



Τ.Ε.Ι. Κρήτης
Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΠΕ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ Φ/Β – Α/Γ

ΣΙΟΥΛΑ ΡΩΞΑΝΗ

Επιβλέπων Καθηγητής
Εμμανουήλ Καραπιδάκης

Χανιά
Μάρτιος 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΚΕΦ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	5
ΚΕΦ 2 : ΑΙΟΛΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	10
2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ	11
2.2 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	13
2.3 ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	15
2.4 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	15
2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	17
2.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	23
2.7 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	24
ΚΕΦ 3 : ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	27
3.1 ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	30
3.1.1 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	31
3.1.2 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	31
3.1.3 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	32
3.1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	32
3.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	33
3.2.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (SOLAR CELL)	34
3.2.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	35
3.2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	35
3.3 ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ	34
3.4 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	37
3.5 ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	39
3.6 ΗΛΙΑΚΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ	44
3.7 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	44
3.7.1 ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	45
3.7.2 ΙΑΠΩΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	47
3.7.3 ΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	49
3.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	51

ΚΕΦ 4 : ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	54
4.1 ΥΒΡΙΔΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ	54
4.2 Η ΞΕΝΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ	55
4.2.1 ΜΟΓΓΟΛΙΑ	55
4.2.2 ΕΙΡΗΝΙΚΟΣ ΩΚΕΑΝΟΣ	55
4.2.3 ΕΥΡΩΠΗ - ΗΠΑ	56
4.3 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ	57
4.3.1 ΚΥΘΝΟΣ	58
4.3.2 ΓΑΥΔΟΣ	59
4.3.3 ΙΚΑΡΙΑ	60
4.3.4 ΚΡΗΤΗ	61
4.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες ολόκληρη η ανθρωπότητα δοκιμάζεται από τις συνέπειες των σαρωτικών αλλαγών που παρατηρούνται στο κλιματολογικό τοπίο του πλανήτη. Ταυτόχρονα, οι κυβερνήσεις του κόσμου εκδηλώνουν όλο και πιο έντονα το ενδιαφέρον τους για τη μείωση της εξάρτησής τους από τις συμβατικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι το πετρέλαιο. Τα γεγονότα αυτά καθιστούν πολύ πιο επιτακτική την εξεύρεση εναλλακτικών πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες θα είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Μία αξιόπιστη απάντηση στην αναζήτηση αυτή φαίνεται να είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες το τελευταίο διάστημα κερδίζουν συνεχώς έδαφος. Σχετικά με τη χρησιμοποίηση των ΑΠΕ ανακύπτει το ερώτημα του πόσο καλά θα μπορέσουν να αντικαταστήσουν τις συμβατικές πηγές ενέργειας, καθώς και του πόσο αποδοτική οικονομικά είναι η χρησιμοποίηση των ΑΠΕ.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την έρευνα για την ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα και τον υπόλοιπο κόσμο και τη στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ξεκινώντας την εργασία αυτή γίνεται αναφορά στην κατασπατάληση των ενεργειακών πόρων του πλανήτη και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος καθώς και την εφαρμογή των Α.Π.Ε. Στην συνέχεια αναφερόμαστε στην οδηγία που έχει εκδόσει η Ευρωπαϊκή Ένωση (2001/77/ΕΚ) προς όλα τα κράτη μέλη με σκοπό την αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παρούσα εργασία διαπραγματεύεται τη χρησιμοποίηση των ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα των φωτοβολταϊκών συστημάτων και των ανεμογεννητριών. Στην εργασία αυτή περιγράφεται η πρόοδος που σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια στη χρησιμοποίηση των υβριδικών συστημάτων, καθώς και το ερευνητικό ενδιαφέρον που υπάρχει σήμερα ως προς την ανάπτυξη όλο και πιο αποδοτικών μορφών ενέργειας.

Τελειώνοντας, στον επίλογο αναφέρουμε κάποια γενικά συμπεράσματα καθώς επίσης και ένα πιθανό σενάριο για την προβλεπόμενη κατάσταση του Ελληνικού ενεργειακού τομέα τα επόμενα έτη.

ABSTRACT

During the last three decades, the humanity is being tested from the dramatic changes that took place in the planet environment. As a result, the governments of the world show an increasing interest on being independent from the traditional power sources, such as petrol. These facts make much more imperative the need for establishing alternative sources of power production, which should be environmental friendly. A reliable answer to this search seems to be the renewable energy sources (RES), which seem to be gaining ground recently. Regarding the use of RES, the question arises as to what extent they are able to replace the traditional power sources and how profitable would be their use.

The present task aims at the research for the enrgical status in Greece and the rest of the world and the turn to renewable energy sources. Starting this task we refer to the over consumption of the energical sources of the planet and the diminish of the environment as well as the of the RES. Continuing we refer to the instruction that the European Union has published (2001/77/EK) to all the members in purpose to increase the use of the RES for electrical energy production.

This thesis deals with the use of a particular form of RES, the photovoltaic systems. The photovoltaic systems collect the solar energy and convert it directly to electricity, through appropriate electronic devices. This thesis describes the progress that has been noted recently in the use of photovoltaic systems, as well as the research interest that exists nowadays for the improvement of photovoltaic cells, which consists the smallest operational unit of a photovoltaic system. In addition, a description of the crucial parts of a photovoltaic system is given.

Finishing, at the end we mention some general conclusions and a possible scenario too, for the predictable situation of the greek energy section within the next years.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΠΕ

Η γρήγορη ανάπτυξη της ανθρωπότητας μετά την βιομηχανική επανάσταση βασίστηκε στην κατασπατάληση των ενεργειακών και φυσικών πόρων του πλανήτη μας και στην ανελέητη υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου ανάπτυξης βασίστηκε στην άποψη της αφθονίας και της επάρκειας των διαθέσιμων ενεργειακών και φυσικών πόρων και κυρίως στην έλλειψη μέτρου. Αξιίζει να σημειωθεί ότι η ανθρωπότητα έχει δαπανήσει τα τελευταία εκατό χρόνια αποθέματα πρώτων υλών και πηγών ενέργειας τα οποία αποταμιεύθηκαν κατά την διάρκεια της μέχρι σήμερα ζωής του πλανήτη μας (άνθρακας, πετρέλαιο).

Η αντικατάσταση εκ μέρους του ανθρώπου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από τα συμβατικά και μη ανανεώσιμα καύσιμα και η σπατάλη και αλόγιστη κατανάλωσή τους θέτει σε κίνδυνο τη μελλοντική εξασφάλιση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου. Η συνεχής αύξηση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας σε συνδυασμό με την έντονη ανομοιομορφία της ενεργειακής ζήτησης στις διάφορες περιοχές του πλανήτη μας, εγγυώνται τη διατήρηση υψηλών ρυθμών κατανάλωσης ενέργειας και κατά τα επόμενα χρόνια. Επιπλέον λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνολογικά αναπόφευκτες σήμερα απώλειες ενέργειας στα συστήματα παραγωγής και μεταφοράς, την μη ορθολογική χρήση της ενέργειας, την αδιαφορία και έλλειψη ενημέρωσης των πολιτών επιβαρύνεται έντονα το περιβάλλον με αποτέλεσμα την όξινη βροχή, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τα ραδιενεργά απόβλητα και την αλλοίωση του τοπίου.

Η ανάγκη για μείωση των φαινομένων αυτών οδήγησε στην δημιουργία του Πρωτοκόλλου του Κιότο (1997). Το Πρωτόκολλο του Κιότο προέκυψε από την Σύμβαση-Πλαίσιο για τις Κλιματικές Αλλαγές που είχε υπογραφεί στη διάσκεψη του Ρίο, τον Ιούνιο του 1992, από το σύνολο σχεδόν των κρατών. Η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση αυτή, κάνοντάς την νόμο του κράτους το 1994. Στόχος της Σύμβασης είναι “η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες”.

Λίγα χρόνια μετά, και συγκεκριμένα το 1997, καθορίστηκε σύμφωνα με τη προαναφερθείσα Σύμβαση, ένα σημαντικό νομικό πλαίσιο για τον έλεγχο των εκπομπών. Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές έξι αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2008-2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Στον παρακάτω πίνακα 1, δίνονται τα προβλεπόμενα ποσοστά μείωσης εκπομπών αερίων ρύπων για τη περίοδο 2008-2012.

Πίνακας 1

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2008-2012	
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ, ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ, ΕΣΘΟΝΙΑ, ΛΕΤΟΝΙΑ, ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ, ΡΟΥΜΑΝΙΑ, ΣΛΟΒΑΚΙΑ, ΣΛΟΒΕΝΙΑ, ΤΣΕΧΙΑ	- 8%
Η. Π. Α.	- 7%
ΚΑΝΑΔΑΣ, ΙΑΠΩΝΙΑ, ΟΥΓΓΑΡΙΑ, ΠΟΛΩΝΙΑ	- 6%
ΚΡΟΑΤΙΑ	- 5%
ΝΕΑ ΖΗΛΑΝΔΙΑ, ΟΥΚΡΑΝΙΑ, ΡΩΣΙΑ	+0%
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	+1%
ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	+8%
ΙΣΛΑΝΔΙΑ	+10%

Για να γίνει το Πρωτόκολλο διεθνής δεσμευτικός νόμος, πρέπει να επικυρωθεί από ένα ορισμένο αριθμό χωρών. Παρά τη δεδηλωμένη πρόθεση των ΗΠΑ να μη συμμετέχουν στη διεθνή αυτή συμφωνία πολλές χώρες έχουν ήδη επικυρώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο. Η Ελλάδα μαζί με την Ευρωπαϊκή Ένωση το επικύρωσε τον Μάιο του 2002. Για να αποκτήσει ουσιαστική ισχύ το Πρωτόκολλο απαιτείται πλέον η επικύρωσή του από την Ρωσία, η οποία έχει κάθε λόγο να το πράξει, αφού αναμένεται να έχει σημαντικά οικονομικά οφέλη από την κίνηση αυτή.

Μια χώρα μπορεί να πετύχει τους στόχους που της ορίζει το Πρωτόκολλο είτε μειώνοντας τις εκπομπές, είτε εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας παράλληλα και κάποιους από τους λεγόμενους “ευέλικτους μηχανισμούς” που διαθέτει το Πρωτόκολλο. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι:

- Εμπορία εκπομπών: μια βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα που έχει μειώσει τις εκπομπές πέρα των αρχικών στόχων που προβλέπει το Πρωτόκολλο μπορεί να “πουλήσει” αυτήν την επιπλέον μείωση σε άλλη χώρα που αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να πετύχει το στόχο της.
- Δημιουργία ενός “Μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης”: Ο τελικός στόχος αυτού του μηχανισμού είναι οι αναπτυσσόμενες χώρες να αναπτύξουν καθαρές τεχνολογίες για να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης παρέχει κίνητρα έτσι ώστε οι βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στις αναπτυσσόμενες χώρες. Έτσι μια βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών σε κάποια φτωχότερη χώρα όπου η μείωση αυτή είναι ευκολότερη και φθηνότερη. Αν και ο συνολικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η μείωση των εκπομπών κατά 8%, ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη μέλη παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Αυτές οι διαφοροποιήσεις παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ Ε. Ε.	
ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	- 28 %
ΓΕΡΜΑΝΙΑ, ΔΑΝΙΑ	- 21 %
ΑΥΣΤΡΙΑ	- 13 %
ΒΡΕΤΑΝΙΑ	- 12.5 %
ΕΣΘΟΝΙΑ, ΛΕΤΟΝΙΑ, ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ, ΣΛΟΒΑΚΙΑ, ΣΛΟΒΕΝΙΑ, ΤΣΕΧΙΑ	- 8 %
ΒΕΛΓΙΟ	- 7.5 %
ΙΤΑΛΙΑ	- 6.5 %
ΟΥΓΓΑΡΙΑ, ΠΟΛΩΝΙΑ, ΟΛΛΑΝΔΙΑ	- 6 %
ΓΑΛΛΙΑ, ΦΙΛΑΝΔΙΑ	+0 %
ΣΟΥΗΔΙΑ	+4 %
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	+13 %
ΙΣΠΑΝΙΑ	+15 %
ΕΛΛΑΔΑ	+25 %
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	+27 %

Όπως φαίνεται από το πίνακα 2, στην Ελλάδα έχει επιτραπεί να αυξήσει τις εκπομπές κατά 25% μέχρι το 2010 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Όμως, σύμφωνα με τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μέχρι το 2000 οι εκπομπές της χώρας μας είχαν ήδη αυξηθεί κατά 21,4%, ενώ σύμφωνα με τις προβλέψεις, η αύξηση των εκπομπών κατά το 2010 θα ανέρχεται στο 35,8%. Η μη τήρηση των στόχων θα έχει οδυνηρές συνέπειες για την χώρα μας, αφού σε μια τέτοια περίπτωση προβλέπονται αυστηρά πρόστιμα. Γι' αυτό είναι επιτακτική ανάγκη να προωθηθούν μέτρα που θα συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην ταχεία ανάπτυξη των καθαρών πηγών ενέργειας και εν τέλει στη μείωση των επικίνδυνων αερίων που αποσταθεροποιούν την ατμόσφαιρα της γης και πυροδοτούν τις κλιματικές αλλαγές.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο είναι το μόνο διεθνές νομικό εργαλείο που κινείται στη σωστή κατεύθυνση. Η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου θα περιορίσει την θερμοκρασία κατά 0,6 °C ως το 2050, όταν στο ίδιο διάστημα η αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας θα είναι 1 °C έως 2 °C.

Διάφοροι τεχνολογικοί λόγοι οδηγούν επίσης στην κατανάλωση των ενεργειακών αποθεμάτων, αναφέροντας ότι ο βαθμός απόδοσης των θερμικών μηχανών κυμαίνεται από 15-45% κάτι το οποίο εάν συνδυασθεί με το πλήθος των θερμοηλεκτρικών σταθμών που τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια τον πλανήτη μας, κάνει προφανή τη σημασία των ενεργειακών απωλειών.

Τα τελευταία χρόνια η μέση ετήσια παγκόσμια αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ 4% και 5% το οποίο μεταφράζεται σε διπλασιασμό της κατανάλωσης ενέργειας κάθε δέκα ή δώδεκα χρόνια. Το γεγονός αυτό είναι αρκετά ανησυχητικό ιδίως εάν συνδυασθεί με την αναμενόμενη εξάντληση των βεβαιωμένων αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων.

Σύμφωνα με τα στοιχεία για τα αποθέματα άνθρακα, υπολογίζεται ότι αυτά μπορούν να αρκέσουν για τα επόμενα 300 χρόνια ενώ το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο έως τα μέσα του εικοστού πρώτου αιώνα. Η πυρηνική ενέργεια θα μπορούσε να αποτελέσει μια μεσοπρόθεσμη λύση του ενεργειακού μας προβλήματος αλλά δεν παύει να υπάρχει αυξημένος κίνδυνος περιβαλλοντικής ρύπανσης και ατυχημάτων.

Στη χώρα μας υπάρχουν κοιτάσματα λιγνίτη στην Μακεδονία και στην Μεγαλόπολη που υπολογίζονται σε 5 έως 6 δισεκατομμύρια τόνους. Το πετρέλαιο του Πρίνου Καβάλας καλύπτει ένα μικρό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών της χώρας μας. Τέλος τα επαρκώς βεβαιωμένα αποθέματα ουρανίου που έχουν εντοπισθεί στη Δράμα ανέρχονται σε 400 τόνους ενώ συγκεντρώσεις ουρανίου έχουν εντοπισθεί σε λιγνίτες, σε ανθρακομιγείς αργίλους και φωσφορικά κοιτάσματα. Τα αποθέματα αυτά δεν θεωρούνται σήμερα τεχνικοοικονομικά αναλήψιμα, είναι όμως δυνατό να καταστούν στο μέλλον.

Η Ελλάδα δε φαίνεται ιδιαίτερα ευνοημένη σε αποθέματα συμβατικών καυσίμων αντίθετα η ελληνική οικονομία εξακολουθεί να στηρίζεται κατά κύριο λόγο στο εισαγόμενο πετρέλαιο. Το 70% της εγχώριας ενεργειακής κατανάλωσης προέρχεται από εισαγόμενο πετρέλαιο και λιθάνθρακα.

Συμπερασματικά, η ελληνική ενεργειακή κατάσταση χαρακτηρίζεται από έντονη εξάρτηση σε εισαγωγές πετρελαίου, από σπατάλη και κακή χρήση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων, καθώς και τον αποκλεισμό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από το ενεργειακό ισοζύγιο. Μπορούμε να πούμε ότι μόνο με την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών, και την ορθολογική χρήση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων είναι δυνατή η πραγματική βελτίωση της εικόνας της εγχώριας ενεργειακής αγοράς.

Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας διατίθενται σε αφθονία στη χώρα μας, γιατί είναι μια χώρα με πλούσια ηλιοφάνεια, με ισχυρούς και συνεχείς ανέμους, διαθέτει αξιόλογη βιομάζα και σημαντικό γεωθερμικό δυναμικό καθώς επίσης και αρκετά υδάτινα αποθέματα κατάλληλα για μικρά υδροηλεκτρικά.

Στην χώρα μας η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα 3:

Πίνακας 3

ΓΝΩΜΟΔΟΤΗΣΕΙΣ Ρ.Α.Ε. ΓΙΑ ΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ Α.Π.Ε.	
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ (MW)
ΑΙΟΛΙΚΑ	894
Διασυνδεδεμένο	748
Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά	146
ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	176
ΒΙΟΜΑΖΑ	78
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ	1
ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ	133
ΣΥΝΟΛΟ (χωρίς νέο έργο Θράκης)	1281
ΑΙΟΛΙΚΑ Ειδικό Έργο Θράκης	217
ΣΥΝΟΛΟ	1498

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΑΙΟΛΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ



Σχήμα 1: Τρίπτερες ανεμογεννήτριες σε λόφο

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη και ήπια προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας, η οποία προέρχεται από τη μετατροπή μικρού ποσοστού ηλιακής ακτινοβολίας σε κινητική ενέργεια του ανέμου. Η αιολική ενέργεια ανήκει στις ήπιες ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεδομένου ότι αφ'ενός δεν ρυπαίνει το περιβάλλον και αφ'ετέρου είναι θεωρητικά ανεξάντλητη.

Η ισχύς του ανέμου σε ολόκληρο τον πλανήτη εκτιμάται σε $3,68 \cdot 10^9$ MW, ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας ποσοστό 1% της αιολικής ενέργειας που ανέρχεται σε $175 \cdot 10^{12}$ KWH είναι διαθέσιμα για ενεργειακή αξιοποίηση σε διάφορα μέρη του κόσμου.

Οι πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας από πλευράς αιολικού δυναμικού είναι χώρες της πολικής και εύκρατης ζώνης ιδιαίτερα κοντά στις ακτές. Βέβαια η αξιοποίηση της δωρεάν ενέργειας που προσφέρει η φύση στον άνθρωπο προϋποθέτει την ύπαρξη των κατάλληλων μηχανών για την δέσμευση της αιολικής ενέργειας και την μετατροπή της στην επιθυμητή μορφή ενέργειας.

Τα τελευταία τριάντα χρόνια ιδιαίτερα μετά τις διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις και σε συνδυασμό με τα οξυμένα περιβαλλοντικά προβλήματα οι άνθρωποι έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τεχνικοοικονομικής άποψης η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα την πλέον συμφέρουσα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δεδομένου ότι ήδη το κόστος της παραγόμενης αιολικής κιλοβατώρας συναγωνίζεται το κόστος της συμβατικής κιλοβατώρας, χωρίς μάλιστα να συμπεριληφθεί το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος από την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό τα

τελευταία χρόνια γίνονται σοβαρές επενδύσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας τόσο από δημόσιους όσο και από ιδιωτικούς φορείς κυρίως στις πιο ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη μας.

2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Η αιολική ενέργεια είναι μια από τις πιο παλιές φυσικές πηγές ενέργειας που αξιοποιήθηκε σε μηχανική μορφή. Η πρωτογενής αυτή μορφή ενέργειας έπαιξε αποφασιστικό ρόλο στην εξέλιξη της ανθρωπότητας ιδιαίτερα με τη χρήση της στη ναυτιλία για συγκοινωνίες και εξερευνήσεις, όπου φαίνεται να είναι και η πρώτη της εφαρμογή, αλλά και με την χρήση της σε χειρσαίες εφαρμογές με κυριότερη αυτή των ανεμόμυλων για την άντληση νερού ή το άλεσμα των καρπιών με σκοπό την παραγωγή πρώτων υλών .

Οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν ανεμόμυλους ήταν οι Πέρσες το 900 π.Χ. (σχήμα 1). Οι ανεμόμυλοι αυτοί ήταν κατακόρυφου άξονα περιστροφής και ο αέρας που διοχετευόταν από τις εσοχές της κατασκευής γυρνούσε τον άξονα παρέχοντας μηχανική κίνηση. Οι κατασκευές αυτές ήταν εξαιρετικά επιρρεπείς σε δυνατούς ανέμους με αποτέλεσμα να καταστρέφονται εύκολα λόγω του έντονου στροβιλισμού στο εσωτερικό τους .

Η αιολική ενέργεια έκανε την εμφάνιση της στην Ευρώπη κατά τον Μεσαίωνα με ανεμόμυλους οριζόντιου άξονα. Οι ανεμόμυλοι αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για κάθε μηχανολογική δραστηριότητα εκ των οποίων οι σημαντικότερες ήταν η άντληση νερού, το άλεσμα δημητριακών, η κοπή ξυλείας και η κίνηση εργαλείων.

Οι πρώτοι ανεμόμυλοι αυτού του είδους κατασκευάζονταν επάνω σε ειδικές περιστρεφόμενες βάσεις ώστε να μπορούν να γυρίσουν όταν άλλαζε η διεύθυνση του ανέμου. Οι ανεμόμυλοι αυτοί διέθεταν συνήθως τέσσερα περύγια. Ο αριθμός και οι διαστάσεις των περυγίων στηρίχθηκαν κυρίως στην διευκόλυνση ως προς την κατασκευή και εμπειρικά στην αποτελεσματική σταθερότητα.

Ο άνεμος εξακολούθησε να αποτελεί την κύρια πηγή κινητικής ενέργειας μέχρι το ξέσπασμα της βιομηχανικής επανάστασης. Με την ανακάλυψη της χρήσης του άνθρακα και του πετρελαίου, η αιολική ενέργεια παραγκωνίστηκε και η χρήση των ορυκτών καυσίμων βρήκε ατελείωτες εφαρμογές. Ωστόσο πολλοί ήταν εκείνοι που εξακολούθησαν να χρησιμοποιούν την αιολική ενέργεια για την κάλυψη των βασικών τους αναγκών. Αυτή η χρήση οδήγησε στην εξέλιξη των ευρωπαϊκών ανεμόμυλων.

Οι ανεμόμυλοι έγιναν πιο αποτελεσματικοί. Οι περισσότεροι από αυτούς ήταν τοποθετημένοι σε σταθερές βάσεις και μόνο το επάνω μέρος στο οποίο στηρίζονταν τα περύγια περιστρεφόταν μηχανικά ή χειρωνακτικά για την καλύτερη εκμετάλλευση του ανέμου. Τα περύγια άλλαξαν μορφή και έγιναν πιο αεροδυναμικά και ελικοειδή βελτιώνοντας έτσι την περιστροφική τους κίνηση. Μερικές από αυτές τις πρώιμες αιολικές μηχανές μάλιστα, διέθεταν ένα αυτόματο

σύστημα ελέγχου. Παράλληλα αναπτύχθηκε και ένα σύστημα φρένων για τις μηχανές αυτές βασισμένο στην κλίση των πτερυγίων. Μια άλλη βασική εξέλιξη κατά τον 18^ο αιώνα ήταν η επιστημονική προσέγγιση των αιολικών μηχανών. Ο Άγγλος John Smeaton χρησιμοποιώντας πρωτότυπα μοντέλα κατέληξε σε κάποιες βασικές αρχές που διέπουν έως σήμερα τις αιολικές μηχανές όπως:

- Η ταχύτητα των πτερυγίων είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου
- Η μέγιστη ροπή είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας του ανέμου
- Η μέγιστη ισχύς είναι ανάλογη του κύβου της ταχύτητας του ανέμου

Με την εμφάνιση των ηλεκτρικών γεννητριών στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, άρχισαν οι προσπάθειες για την μετατροπή μικρών γεννητριών σε παραγωγούς ενέργειας αντί για μηχανικό έργο. Οι πρώτες επιτυχείς προσπάθειες φαίνεται να έγιναν από τον Marcellus Jacobs ο οποίος χρησιμοποίησε ανεμογεννήτριες με την μορφή που τις συναντάμε μέχρι σήμερα. Τα πτερόγια έγιναν αεροδυναμικά και επικράτησε η χρήση τριών στις ανεμογεννήτριες της εποχής. Οι ανεμογεννήτρια του Jacobs θεωρήθηκε ο προγονός των σημερινών μικρών ανεμογεννητριών της Bergey και της Southwest Windpower machines. Με την επέκταση όμως του κεντρικού ηλεκτρικού δικτύου των Η.Π.Α. στα τέλη του 1930, σήμανε και το τέλος της χρήσης μικρών Α/Γ.



Σχήμα 2 : Η ανεμογεννήτρια του Jacobs

Η συνέχεια στην προσπάθεια εξέλιξης των αιολικών μηχανών δόθηκε από τη Δανία. Οι Δανοί δραστηριοποιήθηκαν έντονα στον τομέα αυτό με αποτέλεσμα να τελειοποιήσουν τον σχεδιασμό των πτερυγίων και τον έλεγχο της ισχύος των γεννητριών, ενώ κατασκευάστηκαν και ανεμογεννήτριες μεταβλητού βήματος έλικας γεγονός που αποτέλεσε σταθμό στην μετέπειτα εξέλιξη τους.

Αποκορύφωμα αυτής της προσπάθειας ήταν η κατασκευή ανεμογεννητριών από 30 - 200 K\W από τον La COUR, ο οποίος με την ηλεκτρική ενέργεια που

παρήγαγαν οι Α/Γ ηλεκτρόλυσε νερό και αποθήκευε το παραγόμενο υδρογόνο για την χρήση του σε λάμπες φωτισμού. Από τη Δανία ξεκίνησε και η σύνδεση των Α/Γ με το δίκτυο ηλεκτροδότησης ενώ στα μέσα του 1980 οι Δανοί είχαν θέσει τις βάσεις μια ισχυρής βιομηχανίας γύρω από τις αιολικές μηχανές. Οι συνέπειες από την εκτεταμένη χρήση του πετρελαίου κατά το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα και οι κίνδυνοι που έκρυβε η πυρηνική ενέργεια ώθησαν τις κυβερνήσεις στη εξεύρεση άλλων πιο καθαρών μορφών ενέργειας καθώς η μόλυνση του περιβάλλοντος άρχισε να εμφανίζεται ως ένα γοργά αναπτυσσόμενο περιβαλλοντικό ζήτημα.

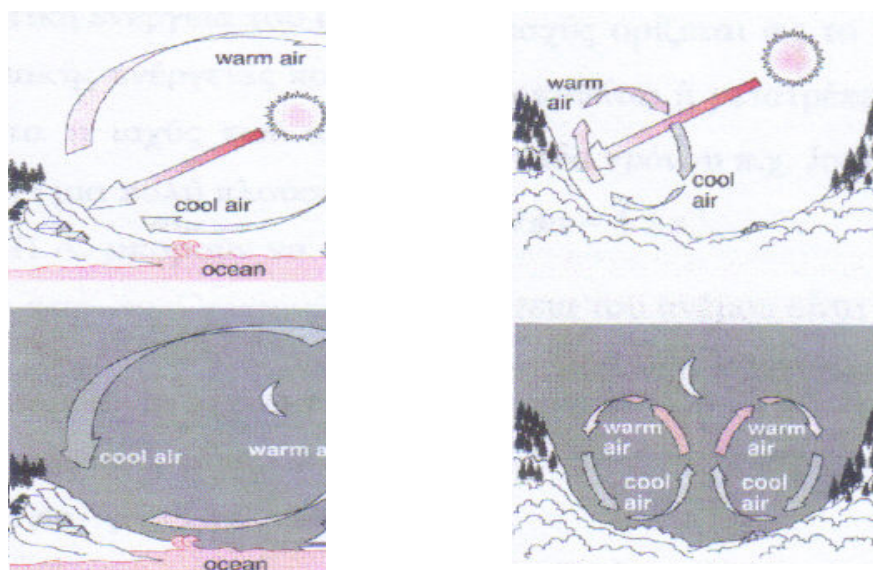
Την στροφή προς τις ΑΠΕ σήμανε οριστικά η πετρελαϊκή κρίση του 1973. Οι κυβερνήσεις των πιο ανεπτυγμένων χωρών συγκρότησαν οργανισμούς που ασχολούνταν αποκλειστικά με την εξεύρεση λύσεων γύρω από το ενεργειακό ζήτημα και την τεχνολογία των Α.Π.Ε.

Στις Η.Π.Α. πραγματοποιήθηκε μια αποφασιστική κίνηση προς την αιολική ενέργεια. Αναπτύχθηκαν μηχανές όπου παρήγαγαν από 100 Κ\W έως και 3,2 MW ηλεκτρικής ενέργειας, ποσά ασύλληπτα για την εποχή. Πολλές βιομηχανίες δραστηριοποιήθηκαν γύρω από τις Α/Γ στα τέλη της δεκαετίας του 70' με αποτέλεσμα την δημιουργία αιολικών πάρκων. Τα αιολικά πάρκα αποτελούν σήμερα μέρος της σύγχρονης πραγματικότητας με αριθμό Α/Γ από μερικές μονάδες μέχρι αρκετές δεκάδες παράγοντας έτσι τρομακτικά ποσά ενέργειας που διοχετεύονται στο κεντρικό δίκτυο κατανάλωσης .

2.2 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Οι άνεμοι της γης παράγονται κυρίως από την άνιση θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο. Οι θάλασσες παρουσιάζουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα αφού εκτός από την εξάτμιση, η θερμότητα μεταφέρεται προς τα κάτω μέσα στις υδάτινες μάζες.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας ο αέρας πάνω από τις λίμνες, τις θάλασσες και τους ωκεανούς παραμένει σχετικά κρύος σε σχέση με τον αέρα που βρίσκεται πάνω από την ξηρά ο οποίος θερμαίνεται περισσότερο. Από την θέρμανση του αέρα της ξηράς έχουμε ελάττωση της πυκνότητας του με συνέπεια την ανύψωση του καθώς ταυτόχρονα ο κρύος αέρας πάνω από τη θάλασσα κινείται αντιστρόφως για να πάρει τη θέση του. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται τα παραλιακά ρεύματα. Κατά τη διάρκεια της νύχτας τα ρεύματα αυτά αντιστρέφονται καθώς η θερμοκρασία της ξηράς ελαττώνεται γρηγορότερα από αυτή του νερού και έτσι ο ψυχρός και βαρύτερος αέρας της ξηράς κινείται προς τη θάλασσα όπου αναπληρώνει τον αέρα που ανυψώνεται από την επιφάνειά της . Παρόμοια τοπικά ρεύματα συμβαίνουν στις βουνοπλαγιές κατά τη διάρκεια της ημέρας όταν ο θερμός αέρας ανυψώνεται κατά μήκος των πλαγιών που θερμαίνονται από τον ήλιο. Κατά τη νύκτα ο σχετικά κρύος αέρας των πλαγιών κινείται καθοδικά προς τις πεδιάδες .



Σχήμα 3 : Κίνηση αέρα σε θαλάσσιες περιοχές και σε βουνοπλαγιές

Κατά τον ίδιο τρόπο παράγονται οι πλανητικοί άνεμοι λόγω της μεγαλύτερης θέρμανσης της επιφάνειας της γης κοντά στον Ισημερινό από ότι στους Πόλους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κρύοι επιφανειακοί άνεμοι να φυσούν από τους πόλους προς τον ισημερινό προς αντικατάσταση του αέρα που ανυψώνεται στις τροπικές περιοχές και κινείται προς τους πόλους. Σημαντικοί επίσης είναι και οι εποχιακοί άνεμοι οι αποκαλούμενοι Μουσώνες, καθώς και οι Ετήσιοι ή Μελέτνια όπως έχει επικρατήσει να λέγονται. Οι Ετήσιοι μάλιστα εμφανίζονται στην λεκάνη της Μεσογείου και ιδιαίτερα στο Αιγαίο. Αρχίζουν να πνέουν στις αρχές Μαΐου και εξασθενούν στα μέσα Οκτωβρίου με μεγαλύτερη ένταση και συχνότητα από τα μέσα Ιουλίου ως τα μέσα Σεπτεμβρίου.

Η κινητική ενέργεια του ανέμου οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία εκ της οποίας το 2% της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στον πλανήτη μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια. Μάλιστα η ισχύς των ανέμων σ'όλη τη γη υπολογίζεται σε 3.610 MW.

Ο άνεμος αποτελεί μια πολύ πλούσια πηγή ενέργειας αν αναλογιστούμε ότι οι ενεργειακές ανάγκες των Η.Π.Α. μπορούν να καλυφθούν από την ισχύ που παρέχει το 10% των ανέμων που πνέουν στην εκεί περιοχή. Το μόνο μειονέκτημα του ανέμου είναι ότι είναι μια «αραϊή» ή «ήπια» μορφή με αποτέλεσμα να χρειάζονται μεγάλες κατασκευές για την εκμετάλλευση ενός βιώσιμου ποσοστού αιολικής ισχύος και κατά συνέπεια παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Τη λύση σε αυτό το πρόβλημα έρχεται να δώσει η σύγχρονη τεχνολογία με την κατασκευή μεγάλων διαστάσεων ανεμογεννητριών οι οποίες ανταγωνίζονται οικονομικά τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

2.3 ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Ο άνεμος που αναπτύσσεται στην επιφάνεια της γης είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένος με την ηλιακή ακτινοβολία που διαπερνά τα ατμοσφαιρικά στρώματα και καταλήγει σ'αυτή. Η διαφορά της πίεσης σε πιο θερμές και ψυχρές περιοχές του πλανήτη δημιουργούν την κίνηση αερίων μαζών οι οποίες ευνοούν την δημιουργία του ανέμου. Συνεπώς πολλές είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν την κίνηση και την ταχύτητα του ανέμου επάνω από τις θαλάσσιες και ηπειρωτικές περιοχές.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την κίνηση και συνεπώς και την ταχύτητα του ανέμου είναι τα εμπόδια που βρίσκει στην κίνηση του. Καθώς η ατμόσφαιρα βρίσκεται σε σχετική κίνηση με τη Γη στο κατώτερο τμήμα της λόγω του ιξώδους του αέρα δημιουργείται ένα στρώμα αέρα, το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα (ΑΟΣ), μέσα στο οποίο η σχετική ταχύτητα μεταβάλλεται από μηδέν πάνω στην επιφάνεια της Γης μέχρι τις μεγαλύτερες τιμές. Το ύψος του ΑΟΣ δεν είναι σταθερό ούτε χρονικά ούτε τοπικά. Οι κυριότεροι παράγοντες που το επηρεάζουν είναι η μορφή της επιφάνειας της Γης (τραχύτητα εδάφους) και η ευστάθεια της ατμόσφαιρας .

Ανάλογα με το ύψος των εμποδίων που συναντά ο αέρας στην επιφάνεια, το ΑΟΣ μεταβάλλεται καθ'ύψος. Στην περίπτωση μια ήρεμης θαλάσσιας επιφάνειας η αντίσταση που συναντά ο αέρας είναι πολύ μικρή σε αντίθεση με μια δενδρόφυτη περιοχή ή με μια αστική περιοχή με ψηλά κτήρια όπου συναντά πολύ μεγάλη αντίσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την όλο και μεγαλύτερη καθ'ύψος μετακίνηση του ΑΟΣ.

2.4 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Η εξέλιξη των αιολικών μηχανών έχει να επιδείξει πληθώρα κατασκευών που εκμεταλλεύονται την κίνηση του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι δύο βασικές κατηγορίες που επικράτησαν είναι οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα στις οποίες τα πτερύγια στηρίζονται στα δύο άκρα ενός κατακόρυφου άξονα και περιστρέφονται γύρω από αυτόν κάθετα ως προς την κίνηση του ανέμου και οι οριζοντίου άξονα οι οποίες στηρίζονται σε έναν ψηλό πυλώνα κάθετα ως προς αυτόν και συνεπώς παράλληλα στον άνεμο. Εδώ και αρκετά χρόνια έχει επικρατήσει η χρήση Α/Γ οριζοντίου άξονα καθώς αποδείχτηκαν πιο αξιόπιστες και παραγωγικές.

Μια Α/Γ είναι μια κατασκευή που ενσωματώνει υψηλή τεχνολογία και τεχνογνωσία. Ξεκινώντας από τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρολογικά συστήματα, μια Α/Γ φιλοξενεί στο εσωτερικό της την γεννήτρια η οποία χάρις στην κίνηση της πλήμνης με την οποία συνδέεται παράγει ρεύμα, συστήματα πέδησης της γεννήτριας, εναλλάκτες θερμότητας, συστήματα ψύξης της γεννήτριας, κιβώτιο ταχυτήτων, πίνακα ελέγχου και άλλα συστήματα που συντελούν στην σωστή λειτουργία της αιολικής μηχανής. Η παραγόμενη ενέργεια καταλήγει μέσω καλωδίων, διάμεσο του πυλώνα, σε μετασχηματιστές οι οποίοι την

μετασχηματίζουν ώστε να είναι συμβατή με το εθνικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και στη συνέχεια εισάγεται σ' αυτό.



Σχήμα 4 : Εσωτερικό ανεμογεννήτριας

Εξίσου σημαντική βέβαια είναι και η εξωτερική κατασκευή. Η αεροδυναμική κατασκευή εξασφαλίζει υψηλή παραγωγή ενέργειας καθώς εκμεταλλεύεται με τον καλύτερο τρόπο την κίνηση του ανέμου. Υπάρχει μια πληθώρα κατασκευών με διαφορετικό αριθμό πτερυγίων. Επικρατέστερες είναι αυτές με τα τρία πτερύγια. Η γεννήτρια μαζί με την πλήμνη και τα πτερύγια, τοποθετείται πάνω σε έναν πυλώνα που έχει σχεδιαστεί για να αντέχει το βάρος της μηχανής αλλά και τις δυναμικές καταπονήσεις εξαιτίας της κίνησης του ανέμου. Ο πυλώνας έχει ύψος αρκετές δεκάδες μέτρα ώστε η ανεμογεννήτρια να εκμεταλλεύεται όσο το δυνατόν περισσότερο και χωρίς εμπόδια την πνοή του ανέμου.

Εκτός από την ανεμογεννήτρια υπάρχει και ένα σύστημα ανεμομετρικών μηχανημάτων προσαρτημένα στο επάνω τμήμα του κουβούκλιου της γεννήτριας από τα οποία λαμβάνονται μετρήσεις για την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου. Υπάρχει επίσης ενσωματωμένο σύστημα πέδησης για τα πτερύγια, συστήματα γείωσης από κεραυνούς και άλλα υποσυστήματα που υποστηρίζουν την ομαλή λειτουργία της Α/Γ.

Κάθε ανεμογεννήτρια διαθέτει κάποια χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να γνωρίζει ο ενδιαφερόμενος για να επιλέξει την κατάλληλη Α/Γ ανάλογα με τις ταχύτητες του ανέμου που πνέουν στην περιοχή αλλά και την συχνότητα εμφάνισης και διατήρησής τους.

Από την καμπύλη ισχύος μιας Α/Γ μπορούμε να πληροφορηθούμε την ταχύτητα του ανέμου που αποτελεί και ταχύτητα έναρξης της παραγωγικής λειτουργίας της Α/Γ αλλά και την ταχύτητα ανέμου στην οποία σταματά να λειτουργεί η Α/Γ, οπότε σταματά και η παραγωγή ρεύματος για λόγους προστασίας της κατασκευής. Σημαντική πληροφορία που μας παρέχει η καμπύλη ισχύος της Α/Γ

είναι η ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας της μηχανής στην οποία η μηχανή παράγει την ονομαστική (μέγιστη) ισχύ της. Αποτελεί την σημαντικότερη πληροφορία που παίρνουμε για μια υποψήφια θέση εγκατάστασης αιολικού πάρκου καθώς επιλέγονται τοποθεσίες με ταχύτητες ανέμου που είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην ονομαστική ταχύτητα της Α/Γ που έχει επιλεγεί.

2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αιολική ενέργεια είναι σήμερα μια τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή. Αν και δεν είναι δυνατόν να αγνοήσουμε τα μειονεκτήματα που συνοδεύουν την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, είναι επίσης σημαντικό να ληφθούν υπόψιν και τα πλεονεκτήματα, ορισμένα από τα οποία ισχύουν ιδιαίτερα στη χώρα μας.

- Ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία μάλιστα παρέχεται δωρεάν.
- Η αιολική ενέργεια προστατεύει τον πλανήτη αφού δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης, ενώ αποφεύγονται επίσης οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που αποσταθεροποιούν το παγκόσμιο κλίμα. Κάθε εγκατεστημένο MW αιολικής ενέργειας στην χώρα μας αποσοβεί την έκλυση περίπου 3 χιλιάδων τόνων διοξειδίου του άνθρακα ετησίως. Η λειτουργία ενός τυπικού αιολικού πάρκου, ισχύος 10 MW, προσφέρει ετήσια την ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζονται 7.250 νοικοκυριά (με βάση τη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας το 2002) και εξοικονομεί περίπου 2.580 T.I.P.(τόνους ισοδύναμου πετρελαίου). Στα σημεία υψηλού αιολικού δυναμικού (εκεί δηλαδή όπου κατά προτεραιότητα εγκαθίστανται αιολικά πάρκα), τα οφέλη αυτά μπορεί να είναι αυξημένα κατά 15% περίπου.
- Η αιολική ενέργεια δεν επιβαρύνει το τοπικό περιβάλλον με επικίνδυνους αέριους ρύπους. Κατά την παραγωγή ενέργειας από συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής εκλύονται τεράστιες ποσότητες ρύπων, μεταξύ των οποίων τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, το δηλητηριώδες μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου που προκαλούν το φαινόμενο της όξινης βροχής. Κάθε KWH ηλεκτρισμού που παράγεται από τον άνεμο, σημαίνει μία λιγότερη KWH που θα είχε παραχθεί πιθανά με κάποιον άλλο ρυπογόνο τρόπο. Κατά μέσο όρο, κάθε KWH που παράγεται καίγοντας άνθρακα ή πετρέλαιο, εκλύει στην ατμόσφαιρα ένα περίπου κιλό διοξειδίου του άνθρακα, 4-20 γραμμάρια διοξειδίου του θείου, 1,5-15 γραμμάρια οξειδίων του αζώτου, 0,3-5 γραμμάρια μικροσωματιδίων και πολλούς ακόμη επικίνδυνους αέριους ρύπους. Ένας τέτοιος σταθμός έχει κατά καιρούς προταθεί π.χ. για την Εύβοια, η οποία, έχει πλουσιότατο αιολικό δυναμικό και η οποία μπορεί να παράγει την ενέργεια αυτή από τον άνεμο χωρίς τους ρύπους που συνεπάγεται η κατασκευή ενός ανθρακικού σταθμού

- Για κάθε MW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 15 με 22 θέσεις εργασίας, εκ των οποίων 0,5-1 είναι μόνιμες και αφορούν την λειτουργία και διαχείριση του αιολικού πάρκου. Για σύγκριση αναφέρουμε ότι, για κάθε MW εγκατεστημένης ισχύος σε ένα ανθρακικό σταθμό, δημιουργούνται 0,2 μόνιμες θέσεις εργασίας, δηλαδή έως και 5 φορές λιγότερες των αιολικών (στοιχεία Δ.Ε.Η.).
- Η αιολική ενέργεια ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια.
- Ακόμη όμως και χωρίς να συμπεριλάβουμε το περιβαλλοντικό κόστος, η αιολική ενέργεια είναι σήμερα μια οικονομικά ανταγωνιστική εναλλακτική λύση απέναντι στα ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα και την επικίνδυνη πυρηνική ενέργεια. Αν αφαιρέσει κανείς το κόστος της αρχικής επένδυσης, το πραγματικό κόστος εκμετάλλευσης των αιολικών πάρκων της Δ.Ε.Η. στην Κρήτη εκτιμάται ότι είναι κάτω από 0,6 λεπτά/KWH. Αναφέρουμε χαρακτηριστικά ότι μόνο το κόστος καυσίμου των πετρελαϊκών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής για κάλυψη αιχμών της ζήτησης στην Κρήτη κυμαίνεται από 11,7 έως 22,3 λεπτά/KWH και σε άλλα μικρότερα νησιά είναι μεγαλύτερο. Στα Αντικύθηρα π.χ. το 1998, το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με καύσιμο πετρέλαιο έφτασε στην πολύ υψηλή τιμή των 2,24 €/KWH. Επειδή για κοινωνικούς λόγους η Δ.Ε.Η. πουλάει την KWH στην ίδια τιμή με το εθνικό δίκτυο, η επιχείρηση έχει στα νησιά του Αιγαίου παθητικό γύρω στα 200 εκατ. € ετησίως λόγω της εξάρτησης από ρυπογόνους πετρελαϊκούς σταθμούς.
- Το κόστος της παραγωγής αιολικής ενέργειας δεν είναι απαγορευτικό για μικρές εφαρμογές, σε αντίθεση με τους συμβατικούς τρόπους ηλεκτροπαραγωγής. Κάθε νοικοκυριό ή βιοτεχνία θα μπορούσε θεωρητικά να παράγει τη δική του ενέργεια από τον άνεμο. Η αιολική ενέργεια αποτελεί, εκτός των άλλων, και μία βιώσιμη λύση για περιοχές χωρίς πρόσβαση σε δίκτυο. Όπως και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. τα φωτοβολταϊκά), μικρές ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτόνομα ή υβριδικά συστήματα για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.
- Το αιολικό δυναμικό της χώρας μας είναι γεωγραφικά διεσπαρμένο, οδηγώντας στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, ανακουφίζοντας τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Η αιολική ενέργεια δεν εμποδίζει τις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Περίπου το 99% της γης που φιλοξενεί ένα αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις διάφορες αγροτικές δραστηριότητες μπορούν να συνεχίζονται μέχρι τις βάσεις των ανεμογεννητριών, αφού τα θεμέλιά τους είναι κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι τα αιολικά πάρκα επιβαρύνουν τη γεωργία ή την κτηνοτροφία. Ενδεικτικά και για λόγους σύγκρισης, αναφέρουμε ότι για την παραγωγή ενέργειας από έναν σταθμό ηλεκτροπαραγωγής που καίει άνθρακα απαιτείται έως και 4,5 φορές μεγαλύτερη έκταση απ' αυτή που απαιτείται για να καλυφθούν οι ίδιες ενεργειακές ανάγκες με αιολική ενέργεια. Ο υπολογισμός αυτός έγινε λαμβάνοντας υπ' όψιν και τις τεράστιες εκτάσεις γης που δεσμεύονται

κατά την εξόρυξη άνθρακα και αφορά τον κύκλο ζωής μιας τοπικής μονάδας παραγωγής ενέργειας που είναι περίπου 30 χρόνια. Όσον αφορά τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα, πρέπει να τονίσουμε ότι στη μεγάλη τους πλειοψηφία εγκαθίστανται σε ορεινές θέσεις με αραιή θαμνώδη βλάστηση, η οποία οφείλεται, ως ένα βαθμό, ακριβώς στις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες (δηλαδή στις υψηλές ταχύτητες του ανέμου). Η παρουσία υψηλής βλάστησης σε μία περιοχή (συστάδες δένδρων και δασώδεις εκτάσεις) δεν προσφέρεται για εκμετάλλευση αιολικού δυναμικού, δεδομένου ότι επιβραδύνει τη ροή του ανέμου στα συνήθη ύψη του ρότορα της ανεμογεννήτριας, πράγμα που καθιστά τις θέσεις αυτές μη ελκυστικές για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Η συνήθης χρήση γης στις θέσεις εγκατάστασης αιολικών πάρκων είναι η βοσκή αιγοπροβάτων. Σπανιότερα, στις θέσεις αυτές εντοπίζονται ίχνη εγκαταλελειμμένων καλλιεργειών μικρής απόδοσης. Επειδή δεν απαιτείται η περιφραγή της έκτασης εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, αφού το σύνολο του εξοπλισμού τους είναι απροσπέλαστο και προστατευόμενο, όλες οι υφιστάμενες χρήσεις γης μπορούν να συνεχιστούν χωρίς εμπόδια.

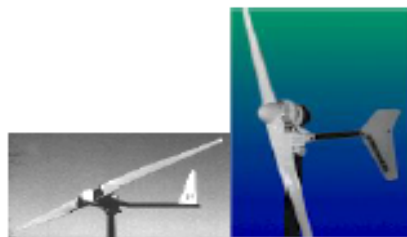
- Η αιολική ενέργεια, παρά τους φόβους περί του αντιθέτου, ενισχύει τον τουρισμό, καθώς αντικαθιστά τις ρυπογόνες μορφές ενέργειας και διαφυλάσσει το φυσικό περιβάλλον. Στη Σητεία, όπως και σ' άλλες περιοχές σε όλο τον κόσμο, ανθίζει τελευταία ο "περιβαλλοντικός τουρισμός", καθώς η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων ελκύει πολλούς επισκέπτες.
- Η αιολική ενέργεια συμβάλλει στην τοπική ανάπτυξη. Στην Εύβοια για παράδειγμα, μέχρι τα μέσα του 2001 είχαν εγκατασταθεί 150 MW περίπου αιολικών πάρκων, συνολικού κόστους 170,2 εκατ. €. Για την κατασκευή κάθε πάρκου της τάξης των 10 MW απασχολήθηκαν 45-65 εργαζόμενοι για 4-5 μήνες ανά έργο, οι μισοί εκ των οποίων, κατά μέσο όρο, προέρχονταν από το τοπικό ανθρώπινο δυναμικό. Το προσωπικό που συμμετείχε στην φάση κατασκευής διανυκτέρευε σε τοπικά καταλύματα. Στην φάση λειτουργίας των αιολικών πάρκων οι μισοί περίπου εργαζόμενοι προέρχονται από το τοπικό ανθρώπινο δυναμικό. Στην Εύβοια, επίσης, δαπανώνται τοπικά 4.800-5.870 € τον χρόνο ανά εγκατεστημένο MW (μισθοί, εργολαβίες, κ.λ.π.), ενώ ακόμα, έχουν ήδη υλοποιηθεί από τους επενδυτές παράπλευρα έργα κοινωνικού οφέλους (σχολεία, πολιτιστικά κέντρα, παιδικοί σταθμοί), καθώς και χορηγίες, της τάξης των 15.000 - 30.000 € ανά εγκατεστημένο MW.

Οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) που βλέπουμε παρακάτω είναι οι μηχανές οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω του ανέμου, είτε αυτόνομα είτε σε σύνδεση με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο. Διακρίνουμε δύο είδη: τις δίπτερες και τις τρίπτερες.

Τα 2 είδη ανεμογεννητριών (δίπτερες, τρίπτερες) φαίνονται στη παρακάτω εικόνα.



Τρίπτερες ανεμογεννήτριες



Δίπτερες ανεμογεννήτριες

Σχήμα 5 : Δίπτερες και τρίπτερες ανεμογεννήτριες

Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης σαφώς μικρότερο, από αυτό των τριπτερούγων αντιστοίχου μεγέθους.

Η κατασκευή μηχανών της τάξεως MW δεν κατάφερε να ενταχθεί στο οικονομικά και κατασκευαστικά βιώσιμο κατεστημένο. Η οικονομική υποστήριξη της κατασκευής μηχανών αυτής της κατηγορίας είναι πλέον εφικτή μόνο μέσα από Ευρωπαϊκά προγράμματα. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας όμως έχει ελαχιστοποιήσει κάποια από τα μειονεκτήματα.

Ένα άλλο είδος ανεμογεννήτριας για αυτόνομες εγκαταστάσεις είναι η σειρά butterfly. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται προηγμένα υλικά όπως μαγνήτες από Νεοδύμιο.

Το 1999 η αιολική ενέργεια κάλυψε το 10% των αναγκών για ηλεκτρισμό στη Δανία και το 2003 αναμένεται να καλύψει το 14%. Θεωρητικά, η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της Ευρώπης στο μέγιστο θα μπορούσε να καλύψει όλες τις ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια. Στην Ευρώπη, στις αρχές του 1999, πάνω από 6.600MW κάλυψαν τις ανάγκες 7 εκατομμυρίων ανθρώπων.

Υπολογίζεται ότι πάνω από 55.000 ανεμογεννήτριες εγκατεστημένες σε όλο τον κόσμο ικανοποιούν τις ανάγκες σε κατανάλωση ηλεκτρισμού 14.000.000 νοικοκυριών, ενώ δυναμικό 70.000 ατόμων απασχολείται στην "αιολική βιομηχανία". Κατά την διάρκεια του 2002 αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 6.800 MW συνδέθηκαν στο ηλεκτρικό δίκτυο, ενώ στις αρχές του 2003 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς παγκοσμίως έφτασε τα 31.000 MW από τα οποία το

ποσοστό 75% είναι εγκατεστημένο στην Ευρώπη. Καθώς η παγκόσμια αγορά της αιολικής ενέργειας μεγαθύνεται μειώνεται το κόστος παραγωγής. Η παραγωγή μιας αιολικής ΚΩΗ στοιχίζει σήμερα το 1/5 της αξίας που είχε πριν είκοσι χρόνια ενώ στην τελευταία πενταετία το κόστος παραγωγής έχει μειωθεί κατά 20%.

Οι τυπικές ανεμογεννήτριες κυμαίνονται από 750-1300 ΚΩ ενώ η μεγαλύτερη μηχανή που κυκλοφορεί στην αγορά έχει ονομαστική ισχύ 2.500 ΚΩ. Σήμερα, ο σχετικός τομέας στη βιομηχανία προσφέρει 40.000 θέσεις εργασίας παγκοσμίως. Οι δημοσκοπήσεις σε ευρωπαϊκές χώρες, όπως Δανία, Γερμανία, Ολλανδία, Μ.Βρετανία έδειξαν ότι το 70% του πληθυσμού προτιμά την παραγωγή και χρήση αιολικής ενέργειας. Η Δανία κατέχει την πρώτη θέση στην παγκόσμια παραγωγή. Το παραγόμενο αιολικό δυναμικό στη Δανία το 1998 ήταν 1.200 ΜΩ και το ίδιο έτος οι Δανοί κατασκευαστές κατείχαν το 50% της παγκόσμιας αγοράς σε ανεμογεννήτριες.

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η εγκατεστημένη αιολική ισχύς ανά χώρα μέχρι το τέλος του 2012.

Πίνακας 4

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΑΙΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΑΝΑ ΧΩΡΑ (σε ΜΩ) ΜΕΧΡΙ 31/12/2002	
Η.Π.Α.	4.685
ΚΑΝΑΔΑΣ	238
Β. ΑΜΕΡΙΚΗ	4.923
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	12.001
ΙΣΠΑΝΙΑ	4.830
ΔΑΝΙΑ	2.880
ΙΤΑΛΙΑ	785
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	688
ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	552
ΣΟΥΗΔΙΑ	328
ΕΛΛΑΔΑ	276
ΑΛΛΕΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΧΩΡΕΣ	716
ΣΥΝΟΛΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ	23.056
ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΕΣ ΧΩΡΕΣ	235
ΙΝΔΙΑ	1.702
ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ	1.212
ΣΥΝΟΛΟ ΑΛΛΩΝ ΧΩΡΩΝ	2.914
ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΝΟΛΟ	31.128

Το συνολικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της Ελλάδας μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των ηλεκτρικών αναγκών της. Είναι γνωστό ότι η κάλυψη του

15% των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας, που αντιστοιχεί σε 6,45 TWH το 2004 μπορεί να επιτευχθεί οικονομικά με την ανάπτυξη των Αιολικών Πάρκων.

Συγκεκριμένα η Ελλάδα διαθέτει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό και μάλιστα άριστης ποιότητας, σημαντικής ταχύτητας και διάρκειας, σχεδόν ολόκληρο το έτος. Στα νησιά του Αιγαίου, στην Κρήτη και στην Αν. Στερεά Ελλάδα οι μέσες ταχύτητες ανέμου είναι 6-7 m/sec, με αποτέλεσμα το κόστος της παραγόμενης ενέργειας να είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό, γι' αυτό παρατηρείται πληθώρα έργων εκμετάλλευσης στις περιοχές αυτές.

Το 1996 ιδρύθηκε στη Ρόδο η εταιρία «Αιολικό Πάρκο Ρόδου Α.Ε.» με μόνη δραστηριότητα την ανάπτυξη και λειτουργία αιολικών πάρκων. Σύμφωνα με ανακοινώσεις που δόθηκαν σε συνέντευξη Τύπου στη Δανία, στο εργοστάσιο της NEG MIGNON, που κατασκευάζει ανεμογεννήτριες, το αιολικό πάρκο της Ρόδου θα εγκατασταθεί στην τοποθεσία του Πιθανίτη στο όρος Αττάβυρος, σε δημόσιο χώρο που εκμισθώθηκε έναντι 988.540€ για τα επόμενα είκοσι χρόνια.

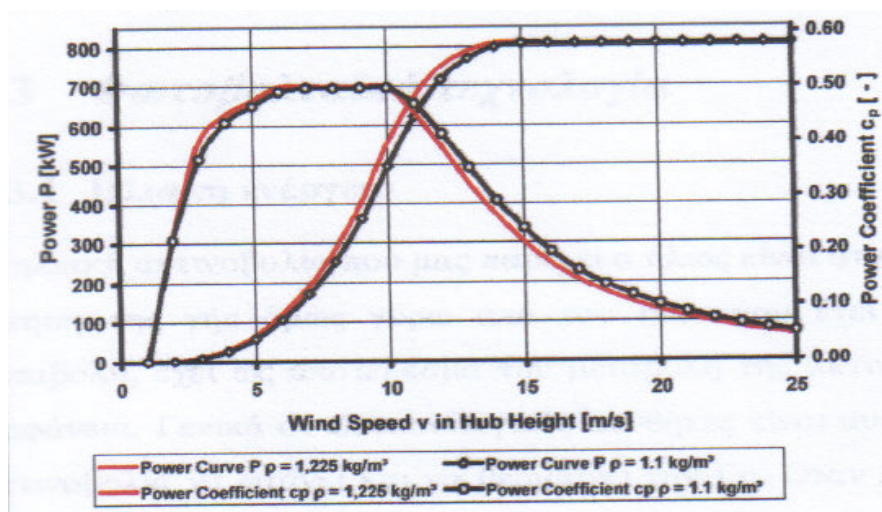
Εκεί θα τοποθετηθούν 13 ανεμογεννήτριες. Η κάθε μία από αυτές, τύπου NEG-MIGNON 900/52, θα έχει ονομαστική ισχύ 900 KW. Ανάδοχος του έργου ανέλαβε η ABB. Η περιορισμένη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο, με αμελητέα μάλιστα τη συμμετοχή της αιολικής ενέργειας καθιστά προφανείς τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες σύστασης αιολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας σε μια αγορά με σημαντικό αριθμό αναξιοποίητων θέσεων εγκατάστασης.

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν εφαρμογές αιολικής ενέργειας στην Περιφέρεια Ηπείρου. Αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη δυνατών ανέμων. Παρόλα αυτά υπάρχουν περιοχές στην Ήπειρο όπου τα μετεωρολογικά στοιχεία δίνουν ταχύτητες ανέμων ικανές για να στοιχειοθετηθούν εφαρμογές και πιστεύουμε ότι θα υπάρξουν μερικές πολύ σύντομα. Στους μελλοντικούς τομείς δράσης του Περιφερειακού Ενεργειακού Κέντρου Ηπείρου εντάσσεται και η λεπτομερής αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού στις παράκτιες περιοχές της Περιφέρειας.

Μετά την απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, υποβλήθηκαν 350 αιτήσεις για άδεια αιολικών εγκαταστάσεων. Από τις πλέον πρόσφορες περιοχές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι η Νότια Πελοπόννησος, η Ανατολική Στερεά Ελλάδα με επίκεντρο την Εύβοια, η Κρήτη και τα νησιά του Αιγαίου στα οποία πνέουν συχνά ισχυροί άνεμοι μέσης ταχύτητας που ξεπερνά τα 10m/s. Κατά συνέπεια η αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει σημαντικό μοχλό για την ανάπτυξη της ενεργειακής αγοράς. Μέχρι το τέλος του 2002 είχαν κατασκευαστεί στη χώρα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 350MW.

Τέλος, χάρη στην επιδότηση του ελληνικού κράτους και της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν εγκατασταθεί στη χώρα μας αρκετά αιολικά πάρκα σε εφαρμογές διασύνδεσης με το σύστημα της Δ.Ε.Η. Α.Ε. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών συστημάτων ήταν 305 MW στο τέλος του Φεβρουαρίου του 2003 και με

τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας έχει γνωμοδοτήσει θετικά για άλλα περίπου 3000 MW έως το Ιανουάριο του 2004.



Σχήμα 6 :Καμπύλη Ισχύος Α/Γ 800 Kw

2.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Βέβαια από την άλλη πλευρά αντιπαρατίθεται το γεγονός ότι η αιολική ενέργεια δεν είναι προβλέψιμη ούτε και συνεχής ενώ είναι μια μορφή ενέργειας χαμηλής πυκνότητας. Αυτός είναι ο λόγος που σήμερα παρουσιάζεται μια σημαντική βελτίωση στην αξιοποίηση και συγκέντρωση ισχύος παρά όλα αυτά είναι χρήσιμο να εξετάσουμε τα μειονεκτήματα της αιολικής ενέργειας.

- Κατατάσσεται στις αραιές μορφές ενέργειας λόγω της χαμηλής ροής αξιοποιήσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου (W/m^2). Τοπικές τιμές ροής της αξιοποιούμενης αιολικής ισχύος κυμαίνονται μεταξύ 200 W/m^2 και 400 W/m^2 , με αποτέλεσμα τη χρήση είτε μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών είτε τη χρήση μηχανών μεγάλων διαστάσεων για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας. Σήμερα καταβάλλονται προσπάθειες αύξησης της συγκέντρωσης ισχύος των αιολικών μηχανών οι οποίες πλησιάζουν ή και υπερβαίνουν τα 500 W/m^2 .
- Η αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων είναι ένα επιπλέον πρόβλημα που δεν μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που την χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές κυρίως σαν εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό πάντοτε με κάποια άλλη πηγή ενέργειας (σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο, παράλληλη λειτουργία με μονάδα Diesel, θα μπορούσε να εξεταστεί η περίπτωση συνδυασμού ανεμογεννητριών με αντλητικά υδροηλεκτρικά έργα). Αντίστοιχα, σε περίπτωση αυτόνομων μονάδων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας σε μια προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης

ενέργειας. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αυξημένο αρχικό κόστος και βέβαια επιπλέον απώλειες ενέργειας κατά τις φάσεις μετατροπής και αποθήκευσης, καθώς και αυξημένες υποχρεώσεις συντήρησης και εξασφάλισης της ομαλής λειτουργίας.

- Πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψιν ότι από το σύνολο της απορροφούμενης αιολικής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια μόνο ένα περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών και περιορισμών. Τέλος το σχετικά υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας ειδικά για μεμονωμένες περιπτώσεις αιολικών μηχανών μικρού μεγέθους είναι ένα σημαντικό μειονέκτημα.
- Η ισχυρή εξάρτηση της χώρας μας από εισαγόμενα καύσιμα τα οποία οδηγούν αφ'ενός σε συναλλαγματική αιμορραγία την χώρα μας, και αφ'ετέρου σε εξάρτησή της από χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η χώρα μας εξαρτάται κατά 70% από εισαγόμενο πετρέλαιο το οποίο προέρχεται από χώρες υψηλού πολιτικοοικονομικού κινδύνου και οι οποίες εμπλέκονται συχνά σε πολιτικές και στρατιωτικές κρίσεις.
- Η σημαντική διασπορά και ανομοιομορφία του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα διάφορα τμήματα της χώρας μας έχει ως αποτέλεσμα ότι ακόμα και σε περίπτωση που η μέση τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας μας θα είναι ελαφρώς κατώτερη του οριακού κόστους της παραγόμενης αιολικής KWH, σε αρκετά νησιά της χώρας μας το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολλαπλάσιο ενίοτε και υπερδεκαπλάσιο του οριακού κόστους παραγωγής της Δ.Ε.Η.

2.7 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Για την χρηματοοικονομική μελέτη των αιολικών πάρκων εφαρμόζεται η ανάλυση ευαισθησίας ως προς την ταχύτητα του ανέμου μιας και η μη προβλέψιμη φύση του ανέμου είναι το στοιχείο που αυξάνει την αβεβαιότητα της αιολικής επένδυσης σε σχέση με επενδύσεις συμβατικών μορφών ενέργειας. Έτσι για κάθε χρηματοδοτικό σχέδιο, σε κάθε ένα από τα αιολικά πάρκα υπάρχουν οκτώ διαφορετικές ταχύτητες ανέμου, επομένως προκύπτουν $8 \times 7 = 56$ διαφορετικά σενάρια απόδοσης της επένδυσης. Υπολογίζοντας τις μέσες τιμές των δεικτών απόδοσης για κάθε ταχύτητα ανά χρηματοδοτικό σχέδιο, εξάγονται τα αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα αξιολογούνται με βάση τα κριτήρια της καθαρής παρούσας αξίας του εσωτερικού βαθμού απόδοσης και την έντοκη περίοδο αποπληρωμής. Τα κριτήρια αυτά είναι ευρύτατα διαδεδομένα και εφαρμόζονται διεθνώς στην αξιολόγηση οποιασδήποτε επένδυσης. Επιπλέον ο υπολογισμός του κόστους παραγωγής βοηθάει στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για την ανταγωνιστικότητα της αιολικής ενέργειας σε σχέση με την ενέργεια από συμβατικό καύσιμο.

Για επενδύσεις σε αιολικά πάρκα ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης κρίνεται ικανοποιητικός όταν είναι μεγαλύτερος του 12%.

Έντοκη περίοδος αποπληρωμής (DPB) είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου. Μια επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη όταν η τιμή της έντοκης περιόδου αποπληρωμής ικανοποιεί τις προσδοκίες του επενδυτή ως προς τον χρόνο αποπληρωμής. Για αιολικούς σταθμούς επενδύσεις με $DPB < 9$ έτη θεωρούνται ικανοποιητικές.

Το κόστος παραγωγής του αιολικού πάρκου προκύπτει από την σχέση:

$P_c = (\text{Ετήσιο λειτουργικό κόστος} + \text{Ετήσιο κόστος επένδυσης}) / \text{Ετήσια Διατιθέμενη παραγωγή.}$

Το 30% των επενδύσεων γίνονται αποδεκτές στην πλειοψηφία τους με ιδιαίτερα ελκυστικούς οικονομικούς δείκτες, ακόμα και σε θέσεις εγκατάστασης με χαμηλό αιολικό δυναμικό.

Οι αιολικές επενδύσεις που δεν επιδοτούνται αλλά δανειοδοτούνται κατά 50% παρουσιάζουν μέτρια απόδοση και απαιτούν ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 7,8m/s ώστε να είναι αποδεκτές.

Οι αιολικές επενδύσεις που επιδοτούνται πλήρως από ίδια κεφάλαια έχουν χαμηλούς οικονομικούς δείκτες, και για να θεωρηθούν αποδεκτές απαιτούν ταχύτητες ανέμου 8,2 m/s και άνω.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Ν. 2244/94 και 2773/99) η Δ.Ε.Η. είναι υποχρεωμένη να αγοράζει την παραγόμενη ενέργεια από ανεξάρτητο παραγωγό. Η τιμή πώλησης της KWH συνδέεται με τα τιμολόγια των καταναλωτών. Συγκεκριμένα, για το διασυνδεδεμένο δίκτυο και για τον Ανεξάρτητο Παραγωγό η τιμή πώλησης καθορίζεται στο 90% του τιμολογίου Β2. Επιπλέον, παρέχεται ένα σταθερό επιχειρησιακό περιβάλλον, αφού υπογράφονται μακροχρόνιες (10 ετών) συμβάσεις πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, μέσω του αναπτυξιακού νόμου 2601/98 τα Αιολικά Πάρκα χρηματοδοτούνται με ένα ποσοστό 40% που οδηγεί στην πλήρη απόσβεση της επένδυσης σε 2-7 χρόνια, ανάλογα με το αιολικό δυναμικό της περιοχής και την ονομαστική ισχύ του σταθμού. Μια εναλλακτική πηγή χρηματοδότησης μπορεί να είναι τα Κοινοτικά Προγράμματα (Ενεργειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα).

Η χωροθέτηση αποτελεί μία απαραίτητη προϋπόθεση για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης για τον αιολικό σταθμό. Για την εγκατάσταση του αιολικού σταθμού απαιτείται επίσης και η άδεια εγκατάστασης, η λήψη της οποίας απαιτεί 1 με 2 χρόνια, ενώ η άδεια λειτουργίας εκδίδεται μετά την εγκατάσταση του σταθμού.

Όσον αφορά στη λήψη της άδειας παραγωγής, βάσει του νόμου 2773/99, ιδρύθηκε μια ανεξάρτητη αρχή ενέργειας η ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας), όπου οι ενδιαφερόμενοι επενδυτές / εταιρείες / κοινοπραξίες μπορούν να καταθέτουν μία αίτηση και ένα φάκελο μελέτης. Η ΡΑΕ, με τη σειρά της, εξετάζει κάθε αίτηση ξεχωριστά και διαμορφώνει μια γνώμη για αυτή· αυτή η γνώμη κοινοποιείται στον Υπουργό Ανάπτυξης, ο οποίος λαμβάνει και την τελική απόφαση για την έκδοση άδειας παραγωγής ή όχι.

Το υψηλό αιολικό δυναμικό της εξεταζόμενης περιοχής δεν αποτελεί το μόνο κριτήριο για την επιλογή της. Άλλοι παράμετροι που θα πρέπει να συμπεριληφθούν στην εξέταση είναι:

- Τα γειτονικά δίκτυα με τη Δ.Ε.Η. ανάλογης ισχύος και η ύπαρξη δρόμων πρόσβασης.
- Αποστάσεις από τις κοντινότερες κοινότητες.
- Το αρχαιολογικό ενδιαφέρον για την εξεταζόμενη περιοχή.
- Αποστάσεις από τα αεροδρόμια.
- Ειδικά προγράμματα περιβαλλοντικής προστασίας (NATURA, RAMSAR, κ.λ.π.)

Συμπερασματικά η φιλοσοφία που πρέπει να διέπει την πολιτική για ταχεία ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας με γενναίες επιδοτήσεις ώστε να γίνουν οικονομικά ελκυστικές με μέτριο αιολικό δυναμικό.



Σχήμα 7 : Τρίπτερες αναμογεννήτριες σε πεδιάδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Σχήμα 8: Συστοιχία Φ/Β πλαισίων σε εργοστάσιο για παραγωγή ενέργειας

Όπως ξέρουμε ο ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Ο Ήλιος είναι απλανής αστέρας μέσου μεγέθους που λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών των στοιχείων που τον συνθέτουν, μεταξύ των οποίων και το υδρογόνο, τα μόρια αλλά και τα άτομά τους βρίσκονται σε μια κατάσταση " νέφους " θετικών και αρνητικών φορτίων ή κατάσταση πλάσματος, όπως ονομάστηκε. Σ' αυτές τις θερμοκρασίες, μερικών εκατομμυρίων °C, οι ταχύτατα κινούμενοι πυρήνες υδρογόνου (H) συσσωματώνονται, υπερνικώντας τις μεταξύ τους απωστικές ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις και δημιουργούν πυρήνες του στοιχείου ηλίου (He). Η πυρηνική αυτή αντίδραση -σύντηξη πυρήνων- είναι εξώθερμη και χαρακτηρίζεται από τη γνωστή μας έκλυση τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας ή θερμότητας ή όπως συνηθίζεται να λέγεται, ηλιακής ενέργειας, που ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα. Αν και αυτό συμβαίνει συνεχώς εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια περίπου, ο ήλιος διαθέτει τεράστιες ποσότητες υδρογόνου και δεν αναμένεται να υπάρξει μείωση της ενέργειας που ακτινοβολείται από αυτόν.

Στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρα μας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2.700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές κυμαινόμενη από 2.200 ως 2.300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη

νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3.100 ώρες ετησίως. Οι αναλύσεις των ακτινών του ήλιου έδειξαν ότι αποτελείται κυρίως από υδρογόνο και ήλιο.

Η πρώτη φορά ενεργητικής χρήσης της ηλιακής ενέργειας αφορά τον Αρχιμήδη, ο οποίος το 212π.Χ. χρησιμοποίησε ηλιακά κάτοπτρα για να καταστρέψει το στόλο των Ρωμαίων στις Συρακούσες. Αν και το γεγονός αυτό αμφισβητείται ιστορικά, η φήμη του σηματοδοτεί την ιστορία της ηλιακής ενέργειας.

Το 1515, ο Λεονάρντο ντα Βίντσι σχεδίασε ένα παραβολικό ηλιακό κάτοπτρο για βιομηχανική χρήση και συγκεκριμένα για βαφεία υφασμάτων.

Το 1700, ο Αντουάν Λαβουαζιέ κατασκεύασε έναν ηλιακό φούρνο που ανέπτυσε θερμοκρασίες πάνω από 1780 βαθμούς Κελσίου και μπορούσε να λιώσει την πλατίνα.

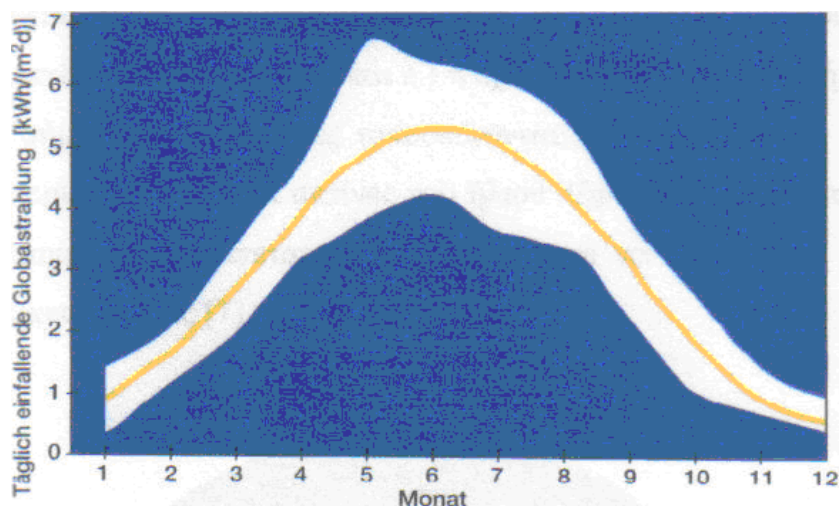
Το 1767, ο Ελβετός Οράτιος ντε Σοσούρ ανακάλυψε τον πρώτο επίπεδο ηλιακό συλλέκτη. Σχεδόν είκοσι χρόνια μετά ο Βρετανός Τσαρλς Τέλιερ τον τελειοποίησε.

Το 1839, ο Γάλλος φυσικός Εντμόν Μπεκερέλ ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, κατά το οποίο ορισμένα υλικά παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτεθούν στο φως του ήλιου.

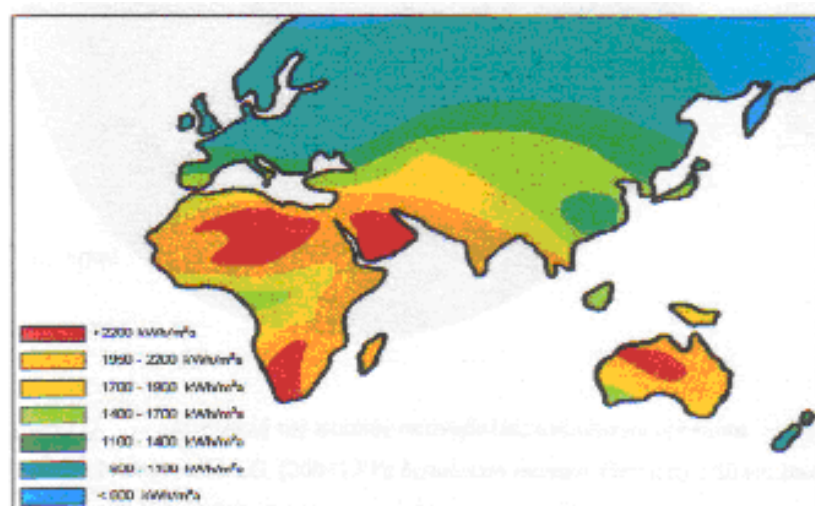
Το 1866, ο Γάλλος μαθηματικός Αύγουστος Μουσσού, με χρηματοδότηση από τον Ναπολέοντα τον Τρίτο, κατασκεύασε μια μηχανή που μετέτρεπε την ηλιακή ακτινοβολία σε μηχανική ενέργεια. Το 1880, ο Αμερικανός Τζον Έρικσον σχεδίασε μια ηλιοθερμική μηχανή, μπροστά στην οποία η μηχανή του Μουσσού «έμοιαζε με παιχνίδι», όπως συνήθιζε να λέει ο εφευρέτης.

Η πρώτη εταιρεία ηλιακών (The Solar Motor Co) άνοιξε το 1900 από τον Ομπρέ Ενέας στη Βοστώνη.

Το 1954, τα εργαστήρια Bell κατασκεύασαν το πρώτο φωτοβολταϊκό κύτταρο που παρήγαγε ηλεκτρικό ρεύμα από τον ήλιο και το οποίο συνεχίζει να λειτουργεί έως και σήμερα!



Σχήμα 9 : Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με τις εποχιακές εναλλαγές



Σχήμα 10 : Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με την περιοχή

ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

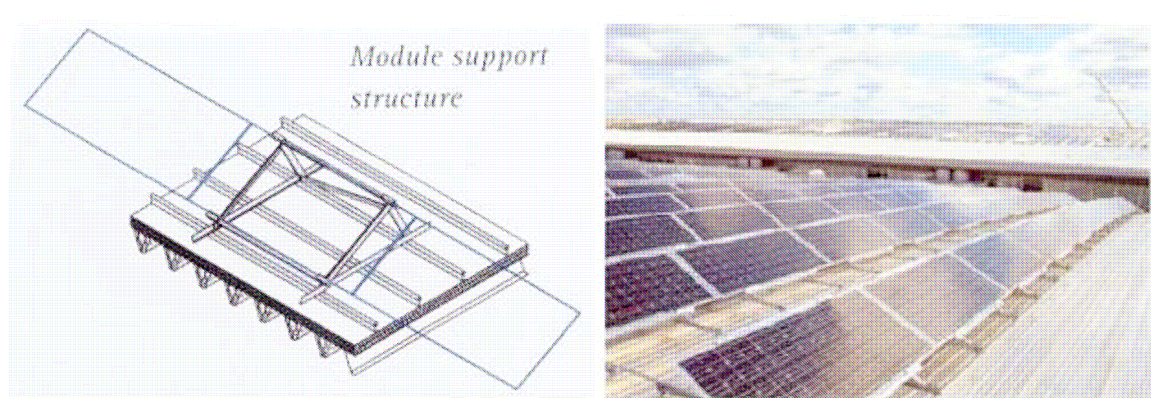
Ο ήλιος, είναι μια πηγή απεριόριστης ενέργειας, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας δεν χρησιμοποιείται αλλά εντούτοις μας προσφέρει ισχύ εκατομμυρίων Watt, μας κρατά θερμούς, και αναπτύσσει όλα τα φυτά. Γενικά, η ηλιακή ενέργεια είναι μία ασφαλής και μη ρυπογόνος μορφή ενέργειας. Κάθε ημέρα ο ήλιος φωτίζει τη γη αρκετές χιλιάδες στιγμές τόσες ώστε είναι αρκετές για να καλύψουμε τις απαιτήσεις της ενέργειας που χρησιμοποιούμε. Ακόμη και το μικρό ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που χτυπά τη στέγη μας είναι πολύ περισσότερη ενέργεια απ' ό,τι όλη η ενέργεια που μπαίνει στο οίκημα μέσω των ηλεκτρικών καλωδίων.

Σε ένα ομοιόμορφο στρώμα του εδάφους η άμεση ακτινοβολία του ηλίου, μπορεί να παράγει ισχύ περίπου τέσσερις χιλιάδων ίππων, αντίστοιχο με μια

μεγάλη ατμομηχανή σιδηροδρόμου. Σε λιγότερο από τρεις ημέρες η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στη γη είναι περισσότερη απ' ό,τι το κατ' εκτίμηση σύνολο των απολιθωμένων καυσίμων στη γη. Το λογικό ερώτημα που προκύπτει σε αυτό το σημείο είναι, γιατί δεν χρησιμοποιούμε αυτό το πλεονέκτημα της ηλιακής ενέργειας; Η απάντηση, φυσικά, είναι ότι την χρησιμοποιούμε, αλλά είμαστε ακόμα στην αρχή. Το πλεονέκτημα της ηλιακής ενέργειας μετατρεπόμενης άμεσα σε ηλεκτρική είναι ότι είναι μία μορφή ενέργειας μη ρυπαντική. Σε μια τέτοια τεχνολογία επίσης, απομακρυνόμαστε από την δυνατότητα και τη χρησιμότητα του ήλιου. Φαίνεται ότι η καρποφόρος εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας προορίζεται να περιμένει μέχρι να φτάσει το ενεργειακό απόθεμα στο κατώτατο σημείο καθώς μειώνεται συνεχώς.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας δεν είναι νέα στην πραγματικότητα, οι ημερομηνίες ανάπτυξης ηλιακής ενέργειας χρονολογούνται πίσω περισσότερο από 100 έτη, στη μέση της βιομηχανικής επανάστασης. Διάφορες πρωτοποριακές εγκαταστάσεις ηλιακής ενέργειας και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάστηκαν για να αναπαράγουν τον ατμό από τη θερμότητα του ήλιου, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στην «οδήγηση» μηχανών. Η φωτοβολταϊκή επίδραση παρέμεινε μια άγνωστη πτυχή για πολλά χρόνια, δεδομένου ότι ήταν πολύ ανεπαρκής όσον αφορά την μετατροπή του φωτός του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι πρόωρες φωτοβολταϊκές εφαρμογές συνδέθηκαν περισσότερο με την αντίληψη και τη μέτρηση του φωτός (όπως το φωτόμετρο μιας φωτογραφικής μηχανής) παρά με την παραγωγή ισχύος. Με την εμφάνιση της κρυσταλλολυχνίας και της συνοδευτικής τεχνολογίας ημιαγωγών, η αποδοτικότητα της φωτοβολταϊκής ισχύος αυξήθηκε εντυπωσιακά. Η φωτοβολταϊκή ισχύς έγινε πρακτικότερη.

Κατά τη διάρκεια των ετών, πολλές επιχειρήσεις έχουν εργαστεί για να αυξήσουν την αποδοτικότητα της φωτοβολταϊκής ισχύος. Σήμερα, τα συνήθως διαθέσιμα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι 12% αποδοτικά, τα οποία είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερα από ότι μερικά έτη πριν.



Σχήμα 11: Δομή στήριξης Φ/Β πλαισίου

3.1 ΤΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και στην συνέχεια τη μεταφέρουν σε νερό, αέρα, ή κάποιο άλλο ρευστό, υπό μορφή θερμότητας. Για το σκοπό αυτό γίνεται χρήση διαφόρων μηχανικών μέσων τα οποία αποτελούν και την ειδοποιό διαφορά των συστημάτων αυτών σε σχέση με τα υπόλοιπα Ηλιακά Συστήματα. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή τους είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Χρησιμοποιούνται όμως ακόμη για τη θέρμανση και ψύξη χώρων αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της πλεονάζουσας θερμότητας, γνωστό και ως δεξαμεν, καθώς και τις απαραίτητες σωληνώσεις και συστήματα ελέγχου. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από τον συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα αντλείται, με φυσικό ή τεχνητό τρόπο, στο δοχείο αποθήκευσης. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιείται το θερμαινόμενο μέσο για να μεταφέρει τη θερμότητα στο νερό χρήσης. Ανοιχτά ονομάζονται τα συστήματα εκείνα, στα οποία θερμαίνεται απ'ευθείας το νερό του δικτύου ύδρευσης και στη συνέχεια, διοχετεύεται προς τελική χρήση. Αντιθέτως στα κλειστά μέσα στις σωληνώσεις του συλλέκτη κυκλοφορεί ειδικό αντιψυκτικό διάλυμα. Στη συνέχεια, μ'έναν εναλλάκτη μεταδίδεται η θερμότητα από το αντιψυκτικό διάλυμα στο νερό του δικτύου. Τέτοιου είδους συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιοχές όπου υπάρχει πιθανότητα παγετού.

3.1.1 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

Η καρδιά κάθε θερμικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συλλεκτών, από τους οποίους οι επίπεδοι είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι. Ένας τυπικός ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από ένα μονωμένο κιβώτιο με μεταλλική βάση, που περιέχει μία απορροφητική επιφάνεια και σωλήνες κάτω από ένα ή περισσότερα διαφανή καλύμματα.

Το θερμαινόμενο μέσο ρέει στους σωλήνες αυτούς οι οποίοι είτε είναι ενσωματωμένοι, είτε τοποθετούνται πάνω στην απορροφητική επιφάνεια του συλλέκτη. Οι απορροφητικές επιφάνειες είναι συνήθως μεταλλικές, από σίδηρο ή χαλκό και βαμμένες με μαυρή βαφή. Αντί αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδική επιλεκτική επίστρωση, η οποία έχει τη δυνατότητα να απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία αποδοτικότερα. Τότε οι συλλέκτες ονομάζονται επιλεκτικοί.

Ένα μέρος της απορροφούμενης από τον συλλέκτη ηλιακής ακτινοβολίας αποβάλλεται υπό μορφή θερμότητας προς το περιβάλλον, εξαιτίας των θερμικών απωλειών του. Αυτές είναι τόσο μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του ρευστού, σε σχέση με αυτή του περιβάλλοντος και προκειμένου να ελαττωθούν, τοποθετείται μόνωση στο οπίσθιο και τα πλευρικά μέρη του μεταλλικού κελύφους, μέσα στο οποίο εδράζεται η επιφάνεια απορρόφησης.

Για θερμοκρασίες του νερού χρήσης από 60 ως 70° C μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλοί ή επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες. Όταν απαιτούνται θερμοκρασίες της τάξης των 90° C χρησιμοποιούνται συλλέκτες κενού, οι οποίοι αποτελούνται από γυάλινους σωλήνες κενού που περιέχουν τον απορροφητή. Μ' αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι απώλειες προς το περιβάλλον και επιτυγχάνονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες λειτουργίας.

3.1.2 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Οι συλλέκτες εγκαθίστανται με νότιο ή ελαφρώς αποκλίνοντα από αυτόν προσανατολισμό, όσον αφορά τις χώρες του βόρειου ημισφαιρίου, και με σταθερή κλίση ως προς τον ορίζοντα, η οποία εξαρτάται από τη χρήση τους. Για χρήση του συστήματος καθ' όλο το χρόνο, συνίσταται η κλίση τους να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Για χρήση μόνο κατά τους θερινούς μήνες, είναι προτιμότερο οι συλλέκτες να εγκαθίστανται σχεδόν οριζόντιοι, ώστε να γίνεται έτσι καλύτερη εκμετάλευση του θερινού ήλιου, ο οποίος βρίσκεται ψηλά στον ουρανό.

Ως γενικός κανόνας μπορεί να λεχθεί ότι όπως έχει προκύψει από την πολυετή εμπειρία εγκατάστασης και χρήσης των συστημάτων αυτών, αρκούν 2 τετραγωνικά μέτρα επιπέδων ηλιακών συλλεκτών για να καλυφθούν οι ανάγκες σε ζεστό νερό μιας οικογένειας 2 ατόμων. Για κάθε επιπλέον άτομο απαιτούνται περίπου 3/4 του τετραγωνικού μέτρου επιπρόσθετης συλλεκτικής επιφάνειας.

3.1.3 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι ανάγκες των χρηστών σε θερμότητα δεν συμπίπτουν πάντα χρονικά με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία. Απαιτείται λοιπόν η αποθήκευση της θερμότητας που δεσμεύεται όταν είναι διαθέσιμη η ηλιακή ακτινοβολία, ώστε αυτή να μπορεί να χρησιμοποιείται κατά βούληση. Έτσι κάθε τυπικό ηλιακό σύστημα διαθέτει αποθηκευτικές δεξαμενές αρκετά μεγάλες, όπου αποθηκεύεται θερμότητα ικανή να καλύψει τις ανάγκες σε ζεστό νερό για μία ή δύο ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια.

Η πλειοψηφία των συστημάτων λόγω διακεκομένης διαθεσιμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας, γίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση μιας βοηθητικής πηγής ενέργειας. Η παρουσία της εξασφαλίζει την κάλυψη των αναγκών των χρηστών κατά τις περιόδους παρατεταμένης ελείψεως ηλιοφάνειας. Για παράδειγμα στην περίπτωση των ηλιακών θερμοσιφώνων που χρησιμοποιούνται στις κατοικίες, η βοηθητική ενέργεια παρέχεται συνήθως από μία ηλεκτρική αντίσταση.

3.1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οικιακά συστήματα. Σε μια χώρα με κλιματολογικές συνθήκες όπως της Ελλάδας, η χρήση της βοηθητικής πηγής ενέργειας περιορίζεται κυρίως σε κάποιες μέρες του χειμώνα. Αυτός είναι και ο λόγος που περισσότερες από

600.000 ελληνικές οικογένειες καλύπτονται με ηλιακούς θερμοσίφωνες το σύνολο σχεδόν των αναγκών τους σε ζεστό νερό χρήσης.

Βιομηχανικές εφαρμογές - Θέρμανση χώρων - Ψύξη. Πέρα από την οικιακή χρήση θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Για παράδειγμα η χρήση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ψύξης, για κλιματισμό, για κατάψυξη χών και άλλες εφαρμογές, εμφανίζει σημαντικές προοπτικές λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας που υφίσταται ακριβώς την εποχή που απαιτείται η ψύξη. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να καταστεί εκμεταλέυσιμη όχι μόνο για ψύξη αλλά και για θέρμανση. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τις ημέρες που υπάρχει ηλιοφάνεια συλλέγεται θερμότητα η οποία αποθηκεύεται και χρησιμοποιείται τις νυχτερινές ώρες ή τις ώρες που η ηλιοφάνεια δεν επαρκεί.

Ηλεκτροπαραγωγή. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για να επιτευχθούν οι μεγάλες σχετικά θερμοκρασίες που απαιτούνται για το σκοπό αυτό, η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει με κάποιον τρόπο να συγκεντρωθεί σ'ένα σημείο της συλλεκτικής επιφάνειας ή σε κάποια σχετικά μικρής έκτασης περιοχή της. Οι κυριότερες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί είναι:

- Τα συστήματα παραβολικών κοίλων
- Τα συστήματα πύργου ισχύος
- Τα συστήματα δίσκου/μηχανής



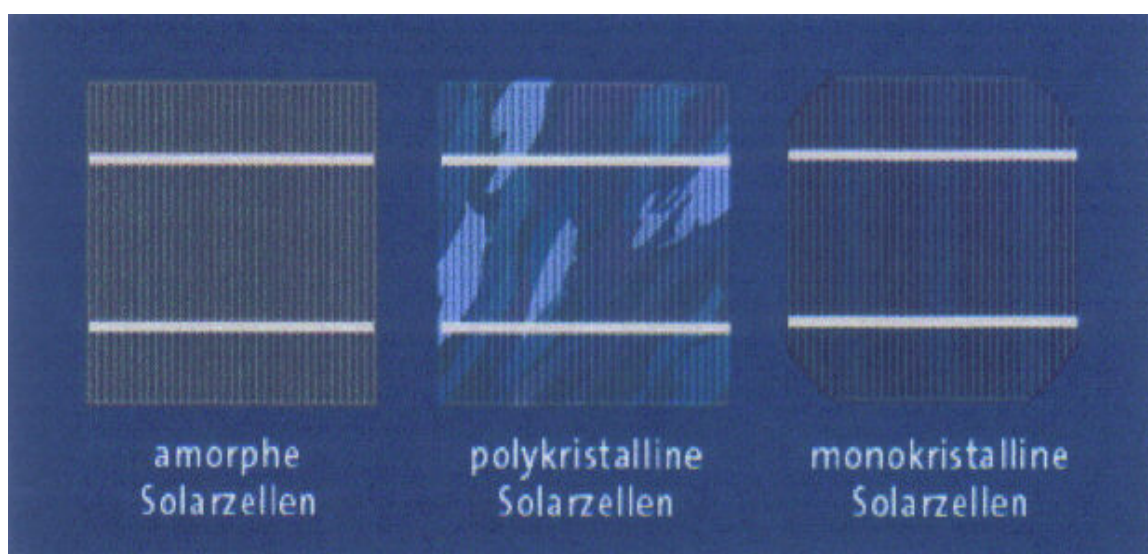
Σχήμα 12: Πλαίσιο από Φ/Β πάνελ σε πάρκινγκ εταιρίας

3.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων βασίζεται στις ιδιότητες των ημιαγωγών που αντιδρούν στην περίπτωση που το ηλιακό φως πέσει πάνω τους. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποτελούνται από δύο φύλλα ημιαγωγών

διαφορετικού υλικού οι οποίοι είναι γνωστοί ως τύπου p (θετικοί) και n (αρνητικοί). Κατασκευάζονται από σιλικόνη μόνο που οι μεν n τύπου περιέχουν φώσφορο που τους δίνει κάποιες συγκεκριμένες ιδιότητες, ενώ οι p τύπου κατασκευάζονται επίσης από κρυσταλλική σιλικόνη αλλά με μια ποσότητα βορίου.

Στις ξεχωριστές ιδιότητες που δίνουν τα πρόσθετα στην κρυσταλλική σιλικόνη υλικά στηρίζεται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Μια δέσμη φωτός είναι ουσιαστικά μια δέσμη σωματιδίων που ονομάζονται πρωτόνια και μεταφέρουν την ενέργεια ακτινοβολώντας. Όταν τα πρωτόνια πέσουν πάνω σε μια ένωση ημιαγωγών τύπου p-n, μεταφέρουν την ενέργειά τους στα ηλεκτρόνια του υλικού με το οποίο έρχονται σε επαφή, ανάγοντάς το ενεργειακά σε ένα υψηλότερο επίπεδο. Τα ηλεκτρόνια των ατόμων του υλικού που δέχεται την ενέργεια των πρωτονίων φεύγουν από την θέση που κατείχαν στο άτομο και αρχίζουν να κινούνται. Έτσι δημιουργείται η ύπαρξη ηλεκτρικού ρεύματος. Οι θέσεις που κατείχαν τα ηλεκτρόνια πριν μένουν προσωρινά κενές και ονομάζονται οπές. Επειδή τα άτομα των ημιαγωγών είναι αρχικά ουδέτερα, κάθε οπή ισοδυναμεί με ένα θετικό στοιχειώδες φορτίο. Η κάθε οπή μπορεί να συμπληρωθεί με ένα ηλεκτρόνιο από το γειτονικό άτομο και το ηλεκτρόνιο αυτό αφήνει μια οπή εκεί από όπου φεύγει. Το φαινόμενο αυτό συνεχίζεται και η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων μας δίνει το ρεύμα στα άκρα των δύο αγωγών.

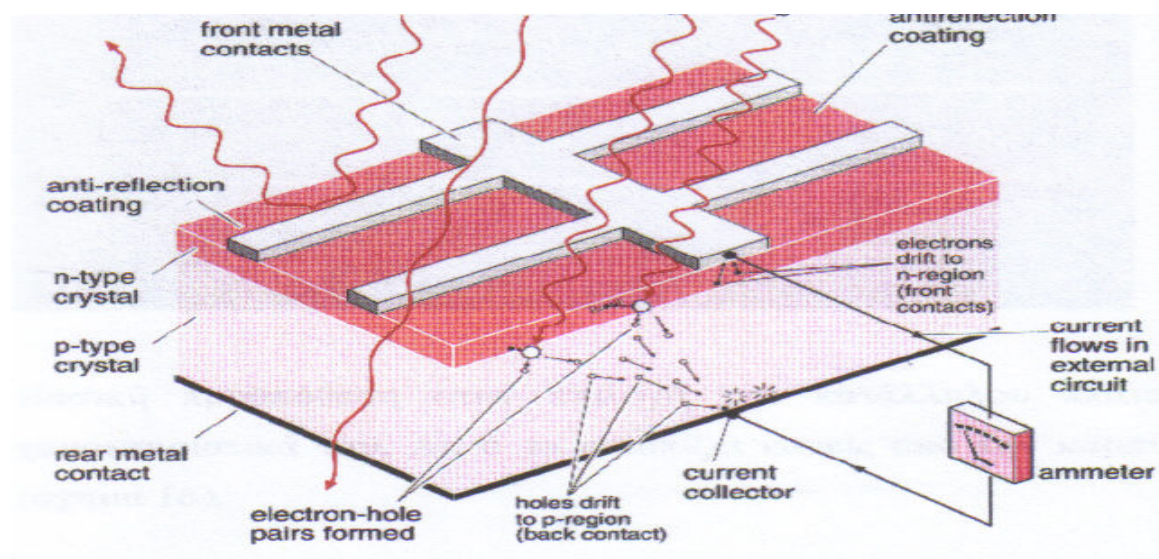


Σχήμα 13 : Πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου

3.2.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ (SOLAR CELL)

Το κυριότερο τμήμα μιας κατασκευής με Φ /B πάνελ είναι το πλαίσιο που επιλέγεται. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι πλαισίου με βάση το κρυσταλλικό πυρίτιο που ο καθένας έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και εφαρμογές:

1. πλαίσια μονοκρυσταλλικής σιλικόνης: Τα άτομα του κρυσταλλικού πυριτίου είναι τοποθετημένα σε ορισμένη κανονική δομή που επαναλαμβάνεται σε όλο το στερεό. Είναι υλικό υψηλής ποιότητας με το υψηλότερο βαθμό απόδοσης (14-17%) αλλά παράλληλα είναι και το ακριβότερο.
2. πλαίσια πολυκρυσταλλικής σιλικόνης: Στο πολυκρυσταλλικό πυρίτιο η κρυσταλλική δομή δεν είναι η ίδια σε όλο το στερεό αλλά παίρνει διαφορετικό προσανατολισμό σε διάφορες περιοχές που χωρίζονται μεταξύ τους με συγκεκριμένες νοητές γραμμές. Είναι το υλικό με την μεγαλύτερη χρήση και ο βαθμός απόδοσης του φθάνει το 13-15%.
3. πλαίσια άμορφης σιλικόνης: Στο άμορφο πυρίτιο τα άτομα καταλαμβάνουν τυχαιές θέσεις και η δομή του είναι εντελώς ακανόνιστη. Έχει τον χαμηλότερο βαθμό απόδοσης 5-8%, ενώ η τεχνολογία αυτά βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο.



Σχήμα 14: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

3.2.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ / B πλαίσια απαιτεί εκτός από αυτά την ύπαρξη ενός ελεγκτή της κυκλοφορίας του ρεύματος, συσσωρευτές για την αποθήκευση της ενέργειας και έναν μετασχηματιστή για την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που παράγει το φωτοβολταϊκό σε εναλλασσόμενο για την κατανάλωσή του από κάθε συσκευή.

Τα Φ / B πλαίσια βρίσκουν πληθώρα σημείων για εγκατάσταση και εφαρμογές. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για μεμονωμένες εργασίες από ιδιώτες όπως η εξασφάλιση ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό μιας εξοχικής κατοικίας, για την λειτουργία μιας τηλεόρασης ή άλλων μικροεφαρμογών όταν πρόκειται για μικρές εγκαταστάσεις, είτε για την κάλυψη ενός σημαντικού μέρους των

ενεργειακών αναγκών σε μεγάλα κτίρια όπου ολόκληρες πλευρές τους με ευνοϊκό προσανατολισμό καλύπτονται με πάνελ εκμεταλλευόμενα την ηλιακή ακτινοβολία.

Σε αρκετές χώρες οι ιδιώτες χρησιμοποιούν πάνελ τοποθετώντας τα συνήθως στις στέγες των σπιτιών όπου και υπάρχει η κατάλληλη κλίση για να λαμβάνουν τα Φ/Β πάνελ όσο το δυνατόν πιο κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία. Τα πάνελ τοποθετούνται πάνω σε μικρές μεταλλικές κατασκευές οι οποίες βιδώνουν επάνω στα κεραμίδια φέρνοντάς τα παράλληλα στην κλίση της στέγης.

3.2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Η Φ/Β ισχύς είναι μια από τις πιο ελπιδοφόρες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στον κόσμο. Έναντι των μη ανανεώσιμων πηγών όπως ο άνθρακας, το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο, κ.λ.π., τα πλεονεκτήματα είναι σαφή: είναι συνολικά μη ρυπαντικό, δεν έχει κανένα κινούμενο μέρος, και δεν απαιτεί πολλή συντήρηση. Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής παραγωγής είναι ότι δεν απαιτεί μια εγκατάσταση μεγάλης κλίμακας για να λειτουργήσει, σε αντίθεση με τους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτρικής παραγωγής. Οι ηλιογεννήτριες μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθε σπίτι ή επιχείρηση ή σχολείο, και να παράγουν ισχύ ήσυχα και ακίνδυνα. Στα περισσότερα σπίτια ή επιχειρήσεις μπορούν να προστεθούν στην στέγη, και με αυτόν τον τρόπο να επιτραπεί η ηλεκτρική παραγωγή ανάλογα με τις ανάγκες χωρίς να πρέπει κατασκευαστεί κάποιος ξεχωριστός χώρος, όπως συχνά απαιτείται στα συμβατικά συστήματα ισχύος μεγάλης κλίμακας.

Αντίθετα, ο αέρας και η υδραυλική ισχύς στηρίζονται στους στρόβιλους για να γυρίσουν τις γεννήτριες ώστε να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Οι στρόβιλοι και οι γεννήτριες έχουν τα κινούμενα μέρη, για τα οποία απαιτείται συντήρηση, ταυτόχρονα είναι και θορυβώδη.



Σχήμα 15: Φωτοβολταϊκά σε σκεπή σπιτιού

3.3 ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Πόσο πρακτικά είναι τα ηλιακά συστήματα για το σπίτι και το τροχόσπιτο / τη θαλάσσια χρήση; Πριν έρθει στο προσκήνιο η χρήση του ήλιου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας οι άνθρωποι που ήθελαν να ζήσουν στις απομακρυσμένες περιοχές έπρεπε συχνά να καταβάλουν μεγάλες αμοιβές για να μεταφέρουν ρεύμα στο σπίτι τους από το δίκτυο. Τώρα, ένα μακρινό σπίτι με τα Φ/Β συστήματα μπορεί να είναι ουσιαστικά αυτόνομο. Ακόμη και στις περιοχές όπου το δίκτυο είναι κοντά, τα Φ/Β μπορεί να είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στη σύνδεση με αυτό (το δίκτυο). Ένα μέσο σπίτι έχει αρκετό χώρο ώστε να παράγει το Φ/Β σύστημα τόσο ηλεκτρικό ρεύμα όσο απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών του. Με έναν αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) από τα Φ/Β σε εναλλασσόμενο (AC), το οποίο είναι αυτό που οι περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές απαιτούν, ένα Φ/Β σύστημα μπορεί να τις καλύψει τόσο αποδοτικά όσο κι ένα σπίτι που συνδέεται με το δίκτυο.

Για τα ψυχαγωγικά μέσα, τα Φ/Β παρέχουν την ελευθερία λειτουργίας και στις πιο απομακρυσμένες θέσεις, χωρίς στήριξη σε μια συμβατική πηγή ενέργειας ή μια θορυβώδη ηλεκτρική γεννήτρια. Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να είναι μικρά για να φορτίζουν μπαταρίες μόνο ή αρκετά μεγάλα ώστε να τροφοδοτήσουν ολόκληρο όχημα για μια χρονική περίοδο. Ομοίως, οι βάρκες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα Φ/Β για πολλές από τις ανάγκες ισχύος τους, αντί να χρησιμοποιούν μια γεννήτρια ή μια μηχανή.



Σχήμα 16 :Φωτοβολταϊκά σε πρόσοψη κτιρίου

3.4 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η ηλιοφάνεια διαρκεί στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας περισσότερο από 2.700 ώρες το χρόνο. Η ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο κυμαίνεται από 5000 έως 6.100 MJ/m² το χρόνο. Η ηλιακή ενέργεια στην Ελλάδα αξιοποιείται κυρίως για ανάγκες ζεστού νερού (θερμικά συστήματα). Η επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό οικιακής χρήσης ήταν το έτος 2000 γύρω στα 2,55 εκατομμύρια m². Επιπλέον, αποτελούσαν περίπου το 50% της συνολικής επιφάνειας εγκατεστημένων συλλεκτών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Έτσι εξοικονομούνται περισσότερα από 1300 GWH/έτος, μειώνοντας τις εκπομπές CO₂ κατά 1.600.000 τόνους το χρόνο. Επίσης, η χώρα μας έχει τη πρώτη θέση τόσο στη χρήση όσο και στη παραγωγή ηλιακών συστημάτων στην Ε.Ε.. Το 40% της συνολικής παραγωγής ηλιακών συστημάτων εξάγεται στο εξωτερικό. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, το δυναμικό της αγοράς για ηλιακά θερμικά συστήματα είναι περίπου 10 φορές πολλαπλάσιο από ότι είναι σήμερα δηλαδή 0,1 εκατ. Τ.Ι.Π.

Πίνακας 5

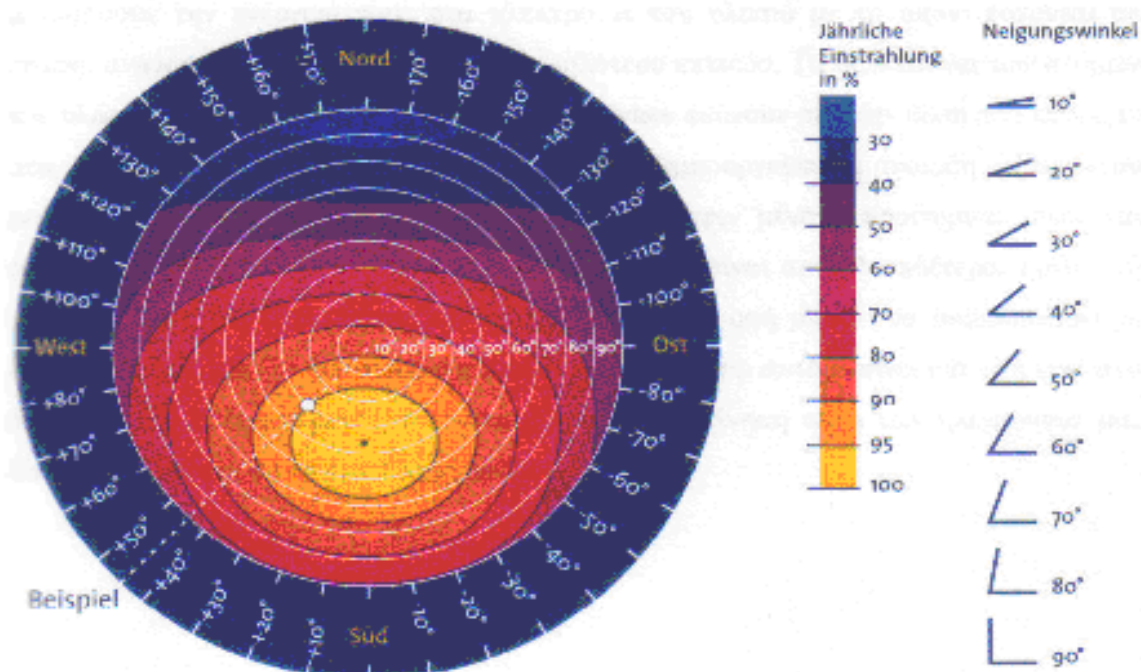
Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0°	30°	90°
Ανατολικός - Δυτικός	90%	85%	50%
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90%	95%	60%
Νότιος	90%	100%	60%
Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός	90%	67%	30%
Βόρειος	90%	60%	20%

Στον οικιακό τομέα, σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, υπάρχουν περισσότερα από 4.000.000 νοικοκυριά στη χώρα, από τα οποία μόνο το 20% χρησιμοποιούν ηλιακό σύστημα για παραγωγή ζεστού νερού. Έτσι αν λάβει κανείς υπόψιν του το μέγεθος της δυναμικής αγοράς στην Ελλάδα, οι προοπτικές της ανάπτυξης των ηλιακών συστημάτων είναι σημαντικές. Συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι με την κατάλληλη προώθηση των ηλιακών θερμικών συστημάτων θα μπορούσαν μέχρι το 2010 να έχουν εγκατασταθεί 5.000.000 m² ηλιακών συλλεκτών στον οικιακό τομέα.

Διεθνώς διαδεδομένη είναι η χρήση φωτοβολταϊκών συλλεκτών για μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού διακρίνονται σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα. Ένας μικρός αριθμός φωτοβολταϊκών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρισμού από ηλιακή ενέργεια βρίσκονται σε λειτουργία στη χώρα μας. Η Δ.Ε.Η. έχει τέσσερις φωτοβολταϊκούς σταθμούς ισχύος 170 KW συνολικά και 80 μικρούς φωτοβολταϊκούς σταθμούς που λειτουργούν στα νησιά του Αιγαίου (Κύθνος, Σίφνος, Γαύδος, Αρκοί, Κάτω Κουφονήσια). Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για το έτος 2000 ήταν 300 KWp και η παραγωγή Η/Ε ανερχόταν στα 0,2 GWH.

Οι κύριες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών γίνονται σε απομακρυσμένες περιοχές καθώς επίσης και σε αυτόνομα συστήματα νήσων. Μεγάλοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί μπορούν, εντούτοις, να συνδεθούν με το υπάρχον δίκτυο ηλεκτρισμού και να διευρύνουν τη διείσδυση της ηλιακής ενέργειας στην παραγωγή Η/Ε.

Επίσης, ένας επιπλέον τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας είναι η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων. Τα ηλιακά παθητικά συστήματα ενσωματώνονται στο κέλυφος του κτιρίου και λειτουργούν παθητικά, συμβάλλοντας στη θέρμανση των κτιρίων και κατ' επέκταση στην ενεργειακή εξοικονόμηση. Έχοντας υπόψιν τη μεγάλη συμμετοχή του οικιακού και εμπορικού τομέα (γύρω στο 44% για το 1999) στην τελική κατανάλωση ενέργειας, οι εκτεταμένες εφαρμογές και χρήσεις των ηλιακών παθητικών συστημάτων μπορούν να εξοικονομήσουν ένα αξιολόγο ποσοστό (γύρω στο 10%) της καταναλισκόμενης ενέργειας σε εθνικό επίπεδο μέχρι το 2010.



Σχήμα 17 : Μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με την κλίση

3.5 ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΕ ΕΓΓΥΗΣΗ ΔΕΗ

Αυξάνεται συνεχώς το ενδιαφέρον για επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από επενδυτές της Ελλάδας και του εξωτερικού. Λίγοι μήνες έχουν περάσει από την ψήφιση του νέου Νόμου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Ν. 3468/06) και όλο και περισσότεροι είναι αυτοί που «συνωστίζονται» για μια θέση... στον ήλιο.

Τα ιδιαίτερα ευνοϊκά κίνητρα που δίνονται τόσο σε ιδιώτες, αλλά κυρίως στις επιχειρήσεις που σκοπεύουν να επενδύσουν στην παραγωγή ηλιακής ενέργειας έχουν αυξήσει το επενδυτικό ενδιαφέρον σε έναν κλάδο, ο οποίος μέχρι πρότινος βρισκόταν στο περιθώριο έναντι άλλων εναλλακτικών μορφών ενέργειας όπως η αιολική. Συγκεκριμένα επιδοτείται η αρχική εγκατάσταση σε ποσοστό από 30% έως 55% της αξίας του συστήματος, ενώ επιδοτούμενο είναι και το επιτόκιο σε περίπτωση δανεισμού.

Το σημαντικότερο κίνητρο όμως για επενδύσεις είναι ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα μπορεί να πωλείται στη ΔΕΗ εγγυημένα για μία 20ετία σε τιμή η οποία θα αναπροσαρμόζεται με βάση τον πληθωρισμό ή τις αυξήσεις των τιμολογίων της ΔΕΗ.

Ιδιαίτερη κινητικότητα για επένδυση σε φωτοβολταϊκά συστήματα παρατηρείται από κατόχους μεγάλων εκτάσεων γης, κυρίως δηλαδή από αγρότες. Πριν από μερικές εβδομάδες, έγινε δεκτή με ενθουσιασμό από τους αγρότες πρόταση της ΠΑΣΕΓΕΣ, να επιτραπεί, σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως γη υψηλής παραγωγικότητας, η χρήση για παραγωγή άλλων δραστηριοτήτων που αφορούν σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ανοίγοντας έτσι μία νέα διέξοδο συμπληρωματικής ενίσχυσης του εισοδήματος των αγροτών.

Συγκεκριμένα, θα επιτραπεί στους αγρότες η χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας (φωτοβολταϊκά) σε γη υψηλής παραγωγικότητας και σε έκταση μέχρι 2,5 στρεμμάτων, ανά γεωργική εκμετάλλευση.

Από την ψήφιση του νέου νόμου μέχρι σήμερα έχουν κατατεθεί 83 αιτήσεις στη ΡΑΕ για άδεια παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα συνολικής ισχύος 212 MW, κάτι που ισοδυναμεί σε επενδύσεις 1,3-1,4 δισ. ευρώ, ενώ οι αιτήσεις από το 2005 μέχρι τότε αφορούσαν πολύ μικρότερα συστήματα συνολικής ισχύος 34,75 MW. Θα πρέπει ακόμη να προσθέσουμε ακόμη 725 αιτήσεις εξαιρέσεως (μικρότερων συστημάτων) ισχύος 74,4 MW.

Μεταξύ των επενδυτών περιλαμβάνονται η γαλλική EDF, η αυστριακή Verbund (σε συνεργασία με την ελληνική Energa) στο νομό Βοιωτίας, ο όμιλος Ρόκα στον οποίο την πλειοψηφία έχει η ισπανική Iberdrola, η γερμανική WPD (στο νομό Μεσσηνίας) κ.α.

Το νέο νομοθετικό πλαίσιο εγγυάται γρήγορη απόσβεση των επενδύσεων και σημαντικά κέρδη.

Σύμφωνα με τον νέο νόμο, η παρεχόμενη τιμή πώλησης της ηλιακής κιλοβατώρας είναι 0,40-0,50 ευρώ ανάλογα με την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος και τον τόπο εγκατάστασης. Η τιμή είναι μεγαλύτερη στα νησιά και μικρότερη στην ηπειρωτική χώρα.

Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ ισχύει για 10 έτη και μπορεί να παρατείνεται για επιπλέον 10, μονομερώς, με έγγραφη δήλωση του παραγωγού.

Πίνακας 6

Ισχύς Φωτοβολταϊκού Συστήματος	Ηπειρωτικό Δίκτυο	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Μικρότερο ή ίσο από 100 Κιλοβάτ <=100KWpeak	0,45Ευρώ/ΚWh	0,50Ευρώ/ΚWh
Μεγαλύτερο από 100 Κιλοβάτ > 100KWpeak	0,40Ευρώ/ΚWh	0,45Ευρώ/ΚWh

Το έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον που έχει εκδηλωθεί στον τομέα της ηλιακής ενέργειας έχει κινητοποιήσει και τις τράπεζες.

Ηδη η Τράπεζα Πειραιώς προσφέρει ένα πακέτο «πράσινων» χρηματοδοτικών προϊόντων. Τα πρωτοποριακά για την ελληνική αγορά «πράσινα» τραπεζικά προϊόντα, τα οποία αφορούν και οικιακή χρήση και επιχειρηματικές επενδύσεις, είναι αναλυτικά τα εξής:

Για τις ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις, χρηματοδοτούνται επενδυτικά σχέδια για φωτοβολταϊκούς σταθμούς, είτε αυτά εντάσσονται σε αναπτυξιακά προγράμματα, είτε καλύπτονται εξ ολοκλήρου από ίδια κεφάλαια και τραπεζικό δανεισμό.

Η Χρηματοδότηση Προσφέρεται το ανταγωνιστικότερο επιτόκιο στην αγορά, με βάση το Euribor ή το Libor, για επενδύσεις σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), ενώ το ποσοστό χρηματοδότησης είναι ευέλικτο, ώστε να δίνει τη δυνατότητα θετικής απόδοσης στον επενδυτή από τα πρώτα χρόνια της επένδυσης. Η διάρκεια χρηματοδότησης φθάνει μέχρι τα 10 έτη. Σημειώνεται τέλος ότι προσφέρεται πακέτο ασφάλισης των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού για την προστασία του επενδυτή, αλλά και κεφάλαιο κίνησης για προεξόφληση επιχορήγησης.

Για τους ιδιώτες παρέχει δάνειο χρηματοδότησης επενδύσεων (διάρκειας έως 15 ετών) που αφορούν στην αγορά και εγκατάσταση Συστημάτων Εξοικονόμησης Ενέργειας καθώς και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (όπως τα Φωτοβολταϊκά) αλλά και δάνειο Εγκατάστασης Εξοπλισμού (με διάρκεια έως 40 έτη).

Αν έχετε εμπορική επιχείρηση, δικαιούστε επιδότηση της αρχικής εγκατάστασης σε ποσοστό 30-55% της αξίας του συστήματος μέσω του αναπτυξιακού νόμου.

Κατά καιρούς προκηρύσσονται επίσης διάφορα εξειδικευμένα προγράμματα που ενισχύουν και τα φωτοβολταϊκά.

Η επιδότηση αυτή δίνεται είτε από τα σχετικά προγράμματα του υπουργείου Ανάπτυξης (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητα [ΕΠΑΝ] 2000-2006), είτε από αντίστοιχα προγράμματα του υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης, είτε μέσω του αναπτυξιακού νόμου. Για παράδειγμα στο ΕΠΑΝ το ποσοστό επιδότησης για τις επενδύσεις σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι 30%-50%, ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή

Η διαδικασία για την επιδότηση της εγκατάστασης (δηλαδή της αγοράς του εξοπλισμού) Βε τον αναπτυξιακό νόμο περιλαμβάνει την εκπόνηση και κατάθεση της μελέτης και εν συνεχεία την έγκρισή της από το αρμόδιο όργανο. Η έγκριση της επένδυσης απαιτεί (αν εγκριθεί βέβαια) 6-12 μήνες. Εφόσον εγκριθεί η μελέτη, ο επενδυτής προχωρεί στην κατασκευή του έργου παίρνοντας περίπου το 50% της αξίας της επένδυσης ως επιδότηση. Εν συνεχεία προωθεί την υπαγωγή της εγκατάστασης στον νέο νόμο 3468 και υπογράφεται σύμβαση για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

Βασικές προϋποθέσεις για την υπαγωγή στον αναπτυξιακό νόμο είναι η πρόταση να υπερβαίνει τα 100.000 ευρώ και ο επενδυτής να διαθέτει το 25% των συνολικών κεφαλαίων.

Για παράδειγμα, έστω ότι μία επιχείρηση επιθυμεί να εγκαταστήσει φωτοβολταϊκές γεννήτριες ισχύος 100 Kwatt και ότι το κόστος της εγκατάστασης θα ανέλθει σε 600.000 ευρώ. Η ελάχιστη ίδια συμμετοχή είναι 150.000 ευρώ, η επιδότηση 300.000, ενώ η τραπεζική συμμετοχή 150.000 ευρώ.

Για μία χώρα όπως η Ελλάδα, που έχει μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο κατά δεύτερο λόγο, ο ήλιος θα μπορούσε να καλύψει περίπου το 25% των ετήσιων αναγκών της σε ηλεκτρισμό.

Δυστυχώς, η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας, ανεξάντλητης πλουτοπαραγωγικής πηγής της χώρας, παραμένει σε εμβρυακή κατάσταση, αφού το κόστος αγοράς και εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι πρότινος ήταν αρκετά υψηλό σε σχέση με άλλες μορφές ενέργειας.

Έτσι, η πιο ευνοημένη σε ηλιοφάνεια χώρα της Ευρώπης, κατατάσσεται μεταξύ των τελευταίων στην παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού, δηλαδή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκά συστήματα.

Έχοντας συνολική εγκατεστημένη ισχύ από φωτοβολταϊκά 5,44 MW το 2005, από τα οποία μόλις το 1,41 MW είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο, η Ελλάδα υστερεί σημαντικά ακόμη και έναντι χωρών του ευρωπαϊκού βορρά όπως η Γερμανία (1.537 MW), η Ολλανδία (51,2 MW), το Λουξεμβούργο (23,26 MW) και η Αυστρία (21,43 MW), αλλά και της Μεσογείου όπως η Ισπανία (57,7 MW), η Ιταλία (36 MW) και η Γαλλία (32,67 MW).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η εγκατεστημένη ισχύς από φωτοβολταϊκά ήταν της τάξεως των 1.791,6 MW το 2005 από 391,6 MW το 2002. Πάντως το πρόσφατο

σχέδιο νόμου δίνει βάρος στα φωτοβολταϊκά πάρκα, θέτοντας ως στόχο έως το 2020 η ισχύς των συστημάτων αυτών στην Ελλάδα να ανέρχεται σε 700 MW. Για την επίτευξη του στόχου αυτού θα απαιτηθούν χονδρικά περίπου 15.000 στρέμματα.

Σύμφωνα πάντως με τον πρόεδρο του Συνδέσμου Εταιρειών Φωτοβολταϊκών κ. Στέλιο Ψωμά, «ο κόσμος θα πρέπει να γνωρίζει ότι τέτοιου είδους επενδύσεις απαιτούν ίδια κεφάλαια τουλάχιστον το 25% της επένδυσης. Παράλληλα θα πρέπει όλοι να οπλιστούν με υπομονή καθώς η γραφειοκρατία καθυστερεί τις επενδύσεις για διάστημα άνω των 9 μηνών. Πρώτα απ' όλα θα πρέπει να ξεπεραστούν προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση γης, καθώς και άλλα πολεοδομικά θέματα. Ειδικά για τους αγρότες έχουμε ζητήσει από τα αρμόδια υπουργεία νομοθετική αλλαγή ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν μέρος των εκτάσεών τους για την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως είναι η ηλιακή». Σμειώνεται ότι η νέα νομοθεσία απλοποιεί τις διαδικασίες αδειοδότησης για τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Έτσι, για συστήματα ισχύος μέχρι και 150 kW δεν απαιτούνται πλέον άδειες παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας. Τα συστήματα κάτω των 20 kW απαλλάσσονται και από την έγκριση περιβαλλοντικών όρων εφόσον δεν τοποθετούνται σε ευαίσθητες και προστατευμένες περιοχές.

ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 300.000 ΕΥΡΩ ΣΕ 6 ΜΕ 7 ΧΡΟΝΙΑ

Σε γενικές γραμμές, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις 1.150-1.400 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (KWh/έτος/KW). Προφανώς στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ό,τι στις βόρειες. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1.250-1.450 KWh/έτος/KW, στη Θεσσαλονίκη 1.150-1.275 KWh/έτος/KW και στην Κρήτη ή στη Ρόδο 1.400-1.500 KWh/έτος/KW. Για μία μονάδα ισχύος 100 κιλοβάτ φωτοβολταϊκών απαιτούνται περί τα 2,5 στρέμματα αν χρησιμοποιήσει κανείς κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, 3,5-4,5 στρέμματα αν χρησιμοποιήσει φωτοβολταϊκά λεπτού υμενίου και 5,5-6 στρέμματα, αν χρησιμοποιήσει σύστημα παρακολούθησης του ήλιου.

Εάν επενδύσει κάποιος σε ένα φωτοβολταϊκό 100 kWp σε μια γεωγραφική περιοχή (π.χ. τη Λέσβο) όπου η επιχορήγηση φθάνει το 55%, τότε από το συνολικό ύψος της επένδυσης, το οποίο προσδιορίζεται γύρω στα 600-700 χιλ. ευρώ, θα απαιτηθούν ίδια κεφάλαια της τάξης των 300.000 ευρώ περίπου. Και για αυτούς που δεν διαθέτουν τα χρήματα αυτά, οι τράπεζες προσφέρουν δάνεια τα οποία καλύπτουν σημαντικό μέρος του ποσού αυτού.

Σημειώνεται πάντως ότι, τόσο ο αναπτυξιακός νόμος όσο και τα περισσότερα κοινοτικά και εθνικά προγράμματα επιδότησης ενεργειακών επενδύσεων απαιτούν απόδειξη ιδίων κεφαλαίων από πλευράς επενδυτή σε ποσοστό 25% του συνολικού προϋπολογισμού της επένδυσης.

Με δεδομένο ότι η κιλοβατώρα θα αγοράζεται από τη ΔΕΗ στα 0,40 ευρώ και ότι η παραγωγή ηλιακής ενέργειας στην περιοχή υπολογίζεται σε 1.300 ανά Κwh ετησίως, αυτό σημαίνει ότι κάθε χρόνο ο επενδυτής θα εισπράττει $1.300 \times 100 \times 0,40$ ευρώ = 52.000 ευρώ. Έτσι εκτιμάται ότι σε περίπου 6-7 χρόνια (συνυπολογιζομένων των εξόδων συντήρησης, των τραπεζικών τόκων αλλά και της αναπροσαρμογής της τιμής που θα αγοράζει η ΔΕΗ) θα έχει γίνει η απόσβεση της επένδυσης και στα υπόλοιπα χρόνια θα μετράει κέρδη. Αυτά τα κέρδη, σύμφωνα με τους πιο μετριοπαθείς υπολογισμούς, θα ξεπεράσουν τις 650.000 ευρώ. Ειδικότερα στο παράδειγμά μας, τα συνολικά έσοδα στο τέλος της 20ετίας θα ξεπεράσουν το 1 εκατ. ευρώ.



Σχήμα 18 : Πέρασμα Φ/Β πάνω σε σκεπή

3.6 ΗΛΙΑΚΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Η παγκόσμια αγορά των Φωτοβολταϊκών βιώνει την μετάβαση της από τους εξοπλισμούς εκτός δικτύου που θεωρούνται οικονομικοί για τους αγοραστές, σε μια διευρυνόμενη αγορά για τους εντός δικτύου εξοπλισμούς. Θα παρουσιάσουμε το ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ (Δ.Μ.Τ.Δ) τμήμα των Φωτοβολταϊκών (Φ/Β) Οικιακών εγκαταστάσεων της αγοράς και για τις δυνάμεις που ωθούν και προκαλούν την εξάπλωσή του, μιλώντας κυρίως για τις Η.Π.Α., την Ιαπωνία και τη Γερμανία αλλά και την Ελλάδα.

3.7 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η παγκόσμια αγορά για τα Φωτοβολταϊκά συστήματα ξεπέρασε τα 200 MW το 1999, έφτασε τα 260 MW το 2000, 550 MW το 2005 και μπορεί να φτάσει τα 1800 το 2010 - δεδομένου ότι το κόστος εγκατάστασης για τα εντός δικτύου Φωτοβολταϊκά συστήματα αναμένεται να μειωθεί σε λιγότερο από \$3 το 2010.

Η παγκόσμια εντός δικτύου αγορά, εξ' αιτίας των επιδοτήσεων κυρίως στην Ιαπωνία, την Γερμανία και στις ΗΠΑ, μπορεί να αυξηθεί στα 700 MW το 2010, δεδομένου ότι το κόστος εγκατάστασης θα μειωθεί σε 3 δολάρια/W, το 2010, στην τιμή το δολαρίου τη δεδομένη εκείνη στιγμή.

Κατά την διάρκεια του 1996, οι παράγοντες «Καταναλωτής» και «Επικοινωνία» κυριάρχησαν στην αγορά των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων, σε μέγεθος και ανάπτυξη. Το 1997, με την εμφάνιση του Ιαπωνικού προγράμματος Φωτοβολταϊκών Στεγών και την ολοκλήρωση κτιρίων με Φ/Β (ΒΙΦ/Β) στην Ευρώπη, ο εντός δικτύου οικιακός & εμπορικός τομέας, που περιλαμβάνει το ιδιωτικό οικιακό τομέα, ΒΙΦ/Β και άλλους εμπορικούς εντός δικτύου εξοπλισμούς, εξελίχθηκαν σε έναν τεράστιο και γρήγορα αναπτυσσόμενο κομμάτι της αγοράς. Για περισσότερο από 15 χρόνια, από το 1980 - 1995, ο Δ.Μ.Τ.Δ. τομέας έφθανε λιγότερο από 1 MW ανά έτος παγκοσμίως, με τα περισσότερα σχέδια να ολοκληρώνονται με την κρατική υποστήριξη σε ποσοστό 80-100%.

Το 1995-1996, ξεκίνησε η εφαρμογή του Ιαπωνικού Προγράμματος κατασκευής Στεγών με Φωτοβολταϊκό Σύστημα (με στόχο την ενίσχυσή του το Σεπτέμβρη του 1998, με 5 GW - από 1,2 σε 1,4 εκατομμύρια σπίτια), οι πωλήσεις παρουσίασαν ενδεικτική αύξηση.

Το Γερμανικό πρόγραμμα των «100.000 Στεγών», το 1998 και 1999 κυριολεκτικά καθυστέρησε τις εισαγωγές στη χώρα (Γερμανία) εξαιτίας της πολιτικής και διοικητικής αβεβαιότητας που επικρατούσε σχετικά με την εφαρμογή-υλοποίηση του προγράμματος. Το 1996 ο εντός δικτύου τομέας ανέβηκε στην έκτη θέση από την έβδομη που κατείχε, και μέσα σε περίοδο 3 χρόνων στην πρώτη θέση. Στην ουσία όλη αυτή η ανάπτυξη οφειλόταν στην εφαρμογή του επιχορηγούμενου Ιαπωνικού Προγράμματος κατασκευής Οροφών με Φωτοβολταϊκά Συστήματα.

Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ενέργειας προσπάθησαν επίσης να προβλέψουν τις εξελίξεις στην παγκόσμια αγορά μέχρι το 2010. Σ' αυτή την πρόβλεψη, η μέση ανάπτυξη είναι περίπου 25% ανά χρόνο. Ο πιο γρήγορα αναπτυσσόμενος τομέας είναι ο Δ.Μ.Τ.Δ.. Ας σημειωθεί ότι προβλέπεται πως τα κόστη του σχεδιασμού και της εγκατάστασης των εντός δικτύου συστημάτων, θα μειωθούν. Αυτή η μείωση του κόστους εγκατάστασης είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη της αγοράς αφού οι αλλαγές διαμορφώνονται ή υπαγορεύονται από πολιτικές τάσεις.



Σχήμα 19 : Φωτοβολταϊκό πάνελ

3.7.1 ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η αμερικανική αγορά Φωτοβολταϊκών συστημάτων κορυφώθηκε στα 20 MW το 1999, με την μεγαλύτερη αύξηση που παρουσίασε ποτέ εξαιτίας του Υ2Κ (αφού οι ιδιοκτήτες κατοικιών φοβούνταν μήπως καταρρεύσει το αυτόνομο εγκατεστημένο δίκτυο της φωτοβολταϊκής ισχύος).

Η οικονομική ανάλυση των Φωτοβολταϊκών για δύο αντιπροσωπευτικά κλιματικά πεδία στην Αμερική, δείχνει ότι για ιδιωτικές αγορές για τις οποίες χρησιμοποιούνται συμβατικές χρηματοδοτήσεις, τα Φωτοβολταϊκά χωρίς επιδότηση θα είναι οικονομικά ασύμφορα για το εύκρατο κλίμα των νοτιοδυτικών περιοχών μέχρι το 2010.

Η ανάλυση των αλλαγών στις μετρήσεις των πωλήσεων στην Καλιφόρνια, δείχνει ότι υπό τις πολύ καλές αυτές κλιματολογικές συνθήκες, με δεδομένο το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος σε \$0,14/ KWH (σχεδόν διπλάσιο του μέσου όρου στην Αμερική), το κόστος των Φ/Β είναι ελάχιστα ανταγωνιστικό ως προς την τιμή της χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Το Αμερικάνικο Πρόγραμμα του 1.000.000 Ηλιακών Στεγών, χωρίς την προτεινόμενη από τον Πρόεδρο πίστωση φόρων, είναι βοηθητική αλλά όχι επαρκής ώστε να τονώσει την συγκεκριμένη αγορά των Δ.Μ.Τ.Δ Φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Ο αριθμός των εισαγωγών Φωτοβολταϊκών συστημάτων στις ΗΠΑ για το 1999, άγγιξε τα 60,8 MW.

Ο εντός δικτύου τομέας διευρύνθηκε το 1999, μέχρι και 68%, εξαιτίας τριών κυρίως παραγόντων. Στα πλαίσια του Δημοτικού Προγράμματος της περιοχής του Σακραμέντο, εγκαταστάθηκαν περίπου 1.200 KW Φωτοβολταϊκών σε κατοικίες και εμπορικά κτήρια. Το Αμερικάνικο Πρόγραμμα του 1.000.000 Ηλιακών Στεγών διοχέτευσε 300 KW σχεδόν (κυρίως σχολεία εντός δικτύου) και η επιδότηση στην Καλιφόρνια \$3/W, οδήγησε στην εγκατάσταση 200 περίπου Φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος 2-4 KW (600 KW περίπου σε σύνολο). Το ενδεχόμενο κατάρρευσης του αυτόνομου εγκατεστημένου δικτύου της

φωτοβολταϊκής ισχύος στην Καλιφόρνια, επιτάχυνε την αγορά περισσότερων από 200 μικρά συστήματα (200 KW περίπου). Πρέπει να σημειωθεί ότι σε περίπτωση απώλειας ισχύος για να είναι αποτελεσματικό, το σύστημα Υ2Κ πρέπει να έχει απόθεμα 2-5 ημερών και μετατροπέα διπλής ενέργειας, που να μετατρέπει το Δ.Μ.Τ.Δ Φωτοβολταϊκό σύστημα σ' ένα αυτόνομο σύστημα όταν η παροχή ενέργειας διακοπεί.

Ας δούμε τα οικονομικά μεγέθη από την οπτική γωνία του Αμερικανού καταναλωτή για δύο σενάρια:

Πρώτα για την Καλιφόρνια όπου το ποσοστό ηλιοφάνειας είναι πολύ μεγάλο (2.200 ώρες το χρόνο), το πολιτειακό ενδιαφέρον για το περιβάλλον είναι υψηλό, και το κόστος ενέργειας από Φ/Β περίπου διπλάσιο του μέσου όρου (14 cents ανά KWH), και σε δεύτερη φάση ένα μέσο Αμερικανό καταναλωτή σε μία περιοχή μέσης ηλιοφάνειας (1.600 ώρες το χρόνο), με κόστος ενέργειας περίπου στα 8 cents, και χαμηλές κυβερνητικές επιχορηγήσεις.

Και στις δύο περιπτώσεις το κόστος χρήματος θεωρείται πως είναι 8% για ένα 20-30ετές δάνειο και η αποδοτική λειτουργία ενός Φ/Β συστήματος γύρω στα 20 χρόνια. Αυτά αναδεικνύουν τον λεγόμενο « παράγοντα απόσβεσης κεφαλαίου » στο 13%. Αυτό γίνεται για να αξιολογηθεί η αγορά ενός πλήρους συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς καύσιμα, με ελάχιστο κόστος συντήρησης και ποσοστό ανταπόδοσης από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο, 13% του αρχικού κεφαλαίου, για κάθε χρόνο.

Αν ο μέσος πελάτης πραγματικά επιθυμεί μια Φ/Β εγκατάσταση, εκταμιεύει το κατάλληλο κεφάλαιο και θεωρεί απλά μια απόσβεση της τάξης του 5% το χρόνο. Είναι προφανές ότι σε όλες τις περιπτώσεις εκτός της φοροαπαλλαγής και της επιδότησης στην Καλιφόρνια, το κόστος των Φ/Β ανά KWH υπερβαίνει το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας δικτύου.

Στην περίπτωση της επιδότησης με \$3/W, η τιμή είναι ελάχιστα υψηλότερη της τιμής KWH δικτύου, γεγονός που έχει οδηγήσει πολλούς καταναλωτές να αποφασίσουν την αγορά ενός Φ/Β συστήματος ακόμα και με κόστος 12\$ ανά W, με μετατροπείς διπλής ενέργειας και συστοιχία συσσωρευτών με αρκετές ημέρες αυτονομία, ώστε να πετύχουν αδιάκοπη κάλυψη των αναγκών του σπιτιού τους.

Αμερικανοί αναλυτές της αγοράς πιστεύουν πως η αγορά των διασυνδεδεμένων με το δίκτυο Φ/Β συστημάτων, δεν θα αναπτυχθεί περισσότερο από 15% το χρόνο, εκτός αν το κόστος εγκατεστημένου Watt πέσει στα 3-3,5\$, ή το Κονγκρέσσο υιοθετήσει μέτρα για τις κλιματικές αλλαγές του πλανήτη, και δώσει προτεραιότητα στα Φ/Β (όπως στη Γερμανία και την Ιαπωνία). Χωρίς αυτού του είδους την υποστήριξη, η αγορά θα χρειαστεί Φ/Β γεννήτριες υψηλού βαθμού απόδοσης με τιμή από 1,5 έως 2\$ /W, μετατροπείς με τιμή 0.3\$/W κ.τ.λ. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να ελπίζουν σε μία περαιτέρω ανάπτυξη.

3.7.2 ΙΑΠΩΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το Ιαπωνικό πρόγραμμα Φ/Β Στεγών που φιλοδοξεί στην τοποθέτηση Φ/Β γεννητριών σε περίπου 700.000 στέγες, έχει ήδη να επιδείξει 18.000 εφαρμογές Φ/Β σε Δ.Μ.Τ.Δ. κατοικίες.

Το πρόγραμμα έχει σημειώσει πωλήσεις πάνω από 50 MW και αύξηση παραγωγής σε όλες τις Ιαπωνικές εταιρείες συναρμολόγησης και κατασκευής Φ/Β μονάδων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο στόχος του προγράμματος έχει σχεδόν επιτευχθεί. Τα οικονομικά μεγέθη προσδιορίζουν πως η επιδότηση κατά 30% του συνολικού κόστους ενός Φ/Β συστήματος για κατοικία, και 25 Γεν ανά KWH τιμή ρεύματος δικτύου, πολλοί καταναλωτές είναι πρόθυμοι να επενδύσουν σε ένα τέτοιο σύστημα. Αν το πρόγραμμα τερματιστεί το 2002 και οι τιμές στην αγορά των Φ/Β πέσουν, το κόστος ενός Φ/Β συστήματος χωρίς επιδότηση θα ξεπεράσει κατά πολύ πάλι το μεγάλο του ανταγωνιστή: το Δίκτυο.

Το 1999 οι Ιάπωνες κατασκευαστές Φ/Β στοιχείων, ανέφεραν αύξηση πωλήσεων 63% από 49 σε 80 MW. Το Ιαπωνικό Πρόγραμμα ξεκίνησε το οικονομικό έτος 1994. Η κρατική επιχορήγηση ήταν το 50% της επένδυσης που αφορούσε εγκαταστάσεις 3-4 KW σε στέγες σε απευθείας σύνδεση με το δίκτυο. Ενώ λοιπόν το 1993 δεν υπήρχε ουσιαστικά πεδίο εφαρμογής Δ.Μ.Τ.Δ. συστημάτων στην ιαπωνική αγορά, (10 σπίτια το χρόνο), φτάνει το 1999 να διαπιστώνει μια αύξηση 35% και να σημειώνει συνολική ισχύ 65 MW τον Απρίλιο του 2000.

Εξ' αιτίας του διπλασιασμού των αιτήσεων για επιχορήγηση Φ/Β οικιακών συστημάτων (από 8.700 σε 18.000) η ιαπωνική κυβέρνηση αποφάσισε ότι η Φ/Β τεχνολογία είναι πλέον «επικερδής επιχείρηση» και ως εκ τούτου προγραμματίσει την περικοπή της κρατικής επιδότησης για το οικονομικό έτος 2002. Οι εταιρείες Φ/Β διαμαρτυρήθηκαν για το θέμα αυτό, υποστηρίζοντας ότι είναι πολύ δύσκολο να πέσουν οι τιμές στο διάστημα αυτό, και πως η Φ/Β ενέργεια χωρίς επιδότηση θα εξακολουθήσει να στοιχίζει τρεις ως επτά φορές παραπάνω από τη συμβατική ενέργεια.

Παρότι αυτή η οικονομική ανάλυση είναι σχετικά απλουστευμένη. Επιτρέπει την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων όπως: Το 1999 χωρίς επιδότηση 35% μια Φ/Β εγκατάσταση στον Ιάπωνα ιδιώτη κόστιζε 0,53\$ ανά KWH ενώ το κόστος ρεύματος ήταν 0,27\$ ανά KWH. Το 1999, 18.000 οικογένειες εγκατέστησαν συστήματα με επιδότηση στα 5.2\$ ανά εγκατεστημένο Watt. Εάν κάποιος κάνει χρήση μιας 20ετούς απόσβεσης και ενός δανείου 5% ενός συντελεστή απόσβεσης 0,08, τότε το κόστος της Φ/Β KWH είναι 0,42\$ έναντι 0,27\$ της KWH δικτύου. Το 1999 αν η ίδια επιδότηση εφαρμόζονταν αλλά ο καταναλωτής συνυπολόγιζε την αξία ενός Φ/Β συστήματος για μια 20ετή απόσβεση ή έναν παράγοντα απόσβεσης της τάξης του 0,05 τότε το κόστος της Φ/Β KWHs θα ήταν 0,217\$ έναντι 0,27\$ της KWHs δικτύου, πράγμα που τώρα δείχνει ελκυστικό για τον καταναλωτή. Το 2002 με την επιδότηση μειωμένη στο 20% μια απλή 20ετή απόσβεση και με ένα κόστος εγκατάστασης στα 75\$ ανά KW η τιμή της

«πράσινης» KW θα διαμορφωθεί στα 0,23\$ ανά Kwh έναντι 0,27\$ της τωρινής χρέωσης.

Το 2005 μετά την εξάλειψη της επιχορήγησης και την πτώση των τιμών στα Φ/Β, η «πράσινη» ενέργεια κοστίζει για μια ακόμα φορά περισσότερο από αυτή του δικτύου. Είναι προφανές ότι η καταναλωτική αντίληψη της 20ετούς απλά απόσβεσης είναι το κλειδί σε μία οικονομοτεχνικά αποδεκτή και ενδεχομένως επικερδή επένδυση.

Το να προβλέψει κανείς το μέλλον μιας τέτοιας αγοράς δεν είναι τόσο εύκολο, αφού για να διατηρηθεί η ταχύτητα του προγράμματος επιδότησης (50-60 MW το χρόνο), οι τιμές πρέπει να πέσουν. Ένας ενθαρρυντικός παράγοντας είναι η προσφορά έτοιμων νέων κατοικιών με τη μέγιστη ενεργειακή απόδοση και εγκατεστημένη Φ/Β ισχύ 3 KW, σε τιμές περίπου ίδιες μ' αυτές των κατοικιών κορυφαίας ποιότητας.

Πολλοί κατασκευαστές οικιών συνεργάζονται με την Φ/Β βιομηχανία, με σκοπό την παραγωγή συστημάτων ενσωμάτωσης σε στέγες, μηχανισμών υποστήριξης και γενικά οποιαδήποτε διάταξη που θα έκανε ευκολότερη την συνδεσμολογία και εγκατάσταση προς την κατεύθυνση της μείωσης του κόστους. Αν πραγματικά υπάρξει μείωση του κόστους των Φ/Β γεννητριών θα φτάσει το 2010 το 1-1,5\$ ανά Watt, η τιμή του εγκατεστημένου Watt θα πλησιάσει τα 2-3\$, ενώ η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς θα φτάσει τα 240 MW το χρόνο.

Το παραπάνω όμως σενάριο φαντάζει πολύ αισιόδοξο αν αναλογιστεί κανείς πως η δυναμική της Ιαπωνικής αγοράς τείνει να εξαλείψει όλες τις κρατικές επιδοτήσεις.

3.7.3 ΓΕΡΜΑΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το Γερμανικό Εθνικό Πρόγραμμα των 100.000 ηλιακών στεγών με το 10ετές άτοκο δάνειο, καμία πληρωμή για διάστημα ενός έτους και 99 Phennig τιμή KWH από Α.Π.Ε., δημιούργησε μια τέτοια αναστάτωση στην αγορά ώστε οι αιτήσεις για χορήγηση δανείου για εγκατάσταση Φ/Β συγκροτημάτων σε στέγες, το πρώτο 4μηνο του 2000 σε σχέση με ολόκληρο το 1999, παρουσίασαν μια αύξηση της τάξης του 500% (11 MW το '99 με 70 MW μέχρι τον Απρίλιο του 2000).

Η δραματική αύξηση των εγκαταστάσεων, δημιούργησε ένα φρενάρισμα στο πρόγραμμα και κάποιες επαναθεωρήσεις οι οποίες μείωσαν τις επιδοτήσεις. Ακόμα όμως και μετά τις σχετικές περικοπές, τα Φ/Β εξακολουθούν να είναι συμφέρουσα επένδυση στη Γερμανία. Οι προοπτικές δείχνουν πως ακόμα και με μηδενική κυβερνητική συμμετοχή η "πράσινη ηλιακή" KWH θα συναγωνίζεται με επιτυχία αυτή του δικτύου.



Σχήμα 20 : Σπίτι στη Γερμανία με Φ/Β

Οι μηχανισμοί κυβερνητικής υποστήριξης των Φ/Β στη Γερμανία άρχισαν να ενεργοποιούνται από το 1994 με το πρόγραμμα των 1000 ηλιακών στεγών, μέσω του οποίου εγκαταστάθηκαν 2.500 Φ/Β συστήματα 2-4 KW σε στέγες και οροφές κατοικιών, με επιδοτήσεις της τάξης του 70%. Παρά το πέρας του προγράμματος το 1994, οι πωλήσεις τέτοιων συστημάτων συνέχισαν την ανοδική τους πορεία, για να εμφανιστεί η δεύτερη τονωτική ένεση από πλευράς πολιτείας το 1998 με το πρόγραμμα των 2.000 στεγών με συνολικές εγκαταστάσεις της τάξης των 10 MW σε όλη τη χώρα. Αυτή τη στιγμή η Γερμανία αναδεικνύεται σε πρωτοπόρο τέτοιων εφαρμογών σε παγκόσμιο επίπεδο, αφού σημαντικός είναι και ο αριθμός Φ/Β συστημάτων ενσωματωμένων σε γυάλινες προσόψεις, αίθρια, σκίαστρα, ακόμα και εκτάσεις 10 στρεμμάτων με πάνω από 1 MW εγκατεστημένη ισχύ.

Όλες οι παραπάνω πρότυπες Φ/Β εγκαταστάσεις λειτουργούν επίσης κατά τον απόλυτα επωφελή διαφημιστικά τρόπο, σε όλα τα έντυπα και ηλεκτρονικά μέσα ενημέρωσης, προσδίδοντας σε όλους όσους ασχολούνται με την τεχνολογία αυτή ένα σημαντικό πλεονέκτημα στην αγορά και δημιουργώντας ένα ξεχωριστό τμήμα: το "green business".

Είναι ειρωνικό το γεγονός ότι στην ουσία όλη η γερμανική παραγωγή γίνεται στις Ηνωμένες Πολιτείες, ενώ οι εγκαταστάσεις παραγωγής Φ/Β μονάδων από Γερμανικούς Οίκους συνολικής δυναμικότητας πάνω από 50 MW είναι υπό κατασκευή.

ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ 100.000 ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΤΕΓΩΝ

Στο τέλος του 1998 η Γερμανική κυβέρνηση συνασπισμού έφερε προς ψήφιση το πιο μεγαλειώδες σχέδιο στην ιστορία της Φ/Β τεχνολογίας: το πρόγραμμα των 100.000 ηλιακών Στεγών πλήρως Δ.Μ.Τ.Δ. για κατοικίες και επαγγελματικές στέγες, ένα σχέδιο 10πλάσιο της Αμερικάνικης αγοράς για τέτοιες εφαρμογές.

Το πρόγραμμα ανατέθηκε στην Γερμανική Ομοσπονδιακή Τράπεζα για περιορισμό της γραφειοκρατίας στο ελάχιστο, με χορήγηση 10ετούς άτοκου δανείου πληρωτέο σε εννέα δόσεις με την τελευταία δόση μη πληρωτέα.

Το σύνολο των διαδικασιών για τη χορήγηση του δανείου περιοριζόταν στις 5 ημέρες, ενώ παρέχόταν η δυνατότητα στον ενδιαφερόμενο να συνδυάσει χρηματοδοτήσεις και από άλλους φορείς (π.χ. τοπική αυτοδιοίκηση) μέχρι του 100% του συνολικού προϋπολογισμού της εγκατάστασης. Επιπλέον η Ομοσπονδιακή Τράπεζα εκχωρούσε το 40% του δανείου αμέσως, μετατρέποντας το αυτόματα σε επιδότηση. Η συνολική δαπάνη υπολογίζεται για το κράτος σε 1,1 δισ. μάρκα, ποσό που αναγάγει το πρόγραμμα, στο μεγαλύτερο Φ/Β σχέδιο που εκπονήθηκε ποτέ.

Η πρώτη χρονιά εφαρμογής του σχεδίου (1999) δεν ήταν τόσο αποδοτική, μιας και η μεταφορά αρμοδιοτήτων από την Ομοσπονδιακή Τράπεζα στις κατά τόπους τράπεζες, μπέρδεψε τους επενδυτές και σε συνδυασμό με τον όχι ιδιαίτερα σαφή τρόπο προσδιορισμού των απαραίτητων προδιαγραφών και του ορίου ισχύος των εγκαταστάσεων, μόλις κατάφερε να φτάσει τα 10 MW με 4.000 συστήματα. Σωτήρια για την τελική έκβαση του προγράμματος, ήταν η επέμβαση της κυβέρνησης, της Ομοσπονδιακής Τράπεζας και των Πράσινων. Στις αρχές του 2000 η κυβέρνηση ενίσχυσε την προηγούμενη επιδότηση, με την αύξηση του τιμολογίου της πράσινης KWH στα 99 rhennig έναντι ενός κόστους εγκατάστασης που αγγίζει τα 8-10\$ ανά εγκατεστημένο βατ. Το νέο αυτό μέτρο δημιούργησε μια πραγματική χιονοστιβάδα. Τους πρώτους τρεις μήνες οι εφαρμογές ξεπέρασαν τα 30 MW. Τον Απρίλιο προστέθηκαν άλλα 40 MW. Οι επιπτώσεις στην Ομοσπονδιακή Τράπεζα αρχίζουν να δείχνουν ανησυχητικά σημάδια. Το Μάιο το συνολικό σενάριο άλλαξε. Εισήχθηκε όριο ισχύος εγκατάστασης και όριο επιδότησης. Παρόλα αυτά, το Γερμανικό πρόγραμμα σε συνδυασμό με το Ιαπωνικό, δημιούργησαν ένα χάος στην αγορά. Οι τιμές ανέβηκαν, οι χρόνοι παράδοσης έφτασαν τους 4-6 μήνες και όλες οι αποθήκες άδειασαν.

Το νέο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα που εκπονείται προβλέπει πάλι δανειοδότηση με την τελευταία δόση μη πληρωτέα, αλλά τόκο 4,5%, ενώ κρατάει σταθερή την τιμή της πράσινης KWH στα 99 rhennig και θέτει όριο ισχύος εγκατάστασης.

Είναι φανερό ότι αναφορικά με το Γερμανικό Πρόγραμμα, αν κάποιος θεωρήσει ένα Φ/Β σύστημα 20ετούς οικονομικής βιωσιμότητας, με 5% το χρόνο επιμερισμό κόστους, 15% πληρωμής εξ αναβολής, άτοκο δάνειο και τιμή KWH τριπλάσια απ' αυτήν που αγοράζει από το δίκτυο, η επένδυση είναι υπέρ του δέοντος συμφέρουσα.



Σχήμα 21 : Φ/Β σε πρόσοψη κτιρίου

3.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γιατί Φωτοβολταϊκά Συστήματα;

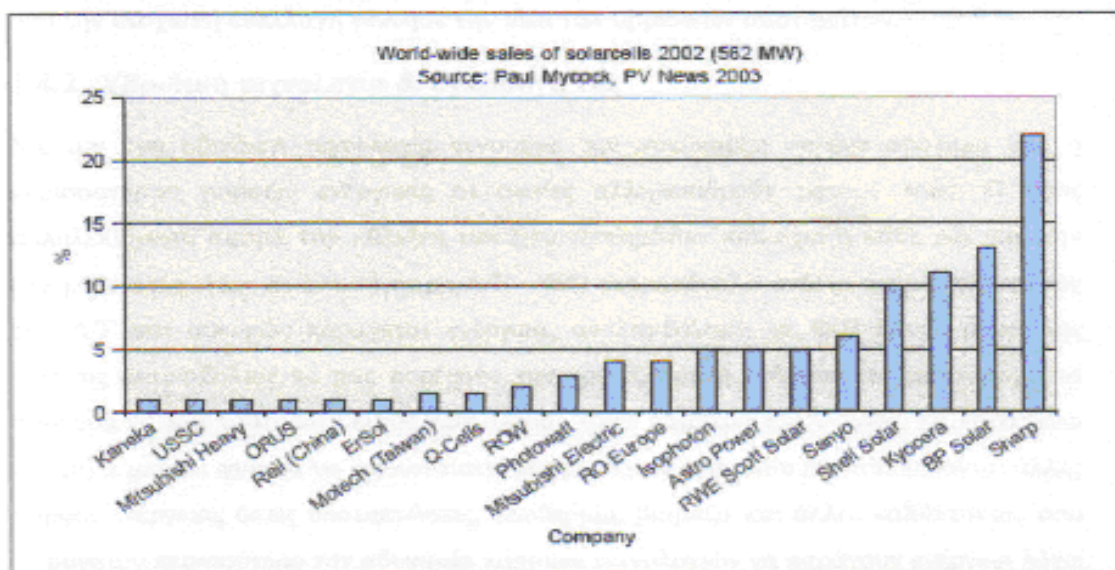
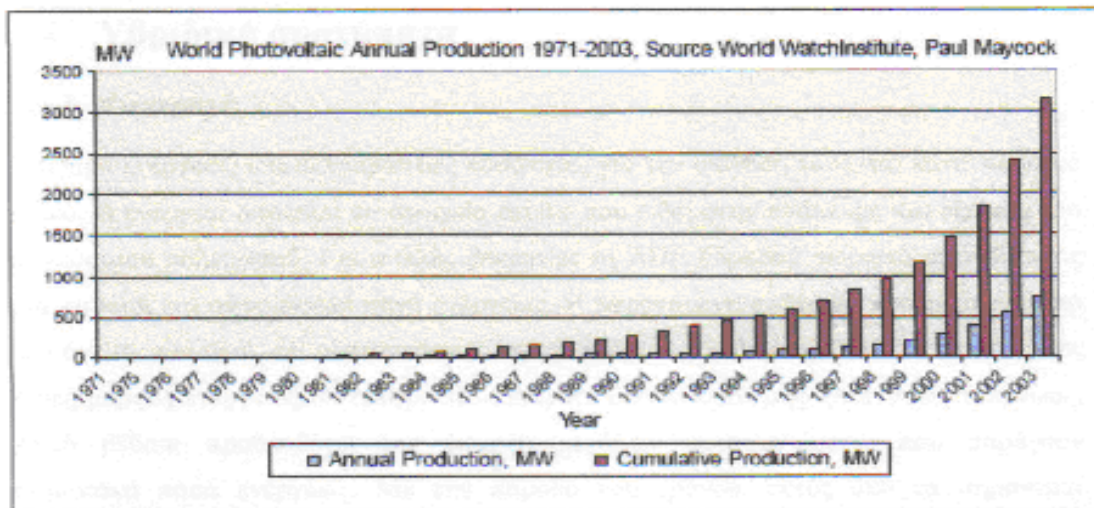
- Προσφέρουν υψηλή και εγγυημένη απόδοση
- Έχουν ελάχιστη συντήρηση και εν γένει ενασχόληση μετά την αρχική εγκατάσταση
- Βελτιώνουν το οικολογικό προφίλ της επιχείρησης, καθώς έχουν μηδενική ρύπανση και αθόρυβη λειτουργία
- Έχουν υψηλή αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής
- Έχουν δυνατότητα επέκτασης

Πού μπορούν να τοποθετηθούν τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα;

- Στις οροφές των υαρχόντων κτιρίων
- Σε οποιονδήποτε ανοικτό ιδιόκτητο και περιφραγμένο χώρο
- Σε ανοιχτούς χώρους parking ως σκίαστρα
- Ως δομικά συστατικά νέων κτιριακών κατασκευών σύμφωνα με την υπάρχουσα πολύ πλούσια διεθνή εμπειρία
- Ως «αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις» σε στάδια, πάρκα, πλατείες

Η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων βρίσκει ολοένα και μεγαλύτερη ανταπόκριση στο κοινό καθώς καλύπτει αποτελεσματικά άπειρες οικιακές ανάγκες ανεξαρτητοποιώντας τον καταναλωτή από το εθνικό δίκτυο διανομής Η/Ε και βέβαια μπορεί να αποφέρει πολλά κέρδη σαν επένδυση.

Σχήμα 22 : Παγκόσμια παραγωγή ενέργειας από Φ / Β



Σχήμα 23 : Παγκόσμια αγορά Φ / Β 2002

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



Σχήμα 24 : Φ/Β και ανεμογεννήτριες

Η αγορά ενέργειας απαιτεί τεράστιες ποσότητες για την διάθεσή τους στο καταναλωτικό κοινό. Η ενέργεια αποτελεί το στοιχείο εκείνο που ωθεί στην ανάπτυξη και εξέλιξη του παγκόσμιου πολιτισμού. Για πολλές δεκαετίες οι ΑΠΕ έδρασαν χωριστά αποτελώντας μια καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η παραγόμενη ενέργεια, προερχόμενη από τον άνεμο, τον ήλιο, τις υδατοπτώσεις, την γεωθερμία, τη βιομάζα και ένα σωρό άλλες ήπιες μορφές ενέργειας, κατέληγε στο κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό βέβαια προϋποθέτει την ύπαρξη μεγάλων εγκαταστάσεων που παράγουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Με την πάροδο του χρόνου, εκτός από τα σημαντικά πλεονεκτήματα των εγκαταστάσεων αυτών όπως η μη έκλυση ρύπων στο περιβάλλον και η χρήση ανεξάντλητων μορφών ενέργειας, εμφανίστηκαν κάποια μειονεκτήματα. Δεν υπήρχε διαθεσιμότητα ενέργειας καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, λόγω της εναλλαγής των εποχών. Η ανάγκη για συνεχή παροχή σταθερών ποσοτήτων ενέργειας ανεξάρτητα από την εποχιακή εναλλαγή γέννησε την ιδέα των υβριδικών συστημάτων.

4.1 ΥΒΡΙΔΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ & ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ

Με τον όρο υβριδική τεχνολογία εννοούμε την συνύπαρξη σ'ένα σύστημα δύο ή περισσότερων μορφών ενέργειας οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ο όρος αλληλεπίδραση αφορά την κάλυψη των μειονεκτημάτων που έχει η καθεμία από την άλλη. Έτσι για παράδειγμα όταν σ'ένα σύστημα Α/Γ-Φ/Β σταματάνε να πνέουν άνεμοι που κινούν την Α/Γ και συνεπώς παράγεται ενέργεια, αναλαμβάνουν τα Φ/Β πάνελ μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας να μας παρέχουν

την χρειαζόμενη ενέργεια με αποτέλεσμα το σύστημα να μην τεθεί ποτέ εκτός λειτουργίας λόγω καιρικών εναλλαγών.

Η χρήση υβριδικών συστημάτων παρατηρείται ιδιαίτερα σε περιοχές όπου οι καταναλωτές βρίσκονται πολύ μακριά από το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

4.2 Η ΞΕΝΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

4.2.1 Μογγολία

Σε περιπτώσεις κρατών που σημαντική μερίδα του πληθυσμού στερείται των βασικών αναγκών λόγω της απόστασής τους από το δίκτυο διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, οι κυβερνήσεις προβαίνουν σε εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων για την παροχή ενέργειας. Μια πρώτη εμπειρία ήρθε από τα οροπέδια της Μογγολίας. Η Μογγολία είναι σε έκταση μια αχανής και επιπλέον αραιοκατοικημένη χώρα και ως εκ τούτου μεγάλο ποσοστό των περίπου 1.800.000 κατοίκων της, που είναι κατά κύριο λόγο νομάδες, δεν έχει πρόσβαση στο εθνικό δίκτυο. Η χρήση αυτόνομων πετρελαϊκών σταθμών είναι ασύμφορη και σαν συνέπεια η λειτουργία τους περιορίζεται μόνο σε μερικές ώρες και μόνο την χειμερινή περίοδο. Για το λόγο αυτό η κυβέρνηση δημιούργησε ειδικό πρόγραμμα για την εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων με σκοπό την κάλυψη των βασικών ηλεκτρικών αναγκών του πληθυσμού. Από το 1970 η Μογγολία φιλοξενεί τον μεγαλύτερο πληθυσμό μικρών ανεμογεννητριών που παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια σε νοικοκυριά για τις βασικές ανάγκες. Αν και οι Α/Γ αυτές συναντώνται παντού σε αυτές τις περιοχές, ωστόσο η πώση των ανέμων κατά τους θερινούς μήνες έχει ως αποτέλεσμα το παραγόμενο ρεύμα να είναι λίγο και συνεπώς οι συσσωρευτές να μην φορτίζονται. Λύση στο πρόβλημα έδωσε η τοποθέτηση Φ/Β συστημάτων παράλληλα με τις Α/Γ, καλύπτοντας τις θερινές ενεργειακές απαιτήσεις, μετατρέποντας τα ήδη υπάρχοντα συστήματα σε υβριδικά.

4.2.2 Ειρηνικός Ωκεανός

Στην ευρύτερη περιοχή του Ειρηνικού Ωκεανού υπάρχει πληθώρα διάσπαρτων κρατών και νησιών πολλά εκ των οποίων δεν ηλεκτροδοτούνται ακόμα. Επιπροσθέτως, η διαμόρφωση των κατά κανόνα κοραλλιογενών αυτών νησιών και οι συνθήκες είναι τέτοιες που από οικονομικής πλευράς αποτρέπουν την εγκατάσταση και λειτουργία συμβατικών πετρελαϊκών σταθμών. Διευκρινίζεται ότι οι βασικές ανάγκες των κατοίκων είναι τόσο περιορισμένες που η μέση κατανάλωση Η/Ε των νοικοκυριών είναι της τάξης των 25 kw/μήνα. Ανασταλτικός παράγοντας της χαμηλής κατανάλωσης είναι επίσης η τιμή χρέωσης Η/Ε που το 2001 ήταν της τάξης των 0,23€/kwh.

Η μόνη δυνατότητα κάλυψης των ελαχίστων αυτών αναγκών των κατοίκων κυρίως για φωτισμό, ράδιο και λοιπές μη ενεργοβόρες χρήσεις είναι η

αξιοποίηση των ΑΠΕ και κυρίως της αιολικής και ηλιακής ενέργειας. Προσπάθειες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας έχουν αρχίσει εδώ και πάνω από 20 χρόνια. Όλες αυτές οι προσπάθειες σκόνταψαν στο γεγονός της έλλειψης υποδομής για την εξασφάλιση συστηματικής συντήρησης και συνεχούς λειτουργίας τους.

4.2.3 Ευρώπη - Η.Π.Α.

Το πρόβλημα της υπερκατανάλωσης ενεργειακών πόρων δεν προέρχεται από τις μη ανεπτυγμένες περιοχές του πλανήτη αλλά κυρίως από τις πλέον ανεπτυγμένες όπως η Ευρώπη και οι Η.Π.Α. Ωστόσο παρά τις μεγάλες ανάγκες της βιομηχανίας σε ενέργεια, γίνονται προσπάθειες για ανεξαρτητοποίηση των καταναλωτών από το εθνικό δίκτυο διανομής. Αυτό φυσικά δεν είναι εφικτό στις μεγαλουπόλεις όπου η έλλειψη χώρου δεν ευνοεί τις προσπάθειες για εγκατάσταση αυτόνομων υβριδικών συστημάτων, αλλά στην περιφέρεια καθώς πολλές δραστηριότητες όπως η ηλεκτροδότηση για φωτισμό, άντληση νερού ή άλλες εφαρμογές καλύπτονται από συστήματα ΑΠΕ.

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες γύρω από υβριδικά συστήματα και κυρίως γύρω από την διαστασιολόγησή τους για την κάλυψη συγκεκριμένων αναγκών. Πολλοί επιστήμονες έχουν ασχοληθεί με την εξεύρεση αλγορίθμων που βελτιστοποιούν την σχέση μεταξύ παραγωγών τμημάτων όπως Α/Γ, Φ/Β ή άλλων τεχνολογιών, με τους συσσωρευτές ώστε το σύστημα να λειτουργεί αυτόνομα με την μέγιστη απόδοση. Λαμβάνοντας με κατάλληλα μέσα χρονοσειρές ανέμου ή ηλιακής ακτινοβολίας ο ερευνητής δημιουργεί το προφίλ ανέμου ή ηλιακής ακτινοβολίας μιας περιοχής. Χρησιμοποιώντας την πληροφορία αυτή σε συνδυασμό με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επιλεγμένων παραγωγών συσκευών, των συσσωρευτών και των αναγκών που θέλει να καλύψει, καταλήγει σε μαθηματικές εξισώσεις που διαστασιολογούν με ακρίβεια το σύστημα και τον τρόπο λειτουργίας του.

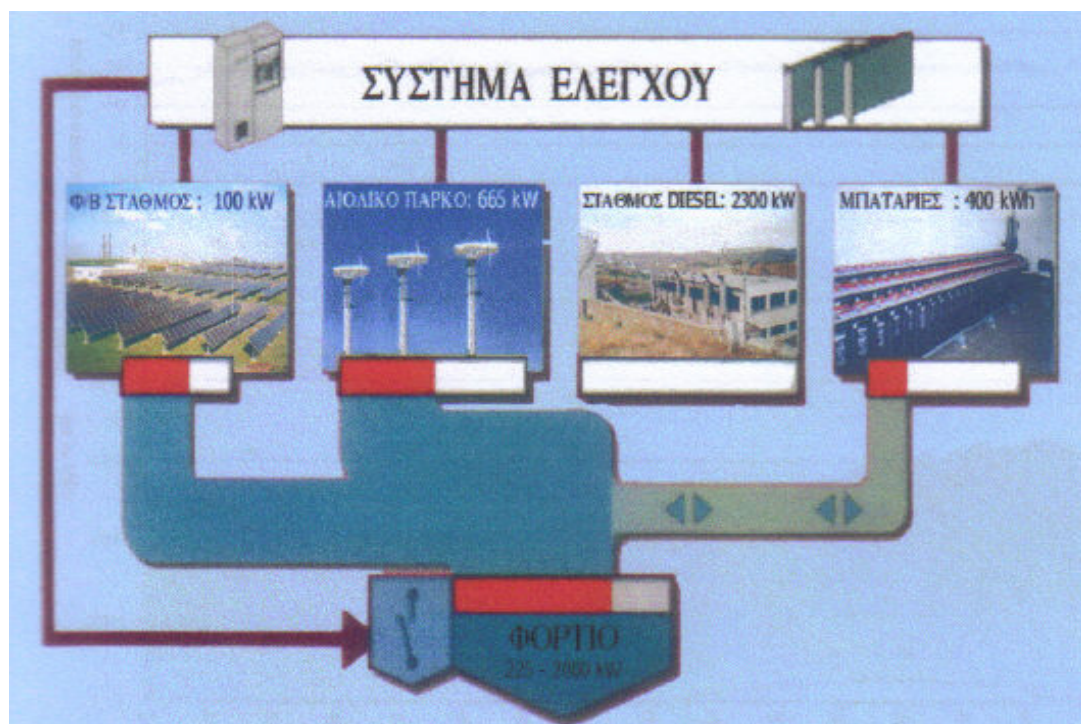


Σχήμα 25 : Πάρκο στην Ισπανία

4.3 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Οι προσπάθειες ευρύτερης αξιοποίησης των ΑΠΕ και ιδιαίτερα της αιολικής ενέργειας, στα αυτόνομα δίκτυα των νησιών, παρά το γεγονός του θαυμάσιου αιολικού δυναμικού που επικρατεί στην περιοχή του Αιγαίου, δεν είχαν μέχρι σήμερα τα επιθυμητά αποτελέσματα, διότι από την αρχή της εγκατάστασης τους έγινε προσπάθεια προσαρμογής της λειτουργίας των Α/Γ στις ιδιαιτερότητες των πετρελαϊκών μονάδων. Έτσι, οι Α/Γ έπαιζαν βοηθητικό ρόλο με συνέπεια η οικονομικά αποδοτική διείσδυση των παραδοσιακών Α/Γ στα νησιά, οι οποίες χρησιμοποιούν ασύγχρονες γεννήτριες σταθερών στροφών, μέχρι σήμερα να μένει σε ποσοστά κάτω του 10%. Αυτό συμβαίνει διότι οι Α/Γ αυτές είναι ανελαστικές στη λειτουργία τους και λόγω των στιγμιαίων διακυμάνσεων της ισχύος τους δυσχεραίνουν σε μεγάλο βαθμό την συνεργασία τους με τα αυτόνομα δίκτυα ιδιαίτερα τις περιόδους μειωμένης ζήτησης.

Επιπλέον, η εγκατάσταση παραδοσιακών Α/Γ μεγάλου σχετικά μεγέθους από ιδιώτες επενδυτές στα νησιά επιδεινώνει ακόμη περισσότερο την συνεργασία τους με τα αυτόνομα δίκτυα λόγω των σχετικά αυξημένων στιγμιαίων διακυμάνσεων της ισχύος τους, και έχει σαν συνέπεια να κάνει τη λειτουργία των πετρελαϊκών μονάδων ακόμη πιο αντιοικονομική. Από τεχνικής πλευράς όλα δείχνουν ότι οι πετρελαϊκές μονάδες έχουν εξαντλήσει τα περιθώρια και τις δυνατότητες οικονομικότερης παροχής Η/Ε στα αυτόνομα δίκτυα. Η εξήγηση είναι απλή και βρίσκεται στο γεγονός του χαμηλού βαθμού απόδοσης της μεθόδου μετατροπής της χημικής ενέργειας του καυσίμου σε Η/Ε και των άλλων δυσχερειών που προαναφέρθηκαν. Αυτός είναι εξάλλου και ο λόγος που οι πετρελαϊκοί σταθμοί με τα σημερινά δεδομένα δεν αποσβένονται ποτέ. Κατά συνέπεια κάθε προσπάθεια βελτίωσης της συνεργασίας των Α/Γ με τις πετρελαϊκές μονάδες ή προσαρμογής της λειτουργίας τους σε αυτές με διατήρηση του κυρίαρχου ρόλου των πετρελαϊκών μονάδων στα αυτόνομα συστήματα των νησιών δεν θα είχε επιτυχία. Έπρεπε λοιπόν να αναζητηθούν άλλες μέθοδοι ριζικής αντιμετώπισης της ανορθόδοξης και ενεργοβόρου αυτής εξέλιξης.



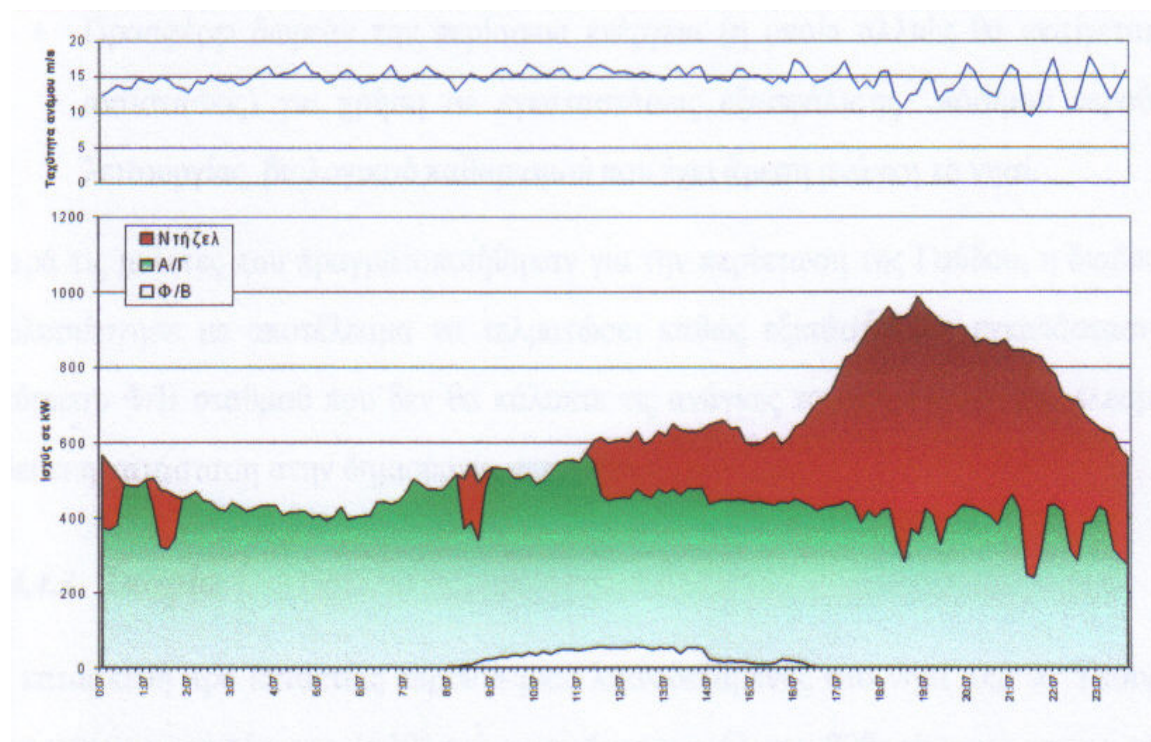
Σχήμα 26 : Σχηματική παράσταση λειτουργίας του υβριδικού συστήματος της Κύθνου

4.3.1 Κύθνος

Σαν κατάλληλο νησί για την εγκατάσταση του πρώτου πρωτοποριακού υβριδικού συστήματος στην Ελλάδα επιλέχτηκε το 1992 η Κύθνος, που ήταν και το πρώτο νησί εφαρμογής των συστημάτων ΑΠΕ στη χώρα μας. Η ενέργεια αυτή ήταν η δεύτερη κατά σειρά ύστερα από μια ανεπιτυχή προσπάθεια το 1989 για εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος στα Αντικύθηρα. Στην Κύθνο λειτουργούσαν μέχρι τον Νοέμβριο του 1999 ο πετρελαϊκός σταθμός με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 2.120 kW, ο Φ/Β σταθμός ισχύος 100 kWp και το Α/Π ισχύος 165 kW. Η μέση ετήσια διείσδυση των ΑΠΕ ήταν μέχρι τότε κάτω από 10% και το φορτίο του νησιού κυμαινόταν μεταξύ 250 kW και 450 kW περίπου τη χειμερινή περίοδο ενώ το μέγιστο έφτανε τα 1.850 kW τη θερινή περίοδο. Για λόγους ευστάθειας του δικτύου όταν το φορτίο ήταν χαμηλό οι χειριστές του σταθμού ήταν αναγκασμένοι να διακόπτουν την λειτουργία μερικών και πολλές φορές όλων των Α/Γ. Για την αντιμετώπιση λοιπόν της κατάστασης αυτής και την αύξηση της οικονομικά αποδοτικής διείσδυσης των ΑΠΕ σχεδιάστηκε, εγκαταστάθηκε και τέθηκε σε πλήρη λειτουργία τον Ιούνιο του 2000 στην Κύθνο το πρώτο υβριδικό σύστημα βέλτιστης συνεργασίας Α/Γ - Φ/Β - μπαταριών - πετρελαϊκού σταθμού.

Υπήρξε μια μεγάλη μεταβατική περίοδος μέχρι να καταφέρουν να συνεργαστούν αρμονικά οι ΑΠΕ και ο πετρελαϊκός σταθμός με αποτέλεσμα μόλις τον Σεπτέμβριο του 2000 το υβριδικό σύστημα να τεθεί σε πλήρη λειτουργία. Ιδιαίτερα όταν τα φορτία του νησιού είναι για μεγάλα χρονικά διαστήματα μικρότερα ή ίσα με τις δυνατότητες παροχής ενέργειας των ΑΠΕ και οι συνθήκες

ανέμου και ηλιοφάνειας είναι ευνοϊκές, διακόπτεται η λειτουργία όλων των πετρελαϊκών μονάδων του σταθμού. Συνεπώς οι ΑΠΕ και συγκεκριμένα η αιολική ενέργεια μετατράπηκε σε ενέργεια βάσης, ενώ οι πετρελαϊκές μονάδες μετατράπηκαν σε ενέργεια αιχμής. Η διαδικασία αυτή αποκάλυψε την αξιοπιστία και τις πραγματικές δυνατότητες των υβριδικών συστημάτων σε αυτόνομα δίκτυα, ανοίγοντας τον δρόμο εφαρμογής τους και σε άλλα αυτόνομα δίκτυα νησιών.



Σχήμα 27 : Σύνθεση φορτίου υβριδικού συστήματος Κόθνου

4.3.2 Γαύδος

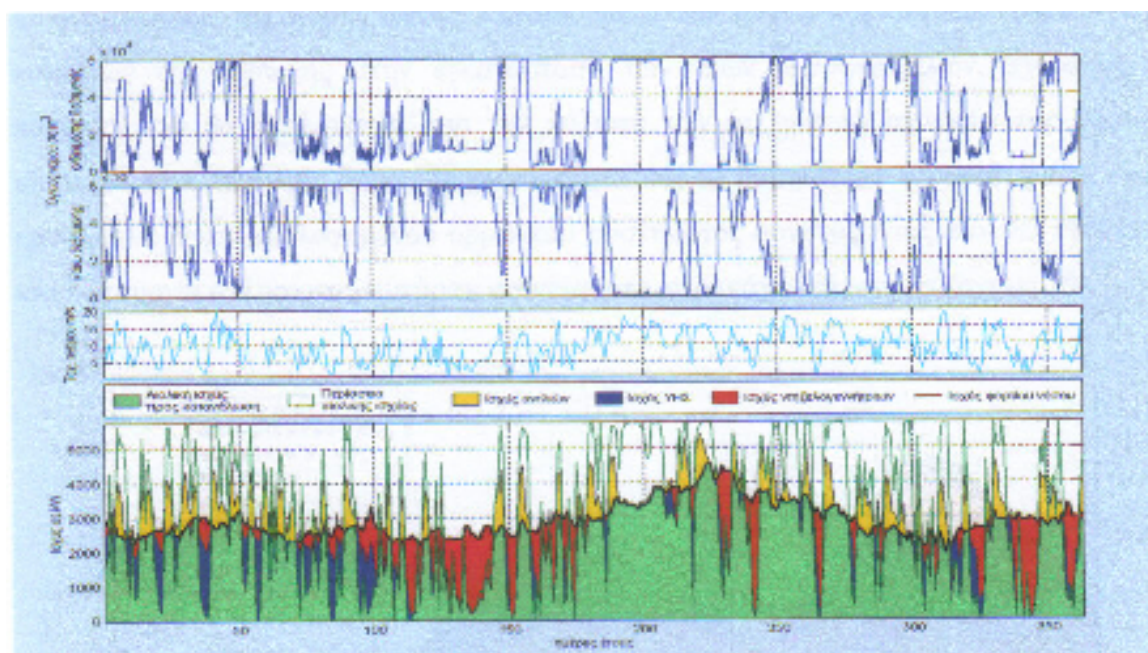
Η Γαύδος μαζί με τα Αντικύθηρα ήταν τα πρώτα νησιά που κατά τη διάρκεια εγκατάστασης των αυτόνομων Φ/Β σταθμών το 1896 γεννήθηκε η ιδέα συνεργασίας Α/Γ και Φ/Β μονάδος σε ένα συνδυασμένο σύστημα που σε αντίθεση με τους αυτόνομους Φ/Β σταθμούς θα έπρεπε να έχει χαμηλές δαπάνες εγκατάστασης, να καλύπτει σε συνεχή βάση τη ζήτηση και να έχει χαμηλό κόστος παροχής. Τόσο τα Αντικύθηρα, όσο και περισσότερο η Γαύδος έχουν προταθεί επανειλημμένα από το τέλος της δεκαετίας του 1980 για την εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων χωρίς δυστυχώς αποτέλεσμα μέχρι σήμερα. Η τελευταία πρόταση για εγκατάσταση στη Γαύδο ενός έξυπνου υβριδικού συστήματος έγινε τον Αύγουστο του 2000. Σύμφωνα με οικονομοτεχνική προμελέτη η εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος για την Γαύδο είναι η πλέον ενδεδειγμένη λύση διότι:

- είναι οικονομικότερο από οποιαδήποτε άλλη λύση τόσο από πλευράς επένδυσης όσο και κυρίως από πλευράς λειτουργικού κόστους.
- Καλύπτει σε συνεχή βάση τις ανάγκες του νησιού.
- Προσφέρει δωρεάν την περίσσεια ενέργεια για χρήση σε εγκαταστάσεις εξασφάλισης πόσιμου νερού και λειτουργίας βιολογικού καθαρισμού που έχει άμεση ανάγκη το νησί.

Παρά τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για την περίπτωση της Γαύδου, η διαδικασία κωλυσιέργησε με αποτέλεσμα να τελματώσει καθώς εξετάστηκε η εγκατάσταση και δεύτερου Φ/Β σταθμού που δεν θα κάλυπτε τις ανάγκες του νησιού με αποτέλεσμα να οδεύει η κατάσταση στην δημιουργία πετρελαϊκής μονάδος.

4.3.3 Ικαρία

Η κατασκευή προ επταετίας περίπου μιας λιμνοδεξαμενής στο νησί από το Υπουργείο Γεωργίας χωρητικότητας $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ σε υψόμετρο μάλιστα 720 μέτρων και το υψηλό κόστος της παρεχόμενης από συμβατικά καύσιμα Η/Ε σε συνδυασμό με την συνολική κατανάλωση του νησιού ήταν οι βασικοί παράγοντες που συντέλεσαν στην επιλογή της Ικαρίας για μελέτη και εγκατάσταση του πρώτου υβριδικού συστήματος με κύριο χαρακτηριστικό τη μεσοπρόθεσμη αποθήκευση Η/Ε υπό μορφή δυναμικής ενέργειας του νερού. Οι ανάγκες Η/Ε του νησιού καλύπτονται σήμερα από πετρελαϊκό σταθμό συνολικής ισχύος 6.160 kW και από το Α/Π συνολικής ισχύος 385 kW. Αν και το συνολικό ποσοστό εγκατεστημένης ισχύος από Α/Γ είναι μικρό, παρατηρήθηκε ότι τις νυχτερινές ώρες της χειμερινής περιόδου η απορρόφηση της συνολικής ισχύος των Α/Γ δημιουργεί προβλήματα στις πετρελαϊκές μονάδες με αποτέλεσμα μέρος των Α/Γ να τίθεται εκτός λειτουργίας. Έτσι η διείσδυση της αιολικής ενέργειας στο σημερινό σύστημα της Ικαρίας δεν ξεπερνά το 8%. Ωστόσο από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από το 1994 και από οικονομική ανάλυση ενός συστήματος που θα έχει ως βάση την παραγωγή ενέργειας από Α/Γ και την μετατροπή της σε δυναμική με την χρήση λιμνοδεξαμενών ενδιάμεσης αποθήκευσης ενέργειας, προσφέρει εγγυημένη ισχύ. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατό να καταστεί περιττή η εγκατάσταση μιας εκ των δύο πετρελαϊκών μονάδων ισχύος 4 - 5,5 MW και προϋπολογιζόμενης δαπάνης 3,6 εκατομύρια ευρώ η κάθε μια. Στην περίπτωση αυτή εξοικονομούνται σημαντικές δαπάνες επένδυσης και μειώνεται το κόστος παραγωγής της Η/Ε αποφέροντας μελλοντικά σημαντικό ετήσιο όφελος καθώς μειώνεται η τιμή της παραγόμενης kWh.

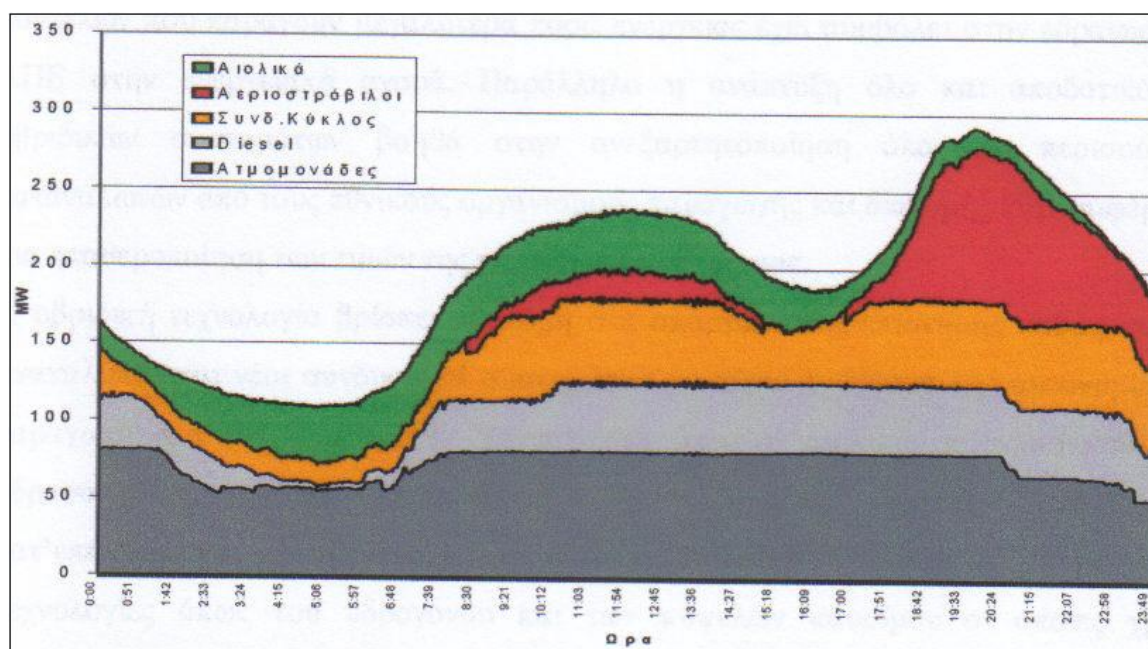


Σχήμα 28 : Κατανομή φορτίου και ανακύκλωση του νερού σε δύο λιμνοδεξαμενές 60.000 m³

4.3.4 Κρήτη

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια με σκοπό την λύση του ενεργειακού προβλήματος της Κρήτης. Το πρόβλημα είναι σύνθετο με οικονομικές, τεχνικές αλλά και πολιτικές διαστάσεις πιέζοντας κάθε μια από την πλευρά της για λύση. Αποτέλεσμα αυτών είναι να αυξάνεται δυστυχώς η ανάπτυξη νέων πετρελαϊκών σταθμών που μόνο προσωρινά δίνουν λύση στο πρόβλημα ενώ μακροχρόνια θα αποδειχθούν ασύμφορη επένδυση. Το 2000 η εγκατεστημένη από Α/Γ ισχύς έφτασε τα 67 MW στο νησί με όχι και τόσο ενθαρρυντικές προοπτικές. Ωστόσο η κατάσταση βελτιώθηκε και έτσι δόθηκε το περιθώριο στην μελέτη υβριδικών συστημάτων που θα περιλαμβάνουν την παραγόμενη από τις Α/Γ ενέργεια σε συνδυασμό με την αποθήκευση της σε λιμνοδεξαμενές με την χρήση αντλιών και την απόδοση της μέσω της κίνησης υδροστροβίλων. Η μελέτη εγκατάστασης συστημάτων αντλιοσταμειωτήρων στην Κρήτη δεν προχώρησε μέχρι τώρα κυρίως λόγω προτεραιότητας εγκατάστασης στο νησί του τρίτου πετρελαϊκού σταθμού στον Αθρινόλακο, η εγκατάσταση του οποίου κινδύνευε να ματαιωθεί αν αποδεικνύονταν ότι συστήματα αντλιοσταμειωτήρων ήταν οικονομικότερα της λύσης αυτής. Ωστόσο μετά την αντίδραση τοπικών φορέων και κατοίκων της περιοχής στην εγκατάσταση των νέων ατμοστροβίλων, αγνοείται η πολιτική που θα ακολουθηθεί για την κάλυψη των αυξημένων αναγκών του νησιού ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Η χρησιμότητα και τα βασικότερα πλεονεκτήματα ενός κατάλληλα διαστασιολογημένου υβριδικού συστήματος συνδυάζοντας αιολική ενέργεια και λειτουργία αντλιοσταμειωτήρων φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

Στην περίπτωση αυτή η χρήση ατμομονάδων, μηχανών Diesel και συνδυασμένου κύκλου παραμένουν τεχνολογία βάσης καθώς υποστηρίζουν τον μεγαλύτερο όγκο της ζήτησης, ενώ οι Α/Γ μετατρέπονται σε τεχνολογία αιχμής παράγοντας φθηνότερη ενέργεια από ότι αν χρησιμοποιούνταν τεχνολογίες συμβατικών καυσίμων. Αν τα παραγόμενα από αιολική ενέργεια MW αυξηθούν και συνδυαστούν με την χρήση αντλιοσταμιευτήρων, τότε τα ποσοστά χρήσης συμβατικών καυσίμων θα μειωθούν ενώ η αιολική ενέργεια θα καλύπτει ακόμα μεγαλύτερο ποσοστό της αιχμής με εμφανές οικονομικό και περιβαλλοντικό όφελος.



Σχήμα 29 : Κατανομή φορτίου στο ενεργειακό σύστημα τα Κρήτης

4.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συνεχώς ανοδική πορεία των ΑΠΕ στην παγκόσμια αγορά ενέργειας τις έχει καταστήσει ανταγωνιστικές σε σχέση με την χρήση συμβατικών καυσίμων. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα αντιληπτό σε αυτόνομα μη συνδεδεμένα δίκτυα νησιών οπότε οι ΑΠΕ καταλήγουν να αποτελούν ενέργεια βάσης και οι μονάδες συμβατικών καυσίμων ενέργεια αιχμής. Στο έργο αυτό συντελεί και η τεχνολογία η οποία με την ανάπτυξη μοντέλων που παράγουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας έχει συμβάλει στην εδραίωση των ΑΠΕ στην ενεργειακή αγορά. Παράλληλα η ανάπτυξη όλο και αποδοτικότερων υβριδικών συστημάτων βοηθά στην ανεξαρτητοποίηση όλο και περισσότερων καταναλωτών από τους εθνικούς οργανισμούς παραγωγής και διανομής Η/Ε επιφέροντας μια σταθεροποίηση των τιμών της παραγόμενης ενέργειας.

Η υβριδική τεχνολογία βρίσκεται ακόμα στα σπάργανα της επιστήμης καθώς συνεχώς ανακαλύπτονται νέοι συνδυασμοί συστημάτων με κύριο γνώρισμα την αυτονομία στην παραγωγή και διαχείριση Η/Ε. Τεχνολογίες όπως η αιολική, η

φωτοβολταϊκή, η υδροδυναμική, η γεωθερμία, η βιομάζα έχουν εδραιωθεί στο χώρο των ΑΠΕ και κατ'επέκταση και των υβριδικών συστημάτων. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια μελετώνται τεχνολογίες όπως του υδρογόνου και των κυψελών καυσίμου οι οποίες χρίζουν ιδιαίτερης αποδοχής και εκτίμησης, ενώ οι βιομηχανίες πετρελαιοειδών σε συνδυασμό με τις αυτοκινητοβιομηχανίες σπεύδουν να αναπτύξουν τεχνολογίες που θα τις καταστήσουν και πάλι πρωτοπόρες στην νέα πραγματικότητα που θα ακολουθήσει τις προσεχείς δεκαετίες. Συμπερασματικά οι ΑΠΕ και η υβριδική τεχνολογία θα διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο καθώς τα αποθέματα συμβατικών καυσίμων εξαντλούνται, η ρύπανση του περιβάλλοντος αυξάνεται και η μόνη λύση θα προέλθει μέσα από ανανεώσιμη και καθαρή ενέργεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βλάχου Ανδρ., “Περιβάλλον και Φυσικοί Πόροι (Οικονομική Θεωρία και Πολιτική)”, Εκδόσεις ΚΡΙΤΙΚΗ, 2001
- Καδδέλλης Ι., “Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας”, Εκδόσεις ΣΤΑΜΟΥΛΗ, 1999
- Φραγκούλης Ν., “Ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας. Η Κατάσταση στη Ελλάδα: Προοπτικές - Προβλήματα - Προτάσεις”, Ελληνική Εταιρία Αιολικής Ενέργειας, 2000
- Σταυρόπουλος Αλ., “Το Ενεργειακό Πρόβλημα. Το Παρόν και το Μέλλον”, Εκδόσεις ΚΑΡΑΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΣ, 1980
- Καγκαράκης Κ., “Φωτοβολταϊκή τεχνολογία”, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1992.
- Μ. Μακάριος, “Σχεδιασμός μικρών αυτόνομων συστημάτων παραγωγής με φωτοβολταϊκά συστήματα”, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 1996.

Επίσης η πτυχιακή αυτή βασίζεται σε στοιχεία που βρέθηκαν μετά την επίσκεψη των παρακάτω ιστοσελίδων:

- www.Energie.com
(Διεθνές site για την ενέργεια και το περιβάλλον)
- www.Greenpeace.com
(Παγκόσμια Οικολογική Οργάνωση)
- www.cres.gr
(Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - Κ.Α.Π.Ε.)
- www.eia.doe.gov
(Επίσημες Ενεργειακές Στατιστικές από την Αμερικανική Κυβέρνηση)
- www.europa.eu.int
(Site της Ευρωπαϊκής Ένωσης)
- www.managenergy.net
(Site της Γενικής Διεύθυνσης Ενέργειας και Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το οποίο αποσκοπεί στη στήριξη του έργου των φορέων που εργάζονται στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στη διαχείριση της ζήτησης ενέργειας σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο)
- www.energia.gr
(Ελληνικό Site για την Ενέργεια και το Περιβάλλον στην Ελλάδα)
- www.greenpeace.gr
(Site Ελληνικής Οικολογικής Οργάνωσης)

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.....	σελ 10
Σχήμα 2.....	σελ 12
Σχήμα 3.....	σελ 14
Σχήμα 4.....	σελ 16
Σχήμα 5.....	σελ 20
Σχήμα 6.....	σελ 23
Σχήμα 7.....	σελ 26
Σχήμα 8.....	σελ 27
Σχήμα 9.....	σελ 28
Σχήμα 10.....	σελ 29
Σχήμα 11.....	σελ 30
Σχήμα 12.....	σελ 33
Σχήμα 13.....	σελ 34
Σχήμα 14.....	σελ 35
Σχήμα 15.....	σελ 36
Σχήμα 16.....	σελ 37
Σχήμα 17.....	σελ 39
Σχήμα 18.....	σελ 44
Σχήμα 19.....	σελ 45
Σχήμα 20.....	σελ 49
Σχήμα 21.....	σελ 51
Σχήμα 22.....	σελ 53
Σχήμα 23.....	σελ 53
Σχήμα 24.....	σελ 54
Σχήμα 25.....	σελ 56
Σχήμα 26.....	σελ 58
Σχήμα 27.....	σελ 59
Σχήμα 28.....	σελ 61
Σχήμα 29.....	σελ 62

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.....	σελ 6
Πίνακας 2.....	σελ 7
Πίνακας 3.....	σελ 9
Πίνακας 4.....	σελ 21
Πίνακας 5.....	σελ 38
Πίνακας 6.....	σελ 40