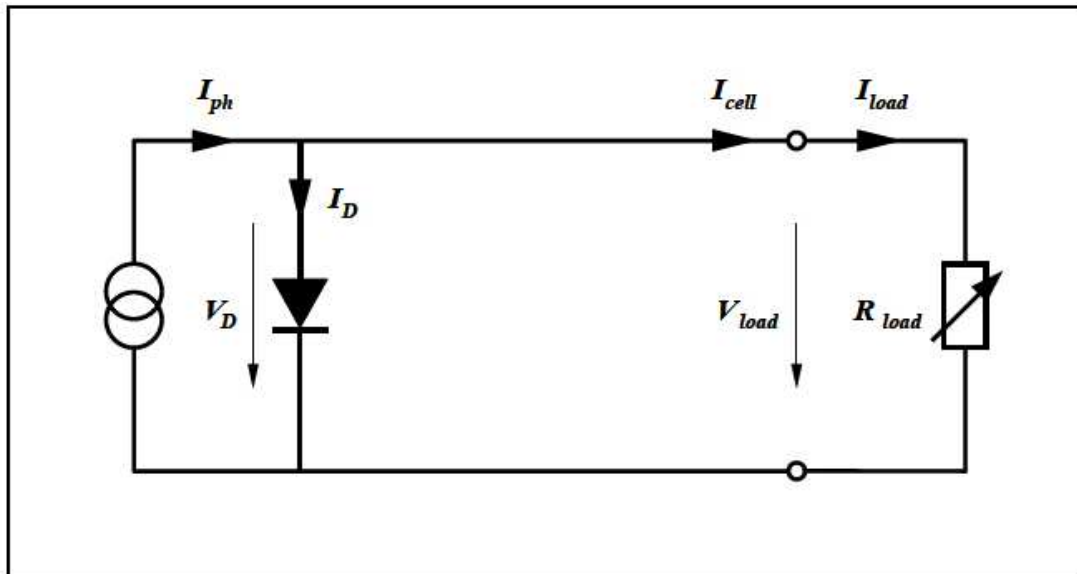
### **3.8 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ηλιακής Κυψέλης**

#### **Το Ιδανικό Μοντέλο μιας Ηλιακής Κυψέλης**

Το θεωρητικό ηλεκτρικό κύκλωμα ( ιδανικό ) που αντιπροσωπεύει μια κυψέλη παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Αναλυτικά οι κυψέλες δημιουργούν ελεύθερη μεταφορά φορτίου που επιτρέπει το ρεύμα να κυλάει μέσω ενός διασυνδεδεμένου φορτίου. Αυτός ο αριθμός των φορτίων είναι ανάλογος προς την ένταση της ακτινοβολίας. Το ίδιο συμβαίνει με το φωτορεύμα ( $I_{ph}$ ), που παράγεται εσωτερικά μέσα στο κύτταρο. Για αυτό ένα ιδανικό ηλιακό κύτταρο παρουσιάζεται με ηλεκτρικό σχήμα, όπου υπάρχει μια δίοδος με p-n σύνδεσης και μια πηγή έντασης όπου το μέγεθος του ρεύματος είναι ανάλογο με την ένταση της ακτινοβολίας. Επιπλέον, ένας διευθετήσιμος αντιστάτης συνδέεται στην ηλιακή κυψέλη ως φορτίο. Η μαθηματική εξίσωση που αντιστοιχεί στο σχήμα είναι η εξής:

$$I_{cell} = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I^* (e^{qV/Kt} - 1)$$

$I_D$  = Ρεύμα Διόδου,  $I_0$  = το ανάστροφο ρεύμα κόρου,  $V$  = η τάση στα άκρα της διόδου  
 $m$  = ο συντελεστής ιδανικότητας της διόδου,  $k$  = η σταθερά του Boltzmann  
 $T$  = η απόλυτη θερμοκρασία,  $e$  = το φορτίο του ηλεκτρονίου



Σχήμα 3.6: Χαρακτηριστική I-V μιας ιδανικής ηλιακής κυψέλης

Όπως φαίνεται από το σχήμα, το ρεύμα για το οποίο έχουμε  $V = 0$  ονομάζεται ρεύμα βραχυκύκλωσης ( $I_{sc}$ ), ενώ η τάση για την οποία ισχύει  $I = 0$  ονομάζεται τάση ανοιχτού κυκλώματος ( $V_{oc}$ ).

Όταν δεν υπάρχει φορτίο στο κύκλωμα, δηλαδή τα άκρα του είναι βραχυκυκλωμένα και ισχύει ( $R_{load}=0$ ) η τάση εξόδου και συνεπώς και η τάση στα άκρα της διόδου είναι μηδέν. Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του kickoff θα ισχύει:

$$I_{sc} = I_{cell} = I_{ph} = I_D = I$$

Συνεπώς, το σύνολο του φωτορεύματος  $I_{ph}$  που παράγεται από την ακτινοβολία θα είναι και το ρεύμα εξόδου. Στην περίπτωση που η κυψέλη έχει βραχυκυκλωμένα τα άκρα της το ρεύμα του φωτοβολταϊκού  $I_{cell}$  παίρνει την μεγαλύτερη τιμή του.

### 3.9 Μετρήσεις ονομαστικής ισχύος Φ/Β πλαισίων

Το μέγεθος ενός Φ/Β συστήματος, όπως και το ύψος της δαπάνης το οποίο καλείται να καταβάλει ένας επενδυτής, υπολογίζεται βάσει των ονομαστικών τιμών ισχύος (τις οποίες παρέχουν οι κατασκευαστές) των Φ/Β πλαισίων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι σε μια γραμμή παραγωγής είναι δυνατόν να υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών διαδοχικών Φ/Β πλαισίων, οι κατασκευαστές αυτών συνήθως δίδουν ένα εύρος ανοχής εντός του οποίου κυμαίνεται η ονομαστική τιμή της ισχύος κάθε Φ/Β πλαισίου της ίδιας γραμμής παραγωγής (π.χ.  $\pm 3\%$ ). Αρκετές φορές ωστόσο, έχει παρατηρηθεί στην πράξη ασυμφωνία μεταξύ της τιμής της ονομαστικής ισχύος των Φ/Β πλαισίων (όπως αυτή προσδιορίζεται από τους κατασκευαστές) και αυτής που υπολογίζεται βάσει μετρήσεων σε μια Φ/Β εγκατάσταση. Η απόκλιση αυτή, καθιστά σκόπιμη σε πολλές περιπτώσεις την μέτρηση της ονομαστικής ισχύος ενός Φ/Β πλαισίου (συνήθως η μετρούμενη τιμή είναι μικρότερη αυτής που αναγράφουν τα πλαίσια). Για τη μέτρηση της ονομαστικής ισχύος ενός Φ/Β πλαισίου, πρέπει να καταγραφεί η καμπύλη έντασης-τάσης σε πρότυπες συνθήκες δοκιμής, ενώ ο συνηθέστερος τρόπος καταγραφής αυτής είναι με την χρήση ηλιακών προσομοιωτών.

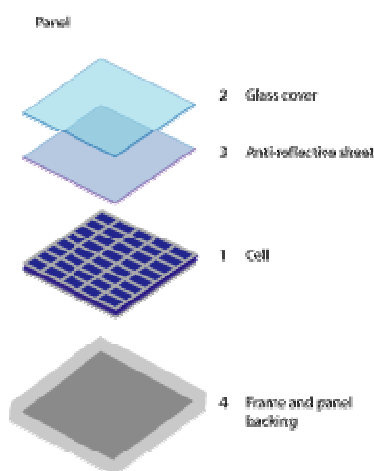
Ο ηλιακός προσομοιωτής είναι ένα εργαστηριακό σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει έναν θάλαμο που διαθέτει μία πηγή παραγωγής φωτός (λαμπτήρας ειδικού τύπου και αντίστοιχο φάσμα με αυτού του ηλιακού φωτός), καθώς και τον απαραίτητο εξοπλισμό για την καταγραφή της καμπύλης έντασης-τάσης ενός Φ/Β πλαισίου (όπως ένα ηλεκτρονικό ελεγχόμενο φορτίο και το σύστημα ελέγχου και καταγραφής των μετρήσεων). Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές, όσον αφορά το είδος του λαμπτήρα (συνεχούς έντασης, παλμού, πολλαπλών παλμών) της δυνατότητας ελέγχου θερμοκρασίας, καθώς και προδιαγραφών. Το πλεονέκτημα της χρήσης του ηλιακού προσομοιωτή έγκειται στο ότι καταγράφει την καμπύλη σε ελεγχόμενες συνθήκες, οι οποίες πολλές φορές είναι κοντά στις πρότυπες συνθήκες ώστε να απαιτούνται μικρές υπολογιστικές διορθώσεις. Λόγω της πολυπλοκότητάς του όμως και του τεχνητού φωτισμού που χρησιμοποιεί, είναι δυσχερής η χρήση του και η προσαρμογή του όταν απαιτείται να αξιολογηθούν Φ/Β πλαίσια διαφορετικής τεχνολογίας ή ακόμα και μόνο διαφορετικών διαστάσεων. Επίσης, προκειμένου ο εν λόγω εξοπλισμός να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση Φ/Β πλαισίων διαφορετικής τεχνολογίας, απαιτείται η εφαρμογή μιας ειδικής και επίπονης διαδικασίας για την ρύθμιση του εξοπλισμού και τον έλεγχο της αξιοπιστίας των μετρήσεων σε τακτά χρονικά διαστήματα (έτσι ώστε να περιορίζεται κατά το δυνατόν περισσότερο η επιρροή των παραπάνω αρνητικών παραγόντων στην αβεβαιότητα των μετρήσεων).

Έτσι στην πράξη η χρήση των ηλιακών προσομοιωτών ενδείκνυται περισσότερο στις περιπτώσεις όπου απαιτείται η μέτρηση ενός συγκεκριμένου τύπου πλαισίου σε ελεγχόμενες και επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Η παραπάνω εφαρμογή θα μπορούσε να είναι η περίπτωση μιας γραμμής παραγωγής, όπου ο ηλιακός προσομοιωτής κατά την αρχική εγκατάσταση ρυθμίζεται και βαθμονομείται, ενώ παράλληλα παρέχεται και η δυνατότητα συχνού ελέγχου της ορθής λειτουργίας του εξοπλισμού με τη χρήση πλαισίων αναφοράς, τα οποία αγοράζονται και φυλάσσονται ειδικά για το σκοπό αυτό.

### **3.10 Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο (module)**

Όπως αναφέρθηκε, η τάση και η ισχύς ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου-κυψέλης είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών

καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Για αυτό το λόγο τα φ/β στοιχεία τοποθετούνται σε ένα ενιαίο πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο. Στο πλαίσιο αυτό, τα στοιχεία συνδέονται σε σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την απόκτηση επιθυμητής τάσης. Τα πλαίσια είναι προκατασκευασμένα στο εργοστάσιο. Τα ηλιακά στοιχεία στερεώνονται με κολλητική ουσία σε ένα ανθεκτικό φύλλο από μέταλλο (συνήθως αλουμίνιο ή από ενισχυμένο πλαστικό, που αποτελεί την πλάτη του πλαισίου, ενώ η εμπρός όψη τους καλύπτεται από ένα προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Το εμπρός και πίσω φύλλο συγκρατούνται μεταξύ τους, στεγανά και μόνιμα, με τη βοήθεια μιας ταινίας από φυσικό ή συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Διαμορφώνεται έτσι το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, που είναι η δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά και κυκλοφορεί στο εμπόριο για να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης στη συγκρότηση φωτοβολταϊκών γεννητριών. Λόγω των απαιτούμενων υλικών και εργασιών για την κατασκευή του, το κόστος προκύπτει σημαντικά μεγαλύτερο από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που περιέχουν. Συνώνυμο σχεδόν με το φ/β πλαίσιο είναι το φωτοβολταϊκό πάνελ. Όπως και το πλαίσιο, έχει συναρμολογηθεί και προκατασκευαστεί στο εργοστάσιο και είναι έτοιμο για τοποθέτηση σε φ/β εγκατάσταση, αλλά με τη διαφορά ότι ένα πάνελ μπορεί να αποτελείται από περισσότερα χωριστά πλαίσια (το ένα δίπλα στο άλλο) που είναι σε κοινή συσκευασία και κοινή ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους. Τα τελευταία χρόνια σχεδόν όλες οι εταιρίες που κατασκευάζουν φ/β στοιχεία, δεν διαχωρίζουν τα πλαίσια από τα πάνελ. Το προϊόν που παράγεται ονομάζεται φωτοβολταϊκό πλαίσιο (module) και διατίθεται σε ποικιλία, όσον αφορά την ισχύ που παράγει, την τάση και τελικά τις διαστάσεις του. Υπάρχουν δυο τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων. Τα τυπικά φωτοβολταϊκά πλαίσια με πλαίσιο γυαλιού-ελασμάτων και τα ημιπερατα φωτοβολταϊκά πλαίσια που είναι κρυσταλλικά πλαίσια γυαλιού-γυαλιού. Τα τυπικά φωτοβολταϊκά πλαίσια με πλαίσιο γυαλιού-ελασμάτων κατασκευάζονται με τη μέθοδο της πολυστρωμάτωσης. Ο τύπος αυτός αποτελεί την πιο διαδεδομένη λύση σε εφαρμογές φ/β συστημάτων πάνω σε στέγες κτιρίων ή σε πολύ μεγάλες φ/β εγκαταστάσεις στην ύπαιθρο. Τα ημιπερατα φωτοβολταϊκά πλαίσια επιλέγονται σε περιπτώσεις αρχιτεκτονικής ενσωμάτωσης, έχουν ιδιαίτερο σχεδιασμό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονωτικοί υαλοπίνακες. Η δομή ενός τέτοιου πλαισίου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.6: Φ/Β πλαίσιο με τη μέθοδο της πολυστρωμάτωσης.

Σε ένα πλαίσιο υάλου-υάλου, στην μπροστινή όψη βρίσκεται το τμήμα “optisol”, το οποίο αποτελείται από ένα εξαιρετικό λευκό υαλοπίνακα και ένα υαλοπίνακα επίπλευσης. Μεταξύ αυτών των δυο υαλοπινάκων τοποθετείται μια ειδική ρητίνη με ενσωματωμένες τις φωτοβολταϊκές κυψέλες. Το υπόλοιπο τμήμα περιλαμβάνει ένα στρώμα στεγανοποίησης από κάθε πλευρά καθώς και ένα επιπλέον τζάμι με θερμομονωτική επίστρωση, προκειμένου να διασφαλίζεται ικανοποιητική μόνωση. Το διάστημα μεταξύ του βασικού τμήματος και του υαλοπίνακα περιέχει αργό.

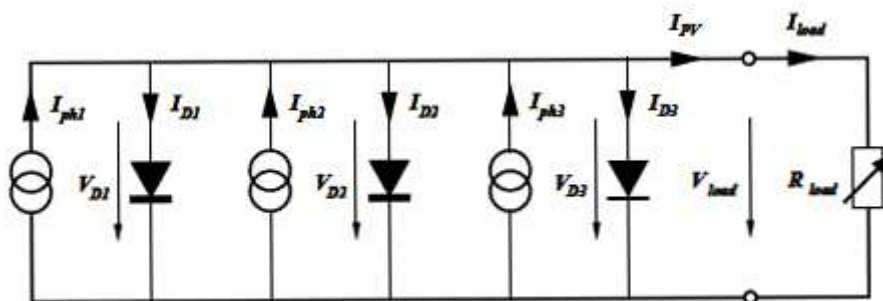
### 3.11 Φωτοβολταϊκή Συστοιχία (string)

Σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθούν εκατοντάδες φωτοβολταϊκά πλαίσια. Όπως είναι αναμενόμενο τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πρέπει να ομαδοποιηθούν και να συνδεθούν κατάλληλα. Για την αύξηση της αξιοπιστίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι σκόπιμο οι συνδέσεις των φωτοβολταϊκών στοιχείων μέσα στα πλαίσια, αλλά και ανάμεσα στα πλαίσια να μην είναι μόνο στη σειρά αλλά και παράλληλες. Με αυτόν τον τρόπο, αν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο σκιαστεί ή αν πάθει βλάβη δεν θα μηδενιστεί η ισχύς που παράγει το σύστημα. Έτσι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ομαδοποιούνται σε φωτοβολταϊκές συστοιχίες και τοποθετούνται σε κοινή βάση στήριξης, η οποία είναι συνήθως μεταλλική. Η σύνδεση των πλαισίων στη σειρά ή παράλληλα γίνεται έτσι ώστε να η τάση εξόδου της γεννήτριας να αποκτήσει την επιθυμητή τιμή.

- ❖ Σταθερές συστοιχίες
- ❖ Στρεφόμενες συστοιχίες ανάλογα με το αν κινούνται σε έναν άξονα ή δύο άξονες.
- ❖ Συστοιχίες με ανακλαστήρες / κάτοπτρα
- ❖ Στρεφόμενες συστοιχίες με κάτοπτρα

#### Παράλληλη Σύνδεση

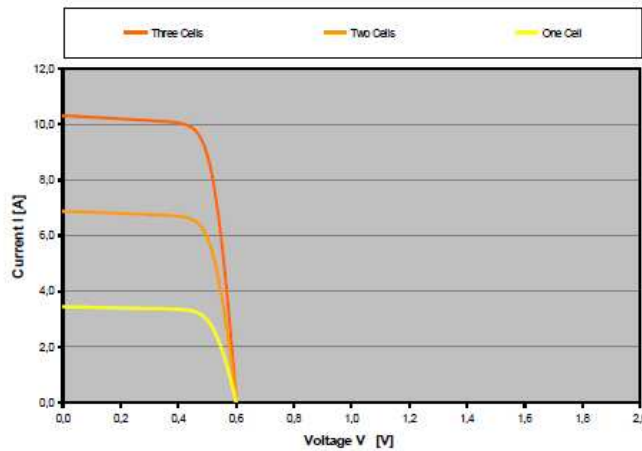
Όπως ειπώθηκε παραπάνω, οι ηλιακές κυψέλες σπάνια χρησιμοποιούνται μεμονωμένες. Ηλιακές κυψέλες με παρόμοια χαρακτηριστικά συνδέονται και τοποθετούνται σε πλαίσια προκειμένου να πετύχουν μεγαλύτερη ηλεκτρική ισχύ. Αυτά τα πλαίσια με τη σειρά τους συνδυάζονται ώστε να δημιουργηθούν οι γεννήτριες. Αν σε ένα κύκλωμα απαιτείται να έχουμε υψηλό ρεύμα, τότε οι κυψέλες (solar cells) συνδέονται παράλληλα όπως απεικονίζεται στο παρακάτω



Σχήμα 3.7: Ηλεκτρικό κύκλωμα παράλληλης σύνδεσης κυψελών

Όσον αφορά την παράλληλη σύνδεση, η τάση σε κάθε μια κυψέλη που είναι συνδεδεμένη παράλληλα, είναι ίση με τις υπόλοιπες παράλληλες κυψέλες και είναι ίση με τη τάση που έχει ολόκληρο το πλαίσιο. Σε αντίθεση, το συνολικό ρεύμα που έχει

το πλαίσιο είναι το άθροισμα όλων των μεμονωμένων ρευμάτων που αντιστοιχούν σε κάθε κυψέλη. Η I-V χαρακτηριστική για κάθε μια κυψέλη αλλά και συγκεντρωτικά φαίνεται στο σχήμα



Σχήμα 3.8: I-V χαρακτηριστική για τρεις παράλληλες συνδεδεμένες κυψέλες

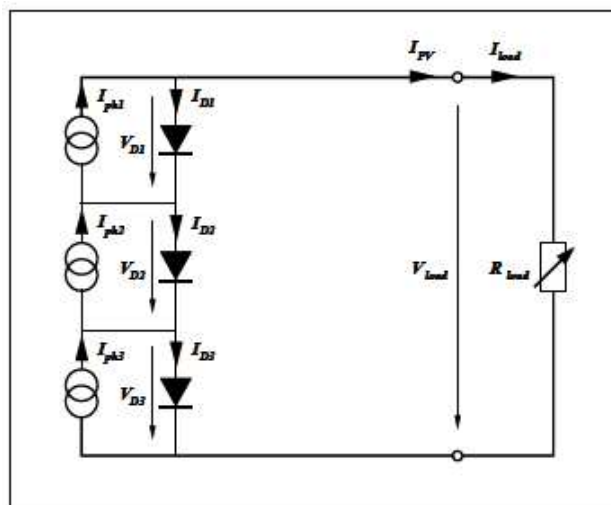
### Σε Σειρά Σύνδεση

Σε μια σύνδεση σε σειρά, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα, το ρεύμα που διέρχεται από την κάθε κυψέλη είναι το ίδιο για όλες τις κυψέλες, ενώ το συνολικό ρεύμα του πλαισίου είναι το άθροισμα των ρευμάτων των κυψελών.

$$I_{pv} = I_{ph1} + I_{ph2} + I_{ph3}$$

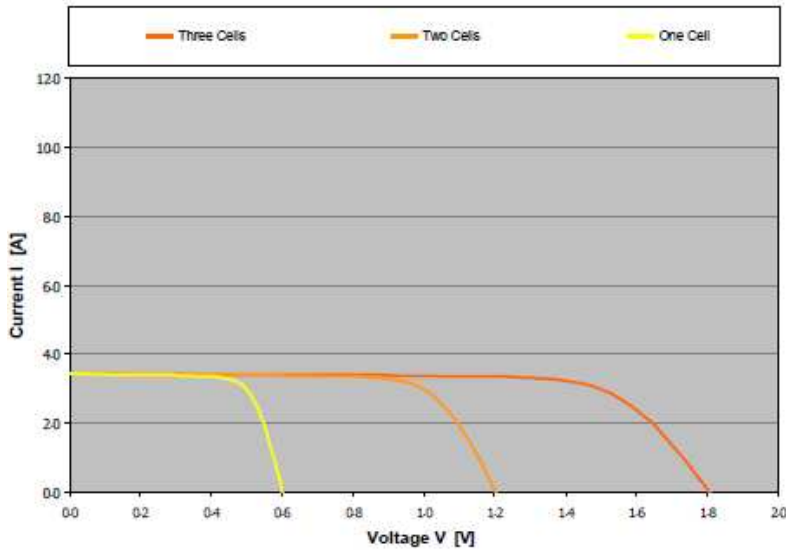
Αντίθετα η τάση που έχει κάθε κυψέλη μεμονωμένα είναι ίση με την τάση που έχει το πάνελ, δηλαδή ολόκληρο το κύκλωμα με τις κυψέλες συνδεδεμένες σε σειρά.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$



Σχήμα 3.9: Ηλεκτρικό κύκλωμα σύνδεσης κυψελών σε σειρά



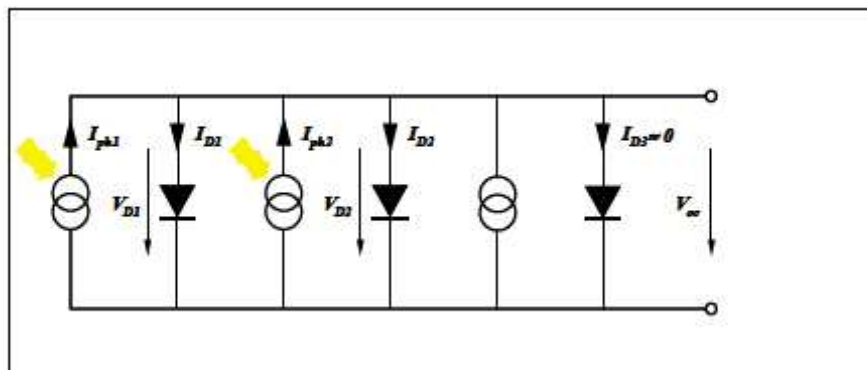


Σχήμα 3.10: I-V χαρακτηριστική για τρεις σε σειρά συνδεδεμένες κυψέλες

Η σύνδεση σε σειρά των ηλιακών κυψελών έχει ανεπιθύμητα αποτελέσματα όταν ένα τμήμα τους βρίσκεται σε σκιά. Η χειρότερη περίπτωση, σε αντίθεση με την παράλληλη σύνδεση, είναι όταν έχουμε βραχυκύκλωμα. Σε περίπτωση πλήρους σκίασης μιας κυψέλης το σκιασμένο κύτταρο δεν παράγει ρεύμα και ενεργεί ως ανοιχτό κύκλωμα, δηλαδή δεν υπάρχει ροή έντασης στο κύκλωμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ισχύς εξόδου να είναι επίσης μηδέν.

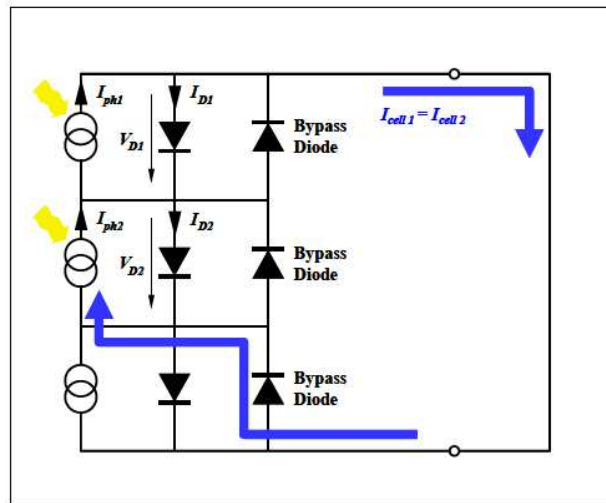
### Τμήμα Φ/Β σε σκιά

Τα ερωτηματικά στη λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος προκύπτουν όταν ένα τμήμα από το φωτοβολταϊκό πάνελ βρίσκεται σε σκιά. Για παράδειγμα έστω ότι υπάρχουν τρεις ξεχωριστές κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα και η μία από αυτές βρίσκεται σε σκιά. Όταν μια κυψέλη βρεθεί σε σκιά σταματάει να παράγει φωτορεύμα. Το χειρότερο σενάριο είναι όταν έχουμε παράλληλη σύνδεση κυψελών με ανοιχτό κύκλωμα, δηλαδή αν δεν υπάρχει φορτίο. Όταν μια κυψέλη βρίσκεται σε σκιά είναι πιο κρύα από τις άλλες δυο και η τάση διακοπής της διόδου είναι υψηλότερη σύμφωνα με τις I-V χαρακτηριστικές. Ενώ η τάση που υπάρχει στις τρεις κυψέλες είναι η ίδια, το ρεύμα διόδου της σκιασμένης κυψέλης είναι εξαιρετικά μικρό.



Σχήμα 3.11: Παράλληλη σύνδεση κυψελών με τμηματική σκίαση

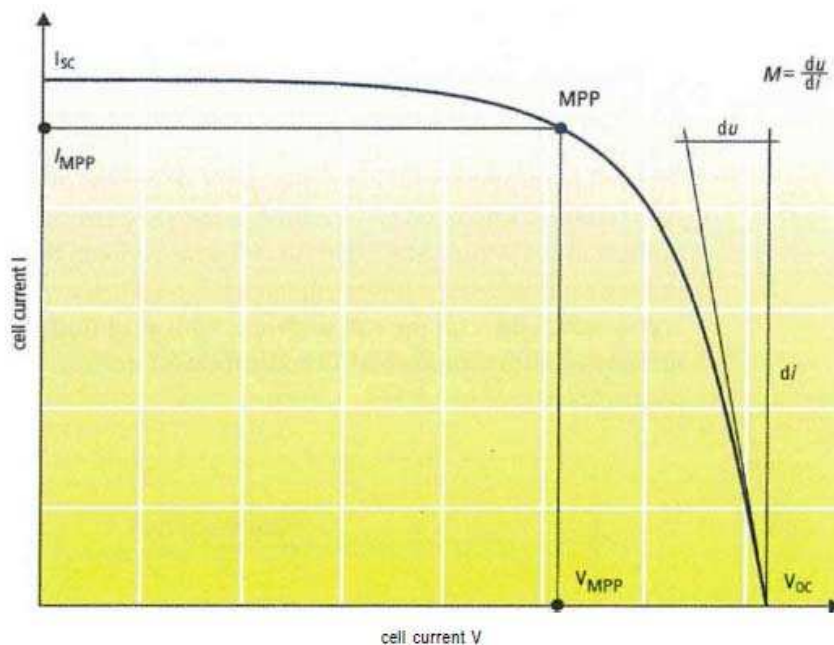
Μια λύση για το πρόβλημα της σκίασης είναι η σύνδεση μίας παρακαμπηρίου-bypass διόδου παράλληλα στις κυψέλες, έτσι ώστε να υπάρχει ροή του ρεύματος όταν μια κυψέλη βρίσκεται σε σκιά.



Σχήμα 3.12: Σύνδεση παρακαμπηρίων - bypass διόδων παράλληλα στις κυψέλες

### 3.12 Χαρακτηριστική Καμπύλη I-V Φωτοβολταϊκής Κυψέλης

Ένα βασικό Ηλεκτρικό Χαρακτηριστικό που προσδιορίζει τη φωτοβολταϊκή κυψέλη είναι η χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος-τάσης (I-V) που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.13: Χαρακτηριστική I-V με σημείο μέγιστης ισχύος (MPP)

Στην καμπύλη I -V υπάρχει ένα σημείο ( $V_{MPP}$ ,  $I_{MPP}$ ) στο οποίο η ισχύς λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της. Το σημείο αυτό ονομάζεται μέγιστο σημείο ισχύς (maximum power point, MPP).

Η μέγιστη ισχύ των φωτοβολταϊκών στοιχείων δίνεται από τη σχέση:

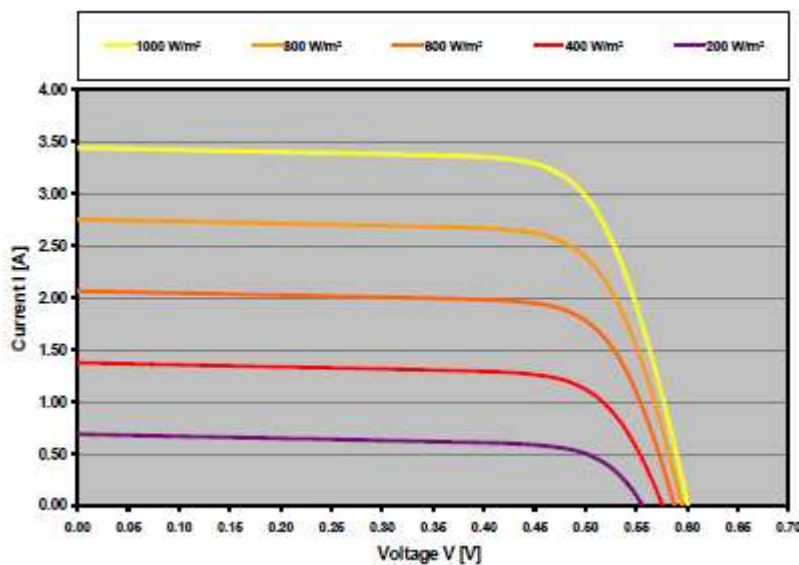
$$P_m = I_m * V_m$$

Η μέγιστη ισχύς δίνεται από τους κατασκευαστές μετρημένη υπό ειδικές σταθερές συνθήκες (Standard Test Condition, STC), οι οποίες αντιστοιχούν σε ακτινοβολία 1000 W/m<sup>2</sup>, τιμή αέριας μάζας AM=1.5 και θερμοκρασία 25°C. Το σημείο μέγιστης ισχύος (MPP-maximum power point) βρίσκεται στην χαρακτηριστική καμπύλη στο σημείο, όπου αυτή έχει κλίση (M) ίση με τη μονάδα.

### 3.13 Η Επίδραση της Ηλιακής Ακτινοβολίας στα Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά του Φωτοβολταϊκού Στοιχείου.

Η μέγιστη ισχύ που μπορεί να προσφέρει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο έχει άμεση εξάρτηση από την πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Όσο λιγότερη είναι η ακτινοβολία τόσο λιγότερο είναι και το ρεύμα που διαρρέει την διάταξη, αντιθέτως η τάση μέγιστου σημείου ισχύος παραμένει σχετικά σταθερή.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μεταβολή του ρεύματος και της τάση υπό διαφορετικές εντάσεις φωτός.



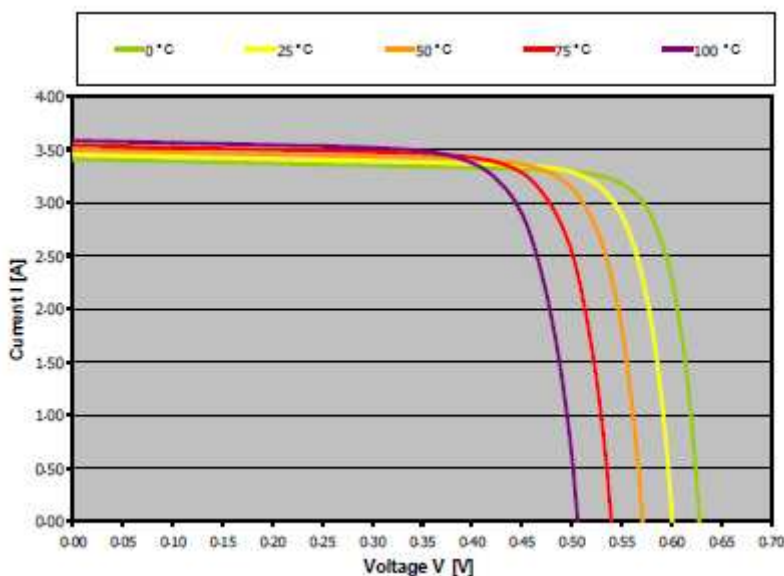
Σχήμα 3.14: I-V χαρακτηριστική για διαφορετικές τιμές ακτινοβολίας.

### 3.14 Επίδραση της Θερμοκρασίας στα Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά του Φωτοβολταϊκού Στοιχείου.

Η θερμοκρασία της κυψέλης αυξάνεται με τον φωτισμό, εξαιτίας της μετατροπής μέρους της ηλιακής ενέργειας σε θερμική (αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του υλικού). Η θερμοκρασίας λειτουργίας της κυψελίδας  $\theta_c$  και του περιβάλλοντα αέρα  $\theta_a$ , αυξάνει σχεδόν γραμμικά ως συνάρτηση της πυκνότητας της ολικής ακτινοβολίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεταβάλλεται το ρεύμα βραχυκύκλωσης ISC και η τάση ανοιχτού κυκλώματος Voc. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης ISC αυξάνεται ελαφρώς (περίπου 0,07%) με την θερμοκρασία λόγω της αύξησης του μήκους διάχυσης των φωτοδημιουργούμενων φορέων μειονότητας με την θερμοκρασία, άρα

και αύξηση του πλήθους των φορέων που καταφέρνουν να φτάσουν στους απέναντι χώρους της διάταξης, όπου οι φορείς αυτοί αποτελούν πλειονότητα.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την επίδραση της θερμοκρασίας στο ρεύμα βραχυκύκλωσης ISC και στη τάση ανοικτού κυκλώματος Voc.



Σχήμα 3.15. : I-V χαρακτηριστική για διαφορετικές θερμοκρασίες

Η τάση ανοικτού κυκλώματος Voc μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και μάλιστα η ποσοστιαία ελάττωση της ανα μονάδα θερμοκρασίας είναι σχεδόν μιας τάξης μεγέθους μεγαλύτερη της αντίστοιχης αύξησης του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Η έντονη ελάττωση της τάσης οφείλεται στην ισχυρή εξάρτηση του ρεύματος κόρου της διόδου από την θερμοκρασία.

### 3.15 Συνεργασία Φ/Β Αντιστροφέα

Κατά τη σχεδίαση του συστήματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη συνεργασία μεταξύ της Φ/Β συστοιχίας και του ηλεκτρονικού αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας απαιτεί στην είσοδό του ένα συγκεκριμένο εύρος για την τάση λειτουργίας, έχοντας ένα ανώτατο όριο τάσης εισόδου. Το ανώτατο όριο δεν πρέπει να υπερβαίνεται, ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος καταστροφής του αντιστροφέα. Συνεπώς, ο αριθμός των Φ/Β πλαισίων που μπορούν να συνδεθούν εν σειρά (στοιχειοσειρά) υπολογίζεται έτσι ώστε να μην υπερβαίνονται τα όρια αυτά, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Η τάση ενός Φ/Β πλαισίου εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Οι τιμές τάσης, ρεύματος και ισχύος που δίνονται από τον κατασκευαστή. Σημειώνεται ότι η θερμοκρασία στην οποία διενεργήθηκαν οι μετρήσεις (του κατασκευαστή) είναι 25°C. Κατά συνέπεια τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων πρέπει να διορθωθούν (αναχθούν) στις ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες λειτουργίας του Φ/Β συστήματος. Αναλυτικότερα, από την ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων υπολογίζεται η μέγιστη τιμή της τάσης των αλυσίδων και από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων καθορίζεται η μέγιστη τιμή του ρεύματος των παράλληλων αλυσίδων (κλάδων). Ο μέγιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων εν σειρά υπολογίζεται έτσι ώστε η συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος της συστοιχίας στη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, να μην υπερβαίνει το ανώτατο όριο τάσης εισόδου του αντιστροφέα. Για τις πεδινές περιοχές

της Ελλάδος ως ελάχιστη θερμοκρασία μπορεί να ληφθεί η τιμή  $-5^{\circ}\text{C}$  ή  $-10^{\circ}\text{C}$  (θερμοκρασία λειτουργίας ενεργού υλικού του Φ/Β πλαισίου). Συγχρόνως πρέπει να ελεγχθεί και η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου, η οποία ομοίως πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τάση ανοικτού κυκλώματος της στοιχειοσειράς στην μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, ώστε να μην προκύψει πρόβλημα στη μόνωση του Φ/Β πλαισίου.

Ο ελάχιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων εν σειρά ορίζεται έτσι ώστε η συνολική τάση βέλτιστης λειτουργίας της συστοιχίας στη μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας να υπερβαίνει την ελάχιστη τάση του εύρους εισόδου του αντιστροφέα ώστε αυτός να ενεργοποιείται. Αν ο κατασκευαστής παρέχει μόνο την τιμή του θερμοκρασιακού συντελεστή για την τάση ανοικτού κυκλώματος ( $V/^{\circ}\text{C}$ ), τότε η ίδια τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την τάση στο σημείο μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος του Φ/Β πλαισίου, χωρίς σημαντικό σφάλμα. Αν από την εν σειρά σύνδεση των Φ/Β πλαισίων δεν προκύπτει ισχύς κοντά στην ονομαστική ισχύ του αντιστροφέα, θα πρέπει να συνδεθούν περισσότεροι παράλληλοι κλάδοι (αποδεκτού αριθμού εν σειρά πλαισίων) ώστε η ισχύς της Φ/Β συστοιχίας να είναι κοντά στην ονομαστική ισχύ του αντιστροφέα. Το ρεύμα λειτουργίας των παράλληλων κλάδων θα πρέπει να είναι χαμηλότερο από το μέγιστο όριο ρεύματος εισόδου του αντιστροφέα. Η συνολική ισχύς της Φ/Β συστοιχίας μπορεί και να υπερβαίνει την ονομαστική ισχύ του μετατροπέα. Για τις συνθήκες της Ελλάδας συνιστάται η ονομαστική ισχύς της Φ/Β συστοιχίας να μην υπερβαίνει το 110% της ονομαστικής ισχύος του αντιστροφέα.

Τέλος, ένα σημαντικό θέμα που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν είναι η συμβατότητα μεταξύ των τύπων των Φ/Β και του αντιστροφέα που σχετίζεται με την απαίτηση ή όχι για γείωση της συστοιχίας.

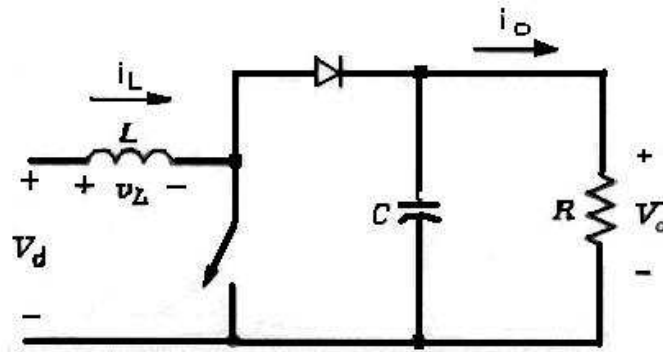
### **3.16 Μετατροπέας υποβιβασμού**

#### **Μετατροπείς Συνεχούς Τάσης (DC/DC Converter )**

Σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα η παραγόμενη τάση από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν έχει σταθερή τιμή, αλλά μεταβάλλεται γύρω από μια μέση τιμή. Για να σταθεροποιηθεί η τάση εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας και να καταστεί κατάλληλη για την είσοδο της στον αντιστροφέα χρησιμοποιούνται μετατροπείς συνεχούς ρεύματος. Οι μετατροπείς μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες ανάλογα με το αν η τάση εξόδου που βγάζουν είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την τάση εισόδου και ακόμα ανάλογα με την περιοχή λειτουργίας.

### **3.17 Μετατροπέας Ανύψωσης Τάσης**

Σε ένα μετατροπέα ανύψωσης τάσης, η τάση εξόδου είναι πάντα μεγαλύτερη από την τάση εισόδου. Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, η δίοδος είναι ανάστροφα πολωμένη, απομονώνοντας έτσι τη βαθμίδα εξόδου. Η είσοδος παρέχει ενέργεια στο πηνίο. Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός η βαθμίδα εξόδου απορροφά ενέργεια από το πηνίο και από την είσοδο. Στη μόνιμη κατάσταση ισορροπίας ο πυκνωτής εξομάλυνσης θεωρείται πολύ μεγάλος ώστε να εξασφαλίζεται μια σταθερή τάση εξόδου.



Σχήμα 3.15: Μετατροπέας Ανύψωσης Τάσης

### 3.18 Αναστροφέας (DC/AC Inverter)

Η τάση που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια είναι ακατάλληλη για την άμεση σύνδεση του φωτοβολταϊκού σταθμού στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ρόλος του αναστροφέα είναι η μετατροπή της συνεχούς τάσης που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε εναλλασσόμενη, κατάλληλης τιμής και συχνότητας για διασύνδεση στο δίκτυο. Οι αναστροφείς DC/AC μπορεί να είναι είτε μονοφασικοί είτε τριφασικοί. Επιπλέον, οι αναστροφείς μπορεί να είναι μικροί (string inverters) ή κεντρικοί, ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος. Οι κεντρικοί μετατροπείς ενδείκνυνται ιδιαίτερα για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων με ομοιογενή δομή (πλαίσια του ίδιου τύπου με ταυτόσημο προσανατολισμό και κλίση). Χρησιμοποιούνται για εγκαταστάσεις άνω των 100 kWp και έχουν σχεδιαστεί για εξωτερική χρήση.



Σχήμα 3.16: Παράδειγμα string και κεντρικών inverter

Η χρήση ενός πολλαπλού αναστροφέα για συστήματα με διαφορετικούς προσανατολισμούς βοηθάει στη μείωση των ενεργειακών απωλειών. Η λογική αυτή

ονομάζεται 'multi-string concept'. Το σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε τα πλαίσια με ίδια ηλιακή ακτινοβολία να είναι συνδεδεμένα σε μια γεννήτρια. Κάθε γεννήτρια έχει τον δικό της DC-DC αναστροφέα με ένα ξεχωριστό MPP tracker-ανιχνευτή για ενεργοποίηση της αντίστοιχης γεννήτριας στην μέγιστη ισχύ της. Χάρη σε αυτή την τεχνολογία μειώνονται τα έξοδα του συστήματος, η εγκατάσταση απλοποιείται σημαντικά και αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση καθώς και η διαθεσιμότητα της εγκατάστασης.



Σχήμα 3.17: Multi-string inverter type SB 4200TL

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### **4.1. Βάσεις Στήριξης και Ηλιοστάτες**

Η στήριξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων γίνεται συνήθως με βάσεις αλουμινίου ή γαλβανισμένες (ή με συνδυασμό υλικών). Στο εμπόριο διατίθενται τυποποιημένες βάσεις για διάφορους τύπους πλαισίων. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα στήριξης πληρούν τις προδιαγραφές DIN 1055, DIN 4113, DIN 18800 και έχουν μεγάλη αντοχή στην καταπόνηση. Η τοποθέτηση σε οικοπέδα γίνεται είτε με τσιμεντένιες βάσεις ή με πασσαλόπηξη ή με ειδικές βιδωτές βάσεις. Για τα κτίρια (δώματα και

στέγες) παρέχεται μια μεγάλη ποικιλία τυποποιημένων βάσεων στήριξης για όλες τις εφαρμογές.



Σχήμα 4.1: βάση στήριξης (α), βάση στήριξης με δυνατότητα ρύθμισης κλίσης. (β)

### Ηλιοστάτες (trackers)

Είναι συστήματα στήριξης επί εδάφους που ακολουθούν την πορεία του ήλιου εκμεταλλευόμενοι περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και αυξάνοντας έτσι την απόδοση του συστήματος (συνήθως κατά 25%-40%), αυξάνοντας παράλληλα το κόστος και τα λειτουργικά της επένδυσης. Διακρίνονται σε μονοαξονικούς και διαξονικούς και παρέχονται σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών. Για να αποφεύγονται οι σκιάσεις μεταξύ τους, απαιτείται μεγαλύτερη έκταση απ' ό,τι για τις σταθερές βάσεις (συνήθως 1,5-3 φορές μεγαλύτερη έκταση).



Σχήμα 4.2: Παραδείγματα Ηλιοστατών

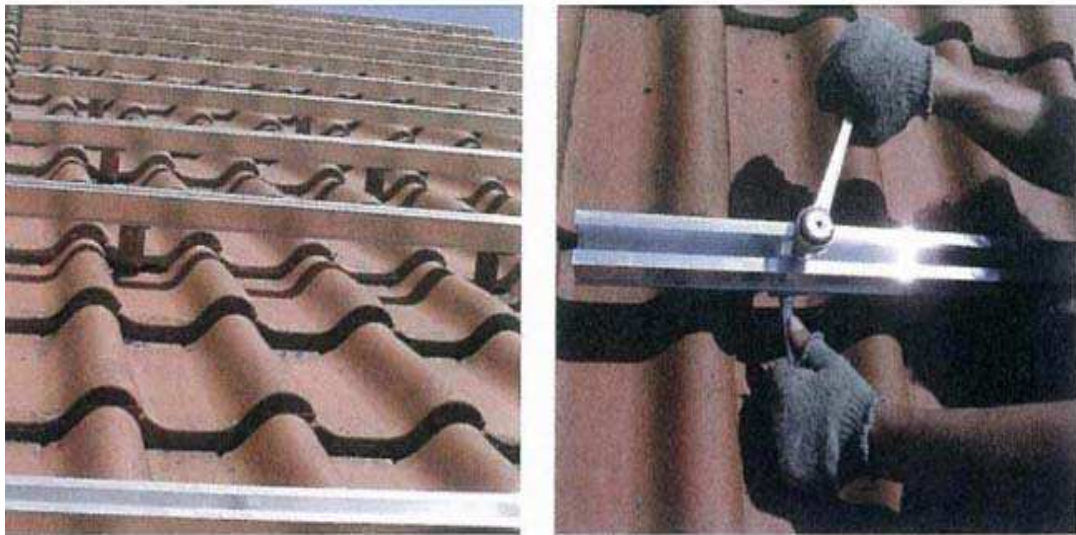
### 4.2. Τρόπος Τοποθέτησης των Πάνελ

Για καλύτερα αποτελέσματα στην τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών, πρώτα μπορεί να προσδιοριστεί η θέση τους και ο προσανατολισμός τους με μια κιμωλία πάνω στα κεραμίδια. Ύστερα, τοποθετούνται οι γάντζοι στα κεραμίδια. Όπου οι γάντζοι πρόκειται να εγκατασταθούν, τα κεραμίδια πρέπει να αφαιρεθούν έτσι ώστε οι δοκοί της στέγης να είναι ορατοί. Οι βίδες πρέπει να είναι βιδωμένες στους δοκούς σε ένα βάθος τουλάχιστον 60mm ως 80mm. Επιπλέον, τα κεραμίδια που ανυψώνονται για να τοποθετηθούν οι γάντζοι, πρέπει να βρεθούν στο ίδιο επίπεδο με τα υπόλοιπα κεραμίδια της στέγης όταν θα ξαναμπούν στις αρχικές τους θέσεις. Προσοχή πρέπει να δοθεί στη κάλυψη της στέγης από τα κεραμίδια και η σωστή-ακριβής τοποθέτησή τους σε θέση έτσι ώστε να προστατεύεται η στέγη από τη διάβρωση και να μην υπάρχουν τυχόν διαρροές. Κατόπιν, κόβονται οι ράγες στο σωστό μέγεθος (πριν τοποθετηθούν), και στερεώνονται σε κάθε γάντζο στη στέγη.



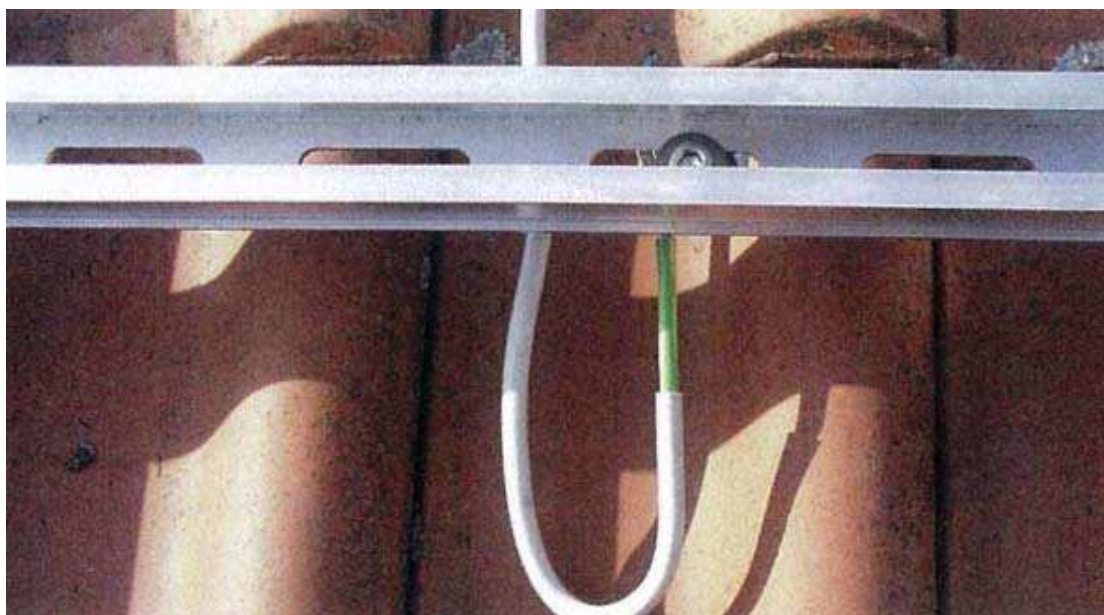


Σχήμα 4.3: Τοποθέτηση γάντζων στη στέγη για την ενσωμάτωση των πάνελ



Σχήμα 4.4 : Τοποθέτηση ράγων

*Μετά, γίνεται η ηλεκτρολογική σύνδεση-καλωδίωση για κάθε πάνελ και η ισοδυναμική σύνδεση του κτιρίου*



Σχήμα 4.5: Καλωδίωση –σύνδεση φωτοβολταϊκών γεννητριών

Τέλος, τοποθετούνται τα πάνελ. Ο ευκολότερος τρόπος για την εγκατάστασή τους είναι η έναρξη της τοποθέτησης από πάνω προς τα κάτω. Το πρώτο πάνελ στερεώνεται στις ράγες στην εξωτερική άκρη με δυο προ-συναρμολογημένους σφικτήρες. Όλα τα πάνελ ενώνονται μεταξύ τους με σφικτήρες το ένα δίπλα στο άλλο.



Σχήμα 4.6: Τοποθέτηση πάνελ

### **4.3. Περιγραφή Εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού Συστήματος**

#### **Επί τόπου Επίσκεψη και Μελέτη του Χώρου**

Προκειμένου να ξεκινήσει ο προγραμματισμός ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος, μια επί τόπου επίσκεψη είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση των βασικών προϋποθέσεων του φωτοβολταϊκού συστήματος. Αρχικά είναι σημαντικό να διαπιστωθεί κατά πόσο το κτίριο είναι κατάλληλο για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος έτσι ώστε με μια λεπτομερή

προκαταρκτική έρευνα να αποφευχθούν τα λάθη στο σχεδιασμό και στους υπολογισμούς.

*Τα ακόλουθα σημεία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την διάρκεια μιας επιτόπιας επίσκεψης και αποτελούν την βάση για ένα καλό σχεδιασμό :*

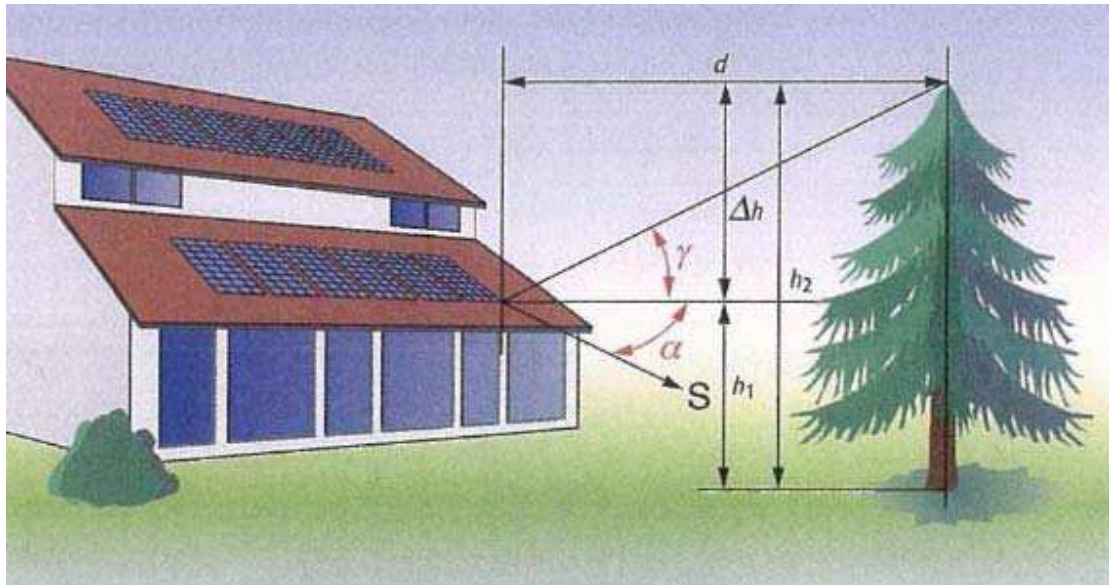
- ❖ Οι επιθυμίες του πελάτη όσον αφορά τον τύπο της μονάδων , το σχέδιο του συστήματος και της μεθόδου εγκατάστασης (επιθυμητή φωτοβολταϊκή ισχύ η επιθυμητή απόδοση ενέργειας)
- ❖ Χρηστικότητα στέγης , πρόσοψη και ανοικτές επιφάνειες χώρου.
- ❖ Προσανατολισμό και κλίση της γωνίας, το σχήμα της στέγης, η κατασκευή της οροφής, η υποδομή της στέγης και το είδος της στέγης.
- ❖ Χρησιμοποιούμενα ανοίγματα οροφής ( πλακάκια εξαερισμού , ελεύθεροι σωλήνες καπνοδόχων, κλπ.)
- ❖ Στοιχεία για σκίαση, μέρη εγκατάστασης για το φωτοβολταϊκό συνδιαστη / κουτιά διακλαδώσεων , εγκατάσταση απομόνωσης και μετατροπέας.
- ❖ Ντουλάπι μετρητή και χώρο για έξτρα μετρητές.
- ❖ Μήκη καλωδίων , όδευσις καλωδίων και μέθοδος όδευσης.
- ❖ Πρόσβαση , ιδιαίτερα όταν ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι για κατασκευή φωτοβολταϊκής συστοιχίας ( γερανός , σκαλωσιά κλπ. )

*Τα έγγραφα που βοηθούν στο σχεδιασμό είναι:*

- ❖ Τοπογραφικό του κτιρίου για να εξακριβωθεί ο προσανατολισμός του.
- ❖ Κατασκευαστικά σχέδια του κτιρίου για να εξακριβωθεί η κλίση της στέγης, η ωφέλιμη επιφάνεια και το μήκος των αγωγών.
- ❖ Φωτογραφίες από τη στέγη και τη θέση του ηλεκτρικού μετρητή.

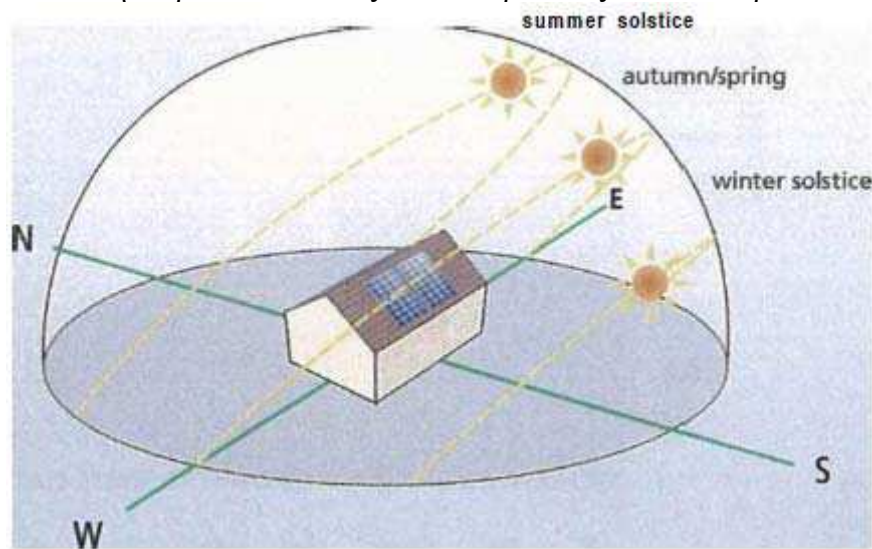
#### **4.4 Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας**

Η ακριβής γνώση της τοποθεσίας του ήλιου είναι σημαντική για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας και άρα την παραγωγή της ηλιακής ενέργειας από το σύστημα. Η συμπεριφορά του ήλιου μπορεί να περιγραφεί σε οποιαδήποτε θέση από την γωνία ανύψωσης και την αζιμούθια γωνία. Από το τοπογραφικό διάγραμμα και το διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίζουμε τις αποστάσεις και τις διαστάσεις των σκιαζόμενων αντικειμένων.



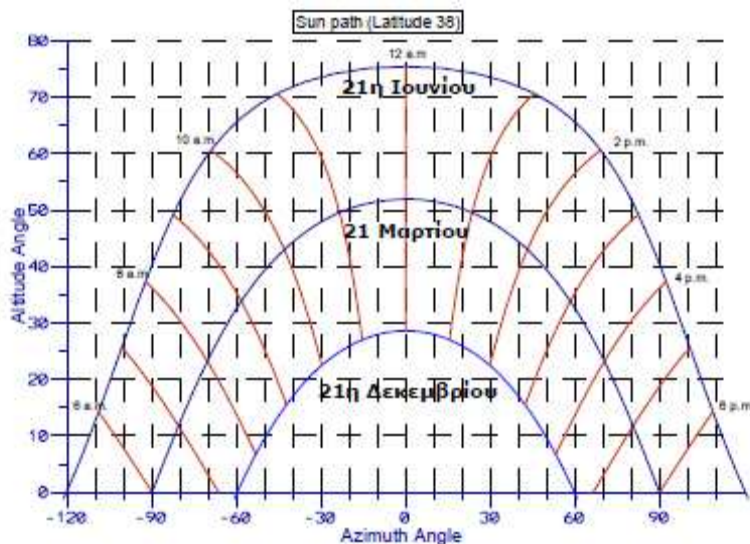
Σχήμα 4.7: Απεικόνιση αζιμούθιας γωνίας και γωνίας ανύψωσης

Η γωνία ανύψωσης του ήλιου αλλάζει κατά την διάρκεια της μέρας, αλλά επίσης αλλάζει και κατά τη διάρκεια του έτους. Αυτό παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.8: Θέση του ήλιου στη διάρκεια της μέρας αλλά και του έτους

Για τον έλεγχο πιθανών σκιασμών καθ' όλο το έτος χρησιμοποιούμε ένα διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας (σχήμα 4.9). Στο εν λόγω διάγραμμα σχεδιάζεται η τοποθεσία του ήλιου σε γωνιακές συντεταγμένες, για γεωγραφικό πλάτος 38ο. Για διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος στην Ελλάδα προκύπτει ελαφρά διαφορετικό διάγραμμα. Ο οριζόντιος άξονας του σχήματος αντιστοιχεί στην αζιμούθια γωνία του ήλιου, η οποία σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της θέσης του ήλιου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου (γωνιακή απόσταση του ηλίου από τη διεύθυνση του Νότου), ενώ ο κατακόρυφος άξονας αντιστοιχεί στη γωνία του ύψους του ήλιου, δηλαδή ανάμεσα στην τοποθεσία του ήλιου και της προβολής της στο οριζόντιο επίπεδο.



Σχήμα 4.9: Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας

Διάγραμμα ηλιακής ακτινοβολίας σε Βόρειο γεωγραφικό πλάτος  $38^\circ$  μοιρών. Επί του διαγράμματος έχουν σχεδιασθεί ενδεικτικά η 21η Δεκεμβρίου, η 21η Μαρτίου και η 21η Ιουνίου, ενώ επίσης σημειώνονται επί των τροχιών και οι θέσεις του ήλιου για κάθε ώρα της ημέρας (σε τοπική ηλιακή ώρα). Με βάση το διάγραμμα του σχήματος θα πρέπει να συγκριθούν τα περιγράμματα των εμποδίων (σε γωνιακές συντεταγμένες στο ίδιο σύστημα αξόνων) όπως φαίνονται από το δυσμενέστερο σημείο της φωτοβολταϊκής συστοιχίας. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε αν τα εμπόδια σκιάζουν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία, δηλαδή αν η γωνία ύψους των εμποδίων είναι μεγαλύτερη από τη γωνία ύψους του ήλιου για την αντίστοιχη αζιμούθια γωνία.

#### **4.5 Προσανατολισμός και Κλίση των Φωτοβολταϊκών Πλαισίων**

Ο προσανατολισμός της επιφάνειας που γίνεται δέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία ενός συστήματος. Ο κατάλληλος προσανατολισμός και η βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας συμβάλει στη μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγής. Συγκεκριμένα, εφόσον η τοποθεσία του ήλιου αλλάζει τόσο με την ώρα της ημέρας όσο και με τη μέρα του έτους, συνεπάγεται πως για να παράγει ένα πλαίσιο τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να περιστρέφεται ώστε να μπορεί να ακολουθεί την θέση ήλιου και να είναι συνεχώς κάθετο στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας. Πρακτικά, η μηχανική πολυπλοκότητα και το κόστος ενός μηχανισμού που θα επέτρεπε την κίνηση των πλαισίων σύμφωνα με τον παραπάνω τρόπο, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή την εφαρμογή του σε κτιριακά φωτοβολταϊκά συστήματα. Έτσι στη πλειονότητα των κτιριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των πλαισίων, ώστε να επιτυγχάνεται μέση ετήσια γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας όσο το δυνατό πιο κοντά στις  $90^\circ$ .

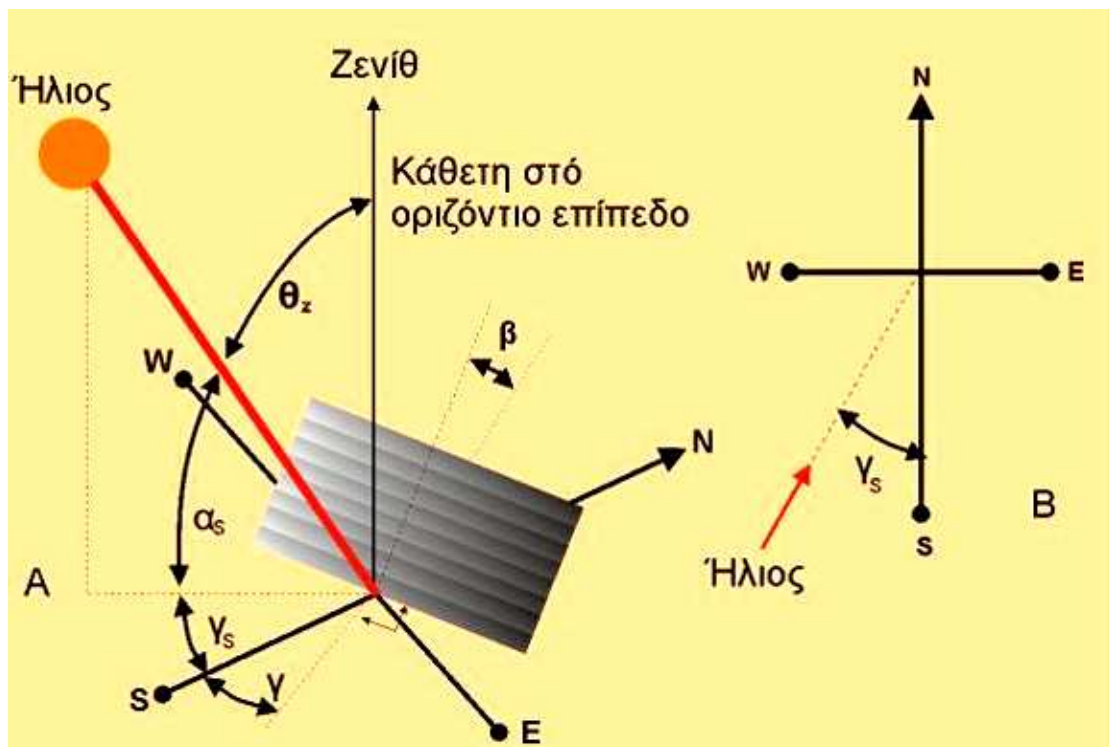
*Η επίτευξη αυτού του σωστού προσανατολισμού έγκειται στην σωστή επιλογή της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου.*

## Κλίση του Πλαισίου

Η κλίση του πλαισίου εκφράζεται με τη γωνία  $\beta$  που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο της επιφάνειας του φωτοβολταϊκού πλαισίου και το οριζόντιο επίπεδο.

## Αζιμούθια Γωνία

Η αζιμούθια γωνία σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κεκλιμένης πλευράς του πλαισίου και τον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου, όπως φαίνεται στα σχήματα. Παίρνει τιμές από  $-180$  μέχρι  $+180$ . Η γωνία  $-180$  (που συμπίπτει με την  $+180$ ) αντιστοιχεί σε τοποθέτηση του συλλέκτη προς το βορρά, η γωνία  $-90$  προς την ανατολή, η γωνία  $0$  προς το νότο και η γωνία  $+90$  προς τη δύση. Θεωρούμε ότι η δεξιόστροφη φορά είναι θετική (δηλαδή η Δύση έχει γωνία  $\gamma=+90^\circ$ ), ενώ η αριστερόστροφη είναι αρνητική (η Ανατολή έχει γωνία  $\gamma=-90^\circ$ ), ενώ ο Βορράς έχει  $\pm 180^\circ$  (το πρόσημο ανάλογα ποια φορά θα διαλέξουμε).



Σχήμα 4.10: Γραφική απεικόνιση της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου που βρίσκεται στο Βόρειο ημισφαίριο.

Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του φωτοβολταϊκού πλαισίου για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι περίπου  $0^\circ$  (κατεύθυνση προς νότο). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των  $30^\circ$ . Δεδομένου ότι στην περίπτωση των κτιριακών φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού της φωτοβολταϊκής συστοιχίας μπορεί να είναι ανέφικτες (λόγω των περιορισμών που προκύπτουν από τις δεδομένες διαθέσιμες επιφάνειες του κτιρίου), θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί η φωτοβολταϊκή συστοιχία. Η

μείωση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (στην επιφάνεια της φωτοβολταϊκή συστοιχίας) συγκριτικά με τη μέγιστη θεωρητική της τιμή (βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού) συνιστάται να μην υπερβαίνει το 10% προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα οικονομικά οφέλη του ανεξάρτητου παραγωγού. Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτηρίων, προτιμώνται γενικά επιφάνειες νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 70ο από την κατεύθυνση του Νότου, και κλίσης στο εύρος 0ο-50ο. Σημειώνεται ότι η χρήση γωνιών κλίσης άνω των 10- 15ο διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό των πλαισίων από σωματίδια σκόνης και άλλους ρύπους μέσω της βροχής. Στα σχήματα 4.11 και 4.12 παρατίθενται ενδεικτικά η επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτιριακού φωτοβολταϊκού συστήματος σε απόλυτες τιμές και σε επί τοις εκατό ποσοστά αντίστοιχα. Σε όλες τις περιπτώσεις υποτίθεται ότι δεν υπάρχουν σκιασμοί.



Σχήμα 4.11: Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m<sup>2</sup>/έτος) στο επίπεδο των ηλιακών πλαισίων ενός κτιριακού φωτοβολταϊκού συστήματος στην Αττική.

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	30°	0°	60°
Ανατολικός - Δυτικός	85% kWh <sub>(ετος)</sub>	90% kWh <sub>(ετος)</sub>	50% kWh <sub>(ετος)</sub>
Νότιοανατολικός - Δυτικός	95% kWh <sub>(ετος)</sub>	90% kWh <sub>(ετος)</sub>	60% kWh <sub>(ετος)</sub>
Νότιος	100% kWh <sub>(ετος)</sub>	90% kWh <sub>(ετος)</sub>	60% kWh <sub>(ετος)</sub>
Βόρειοανατολικός - Δυτικός	95% kWh <sub>(ετος)</sub>	90% kWh <sub>(ετος)</sub>	30% kWh <sub>(ετος)</sub>
Βόρειος	60% kWh <sub>(ετος)</sub>	90% kWh <sub>(ετος)</sub>	20% kWh <sub>(ετος)</sub>

Σχήμα 4.12 : Επίδραση της τιμής της κλίσης και του προσανατολισμού στην ηλεκτροπαραγωγική ικανότητα ενός κτιριακού φωτοβολταϊκού συστήματος.

#### 4.6 Γείωση Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Υπάρχουν τριών ειδών γειώσεις, ανάλογα με τη χρήση τους.

❖ *Γείωση λειτουργίας* : είναι η γείωση που γίνεται για λειτουργικούς λόγους και

γειώνεται ένα ενεργό σημείο του κυκλώματος καθώς και ο ουδέτερος αγωγός (άμεση και έμμεση).

❖ *Γείωση προστασίας* : είναι η γείωση ενός μεταλλικού μέρους που δεν είναι στοιχείο ενεργού κυκλώματος π.χ γειώνονται οι μεταλλικές βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών γεννητριών.

❖ *Γείωση του συστήματος της αντικεραυνικής προστασίας* : είναι η ανοιχτή ή συνεχής γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας. Οι γειώσεις αυτές διοχετεύουν το ρεύμα των κεραυνών προς τη γη. Οι ανοιχτές γειώσεις μειώνουν την ηλεκτροχημική διάβρωση.

Σκοπός της γείωσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι να προστατεύει της φωτοβολταϊκές συστοιχίες από τον κίνδυνο για άμεσο πλήγμα από κεραυνό, διαχέοντας το ρεύμα του αγωγού στο έδαφος μέσω των ηλεκτροδίων γείωσης. Επιπλέον, το σύστημα γείωσης προστατεύει τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά συστήματα (π.χ αναστροφείς, μετατροπείς) από τα αποτελέσματα του κεραυνού, δηλαδή από την εμφάνιση επικίνδυνων υπερτάσεων. Συνδέει ισοδυναμικά τους αγωγούς καθόδου καθώς και αναχαιτίζει τον κεραυνό σε περίπτωση επιφανειακής διάσπασης του εδάφους. Η γείωση είναι ένα από τα σημαντικότερα τμήματα ενός υποσταθμού και βασικός ρόλος της γείωσης σε έναν υποσταθμό είναι η προστασία των ανθρώπων από τάσεις επαφής. Τάση επαφής είναι η τάση μεταξύ δύο μεταλλικών σημείων ή ενός μεταλλικού σημείου και του εδάφους που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια ενός σφάλματος. Καλύτερη γείωση σε υποσταθμό θεωρείται η γείωση κατά μήκος των θεμελίων (θεμελιακή γείωση). Η διατομή του αγωγού γείωσης καθορίζεται από την αντοχή του αγωγού αυτού στο προσδοκώμενο ρεύμα κατά τη διάρκεια μονοφασικού βραχυκυκλώματος και για όσο χρόνο διαρκεί αυτό το βραχυκύκλωμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις η θεμελιακή γείωση λόγω της έκτασής της εξασφαλίζει συνολική αντίσταση γείωσης μικρότερη του 1 Ω. Όταν δεν είναι εφικτή η υλοποίηση θεμελιακής γείωσης τότε κατασκευάζονται τρίγωνα γείωσης. Σε αυτήν την περίπτωση είναι αρκετά πιο δύσκολο να επιτευχθεί αντίσταση γείωσης μικρότερη του 1Ω και για το λόγο αυτό απαιτούνται συνήθως περισσότερα του ενός τρίγωνα γείωσης. Εάν δεν μπορεί να επιτευχθεί αντίσταση γείωσης μικρότερη του 13 πρέπει να κατασκευαστούν χωριστές γειώσεις για τη μέση και χαμηλή τάση. Σε αυτές τις περιπτώσεις η αντίσταση γείωσης για τη μέση τάση πρέπει να είναι μικρότερη των 40 Ω και για τη χαμηλή τάση μικρότερη των 10 Ω. Ειδικά σε παροχές τύπου A απαιτείται επιπλέον η κατασκευή ισοδυναμικού πλέγματος στο χώρο του υποσταθμού για την αποφυγή τάσεων επαφής. Επιπλέον, οι δύο γειώσεις πρέπει να είναι πραγματικά ανεξάρτητες μεταξύ τους που σημαίνει ότι πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 20 μέτρα η μία από την άλλη που είναι πρακτικά δύσκολο. Για το λόγο αυτό πρέπει να επιδιώκεται πάντοτε η κατασκευή κοινής γείωσης με αντίσταση μικρότερη του 1Ω.0



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1. Αντλίες θερμότητας

#### Εισαγωγή

Οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες μιας κατοικίας για εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων, αποδοτική θέρμανση και παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης, απαιτούν νέες τεχνολογίες που υπερκαλύπτουν την λειτουργία των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης. Οι αντλίες θερμότητας είναι μηχανήματα τα οποία «αντλούν» θερμότητα (με τη μορφή ψύξης ή θέρμανσης) από μια δεξαμενή θερμότητας (αέρας περιβάλλοντος, δεξαμενή νερού, υπόγεια νερά, λίμνη κλπ) προς ένα χώρο, μέσω ενός κύκλου εξάτμισης και συμπύκνωσης ενός εργαζόμενου μέσου, (ψυκτικό ρευστό) είτε (α) με την χρήση μηχανικού έργου είτε (β) με την βοήθεια μιας θερμής δεξαμενής πολύ υψηλής θερμοκρασίας, με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

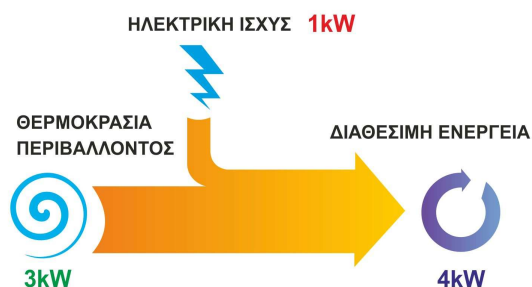
Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης είναι υψηλό και θα τρώγαζε τον καθένα, αλλά η εξοικονόμηση χρημάτων που επιτυγχάνεται με τα συστήματα αυτά –της τάξεως του 60% και άνω- Οι αντλίες θερμότητας είναι επίσης μια οικονομική λύση θέρμανσης, οι δε αντλίες θερμότητας πηγής αέρα ανήκουν στην κατηγορία των συστημάτων παραγωγής θερμότητας από ανανεώσιμες πηγές. Στη λειτουργία ψύξης, οι αντλίες θερμότητας μεταφέρουν τη θερμότητα από το δωμάτιο ή τον εσωτερικό χώρο στον αέρα του περιβάλλοντος, ψύχοντας έτσι τον εσωτερικό χώρο. Στην αντίστροφη λειτουργία, οι αντλίες θερμότητας αντλούν τη λανθάνουσα θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος (ακόμα κι όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι -20 °C) και τη μεταφέρουν στο εσωτερικό για τη θέρμανση του χώρου.

#### Ορισμός

Η αντλία θερμότητας είναι συσκευή που έχει την δυνατότητα εναλλαγής λειτουργίας στον κύκλο ψύξης ενός συστήματος έτσι ώστε να δίνει άλλοτε ζεστό και άλλοτε κρύο αέρα ή άλλο μέσο μεταφοράς θερμότητας ή ψύχους, ανάλογα πάντα με τις κλιματιστικές ανάγκες του χώρου. Ως γνωστόν, η θερμότητα έχει φυσική ροή από καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχες χαμηλότερων. Το σύστημα αυτό όμως, έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα προς τη φυσική ροή, δηλαδή ‘αντλεί’ θερμότητα και για αυτό ονομάζεται έτσι. Συγκεκριμένα το καλοκαίρι αφαιρεί θερμότητα από έναν κλιματιζόμενο χώρο και την αποβάλλει στο περιβάλλον, οπότε ψύχεται ο κλιματιζόμενος χώρος, ενώ το χειμώνα αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον και την αποβάλλει μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον θερμαίνει. Η αντλία θερμότητας είναι ένα φθινό σύστημα θέρμανσης συγκρινόμενη με τη θέρμανση που δίνουν οι ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές , τα αερόθερμα και γενικά τα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα.

## 5.2. Πλεονεκτήματα αντλίας θερμότητας .

Η ενέργεια που καταναλώνει η αντλία θερμότητας είναι έως και 7 φορές μικρότερη από την θερμική ενέργεια που αποδίδει. Η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας είναι πολύ απλή. Ο ήλιος θερμαίνει τον αέρα του περιβάλλοντος, του οποίου την ενέργεια η αντλία θερμότητας μετατρέπει σε θέρμανση. Η μετατροπή αυτή για να επιτευχθεί απαιτεί την κατανάλωση **μικρού μόνο ποσού ηλεκτρικής ενέργειας**.



### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

*3 kWh ανανεώσιμης ενέργειας + 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδουν 4 kWh θερμικής ενέργειας.*

Το *βασικότερο πλεονέκτημα* των αντλιών θερμότητας είναι ο αυξημένος συντελεστής απόδοσης (COP, δηλ. ο λόγος της αντλούμενης θερμικής ενέργειας προς την απορροφούμενη ηλεκτρική ενέργεια, έως 4), το οποίο πρακτικά σημαίνει ότι καταναλώνοντας 1KW, παράγονται έως και 4KW χρηστικής ενέργειας, κάτι το οποίο συνεπάγεται σημαντική εξοικονόμηση.

### Σημαντικά πλεονεκτήματα των αντλιών θερμότητας είναι:

- ❖ Η αθόρυβη λειτουργία τους καθώς και το μικρό μέγεθος των μονάδων.
- ❖ Η λειτουργία των αντλιών δεν επηρεάζεται από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
- ❖ Χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πηγές για παραγωγή ενέργειας
- ❖ Δεν χρειάζεται να προπληρώσεις την κατανάλωση ενέργειας
- ❖ Χαμηλό κόστος συντήρησης
- ❖ Δεν χρειάζεται καμία απασχόληση για παραγγελία και αποθήκευση καυσίμων ( πχ Πετρέλαιο, ξύλα, πελετ
- ❖ Είναι εύκολη η εγκατάστασή τους εφ, όσον γίνει μελέτη και εφαρμογή από εξειδικευμένη εταιρεία.
- ❖ Επιδοτήται η επένδυση από προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας.
- ❖ Έχει την καλύτερη σχέση επένδυσης με απόδοση
- ❖ Είναι ο πιο οικονομικός τρόπος θέρμανσης
- ❖ Δεν ρυπαίνει την ατμόσφαιρα με κατάλοιπα καύσης ορυκτών ή φυσικών καυσίμων.

## Στο οικολογικό κομμάτι

- ❖ Οι αντλίες στη λειτουργία τους είναι φιλικές προς το περιβάλλον και έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων.

Τέλος, μια αντλία θερμότητας μπορεί να αποκαταστήσει πλήρως τους κλασικούς λέβητες πετρελαίου ,φυσικού αερίου και ηλεκτρικούς λέβητες. Η ίδια μονάδα παράγει και δροσισμό, καταργώντας με αυτόν τον τρόπο, την ανάγκη για εγκατάσταση κλιματιστικών μονάδων στο χώρο. Η κάθε μονάδα έχει επιπλέον τη δυνατότητα παραγωγής ζεστών νερών χρήσης.

### Αναλυτικά:

#### Εξοικονόμηση ενέργειας

Με την χρήση μιας Αντλίας Θερμότητας, το σύστημα είναι έως και 6 φορές πιο αποτελεσματικό από τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης με ορυκτά καύσιμα. Με ιδανικές κλιματολογικές συνθήκες στην χώρα μας, ο μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης (COP) του συστήματος μπορεί να είναι πάνω από το 4 (για A/Θ Αέρα/Νερού) και πάνω από 5,5 (για A/Θ Εδάφους.Νερού με γεωθερμία). Εξασφαλίζοντας τέτοιο υψηλό βαθμό απόδοσης το λειτουργικό κόστος χρήσης είναι το ελάχιστο. Η εξοικονόμηση κόστους υπολογίζεται σε **65% σε σύγκριση με το πετρέλαιο θέρμανσης** και 40% με το φυσικό αέριο.Ο καταναλωτής καταναλώνει 1 Kw ηλεκτρικής ενέργειας για απόδοση 3 έως 5 Kw, ενώ η αντλία θερμότητας γίνεται φθηνότερη αν επιλεγεί το νυχτερινό τιμολόγιο ρεύματος. Η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη **απορροφάται κατά 70% από το περιβάλλον**. Το υπόλοιπο 30% λαμβάνεται με τη μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας.

#### Ενδεικτικό κόστος

Για την αγορά μιας αντλίας θερμότητας ισχύος 16 Kw η χαμηλότερη τιμή κυμαίνεται από 3.500 έως 6.500 ευρώ ενώ η υψηλότερη τιμή από 8.500 έως 9.000 ευρώ (χωρίς ΦΠΑ). Οι ηλεκτρολογικές και ψυκτικές εργασίες κυμαίνονται από 1000 έως 3000 Ευρώ.

#### Προστασία περιβάλλοντος

Εκτός από την εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους με την απόκτηση μίας Αντλίας Θερμότητας, ουσιαστικά αποφασίζετε για μία καθαρότερη μορφή ενέργειας με την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο περιβάλλον μας. Για παράδειγμα μια μονοκατοικία 150m<sup>2</sup> για τη θέρμανσή της με πετρέλαιο επιβαρύνει το περιβάλλον σε ετήσια βάση με 6200 Kg CO<sub>2</sub>. Η ίδια μονοκατοικία για θέρμανση με φυσικό αέριο προκαλεί εκπομπή 3820 Kg CO<sub>2</sub>. Η θέρμανση του χώρου αυτού με Αντλία Θερμότητας και με βάση το γερμανικό μείγμα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος μολύνει το περιβάλλον με μόνο 770 Kg CO<sub>2</sub>.. Η τοπική δε επιβάρυνση του είναι μηδενική.

### 5.3. Κατηγορίες αντλιών θερμότητας

Ο όρος αντλία θερμότητας αναφέρεται σε μηχανές που λειτουργούν με την χρήση συμπιεζόμενου αερίου ως μέσο μεταφοράς της ενέργειας ανάμεσα σε πηγή και καταβόθρα.

Παρέχει θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων αλλά και ζεστό νερό χρήσης. Οι πιο κοινές πηγές άντλησης θερμότητας για τέτοιες μηχανές είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας και το έδαφος. Ανάλογα με την φύση της πηγής και αντίστοιχα της καταβόθρας οι αντλίες θερμότητας διαχωρίζονται σε αέρα-αέρα, αέρα-νερού, εδάφους-αέρα και εδάφους-νερού. Για το λόγο αυτό συνήθως παρέχει θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων αλλά και ζεστό νερό χρήσης.

***Η κατηγοριοποίηση των αντλιών θερμότητας μπορεί να γίνει με βάση:***

- ❖ Το μέσο από όπου αντλείται και το μέσο από όπου αποβάλλεται η θερμότητα. Άρα διακρίνονται στις εξής:

- Αέρα-Αέρα (A-A)
- Αέρα-Νερού (A-N)
- Νερού-Νερού (N-N)
- Νερού- Αέρα (N-A)
- Εδάφους-Αέρα (E-A)
- Εδάφους- Νερού (E-N)

- ❖ Το είδος της κινητήριας μηχανής:

- A. Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές
- B. Συμπιεστές κινούμενοι από μηχανές εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, ατμός, αέριο κλπ)
- Γ. Συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης ( θερμική ενέργεια χαμηλής και μέση θερμοκρασίας).

- ❖ Τη θέση των διάφορων μηχανισμών της:

- A. Ενιαίες ή αυτόνομες(Compact). Όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος.

- B. Διαιρούμενες ή διμερούς τύπου (Split units). Ο ατμοποιητής (ή ο συμπυκνωτής) είναι ανεξάρτητος του υπολοίπου συστήματος

- ❖ Τον τρόπο αναστροφής της λειτουργίας τους:

- A. Σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Η ροή του ψυκτικού μέσου διατηρείται σταθερή και αλλάζει η θέση των μέσων προσαγωγής ή απαγωγής της θερμότητας.

- B. Μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Η αναστροφή της ροής του ψυκτικού μέσου γίνεται με χρήση της τετράοδης βαλβίδας.

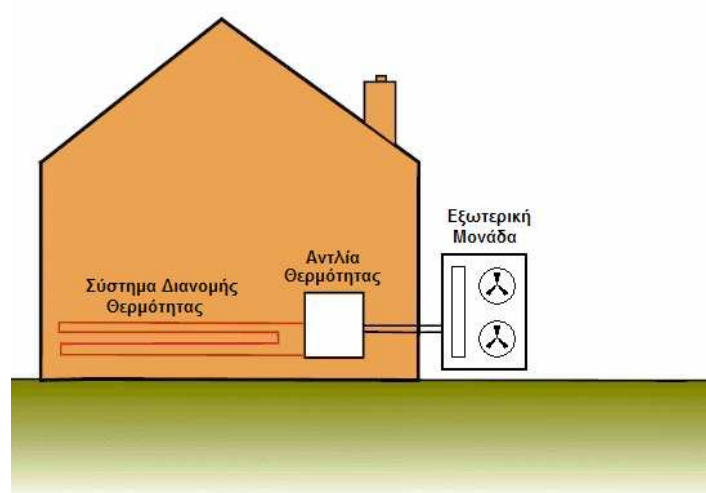
#### **5.4 Αντλία θερμότητας Αέρα/Νερού (Ψύξη)**

Οι Αντλίες Θερμότητας Αέρα/Νερού χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τον αέρα ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι  $-20^{\circ}\text{C}$ . Αυτές οι καινοτόμες

εγκαταστάσεις θέρμανσης απορροφούν μέχρι και 75% της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης από την αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια μέσα στον αέρα του περιβάλλοντος. Το υπόλοιπο 25% το παίρνουμε με την μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας και έτσι πετυχαίνουμε την απαιτούμενη θερμική ενέργεια 100%.

Με την χρήση μιας Αντλίας Θερμότητας Αέρα/Νερού το σύστημα είναι έως και 4 φορές πιο αποτελεσματικό από τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης με ορυκτά καύσιμα. Με ιδανικές κλιματολογικές συνθήκες στην χώρα μας, ο μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης (COP) του συστήματος μπορεί να είναι πάνω από το 4. Εξασφαλίζοντας τέτοιο υψηλό βαθμό απόδοσης λειτουργούν με χαμηλό κόστος κατανάλωσης ενώ παράλληλα το κόστος συντήρησης είναι μηδαμινό.

Το σύστημα λειτουργεί χρησιμοποιώντας την θερμότητα του αέρα για να αυξήσει ή να μειώσει την θερμοκρασία του νερού.



Σχήμα 5.1.: Αντλίες θερμότητας Αέρα/Νερού

### **5.5 Αντλία θερμότητας Αέρα/Νερού(Θέρμανση)**

Οι Αντλίες Θερμότητας Αέρα/Νερού της χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τον αέρα ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος μέχρι  $-20^{\circ}\text{C}$  (για θέρμανση) και έως  $+40^{\circ}\text{C}$  (για ψύξη). Αυτές οι μοντέρνες εγκαταστάσεις θέρμανσης απορροφούν μέχρι και 75% της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης από την αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια μέσα στον αέρα του περιβάλλοντος. Το υπόλοιπο 25% το παίρνουμε με την μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας και έτσι πετυχαίνουμε θερμική και ψυκτική άνεση 100%.

### **5.6 Αντλία θερμότητας Ζεστού Νερού Χρήσης**

Οι Αντλίες Θερμότητας Ζεστού Νερού Χρήσης κερδίζουν την θερμαντική τους ενέργεια για το ζεστό νερό από τον περιβάλλοντα αέρα εσωτερικά του σπιτιού καθώς

και από την αναπτυσσόμενη θερμοκρασία διαφόρων συσκευών π.χ από το υπόγειο όπου βρίσκεται η εγκατάσταση του καυστήρα ή διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών. Με αυτό τον τρόπο λειτουργούν με χαμηλό κόστος αλλά επίσης δίνουν την δυνατότητα για αφύγρανση του χώρου ή και δροσισμού κάποιου άλλου αφού εκλύουν δροσερό αέρα κατά την λειτουργία τους. Μπορεί να τοποθετηθεί παντού αλλά ένα στεγνό υπόγειο είναι ιδανικό. Η θερμοκρασία του αέρα για την αποτελεσματική λειτουργία της Αντλίας Θερμότητας πρέπει να κυμαίνεται από +8°C έως +35°C. Η θερμοκρασία του ζεστού νερού που παίρνουμε για χρήση ρυθμίζεται πολύ απλά στις ενδείξεις μέχρι και 60°C.

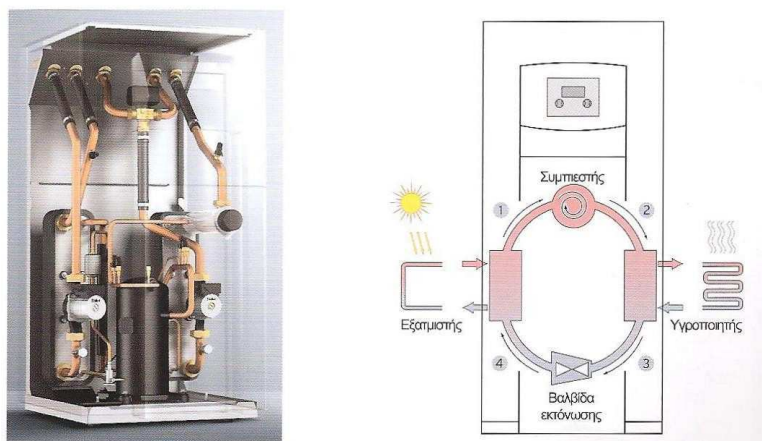
## Πώς λειτουργεί

Ένας ανεμιστήρας ωθεί τον εξωτερικό αέρα στην αντλία θερμότητας όπου συναντά τον εξατμιστή. Αυτός είναι συνδεδεμένος σε ένα κλειστό σύστημα που περιέχει ένα ψυκτικό μέσο που μπορεί να μετατραπεί σε αέριο σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Όταν ο εξωτερικός αέρας συναντάται με τον εξατμιστή το ψυκτικό μέσο μετατρέπεται σε αέριο.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα συμπιεστή, **το αέριο φτάνει σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία** στην οποία μπορεί να μεταφερθεί στο συμπυκνωτή του συστήματος θέρμανσης του σπιτιού.

Ταυτόχρονα, το **ψυκτικό μέσο** με τη βοήθεια του συμπυκνωτή επανέρχεται στην υγρή μορφή, έτοιμο να μετατραπεί σε αέριο για άλλη μια φορά και να συλλέξει νέα θερμότητα.

Το καλοκαίρι, το κύκλωμα ψύξης είναι ικανό να λειτουργήσει αντίστροφα ώστε να παρέχει ψύξη για όσο του ζητηθεί.



Σχήμα 5.2 : Τυπική μορφή αντλίας θερμότητας

## 5.7 Κατασκευαστικά στοιχεία αντλίας θερμότητας

- ❖ Το τμήμα συμπιεστή-συμπυκνωτή, που απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον

- ❖ Το τμήμα ανεμιστήρα-ατμοποιητή, που απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο ή το περιβάλλον.
- ❖ Ο μηχανισμός αντιστροφής, που αποτελείται από μία τετράοδη βαλβίδα, η οποία μετατρέπει τον ψυκτικό κύκλο, σε 'θερμαντικό' και αντίστροφα.
- ❖ Οι αυτοματισμοί για τον έλεγχο και την λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.
- ❖ Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, που αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ μικρή

### Κυκλοφορητής

Σε μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης το νερό αφού θερμανθεί μέσα στον λέβητα μεταφέρεται στα θερμαντικά σώματα (ή σε μπόιλερ ή σε άλλο μέσο) για την απόδοση ενός ποσού θερμότητας. Στην συνέχεια μεταφέρεται και πάλι στον λέβητα για να θερμανθεί ξανά. Το ζεστό νερό είναι ελαφρύτερο του κρύου και γι αυτό έχει την τάση να ανεβαίνει προς τα πάνω (προς τα θερμαντικά σώματα). Την εγκατάσταση που λειτουργεί έτσι την ονομάζουμε εγκατάσταση φυσικής κυκλοφορίας ή εγκατάσταση με βαρύτητα. Εγκατάσταση φυσικής κυκλοφορίας έχουμε σχεδόν μόνο στους ηλιακούς θερμοσύφωνες. Για να λειτουργήσουν οι εγκαταστάσεις θέρμανσης βεβιασμένης κυκλοφορίας απαιτείται η χρήση κυκλοφορητών. Ο κυκλοφορητής είναι μια αντλία φυγόκεντρου τύπου που κινείται με την βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος

### *Διάκριση*

*Οι κυκλοφορητές ανάλογα με τον τρόπο λίπανσης τους διακρίνονται σε : Υδρολίπαντους και Ελαιολίπαντους στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης χρησιμοποιούμε σχεδόν πάντα υδρολίπαντους κυκλοφορητές.*



Σχήμα 5.3:Κυκλοφορητές

### Συμπιεστής

Οι συμπιεστές είναι μηχανικές διατάξεις που αντλούν τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή αυξάνοντας την πίεση του και κινούν το ψυκτικό μέσο στο κύκλωμα. Η αύξηση της πίεσης επιτυγχάνεται με τη μείωση του όγκου του χώρου συμπίεσης με κάποιο μηχανικό τρόπο. Συμπιέζει το χαμηλής θερμοκρασίας και πίεσης αέριο ώστε να γίνει υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης αέριο. Η μετατροπή αλλάζει το σημείο βρασμού, το οποίο επιτρέπει την εύκολη αφαίρεση θερμότητας και συμπύκνωση του αερίου. Ο συμπιεστής (αναρροφά και καταθλίβει το ψυκτικό αέριο) είναι η καρδιά ή η αντλία του συστήματος που προκαλεί τη ροή του ψυκτικού μέσου.:

### Υπολογισμος της αποδοσης συμπιεστη

Ο υπολογισμος της αποδοσης του συμπιεστη απο τα στοιχεια του κατασκευαστη ειναι απαραιτητος για τη διαμορφωση του θερμοδυναμικου κυκλου χρησιμοποιωντας τα δεδομενα ψυκτικων ιδιοτητων. Η αποδοση του συμπιεστη οριζεται σαν :

$$\eta_{\text{συμπ.}} = \frac{\text{θεωρητικο εργο συμπιεσης}}{\text{πραγματικο εργο συμπιεσης}}$$



Σχήμα 5.4: Συμπιεστής αέρα

### **Βαλβίδα εκτόνωσης:**

Είναι η μηχανική διάταξη με την οποία επιτυγχάνεται για λόγους κυρίως ασφαλείας η εκτόνωση της πίεσης ενός ρευστού. Βαλβίδα χρησιμοποιούμενη σε εγκαταστάσεις όπως αντιδραστήρες ή δεξαμενές καυσίμων η οποία ενεργοποιείται κάθε φορά που το ελεγχόμενο σύστημα υποβάλλεται σε υψηλές θερμοκρασίες προκαλώντας εκτόνωση και προλαβαίνοντας την υπερβολική αύξηση της πίεσης. Σκοπός της εκτονωτικής βαλβίδας (εκτονώνει το ψυκτικό υγρό, ρυθμίζοντας την ποσότητά του προς τον εξατμιστή, ώστε να είναι ανάλογη προς τα ψυκτικά φορτία του χώρου) είναι να εμποδίσει τη δημιουργία υπερπίεσης στο εσωτερικό του σωλήνα παροχής του συστήματος υπερτροφοδότησης.



Σχήμα 5.5: Βαλβίδα εκτόνωσης



## Εναλλάκτες θερμότητας

Ο εναλλάκτης θερμότητας είναι η συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της θερμικής ενέργειας μεταξύ δύο ρευστών που έχουν διαφορετική θερμοκρασία. Τα δύο ρευστά χωρίζονται με:

Ευθερμαγωγό τοίχωμα (από χαλκό, αλουμίνιο ή χάλυβα), το οποίο επιτρέπει την απρόσκοπτη ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το λιγότερο θερμό ή ψυχρό. Για την αύξηση της επιφάνειας συναλλαγής, χρησιμοποιούνται οφιοειδείς σωλήνες ή σωλήνες με πτερύγια. *Ανάλογα με τη φυσική κατάσταση των ρευστών, έχουμε εναλλάκτες υγρού, υγρού αερίου-αερίου, υγρού-αερίου.*

Διακρίνονται δύο τύποι εναλλακτών θερμότητας:

- ❖ άμεσης επαφής. Στον άμεσης επαφής υπάρχουν ρευστά σε διαφορετική φάση που έρχονται σε άμεση επαφή, ανταλλάσσουν θερμότητα και στη συνέχεια διαχωρίζονται πάλι.
- ❖ έμμεσης επαφής, τα δύο ρευστά παραμένουν συνεχώς χωρισμένα και η θερμότητα μεταφέρεται μέσω διαχωριστικής επιφάνειας.

Οι εναλλάκτες θερμότητας αποτελούν τις βασικότερες συνιστώσες των συστημάτων ανάκτησης θερμότητας.



Σχήμα 5.6: Εναλλάκτης θερμότητας

## Ο κινητήρας

Όλες οι μικρές και κάποιες από τις μεγάλες αντλίες θερμότητας, χρησιμοποιούν σήμερα ηλεκτρικούς κινητήρες για την κίνηση των συμπιεστών. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν κινητήρες υγρών καυσίμων που διακρίνονται σε μηχανές εσωτερικής καύσεως και μηχανές με διάφορους κύκλους λειτουργίας. Τέλος, στον υπολογισμό του μεγέθους του κινητήρα, πρέπει να λαμβάνουμε υπ όψη μας το μέγιστο φορτίο συμπίεσης και στη συνέχεια ένα περιθώριο ισχύος (περίπου 25%) για τον κινητήρα.

## Το ψυκτικό ρευστό

Βασικό κριτήριο κατά την εκλογή του ψυκτικού ρευστού, είναι να υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ του κρίσιμου σημείου και της θερμοκρασίας συμπυκνώσεως. Ένα δεύτερο κριτήριο, που έχει σχέση με το είδος του συμπιεστή, είναι ο ειδικός όγκος του ρευστού στις συνθήκες λειτουργίας. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει επίσης να δοθεί

στο γεγονός ότι η μέγιστη θερμοκρασία του κύκλου, που βρίσκεται στη βαλβίδα εξόδου του συμπιεστή, πρέπει να είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία ασφαλείας του ρευστού. Τα σπουδαιότερα από τα κλασικά ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν κατ' αποκλειστικότητα μέχρι το έτος 1920 στη βιομηχανία ψύχους, είναι η αμμωνία, το διοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο του θείου.

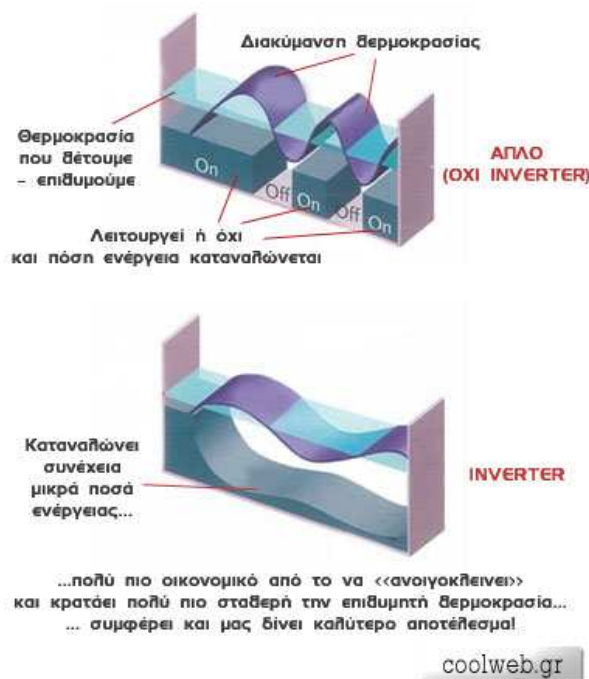
## **5.8 Τεχνολογία Inverter**

Οι Αντλίες Θερμότητας με τεχνολογία **INVERTER**, εξασφαλίζουν κορυφαία απόδοση συμπεριλαμβάνοντας το βέλτιστο έλεγχο της συχνότητας λειτουργίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εφαρμογή της βέλτιστης ισχύος σε όλο το εύρος θέρμανσης/ψύξης και την επίτευξη μέγιστης άνεσης με ταυτόχρονη κατανάλωση ελάχιστης ενέργειας.

### **Ο όρος inverter**

Η τεχνολογία inverter, ελέγχει αναλογικά την ισχύ. Τροποποιώντας την συχνότητα του ρεύματος τροφοδότησης ή την έντασή του, εξασφαλίζεται η ομαλή γραμμική μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής του συμπιεστή. Τα *inverter* ελέγχουν ηλεκτρονικά την τάση, την ένταση και τη συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος των ηλεκτρικών συσκευών όπως το μοτέρ του συμπιεστή ενός κλιματιστικού. Λαμβάνουν πληροφορίες από αισθητήρες που επιτηρούν τις συνθήκες λειτουργίας και προσαρμόζουν την ταχύτητα περιστροφής του συμπιεστή, η οποία ρυθμίζει άμεσα την απόδοση του κλιματιστικού. Ο βέλτιστος έλεγχος της συχνότητας λειτουργίας έχει ως αποτέλεσμα την εξάλειψη της κατανάλωσης πλεονάζοντος ηλεκτρισμού και την παροχή ενός πιο άνετου περιβάλλοντος. Επιτρέπει την εναρμόνιση της ψυκτικής και της θερμικής ισχύος με τις εκάστοτε απαιτούμενες πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Όταν η θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου διαφέρει κατά πολύ από την ρυθμισμένη θερμοκρασία, το κλιματιστικό λειτουργεί με την μέγιστη ισχύ, εξασφαλίζοντας την γρήγορη επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας. Μόλις επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στον κλιματιζόμενο χώρο, ο συμπιεστής ρυθμίζει με ακρίβεια την ισχύ για την διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας. Η τεχνολογία inverter (DC), είναι η τελευταία εξέλιξη της τεχνολογίας των ηλεκτροκινητήρων των συμπιεστών μονάδων κλιματισμού. Το Inverter χρησιμοποιείται για να ελέγχει την ταχύτητα του συμπιεστή, έτσι ώστε να ρυθμίζεται η θερμοκρασία. Τα DC Inverter κλιματιστικά έχουν ένα ρυθμιζόμενο ηλεκτρικό Inverter για τον έλεγχο του ηλεκτροκινητήρα του συμπιεστή, όπως επίσης την ψυκτική ή θερμική απόδοση. Το AC ρεύμα του δικτύου μετατρέπεται σε DC και μέσω ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος παράγεται ρεύμα επιθυμητής συχνότητας. Ένας μικροεπεξεργαστής «διαβάσει» την εξωτερική θερμοκρασία και ρυθμίζει αντίστοιχα την ταχύτητα του συμπιεστή. Οι Inverter μονάδες κλιματισμού έχουν αυξημένη απόδοση σε αντίθεση με τα κλασικά κλιματιστικά, μεγαλύτερο χρόνο ζωής και εξοικονομούνται οι μεγάλες αυξομειώσεις στα φορτία. Αυτό σημαίνει πως τα Inverter κλιματιστικά είναι αθόρυβες, με μικρότερα κόστη λειτουργίας και με λιγότερες βλάβες. Οι Inverter μονάδες κλιματισμού μπορεί να έχουν μεγαλύτερο κόστος αγοράς από τα κοινά κλιματιστικά, αλλά η απόσβεση είναι σχετικά άμεση (περίπου στα 2 έτη) λόγω της χαμηλότερης κατανάλωσης άρα και χαμηλότερων λογαριασμών ρεύματος.

**3 kWh ανανεώσιμης ενέργειας + 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδουν 4 kWh θερμικής ενέργειας**



Σχήμα 5.7: Διακύμανση Θερμοκρασίας μεταξύ απλού μηχανήματος και Inverter

### Αρχή λειτουργίας

Η τεχνολογία inverter επιτρέπει την διατήρηση της ακριβούς θερμοκρασίας χωρίς διαρκείς μεταβολές. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη σε ένα μηχανισμό στην εξωτερική μονάδα η οποία επιτρέπει στο συμπιεστή να αλλάζει το βαθμό συμπίεσης του ψυκτικού ρευστού (στην πραγματικότητα αλλάζει η ταχύτητα περιστροφής του μοτέρ του συμπιεστή). Κατά συνέπεια η ψυκτική απόδοση της συσκευής γίνεται πλέον ρυθμίσιμη και δη με ακρίβεια. Έτσι η θερμοκρασία του χώρου ανταποκρίνεται με ακρίβεια στις απαιτήσεις του χρήστη, χάρη στη συνεχή ψύξη παράλληλα με ομαλή λειτουργία και χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση.

Ο συμπιεστής inverter έχει την δυνατότητα λειτουργίας με μεταβαλλόμενο αριθμό στροφών ανάλογα με την συχνότητα που δέχεται ο κινητήρας του, μεταβάλλοντας έτσι την ροή του ψυκτικού ρευστού.

Το αισθητήριο που είναι ενσωματωμένο στην εσωτερική μονάδα του συστήματος ανιχνεύει τη θερμοκρασία δωματιού και το διαβιβάζει στο σύστημα ελέγχου-αυτοματισμού της μονάδας που δίνει οδηγίες στο σύστημα inverter με την επιλογή κατάλληλης συχνότητας. Το σύστημα inverter επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα λειτουργίας του συμπιεστή σύμφωνα με την θερμοκρασία του χώρου δηλαδή μεταβάλλει την ψυκτική και θερμική απόδοση του μηχανήματος ανάλογα με τα φορτία του χώρου. Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες (πολλές στροφές

συμπιεστή) όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιθυμητής θερμοκρασίας και χώρου και σε χαμηλές συχνότητες(λίγες στροφές συμπιεστή) όταν η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή.Το inverter επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και εκτελεί την ανάλογη αλλαγή στροφών του συμπιεστή που έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή της ροής του ψυκτικού ρευστού.

Όταν η επιθυμητή θερμοκρασία επιτευχθεί το inverter ελαττώνει σταδιακά την ισχύ του.Μιας χαμηλής ισχύος μηχανή,διατηρεί άνετη θρμοκρασία αντίθετα με τις συμβατικές μονάδες που ξοδεύουν πρόσθετη ισχύ με τη επαναλαμβανόμενη on-off λειτουργία τους.

Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στα συμβατικά συτήματα και τα inverter είναι η ισχύς κατά την εκκίνηση.Υπολογίζεται ότι για την λειτουργία του συτήματος στο 50% του φορτίου επιτυγχάνεται με το συτήμα την εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 40% περίπου έναντι ενός συμβατικού συτήματος.

Στα κλιματιστικά μηχανήματα που λειτουργούν με τεχνολογία Inverter μεταβάλλεται η συχνότητα λειτουργίας του συμπιεστή. Με τον τρόπο αυτό μεταβάλλεται η απόδοση του μηχανήματος σε μια ευρεία κλίμακα, ανάλογα με τις απαιτήσεις του χώρου.

### **Πλεονεκτήματα inverter**

- ❖ Γρηγορότερη επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας
- ❖ Μείωση του χρόνου έναρξης λειτουργίας κατά το 1/3(αύξηση της ταχύτητας του μοτέρ του συμπιεστή μέσω του ελέγχου της συχνότητας λειτουργίας, εξασφαλίζει ισχυρή απόδοση κατά την εκκίνηση, φέρνει ταχύτερα τη θερμοκρασία του χώρου στη Ζώνη Άνεσης συγκριτικά με μονάδες που δε διαθέτουν INVERTER. Οι θερμοί χώροι ψύχονται και οι ψυχροί θερμαίνονται ταχύτερα και αποδοτικότερα.)
- ❖ Περίπου 30% χαμηλότερη κατανάλωση
- ❖ Σταθερή θερμοκρασία χωρίς μεταβολές

### **Μεγαλύτερη απόδοση**

Το κύκλωμα Inverter αυξάνει την απόδοση του μηχανήματος για αποτελεσματικότερη ψύξη ή θέρμανση. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να καλύψουμε τις ανάγκες μας σε περιπτώσεις που έχουμε ακραίες συνθήκες λειτουργίας, όπως τις πολύ κρύες ημέρες του χειμώνα, μεγάλη συγκέντρωση κόσμου το καλοκαίρι κλπ.

### **Γρήγορη απόδοση**

Χάρη στη δυνατότητα μεταβολής της απόδοσης του μηχανήματος ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου, ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσουμε στην επιθυμητή θερμοκρασία είναι πολύ μικρότερος σε σχέση με αυτό ενός συμβατικού μηχανήματος.Η συσκευή Inverter αρχικά ξεκινάει τη λειτουργία της με τη μέγιστη απόδοση, ώστε να φτάσουμε γρήγορα στην επιθυμητή θερμοκρασία. Στην συνέχεια, χαμηλώνει την λειτουργία του συμπιεστή, η οποία ρυθμίζεται έτσι ώστε η θερμοκρασία του χώρου να παραμένει συνεχώς σταθερή.

## Εξοικονόμηση ενέργειας

Οι συσκευές Inverter, μόλις φτάσουμε στην επιθυμητή θερμοκρασία, μπαίνουν σε λειτουργία συντήρησης. Στη κατάσταση αυτή η εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντική. Η κατανάλωση ρεύματος μειώνεται ακόμη περισσότερο επειδή δεν έχουμε ξεκινήματα-σταματήματα του συμπιεστή. Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται μπορεί να φτάσει στο 52% σε σχέση με ένα συμβατικό μηχάνημα.

## Χαμηλό κόστος λειτουργίας

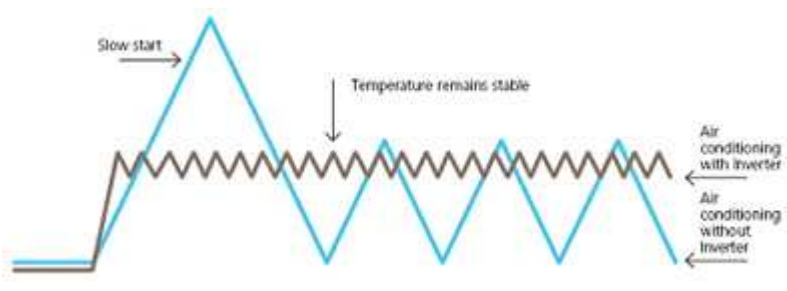
είναι ένα βασικό πλεονέκτημα των κλιματιστικών inverter. Ο συνδυασμός τεχνολογίας INVERTER με σύγχρονες ηλεκτρονικές και μηχανολογικές τεχνολογίες, για την επίτευξη ενός φαινομένου συνέργειας, καθιστά εφικτές τις βελτιώσεις στην απόδοση θέρμανσης/ψύξης. Το αποτέλεσμα είναι Καλύτερη Απόδοση και Χαμηλότερη Κατανάλωση Ενέργειας.

## Άνεση

Το inverter αποδίδει το κόστος επένδυσης στο πολλαπλάσιο διότι παρέχει μεγαλύτερη άνεση. Τα συστήματα κλιματισμού με inverter ρυθμίζουν συνεχώς την ψυκτική και θερμαντική τους απόδοση ανάλογα με τη θερμοκρασία του χώρου, βελτιώνοντας έτσι τα επίπεδα άνεσης. Το inverter μειώνει το χρόνο εκκίνησης του συστήματος, οπότε ο χώρος φθάνει ταχύτερα στην επιθυμητή θερμοκρασία. Μόλις επιτευχθεί η σωστή θερμοκρασία, το inverter διασφαλίζει ότι θα διατηρείται σταθερή.

## Ενεργειακή αποδοτικότητα

Επειδή το inverter παρακολουθεί και προσαρμόζει τη θερμοκρασία του χώρου όποτε χρειάζεται, η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται κατά 30% σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα σταθερών στροφών.



Σχήμα 5.8 : Γραφική απεικόνιση κλιματιστικού με τεχνολογία inverter και χωρίς

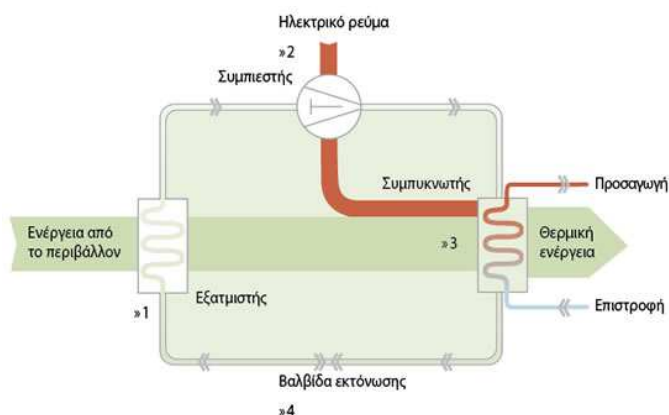
\* :Οι μονάδες Σταθερών Στροφών είναι μονάδες σταθερής απόδοσης και διαθέτουν συμπιεστές που ξεκινούν ή σταματούν την λειτουργία τους, ανάλογα με την θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου. Όταν ο θερμοστάτης της εσωτερικής μονάδας εντέλει την λειτουργία του συμπιεστή με βάση την επιθυμητή θερμοκρασία. Είναι βασικό οι μονάδες σταθερών στροφών να διαθέτουν θερμοστάτης υψηλής ακρίβειας για την ελαχιστοποίηση της διακύμανσης της θερμοκρασίας στον κλιματιζόμενο χώρο.

## 5.9 Ο ενεργειακός κύκλος αντλίας θερμότητας

Η αντλία θερμότητας απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον, στέλνοντάς την προς την εγκατάσταση θέρμανσης. Η διαδικασία γίνεται ως εξής: Ένα ψυχρό, υγρό ψυκτικό μέσο διοχετεύεται μέσα στον θερμικό εναλλάκτη (εξατμιστής) της αντλίας θερμότητας. Εκεί παραλαμβάνει θερμότητα από το περιβάλλον, και εξατμίζεται. Το ατμοποιημένο πλέον ψυκτικό μέσο, οδηγείται τώρα στον συμπιεστή, όπου και συμπιέζεται αυξάνοντας όχι μόνο την πίεσή του αλλά και την θερμοκρασία του. Έπειτα ένας δεύτερος θερμικός εναλλάκτης (συμπυκνωτής) διοχετεύει την θερμική ενέργεια του ψυκτικού μέσου προς την εγκατάσταση θέρμανσης, ψύχοντας και υγροποιώντας ταυτόχρονα το ψυκτικό μέσο. Τέλος το υγροποιημένο ψυκτικό μέσο, ρίχνει την πίεσή του περνώντας μέσα από μία βαλβίδα εκτόνωσης, και ο κύκλος ξεκινά από την αρχή. Η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για να λειτουργήσει ο συμπιεστής της αντλίας, αποτελεί ουσιαστικά την μοναδική πρωτεύουσα ενέργεια που χρειάζεται για να λειτουργήσει η συσκευή. Κάποιες από τις αντλίες θερμότητας μπορούν να δώσουν μέχρι και 6.0 KW θερμικής ενέργειας για κάθε KW/h πρωτεύουσας ενέργειας που καταναλώνει.

### Αναλυτικά:

- ❖ Ένα ψυχρό, υγρό ψυκτικό μέσο, οδηγείται μέσα στον θερμικό εναλλάκτη (εξατμιστής) της αντλίας θερμότητας. Εκεί το ψυκτικό μέσο απορροφά θερμική ενέργεια από το περιβάλλον, λόγω θερμοκρασιακής διαφοράς. Εξαιτίας αυτής της απορροφούμενης ενέργειας το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται.
- ❖ Το ατμοποιημένο ψυκτικό μέσο, συμπιέζεται μέσα στον συμπιεστή. Αυξάνοντας την πίεσή του, αυξάνει ταυτόχρονα και η θερμοκρασία του.
- ❖ Ένας δεύτερος θερμικός εναλλάκτης (συμπυκνωτής) μεταφέρει την θερμική αυτή ενέργεια προς το σύστημα θέρμανσης, καθώς το ψυκτικό μέσο ψύχεται και υγροποιείται.
- ❖ Η πίεση του υγρού πλέον ψυκτικού μέσου μειώνεται μέσω της βαλβίδας εκτόνωσης, και η διαδικασία ξεκινά από την αρχή.

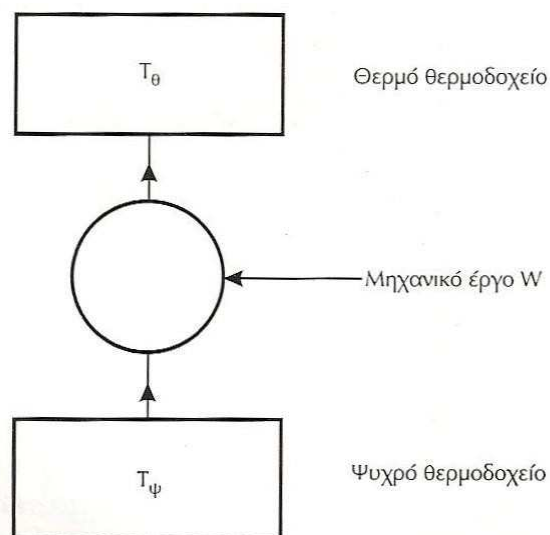
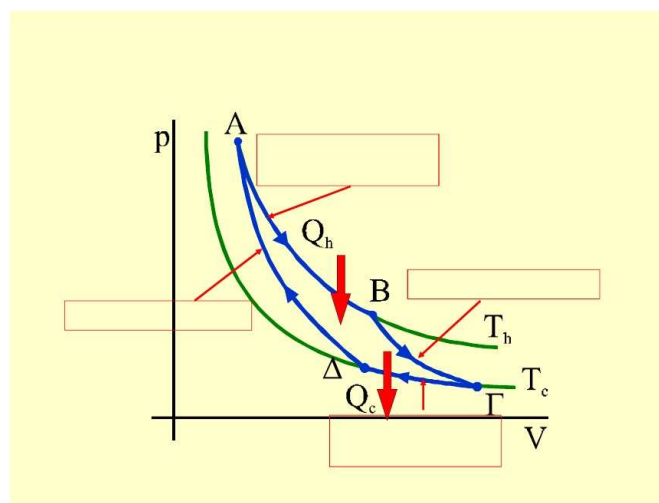


Σχήμα 5.9: Αντλία θερμότητας

## Θερμοδυναμική εξέταση αντλίας θερμότητας

Η λειτουργία μιας Α.Θ. βασίζεται στη λειτουργία της μηχανής Carnot, που λειτουργεί όμως κατά τη φορά του ψυκτικού κύκλου. Η ποιότητα της αντλίας χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή συμπεριφοράς(απόδοσης) COP (=Coefficient of Performance).

### ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ P-V ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ CARNOT



Σχήμα 5.10: Κύκλος θερμαντλίας

Παρατηρήσεις:

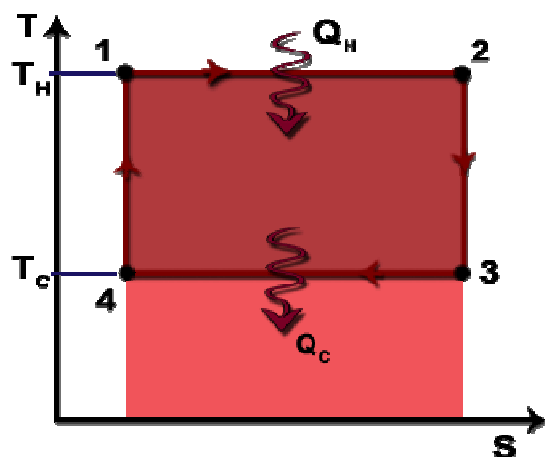
1. Για την ίδια θερμοκρασιακή διαφορά  $T_H - T_C$  ο COP βελτιώνεται όσο υψηλότερης στάθμης είναι η θερμοκρασία  $T_H$ .

2. Όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του κλιματιζόμενου και του εξωτερικού χώρου, τόσο μεγαλύτερος είναι ο COP.

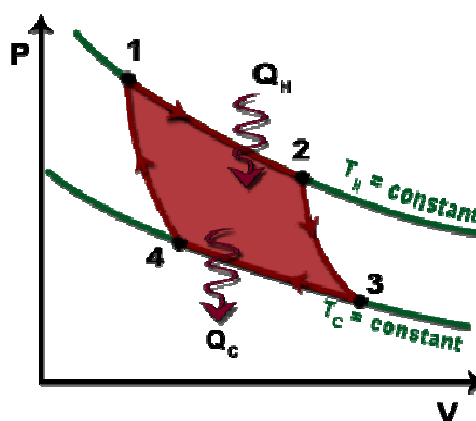
Οι δύο αυτές παρατηρήσεις έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας λόγω των ειδικών κλιματολογικών συνθηκών. Έχουμε ήπιο καιρό το χειμώνα με υψηλές σχετικά θερμοκρασίες περιβάλλοντος, δυνατότητα χρήσης της ηλιακής ενέργειας βοηθητικά στην αντλία θερμότητας, κατά την διάρκεια του χειμώνα και δυνατότητα σε ορισμένες περιπτώσεις της χρήσης της γεωθερμίας βοηθητικά στην ΑΘ.

### θεωρητικός κύκλος

Ο θερμοδυναμικός κύκλος που αναφέρεται στη διαδοχική ατμοποίηση και υγροποίηση ενός ρευστού, αποτελεί την αφετηρία μελέτης (και λειτουργίας) της αντλίας θερμότητας. Η διαδικασία λειτουργίας μοιάζει σημαντικά με την ανάδρομη μηχανή του Carnot. Οι θερμοδυναμικές μεταβολές σε διάγραμμα εντροπίας φαίνονται στο διάγραμμα



Σχήμα 5.11 : διάγραμμα εντροπίας μηχανής



Σχήμα 5.12 : κύκλος Carnot θερμικής μηχανής

### Ισόθερμη εκτόνωση 1-2

Θερμότητα  $Q_H$  προσφέρεται κατά την ισόθερμη εκτόνωση 1-2.



### **Αδιαβατικές μεταβολές 2-3,4-1**

Δεν ανταλλάσσεται θερμότητα με το περιβάλλον.Αφού η εσωτερική ενέργεια δε μεταβάλλεται σε έναν πλήρη κύκλο (συνάρτηση κατάστασης για ιδανικό αέριο), το παραγόμενο έργο θα ισούται με το εμβαδόν που περικλείεται απο την κλειστή καμπύλη 1234

### **Ισόθερμη συμπίεση 4-3**

Θερμότητα  $Q_C$  αποβάλλεται κατα την ισόθερμη συμπίεση 4-3

Τα ποσά θερμότητας  $Q_H$  και  $Q_C$  προσφέρονται και αποβάλλονται αντίστοιχα υπό σταθερή θερμοκρασία οπότε αφού η εσωτερική ενέργεια δε μεταβάλλεται θα ισούται με τα αντίστοιχα έργα που παράγονται ή καταναλώνονται σε μια ισόθερμη μεταβολή.Όταν η μεταβολή διαγράφεται κατά την αντίθετη φορά (ψυκτική μηχανή),το αέριο απορροφά θερμότητα  $Q_C$ , καταναλώνει έργο και αποδίδει θερμότητα  $Q_H$  στη θερμή δεξαμενή

### **Ορισμός εντροπίας**

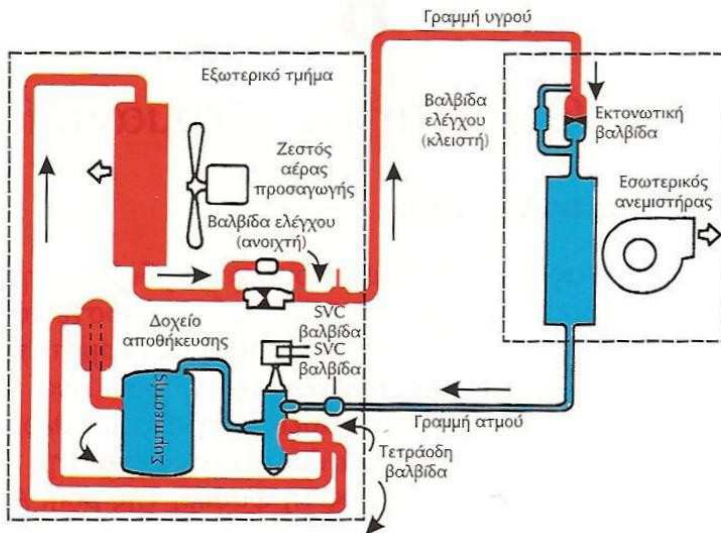
Η εντροπία αποτελεί ένα μέτρο της αταξίας ως προς τις θέσεις ή τις ταχύτητες των ατόμων ή των μορίων σε ένα θερμοδυναμικό σύστημα.Όλες οι φυσικές μεταβολές προχωρούν προς την κατεύθυνση αυξημένης αταξίας. Για παράδειγμα, κατά την ελεύθερη εκτόνωση ενός αερίου,τα μόρια του κινούνται σε μαγαλύτερο χώρο, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη τυχαιότητα στη θέση τους,μπορούμε να τα εντοπίσουμε δυσκολότερα.Κατά την αυθόρμητη ροή θερμότητας κατά μήκος ενός σώματος λόγω ύπαρξης θερμοβαθμίδας ή από ένα σώμα υψηλότερης σε ένα άλλο χαμηλότερης θερμοκρασίας που βρίσκεται σε επάφη με το πρώτο, αυξάνεται η κινητική ενέργεια των δομικών μονάδων του σώματος(λόγο αλληπάλληλων συγκρούσεων) με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η αταξία τους.

## **5.10 Λειτουργία Αντλίας Θερμότητας στις δυο περιπτώσεις: Θέρμανσης και Ψύξης**

### **Κύκλος για ψύξη χώρου**

Την μελέτη του κύκλου για ψύξη την ξεκινάμε από τη στιγμή που το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον ατμοποιητή.

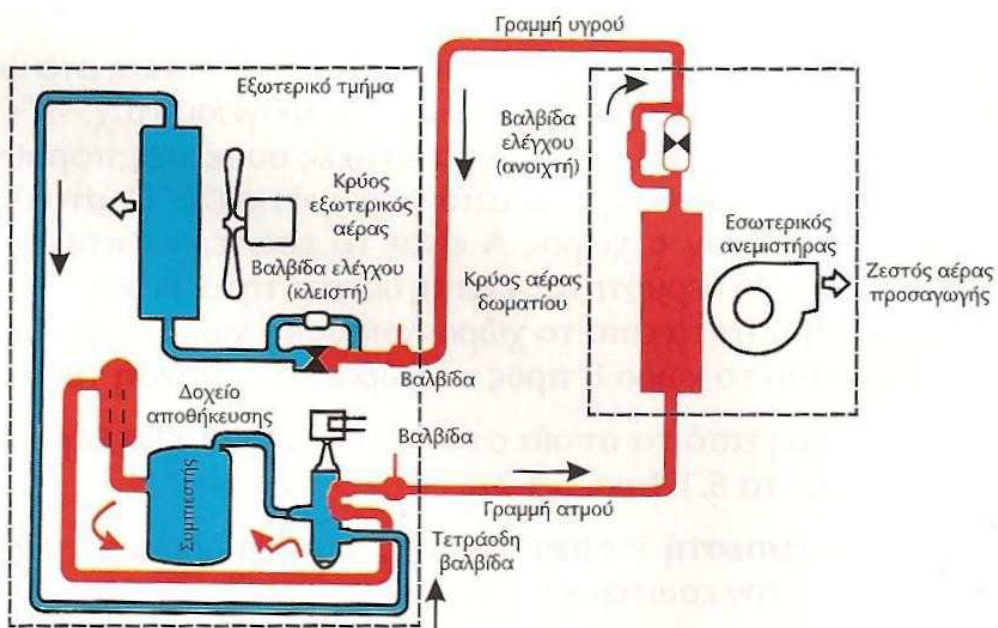
Η είσοδος του ψυκτικού ρευστού στον ατμοποιητή ελέγχεται από την άεργη εκτονωτική-στραγγαλιστική διάταξη (βαλβίδα). Η διάταξη αυτή ελαττώνει την πίεση του υγρού, το οποίο ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία. Κατά την ατμοποίηση, ποσά θερμότητας προσδίδονται σε αέριο, το οποίο αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία στο συμπιεστή.Το συμπιεσμένο αέριο φθάνει στο συμπυκνωτή και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρας ή νερό). Το συμπυκνωμένο αέριο υγροποιείται. Το ψυκτικό υγρό οδηγείται στην εκτονωτική διάταξη .



Σχήμα 5.13 : Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για ψύξη

### Κύκλος για θέρμανση χώρου

Περιλαμβάνει τα ίδια στάδια με τον κύκλο ψύξης μόνο που σε αυτή την περίπτωση το στοιχείο που εκτελούσε την ατμοποίηση εδώ εκτελεί την συμπύκνωση και το αντίστροφο. Η μετατροπή του ψυκτικού κύκλου σε κύκλο θέρμανσης γίνεται με τη βοήθεια της τετράοδης βαλβίδας, που οδηγεί το ψυκτικό υγρό μετά την έξοδό του από τον συμπιεστή και την εκτονωτική διάταξη στους εναλλάκτες θερμότητας ψυκτικού μέσου-αέρα(ή νερού), ανάλογα με την επιλογή των απαιτήσεων μέσω διακόπτη.



Σχήμα 5.14 : Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για θέρμανση

## 5.11 Ο βαθμός απόδοσης

Η απόδοση της αντλίας θερμότητας επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, διότι η ενθαλπία του αέρα είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του, επομένως στις χαμηλές θερμοκρασίες του αέρα θα έχουμε μικρά ποσά θερμότητας από την μία, και από την άλλη προβλήματα σωστής λειτουργίας του συστήματος, κατά τον χειμώνα.

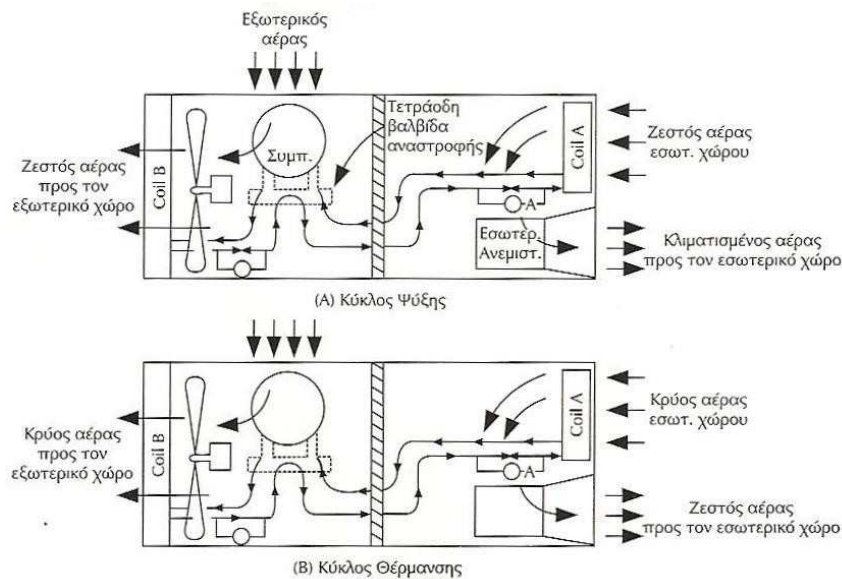
$$\text{COP} = \frac{\text{αποδιδόμενη θερμότητα ή ψύξη}}{\text{καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια}}$$

**Ένας βαθμός COP : 4=4/1 σημαίνει ότι το σύστημα χρησιμοποιεί μόνο 1 kW ηλεκτρικής ισχύος για να παράγει 4kW θερμικής ισχύος.**

Η αποδοτικότητα των αντλιών θερμότητας φθάνει το 300%. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιεί η αντλία θερμότητας κατά τη λειτουργία της, παράγονται τρεις ή περισσότερες μονάδες θερμότητας που χρησιμοποιούνται στο κτίριο. Επειδή οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν αντλώντας τη διαθέσιμη θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος, είναι πολύ πιο αποδοτικές και από τα πλέον αποδοτικά συστήματα θέρμανσης ορυκτών καυσίμων. Οι δε αντλίες θερμότητας με τεχνολογία inverter είναι ιδιαίτερα αποδοτικές για όλα τα είδη θέρμανσης εσωτερικού χώρου. Οι ολοκληρωμένες λύσεις αντλίας θερμότητας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου έχουν ως επιπλέον πλεονέκτημα τη μικρότερη αρχική επένδυση, καθώς και την απλούστερη λειτουργία και συντήρηση.

## 5.12 Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση Α.Θ.

Παρουσιάζεται ένα παράδειγμα σύγκρισης μιας αντλίας θερμότητας με μια απλή ηλεκτρική θερμάστρα για να δούμε το μέγεθος της εξοικονόμησης ενέργειας. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια θερμαντλία η οποία λειτουργεί με ψυκτικό μέσο και καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια ίση με 763 Watt, απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον ίση με 2676 Watt και αποδίδει στον θερμαινόμενο χώρο, ενέργεια ίση με 3439 Watt. Η απόδοση της θερμικής ενέργεια στον εσωτερικό χώρο γίνεται με την βοήθεια του συμπυκνωτή. Η αντλία θερμότητας έχει συντελεστή συμπεριφοράς Η ηλεκτρική ενέργεια, που καταναλώνεται από την Α.Θ., πενταπλασιάζεται όταν μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια με τη βοήθεια της θερμαντλίας. Η οικονομία ρεύματος είναι εμφανής, όταν συγκριθεί το σύστημα Α.Θ. με μια απλή θερμάστρα, η οποία στην περίπτωση του παραδείγματος θα κατανάλωνε 3439 W.



Σχήμα 5.15: Σχηματική παράσταση Αντλίας Θερμότητας ενιαίου τύπου

### 5.13 Ένταξη των Αντλιών Θερμότητας σε συστήματα ηλιακών συλλεκτών

Υπάρχουν δυο βασικοί τρόποι συνδυασμού Α.Θ. και ηλιακών συλλεκτών:

- ❖ Χρησιμοποίηση της αντλίας θερμότητας σαν τμήμα ενός συστήματος θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια, όπου η αντλία λειτουργεί μόνο όταν η απόδοση των συλλεκτών δεν είναι επαρκής. Όταν η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρότερη από τη ζήτηση αποταμιεύεται ενέργεια (θέρμανση νερού σε ειδικές δεξαμενές).

- ❖ Ενίσχυση της αντλίας θερμότητας από σύστημα συλλογής και αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας. Αντλείται θερμότητα από τον ήλιο και χρησιμοποιείται για θέρμανση νερού σε θερμοκρασίες χρήσιμες για θέρμανση. Κατά την χρησιμοποίηση του ζεστού νερού, η θερμοκρασία του ελαττώνεται μέχρις ότου φτάσει σε σημείο που είναι άχρηστη για θέρμανση (κάτω των 35-40 °C), στο οποίο αρχίζει να λειτουργεί η αντλία θερμότητας νερού-νερού, η οποία κατεβάζει χαμηλότερα τη θερμοκρασία του νερού που βρίσκεται στο δοχείο 5°C περίπου), αντλώντας τη θερμότητα που περιέχεται στο νερό. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται ο χρόνος λειτουργίας της αντλίας θερμότητας και εξοικονομείται ενέργεια.



## **6.1 Μονώσεις**

### **Εξοικονόμηση ενέργειας**

Η θερμική μόνωση περιορίζει τις θερμικές απώλειες έναντι της «σπατάλης» ενέργειας που παρατηρείται σε αμόνωτες εγκαταστάσεις και επιφέρει έτσι μία εξοικονόμηση ενέργειας καυσίμων.

### **Δημιουργία απωλειών θερμότητας μιας κατοικίας**

Ένας κλειστός χώρος που θερμαίνεται ακτινοβολεί θερμότητα στο ψυχρότερο περιβάλλον που είναι γύρω του. Ταυτόχρονα η θερμότητα διαφεύγει από τις ατέλειες του περιβάλλοντος. Οι απώλειες αυτές πρέπει να αντιμετωπίζονται με διάφορους τρόπους μόνωσης. Η σωστή θερμομόνωση σε συνδυασμό με ένα ικανοποιητικό σύστημα κλιματισμού, εξασφαλίζει την άνετη διαμονή μέσα στην κατοικία. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα προστατεύει τον εσωτερικό χώρο από το κρύο και κατά το καλοκαίρι από την υπερβολική ζέση. Εξασφαλίζει οικονομία στην αρχική δαπάνη εγκατάστασης και στις δαπάνες λειτουργίας της θέρμανσης, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμοκρασία με το εξωτερικό περιβάλλον ή με χώρους που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες. Εξοικονομεί χρήματα από τα έξοδα συντήρησης και αυξάνει το χρόνο ζωής της κατοικίας, συμβάλλοντας στην προστασία της από φθορές και βλάβες. Οι κατά καιρούς έρευνες απέδειξαν ότι μια σωστή θερμομόνωση, που απαιτεί περίπου το 2 - 5% του αρχικού κόστους κατασκευής του κτηρίου, μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και 50% του κόστους λειτουργίας της θέρμανσής του.

**Οι θερμικές απώλειες** προκαλούνται σε ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Είναι γνωστό ότι, ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται μία συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο, κάτι που συμβαίνει το χειμώνα από το εσωτερικό του κτιρίου προς τον εξωτερικό κρύο αέρα, αλλά και το καλοκαίρι, από τον εξωτερικό θερμό αέρα προς το δροσερότερο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό γίνεται κατορθωτό με την θερμομόνωση του κτιρίου η οποία επιβραδύνει την ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τις επιφάνειες (τοίχους, στέγες, πατώματα, κουφώματα) που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας.

### **Κουφώματα**

Τα κουφώματα έχουν σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων γιατί από αυτά μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω, ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων, ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων. Τα παράθυρα αυτά θα πρέπει να έχουν υαλοπίνακες και κουφώματα με καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και επί πλέον, θα πρέπει να είναι αεροστεγανά, ώστε

να εμποδίζουν τη διαφυγή θερμότητας από χαραμάδες, οι οποίες μπορεί να επιφέρουν σημαντικές απώλειες θερμότητας, όπως παρατηρείται σε κτίρια κακής κατασκευής ή παλαιά. Τα κουφώματα ενός σπιτιού είναι “διαρροές” στην μόνωσή του. Οι τοίχοι είναι ο καλύτερος τρόπος για να διασφαλιστεί η σφράγιση ενός κτιρίου.



Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας.

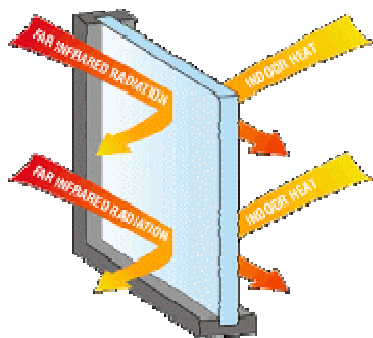
### Ενεργειακά Κουφώματα

Ενεργειακά κουφώματα μπορούν να χαρακτηριστούν όσα είναι κατασκευασμένα από υλικά που προσφέρουν χαμηλή θερμική αγωγιμότητα από κάποια άλλα. Υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κουφωμάτων και έχουν χαμηλή θερμική αγωγιμότητα είναι το Ξύλο, το PVC αλλά και το Αλουμίνιο με την χρήση υλικών χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας. οι θερμικές απώλειες ενός κουφώματος δεν οφείλονται μόνο στο πλαίσιο, αλλά και στο είδος του υαλοπίνακα που έχει χρησιμοποιηθεί. Για να θεωρηθεί ενεργειακό, θα πρέπει να διαθέτει διπλό υαλοπίνακα με το ένα από τα δυο τζάμια να είναι χαμηλής εκπομπής.



Σχήμα 6.1: Ενεργειακό Αλουμίνιο με Πολυουρεθία

## Ενεργειακά Τζάμια



Σχήμα 6.2 Τζάμι χαμηλής εκπομπής low-e

Τα ενεργειακά τζάμια ή τζάμια χαμηλής εκπομπής *low-emissivity* (Low-e), έχοντας μια ειδική επίστρωση στην μια πλευρά της επιφάνειας τους λειτουργούν σαν καθρέπτες στο υπέρυθρο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της θερμικής ακτινοβολίας που διέρχεται μέσα από το τζάμι. Έτσι η θερμική ακτινοβολία του περιβάλλοντος δεν διέρχεται εύκολα μέσα από ένα τζάμι low-e, αλλά και αντίστροφα η θερμική ακτινοβολία του εσωτερικού χώρου δεν μπορεί εύκολα να διαφύγει προς τα έξω. Η επίστρωση που αναφέραμε παραπάνω είναι ως συνήθως film μετάλλων τόσο λεπτό που είναι διάφανο. Τα ενεργειακά τζάμια δεν χρησιμοποιούνται ποτέ μόνα τους, δηλαδή ως μονά τζάμια αλλά πάντα σε πολυεπίπεδες κατασκευές, όπως διπλά τζάμια και τριπλά τζάμια. Τέλος πρέπει να σημειώσουμε ότι με την χρήση των low-e τζαμιών μειώνεται κατά πολύ το ξεθώριασμα των χρωμάτων των αντικειμένων (*κουρτίνες, έπιπλα, χαλιά, ...*) στο εσωτερικό χώρο. Η χρήση των low-e τζαμιών γίνεται κυρίως σε οικίες και γραφεία, όπου η δαπάνη ψύξης και θέρμανσης παίζει σημαντικό ρόλο και η χρήση αυτού του τύπου τζαμιού μπορεί να επιφέρει αρκετή μείωση στο κόστος ψύξης και θέρμανσης.

### Θερμομόνωση τοιχοποιίας

Η τοιχοποιία καταλαμβάνει κατά κανόνα το μεγαλύτερο ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας ενός κτιρίου. Επομένως, όταν αυτή δεν είναι θερμομονωμένη, παρουσιάζει μεγάλες θερμικές απώλειες. Οι τοίχοι μπορούν να μονωθούν με τέσσερις κυρίως τεχνικές:

- ❖ Εξωτερικά σε όλη την επιφάνεια
- ❖ Εξωτερικά στα στοιχεία από σκυρόδεμα και στον πυρήνα της διπλής τοιχοποιίας από τούβλα
- ❖ Εσωτερικά σε όλη την επιφάνεια



### **Από το εσωτερικό μέρος τους.**

Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό υλικό τοποθετείται από την πλευρά του εσωτερικού χώρου και προστατεύεται από κάποιο στερεό δομικό υλικό που λειτουργεί όπως και το επίχρισμα.

### **Από το εξωτερικό μέρος τους.**

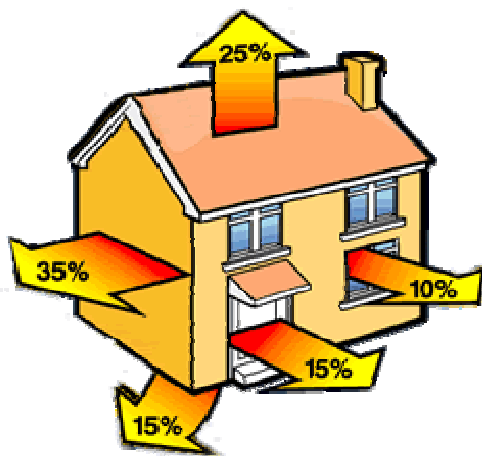
Στην περίπτωση αυτή το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου.

### **Θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων.**

Στην περίπτωση αυτή ο τοίχος κτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με τον τρόπο κατασκευής τους, το σχήμα τους, τις διαστάσεις τους κλπ. πρέπει να εξασφαλίζουν τις τιμές του συντελεστή θερμομικής διαπερατότητας  $K$  που επιβάλλει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Αν απαιτείται να αυξηθεί ο συντελεστής αυτός προστίθεται μονωτικό που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εκ κατασκευής ενσωματωμένο στο θερμομονωτικό τούβλο. Η κατασκευή αυτή εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα αλλά θα πρέπει να εξασφαλίζεται με σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων η σωστή στεγανότητα ώστε να μην υγραίνεται η μάζα των θερμομονωτικών τούβλων.

### **Θερμομόνωση στον πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων.**

Αποτελεί μέθοδο τοποθέτησης θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται πολύ στη χώρα μας. Συνήθως το μονωτικό υλικό τοποθετείται μεταξύ δύο δομικών τοίχων και αυτό ίσως αποτελεί το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου. Εξασφαλίζεται δηλαδή η θερμομόνωση, αλλά δεν είναι βέβαιο ότι εξασφαλίζεται επαρκώς και η στατική αντοχή του συστήματος και ιδιαίτερα η αντοχή που απαιτείται από τον αντισεισμικό κανονισμό. Η κατασκευή αυτού του τύπου θερμομόνωσης έχει περιθώρια βελτίωσης έστω και αν δημιουργηθούν στη χειρότερη περίπτωση θερμογέφυρες από την κατασκευή των σενάζ.



### Σχήμα 6.3: Απεικόνιση θερμικών απωλειών

**Έχει υπολογισθεί ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε ένα σπίτι χωρίς μόνωση με δυο ορόφους:**

Έχουμε απώλεια θερμότητας από την οροφή 27% της συνολικής απώλειας. Από τους τοίχους 40%. Από τα παράθυρα και τις πόρτες 19% (ανάλογα με τον αριθμό και το μέγεθος).

Βλέπουμε λοιπόν πόσο σημαντικό για την προστασία του σπιτιού μας, είναι να θερμομονώνονται οι εξωτερικοί τοίχοι και να μην περιορίζεται η μέριμνα μας στην θερμομόνωση της ταράτσας.

#### **Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά**

Καταρχάς οικολογικά θεωρούνται εκείνα τα θερμομονωτικά υλικά, που καλύπτουν τα εξής κριτήρια:

- ❖ Δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή τους.
- ❖ Είναι ανακυκλώσιμα
- ❖ Δεν μολύνουν το περιβάλλον κατά τη διάρκεια παραγωγής τους.
- ❖ Δεν περιέχουν τοξικούς / καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία του ανθρώπου και δεν εκλύουν τέτοιους ρύπους κατά τη διάρκεια εφαρμογής τους και μέχρι την καταστροφή τους.

### **6.2 Ηλιακός θερμοσίφωνας**

#### **Ορισμος**

Ο **ηλιακός θερμοσίφωνας** είναι ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα που ζεσταίνει νερό χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στις χώρες που έχουν μεγάλη ηλιοφάνεια, όπως για παράδειγμα στις χώρες της Μεσογείου και στην Κύπρο. Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι η απλούστερη και η γνωστότερη ηλιακή συσκευή. Κατά την λειτουργία του γίνεται εκμετάλλευση δυο φυσικών φαινομένων. Με την αρχή του θερμοσιφώνου δηλαδή το φυσικό φαινόμενο της ροής των ρευστών λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (διαφοράς πυκνότητας). Το θερμό νερό έχει την τάση να ανεβαίνει προς τα πάνω. επιτυγχάνεται η κυκλοφορία του νερού με φυσικό τρόπο χωρίς μηχανικά μέρη (αντλίες κλπ.) ενώ η θέρμανση του νερού γίνεται με την εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στο χώρο.

#### **Μέρη ηλιακού θερμοσίφωνα**

Το κυριότερο μέρος ενός ηλιακού θερμοσίφωνα είναι οι ηλιακοί συλλέκτες (ή καθρέπτες), που είναι η επιφάνεια συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτή αποτελείται από τέσσερα μέρη:

- ❖ Την πλάκα συλλογής της ακτινοβολίας

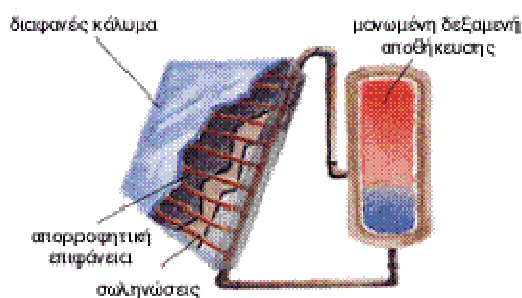
- ❖ Τους σωλήνες ροής του νερού
- ❖ Την κάλυψη (κρύσταλλο) της πλάκας απορρόφησης και
- ❖ Το θερμικά μονωμένο πλαίσιο πάνω στο οποίο στερεώνονται τα υπόλοιπα εξαρτήματα.

### Αρχή λειτουργίας ηλιακού θερμοσίφωνα

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας κατά την λειτουργία του εκμεταλλεύεται το φυσικό φαινόμενο της ροής των ρευστών λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (διαφοράς πυκνότητας), γνωστό και σαν αρχή του θερμοσιφώνου. Έτσι επιτυγχάνεται με φυσικό τρόπο χωρίς κυκλοφορητή (αντλία) 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 κι απ' τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τη νεφοκάλυψη και την αποτελεσματικότητα της θερμικής μόνωσης του συστήματος

### Δεξαμενή αποθήκευσης

Η δεξαμενή αποθήκευσης του νερού χρήσης έχει χωρητικότητα που κυμαίνεται από 100 έως 200 λίτρα για συνήθεις οικιακές εφαρμογές. Η χωρητικότητά της είναι συνάρτηση της συλλεκτικής επιφάνειας που διαθέτει. Είναι συνήθως χαλύβδινη, με εσωτερική επίστρωση για προστασία από την διάβρωση. Η επίστρωση αυτή είναι συνήθως από ειδικά πλαστικά ή εποξειδικά χρώματα ή εμαγιέ (υαλόκραμα). Εναλλακτικά και για ακριβότερα συστήματα η δεξαμενή αποθήκευσης μπορεί να είναι χάλκινη ή ανοξείδωτη. Εξωτερικά έχει πολύ καλή μόνωση συνήθως από πολουρεθάνη ή υαλοβάμβακα. Συνήθως έχει ενσωματωμένη κάποια ηλεκτρική αντίσταση. Στα συστήματα κλειστού κυκλώματος έχει επιπλέον ενσωματωμένο εναλλάκτη (σερπαντίνα) για την κυκλοφορία του θερμαινόμενου μέσου ή σε πιο ακριβά συστήματα είναι διπλών τοιχωμάτων (ανάμεσα στα δύο τοιχώματα κυκλοφορεί το θερμαινόμενο μέσο).



Σχήμα 6.4: Ηλιακός θερμοσίφοντας

### 6.3 Εγκατάσταση των ηλιακών θερμοσιφώνων

Ο καλύτερος προσανατολισμός για την τοποθέτηση των ηλιακών θερμοσίφωνων (ακριβέστερα των ηλιακών συλλεκτών) είναι ο νότιος, για να εκμεταλλεύεται ο θερμοσίφοντας όσο περισσότερες ώρες ηλιοφάνειας γίνεται. Απόκλιση μέχρι 15 μοίρες από τον νότο δεν έχει μεγάλη επίπτωση στην απόδοσή του. Σε μεγαλύτερη απόκλιση παρατηρείται μείωση της απόδοσης. Ακόμα η κλίση του ηλιακού συλλέκτη πρέπει να είναι 20-50 μοίρες. Μεγαλύτερη ή μικρότερη κλίση μειώνει την απόδοση. Οι προβλεπόμενες συνδέσεις για την λειτουργία του είναι δύο υδραυλικές (είσοδος κρύου νερού, έξοδος ζεστού νερού χρήσης) και μία ηλεκτρική (ηλεκτρική αντίσταση). Στην είσοδο του κρύου νερού πρέπει να τοποθετηθεί βάνο για να είναι δυνατή η απομόνωσή του από το δίκτυο σε περίπτωση συντήρησης ή επισκευής. Καλό είναι στις υδραυλικές σωληνώσεις να τοποθετηθεί βαλβίδα ασφαλείας έναντι υπερπίεσης και αυτόματο εξαεριστικό, αν δεν υπάρχουν ήδη ενσωματωμένα από τον κατασκευαστή. Καλό είναι επίσης στην σωλήνωση εξόδου του ζεστού νερού χρήσης να τοποθετηθεί εξωτερικό μονωτικό περίβλημα καλής ποιότητας. Εξωτερικό μονωτικό περίβλημα καλής ποιότητας. Χρειάζεται στοιχειώδης συντήρηση, κυρίως καθαρισμός των πλακών επιφανειακά, αντικατάσταση της αντιδιαβρωτικής προστασίας όποτε αυτό απαιτείται σύμφωνα με τον κατασκευαστή και συμπλήρωση με αντιψυκτικό υγρό τον χειμώνα (μόνο στους ηλιακούς θερμοσίφωνες κλειστού κυκλώματος). Ακόμα σε περιπτώσεις ισχυρού ψύχους (χιόνι, παγετός κλπ) συνιστάται η κάλυψη των κρυστάλλων με πανί ή χαρτόνι για να αποφευχθεί η καταστροφή τους (θραύση). Σημειώνεται ότι η κάλυψη των κρυστάλλων δεν προσφέρει καμία προστασία σε περίπτωση θερμοσίφωνων ανοικτού κυκλώματος. Το μόνο αποτελεσματικό μέτρο σε τέτοιες περιπτώσεις είναι το πλήρες άδειασμα του θερμοσίφωνα από το νερό μέχρι να αυξηθεί η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πάνω από το μηδέν.

### **Ο ηλιακός θερμοσίφοντας σαν οικολογική συσκευή**

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας είναι μια απ' τις "καθαρότερες" και πιο αποδοτικές συσκευές που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στη διάρκεια ζωής του ο ηλιακός θερμοσίφοντας εξοικονομεί περίπου δυο χιλιάδες ευρώ απ' τους λογαριασμούς ρεύματος σε τιμές 2005, ενώ αποφεύγεται η έκλυση περίπου τριάντα τόνων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Κάθε ντους με νερό από ηλιακό θερμοσίφωνα ισοδυναμεί με τρία κιλά διοξειδίου του άνθρακα λιγότερα στην ατμόσφαιρα. Πέρα από την οικιακή χρήση, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής ενεργειακής στάθμης. Έτσι, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για τον κλιματισμό χώρων και άλλες εφαρμογές, εμφανίζεται ως μια από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές, λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας ακριβώς την εποχή που απαιτούνται τα ψυκτικά φορτία. Υπάρχουν ήδη μερικές επιτυχημένες εφαρμογές τέτοιων συστημάτων στη χώρα μας και αναμένεται να έχουν ταχεία ανάπτυξη. Μια άλλη εφαρμογή που έχει εξαπλωθεί στην ευρωπαϊκή αγορά, ενώ μπαίνει σταδιακά και στη χώρα μας, είναι ο συνδυασμός παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων με ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Η χρήση των συστημάτων αυτών στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες, για τη θέρμανση χώρων, θεωρείται τεχνικά, αλλά και οικονομικά αποδοτική, αν συνδυαστεί με την κατάλληλη μελέτη/κατασκευή του κτιρίου (καλή μόνωση, εκμετάλλευση των παθητικών ηλιακών ωφελειών, κ.τ.λ.) και τη συνεργασία του χρήστη. Μπορεί να εξοικονομήσει συμβατική ενέργεια σε νέα ή παλιά κτίρια, στα οποία έχουν ληφθεί όλα τα εφικτά μέτρα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών και

τη μεγιστοποίηση της οικονομικότητας της εγκατάστασης. Είναι πάντως πολύ σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός του ηλιακού συστήματος και η προσεκτική εξέταση της οικονομικότητας της εγκατάστασης για την αποφυγή λανθασμένων επιλογών και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης. Τέλος, στην ευρωπαϊκή αγορά αρχίζει να εισχωρεί και ο ηλιακός κλιματισμός, δηλαδή η χρήση ηλιακής ενέργειας, όχι μόνο για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων, αλλά και ο κλιματισμός τους την καλοκαιρινή περίοδο. Η χρήση των συστημάτων αυτών στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες είναι τεχνικά, αλλά και οικονομικά αποδοτική, δεδομένων των εξαιρετικά υψηλών απαιτήσεων σε κλιματισμό, σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη υψηλή, δωρεάν ηλιακή ενέργεια. Τέτοιες εγκαταστάσεις επιδρούν θετικά και στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας μας, καθώς η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ενός συστήματος ηλιακού κλιματισμού είναι από 90% έως και 97% χαμηλότερη από αυτή ενός συμβατικού κλιματιστικού συστήματος. Η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο σε απομακρυσμένες όσο και σε κατοικημένες περιοχές, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον, κάνει ελκυστική τη χρήση θερμικών ηλιακών συστημάτων στην Ελλάδα.

## **6.4 Solar Kit**

### **Γενικά**

Οι ηλιακοί σταθμοί και οι ρυθμιστές συντονίζουν ολόκληρη την εγκατάσταση και καθιστούν δυνατή τη βέλτιστη διασύνδεση με κάθε εγκατάσταση θέρμανσης. Οι ηλιακοί σταθμοί εξασφαλίζουν αξιόπιστα υψηλές ηλιακές αποδόσεις. Μέσω του ενσωματωμένου ρυθμιστή μπορούν να διαβαστούν εύκολα η ενεργειακή απόδοση και οι καταστάσεις λειτουργίας.

Τα ενεργειακά συστήματα Solar kit παράγουν 12VDC και 230VAC σταθεροποιημένα ώστε να λειτουργούν σωστά όλες οι τυπικές ηλεκτρικές - ηλεκτρονικές συσκευές. Λειτουργούν τελείως αυτόνομα, ενώ η εγκατάσταση τους είναι πολύ γρήγορη & απλή.



Σχήμα 6.5: Solar Kit

### **Ανακυκλοφορία βάσει της ζήτησης εξοικονομεί ενέργεια**

Οι ηλιακοί ρυθμιστές επιτρέπουν την ανακυκλοφορία βάσει της ζήτησης. Αυτό σημαίνει ότι με σύντομο άνοιγμα της βρύσης ο κυκλοφορητής ενεργοποιείται μεταφέροντας ζεστό νερό στο σημείο της ζήτησης. Ύστερα ο κυκλοφορητής

απενεργοποιείται αυτόματα. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται οι απώλειες ενέργειας και μειώνεται η κατανάλωση ρεύματος του κυκλοφορητή.

### **Αυτόματη ρύθμιση**

Οι ηλιακοί σταθμοί ρυθμίζουν τη ροή από τους συλλέκτες στο ηλιακό θερμοδοχείο. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να απορροφηθεί αποτελεσματικά από το θερμοδοχείο μόνο με τη βέλτιστη ροή. Οι ηλιακοί σταθμοί μετράνε διαρκώς την παροχή επιλέγουν αυτόματα τη βέλτιστη ρύθμιση για κάθε κατάσταση λειτουργίας. Έτσι δεν είναι αναγκαία χειροκίνητη ρύθμιση της παροχής από τον εγκαταστάτη.

Βελτιώνει τη διανομή ζεστού νερού σε θερμοσίφωνες και λέβητες οι οποίοι είναι παράλληλα συμβατοί με θερμικά ηλιακά συστήματα για την παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Η λειτουργία του είναι να διατηρήσει σταθερή, σε μια ρυθμισμένη τιμή, τη θερμοκρασία του αναμειγμένου νερού που διανέμεται προς κατανάλωση, όταν οι συνθήκες τροφοδοσίας κρύου και ζεστού νερού ποικίλλουν. Το ηλιακό kit μπορεί να λειτουργεί συνεχόμενα με υψηλές θερμοκρασίες ζεστού νερού που προέρχεται από τον ηλιακό συλλέκτη ή τη βοηθητική συσκευή.

- ❖ Το ηλιακό KIT προσφέρει τη δυνατότητα της παράλληλης χρήσης ,κάθε τύπου, ηλιακού θερμοσίφωνα με επίτοιχο λέβητα αερίου που περιλαμβάνει παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Το νέο ηλιακό KIT περιλαμβάνει όλα τα κατάλληλα εξαρτήματα για συνεχή παροχή ζεστού νερού χρήσης χωρίς πλέον να χρειάζεται η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος.
- ❖ Ένα σύστημα φιλικό στο περιβάλλον με άμεση εξοικονόμηση ενέργειας.
- ❖ Ιδιαίτερα ασφαλές στη χρήση από όλη την οικογένεια (θερμοκρασία εξόδου 45°C ) και φιλικό στην υδραυλική εγκατάσταση καθώς σε αυτές τις θερμοκρασίες ελαχιστοποιείται η επικάλυψη αλάτων στις σωληνώσεις.

### **Πλεονεκτήματα**

- ❖ Αποτρέπει εγκαύματα με ζεστό νερό και βλάβες στις συσκευές.
- ❖ Με χρήση του ηλιακού kit, οποιοσδήποτε θερμοσίφωνα μπορεί να λειτουργεί κατάλληλα με ένα ηλιακό σύστημα.
- ❖ Η βοηθητική συσκευή λειτουργεί μόνο αν η θερμοκρασία του νερού στο ηλιακό σύστημα είναι μικρότερη από 45°C, χωρίς να μειώνεται ο παρεχόμενος όγκος.
- ❖ Εξοικονόμηση στις δαπάνες συντήρησης (η βοηθητική συσκευή λειτουργεί για μικρότερο χρονικό διάστημα

### **Εγκατάσταση**

- ❖ Η εγκατάσταση σε εξωτερικό χώρο απαγορεύεται.
- ❖ Στο χώρο εγκατάστασης δεν πρέπει να υφίσταται κίνδυνος παγετού.

### **Στερέωση**

Η βάση πρέπει να παραμείνει σε οριζόντια θέση, χρησιμοποιώντας για το σκοπό αυτό τις βίδες, τις μεταλλικές ροδέλες και τα βύσματα που παρέχονται

### **Λειτουργία**

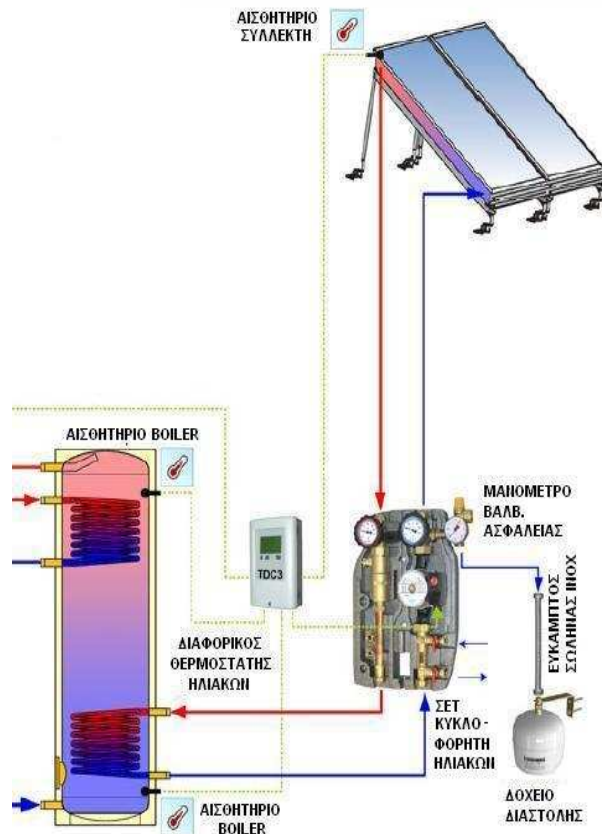
Το ηλιακό κιτ δεν διαθέτει οποιοδήποτε είδους ηλεκτρική σύνδεση και συνεπώς η έναρξη της λειτουργίας είναι ιδιαίτερα απλή.



Σχήμα 6.6: Διαφορικός θερμοστάτης

### **Διαφορικός θερμοστάτης**

Ο διαφορικός θερμοστάτης ηλιακών είναι μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία συνεχώς συγκρίνει την θερμοκρασία του υγρού στους ηλιακούς συλλέκτες και την θερμοκρασία του μπόϊλερ. Όταν διαπιστωθεί ότι το υγρό στους συλλέκτες είναι πιο ζεστό από αυτό του μπόϊλερ δίνει εντολή στον κυκλοφορητή να ξεκινήσει την μεταφορά του θερμού υγρού από τους συλλέκτες στον εναλλάκτη του μπόϊλερ αποθέτοντας την μεταφερόμενη θερμική ενέργεια στο νερό χρήσης.



Σχήμα 6.7: Σύνδεση Sollar kit δοχείο αδρανείας και συλλέκτη

## 6.5 Ενεργειακό τζάκι με pellets

Pellets - συσσωματώματα βιομάζας

Από το 1999-2000, τα pellets ξύλου κατακτούν όλο και περισσότερους καταναλωτές στην κεντρική Ευρώπη, Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία, Γαλλία κλπ... Το pellet είναι 100% φυσικό προϊόν. Προέρχεται από κατάλοιπα υλοτομίας, ξυλείας, επεξεργασίας ξύλου, αλλά σήμερα υπάρχει και καλλιέργεια των λεγόμενων ενεργειακών φυτών. Η καύση τους έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας. **Είναι ένα καύσιμο αποτελούμενο από ξύλο, απαλλαγμένο από κάθε υγρασία, συμπιεσμένο σε μικρούς κυλίνδρους χωρίς καμία προστιθέμενη συγκολλητική ουσία.** Η θερμδική απόδοση των pellet ανέρχεται στα 4200 kcal/kg. Είναι 100% φιλικό προς το περιβάλλον, αφού δεν απαιτείται να κοπούν επιπλέον δέντρα για την παραγωγή του. Έτσι προστατεύεται το περιβάλλον αφού μέχρι πρότινος τα υπολείματα της δασικής υλοτομίας (κλαδιά δέντρων κατά κύριο λόγο) παρέμεναν στο δάσος και αύξαναν το κίνδυνο φωτιάς. **Η λύση θέρμανσης με pellets δίνει την δυνατότητα να έχουμε οικονομία στην θέρμανση του σπιτιού της τάξης του 40% - 50%.** Τα pellets ανήκουν στην κατηγορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

**Πως κατασκευάζεται το pellet**



Το pellet κατασκευάζεται από συμπίεση καταλοίπων επεξεργασίας του ξύλου. Το τυπικό τους σχήμα είναι κυλινδρικό. Χάρη στη λιγνίνη, ένα φυσικό συστατικό που απελευθερώνεται κατά τη συμπίεση του ξύλου, το pellet γίνεται συμπαγές και στερεό, χωρίς να χρειάζονται πρόσθετες συνδετικές ουσίες. Υπάρχει και στη χώρα μας πλέον ένας μεγάλος αριθμός εργοστασίων που κατασκευάζουν pellet.



Σχήμα 6.8 : pellet

### Πλεονεκτήματα pellet

- ❖ είναι φθηνό καύσιμο (εως 70% σε σχέση με το πετρέλαιο)
- ❖ καθαρό και φιλικό προς το περιβάλλον(εκπέμπει πολύ λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από ότι το πετρέλαιο.)
- ❖ Είναι καύσιμο ανακυκλώσιμο, δηλαδή παράγεται κάθε χρόνο από αγροτικά κατάλοιπα, καλλιέργειες, ή δέντρα
- ❖ Είναι καύσιμο που καίγεται με αυτόματο τρόπο, χωρίς να χρειάζεται χειροκίνητη τροφοδοσία όπως το ξύλο
- ❖ Είναι καθαρό ξύλο, χωρίς χημικά πρόσθετα, χωρίς υγρασία και τέφρα, και δεν αφήνει στάχτη (περίπου 5 φορές λιγότερη από το ξύλο)
- ❖ Έχει υψηλή αναλογία θερμογόνου δύναμης-τιμής (4,9 kWh/kg)
- ❖ **Κάθε 2,2 τόνοι pellet εξοικονομούν 1 τόνο πετρέλαιο, που σημαίνει αποτρέπουν την απελευθέρωση 2 τόνων περίπου CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα!**
- ❖ Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι,) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλιάνθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικό-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής.

### Πλεονεκτήματα pellets έναντι των ξύλων

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των pellets σε σχέση με τα ξύλα είναι τα εξής:

- ❖ Αγοράζεται ακριβής ποσότητα.
- ❖ Χαμηλή υγρασία
- ❖ Σταθερή απόδοση
- ❖ Αυτονομία.
- ❖ Συσκευασμένο προϊόν. Δεν λερώνει τον χώρο
- ❖ Ευκολότερο στην αποθήκευση



Αναλυτικά:

Αν αγοράσετε 1 τόνο pellet ξέρετε ότι έχετε 1 τόνο πέλλετ. Αν αγοράσετε 1 τόνο ξύλα δεν είναι σίγουρο ότι τα ξύλα μετά απο 1-2 μήνες θα ζυγίζουν 1 τόνο. Τα pellets περνά από ειδική επεξεργασία και από ειδικά ξηραντήρια. Η υγρασία των πελλετ είναι σταθερή και είναι από 8-10%. Αντίθετα τα ξύλα συνήθως «είναι βρεγμένα» δηλαδή έχουν μεγάλο ποσοστό υγρασίας πράγμα που μειώνει την απόδοσή τους. Τα ξύλα δεν έχουν σταθερή απόδοση. Η θερμική πορεία μιας σόμπας με ξύλο αυξομειώνεται. Αν καίτε πέλλετ μπορείτε να ρυθμίσετε την σόμπα ή τον καυστήρα να έχουν πάντα την ίδια θερμοκρασία (π.χ μια σόμπα 23 βαθμούς).

Οικονομία. Επειδή τα ξύλα δεν έχουν σταθερή απόδοση για να ζεσταθεί ένας χώρος εφοδιάζουμε την σόμπα με ξύλα συνεχώς. Όμως αυτό μας κάνει πολλές φορές να χρησιμοποιούμε περισσότερα ξύλα από ότι χρειάζεται .

Αυτονομία. 1 σόμπα πέλλετ μπορεί να λειτουργήσει με ένα γέμισμα για πολλές ώρες χωρίς να χρειάζεται ξανά γέμισμα. Αντίθετα μια σόμπα με ξύλα θέλει συνεχώς τροφοδοσία. Πιο καθαρό από ότι τα ξύλα αφού το πέλλετ είναι συσκευασμένο σε τσουβαλάκι 15kg. Πιάνει πιο λίγο χώρο από τα ξύλα και είναι πιο εύκολο στην αποθήκευση. 1 σόμπα πελλετ μπορεί να ρυθμιστεί να σβήνει και ανάβει αυτόματα. Δεν χρειάζεται προσανάμματα ανάβει πατώντας ένα κουμπί.

## **6.6 Συσκευές θέρμανσης με χρήση pellets**

Τα pellets μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν οικονομικό καύσιμο για θέρμανση σε μια σειρά από συσκευές.

*Αερόθερμες Σόμπες Pellet που καίνε αυτόματα το πέλλετ που έχουν στην δεξαμενή τους και ζεσταίνουν τον χώρο προφέροντας την θαλπωρή της φλόγας*

*Σόμπες Λέβητες Pellet που ενώνονται με το σύστημα θέρμανσης του σπιτιού σας και*

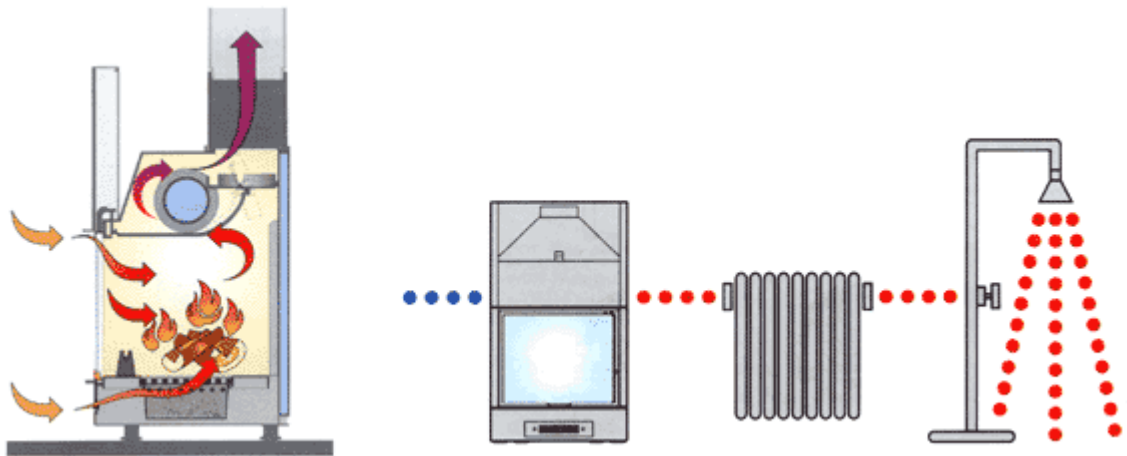
με τα καλοριφέρ σας και μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε σημείο του σπιτιού.

*Λέβητες Pellets* που χρησιμοποιούν όλη την εγκατάσταση του λέβητα πετρελαίου ή αερίου χωρίς να χρειάζεται ιδιαίτερες αλλαγές και λειτουργούν τελείως αυτόματα, όπως και οποιοσδήποτε άλλος λέβητας. Στους Νέους Εξελιγμένους Λέβητες μας ο υπολογιστής που ελέγχει τον λέβητα είναι σχεδιασμένος και κατασκευασμένος αποκλειστικά για τους συγκεκριμένους Λέβητες Pellet και προσφέρει πολλές εξελιγμένες δυνατότητες, όπως απομακρυσμένος έλεγχος μέσω υπολογιστή, προσαρμογή της καύσης σε συνάρτηση με την εξωτερική θερμοκρασία κ.α.

*Τζάκια Λέβητες*, που χρησιμοποιούν είτε Pellet ξύλου είτε Ξύλο (κούτσουρα) και χρησιμοποιούν αυτούσιο το σύστημα θέρμανσης του σπιτιού σας, με πλήρως αυτόματη λειτουργία.

### **6.7 Υδραυλικό Ενεργειακό Τζάκι**

Είναι μια εστία κλειστού τύπου κατασκευασμένη από πυράντοχα υλικά (μαντεμι, ατσάλι, πυρότουβλο κ.τ.λ.), που μας επιτρέπει να ρυθμίσουμε τον τρόπο καύσης του εκάστοτε καύσιμου υλικού (ξύλο, μπριγκέτα, πέλλετ) ανάλογα με τις ανάγκες μας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μέγιστος βαθμός απόδοσης σε ποσοστό 70% έως και 87% της θερμογόνου απόδοσης έναντι μόλις 10% - 15%. Τα ενεργειακά τζάκια αποτελούν μια φιλική λύση για το περιβάλλον αλλά και οικονομική, λόγω του μεγάλου βαθμού απόδοσης τους (πάνω από 60%, τη στιγμή που οι ανοιχτές εστίες έχουν αντίστοιχα 10 - 20%), καθώς εκμεταλλεύονται τον θερμό αέρα τον οποίο έχουν παράξει. Επιπλέον, μειώνονται δραστικά οι απώλειες θερμότητας τις οποίες έχουμε από τον αέρα στο εσωτερικό του σπιτιού που διαφεύγει μέσω της καμινάδας ενός παραδοσιακού τζακιού. Τα τζάκια καλοριφέρ έχουν υψηλή θερμική απόδοση και οικονομία στο κόστος θέρμανσης που φτάνει μέχρι και στο 40%, καθώς μπορούν να μας αποδεσμεύσουν από την κατανάλωση πετρελαίου, ενώ μπορούν να λειτουργούν και σε συνδυασμό με τον υπάρχοντα λέβητα πετρελαίου ή αερίου. Πρόκειται για τζάκια τα οποία διοχετεύουν την ενέργεια που παράγεται από την καύση των ξύλων στο δίκτυο θέρμανσης του σπιτιού. Με αυτό τον τρόπο, παρέχεται θέρμανση όχι μόνο στο χώρο στον οποίο είναι εγκατεστημένο αλλά σε όλους τους χώρους του σπιτιού όπου υπάρχουν θερμαντικά σώματα. Ειδικότερα, από το ενσωματωμένο boiler του υδραυλικού τζακιού μεταφέρεται, με κατάλληλη υδραυλική εγκατάσταση, ζεστό νερό σε όλα τα σώματα του καλοριφέρ. Η καύση στην εστία γίνεται με πολύ μεγάλο ποσοστό απόδοσης χωρίς απώλειες και εκτός από την ζέστη που εκπέμπεται στο δωμάτιο που είναι εγκατεστημένη, το υπόλοιπο αλλά μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας διοχετεύεται στα σώματα του καλοριφέρ των άλλων δωματίων. Αναλυτικότερα, αμέσως μετά το άναμα της φωτιάς στο εσωτερικό της εστίας, το νερό που υπάρχει στο boiler αρχίζει πολύ γρήγορα να θερμαίνεται. Με το που ξεπεράσει κάποια θερμοκρασία ο κυκλοφορητής αρχίζει να γυρίζει το νερό στο δίκτυο των καλοριφέρ. Πολύ γρήγορα τα σώματα έχουν πιάσει τη ζητούμενη θερμοκρασία. Οι εκλυόμενοι επιβλαβείς ρύποι είναι μηδενικοί.



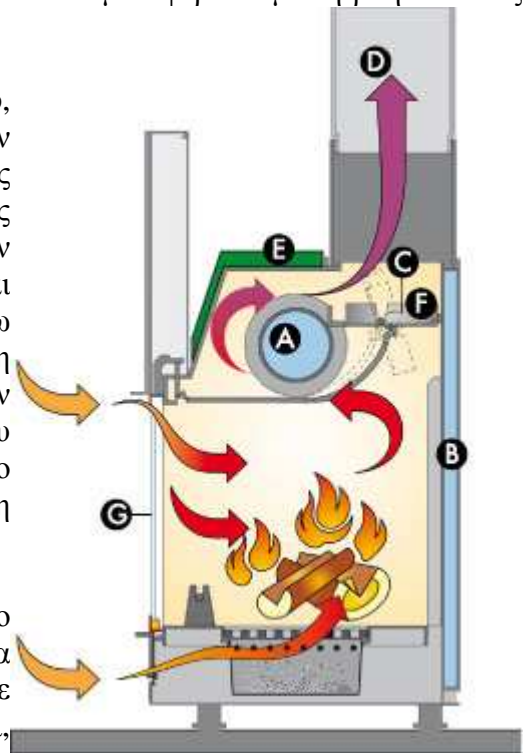
Σχήμα 6.9: Υδραυλικό ενεργειακό τζάκι και διοχέτευση θερμότητας

### Ενεργειακές Εστίες Καλοριφέρ

Το **τζάκι καλοριφέρ** έχει ως βασική λειτουργία τη διοχέτευση της ενέργειας που παράγεται από την καύση της καύσιμης ύλης στο **νερό**. Το νερό αυτό μεταφέρεται με τη βοήθεια ενός κυκλοφορητή σε σώματα καλοριφέρ.

Το **πλεονέκτημα** της θέρμανσης με τζάκι καλοριφέρ, είναι πως ο τρόπος λειτουργίας του επιτρέπει την **ομοιόμορφη διανομή της θερμότητας** στους διάφορους χώρους της κατοικίας. Ο μηχανικός της οικοδομής πρέπει κατ'αρχήν να υπολογίσει τον αριθμό των θερμίδων που χρειάζεται το κτίσμα και τον τρόπο με τον οποίο αυτές θα κατανεμηθούν μέσω των σωμάτων καλοριφέρ μέσα στο σπίτι. Η σύνδεση του τζακιού με τα σώματα γίνεται από τον υδραυλικό, ενώ η υπόλοιπη εγκατάσταση του τζακιού πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο συνεργείο – όπως και κάθε άλλη εγκατάσταση τζακιού.

Το τζάκι καλοριφέρ δεν διαφέρει από το αερόθερμο ενεργειακό τζάκι, όσον αφορά το οπτικό αποτέλεσμα μέσα στον χώρο. Τοποθετείται και διακοσμείται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως ένα ενεργειακό τζάκι, ενώ απαιτεί κι εκείνο τοποθέτηση καμινάδας συγκεκριμένου μήκους και διατομής.



Ωστόσο τα τζάκια καλοριφέρ δεν διαθέτουν αεραγωγούς που να αποδίδουν θερμό αέρα στο σπίτι, καθώς στόχος της κατασκευής είναι όλη η ενέργεια του ξύλου, να αποδοθεί στο νερό με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες. Η αερόθερμη λειτουργία ενός τζακιού καλοριφέρ σκοπό έχει την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας του και όχι την παροχή μεγαλύτερου ποσού

ενέργειας.

Τα τζάκια καλοριφέρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως **μοναδικές πηγές θέρμανσης** ενός χώρου μέχρι και 230m<sup>2</sup>.

Στο πίσω μέρος της εστίας υπάρχει ο χώρος μέσα στον οποίο θερμαίνεται το νερό. Η ποσότητα του νερού που μπορεί να θερμαίνεται μέσα σε αυτό τον χώρο εξαρτάται από το μέγεθος της θερμαντικής απόδοσης της εστίας. Σε κάποιο σημείο όσο το δυνατόν πιο κοντά στην εστία τοποθετείται το ΚΙΤ σύνδεσης της εστίας με τα σώματα καλοριφέρ. Σε αυτό περιέχεται και ο κυκλοφορητής του νερού ο οποίος διοχετεύει το ζεστό νερό της εστίας στις σωληνώσεις των καλοριφέρ. Το σύστημα αυτό μπορεί να λειτουργήσει με τρεις διαφορετικούς τρόπους.

1. Ως μοναδική πηγή θέρμανσης του σπιτιού και παροχή ζεστού νερού WC
2. Σε συνδυασμό με λέβητα πετρελαίου και παροχή ζεστού νερού WC
3. Σε συνδυασμό με λέβητα πετρελαίου χωρίς παροχή ζεστού νερού WC

## **6.8 Σύγκριση τζακιών**

Στο εσωτερικό, ο χώρος καύσης από τα ενεργειακά τζάκια, είναι κατασκευασμένος από πυράντοχα υλικά, όπως μαντέμι και χάλυβα, και επενδύεται από μαντεμένια στοιχεία ενώ το σημείο της φλόγας καλύπτεται από ειδικό πυρίμαχο τζάμι. Επίσης στα ενεργειακά τζάκια κατασκευάζεται αεροθάλαμος, στον οποίο συλλέγεται με το βεντιλατέρ ο αέρας που ζεσταίνεται και διοχετεύεται ομοιόμορφα στο χώρο. Ο αεροθάλαμος βρίσκεται ανάμεσα από τον χώρο καύσης και το εξωτερικό τοίχωμα του τζακιού. Ο αέρας στα ενεργειακά τζάκια, περνά ανάμεσα από τα δύο τοιχώματα του τζακιού, ζεσταίνεται, και το βεντιλατέρ τον σπρώχνει προς τα πάνω, με αποτέλεσμα να κατευθύνεται μέσω αεραγωγών σε περσίδες, από όπου διοχετεύεται στο χώρο. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε άμεση και γρήγορη θέρμανση ενιαίων χώρων. Αυτή είναι και η διαφορά των ενεργειακών τζακιών με τα απλά παραδοσιακά τζάκια τα οποία ζεσταίνουν μόνο από την ακτινοβολία της εστίας σε ένα περιορισμένο χώρο. Στα ενεργειακά τζάκια, η ταχύτητα του ψυχρού αέρα που διοχετεύεται στους αεροθαλάμους από το βεντιλατέρ ρυθμίζεται ηλεκτρονικά από το ροοστάτη – θερμοστάτη ο οποίος μας δείχνει την ένδειξη θερμοκρασίας εξόδου του θερμού αέρα από τις περσίδες. Το βεντιλατέρ τοποθετείται στο κάτω μέρος της εστίας και είναι άμεσα επισκέψιμο από το χώρο καύσης. Στα ενεργειακά τζάκια οι πλάκες από μαντέμι εξασφαλίζουν υψηλή απόδοση, διάρκεια στην πάροδο του χρόνου και μπορούν να αντικαταστούν με μεγάλη ευκολία. Τα ενεργειακά τζάκια για να αποδώσουν τα μέγιστα των δυνατοτήτων τους πρέπει να λειτουργούν με κλειστή την πόρτα.

Η ελεγχόμενη καύση του ξύλου στα ενεργειακά τζάκια και η σωστή διαχείριση των αερίων καύσης τους εξασφαλίζουν το **μέγιστο βαθμό απόδοσης**, ισοσταθμίζοντας το ακριβότερο **κόστος** τους. Με τα ενεργειακά τζάκια έχουμε περισσότερη ζέστη και λιγότερη κατανάλωση ξύλων. Είναι υψηλής θερμαντικής ισχύς και απόδοσης (μέχρι 85%) και μπορούμε να καλύψουμε θερμικά (αναλόγως τον τύπο του) χώρους από 60

τι έως 150cm. Με τη χρήση ενεργειακού τζακιού μπορούμε να θερμάνουμε πολλά τετραγωνικά, χωρίς να χρησιμοποιήσουμε άλλη θέρμανση. Έτσι εξοικονομούνται σημαντικά ποσά θερμικής ενέργειας και κατά συνέπεια χρημάτων. Τα ενεργειακά τζάκια είναι απολύτως ασφαλή, καθώς με κλειστό το πυρίμαχο γυάλινο πορτάκι που επιτρέπει την αργή καύση ξύλων, μπορούν να συνεχίζουν την καύση τους με ασύγκριτη ασφάλεια, ακόμα και κατά τις ώρες που λείπετε από το σπίτι, καθώς δεν υπάρχει λόγος επιτήρησης. Επιπλέον εξαιτίας της ποιοτικότερης καύσης (επιτυγχάνεται μέγιστος βαθμός απόδοσης του καυσίμου σε ποσοστό 70% με 75%) υπάρχει λιγότερη εκπομπή καπνού απ' την καμινάδα και συνεπώς είναι φιλικά προς το περιβάλλον.

### **6.9 Τζάκια καλοριφέρ-τζάκι λέβητας-ξύλολέβητες**

Είναι το δεύτερο είδος ενεργειακής εστίας μετά τα ενεργειακά τζάκια. Χρησιμοποιούν τον ίδιο τρόπο λειτουργίας με τα τζάκια αερόθερμα μόνο που αντί για εξωτερικό αέρα θερμαίνουν νερό. Το νερό που εισάγεται στο τζάκι λέβητας θερμαίνεται στα τοιχώματα του και διαχέεται στα σώματα του καλοριφέρ και στο θερμοσίφωνα με τη βοήθεια κυκλοφορητή. Μ' αυτό τον τρόπο παρέχεται θέρμανση σε όλους τους χώρους του σπιτιού και έχουν τη δυνατότητα παραγωγής ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Ουσιαστικά λοιπόν πρόκειται για λέβητες ξύλου. Τα τζάκια καλοριφέρ έχουν υψηλή θερμική απόδοση και οικονομία στο κόστος θέρμανσης που φτάνει μέχρι και στο 40%, καθώς μπορούν να μας αποδεσμεύσουν από την κατανάλωση πετρελαίου, ενώ μπορούν να λειτουργούν και σε συνδυασμό με τον υπάρχοντα λέβητα πετρελαίου ή αερίου. Ο υψηλός βαθμός απόδοσης που εξασφαλίζει η ελεγχόμενη καύση του ξύλου σ' ένα κλειστού τύπου περιβάλλον, περιορίζοντας στο ελάχιστο τις απώλειες από την καμινάδα, καθιστά τα ενεργειακά τζάκια μακράν οικονομικότερες από τις συμβατικές.

### **6.10 Buffer δοχείο αδράνειας**

Το Δοχείο Αδράνειας είναι ένα δοχείο συνήθως σε κυλινδρικό σχήμα: με χωρητικότητες (για οικιακή χρήση) από 300 – 2000 Lt. Νερού, με πολύ καλό θερμομονωτικό περίβλημα και είναι συνδεδεμένο με το σύστημα θέρμανσης και λειτουργεί με θερμοστάτη χώρου όπως ξέρουμε και από τον λέβητα πετρελαίου. Δηλαδή είναι το ίδιο νερό που κυκλοφορεί μέσα στα σώματα καλοριφέρ ή το νερό της επιδαπέδιας θέρμανσης και όχι το νερό χρήσης π.χ. του boiler. Είναι δηλαδή «νεκρό νερό» το οποίο δεν ανανεώνεται και συνεχώς επανακυκλοφορεί μέσα στο σύστημα. **Το δοχείο αδρανείας είναι άκρως απαραίτητο στοιχείο στα συστήματα θέρμανσης**, είτε πρόκειται για λέβητες πέλλετ, ξυλολέβητες, αντλίες θερμότητας, ενεργειακά τζάκια, λέβητες πυρόλυσης-απαερίωσης ξύλου, ή λέβητες πετρελαίου - φυσικού αερίου. Προσφέρουν **πολύ μεγάλη οικονομία καυσίμων**, λόγω του ότι δεν χρειάζεται να λειτουργεί ο λέβητας κατά τη χρονική διάρκεια που η κυκλοφορία του ζεστού νερού γίνεται από το νερό που έχει αποθηκευθεί στο δοχείο αδρανείας. Τα δοχεία αδρανείας ουσιαστικά είναι δεξαμενές (επιπλέον χώρος) αποθήκευσης νερού (ζεστού ή ψυχρού)

Για παράδειγμα, αν ένας λέβητας ή μία αντλία θερμότητας λειτουργεί από τις 7 έως τις 11 το βράδυ, αυτές τις 4 ώρες παρέχει ζεστό νερό υψηλής θερμοκρασίας, το οποίο

μέσω του κυκλοφορητή μεταφέρεται στα σώματα του καλοριφέρ ή στο υποδαπέδιο σύστημα θέρμανσης, προσφέροντας θέρμανση του χώρου. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του λέβητα ή της αντλίας θερμότητας, αποθηκεύεται στο δοχείο αδρανείας ζεστό νερό. Όταν παύει η λειτουργία του λέβητα ή της αντλίας θερμότητας, ο κυκλοφορητής αρχίζει πλέον και μεταφέρει στα σώματα του καλοριφέρ ή στο υποδαπέδιο σύστημα θέρμανσης, το ζεστό νερό που είχε αποθηκευτεί στο δοχείο αδρανείας, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο δωρεάν θέρμανση.

### **Είδη δοχείων αδράνειας**

Υπάρχουν 3 κατηγορίες δοχείων αδρανείας.

- ❖ Απλό δοχείο αδρανείας (HSG Series) όπου σε αυτήν την περίπτωση μπορούμε να αποθηκεύσουμε ενέργεια από διάφορες μονάδες παραγωγής ενέργειας. Με απλά λόγια μπορούμε να συνδέσουμε στο δοχείο αδρανείας έναν λέβητα ξύλου, έναν λέβητα pellet ή ότι άλλο μπορεί να παράγει ενέργεια και να λειτουργούμε συνδυαστικά μεταξύ τους.
- ❖ Δοχείο αδρανείας με εναλλάκτη θερμότητας (HSG1 Series) σε αυτήν την περίπτωση ισχύουν αυτά που περιγράψαμε προηγουμένως με την διαφορά ότι τώρα υπάρχει μέσα στο δοχείο εναλλάκτης θερμότητας ο οποίος λειτουργεί ως υποδοχή για την σύνδεση με επιλεκτικούς συλλέκτες για υποβοήθηση θέρμανσης 30% ετησίως.
- ❖ Δοχείο αδρανείας με εναλλάκτη θερμότητας και ενσωματωμένο boiler ζεστών νερών χρήσης (Z.N.X) (TT Combi) σε αυτήν την περίπτωση πέρα από τις προηγούμενες δυνατότητες που παρουσιάστηκαν μπορούμε να έχουμε και ενσωματωμένο boiler ζεστών νερών χρήσης (Z.N.X) προσφέροντας την πλέον ολοκληρωμένη λύση στα δοχεία αδρανείας (Tank in Tank).

### **Χρησιμότητα δοχείων αδράνειας**

Χρησιμοποιείται κυρίως στην επιδαπέδια θέρμανση όπως επίσης επιβάλετε να χρησιμοποιηθεί και για θέρμανση με στερεά καύσιμα για όλων των ειδών εγκαταστάσεων για να ελέγχεται η θερμοκρασία ροής του νερού προς τις σωληνώσεις και δίνει μέσω αυτοματισμών τη δυνατότητα μίξης του νερού με επανακυκλοφορία μέσω π.χ. τρίοδης βάνας για τη σωστή θερμοκρασία προσαγωγής του νερού στο σύστημα. Χρησιμοποιείται επίσης στη γεωθερμία και συνδυάζεται με ηλιακούς συλλέκτες όπου όλα μαζί τα συστήματα μπορούν να αποθηκεύουν ενέργεια η οποία θα χρησιμοποιηθεί μόνη της ή μαζί με άλλες μονάδες παραγωγής ενέργειας συνδυαστικά. Με το δοχείο αδράνειας αποθηκεύουμε όλη την παραγόμενη ενέργεια και την χρησιμοποιούμε την στιγμή που την χρειαζόμαστε στον χώρο μας. Αυτό σημαίνει πως *ούτε ένα ξύλο, ούτε 1 γραμμάριο pellet, ούτε μια αχτίδα ήλιου δεν πάνε χαμένα καθώς αποθηκεύονται στο δοχείο αδρανείας* και περνάνε στο χώρο μας την ώρα που εμείς θα ενεργοποιήσουμε τον θερμοστάτη χώρου. Η ετήσια εξοικονόμηση καυσίμου υπολογίζετε στο 10%-15%.



Σχήμα 6.10: Είδη δοχείων αδρανείας

#### **Πλεονεκτήματα χρήσης δοχείου αδρανείας**

- ❖ Πιο ομαλή και οικονομική λειτουργία του λέβητα, ειδικά για στερεά καύσιμα
- ❖ Λειτουργία με σταθερή θερμοκρασία στο λέβητα και στο δίκτυο θέρμανσης
- ❖ Αύξηση ισχύος του συστήματος
- ❖ Ασφάλεια έναντι υπερθέρμανσης λέβητα στερεών καυσίμων
- ❖ Δυνατότητα σύνδεσης αυτονομιών σε λέβητα στερεών καυσίμων
- ❖ Διασύνδεση και αρμονική συνεργασία όλων των πηγών θερμότητας

\* **Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX):** Το ZNX είναι συνήθως η κατανάλωση που απαιτεί την μεγαλύτερη θερμοκρασία (50-60°C) γι αυτό το δοχείο ZNX τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του θερμοδοχείου και η έξοδος του νερού προς την κατανάλωση γίνεται από την κορυφή του δοχείου. Αντίθετα το νερό του δικτύου έχει την χαμηλότερη θερμοκρασία στο σύστημα (10-18 °C) και γι αυτό η είσοδος του θα πρέπει να γίνεται χαμηλά μέσα στο δοχείο. Μια κατασκευή δοχείου ZNX που χρησιμοποιείται συχνά είναι αυτή στην οποία το κάτω μέρος του δοχείου ZNX μικραίνει σε διατομή στον πάτο του και εκτείνεται χαμηλά μέσα στο εξωτερικό δοχείο. Η ειδική αυτή κατασκευή εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Πρώτον η είσοδος του κρύου νερού γίνεται σε πολύ χαμηλότερο σημείο και δεύτερον εξαιτίας του πολύ μικρού της όγκου δεν ευνοεί την ανάπτυξη λεγιονέλλας. Ο όγκος του δοχείου ZNX υπολογίζεται στο 60-90% της προβλεπόμενης ημερήσιας κατανάλωσης σε νερό και συνήθως κυμαίνεται στα 100-200 lit.

#### **6.11 Ενδοδαπέδια θέρμανση**



Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι ένα σύστημα θέρμανσης είτε δροσισμού το οποίο προέρχεται από το εσωτερικό του δαπέδου.

Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι μια αξιόπιστη και αποτελεσματική μορφή θέρμανσης που συνδιάζει συνθήκες θερμικής άνεσης και οικονομικής λειτουργίας. Ζεστό νερό θερμοκρασίας 35-45°C κυκλοφορεί μέσα σε κύκλωμα σωληνώσεων που είναι ενσωματωμένο στο δάπεδο του χώρου μετατρέποντας το ίδιο το δάπεδο σε θερμαντικό σώμα. Η μετάδοση της θερμότητας πραγματοποιείται με ακτινοβολία από το δάπεδο προς το θερμαινόμενο χώρο. Επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο η επιθυμητή διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας.



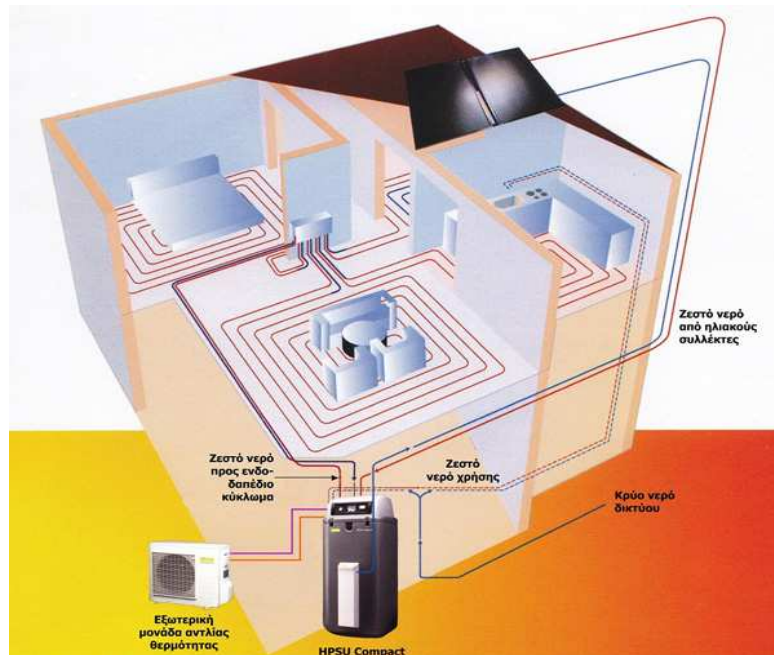
Σχήμα 6.11: ενδοδαπέδια θέρμανση

### Πλεονεκτήματα ενδοδαπέδιας Θέρμανσης

- ❖ εξοικονόμηση ενέργειας 10%
- ❖ Υψηλή αισθητική και πλήρης εκμετάλλευση χώρου
- ❖ Καθαρή θέρμανση λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (δεν προκαλείται κάπνιστος σκόνης)
- ❖ σωλήνας από VPE-a Με φράγμα οξυγόνου και θερμική μνήμη
- ❖ Παρέχει τη δυνατότητα ενδοδαπέδιου δροσισμού εάν τροφοδοτηθεί με κρύο νερό.
- ❖ Εξοικονομεί χώρο στο διαμέρισμα.
- ❖ Μπορεί να λειτουργήσει και με **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**.
- ❖ Κατανέμει ομοιόμορφα τη θερμότητα παντού.
- ❖ Θερμαίνει με ευχάριστο και βιολογικώς ορθό τρόπο, καθώς ζεσταίνει περισσότερο τα άκρα, αφήνοντας πιο δροσερό το κεφάλι.
- ❖ Δεν αναδύονται οσμές.
- ❖ Δεν υπάρχει περίπτωση τραυματισμών, αφού δεν προεξέχουν σώματα καλοριφέρ.
- ❖ Παρέχει δυνατότητα αυτονομίας ακόμα και σε κάθε δωμάτιο.
- ❖ Λόγω των ειδικών συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας, προστατεύονται έπιπλα, αντίκες, μουσικά όργανα, πίνακες ζωγραφικής κλπ.
- ❖ Είναι εύκολη στη ρύθμιση και στο χειρισμό.

- ❖ Ηχομονώνει τα δάπεδα.

Το σύστημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης το καλοκαίρι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σύστημα **ενδοδαπέδιου δροσισμού**, αντιστρέφοντας τον κύκλο λειτουργίας της **αντλίας θερμότητας** ή χρησιμοποιώντας ένα ψυκτικό μηχάνημα και δια μέσου του ενδοδαπέδιου συστήματος, διανέμουμε νερό χαμηλής θερμοκρασίας επιτυγχάνοντας συνθήκες δροσισμού στο κτήριο.



Σχήμα 6.12: Ενδοδαπέδια θέρμανση με χρήση αντλίας θερμότητας και ηλιακών συλλεκτών.

### Μειονεκτήματα

Όπως όλα τα συστήματα θέρμανσης, συμβατικά ή εναλλακτικά, και η ενδοδαπέδια θέρμανση έχει τα αδύνατα σημεία της, με **κυριότερο** ίσως μειονέκτημα το γεγονός ότι είναι ένα σύστημα μεγάλης **αδράνειας**. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι απαιτείται κάποιος χρόνος προκειμένου να αντιληφθεί τις διάφορες εντολές που του δίνουμε (on-off, μεταβολές θερμοκρασίας). Έτσι, από τη στιγμή που θέτουμε σε λειτουργία το σύστημα, είναι απαραίτητο να περάσει κάποια ώρα μέχρι να θερμανθεί ο χώρος μας.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζονται τεχνολογίες για την ενεργειακή αυτονομία μιας κατοικίας. Η τεχνολογία σήμερα αξιοποιεί ένα μηδαμινό ποσοστό της καταφθάνουσας στην επιφάνεια του πλανήτη μας ηλιακής ενέργειας με τα Φ/Β συστήματα. Αυτά είναι οικολογικά συστήματα, λειτουργούν δηλαδή με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που σημαίνει ότι η πηγή ενέργειας τους είναι ανανεώσιμη ανεξάντλητη και δωρεάν! Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ελάχιστα έξοδα συντήρησης, μηδενική ρύπανση, αθόρυβη λειτουργία και μεγάλη διάρκεια ζωής. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από τα συστήματα αυτά και άρα όχι από συμβατικά ρυπογόνα καύσιμα συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει επιπτώσεις στην υγεία μας και το περιβάλλον.

Η οικονομική κρίση στη χώρα μας σε συνδυασμό με την άυξηση τιμών των ορυκτών καυσίμων φέρνουν άμεσα την άυξηση των τιμών του ηλεκτρικού ρεύματος. Το κόστος για την εγκατάσταση των Φ/Β πλαισίων μπορεί να είναι από 15.000€ έως 35.000€ κατά προσέγγιση αλλά έχουν επιστροφή κεφαλαίου μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας που προκύπτει από την αυτονομία από το δίκτυο καθώς μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες π.χ. αντλία θερμότητας έχουμε εξοικονόμηση και στην θέρμανση αφού αποφεύγουμε την αγορά πετρελαίου.

Οι αντλίες θερμότητας παρέχουν θέρμανση με τον οικονομικότερο και καθαρότερο για το περιβάλλον τρόπο, από κάθε άλλο μέσο θέρμανσης. Η αντλία θερμότητας αέρα νερού χρησιμοποιεί τον αέρα ανήκει λοιπόν και αυτή στις τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μιας και μπορεί να εκμεταλλευτεί την θερμότητα του αέρα ακόμα και σε θερμοκρασίες κάτω από 0°C. Η μονάδα λαμβάνει το 75% της ενέργειας απευθείας από το περιβάλλον, χρησιμοποιώντας το υπόλοιπο 25% από την ηλεκτρική τροφοδοσία. Εάν συγκεντρώσουμε την θερμότητα αυτή μπορούμε να θερμάνουμε ή να ψύξουμε την οικία. Η πραγματική εξοικονόμηση χρημάτων για θέρμανση σε σχέση με το πετρέλαιο είναι της τάξης του 65-80%. Με αυτά τα δεδομένα, η απόσβεση του κόστους εγκατάστασης είναι της τάξης των 3 ετών.

Μια άλλη εναλλακτική λύση για θέρμανση είναι και τα ενεργειακά τζάκια και ειδικά τα τζάκια καλοριφέρ που μπορούν να τροφοδοτούν τα θερμομαντικά σώματα όλου του σπιτιού και να παράγουν ζεστό νερό χρήσης. Μπορούν να συνδεθούν στο προϋπάρχον δίκτυο θέρμανσης. Τα τζάκια λοιπόν τροφοδοτούνται με pellets. Τα pellets είναι μια μορφή βιομάζας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη. Η βιομάζα είναι διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε προϊόντα, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση τεχνολογίας (ενεργειακά τζάκια).

Τέλος μπορούμε να επιλέξουμε ηλιακό θερμοσίφωνα για να εξοικονομήσουμε ακόμη περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια μειώνοντας τις ώρες λειτουργίας της αντλίας θερμότητας για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Το χρονικό διάστημα που χρειάζεται ο ηλιακός θερμοσίφοντας για να ζεστάνει το νερό είναι 2 με 3 ώρες ηλιοφάνειας.

Εν κατακλείδι οι παραπάνω τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για να μειώσουμε την λειτουργία της αντλίας. Στόχος μας λοιπόν είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας και η ενεργειακή αυτονομία της κατοικίας μέσω των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Δρ Βασίλης Σάλτας (2011), Σημειώσεις θεωρίας τεχνικής θερμοδυναμικής  
Φραγκιαδάκης, Ι.Ε. (2007), Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Εκδόσεις Ζητη

### Ιστοσελίδες

<http://www.sigmaaldrich.com>  
<http://www.wecusurveillance.com>  
<http://www.solarhaven.co.uk>  
<http://www.solarhaven.co.uk/solarpv.html>  
<http://www.solarhome.ru/en/basics/pv/techsys.htm>  
<http://www.adrsolarsolutions.com/how-solar-works>  
[http://www.hatzel.gr/eshop/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=2038](http://www.hatzel.gr/eshop/index.php?main_page=product_info&products_id=2038)  
<http://www.ecocasa.gr/index-readmore3.html>  
<http://www.iqsolarpower.com/inverter.htm>  
<http://www.solarworld.gr/gr/iliako-ilektriko-reyma/etsi-paragetai-reyma-apo-ton-ilio/>  
<http://www.teyxis.gr/category/>  
<http://www.anp.gr/category/>  
<http://www.solarfree.gr>  
<http://www.iqsolarpower.com/offgrid.htm>  
<http://www.4green.gr>  
<http://www.exelgroup.gr>  
<http://www.heliotechniki.com/test3/gr/menu/id/103>  
<http://www.pemptousia.gr/>  
<http://www.solarwind.gr>  
[www.selasenergy.gr](http://www.selasenergy.gr)  
<http://www.solar-systems.gr/>  
<http://www.eshops.gr/index.php?act=viewCat&catId=21>  
<http://sunproducts.gr/Content.php?PageId=97&Language=el>  
<http://www.thermansipress.gr>  
<http://sieline.gr>  
[www.sunera.g](http://www.sunera.g)  
[www.deltatechniki.gr](http://www.deltatechniki.gr)  
<http://www.econews.gr>  
<http://www.cres.gr>  
<http://www.helioakmi.com>  
<http://www.alphatech.com.gr>  
<http://www.daikin.gr>  
[www.inventoraircondition.g](http://www.inventoraircondition.g)  
<http://www.cres.gr>  
<http://www.anakainizo.com>  
[www.buildings.gr](http://www.buildings.gr)  
<http://www.cie.org.cy>  
[www.buildings.gr](http://www.buildings.gr)  
<http://www.cie.org.cy>  
[http://imarinakis.webs.com/solar\\_energy.htm](http://imarinakis.webs.com/solar_energy.htm)  
<http://www.schueco.com>

<http://due-line.gr>  
[www.alexandrostzakia.gr](http://www.alexandrostzakia.gr)  
<http://www.helioakmi.com>  
<http://www.idealtherm.gr>  
[www.technotec.gr](http://www.technotec.gr)  
[www.idealklima.gr](http://www.idealklima.gr)  
[www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)  
[www.interplast.gr](http://www.interplast.gr)  
[www.domisikat.gr](http://www.domisikat.gr)  
<http://www.polydomiki.gr/>  
<http://www.infloorsystem.gr>  
<http://www.i-pellets.gr/>  
[www.thermostahl.gr](http://www.thermostahl.gr)  
<http://www.biostarklapakis.gr>  
<http://www.hellenic-pellets.gr>  
<http://www.thermansipress.gr>  
<http://www.pyrol.gr>  
[www.energical.gr](http://www.energical.gr)  
<http://www.tzakia.biz>  
<http://www.green-e.gr>