

ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ: Σ.Τ.Ε.Γ

ΤΜΗΜΑ: Μ.Υ.Π

2011

# Άντληση νερού με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων για ύδρευση και άρδευση



ΦΟΙΤΗΤΕΣ:

Τσαλαβούτας Δημήτριος

Τριαντάφυλλος Ευστάθιος

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στον εισηγητή μας κ. Δημήτριο Βαρέλη για το θέμα που μας εμπιστεύτηκε, για το έντονο ενδιαφέρον του απο την αρχή μέχρι το τέλος, τη διαρκή επικοινωνιακή καθοδήγηση και για τις εύστοχες παρατηρήσεις του κατά την διάρκεια συγγραφής.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε αμφότεροι ο ένας τον άλλον για την πολύ καλή συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια της πτυχιακής αλλά και για την βοήθεια που έδινε ο ένας στον άλλον τα τέσσερα χρόνια παραμονής μας στο Τ.Ε.Ι μα πάνω απ' όλα για την δημιουργία μίας πολύ καλής και δυνατής φιλίας.

Τέλος θα ήταν μεγάλη παράληψη να μην ευχαριστήσουμε τους γονείς μας που όλα αυτά τα χρόνια ήταν δίπλα μας στο πλευρό μας και προσέφεραν τα πάντα ώστε να μην μας λείπει τίποτα και η αναφορά τους σε αυτό το σημείο είναι το ελάχιστο που μπορούμε να κάνουμε.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
i) Σκοπός πτυχιακής εργασίας .....	5
ii) Πηγές Ενέργειας.....	6
iii) Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ανανεώσιμων και συμβατικών πηγών ενέργειας .....	12
iv) Ηλιακή ενέργεια ως πηγή ενέργειας και η χρήση της στην Ελλάδα .....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:.....	17
ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΣΩ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	17
i) Μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.....	17
ii) Υλικά κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	19
iii) Κύρια μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.....	23
iv) Μέσα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	25
v) Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	28
vi) Παράγοντες σχεδιασμού φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	30
vii) Χρόνος λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου και παράγοντες που επιδρούν σε αυτό .35	
viii) Κόστος εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων .....	36
ix) Τρόποι συντήρησης φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	39
x) Μέτρα ασφάλειας φωτοβολταϊκών .....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:.....	42
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ.....	42
3.1 ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ .....	42
i) Κατασκευαστικά στοιχεία υδρογεώτρησης .....	45
ii) Διάτρηση γεώτρησης .....	48
iii) Σωλήνωση γεώτρησης .....	49
v) Φίλτρα σωλήνωσης υδρογεώτρησης .....	51
vi) Έλεγχος κατακορυφότητας και ευθυγραμμίσεως των γεωτρήσεων.....	53
3.2 ΑΝΤΛΙΕΣ.....	55
i) Γενικά στοιχεία .....	55

ii) Αντλητικό συγκρότημα .....	58
iii) Κατάταξη αντλιών .....	60
iv) Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας αντλιών .....	66
v) Υπολογισμός ισχύος και ολικού μανομετρικού αντλιών.....	68
3.3 ΜΕΣΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΛΗΣΗ .....	69
i) Επιλογή χώρου και υποδομή εγκατάστασης.....	69
ii) Τρόποι εγκατάστασης.....	71
3.4 ΤΥΠΟΙ ΦΙΛΤΡΩΝ .....	73
i) Φίλτρα ενεργού άνθρακα.....	73
ii) Φίλτρα με σύστημα αντίστροφης όσμωσης.....	74
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:</b> .....	<b>76</b>
ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	76
i) Μελέτη αντλητικού συγκροτήματος για ένα μικρό οικισμό με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	76
ii) Εύρεση ολικού μανομετρικού της αντλίας.....	77
iii) Ημερήσια ενέργεια που καταναλώνει η αντλία .....	78
iv) Υπολογισμός ισχύος της αντλίας .....	80
v) Χρόνος αυτοδυναμίας του συστήματος .....	82
vi) Επιλογή Φ/Β στοιχείων .....	82
vii) Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλασίων .....	83
viii) Επιφάνεια κάλυψης φωτοβολταϊκών πλασίων.....	84
ix) Επιλογή τύπου συσσωρευτή.....	84
x) Επιλογή του μετατροπέα -inverter .....	85
xi) Επιλογή ρυθμιστή φόρτισης .....	86
xii) Υπολογισμός όγκου δεξαμενής αποθήκευσης νερού .....	87
xiii) Κοστολόγηση της μελέτης.....	87
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:</b> .....	<b>89</b>
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ,ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	89
i) Ανακεφαλάωση .....	89
ii) Συμπεράσματα.....	89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	91

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:**

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο παρών κεφάλαιο θα περιγραφούν οι λόγοι για τους οποίους πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη εργασία που έχει ως αντικείμενο την τεχνική και οικονομική μελέτη ενός αντλητικού συστήματος για ύδρευση και άρδευση ενός οικισμού, χρησιμοποιώντας ως πηγή την ηλιακή ενέργεια που παράγεται μέσω φωτοβολταϊκού συστήματος σε ηλεκτρική. Παρακάτω περιγράφονται τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε σύγκριση με τις συμβατικές καθώς και την αξιοποίησή τους στον ελλαδικό χώρο.

### **i) Σκοπός πτυχιακής εργασίας**

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση μίας οικονομικής και ταυτόχρονα οικολογικής μελέτης για την άντληση νερού που θα χρησιμοποιηθεί για ύδρευση και άρδευση σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η κατασκευή και μεταφορά ηλεκτρικού δικτύου είναι ασύμφορη οικονομικά. Επίσης στην εργασία αναφέρονται και τα οφέλη από τον οικολογικό χαρακτήρα που έχει η εγκατάσταση ενός τέτοιου έργου ειδικά στην εποχή μας όπου οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να περιορίζονται στο ελάχιστο ως αναφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην παρούσα μελετη οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι μηδενικές.

Στη συνέχεια περιγράφονται κάποιες βασικές γνώσεις σχετικά με τους κανονισμούς και τις οδηγίες κατασκευής των εγκαταστάσεων του συστήματος άντλησης νερού με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τέλος γίνονται αναφορές στην ορθολογική διαχείριση του νερού και της ενέργειας, στην ποιότητα και αξιοπιστία των εγκαταστάσεων, στις εναλλακτικές τεχνικές λύσεις και την πρόληψη των ατυχημάτων.

## **ii) Πηγές Ενέργειας**

Η ενέργεια είναι μια θεμελιώδης ανάγκη για την ανάπτυξη κάθε κοινωνίας και πολιτισμού. Το ποσό ενέργειας που απαιτείται τόσο για την έναρξη όσο και για την διατήρηση της ανάπτυξης μιας κοινωνίας εξαρτάται από παράγοντες όπως το επίπεδο της ανάπτυξης, τους τοπικούς πόρους της, το οικονομικό αλλά και το κοινωνικό μοντέλο που έχει επιλέξει η κοινωνία. Το σύνολο των πηγών ενέργειας, που έχει ο άνθρωπος στη διάθεσή του, χωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες

### **A) Συμβατικές μορφές ενέργειας**

Σε αυτή που βασίζεται στα υπάρχοντα αποθέματα καύσιμης ύλης μέσα στο φλοιό της γης και τα οποία έχουν συγκεκριμένη διάρκεια ζωής. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο) ή αλλιώς συμβατικά καύσιμα και η καθ' όλα μη ήπια μορφή ενέργειας, η πυρηνική ενέργεια.

### **B) Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**

Η παράγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, αιολική, γεωθερμική και ενέργεια βιομάζας έχουν την μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον. Αυτές οι «φιλικές προς το περιβάλλον» πηγές ενέργειας δίνουν στον καταναλωτή ένα εναλλακτικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αυτόν με την χρήση άνθρακα, πυρηνικής ενέργειας, φυσικού αερίου, πετρελαίου και μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων.

#### **1. Ηλιακή ενέργεια**

Ο Ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας ημερησίως μέσω ηλιακής ακτινοβολίας και μπορεί να αξιοποιηθεί για να παραχθεί ηλεκτρισμός με δυο τρόπους:

- α) Με θερμικά ηλιακά συστήματα
- β) Με Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια παράγοντας θερμότητα, κυρίως για την θέρμανση του νερού και την μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπίνων.

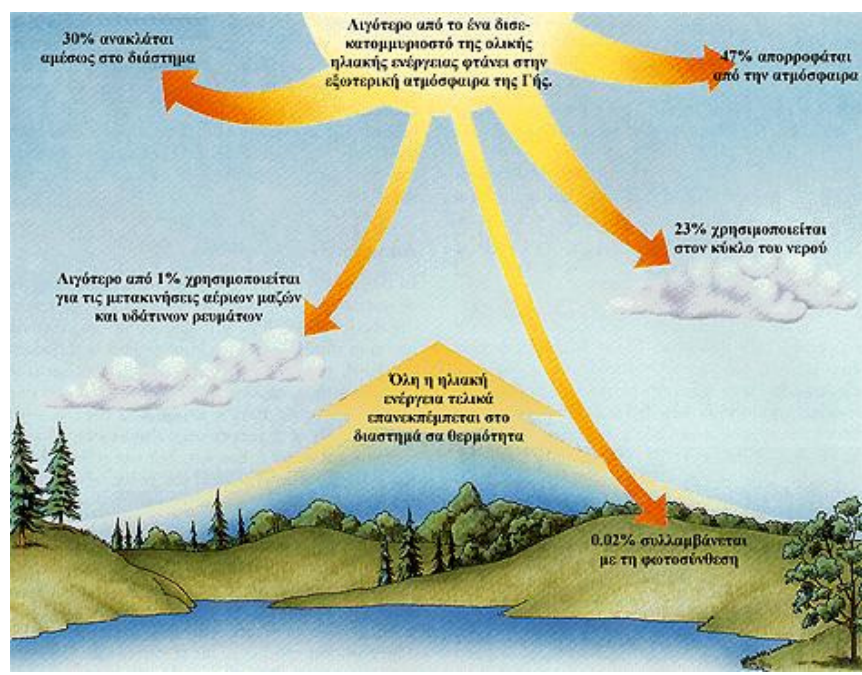
Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για:

- Παράγωγή ζεστού νερού χρήσης (ηλιακός θερμοσίφωνας)
- Παράγωγή ζεστού νερού για θέρμανση χώρων κατοικίας ή εργασίας, κολυμβητικών δεξαμενών, γεωργικών εγκαταστάσεων (θερμοκήπια, ξηραντήρια, κ.λπ.).
- Παράγωγή ζεστού νερού σε βιομηχανίες (εμφιαλωτήρια, βαφεία, κ.λπ.).

Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ηλίου σε ηλεκτρισμό με την χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών. Αύτη η τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των Η.Π.Α έχει μειώσει το κόστος παράγωγης ηλεκτρισμού με αυτόν τον τρόπο από \$300 σε \$4 το watt. Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυρίως σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή

Τα μειονεκτήματα της χρήσης των φωτοβολταϊκών είναι η μικρή εκπομπή ραδιενέργειας που παρατηρείται κατά την χρήση τους και η αντανάκλαση ηλιακής ενέργειας στο περιβάλλον που προκαλούν.

Οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί γνωρίζουν ότι μπορούν να αξιοποιήσουν την τοποθέτηση του σπιτιού στο οικόπεδο και με το κατάλληλο αρχιτεκτονικό σχέδιο να χρησιμοποιήσουν την ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση του σπιτιού κατά την χειμερινή περίοδο και να διατηρούν το σπίτι δροσερό κατά το καλοκαίρι. **(ΕΙΚ.1)**



**Εικόνα 1.** Εκπομπή ηλιακής ενέργειας

## 2.Αιολική ενέργεια

Αυτή η μορφή καθαρής ενέργειας που δεν μολύνει το περιβάλλον παράγεται με την χρήση τουρμπίνων ή ανεμογεννητριών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού (**εικ.2**).

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται για:

- Άντληση νερού.
- Παράγωγή ρεύματος για προσωπική κατανάλωση ή πώληση σε άλλους καταναλωτές.

Η χρήση της αιολικής ενέργειας με ανεμογεννήτριες έχει και ορισμένα μειονεκτήματα ειδικά σε περιοχές όπου είναι πέρασμα αποδημητικών πουλιών.

α) Παράγει ήχους που αποπροσανατολίζουν τα πουλιά παρεμποδίζοντας την μετανάστευση τους.

β) Τραυματίζει και σκοτώνει τα πουλιά.



**Εικόνα 2.** Εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες

## 3.Υδροηλεκτρική ενέργεια

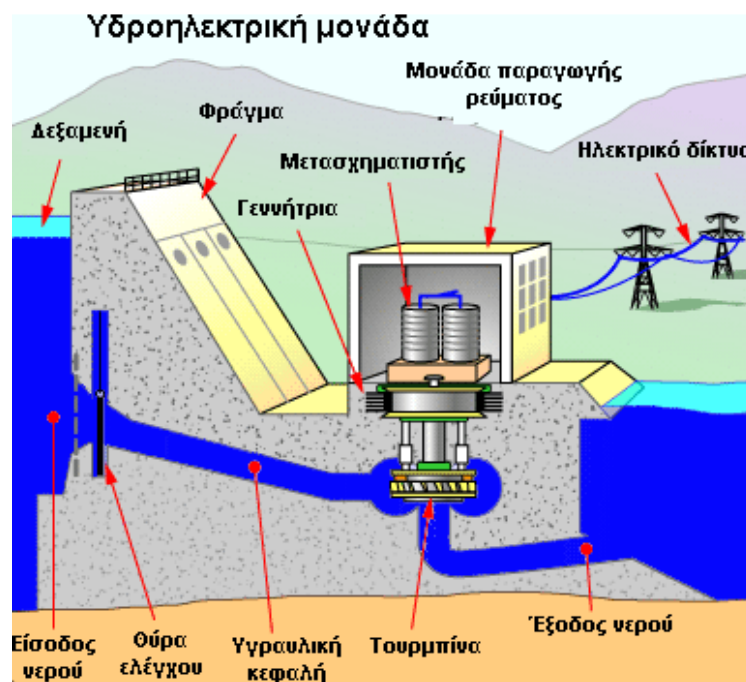
Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με την χρήση υδραυλικών τουρμπίνων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η υδροηλεκτρική ενέργεια ταξινομείται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας.



Η μικρής κλίμακας υδροηλεκτρική ενέργεια διαφέρει σημαντικά από την μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν την δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με συμπαντικές επιπτώσεις στο άμεσο περιβάλλον. Τα μικρής κλίμακας συστήματα τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια και έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον (εικ.3).

Η υδραυλική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε:

- Νερόμυλους, υδροτριβεία.
- Πριονιστήρια, κλωστοϋφαντουργία, κ.λπ.
- Παράγωγή ρεύματος για κάλυψη προσωπικών αναγκών η για πώληση σε άλλους καταναλωτές.



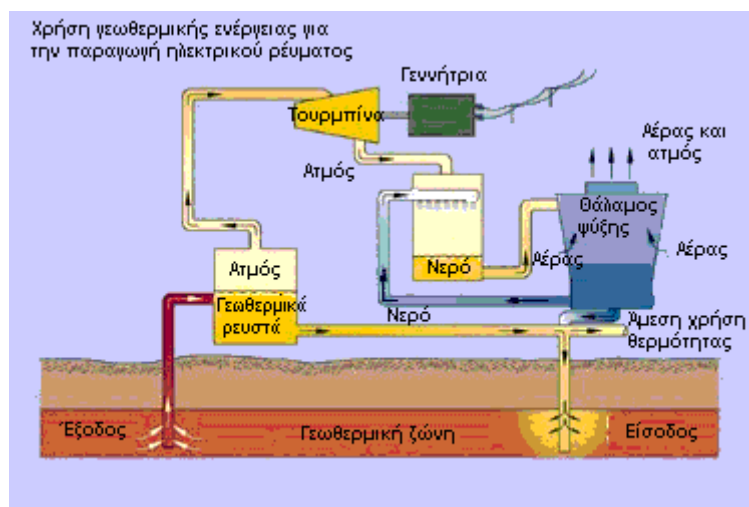
Εικόνα 3. Σχηματική παράσταση υδροηλεκτρικής μονάδας

#### 4.Γεωθερμική ενέργεια

Η ενέργεια που παράγεται από την αξιοποίηση του θερμού νερού, ή και ατμών ή απλώς θερμού αέρα που αναβλύζουν (πηγές) ή αντλούνται από το εσωτερικό της γης (γεωτρήσεις) (εικ.4).

Η υψηλή θερμοκρασία που επικρατεί σε μεγάλα βαθύ κάτω από την επιφάνεια του εδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- Θέρμανση θερμοκηπίων και κτηνοτροφικών μονάδων.
- Θέρμανση, ψύξη και παράγωγη ζεστού νερού χρήσης (Γεωθερμική αντλία θερμότητας).
- Τηλεθέρμανση.
- Ιχθυοκαλλιέργειες.
- Ξήρανση αγροτικών προϊόντων.
- Αφαλάτωση νερού (Θαλασσινού ή γεωθερμικού).



**Εικόνα 4.** Χρήση γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος

## 5.Βιομάζα

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μονάδες παράγωγης ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με βιομάζα καίνε ξύλο και αγροτικά ή κτηνοτροφικά απόβλητα για να παράγουν ενέργεια. Η βιομάζα, η οποία είναι καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μπορεί να αξιοποιηθεί για την παράγωγή ηλεκτρισμού.

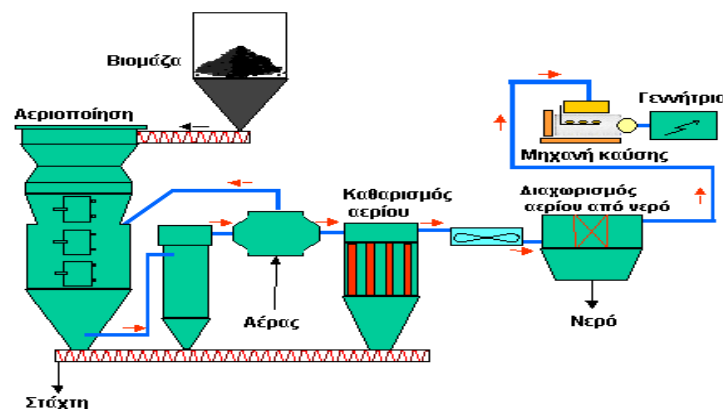
Η βιομάζα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παράγωγη καύσιμων. Υπάρχει ευρύ φάσμα βιομάζας στις ευρωπαϊκές χώρες ικανής να παράγει βιοκαύσιμα από γεωργικά και δασικά προϊόντα, από απόβλητα και κατάλοιπα της δασοκομίας, της δασοκομικής βιομηχανίας και της γεωργικής βιομηχανίας τροφίμων. Ως αποτέλεσμα των τεχνολογικών εξελίξεων τα περισσότερα οχήματα που

κυκλοφορούν σήμερα στην Ε.Ε είναι ικανά να χρησιμοποιούν χωρίς πρόβλημα μίγματα χαμηλής περιεκτικότητας βιοκαυσίμων. Οι τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν την χρησιμοποίηση μεγαλύτερων ποσοστών βιοκαυσίμων στο μίγμα. Υπάρχουν χώρες που είδη χρησιμοποιούν μίγματα βιοκαυσίμου περιεκτικότητας 10% και άνω. Οι στόλοι επιχειρηματικών οχημάτων προσφέρουν την δυνατότητα χρήσης βιοκαυσίμων σε υψηλότερη συγκέντρωση ευρωπαϊκά κράτη –μελή θα μπορούσαν συνεπώς να προωθήσουν περαιτέρω την χρήση βιοκαυσίμων στα δημόσια μέσα μεταφοράς.

Στην πράσινη βίβλο της ευρωπαϊκής επιτροπής «προς μια ευρωπαϊκή στρατηγική για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού» τίθεται ο στόχος της υποκατάστασης κατά 20% των συμβατικών καυσίμων με εναλλακτικά καύσιμα στον τομέα των οδικών μεταφορών μέχρι το 2020. Τα εναλλακτικά αυτά καύσιμα για να είναι σε θέση να διεισδύσουν στην αγορά θα πρέπει να είναι ευρέως διαθέσιμα και ανταγωνιστικά κάτι που τώρα δεν ισχύει

Επίσης η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για: **(ΕΙΚ.5).**

- Θέρμανση θερμοκηπίων
- Ξήρανση γεωργικών και δασικών προϊόντων.
- Κάλυψη θερμικών αναγκών γεωργικών και κτηνοτροφικών μονάδων ή άλλων βιομηχανιών.
- Τηλεθέρμανση και τηλεψύξη χωριών και πόλεων που βρίσκονται κοντά σε τόπους παράγωγης βιομάζας.



**Εικόνα 5.** Χρησιμοποίηση βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

**Οι δυσκολίες και τα προβλήματα από την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σήμερα είναι ότι:**

- η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την σημερινή τεχνολογία είναι οικονομικά ασύμφορη.
- Υπάρχουν ακόμα και άλλα προβλήματα που αντιτίθενται ή επιβραδύνουν την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και έχουν να κάνουν με το γεγονός ότι η παγκόσμια οικονομία είναι προσαρμοσμένη στα ορυκτά καύσιμα (οι οικονομίες πολλών χωρών και πολυεθνικών εταιριών εξαρτούνται από αυτά), στο ότι υπάρχουν ακόμα διαθέσιμα αποθέματα ορυκτών καυσίμων και στο ότι η υποδομή που υπάρχει σήμερα είναι ακόμη σχεδιασμένη με δεδομένο τα ορυκτά καύσιμα.

### **iii) Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ανανεώσιμων και συμβατικών πηγών ενέργειας**

Οι ΑΠΕ έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά από τη φύση τους, τα οποία τις καθιστούν ελκυστικές για μια διευρυμένη συμμετοχή στο ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας. Τα κυριότερα είναι τα εξής:

1. Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους (κυρίως ορυκτά καύσιμα).
2. Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο.
3. Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, παρέχοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
4. Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των

χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών , αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).

5. Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
6. Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών και σε μικρή κλίμακα εφαρμογών ή σε μεγάλη κλίμακα αντίστοιχα, έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.
7. Οι επενδύσεις των ΑΠΕ χαρακτηρίζονται ως «εντάσεως εργασίας» συμβάλλουν δηλαδή στη δημιουργία πολλών θέσεων εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο (βλέπε πίνακα 1)
8. Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη., με την προώθηση επενδύσεων που 1στηρίζονται στη συμβολή των ΑΠΕ (π.χ. αιολικά πάρκα, εργοστάσια ενεργειακής αξιοποίησης, γεωργικής βιομάζας, θερμοκηπιακές καλλιέργειες με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας) κλπ.
9. Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.

Πέρα όμως από τα παραπάνω πλεονεκτήματα των ΑΠΕ, μπορούμε να αναφερθούμε και στα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, μιας και το περιβάλλον απειλείται μεσοβαρές ζημιές. Η ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ σε συνδυασμό με εξοικονόμηση ενέργειας, και την αντίστοιχη υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων που επιφέρουν, συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων καθώς και στη μείωση του αναγκαίου κόστους για την αντιμετώπισή τους σε μια μόνιμη μακροχρόνια βάση (**πίνακας 1**).

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Οφέλη από την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περίοδο 1999-2010

Τεχνολογία	1999-2010		
	Πρόσθετη Δυναμικότητα	Μείωση Εκπομπών CO <sub>2</sub> Εκατομμύρια Τόνοι Ετησίως το 2010	Νέες Θέσεις Εργασίας
1. Αιολικά	1.500-2.000 MW	4,2 - 5,6	4.500 - 6.000
2. Υδροηλεκτρικά	750 - 850 MW	1,6- 1,8	700 - 800
3. Φωτοβολταϊκά	150-200MW	0,2-0,25	2.000 - 2.500
4. Ηλιακοί Συλλέκτες	7.000.000 - 9.000.000 m <sup>2</sup>	3,8 - 4,9	8.000 - 10.000
5. Βιομάζα	1.400-1.800 ktoe	4,0 - 5,2	9.000- 11.500
6. Γεωθερμία	160-200ktoe	0,4 - 0,5	800-1.000
Σύνολο		14,2 -18,25	25.000- 31.800

Απ' την άλλη πλευρά, οι ΑΠΕ παρουσιάζουν και ορισμένα χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση και ταχεία ανάπτυξή τους, όπως:

1. Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευθεί.
2. Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλη ισχύ απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
3. Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας, απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
4. Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.
5. Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος είναι υψηλό.

Από τα παραπάνω το συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί είναι ότι τα θετικά που προκύπτουν από την εκμετάλλευση των ΑΠΕ είναι περισσότερα απ' τα αρνητικά, καθιστώντας την χρησιμοποίησή τους επιτακτική και αναγκαία, με στόχο την «καθαρή» και «φθηνή» ενεργειακή κάλυψη των αναγκών μιας χώρας.

## **in Ηλιακή ενέργεια ως πηγή ενέργειας και η χρήση της στην Ελλάδα**

### **α) Η ηλιακή ενέργεια ως πηγή ενέργειας**

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικού φορτίου είναι: μηδενική ρύπανση, αθόρυβη λειτουργία, αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής, απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές, δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες, ελάχιστη συντήρηση. Η ηλιακή ενέργεια είναι μια καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία. Το όφελος για το περιβάλλον είναι σημαντικό, ιδίως αν αναλογιστεί κανείς ότι κάθε κιλοβατώρα ηλεκτρισμού που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ παράγεται από ορυκτά καύσιμα και επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Το μοναδικό τους μειονέκτημα είναι ότι απαιτούν την διάθεση μεγάλων επιφανειών για την εγκατάστασή τους και κυρίως το υψηλό κόστος κτήσεώς τους (εικ.6).

### **β) Χρήση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα**

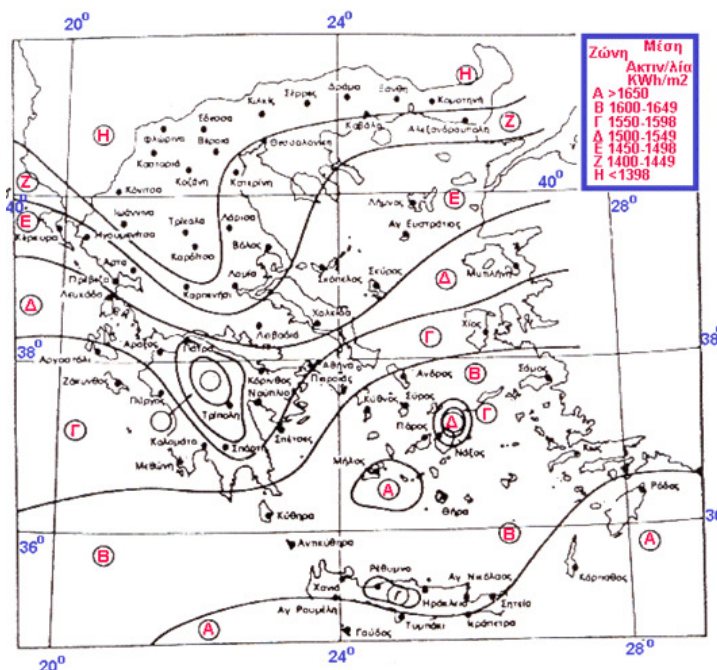
Τα υπάρχοντα παραδείγματα παθητικών ηλιακών συστημάτων στην Ελλάδα είναι κυρίως κατοικίες και εκπαιδευτικά κτίρια αλλά και λίγα κτίσματα που καλύπτουν αρκετές τυπολογίες χρήσης και περιλαμβάνουν πολλά είδη παθητικών συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού, τα περισσότερα, χρησιμοποιώντας απλά υλικά και όχι δομικά συστήματα υψηλής τεχνολογίας.

Το δυναμικό της χώρας μας για την εφαρμογή παθητικών συστημάτων και τεχνικών βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι μεγάλο, λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας, καθώς και του ήπιου κλίματος, που συντελεί στην επίτευξη θερμικής άνεσης με απλές και οικονομικές μεθόδους. Η οικονομική βιωσιμότητα των παθητικών ηλιακών συστημάτων οφείλεται επιπλέον στο ότι στη χώρα μας υπάρχει μεγάλη κατανάλωση σε καύσιμα τόσο για θέρμανση, όσο και για ηλεκτρισμό με αντίστοιχη αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα έχουν αρχίσει πια να εισχωρούν στο σχεδιασμό και κατασκευή κτιρίων, ειδικότερα στην Κρήτη. Αυτό οφείλεται κυρίως στην εμφάνιση υψηλού ηλιακού δυναμικού στην περιοχή. Πρέπει εδώ να τονιστεί ότι η παραδοσιακή Κρητική Αρχιτεκτονική συμπεριλάμβανε τέτοια συστήματα, χωρίς βέβαια οι τότε κατασκευαστές και χρήστες να το γνωρίζουν. Πολλά απ' αυτά δεν αποτελούν, «ξένες» τεχνολογίες για το νησί. Η πιο συχνή εφαρμογή τους είναι μικρές βιοκλιματικές παρεμβάσεις σε νεοαναγειρόμενες οικοδομές. Ωστόσο, υπάρχουν και εξ' ολοκλήρου βιοκλιματικά κτίρια (εικ.7).



Εικόνα 6. Απεικόνιση μελλοντικού φωτοβολταϊκού πάρκου στην Μεγαλόπολη



Εικόνα 7. Κατανομή της μέσης συνολικής ετήσιας έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:**

# **ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΣΩ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρονται τα υλικά και ο τρόπος λειτουργίας των φωτοβολταϊκών στοιχείων, οι κατηγορίες των υλικών κατασκευής, η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική καθώς και τα κύρια επιμέρους μηχανικά και ηλεκτρικά στοιχεία που την απαρτίζουν και ο τρόπος σύνδεσής τους.

Επίσης γίνεται αναφορά στο χρόνο λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου και των παραγόντων που επιδρούν σε αυτό, στους συντελεστές απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων, στους παράγοντες σχεδιασμού του φωτοβολταϊκού πάρκου (τρόπος τοποθέτησης), την χωροθέτηση τους ως προς τον ήλιο κ.λπ. Επίσης αναφέρουμε τους τρόπους τοποθέτησης – συναρμολόγησης – προσανατολισμού των φωτοβολταϊκών πάνελ στο πάρκο και επιφάνεια κάλυψής τους, με τα μέτρα ασφάλειας της κατασκευής δηλαδή τις κλιματολογικές συνθήκες, το κύκλωμα της κατασκευής, με την απόσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού από κατοικημένη περιοχή κ.λπ.

Τέλος γίνεται αναφορά στους τρόπους συντήρησης δηλαδή τον χρόνο ζωής των φωτοβολταϊκών στοιχείων και την σχέση απόδοσης - κόστους σε σχέση με τον χρόνο.

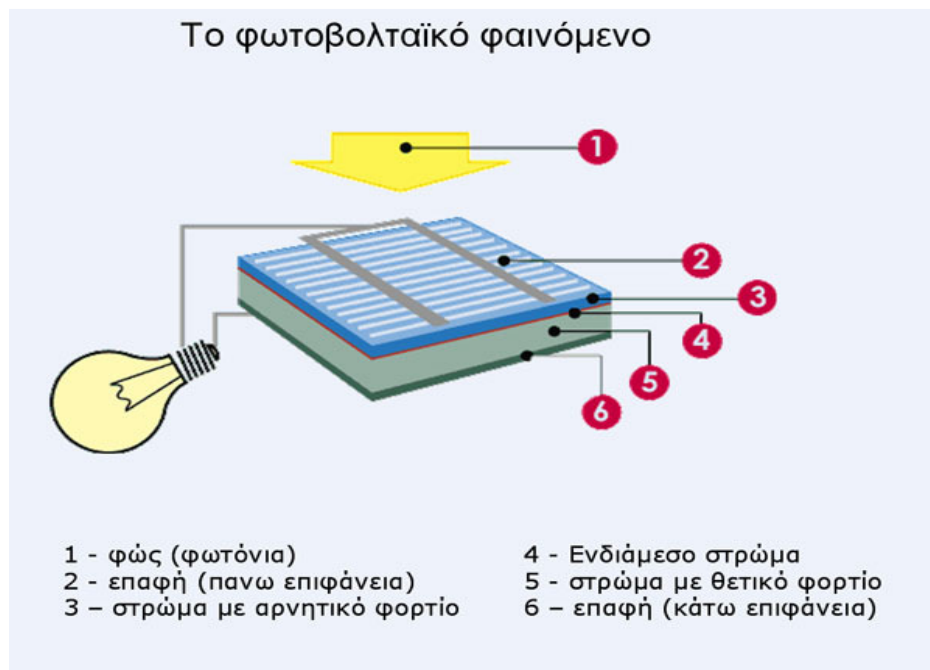
### **i) Μετατροπή ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική**

Τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα (Φ/Β) είναι συστήματα τα οποία εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια μετατρέποντας την σε ηλεκτρική. Η λειτουργία των Φ/Β Συστημάτων βασίζεται στο Φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή την άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία (φως). Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με τη χρήση υλικών (ημιαγωγίμων) τα οποία διαθέτουν την ιδιότητα να απορροφούν φωτόνια του ηλιακού φωτός απελευθερώνοντας ηλεκτρόνια

(φωτοηλεκτρικό φαινόμενο). Η ροή των ελεύθερων αυτών ηλεκτρονίων συνεπάγεται τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος – ηλεκτρικής τάσης. Τα Φ/Β πλαίσια χωρίζονται ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους σε 3 βασικές ομάδες: Πολυκρυσταλικά, με μέση απόδοση 13-15%, Μονοκρυσταλικά, με μέση απόδοση 18-23% και σε Άμορφα με απόδοση 4-11% αντίστοιχα.

### Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το ηλιακό φως είναι ουσιαστικά μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια. Τα φωτόνια περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Το γαλάζιο χρώμα ή το υπεριώδες π.χ. έχουν περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο ή το υπέρυθρο. Όταν λοιπόν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα Φωτοβολταϊκό στοιχείο (που είναι ουσιαστικά ένας “ημιαγωγός”), άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από το Φωτοβολταϊκό. Αυτά τα τελευταία φωτόνια είναι που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτόνια αυτά αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση και ως γνωστόν ο ηλεκτρισμός δεν είναι τίποτε άλλο παρά κίνηση ηλεκτρονίων. Σ’ αυτή την απλή αρχή της φυσικής λοιπόν βασίζεται μια από τις πιο εξελιγμένες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού στις μέρες μας. **(εικ.8).**

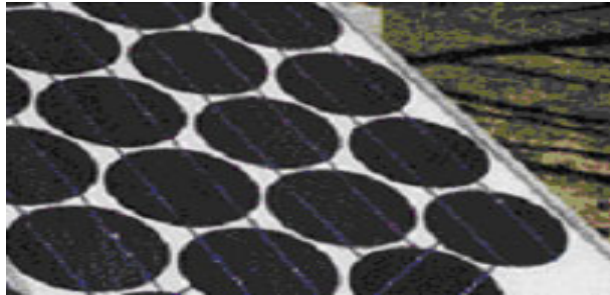


**Εικόνα 8.** Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

## ii) Υλικά κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα υλικά κατασκευής των φωτοβολταϊκών πάνελ χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

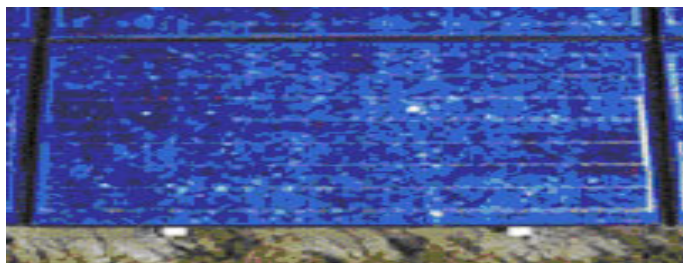
### 1)Μονοκρυσταλικά (m-Si)



**Εικόνα 9.** Μονοκρυσταλικά υλικά

Οι μονοκρυσταλλικές κυψέλες κατασκευάζονται τεμαχίζοντας έναν ενιαίο κρύσταλλο, (πάχος κυψέλης 1/3 έως 1/2 του χιλιοστού), από ένα μεγάλο πλίνθωμα ενιαίου κρυστάλλου που έχει επεξεργαστεί σε θερμοκρασίες περίπου 1400 °C, κάτι που είναι μια πολύ ακριβή διαδικασία. Το πυρίτιο πρέπει να είναι πολύ υψηλής καθαρότητας και να έχει τέλεια δομή κρυστάλλου. Αυτού του είδους τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν και την μεγαλύτερη απόδοση, δηλαδή μετατρέπουν μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Η απόδοσή τους κυμαίνεται γύρω στο 18%-23%, δηλαδή αν η ηλιακή ακτινοβολία είναι 700 Wh/μ<sup>2</sup> την ημέρα τότε αυτά θα παράγουν για την συγκεκριμένη μέρα 120 Wh/μ<sup>2</sup> με 160 Wh/μ<sup>2</sup> (εικ.9).

### 2)Πολυκρυσταλικά (p-Si)

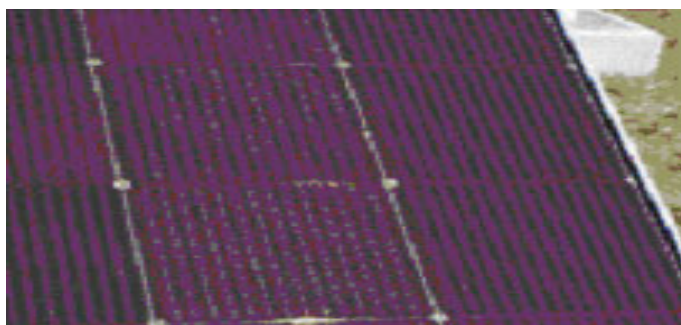


**Εικόνα 10.** Πολυκρυσταλικά υλικά

Οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες γίνονται με μια διαδικασία χύτευσης στην οποία το

λειτουργικό βιομηχανικό πυρίτιο χύνεται σε μια φόρμα όπου και μορφοποιείται. Κατόπιν τεμαχίζεται στις γκοφρέτες. Δεδομένου ότι οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες γίνονται από χύτευση είναι σημαντικά φτηνότερη η παραγωγή τους, αλλά όχι τόσο αποδοτικές όσο και οι μονοκρυσταλλικές. Αυτή η χαμηλότερη αποδοτικότητα, που κυμαίνεται μεταξύ 13% και 15%, οφείλεται στις ατέλειες στη δομή του κρυστάλλου ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χύτευσης (εικ.10).

### 3) Αμορφου πυριτίου (a-Si)

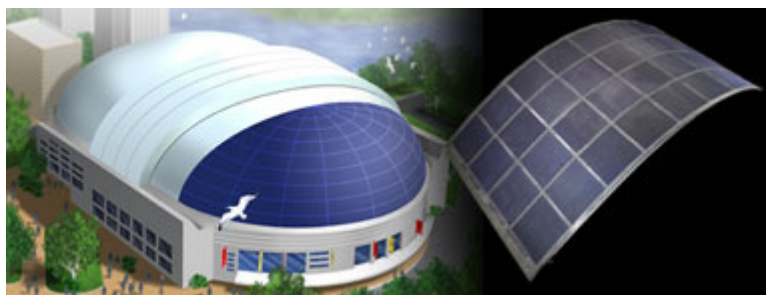


**Εικόνα 11.** Υλικά άμορφου πυριτίου

Το άμορφο πυρίτιο, μια από τις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης (thin film technology), γίνεται με την εναπόθεση του πυριτίου επάνω σε ένα υπόστρωμα γυαλιού από ένα αντιδραστικό αέριο όπως το σιλάνιο ( $\text{SiH}_4$ ). Δεν έχει κρυσταλλική δομή, και το πάχος του (2-3  $\mu\text{m}$ ) είναι ιδιαίτερα μικρότερο από το κρυσταλλικής μορφής πυρίτιο (200-500  $\mu\text{m}$ ). Από κατασκευαστική άποψη είναι το απλούστερο και επομένως το πιο φθηνό, αλλά η απόδοσή του είναι συγκριτικά μικρότερη. Παρόλα αυτά, είναι ικανοποιητική ακόμη και σε συνθήκες έλλειψης ηλιοφάνειας. Τα ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου έχουν μια κοκκινωπή-καφέ απόχρωση, σχεδόν μαύρη, και επιφάνεια αποτελούμενη από στενές, μεγάλου μήκους λωρίδες. Η αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών άμορφου πυριτίου κυμαίνεται μεταξύ 4% και 11%, ανάλογα με την τεχνολογία και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν (εικ.11).

Εκτός από τους παραπάνω τρεις τύπους φωτοβολταϊκών κυψελών από πυρίτιο που διατίθενται στην παγκόσμια αγορά, γίνονται έρευνες και προσπάθειες για τη χρησιμοποίηση και άλλων στοιχείων (είτε μόνα τους ή σε συνδυασμό) όπως αρσενικούχο γάλλιο ( $\text{GaAs}$ ), θειούχο κάδμιο ( $\text{CdS}$ ), φωσφορούχο ίνδιο ( $\text{InP}$ ).

Επίσης μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα Φωτοβολταϊκά στοιχεία πολύ λεπτής μεμβράνης από χαλκό-ίνδιο-γάλλιο- diselenide, που έχουν μεγαλύτερη απόδοση (8-13%) από αυτή του άμορφου πυριτίου. Τέλος, μια τελείως νέα τεχνολογία αποτελεί το πρωτοποριακό προϊόν spheral solar. Αντίθετα με τα συμβατικά Φωτοβολταϊκά κύτταρα, το νέο υλικό δεν επικάθεται σε άκαμπτη βάση πυριτίου, αλλά είναι φτιαγμένο από χιλιάδες πάμφθυνα σφαιρίδια πυριτίου (κατασκευάζονται από υπολείμματα πυριτίου που προκύπτουν από τη βιομηχανία των chips των ηλεκτρονικών υπολογιστών), εγκλωβισμένα ανάμεσα σε δύο φύλλα αλουμινίου (εικ.12).




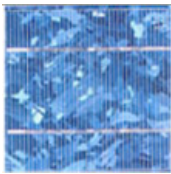
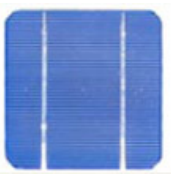
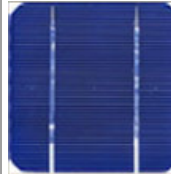
**Εικόνα 12.** Παραδείγματα απο διάφορα υλικά κατασκευής των φωτοβολταϊκών πάνελ

Κάθε σφαιρίδιο λειτουργεί ως ανεξάρτητο μικροσκοπικό Φωτοβολταϊκό κύτταρο, απορροφώντας την ηλιακή ακτινοβολία και μετατρέποντάς την σε ηλεκτρισμό. Τα φύλλα αλουμινίου προσδίδουν στο υλικό τη φυσική αντοχή που χρειάζεται, του επιτρέπουν να είναι εύκαμπτο αλλά και ελαφρύ, ενώ ταυτόχρονα παίζουν το ρόλο ηλεκτρικής επαφής. Η γεμάτη φουσαλίδες επιφάνεια που δημιουργούν τα σφαιρίδια επιτρέπει πολύ μεγαλύτερη απορρόφηση ηλιακού φωτός, χαρίζοντας στο υλικό αποδοτικότητα της τάξης του 11%. Οι εφευρέτες του υποστηρίζουν ότι μπορεί να καλύψει οποιοδήποτε σχήματος επιφάνειες, αυξάνοντας κατά πολύ τους χώρους όπου μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια και δίνοντας στους αρχιτέκτονες τη δυνατότητα να σχεδιάσουν κτίρια με καμπύλες που θα μπορούν να είναι εξοπλισμένα με Φωτοβολταϊκά χωρίς μάλιστα να απαιτούνται ενισχυμένες κατασκευές για την στήριξή τους όπως αυτό της παραπάνω φωτογραφίας.

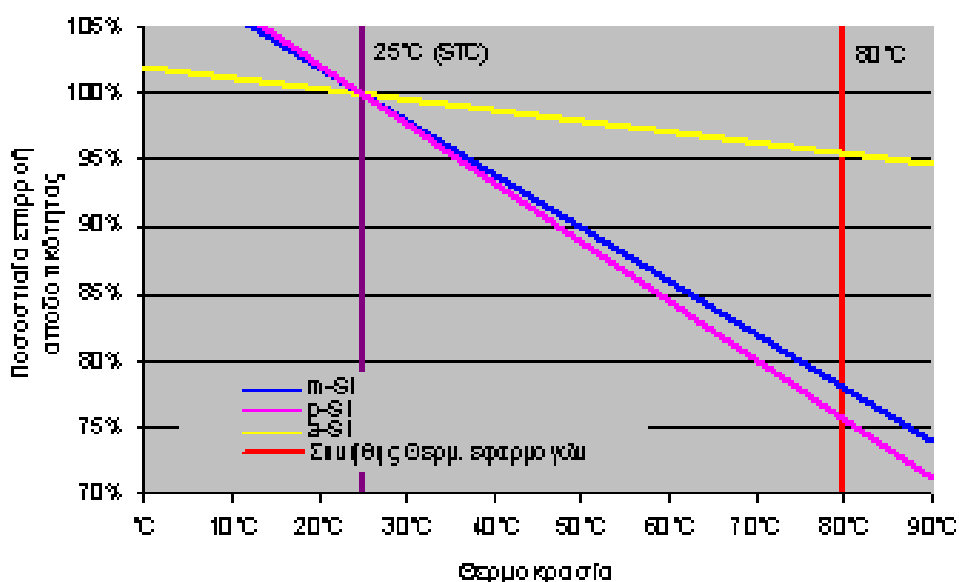
Ένα χαρακτηριστικό των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι ότι η απόδοσή τους επηρεάζεται από την θερμοκρασία που αναπτύσσονται κατά την διάθεσή τους στην

ηλιακή ακτινοβολία. Η επιρροή αυτή διαφέρει με τον τύπο του φωτοβολταϊκού. Σε γενικές γραμμές η αποδοτικότητα μεταβάλλεται σε σχέση με την θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού (πιν.2) και (εικ.13).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.** Απόδοση φωτοβολταϊκών ανάλογα με το υλικό κατασκευής

Τύπος	Thin Film	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά	Υβριδικά
Εμφάνιση				
Απόδοση	Αμορφα: 5~7% CIS: 7~10% CdTe: 8~9%	11~14%	13~16%	16~17%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	10~20 m <sup>2</sup>	8~10 m <sup>2</sup>	7~8 m <sup>2</sup>	6~7 m <sup>2</sup>
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργεια (kWh ανά kWp)	1300~1400	1300	1300	1350
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m <sup>2</sup> )	65~140	130~160	160~185	190~225
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO2 ανά kWp)	1380~1485	1380	1380	1435

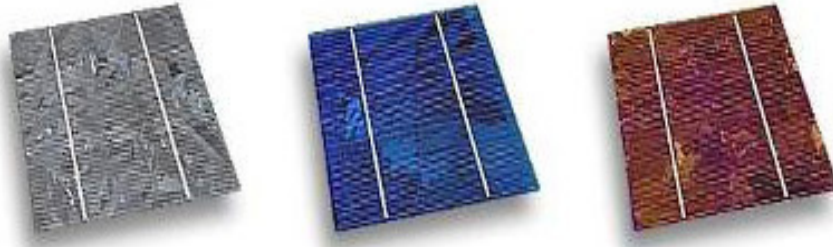
Επιρροή αποδοτικότητας PV σε σχέση με τη θερμοκρασία του



**Εικόνα 13.** Επιρροή αποδοτικότητας PV σε σχέση με τη θερμοκρασία

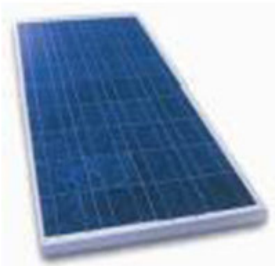
### iii) Κύρια μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.

**Φωτοβολταϊκό στοιχείο:** Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα Φ/Β κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη (**εικ.14**).



**Εικόνα 14.** Φωτοβολταϊκό στοιχείο

**Φωτοβολταϊκό πλαίσιο:** Ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας (**εικ.15**).



**Εικόνα 15.** Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

**Φωτοβολταϊκό πανέλο:**

Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση (PV panel).

**Φωτοβολταϊκή συστοιχία:** Μια ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (**εικ.16**).



**Εικόνα 16.** Φωτοβολταϊκή συστοιχία

**Φωτοβολταϊκή γεννήτρια:** Τα Φ/Β πλαίσια από (συνήθως 30 έως 36) ερμητικά σφραγισμένα Φ/Β στοιχεία μέσα σε ειδική διαφανή πλαστική ύλη, των οποίων η μπροστινή όψη προστατεύεται από ανθεκτικό γυαλί. Η κατασκευή αυτή που δεν ξεπερνά σε πάχος τα 4 με 5 χιλιοστά, τοποθετείται συνήθως σε πλαίσιο αλουμινίου. Τα στοιχεία εσωτερικά είναι συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα ανάλογα με την εφαρμογή.

**Συστήματα μετατροπής ισχύος (inverters):** Τα Φ/Β πλαίσια παράγουν συνεχές ρεύμα ενώ τα φορτία καταναλώνουν εναλλασσόμενο ρεύμα. Για την μετατροπή της ισχύος στα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούνται αντιστροφείς (inverters) συνεχούς σε εναλλασσόμενο (DC/AC). Σκοπός των συστημάτων μετατροπής ισχύος είναι η κατάλληλη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του παραγόμενου ρεύματος, ώστε να καταστεί δυνατή η τροφοδοσία των διάφορων καταναλώσεων. Τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή του αντιστροφέα είναι:

- 1) αξιοπιστία
- 2) ενεργειακή απόδοση
- 3) οι αρμονικές παραμορφώσεις
- 4) το κόστος
- 5) η συμβατότητα με τις τεχνικές απαιτήσεις της ΔΕΗ

Σε ένα τυπικό Φ/Β σύστημα ο αντιστροφέας (ή αντιστροφείς) τοποθετείται σε απόσταση από τα Φ/Β πλαίσια σε στεγασμένο χώρο. Στις περιπτώσεις αυτές οι καλωδιώσεις είναι συνεχούς ρεύματος.

**Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου προστασίας και λοιπά στοιχεία:** Το Φ/Β σύστημα συμπληρώνουν οι ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου, η γείωση, οι καλωδιώσεις (συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος) και σχετικό ηλεκτρολογικό υλικό, οι διατάξεις ασφαλείας, ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας και σύστημα παρακολούθησης της λειτουργίας του Φ/Β συστήματος. Η ΔΕΗ απαιτεί την ύπαρξη προστασίας απόξευξης του σταθμού μέσω διατάξεων του αντιστροφέα, ώστε ο σταθμός να αποσυνδέεται τόσο σε περίπτωση έλλειψης τάσης από το δίκτυο της ΔΕΗ, (προς αποφυγή του φαινομένου της νησιοδότησης) όσο και στην περίπτωση που η τάση και η συχνότητα αποκλίνουν των ακολούθων ορίων: Τάση: από +15% έως -20% επί της ονομαστικής (230V)



Συχνότητα:  $\pm 0,5\text{Hz}$  της ονομαστικής (50Hz)

Σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο αντιστροφάας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις: Θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5sec. Επανάζευξη του αντιστροφέα μετά από 3min

Εάν κατά την λειτουργία του Φ/Β σταθμού διαπιστωθούν προβλήματα αρμονικών, έγχυσης συνεχούς τάσεως στο δίκτυο κλπ, θα πρέπει ο παραγωγός να λάβει τα κατάλληλα μέτρα που θα του υποδείξει η ΔΕΗ.

## **iv) Μέσα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας**

Η παραγόμενη από την φ/β συστοιχία ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απ' ευθείας, είτε σε χρόνο μεταγενέστερο της παραγωγής της, π.χ. κατά την διάρκεια της νύκτας. Άρα παρουσιάζεται η ανάγκη μίας διάταξης αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η καλύτερη λύση μέχρι στιγμής, από πλευράς κόστους πυκνότητας αποταμιευμένης ενέργειας ανά κιλό και όγκο της διάταξης, είναι οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) οι οποίοι είναι αναπόσπαστο τμήμα οποιουδήποτε αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος, εξαιτίας των ικανοτήτων τους να αποθηκεύει ενέργεια και να απομονώνει τη φ/β συστοιχία από το φορτίο.

Η μπαταρία φορτίζεται κατά τις ώρες τις υψηλής εντάσεως της ακτινοβολίας από την φ/β συστοιχία και εκφορτίζεται κατά την νύχτα και οποτεδήποτε η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την συστοιχία είναι μικρότερη από το φορτίο. Ο ρόλος της μπαταρίας ως απομονωτή μεταξύ συστοιχίας και φορτίου, συνίσταται στην διατήρηση μίας σχετικά σταθερής τάσης στο σύστημα (δεδομένου ότι η συστοιχία δεν είναι σταθερή πηγή ρεύματος και τάσεως) και στην κάλυψη των στιγμιαίων αιχμών ισχύος που συμβαίνουν κατά την εκκίνηση του κινητήρα του φορτίου.

Υπάρχουν δύο βασικά είδη μπαταριών:

- Πρωτεύουσες μπαταρίες (primary batteries). Δεν επαναφορτίζονται και χρησιμοποιούνται μόνο μία φορά και δεν χρησιμοποιούνται στα φ/β συστήματα
- Δευτερεύουσες μπαταρίες (secondary batteries)  
Οι μπαταρίες αυτού του είδους επαναφορτίζονται πολλές φορές, λόγω της αντιστρεψιμότητας της χημικής αντίδρασης με βάση την οποία λειτουργούν.

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα και στα φ/β συστήματα ανήκουν σε αυτό το είδος των μπαταριών (εικ.17).



Εικόνα 17. Διάφοροι τύποι δευτερεύουσων μπαταριών.

### Χαρακτηριστικά στοιχεία μιας μπαταρίας.

Τα στοιχεία που προσδιορίζουν τις δυνατότητες μιας μπαταρίας είναι δύο: η **ονομαστική τάση** στους πόλους της, που εκφράζεται με την έννοια της **Ηλεκτρεγερτικής Δύναμης (ΗΕΔ)** και η **ονομαστική χωρητικότητά της (C)**. Η ΗΕΔ μετριέται σε Volt και ισούται με την πολική τάση της μπαταρίας, όταν δεν είναι συνδεδεμένη με καταναλωτή. Η χωρητικότητα C, μίας μπαταρίας αφορά το ηλεκτρικό φορτίο που είναι αποθηκευμένο στο εσωτερικό της με τη μορφή χημικής ενέργειας και εκφράζεται σε Ah (αμπερώρια) ή σε Wh (βαττώρες).

Η χωρητικότητα μετρούμενη Ah είναι το μέτρο του ρεύματος που μπορεί να δώσει η μπαταρία όταν εκφορτιστεί σε κάποιο καθορισμένο χρόνο επί το χρόνο αυτό, δηλαδή:

$$C(\text{Ah})=I(\text{A}) t (\text{h})$$

Οι κατασκευαστές τείνουν να εκφράζουν την χωρητικότητα σε Ah. Όμως σε ένα φ/β σύστημα είναι ίσως πιο χρήσιμο να γνωρίζουμε την χωρητικότητα της μπαταρίας σε Wh, που δηλώνει την ποσότητα την ενέργειας που μπορεί να αποθηκεύσει, και υπολογίζεται ως το γινόμενο της χωρητικότητας σε Ah επί την ονομαστική τάση στα άκρα V, δηλαδή:

$$H.E.(Wh)=V(\text{Volt}) C(\text{Ah})$$

Η χωρητικότητα μίας μπαταρίας που είναι διαθέσιμη για την κάλυψη κάποιου φορτίου ονομάζεται **ενεργή χωρητικότητα (effective capacity)** και είναι συνάρτηση της τιμής, της μορφής του ρεύματος εκφορτίσεως και της θερμοκρασίας λειτουργίας.

Η ονομαστική τιμή της ενεργούς χωρητικότητας,  $Be$ , μετριέται με μία πλήρη εκφόρτιση της μπαταρίας σε 10h στους 25 °C.

Οι τιμές των ΗΕΔ των διαφόρων τύπων μπαταριών (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Pb, Ni-Cd, Pb-Sb κ.α.) κυμαίνονται μεταξύ 1V~ 4V ανά στοιχείο. Για να προκύψει μία διάταξη μπαταριών με υψηλότερη ΗΕΔ, όμοια ηλεκτρικά στοιχεία συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους. Η ονομαστική τάση ενός στοιχείου μπαταρίας π.χ. μολύβδου είναι 2,25V. Έτσι, οι τυπικές τάσεις με τις οποίες κυκλοφορούν, με την εμπορική τους μορφή, οι μπαταρίες μολύβδου είναι 6V, 12V και 24V. Μία μπαταρία 12V αποτελείται από έξι 2βολτα στοιχεία, χωρητικότητας C το καθένα. Τις μπαταρίες μπορούμε να τις συνδέσουμε με τρεις τρόπους ανάλογα με τι θέλουμε να πετύχουμε. Οι τρόποι αυτοί είναι:

1. σύνδεση σε σειρά
2. παράλληλη σύνδεση και
3. μικτή σύνδεση

**Ρυθμός φόρτισης-εκφόρτισης** είναι ο χρόνος σε ώρες που απαιτείται για να φορτιστεί ή να εκφορτιστεί η μπαταρία στην ονομαστική τιμή της χωρητικότητας της.

Γενικά όσο πιο μικρός είναι ο ρυθμός εκφόρτισης τόσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη χωρητικότητα, ενώ αν ο ρυθμός εκφόρτισης είναι μεγάλος τότε η διαθέσιμη χωρητικότητα μειώνεται αισθητά.

### **Χρόνος ζωής μπαταρίας**

Οι μπαταρίες δεν πρέπει να δέχονται παρατεταμένη φόρτιση σε πολύ υψηλή τάση ούτε να εκφορτίζονται κάτω από ένα όριο. Ο κανόνας αυτός είναι πολύ σημαντικός και καθορίζει τον χρόνο ζωής τους. Η υπερφόρτιση μπορεί να έχει τραγικά αποτέλεσμα για μια μπαταρία.

## **Τύποι μπαταριών**

### **Μπαταρία μολύβδου-ασβεστίου (Pb-Ca)**

Το χαρακτηριστικό αυτής της μπαταρίας είναι η χαμηλή τιμή του συντελεστή αυτοεκφόρτισης που κυμαίνεται στο 1-4% ανά μήνα (στους 25 °C) και η μικρή εκπομπή φουσαλίδων κατά την φόρτιση. Έχει καλή συμπεριφορά στην κυκλική

φόρτιση-εκφόρτιση, αλλά όχι πολύ καλές επιδόσεις σε βαθιές εκφορτίσεις. Βασικό πλεονέκτημά της είναι ότι απαιτεί μικρή συντήρηση.

#### **Μπαταρία νικελίου-καδμίου (Ni-Cd)**

Το στοιχείο Ni-Cd χαρακτηρίζεται από ονομαστική τάση 1,3V και η συνήθης μορφή με την οποία κυκλοφορεί στο εμπόριο χαρακτηρίζεται από τάση ~ 14,5V. Οι μπαταρίες Ni-Cd έχουν την δυνατότητα να δέχονται βαθιές εκφορτίσεις ακόμα και να εκφορτίζονται εντελώς, χωρίς ουσιαστικό πρόβλημα, σε αντίθεση με τις μπαταρίες θειικού οξέος – μολύβδου H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Pb. Να δέχονται υπερφόρτιση, να αντέχουν σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και είναι ανθεκτικότερες στην μεταφορά. Παρουσιάζουν όμως το πρόβλημα της «μνήμης» κατά την φόρτιση, αν αυτή διακοπεί, πριν ολοκληρωθεί η διαδικασία. Ακόμα έχουν υψηλότερο κόστος και μικρότερο βαθμό απόδοσης από τις μπαταρίες H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Pb ενώ δεν αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες.

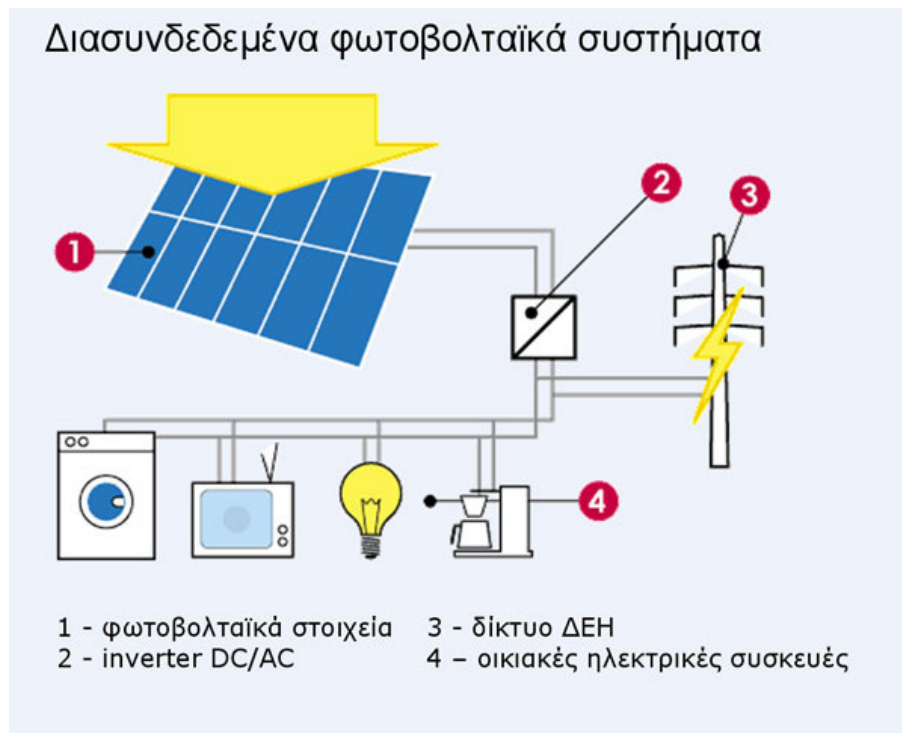
#### **Μπαταρία θειικού οξέος – μολύβδου (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Pb)**

Η μπαταρία θειικού οξέος – μολύβδου χρησιμοποιείται στην πλειοψηφία των εφαρμογών των φωτοβολταϊκών συστημάτων αλλά και σε πολλές άλλες εφαρμογές. Οι βιομηχανικής παραγωγής μπαταρίες μολύβδου, έχουν αυξημένη μηχανική αντοχή, χαμηλό κόστος (σπουδαίος παράγοντας για φωτοβολταϊκά συστήματα) και αυξημένη δυνατότητα για βαθιές εκφορτίσεις, με μεγάλα ρεύματα, σε αντίθεση με τις κοινές μπαταρίες μολύβδου.

## **V) Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων**

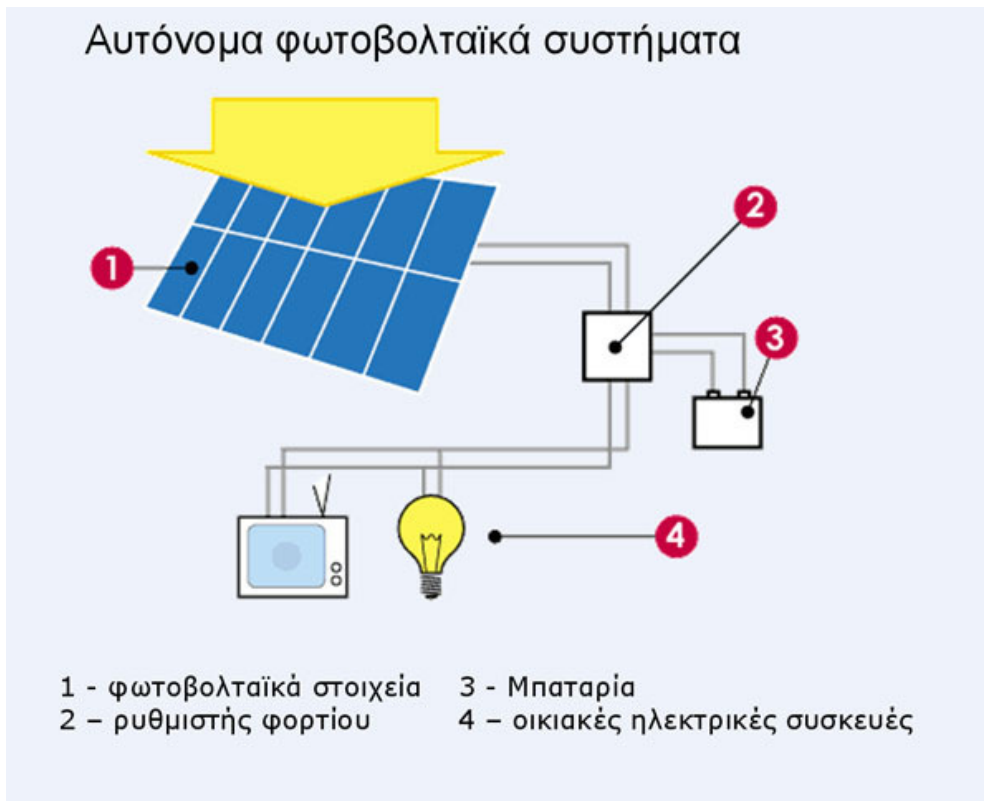
**Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.** Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για να καλύψει τα φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που

ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης (εικ.18).



**Εικόνα 18.** Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα

**Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.** Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεραίες τηλεπικοινωνιακών σταθμών, εξοχικά σπίτια, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα. Βέβαια υπάρχουν συστοιχίες συσσωρευτών οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. ενώ σε περίπτωση που έχουμε φορτία εναλλασσομένου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας 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 (εικ.19).



**Εικόνα 19.** Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

**Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα.** Πρόκειται για αυτόνομα συστήματα που αποτελούνται από τη Φ/Β συστοιχία σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας όπως μια γεννήτρια πετρελαίου ή άλλη μορφή ΑΠΕ (π.χ. ανεμογεννήτρια).

## **νι) Παράγοντες σχεδιασμού φωτοβολταϊκών συστημάτων**

Σε αυτό το σημείο αναφερόμαστε στους παράγοντες σχεδιασμού των φωτοβολταϊκών συστημάτων δηλαδή την επιλογή του σημείου όπου θα τοποθετήσουμε το φωτοβολταϊκό σύστημα ώστε να έχουμε όσον το δυνατόν μεγαλύτερη ηλιοφάνεια και κατά συνέπεια μεγαλύτερη απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων αρά θα αναφερθούμε στον τρόπο στήριξης των φωτοβολταϊκών πάνελ και στον προσανατολισμό και την κλίση που πρέπει να έχουν οι ηλιακοί συλλέκτες.

## A) Τρόποι στήριξης φωτοβολταϊκών συστημάτων

Σε αυτό το σημείο αναφέρουμε στις βάσεις και στις τρόπους στήριξης των φωτοβολταϊκών πάνελ έτσι τα Φ/Β Πλαίσια προκειμένου να τοποθετηθούν-προσαρμοστούν στο σημείο εγκατάστασή στις εφοδιάζονται με ειδικές κατασκευές. Οι κατασκευές αυτές στήριξης πρέπει να πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια, στις αντοχή στα φορτία που προέρχονται από το βάρος των πλαισίων και στις τοπικούς ανέμους, να μη προκαλούν σκiasμό στα πλαίσια, να επιτρέπουν την προσέγγιση στα πλαίσια, αλλά ταυτόχρονα να διασφαλίζουν την ασφάλειά στις. Σε εφαρμογές όπου τα Φ/Β Πλαίσια ενσωματώνονται σε κτιριακές δομές, τότε απαιτείται καλή συναρμογή με τα δομικά στοιχεία. Πέραν στις στήριξης οι κατασκευές αυτές τα τελευταία χρόνια έχουν εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε να μετακινούν τα Φωτοβολταϊκά πάνελ ανάλογα με την διεύθυνση του ηλίου ώστε η ακτινοβολία να προσπίπτει κάθετα πάνω στα Φωτοβολταϊκά πάνελ με αποτέλεσμα να έχουμε καλύτερο βαθμό απόδοσης.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι στήριξης των φ/β συλλεκτών, οι οποίοι είναι:

- 1) σταθερής στήριξης
- 2) εποχιακά ρυθμιζόμενης στήριξης
- 3) κινούμενης ατράκτου ανάλογα την διεύθυνση του ηλίου
- 4) συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του ήλιου, με διάταξη που ονομάζεται tracker.

### Σταθερής Στήριξης

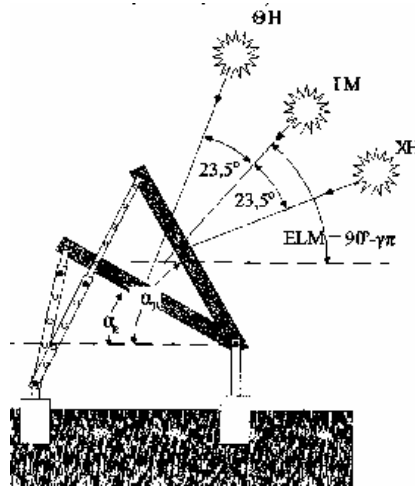
Βάσεις οι οποίες είναι σταθερές όπου τα Φωτοβολταϊκά πάνελ τοποθετούνται πάνω σε αυτές και ονομάζονται σταθερής στήριξης. Αυτά τα πάνελ έχουν μικρή απόδοση άλλα και μικρότερο κόστος τοποθέτησης. Τέτοιες φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (εικ.20).



**Εικόνα 20.** Βάσεις στήριξης φωτοβολταϊκών συστημάτων

## Εποχιακά ρυθμιζόμενη στήριξη

Το παρακάτω σχήμα δείχνει μία διάταξη φ/β συλλεκτών, με αζιμουθιακό προσανατολισμό στις το νότο, η οποία εκ κατασκευής έχει τη δυνατότητα εποχιακής ρύθμισης στις κλίσης της **(εικ.21)**. Προσδιορίζονται οι κατάλληλες κλίσεις και ο χρόνος των αλλαγών. Οι θέσεις του συλλέκτη είναι δύο: μία για το θερινό εξάμηνο (21/3 – 21/9) με κλίση ίση με  $\alpha\epsilon = \{\gamma.π. - (10^\circ \sim 15^\circ)\}$  και μία για το χειμερινό (21/9– 21/3) με κλίση ίση με  $\alpha\mu = \{\text{υπ.} + (10^\circ \sim 15^\circ)\}$ .



**Εικόνα 21.** Ρυθμιζόμενη βάση στήριξης

## Κινούμενης ατράκτου ανάλογα την διεύθυνση του ηλίου

Βάσεις οι οποίες κινούνται ανάλογα με την διεύθυνση του ηλίου κατά την διάρκεια στις ημέρας με την απόδοση των φωτοβολταϊκών πάνελ να είναι μεγαλύτερη από την προηγούμενη κατηγορία αλλά και το κόστος στις να είναι υψηλότερο **(εικ.22)**

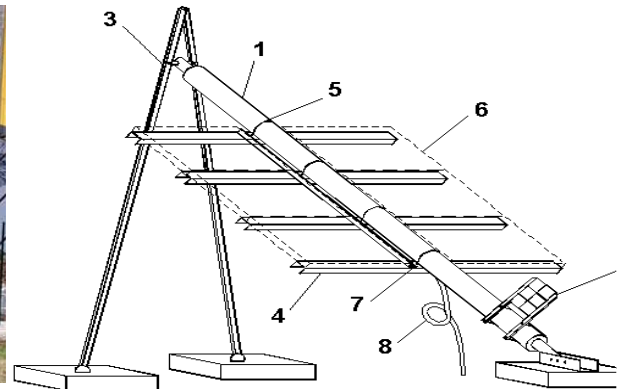


**Εικόνα 22.** Βάση στήριξης φωτοβολταϊκών πάνελ ανάλογα με την διεύθυνση του ηλίου



## Συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του ήλιου

Βάσεις οι οποίες κινούνται ανάλογα με την διεύθυνση του ηλίου αλλά και με το γεωγραφικό πλάτος στις περιοχής. Αυτή η κατηγορία βάσεων έχει αναπτυχτεί τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα να έχει την καλύτερη απόδοση στα Φωτοβολταϊκά πάνελ σε σχέση με στις προηγούμενες κατηγορίες στις τάξης του 20% αλλά το κόστος αυτών να είναι υψηλό. Τέτοιες βάσεις φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (εικ.23) και (εικ.24).



**Εικόνα 23.** Βάσεις οι οποίες κινούνται ανάλογα με την διεύθυνση του ηλίου αλλά και με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής



**Εικόνα 24.** Βάση ανάλογα με την διεύθυνση του ηλίου

## **B) Απόδοση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων**

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Από το κλίμα της περιοχής (όσο λιγότερες είναι οι ημέρες της ηλιοφάνειας, πχ Δυτική Ελλάδα, τόσο μικρότερη είναι η απόδοση).
- Από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής (όσο πιο νότια είναι η περιοχή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας).
- Από την κλίση των Φ/Β Πάνελ ως προς το οριζόντιο επίπεδο (η βέλτιστη απόδοση είναι με νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου 30 μοίρες)
- Από την ηλικία των Φ/Β πάνελ (υπολογίζεται ότι τα πάνελ έχουν ζωή 20-30 έτη με απόδοση έως και 80% για τα πρώτα 20έτη).
- Προσανατολισμός.
- Εδαφική μορφολογία του οικοπέδου (πχ ρέματα, βράχια κλπ).
- Σε περίπτωση ύπαρξης δέντρων, η αποψίλωση του χώρου για τη βέλτιστη αποδοτικότητα της εγκατάστασης.
- Ύπαρξη γενικότερα εντός ή πλησίον του οικοπέδου στοιχείων που να δημιουργούν σκίαση.
- Ενδείξεις για διαφοροποίηση του μικροκλίματος στην περιοχή (πχ αυξημένες βροχοπτώσεις λόγω γειτονικού βουνού, αυξημένη υγρασία - ομίχλες λόγω γειτονικού ποταμού, ενδεχόμενη ύπαρξη έλους κλπ).
- Εκτίμηση της δυσκολίας πρόσβασης στο οικόπεδο (κατάσταση δρόμου και απόσταση από την κοντινότερη ασφαλτο) καθώς και ενδεχόμενη κακή κατάσταση του δρόμου πρόσβασης σε περίπτωση κακοκαιρίας.

Αυτό που έχει σημασία είναι πόσες κιλοβατώρες (KWh) θα δώσει το σύστημα ετησίως και τελικά πόσο θα κοστίζει η κάθε παραγόμενη κιλοβατώρα. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β Συστήματα είναι προβλέψιμη. Για την Ελλάδα μπορούμε να θεωρήσουμε πως **ένα Φ/Β Σύστημα με την βέλτιστη κλίση και τον Βέλτιστο Προσανατολισμό παράγει κατά μέσο όρο περίπου στα 1300 – 1450 κιλοβατώρες ανά έτος και ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (KWh/έτος/KW).**

Σύμφωνα με στοιχεία του Συνδέσμου Εταιρειών Φωτοβολταϊκών η σχετική απόδοση των φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς είναι: **(πιν.3)**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.** Απόδοση φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις.

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0ο	30ο	90ο
Ανατολικός - Δυτικός	90%	85%	50%
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90%	95%	60%
Νότιος	90%	100%	60%
Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός	90%	67%	30%
Βόρειος	90%	60%	20%

### **vii) Χρόνος λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου και παράγοντες που επιδρούν σε αυτό**

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία τα συνοδεύει εγγύηση 25 ετών από το εργοστάσιο κατασκευής τους, η οποία εγγυάται την αποτελεσματικότητά τους τουλάχιστον κατά το 80% της ονομαστικής παραγωγής τους σε ηλεκτρικό ρεύμα. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούμε έχουν ζωή 6-15 ετών (ανάλογα τον τύπο και την χρήση). Το κόστος της λειτουργίας - συντήρησης ενός Φ/Β Συστήματος, είναι πρακτικά μηδαμινό.

Η προληπτική συντήρηση που απαιτούν είναι ο καθαρισμός αυτών από την σκόνη, όταν υπάρχουν μεγάλα διαστήματα ανομβρίας, και η φροντίδα ώστε ο περιβάλλοντας χώρος να μην μεταβάλλεται ώστε να δημιουργούνται συνθήκες σκίασης (όπως ανάπτυξη δένδρων, θάμνων κλπ).

Οι περιπτώσεις έκτακτων καταστροφών, όπως φωτιά, σεισμός κλπ καλύπτονται από συνηθισμένες ασφάλειες κτιρίων και εξοπλισμού.

## viii) Κόστος εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων

Το κόστος ενός Φωτοβολταϊκού συστήματος υπολογίζεται σε ευρώ ανά εγκατεστημένο KW και εξαρτάται από:

- Την τεχνολογία των πάνελ που Θα χρησιμοποιηθεί (π.χ τα πάνελ άμορφου πυριτίου κοστίζουν φτηνότερα αλλά απαιτούν περίπου διπλάσια έκταση)
- Την προέλευση των πάνελ και των λοιπών στοιχείων του εξοπλισμού (τα ευρωπαϊκά είναι ακριβότερα αλλά και πιο αξιόπιστα από τα κινέζικα)
- Το μέγεθος του Φ/Β Συστήματος (όσο μικρότερη είναι η ισχύς, τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος του κάθε εγκατεστημένου KW)
- Την δυσκολία της εγκατάστασης (δυσπρόσιτες περιοχές, ή χώροι εγκατάστασης με ιδιαίτερη μορφολογία εδάφους αυξάνουν το κόστος)
- Την απόσταση της εγκατάστασης από το δίκτυο της ΔΕΗ (καθώς πρέπει να υπολογιστεί και το κόστος της επέκτασης του δικτύου)

Το κόστος κατασκευής στην αγορά σήμερα, για κάθε εγκατεστημένο KW κυμαίνονται από 4.300 Ευρώ (για εγκατάσταση με πάνελ άμορφου πυριτίου σε ήδη διαμορφωμένο και φραγμένο χώρο) έως 6.000 ευρώ (για εγκαταστάσεις με πάνελ πολυκρυσταλικού πυριτίου, με πλήρη διαμόρφωση χώρου και περίφραξη ασφαλείας).

Ενδεικτικά για τον αρχικό προγραμματισμό του, ο υποψήφιος επενδυτής σε σχέση με την επιφάνεια που καλύπτουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια το κόστος κυμαίνεται στα 650€/m<sup>2</sup>.

Μια γενική διάκριση στο κόστος των Φ/Β συστημάτων, αφορά τα αυτόνομα και τα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα. Το κόστος είναι συνήθως χαμηλότερο για τα τελευταία και η διαφορά οφείλεται στην αποφυγή του κόστους για το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας. Επίσης η μεγαλύτερη κλίμακα εφαρμογής των διασυνδεδεμένων συστημάτων επιδρά θετικά στο κόστος ανά Wp .

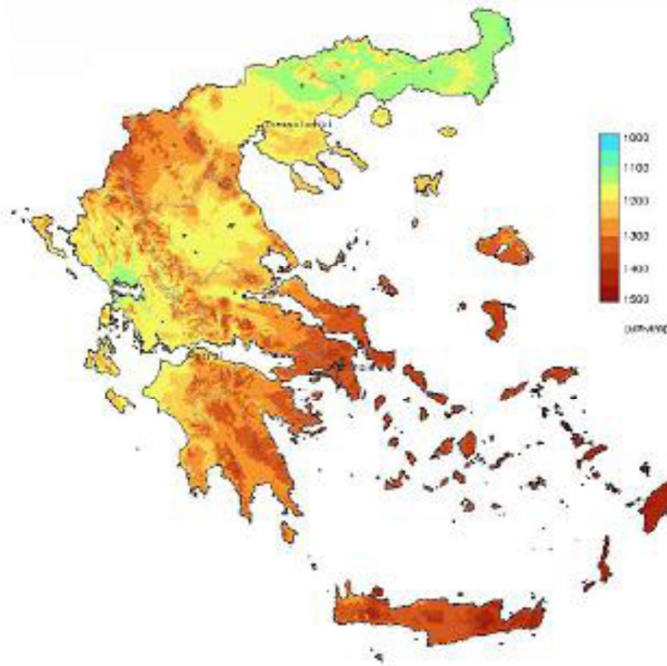
Από υπολογισμούς προκύπτει ότι η κατανομή του κόστους για ένα αυτόνομο Φ/Β σύστημα έχει ως εξής: **(πιν.4)**

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Κατανομή κόστους για αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Φ/Β Πλαίσια	50-70%
Συστήματα συσσωρευτών	15-25%
Αντιστροφείς	10-15%
Υποδομή στήριξης	10-15%
Σχεδιασμός, Εγκατάστασης	8-12%

Ποιο είναι όμως το μέγεθος της επένδυσης που απαιτείται για ένα τέτοιο πάρκο; Οι περισσότερες εταιρείες που κατασκευάζουν φωτοβολταϊκά πάρκα δίνουν τιμές για κάθε εγκατεστημένο kWp (δηλαδή τη μέση τιμή του κόστους κατά την παράδοση του Φ/Β πάρκου με το «κλειδί στο χέρι»). Το κόστος αυτό είναι της τάξεως των **6000€ ανά εγκατεστημένο kWp**, για την περίπτωση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών με σταθερή στήριξη, ποσό που θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερο για μικρές εγκαταστάσεις. Έτσι ένα Φ/Β πάρκο των **100kWp έχει ένα αρχικό κόστος 600.000 €**. Για την εγκατάσταση ενός τέτοιου πάρκου απαιτείται έκταση **100kWp x 10m<sup>2</sup> m<sup>2</sup>/kWp = 1000 m<sup>2</sup> m<sup>2</sup> ή ένα στρέμμα**. Η έκταση αυτή πρέπει να θεωρηθεί ως η **ελάχιστη** δυνατή καθώς θα απαιτηθούν βοηθητικοί χώροι για τον συνοδευτικό εξοπλισμό. Ειδικά στην περίπτωση που δεν επιλεγεί σταθερή στήριξη για τα φωτοβολταϊκά, αλλά κινούμενο σύστημα απλού ή διπλού άξονα, θα απαιτηθεί ενδεχομένως σημαντικά μεγαλύτερη έκταση για την αποφυγή σκιάσεων κατά την κίνηση των φωτοβολταϊκών πάνελ. Η επιπλέον έκταση που θα απαιτηθεί είναι συνάρτηση της μορφολογίας του εδάφους.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν μια τέτοια απάντηση και ένας από αυτούς είναι το φωτοβολταϊκό δυναμικό της κάθε περιοχής. Ας δουμε το χάρτη με το φωτοβολταϊκό δυναμικό της Ελλάδας (**εικ.25**).



**Εικόνα 25.** Χάρτης της Ελλάδος με το φωτοβολταϊκό δυναμικό της

Παρατηρούμε ότι ολόκληρη η επικράτεια είναι χωρισμένη σε ζώνες με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεγαλύτερης των 1100KWh/KWp ανά έτος. Ας θεωρήσουμε σαν μια μέση τιμή τα 1250 KWh/kWp. Αυτό σημαίνει ότι το ένα εγκαταστημένο kWp παράγει σε ένα έτος ενέργεια 1250 kWh. Επομένως ένα φ/β πάρκο 100kWp παράγει ετησίως 125 MWh . Αν λάβουμε υπόψη μας ότι ο ΔΕΣΜΙΕ (ή η ΔΕΗ) είναι υποχρεωμένος να αγοράσει την ηλεκτρική ενέργεια για 452,82 € την MWh τότε η ακαθάριστη απόδοση θα ήταν περίπου 56500€ ετησίως προ φόρων.

Για μια πιο ακριβή ανάλυση θα πρέπει να συνυπολογίσουμε τα εξής:

- Τα τιμολόγια απορρόφησης ηλεκτρικής ενέργειας αναπροσαρμόζονται υποχρεωτικά κάθε χρόνο κατά το 80% του πληθωρισμού ή σύμφωνα με τις αναπροσαρμογές της ΔΕΗ βάσει του ν. 3468/06 για τα επόμενα 20 χρόνια.
- Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση παρουσιάζει απώλειες λόγω των μετατροπών (inverters) ,καλωδίων κ.λπ. που συνολικά μπορεί να φθάνουν το 5%-10%. Αν σε αυτές προστεθούν και απώλειες λόγω μεταβολών θερμοκρασίας και λόγω σκόνης, το συνολικό ποσοστό μπορεί να φθάσει το 20%.

- Τα φωτοβολταϊκά εμφανίζουν μείωση της απόδοσής τους με την πάροδο του χρόνου. Οι πιο γνωστές κατασκευαστικές εταιρείες εγγυώνται ότι μετά από 20 ή 25 χρόνια τα φ/β θα έχουν το πολύ 20% μείωση της απόδοσης τους.
- Βάσει του αναπτυξιακού νόμου τα φ/β πάρκα μπορεί να τύχουν επιδότησης μέχρι και 60%.
- Λειτουργικά έξοδα και έξοδα συντήρησης

Αν συνυπολογίσουμε όλους αυτούς τους παράγοντες και υποθέσουμε ότι το φ/β πάρκο των **100kWp** τυχαίνει επιδότησης της τάξης του 50% καταλήγουμε ότι η απόσβεση της αρχικής επένδυσης θα γίνει περίπου σε 8 έτη, ενώ στα υπόλοιπα 12 έτη θα έχει ενδεικτικό καθαρό κέρδος της τάξης των 500.000€.

## **ix) Τρόποι συντήρησης φωτοβολταϊκών συστημάτων**

Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από πληθώρα ερευνών ανά τον κόσμο επιβεβαιώνουν εδώ και πολλά χρόνια την υψηλή μέση αξιοπιστία των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Για να διασφαλίζονται και να επιβεβαιώνονται τα θετικά αυτά χαρακτηριστικά, η εγκατάσταση πρέπει να υποβάλλεται σε τακτική και ορθή συντήρηση. Όπως επισημάνθηκε ήδη, είναι καταρχάς σκόπιμο ο πελάτης να διαθέτει το εγχειρίδιο χρήσης και συντήρησης που παραδίδεται μαζί με τη μελέτη υλοποίησης. Οι εργασίες ελέγχου και συντήρησης που πρέπει να εκτελούνται τουλάχιστον μια φορά το χρόνο, μπορούν να ανατεθούν και σε προσωπικό που δεν είναι εξειδικευμένο σε φωτοβολταϊκά συστήματα, αρκεί να διαθέτει άδεια επέμβασης σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

**Κατασκευές υποστήριξης:** Έλεγχος σύσφιξης μπουλονιών, κατάστασης των προφίλ (απουσία κάμψης από την επίδραση του ανέμου), απουσία οξειδωσης κλπ. Φωτοβολταϊκά στοιχεία: οπτικός έλεγχος (βλάβες στα κρύσταλλα ή στην κορνίζα, συσσώρευση ακαθαρσιών στα κρύσταλλα, κιτρίνισμα του περιβλήματος και είσοδος υγρασίας κλπ). Έλεγχος κιβωτίων σύνδεσης (προστασία από την υγρασία, κατάσταση ηλεκτρικών επαφών κλπ.

**Σειρές:** Έλεγχος στον πίνακα συνεχούς ρεύματος και μέσω πολύξερου των προστασιών και των κατάλληλων πεδίων μέτρησης για τις τάσεις της εγκατάστασης, καθώς και των ηλεκτρικών παραμέτρων (τάσεις χωρίς φορτίο και ρεύματα λειτουργίας).

**Ηλεκτρικοί πίνακες:** Οπτικός έλεγχος. Έλεγχος ηλεκτρικών προστασιών (δίοδοι εμπλοκής και A), έλεγχος διακοπών και αποφευκτών, έλεγχος για λασκάρισμα καλωδίων (προσωρινή θέση εκτός λειτουργίας της εγκατάστασης).

**Inverter:** Εφαρμόστε τις οδηγίες του εγχειριδίου χρήσης του Inverter. Συνήθως είναι σκόπιμη μια οπτική επιθεώρηση και ο έλεγχος των σωστών ενδείξεων των οργάνων μέτρησης. Για τον έλεγχο αυτό η εγκατάσταση πρέπει να τίθεται εκτός λειτουργίας.

**Καλωδιώσεις:** Οπτική επιθεώρηση. Τα εφεδρικά εξαρτήματα που πρέπει να υπάρχουν για ταχεία επέμβαση συντήρησης είναι κυρίως οι ασφάλειες, οι δίοδοι εμπλοκής και οι Spd. Όσον αφορά τα Inverter, σήμερα οι κατασκευαστές προβλέπουν συμβάσεις συντήρησης που επιτρέπουν σε περίπτωση βλάβης την αντικατάσταση όλου του συστήματος σε σύντομο χρονικό διάστημα χωρίς αναμονή για επισκευές. Στην περίπτωση Inverter μεγάλου μεγέθους, η επέμβαση συνήθως αφορά την αντικατάσταση ηλεκτρονικών πλακετών χωρίς αφαίρεση του συστήματος.

Ολοκληρώνοντας, για να λειτουργούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα με σταθερές και υψηλές επιδόσεις, καθώς και με υψηλή αξιοπιστία, εκτός από την προσεγμένη μελέτη είναι επίσης αναγκαία η σωστή εγκατάσταση, η σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο, η δοκιμή και η συντήρηση εφαρμόζοντας τους λιγιστούς και απλούς κανόνες που παραθέσαμε. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν δωρεάν ενέργεια χωρίς να ρυπαίνουν. Για να επιβεβαιώνονται αυτά τα χαρακτηριστικά, η εγκατάσταση πρέπει να λειτουργεί σωστά και χωρίς διακοπές. Το καθήκον του εγκαταστάτη και των συντηρητών δεν είναι δύσκολο, αλλά έχει καίρια σημασία για τη σωστή λειτουργία και την ικανοποίηση των προσδοκιών του τελικού χρήστη.

## **χ) Μέτρα ασφάλειας φωτοβολταϊκών**

Οι κεραυνοί και άλλες διακυμάνσεις της ισχύος μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες καταστροφές στο σύστημά σας αν δεν έχετε πάρει να απαραίτητα μέτρα. Μηχανισμοί



ασφαλείας προστατεύουν τα αυτόνομα συστήματα από το να πάθουν ζημιά ή ακόμη και να βλάψουν ανθρώπους. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά ασφαλείας που πρέπει να διαθέτει το σύστημά σας είναι:

**Ασφάλειες Διακοπής** Οι Ασφάλειες Διακοπής προστατεύουν το κύκλωμα και τα στοιχεία του μικρού συστήματος ανανεώσιμης ενέργειας από διακυμάνσεις ισχύος και τυχόν δυσλειτουργίες του εξοπλισμού. Εξασφαλίζουν επίσης ότι το σύστημα μπορεί να τεθεί με ασφάλεια εκτός λειτουργίας για συντήρηση και επισκευή. Στην περίπτωση που το σύστημά σας είναι διασυνδεδεμένο στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, οι ασφάλειες διακοπής εξασφαλίζουν ότι ο μηχανισμός παραγωγής ενέργειας είναι απομονωμένος από το δίκτυο, κάτι που είναι σημαντικό για την ασφάλεια των ανθρώπων που εργάζονται στις γραμμές ηλεκτροδότησης του δικτύου.

**Εξοπλισμός Γείωσης** Αυτός ο εξοπλισμός παρέχει μια καλά ορισμένη διαδρομή χαμηλής αντίστασης από το σύστημά σας στο έδαφος για να το προστατέψει από διακυμάνσεις φορτίου που προέρχονται από κεραυνούς ή δυσλειτουργία του εξοπλισμού. Θα πρέπει να γειωθεί τόσο η ανεμογεννήτρια ή το φωτοβολταϊκό σύστημα όσο και ο εξοπλισμός εξισορρόπησης. Βεβαιωθείτε ότι έχει συμπεριληφθεί στη γείωση οποιοδήποτε εκτεθειμένο μεταλλικό στοιχείο που θα μπορούσε να έρθει σε επαφή με εσάς ή το συνεργείο συντήρησης.

**Προστασία Διακύμανσης** Αυτές οι συσκευές βοηθούν στην προστασία του συστήματός σας στην περίπτωση που αυτό ή οι γειτονικές γραμμές (για την περίπτωση διασυνδεδεμένου συστήματος) χτυπηθούν από κεραυνό.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:**

# **ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΤΛΗΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ**

Αυτό το κεφάλαιο αναφέρεται στο αντλητικό συγκρότημα. Αναπτύσσονται κάποια κατασκευαστικά στοιχεία για τις γεωτρήσεις τα φίλτρα γεωτρήσεως και τους τρόπους διάνοιξης μιας γέωτρησης. Στη συνέχεια ασχολείται με τις αντλίες για την επιλογή της κατάλληλης αντλίας ανάλογα με τις απαιτήσεις μας σε ισχύ. Τέλος στο χώρο τελικού προορισμού του νερού δηλαδή την αποθήκευσή του στην μεταλλική δεξαμενή χρησιμοποιώντας το είτε για ύδρευση είτε για αρδευση.

### **3.1 ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ**

Η χώρα μας δεν έχει, σχεδόν καθόλου βροχές κατά την καλοκαιρινή περίοδο και τα επιφανειακά νερά καλύπτουν ένα πολύ μικρό ποσοστό των αναγκών μας σε νερό. Για το λόγο αυτό οι καθημερινά αυξανόμενες ανάγκες για γεωργικούς, βιομηχανικούς, υδρευτικούς και λοιπούς σκοπούς, επέβαλαν από μακρού την ανάγκη αναζήτησης και αξιοποίησης των υδροφόρων στρωμάτων με ανορύξεις γεωτρήσεων.

Κατά τα τελευταία χρόνια ο ρυθμός ανορύξεως γεωτρήσεων για την άντληση υπόγειου νερού είναι τόσο μεγάλος ώστε σε πολλές περιοχές προέκυψε ή ανάγκη επιβολής από την Πολιτεία περιορισμών ή απαγορεύσεων ανόρυξης νέων γεωτρήσεων για να αποφευχθούν ορισμένες δυσάρεστες συνέπειες, όπως είναι η εξάντληση των υπογείων αποθεμάτων, η υφαλμύρωση του γλυκού νερού στις παραθαλάσσιες περιοχές από τη διείσδυση του θαλάσσιου νερού κ.λ.π.

Με τον όρο «*γεώτρηση*» εννοούμε οποιαδήποτε κυκλική οπή του εδάφους η οποία ανοίγεται με χειροκίνητο ή μηχανοκίνητο μηχάνημα –το οποίο ονομάζεται γεωτρήπανο – και το βάθος της ποικίλλει από λίγα μέχρι μερικές χιλιάδες μέτρα. Ο όρος «*φρέαρ*» (πηγάδι) αναφέρεται σε κάθε οπή τού εδάφους συνήθως κυκλική, η

οποία συναντά την υπόγεια στάθμη του νερού. Κάθε γεώτρηση μπορεί να χαρακτηριστεί σαν φρέαρ όχι όμως και το αντίστροφο.

Αναλόγως του σκοπού για τον οποίο γίνεται μια γεώτρηση έχει και διαφορετική τεχνική. Τα κυριότερα **είδη γεωτρήσεων** είναι οι κάτωθι:

1. Δειγματοληπτικές Γεωτρήσεις, κατά τις οποίες λαμβάνεται πυρήνας (καρότο) των διατρυομένων πετρωμάτων και διερευνάται η γεωλογική δομή, στρωματογραφία και φυσική κατάσταση των πετρωμάτων και συνάγονται συμπεράσματα χρήσιμα για ειδικές γεωλογικές και μεταλλευτικές έρευνες καθώς και μελέτες κατασκευής τεχνικών έργων, όπως είναι οι τεχνητές λίμνες (φράγματα), οι κάθε φύσεως σήραγγες^ προκουμαίες, οδογέφυρες κ.λ.π.
2. Γεωτρήσεις Έρευνας, που έχουν σαν στόχο την έρευνα για ύπαρξη υδροφόρου στρώματος ή άλλου στοιχείου (ορυκτού, αερίου, κ.λπ) στο υπέδαφος καθώς και το μέγεθος/έκταση αυτού
3. Γεωτρήσεις Εκμετάλευσης. Λέγονται επίσης υδρογεπτρήσεις γιότι ως στόχο έχουν την εκμετάλευση των υπόγειων «δεξαμενών» νερού , υδρογοναθράκων ή φυσικού αερίου.
4. Γεωτρήσεις ειδικού σκοπού, ήτοι γεωτρήσεις που γίνονται για την εκτέλεση εξειδικευμένων έργων, όπως σταθεροποίηση πετρωμάτων, στεγανοποίηση, έργων θεμελίωσης, αερισμό σηράγγων/στοών, δοκιμές, κ.λπ. **(εικ.26)**.



**Εικόνα 26.** Γεωτρήση ειδικού σκοπού για διαπερατότητα πετρωμάτων

Στην Ελλάδα η τέχνη των υδρογεωτρήσεων άρχισε να διαδίδεται μετά την απελευθέρωση από τον τουρκικό ζυγό και μέχρι το 1922 η εκτέλεση τους σεδιάφορα μέρη της Ελλάδος ήταν έργο κυρίως ευπόρων ιδιωτών.

Ο ρόλος του γεωλόγου στην εκτέλεση των υδρογεωτρήσεων είναι ο ακόλουθος:

α) Πριν από την έναρξη των εργασιών: Προσδιορίζει το σημείο ανορύξεως κάθε γεωτρήσεως, καθορίζει τις προδιαγραφές καθεμιάς και υποδεικνύει το είδος του γεωτρήπανου που πρέπει να χρησιμοποιηθεί (κρουστικό, περιστροφικό

β) Κατά την εκτέλεση της γεωτρήσεως: ως επιβλεπων αποφασίζει, βάσει των στοιχείων διατρήσεως το βάθος στο οποίο θα σταματήσει η γεώτρηση. Προσδιορίζει τούς διατρηθέντες σχηματισμούς και τα υδροφόρα, ερμηνεύει και συσχετίζει τα διαγράμματα των γεωφυσικών διασκοπήσεων με τα λοιπά διατρητικά στοιχεία και συντάσσει τη γεωλογική τομή. Καθορίζει τη διάμετρο και το βάθος τόσο της διευρύνσεως της οπής όσο και της σωληνώσεως, επίσης τις ακριβείς θέσεις και το άνοιγμα των σχισμών των φίλτρων. Ομοίως καθορίζει τον τρόπο χαλικώσεως το μέγεθος και την ποιότητα των χαλίκων, καθώς επίσης το βάθος και τον τρόπο τσιμεντώσεως για την απομόνωση ανεπιθύμητων υδροφόρων. Τέλος, αποφασίζει την αποπεράτωση της αναπτύξεως παρακολουθώντας την πρόοδο αυτής **(εικ.27)**.

Μετά την αποπεράτωση της γεωτρήσεως. Καθορίζει το πρόγραμμα και τη διάρκεια της δοκιμαστικής αντλήσεως (το βάθος τοποθέτησεως της αντλίας, τη συχνότητα μετρήσεως των παροχών και της στάθμης αντλήσεως).

Μετά το τέλος της δοκιμαστικής αντλήσεως επεξεργάζεται τα ληφθέντα στοιχεία και προτείνει την εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεωτρήσεως και την αντίστοιχη στάθμη αντλήσεως.



**Εικόνα 27.** Γεωλόγος κάνει επίβλεψη κατά την διάνοιξη γεώτρησης

### **ι) Κατασκευαστικά στοιχεία υδρογεώτρησης**

Η γεώτρηση δεν είναι μια απλή τρύπα στο έδαφος που θα μας δώσει το νερό. Πολλοί παράγοντες είναι εκείνοι που θα μπορούσαν να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά την κατασκευή (ανόρυξη) μιας γεώτρησης. Η διάρκεια ζωής της είναι σχετικά μικρή, και εξαρτάται κυρίως από τη σύσταση των πετρωμάτων και την ποιότητα του νερού .

Κύρια στοιχεία που θα μπορούσαν να επιδράσουν πάνω στην *ποιότητα* μιας γεώτρησης είναι:

**A)** Ο ίδιος ο γεωτροπανιστής. Πολλά πράγματα μπορούν να εξαρτηθούν από την ικανότητα, εμπειρία και την επιμέλεια του προσώπου που χειρίζεται το γεωτρύπανο.

**B)** Το γεωτρύπανο. Η κατάσταση λειτουργίας όλων των μηχανημάτων και εξοπλισμού που αποτελούν ή συνοδεύουν το γεωτρύπανο θα μπορούσαν από την πλευρά τους να επηρεάσουν την ποιότητα της γεώτρησης.

**Γ)** Τα υλικά και ο τρόπος σωλήνωσης.

**Δ)** Η διάμετρος της γεώτρησης.

**Ε)** Το πραγματικό βάθος της γεώτρησης.

**ΣΤ)** Η θέση των φίλτρων.

**Ζ)** Η ορθή εφαρμογή της μελέτης (όταν υπάρχει).

Η) Η τήρηση των νομικών διατάξεων που ισχύουν σε κάθε περίπτωση.

Θ) Ο καθαρισμός και η λήψη στοιχείων της άντλησης.

Ι) Ότι άλλο θα μπορούσε να επηρεάσει την ποιότητα του έργου.

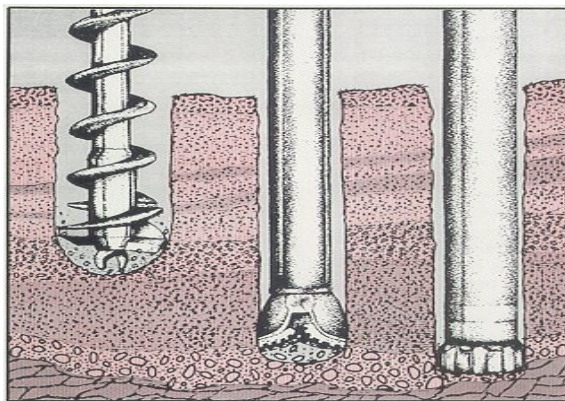
### Επιλογή γεωτρύπανου

Για την κατασκευή των γεωτρήσεων χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση τα κατάλληλα γεωτρύπανα. Τα γεωτρύπανα διακρίνονται σε κρουστικά και περιστροφικά.

Τα κρουστικά γεωτρύπανα πλεονεκτούν σε γεωτρήσεις που γίνονται, σε βραχώδη εδάφη, αλλά μειονεκτούν στην ανάγκη βοηθητικών σωληνώσεων και στη μικρή απόδοση τους σε προσχωσιγενή και γενικά σε μαλακά εδάφη.

Τα περιστροφικά γεωτρύπανα είναι ταχύτερα στη διάτρηση, κατά κύριο λόγο στα γαιώδη και προσχωσιγενή εδάφη και μπορούν να διανοίγουν απ' ευθείας γεωτρήσεις μεγάλων διαμέτρων.

Γι' αυτό το λόγο σήμερα χρησιμοποιείται σε ευρύτερη κλίμακα το περιστροφικό γεωτρύπαν (εικ.28). Το γεωτρύπανο που θα χρησιμοποιηθεί για την ανόρυξη μιας γεώτρησης θα πρέπει να είναι κατάλληλο για τον επιδιωκόμενο σκοπό.



**Εικόνα 28.** Τρία είδη γεωτρυπάνων. Κατα σειρά από δεξιά προς τα 'αριστερά περιστροφικό, περιστροφικό και κρουστικό, κρουστικό

Σαν **κύρια στοιχεία επιλογής**, που δεν είναι και τα μόνα, αναφέρονται τα παρακάτω:

- 1) Βασικό στοιχείο επιλογής του γεωτρύπανου είναι ο όσο το δυνατόν καλύτερος προσδιορισμός του είδους και μεγέθους της γεώτρησης που πρόκειται να κάνουμε.
- 2) Η δυνατότητα του γεωτρύπανου να διατρήσει όλα τα γεωλογικά στρώματα που θα συναντήσει κατά την ανόρυξη της γεώτρησης με την επιθυμητή διάμετρο και στο επιθυμητό βάθος.
- 3) Η ικανότητα καθαρισμού με αέρα όσο διαρκεί το άνοιγμα της γεώτρησης. Τούτο κρίνεται απαραίτητο σε περιπτώσεις αναμενόμενης μικρής υδροφορίας, όπου δεν εξασφαλίζεται., η δυνατότητα καθαρισμού με στροβιλοφόρο αντλία.
- 4) Η σαφής προσφορά του γεωτρύπανιστή περί του είδους της εργασίας που πρόκειται να εκτελέσει. Τόσο η προσφορά όσο και η κατ' επέκταση αυτής συμφωνία, πρέπει να περιλαμβάνουν τα εξής στοιχεία:
  - Το ελάχιστο και το μέγιστο βάθος.
  - Τη διάμετρο της οπής.
  - Τη διάμετρο του σωλήνα
  - Το υλικό του σωλήνα (πλαστικός ή σιδερένιος)
  - Αν ο σωλήνας είναι πλαστικός, επιβάλλεται διευκρίνηση ότι θα είναι κατάλληλος για γεώτρηση ορισμένων ατμοσφαιρών (9-12) και όχι αποχετεύσεων.
  - Αν είναι σιδηροσωλήνας γαλβανισμένος, πρέπει ν' αναφέρεται το πάχος, το γαλβάνισμα πριν ή μετά , η ύπαρξη ραφής ή όχι, και ο τρόπος σύνδεσης των σωλήνων μεταξύ τους
  - Οι θέσεις, ο αριθμός και το είδος των φίλτρων.
  - Η ποιότητα του υλικού που θ' αποτελέσει το χαλικόφιλτρο.
  - Η κατάσταση στην οποία θα παραδοθεί η γεώτρηση, από πλευράς καθαρισμού και δοκιμαστικής άντλησης
  - Ποιες είναι οι υποχρεώσεις τού πελάτη από τη στιγμή της έναρξης του έργου μέχρι και τη στιγμή της παράδοσης του.

## ii) Διάτρηση γεώτρησης

Η διάτρηση του εδάφους επιτυγχάνεται με τα γεωτρύπανα. Από αυτά, τα χειροκίνητα ανορύσσουν μικρής διαμέτρου και βάθους γεωτρήσεις και μόνο στα μαλακά εδάφη η δε άντληση του νερού λόγω της μικρής διαμέτρου της σωληνώσεως, γίνεται με οριζόντιες φυγόκεντρες αντλίες. Τα μηχανοκίνητα γεωτρύπανα, ανάλογα με την ισχύ του κινητήρα και της κατασκευής τους, είναι ικανά για ανορύξεις γεωτρήσεων μεγάλης διαμέτρου και βάθους σε εδάφη κάθε φύσεως.

### Πολτός διατρήσεως.

Η χρησιμοποίηση του πολτού κατά τη διάτρηση έχει σα σκοπό να εκτελεί τις παρακάτω ουσιώδεις λειτουργίες:

1. Καθαρίζει το βάθος της οπής ανυψώνοντας συνεχώς τα συντρίμματα του πετρώματος μέχρι την επιφάνεια του εδάφους.
2. Ψύχει και λιπαίνει τον κοπτήρα.
3. Προστατεύει τα τοιχώματα της διατρυόμενης οπής από καταπτώσεις σε περιπτώσεις διατρήσεως μαλακών, ασύνδετων σχηματισμών. Τούτο επιτυγχάνεται με το σχηματισμό μιας κρούστας από ιλύ γύρω από τα τοιχώματα της οπής (MUD CAKE). Η κρούστα απομονώνει την οπή από τα διατρηθέντα υδροφόρα στρώματα κατά τη διάρκεια της διατρήσεως.
4. Ασκεί μια κατάλληλη υδροστατική πίεση στα διατρυόμενα στρώματα. Βάθος των γεωτρήσεων .

Όπως προαναφέρθηκε, το βάθος διατρήσεως το καθορίζει ο γεωλόγος και κατά τη διάρκεια της επιβλέψεως της γεωτρήσεως αποφασίζει, με βάση τα προκύπτοντα στοιχεία αν θα φθάσει στο προκαθορισμένο ή θα συνεχιστεί η διάτρηση και πέρα από το προγραμματισμένο, ώστε να περατωθεί στο υπόβαθρο του ή των υδροφόρων της περιοχής.

Αν υπάρχουν άλλες γεωτρήσεις στο ίδιο υδροφόρο τα στοιχεία τους διευκολύνουν πάρα πολύ στον ορθό προγραμματισμό των νέων γεωτρήσεων.

Στις προσχωσιγενείς πεδιάδες της Χώρας μας, όπου ανορύσσεται το 90% περίπου των υδρογεωτρήσεων, το βάθος ποικίλλει από μερικές δεκάδες μέχρι 200 και μερικές φορές μέχρι 300 μέτρα. Οι αποθέσεις αυτές συνίστανται από χαλαρούς κυρίως



σχηματισμούς, η δε υδροφορία εντοπίζεται σε έναν ή περισσότερους επάλληλους ορίζοντες που αποτελούνται από άμμους, χάλικες και κροκάλες.

Σε περιπτώσεις διατρήσεως εναλλασσομένων στρωμάτων χονδρόκοκκων – λεπτόκοκκων είναι σκόπιμο η διάτρηση να προωθείται όσο το δυνατό βαθύτερα, ώστε να υδρομαστεύονται όσο το δυνατό περισσότεροι υδροφόροι ορίζοντες, αν όχι όλοι.

### **Προσδιορισμός (εντοπισμός) των υδροφόρων στρωμάτων.**

Κατά την εκτέλεση γεωτρήσεων με την κρουστική μέθοδο είναι πιο ευχερής ο εντοπισμός των διατρυομένων υδροφόρων στρωμάτων απ' ότι με την περιστροφική, διότι:

1. Είναι πιο ακριβής η λιθολογική περιγραφή των πετρωμάτων.
2. Κατά τη διάτρηση υδροφόρου στρώματος δημιουργείται στάθμη μέσα στη γεώτρηση. Εξάλλου η προσωρινή σωλήνωση που τοποθετείται για την προστασία της οπής από καταπτώσεις, απομονώνει τα υδροφόρα που προσδιορίστηκαν προηγουμένως και έτσι εντοπίζονται τα νέα.
3. Είναι δυνατή η κατά προσέγγιση εκτίμηση της δυναμικότητας κάθε υδροφόρου με άντληση.

Αντίθετα στην περιστροφική μέθοδο δεν είναι απλός ο εντοπισμός των διατρυομένων υδροφόρων, γιατί δεν είναι ευχερής ο ακριβής προσδιορισμός της λιθολογίας της γεωτρήσεως, ακόμη γιατί η δημιουργία της κρούστας στα τοιχώματα της οπής απομονώνει τα υδροφόρα.

Για τους παραπάνω λόγους, κατά τη διάτρηση με την περιστροφική μέθοδο, για τον εντοπισμό των υδροφόρων, πρέπει να γίνεται λεπτομερής και συνεχής δειγματοληψία των διατρυομένων πετρωμάτων και, όταν απαιτείται, να γίνεται αλλαγή κοπτήρα για τη λήψη πυρήνα πετρώματος

### **iii) Σωλήνωση γεώτρησης**

Με τη σωλήνωση επιτυγχάνεται η συγκράτηση των τοιχωμάτων της διατρήσεως και με τα φίλτρα εξασφαλίζεται η είσοδος του νερού από τα υδροφόρα στη γεώτρηση.

Η εκλογή της διαμέτρου της σωληνώσεως είναι συνάρτηση της διαμέτρου της αντλίας που θα εγκατασταθεί και με την οποία θα είναι δυνατό να ληφθεί η αναμενόμενη μέγιστη εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεωτρήσεως.

Η εντύπωση πολλών μη ειδικών ότι η παροχή μιας γεωτρήσεως είναι ευθέως ανάλογη της διαμέτρου της είναι εσφαλμένη, η δε κατασκευή τέτοιων γεωτρήσεων αποτελεί άσκοπη δαπάνη. Στην πραγματικότητα η αύξηση της διαμέτρου της σωληνώσεως μιας γεωτρήσεως επιφέρει μικρή μόνο αύξηση της παροχής.

Ο πίνακας δίνει τις παροχές μιας γεωτρήσεως για διάφορες διαμέτρους σωληνώσεων, για ακτίνα επιδράσεως 300 μέτρων και για την αυτή πτώση στάθμης.

Από τον παρακάτω πίνακα προκύπτει ότι γεώτρηση διαμέτρου π.χ. 12 ιντσών» δίνει παροχή 100κ.μ./ώρα ενώ άλλη με διπλάσια διάμετρο (24ιντσών») δίνει παροχή 1 κ.μ./ώρα δηλαδή μόνο κατά 10% μεγαλύτερη (**πιν.5**).

#### **ΠΙΝΑΚΑΣ 5.** Διάμετροι σωληνώσεων γεωτρήσεων ανάλογα με την παροχή

	<b>Διάμετροι σωληνώσεων γεωτρήσεων σε ίντσες</b>					
	<b>6»</b>	<b>8»</b>	<b>12»</b>	<b>18»</b>	<b>24»</b>	<b>36»</b>
<b>Παροχή σε m<sup>3</sup>/h</b>	<b>100</b>	<b>104</b>	<b>109</b>	<b>115</b>	<b>120</b>	<b>127</b>
		<b>100</b>	<b>105</b>	<b>111</b>	<b>116</b>	<b>123</b>
			<b>100</b>	<b>106</b>	<b>110</b>	<b>117</b>
					<b>100</b>	<b>106</b>
						<b>100</b>

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι μέχρι το βάθος τοποθέτησεως της κατάλληλης αντλίας απαιτείται ανάλογη διάμετρος σωληνώσεως, ενώ κάτω από το βάθος αυτό, για καθαρά λόγους οικονομίας, η διάμετρος της σωληνώσεως πρέπει να μειώνεται βάσει όμως των κανόνων της τεχνικής

Στον **πίνακα 6** δίνονται οι διάμετροι της σωληνώσεως των γεωτρήσεων και των στροβιλοφόρων αντλιών συναρτήσει της αντλούμενης παροχής.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.** Διάμετροι της σωληνώσεως των γεωτρήσεων και των στροβιλοφόρων αντλιών συναρτήσει της αντλούμενης παροχής.

Παροχή σε κμ/ωρ	Διάμετρος στροβίλου αντλίας σε ίντσες	Διάμετρος στήλης καταθλίψεως	Διάμετρος σωληνώσεως γεωτρήσεις σε ίντσες	
			μικρότερη	καλύτερη
5-15	3 5/8	2 1/2- 3	4	6
15-50	5 5/8	3-4	6	8
50-130	7 5/8	4-6	8	10
130-230	9 5/8	5-8	10	12
230-330	11 5/8	6-8	12	14
330-550	13 5/8	8-10	14	16
550-800	15 5/8	10-14 ;	16	20

## ν) Φίλτρα σωλήνωσης υδρογέωτρησης

Η επιτυχής κατασκευή μιας γεωτρήσεως εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος από την καλή εκλογή και τοποθέτηση των φιλτροσωλήνων.

Τα φίλτρα ως εκ του προορισμού τους έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά, τα σπουδαιότερα των οποίων είναι η επιφάνεια ανοίγματος των σχισμών τους, το σχήμα και οι διαστάσεις των σχισμών και τέλος η αντοχή των φιλτροσωλήνων.

### Επιφάνεια ανοίγματος των φίλτρων

Κατά απλή λογική το πορώδες των φίλτρων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το πορώδες του υδροφόρου, για να μη συμβαίνουν πρόσθετες απώλειες φορτίου κατά την κίνηση του νερού μέσα από αυτά.

Ως βάση εκτιμήσεως του ενδεδειγμένου πορώδους των φίλτρων παίρνουμε τη σχέση:

$$S = Q/u,$$

**S**= Η επιφάνεια ανοίγματος των φίλτρων σε τ.μ.,

**Q**= Η προβλεπόμενη αντλήσιμη παροχή σε κ.μ./ώρα, και

**U**= Η κρίσιμη ταχύτητα εισόδου του νερού στη γεώτρηση σε μ./ώρα.

Η ενεργός επιφάνεια των φίλτρων πρέπει να είναι διπλάσια της υπολογιζόμενης με τον παραπάνω τύπο, γιατί η μισή κατά μέσο όρο της συνολικής επιφάνειας των

σχισμών είναι ωφέλιμη, ενώ η υπόλοιπη κλείνει από το υλικό του υδροφόρου (Walton).

Το πορώδες των φιλτροσωλήνων πρέπει να είναι το μεγαλύτερο δυνατό, όχι όμως σε βάρος της αντοχής των σωλήνων. Τα βιομηχανικά φίλτρα έχουν πορώδες μεγαλύτερο από 10%. Φίλτρα με πορώδες μικρότερο από 4% πρέπει να θεωρούνται ακατάλληλα, ενώ εκείνα που έχουν ποσοστό πάνω από 20% θεωρούνται ιδανικά.

### **Σχήμα και άνοιγμα των σχισμών των φίλτρων.**

Η διατομή των σχισμών πρέπει να είναι σχήματος τραπεζίου με τη μεγαλύτερη βάση προς το εσωτερικό του σωλήνα, γιατί με την κατασκευή αυτή ελαττώνεται το ποσοστό εμφράξεως των σχισμών με κόκκους άμμου κατά την εργασία της αναπτύξεως. Παρακάτω δίνονται οι σπουδαιότεροι τύποι φίλτρων:

**Φίλτρα συνεχούς σχισμής (Johnson).** Οι σχισμές διατάσσονται παράλληλες μεταξύ τους οριζόντια και καθ' όλη την περιφέρεια του σωλήνα. Οι δακτύλιοι στηρίζονται σε κατακόρυφες ράβδους ή σε σωλήνα με κυκλικές τρύπες

**Φίλτρα διακεκομμένων σχισμών.** Οι σχισμές είναι μεμονωμένες, παράλληλες μεταξύ τους και προς τον άξονα του σωλήνα

**Γεφυρωτά φίλτρα.** Βελτιωμένη μορφή του παραπάνω τύπου. Παρουσιάζουν μεγαλύτερο πορώδες και οι επιφάνειες των σχισμών είναι προσανατολισμένες πλάγια ως προς τις γραμμές ροής του νερού.

**Φίλτρο με αμμώδη μανδύα.** Οι διαβαθμισμένοι κόκκοι της άμμου είτε είναι συγκολλημένοι μεταξύ τους γύρω από το φιλτροσωλήνα είτε αποτελούν γόμωση μεταξύ δύο ομοκέντρων φιλτροσωλήνων.

### **Θέσεις τοποθέτησεως των φίλτρων.**

Η παροχή μιας γεώτρησης για μια συγκεκριμένη πτώση στάθμης είναι η μεγαλύτερη, όταν έχουν τοποθετηθεί φίλτρα κατά μήκος όλων των διατρηθέντων υδροφόρων. Στην περίπτωση αυτή έχουμε ακτινωτή ροή του νερού από όλες τις διευθύνσεις του υδροφόρου προς τη γεώτρηση.

Στις γεωτρήσεις στις οποίες λαμβάνει χώρα μερική διάτρηση του υδροφόρου ή γίνεται μερική τοποθέτηση φίλτρων, μεταβάλλεται η ακτινωτή ροή του νερού. Στις περιπτώσεις αυτές η απόκλιση των γραμμών ροής σημαίνει διαδρομή του νερού μεγαλύτερη από εκείνη των συνθηκών ακτινωτής ροής. Αποτέλεσμα αυτού είναι η

εμφάνιση μεγαλύτερων απωλειών ενέργειας μέσα στο υδροφόρο στρώμα που σε τελευταία ανάλυση σημαίνουν μεγαλύτερη πτώση στάθμης του νερού στη γεώτρηση για δεδομένη παροχή. Η μαθηματική ανάλυση τέτοιων περιπτώσεων είναι υπερβολικά πολύπλοκη αν όχι αδύνατη. Παρακάτω δίνεται κατά Kozeny σχέση που αφορά μόνον αρτεσιανά ομοιογενή υδροφόρα:

$$\frac{Q}{Qm} = l * 1 + 7\sqrt{r/2ml} \sigma \nu \frac{\pi l}{2}$$

όπου:

**Q** = ειδική παροχή για μερικά συμπληρωμένη γεώτρηση

**Qm** = μέγιστη παροχή της γεωτρήσεως με πλήρη συμπλήρωση

**R** = ακτίνα της γεωτρήσεως

**M** = πάχος του υδροφόρου στρώματος

**L** = μήκος του φίλτρου ως ποσοστό του πάχους του υδροφόρου στρώματος.

## vi) Έλεγχος κατακορυφότητας και ευθυγραμμίσεως των γεωτρήσεων

**1<sup>η</sup> Μέθοδος** Η κατακορυφότητα μετριέται με ειδικά όργανα, τα φωτοκαθετόμετρα. Το όργανο (οβίδα) που κατεβαίνει στη γεώτρηση φέρει βασικά μια πυξίδα, ένα κλισίμετρο και μια ευπαθή φωτογραφική μηχανή ρυθμισμένη να φωτογραφίζει αυτόματα, σε τακτά χρονικά διαστήματα, την πυξίδα και το κλισίμετρο. Στις ασωλήνωτες γεωτρήσεις, είναι δυνατός ο προσδιορισμός της διεύθυνσεως και της αποκλίσεως, ενώ στις σωληνωμένες υπολογίζεται μόνο η παρέκκλιση.

**2<sup>η</sup> Μέθοδος** Η παρέκκλιση επίσης μετριέται από ένα όργανο του σχήματος θ, αυτό αποτελείται βασικά από ένα τρίποδα και μια κυλινδρική οβίδα (ή ένα τετράφυλλο πτερύγιο) με διάμετρο κατά 1/4 τής ίντσας μικρότερη από εκείνη της διαμέτρου της σωλήνωσης, της οποίας θέλουμε να ελέγξουμε την κατακορυφότητα .

Η οβίδα ή το πτερύγιο που κρέμεται από τον τρίποδα πρέπει να έχει αρκετό βάρος ώστε να κρατάει τεντωμένο το νήμα (μεταλλικό πάχους 1/8 της ίντσας).

Κατά την είσοδο της οβίδας στη σωλήνωση το νήμα φέρεται στο κέντρο της οπής της σωληνώσεως. Κατόπιν κατεβάζουμε την οβίδα μέχρι το πιθανό βάθος τοποθέτησης του αντλητικού συγκροτήματος, κατά ορισμένα διαστήματα 5 ή 10 μέτρων.

**3<sup>η</sup> Μέθοδος.** Ένας πρακτικός τρόπος διαπίστωσης της ευθυγραμμίας μιας γεώτρησης είναι η δυνατότητα διέλευσης από τη σωλήνωση ενός σωλήνα μήκους 12μ. περίπου και διαμέτρου κατά μισή ίντσα μικρότερης από εκείνη της εσωτερικής διαμέτρου της σωλήνωσης της γεώτρησης.

**4<sup>η</sup> Μέθοδος.** Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, μέσα στη γεώτρηση κρεμάμε ένα σωλήνα μήκους 10 – 12 μ. Διαμέτρου μικρότερης από εκείνη της σωλήνωσης κατά 15 -20 mm. Ο σωλήνας αυτός πρέπει να κινηθεί χωρίς εμπόδια μέσα στη γεώτρηση, ενώ το συρματόσχοινο ανάρτησης του δεν πρέπει να απομακρυνθεί αισθητά από την αρχική του θέση στο κέντρο της γεώτρησης (**εικ.29**).



**Εικόνα 29.** Έλεγχος κατακορυφότητας γεωτρήσεων

## 3.2 ANΤΛΙΕΣ

### **i) Γενικά στοιχεία**

Οι αντλίες, ως εργαλείο υποβοήθησης της προσπάθειας του ανθρώπου για καλύτερη της απόδοσης της γης, είναι γνωστές υπό διάφορες μορφές, από πολύ παλαιά.

Η προσπάθεια αυτή είχε σαν στόχο την μεταφορά από μία απόσταση σε άλλη ή από ένα επίπεδο σε άλλο ποσοτήτων νερού για κάλυψη αρδευτικών αναγκών. Στην αρχή ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείτο ήταν υποτυπώδης.

Με την πάροδο όμως του χρόνου και ειδικότερα με την βιομηχανική εξέλιξη κατά τους τελευταίους δύο αιώνες και την εμπειρία που εν τω μεταξύ είχε συσσωρευτεί, τα χρησιμοποιούμενα μέσα βελτιώθηκαν και από απλά δοχεία μεταφοράς μικρών ποσοτήτων νερού στην μονάδα του χρόνου, μετατράπηκαν σε αντλητικά συγκροτήματα μεταφοράς τεραστίων ποσοτήτων νερού σε μεγάλες αποστάσεις και κυρίως χωρίς την συνεχή καταβολή ανθρώπινου έργου.

Στον γεωργικό τομέα, οι ανάγκες μεταφοράς υγρών (κυρίως νερού) για την καλύτερη απόδοση των γεωργικών εκμεταλεύσεων στοχεύουν κυρίως στην άρδευση, αποστράγγιση, ύδρευση και αποχέτευση, χωρίς όμως να παραβλέπονται και άλλες βοηθητικές λειτουργίες.

### **ΕΝΝΟΙΕΣ – ΟΡΙΣΜΟΙ**

Υδροστατική πίεση  $P_v$  ονομάζεται η πίεση που ασκείται σε μία επιφάνεια  $F$  που βρίσκεται μέσα σε ένα υγρό, και οφείλεται στο βάρος του υγρού που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια  $F$ . Επομένως η υδροστατική πίεση είναι:

$$P_v = P/F$$

Εκφράζεται σε  $tn/m^2$  ή  $Kg/cm^2$ .

Στατικό ύψος  $h$  ενός σημείου που βρίσκεται μέσα σε ένα υγρό ονομάζεται η κατακόρυφος απόσταση του σημείου από την επιφάνεια του υγρού.

$$H = P_v/\gamma$$

όπου  $\gamma$  το ειδικό βάρος του υγρού.

Παροχή αγωγού ονομάζεται η ποσότητα του υγρού που ρέει μέσα από ένα αγωγό στη μονάδα του χρόνου. Συμβολίζεται με Q και δίδεται από τη σχέση :

$$Q = V/t \text{ (m}^3\text{/sec)}$$

όπου V ο όγκος και t ο χρόνος, ή  $Q = F \cdot u$  όπου F η διατομή και u η ταχύτητα.

Υδραυλικό κτύπημα ή κτύπος κριού προκαλείται αν διακόψουμε απότομα τη ροή υγρού μέσα σε ένα αγωγό, οπότε η ταχύτητα μηδενίζεται» και η κινητική ενέργεια του υγρού μετατρέπεται σε δυναμική, με αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της πίεσης που προκαλεί ισχυρή κρούση στο σωλήνα. Η κρούση αυτή είναι δυνατόν να προκαλέσει ακόμη και θραύση του σωλήνα ή άλλες ζημιές στο αντλητικό συγκρότημα. Αντιμετωπίζεται με την προοδευτική διακοπή της. Ροής ή την τοποθέτηση αεροκώδωνα που απορροφά την κρούση και καθιστά ομαλή τη ροή του υγρού.

Ροή υγρών μέσα σε αγωγούς. Διακρίνεται σε ομαλή ή παράλληλη ροή και σε τυρβώδη ή στροβιλώδη ροή. Οφείλεται στις δυνάμεις εσωτερικής τριβής του υγρού σε σχέση με τα τοιχώματα του αγωγού. Στην τυρβώδη ροή η τελική ταχύτητα του υγρού είναι μικρότερη από ότι στην παράλληλη ροή, εξ αιτίας των τριβών των μορίων του υγρού επί των τοιχωμάτων του αγωγού. Όσο πιο μικρό βαθμό τραχύτητας της εσωτερικής επιφάνειας του αγωγού έχουμε, τόσο μικρότερες είναι οι απώλειες λόγω τριβών.

Αντιστάσεις και απώλειες σε αγωγούς υπό πίεση.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το σύνολο των αντιστάσεων μέσα σε ένα αγωγό είναι πολλοί. Οι κυριότεροι είναι οι εξής:

- Αντιστάσεις λόγω τριβών του υγρού και της στροβιλώδους ροής αυτού, που εξαρτώνται από την θερμοκρασία του υγρού, την ταχύτητα ροής αυτού, την τραχύτητα της εσωτερικής επιφάνειας του σωλήνα και το ιξώδες του υγρού.
- Αντίσταση λόγω απότομης αύξησης ή μείωσης της διατομής του αγωγού.
- Αντιστάσεις λόγω αλλαγής διεύθυνσης του αγωγού.
- Αντιστάσεις λόγω παρεμβολής διαφόρων εξαρτημάτων και οργάνων.



### **Ολικό Μανομετρικό ύψος αντλίας.**

Το ολικό Μανομετρικό ύψος μιας αντλίας προκύπτει από το γεωμετρικό ύψος, δηλ. την υψομετρική διαφορά ανάμεσα στην επιφάνεια του νερού που αντλούμε, και το τελικό σημείο εκροής, και το πρόσθετο μανομετρικό ύψος που προκύπτει από την τριβή του υγρού στον σωλήνα.

$$H_{\text{μανομ}} = H_{\text{γεωμ.}} + H_{\text{τριβών}}$$

Το μανομετρικό ύψος τριβών έχει σχέση με το μήκος του σωλήνα, το είδος αυτού (υλικό), την ποιότητα κατασκευής του, των αριθμό των εξαρτημάτων στο δίκτυο, τη διάμετρο, κ.λπ.

Το ολικό μανομετρικό ύψος είναι κύριος παράγοντας επηρεασμού της ελάχιστης ωφέλιμης ισχύος του κινητήρα, η οποία δίδεται από τη σχέση:

$$N = (Q * H) / (270 * \eta) \quad (\text{σε HP}).$$

Στην πράξη ο κινητήρας πρέπει να έχει ωφέλιμη ισχύ κατά 20 % μεγαλύτερη από τη ζητούμενη, ώστε να εργάζεται ασφαλώς και να μην δίδει το 100 % της ισχύος, γεγονός που θα οδηγούσε σε κόπωση, φθορές, κ.λπ.

Συνεπώς η απορροφώμενη ισχύς του κινητήρα πρέπει να είναι :

$$N_{\omega\phi} = N_{\text{απορ.}} * \eta$$

(όπου  $\eta$  = βαθμός απόδοσης του κινητήρα).

Το μανομετρικό ύψος της αντλίας (εκεί που μηδενίζεται η παροχή) δίδεται από τη σχέση

$$H_o = (D * n / 84)$$

Όπου  $n$  = στροφές ανά λεπτό,

$D$  = διάμετρος φτερωτής σε μέτρα.

**H σπηλαιώση.** Το φαινόμενο της σπηλαιώσης παρουσιάζεται όταν η απόλυτη πίεση του υγρού που αναρροφάται φθάσει ή κατέβει κάτω από την πίεση εξατμίσεως του που αντιστοιχεί στην θερμοκρασία κατά τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Έτσι, προκαλείται εξάτμιση του υγρού που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία

φυσσαλίδων που διακόπτουν τη συνέχεια της ροής του υγρού . Όταν οι φυσσαλίδες αυτές κατά την κίνησή τους προς την έξοδο, και λόγω αλλαγής της σχέσης Πίεσης-Ταχύτητας, συμπυκνούνται απότομα και δημιουργούν κενό το οποίο σπεύδει να καλύψει το υγρό, με συνέπεια να προσκρούει στα πτερύγια του στροφείου και να παραμορφώνει την επιφάνεια του ή να αφαιρεί υλικό και να δημιουργεί εσοχές.

## ii) Αντλητικό συγκρότημα

Αντλητικό συγκρότημα καλούμε κάθε συνδιασμο συσκευών-μηχανημάτων που μπορεί να μεταφέρει αυτοδύναμα ποσότητες υγρών (κυρίως νερού) από ένα σημείο σε άλλο. Τα βασικά στοιχεία του αντλητικού συγκροτήματος είναι: **(εικ.30)**.

- Ο κινητήρας (ηλεκτροκινητήρας, βενζινοκινητήρας, πετρελαιοκινητήρας, κ.λπ)
- Η αντλία.
- Το δίκτυο των σωληνώσεων (αναρρόφηση και κατάθλιψη) με όλα τα απαιτούμενα εξαρτήματα και όργανα ελέγχου.

### A. ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ

Το δίκτυο της αναρρόφησης αποτελείται από τμήμα σωλήνωσης, την ποδοβαλβίδα, το φίλτρο, και τα τυχόν όργανα ελέγχου ροής (διακόπτες, θλιβόμετρα, κ.λπ).

Η αναρρόφηση του υγρού πραγματοποιείται με την δημιουργία κενού κατά την περιστροφή του στροφείου της αντλίας εντός του κελύφους. Η δημιουργία δηλαδή διαφοράς πίεσεως μεταξύ της σωλήνωσης αναρρόφησης και της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού έχει σαν συνέπεια την είσοδο του υγρού μέσα στον σωλήνα αναρρόφησης, λόγω ακριβώς της διαφοράς πίεσεως που δημιουργείται μεταξύ των δύο χώρων. Έτσι το υγρό κινείται από ένα χώρο με υψηλότερη πίεση σε ένα χώρο με χαμηλότερη πίεση, δηλαδή προς τον θάλαμο αναρρόφησης της αντλίας. Θεωρητικά, η διαφορά πίεσεως μεταξύ των δύο χώρων είναι δυνατόν να φθάσει μέχρι μία ατμόσφαιρα, ήτοι να πετύχουμε το τέλειο κενό. Στην πράξη αυτό είναι αδύνατο να το πετύχουμε. Έτσι το μέγιστο θεωρητικό ύψος από το οποίο μπορούμε να αναρροφήσουμε ένα υγρό είναι 10,33 μ. ενώ το μέγιστο πραγματικό ύψος αναρρόφησης είναι περίπου 7,0 μ. που είναι και η πραγματική ικανότητα αναρρόφησης της αντλίας.

Οι λόγοι που επηρεάζουν την ικανότητα αναρρόφησης της αντλίας, είναι οι κάτωθι:

α) Η Θερμοκρασία του υγρού. Η υψηλή θερμοκρασία του υγρού σε συδυασμό με την υποπίεση που επικρατεί στην αναρρόφηση, διευκολύνει την εξάτμιση του υγρού και δημιουργούνται ατμοί οι καταλαμβάνουν χώρο και εμποδίζουν την αναρρόφηση. Όσον μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του υγρού τόσο δυσκολότερη είναι η αναρρόφηση του. Το φαινόμενο αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση της αντλίας όσον το δυνατόν πιο κοντά στη στάθμη αναρρόφησης του υγρού οπότε το στατικό ύψος αναρρόφησης είναι μικρότερο.

Β) Το ειδικό βάρος του υγρού. Όσο ελαφρότερο είναι το υγρό, τόσο ευκολότερη είναι η αναρρόφηση του, διότι είναι μικρότερο και το βάρος του υγρού που περιέχεται στη στήλη .

γ) Οι βαλβίδες, διακόπτες, κ.λπ. Τα εξαρτήματα αυτά δημιουργούν αντιστάσεις στη ροή του υγρού και επομένως μειώνουν την ικανότητα της αντλίας προς άντληση.

Δ) Η στεγανότητα του δικτύου αναρρόφησης. Όσο καλύτερη στεγανότητα επιτυγχάνουμε στο δίκτυο αναρρόφησης τόσο ευχερέστερη είναι η αναρρόφηση του υγρού

ε) Το ιξώδες του υγρού. Ο βαθμός ρευστότητας του υγρού επηρεάζει και την ικανότητα αναρρόφησης του; Καθόσον τα περισσότερα ρευστά υγρά αναρροφώνται καλύτερα από την αντλία

στ) Οι αντιστάσεις στο δίκτυο αναρρόφησης. Όσον μικρότερες αντιστάσεις έχουμε στο δίκτυο αναρρόφησης τόσο ευκολότερη είναι η αναρρόφηση του υγρού. Αύξηση της διαμέτρου του σωλήνα αναρρόφησης σημαίνει αντίστοιχη μείωση των αντιστάσεων και αντιστρόφως.

Ζ) Τα κατασκευαστικά «χαρακτηριστικά της αντλίας. Η ποιότητα κατασκευής της αντλίας, τα διάκενα μεταξύ των εξαρτημάτων της, ο αριθμός στροφών αυτής, είναι λόγοι μείωσης του τελικού ύψους αναρρόφησης της αντλίας.

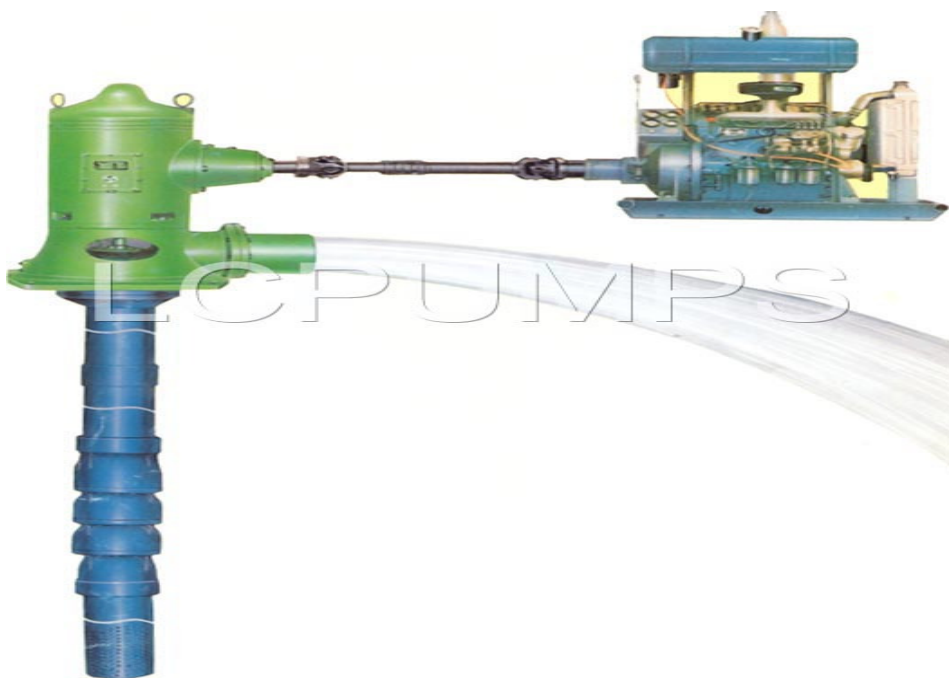
## **B. ΚΑΤΑΘΛΙΨΗ**

Το ύψος κατάθλιψης θεωρητικά είναι απεριόριστο, στην πράξη όμως εξαρτάται από το είδος της αντλίας, τα ειδικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της αντλίας, και τις αντιστάσεις στις σωληνώσεις του δικτύου κατάθλιψης. .

Μεγάλες πιέσεις κατάθλιψης μπορούμε να πετύχουμε με εμβολοφόρες αντλίες, ή περιστροφικές. Οι φυγόκεντρες αντλίες έχουν μέγιστη πίεση κατάθλιψης 10 At, ,

μειονέκτημα που αντιμετωπίζεται με την προσθήκη περισσότερων βαθμίδων κατάθλιψης (πολυβάθμιες φυγοκεντρικές αντλίες).

Το αντλητικό συγκρότημα μπορεί να είναι μόνιμα εγκαταστημένο σε ένα μέρος (πακτωμένο πάνω σε μόνιμη βάση από Beton) ή να είναι μεταφερόμενο πάνω σε μεταλλική βάση η οποία ρυμουλκείται από κάποιο μηχάνημα, ή τέλος να φέρεται μόνιμα πάνω σε γεωργικό μηχάνημα (τρακτέρ ή άλλο) και να παίρνει απ' ευθείας κίνηση από τον δυναμοδότη αυτού (P.T.O.). Η κίνηση του άξονα της αντλίας μέσω ιμάντων από ανεξάρτητο κινητήρα (ή όχημα) παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες και τείνει να εξαληφθεί.



**Εικόνα 30.** Αντλία με πετρελαιοκινητήρα

### **iii) Κατάταξη αντλιών**

#### **ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ**

Οι φυγοκεντρικές αντλίες διαφέρουν από τις περιστροφικές, ως προς τον τρόπο με τον οποίο καταθλίβουν το υγρό. Δηλαδή οι ανωτέρω αντλίες προσδίδουν- στο. Υγρό. Μία κινητική ενέργεια, ήτοι ταχύτητα, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε πίεση.

Διακρίνονται σε ακτινικής ροής, όταν το υγρό κινείται από τον άξονα του στροφείου προς την περιφέρεια αυτού λόγω της φυγοκέντρου δύναμews, και σε αξονικής ροής, όταν το υγρό κινείται παράλληλα προς άξονα κίνησης αυτής.

Βασικές κατηγορίες των ανωτέρω αντλιών είναι:

- Ελικόφρακτες & Στροβιλοφυγόκεντρες.
- Μονοβάθμιες, Διβάθμιες και Πολυβάθμιες.
- Οριζόντιες, Κάθετες και Κεκλιμένες.
- Πετρελαιοκίνητες, Ηλεκτροκίνητες και Υδραυλικής ενέργειας.

Κάθε ένας από τους ανωτέρω τύπους έχει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του και χρησιμοποιείται ανάλογα με την περίπτωση. Υλικά κατασκευής των είναι ο σίδηρος, ο ορείχαλκος, χάλυβας, και σε ειδικές περιπτώσεις και ο ανοξείδωτος χάλυβας. Χρησιμοποιούνται πολύ στις γεωργικές εγκαταστάσεις, ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι φυγοκεντρικές αντλίες βαθέων υδάτων (οι λεγόμενες πομώνες).

## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΑΞΟΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ**

Η ροή των αντλιών αυτών επιτυγχάνεται λόγω της φυγόκεντρης δύναμης. Αποτελείται από τη βάση στήριξης, το κέλυφος και το στροφείο (ή πτερωτή) που περιστρέφεται μέσα στο κέλυφος. Αναρροφά το υγρό από το κέντρο της και το καταθλίβει προς την περιφέρεια. Η διάμετρος του οχετού ανρρόφησης είναι λίγο» μεγαλύτερη από τη διάμετρο του οχετού κατάθλιψης. Το υγρό εισέρχεται σε αυτή λόγω του κενού που δημιουργείται κατά την περιστροφή του στροφείου. Καθώς το υγρό εισέρχεται στο στροφείο, εκτινάσσεται προς την περιφέρεια λόγω της φυγοκέντρου δύναμews, και δια του διακένου που υπάρχει μεταξύ στροφείου και κελύφους, οδηγείται στην έξοδο-κατάθλιψη. Επειδή η αναρρόφηση της αντλίας στηρίζεται στην δημιουργία κενού, είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει καλή στεγανότητα του στροφείου με το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό στο σημείο εξόδου του άξονα κίνησης του στροφείου από το κέλυφος, υπάρχουν στυπιοθλίπτες που εξασφαλίζουν την απαιτούμνη στεγανότητα.

Το κέλυφος της αντλίας σχηματίζει οχετό προοδευτικά αυξανόμενου όγκου καθώς προχωρούμε προς το σημείο εξόδου του υγρού (κατάθλιψη), λόγω της έκκεντρης τοποθέτησης του άξονα του στροφείου ως προς τον άξονα του κελύφους. Στην

έξοδο του υγρού από το κέλυφος ελλατούται η ταχύτητα και αυξάνει η πίεση του υγρού. Για την κίνηση του άξονα της αντλίας χρησιμοποιείται βενζινοκινητήρας, πετρελαιοκινητήρας ή ηλεκτροκινητήρας που δίνει κίνηση στον άξονα αυτής είτε ως ευθείας είτε μέσω ιμάντων **(εικ.31)**.

Μέγιστο θεωρητικό ύψος αναρρόφησης είναι τα 10,33 μέτρα εφόσον επιτύχουμε το απόλυτο κενό, (όσο είναι και η ατμοσφαιρική πίεση μετρούμενη σε ύψος στήλης ύδατος) ενώ στην πράξη το ύψος αυτό δεν ξεπερνά τα 7 μέτρα. Η ανωτέρω διαφορά οφείλεται στις τριβές του υγρού στο δίκτυο αναρρόφησης (βαλβίδες, φίλτρα, σωλήνωση) την ποιότητα κατασκευής της αντλίας, αλλά και άλλους παράγοντες.

Η αρχική αναρρόφηση υγρού στο δίκτυο είναι δυσχερής λόγω του αέρα που υπάρχει σε αυτό, ενώ μετά την έναρξη αναρρόφησης υγρού η λειτουργία της είναι κανονική. Μπορούμε να αμβλύνουμε το πρόβλημα με την τοποθέτηση ειδικής ποδοβαλβίδας στην αρχή του δικτύου, αμέσως μετά το φίλτρο, η οποία εγκλωβίζει υγρό στην σωλήνωση της αναρρόφησης και την κρατά γεμάτη, χωρίς ύπαρξη αέρα σ αυτήν, ώστε με την εκκίνηση η αντλία να αναρροφά αμέσως υγρό.

Οι ανωτέρω αντλίες κατασκευάζονται σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών, αλλά σημαντικότερο ρόλο στην απόδοση αυτών έχουν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά αυτών αλλά και η τελειότητα της κατασκευής των.



**Εικόνα 31.** Φυγοκεντρική αντλία με οριζόντιο άξονα περιστροφής

## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΞΟΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ**

Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται κατά κόρον στη γεωργία, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν συγκριτικά με άλλου τύπου αντλίες.

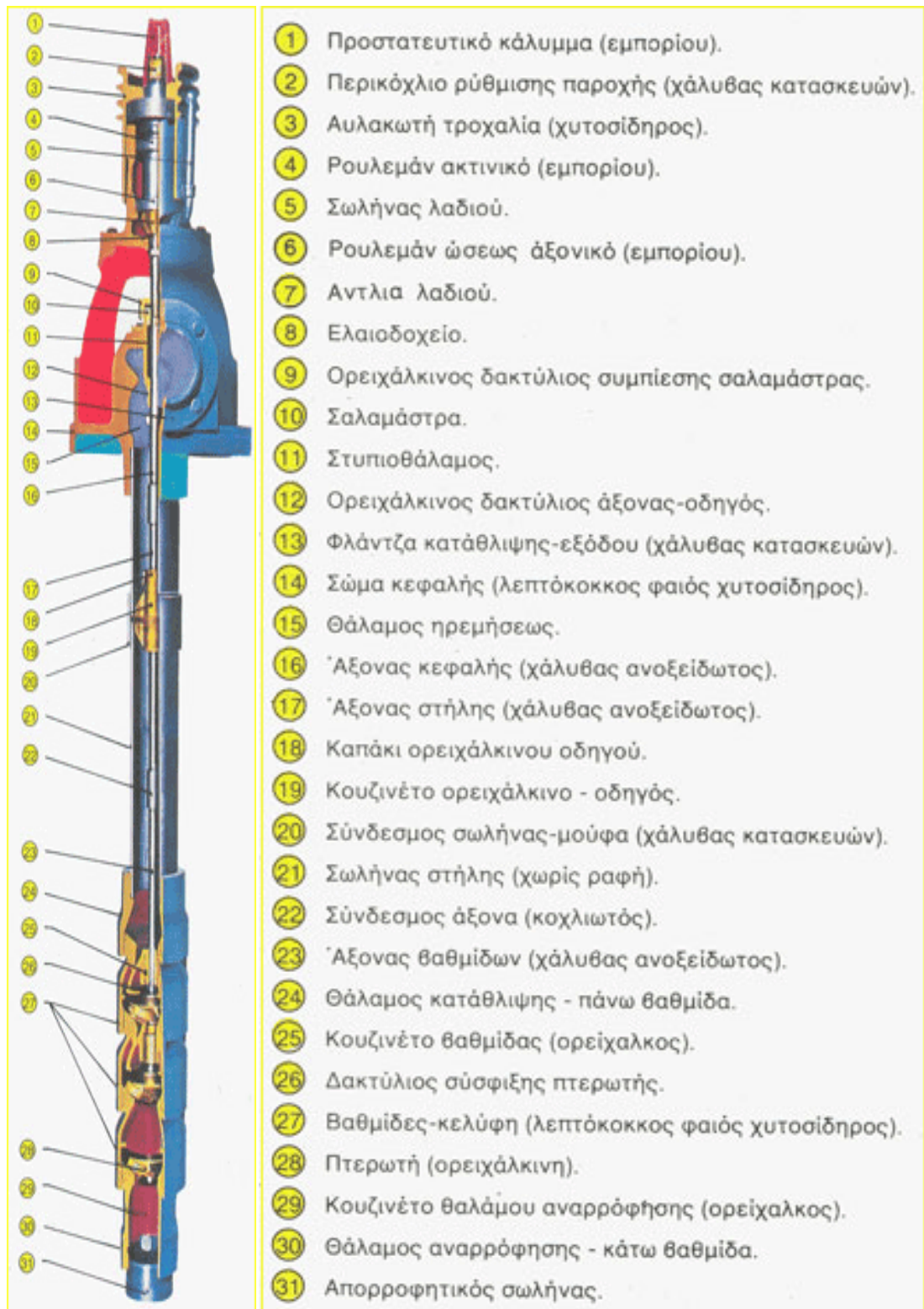
Αναλυτικότερα, στον ανωτέρω τύπο η αντλία βρίσκεται μέσα στο αναρροφόμενο υγρό, σε σημαντικό βάθος (που εξαρτάται από βάθος στο οποίο βρίσκεται αυτό), και συνδέεται με τον κινητήρα (ντηζελοκινητήρα, βενζινοκινητήρα ή ηλεκτροκινητήρα) ο οποίος βρίσκεται στην επιφάνεια, με άξονα. Για τον παραπάνω λόγω οι αντλίες αυτές όταν τοποθετούνται σε γεωτρήσεις, είναι απαραίτητο η οπή της γεώτρησης να είναι κατακόρυφη, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος στρέβλωσης ή και θραύσης του άξονα μετάδοσης κίνησης. Η παροχή που επιτυγχάνεται με τις ανωτέρω αντλίες είναι υψηλή καθώς και η παρεχόμενη πίεση, λόγω του ότι υπάρχει δυνατότητα χρήσης πολυβάθμιων αντλιών. Η λειτουργία τους είναι ίδια με τις προηγούμενες αντλίες. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι το ότι η κατάθλιψη της πρώτης βαθμίδας αποτελεί αναρρόφηση της δεύτερης, και ούτω καθεξής (**εικ.32**).

**Πλεονεκτήματα** των αντλιών αυτών είναι:

- Μπορούν να αντλήσουν μεγάλες ποσότητες νερού.
- Μπορούν να μεταφέρουν το νερό σε μεγαλύτερο μανομετρικό ύψος.
- Έχουν σχετικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης.
- Μπορούν να λειτουργήσουν συνδεδεμένες με ανεξάρτητες κινητήριες μηχανές σε περίπτωση που δεν υπάρχει ηλεκτροδότηση.
- Μπορούν να ανλούν νερού που περιέχει ποσότητες ξένων υλικών (λάσπη, άμμο).

**Μειονεκτήματά** τους είναι:

- Δεν μπορούν να αντλήσουν σχετικά μικρές ποσότητες νερού (περίπου 8 κυβ. μέτρα ανα ώρα). ,
- Έχουν μεγάλο κόστος προμήθειας και εγκατάστασης.
- Έχουν σημαντικό κόστος συντήρησης.
- Σε περίπτωση που η αντλία αποσυνδεθεί από τον άξονα μετάδοσης κίνησης, δεν υπάρχει τρόπος ανέλκυσης της αντλίας και συνεπώς η γεώτρηση καταστρέφεται



- ① Προστατευτικό κάλυμμα (εμπορίου).
- ② Περικόχλιο ρύθμισης παροχής (χάλυβας κατασκευών).
- ③ Αυλακωτή τροχαλία (χυτοσίδηρος).
- ④ Ρουλεμάν ακτινικό (εμπορίου).
- ⑤ Σωλήνας λαδιού.
- ⑥ Ρουλεμάν ώσεως άξονικό (εμπορίου).
- ⑦ Αντλία λαδιού.
- ⑧ Ελαιοδοχείο.
- ⑨ Ορειχάλκινος δακτύλιος συμπίεσης σαλαμάστρας.
- ⑩ Σαλαμάστρα.
- ⑪ Στυπιοθάλαμος.
- ⑫ Ορειχάλκινος δακτύλιος άξονας-οδηγός.
- ⑬ Φλάντζα κατάθλιψης-εξόδου (χάλυβας κατασκευών).
- ⑭ Σώμα κεφαλής (λεπτόκοκκος φαιός χυτοσίδηρος).
- ⑮ Θάλαμος ηρεμήσεως.
- ⑯ Άξονας κεφαλής (χάλυβας ανοξειδωτος).
- ⑰ Άξονας στήλης (χάλυβας ανοξειδωτος).
- ⑱ Καπάκι ορειχάλκινου οδηγού.
- ⑲ Κουζινέτο ορειχάλκινο - οδηγός.
- ⑳ Σύνδεσμος σωλήνας-μούφα (χάλυβας κατασκευών).
- ㉑ Σωλήνας στήλης (χωρίς ραφή).
- ㉒ Σύνδεσμος άξονα (κοχλιωτός).
- ㉓ Άξονας βαθμίδων (χάλυβας ανοξειδωτος).
- ㉔ Θάλαμος κατάθλιψης - πάνω βαθμίδα.
- ㉕ Κουζινέτο βαθμίδας (ορείχαλκος).
- ㉖ Δακτύλιος σύσφιξης πτερωτής.
- ㉗ Βαθμίδες-κελύφη (λεπτόκοκκος φαιός χυτοσίδηρος).
- ㉘ Πτερωτή (ορειχάλκινη).
- ㉙ Κουζινέτο θαλάμου αναρρόφησης (ορείχαλκος).
- ㉚ Θάλαμος αναρρόφησης - κάτω βαθμίδα.
- ㉛ Απορροφητικός σωλήνας.

**Εικόνα 32.** Μέρη που αποτελείται μια φυγοκεντρική αντλία με κατακόρυφο άξονα



## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΒΡΥΧΕΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΑΝΤΛΙΩΝ**

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται στην αναρρόφηση των φυγοκέντρων αντλιών αντιμετωπίζονται με τη χρήση ηλεκτραντλιών ή υποβρυχίων αντλιών. Οι ανωτέρω αντλίες είναι ηλεκτροκίνητες και φέρουν ενσωματωμένη μονοβάθμια ή πολυβάθμια αντλία, αποτελούνται δηλαδή από ζεύγος κινητήρα — αντλίας, σε κατακόρυφη συνήθως διάταξη, σε σχετικές μικρές διαμέτρους.

Για την άντληση ακαθάρτων υγρών, κατασκευάζονται και υποβρύχιες αντλίες με ανοικτές φτερωτές με σχετικά μεγάλη διάμετρο.

Ο βαθμός απόδοσης των ανωτέρω αντλιών κυμαίνεται από 50 % έως 70 %. Η ανακρέμαση γίνεται με ανοξείδωτο συρματοσχοινο ή νάυλον σχοινί στο οποίο αναρτάται η ηλεκτραντλία και ταυτόχρονα είναι δυνατόν να στηρίζεται και ο σωλήνας κατάθλιψης. Η εξαγωγή- όταν απαιτείται — γίνεται με τον ίδιο τρόπο. Δεν απαιτούν βαλβίδα αναρρόφησης διότι βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του νερού και η είσοδος αυτού στην αντλία γίνεται με τη βαρύτητα (**εικ.33**).

### ***Πλεονεκτήματα:***

- Εύκολη εγκατάσταση.
- Δεν απαιτούνται όργανα ελέγχου λειτουργίας.
- Μπορούν να αντλούν νερό και σε μικρές ποσότητες (από 0,5 έως 8 κυβ. μέτρα ανά ώρα).
- Δεν έχουν ανάγκη τακτικής συντήρησης.
- Έχουν σχετικά μικρό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης.
- Μπορούν να αξιοποιούν γεωτρήσεις μικρής διαμέτρου ή γεωτρήσεις με παρέκλιση.

### ***Μειονεκτήματα:***

- Έχουν μικρή παροχή ( από 0,5 έως 8 κυβ. μέτρα ανά ώρα περίπου).
- Απαιτείται συχνός έλεγχος της εγκατάστασης, διότι όταν για οποιονδήποτε λόγο αποκοπεί το μέσο συγράτησης δεν είναι δυνατή η ανέλκυση τους.
- Παρουσιάζουν ευαισθησία στην καθαρότητα του αντλούμενου νερού, διότι υπάρχει κίνδυνος πέδησης ( φρακάρισμα) από την εισαγωγή άμμου ή ταχείας καταστροφής αυτής.



**Εικόνα 33.** Υποβρύχειες ηλεκτραντλίες

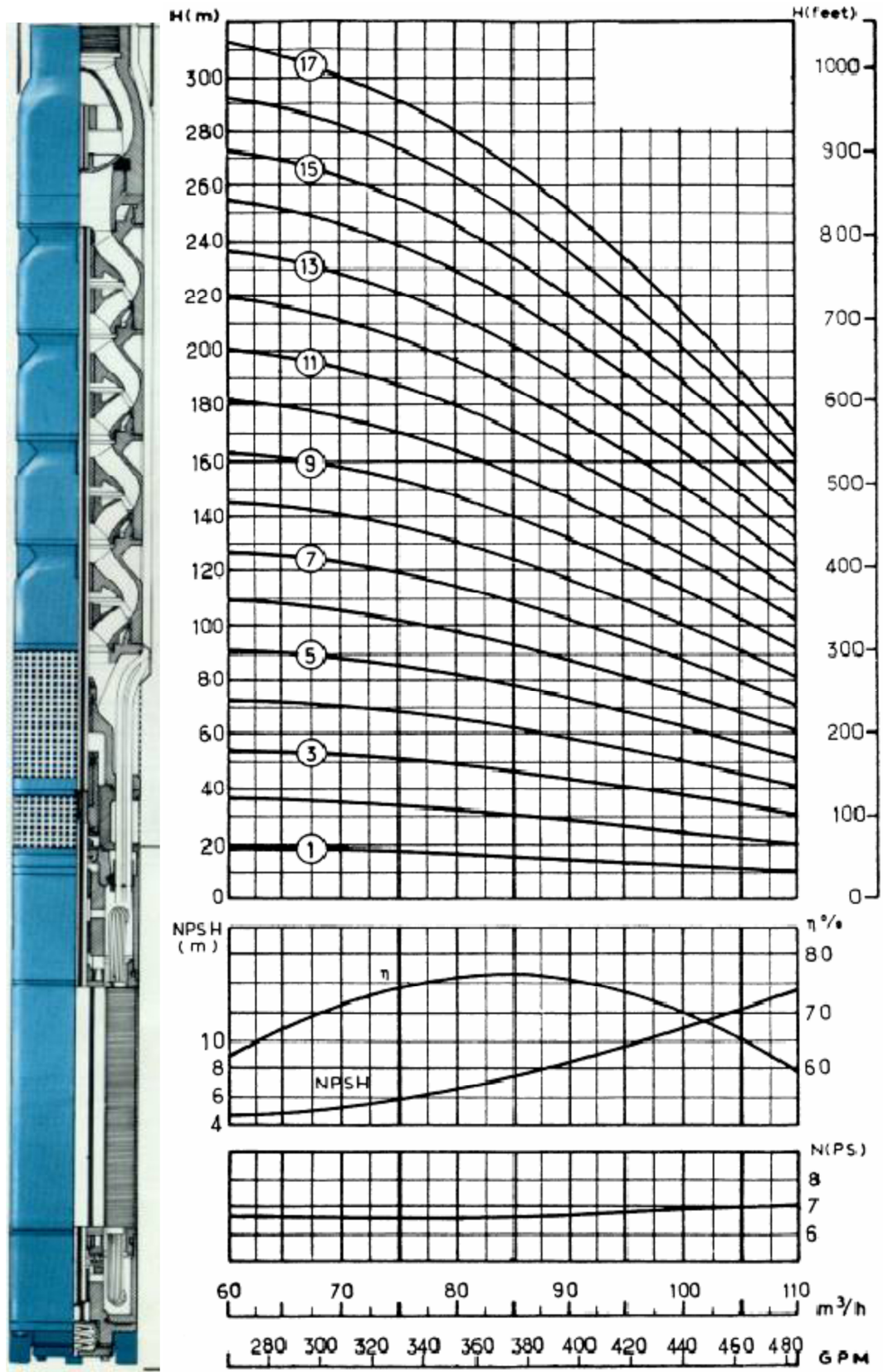
#### **iv) Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας αντλιών**

Τα λειτουργικά δεδομένα των περιστροφικών αντλιών εκτοπίσεως και των φυγοκέντρων αντλιών, δίδονται συνήθως από τους κατασκευαστές υπό μορφή διαγραμμάτων, στα οποία χαράσσονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας των.

Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των αντλιών είναι η *παροχή, το μανομετρικό ύψος, η ταχύτητα περιστροφής (στροφές ανά λεπτό), η απόδοση, η ιπποδύναμη, κ.λπ.*

Στα ανωτέρω διαγράμματα φαίνονται οι μεταβολές των μεγεθών αυτών συναρτήσει κάποιου άλλου. Συνήθως ένα διάγραμμα παρέχεται για μία συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής της αντλίας ( η οποία αναγράφεται σε αυτό).

Τα διαγράμματα των κατασκευαστών πρέπει να τα συμβουλευόμαστε για την επιλογή μίας αντλίας αλλά και κατά την χρήση αυτής (**εικ.34**).



Εικόνα 34. Χαρακτηριστικές καμπύλες για την επιλογή αντλιών

## ν) Υπολογισμός ισχύος και ολικού μανομετρικού αντλιών

Παρακάτω παρατίθεται ο υπολογισμός του ολικού μανομετρικού ύψους και η ελάχιστη ωφέλιμη ισχύς του κινητήρα όταν αντλούμε νερό 10 κυβ. μέτρα νερό ανά ώρα σε υψομετρική διαφορά 30 μέτρα με σιδηροσωλήνα 3», ολικού μήκους 300 μέτρων, και βαθμό απόδοσης αντλίας 0,65. Ποσοστό απώλειας λόγω τριβών στο δίκτυο 3 %. Στο δίκτυο χρησιμοποιήθηκαν : ένα ποτήρι αναρρόφησης, δύο ανοικτές καμπύλες, τρεις κλειστές καμπύλες, ένας διακόπτης (βάνα), και μία ανεπίστροφη βαλβίδα.

Μήκος σωλήνα που αντιστοιχεί στα εξαρτήματα:

Ένα ποτήρι αναρρόφησης	1 X 5,2	=	5,2 μ.
Δύο ανοικτές καμπύλες,	2 X 3	=	6,0 μ.
Τρεις κλειστές καμπύλες,	3 X 5	=	15,0 μ.
Ένας διακόπτης (βάνα),	1 X 4	=	4,0 μ.
Μία ανεπίστροφη βαλβίδα.	1 X 5,2	=	5,2 μ.
	ΣΥΝΟΛΟ		35,4 μ.

**Ολικό μήκος σωλήνα :** μήκος σωλήνα + πρόσθετο μήκος — 300 + 35,4 = 335,4 μ.

**Μήκος λόγω τριβών :** (ολικό μήκος σωλήνα X ποσοστό απωλειών) / 100  
(335,4 X 3) / 100 = 9,9 μ.

Ολικό μανομετρικό ύψος : 30 μ. + 9,9 μ. = 39,9 μ

Ελάχιστη απαιτούμενη ισχύς του κινητήρα :

$$N = (Q * H) / 270 * \eta = (10 * 39,9) / 270 * 0,65 = 399/175,5$$

### 3.3 ΜΕΣΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΤΛΗΣΗ

Το νερό μετά την άντληση το αποθηκεύουμε σε δεξαμενές ώστε να έχουμε μόνιμα νερό κάπου όταν θέλουμε να ξεκουράσουμε λίγο την αντλία από συνεχή λειτουργία. Οι δεξαμενές που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια είναι μεταλλικές γιατί παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως:

1. Χαμηλό κόστος κατασκευής
2. Υγιεινή προστασία του περιεχομένου
3. Πιστοποιημένα υλικά κατασκευής
4. Πλήρως αντισεισμική κατασκευή
5. Πλήρης αποφυγή διαρροών
6. Δεν απαιτητέ οικοδομική άδεια
7. Μεγάλη αντοχή στο χρόνο και σε ακραίες καιρικές συνθήκες
8. Σύντομη μεταφορά και εγκατάσταση
9. Δυνατότητα μετεγκατάστασης

Εκτός από τα παραπάνω πλεονεκτήματα οι μεταλλικές δεξαμενές χρησιμοποιούνται για άρδευση και ύδρευση κάτι το οποίο πιστοποιείται από ISO 9001 και ISO 2000. Το περιεχόμενο νερό είναι προστατευμένο από υψηλές θερμοκρασίες, ακτινοβολία UV και ατμοσφαιρικό αέρα, με συνέπεια να ευρίσκεται κάτω από τις ιδανικότερες συνθήκες αεροστεγούς εμφιάλωσης και υγιεινής προστασίας. Οι δεξαμενές αυτές είναι χωρητικότητας έως 1.000 m<sup>3</sup> Έχουν συγκριτικά χαμηλότερο κόστος από κάθε άλλη παραδοσιακή μέθοδο κατασκευής (όπως πάγιες κατασκευές από μπετόν) και είναι κατασκευασμένες από σύγχρονα ανθεκτικά υλικά, με τεχνολογία που προσφέρει μεγάλες εγγυήσεις στατικής και αντισεισμικής προστασίας, ανθεκτικότητα και τεράστιο χρόνο ζωής.

#### **i) Επιλογή χώρου και υποδομή εγκατάστασης**

Η επιλογή θέσης εγκατάστασης πρέπει να είναι γεωλογικά ή στατικά ασφαλής. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι ο όγκος εκάστης δεξαμενής αντιστοιχεί σε τόνους νερού ,

σε περίπτωση εγκατάστασης στο εσωτερικό ή σε οροφή κτιρίων θα πρέπει η στατική στήριξη του χώρου να είναι εξασφαλισμένη.

Σε περίπτωση εγκατάστασης δεξαμενής σε υπαίθριους χώρους θα πρέπει ο ιδιοκτήτης να γνωρίζει εάν γεωλογικά το έδαφος αντέχει το συνολικό βάρος ώστε να μην κινδυνέψει η δεξαμενή από τυχόν καθιζήσεις εδάφους.

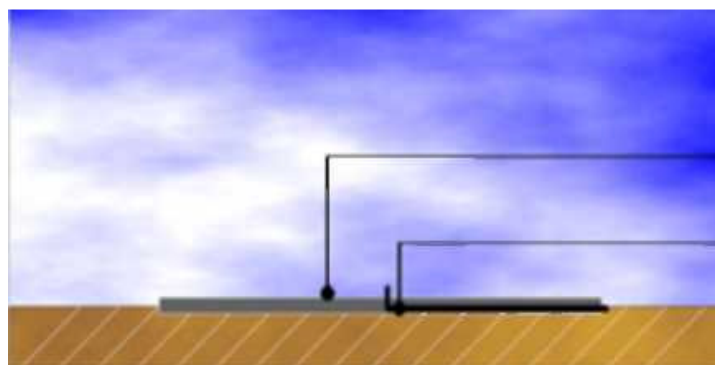
Η επιλεγείσα θέση εγκατάστασης θα πρέπει να βρίσκεται σε ασφαλή απόσταση από τυχόν χειμάρους κοίτες ποταμών και πιθανών κατολισθήσεων σαθρών πλαϊνών εδαφών.

Στην επιλεγείσα θέση εγκατάστασης πρέπει να κατασκευαστεί ένα υποτυπώδες αλλά πολύ σημαντικό έργο υποδομής από τον ιδιοκτήτη.

Βασική προϋπόθεση για την άριστη λειτουργία των στατικών και αντισεισμικών προδιαγραφών της δεξαμενής ως επίσης για την διευκόλυνση την ποιοτική και σύντομη συναρμολόγηση, είναι η κατασκευή μίας οριζοντιωμένης και επίπεδης επιφάνειας. Σε περίπτωση που η θέση εγκατάστασης δεν είναι επίπεδη και οριζοντιωμένη η εγκατάσταση δεν είναι εφικτή.

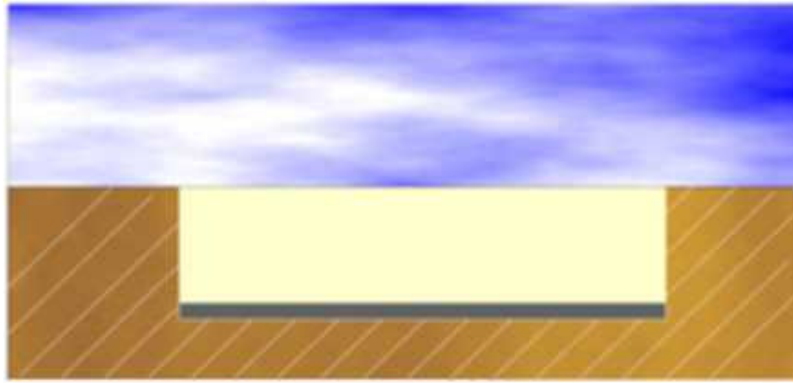
Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, συνιστούμε την επίστρωση της επιλεγείσας επιφάνειας με μπετόν καθαριότητας σε διαστάσεις κατά 50cm μεγαλύτερες της διαμέτρου της δεξαμενής.

Η βάση αυτή μπορεί να είναι τετράγωνη ή και κυκλική (**εικ.35**). Ο οπλισμός της βάσης δεν είναι απαραίτητος και δεν απαιτείται ουδεμία θεμελίωση.



**Εικόνα 35.** Βάση για την εγκατάσταση της δεξαμενής

Βάση από σκυρόδεμα Πλαστική σωλήνα οπó PVC 2» Τομή εδάφους με βάση από σκυρόδεμα και εγκατεστημένο σωλήνα εξόδου του νερού μετά από τυχόν εσωτερικό καθαρισμό και ξέπλυμα (**εικ.36**).

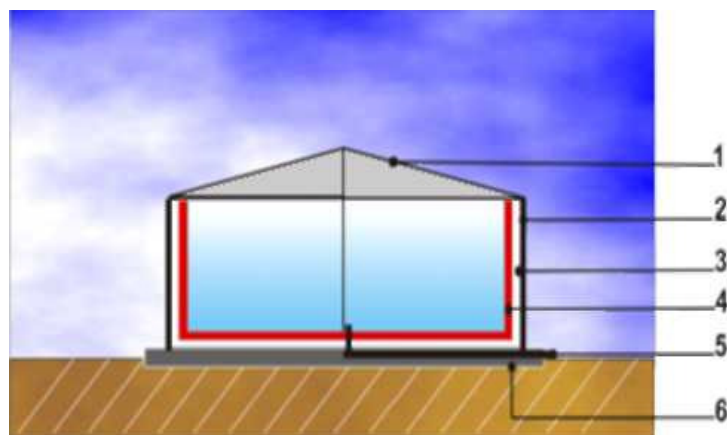


**Εικόνα 36.** Τομή εδάφους με βάση από σκυρόδεμα τοποθετημένη εντός εκσκαφής.

## ii) Τρόποι εγκατάστασης

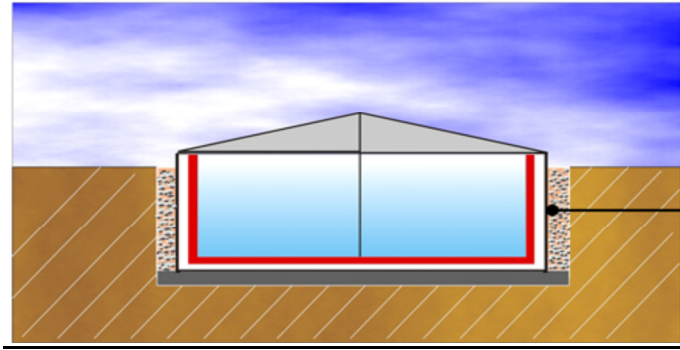
Τα ακόλουθα σχήματα μας υποδεικνύουν 2 διαφορετικούς τρόπους εγκατάστασης των δεξαμενών (**εικ.37**) και (**εικ.38**).

### Εγκατάσταση επί του εδάφους



**Εικόνα 37.** Τρόπος εγκατάστασης μεταλλικής δεξαμενής

1. Σκέπαστρο από γαλβανισμένη λαμαρίνα ή από μεμβράνη reinforced
2. Περιμετρικά τοιχώματα (δομικά στοιχεία από γαλβανισμένη λαμαρίνα)
3. Προστατευτικό γεώφασμα στο εσωτερικών των πλευρών και επί της βάσης
4. Σάκος από Ειδική Στεγανωτική Μεμβράνη (*jeo&ning MWS®*)
5. Πλαστική σωλήνα από PVC 2»
6. Βάση από σκυρόδεμα



**Εικόνα 38.** Εγκατάσταση εντός του εδάφους



**Εικόνα 39.** Εγκατάσταση μεταλικής δεξαμενής χωρίς περιμετρική κάλυψη με χώμα



**Εικόνα 40.** Περιμετρική πλήρωση του κενού χώρου με τα περσευόμενα υλικά εκσκαφής απευθείας επί του σώματος της δεξαμενής



## **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ**

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Θερμογαλβανισμένα χαλυβοεξάσματα πάχους 2,5χιλ., και διαστάσεων 3.150 χιλ. x 1.000 χιλ.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: αποτελείται από σάκο κατασκευασμένο από ειδική μεμβράνη στεγανοποίησης (**εικ.39** και **εικ.40**).

### **3.4 ΤΥΠΟΙ ΦΙΛΤΡΩΝ**

Υπάρχουν δυο ειδών αποτελεσματικοί τύποι φιλτραρίματος του νερού οι οποίοι χρησιμοποιούνται.

#### **i) Φίλτρα ενεργού άνθρακα**

Ο ενεργός άνθρακας έχει την ικανότητα να προσροφά στην επιφάνειά του:

1. Μικρομοριακές οργανικές ουσίες.
2. Χρωστικές ουσίες (που προέρχονται από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών), πάσης φύσεως οσμές (που προέρχονται από αέρια ή και την αποσύνθεση οργανικών ουσιών).
3. Αέρια.
4. Σε ορισμένο βαθμό, βαρέα και τοξικά (για τον οργανισμό μας) μέταλλα όπως χαλκός, ψευδάργυρος, μόλυβδος, υδράργυρος (που προέρχονται από βιομηχανικές μολύνσεις, είτε από παλαιές σωληνώσεις δικτύων ύδρευσης), κ.ά.
5. Αφαιρεί αποτελεσματικά το πολύ δραστικό χλώριο που υπάρχει στο νερό του δικτύου πόλεων.

Τα φίλτρα ενεργού άνθρακα συμβάλουν ουσιαστικά στην τεχνολογία καθαρισμού του νερού. Χρησιμοποιούνται με τρεις τρόπους: **(εικ.41)**.

1. Ως αυτόνομες μονάδες καθαρισμού του νερού κυρίως σε δίκτυα πόλεων για την απομάκρυνση χρωστικών ουσιών, οσμών και κυρίως του υπολειμματικού χλωρίου το οποίο έχει διάφορες δυσμενείς επιπτώσεις στον οργανισμό μας
2. Ως προ-φίλτρα σε άλλα συστήματα καθαρισμού, όπως αντίστροφης ώσμωσης
3. Ως τελικά φίλτρα μετά τον κυρίως καθαρισμό για την απομάκρυνση υπολειμμάτων απολυμαντικών οσμών, κ.ά.



**Εικόνα 41.** Φίλτρα ενεργού άνθρακα

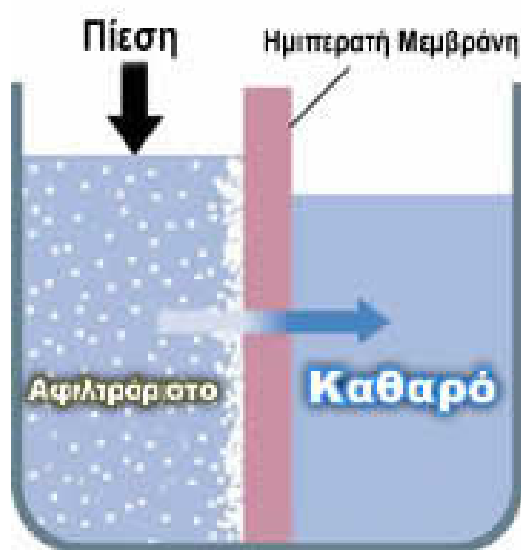
## **ii) Φίλτρα με σύστημα αντίστροφης όσμωσης**

Το σύστημα αντίστροφης όσμωσης είναι ο πιο σύγχρονο και αποτελεσματικό υπάρχει αυτή την στιγμή για το φιλτράρισμα του πόσιμου νερού και τοποθετείται πριν την τελική εξόδο του νερού στο ποτήρι μας **(εικ.42)**.

Ένα τυπικό σύστημα έχει πέντε στάδια επεξεργασίας νερού:

1. Μεμβράνη πολυπροπυλενίου υψηλής πυκνότητας 10μ για παρακράτηση αιωρούμενων σωματιδίων. (κατακράτηση στερεών σωματιδίων, χώμα, λάσπη σκουριά)

2. Ανταλλακτικό φίλτρο ενεργού άνθρακα ικανότητας 5μ για παρακράτηση χλωρίου και άλλων χημικών ρύπων.
3. Ανταλλακτικό φίλτρο ενεργού άνθρακα ικανότητας 3μ για παρακράτηση χλωρίου, και άλλων χημικών ρύπων σε μεγαλύτερο βαθμό.
4. Μembrάνη αντιστρόφου οσμώσεως ικανότητας διήθησης 0,001μ για κατακράτηση σιδήρου (σε μικρές περιεκτικότητες), μαγγανίου, νιτρικών, αλάτων, εξασθενούς χρωμίου και άλλων ρύπων. Επίσης γίνεται ελαφρά απολύμανση του νερού με την απαγόρευση διέλευσης βακτηρίων.
5. Φίλτρο άνθρακα απο κοκκοφοίνικα για την τελική απόσμηση του νερού.



**Εικόνα 42.** Σύστημα αντιστροφής όσμωσης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:**

# **ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

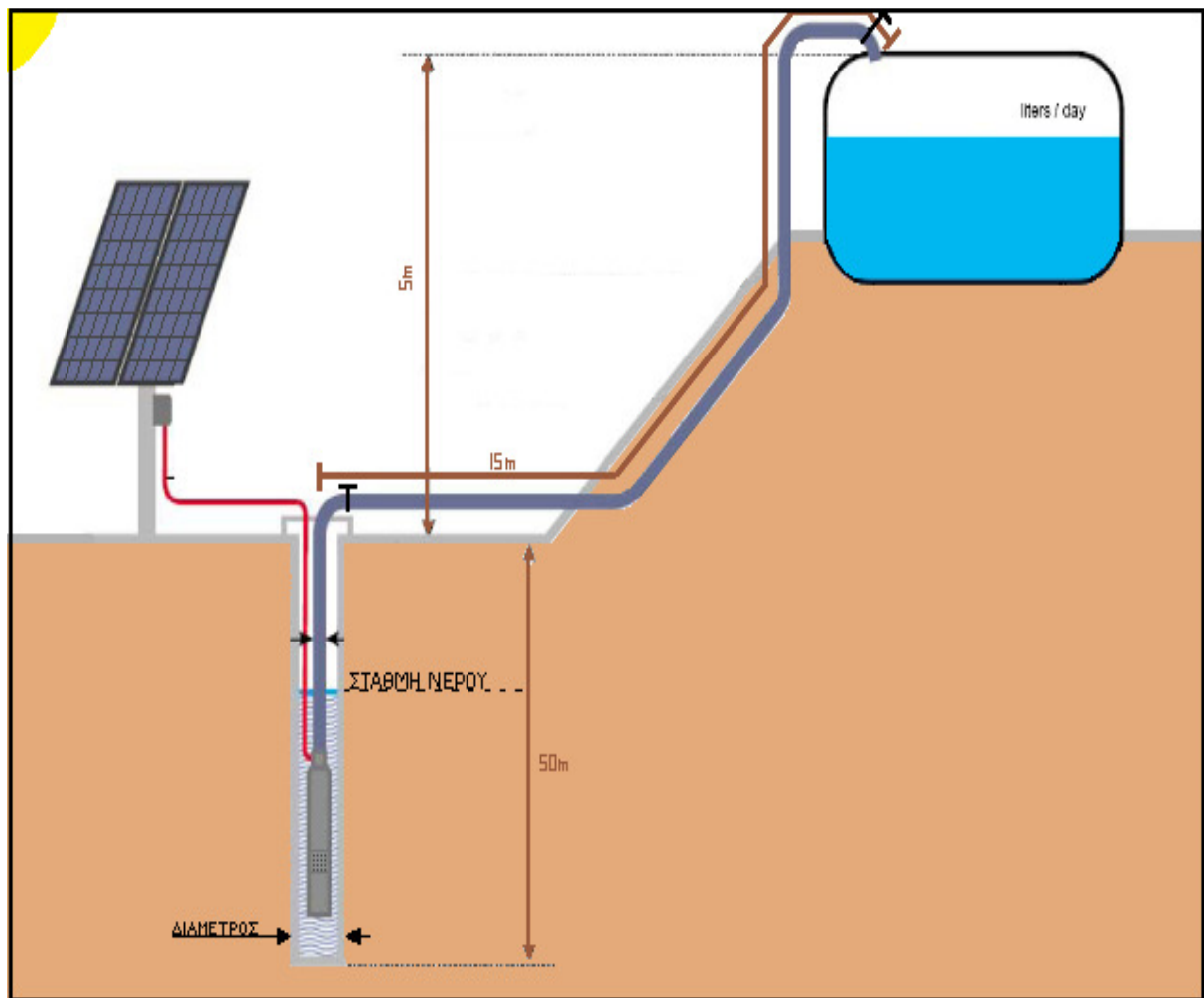
Στο παρών κεφαλαίο θα παρουσιαστεί μια ολοκληρωμένη τεχνική και οικονομική μελέτη ενός συστήματος άντλησης νερού με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα αναφέρονται οι παράγοντες καθώς επίσης και τα κριτήρια επιλογής των διαφόρων μηχανικών-ηλεκτρικών στοιχείων που περιλαμβάνονται στο ολοκληρωμένο συζευγμένο σύστημα άντλησης νερού – φωτοβολταϊκού συστήματος. Η επιλογή και τεχνικοοικονομική ανάλυση του παραπάνω ηλεκτρο-μηχανολογικού εξοπλισμού γίνεται ξεχωριστά ώστε να γίνει καλύτερος έλεγχος του κόστους της κατασκευής.

### **i) Μελέτη αντλητικού συγκροτήματος για ένα μικρό οικισμό με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων**

Ο οικισμός βρίσκεται στην περιοχή της Αγ. Μαρίνας στον Αγ. Νικόλαο Βοιών Λακωνίας σε ένα αγροτεμάχιο με τα έξης στοιχεία. Διάνοιξη γεώτρησης με περιστροφικό γεωτρύπανο σε βάθος **50 m** (Κατά την υπόδειξη του υπεύθυνου γεωλόγου ορίστηκε το είδος του γεωτρύπανου και το βάθος της γεώτρησης). Η παροχή της γεώτρησης είναι **15 m<sup>3</sup> /h** (Η ποσότητα νερού που αντλείται χωρίς να μεταβληθεί η στάθμη νερού της γεώτρησης) , η μεταλλική δεξαμενή να απέχει από την γεώτρηση **15 m** και να βρίσκεται σε ύψος **5 m** από την επιφάνεια όπου βρίσκεται η γεώτρηση. Ζητείται να συσταθεί αναλυτική μελέτη για άντληση νερού με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων και να προτείνεται την πιο οικονομική λύση

Αρχικά δίνεται μια σχηματική παράσταση της άντλησης νερού με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς επίσης και της δεξαμενής αποθήκευσης ύδατος με όλες τις απαραίτητες διαστάσεις ώστε να δώσουμε όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα στην μελέτη μας. Έτσι στην παρακάτω εικόνα (**εικ.43**) φαίνεται η

γεώτρηση όπου έχουμε τοποθετήσει την αντλία η οποία παίρνει κίνηση από φωτοβολταϊκό σύστημα και αποθηκεύει το νερό που αντλεί σε μεταλλική δεξαμενή



**Εικόνα 43.** Σχηματική παράσταση μελέτης συστήματος άντλησης με χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

## ii) Εύρεση ολικού μανομετρικού της αντλίας

Για να βρούμε τις απώλειες λόγω τριβών πρέπει να δούμε τον πίνακα που βρίσκεται στην επομένη σελίδα για να υπολογιστούν οι απώλειες του πλαστικού σωλήνα ανά 100m αγωγού και να υπολογίσουμε την διάμετρο του σωλήνα που θα επιλέξουμε με βάση την παροχή της αντλίας. Με δεδομένο την παροχή της γεώτρησης που είναι  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  θα επιλέξουμε αντλία που να μην ξεπέρνα τα  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  για την ασφάλεια της γεώτρησης. Το είδος της αντλίας που θα χρησιμοποιήσουμε είναι υποβρύχια ηλεκτραντλία η οποία δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε ισχύ κάτι που το επιδιώκουμε

ώστε να έχουμε μικρότερη επιφάνεια φωτοβολταϊκών και κατά συνέπεια πιο οικονομική πρόταση. Άρα οι απώλειες τριβών λόγω εξαρτημάτων σε μέτρα είναι οι ακόλουθες.

$$\underline{2 \text{ Βάνες } (2 \cdot 3\text{m}) = 6\text{m}}$$

$$\underline{1 \text{ Ανεπίστροφη βαλβίδα } (1 \cdot 4\text{m}) = 4\text{m}}$$

$$\underline{1 \text{ Ανοικτή γωνία } \Phi 75 (1 \cdot 3\text{m}) = 3\text{m}}$$

$$\underline{2 \text{ Μανόμετρα } (2 \cdot 4\text{m}) = 8\text{m}}$$

$$\underline{1 \text{ Φίλτρο άνθρακα } (1 \cdot 8\text{m}) = 8\text{m}}$$

**ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ =29m**

**Ολικό μήκος σωλήνα**= (Μήκος σωλήνα + Μήκος σωλήνα από την επιφάνεια ως την δεξαμενή) + απώλειες εξαρτημάτων

$$\text{Ολικό μήκος σωλήνα}=(55\text{m}+15\text{m}) + 29\text{m}$$

$$\boxed{\text{Ολικό μήκος σωληνα}=99\text{m}}$$

**Μήκος λόγω τριβών** =Ολικό μήκος σωλήνα \* Ποσοστό απωλειών =>

$$\text{Μήκος λόγω τριβων}=99\text{m} \cdot 3,8\% \Rightarrow$$

$$\boxed{\text{Μήκος λόγω τριβων}=3,8\text{m}}$$

**Ολικό μανομετρικό ύψος** =Ολικό κατακόρυφο ύψος + Μήκος λόγω τριβών

$$\mathbf{H_{ολ}}=\mathbf{H_{γ}}+\mathbf{H_{τρ}} \Rightarrow$$

$$H_{ολ}=(50\text{m}+5\text{m})+3,8\text{m}$$

$$\boxed{H_{ολ}=58,8\text{m}}$$

### **iii) Ημερήσια ενέργεια που καταναλώνει η αντλία**

Η αντλία που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχει παροχή  $Q = 8\text{m}^3/\text{h}$ . Η ημερήσια ενέργεια **EL** (Wh/day) στην έξοδο της αντλίας θα είναι:

$$\mathbf{E_L}=\mathbf{\rho \cdot g \cdot Q \cdot \rho T \cdot H_{ολ}} = 1000\text{kg/m}^3 \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 8\text{m}^3/\text{h} \cdot 5\text{h/day} \cdot 58,8\text{m} \Rightarrow$$

$$\mathbf{EL}=23.073.120\text{J/day} \Rightarrow$$

$$E_L = \frac{23.073,120 \text{Kwh}}{3600 \text{day}} \Rightarrow \boxed{E_L = 6,4 \text{Kwh/day}}$$

PT (Pumping Time) = 5 h = 0 χρόνος άντλησης ο οποίος είναι ίσος με το PSH  
 Δηλαδή ο μέσος χρόνος που έχουμε ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια μιας ημέρας σε ώρες

Η καταγραφή του PSH και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για κάθε μήνα φαίνεται στον **πίνακα 7**. Αφού υπολογίσαμε το  $E_L$ , κατόπιν υπολογίζουμε την ενέργεια της

ηλιακής ακτινοβολίας ανά  $m^2$  και ανά ημέρα  $E$  ( $KWh/m^2/day$ ). Η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία  $E$ , για κλίση  $30^\circ$  του συλλέκτη ως προς το οριζόντιο επίπεδο και η μέση θερμοκρασία του αέρα ( $^\circ C$ ) στη διάρκεια των φωτεινών ωρών της ημέρας για τον Αγ. Νικόλαο Βοιών Λακωνίας παρουσιάζονται στον **πίνακα 7**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.** Καταγραφή μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας περιβάλλοντος για κάθε μήνα.

Μήνας	R Συντελεστής μετατροπής της ακτινοβολίας από το οριζόντιο σε κεκλιμένο επίπεδο $30^\circ$ (1)	Αριθμός ημερών κάθε μήνα (2)	Ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο ( $MJ/m^2$ )  (3)	Μέση ημερήσια ακτινοβολία E σε επίπεδο $30^\circ$  ( $KWh / m^2$ )	PSH	Θερμοκρασία ( $^\circ C$ )
				(1) x (3) x $10^3$  (2) x 3600		
A	1,03	30	493	4,70	4,70	18
M	0,94	31	684	5,76	5,76	21
I	0,90	30	745	6,21	6,21	28
I	0,92	31	781	6,44	6,44	29
A	1,00	31	713	6,39	6,39	29
Σ	1,13	30	526	5,54	5,54	25

Επιλέξαμε την κλίση των  $30^\circ$  για τα φ/β πλαίσια γιατί παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα για τους καλοκαιρινούς μήνες. Κατά τον υπολογισμό της ισχύος

αιχμής PPV λαμβάνεται ο μήνας Απρίλιος ως δυσμενέστερη περίπτωση.

## Προσδιορισμός της ισχύος αιχμής φωτοβολταϊκών στοιχείων $E'_L$ συμπεριλαμβανομένου των απωλειών

### Επιλογή συσσωρευτών.

Οι συσσωρευτές που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι θειικού οξέως-μολύβδου  $H_2SO_4 - Pb$  και θα έχουν απόδοση  $\eta_{bat}=80\%$ .

### Επιλογή μετατροπεία DC/AC

Οι μετατροπείς DC/AC που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά: τάση εισόδου 48V DC, τάση εξόδου 220V AC. Η μέση απόδοσή του είναι 75%.

### Επιλογή ελεγκτή φόρτισης

Η απόδοση του ελεγκτή φόρτισης είναι  $\eta_{εφ}=85\%$ , ενώ οι απώλειες στις καλωδιώσεις είναι 5%.

Επιλογή ηλεκτρονικού συστήματος παρακολούθησης του σημείου μέγιστης ισχύος (M.P.P.T.). Ο συντελεστής απόδοσης του M.P.P.T. θα είναι  $\eta_{PPPT} = 0,80$ .

Η ενέργεια  $E_L$  θα αυξηθεί λόγω των απωλειών που προαναφέραμε και θα είναι  $E'_L$ :

$$E'_L = \frac{E_L}{\eta_{bat} * \eta_{inv} * \eta_{εφ} * \eta_{καλ} * \eta_{M.P.P.T} * \eta_{m-p}}$$
$$= \frac{6,4kwh/day}{0,8 * 0,75 * 0,85 * 0,95 * 0,8 * 0,9} \Rightarrow$$

$$E'_L = 18,34Kwh/day$$

## iv) Υπολογισμός ισχύος της αντλίας

Ο χρόνος άντλησης **PT** (Pumping Time)=5h

Ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος κινητήρα-αντλίας  $\eta_{m-p}$  θεωρείται 0,9

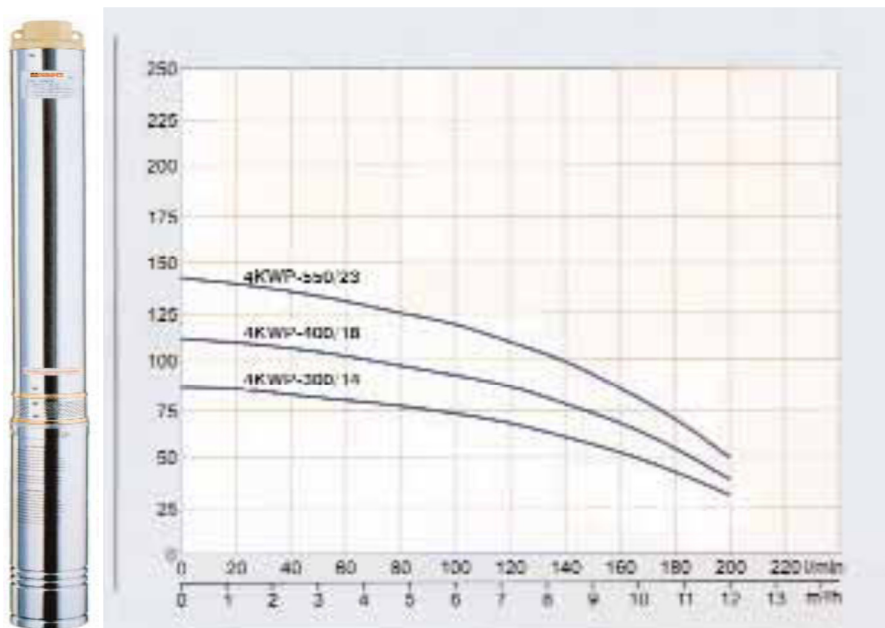


$$P'_L = \frac{\rho * g * Q * H_{ολ}}{P_t * n * m - p} = \frac{18,34 \text{Kwh/day}}{\frac{5h}{\text{day}} * 0,9} \Rightarrow P'_L = 4,07 \text{Kw} \Rightarrow \boxed{P'_L = 2,9 \text{hp}}$$

Και επειδή μετά από έρευνα στο εμπόριο βρήκαμε ότι η πιο κοντινή περίπτωση είναι η αντλία με 3Hp θα χρησιμοποιήσουμε αυτήν την αντλία η όποια μας δίνει παροχή 8m<sup>3</sup>/h και Ολικό μανομετρικού 58,8m. Στον **πίνακα 8** και **εικόνα 44** βλέπουμε την αντλία που θα χρησιμοποιήσουμε.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8.** Αντλία που θα χρησιμοποιηθεί με βάση τα δεδομένα

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΤΥΠΟΣ	ΙΣΧΥΣ (HP)	ΤΑΣΗ V/Hz	ΣΤΟΜΙΟ	ΥΨΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ (mm)	ΠΑΡΟΧΗ Q (m <sup>3</sup> /h)											ΤΙΜΗ
						0 1.2 2.4 3.6 4.8 6.0 7.2 8.4 9.6 10											
						ΠΑΡΟΧΗ Q (lit/min)											
						0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
						ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟ Η (m)											
3536	4KWP-300/14T	3,0	400/50	2"	1201	86	85	82	79	76	72	67	60	52	42	30	325,00 €



**Εικόνα 44.** Αντλία που θα χρησιμοποιήσουμε

## ν) Χρόνος αυτοδυναμίας του συστήματος

Θεωρούμε ότι το φορτίο (κινητήρας-αντλία) δεν είναι κρίσιμο. Επομένως ο χρόνος αυτοδυναμίας του συστήματος θα είναι:

$$D_{n-cr} = -0,48*(PSH)+5,18 = -0,48*4,7+5,18 \Rightarrow \boxed{D_{n-cr}=2,92 = 3 \text{ days}}$$

## νι) Επιλογή Φ/Β στοιχείων

Τα φ/β πλαίσια που θα χρησιμοποιήσουμε στην εφαρμογή μας είναι τα μονοκρυσταλλικά Solar World SW 185 (εικ.45) του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά φαίνονται στον πίνακα 9.

Τάση Συστήματος: 24V

Διαστάσεις: 1420x850x34 mm



SOLAR WORLD SW 185

Εικόνα 45. Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9.** Τεχνικά χαρακτηριστικά μονοκρυσταλλικών πλαισίων

<b>Solar World Mono Crystalline PV</b>		<b>SW 185</b>
<b>Maximum power</b>	Pmax	185 Wp
<b>Open circuit voltage</b>	Voc	44.8 V
<b>Maximum power point voltage</b>	Vmpp	36.3 V
<b>Short circuit current</b>	Isc	5.50 A
<b>Maximum power point current</b>	Impp	5.10 A
<b>Performance at 800 W/m2, NOCT, AM 1.5</b>		
<b>Maximum power</b>	Pmax	132.3 Wp
<b>Open circuit voltage</b>	Voc	40.5 V
<b>Maximum power point voltage</b>	Vmpp	32.5 V
<b>Short circuit current</b>	Isc	4.55 A
<b>Maximum power point current</b>	Impp	4.06 A

Τα φ/β πλαίσια έχουν απόδοση που υπολογίζεται απ' τη σχέση:

$$\eta_{pv} = \frac{P_m}{E * A_c} = \frac{185W}{\frac{1000W}{m^2} * (1,420 * 0,850)m^2} = 0,153 \text{ ή } \boxed{\eta_{pv} = 15,3\%}$$

$\eta_{pv}$  = Απόδοση φωτοβολταϊκών πλαισίων

$P_m$  = Μέγιστη ισχύ φ/β πλαισίου

$E$  = Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία

$A_c$  = Επιφάνεια φωτοβολταϊκού πάνελ

Η ισχύ αιχμής  $P_{pv}$  της φ/β γεννήτριας θα είναι λοιπόν:

$$P_{pv} = \frac{E/L}{PSH} = \frac{18,34kWh/day}{4,7H} \Rightarrow \boxed{P_{pv} = 3,9kw/day}$$

$PSH$  = Η μέση ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται τα πάνελς στην διάρκεια μιας ημέρας

## vii) Υπολογισμός αριθμού Φ/Β πλαισίων

Ο αριθμός των φ/β πλαισίων που θα τοποθετηθούν υπολογίζεται από τη σχέση:

$$N_{pv} = \frac{P_{pv}}{P_m} = \frac{3902 \text{ w/day}}{\left(\frac{185 \text{ w}}{h} * 4,7 \text{ h}\right) = 920 \text{ w/day}} = 4,48 \text{ \acute{a}\rho\alpha} \quad \boxed{N_{pv} = 5 \text{ \pi\lambda\alpha\iota\sigma\iota\alpha}}$$

$N_{pv}$  = Ο αριθμός των φ/β πλαισίων

$4,7\text{h}$  = Η μέση ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται τα πάνελς στην διάρκεια μιας ημέρας

$P_{pv}$  = Η ισχύς αιχμής της φ/β γεννήτριας

$P_m$  = Μέγιστη ισχύ φ/β πλαισίου

Η τάση  $V_{DC}$  στην έξοδο της φ/β γεννήτριας μπορεί να επιλεγεί από τα κριτήρια που θέτει ο παρακάτω πίνακας (**πιν.10**).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10.** Τάση στην έξοδο της φωτοβολταϊκής γεννήτριας

Ισχύ Αιχμής Φ/Β γεννήτριας	Φορτίο Μετατροπέα DC/AC (KW)	Συνολικό φορτίο (KWh/h)	$V_{DC}$ (Volts)
< από 0,4 $KW_p$	Μικρότερο από 1	Μικρότερο από 1,5	12
0,4 – 1 $KW_p$	2,5 ή μικρότερο	Μικρότερο από 5	24
1 – 2,5 $KW_p$	5 ή μικρότερο	5 – 12	48
> από 5 $KW_p$	Μεγαλύτερο από 5	12 – 25	120

Έτσι επιλέγουμε  $V_{DC} = 24 \text{ V}$

Τα πλαίσια θα συνδεθούν **σε σειρά**

### viii) Επιφάνεια κάλυψης φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Το ένα πλαίσιο έχει διάσταση 1,420m X 0,850m = 1,67 m. Άρα τα 5 πλάσια X 1,67m<sup>2</sup>  
= **8,35 m<sup>2</sup>**

### ix) Επιλογή τύπου συσσωρευτή

Το φορτίο που θα πρέπει να καλύψουν οι μπαταρίες, που θα τοποθετήσουμε στο σύστημα, με βάση την περίοδο αυτοδυναμίας θα είναι:

2 αυτόνομα φωτοβολταϊκά πλαίσια 185W χρειάζεται 1 μπαταρία 200Ah. Άρα έχοντας 5 φωτοβολταϊκά πλαίσια θα χρειαστούμε 3 μπαταρίες ώστε αυτές να καλύπτουν τις ανάγκες μιας ημέρας. Εμείς έχουμε υπολογίσει το σύστημα να είναι αυτόνομο για 3 ημέρες άρα:

3ημερες\* 3 μπαταρίες/day =9 μπαταρίες για 3 ημέρες των 200Ah.

Η μπαταρία αυτή (**εικ.46**) είναι ειδικά σχεδιασμένη για εφαρμογές φωτοβολταϊκών, με υψηλές απαιτήσεις και έχει διάρκεια ζωής 10-12 χρόνια.



**Εικόνα 46.** Μπαταρία για την αποθήκευση ενέργειας που θα χρησιμοποιήσουμε 200AH 12V κλειστού τύπου βαθιάς εκφόρτισης

#### **ΠΙΝΑΚΑΣ 11.** Τεχνικά στοιχεία μπαταρίας

Type Τύπος	V Βόλτ	AH/20AH Αμπερώρια	Length Μήκος	Width Πλάτος	Height Ύψος	T. Height Συν. Ύψος	Weight Βάρος
200-12	12	200	530	209	214	218	65.50

#### **χ) Επιλογή του μετατροπέα -inverter**

Μετά από έρευνα στο εμπόριο καταλήξαμε στον μετατροπέα που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (**εικ.47**) και τα χαρακτηριστικά του φαίνονται στον **πίνακα 12** που ακολουθεί ο οποίος έχει τάση 24V όπως και τα πάνελ που θα χρησιμοποιήσουμε και μέση εξερχόμενη ισχύ ανά ώρα 1500 W δηλαδή 38% περισσότερο από την ισχύ που παράγουν τα πάνελ την ώρα (185\*5)=925 W

Cotek SK 1500VA



**Solar Systems**

Εικόνα 47. Μετετροπέας-inverter 1500WATT ( 2000VA) / 24V καθαρού ημιτόνου

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12.** Χαρακτηριστικά μετατροπέα inverter

Specifications	S1500-212
DC Input Voltage	DC 24V
Continuous Output	1500W
Max Output(3 mins)	1700W
Surge Output	2000W
Efficiency Full Load	86%
No load current draw	< 0.12A Saving mode
Output voltage regulation	220/230/240V RMS -10%/+4%
Input voltage regulation	10.5-15V DC
Dimensions (L x W X H)	190x91x58mm
Net weight	4.1 kg

## xi) Επιλογή ρυθμιστή φόρτισης

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια απλή ηλεκτρονική συσκευή που φροντίζει για τη σωστή φόρτιση των συσσωρευτών (μπαταριών) του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Ελέγχει τη διαδικασία φόρτισης και σταματά τη φόρτιση όταν διαπιστώσει ότι η μπαταρία έχει φορτιστεί πλήρως. Αλλιώς θα υπήρχε ο σοβαρός κίνδυνος να καταστραφεί η μπαταρία.

Επειδή οι μπαταρίες έχουν την τάση να αποφορτίζονται σταδιακά ακόμα κι αν δεν τροφοδοτούν με ρεύμα κάποια συσκευή, ο ρυθμιστής φόρτισης φροντίζει αυτόματα να ξαναρχίσει η διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας όταν διαπιστώσει ότι η τάση της έπεσε κάτω από το επίπεδο της πλήρους φόρτισης.

Αρκετοί ρυθμιστές φόρτισης έχουν υποδοχή πάνω στην οποία συνδέουμε τις ηλεκτρικές συσκευές που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε από τη μπαταρία. Έτσι, έχουν την επιπλέον δυνατότητα να διακόψουν τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών όταν διαπιστώσουν ότι η μπαταρία κοντεύει να αδειάσει πλήρως, προστατεύοντάς την πάλι με αυτό τον τρόπο από πλήρη αποφόρτιση που θα οδηγούσε στην καταστροφή της.

Μετα απο έρευνα στο εμπόριο καταλείξαμε στον παρακάτω ρυθμιστή φόρτισης (εικ.48).



Εικόνα 48. Ρυθμιστής φόρτισης

## xii) Υπολογισμός όγκου δεξαμενής αποθήκευσης νερού

Η παροχή νερού είναι  $Q=8 \text{ m}^3/\text{h}$  και η διάρκεια άντλησης είναι **5 ώρες**. Άρα η δεξαμενή πρέπει να έχει όγκο  $V=8 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 5\text{h} = 90\text{m}^3$ , για αυτονομία μίας ημέρας. Μετα την έρευνα στο εμπόριο βρήκαμε δεξαμενή με **170 m<sup>3</sup>** και καταλήξαμε σε αυτή ώστε να μπορούμε να αλλάζουμε τις ώρες άντλησης το καλοκαίρι που η ζήτηση είναι μεγαλύτερη και κατα συνέπεια θα χρειαζόμαστε και μεγαλύτερη δεξαμενή.

## xiii) Κοστολόγηση της μελέτης

Σε αυτό το σημείο θα καταγράψουμε τα επιμέρους τμήματα της μελέτης που κάναμε και θα αποδώσουμε το συνολικό κόστος έτσι ξεκινώντας από την αρχή έχουμε:

**Κόστος γεώτρησης:** Λόγω των πολλών και απρόβλεπτων στοιχείων που μπορεί να έχει η εξώριξη μιας γεώτρησης αλλά και το ότι δεν έχει να κάνει με τον εναλλακτικό τρόπο ηλεκτροδότησης με φωτοβολταϊκά που παραθέτουμε στην

εργασία μας δεν το λαμβάνουμε υπόψιν μας διότι το ίδιο θα ήταν και στην περίπτωση ηλεκτροδότησης από την ΔΕΗ.

**Κόστος αντλίας:** 320€ + 80 € οι πλαστικές σωλήνες

**Κόστος φωτοβολταϊκών πάνελ και βάσεις στήριξης:** 389€ \* 5 = 1945 € +(65 \* 5=325 €)

Σύνολο: 1945 + 325 = 2270 €

**Κόστος συσσωρευτών:** 231€ \* 9τεμ = 2079€

**Κόστος μετατροπέα inverter:** 569€

**Κόστος ρυθμιστή φόρτισης:** 160€

**Κόστος φίλτρου ενεργού άνθρακα:** 100€

**Κόστος μεταλλικής δεξαμενής** 25000€

**Τελικό σύνολο:** Κόστος αντλίας + Κόστος φωτοβολταϊκών πάνελ + Κόστος συσσωρευτών + Κόστος μετατροπέα inverter + Κόστος ρυθμιστή φόρτισης + Κόστος φίλτρου ενεργού άνθρακα + Κόστος μεταλλικής δεξαμενής.

<b>Τελικό σύνολο:</b> 320 + 80 + 2270 + 2079 + 569 + 160 + 100 + 25000 = <b>30578 €</b>
---



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:**

### **ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

#### **i) Ανακεφαλαίωση**

Η πτυχιακή μας εργασία περιελάμβανε τα εξής κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> Όπου αναφέραμε τον σκοπό για τον οποίο ασχοληθήκαμε με την συγκεκριμένη πτυχιακή, τους τρόπους παραγωγής ενέργειας με συμβατική ενέργεια και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς επίσης τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους. Ενώ στο τέλος αναφέραμε και για την ηλιακή ενέργεια και την χρήση της στην Ελλάδα.

Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> Σε αυτό το κεφάλαιο ασχοληθήκαμε με την ηλιακή ενέργεια ως ενέργεια και την μετατροπή αυτής σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων και κατά συνέπεια και τα επιμέρους τμήματα που απαρτίζουν ένα φωτοβολταϊκό σύστημα.

Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Στο τρίτο κεφάλαιο αναφερθήκαμε με το δεύτερο σημαντικό κομμάτι της εργασία μας όπου είναι οι υδάτινοι πόροι από την διάνοιξη μιας γεώτρησης τις, αντλίες και τους τύπους αντλιών μέχρι τα φίλτρα και την δεξαμενή αποθήκευσης του νερού.

Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο ασχοληθήκαμε με την μελέτη αντλητικού συγκροτήματος με χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος σε ένα πρόβλημα με πραγματικά στοιχεία κάτι το οποίο μας έκανε να βρούμε και την ακριβή κοστολόγηση της μελέτης αυτής.

#### **ii) Συμπεράσματα**

Από την παρούσα εργασία μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα:.

- 1) Υπάρχουν πολλοί και αστάθμητοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον τρόπο διάνοιξης μιας γεώτρησης και το είδος του γεωτυπάνου όπως η μηχανική σύσταση του εδάφους αλλά και το είδος της αντλίας που θα χρησιμοποιήσουμε.

- 2) Επιλέχθηκε η αποθήκευση του νερού μετά την άντληση να γίνει σε μεταλλική δεξαμενή και όχι τσιμεντένια με πρώτο κριτήριο την υγιεινή προστασία των ανθρώπων από πλευράς τοιχωμάτων των δυο δεξαμενών και δεύτερον ως προς την διάρκεια ζωής της οικοδομικής άδειας που θα απαιτούνταν σε περίπτωση τσιμεντένιας δεξαμενής.
- 3) Το σημαντικότερο συμπέρασμα που εξήχθη από την παρούσα πτυχιακή εργασία είναι ότι σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου δεν υπάρχει ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ, το κόστος λειτουργίας της αντλίας από το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι σημαντικά μικρότερο συγκριτικά με αυτό από το σύστημα της ΔΕΗ. Επίσης η μελλοντική απεξάρτηση του αντλητικού συστήματος από το δίκτυο της ΔΕΗ επιταχύνει τη γρηγορότερη απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου της κατασκευής.

Ως μελλοντική εργασία σχετικά με την υπάρχουσα μελέτη προτείνεται ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονο συνδιασμό φωτοβολταϊκού συστήματος και ανεμογεννητριών για τις ημέρες του χρόνου όπου δεν επαρκεί η ηλιοφάνεια καθώς και για αύξηση της συνολικής ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας.

# **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Ενέργεια και Περιβάλλον – Μ. Τσατήρη
2. Greenpeace (www.greenpeace.gr)
3. Περιοδικό «Ενέργεια και Περιβάλλον»
4. Ελληνικός συλλογος ηλεκτροπαραγωγων από ΑΠΕ
5. Σύλλογος Εταιριών Φωτοβολταϊκών ( ΣΕΦ)
- 6.Ενημερωτικές Εκδόσεις ΚΑΠΕ
- 7.Περιοδικο energy point
- 8.Ι.Φραγκιαδάκης. / Μαθήματα Φ/Β συστημάτων / ΤΕΙ Ηρακλείου 2000
- 9.Σημειώσεις Μηχανήματα Εγγειωβελτιωτικών έργων /ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ 2004

## **ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Photovoltaics: a review of cell and module technologies / L.L.Kazmerski / Renewable and Sustainable Energy Reviews
2. Photovoltaic engineering the other sciences / M.D.Penny / World Renewable Energy Congress VI
3. A photovoltaic system simulation model for AC electric appliances/ Y.Sukamongkol / World Renewable Energy Congress VI
4. Modelling battery charge regulation for a stand alone photovoltaic system / J.N.Ross,T .Markvart,W.He / Solar Energy 69
5. Effects of mismatch losses in photovoltaic arrays / C.E.Chamberlin et al / Solar Energy 54
6. Solar Electricity / Tomas Markvart / John Wiley & sons / ISBN 0-471-94161-1
7. Comparison between power and energy methods of analyses of photovoltaic Plants / G .Ambrossone et. Al / Solar Energy 34
8. European commission Directorate General XII for Science
9. Technical and economic comparison of electric generators for rural areas / R.I.Abenavoli / Solar Energy 47

10. Laboratory evaluation and system sizing charts for a 'second generation' direct PV-powered, low cost submersible solar pump / C. Protopogeropoulos, S. Pearce / Solar Energy 68
11. Autonomous renewable energy conversion system / V.Valtchev et al / Renewable Energy 21
12. Load matching to photovoltaic generators / O. E. Ibrahim / Renewable Energy 6
13. Economic evaluation of a stand alone residential photovoltaic power system in Bangladesh / M.M.H. Bhuiyan et al / Renewable Energy 21
14. Determination of magnetic field constant of DC permanent magnet motor Powered by photovoltaic for maximum mechanical energy output / M.Kolhe, S.Kolhe, J.C Joshi
15. Dynamic performance of a directly coupled PV-pumping system / W.R.Anis and H.M.B.Metwally / Solar Energy 53
16. Comparison between power and energy methods of analyses of photovoltaic plants / G.Ambrossone et al / Solar Energy 34

#### **ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΙΟ**

1. [www.dei.gr](http://www.dei.gr)
2. [www.desmie.gr](http://www.desmie.gr)
3. [www.rae.gr](http://www.rae.gr)
4. [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr)
5. [www.ypan.gr](http://www.ypan.gr)
6. [www.epia.org](http://www.epia.org)
7. [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)
8. [www.photon-magazine.com](http://www.photon-magazine.com)
9. [www.renewableenergyaccess.com](http://www.renewableenergyaccess.com)
10. [www.solarbuzz.com](http://www.solarbuzz.com)
11. [www.solarplaza.com](http://www.solarplaza.com)
12. [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
13. [www.greenpeace.gr](http://www.greenpeace.gr)
14. [www.dppumps.gr](http://www.dppumps.gr)
15. [www.anavalos.gr](http://www.anavalos.gr)
16. [www.hydrokinisi.gr](http://www.hydrokinisi.gr)

