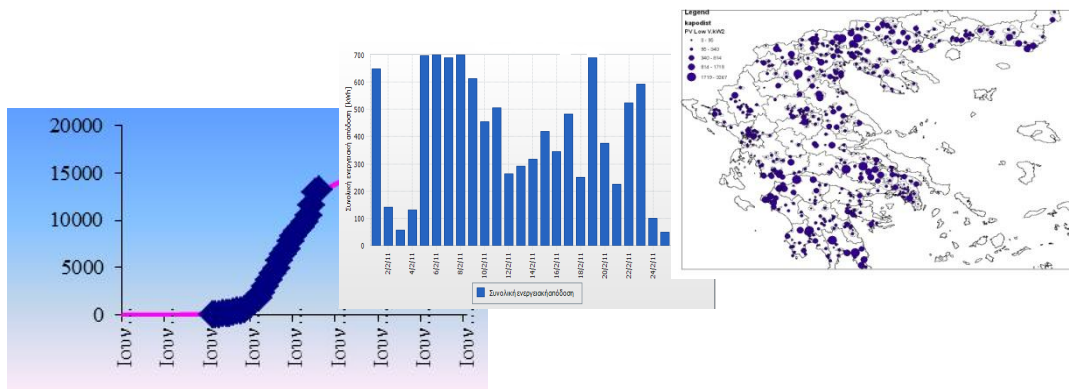




Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων: Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος.



«Διαχείριση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)
βοηθούμενη από Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών
(GIS) : Η περίπτωση των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων»

Όνοματεπώνυμο : Μαριγούλα Ροδίτη (ΜΠΣ/0906)

Τριμελής Επιτροπή :

Μπατζιάς Φραγκίσκος, Ομοτ. Καθηγητής
Σιδηράς Δημήτριος, Αναπλ. Καθηγητής (Επιβλέπων)
Σιοντόρου Χριστίνα, Λέκτορας

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είναι επιβεβλημένο, ότι στα πλαίσια της ερευνητικής δραστηριότητας, η οποία αφορά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, ο φοιτητής οφείλει να ερευνά με αίσθημα ευθύνης και σοβαρότητας αποδεικνύοντας, με τον τρόπο αυτό, την ικανότητά του να συνδυάζει και να επεξεργάζεται διαφορετικού είδους γνώσεις με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Η επιθυμία μου να επιλέξω το θέμα «Διαχείριση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) βοηθούμενη από Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) : Η περίπτωση των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων» ενισχύθηκε από το ιδιαίτερο επιστημονικό και ερευνητικό ενδιαφέρον που παρουσίαζε. Η επιλογή του θέματος έγινε σε συνεργασία με το Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Ως εκ τούτου θεώρησα αναγκαίο να προσεγγίσω έστω και ακροθιγώς, λόγω της περιορισμένης ελληνικής βιβλιογραφίας, το τόσο εξαιρετικά ενδιαφέρον, κομμάτι της ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο Δίκτυο της Χαμηλής και Μέσης Τάσης στην Ηπειρωτική Ελλάδα. Με τρόπο κατανοητό θέλησα να αναδείξω το ρυθμό εξάπλωσης των φωτοβολταϊκών πάρκων για το χρονικό διάστημα Ιούνιος 2007 (εγκατάσταση πρώτου φωτοβολταϊκού σταθμού στη ΧΤ) – Μάρτιος 2012, καθιστώντας αντιληπτή την ανάπτυξη που έχει επέλθει στο συγκεκριμένο χώρο τα τελευταία χρόνια.

Θεωρώ, υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Αναπλ. Καθηγητή Δημήτριο Σιδηρά, για τη σωστή καθοδήγησή του, τη συνεχή και γόνιμη επιστημονική μας επικοινωνία και την υπομονή του. Η εμπιστοσύνη με την οποία με περιέβαλε και οι συνεχείς παροτρύνσεις του, πριν και κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας αποτέλεσαν ιδιαίτερα σημαντικά στηρίγματα σε μια δύσκολη πορεία.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τους κ.κ. Δρόσο Νικόλαο, Διευθυντής και Ασλάνογλου Ιωάννη Βοηθός Διευθυντή της Διεύθυνσης Διαχείρισης Δικτύου της δημόσιας επιχείρησης ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. για τη εμπιστοσύνη που μου δείξαν και μου παραχωρήσανε τα στατιστικά δεδομένα των φωτοβολταϊκών συστημάτων της Ελλάδας.

Τέλος, προϊόν της διπλωματικής εργασίας είναι η δημοσίευση με τίτλο «GIS Based Simulation Of The Photovoltaic Systems Diffusion: The Case Of Greece» Marigoula Roditi, Dimitris Sidiras, στο Διεθνές Συνεδριο «ICCMSE 2011, Ninth International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering, Halkidiki, Greece, 02-07 October 2011».

Αθήνα, 30.08.2012

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικά μπορούμε να πούμε πως η χώρα μας, έστω και με καθυστέρηση μιας δεκαετίας περίπου, αρχίζει να προσαρμόζεται στα ευρωπαϊκά δεδομένα και να αξιοποιεί τις δυνατότητες που της προσφέρει η γεωγραφική θέση της. Σε συνδυασμό δε, με το γεγονός ότι η Ελλάδα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διάρκεια ηλιοφάνειας στην Ευρώπη καθώς και ότι είναι η μοναδική χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που διατηρεί την υψηλότερη τιμή αγοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (45€/kWh), την καθιστούν πόλο έλξης για επενδύσεις στον τομέα των φωτοβολταϊκών πάρκων, ο οποίος έκτοτε γνώρισε αξιοσημείωτη ανάπτυξη.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μελετήθηκε η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο Δίκτυο της Χαμηλής και της Μέσης Τάσης αναφορικά με το πλήθος των αιτήσεων, το ρυθμό ενεργοποίησης τους και την εγκατεστημένη τους ισχύς.

Στο πρώτο Κεφάλαιο, γίνεται σύντομη αναφορά στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) με έμφαση στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Παρουσιάζονται η δομή, τα βασικά μέρη, τα είδη και ο τρόπος σύνδεσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων,

Στο δεύτερο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η εξέλιξη της Ελληνικής Νομοθεσίας στις επενδύσεις των φωτοβολταϊκών μέσα στον χρόνο όπως επίσης και η αδειοδοτική τους διαδικασία ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει καθένας από τους σταθμούς, (φωτοβολταϊκά συστήματα επί εδάφους – Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών),

Στο τρίτο Κεφάλαιο, παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία της Ελληνικής και Διεθνούς Αγοράς για τα έτη 2010 - 2011 που αφορούν την ανάπτυξη των ΑΠΕ με τη πάροδο του χρόνου,

Ακολουθεί το τέταρτο Κεφάλαιο, στο οποίο ασχολούμαστε τόσο με τα φωτοβολταϊκά απόβλητα όσο και με τη διαδικασία και τις μεθόδους ανακύκλωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων,

Στη συνέχεια, στο πέμπτο Κεφάλαιο, γίνεται η ιστορική αναδρομή και η παρουσίαση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Συγκεκριμένα, αναλύονται η λειτουργία, τα χωρικά δεδομένα και οι εφαρμογές ενός συστήματος GIS,

Στο έκτο Κεφάλαιο γίνεται σύγκριση της ημερήσιας, μηνιαίας και ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ δύο (2) φωτοβολταϊκών σταθμών, 100 kW έκαστος, οι οποίοι έχουν εγκατασταθεί κατά τη διάρκεια ενός έτους σε διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας,

Στο έβδομο Κεφάλαιο, κάνοντας χρήση των δεδομένων που μας παρέχει ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (διαδοχικός διάδοχος της Δ.Ε.Η. Α.Ε.), μελετάται τόσο ο ρυθμός ενεργοποίησης όσο και η εγκατεστημένη τους ισχύς όλων των φωτοβολταϊκών σταθμών στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) με τη βοήθεια των σιγμοειδών καμπυλών και αποδεικνύεται ότι η πρόβλεψη για την εξέλιξη της σιγμοειδούς καμπύλης καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τα διαθέσιμα δεδομένα τη χρονική στιγμή που γίνεται η πρόβλεψη,

Τέλος, στο όγδοο Κεφάλαιο, γίνεται προσπάθεια χαρτογράφησης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην ηπειρωτική Ελλάδα με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Επιπλέον, η εφαρμογή του GIS βασίστηκε στις μεταβολές των φωτοβολταϊκών σταθμών στο Δίκτυο της Χαμηλής και της Μέσης Τάσης συναρτήσει του χρόνου στα διάφορα γεωγραφικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcView 9.1 με τη χρήση της βάσης δεδομένων MS – Access 2003.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – Φωτοβολταϊκά Συστήματα	9
1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.).....	9
1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)	13
1.3 Ιστορική Αναδρομή των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	14
1.4 Η εξέλιξη των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα	16
1.5 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο	16
1.6 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο	17
1.7 Το Φωτοβολταϊκό πλαίσιο	17
1.7.1 Δομή φωτοβολταϊκού στοιχείου	17
1.7.2 Συνδέσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων	18
1.7.3 Είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	18
1.7.4 Τυποι φωτοβολταϊκών συστημάτων πυριτίου «μεγάλου πάχους».....	19
1.8 Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	24
1.9 Δομή φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	25
1.10 Δομή Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	27
1.11 Βασικά μέρη ενός τυπικού Φ/Β συστήματος.	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – Η διάχυση των ΦΒ συστημάτων, στατιστικά στοιχεία, τεchnοοικονομική αξιολόγηση.	33
2.1 Διάχυση φωτοβολταϊκών συστημάτων.	33
2.2 Παράγοντες ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα.....	36
2.3 Στατιστικά Στοιχεία Ελληνικής και Διεθνούς Αγοράς	37
2.3.1 Στατιστικά Διεθνούς Αγοράς.	37

2.3.2. Στατιστικά Ελληνικής Αγοράς.....	43
2.4 Τεχνοοικονομική αξιολόγηση φωτοβολταϊκών συστημάτων.	54
2.4.1 Κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης.....	54
2.4.2 Μελέτη περιπτώσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- Η Νομοθετική και Αδειοδοτική διαδικασία των φωτοβολταϊκών πάρκων στην Ελλάδα.....	65
3.1 Εξέλιξη της Ελληνικής Νομοθεσίας στις επενδύσεις των φωτοβολταϊκών.....	65
3.2. Νομοθεσία φωτοβολταϊκών για τους Αγρότες.....	71
3.3 Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών - Μικρά Φωτοβολταϊκά σε κτίρια.....	72
3.4 Αδειοδοτική Διαδικασία φωτοβολταϊκών	73
3.4.1 Φωτοβολταϊκά Συστήματα επί Εδάφους.....	73
3.4.2. Ειδικό πρόγραμμα στεγών.	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών.....	78
4.1 Φωτοβολταϊκά απόβλητα	78
4.2 Διαδικασία Ανακύκλωσης	80
4.3 Τεχνολογίες ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	82
4.3.1. Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών πλαισίων κρυσταλλικού πυριτίου - Μέθοδος του οργανικού	82
4.3.2 Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών πλαισίων λεπτού υμενίου.....	86
4.3.3 Πιλοτικό εργοστάσιο ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών πάνελ.	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)	90
5.1 Ιστορική Αναδρομή.....	90
5.2 Γενικά για τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών	90
5.3. Πηγές δεδομένων των Γ.Σ.Π.....	92
5.4 Λειτουργία ενός συστήματος GIS	94
5.5 Χωρικά δεδομένα ενός GIS.....	97

5.6 Εφαρμογές του εργαλείου GIS.....	99
5.7 Global Positioning System (GPS)	101
5.8 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της χρήσης του GIS	102
5.9 Λογισμικό GIS : ArcGIS.....	103
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς στην Ελλάδα.....	107
6.1 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από φωτοβολταϊκό πάρκο στη Χαμηλή Τάση (ΧΤ).....	107
6.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φωτοβολταϊκού σταθμού στη Χαμηλή Τάση.	111
6.3 Σύγκριση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ ενός πάρκου στην Ελλάδα και ενός στην Γερμανία.....	115
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – Επεξεργασία στατιστικών δεδομένων και πρόβλεψη της ισχύος των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ηπειρωτική Ελλάδα.....	118
7.1 Στατιστικά στοιχεία φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ηπειρωτική Ελλάδα.	118
7.1.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΧΤ.	119
7.1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΧΤ και αφορούν αγρότες.	122
7.1.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΜΤ.	124
7.1.4 Φωτοβολταϊκοί σταθμοί έως 10 kW που περιλαμβάνονται στο Ειδικό Πρόγραμμα των Στεγών.	124
7.2 Σιγμοειδείς καμπύλες.	128
7.3 Οι σιγμοειδείς καμπύλες της εξέλιξης των φωτοβολταϊκών πάρκων.	132
7.3.1 Στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ)	132
7.3.2 Στο Ειδικό πρόγραμμα των στεγών.....	134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - Διαχείριση στατιστικών δεδομένων ΦΒ με τη βοήθεια του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.....	146
8.1 Το λογισμικό GIS.....	146
8.2 Δεδομένα ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.	146

8.3 Ψηφιοποιημένοι χάρτες και καταχώριση δεδομένων.....	147
8.4 Δημιουργία ψηφιακών χαρτών με την χρήση του λογισμικού ArcGIS (ArcView 9.1).....	156
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	161
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	163

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – Φωτοβολταϊκά Συστήματα

1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Σύμφωνα με την Greenpeace, οι ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) είναι το αποτέλεσμα της μετατροπής αξιόπιστων, καθαρών και ανανεώσιμων φυσικών πόρων, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, τα οργανικά υλικά (βιομάζα), το νερό (μικρά υδρουλεκτρικά φράγματα και η γεωθερμία, σε ενέργεια.

Συνοπτικά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αναλύονται ως εξής :

Ηλιακή Ενέργεια

Χρησιμοποιείται τόσο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι) όσο και για παραγωγή ηλεκτρισμού (φωτοβολταϊκά στοιχεία). Ειδικότερα, η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται συνήθως μέσω φωτοβολταϊκών γεννητριών που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια όπως επίσης με την συγκέντρωση των ηλιακών ακτίνων μέσω ηλιακών συλλεκτών με σκοπό την επίτευξη υψηλών θερμοκρασιών και τέλος τη παραγωγή ηλιακής ενέργειας.

Βιομάζα

Ο όρος βιομάζα αναφέρεται στο σύνολο της ζώσας ύλης (ξύλο, φυτικά απόβλητα, λυπασματολάσπη, οργανικά οικιακά απορρίματα κ.τ.λ.) που χρησιμοποιείται για ενεργειακούς ή γεωργικούς σκοπούς. Η βιομάζα περιλαμβάνει ηλιακή ενέργεια η οποία έχει δημιουργηθεί κατά τη φωτοσύνθεση. Η πρώτη χρήση της βιομάζας συνδέεται με την καύση του ξύλου ή των απορριμάτων. Πρόκειται για μία αρκετά καθαρή μορφή ενέργειας, αφού το διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται κατά την καύση μπορεί να απορροφηθεί από τα νέα δέντρα χάρη στη φωτοσύνθεση. Έτσι λοιπόν με την καύση απορριμάτων στα εργοστάσια αποτέφρωσης παράγεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας ή ηλεκτρισμού.

Από την άλλη πλευρά με τη σήψη των απορριμάτων παράγεται το βιοαέριο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο (παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού) ή να αντικαταστήσει, εν μέρει, το φυσικό αέριο.

Τέλος, η βιομάζα επιτρέπει την παραγωγή βιοκαυσίμων. Ορισμένα κατασκευάζονται από ελαιοφόρα φυτά, όπως είναι η ελαιοκράμβη ή το ηλιοτρόπιο (βιοντίζελ), και άλλα τη ζύμωση των τευτλών ή του ζαχαροκάλαμου (βιοαιθανόλη).

• Αιολική ενέργεια

Γενικά ως αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στη ξηρά. Αναμφισβήτητα, η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι ιδιαίτερα σημαντική.

• Γεωθερμική Ενέργεια

Ο ορισμός της Γεωθερμικής Ενέργειας, σύμφωνα με το ASTM E-957 (Standard Terminology Relating to Geothermal Energy), είναι αρκετά ευρύς: «η θερμική ενέργεια που περιέχεται στα πετρώματα και στα ρευστά της γης». Όμως με τον όρο «γεωθερμική ενέργεια», που συνήθως χρησιμοποιούμε, εννοούμε το τμήμα της γήινης θερμότητας που βρίσκεται αποθηκευμένο με τη μορφή θερμού νερού, ατμού ή θερμών πετρωμάτων σε ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες, δηλαδή περιορίζεται στα πρώτα τρία περίπου χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης (Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004). Η ενέργεια αυτή βρίσκεται συνήθως περιορισμένη σε μία γεωθερμική περιοχή ή πεδίο με συγκεκριμένα επιφανειακά όρια.

Ως γεωθερμική χρήση αναφέρεται η οικονομική εκμετάλλευση του ατμού ή των θερμών νερών, είτε αυτά ρέουν φυσικά, είτε βγαίνουν στην επιφάνεια μέσω γεώτρησης.

Οι γεωθερμικές χρήσεις περιλαμβάνουν την αξιοποίηση της θερμότητας των πετρωμάτων ή του εδάφους και ταξινομούνται σε ηλεκτρικές, (για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος) και σε άμεσες. Εντούτοις πλέον εντυπωσιακή απόδειξη της θερμότητας που υπάρχει

στο εσωτερικό της γης είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα. Άλλες γεωθερμικές ενδείξεις είναι οι ατμοί, τα θερμά νερά και τα αέρια που σχηματίζουν θερμοπίδακες (γκέιζερ), θερμές πηγές και ατμίδες.

Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας με το βάθος από την επιφάνεια της γης είναι γνωστός με το όνομα γεωθερμική βαθμίδα. Η γεωθερμική βαθμίδα κυμαίνεται από 5 μέχρι 70°C/km, με μέση τιμή τους 30°C/km. Περιοχές με θεωρητικά γεωθερμικό ενδιαφέρον είναι οι περιοχές που διαθέτουν γεωθερμική βαθμίδα μεγαλύτερη από τη μέση τιμή. Τέτοιες περιοχές είναι πολλές στον πλανήτη μας, αλλά και στη χώρα μας, και οι περισσότερες βρίσκονται στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια σχετικά ήπια, εναλλακτική μορφή ενέργειας, η οποία με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικό μέρος των αναγκών μας σε ενέργεια. Οι χρήσεις και οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας, η οποία απαντά σε αρκετές περιοχές της γης, ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό και περιλαμβάνουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τις αγροτικές διεργασίες (π.χ. ξήρανση σιτηρών), τη θέρμανση οικιών, τη δημιουργία ψύξης κτλ. Η περιοχή των θερμοκρασιών των θερμών νερών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτείνεται από τους 20°C (για θέρμανση χώρων με τη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας) μέχρι τους 280°C (για παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος).

Επιπλέον, αρκετά γεωθερμικά ρευστά εκτός από τη θερμότητά τους περιέχουν και αξιοποιήσιμες διαλυμένες ποσότητες στερεών ή αέριων ουσιών (κοινό αλάτι, διοξείδιο του άνθρακα, πολύτιμα μέταλλα), τα οποία μπορούν να ανακτηθούν με οικονομικό τρόπο. Ενώ το δυναμικό της γεωθερμικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο (αλλά και στην Ελλάδα) είναι σημαντικό. Ωστόσο υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί στο να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά αυτό το δυναμικό. Οι τύποι των περιορισμών είναι τεχνικής φύσεως (διάβρωση, δημιουργία επικαθίσεων), περιβαλλοντικής φύσεως (εκπομπές τοξικών αερίων, θερμική ρύπανση) και οικονομικής φύσεως.

Στοιχεία ωκεανών

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας και υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας :

Από τα κύματα, από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες), από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού και την ενέργεια των θαλάσσιων ρευμάτων.

Πιο συγκεκριμένα :

α) Από τα κύματα

Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα, όπως φαίνεται στα σχήματα. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιάζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων.

β) Από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)

Η παλίρροια έχει περίοδο 12 ώρες και 20 λεπτά και ρέει με ταχύτητα 8.2 πόδια/sec, με μια διακοπή ανάμεσα στην πλημμυρίδα και την άμπωτη αποτελεί μορφή έμμεσης ηλιακής ενέργειας. Οι παλίρροιες οφείλονται σε δυνάμεις που δημιουργούνται στις υδάτινες μάζες από το πεδίο βαρύτητας, καθώς και από την περιστροφή της γης. Σήμερα, αν και το ενδιαφέρον γι' αυτή τη μορφή ενέργειας είναι ιδιαίτερα έντονο, το κόστος των εγκαταστάσεων παραμένει αρκετά υψηλό. Εντούτοις, μακροπρόθεσμα θεωρείται μια ενδιαφέρουσα επένδυση λόγω του χαμηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης τέτοιων εγκαταστάσεων.

γ) Από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C. Χρησιμοποιεί σε πρώτη φάση το θερμό επιφανειακό νερό για να ζεστάνει σε έναν ειδικό θάλαμο μια ποσότητα υγρού που έχει χαμηλό σημείο βρασμού, όπως η αμμωνία ή ένα μείγμα αμμωνίας και νερού.

Όταν το μείγμα αυτό βράσει, το αέριο που απελευθερώνεται δημιουργεί αρκετή πίεση ώστε να οδηγήσει έναν αεριοστρόβιλο ο οποίος παράγει την ενέργεια. Στη συνέχεια, το αέριο αυτό παγώνει καθώς διέρχεται μέσα από το ψυχρό νερό του πυθμένα του ωκεανού, το οποίο αντλείται με τη βοήθεια ενός τεράστιου αγωγού από fiberglass που έχει μήκος τουλάχιστον 1.000 m και διάμετρο 27m. Ο αγωγός αυτός μάλιστα είναι σε θέση να ρουφά το παγωμένο νερό με ρυθμό 1.000 tn/s. Όταν το αέριο μετά την ψύξη του συμπυκνωθεί ξανά σε ρευστή μορφή για να επαναχρησιμοποιηθεί (ως μείγμα αμμωνίας- νερού), τότε το ψυχρό νερό διοχετεύεται πάλι στα βάθη του ωκεανού.

δ) Ενέργεια των θαλάσσιων ρευμάτων

Τα θαλάσσια ρεύματα αποτελούν ένα τεράστιο ενεργειακό δυναμικό, το οποίο όμως για να αξιοποιηθεί απαιτεί εξελιγμένη τεχνολογία, έρευνα και μελέτη. Προς το παρόν έχουν εκπονηθεί πειραματικά σχέδια για την εκμετάλλευση αυτής της ενέργειας με την τοποθέτηση γιγαντιαίων, χαμηλής ταχύτητας τουρμπίνων.

1.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

1. Πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε.

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Ο κίνδυνος να εξαντληθούν οι ανανεώσιμες πηγές είναι ανύπαρκτος, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

2. Μειονεκτήματα των Α.Π.Ε.

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς, απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο, μέχρι τώρα, χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας με αποτέλεσμα, προς το παρόν να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.

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

1.3 Ιστορική Αναδρομή των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων.

Ο Όρος «φωτοβολταϊκά» προέρχεται από τον συνδυασμό της ελληνικής λέξης φως με τη λέξη Volt, το όνομα της μονάδας της ηλεκτρεγερτικής δύναμης και πήρε το όνομά της από τον Ιταλό φυσικό Count Alessandro Volta.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο δηλαδή το φαινόμενο της άμεσης μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια ιστορικά διαπιστώθηκε για πρώτη φορά από τον Γάλλο φυσικό επιστήμονα Edmund Becquerel (1839) όταν παρατήρησε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα ηλεκτρόδιο πλατίνας αυξάνεται, υπό την παρουσία φωτός, όταν είναι βυθισμένο σε ηλεκτρολύτη.

Το 1876 οι Adams και Day παρατηρούν αυξομειώσεις στις ηλεκτρικές ιδιότητες του Σεληνίου (Se) όταν αυτό εκτίθεται στον ήλιο. Το 1883 ο Charles Edgar Fritts από την Νέα Υόρκη κατασκεύασε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο χρησιμοποιώντας κρύσταλλο από Σελήνιο παρόμοιο με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου με απόδοση μικρότερη του 1%. Ωστόσο, η ουσιαστική κατανόηση των παραπάνω φαινομένων έπρεπε να περιμένει την πρόοδο της επιστήμης προς την κβαντική θεωρία στις αρχές του εικοστού αιώνα, όπου το 1900 ο Planck διατυπώνει το αξίωμα της κβαντικής φύσης του φωτός. Το 1904 Albert Einstein γράφει την πληρέστερη θεωρία γύρω από το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

Η κατανόηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου και η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ημιαγωγικών τρανζίστορ, συνέλαβε σημαντικά στην ανάπτυξη των Φ/Β στοιχείων. Τα τρανζίστορ και τα Φ/Β στοιχεία κατασκευάζονται συναφή υλικά και η λειτουργία τους διέπεται από αρχές παρόμοιων φυσικών μηχανισμών. Πριν την ανακάλυψή του τρανζίστορ το 1930 προτείνεται η κβαντική θεωρία των στερεών από τον Wilson. Το 1940 οι Mot και Schottky διατυπώνουν την θεωρία του ανορθωτού στερεάς κατάστασης (διόδου). Το 1949 οι Bardeen, Brattain και Schockley εφευρίσκουν το τρανζίστορ διευκρινίζοντας τη φυσική των p και n ενώσεων των ημιαγωγών υλικών. Το 1954 οι Chapin, Fuller και Pearson αναγγέλλουν 6% απόδοση για το ηλιακό στοιχείο του πυριτίου – το πρώτο χρησιμοποιήσιμο ηλιακό στοιχείο.

Οι Reynolds et al αναφέρουν την κατασκευή ηλιακού στοιχείου βασισμένου στο θειούχο κάδμιο. Έκτοτε, δεν χρειάστηκε να περιμένουμε πολύ για να δούμε σε εφαρμογή τα ηλιακά στοιχεία καθώς το 1958 η ανθρωπότητα έγινε μάρτυρας της εκτόξευσης του πρώτου δορυφόρου που χρησιμοποιούσε ενέργεια από τον ήλιο (VANGUARD 1).

Από την πρώτη εκείνη εκτόξευση του δορυφόρου και μέχρι και σήμερα, η χρήση των ηλιακών στοιχείων (Φωτοβολταϊκών) γίνεται ολοένα και εκτενέστερη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ραγδαία ώθηση για την εφαρμοσμένη χρήση του ηλιακού ηλεκτρισμού έδωσε και η πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του εβδομήντα.

Το 1973 – 74 ιδρύεται στις ΗΠΑ από το Υπουργείο Ενέργειας το πρόγραμμα για την εκμετάλλευση του φωτοβολταϊκού φαινομένου (Federal Photovoltaic Utilization Program). Πολλά από τα 3.000 συστήματα όπου εγκαταστάθηκαν τότε στα πλαίσια του προγράμματος εξακολουθούν να λειτουργούν ακόμα και σήμερα. Στη συνέχεια, το έτος 1976 οι David Carlson και Christopher Wronski της εταιρείας RCA Laboratories κατασκευάζουν τις πρώτες φωτοβολταϊκές κυψέλης άμορφου πυριτίου. Αυτές είναι που επέτρεψαν και την ανάπτυξη των τεχνολογιών λεπτής μεμβράνης.

Σήμερα, ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, παράγεται με τη χρήση ηλιακών κυττάρων ενώ παρατηρείται συνεχώς αυξανόμενη διείσδυση των συγκεκριμένων στοιχείων στο μερίδιο της παραγωγής. Παράλληλα, σε πολλούς ερευνητικούς χώρους ανά τον κόσμο, πραγματοποιείται εκτεταμένη έρευνα που αφορά την ανακάλυψη νέων τεχνολογιών (οργανικά υλικά) καθώς και την βελτίωση των ιδιοτήτων των ήδη υπάρχουσών τεχνολογιών.

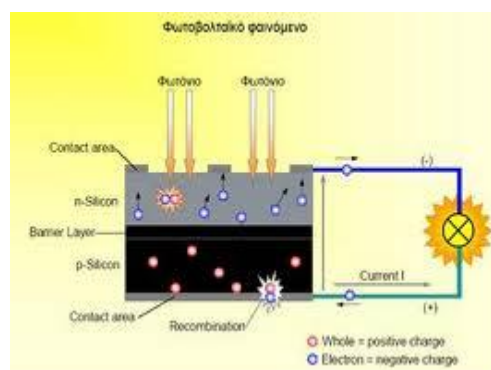
1.4 Η εξέλιξη των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα

Μπορούμε γενικά να πούμε πως η χώρα μας, έστω και με καθυστέρηση μιας δεκαετίας περίπου, αρχίζει αφενός να προσαρμόζεται στα ευρωπαϊκά δεδομένα και αφετέρου να αξιοποιεί τις δυνατότητες που της προσφέρει η γεωγραφική θέση της. Έχουν περάσει δύο χρόνια, από την πρώτη υπουργική απόφαση η οποία απλοποίησε τις διαδικασίες για την κατασκευή φωτοβολταϊκών συστημάτων σε οικήματα αλλά και σε γήπεδα [Νόμος 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» (ΦΕΚ 85/Α/04.06.2010)]. Σε συνδυασμό δε, με το γεγονός ότι η Ελλάδα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διάρκεια ηλιοφάνειας στην Ευρώπη καθώς και ότι είναι η μοναδική χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που διατηρεί την υψηλότερη τιμή αγοράς της ηλιακής κιλοβατώρας, την καθιστούν πόλο έλξης για επενδύσεις στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ο οποίος έκτοτε γνώρισε εντυπωσιακή ανάπτυξη.

1.5 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο αποκαλείται η εμφάνιση διαφοράς δυναμικού στα άκρα μιας διόδου η οποία ακτινοβολείται με ηλιακή ενέργεια. Για όσο χρονικό διάστημα διαρκεί η ακτινοβολία παράγεται συνεχές ρεύμα από την διόδο, το οποίο μπορεί να τροφοδοτήσει ένα οποιοδήποτε φορτίο συνεχούς ρεύματος και κατά συνέπεια να έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Όταν διακοπεί η ακτινοβολία της διόδου, σταματάει και η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Ειδικότερα, το ηλιακό φως αποτελείται από μικρά “πακέτα” ενέργειας που ονομάζονται φωτόνια και το οποία περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο δέχεται ηλιακή ακτινοβολία, τα φωτόνια της ακτινοβολίας είτε ανακλώνται, είτε διαπερνούν το στοιχείο ή απορροφώνται από



αυτό. Μόνο τα φωτόνια που απορροφώνται συμβάλουν στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, καθώς αυξάνουν την ενέργεια ορισμένων ηλεκτρονίων του φωτοβολταϊκού στοιχείου αναγκάζοντας τα να μετακινηθούν σε άλλες θέσεις. Συνεπώς, δημιουργείται μια συνεχής κίνηση ηλεκτρονίων που αποτελεί το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα.

1.6 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Η βασική μονάδα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι το φωτοβολταϊκό στοιχείο που κατασκευάζεται από ημιαγωγούς (κυρίως σιλικόνη Si) στους οποίους μπορούν να δημιουργηθούν μεγάλες συγκεντρώσεις ηλεκτρονίων.

Αριθμός φωτοβολταϊκών στοιχείων συνδέονται ηλεκτρονικά μεταξύ τους για την δημιουργία φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα περιλαμβάνει ορισμένο αριθμό διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η συνολική ισχύς του συστήματος καθορίζεται από τον αριθμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων και την ισχύ κάθε πλαισίου.

1.7 Το Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

1.7.1 Δομή φωτοβολταϊκού στοιχείου

Κατασκευαστικά για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμά τους μεταλλικά ελάσματα ανοδιωμένου αλουμινίου. Επίσης, για λόγους προστασίας είναι αεροστεγώς και υδατοστεγές κλεισμένα μέσα σε ειδικό γυαλί και ειδικό μονωτικό πλαστικό (Antonio Luque κ.α., 2002.) Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από :

✚ Μεταλλική βάση

✚ Πυρίτιο τύπου P

✚ Πυρίτιο τύπου N

✚ Μη ανακλαστικό στρώμα επικάλυψης

✚ Μεταλλικά αγώγιμα ελάσματα



Σχήμα 1.1 Πηγή : http://www.selasenergy.gr/fv_panels.php

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από πολλά λεπτά οριζόντια ελάσματα, είναι περισσότερα σε σχέση με τα κάθετα και είναι αυτά τα στοιχεία που μαζεύουν τα ηλεκτρόνια που διεγείρονται και αποτελούν το ρεύμα. Στη συνέχεια τα ηλεκτρόνια διοχετεύονται στα κάθετα παχιά ελάσματα, που ονομάζονται “busbars” ή διαφορετικά ζυγοί. Οι ζυγοί των στοιχείων ενώνονται μεταξύ τους και έτσι έχουμε πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους τα οποία και αποτελούν το πλαίσιο. Κάθε πλαίσιο έχει δύο ακροδέκτες τον θετικό και τον αρνητικό πόλο.

1.7.2 Συνδέσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με πέντε διαφορετικούς τρόπους [Wang Yaw-Juen, (2009)] :

1. Σε μια απλή σειρά όπου συνδέουμε τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μεταξύ τους σε σειρά.
2. Σε απλές παράλληλες σειρές (Series – Parallel, SP) όπου συνδέουμε φωτοβολταϊκά στοιχεία μεταξύ τους σε σειρά και αυτή τη σειρά τη συνδέουμε παράλληλα με άλλες σειρές. Συνήθως κάθε σειρά αποτελείται από 9 στοιχεία και κάθε πλαίσιο από 4 σειρές.
3. Σε διατάξεις αθροιστικές σταυρωτού δεσμού (Total – Crossed – Tied, TCT), που προκύπτει από την SP διάταξη συνδέοντας τα ηλεκτρικά συστήματα σταυρωτά σε κάθε σειρά του σημείου συνάντησης.
4. Σε διάταξη γεφυρωτής διασύνδεσης (bridge – linked) στην οποία όλα τα στοιχεία αλληλοσυνδέονται με γεφυρωτή σύνδεση).
5. Σε διάταξη κυψέλης (honeycomb).

1.7.3 Είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες, ανάλογα με το υλικό παρασκευής, τη δομή του βασικού υλικού καθώς και τον τρόπο παρασκευής. Ένας αρχικός διαχωρισμός των φ/β πλαισίων μπορεί να γίνει με βάση το υλικό που χρησιμοποιούν για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και πιο συγκεκριμένα με το πάχος του στρώματος απορρόφησης. Έτσι έχουμε την παρακάτω κατηγοριοποίηση:

➤ Πλαίσια μεγάλου πάχους (wafer panels)

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κατά βάση κρυσταλλικά υλικά, τα οποία να διακρίνονται σε πολυκρυσταλλικά και μονοκρυσταλλικά.

➤ Πλαίσια λεπτής επίστρωσης (thin-film panels)

Στην κατηγορία αυτή κατασκευάζονται πλαίσια thin-film τόσο με κρυσταλλική δομή όσο και πλαίσια από άμορφο πυρίτιο(a-Si).

1.7.4 Τυποι φωτοβολταϊκών συστημάτων πυριτίου «μεγάλου πάχους»

1.Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si)

Κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοση τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, έχει απόδοση πλαισίου 18,5% (Ζερβός Αρθούρος, 2006), (<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>).



2. Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si)

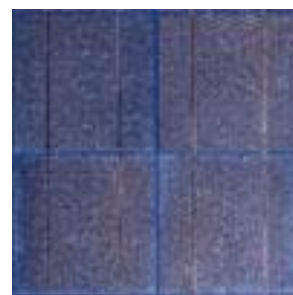
Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλομένου πυριτίου. Για την παραγωγή τους οι ράβδοι του πυριτίου κόβονται σε λεπτά τμήματα από τα οποία κατασκευάζεται η κυψέλη του φωτοβολταϊκού. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι απλούστερη από εκείνη των μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών με αποτέλεσμα το φθηνότερο κόστος παραγωγής. Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κελιά.



Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ). Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC (Ζερβός Αρθούρος, 2006).

3. Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την **Evergreen Solar**. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου. Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.



4. Φωτοβολταϊκά υλικά λεπτών επιστρώσεων, thin film

Η τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών χρησιμοποιεί πολύ λεπτά στρώματα (πάχους λίγων μικρών (μm)) του ημιαγωγού, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό το κόστος παραγωγής. Τα γνωστότερα υλικά που χρησιμοποιούνται στα στοιχεία αυτά είναι (Markvart Tomas, 2003):

- ❖ Άμορφο πυρίτιο (a-Si).
- ❖ Copper Indium Diselenide (CIS).
- ❖ Cadmium Telluride (CdTe).
- ❖ Gallium Arsenide (GaAs)



Σχήμα 1.1 Στοιχεία λεπτής Μεμβράνης

A. Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a-Si)

Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη.

Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται με χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά **thin films** πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).

Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε



σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

Β. Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe₂ ή CIS, με προσθήκη γαλλίου CIGS)

Τα συγκεκριμένα πλαίσια είναι κρυσταλλικού τύπου και η απορρόφηση της ακτινοβολίας συντελείται από στρώμα χαλκού, ινδίου, γαλλίου και σεληνίου.

Ο συνδυασμός των στοιχείων αυτών παρουσιάζει τα εξής θετικά σημεία:

- ✓ άμεσο ενεργειακό διάκενο
- ✓ καλό συντελεστή απορρόφησης της ακτινοβολίας
- ✓ εγγενή αγωγιμότητα p-τύπου



Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο).

Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γαλλίου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι, ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

Γ. Πλαίσια Καδμίου Τελλουρίου (CdTe).

Τα πλαίσια Καδμίου -Τελλουρίου είναι λεπτής επίστρωσης αλλά, σε αντίθεση με αυτά του πυριτίου, είναι κρυσταλλικά. Εξωτερικά δεν διαφέρουν ουσιαστικά από τα άμορφα, έχοντας το χαρακτηριστικό μαύρο χρώμα.

Σαν υλικό, το CdTe παρουσιάζει ασυνήθιστα καλές ιδιότητες απορρόφησης του ηλιακού φωτός και έτσι η χρήση του σε φωτοβολταϊκά πλαίσια δεν προκαλεί έκπληξη. Το Τελλουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV



το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%.

Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του Τελλουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic).

Δ. Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσένιο δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.



Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος. (Thomas Markvart)

1.8 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Η ενέργεια η οποία παράγεται από ένα ηλιακό κελί είναι σαφώς πολύ περιορισμένη αφενός μεν λόγω του μεγέθους του και η οποία επειδή στα φ/β στοιχεία δεν είναι δυνατή η μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια του συνόλου της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται στην επιφάνειά τους. Και αυτό γιατί ένα μέρος της ακτινοβολίας ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου και στη συνέχεια διαχέεται πάλι προς το περιβάλλον. Έτσι λοιπόν, προκειμένου να παραχθεί σημαντική ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος και να αυξηθεί η συνολική παραγόμενη ισχύς, τα φ/β ηλιακά κελιά συνδέονται μεταξύ τους ηλεκτρονικά για να δημιουργήσουν **φ/β πλαίσια (modules)** και τα πλαίσια με τη σειρά τους ενώνονται για τη δημιουργία **φ/β συστοιχιών (arrays)** (Σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2 Φωτοβολταϊκό κελί - φωτοβολταϊκό πλαίσιο - φωτοβολταϊκή συστοιχία

Κατά την σύσταση εγκαταστάσεων, στις οποίες απαιτείται παραγωγή μέσης ή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ισχύος, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ικανού αριθμού φ/β πλαισίων. Τα πλαίσια συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα **φ/β πάρκο**. Η διάταξή τους στο διαθέσιμο χώρο γίνεται με τρόπο τέτοιο, ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης μεταξύ των διαφορετικών σειρών των πλαισίων (Markvart Tomas, 1994).

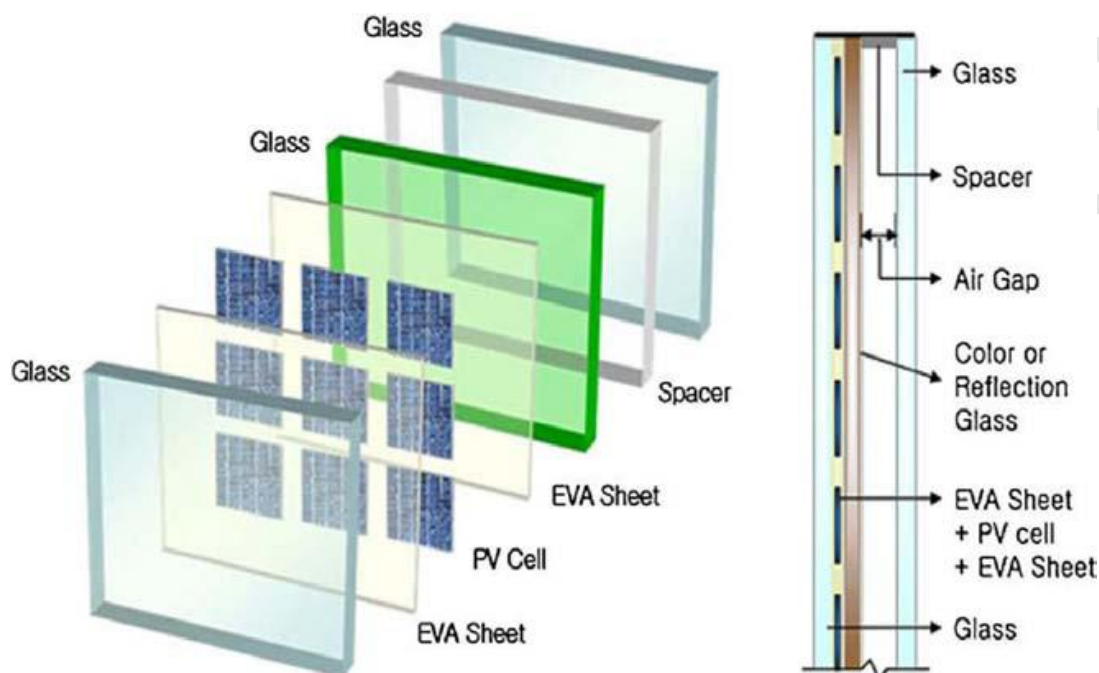


1.9 Δομή φωτοβολταϊκών πλαισίων

Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από ένα σύνολο ηλιακών κελιών. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων και η δομή τους συχνά είναι διαφορετική για τα διάφορα είδη κελιών ή για τις ποικίλες εφαρμογές τους. Στην τυπικότερη περίπτωση ενός φ/β πλαισίου από πυρίτιο, αυτό συνίσταται από 36 ηλιακά κελιά σε σειρά ενώ έχει έξοδο με συνεχές ρεύμα και συνεχή τάση. Συνήθως, τροφοδοτεί συσσωρευτή τάσης 12V. Το μέγεθος ενός φ/β πλαισίου καθορίζεται βάσει της μέγιστης ισχύος που μπορεί να αποδώσει υπό καθορισμένες συνθήκες- ονομαστικές συνθήκες.

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο παρουσιάζονται πιο κάτω (Σχήμα 1.3) :

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



Σχήμα 1.3 Τα υλικά από τα οποία αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

Τα ηλιακά κελιά περικλείονται συνήθως από δυο κομμάτια γυαλιού ή ένα φύλλο γυαλιού και ένα πλαστικού τα οποία παρουσιάζουν διαφάνεια, ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες και στην υπεριώδη ακτινοβολία και είναι χρωματισμένα ώστε να αντανακλούν την θερμότητα. Το κάλυμμα προφυλάσσει τα κελιά και τις ηλεκτρικές επαφές από την βροχή, το χαλάζι και το χιόνι που μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση.

Κάτω από το γυάλινο κάλυμμα της επιφάνειας που είναι στραμμένη προς τον ήλιο υπάρχει αντί-ανακλαστική μεμβράνη, η οποία βοηθά στη μείωση του ποσοστού της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Πάνω και κάτω από τα στρώματα του πυριτίου υπάρχουν ηλεκτρικές επαφές κατασκευασμένες από υλικό μικρής θερμικής αντίστασης που συνδέουν το πλαίσιο με εξωτερικό ηλεκτρικό κύκλωμα. Το συμπυκνωμένο αυτό υλικό είναι συνήθως EVA, το οποίο εμφανίζει πολύ καλή ηλεκτρική μόνωση και μεγάλη διαπερατότητα στο φως. Τα ηλιακά κελιά συνδέονται σε σειρά, παράλληλα ή και συνδυασμένα προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε τάση και σε ρεύμα. Επίσης, τα κελιά οφείλουν να είναι όμοια, ώστε να εμφανίζουν και όμοια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και να επιτυγχάνεται έτσι η ομαλή λειτουργία του φ/β πλαισίου.

Προκειμένου τα φ/β πλαίσια να έχουν την μέγιστη απόδοση, θα πρέπει να δέχονται συνεχώς την μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία. Οι ηλιακές ακτίνες θα πρέπει να προσπίπτουν πάντα κάθετα στην επιφάνεια ώστε να έχουν την μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα ανά μονάδα επιφανείας και να μην ανακλώνται στην γυάλινη επικάλυψη του πλαισίου. Εφόσον, ο ήλιος κινείται κατά την διάρκεια της ημέρας για να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση, το φ/β πλαίσιο θα πρέπει να παρακολουθεί συνεχώς τη θέση του ήλιου.

Για το λόγω αυτό, υπάρχει η δυνατότητα στερέωσης των πλαισίων πάνω σε σύστημα με δύο άξονες παρακολούθησης του Ηλίου, με δυνατότητα συλλογής έως 25% περισσότερης ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια ενός έτους, σε σύγκριση με την εγκατάσταση σταθερής κλίσης. Κάτι τέτοιο όμως αυξάνει την πολυπλοκότητα και έχει ως αποτέλεσμα μια χαμηλότερης αξιοπιστίας και υψηλότερου κόστους συντήρησης. Η μονού άξονα παρακολούθηση (ιχνηλάτηση) είναι λιγότερο σύνθετη αλλά παρουσιάζει μικρότερο κέρδος. Σε αυτή τη περίπτωση, ο προσανατολισμός ρυθμίζεται χειροκίνητα.

Έχει υπολογιστεί, ότι σε κλίματα με ηλιοφάνεια μια διάταξη επίπεδης κινούμενης πλάκας που έχει κατάλληλη ρύθμιση ώστε να στρέφεται προς τον ήλιο δυο φορές την ημέρα και να παίρνει την κατάλληλη κρίση τέσσερις φορές το χρόνο, μπορεί να συλλαμβάνει το 95% της ενέργειας, που συλλέγετε με ένα σύστημα δυο αξόνων παρακολούθησης πλήρως αυτοματοποιημένο.

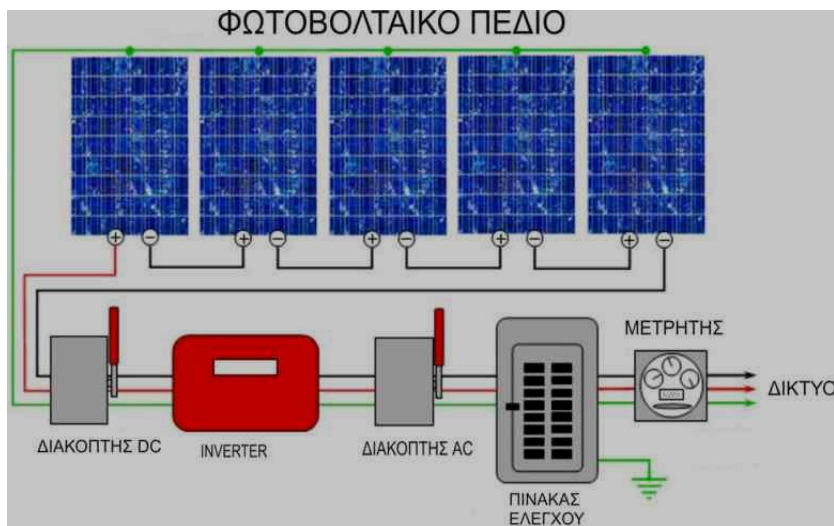
1.10 Δομή Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Το βασικό δομικό στοιχείο ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι το ηλιακό κελί. Ένα κελί, παράγει ποσότητα ισχύος της τάξεως του 1 W έως 2W, η οποία μπορεί να αυξηθεί, συνδέοντας πολλά κελιά μαζί. Ενώνοντας τη θετική επαφή του ενός με την αρνητική του επόμενου, δηλαδή εν σειρά, αυξάνουμε την τάση, ενώ ενώνοντας τις θετικές μεταξύ τους και τις αρνητικές κατ' αντιστοιχία, δηλαδή παράλληλα, αυξάνουμε το ρεύμα.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούνται από τα εξής κύρια μέρη (Σχήμα 1.4) :

- τη φ/β γεννήτρια (cell,module,array)
- τις συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (όπως π.χ. μπαταρίες/συσσωρευτές)
- τον μετατροπέα (inverter)

- τους καταναλωτές εναλλασσόμενου (AC) και συνεχούς (DC) ρεύματος και
- στοιχεία power conditioning.



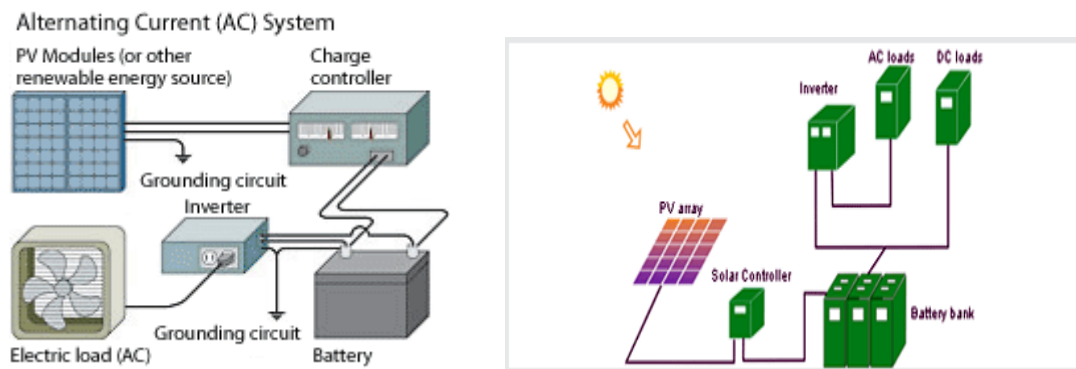
Σχήμα 1.4 Μέρη ενός φωτοβολταϊκού πεδίου

Οι βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης του παραγόμενου ρεύματος σε :

- ❖ αυτόνομα (off grid systems)
- ❖ διασυνδεδεμένα (on grid systems)
- ❖ υβριδικά (στην περίπτωση που υπάρχει ανεμογεννήτρια)

1. Αυτόνομα (off grid systems)

Τα αυτόνομα ή απομονωμένα φ/β συστήματα δεν είναι συνδεδεμένα σε κάποιο δίκτυο, γεγονός το οποίο τα καθιστά ενεργειακά αυτόνομα. Αυτού του είδους τα συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), είτε λόγω υψηλού κόστους εγκατάστασης γραμμής σύνδεσης ή εξαιτίας μη εφικτής σύνδεσης λόγω μεγάλης απόστασης από τις μονάδες παραγωγής. Η ισχύς που αποδίδουν είναι αρκετά μικρή και δεν ξεπερνά τα 10 kWp (p: peak, αιχμής) (Σχήμα 1.5).



Σχήμα 1.5 Αυτόνομα Συστήματα

2. Διασυνδεδεμένα (on grid systems)

Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια των πλαισίων διοχετεύεται για την τροφοδοσία των υπάρχοντων ηλεκτρικών φορτίων ενώ η περίσσεια παραγωγής, εφ' όσον υπάρχει, διαβιβάζεται απευθείας και πωλείται στο δίκτυο. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- ☞ Στα συστήματα με καταμεμημένα φωτοβολταϊκά πλαίσια για αυτοπαραγωγή ενέργειας (π.χ. στις οροφές κτιρίων/σπιτιών και εμπορικών κέντρων)

Εδώ, ο καταναλωτής-ιδιοκτήτης του συστήματος, μπορεί να αγοράζει και να πουλάει ενέργεια ανά πάσα χρονική στιγμή. Το σύστημα τον καλύπτει ως επί των πλείστων ενεργειακά, ενώ το δίκτυο το χρησιμοποιεί μόνο όταν είναι απαραίτητο (λ.χ. κατά την διάρκεια της νύχτας ή σε παντελή απουσία ηλιοφάνειας).

- ☞ Στα συστήματα ανεξάρτητου παραγωγού, όπου η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στο δίκτυο όπου τα πλαίσια συνδέονται με υποσταθμούς και εν συνεχεία με το δίκτυο.

Εδώ, έχουμε ολόκληρες μονάδες παραγωγής που αποτελούνται από φ/β συστοιχίες πλαισίων. Οι μονάδες αυτές εγκαθίστανται κοντά στα σημεία του δικτύου όπου υπάρχουν μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις καλύπτοντας τη διαφορά που προκαλεί η αυξημένη ζήτηση. Με την παραγωγή ενέργειας κοντά στο σημείο ζήτησης μειώνεται η απόσταση που πρέπει να διανύσει το ρεύμα και επιτυγχάνεται μείωση των ενεργειακών απωλειών και των απωλειών ισχύος στο δίκτυο.

Τα βασικά μέρη ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι :



1. Φωτοβολταϊκό πλαίσιο
2. Μετατροπέας (inverter)
3. Δίκτυο ΔΕΗ

4. Οικιακές ηλεκτρικές συσκευές

3. Υβριδικά (στην περίπτωση που υπάρχει ανεμογεννήτρια)

Ένα υβριδικό σύστημα είναι ένα δυναμικό σύστημα ισχύος το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας για να καλύπτει την απαιτούμενη ενέργεια. Συνήθως, εκτός από τα φωτοβολταϊκά, συνδυάζονται και άλλες πηγές ενέργειας, (κυρίως τοπικές και ανανεώσιμες) όπως ανεμογεννήτριες, μικρουδροηλεκτρική ισχύ, υδροηλεκτρική ισχύ ποταμών, βιομάζα. Συχνό φαινόμενο, όμως, είναι να συνδυάζεται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μία συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου



(ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος - H/Z), μπαταρίες και γεννήτριες μετατροπής. Γενικά τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τις μορφές ενέργειας για να τροφοδοτούν το σύστημα συνεχώς με σταθερή τάση, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους διακοπής της τροφοδοσίας. Χαρακτηρίζονται ως δυναμικά συστήματα, καθώς είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εναλλάσσονται ανάμεσα στις διαθέσιμες πηγές ενέργειας ή και να τις συνδυάζουν ταυτόχρονα με αποτέλεσμα να εξαρτώνται κατά το ελάχιστο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού κ.τ.λ.

1.11 Βασικά μέρη ενός τυπικού Φ/Β συστήματος.

α. Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Είναι βασική μονάδα παραγωγής ρεύματος που αποτελείται από ορισμένο αριθμό Φ/Β στοιχείων, 10 έως 50 συνήθως, ενωμένων με κατάλληλες μεταλλικές επαφές και προστατευμένων εξωτερικά μέσω αντι-ανακλαστικής μεμβράνης και επικάλυψης γυαλιού.



β. αντιστροφέας (inverters)

Μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε εναλλασσόμενο προκειμένου να γίνει συμβατό με τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών. Η μετατροπή του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο όμως, αποφέρει αρκετές απώλειες. Αυτό θα μπορούσε να αποφευχθεί εάν οι ηλεκτρικές συσκευές είχαν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν με συνεχές ρεύμα.



Επιπλέον, για τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα απαιτούνται :

γ. Ρυθμιστής τάσης

Ρυθμίζει και διατηρεί τη κανονική φόρτιση των μπαταριών από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Όταν η μπαταρία φτάνει στο στάδιο της υπερφόρτισης τότε ελαττώνεται ο χρόνος ζωής της. Για το λόγο αυτό ο ρυθμιστής τάσης ελαττώνει το ρεύμα που προσφέρουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια προς τη μπαταρία.



δ. Μπαταρία

Σε περίπτωση που το σύστημα είναι αυτόνομο, τότε απαιτείται η χρήση μπαταριών για την αποθήκευση του παραγόμενου ρεύματος που δεν καταναλώνεται άμεσα. Η μπαταρία προσφέρει με τη σειρά της την αποθηκευμένη ενέργεια, όταν δεν υπάρχει ηλιακό φως, κυρίως δηλαδή τις βραδινές ώρες



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – Η διάχυση των ΦΒ συστημάτων, στατιστικά στοιχεία, τεχνοοικονομική αξιολόγηση.

2.1 Διάχυση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Στην Ελλάδα, κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, παρουσιάστηκε ραγδαία αύξηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας εξαιτίας των :

- (i) ευνοϊκότερων νομικών και οικονομικών μέτρων που εφαρμόστηκαν,
- (ii) του πλούσιου δυναμικού που υπάρχει στη χώρα και
- (iii) της αύξησης της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης.

Ενδεικτικά, το 2000 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ άγγιξε τις 4.145 GWh, εκ των οποίων οι 3.693 GWh παράχθηκαν από υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Οι παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα ήταν πολύ μικρή (αφορούσε εγκαταστάσεις μη συνδεδεμένες στο Δίκτυο), καθώς η ηλιακή ενέργεια έως τότε χρησιμοποιείτο αποκλειστικά για θέρμανση νερού (Ministry of Development and CRES. Common questionnaire for renewable energy sources statistics for 2000. Final report for IEA/Eurostat; 2002).

(Πίνακας 2.1).

Source	ktoe
Biomass	946
Wind	38.8
Small hydro (<10 MW)	14.28
Large hydro ^a (>10 MW)	303.5
PV^b	0.024
Solar heat	99
Geothermal heat^c	1.61
Total	1.403

Πίνακας 2.1 Παραγωγή ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ το έτος 2000.

a Production through pumping, 35.97 ktoe is excluded. (toe = Tons of Oil Equivalent)

b Grid connected and autonomous island systems (non-connected systems for electricity supply).

c Sites with official permits.

Όμως, η Ελλάδα είναι μια χώρα με εξαιρετικά υψηλό ηλιακό δυναμικό κατάλληλο για την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς (Tsoutsos et al., 2004) :

- ❖ έχει υψηλή ηλιοφάνεια όλο το χρόνο (από την υψηλότερη στην Ευρώπη)
- ❖ η ηλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται στα νησιά επί το πλείστον καλύπτεται από πετρέλαιο ή βαριές μονάδες παραγωγής πετρελαίου, με αποτέλεσμα το υψηλό κόστος λειτουργίας και τη ρύπανση του περιβάλλοντος
- ❖ η σημαντική τουριστική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις σε ορισμένα νησιά έχουν αυξηθεί περισσότερο από 100%), προσφέροντας έτσι σημαντική εποχική συσχέτιση μεταξύ της ενεργειακής ζήτησης και της φωτοβολταϊκής παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Για τους ανωτέρω λόγους , και δεδομένου ότι η αγορά των φωτοβολταϊκών δεν ήταν επαρκώς ανεπτυγμένη το έτος 2000 σε σύγκριση με τις άλλες χώρες της ΕΕ , το Ελληνικό κράτος δημιούργησε ευνοϊκότερες συνθήκες για την οικονομική υποστήριξή τους, με Δημόσιες επιδοτήσεις σε επενδυτικά σχέδια ΑΠΕ μεταξύ άλλων (Tsoutsos et al. ,2004, Danchev et al., 2010, Kaldellis et al., 2009, Kaldellis, 2004, Kaldellis et al., 2004, Kaldellis et al., 2010,):

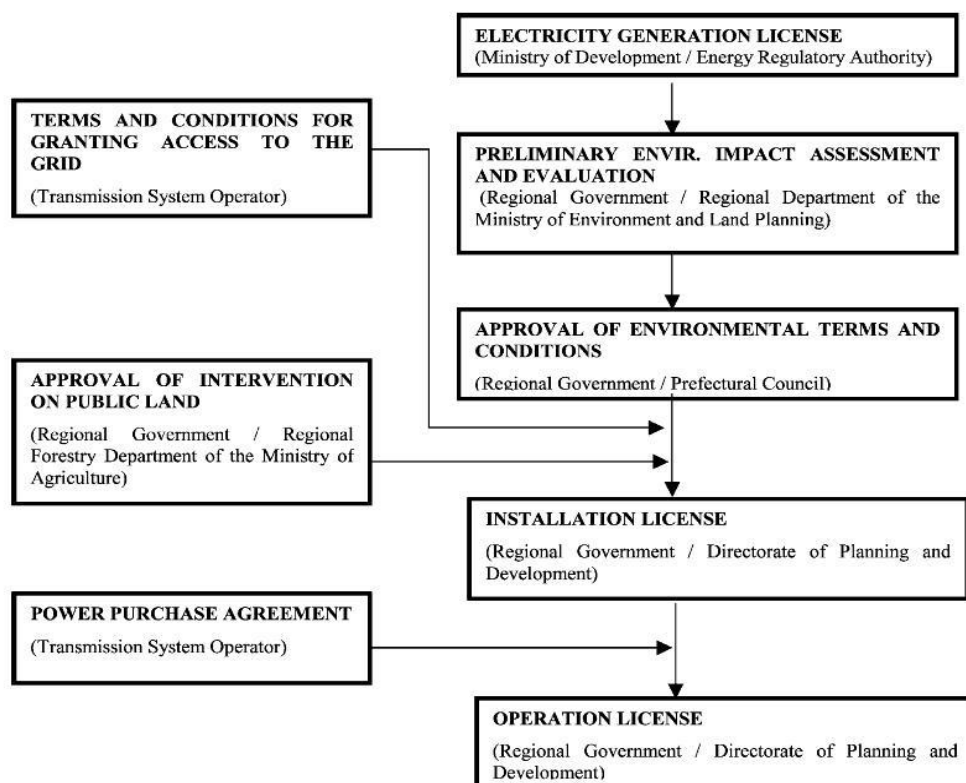
α) Ν. 2638/2-9-1998 ΦΕΚ/204/Α'/1998 (κατά κύριο λόγο επιδοτούσε κατα 40% τις επενδύσεις των ΑΠΕ) και

β) 3ο Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης [National OPC/CSF III (2000–2006)] (παροχή κρατικής επιδόσεις για ΑΠΕ και συμπαραγωγή).

Παρόλο, τις προσπάθειες που γίνονται από τότε έως σήμερα και παρόλο που τα φωτοβολταϊκά συστήματα ανθούν, υπάρχουν εμπόδια τα οποία δεν έχουν ακόμα ξεπεραστεί. Συγκεκριμένα (Tsoutsos et al., 2004, Papadopoulos and Karteris, 2009, Kaldellis et al., 2009, Kambezidis et al., 2011, Luthi, 2010, Kymakis et al., 2009) :

- ◆ Οι πολύπλοκες αδειοδοτικές διαδικασίες.

Οι διαδικασίες αυτές περιλαμβάνουν πλήθος κεντρικών, περιφερειακών, νομαρχιακών και τοπικών αρχών (επιτροπές, συμβούλια, υπηρεσίες) από τις οποίες πρέπει να περάσει και να εγκριθεί ο φάκελος του έργου (Σχήμα 2.1). Αποτέλεσμα είναι το πέρασμα 1,5 με 2 χρόνια προκειμένου να αδειοδοτηθεί ένα έργο.



Σχήμα 2.1 Αδειοδοτική Διαδικασία των ΑΠΕ

- ◆ Κορεσμός του Δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Από το 2002, όπου άρχισε η ραγδαία ανάπτυξη των ΑΠΕ το Δίκτυο της ΔΕΗ άρχισε να αδυνατεί να «σηκώσει» την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ καθώς είχε μελετηθεί και κατασκευαστεί για μικρότερα ποσά ενέργειας. Η αναβάθμιση του Δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας συναντά εμπόδια τόσο λόγω της μακράς περιόδου υλοποίησής του (5 – 6 χρόνια) όσο και των δημόσιων αντιδράσεων καθώς απαιτούνται απαλλοτριώσεις γης και κατασκευή γραμμών σε ευαίσθητες περιβαλλοντικά περιοχές.

- ◆ Δημόσια Στάση

Παρά το γεγονός ότι οι δημοσκοπήσεις στην Ελλάδα δείχνουν πάντα μια πολύ θετική αντιμετώπιση και υποστήριξη της κοινής γνώμης προς τις ΑΠΕ, η στάση αυτή φαίνεται να έχει μια ισχυρή NIMBY («Not In My Back Yard) συνιστώσα. Κύρια αιτία είναι οι τοπικές αρχές οι οποίες αντιστέκονται στην ανάπτυξή τους ισχυριζόμενες οπτική όχληση, θόρυβο, υποτίμηση

της γης, προβλήματα υγείας σε ανθρώπους και ζώα, μείωση του τοπικού τουρισμού και αποψίλωση των δασών.

2.2 Παράγοντες ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα.

Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων. Οι λόγοι για την προώθηση της Φ/Β τεχνολογίας, της έρευνας και των εφαρμογών στην Ελλάδα συνοψίζονται ως ακολούθως:

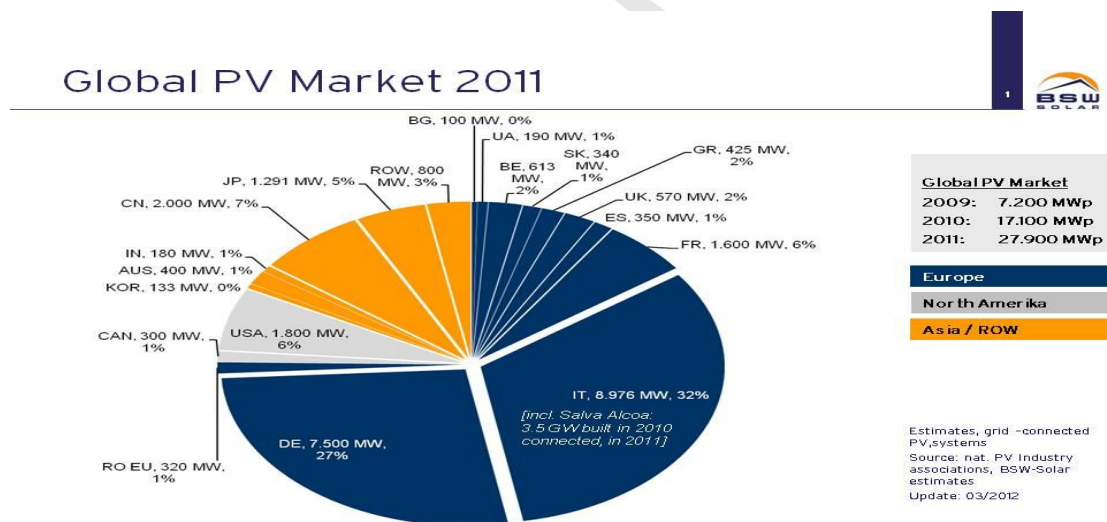
- * Αξιοποίηση μιας εγχώριας και ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, η οποία βρίσκεται σε αφθονία,
- * Ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου κατά τις ώρες αιχμής (μεσημβρινές), όπου τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες που παρατηρείται έλλειψη ή πολύ υψηλό κόστος ενέργειας,
- * Μείωση των απωλειών του δικτύου, με την παραγωγή ενέργειας στον τόπο κατανάλωσης, ελάφρυνση των γραμμών και χρονική μετάθεση των επενδύσεων στο Δίκτυο,
- * Σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο και κάθε μορφής εισαγόμενης ενέργειας και εξασφάλιση της παροχής ενέργειας μέσω αποκεντρωμένης παροχής,
- * Κοινωνική προσφορά του παραγωγού / καταναλωτή και συμβολή στην αειφόρο ανάπτυξη, την ποιότητα ζωής και την προστασία του περιβάλλοντος στα αστικά κέντρα και στην περιφέρεια,
- * Ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων με σημαντική συμβολή σε αναπτυξιακούς και κοινωνικούς στόχους,
- * Ανάπτυξη της Ελληνικής Βιομηχανίας φωτοβολταϊκών συστημάτων με άριστες προοπτικές για πλήρη κάλυψη της Ελληνικής αγοράς και εξαγωγικές δραστηριότητες. Όπως επίσης και δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ανάπτυξη Ελληνικής τεχνογνωσίας.

2.3 Στατιστικά Στοιχεία Ελληνικής και Διεθνούς Αγοράς.

2.3.1 Στατιστικά Διεθνούς Αγοράς.

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία είναι αντίστοιχη με την ελληνική. Πολλές πόλεις χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν παράσχει ανάλογα κίνητρα για την εγκατάσταση Φ/Β τόσο σε οικιακές όσο και σε εταιρικές εγκαταστάσεις. Το 2008 η εγκατεστημένη ισχύς στην Ευρώπη ήταν 4.503 MW σύμφωνα με τα στοιχεία που έχει συγκεντρώσει η EPIA (EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION).

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι σε παγκόσμια κλίμακα συνολικά η εγκατεστημένη ισχύς το 2008 ήταν 5.559 MW., εκ των οποίων τα 230 MW είναι εγκατεστημένα στην Ιαπωνία, τα 342 MW στην Αμερική και τα 485 MW στον υπόλοιπο κόσμο (ανερχόμενες χώρες του τρίτου κόσμου, όπως Κίνα, Ταϊβάν, Ινδία, κ.λπ.). Αναλογικά, η Ευρώπη κατέχει μερίδιο αγοράς 81%, 4% η Ιαπωνία, 6% η Αμερική, 5% η Νότια Κορέα και 4% ο υπόλοιπος κόσμος. Φτάνοντας στο έτος 2011 η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς άγγιξε τα 27.900 MW, εκ των οποίων τα 20.925 MW είναι εγκατεστημένα στην Ευρώπη (Σχήματα 2.2 και 2.3).



Σχήμα 2.2 Στατιστικά Στοιχεία φωτοβολταϊκών πάρκων παγκόσμιας Αγοράς για το Έτος 2011.

Πηγή : PV Industry associations, BSW – Solar estimates. Update 03/2012.

Στην Ευρώπη, ηγέτης της αγοράς ήταν για πολλά χρόνια η Γερμανία, μέχρι το 2008 που η Ισπανία πέρασε στη πρώτη θέση. Στην πύα της Ευρώπης, το 56% κατέχει η Ισπανία και το 33% Γερμανία. Η Ελλάδα κατέχει μόλις το 0,2%.

Σύμφωνα με την Οδηγία του 2009, η ΕΕ έχει δεσμευθεί να επιτύχει 20% μερίδιο συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας και 10% μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές. Σύμφωνα με τη Eurostat, το 2010 καταγράφηκε αύξηση στη συνεισφορά των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην τελική ενεργειακή κατανάλωση. Ειδικότερα, το ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στους «27» για το 2010 ήταν στο 12.4%, μεγαλύτερο συγκριτικά με το 11.7% ένα χρόνο πριν και το 10.5% το 2008.

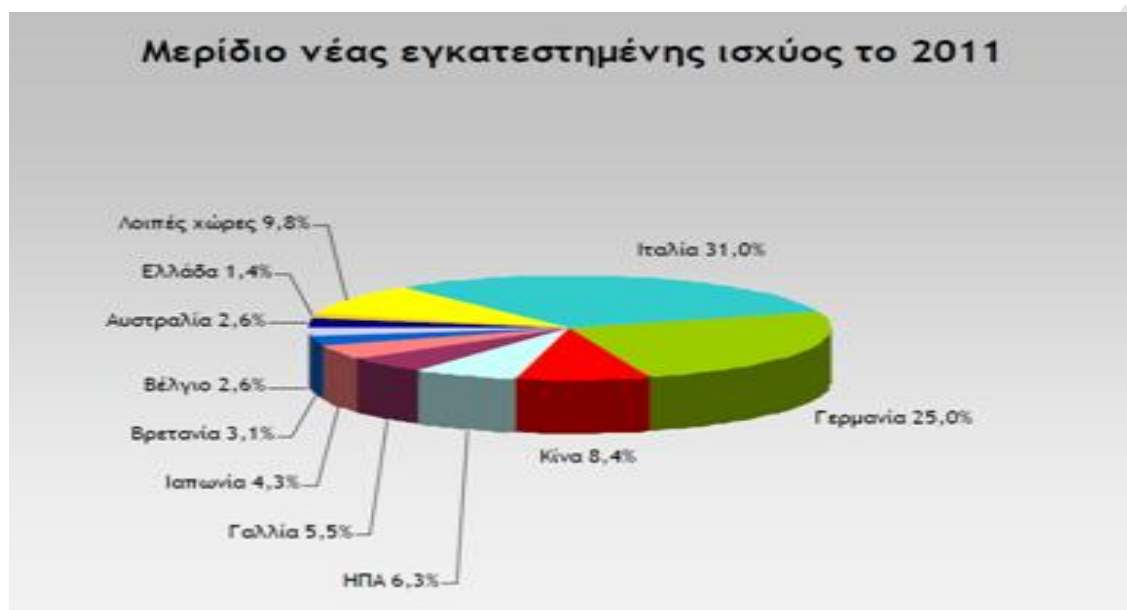
Τα στατιστικά στοιχεία που δημοσιεύει ο ΣΕΦ επιβεβαιώνουν για ακόμη μια φορά ότι το 2011 ο κλάδος των φωτοβολταϊκών, ειδικά στην Ευρώπη, κατέγραψε επιδόσεις ρεκόρ όσον αφορά τις νέες εγκαταστάσεις.

Ειδικότερα, σύμφωνα με τα στοιχεία που δίνει ο ΣΕΦ το 2011 η εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύ στην Ευρώπη έφτασε τα 21.642 MW, τη στιγμή που η νέα ισχύς για φυσικό αέριο και αιολικά ανήλθε σε 9.718 MW και 9.616 MW αντίστοιχα (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.3 Στατιστικά στοιχεία ανά έτος και συνολικά της εγκατεστημένης ισχύς των φωτοβολταϊκών στην παγκόσμια αγοράς.

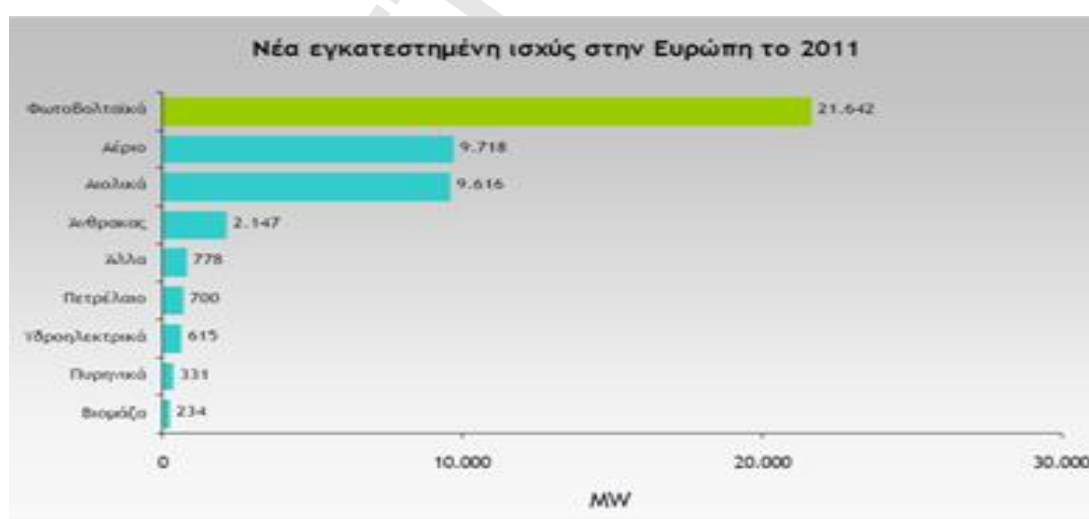
Πηγές: Earth Policy Institute, Navigant Consulting, PHOTON, iSuppli, SolarBuzz, IMS Research, EurObserv'ER.



Σχήμα 2.4 Μερίδιο νέας εγκατεστημένης ισχύος από Α.Π.Ε. για το έτος 2011

Πηγή: EuRObserv'ER, EPIA.

Τις πρώτες θέσεις αναφορικά με τη νέα εγκατεστημένη ισχύ καταλαμβάνουν η Ιταλία και η Γερμανία ενώ όσον αφορά τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ, η Γερμανία εξακολουθεί να βρίσκεται στην 1η θέση με την Ιταλία, την Κίνα και τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (Η.Π.Α.) να ακολουθούν (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.5 Εγκατεστημένη ισχύς από Α.Π.Ε. στην Ευρώπη για το έτος 2011

Πηγή : Σύνδεσμος Ελλήνων Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ).

Σήμερα, η μεγαλύτερη αγορά Φ/Β στον κόσμο είναι αυτή της Ιαπωνίας. Το έτος 2003, οι Ιαπωνικές εταιρείες Φ/Β γεννητριών παρήγαγαν περίπου 400MWp, από τα οποία τα 250MWp εγκαταστάθηκαν στη χώρα και τα υπόλοιπα εξήχθησαν, κυρίως στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ. Η αγορά των Φ/Β στην Ευρώπη είναι σημαντική κυρίως στις χώρες Γερμανία, Ολλανδία, Ισπανία και Ιταλία.

Γερμανία : Ιδιαίτερα στη Γερμανία, το αρχικό Εθνικό Πρόγραμμα των 1.000 Φ/Β Στεγών (1990) και μετέπειτα των 100.000 Φ/Β Στεγών (1999) σε συνδυασμό με επιδότηση της παραγόμενης ηλιακής kWh, δημιούργησαν ιδιαίτερη ανάπτυξη τόσο στις εφαρμογές όσο και στη βιομηχανία. Το συνολικό μέγεθος της Ευρωπαϊκής αγοράς στο τέλος του έτους 2003 ήταν περίπου 561MWp, από τα οποία το 71%, δηλαδή 398MWp, είχαν εγκατασταθεί στη Γερμανία.

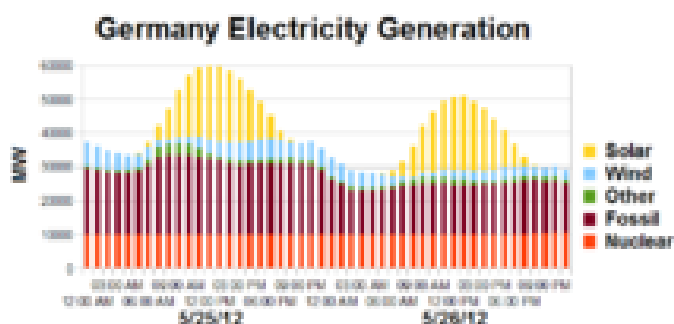
Η Γερμανία είναι μία από τις κορυφαίες χώρες στον κόσμο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων (PV) με την ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια να αγγίζει το 2011 σχεδόν τα 25 γιγαβάτ (GW). Τον Ιούνιο, δε του 2012 η εγκατεστημένη ισχύς άγγιξε περίπου τα 28 GW (<http://www.zeit.de/wirtschaft/2012-06/solarfoerderung-kompromiss>). Το 2011 η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων έφτασε τα 7,5 GW (Eckert, Vera; Christoph Steitz (9 January 2012). "German solar boom strengthens critics of subsidies". Reuters . Retrieved 9 January 2012) ενώ η φωτοβολταϊκή ενέργεια που παράχθηκε ήταν 18 TWh, δηλαδή το 3% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας("German solar power output up 60 pct in 2011" . Reuters . 29 December 2011 . Retrieved 2 January 2012) . Ορισμένοι αναλυτές της αγοράς αναμένουν ότι η κατάσταση θα μπορούσε να φθάσει το 25 τοις εκατό έως το 2050 (Another Sunny Year for Solar Power).

Τα μεγαλύτερα φωτοβολταϊκά πάρκα της Γερμανίας είναι τα εξής :

- ◆ Το Senftenberg Solarpark
- ◆ Το Finsterwalde
- ◆ Το Lieberose
- ◆ Το Strasskirchen
- ◆ Το Waldpolenz και
- ◆ Το Köthen

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη Γερμανία (Πίνακας 2.2) αυξήθηκε σημαντικά λόγω των υψηλών τιμολογίων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία ψηφίστηκαν στον νόμο για την ανάπτυξη των γερμανικών φωτοβολταϊκών συστημάτων παρόλο που τα τελευταία πέντε (5) χρόνια παρουσιάστηκε μείωση τις τιμές σε ποσοστό 50% σε 5 χρόνια από το 2006 (BSW-Solar, Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (Photovoltaik), Oct 2011).

Σήμερα, εν έτη 2012 η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και αιολικών πάρκων αγγίζει τα 14 δισ. ευρώ (ΗΠΑ 18 δισεκατομμύρια δολάρια) ετησίως. Στο κόστος αυτό συμπεριλαμβάνεται επιπλέον επιβάρυνση 3,6 € c(4,6 ¢) ανά kWh (Lang, Matthias (14 October 2011). "2012 EEG Surcharge Increases Slightly to 3.592 ct/kWh" . German Energy Blog . Retrieved 9 January 2012) (περίπου το 10% του συνολικού εγχώριου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας).



Πίνακας 2.2 Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από ΑΠΕ στη Γερμανία.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 2.3) παρουσιάζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς και η συνολική παραγόμενη ενέργεια ανά έτος των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Γερμανία [Böhme, Dieter (23 March 2011)].

Έτος	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Ισχύς (MW)	0,6	2,0	3,0	5,0	6,0	8,0	11	18	23	32	76
Παραγωγή	0,6	1,6	3,2	5,8	8,0	11	16	26	32	42	64

(GWh)											
% Της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,005	0,006	0,008	0,01
Έτος	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ισχύς (MW)	76	186	296	435	1.105	2.056	2.899	4.170	6.120	9.914	17.320
Παραγωγή (GWh)	64	76	162	313	556	1.282	2.220	3.075	4.420	6.578	12.000
% Της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	0,01	0,01	0,03	0,05	0,09	0,2	0,4	0,5	0,7	1,1	2,0
Έτος	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Χωρητικότητα (GW)	17,3	24,8									
Γενιάς (TWh)	12	18									
% Της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	2,0	3,2									

Πίνακας 2.3 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς και παραγόμενη ενέργεια ανά έτος για την Γερμανία.

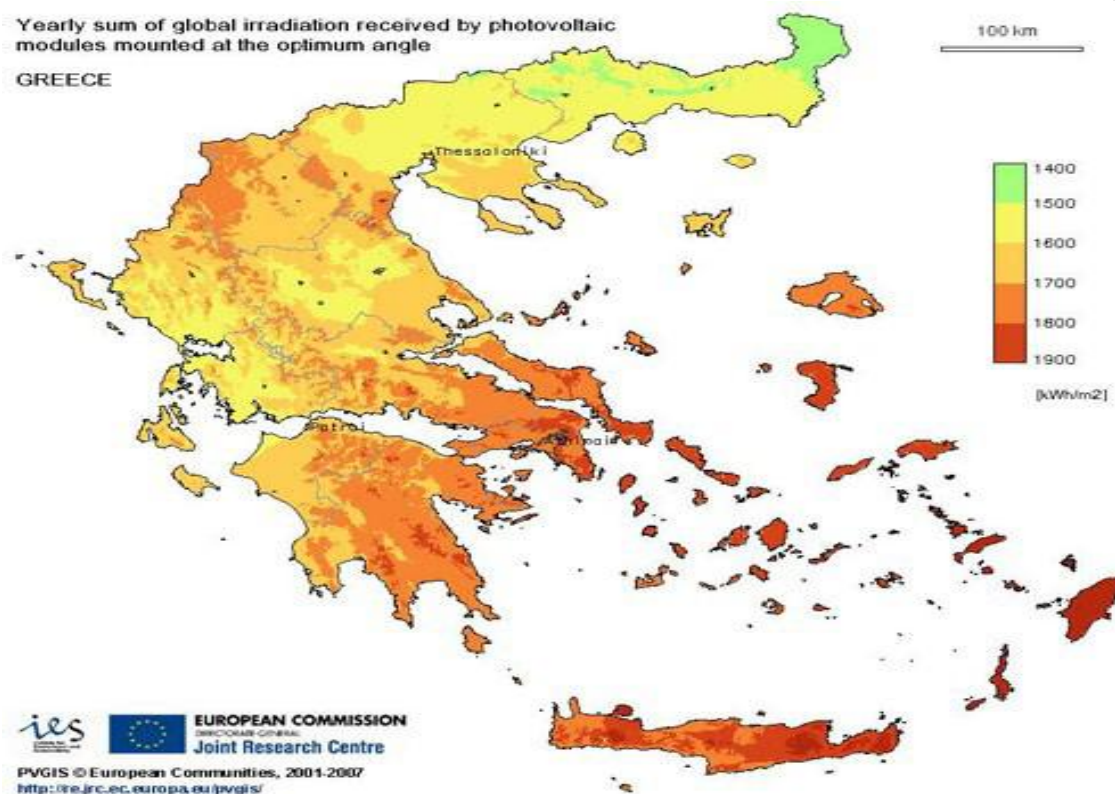
Πηγή : [Böhme, Dieter (23 March 2011)]

Καθώς το κόστος των Φ/Β συστημάτων συνεχίζει να μειώνεται, όλο και περισσότερες Φ/Β εφαρμογές γίνονται οικονομικά ανταγωνιστικές, σε σύγκριση με παραγωγή ενέργειας από συμβατικές μορφές. Παράλληλα, η αυξανόμενη ευαισθησία της κοινής γνώμης, λόγω των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής και χρήσης ενέργειας, σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα των Φ/Β συστημάτων, έχει σαν αποτέλεσμα αυτά να αποτελούν μια από τις περισσότερα υποσχόμενες ενεργειακές τεχνολογίες.

Όπως έχει προκύψει από τη διεθνή εμπειρία, το μεγάλο μερίδιο της αγοράς των Φ/Β συστημάτων στις αναπτυγμένες χώρες βρίσκεται σε αστικά κέντρα, σε εγκαταστάσεις όπως κτίρια, συμπλέγματα οικιών, δημόσια κτίρια, εξωτερικοί χώροι κλπ. Από την ανάλυση των παραπάνω μεγεθών της Ευρωπαϊκής αγοράς, προκύπτει ότι δημιουργήθηκαν 15.000 άμεσες θέσεις εργασίας (πολλές από τις οποίες είναι υψηλής τεχνολογίας απασχόληση), ο ετήσιος κύκλος εργασιών ήταν €1 δις, τη διετία 2002–2003 καταγράφηκε αύξηση της αγοράς κατά 33% και έγιναν νέες επενδύσεις σε έρευνα και καινοτόμα προϊόντα υψηλής τεχνολογίας.

2.3.2. Στατιστικά Ελληνικής Αγοράς

Η Ελλάδα παρόλο που είναι η πιο πλούσια χώρα της Ευρώπης σε ηλιοφάνεια (Σχήμα 2.6) κατατάσσεται μεταξύ των τελευταίων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων, εξαιτίας που υψηλού κυρίως κόστους κατασκευής συγκριτικά με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.



Σχήμα 2.6 Ηλιακό Δυναμικό Ελλάδας

Πηγή : <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Η Ελλάδα παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου 1,400-1,800 (kWh/(m²yr)) ετησίως σε οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μια μορφή ενέργειας με σχεδόν σταθερή και προβλέψιμη ένταση (W/m²) στην διάρκεια του χρόνου και της ημέρας. Η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει την μέγιστη ένταση της κατά την διάρκεια του μεσημεριού (μέγιστο ηλιακό ύψος), τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο. Η ηλιακή ενέργεια είναι μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο, λόγω την θέσης του ήλιου, αλλά και λόγω της αύξησης των ωρών ηλιοφάνειας (μείωση των νεφώσεων) (ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010). Στον Πίνακα 2.4 δίνονται μέσες τιμές για την μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για διάφορες περιοχές της Ελλάδος. Οι τιμές αυτές υπολογίστηκαν από την επεξεργασία μετρήσεων της μέσης μηνιαίας ηλιοφάνειας (hr/mo) με χρονική διάρκεια πάνω από 30 έτη για τις περισσότερες περιοχές, οι οποίες

παραχωρήθηκαν από την ΕΜΥ. Επίσης, στον Πίνακα 2.5, αναφέρονται η συγκεντρωτική αναμύνα μέση ημερήσια ακτινοβολία και μηνιαία θερμοκρασία για την Ελλάδα.

Περιοχή/μήνας ΙΑΝ ΦΕΒ ΜΑΡ ΑΠΡ ΜΙΑ ΙΟΥΝ ΙΟΥΛ ΑΥΓ ΣΕΠ ΟΚΤ ΝΟΕ ΔΕΚ

Αθήνα (Ελληνικο) 63,0 79,0 117,7 154,3 195,4 214,0 222,4 202,7 152,6 109,0 70,7 55,7

Αθήνα (Φιλαδέλ) 63,3 77,7 118,9 152,7 190,4 207,4 214,5 198,6 156,0 111,1 68,1 54,4

Αγρίνιο 63,5 78,3 119,4 148,4 189,9 214,1 224,2 200,3 151,3 109,8 69,8 55,1

Αγχιάλος 61,3 74,3 112,5 149,2 189,7 212,7 217,4 195,1 146,8 98,8 63,1 51,5

Αλεξανδρούπολη 50,7 68,9 107,3 141,8 182,8 205,8 211,6 192,3 144,2 99,4 57,8 43,7

Αλιάρτος 51,0 70,0 114,0 158,0 206,0 216,0 220,0 204,0 153,0 102,0 66,0 49,0

Ανδραβίδα 68,4 83,4 128,4 159,5 200,2 220,6 228,4 205,5 156,1 115,6 75,2 60,1

Αραξος 62,6 78,6 119,7 155,6 196,1 210,9 217,8 197,6 152,4 110,2 69,4 54,6

Άργος (Πυργέλα) 68,7 83,6 127,7 159,5 202,5 220,6 229,0 206,4 157,2 115,5 74,8 59,2

Αργοστόλι 65,0 80,0 124,9 157,3 204,3 219,4 226,1 203,1 155,6 112,6 72,6 56,1

Ζάκυνθος 64,2 77,6 110,1 158,8 190,8 200,1 218,5 203,8 154,0 104,3 65,4 52,8

Άρτα 65,5 79,7 120,4 149,1 190,2 211,2 218,1 196,4 150,6 110,0 69,5 56,2

Ηράκλειο 65,6 81,6 125,0 166,5 207,3 222,4 227,1 207,0 163,0 117,3 78,6 61,2

Θεσσαλονίκη 52,6 67,5 103,2 140,7 179,1 198,6 209,5 184,7 136,7 91,4 56,6 45,5

Ιεράπετρα 73,0 89,0 137,0 174,0 210,0 220,0 224,0 205,0 165,0 125,0 89,0 69,0

Ιωάννινα 51,8 66,4 105,2 134,9 178,3 202,1 212,0 190,3 136,5 96,1 57,6 45,1

Καλαμάτα 68,2 82,3 126,1 156,2 198,7 216,0 222,0 200,9 154,9 114,5 75,2 59,3

Καστοριά 57,6 71,3 111,2 141,1 173,6 201,8 206,3 185,5 138,5 97,0 60,0 47,7

Κέρκυρα 57,7 73,5 116,7 149,9 195,4 213,6 221,0 197,8 148,2 103,1 64,4 50,7

Κομοτηνή	50,0	65,0	105,0	145,0	188,0	209,0	215,0	193,0	145,0	99,0	58,0	45,0
Κόνιτσα	53,0	65,0	112,0	138,0	190,0	200,0	216,0	194,0	141,0	99,0	63,0	50,0
Κόρινθος (Βέλο)	65,4	82,8	123,4	157,9	201,7	218,3	223,2	201,9	154,2	111,9	72,0	55,2
Κύθηρα	68,0	81,0	127,0	161,0	210,0	220,0	223,0	204,0	160,0	117,0	78,0	60,0
Λαμία	59,4	73,1	113,9	150,5	188,8	210,3	214,1	193,4	145,5	100,3	65,3	52,1
Λάρισα	55,1	71,4	112,1	151,1	190,9	210,8	215,8	194,3	145,9	97,8	61,2	47,8
Λήμνος	51,1	69,6	112,3	154,3	199,5	215,3	220,9	198,5	150,8	104,6	61,3	46,0
Μεθώνη	62,0	78,0	125,0	155,0	207,0	215,0	220,0	199,0	157,0	116,0	77,0	57,0
Μήλος	56,0	67,0	120,0	175,0	213,0	223,0	226,0	205,0	164,0	112,0	77,0	52,0
Μυτιλήνη	52,0	70,0	113,0	156,0	209,0	219,0	223,0	201,0	156,0	109,0	67,0	50,0
Νάξος	60,3	77,0	122,6	161,2	204,7	220,4	224,5	204,8	159,1	115,9	73,7	55,6
Πάρος	60,0	80,0	125,0	168,0	211,0	220,0	223,0	202,0	160,0	117,0	75,0	58,0
Πάτρα	55,0	72,0	124,0	147,0	200,0	215,0	218,0	197,0	153,0	107,0	66,0	53,0
Πύργος	68,4	83,1	127,5	157,9	200,4	215,6	223,8	202,1	155,0	115,9	75,5	59,3
Ρέθυμνο	62,0	81,0	119,0	164,0	211,0	218,0	223,0	204,0	160,0	106,0	81,0	58,0
Ρόδος	69,9	85,1	130,8	164,0	203,0	217,2	225,1	204,3	158,9	120,2	79,2	61,2
Σάμος	64,9	82,1	126,7	162,5	206,8	224,9	230,6	209,6	163,7	120,5	78,6	58,5
Σέρρες	50,8	68,0	105,7	141,0	180,5	202,8	209,7	187,7	140,8	94,7	56,5	43,7
Σητεία	66,5	83,0	128,4	165,2	207,4	223,2	227,1	207,5	163,7	119,3	80,4	61,9
Σκύρος	51,2	69,1	109,9	153,3	197,2	214,2	219,7	198,8	151,7	102,5	62,9	47,7
Σούδα	65,0	81,7	130,7	166,5	208,5	221,9	228,5	209,3	163,6	116,3	76,8	60,3
Σύρος	58,0	80,0	121,0	172,0	212,0	219,0	225,0	204,0	160,0	199,0	74,0	57,0

Τανάγρα 59,1 74,2 112,7 151,9 194,0 215,4 222,0 201,3 153,1 104,5 64,7 51,2

Τρίκαλα (Ημαθ.) 57,3 72,2 105,6 140,2 178,0 202,9 206,4 185,8 138,6 94,0 59,7 49,1

Τυμπάκιο 73,4 90,5 137,5 169,0 207,8 222,9 228,7 209,8 166,3 127,2 85,9 67,7

Χανιά 62,0 80,0 124,0 167,0 212,0 220,0 225,0 205,0 161,0 111,0 78,0 59,0

Χίος 55,0 72,0 119,0 161,0 210,0 220,0 225,0 203,0 159,0 116,0 71,0 53,0

Χρυσούπολη 57,5 78,0 111,3 137,6 189,9 204,0 208,8 187,6 141,8 97,7 62,1 43,3

Πίνακας 2.4 Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{mo})$].

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ($\text{MWh}/\text{m}^2/\text{d}$)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ($^{\circ}\text{C}$)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2,27	10,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2,81	10,4
ΜΑΡΤΙΟΣ	4,09	12,1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5,72	14,8
ΜΑΪΟΣ	6,87	18
ΙΟΥΝΙΟΣ	7,89	22
ΙΟΥΛΙΟΣ	7,77	24,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7,08	25,1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	5,66	23
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	3,71	19,1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2,42	15,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1,95	11,9

Πίνακας 2.5 Μεση ημερήσια ακτινοβολία και μεση μηνιαία θερμοκρασία για την Ελλάδα.

Πηγή : Αρκούδης Γεώργιος, 2007)

Μιλώντας με αριθμούς, στα τέλη του 2003 η εγκατεστημένη ισχύς από Α.Π.Ε. (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) στην Ελλάδα εκτιμάται σε 2,2MWp, εκ των οποίων το 50% προέρχεται από Φ/Β εγκαταστάσεις. Ειδικότερα, η ετήσια παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκούς σταθμούς κατά το 2002 ήταν 2,3GWh και το 2003 2,7 GWh.

Προσπαθώντας, το κράτος να ενισχύσει την χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων και στην χώρα μας, έχει εξασφαλίσει προγράμματα ενίσχυσης των Φ/Β, με επιδοτήσεις τόσο της αγοράς και εγκατάστασης Φ/Β, όσο και της παραγόμενης ηλιακής κилоβατώρας.

Κινούμενοι προς αυτή την κατεύθυνση, τον Ιούνιο του 2006 ψηφίστηκε νέος νόμος – κίνητρο για την παράγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα και η διοχέτευσή της στο δίκτυο Μ.Τ. της ΔΕΗ Α.Ε. Συγκεκριμένα :

- * επιδοτείται σε ποσοστό 30% έως 55% η αρχική αξία του συστήματος,
- * το επιτόκιο σε περίπτωση δανεισμού από τράπεζα,
- * η παραγόμενη ενέργεια από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να πωλείται απευθείας στη ΔΕΗ (εγγύηση για μία 20ετία), σε τιμή η οποία θα αναπροσαρμόζεται με βάση τον πληθωρισμό ή τις αυξήσεις των τιμολογίων της ΔΕΗ και
- * εγγυάται γρήγορη απόσβεση των επενδύσεων και σημαντικά κέρδη.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τον νέο νόμο, η παρεχόμενη τιμή πώλησης της ηλιακής κилоβατώρας κυμαίνεται από 0,29έως 0,55 ευρώ ανάλογα με την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος , τον τόπο εγκατάστασης και το έτος ενεργοποίησης του. Η τιμή είναι μεγαλύτερη στα νησιά και μικρότερη στην ηπειρωτική χώρα (Πίνακας 2.6).

Οι τιμές του Πίνακα 2.6 (www.desmie.gr) :

α) μπορεί να **μεταβάλλονται** με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης που εκδίδεται μετά από γνώμη της ΡΑΕ. Για την μεταβολή αυτή λαμβάνονται κυρίως υπόψη η διεύθυνση των Φωτοβολταϊκών σταθμών στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, ο βαθμός επίτευξης των εθνικών στόχων διεύθυνσης των ΑΠΕ και οι επιπτώσεις για τον καταναλωτή από τη σχετική επιβάρυνση λόγω του ειδικού τέλους ΑΠΕ και,

β) **αναπροσαρμόζονται** κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Τράπεζα της Ελλάδος. Αν η τιμή που αναφέρεται στον παραπάνω πίνακα αναπροσαρμοσμένη κατά τα ανωτέρω, είναι μικρότερη της μέσης Οριακής Τιμής του Συστήματος, όπως αυτή διαμορφώνεται κατά το προηγούμενο έτος, προσαυξημένης κατά 30%, 40% και 40% αντίστοιχα για τις περιπτώσεις Α, Β και Γ του ανωτέρω πίνακα, η τιμολόγηση γίνεται με βάση τη μέση Οριακή Τιμή του Συστήματος του προηγούμενου έτους, προσαυξημένη κατά τους αντίστοιχους ως άνω συντελεστές.

Έτος / Μήνας	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)		
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα		Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
	A	B	Γ
	>100 kW	<=100 kW	>100 kW
2009 Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2009 Αύγουστος	400,00	450,00	450,00
2010 Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00
2010 Αύγουστος	392,04	441,05	441,05
2011 Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43
2011 Αύγουστος	351,01	394,89	394,89
2012 Φεβρουάριος	333,81	375,54	375,54
2012 Αύγουστος	314,27	353,55	353,55
2013 Φεβρουάριος	298,87	336,23	336,23
2013 Αύγουστος	281,38	316,55	316,55
2014 Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56
2014 Αύγουστος	260,97	293,59	293,59
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	1,3 χμΟΤΣ _{v-1}	1,4 χμΟΤΣ _{v-1}	1,4 χμΟΤΣ _{v-1}

Πίνακας 2.6 Τιμή Πώλησης ηλεκτρικής Ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα με την πάροδο του χρόνου.

Πηγή : www.desmie.gr

Αποτέλεσμα των προσπαθειών είναι το 2011 η Ελλάδα να κατακτά τη 10η θέση στο παγκόσμιο TOP-10 των χωρών με την υψηλότερη νέα εγκατεστημένη ισχύ σύμφωνα με τα στατιστικά της διεθνούς αγοράς φ/β που έδωσε στη δημοσιότητα ο ΣΕΦ. Παρόλα αυτά, η χώρα μας έχει πολύ δρόμο να διανύσει ακόμα σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία της διεθνούς αγοράς φωτοβολταϊκών (Σχήμα 2.5). Στην κατάταξη των top 5 η εγκατεστημένη ισχύς ανά κάτοικο της χώρα μας βρίσκεται στην τέταρτη θέση με 39,5 Wp ενώ στο top 10 με τη νέα εγκατεστημένη ισχύ κατέχουμε τη δέκατη θέση με 426 MWp. Στο μερίδιο της εγκατεστημένης ισχύς το ποσοστό της Ελλάδας είναι 1,4% (Σχήμα 2.4). Σε ευρωπαϊκό επίπεδο η συνολική εγκατεστημένη ισχύ στη χώρα μας αυξήθηκε σε 631 MWp από 205 MWp που ήταν το 2010 (Πίνακας 2.7) και έφτασε στα 631,3 MWp το 2011 (Πίνακας 2.8).

2010	ΔΙΑΣΥΝΔΕΛΕ ΜΕΝΑ	ΑΥΤΟΝ ΟΜΑ	ΣΥΝΟΛΟ
Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (MWp)	150,3	0,1	150,4
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (MWp)	198,5	6,9	205,4

Πίνακας 2.7 Ετήσια συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών σταθμών για το έτος 2010

Πηγή : Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ)

2011	ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ	ΑΥΤΟΝΟΜΑ	ΣΥΝΟΛΟ
Ετήσια εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (MWp)	425,8	0,1	425,9
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών (MWp)	624,3	7	631,3

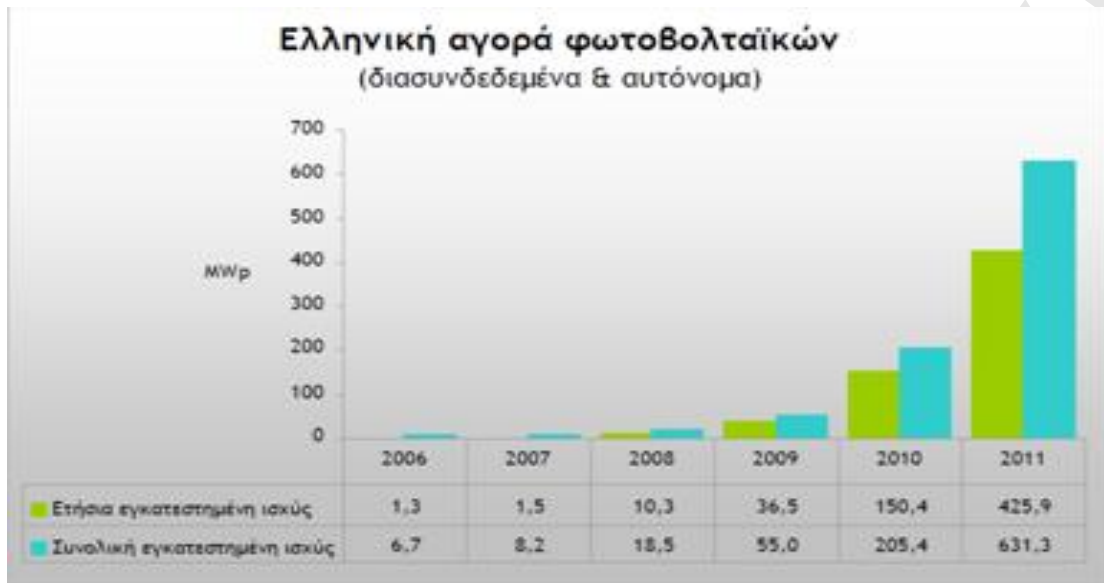
Πίνακας 2.8 Ετήσια συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών σταθμών για το έτος 2011

Πηγή : Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ)

Τα στατιστικά στοιχεία που παρουσιάζονται στα ακόλουθα Σχήματα 2.7, 2.8 και 2.9, προέκυψαν από το άθροισμα τριών (3) κατηγοριών :

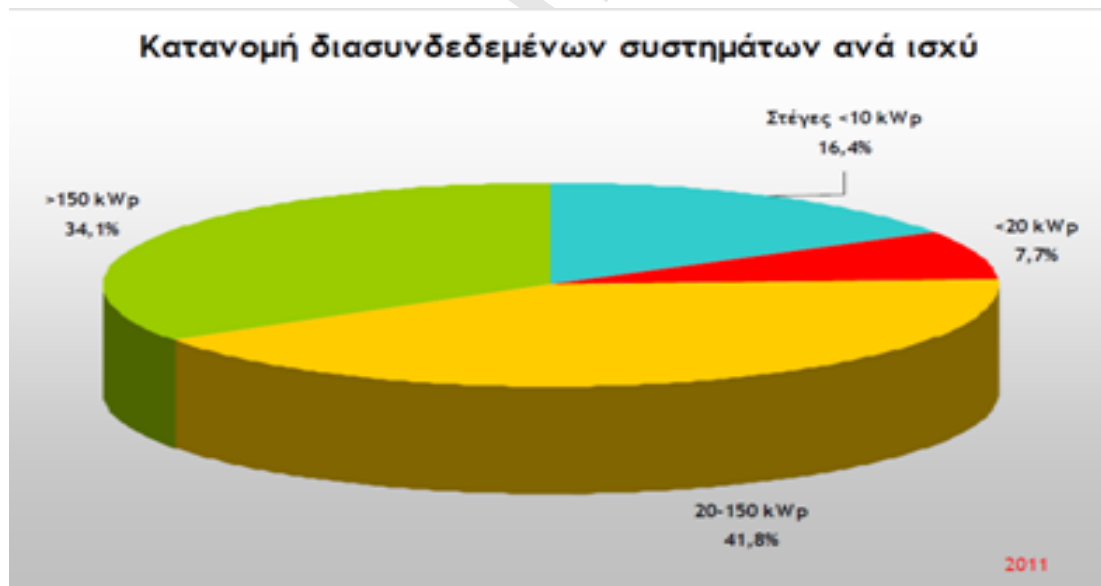
- ❖ φωτοβολταϊκά συστήματα άνω του 1 MW,
- ❖ φωτοβολταϊκά συστήματα στα μη διασυνδεδεμένα νησιά,
- ❖ φωτοβολταϊκά συστήματα στις στέγες έως και 10 kW

Συγχρόνως, παρατηρείται, ότι κατά την διετία 2010 - 2011 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων τριπλασιάζεται (Πίνακες 2.7 και 2.8). Αυτό οφείλεται κατά το μεγαλύτερο μέρος στην θέσπιση του ν. 3851/2010 με τον οποίο απλοποιείται η αδειοδοτική διαδικασία, πόλος έλξης πολλών επενδυτών.



Σχήμα 2.7 Η Ελληνική αγορά των φωτοβολταϊκών πάρκων.

Πηγή : Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ)



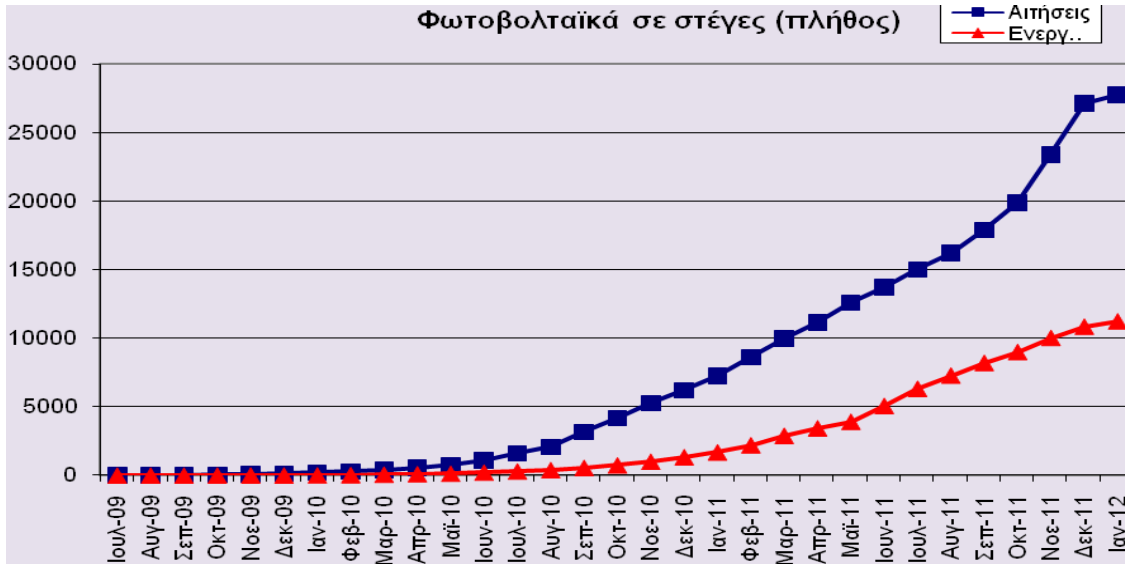
Σχήμα 2.8 Κατανομή των διασυνδεδεμένων πάρκων με βάση τις αιτήσεις τους.

Πηγή : Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ).



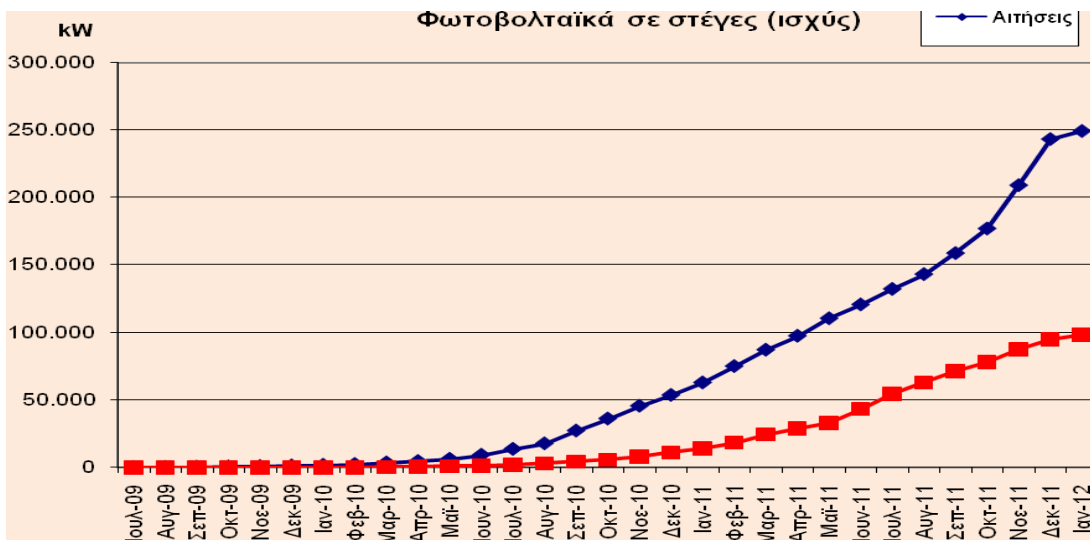
Σχήμα 2.9 Κατανομή των διασυνδεδεμένων πάρκων με βάση την εγκατεστημένη τους ισχύς.
Πηγή : Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ).

Στα διαγράμματα που ακολουθούν (Σχήματα 2.10 και 2.11) παρουσιάζεται το πλήθος των αιτήσεων και η εγκατεστημένη ισχύς των ενεργοποιημένων και μη φωτοβολταϊκών έως και 10 kW (Ειδικό Πρόγραμμα) που αφορούν την Ηπειρωτική Ελλάδα και τα Διασυνδεδεμένα νησιά. Διαπιστώνεται ότι, τα οικιακά συστήματα με την Υπουργική Απόφαση (25-8-2010) “Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς” κατά την οποία δεν χρειάζεται πλέον άδεια εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, όπως ίσχυε μέχρι πρότινος παρά μόνο μια απλή γνωστοποίηση έναρξης εργασιών στο ΔΕΔΔΗΕ κατά την κατάθεση του φακέλου για σύνδεση του συστήματός σας με το δίκτυο, αυξάνονται με εκθετικό ρυθμό. Ειδικότερα, τον Αύγουστο του 2010 τα ενεργοποιημένα φωτοβολταϊκά του Ειδικού Προγράμματος ήταν 400 (εγκατεστημένης ισχύος 3.187,051 kW) σε αντίθεση με τον Ιανουάριο του 2012 όπου το πλήθος τους σχεδόν τριπλασιάστηκε, αγγίζοντας τα 11.201 (εγκατεστημένης ισχύος 98.391,64 kW) .



Σχήμα 2.10 Σύνολο φωτοβολταϊκών παρκων που εντάσσονται στο Ειδικό Πρόγραμμα των Στεγών.

Πηγή : Στατιστικά Στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.



Σχήμα 2.11 Σύνολο φωτοβολταϊκών παρκων που εντάσσονται στο Ειδικό Πρόγραμμα των Στεγών.

Πηγή : Στατιστικά Στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι 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.

2.4 Τεχνοοικονομική αξιολόγηση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

2.4.1 Κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης

Η απόφαση για την προώθηση μιας επένδυσης είναι ιδιαίτερα σημαντική και είναι απαραίτητο πριν από τη λήψη της απόφασης να διερευνηθεί η χρηματοοικονομική αποδοτικότητα του εξεταζόμενου σχεδίου επένδυσης, για τον ίδιο τον επενδυτή.

Η διαδικασία της οικονομικής ανάλυσης περιλαμβάνει σύνθεση των στοιχείων κόστους και οφέλους της επένδυσης, με χρονική κλιμάκωση ή συνολικά, ανάλογα αν λαμβάνεται υπ' όψη ή όχι η χρονική αξία του χρήματος. Πιο αναλυτικά πρέπει να εκτιμηθούν τα εξής στοιχεία (Ζερβός, 2006, Κάραλης, 1997) :

- ◆ το συνολικό κόστος της επένδυσης και η σχεδιαζόμενη χρονική κατανομή των εκροών.
- ◆ Το κατάλληλο χρηματοδοτικό σχήμα δηλαδή το ύψος του μετοχικού και των δανειακών κεφαλαίων καθώς και οι όροι επιχορήγησής τους.
- ◆ Το ύψος του απαραίτητου κεφαλαίου κίνησης.
- ◆ Ο προβλεπόμενος χρήσιμος χρόνος ζωής της επένδυσης.
- ◆ Οι πωλήσεις και τα αναμενόμενα έσοδα.
- ◆ Το λειτουργικό κόστος της επιχείρησης.
- ◆ Η πιθανή υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος του χρήσιμου χρόνου ζωής της.
- ◆ Το νομικό και οικονομικό περιβάλλον μέσα στο οποίο θα λειτουργήσει η επιχείρηση και το οποίο καθορίζει το ύψος των φορολογικών συντελεστών, το ρυθμό απόσβεσης των παγίων περιουσιακών στοιχείων, τις πιθανές επιχορηγήσεις από την πολιτεία και το προβλεπόμενο ύψος του πληθωρισμού.

2.4.1.1 Καθαρή παρούσα αξία (NPV)

Η καθαρή παρούσα αξία, γνωστή με τα αρχικά NPV εκφράζει την αξία σε χρηματικές μονάδες, που προκύπτει από την προεξόφληση στο παρόν όλων των καθαρών χρηματοροών κάθε έτους (διαφορά μεταξύ των μελλοντικών ταμειακών εισροών ή εσόδων και εκροών ή εξόδων) για ολόκληρο τον χρονικό ορίζοντα λειτουργίας του σχεδίου επένδυσης.

Υπολογίζεται από τον εξής γενικό τύπο (Ζερβός, 2006, Κάραλης, 1997) :

$$NPV = \sum_{t=1}^n (C_t * [(1 + i)^{-t}])$$

όπου:

i το επιτόκιο προεξόφλησης.

t η περίοδος προεξόφλησης.

n το σύνολο των χρονοσειρών ή ροών.

Η NPV είναι αξιόπιστη μέθοδος αξιολόγησης γιατί μετατρέπει τις μελλοντικές ροές αξιών του σχεδίου επένδυσης σε παρούσες αξίες, δηλαδή αυτές που ισχύουν τη στιγμή που παίρνεται η απόφαση. Η ίδια η τιμή της NPV δεν έχει κάποια συγκεκριμένη σημασία. Αυτό που ενδιαφέρει είναι αν είναι θετική ή αρνητική.

Γενικά ισχύει:

- NPV > 0 : η αποδοτικότητα είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και το σχέδιο επένδυσης είναι αποδεκτό.
- NPV < 0 : η αποδοτικότητα είναι μικρότερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και το σχέδιο επένδυσης απορρίπτεται.
- NPV = 0 : η αποδοτικότητα είναι οριακή και η αποδοχή του σχεδίου επένδυσης εξαρτάται και από άλλους παράγοντες.

2.4.1.2 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης επένδυσης (IRR)

Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (Internal Return Rate IRR) είναι το υπολογιζόμενο επιτόκιο (εσωτερική αποδοτικότητα) με το οποίο η παρούσα αξία των ταμειακών εισροών είναι ίση με την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών (άθροιση καθαρών χρηματοροών όλου του χρονικού ορίζοντα του σχεδίου επένδυσης ίση με το μηδέν).

Με άλλα λόγια είναι ένα μοναδικό εσωτερικό επιτόκιο που κάνει την προηγούμενη NPV να είναι μηδέν.

Σε μαθηματική έκφραση το κριτήριο αυτό διατυπώνεται ως εξής (Ζερβός,2006,Κάραλης ,1997) :

$$NPV = \sum_{t=0}^n (C_t * [(1 + IRR)^{-t}] = 0$$

Από τη σύγκριση της τιμής του IRR με το επίσημο επιτόκιο της αγοράς i συμπεραίνεται η αποδοτικότητα ή μη του σχεδίου επένδυσης. Συγκεκριμένα:

- $IRR > i$: το σχέδιο γίνεται αποδεκτό.
- $IRR < i$: το σχέδιο απορρίπτεται.
- $IRR = i$: το σχέδιο θεωρείται οριακά αποδεκτό και η αποδοχή του εξαρτάται και από άλλους παράγοντες

2.4.1.3 Περίοδος αποπληρωμής κεφαλαίου

Η τιμή του κριτηρίου αυτού εκφράζει τον αριθμό των ετών που απαιτούνται για την ανάκτηση του αρχικού επενδυμένου κεφαλαίου μέσω του αθροιστικού (για μια σειρά ετών) καθαρού κέρδους της επιχείρησης.

Για να δώσει το κριτήριο αυτό αξιόπιστα αποτελέσματα πρέπει η επιχείρηση να παρουσιάζει σχετικά ομοιόμορφο ύψος ετήσιου καθαρού κέρδους. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να αφαιρούνται διαδοχικά από την τιμή του κόστους επένδυσης τα ετήσια καθαρά κέρδη P_i (για i από 1 έως N) μέχρι την επανείσπραξη του ποσού που αντιστοιχεί στο κόστος επένδυσης. Το καθαρό κέρδος υπολογίζεται στην περίπτωση αυτή μετά την αφαίρεση των φόρων (Κάραλης,1997).

2.4.1.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Με την τεχνική αυτή επιχειρείται η ποσοτική διερεύνηση των επιπτώσεων που θα έχει η διακύμανση μιας σημαντικής παραμέτρου στην οικονομικότητα της επένδυσης. Πολλές φορές οι επιπτώσεις αυτές αλληλοαναιρούνται, συχνά όμως μπορούν να οδηγήσουν σε ουσιαστική ανατροπή των αρχικών συμπερασμάτων σε σχέση με τη σκοπιμότητα προώθησης του σχεδίου επένδυσης. Συγκεκριμένα σε μια ανάλυση ευαισθησίας, υπολογίζεται η τιμή του κριτηρίου της οικονομικής αποδοτικότητας που μελετάται για μια σειρά τιμών που πιθανά θα λάβει η παράμετρος αυτή στο μέλλον. Το εύρος των τιμών που εξετάζεται είναι τέτοιο ώστε να συμπεριλαμβάνει όλες τις δυνατές αποκλίσεις γύρω από την εκτιμώμενη πιθανότερη τιμή. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας ανάλυσης μας πληροφορεί για την πιθανότητα να προκύψει η μία ή η άλλη τιμή οικονομικής αποδοτικότητας, αλλά αναδεικνύει τη σοβαρότητα που μπορεί να έχει μια λάθος εκτίμηση σε σχέση με τη μελλοντική τιμή της εξεταζόμενης παραμέτρου (Κάραλης,1997).

2.4.2 Μελέτη περιπτώσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων

Γενικά, το κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης για ένα φωτοβολταϊκό πάρκο είναι περίπου 5-5,5 €/Wp. Στο κόστος αυτό θα πρέπει να προσθέσει κανείς και τα έξοδα για πιθανή αγορά γης, τη διαμόρφωση και περίφραξη του οικοπέδου, τις μελέτες και τη σύνδεση με τη ΔΕΗ. Και πάλι ως τάξη μεγέθους και μόνο, αναφέρουμε πως το συνολικό κόστος είναι περί τα 6 €/Wp. Με άλλα λόγια, μια επένδυση σε ένα φωτοβολταϊκό σταθμό ισχύος 100 kWp είναι της τάξης των 600.000 €, ενώ μια επένδυση ισχύος 1 MW κοστίζει 5-5,5 εκατ. €. Αν σκοπεύει να βάλει κανείς σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (tracker), θα πρέπει να υπολογίσει ένα 20% παραπάνω στα κόστη του εξοπλισμού (<http://www.helapco.gr>).

Τα λειτουργικά κόστη ενός φωτοβολταϊκού σταθμού περιλαμβάνουν τα εξής:

- Κόστος συντήρησης (O&M).
- Κόστος ασφάλισης (υποχρεωτικό για τη δανειοδότηση του έργου).
- Κόστος φύλαξης (συμβόλαιο με εταιρεία security, υποχρεωτικό για τη δανειοδότηση του έργου σε περίπτωση εγκατάστασης σε αγροτεμάχιο).
- Διοικητικά κόστη (λογιστήριο, δημοσίευση ισολογισμών σε περίπτωση ΑΕ και ΕΠΕ, τηλεφωνικά τέλη για αυτόματη αποστολή δεδομένων σε ΔΕΣΜΗΕ-ΔΕΗ).

- Κόστη προσωπικού (π.χ. επιστάτη στην περίπτωση μεγάλων φωτοβολταϊκών σταθμών ή κόστη καθαρισμού των πλαισίων).

Προφανώς, τόσο το μέγεθος του σταθμού όσο και το εταιρικό σχήμα και ο τύπος εγκατάστασης επηρεάζουν τα παραπάνω κόστη. Σε γενικές γραμμές, τα παραπάνω κόστη κυμαίνονται συνήθως από 0,5% έως 2% του συνολικού κόστους της επένδυσης ετησίως.

Με τη χρήση διαφόρων λογισμικών ανάλυσης έργων καθαρής ενέργειας και επιλέγοντας φωτοβολταϊκά πάρκα εγκατεστημένα σε διαφορετική τοποθεσία και διαφορετικής ισχύος παρουσιάζονται οι ακόλουθες μελέτες για το κόστος επένδυσης τους :

1. Μελέτη συστήματος 100 KWp

Σύμφωνα με μελέτη που έγινε (Αρκούδης, 2007), επιλέγονται φωτοβολταϊκοί συλλέκτες Kyocera KC 200GHT-2 ονομαστικής ισχύος 200Wp και inverter KACO Powador συνολικής ισχύος 95 KW με βαθμό απόδοσης 95%. Συνολικά εγκαθίστανται 500 πλαίσια συνολικής ονομαστικής ισχύος 100 KWp με απώλειες περίπου 10%. Λοιπές απώλειες ισχύος 5%. Συνεπώς, η συνολική ετήσια ενέργεια που παράγει το σύστημα υπολογίζεται σε 1.225,14 KWh/KWp.

Το κόστος του συστήματος έχει υπολογιστεί ως εξής (Πίνακες 2.9 και 2.10) :

Είδος	Τιμή Μονάδας (€)	Σύνολο (€)
500 φ/β πλαίσια Kyocera KC 200GHT-2	850	425.000
3 inverters KACO Powador 30000xi	12.214,24	36.642,72
1 inverter KACO Powador 5000xi	2.411,56	2.411,56
Πλαίσιο και εξαρτήματα στήριξης, καλώδια, σύνδεσμοι, διακόπτες DC		14.000
Παρακολούθηση συστήματος με 4 SolarLog 100 e - for 1 KACO inverter	343,91	1.375,64
Μεταφορικά		11.660
Τιμή χωρίς Φ.Π.Α.		491.089,92

Τιμή με Φ.Π.Α. 19%	584.397,00
---------------------------	-------------------

Πίνακας 2.9 Κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος 100 kW.

Επιπλέον έξοδα :

Αγορά οικοπέδου	5.000 €
Ασφάλεια εγκατάστασης (ετήσια έξοδα)	0,70%
Λοιπά ετήσια έξοδα	0.90 %
Μελέτη εγκατάστασης, εγκατάσταση και έξοδα για άδειες και σύνδεση με το δίκτυο	13.000 €

Πίνακας 2.10 Κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος 100 kW.

Επομένως, το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται τελικά σε 602.397,00 €. Επίσης, η αντικατάσταση αντιστροφών θα γίνει μετά από 12 έτη.

Για την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης θεωρήθηκε (Αρκούδης Γεώργιος, 2007) :

- Ποσοστό ενέργειας που πωλείται στη Δ.Ε.Η. 100%.
- Διασυνδεδεμένο σύστημα και εταιρεία.
- Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης ενέργειας 3%.
- Ποσοστό επιχορήγησης 40% και ίδια κεφάλαια 25%.
- Χρόνος ζωής επένδυσης 20 έτη.
- Επιτόκιο δανείου 7,00%.
- Περίοδος αποπληρωμής δανείου 15 έτη.
- Συντελεστής αποσβέσεων 5%.
- Υπολειμματική αξία 0%.
- Συντελεστής φόρου κερδών 25%.
- Επιτόκιο αναγωγής 6%.

Με χρήση ενός υπολογιστικού εργαλείου που έχει ως βάση το υπολογιστικό πακέτο Microsoft Excel (Αρκούδης, 2007) προέκυψε ότι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης επένδυσης (IRR) είναι 14,06 %, η καθαρή παρούσα αξία (NPV) είναι 123.274,14 € και η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης ανέρχεται στα 6,4 έτη.

2. Μελέτη συστήματος 150 KW

Επιλέγονται (Νεόφυτος, 2011) φωτοβολταϊκοί συλλέκτες Schuco Πολύ-Si-MPE 210 PS 04 και 5 inverters KACO Powador συνολικής ισχύος 158 KW με βαθμό απόδοσης 89 % . Συνολικά εγκαθίστανται 715 πλαίσια με απώλειες περίπου 10%. Λοιπές απώλειες ισχύος 5%. Συνεπώς, η συνολική ετήσια ενέργεια που παράγει το σύστημα υπολογίζεται σε 224,78 KWh/KWp.

Για την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης θεωρήθηκε:

- Ποσοστό ενέργειας που πωλείται στη Δ.Ε.Η. 100%.
- Ποσοστό επιχορήγησης (δανεισμός) 70%.
- Χρόνος ζωής επένδυσης 20 έτη.
- Επιτόκιο δανείου 7,00%.
- Περίοδος αποπληρωμής δανείου 15 έτη.
- Υπολειμματική αξία 0%.
- Συντελεστής φόρου κερδών 21,5%.

Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε 570.915 € (Πίνακας 2.11). Δεδομένου ότι η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο Δίκτυο είναι στα 340 €/MWh, τα ετήσια έσοδα που πάρκου αγγίζουν τα 76.426 €.

Σύνοψη κόστους έργου	Σύνολο (€)
Κόστη κατασκευής και εγκατάστασης πάρκου	525.525
Ετήσια λειτουργία και συντήρηση πάρκου	2.500
Ετήσια πληρωμή δανείου	42.890

Πίνακας 2.11 Κόστος επένδυσης φωτοβολταϊκού πάρκου 150 kW

Με χρήση του εργαλείου RETScreen υπολογίστηκε ότι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης επένδυσης (IRR) είναι 18,2 % , η καθαρή παρούσα αξία (NPV) είναι 225.504 € και η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης ανέρχεται στα 5,5 έτη.

3. Μελέτη φωτοβολταϊκού συστήματος 1 MW

Επιλέγονται συλλέκτες Kyocera KC 200GHT-2 ονομαστικής ισχύος 200Wp. Συνολικά θα εγκατασταθούν 5000 πλαίσια συνολικής ονομαστικής ισχύος 1 MWp και απώλειες που αγγίζουν το 10%. Παράλληλα, χρησιμοποιούνται 38 inverter KACO Powador 25000xi με βαθμό απόδοσης 95%. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη διάφορες απώλειες ισχύος της τάξεως των 5%. Συνεπώς, η συνολική ετήσια ενέργεια που παράγει το σύστημα είναι 1.326,36 KWh/KWp (Αρκούδης, 2007).

Το κόστος του συστήματος έχει υπολογιστεί ως εξής (Πίνακες 2.12 και 2.13) :

Είδος	Τιμή Μονάδας (€)	Σύνολο (€)
5000 φ/β πλαίσια Kyocera KC 200GHT-2	800	4.000.000
38 inverters KACO Powador 35000xi	10.600	402.800
Πλαίσιο και εξαρτήματα στήριξης, καλώδια, σύνδεσμοι, διακόπτες DC	100.000	100.000
Παρακολούθηση συστήματος με 38 SolarLog 400 e - for 1 KACO inverter	320	12.160
Παρακολούθηση συστήματος μέσω internet με KACO Powador prolog 'XL' with INDN-Modem	1.457,81	1.457,81
Μεταφορικά		105.000
Τιμή χωρίς Φ.Π.Α.		4.621.417,81
Τιμή με Φ.Π.Α. 19%		5.499.487,19

Πίνακας 2.12 Κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος 1 MW.

Επιπλέον έξοδα :

Αγορά οικοπέδου	40.000 €
Ασφάλεια εγκατάστασης (ετήσια έξοδα)	0,70%
Λοιπά ετήσια έξοδα	1%
Μελέτη εγκατάστασης, εγκατάσταση και έξοδα για άδειες και σύνδεση με το δίκτυο	70.000 €
Σεμινάρια χειριστων φωτοβολταϊκού πάρκου	1.000 €

Πίνακας 2.13 Κόστος φωτοβολταϊκού συστήματος 1 MW.

Συνεπώς, το τελικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στα 5.610.487,19 €. Επίσης θεωρείται, ότι οι αντιστροφείς θα χρειαστούν αντικατάσταση μετά από 12 έτη.

Για την οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης θεωρήθηκε (Αρκούδης Γεώργιος, 2007) :

- Ποσοστό ενέργειας που πωλείται στη Δ.Ε.Η. 100%.
- Διασυνδεδεμένο σύστημα και εταιρεία.
- Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης ενέργειας 3%.
- Ποσοστό επιχορήγησης 40%.
- Ιδία κεφάλαια 25%.
- Χρόνος ζωής επένδυσης 20 έτη.
- Επιτόκιο δανείου 7,00% και περίοδος αποπληρωμής δανείου 15 έτη.
- Συντελεστής αποσβέσεων 5% και υπολειμματική αξία 0%.
- Συντελεστής φόρου κερδών 25%.
- Επιτόκιο αναγωγής 5%.

Με χρήση ενός υπολογιστικού εργαλείου που έχει ως βάση το υπολογιστικό πακέτο Microsoft Excel (Αρκούδης Γεώργιος, 2007) προέκυψε ότι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης επένδυσης (IRR) είναι 14,42 %, η καθαρή παρούσα αξία (NPV) είναι 1.122.578,62 € και η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης ανέρχεται στα 6,1 έτη.

Από την μελέτη των ανωτέρω φωτοβολταϊκών σταθμών προκύπτει, ότι όλες οι επενδύσεις είναι συμφέρουσες με βαθμό απόδοσης άνω του 10 %, ειδικά στην περίπτωση της επιδότησης. Αξίζει να σημειωθεί, ότι όσο μεγαλύτερο είναι ένα φωτοβολταϊκό σύστημα τόσο αποδοτικότερο είναι, λόγω οικονομίας κλίμακας, καλύτερης τιμής του εξοπλισμού (μεγάλη παραγγελία) και αυξημένης παραγωγής ενέργειας.

2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων

1. Πλεονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής που χρησιμοποιούν συμβατικές ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,. Από αυτά, τα πιο βασικά, είναι τα ακόλουθα:

- ◆ Είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Με την χρήση της ηλιακής ενέργειας, που αποτελεί μια καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, για την παραγωγή ηλεκτρισμού, αντί της χρήσης συμβατικών καυσίμων, μειώνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και άλλων βλαβερών ρύπων που απειλούν τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον.
- ◆ Αποτελούν αξιόπιστη τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρισμού και έχουν σχετικά μεγάλη διάρκεια ζωής (πέραν των 25 χρόνων).
- ◆ Η λειτουργία τους είναι αθόρυβη.
- ◆ Απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. Όπως ένας περιοδικός έλεγχος των καλωδίων και ένας καθαρισμός των επιφανειών τους είναι αρκετός για να παραμείνουν σε αποδοτική κατάσταση για πολλά χρόνια.
- ◆ Μπορεί να γίνει εύκολα η αποκατάσταση της λειτουργίας τους σε περίπτωση βλάβης και αυτό, λόγω της σπονδυλωτής μορφής του συστήματος. Επίσης μπορεί εύκολα να γίνει και επέκταση του συστήματος (με την προσθήκη νέων πλαισίων).
- ◆ Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά υλικά, αντικαθιστώντας άλλα δομικά υλικά όπως οι κεραμοσκεπές και τα ηλιοστάσια σε προσόψεις κτιρίων. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση το κόστος εγκατάστασης του συστήματος μπορεί να αυξηθεί και να μειωθεί η

απόδοση του, λόγω της τοποθέτησης των πλαισίων με κλίση (π.χ. σε προσόψεις) στην οποία μειώνεται η απόδοση του συστήματος.

- ◆ Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία μικρών τοπικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγονται οι απώλειες ενέργειας κατά την μεταφορά και διανομή του ηλεκτρισμού και το κόστος για την δημιουργία νέων γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος σε περιοχές που δεν καλύπτονται από το υφιστάμενο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρισμού.
- ◆ Η παραγωγή ηλεκτρισμού ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ακολουθεί την εποχιακή ζήτηση σε ηλεκτρισμό ενώ έχουν μέγιστη παράγωγη την περίοδο όπου υπάρχει μεγάλη ζήτηση (κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες). Έτσι οδηγούμαστε στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου και την αποφυγή τυχών διακοπών του ηλεκτρικού ρεύματος black-out.

2. Μειονεκτήματα των Φωτοβολταϊκών συστημάτων

Το βασικό μειονέκτημα των φωτοβολταϊκών είναι το σχετικά μεγάλο τους κόστος αγοράς, με αποτέλεσμα η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα να κοστίζει περισσότερο από αυτή που παράγεται με την χρήση άλλων ανανεώσιμων (αιολική ενέργεια, βιομάζα κ.τ.λ.) ή συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρελαιοειδή κ.τ.λ.). Για τον λόγο αυτό, στα πλαίσια του σχεδίου χορηγιών για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, δίνεται η ψηλότερη χορηγία/επιδότηση σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ, για την αγορά και λειτουργία φωτοβολταϊκών συστημάτων, κάνοντας τα, εκτός από μια πολύ καλή περιβαλλοντική επένδυση και μια οικονομικά βιώσιμη επένδυση. Ωστόσο, εκτιμάται ότι οι συνεχείς τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα, θα συμβάλουν στην μείωση του κόστους και στην αύξηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών, που σε συνδυασμό με τη συνεχή αύξηση στις τιμές των συμβατικών καυσίμων θα κάνουν την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων μια όλο και πιο δημοφιλή και συμφέρουσα επιλογή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- Η Νομοθετική και Αδειοδοτική διαδικασία των φωτοβολταϊκών πάρκων στην Ελλάδα.

3.1 Εξέλιξη της Ελληνικής Νομοθεσίας στις επενδύσεις των φωτοβολταϊκών.

Το 1985 ψηφίστηκε, στη Ελλάδα, ο πρώτος νόμος που αφορούσε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Από τότε ακολούθησαν πολλοί νόμοι, διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις που ήρθαν να συμπληρώσουν και να ενισχύσουν το νομοθετικό πλαίσιο στο χώρο των Α.Π.Ε. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι σχετικές νομοθετικές διατάξεις και οι υπουργικές αποφάσεις από το 1985 έως σήμερα:

✚ **N. 1559/1985 (ΦΕΚ 135Α'1985)** : “Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις”.

✚ **N.2244/1994 (ΦΕΚ Α'168/07.10.1994)** : “Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις”.

Το ελληνικό κράτος κάνει το πρώτο βήμα για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τρίτους εκτός της ΔΕΗ, δίνοντας τη δυνατότητα και σε ανεξάρτητους παραγωγούς να διεισδύσουν στον χώρο αυτόν και ιδιαίτερα στην ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

✚ **N. 2773/1999 (ΦΕΚ Α'286/22.12.1999)** : “Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις”.

Εναρμονίζεται το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας με την Οδηγία 96/92/ΕΚ, L.0092 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και προχωρά με γρηγορότερα βήματα στην απελευθέρωση της αγοράς. Με τον νόμο αυτό, δημιουργείται ένα ευνοϊκό καθεστώς για τους σταθμούς παραγωγής από ΑΠΕ, δίνοντας προτεραιότητα στην απορρόφηση της παραγόμενης από αυτούς ενέργειας έναντι των συμβατικών μονάδων (άρθρα 35-37) αλλά και ορίζοντας ιδιαίτερο τρόπο τιμολόγησής της (άρθρα 38,39).

- ✚ **Υ.Α. 2000/2002 (ΦΕΚ 158 Β΄/13.02.2002)** : “Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας”.

- ✚ **Υ.Α. 1726/2003 (ΦΕΚ 552Β΄/05.08.2002)** : “Διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας”.

- ✚ **Ν. 3468/2006 (ΦΕΚΑ΄129/27.06.2006)** : “Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις”
Σύμφωνα με τον οποίο, αφενός μεταφέρεται στο ελληνικό δίκαιο η Οδηγία 2001/77/ΕΚ, L.283 και αφ’ ετέρου προωθείται κατά προτεραιότητα, με κανόνες και αρχές, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ και μονάδες Συμπαραγωγής.

- ✚ **Κ.Υ.Α. 104247/2006 (ΦΕΚ 663Β/26-5-2006)** : “Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν.3010/2002” και ΚΥΑ 104248/2006, “Περιεχόμενο, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία των Προμελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.), των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)”.

- ✚ **Κ.Υ.Α. 49828/2008 (ΦΕΚ 2464Β/3-12-2008)** : “Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού”.

✚ **N. 3734/2009 (ΦΕΚ.Α'8/28.01.2009)** : “Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις”.

Βάσει του οποίου:

α) εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2004/8/ΕΚ για την προώθηση της Συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά και συμπληρώνεται το σχετικό νομικό πλαίσιο και,

β) αναπροσαρμόζονται τα τιμολόγια απορρόφησης της ενέργειας που παράγεται από Φωτοβολταϊκούς σταθμούς.

✚ **Κ.Υ.Α. 12323/2009 (ΦΕΚ 1079B'4-6-2009)** :“Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων”. Τον Ιούνιο του 2009, με Κοινή Υπουργική Απόφαση που εκδόθηκε κατ’ εξουσιοδότηση του Ν.3468 όπως αυτός τροποποιήθηκε με τον Ν.3734, καταρτίζεται ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών και ανοίγει ο δρόμος για την εγκατάσταση μικρών συστημάτων πάνω σε κτίρια.

✚ **N.3851/2010 (ΦΕΚ Α'85/04.06.2010)** : “Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος , Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής”. Γίνεται προσπάθεια περαιτέρω απλούστευσης και συντόμευσης της διαδικασίας αδειοδότησης νέων έργων ΑΠΕ με τον παραλληλισμό ορισμένων χρονοβόρων επιμέρους βημάτων και την κατάργηση άλλων. Ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο αυτό έχει το γεγονός ότι δεν απαιτείται πλέον Άδεια Παραγωγής ή Εξαίρεση από την ΡΑΕ για Φωτοβολταϊκούς και Ηλιοθερμικούς σταθμούς ισχύος ως και 1 MW. Επιπλέον, με τον Ν.3851 και την κατ’ εξουσιοδότησή του Απόφαση της Υπουργού Ανάπτυξης Α.Υ./Φ1/οικ.19598 (ΦΕΚ Β'1630/11.10.2010), καθορίστηκαν εθνικοί στόχοι για την διεύθυνση των ΑΠΕ ως το 2020 (αναθεωρήσιμοι ανά διετία):

α) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.

β) Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%.

γ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.

δ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

Η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία και κατηγορία παραγωγού φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Κατηγορίες	2014 (MW)	2020 (MW)
Υδροηλεκτρικά	3700	4650
Μικρά (0 – 15 MW)	300	350
Μεγάλα (> 15 MW)	3400	4300
Φωτοβολταϊκά (σύνολο)	1500	2200
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες της περίπτωσης (β) της §6 του αρθ.15 του Ν.3851	500	750
Λοιπές Εγκαταστάσεις	1000	1450
Ηλιοθερμικά	120	250
Αιολικά (περιλαμβανομένων των θαλασσίων)	4000	7500
Βιομάζα	200	350

Πίνακας 3.1 : Όρια σε MW για τις διάφορες τεχνολογίες Α.Π.Ε. στην Ελλάδα

Πηγή : www.lagie.gr

- ✚ **Υ.Α. 36720/2010 (ΦΕΚ 376/6-9-2010)** :“Εγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς”.

- ✚ **K.Y.A. 17149/2010 (ΦΕΚ 1497B/6-9-2010)** : “Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν. 3468/2006, όπως ισχύει, πλην ηλιοθερμικών και υβριδικών σταθμών”.
- ✚ **Υ.Α. 40158/2010 (ΦΕΚ 1556B/22-9-2010)** : “Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου περιοχές”.
- ✚ **K.Y.A.18513/2010 (ΦΕΚ 1557B’/22-9-2010)** : “Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις”
- ✚ **Υ.Α. 24839/2010 (ΦΕΚ 1901B/3-12-2010)** : “Έγγυοδοσία για την υπογραφή Συμβάσεων Σύνδεσης στα δίκτυα διανομής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής”.
- ✚ **Υ.Α.19598/2010 (ΦΕΚ 1630B/11-10-2011)** : “Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας”.
- ✚ **Υ.Α.Π.Ε./Φ1/14810 (ΦΕΚ 2373B/25-10-2011)** : "Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση ΑΠΕ".
- ✚ **Υ.Α. 16-2-2011 (ΦΕΚ 583B/14-4-2011)** : "Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια"
- ✚ **N.4001/2011 (ΦΕΚ.Α'179/22.08.2011)** : “Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις.” Δρομολογεί μεγάλες αλλαγές στην διάρθρωση και τον τρόπο λειτουργίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας με την σύσταση

ανεξάρτητων διαχειριστών για το σύστημα μεταφοράς και για το δίκτυο διανομής, καθώς και ανεξάρτητου Λειτουργού της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.

- ✚ **ΥΑΠΕ/Φ1/οικ2262 & 2266 (ΦΕΚ 97B/31-01-2012)** : "Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς".
- ✚ **N.4062/2012 (ΦΕΚ70A/30-3-2012)** : "Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ - Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ - Τροπολογίες ΑΠΕ".
- ✚ **ΥΑΠΕ/Φ1/2300/οικ16932 (ΦΕΚ Β'2317/10.08.2012)** : "Αναστολή διαδικασίας αδειοδότησης και χορήγησης προσφορών σύνδεσης για φωτοβολταϊκούς σταθμούς, λόγω κάλυψης των στόχων που έχουν τεθεί με την απόφαση Α.Υ./Φ1/οικ19598/01.10.2010 του Υπουργού Π.Ε.Κ.Α. "

Σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση αναστέλλεται :

- ◆ Η υποβολή νέων αιτημάτων στο Διαχειριστή Δικτύου για χορήγηση προσφοράς σύνδεσης σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς που απαλλάσσονται της υποχρέωσης λήψης άδειας παραγωγής (ισχύος μέχρι 1MW),
- ◆ Η εξέταση εκκρεμών αιτημάτων στο Διαχειριστή Δικτύου για χορήγηση προσφοράς σύνδεσης σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς που απαλλάσσονται της υποχρέωσης λήψης άδειας παραγωγής (ισχύος μέχρι 1MW),
- ◆ δεν περιλαμβάνονται τα φωτοβολταϊκά συστήματα του Ειδικού Προγράμματος σε κτιριακές εγκαταστάσεις (ισχύος μέχρι 10kW), για τα οποία η όλη διαδικασία (υποδοχή και εξέταση αιτημάτων, χορήγηση προσφορών σύνδεσης, υπογραφή συμβάσεων σύνδεσης κλπ) συνεχίζεται κανονικά και
- ◆ βάση της υπ' αριθμ. 699/01.08.2012 Απόφασης ΡΑΕ, η Πελοπόννησος χαρακτηρίστηκε ως περιοχή με κορεσμένο δίκτυο και κατ'επέκταση αναστέλλεται η διαδικασία υποδοχής και εξέτασης αιτημάτων για όλες τις μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (δηλ.

φωτοβολταϊκοί σταθμοί, αιολικά πάρκα, σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα – βιοαέριο, σταθμούς συμπαραγωγής, υδροηλεκτρικούς σταθμούς).

3.2. Νομοθεσία φωτοβολταϊκών για τους Αγρότες

Με την ψήφιση του Ν.3851/2010 (ΦΕΚ Α' 85/04.06.2010), το κράτος θέσπισε ευνοϊκές ρυθμίσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων από επαγγελματίες αγρότες, εφόσον πληρούν τις πιο κάτω προϋποθέσεις :

- ◆ Προσκόμιση σχετικής βεβαίωσης της επαγγελματικής τους ιδιότητας που εκδίδεται από τον ΟΠΕΚΕΠΕ με την διαδικασία που περιγράφεται στην Υ.Α. 249448 (ΦΕΚ Β' 1049/12.07.2010).
- ◆ Η εγκατεστημένη ισχύς του φωτοβολταϊκού σταθμού να μην ξεπερνά τα 100 kW,
- ◆ Ο χώρος εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος να είναι ιδιόκτητος (αφορά μόνο γεωργική γη και όχι στέγες σπιτιών).

Παράλληλα, με την ερμηνευτική Εγκύκλιο ΥΑΠΕ/26928/16.12.2010, περιγράφηκαν λεπτομερώς τα απαιτούμενα βήματα της διαδικασίας αδειοδότησης για έργα επαγγελματικών αγροτών αλλά και λοιπών επενδυτών που βρίσκονται σε Γεωργική Γη Υψηλής Παραγωγικότητας (ΓΓΥΠ) κατά την έννοια της Κ.Υ.Α.168040 (ΦΕΚ Β' 1528/7.9.2010).

Συγχρόνως, Με την Υπουργική Απόφαση Υ.Α. 19598 (ΦΕΚ Β' 1630/11.10.2010) καθορίστηκε η αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και η κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και κατηγοριών παραγωγών. Ειδικά για τα Φωτοβολταϊκά, οι στόχοι που τέθηκαν είναι:

Κατηγορία	Ως το 2014 (MW)	Ως το 2020 (MW)
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες	500	750
Λοιπές εγκαταστάσεις	1000	1450
Σύνολο	1500	2200

Πίνακας 3.2 Στόχοι φωτοβολταϊκών πάρκων για τα έτη α) 2014 και β) 2020

3.3 Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών - Μικρά Φωτοβολταϊκά σε κτίρια

Με Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ Β' 1079/2009) που εκδόθηκε κατ' εξουσιοδότηση του νόμου 3468/2006 (άρθ.14) όπως τροποποιήθηκε με τον 3734/2009 (άρθ.27Α) και ισχύει, καταρτίστηκε Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κατοικίες και άλλες κτιριακές εγκαταστάσεις. Το Πρόγραμμα αφορά σε Φωτοβολταϊκά Συστήματα ισχύος μέχρι 10 kW, που εγκαθίστανται σε στέγες, δώματα ή στέγαστρα βεραντών και συνδέονται στο δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης.

Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν :

- ✓ περιλαμβάνει όλη την Επικράτεια (για την Κρήτη ορίζεται όριο ισχύος 10 kW, ενώ για τα υπόλοιπα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά 5 kW),
- ✓ φυσικά πρόσωπα μη επιτηδευματίες ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες που κατατάσσονται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, τα οποία έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το Φωτοβολταϊκό ή όντας κύριοι οριζόντιας ιδιοκτησίας του κτιρίου, τους έχει εγγράφως παραχωρηθεί η χρήση του χώρου για τον σκοπό αυτό,
- ✓ Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) καθώς και τα Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα. Σε αυτή τη περίπτωση, το δικαίωμα εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού στο κτίριο, τη χρήση του οποίου έχει αναλάβει διαχειριστής, (π.χ. σχολική επιτροπή), παρέχεται στο διαχειριστή μετά από συναίνεση του κυρίου του κτιρίου.

Οι Προϋποθέσεις για την ένταξη στο Ειδικό Πρόγραμμα είναι:

- Η ύπαρξη ενεργού σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του Φωτοβολταϊκού, στο κτίριο στο οποίο εγκαθίσταται το σύστημα.
- Η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό με την χρήση Α.Π.Ε. όπως ενδεικτικά η ύπαρξη ηλιακού θερμοσίφωνα.
- Η μη χρηματοδότηση από άλλο πρόγραμμα.

Τέλος, με την ψήφιση του ΦΕΚ Α.Α.Π 376/06.09.2010 θέτονται πολεοδομικοί όροι κατά τους οποίους δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίρια :

- * Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων και ηλιακών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης χώρου πάνω από την απόληξη του κλιμακοστασίου και του φρεατίου του ανελκυστήρα.
- * Η διάταξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων δεν θα πρέπει να δημιουργεί χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης ή ημιωπαίθριο χώρο όπως επίσης να εμποδίζει την απρόσκοπτη προσπέλαση σε κοινόχρηστους χώρους. Σε περίπτωση ορόφου σε υποχώρηση, οι εγκαταστάσεις αυτές θα περιορίζονται στο περίγραμμα του ορόφου. Στη περίπτωση που η τοποθέτηση γίνεται σε στέγη, αυτή θα πρέπει να γίνεται εντός του περιγράμματος της στέγης, ακολουθώντας την κλίση της, ώστε να εξασφαλίζεται η αισθητική εικόνα του κτιρίου.
- * Αν τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τα ηλιακά συστήματα ψύξης και θέρμανσης χώρου τοποθετούνται στο δώμα του κτιρίου, οι αποστάσεις από το στηθαίο του δώματος θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστο 0,50 μέτρα για λόγους ασφαλείας.

Η διαδικασία για την εγκατάσταση ενός τέτοιου μικρού φωτοβολταϊκού σταθμού στη στέγη ενός κτιρίου είναι πολύ απλή και ολοκληρώνεται μέσα σε τρεις με έξι μήνες. Σε συνδυασμό δε, τόσο με την απαλλαγή του Προγράμματος από τις φορολογικές υποχρεώσεις για την διάθεση της ενέργειας στο Δίκτυο (άρθρα 3 & 6 της Κ.Υ.Α. ΦΕΚ Β'1079/2009) όσο και την τιμή πώλησης της παραχθείσας ενέργειας στη ΔΕΗ να κλιμακώνεται από 495 €/MWh τον Φεβρουάριο του 2012 έως 229,33 €/MWh τον Αύγουστο του 2019 (ΚΥΑ 2266/31-1-2012/ΦΕΚ.Β'97), έχει ως αποτέλεσμα να γίνει πόλος έλξης χιλιάδων επενδυτών.

3.4 Αδειοδοτική Διαδικασία φωτοβολταϊκών

3.4.1 Φωτοβολταϊκά Συστήματα επί Εδάφους

Απαραίτητη προϋπόθεση, για την εγκατάσταση των Φ/Β συστημάτων, είναι η απόδειξη της κυριότητας ή της νόμιμης κατοχής του γηπέδου εγκατάστασης, καθώς και της συμφωνίας του συνόλου τυχόν συνιδιοκτητών (ΥΑ 40158/2010 αρθ.1 §5).

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών επιτρέπεται στους ακάλυπτους χώρους των οικοπέδων που βρίσκονται σε περιοχές εντός σχεδίου και εντός οικισμών, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου για τις Α.Π.Ε. (Υ.Α. 16-2-2011. Άρθ.4 §1).

Τα Συστήματα αυτά διακρίνονται ανάλογα με την ισχύ τους στις παρακάτω κατηγορίες:

- I. Φ/Β συστήματα με ισχύ έως 100 kWp.
- II. Φ/Β συστήματα με ισχύ από 100 kWp έως 1000 kWp.
- III. Φ/Β συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1000 kWp.

I. Μονάδες Δυναμικότητας από 10 kWp έως 100 kWp

Τα βήματα που απαιτούνται για την αδειοδότηση είναι:

1. Αίτηση σύνδεσης στη τοπική ΔΕΗ, η οποία θα διατυπώσει προσφορά και όρους σύνδεσης με το Δίκτυο της. Η συγκεκριμένη αίτηση περιλαμβάνει:

- Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο υπογεγραμμένο από μελετητή κατάλληλης ειδικότητας.
- Τεχνικά στοιχεία και πιστοποιήσεις Φ/Β πλαισίων & αντιστροφών συνοδευόμενα από τεχνικά φυλλάδια.
- Υπεύθυνες δηλώσεις παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας & εγκαταστάτη.
- Υπεύθυνη δήλωση ότι δεν απαιτείται γνωμοδότηση της Ε.Π.Α.Ε. (στις περιπτώσεις που απαιτείται, αυτή κατατίθεται μαζί με το έγγραφο γνωστοποίησης εργασιών) (Υ.Α. 16-2-2011, άρθ.6 §4).

2. Υπογραφή Σύμβασης των Έργων Σύνδεσης με το Δίκτυο μεταξύ ΔΕΗ και Παραγωγού.

3. Υπογραφή σύνδεσης αγοροπωλησίας με τον ΛΑΓΗΕ Α.Ε.

4. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου.

5. Ενεργοποίηση της σύνδεσης του σταθμού, η οποία και

γίνεται αμέσως μετά από την επιτυχή ολοκλήρωση του ελέγχου. Εάν δε, κατά τη διενέργεια του ελέγχου διαπιστωθούν ελλείψεις ή δυσλειτουργίες στις εγκαταστάσεις του ενδιαφερόμενου, η σύνδεση θα παραμείνει ανενεργή μέχρις ότου ο ενδιαφερόμενος προβεί στις διορθωτικές ενέργειες που θα του υποδείξει ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

II. Φ/Β συστήματα ισχύ από 100 kWp έως 1000 kWp.

Τα βήματα που απαιτούνται για την αδειοδότηση είναι:

1. Αίτηση στην Περιφέρεια για Έγκριση Περιβαλλοντικών όρων (ΕΠΟ) ή βεβαίωση απαλλαγής ΕΠΟ.
2. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την αρμόδια Πολεοδομία. Για τη λήψη της έγκρισης από την Πολεοδομία, απαιτούνται βεβαίωση από Δασαρχείο ότι το γήπεδο δεν είναι σε δασική έκταση τη Δ/ση Γεωργίας της αρμόδιας Νομαρχίας αναφορικά με την αγροτική παραγωγικότητα του γηπέδου (χαμηλή, μέση ή υψηλή), βεβαίωση από την αρχαιολογία καθώς και αποδεικτικό κοινοποίησης στο ΥΠΕΚΑ (Υ.Α. 16-02-11).
3. Αίτηση στο τοπικό (<100 kWp) ή περιφερειακό (>100kWp) γραφείο του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. που θα διατυπώσει προσφορά και όρους σύνδεσης με το Δίκτυο της.

Η συγκεκριμένη αίτηση περιλαμβάνει:

- Τοπογραφικό.
- Τίτλος κυριότητας οικοπέδων (συμβολαιογραφική πράξη και πιστοποιητικό μεταγραφής στο υποθηκοφυλακείο) ή κατοχής του οικοπέδου (σε περίπτωση μίσθωσης, απαιτείται μισθωτήριο θεωρημένο από τη ΔΟΥ και αντίγραφο του τίτλου κυριότητας του ιδιοκτήτη).
- Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο υπογεγραμμένο από μελετητή κατάλληλης ειδικότητας.
- Τεχνικά στοιχεία και πιστοποιήσεις Φ/Β πλαισίων & αντιστροφών συνοδευόμενα από τεχνικά φυλλάδια.
- Υπεύθυνες δηλώσεις παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας & εγκαταστάτη.

4. Παραλαβή Προσφοράς των Όρων σύνδεσης με το δίκτυο από τον ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.
5. Υπογραφή Σύμβασης των Έργων Σύνδεσης με το Δίκτυο μεταξύ ΔΕΔΔΗΕ και Παραγωγού.
6. Υπογραφή σύμβασης Πώλησης με τον ΛΑΓΗΕ Α.Ε.
7. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου
8. Ενεργοποίηση της σύνδεσης του σταθμού, η οποία και γίνεται αμέσως μετά από την επιτυχή ολοκλήρωση του ελέγχου. Εάν κατά τη διενέργεια του ελέγχου διαπιστωθούν ελλείψεις ή δυσλειτουργίες στις εγκαταστάσεις του ενδιαφερόμενου, η σύνδεση θα παραμείνει ανενεργή μέχρις ότου ο ενδιαφερόμενος προβεί στις διορθωτικές ενέργειες που θα του υποδείξει ο ΔΕΔΔΗΕ.

III. Μονάδες Δυναμικότητας μεγαλύτερης των 1000 kWp

Τα βήματα που απαιτούνται για την αδειοδότηση είναι :

1. Αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) για έκδοση Άδειας Παραγωγής.
2. Αίτηση στον ΔΕΣΜΗΕ για προσφορά όρων σύνδεσης.
3. Έκδοση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων ΕΠΟ
4. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Εγκατάστασης
5. Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία.
6. Υπογραφή Σύμβασης των Έργων Σύνδεσης με το Δίκτυο μεταξύ ΔΕΗ και Παραγωγού.
7. Υπογραφή σύμβασης Πώλησης με ΔΕΣΜΗΕ.
8. Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου
9. Ενεργοποίηση της σύνδεσης του σταθμού

Γίνεται αμέσως μετά από την επιτυχή ολοκλήρωση του ελέγχου. Εάν κατά τη διενέργεια του ελέγχου διαπιστωθούν ελλείψεις ή δυσλειτουργίες στις εγκαταστάσεις του ενδιαφερόμενου, η σύνδεση θα παραμείνει ανενεργή μέχρις ότου ο ενδιαφερόμενος προβεί στις διορθωτικές ενέργειες που θα του υποδείξει ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

10. Αίτηση στην Περιφέρεια για έκδοση Άδειας Λειτουργίας.

Επιπλέον, απαιτείται Προσωρινή Σύνδεση για Δοκιμαστική Λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο Διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απροβλημάτιστη λειτουργία δεκαπέντε (15) ημερών, ο Διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών. (Υ.Α. 13310/2007).

3.4.2. Ειδικό πρόγραμμα στεγών.

1. Υποβολή Αίτησης Σύνδεσης στην τοπική μονάδα Δικτύου (Περιοχή).

Επισυνάπτονται τα απαιτούμενα κατά το στάδιο αυτό έγγραφα και στοιχεία. Προϋπόθεση είναι ο ενδιαφερόμενος να έχει ήδη επιλέξει τον τύπο του εξοπλισμού που θα εγκαταστήσει και να έχει εκπονηθεί η σχετική τεχνική μελέτη.

2. Ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. εξετάζει το αίτημα και προβαίνει εντός είκοσι (20) ημερών από την παραλαβή της αίτησης στην έγγραφη διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον ενδιαφερόμενο,

η οποία περιλαμβάνει την περιγραφή και τη δαπάνη των έργων σύνδεσης και ισχύει για τρεις (3) μήνες από την ημερομηνία έκδοσής της.

3. Υποβολή αίτησης κατάρτισης της Σύμβασης Σύνδεσης στην Περιοχή.

Στην αίτηση θα επισυνάπτεται:

- η έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας
- δύο Υπεύθυνες Δηλώσεις του Ν. 1599/86 του κυρίου του φωτοβολταϊκού και του υπεύθυνου για την εγκατάσταση μηχανικού.

4. Υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης

Ο ΔΕΔΔΗΕ κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης εντός είκοσι (20) ημερών από την υπογραφή της Σύμβασης Κατασκευής των έργων Σύνδεσης με το Δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

5. Υπογραφή της Σύμβασης Συμψηφισμού στα γραφεία του προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας για τον συγκεκριμένο μετρητή κατανάλωσης με τον οποίο θα γίνεται συμψηφισμός.

Η Σύμβαση υπογράφεται εντός δεκαπέντε (15) ημερών από την παραλαβή του αιτήματος.

6. Ενεργοποίηση της σύνδεσης του σταθμού, η οποία και

γίνεται αμέσως μετά από την επιτυχή ολοκλήρωση του ελέγχου. Εάν κατά τη διενέργεια του ελέγχου διαπιστωθούν ελλείψεις ή δυσλειτουργίες στις εγκαταστάσεις του ενδιαφερόμενου, η σύνδεση θα παραμείνει ανενεργή μέχρις ότου ο ενδιαφερόμενος προβεί στις διορθωτικές ενέργειες που θα του υποδείξει ο ΔΕΔΔΗΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών

4.1 Φωτοβολταϊκά απόβλητα

Σε αντίθεση με άλλου τύπου βιομηχανικά απόβλητα, τα φωτοβολταϊκά απόβλητα είναι μοναδικά καθώς μεσολαβεί πολύς χρόνος (20 – 30 χρόνια) από την στιγμή που παράγονται έως τη στιγμή που αποσύρονται. Στο Σχήμα 4.1 απεικονίζεται η παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών για την δεκαετία 1998-2008 και συνακόλουθα τα αναμενόμενα παραγόμενα απόβλητα μέχρι το έτος 2038, τα οποία βασίζονται σε :

- Ιστορικά ποσοστά,
- Στις υπάρχουσες αποδόσεις των λεπτών φιλμ και των τεχνολογιών που βασίζονται στη σιλικόνη,
- Στην απόδοση των φωτοβολταϊκών με βάση την υπάρχουσα εγγύηση.

Συνεπώς, το ποσοστό των φωτοβολταϊκών μονάδων που κατασκευάστηκαν όλα αυτά τα χρόνια συσχετίζεται με το ποσοστό των αντίστοιχων αποβλήτων που θα δημιουργηθούν υποθέτοντας ότι οι μονάδες θα αποσυρθούν αφού λήξει η εγγύηση τους όπως φαίνεται εξάλλου και στο Σχήμα 4.2. Επίσης, γίνεται εύκολα αντιληπτό, ότι το ποσοστό των αποβλήτων (που έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με τις ήδη υπάρχουσες φωτοβολταϊκές μονάδες) μπορεί να παρουσιάσει έντονες διακυμάνσεις μετά το 2030, οι οποίες οφείλονται :

- ❖ στον πραγματικό χρόνο ζωής των μονάδων και
- ❖ στην δραματική αύξηση των φωτοβολταϊκών σταθμών την τελευταία δεκαετία.

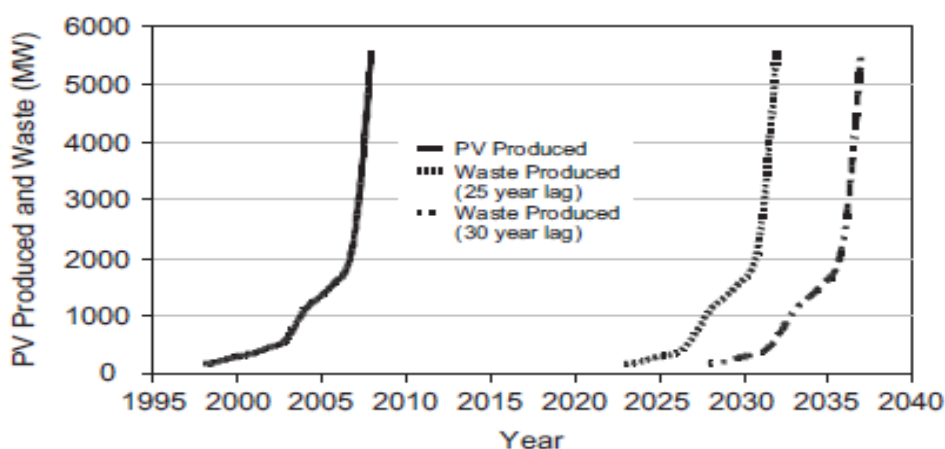


Fig. 1. Global PV production and projected waste from 1998 to 2038.

Σχήμα 4.1 Παγκόσμια Παραγωγή α) φωτοβολταϊκών συστημάτων και β) φωτοβολταϊκών αποβλήτων για το χρονικό διάστημα 1998 – 2038.

Πηγή : N.C. McDonald κ.α, (2010).

Επιπρόσθετα, ορισμένες φωτοβολταϊκές μονάδες αποτελούνται από επικίνδυνα υλικά όπως κάδμιο, τελούριο και σελήνιο. Τα ποσοστά καδμίου υπολογίζονται σε αρκετές χώρες λόγω της τοξικότητάς του. Ειδικότερα, μέσω της τροφικής αλυσίδας (πανίδα και χλωρίδα) εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό προκαλώντας ασθένειες κυρίως των οστών και των πνευμόνων. Χαρακτηριστικό, είναι το παράδειγμα της Κίνας, η οποία απαγορεύει την πώληση φωτοβολταϊκών πλαισίων που αποτελούνται από υλικά υψηλής ή χαμηλής περιεκτικότητας σε κάδμιο.

Πάντως μέχρι το 2030, δεν αναμένεται να υπάρχει ουσιαστικός όγκος φωτοβολταϊκών απορριμμάτων. Εκτιμάται ότι ο συνολικός όγκος διαθέσιμων απορριμμάτων για ανακύκλωση θα είναι 13.300 τόνοι το 2030 και 33.500 τόνοι το 2040 (Schlenker and Wambach, 2005). Συνεπώς, για λόγους ενεργειακής εξοικονόμησης έχει νόημα να ανακυκλώνονται τόσο τα ελαττωματικά πλαίσια όσο και αυτά που έχουν εξαντλήσει τα έτη λειτουργίας τους. Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζονται τα ελαττωματικά πλαίσια πριν οδηγηθούν στην ανακύκλωση.



Σχήμα 4.2 Ελαττωματικά πλαίσια πριν οδηγηθούν στην ανακύκλωση.

4.2 Διαδικασία Ανακύκλωσης

Σήμερα, η ισχύουσα νομοθεσία δεν προβλέπει την υποχρεωτική συλλογή και ανακύκλωση των φωτοβολταϊκών (κάτι που σχεδιάζει και υλοποιεί εθελοντικά η βιομηχανία φωτοβολταϊκών μέχρι να γίνει υποχρεωτικό). Συγκεκριμένα, η ευρωπαϊκή βιομηχανία φωτοβολταϊκών έχει δεσμευτεί να συλλέγει το 65% κατ' ελάχιστον των φωτοβολταϊκών που έχουν εγκατασταθεί στην Ευρώπη από το 1990 και να ανακυκλώνει το 85% των υλικών (Πρωτοβουλία PVCYCLE).

Γενικά, η πλειονότητα των φωτοβολταϊκών μονάδων (85-90% της παγκόσμιας ετήσιας αγοράς) χρησιμοποιούν πλακίδιο με βάση το κρυσταλλικό πυρίτιο c-Si, σε μία από τις δύο κύριες μορφές του :

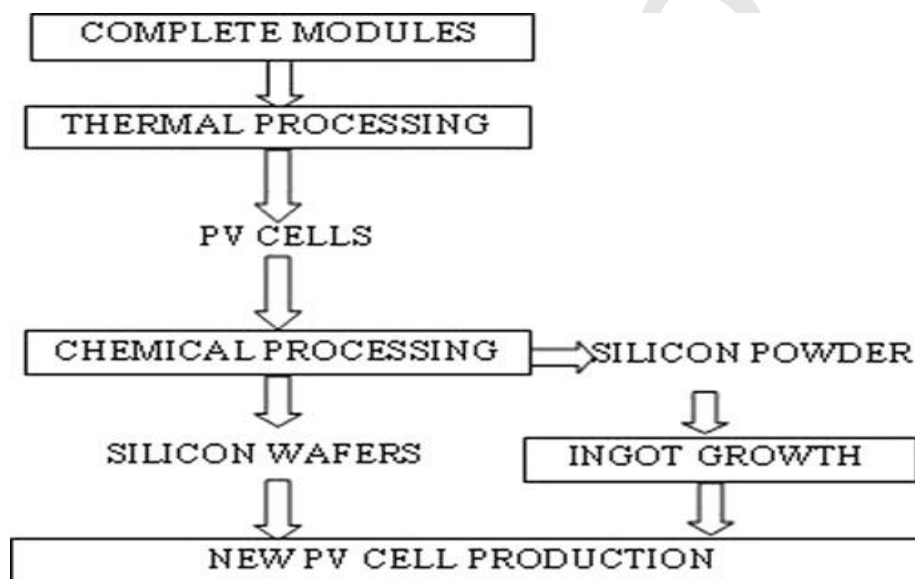
- Μονοκρυσταλλικό
- Πολυκρυσταλλικό.

Συγκεκριμένα, οι κυψέλες των φωτοβολταϊκών κυττάρων παράγονται σε μορφή κρυσταλλικού πυριτίου από γκοφρέτες πυριτίου πάχους 200-500 mm και διαστάσεις : 100 x 100 mm², 125 x 125 mm² ή 150x 150 mm². Κατά την έναρξη κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου (PVcell), σχηματίζεται μία διασταύρωση n - p ημιαγωγού στην εμπρόσθια επιφάνεια αυτών των πλακιδίων με βάση την διάχυση του ατομικού φωσφόρου και την αντιανακλαστική επικάλυψη (ARcoating) που εφαρμόζεται στο στάδιο αυτό. Στη συνέχεια, στα δύο ηλεκτρόδια

του αργιλίου και / ή αργύρου σχηματίζεται μία πάστα και στις δύο πλευρές του πλακιδίου (δηλ. μπροστά και πίσω) {A.W. Czanderna κ.α., 43 (1996)}.

Βάσει των παραπάνω, η διαδικασία της ανακύκλωσης των φωτοβολταϊκών κυττάρων περιλαμβάνει δύο στάδια (Σχήμα 4.3) :

- ⓐ Θερμική Απελασματοποίηση : καθώς το αιθυλενικό – οξικό βινύλιο απομακρύνεται, υλικά όπως το γυαλί, το πλαίσιο αλουμινίου, ο χάλυβας, ο χαλκός και τα πλαστικά διαχωρίζονται,
- ⓑ Καθαρισμός της επιφάνειας των φωτοβολταϊκών ηλιακών κυττάρων : τα ανεπιθύμητα (antireflection layer, metal coating and p–n semiconductor), απομακρύνονται από τα ηλιακά κύτταρα πυριτίου με αποτέλεσμα το υπόστρωμα πυριτίου μπορεί να ανακτηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί.



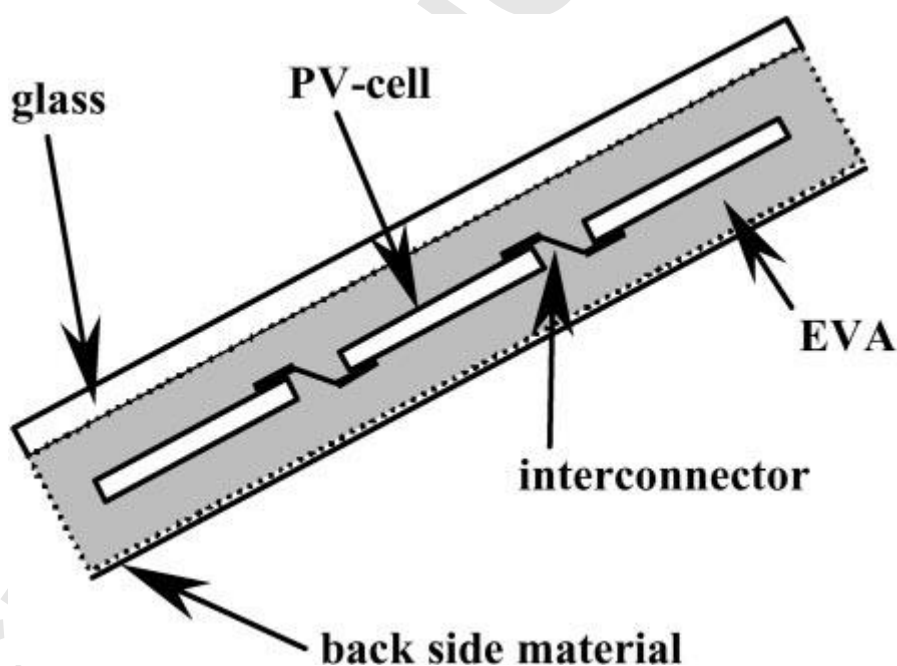
Σχήμα 4.3 Διαδικασία ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών κυττάρων

Πηγή : Ewa Klugmann-Radziemska κ.α. (2010).

4.3 Τεχνολογίες ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών πλαισίων.

4.3.1. Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών πλαισίων κρυσταλλικού πυριτίου - Μέθοδος του οργανικού διαλύτη.

Είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος ανακύκλωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων τύπου κρυσταλλικού πυριτίου. Συγκεκριμένα, ένα κομμάτι γυαλιού, τοποθετείται στην πλευρά εκείνη από την οποία προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία, προκειμένου να δώσει μηχανική αντοχή, ανθεκτικότητα και οπτική διαφάνεια. Τα μονο- κρυσταλλικά ή πολυκρυσταλλικά κύτταρα πυριτίου έχουν εγκλειστεί με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας και τη χρήση του EVA (αιθυλένιο-οξικό βινύλιο), το οποίο εμφανίζει εξαιρετική αντοχή στην υγρασία. Από την άλλη πλευρά του πλαισίου τοποθετούνται πλαστικά φθοριούχα φιλμ στην επιφάνειά ώστε να επιτευχθεί η προστασία της (Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.4 Γενική δομή του κρυσταλλικού πυριτίου (c-Si) στο φωτοβολταϊκό κύτταρο.

Για την ανάκτηση των φωτοβολταϊκών κυττάρων, έχουν προταθεί οι ακόλουθες μέθοδοι :

- ◆ Η μέθοδος του νιτρικού οξέος (T.M. Bruton et al., 1994.),
- ◆ η διαδικασία της θερμικής αποσύνθεσης (J. R. Bohland, et al., 1997.) και
- ◆ μία ρευστοποιημένη μέθοδος καύσης (L. Frisson et al, 1998).

Στις παραπάνω μεθόδους, τα ηλεκτρόδια της επιφάνειας απομακρύνονται από τα φωτοβολταϊκά κύτταρα είτε μέσω μίας διαδικασίας υψηλή σε θερμοκρασία (τα μέταλλα των ηλεκτροδίων αλλοιώνονται) είτε μέσω μιας διαδικασίας οξέος.

Τα χαρακτηριστικά των μεθόδων αυτών συνοψίζονται στον Πίνακα 4.1 :

Table 1
Various methods for module recycling

Methods	Recovery target	Treatment condition	Undesirable problems	Reference	Organization country
Nitric acid dissolution	Wafer from module	60°C 25 h	Acid waste fluid, NO _x gases, re-processing	1994, Bruton et. al.	BP Solar, UK
Thermal de-composition in inert gas	Cell from 1 cell module	520°C – 90 min	Thermal diffusion of silver, degradation of PV cell, NO _x gases	1997, Bohland et. al.	Solar Cells Inc., USA
Fluidized bed combustion	Wafer from module	450–470°C – 30 min.	Re-processing, degradation of PV cell, NO _x gases	1998, Frisson et. al.	SOLTECH, Belgium

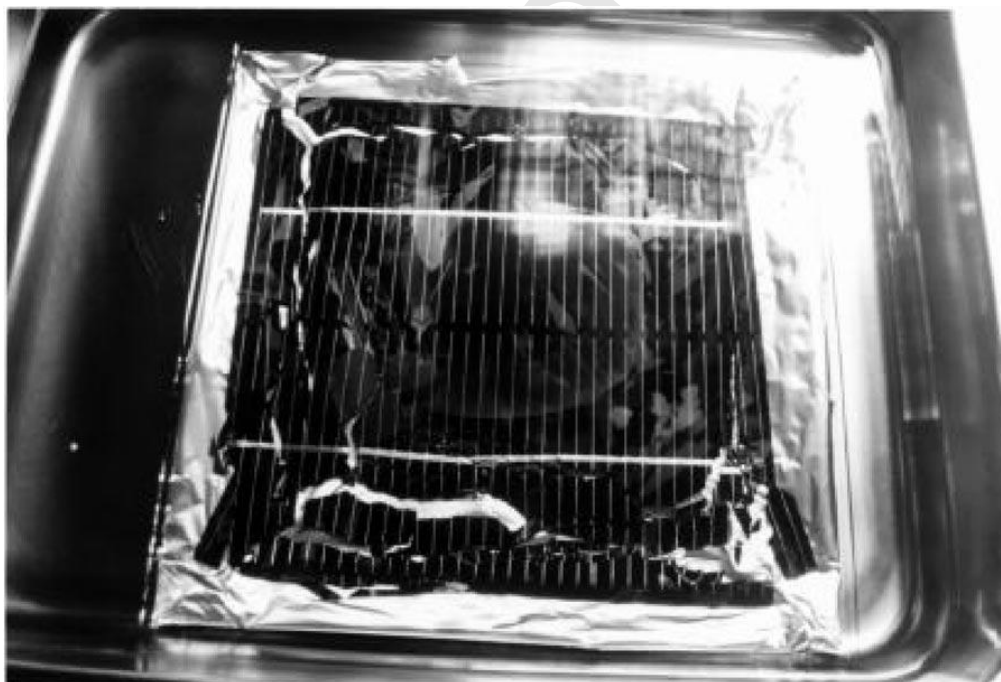
Πίνακας 4.1 : Χαρακτηριστικά των τριών μεθόδων α) μέθοδος του νιτρικού οξέος, β) διαδικασία της θερμικής αποσύνθεσης και γ) ρευστοποιημένη μέθοδος καύσης.

Πηγή : Takuya Doi κ.α., (2001) .

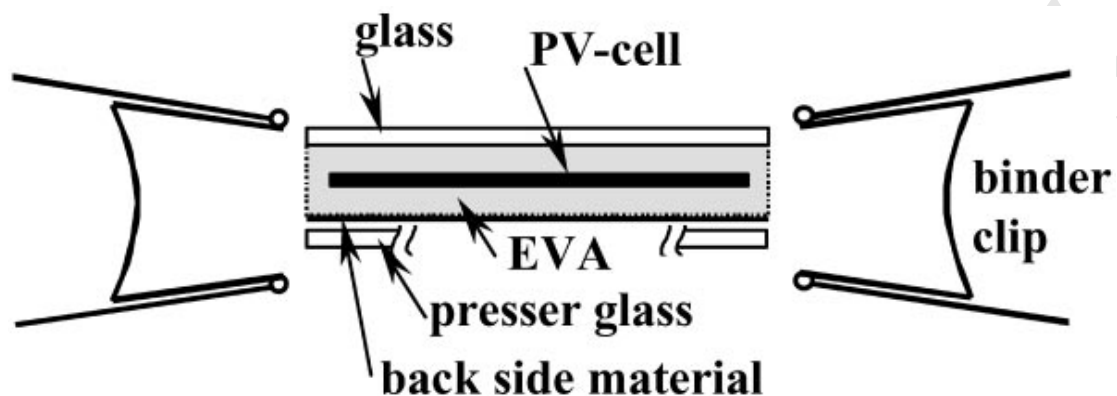
Με σκοπό την επιβεβαίωση της εφαρμοσιμότητας του οργανικού διαλύτη με τη συμβατική μέθοδο των φωτοβολταϊκών κυττάρων, ετοιμάστηκαν δείγματα τα οποία προσομοιώνουν την υπερκείμενη δομή. Η μία μονάδα κυψελών έχει μία δομή σάντουιτς από γυαλί / EVA /PV κύτταρο / EVA / φύλλο αλουμινίου. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε και ένα κύτταρο πολυκρυσταλλικού πυριτίου .

Μετά από διεργασία 15 sec σε 1553°C, τα δείγματα τέθηκαν σε τριχλωροαιθυλένιο, το οποίο αφέθηκε σε θερμοκρασία δωματίου για αρκετές ημέρες. Στην περίπτωση αυτή, το φωτοβολταϊκό κύτταρο διασπάστηκε από τη διόγκωση του EVA (Σχήμα 4.5).

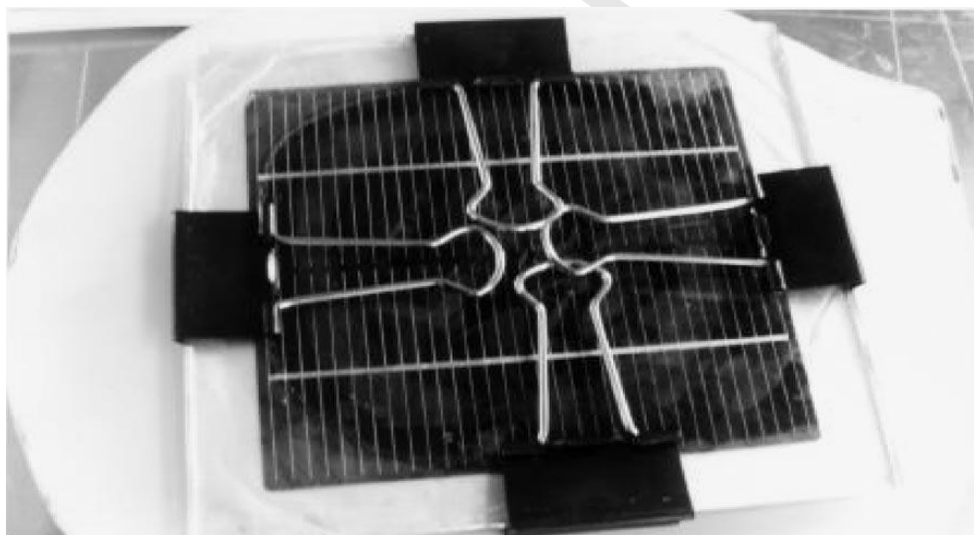
Για να κατασταλεί η διόγκωση των EVA, εφαρμόστηκε μηχανική πίεση (Σχήματα 4.6 και 4.7). Προκειμένου να μελετηθούν τα αποτελέσματα καταστολής της πίεσης και θερμοκρασία, διεξάχθηκαν πειράματα κάτω από τρεις (3) διαφορετικές συνθήκες, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2. Εδώ, η μηχανική πίεση ρυθμίζεται από τον αριθμό των φύλλων του γυαλιού ωθήσεως. Στην περίπτωση ενός πιεσμένου ποτηριού στους 803°C και μετά βύθιση της κυνέλης σε τριχλωροαιθυλένιο για 7- 10 ημέρες, θα ανακτηθεί με επιτυχία φωτοβολταϊκό κύτταρο χωρίς καμία ζημιά.



Σχήμα 4.5 Αποτέλεσμα της εφαρμογής οργανικού διαλύτη χωρίς την χρήση μηχανικής πίεσης.



Σχήμα 4.6 Δομή ενός φωτοβολταϊκού κελιού.



Σχήμα 4.7 Αποτέλεσμα χρήσης μηχανικής πίεσης.

Table 3
Effects of mechanical pressure and temperature

Condition	Results – final cell conditions
Room temp., glass × 1	Cracked (3–7days)
80°C, glass ×	Recovered without break ^a (7–10days)
80°C, glass × 2	Cracked (3–7days)

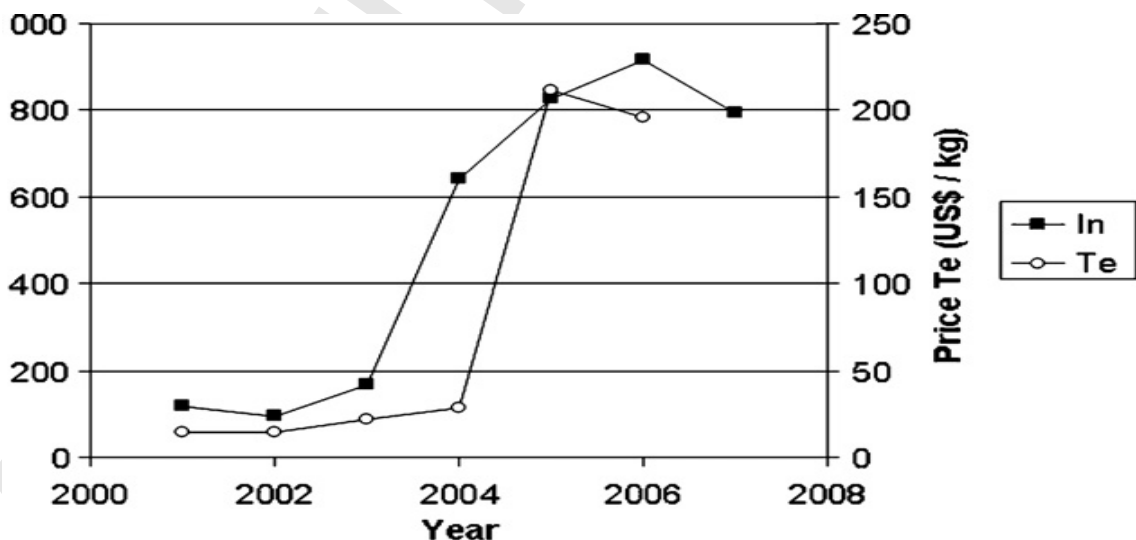
^aLarge amount of EVA fractions floated on the surface of solvent.

Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα της μηχανικής πίεσης συναρτήση της θερμοκρασίας.
Πηγή : Takuya Doi κ.α., (2001) .

4.3.2 Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών πλαισίων λεπτού υμενίου.

Η τεχνολογία λεπτών υμενίων χρησιμοποιεί υλικά από τελλουριούχο κάδμιο (telluride - CdTe) και διθείουχο ίνδιο (copper indium disulphide/diselenide-CIS) λόγω του χαμηλού κόστους παραγωγής και της χαμηλής ενέργειας που απαιτούν τα συγκεκριμένα υλικά κατά την παραγωγή τους. Στόχος είναι το μέγιστο κέρδος. Συγκεκριμένα, η ενέργεια αποπληρωμής για το CdTe είναι περίπου ένα (1) έτος (Fthenakis and Wang, 2006, Fthenakis et al, 2008) και για το CIS είναι τα 2,8 χρόνια (Raugei et al., 2007). Ωστόσο, με βάση τις μέσες τιμές που παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.8 (USGS, 2008), οι τιμές για τα παραπάνω υλικά συνεχώς αυξάνονται.

Γενικά, περίπτωση των φωτοβολταϊκών τεχνολογίας CdTe, η ανακύκλωση είναι υποχρεωτική. Με την προμήθεια των πλαισίων αυτών, ο παραγωγός δεσμεύεται με συμβόλαιο να παραδώσει τα φωτοβολταϊκά πάνελ στην κατασκευάστρια εταιρία μετά τον ωφέλιμο χρόνο ζωής τους, η δε κατασκευάστρια εταιρία δεσμεύεται να τα ανακυκλώσει και να ανακτήσει το CdTe. Στην αρχική τιμή των πλαισίων αυτών περιλαμβάνεται και το κόστος συλλογής και ανακύκλωσης, έστω κι αν κάτι τέτοιο θα συμβεί μετά από 20-30 χρόνια. Έχει δημιουργηθεί μάλιστα και ειδικό ασφαλιστικό ταμείο το οποίο διασφαλίζει τη συλλογή και ανακύκλωση των πλαισίων ακόμη κι αν εν τω μεταξύ εκλείψουν οι κατασκευάστριες εταιρίες.



Σχήμα 4.8 Αθροιστική Μέση τιμή ανά έτος της ενέργειας αποπληρωμής των CdTe (99,95%) και CIS (99,97 %).

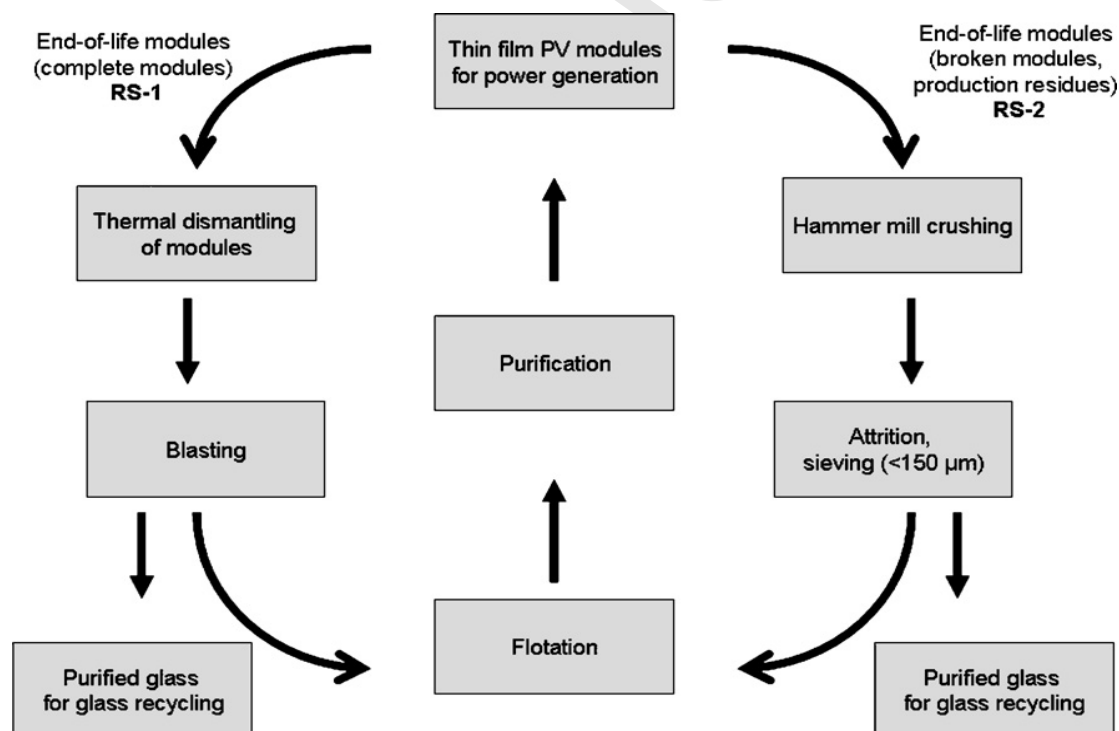
Πηγή : Wolfgang Berger κ.α. (2010).

Η ανακύκλωση των φωτοβολταϊκών λεπτού υμενίου βασίζεται σε μηχανικές διαδικασίες για τη μείωση των ποσοτήτων τόσο των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για συμβατική ανακύκλωση όσο και των αποβλήτων. Για τον λόγο αυτόν έχουν αναπτυχθεί δύο τεχνικές ανακύκλωσης :

- ανέπαφο γυαλί φορέα (RS-1) και
- σπασμένες ενότητες (RS-2).

Τα βασικά βήματα (Σχήμα 4.9) και για τις δύο τεχνικές είναι οι εξής:

- ❑ Καταστροφή του ελάσματος,
- ❑ Διαχωρισμός του ημιαγωγού από το γυάλινο υπόστρωμα,
- ❑ Εμπλουτισμός του υλικού ημιαγωγού και
- ❑ Επαναχρησιμοποίηση των ανακυκλωμένων ημιαγωγών για την παραγωγή λεπτών υμενίων.



Σχήμα 4.9 Διαγραμματική απεικόνιση των δύο (2) τεχνικών ανακύκλωσης των φωτοβολταϊκών λεπτού υμενίου.

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα λεπτών υμενίων από CdTe μπορούν να παραχθούν με τη χρήση των πιο κάτω τεχνικών:

- εξάχνωση στο χώρο,
- μεταφορά ατμού με απόθεση,
- φυσική και χημική εναπόθεση ατμού,
- εναπόθεση με καθοδική διασκόρπιση,
- εναπόθεσης οθόνης εκτύπωσης,
- ηλεκτροεναπόθεση (χρησιμοποιώντας ένα διάλυμα Cd_2^+ και HTeO_3^+) και
- εναπόθεση ψεκασμού (χρησιμοποιώντας CdCl_2 και στοιχειακό Te) (McCandless 2003).

Με εξαίρεση τις δύο τελευταίες μεθόδους, όλες οι υπόλοιπες διαδικασίες βασίζονται στη χρήση CdTe ως πρώτη ύλη λόγω της υψηλής καθαρότητας του (> 99,999%), η οποία απαιτείται για την παραγωγή των φωτοβολταϊκών κυττάρων. Οι επιπτώσεις του καδμίου και του τελλουρίου δεν περιλαμβάνονται στην αποτίμηση, επειδή εμφανίζονται μόνο σε αυτό το υπολογιστικό μοντέλο, όταν θα έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή των φωτοβολταϊκών μονάδων.

Ωστόσο, η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από Cd και Te είναι περίπου το 1% του συνόλου των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαδικασιών ανακύκλωσης και μπορεί ως εκ τούτου να θεωρηθεί αμελητέο. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης - με βάση τις επιπτώσεις από 1 kWp του CdTe, εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας - μπορούν να συγκριθούν με τα αποτελέσματα του CdTe το οποίο δεν κατεργάστηκε στην διεργασία ανακύκλωσης (RS-0). Η σύγκριση αυτή παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.3 που ακολουθεί. Λόγω της θετικής επίδρασης της ανακύκλωσης γυαλιού, η τεχνική ανακύκλωσης με τη χρήση σπασμένων μονάδων (RS-1) οδηγεί σε μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τη τεχνική χρήσης με άθικτο γυαλί φορέα (RS-2).

Επίσης, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι, τα αποτελέσματα της τεχνικής RS-2 εμφανίζουν υψηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και άλλων αερίων της έναντι της RS-1, λόγω της αύξησης της κατανάλωσης των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Πίνακας 4.3).

Impact scores for 1 m² of module area (=90 Wp) for different environmental impact categories as calculated for three alternative recycling strategies RS-0, RS-1 and RS-2.

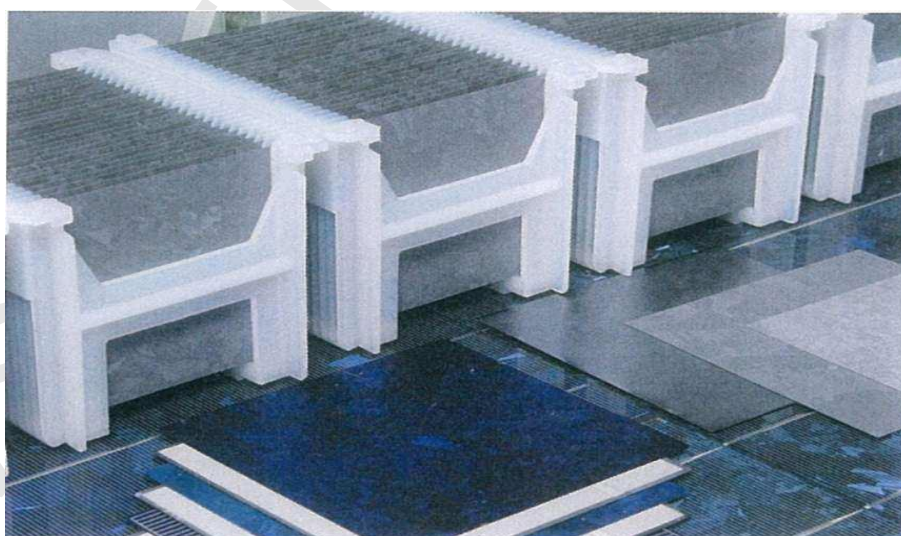
Impact category	Unit	RS-0	RS-1	RS-2
Global warming potential (GWP 100)	kg CO ₂ eq	592	413	752
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3.80E-05	3.20E-05	5.80E-05
Photochemical ozone creation potential (POCP)	kg C ₂ H ₄	0.16	0.10	0.15
Acidification potential (AP)	kg SO ₂ eq	4.23	2.50	3.65
Eutrophication potential (EP)	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.31	0.20	0.30
Non-renewable energy	MJ primary	11,158	9121	16,049

Πίνακας 4.3 Αντίκτυπος της χρήσης των τριών (3) ανακυκλώσιμων τεχνικών α) RS-0, β) RS-1 και γ) RS-1 στα διαφορετικά περιβαλλοντικά φαινόμενα.

Πηγή : Berger Wolfgang, 54 (2010).

4.3.3 Πιλοτικό εργοστάσιο ανακύκλωσης φωτοβολταϊκών πάνελ.

Το καλοκαίρι του 2003 η γερμανική Solar AG κατασκεύασε ένα πιλοτικό εργοστάσιο ανακύκλωσης πλαισίων πυριτίου στο Freiberg. Εκεί ανακυκλώνονται τόσο πλαίσια όσο και μεμονωμένα κύτταρα. Τα πλαίσια αρχικά διαχωρίζονται στα συστατικά τους σε έναν λέβητα στους 500° C. Τα αποσυναρμολογημένα κύτταρα μπορούν πλέον να καταστούν προϊόντα επεξεργασίας και να επαναχρησιμοποιηθούν. Από την άλλη πλευρά τα ανακυκλωμένα κύτταρα παρουσιάζουν ελαφρώς μικρότερη απόδοση από τα αρχικά (Σχήμα 4.10).



Σχήμα 4.10 Ανακυκλωμένα πλακίδια (wafers) στο εργοστάσιο την Solar AG

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)

5.1 Ιστορική Αναδρομή

Ο όρος **Geographic Information Systems (GIS)** χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του '60 από τον Roger Tomlinson για να περιγράψει ένα Σύστημα Ανάλυσης Χαρτογραφικών Δεδομένων, που είχε αναπτυχθεί για την καναδική κυβέρνηση, καθώς και από τον Duane Marble για να περιγράψει ένα Σύστημα Μελέτης Αστικών Κυκλοφοριακών Προβλημάτων. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών αναπτύχθηκαν και εξελίχθηκαν κατά τη διάρκεια πολλών αιώνων, βασικά μέσω της δημιουργίας χαρτών, καθώς και της συλλογής γεωγραφικών πληροφοριών και της αποθήκευσής τους σε υλικά μέσα της εκάστοτε εποχής.

Οι πρώτοι γνωστοί χάρτες σχεδιάστηκαν πάνω σε περγαμινές για να δείξουν τα χρυσορυχεία του Κοπτές κατά τη διάρκεια της βασιλείας του Ραμσή II της Αιγύπτου (1292-1225 π.Χ.), ενώ αργότερα οι αρχαίοι Έλληνες συνέταξαν τους πρώτους πραγματικούς χάρτες, χρησιμοποιώντας ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων γύρω στο 300 π.Χ. Μάλιστα, ήταν ο Έλληνας μαθηματικός, αστρολόγος και γεωγράφος Ερατοσθένης (276-194 π.Χ.), ο οποίος έθεσε τα θεμέλια της επιστημονικής χαρτογραφίας. Σημαντική ήταν και η συμβολή των Ρωμαίων, που πρώτοι εισήγαγαν την έννοια της καταγραφής των ιδιοκτησιών, αλλά και των Αράβων, των μεγάλων χαρτογράφων του Μεσαίωνα. Στους τελευταίους αιώνες, οι εξερευνητές του Μάρκο Πόλο, του Χριστόφορου Κολόμβου, του Βάσκο Ντε Γκάμα κ.ά., εκτός από την ανάπτυξη του εμπορίου, οδήγησαν και στη δημιουργία καινούργιων, καλύτερων και ακριβέστερων χαρτών.

5.2 Γενικά για τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών

ΟΡΙΣΜΟΣ : «Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανολογικού εξοπλισμού, λογισμικού, χωρικών και περιγραφικών δεδομένων με στόχο τη συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση διαχείριση, ανάλυση και παρουσίαση κάθε μορφής πληροφορίας, που αφορά το γεωγραφικό περιβάλλον.»

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών παρουσιάζουν ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και χρησιμοποιούνται από πολλούς φορείς σε πολλές δραστηριότητες. Πριν την εμφάνισή των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών στην αγορά υπήρχαν δυο ξεχωριστά είδη λογισμικού. Η πρώτη ομάδα ήταν αποκλειστικά για την διαχείριση χωρικών δεδομένων ενώ η δεύτερη ήταν κατάλληλη μόνο για τη διαχείριση περιγραφικών δεδομένων. Έτσι λοιπόν, είναι προφανές ότι κανένα από τα προγράμματα δεν είχε τη δυνατότητα ταυτόχρονης διαχείρισης χωρικών και περιγραφικών δεδομένων, το οποίο είναι απαραίτητο σε πολλές εφαρμογές. Λόγω της ευρείας αποδοχής από τους χρήστες αλλά και από τις δυνατότητες που τους προσφέρουν, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών γνώρισαν αλματώδη εξέλιξη. Στην πιο αυστηρή μορφή του είναι ένα ψηφιακό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically-referenced) πληροφορίες. Σε πιο γενική μορφή, ένα ΣΓΠ είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτη", το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από τον χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatialdata), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο Διαδίκτυο).

Τα συστήματα GIS, όπως και τα συστήματα CAD, αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό ή χαρτογραφικό ή καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Βασικό χαρακτηριστικό των ΣΓΠ είναι ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα, π.χ. μια ομάδα σημείων που αναπαριστούν θέσεις πόλεων συνδέεται με ένα πίνακα όπου κάθε εγγραφή εκτός από τη θέση περιέχει πληροφορίες όπως ονομασία, πληθυσμός κλπ.

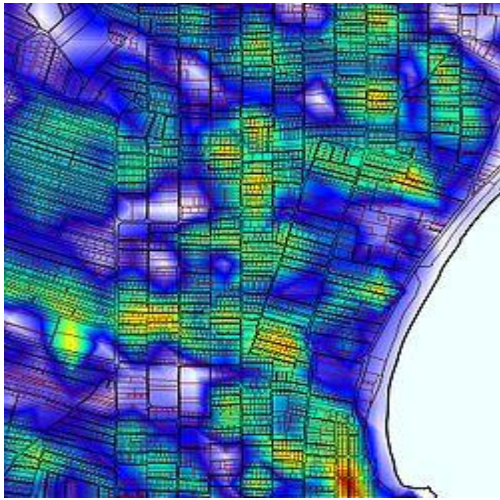
Σε σύγκριση με τους απλούς χάρτες που ξέρουμε και χρησιμοποιούμε όλοι, ένα σύστημα GIS έχει το σημαντικότερο πλεονέκτημα ότι η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται χωριστά από την αναπαράστασή τους, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα τα ίδια δεδομένα να μπορούν να αναπαρασταθούν με διαφορετικούς τρόπους. Π.χ. μπορούμε να μεγεθύνουμε τον (ψηφιακό πλέον) χάρτη, να εμφανίσουμε συγκεκριμένες μόνο περιοχές, να κάνουμε υπολογισμούς αποστάσεων μεταξύ τοποθεσιών, να δημιουργήσουμε πίνακες που να δείχνουν τα

διάφορα χαρακτηριστικά του χάρτη, να υπερθέσουμε επιπλέον πληροφορία πάνω στο χάρτη, ακόμα και να αναζητήσουμε ποιές είναι οι καλύτερες τοποθεσίες για να ιδρύσουμε τα επόμενα υποκαταστήματα της επιχείρησής μας. Φυσικά, επιπλέον όλων αυτών, ένα σύστημα GIS έχει όλα τα πλεονεκτήματα από τη χρήση των υπολογιστών, όπως διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων εύκολα και γρήγορα κ.λπ. Σήμερα, πλέον, με τις τεράστιες δυνατότητες που παρέχουν οι σύγχρονοι, εξελιγμένοι υπολογιστές, η χαρτογράφηση περνά σε μια νέα εποχή. Τα υπολογιστικά δίκτυα, οι εξομοιωτές, ακόμη και η εικονική πραγματικότητα αποτελούν τη τελευταία «μόδα» στην εξέλιξη των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, τα εμπλουτίζουν και τα βελτιώνουν σημαντικά.

5.3. Πηγές δεδομένων των Γ.Σ.Π

Οι πηγές δεδομένων των Σ.Γ.Π είναι οι εξής:

- ☞ Αναλογικοί χάρτες αφού ψηφιοποιηθούν με αυτόματο σαρωτή ή ψηφιοποιητή
- ☞ Ψηφιακά αρχεία χαρτών
- ☞ Αρχεία πινάκων ή κειμένων
- ☞ Αεροφωτογραφίες
- ☞ Ορθοφωτογραφίες και ορθοφωτοχάρτες
- ☞ Δορυφορικές εικόνες
- ☞ Αρχεία από ψηφιακές κάμερες
- ☞ Αρχεία CAD



Σχήμα 5.1 Χάρτης Οικιστικής Πυκνότητας, κατάλληλος για λήψη αποφάσεων, π.χ. ανάπτυξη υποδομών ΟΤΑ



Σχήμα 5.2 Χάρτης Πυκνότητας Πληθυσμο

Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα GIS είναι αυτή της σύνδεσης της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία (η οποία δεν έχει μόνη της χωρική υπόσταση). Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία αυτή βασίζεται :

- ❖ Είτε στο σχεσιακό (relational) μοντέλο δεδομένων, όπου τα περιγραφικά δεδομένα πινακοποιούνται χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών τιμών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων,
- ❖ Είτε στο αντικειμενοστραφές (object – oriented) μοντέλο δεδομένων, όπου τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μπορεί να μοντελοποιούν κάποια αντικείμενα με φυσική υπόσταση (π.χ. κατηγορία = «δρόμος», όνομα = « Πανεπιστημίου», γεωμετρία = «[X1,Y1],[X2,Y2]...», πλάτος = «20 μέτρα»).

Το αντικειμενοστραφές μοντέλο τείνει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές GIS εξαιτίας των αυξημένων δυνατοτήτων του σε σχέση με το σχεσιακό μοντέλο της δυνατότητας που παρέχει για την εύκολη και απλοποιημένη μοντελοποίηση σύνθετων φυσικών φαινομένων και αντικειμένων με χωρική διάσταση.

Πολλές φορές η ολοκληρωμένη έννοια των GIS (integrated GIS concept) επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τόσο τα δεδομένα (που αποτελούν ουσιαστικά τον πυρήνα τους), το λογισμικό και τον μηχανικό εξοπλισμό, όσο και τις διαδικασίες και το ανθρώπινο δυναμικό που αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα ενός οργανισμού, ο οποίος έχει σαν πρωταρχική του δραστηριότητα την διαχείριση πληροφορίας με την βοήθεια του GIS.

5.4 Λειτουργία ενός συστήματος GIS

Όλα τα δεδομένα σε ένα ΓΣΠ είναι «γεωκαταχωρισμένα», βρίσκονται δηλαδή άμεσα συνδεδεμένα με μια συγκεκριμένη γεωγραφική τοποθεσία της επιφάνειας της Γης μέσω ενός συστήματος συντεταγμένων. Ένα από τα πιο συνηθισμένα συστήματα γεωγραφικών συντεταγμένων είναι αυτό του γεωγραφικού μήκους και γεωγραφικού πλάτους. Σ' αυτό το σύστημα συντεταγμένων, κάθε τοποθεσία προσδιορίζεται σχετικά με τον Ισημερινό και τη γραμμή μηδενικού γεωγραφικού μήκους που περνά από το φημισμένο αστεροσκοπείο Γκρίνουιτς, στο Λονδίνο. Υπάρχουν, όμως, και πολλά άλλα γεωγραφικά συστήματα συντεταγμένων, συνεπώς κάθε GIS σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να μετατρέπει τις συντεταγμένες από το ένα σύστημα στο άλλο. Η χωρική πληροφορία αναπαρίσταται με δυο τρόπους:

- ◆ ως διανυσματικά δεδομένα με τη μορφή σημείων, γραμμών και πολυγώνων, ή
- ◆ ως δικτυωτά (raster) δεδομένα, οργανωμένα συστηματικά σε κελιά (όπως π.χ. μια ψηφιακή εικόνα).

Από όλα όσα αναφέραμε μέχρι τώρα, είναι προφανές ότι βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα ενός ΓΣΠ είναι ότι χρησιμοποιεί τη γεωγραφία (το χώρο) ως κοινό στοιχείο μεταξύ των διαφόρων ομάδων δεδομένων, συνδυάζοντας ισότιμα τη γεωγραφική (χαρτογραφική) και την αναλυτική (στατιστική) πληροφορία.

Ένα ΓΣΠ μπορεί να είναι αναλογικό ή ψηφιακό. Τα δεδομένα ενός αναλογικού ΓΣΠ επεξεργάζονται με το χέρι, χρησιμοποιώντας γνωστές μεθόδους, όπως επίθεση χαρτών, σχεδιασμένων σε ριζόχαρτο, κ.ά. Αντίθετα, το ψηφιακό ΓΣΠ βασίζεται στην επεξεργασία μέσω υπολογιστή.

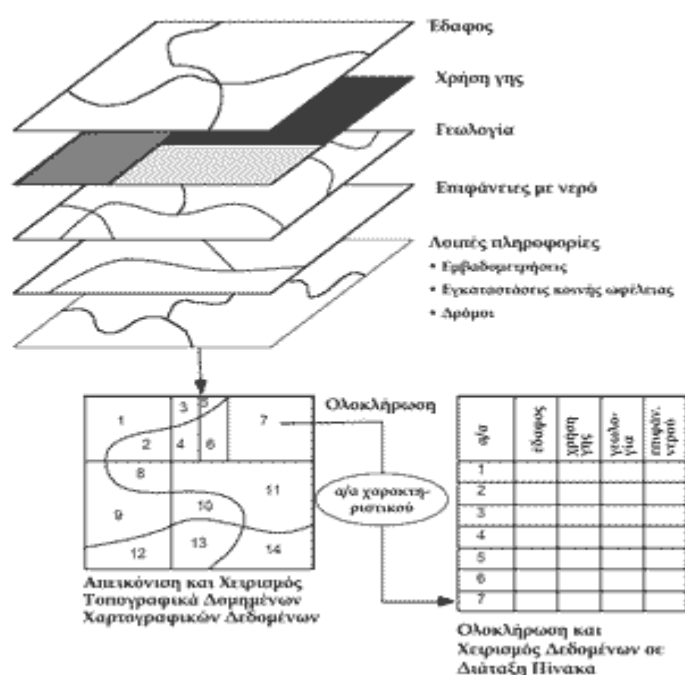
Είναι σημαντικό να τονιστεί, πως τα διάφορα συστήματα σχεδίασης (Αυτόματη Χαρτογράφηση (Automated Mapping), Χαρτογράφηση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (Computer Assisted Mapping), Σχεδίαση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (Computer Aided Design)) μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για τη σχεδίαση ενός χάρτη είτε ως υπόβαθρο ενός πληροφοριακού συστήματος, αλλά σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν τα ίδια ένα GIS.

Οι 5 βασικές συνιστώσες ενός ΓΣΠ είναι:

- Αναγνώριση και συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για τη συγκεκριμένη εφαρμογή (Data Acquisition)
- Προεπεξεργασία, δηλ. προετοιμασία των συλλεχθέντων στοιχείων, έτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν στον υπολογιστή, και εισαγωγή τους σ' αυτόν (Preprocessing),
- Ψηφιοποίηση των δεδομένων
Εισαγωγή σημείων, γραμμών, πολυγώνων, χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και στατιστικών
- Αποθήκευση των δεδομένων
Αποθήκευση πολλαπλών χαρακτηριστικών ανά πολύγωνο, συσχετισμό αριθμητικών και γραφικών δεδομένων

- Διαχείριση - Ανάλυση Δεδομένων με τη δημιουργία της Βάσης Δεδομένων (DataManagement)
Δημιουργία πολυγώνων γύρω από σημεία ή γραμμές, εκτέλεση εντολών Boolean δηλαδή ΚΑΙ, Ή και ΟΧΙ (AND.OR NO) πάνω στα διάφορα επίπεδα δεδομένων, μέτρηση μηκών και εκτάσεων, δυνατότητα εφαρμογής μοντέλων,στατική επεξεργασία κ.τ.λ.
- Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων (ManipulationandAnalysis) με διάφορες μεθόδους
Εντοπισμό σφαλμάτων, συνδυασμό και τακτοποίηση των δεδομένων μέσα στην αντίστοιχη βάση, μετατροπή των συντεταγμένων της ψηφιοποίησης σε πραγματικές συντεταγμένες (ανάλογα με την προβολή), ένωση δύο ή περισσότερων χαρτών, επιλογή τμήματος μιας περιοχής και καταχώριση σε ξεχωριστό αρχείο
- Παραγωγή Αποτελεσμάτων σε έντυπη (hardcopy) ή μη έντυπη (softcopy) μορφή (ProductGeneration)
Εξαγωγή δεδομένων στην οθόνη, σε εκτυπωτές, σε ψηφιακή μορφή, δυνατότητα έκθεσης διαγραμμάτων, πολυγώνων κ.τ.λ.

Έτσι το GIS, είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού και παρέχει μια πλατφόρμα για διαδικασίες χωρικής ανάλυσης, διαχείρισης δεδομένων και απεικόνισης.



Σχήμα 5.3 Αρχή λειτουργίας του GIS

Στο Σχήμα 5.3 παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας των GIS, όπου οι επιμέρους θεματικές βαθμίδες χαρτογραφικής πληροφορίας συνδυάζονται σε μία και μόνο οπτική απεικόνιση, η οποία συνδέεται με βάση δεδομένων για το σύνολο των χαρακτηριστικών που αυτή η απεικόνιση περιλαμβάνει. Σημειώνεται, ότι για τα χαρακτηριστικά του χάρτη (features) αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων τρεις βασικές πληροφορίες: η γεωγραφική πληροφορία, η προβολή (projection) πάνω στην οποία εκφράζεται η γεωγραφική πληροφορία και οι ιδιότητες του χαρακτηριστικού.

5.5 Χωρικά δεδομένα ενός GIS



Τα χωρικά δεδομένα ενός ΓΣΠ μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- * Περιγραφικά (Στατιστικά) Δεδομένα (AttributeData) και
- * Γεωγραφικά (Χαρτογραφικά) Δεδομένα (ChartographicData).

Ως *Περιγραφικά* (Στατιστικά) *Δεδομένα* μπορούν να οριστούν αυτά που περιγράφουν φαινόμενα τα οποία συμβαίνουν στο χώρο ή παραμέτρους, οι οποίες χαρακτηρίζουν το χώρο (π.χ. χρήση γης, ή κατάσταση ενός κτιρίου κ.λπ.). Τα δεδομένα αυτά κωδικοποιούνται, αποθηκεύονται σε Βάσεις Δεδομένων (Data Bases) και αποτελούν ένα πληροφοριακό σύστημα για το χώρο, με τη βοήθεια του οποίου είναι δυνατή η στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των στοιχείων καθώς και η Μη Χωρική Αναζήτηση Πληροφοριών (Aspatial Query) (π.χ. πόσος είναι ο πληθυσμός ηλικίας 12-18 χρόνων σε ακτίνα 200 μέτρων γύρω από ένα σχολείο).

Ως *Γεωγραφικά* (Χαρτογραφικά) *Δεδομένα* μπορούν να οριστούν αυτά, που προσφέρουν τη δυνατότητα μιας υπό κλίμακα απεικόνισης του χώρου πάνω σε ένα επίπεδο (την οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή ή το χαρτί σχεδίασης). Τα δεδομένα αυτά μπορούν να αποθηκευτούν με δύο τρόπους : Τεχνολογία Διανύσματος (Vector) ή Τεχνολογία Πλέγματος (Raster). Επίσης, μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: σε αυτά, που περιγράφουν τη Γεωμετρία (Geometry) του χώρου και σε αυτά, που περιγράφουν την Τοπολογία (Topology) του χώρου, δηλ. τη σχέση που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει τη σύνδεση, τη συνέχεια και τη γειννίαση των δομικών στοιχείων ενός χάρτη.

Τα δεδομένα που περιγράφουν τη Γεωμετρία του χώρου είναι αυτά τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα εντοπισμού ενός φαινομένου στο έδαφος και ταυτόχρονα προσδιορισμού του σχήματός του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια Σημειακών (Σημείων (Points)), Γραμμικών (Γραμμών ή Τόξων (Arcs ή Lines)) ή Επιφανειακών (Πολυγώνων ή Επιφανειών (Polygons ή Areas)) Στοιχείων.

Βασική έννοια για την οργάνωση ενός ΓΣΠ είναι η Διαστρωμάτωση της Πληροφορίας (Layers of Information, Overlay Technique). Ως Διαστρωμάτωση μπορεί να οριστεί η λογική οργάνωση της Πληροφορίας σε Επίπεδα (Layers) ομοιογενών πληροφοριών. Κατ' αυτό τον τρόπο, ένας χάρτης μπορεί να χωριστεί σε πολλά επίπεδα, καθένα από τα οποία δίνει ένα είδος πληροφορίας, περιλαμβάνοντας τα απαραίτητα, για το σκοπό αυτό, στοιχεία (π.χ. οικοδομικές γραμμές, δίκτυα υποδομής κ.λπ.).

Τα συστήματα GIS αποτελούν μια καθ' όλα ενεργό περιοχή της σύγχρονης, ψηφιακής τεχνολογίας με ετήσια ανάπτυξη 20% και τζίρους πολλών εκατομμυρίων ευρώ.

Η ικανότητα των συστημάτων αυτών να αποθηκεύουν σχέσεις ανάμεσα στα χαρακτηριστικά, πέρα από τα ίδια τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές τους, είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά ισχύος και ευελιξίας αυτής της τεχνολογίας.

5.6 Εφαρμογές του εργαλείου GIS

Σήμερα, τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο ως εργαλεία που υποστηρίζουν τις λειτουργίες επιχειρήσεων και οργανισμών. Αυτές οι λειτουργίες μπορεί να απαιτούν είτε απλά διαχείριση της γεωγραφικής πληροφορίας, είτε πιο σύνθετη επεξεργασία των χωρικών και περιγραφικών βάσεων δεδομένων, με σκοπό την παραγωγή διαφόρων αναφορών και τη λήψη αποφάσεων. Η διαχείριση της πληροφορίας με τη χρήση των GIS περιλαμβάνει:

- ✓ Σχεδιασμός και προγραμματισμός χρήσεων γης.
Δημιουργία δυναμικών ψηφιακών τοπογραφικών χαρτών, που μπορούν εύκολα να ενημερώνονται και επικαιροποιούνται μέσω της ηλεκτρονικής διαχείρισης.
- ✓ Παρακολούθηση και προστασία του περιβάλλοντος.
Δημιουργία «ψηφιακών μοντέλων εδάφους» για τρισδιάστατη απεικόνιση των χαρτών με ανάγλυφο εδάφους, κάτι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διαχείριση των ορυκτών πόρων ή των υδάτινων πόρων και στη διαχείριση των φυσικών πόρων γενικότερα.
- ✓ Καταγραφή της ιδιωτικής και δημόσιας ακίνητης περιουσίας.
Διαχείριση κτηματολογικών και πολεοδομικών δεδομένων για τη δημιουργία κτηματολογίου ή δασολογίου και για την πραγματοποίηση αναλύσεων που σχετίζονται με την αστική και περιφερειακή ανάπτυξη.
- ✓ Πολεοδομικός και χωροταξικός σχεδιασμός.
Ανάλυση, σχεδιασμό και διαχείριση δικτύων, όπως είναι για παράδειγμα η εύρεση συντομότερων διαδρομών, ο σχεδιασμός δρομολογίων, η παρακολούθηση της

κυκλοφορίας, η ομαδοποίηση των κόμβων ενός δικτύου έτσι ώστε αυτοί να εξυπηρετούνται από συγκεκριμένα σημεία (clustering and allocation problems).

- ✓ Εκτέλεση αναλύσεων και ερωτημάτων (queries) με βάση τα γεωγραφικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα: ποιο κατάστημα είναι το πιο κερδοφόρο ανά περιοχή, πόσο κοντά είναι οι ανταγωνιστές; Πού είναι οι κατάλληλες θέσεις για την κατασκευή νέου καταστήματος; ποιος είναι ο συνολικός αριθμός πελατών σε απόσταση 10 χιλιομέτρων; ποια είναι η συντομότερη διαδρομή για την εκτέλεση των παραδόσεων; σε ποια σημεία ενός δικτύου εντοπίζονται δυσλειτουργίες; πόσοι οι υποψήφιοι πελάτες σε μια περιοχή; ποιο είναι το πιο κοντινό νοσοκομείο από ένα ατύχημα; ποια χωριά βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 5 χιλιομέτρων από την εστία μίας δασικής πυρκαγιάς;
- ✓ Οπτική απεικόνιση των επιχειρησιακών δεδομένων σε χάρτες και παραγωγή γραφημάτων που μπορούν να υποστηρίξουν τη συγκέντρωση απολογιστικών στοιχείων, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με τη γεωγραφική κατανομή των πωλήσεων, του κόστους ή της πελατειακής βάσης.
- ✓ Υποστήριξη της λήψης των αποφάσεων με τη χρήση εργαλείων αναζήτησης και ανάλυσης που συνδυάζουν τα επιχειρησιακά και τα γεωγραφικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με το συνολικό σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και τη δημιουργία καναλιών διανομής.
- ✓ Σχεδιασμός δικτύων κοινής ωφέλειας (ΔΕΗ, ΟΤΕ, ύδρευση, αποχέτευση).

Στην Ελλάδα, χαρακτηριστικό παράδειγμα δημόσιας αρχής που χρησιμοποιεί της εφαρμογές των συστημάτων GIS είναι η Ρ.Α.Ε. (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας). Συγκεκριμένα, είναι η πρώτη προσπάθεια διάθεσης γεωχωρικών δεδομένων Δημόσιας Αρχής σύμφωνα με την Οδηγία (N.2882/2010 – Οδηγία INSPIRE). Ακολουθώντας, τη σύγχρονη τάση, η εφαρμογή αναπτύχθηκε με χρήση ελεύθερων λογισμικών/ λογισμικών ανοικτού κώδικα. Επιπρόσθετα, η Ρ.Α.Ε. Α.Ε. εναρμονιζόμενη με το πνεύμα του Νόμου 2882/2010, διαθέτει δωρεάν και με τον πιο

διαλειτουργικό τρόπο τα γεωχωρικά δεδομένα της, υποστηρίζοντας τη διαδικασίαμείδια μέσα. (http://www.rae.gr/site/categories_new/renewable_power/licence/gis.csp).

Στο γεωπληροφοριακό χάρτη της Ρ.Α.Ε. Α.Ε, ο κάθε επισκέπτης βρίσκει πληροφορίες για τον τρόπο κατανομής των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Ειδικότερα, με τη αξιοποίηση των Υποδομών Γεωχωρικών Πληροφοριών, απεικονίζεται ο τρόπος εξάπλωσης των φωτοβολταϊκών σταθμών, των αιολικών πάρκων, των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών, οι μικρές ανζεμογεννήτριες, οι βιομάζες και οι γεωθερμικοί σταθμοί στα γεωγραφικά διαμερίσματα της Ελλάδας (<http://www.rae.gr/geo/>).

Επιπρόσθετα, τυπικές εφαρμογές των συστημάτων GIS βρίσκονται στη διαχείριση του περιβάλλοντος και των πόρων του, στο σχεδιασμό και ανάπτυξη νέας υποδομής για οικισμούς, στις θαλάσσιες και επίγειες μεταφορές, στην ασφάλεια στη θάλασσα, στις βιομηχανίες τηλεπικοινωνιών, ύδατος και ηλεκτρικού (όπου η έμφαση δίνεται στη συντήρηση και λειτουργία των δικτύων τους), ακόμα και για στρατιωτικές εφαρμογές. Στον τομέα των στρατιωτικών εφαρμογών μάλιστα (αλλά και στις προηγούμενες), τα ΓΣΠ συνεργάζονται άψογα με το σύστημα GPS, το στρατιωτικό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης που αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ, αλλά σήμερα πλέον αποτελεί το «ευαγγέλιο» της πλοήγησης σε Ευρώπη και ΗΠΑ.

5.7 Global Positioning System (GPS)



Το GPS (Global Positioning System, Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού) ελέγχει 24 δορυφόρους μεγάλης ακριβείας που τους επιτρέπουν να εκπέμπουν ραδιοσήματα με μεγάλη ακρίβεια. Σύμφωνα με αυτό, η ακριβής θέση ενός σημείου που βρίσκεται επάνω στην επιφάνεια της γης προσδιορίζεται από τη λήψη και σύγκριση των σημάτων τριών τέτοιων δορυφόρων, η οποία μεταφράζεται στη μοναδική τομή τριών κώνων των οποίων οι κορυφές είναι οι τρεις δορυφόροι. Η τυπική ακρίβεια μέτρησης του GPS είναι $\pm 100\text{m}$ και μπορεί να φθάσει τα $\pm 10\text{m}$ με τη βοήθεια διαφορικού GPS. Το σύστημα GPS επιτρέπει τον προσδιορισμό της θέσης σημείων σε όλο τον

κόσμο 24 ώρες το 24ωρο κάτω υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες και μπορεί να συνδυαστεί άμεσα με συστήματα GIS καθώς και με συστήματα ηλεκτρονικών χαρτών και πληροφοριακών συστημάτων ECDIS (Electronic Chart Display and Information System).

Η ακρίβεια που παρέχεται από το GPS είναι καλύτερη από αυτή των ναυτικών χαρτών και άρα χρησιμότερη και ακριβέστερη για εισαγωγή σε έναν ηλεκτρονικό χάρτη πλοήγησης, που συνδυάζει ναυτική με υδρογραφική πληροφορία για απεικόνιση στον ψηφιακό χάρτη και παρέχει ένα πλήρες σύστημα πλοήγησης και προειδοποίησης που απεικονίζει τη θέση του πλοίου και άλλη πληροφορία βασική για την ασφαλή πλοήγησή του, ακουστικά και οπτικά σήματα προειδοποίησης στην περίπτωση που το πλοίο ξεφύγει της πορείας του, περνά από αβαθή νερά, επίκειται σύγκρουση με άλλα αντικείμενα κ.λπ.

Άλλη εφαρμογή του GPS είναι στις επίγειες μεταφορές. Τα συστήματα πλοήγησης αυτοκινήτων, που ήδη χρησιμοποιούνται σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες, χρησιμοποιούν απλές λειτουργίες ΓΣΠ με ψηφιακούς χάρτες και παρεμφερή πληροφορία. Σε περιοχές με αυξημένο κυκλοφοριακό, τέτοια συστήματα παρέχουν στους οδηγούς τις απαραίτητες πληροφορίες για να αποφύγουν τα μποτιλιαρίσματα και να οδηγούν με ασφάλεια. Αποτελούν ένα σύνολο από ερευνητικά προγράμματα σε Ευρώπη και ΗΠΑ, γνωστά ως Έξυπνα Συστήματα Μεταφοράς (Intelligent Transportation Systems - ITS).

5.8 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της χρήσης του GIS

Το GIS όπως και κάθε εργαλείο μελέτης παρουσιάζει τόσο πλεονεκτήματα όπως και μειονεκτήματα, τα οποία είναι τα ακόλουθα (Moore and Chow, 1987):

- ◆ Τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή με αποτέλεσμα αφενός μεν να καταλαμβάνουν μικρό χώρο, αφετέρου δε να είναι εύχρηστα.
- ◆ Οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι ποσοτικές πληροφορίες, οι οποίες είναι δυνατόν να καταχωρούνται κατά οποιαδήποτε γεωγραφική μονάδα ή διάταξη, για παράδειγμα, κατά δήμο, κατά τοπογραφικό φύλλο χάρτη, κατά νομό.
- ◆ Γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι δυνατόν να δημιουργηθούν για οποιαδήποτε αντικείμενο, χαρακτηριστικό, ιδιότητα η συνδυασμό των πιο πάνω δεδομένων.

Υπάρχοντα δεδομένα είναι δυνατόν να ενσωματωθούν – με ή χωρίς αλλαγές και επεξεργασία – στη βάση δεδομένων εφόσον είναι κατά χώρο προσανατολισμένα.

- ◆ Είναι εφικτός ο γρήγορος και επαναλαμβανόμενος αναλυτικός έλεγχος ή θεωρητικών μοντέλων για την εκτίμηση επιστημονικών κριτηρίων.
- ◆ Οι διάφορες μορφές εξαγόμενων αποτελεσμάτων παράγονται πολύ γρήγορα, αποτελούνται από μεμονωμένα ή σύνθετα θέματα, για οποιαδήποτε θέση της βάσης δεδομένων και σε οποιαδήποτε κλίμακα.
- ◆ Είναι δυνατή η εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων, πράγμα που επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και την ανάλυση των αλλαγών που έγιναν σε δύο ή περισσότερες περιόδους.
- ◆ Πολλές μορφές ανάλυσης πραγματοποιούνται με πολύ μικρότερο κόστος από ότι με τις κλασσικές μεθόδους π.χ. ο υπολογισμός των κλίσεων ενός τοπογραφικού χάρτη.
- ◆ Όλες οι αναλύσεις γίνονται κατά αντικειμενικό τρόπο και τα αποτελέσματα παράγονται αυτόματα.

5.9 Λογισμικό GIS : ArcGIS

Το Arcmap είναι λογισμικό που συναντάται στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα και χρησιμοποιείται για την απεικόνιση, τη διαχείριση, τη δημιουργία και την ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων. Με τη χρήση του Arcmap γίνεται κατανοητό το γεωγραφικό περιεχόμενο των δεδομένων μας, επιτρέποντας μας να δούμε σχέσεις μεταξύ των δεδομένων και να αναγνωρίσει τα πρότυπα με νέους τρόπους. Ανάλογα με τι χαρακτηριστικά χρειάζεται κανείς, μπορεί να επιλέξει μεταξύ τριών επιπέδων αδειοδότησης του ArcGIS Desktop (ArcInfo, ArcEditor, ArcView).

Με το **Arcmap**, μπορούμε:

- ◆ Να δημιουργήσουμε χάρτες και να αλληλεπιδράσουμε με τα δεδομένα με την παραγωγή αναφορών και διαγραμμάτων, την εκτύπωση και την ενσωμάτωση των χαρτών σε άλλα έγγραφα και εφαρμογές.

- ◆ Να εξοικονομήσουμε χρόνο χρησιμοποιώντας πρότυπα χαρτών για να δώσουμε ένα συνεπές ύφος στους χάρτες μας.
- ◆ Να δημιουργήσουμε μοντέλα διαδικασιών, scripts και διαγράμματα ροής για να οπτικοποιήσουμε και να αναλύσουμε τα δεδομένα μας.
- ◆ Να διαβάσουμε, να εισάγουμε και να διαχειριστούμε περισσότερα από 70 διαφορετικά είδη δεδομένων και μορφοτύπων, συμπεριλαμβανομένου δημογραφικών στοιχείων, εγκαταστάσεων, αρχεία CAD, εικόνες, δικτυακές εφαρμογές και πολυμέσα .
- ◆ Να έχουμε καλύτερη και αποτελεσματικότερη επικοινωνία δημοσιεύοντας και κοινοποιώντας τα γεωγραφικά μας δεδομένα και το δυναμικό μας περιεχόμενο σε άλλους.
- ◆ Να χρησιμοποιούμε εργαλεία, όπως τα Find, Identify, Measure και Hyperlink, για να βρούμε και να εκμεταλλευτούμε πληροφορίες που δεν είναι διαθέσιμες όταν δουλεύουμε με κλασσικούς (αναλογικούς) εκτυπωμένους χάρτες .
- ◆ Να λαμβάνουμε καλύτερες αποφάσεις και να επιλύουμε γρηγορότερα προβλήματα.

Το Arcmap είναι μια desktop εφαρμογή που μας επιτρέπει να πραγματοποιούμε βασική απεικόνιση, υποβολή ερωτημάτων, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων.

Ανάλογα με τι χαρακτηριστικά χρειάζεται κανείς, μπορεί να επιλέξει μεταξύ τριών επιπέδων αδειοδότησης του ArcGIS Desktop (ArcInfo, ArcEditor, ArcView).

Τα κύρια χαρακτηριστικά του Arcmap είναι:

- ◆ **Δημιουργία χαρτών** – Με τη χρήση προκαθορισμένων προτύπων χαρτών εξοικονομείται χρόνος και γίνεται εύκολα η παραγωγή ομοιόμορφων και συνεπών χαρτών.
- ◆ **Χωρικά ερωτήματα** – Υποβολή ερωτημάτων στα δεδομένα μας και λύση περίπλοκων προβλημάτων μέσα από μια ποικιλία εργαλείων: διαδραστική μέτρηση αποστάσεων, εύρεση στοιχείων στο χάρτη, επιλογή δεδομένων με βάση την τοποθεσία ή κάποιο χαρακτηριστικό τους, από επιλογή όλων, πρόσβαση στις ιδιότητες των επιπέδων μέσα από το κουτί διαλόγου του Identify, και πολλά άλλα.

- ◆ **Βασική μοντελοποίηση και ανάλυση** – Μοντελοποιούμε χωρικές συσχετίσεις, μετρούμε πως τα στοιχεία μέσα σε μια συλλογή δεδομένων σχετίζονται μεταξύ τους στο χώρο, και γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων μας μέσα από αναφορές και διαγράμματα.
- ◆ **Απλή επεξεργασία στοιχείων και ενοποίηση δεδομένων** – Δημιουργούμε και επεξεργαζόμαστε σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά στοιχεία και τα χαρακτηριστικά τους.
- ◆ Χρησιμοποιούμε μια **μεγάλη συλλογή από είδη δεδομένων** που περιλαμβάνουν δημογραφικά στοιχεία, εγκαταστάσεις, CAD αρχεία, εικόνες, δικτυακές εφαρμογές, και πολυμέσα.
- ◆ **Έτοιμες προς χρήση συλλογές δεδομένων** —ξεκινούμε την απεικόνιση και την ανάλυση άμεσα με τα ενσωματωμένα δεδομένα της ESRI και το Maps Media Kit, που ενημερώνονται κάθε χρόνο και έχουν προ-διαμορφωθεί ώστε να δουλεύουν συγκεκριμένα με το λογισμικό της ESRI.

Οι τύποι των θεματικών χαρτών του ArcMap (MADGIC QUL -- Working with Census Data in ArcMap 9.x – Feb 2010) είναι οι εξής :

- ◆ **Single Symbol** : Όλα τα χαρακτηριστικά του θέματος εμφανίζονται με τα ίδια χρώματα και σύμβολα. Αυτό είναι χρήσιμο μόνο στην περίπτωση όπου χρειάζεται να δείξουμε πού βρίσκονται τα χαρακτηριστικά ενός θεματικού πεδίου(π.χ. όρια κρατών, δρόμοι, πόλεις).
- ◆ **Unique Value** : Κάθε ένα θέμα αντιπροσωπεύεται με ένα μοναδικό σύμβολο. Το σύμβολο για μία τιμή δεν είναι περισσότερο ή λιγότερο εμφανή από τα σύμβολα για οποιαδήποτε άλλη τιμή (π.χ. τοπωνύμια, ονόματα δρόμων).
- ◆ **Graduated Color** :Τα χαρακτηριστικά που έχουν οριστεί εμφανίζονται με το ίδιο σύμβολο αλλά οι εναλλαγές των χρωμάτων αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη των τιμών για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό που έχει επιδεχθεί (π.χ. ποσοστό πληθυσμού ανά περιοχή).

- ◆ Graduated Symbol : Τα χαρακτηριστικά που έχουν επιλεγθεί εμφανίζονται με το ίδιο σύμβολο και χρώμα καθώς αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη των τιμών (π.χ. σημεία, γραμμές δεδομένων).
- ◆ Dot Density : Τα χαρακτηριστικά ενός πολυγώνου θέματος εμφανίζονται με έναν αριθμό κουκκίδων που αντιστοιχεί σε μία τιμή. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την προβολή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών που εμφανίζονται σε μία περιοχή (π.χ. οι συγκέντρωση ενός πληθυσμού σε μία περιοχή θα εμφανίζεται αυξημένη κατά μήκος των ποταμών και των ακτών).
- ◆ Chart : Τα χαρακτηριστικά που έχουν επιλεγεί εμφανίζονται με τη μορφή γραφήματος. Συγκεκριμένα, τα στοιχεία του πίνακα αντιστοιχούν στα δεδομένα που έχουν οριστεί και το μέγεθος του κάθε τμήματος σε ένα γράφημα καθορίζεται από την αξία του κάθε χαρακτηριστικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς στην Ελλάδα.

6.1 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από φωτοβολταϊκό πάρκο στη Χαμηλή Τάση (ΧΤ).

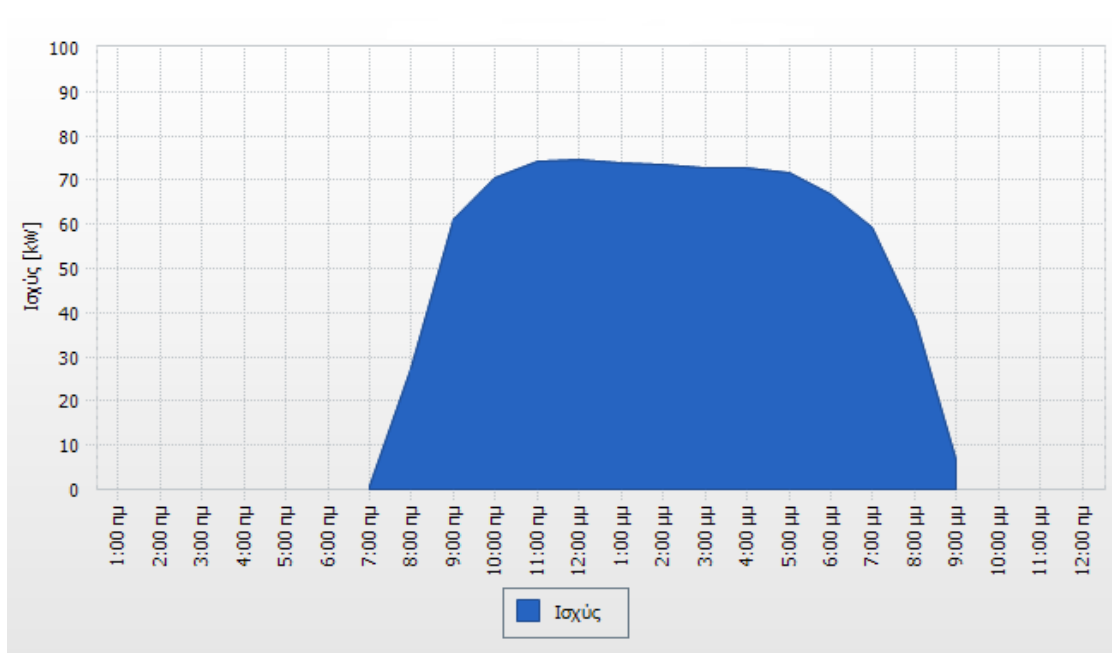
Σήμερα, στην Ελλάδα, ο συνδυασμός των επιδοτήσεων έως και 50% από το κράτος και η αυξημένη τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τον ΛΑΓΗΕ Α.Ε. (45€/kWh) προκάλεσε έκρηξη ενδιαφέροντος για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Το ζητούμενο σε κάθε εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Σε μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση πρωταρχικό ρόλο παίζουν :

- ❖ η τοποθεσία του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επηρεάζει την παραγόμενη ισχύ, λόγω των καιρικών φαινομένων της συγκεκριμένης περιοχής,
- ❖ το διαθέσιμο ηλιακό δυναμικό της περιοχής. Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας θεωρείται από τα υψηλότερα της Ευρώπης, κάνοντας τα φωτοβολταϊκά ελκυστικά για αξιοποίηση. Δεν μπορούν, όμως, να εξαχθούν ανάλογα συμπεράσματα για όλες τις περιοχές της χώρας, καθώς κάποια σημεία δέχονται υψηλά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. Πελοπόννησος), ενώ άλλα πολύ χαμηλότερα (π.χ. βόρεια Ελλάδα),
- ❖ οι κλιματολογικές συνθήκες. Το κλίμα της Ελλάδας χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με ήπιους βροχερούς χειμώνες και υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι. Οι ψυχρότεροι μήνες του έτους είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, ενώ οι θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Η ξηροθερμική περίοδος ξεκινά από τα μέσα του Μαρτίου και διαρκεί περίπου μέχρι και τα μέσα Οκτωβρίου. Η μεγάλη ηλιοφάνεια είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του κλίματος της Ελλάδας και αποτελεί την κύρια αιτία ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών σταθμών και
- ❖ Τέλος, δεν πρέπει να παραληφθούν διάφοροι διορθωτικοί συντελεστές όπως η θερμοκρασία, ο άνεμος και η ρύπανση.

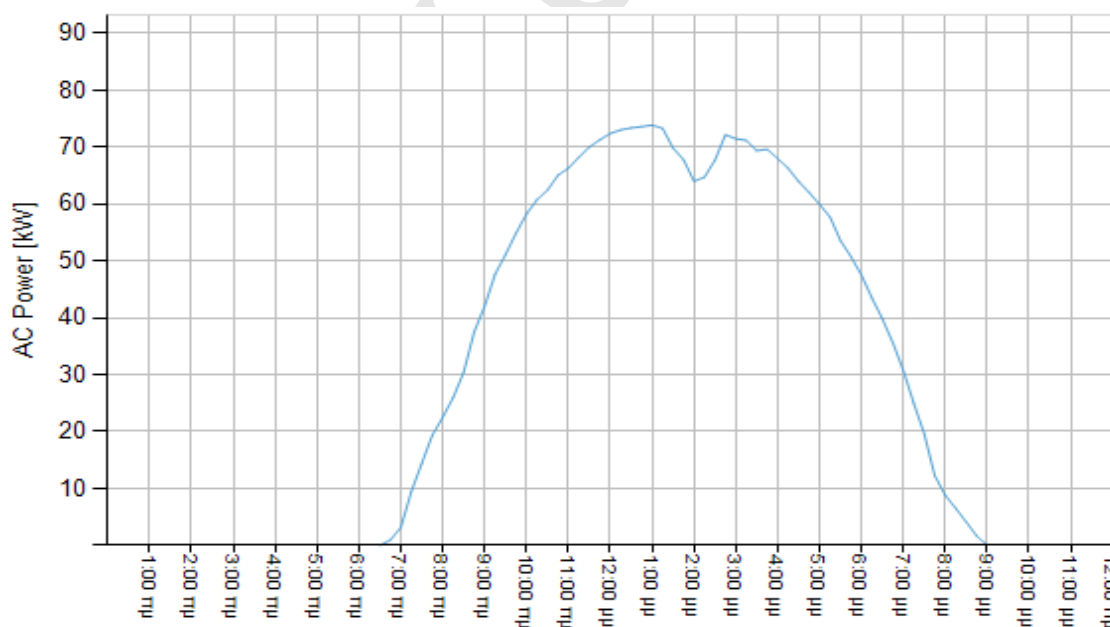
Ειδικότερα, η ηλεκτροπαραγωγή των φωτοβολταϊκών πλαισίων μειώνεται από την ρύπανση της επιφάνειάς τους, από την επικάθηση σκόνης, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, εντόμων και άλλων ακαθαρσιών. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά στη γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων, χωρίς να μπορεί η βροχή να την ξεπλύνει ικανοποιητικά. Στις περιπτώσεις αυτές, χρειάζεται να γίνεται περιοδικός καθαρισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων με απορρυπαντικό. Πάντως, σε περιοχές με συχνές χιονοπτώσεις ή ανεμοθύελλες, οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως με κλίση 90ο (κάθετοι) για την αποφυγή συσσώρευσης χιονιού, ή τουλάχιστον 45ο για να μην συγκρατείται η σκόνη. Δεν πρέπει να ξεχνάμε επίσης ότι, η παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού εξαρτάται σε υπολογίσιμο βαθμό από τις ηλεκτρικές στους αγωγούς που συνδέουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στις συστοιχίες, καθώς και τις συνδέσεις τους με άλλα μέρη του συστήματος, όπως διατάξεις ρύθμισης, προστασίας και ελέγχου, συσσωρευτές, μετατροπείς κλπ. Επομένως, κατά τον υπολογισμό της απαιτούμενης επιφάνειας των φωτοβολταϊκών ενός συστήματος, πρέπει να γίνεται πρόβλεψη, ανάλογα με την περίπτωση και για την κάλυψη όλων αυτών των απωλειών, που μπορεί να είναι της τάξης περίπου του 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ή και περισσότερο (Κ.Καγκαράκης, (1992), « Φωτοβολταϊκή τεχνολογία », Εκδόσεις Συμμετρία).

Για όλους τους παραπάνω λόγους, επιλέχθηκαν και παρουσιάζονται δύο φωτοβολταϊκοί σταθμοί, ισχύος 100 kW έκαστος, που έχουν εγκατασταθεί σε διαφορετικές περιοχές στην Ελλάδα. Σκοπός είναι, η εκτίμηση της ημερήσιας, της μηνιαίας και της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια του έτους.

Συγκεκριμένα, η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, η οποία με τη σειρά της προσπίπτει στην επιφάνεια ενός συλλέκτη και εξαρτάται από τον προσανατολισμό του πλαισίου ως προς τον ήλιο. Για μεγαλύτερα λαμβανόμενα ποσά της ηλιακής ενέργειας, τα πλαίσια πρέπει να προσανατολίζονται κατάλληλα και να είναι τοποθετημένα στη βέλτιστη γωνία κλίσης εφόσον δεν χρησιμοποιούνται στρεφόμενες βάσεις ενός ή δύο αξόνων. Η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και ως εκ τούτου, μεγαλύτερη παραγόμενη ισχύ.

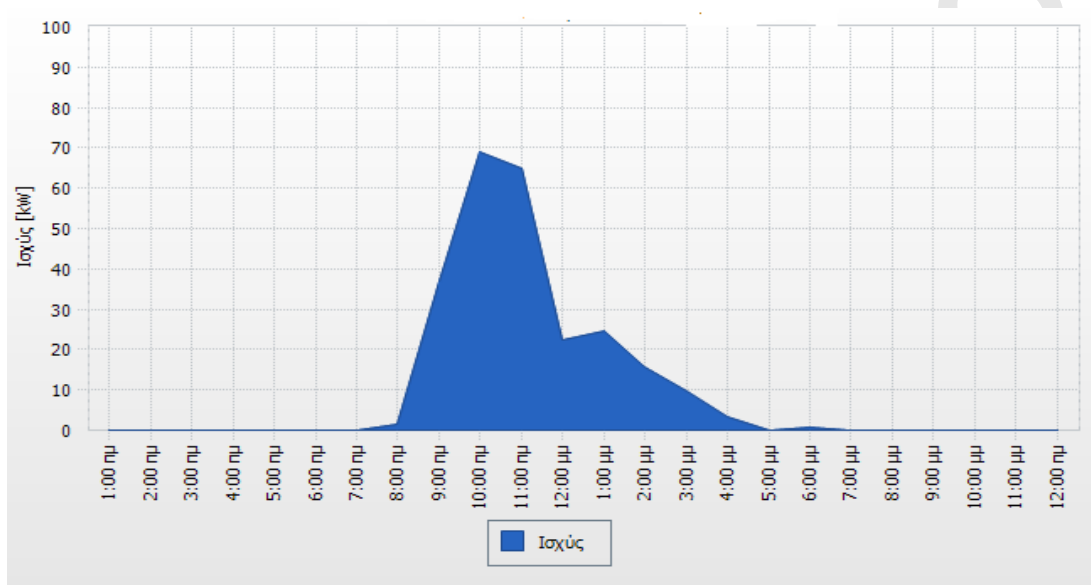


Σχήμα 6.1 1^{ος} φωτοβολταϊκός σταθμός : Ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τον μήνα Ιούλιο 2012

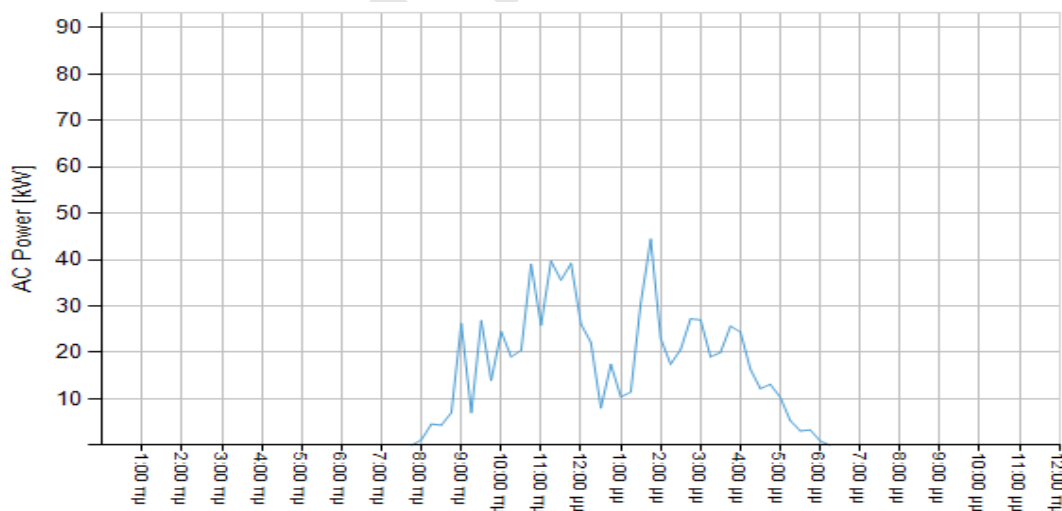


Σχήμα 6.2 2^{ος} Φωτοβολταϊκός σταθμός : Ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τον μήνα Ιούνιο 2012

Όπως παρατηρούμε, η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών κορυφώνεται. Συγκεκριμένα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ξεκινά με την ανατολή του ηλίου (περίπου 6.30 μ), εμφανίζει μέγιστη απόδοση το μεσημέρι (1.00μμ) και σταματά με τη δύση του ηλίου (9.00 μμ) (Σχήματα 6.1 και 6.2).



Σχήμα 6.3 1^{ος} φωτοβολταϊκός σταθμός : Ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τον μήνα Φεβρουάριο 2012

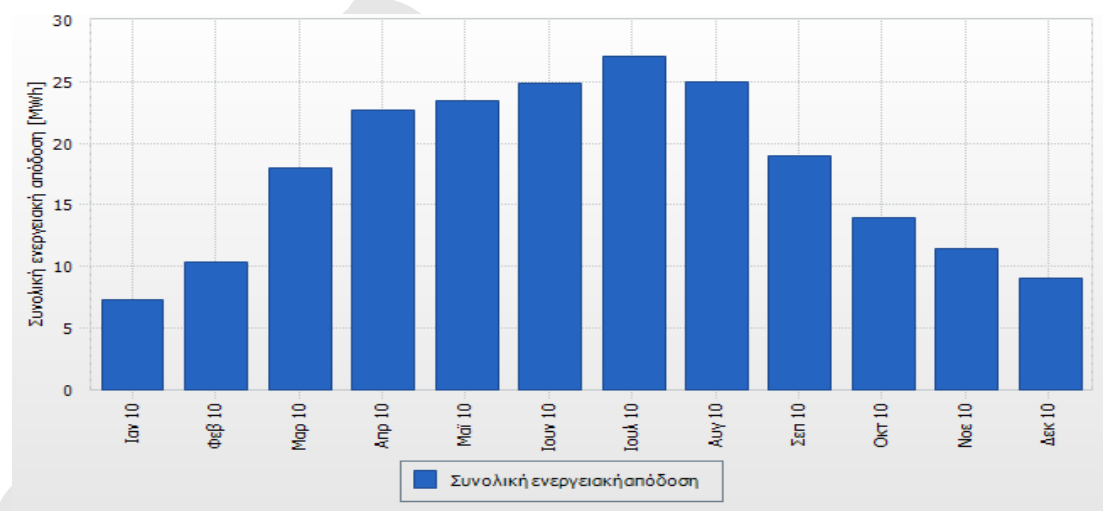


Σχήμα 6.4 2^{ος} Φωτοβολταϊκός σταθμός : Ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τον μήνα Φεβρουάριο 2012

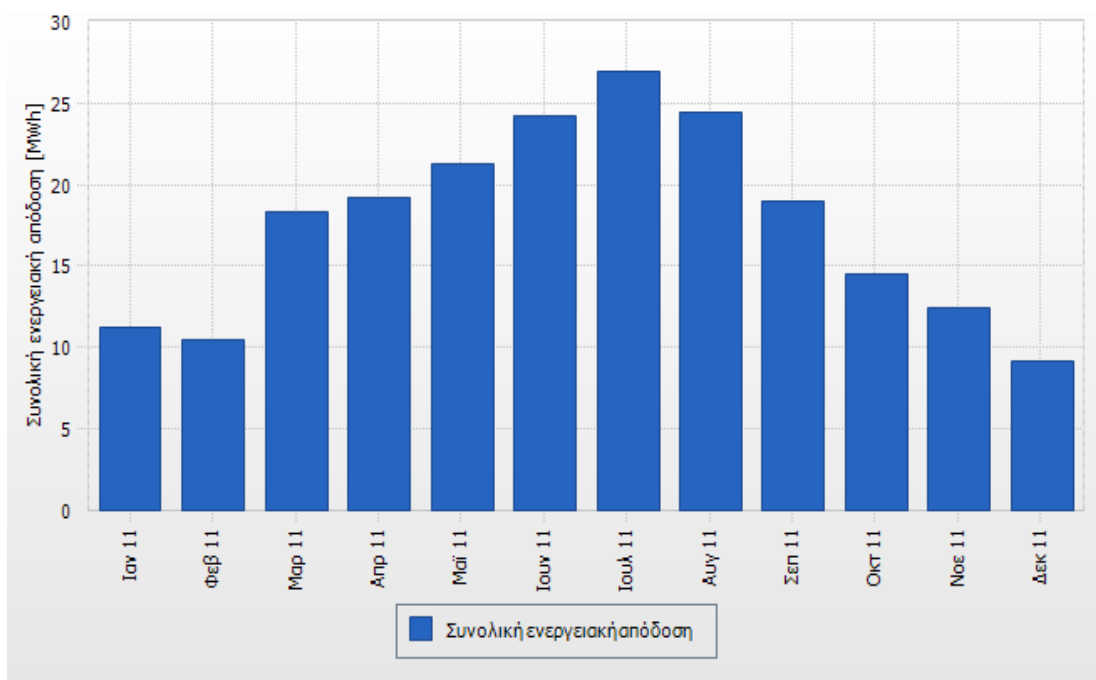
Όπως γίνεται αντιληπτό, τον μήνα Φεβρουάριο όπου ο καιρός είναι άστατος συνήθως, με συννεφιά ή καταιγίδα, οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί παρουσιάζουν διαφορετικά μέγιστα. Παραδείγματος χάριν, ο πρώτος φωτοβολταϊκός σταθμός παρουσιάζει μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 11.00μμ με 12.00μμ (Σχήμα 6.3), σε αντίθεση με τον δεύτερο που η ισχύς του παρουσιάζει αυξομειώσεις (με μέγιστη παραγωγή 11.00μμ – 12.00μμ. και 1.30μμ)(Σχήμα 6.4). Αξίζει να σημειωθεί ότι, ο πρώτος σταθμός κατά την διάρκεια της ημέρας παράγει περίπου τη διπλάσια ενέργεια απ’ ότι ο δεύτερος(Σχήματα 6.3 και 6.4). Συμπεραίνουμε ότι, είτε ο πρώτος σταθμός βρίσκεται νότια της Ελλάδας (π.χ. Πελοπόννησος) ενώ ο δεύτερος βόρεια, είτε ότι την συγκεκριμένη ημέρα στην περιοχή όπου έχει εγκατασταθεί ο δεύτερος σταθμός επικρατούσε συννεφιά. Τέλος, επισημένεται ότι, η ημερήσια κατανάλωση του κάθε φωτοβολταϊκού προέρχεται από την 15^η ημέρα του μήνα που εξετάζεται προκειμένου να εξετάζονται, κάτω από τις ίδιες κλιματολογικές συνθήκες.

6.2 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φωτοβολταϊκού σταθμού στη Χαμηλή Τάση.

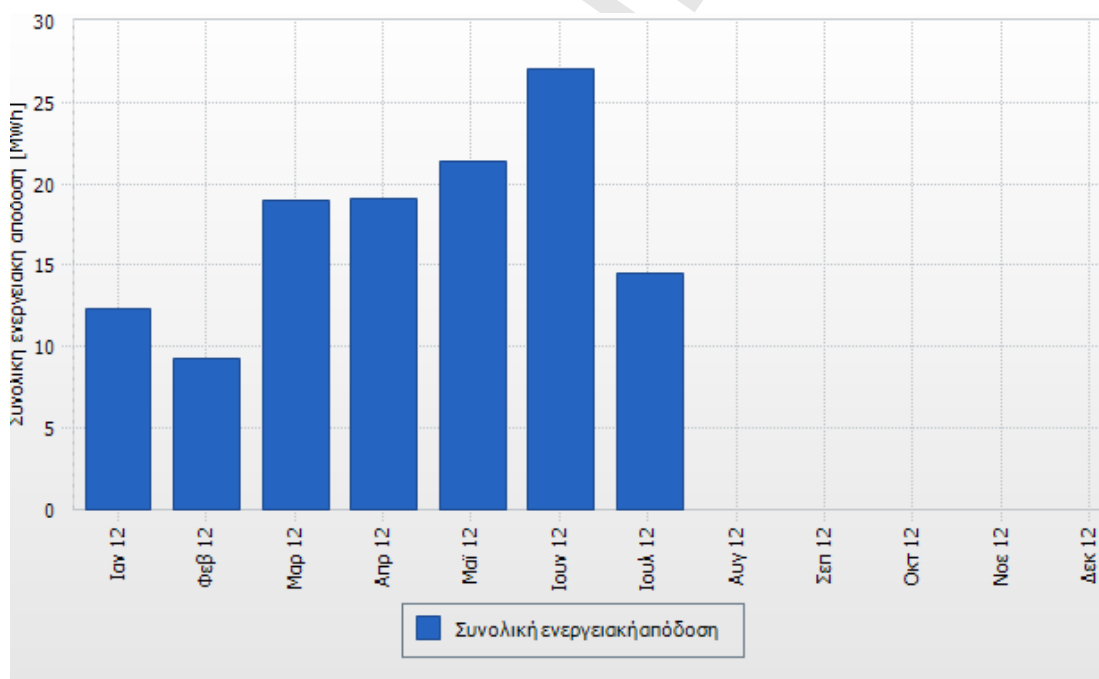
Γνωρίζοντας ότι, ο ακόλουθος φωτοβολταϊκός σταθμός ενεργοποιήθηκε και έκχυσε για πρώτη φορά ηλεκτρική ενέργεια στο Δίκτυο της Δ.Ε.Η. Α.Ε. τον Δεκέμβριο του 2009, παρουσιάζουμε την ετήσια παραγωγή για τα έτη 2010, 2011 και 2012 (Σχήματα 6.5, 6.6 και 6.7).



Σχήμα 6.5 Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για το έτος 2011



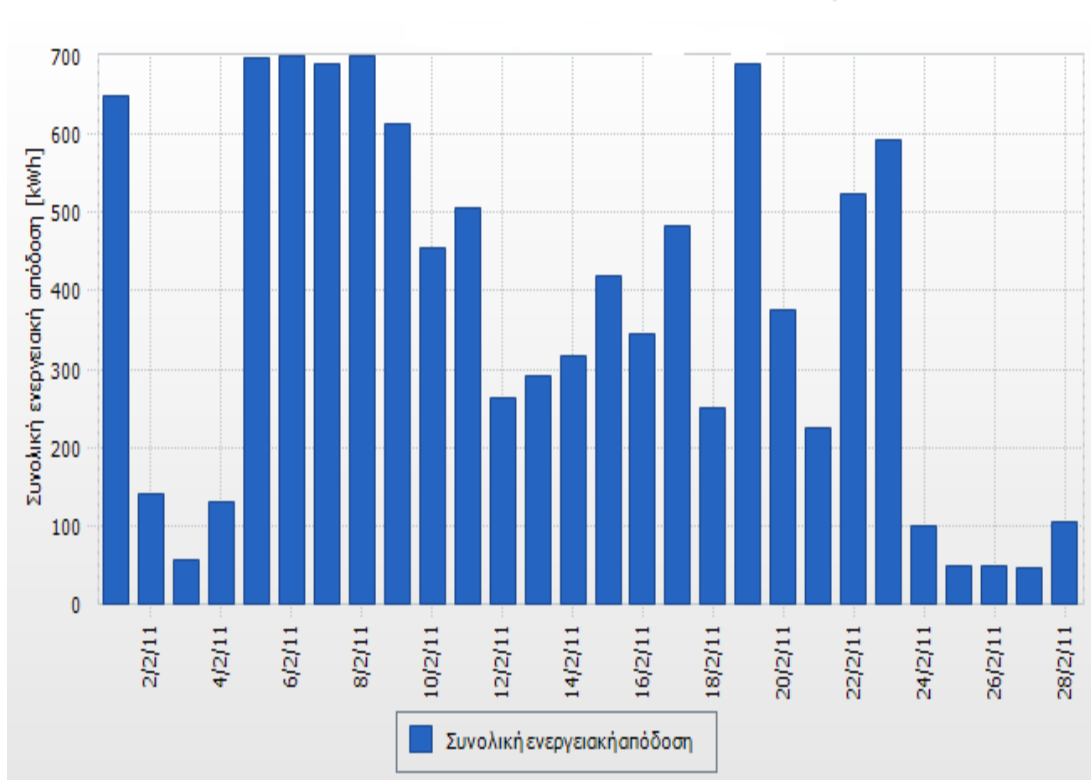
Σχήμα 6.6 Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για το έτος 2011



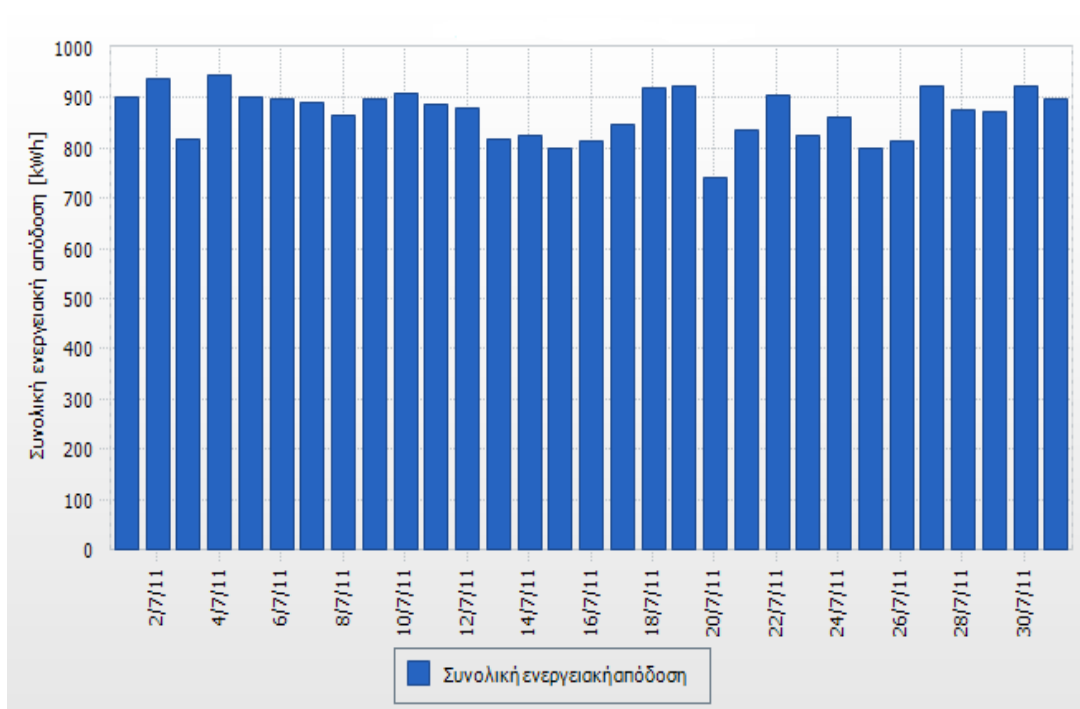
Σχήμα 6.7 Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για το έτος 2012

Με βάση τα ραβδογράμματα ο συγκεκριμένος φωτοβολταϊκός σταθμός παρουσιάζει σταθερή παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια του έτους. Κατά μέσο όρο παράγει 200 MWh/έτος και φέρνει έσοδα της τάξεως των 90.000 € (0,45€/kWh). Επίσης, ο σταθμός κατά τη διάρκεια των δυομιση ετών λειτουργίας του δεν έχει παρουσιάσει καμία ηλεκτρολογική βλάβη καθώς δεν έχει διακοπεί ή ελαττωθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συγκρητικά για κάθε μήνα κατά το πέρας των ετών (Σχήματα 6.5, 6.6 και 6.7).

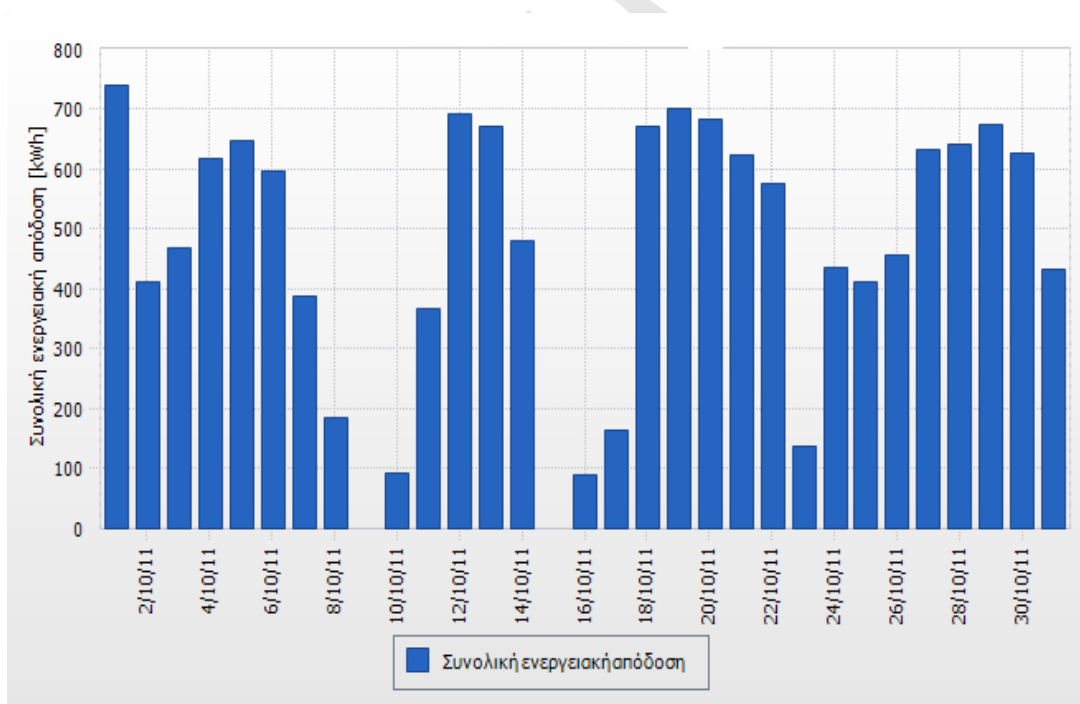
Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ραβδογράμματα για τους μήνες Φεβρουάριος - Ιούνιος – Οκτώβριος του 2011 όπου εμφανίζουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συγκεκριμένου φωτοβολταϊκού σταθμού σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες κατά την διάρκεια του έτους (Σχήματα 6.8,6.9 και 6.10). Ειδικότερα :



Σχήμα 6.8 Μηνιαία Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για το μήνα Φεβρουάριο 2011



Σχήμα 6.9 Μηνιαία Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για τον μήνα Ιούνιο 2011



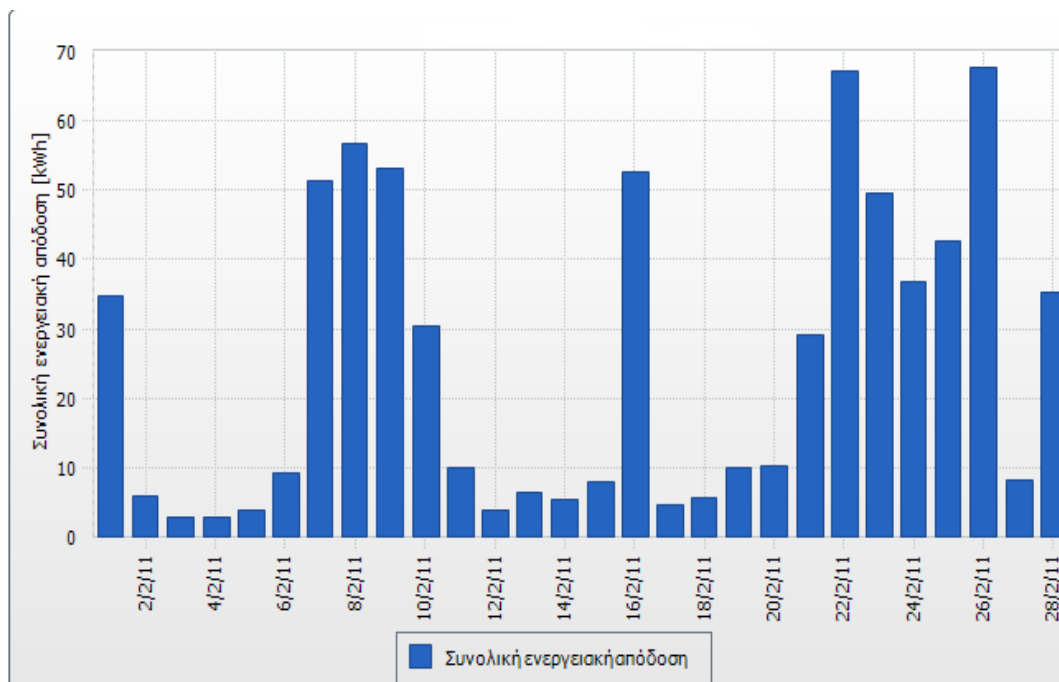
Σχήμα 6.10 Μηνιαία Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για το μήνα Οκτώβριο 2011

Κοιτάζοντας, προσεκτικά τα πιο πάνω διαγράμματα συμπεραίνουμε ότι :

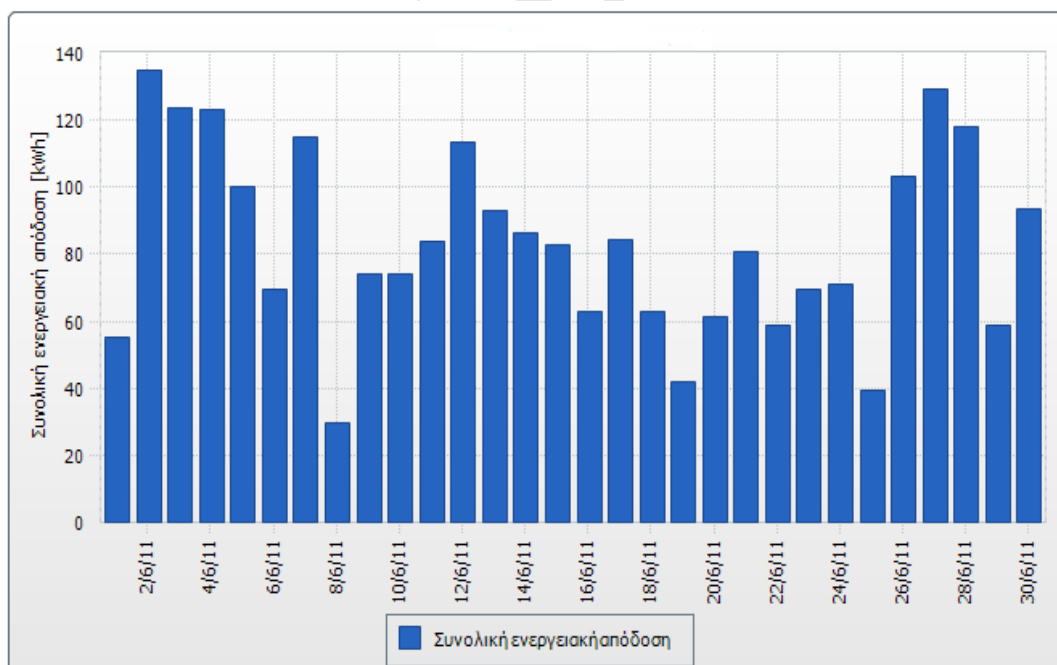
- ◆ Τον μήνα Φεβρουάριο παρατηρείται μια συνεχόμενη διακύμανση στην καθημερινή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα, στις πρώτες και τελευταίες ημέρες του μήνα (05/02 – 09/02 & 19/02, 22/02, 23/02) εμφανίζεται η μέγιστη μηνιαία παραγωγή του σταθμού 650 – 700 kWh/ημέρα, γεγονός που οφείλεται κυρίως στις Αλκυονίδες μέρες του Φεβρουαρίου. Αντίθετα, τον υπόλοιπο μήνα η παραγωγή πέφτει κατακόρυφα στις 200 – 300 kWh/ημέρα, καθώς επικρατούν οι κλιματολογικές συνθήκες του Φεβρουαρίου (συννεφιά, βροχή, παγωνιά) (Σχήμα 6.8).
- ◆ Τον μήνα Ιούνιο παρατηρείται μια ισοκατανομή της ημερήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 800 - 900 kWh/ημέρα, καθώς η ηλιοφάνεια έχει αυξηθεί και φαινόμενα όπως συννεφιά και βροχή έχουν περιοριστεί (Σχήμα 6.9).
- ◆ Τον μήνα Οκτώβριο, όπου η υγρασία, ο άνεμος και η βροχή κυριαρχούν η μεση ημερήσια παραγωγή κυμαίνεται στις 500 – 600 kWh/ημέρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις 09/10 & 15/10 η παραγωγή του πάρκου ήταν μηδενική. Αυτό, ίσως οφείλεται είτε σε προγραμματισμένη συντήρηση του σταθμού είτε σε βλάβη, η οποία αντιμετωπίστηκε και αποκαταστήθηκε την ίδια ημέρα (Σχήμα 6.10).

6.3 Σύγκριση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ ενός πάρκου στην Ελλάδα και ενός στην Γερμανία.

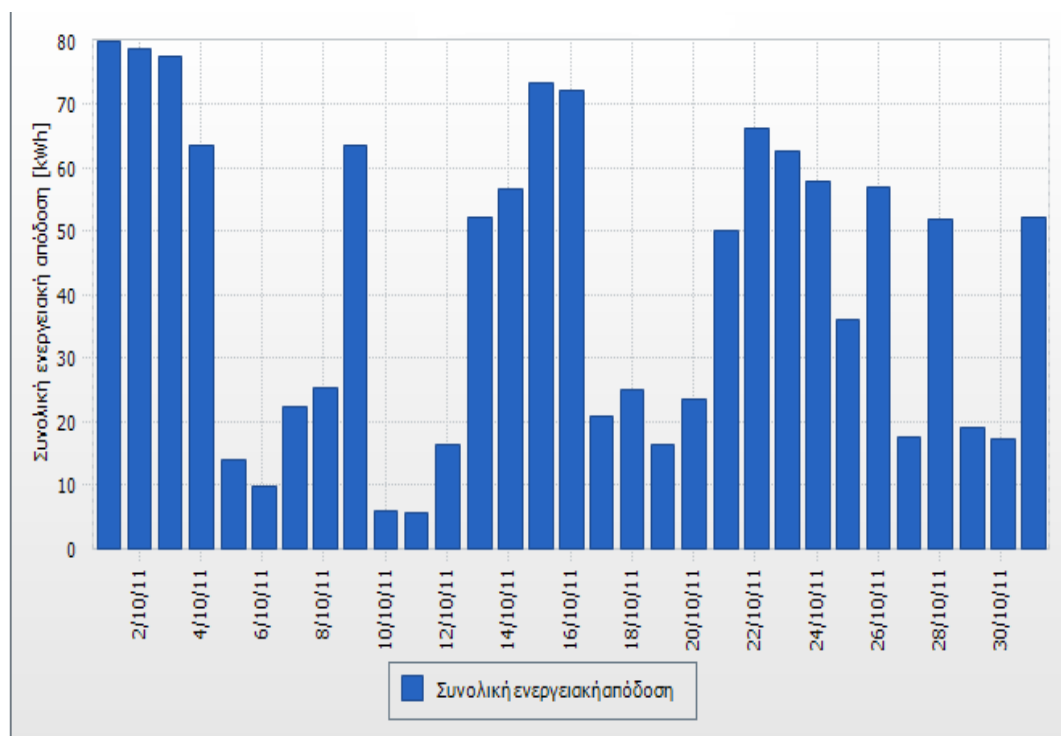
Το φωτοβολταϊκό πάρκο που επιλέχτηκε στην Γερμανία έχει ενεργοποιηθεί από τον Ιανουάριο του 2010 και έχει εγκατεστημένη ισχύς 20,64 kW. Δεδομένου ότι η Γερμανία είναι μια βόρεια χώρα με περιορισμένη ηλιοφάνεια σε σύγκριση με την Ελλάδα, είναι ενδιαφέρον να δούμε – αν υπάρχουν – διακυμάνσεις που παρουσιάζονται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ ενός φωτοβολταϊκού πάρκου εγκατεστημένο στην Γερμανίας και ενός στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, πιο κάτω συγκρίνονται ενδεικτικά οι ημερήσιες παραγωγές ηλεκτρικής ενέργειας για συγκεκριμένο μήνα για το έτος 2011 μεταξύ των δύο παρκών.



Σχήμα 6.11 Φωτοβολταϊκός σταθμός στην Γερμανία : Μηνιαία Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για τον μήνα Φεβρουάριο 2011



Σχήμα 6.12 Φωτοβολταϊκός σταθμός στην Γερμανία : Μηνιαία Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για τον μήνα Ιούνιο 2011



Σχήμα 6.13 Φωτοβολταϊκός σταθμός στην Γερμανία : Μηνιαία Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας για τον μήνα Οκτώβριο 2011

Είναι εμφανές ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάρκα στην Γερμανία είναι η μισή σε σύγκριση με αυτήν στην Ελλάδα. Κατά τον μήνα Φεβρουάριο 2011 η μέση ημερήσια παραγωγή πέφτει στις 10 – 20 kWh/ημέρα με εξαίρεση κάποιες ημέρες (07/10 – 09/10, 16/10, 22/10 & 26/10) όπου η παραγωγή φθάνει στις 50 – 60 kWh/ημέρα (Σχήματα 6.11 και 6.13)). Αντίθετα, τους καλοκαιρινούς μήνες η μέση ημερήσια παραγωγή αγγίζει τις 100 – 120 kWh/ημέρα (Σχήμα 6.12).

Στην Ελλάδα, ένα φωτοβολταϊκό πάρκο ίδιας εγκατεστημένης ισχύος (δηλ. 20 kW) τον Φεβρουάριο παράγει περίπου 2.400 kWh. Στη Γερμανία το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό παράγει για τον ίδιο μήνα περίπου 1.200 kWh. Παράλληλα, τους καλοκαιρινούς μήνες η μέση παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού στην Ελλάδα είναι 9.300 kWh τέσσερις φορές μεγαλύτερη με αυτή στη Γερμανία που κυμαίνεται μεταξύ 1900 με 2000 kWh.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – Επεξεργασία στατιστικών δεδομένων και πρόβλεψη της ισχύος των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ηπειρωτική Ελλάδα.

7.1 Στατιστικά στοιχεία φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ηπειρωτική Ελλάδα.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, κάνοντας χρήση των δεδομένων που μας παρέχει ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. γίνεται προσπάθεια παρουσίασης συγκεντρωτικών στατιστικών στοιχείων για την εξάπλωση των φωτοβολταϊκών σταθμών στην Ηπειρωτική Ελλάδα. Οι εγκατεστημένοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί ταξινομούνται σε πέντε μεγάλες κατηγορίες ως εξής:

- Φωτοβολταϊκοί σταθμοί, επί εδάφους, που συνδέονται στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) της ΔΕΗ,
- Φωτοβολταϊκοί σταθμοί, επί εδάφους, που συνδέονται στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) της ΔΕΗ και έχουν εγκατασταθεί από αγρότες,
- Φωτοβολταϊκοί σταθμοί έως 10 kW που περιλαμβάνονται στο Ειδικό Πρόγραμμα των Στεγών,
- Φωτοβολταϊκοί σταθμοί, επί εδάφους έως 150 kW, που συνδέονται στο Δίκτυο της Μέσης Τάσης (ΜΤ) της ΔΕΗ και
- Φωτοβολταϊκοί σταθμοί, επί εδάφους, που συνδέονται στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) της ΔΕΗ και αφορούν τα διασυνδεδεμένα νησιά.

Οι ανωτέρω κατηγορίες χωρίζονται σε υποκατηγορίες, οι οποίες θα παρουσιαστούν στη συνέχεια του Κεφαλαίου. Επιπρόσθετα, εξετάζονται όχι μόνο το πλήθος των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών σταθμών αλλά και το πλήθος των αιτήσεων που έχουν κατατεθεί στον ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. προκειμένου να εγκατασταθούν καινούριοι σταθμοί. Τέλος, το πλήθος των σταθμών αυτών εμφανίζεται :

- ◆ Συγκεντρωτικά και αφορά το διασυνδεδεμένο σύστημα και
- ◆ Ανά Περιφέρεια ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε , στην οποία έχει εγκατασταθεί ο σταθμός.

Ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. για την καλύτερη και ευκολότερη διαχείριση των φωτοβολταϊκών σταθμών έχει χωρίσει την Ηπειρωτική Ελλάδα σε τέσσερις διοικητικές Περιφέρειες :

- Ⓞ ΔΠΜ-Θ (Διεύθυνση Περιφέρειας Μακεδονίας – Θράκης) : Περιλαμβάνει τους Νομούς της Θράκης και της Μακεδονίας καθώς και τα νησιά Θάσος, Σαμοθράκη και Αμμολιανή,
- Ⓞ ΔΠΚΕ (Διεύθυνση Περιφέρειας Κεντρικής Ελλάδας) : Περιλαμβάνει την Θεσσαλία, την Κεντρική Ελλάδα (Νομοί Φθιώτιδας, Βοιωτίας, Θήβας, Χαλκίδας), την Εύβοια, και τις Σποράδες (εκτός της Σκύρου),
- Ⓞ ΔΠΑ (Διεύθυνση Περιφέρειας Αττικής) : Περιλαμβάνει το Νομό Αττικής και τα διασυνδεδεμένα νησιά : Σαλαμίνα, Αίγινα, Τήνος, Πόρος, Κέα, Ύδρα, Σπέτσες και Σπετσοπούλα και
- Ⓞ ΔΠΠ-Η (Διεύθυνση Περιφέρειας Πελοποννήσου – Ηπείρου) : Περιλαμβάνει την Πελοπόννησο, την Ήπειρο, τους Νομούς Αργινίου και Αιτωλοακαρνανίας και τα Επτάνησα.

7.1.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΧΤ.

Αφόρα φωτοβολταϊκούς σταθμούς έως 100 kW, οι οποίοι έχουν εγκατασταθεί ή έχει κατατεθεί φάκελος μελέτης στην αρμόδια Περιφέρεια του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε έως τον Φεβρουάριο του 2012.

Το πλήθος των αιτήσεων για το διάστημα Ιούνιος 2007 (ενεργοποίηση πρώτου φωτοβολταϊκού πάρκου στο Δίκτυο της ΧΤ) έως Φεβρουάριος 2012 φτάνει στους 14.744 σταθμούς αθροιστικής ισχύος 905.450 kW εκ των οποίων έχουν ενεργοποιηθεί 4.619 πάρκα

εγκατεστημένης ισχύος 234.554 kW (Πίνακας 7.1 και Σχήμα 7.1 και 7.2). Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών εμφανίζεται στις Περιφέρειες Μακεδονίας – Θράκης και Πελοποννήσου – Ηπείρου καθώς οι περιοχές αυτές εμφανίζουν αυξημένη ηλιοφάνεια έναντι των υπολοίπων.

Είναι φανερό ότι ο μεγαλύτερος αριθμός ενεργοποιημένων πάρκων έχουν εγκατεστημένη ισχύ ≤ 20 kW (2.669 ενεργοποιήσεις έναντι 1.920, Πίνακας 7.2). Ενόψει κρίσης, οι παραγωγοί προτιμούν τα μικρά πάρκα, τα οποία έχουν μικρότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.

Αξίζει να σχολιαστεί το γεγονός, ότι μέχρι τον Ιούνιο του 2010 απαγορευόταν η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων στα διασυνδεδεμένα και μη νησιά. Ο δρόμος για την εγκατάστασή τους ανοίγεται με τη ψήφιση του Νόμου 3851/2010. Συγκεκριμένα, ορίζεται για κάθε νησί ένα ανώτατο όριο εγκαταστημένης ισχύος που επιτρέπει την υποδοχή και μελέτη αιτημάτων φωτοβολταϊκών σταθμών ως την υπέρβαση του ορίου. Αποτέλεσμα είναι η σταδιακή και σταθερή αύξηση των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών στα νησιά (Πίνακας 7.3).

ΦΒ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ				
Περιφέρεια	Σύνολο αιτήσεων ΧΤ		Σύνολο ενεργών ΧΤ	
	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)
ΔΠΑ	1.159	73.638	176	10.576
ΔΠΜ-Θ	5.738	350.294	2.044	94.620
ΔΠΠ-Η	5.440	332.755	1.498	82.959
ΔΠΚΕ	2.407	148.763	901	46.399
Σύνολο	14.744	905.450	4.619	234.554

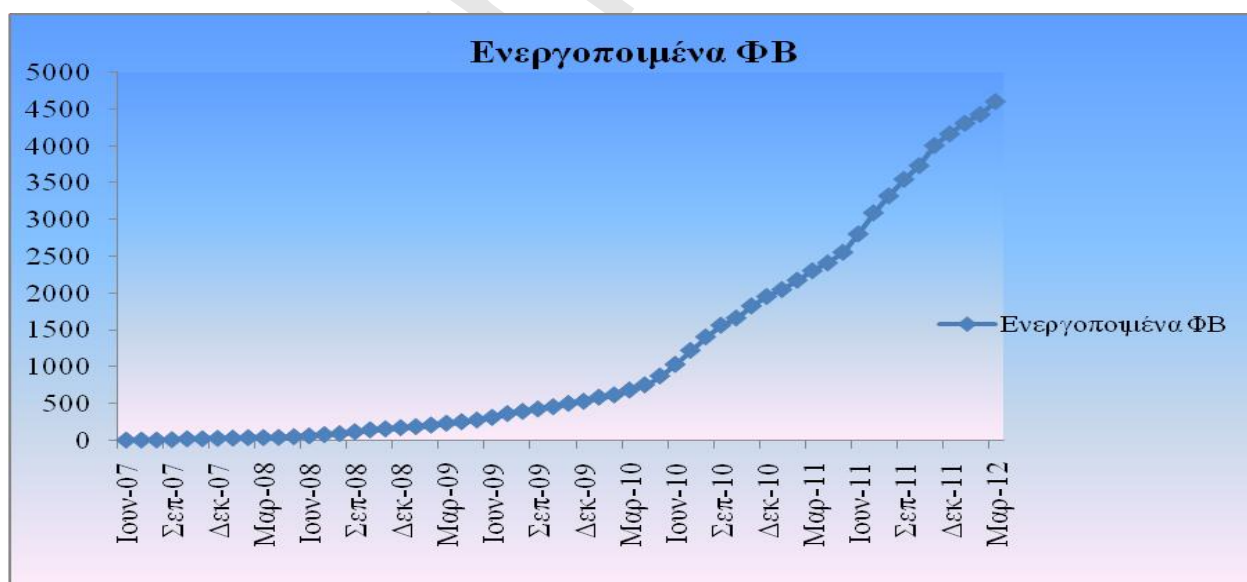
Πίνακας 7.1 Πλήθος φωτοβολταϊκών σταθμών και εγκατεστημένης ισχύος στο Δίκτυο της ΧΤ τόσο σε πλήθος αιτήσεων όσο και ενεργοποιήσεων.

ΦΒ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ						
Περιφέρεια	Σύνολο ενεργών ΧΤ		Ενεργά <=20 kW		Ενεργά >20 kW	
	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)
ΔΠΑ	176	10.576	65	1.098	111	9.478
ΔΠΜ-Θ	2.044	94.620	1.307	25.534	737	69.085
ΔΠΠ-Η	1.498	82.959	809	15.894	689	67.066
ΔΠΚΕ	901	46.399	518	10.135	383	36.264
Σύνολο	4.619	234.554	2.699	52.661	1.920	181.893

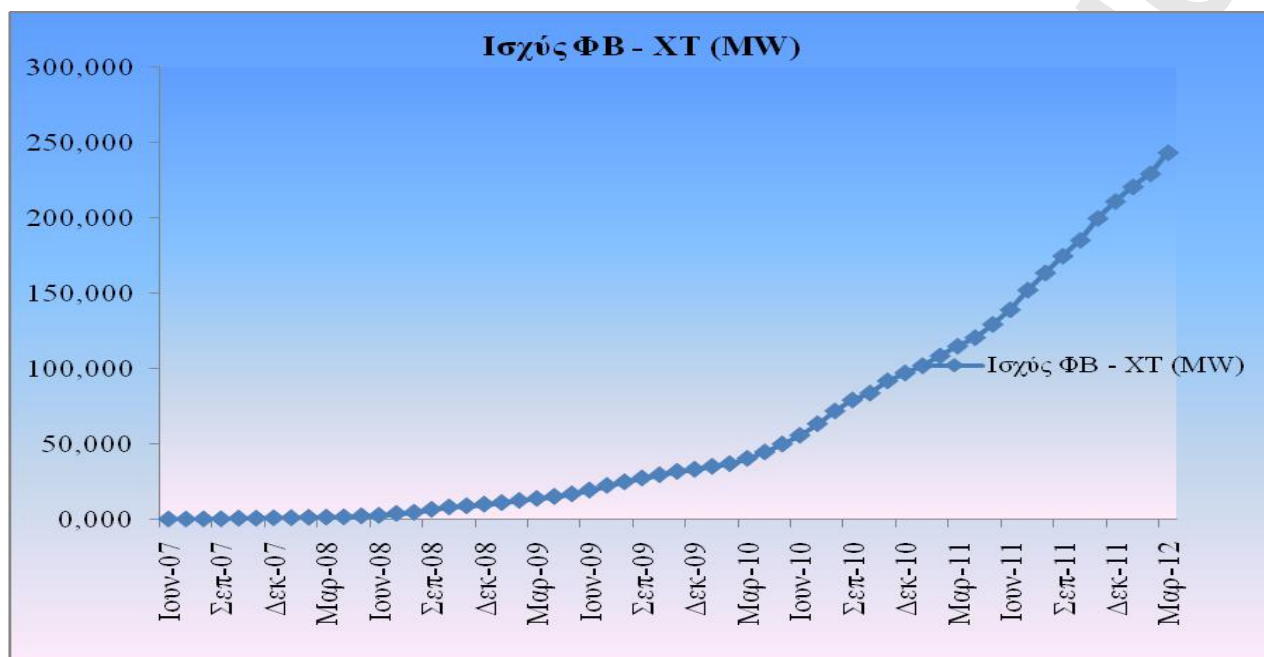
Πίνακας 7.2 Ενεργοποιημένα φωτοβολταϊκά πάρκα εγκατεστημένης ισχύος α) <=20 kW β) > 20 kW

ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΝΗΣΙΑ				
Περιφέρεια	Σύνολο αιτήσεων		Σύνολο ενεργών	
	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)
ΔΠΑ	112	10.136	0	0
ΔΠΜ-Θ	106	9.616	0	0
ΔΠΠ-Η	788	77.871	0	0
ΔΠΚΕ	252	23.322	7	649
Σύνολο	1.258	120.945	7	649

Πίνακας 7.3 Πλήθος φωτοβολταϊκών σταθμών και εγκατεστημένης ισχύος στο Δίκτυο της ΧΤ τόσο σε πλήθος αιτήσεων όσο και ενεργοποιήσεων για τα διασυνδεδεμένα νησιά



Σχήμα 7.1 Πλήθος ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών ΧΤ, επί εδάφους, με την πάροδο του χρόνου.



Σχήμα 7.2 Εγκατεστημένη ισχύς (MW) ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών ΧΤ, επί εδάφους, με την πάροδο του χρόνου.

7.1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΧΤ και αφορούν αγρότες.

Τα προνομιακά μέτρα τα οποία έδωσαν την δυνατότητα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων από επαγγελματίες αγρότες για εγκατεστημένη ισχύ έως και 100 kW θεσπίστηκαν με το Νόμο 3851/2010. Συνεπώς, η κατάθεση αιτήσεων άρχισε τον Ιούνιο του 2010 και αφορά στατιστικά στοιχεία έως τον Φεβρουάριο του 2012. Στη διάρκεια του ενάμιση αυτού χρόνου κατατέθηκαν 6.546 φάκελοι προς μελέτη εκ των οποίων μόνο 336 φωτοβολταϊκοί σταθμοί υλοποιήθηκαν (Πίνακας 7.4). Σημειώνουμε, ότι μόνο τρεις από τους ενεργοποιημένους σταθμούς έχουν εγκατεστημένη ισχύ άνω των 20 kW (Πίνακας 7.5). Γίνεται αντιληπτό, ότι παρόλο τις ευνοϊκές μεταρρυθμίσεις που έγιναν οι αγρότες δεν κατάφεραν να δραστηριοποιηθούν στο τομέα τις ενέργειας καθώς :

- είτε δεν διαθέτουν το απαιτούμενο κεφάλαιο για την υλοποίηση του έργου,
- είτε δεν τηρούν τις προϋποθέσεις για την δανειοδότηση τους από τις τράπεζες ,
- είτε τέλος χρονοτριβούν στην απόκτηση των απαραίτητων δικαιολογητικών λόγω άγνοιας ή λόγω της γραφειοκρατίας.

ΦΒ ΑΓΡΟΤΩΝ				
Περιφέρεια	Σύνολο αιτήσεων ΧΤ		Σύνολο ενεργών ΧΤ	
	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)
ΔΠΑ	29	2.189	1	99
ΔΠΜ-Θ	2.747	268.150	193	18.835
ΔΠΠ-Η	2.152	211.129	71	6.959
ΔΠΚΕ	1.618	145.770	71	6.876
Σύνολο	6.546	627.238	336	32.770

Πίνακας 7.4 Πλήθος αγροτικών φωτοβολταϊκών σταθμών και εγκατεστημένης ισχύος στο Δίκτυο της ΧΤ τόσο σε πλήθος αιτήσεων όσο και ενεργοποιήσεων.

ΦΒ ΑΓΡΟΤΩΝ				
Περιφέρεια	Ενεργά <=20 kW		Ενεργά >20 kW	
	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)
ΔΠΑ	0	0	1	99
ΔΠΜ-Θ	2	40	191	18.796
ΔΠΠ-Η	0	0	71	6.959
ΔΠΚΕ	1	20	70	6.856
Σύνολο	3	60	333	32.710

Πίνακας 7.5 Ενεργοποιημένα αγροτικά φωτοβολταϊκά πάρκα εγκατεστημένης ισχύος α) <=20 kW και β) > 20 kW.

7.1.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΜΤ.

Το πρώτο φωτοβολταϊκό πάρκο στη ΜΤ (εγκατεστημένης ισχύος έως 150 kW) τέθηκε σε λειτουργία τον Νοέμβριο του 2008. Εγκαταστάθηκε στο Νομό Σερρών και είχε ονομαστική ισχύ 399,96 kW. Από τότε έως τον Φεβρουάριο του 2012 έχουν κατατεθεί 442 φάκελοι για μελέτη εκ των οποίων οι 135 έχουν ήδη ενεργοποιηθεί, δηλαδή το ένα τρίτο των αιτημάτων (Πίνακας 7.6). Σημειώνεται, ότι οι Παραγωγοί της ΜΤ έχουν την δυνατότητα αποδοχής των όρων σύνδεσης με το Δίκτυο τεσσάρων ετών από τη στιγμή της έκδοσης τους σε αντίθεση των υπόλοιπων που έχουν έξι μήνες. Αποτέλεσμα είναι, οι σταθμοί στην ΧΤ να εγκαθίστανται και να ενεργοποιούνται σε μικρότερο χρονικό διάστημα (ένα – δύο χρόνια) από την αρχική τους αίτηση έναντι με αυτών στη ΜΤ, οι οποίοι έχουν δυνατότητα λειτουργίας έως και πέντε – έξι χρόνια αργότερα.

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΜΤ				
Περιφέρεια	Σύνολο αιτήσεων ΜΤ		Σύνολο ενεργών ΜΤ	
	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)
ΔΠΑ	9	1.191	2	297
ΔΠΜ-Θ	191	18.254	55	8.174
ΔΠΠ-Η	159	20.890	63	9.411
ΔΠΚΕ	83	10.445	15	2.242
Σύνολο	442	50.780	135	20.124

Πίνακας 7.6 Πλήθος φωτοβολταϊκών σταθμών και εγκατεστημένης ισχύος στο Δίκτυο της ΜΤ έως 150 kW τόσο σε πλήθος αιτήσεων όσο και ενεργοποιήσεων.

7.1.4 Φωτοβολταϊκοί σταθμοί έως 10 kW που περιλαμβάνονται στο Ειδικό Πρόγραμμα των Στεγών.

Η ραγδαία ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στις στέγες σπιτιών εγκατεστημένης ισχύος έως και 10 kW ξεκίνησε με την ψήφιση του Νόμου 1079/04.06.2009, ο οποίος όρισε ως τιμή παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας τα 0,55 Ευρώ/ kWh έναντι των

υπολοίπων στους οποίους κυμαίνεται από 0,45 Ευρώ/ kWh και κάτω ανάλογα με το έτος ενεργοποίησης του σταθμού. Συνεπώς, από τον Ιούνιο του 2009, όπου λειτούργησε ο πρώτος οικιακός φωτοβολταϊκός σταθμός, έως τον Φεβρουάριο του 2012 έχουν ενεργοποιηθεί 11.244 σταθμοί με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 98.797,75 kW (Πίνακας 7.8).

Μια περαιτέρω κατηγοριοποίηση των οικιακών φωτοβολταϊκών σταθμών (Πίνακας 7.7 και Πίνακας 7.8) είναι με βάση την ύπαρξη μονοφασικής ή τριφασικής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος στα σπίτια, με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

➤ Μονοφασική Παροχή

- ❖ Για ισχύ έως 12 KVA
- ❖ Μικρή κατοικία (π.χ. σπίτι λίγων τετραγωνικών, ολιγομελή νοικοκυριά, παραδοσιακή χρήση Η/Ε, παράλληλη χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας).

➤ Τριφασική Παροχή

- ❖ Για ισχύ από 13 KVA έως 250 KVA
- ❖ Μεγάλες κατοικίες (π.χ. χρήση περισσότερων ηλεκτρικών συσκευών
- ❖ Περισσότερες δυνατότητες ταυτόχρονης χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών.

Σύνολο αιτήσεων φωτοβολταϊκών σταθμών έως 10 kW					
Μονοφασικά		Τριφασικά		Γενικό σύνολο	
Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος)	Ισχύς (kW)	Πλήθος)	Ισχύς (kW)
2873	13146,2208	24919	236394,3657	27841	249540,6

Πίνακας 7.7 Σύνολο αιτήσεων φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

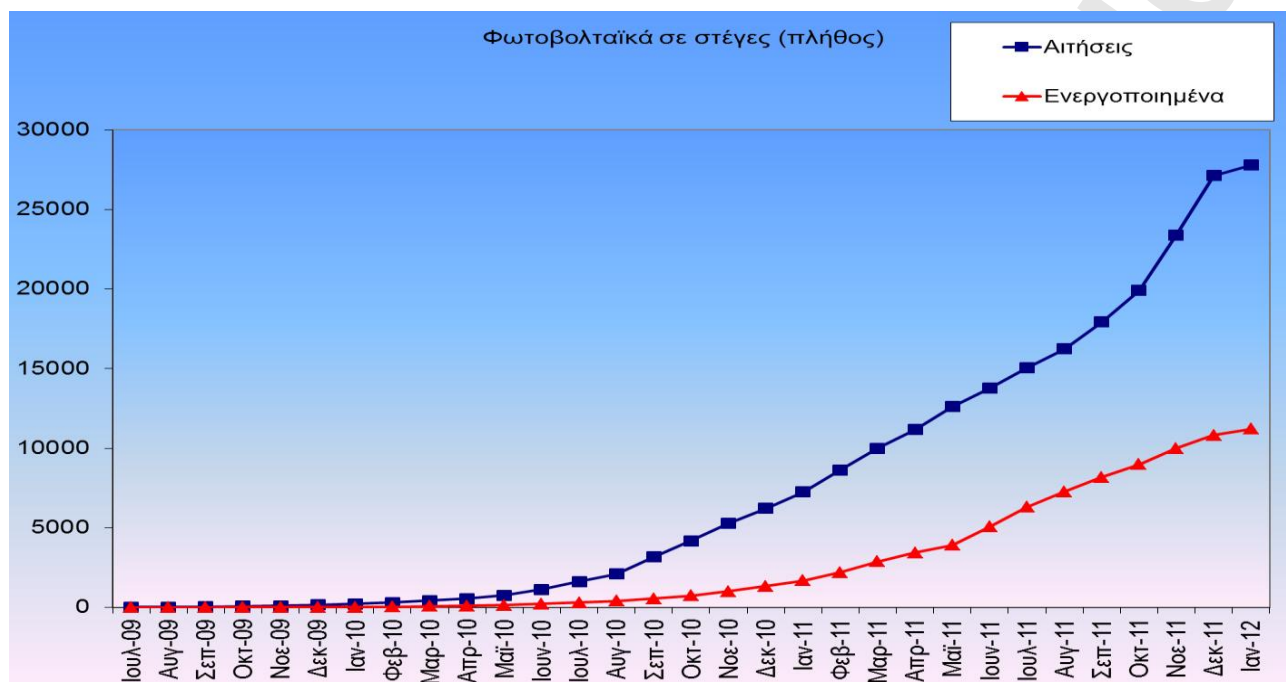
Σύνολο ενεργοποιήσεων φωτοβολταϊκών σταθμών έως 10 kW					
Μονοφασικά		Τριφασικά		Γενικό σύνολο	
Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)
1473	6694,401	9761	92103,353	11244	98797,7537

Πίνακας 7.8 Σύνολο ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

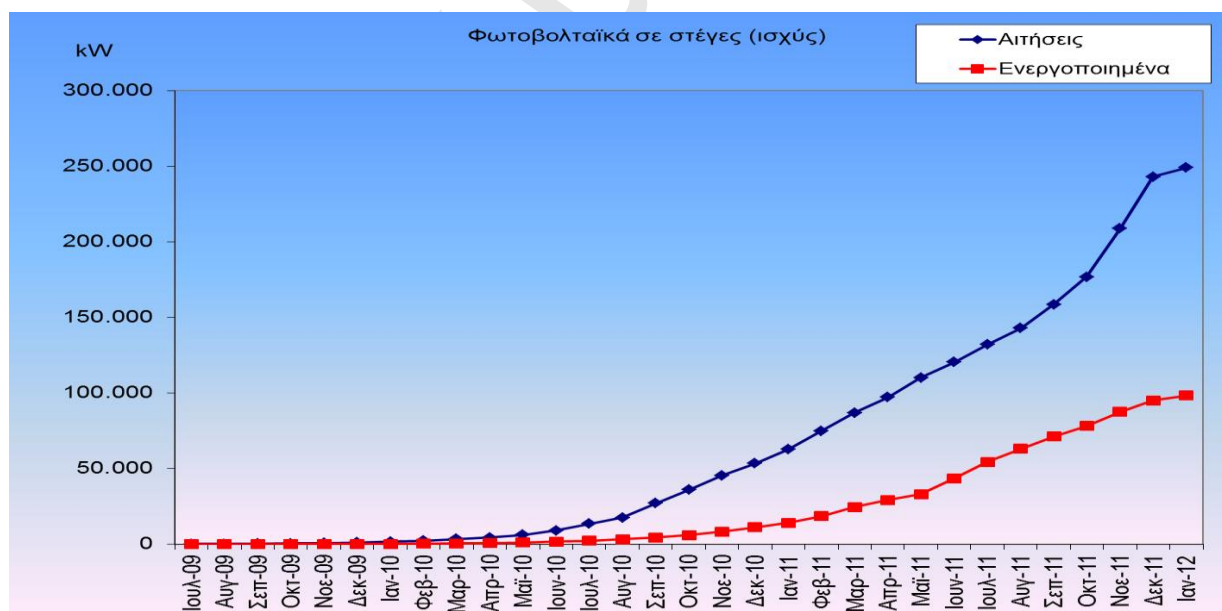
Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι ο αριθμός υποβολής αιτήσεων τριπλασιάζεται τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 2011 (3.496 και 3.727 αντίστοιχα) έναντι των προηγούμενων μηνών με ταυτόχρονη αύξηση των ενεργοποιήσεων (Σχήμα 7.3).

Χαρακτηριστική είναι, η εκδήλωση ενδιαφέροντος για κατάθεση φακέλων από οικιακούς παραγωγούς που έχουν τριφασικής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος στα σπίτια τους. Το φαινόμενο αυτό κορυφώνεται το μήνα Δεκέμβριο του 2011 όπου κατατίθεντο 275 αιτήσεις για σπίτια με μονοφασική παροχή σε αντίθεση με 3.440 αιτήσεις που αφορούν οικίες με τριφασική παροχή (Σχήμα 7.5). Εδώ οφείλουμε να σημειώσουμε ότι στα σπίτια με τριφασική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος περιλαμβάνονται και οι μικρές επιχειρήσεις έως 10 ατόμων του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

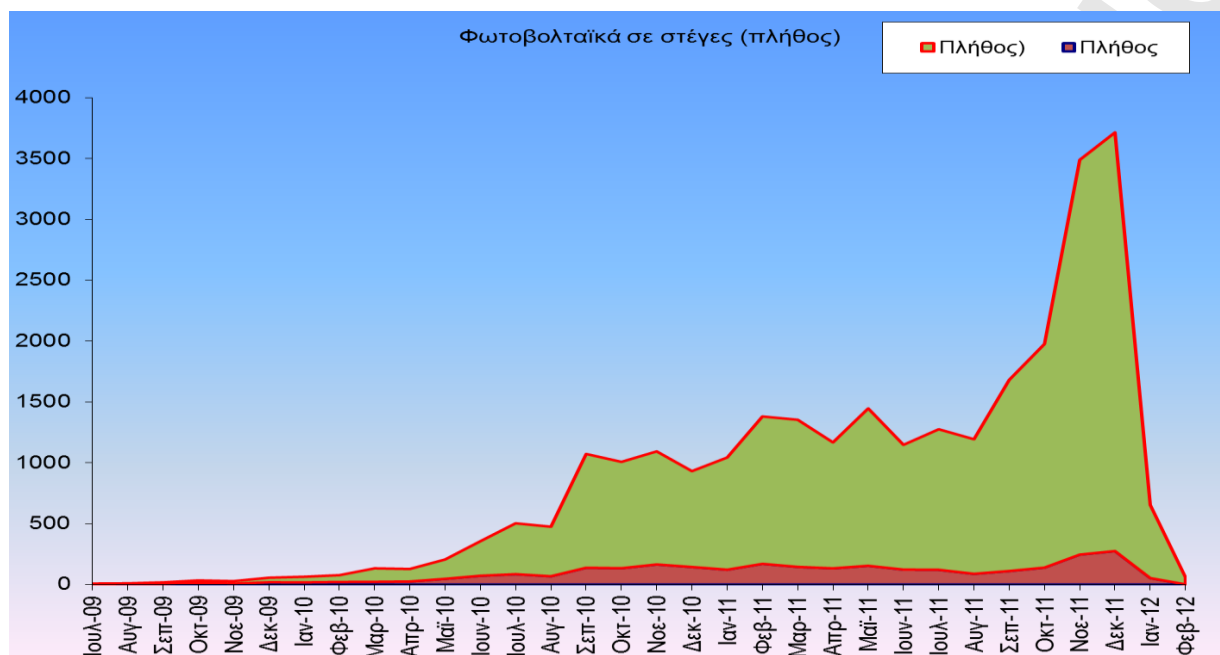
Παρατηρώντας, προσεκτικά το Σχήμα 7.5 βλέπουμε ότι από τον Ιανουάριο του 2012 εμφανίζεται κατακόρυφη πτώση των αιτήσεων των φωτοβολταϊκών. Ειδικότερα τον Φεβρουάριο του 2012 οι αιτήσεις στον ΔΕΔΔΗΕ ήταν μόλις 59 και οι ενεργοποιήσεις 43 σε αντίθεση με τον Δεκέμβριο του 2011 όπου οι αιτήσεις άγγιζαν τις 3.727 και οι ενεργοποιήσεις τις 825. Αυτό συμβαίνει γιατί τον Ιανουάριο του 2012 μειώθηκε κατά 5 λεπτά η τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς του Ειδικού Προγράμματος, δηλαδή από 0,55 Ευρώ/ kWh έπεσε στα 0,50 Ευρώ/ kWh. Σε αυτό αν προσθέσουμε το γεγονός ότι στις 10.08.2012 το Υπουργείο (ΥΠΕΚΑ) με τον Νόμο ΦΕΚ Β/2317/10.08.2010 μείωσε την τιμή στο μισό, δηλαδή 0,25 Ευρώ/ kWh, μπορούμε να φανταστούμε την εξέλιξη των σταθμών αυτών.



Σχήμα 7.3 Η ανά μήνα παρουσίαση των αιτήσεων και των ενεργοποιήσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



Σχήμα 7.4 Η ανά μήνα παρουσίαση της εγκατεστημένης ισχύς των αιτήσεων και των ενεργοποιήσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



Σχήμα 7. 5 Η ανά μήνα παρουσίαση των αιτήσεων και των ενεργοποιήσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων του Ειδικού Προγράμματος Στεγών με κριτήριο την ύπαρξη μονοφασικής (κόκκινο χρώμα) ή τριφασικής παροχής (πράσινο) ηλεκτρικού ρεύματος.

7. 2 Σιγμοειδείς καμπύλες.

Στη συνέχεια, γίνεται προσπάθεια πρόβλεψης του ρυθμού ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ηπειρωτική Ελλάδα. Για τον σκοπό αυτό γίνεται χρήση των σιγμοειδών καμπυλών προκειμένου να μελετηθεί η εξέλιξή τους.

Η θεωρία των σιγμοειδών καμπυλών (S-curves) αποδίδεται ιστορικά, στους Volterra και Lotka – LVC (Μόδης 2005; Morris and Pratt, 2003). Οι εξισώσεις LVC αποτελούν ένα σύνολο λογιστικών διαφορικών εξισώσεων, που παρουσιάζουν την ανταγωνιστική αλληλεπίδραση των βιολογικών ειδών. Οι εξισώσεις αυτές μπορούν να εφαρμοστούν και σε ένα μόνο είδος, προκειμένου να παρουσιάσουν την ανάπτυξή του. Η γενική εξίσωση, σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη ενός μόνο είδους είναι :

$dy/dt = k*y[(a-y)/a]$ και η λύση της $y(t) = a/\{1+\ln[-(a-\beta)]\}$ όπου

$y = 0$ στιγμιαίος πληθυσμός του είδους,

k = η αναπαραγωγική του ικανότητα,

a = ο αρχικός πληθυσμός και

β = μια σταθερά εξαρτώμενη από τις αρχικές συνθήκες.

Θεωρώντας, ότι τα βιολογικά είδη, τα προϊόντα και η τεχνολογίες συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο ως προς την ανάπτυξη τους (Μόδης, 2005; Καρβούνης, 1995; Christensen, 2004), γίνεται χρήση της θεωρίας των σιγμοειδών καμπύλων με το μοντέλο ανάπτυξης ενός μόνου είδους (δηλαδή δεν υπάρχει ανταγωνιστικό είδος/τεχνολογία) προκειμένου να γίνει πρόβλεψη της εξέλιξής τους. Με αυτόν τον τρόπο, η θεωρία των σιγμοειδών καμπύλων μπορεί να προβλέψει με ακρίβεια το σημείο κάμψης και τον ρυθμό ανάπτυξης κάποιου μεγέθους, είδους, προϊόντος ή τεχνολογίας που είναι ανάλογο τόσο του ποσού ανάπτυξης που έχει ήδη επιτευχθεί, όσο και του ποσού ανάπτυξης που υλοποιείται.

Οι σιγμοειδείς καμπύλες εφαρμόζονται σε πληθώρα περιπτώσεων (όπως η εξέλιξη των γεωργικών τεχνολογιών, η υποκατάσταση των συστημάτων μεταφοράς, η εξέλιξη των ανακαλύψεων, η διάδοση της καινοτομίας, μακρο – μικρο – οικονομικές τάσεις, η αύξηση της τρομοκρατίας, οι περιβαλλοντικές αλλαγές, η εξέλιξη των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων κ.α.) (Kucharavy and De Guio, 2007; Μόδης, 2005) καθώς και για να περιγράψουν την εξέλιξη αναδυόμενων τεχνολογιών, χρησιμοποιώντας τον αριθμό των δημοσιεύσεων και των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας (Bengisu and Nekhili, 2006). Με αυτόν τον τρόπο, η εξέλιξη νέων τεχνολογιών μπορεί να παρουσιαστεί μέσα από την εφαρμογή σιγμοειδών καμπύλων σε μεγέθη όπως τον αριθμό δημοσιεύσεων, τον αριθμό διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας και των ποσών χρηματοδότησης.

Η εξαγωγή των σιγμοειδών καμπύλων, που παρουσιάζονται στη συνέχεια, προκύπτει από τη χρήση της συνάρτησης (γνωστή σαν S – logistic 1) με βάση τις εξισώσεις LVC και είναι της μορφής :

$$y = a / \{1 + \ln[-k(t - \beta/k)]\}.$$

Η παράμετρος a σχετίζεται με το συνολικό αριθμό του μεγέθους που μπορεί να υπάρξει και να καθορίζει την «ασύμπτωτη» στην οποία τείνει η σιγμοειδής. Επίσης, η σταθερά β σχετίζεται με την κλίση της καμπύλης στο 50% της ανάπτυξης του μεγέθους που μελετάται. Ενώ η τιμή $t_c = \beta/k$ παρουσιάζει το χρόνο όπου εμφανίζεται το 50% του μέγιστου αριθμού του μεγέθους. Εμφανίζοντας την συνάρτηση αυτή στα προς μελέτη δεδομένα, υπολογίζονται οι σταθερές αυτές και εξάγεται η σιγμοειδής καμπύλη για την προβλεπόμενη πορεία του μεγέθους. Η προσαρμογή (fitting) της καμπύλης στα εκάστοτε δεδομένα της έρευνας θα πρέπει να είναι άριστη, ενώ εφαρμόζοντας τη διαδικασία αυτή στα εκάστοτε δεδομένα που μελετώνται και πάλι στο πρόγραμμα, προκύπτουν τα διαγράμματα των σιγμοειδών. Αξίζει να σημειωθεί, ότι όταν το K παίρνει την τιμή (Batzias et al, 2006):

$K = K_0 / [1 + m_0 \exp(-b_0 t)]$ τότε το y παίρνει τη μορφή :

$$y = K_0 / [1 + m_0 \exp(-b_0 t)] / [1 + m \exp(-bt)]$$

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 7.9 παρουσιάζονται εναλλακτικά μοντέλα σιγμοειδών εξισώσεων (Μπατζιάς, 2009). Επίσης, Τα μοντέλα από XIV έως και XVII παρουσιάζονται εκτενώς και στο σύγγραμμα Batzias, 2005 :

#	Model
I	$y = \frac{K}{1 + m e^{-bt}}$
II	$y = \frac{K_0}{(1 + m e^{-bt})(1 + m_1 e^{b_1 t})}$
III	$y = \frac{a_0 + a_1 t}{(1 + m e^{-bt})}$
IV	$y = \frac{a_0 + a_1 t + a_2 t^2}{(1 + m e^{-bt})}$

V	$y = ae^{be^t}$
VI	$y = F \frac{1 - age^{-(a+b)t}}{1 - bge^{-(a+b)t}}$
VII	$y = (a_0 + a_1t)e^{be^t}$
VIII	$y = (a_0 + a_1t + a_2t^2)e^{be^t}$
IX	$y = (F_0 + F_1t) \frac{1 - age^{-(a+b)t}}{1 - bge^{-(a+b)t}}$
X	$y = (F_0 + F_1t + F_2t^2) \frac{1 - age^{-(a+b)t}}{1 - bge^{-(a+b)t}}$
XI	$y = F - (F - y_0)e^{-bt}$
XII	$y = (F_0 + F_1t) - [(F_0 + F_1t) - y_0] e^{-bt}$
XIII	$y = (F_0 + F_1t + F_2t^2) - [(F_0 + F_1t + F_2t^2) - y_0] e^{-bt}$
XIV	$y = \frac{K}{(1 + me^{-bt})^a}$
XV	$y = \frac{K}{(1 + me^{-bat})^{1/a}}$
XVI	$y = \frac{K}{(1 + me^{-bat})^a}$
XVII	$y = \frac{K}{1 + me^{-bt^a}}$

Πίνακας 7.9 Εναλλακτικά μοντέλα σιγμοειδών εξισώσεων.

Τέλος, παράδειγμα χρήσης του μοντέλου των σιγμοειδών καμπυλών αποτελεί η χρήση τους στη μελέτη της εξέλιξης των ηλιακών θερμοσίφωνων (Sidiras κ.α., 2004a, Sidiras κ.α., 2004b και Sidiras κ.α., 2005).

7.3 Οι σιγμοειδείς καμπύλες της εξέλιξης των φωτοβολταϊκών πάρκων.

7.3.1 Στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ)

Η πρόβλεψη για την εξέλιξη της σιγμοειδούς καμπύλης, καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τα διαθέσιμα δεδομένα τη χρονική στιγμή που γίνεται η πρόβλεψη. Όταν τα διαθέσιμα δεδομένα βρίσκονται στην αρχή της καμπύλης, όποιο νέο δεδομένο συμπεριληφθεί στα επόμενα χρόνια καθορίζει με μεγάλη βεβαιότητα της καμπύλης, δηλαδή το σημείο καμπής αλλά και το ρυθμό ανάπτυξης του μεγέθους. Καθώς η εξάπλωση των φωτοβολταϊκών σταθμών συνεχώς αυξάνεται, επιλέγεται να διερευνηθεί η εξέλιξη τους στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης όσο αφορά το ρυθμό ενεργοποίησης τους και τη εγκατεστημένη τους ισχύ.

Με την καταγραφή των στατιστικών δεδομένων μέσω των στοιχείων του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε κατά την περίοδο Ιούνιος 2007 – Μάρτιος 2012 και με τη χρήση της θεωρίας των σιγμοειδών, προκύπτει η ανά μήνα εξέλιξη των φωτοβολταϊκών πάρκων στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης. Όπως παρουσιάζεται στα Σχήματα 7.6 και 7.7, ο αριθμός των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών στο Δίκτυο της ΧΤ και της εγκατεστημένης τους ισχύς, αναμένετε να εμφανίσουν κόρο περίπου τον Ιούνιο του 2015.

Στον Πίνακα 7.10 παρουσιάζονται οι παράμετροι της εξίσωσης LVC για τις σιγμοειδείς καμπύλες σχετικά με την εξέλιξη των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών πάρκων και της εγκατεστημένης ισχύς τους στο Δίκτυο της ΧΤ. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται είναι της μορφής :

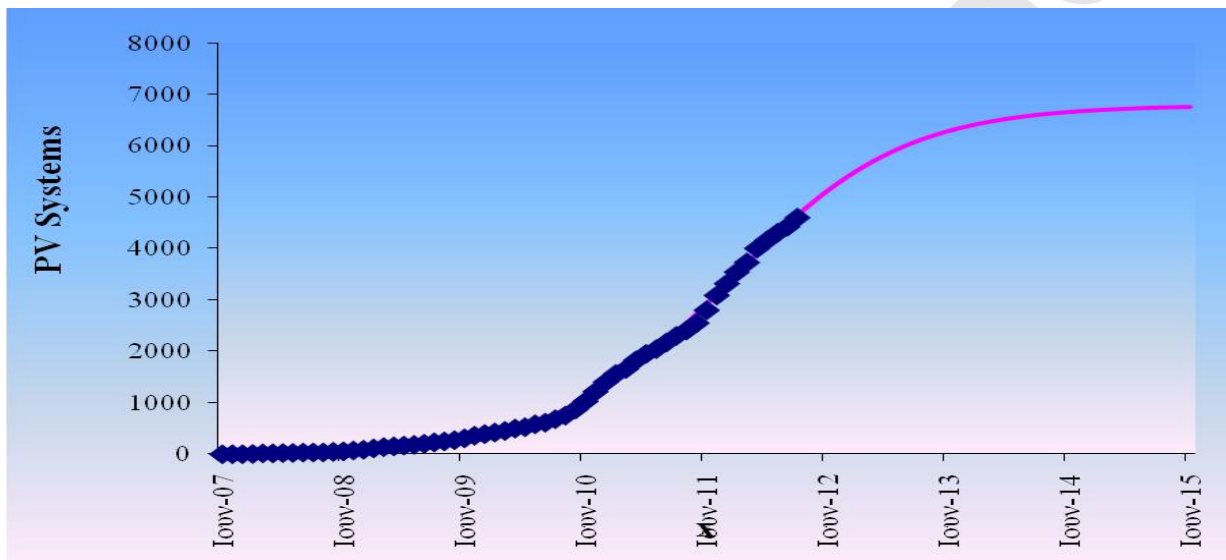
$$y = K/[1 + me^{(-b \cdot x)}] \text{ όπου}$$

y = οι ενεργοποιημένοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί ή η εγκατεστημένη ισχύς σε MW

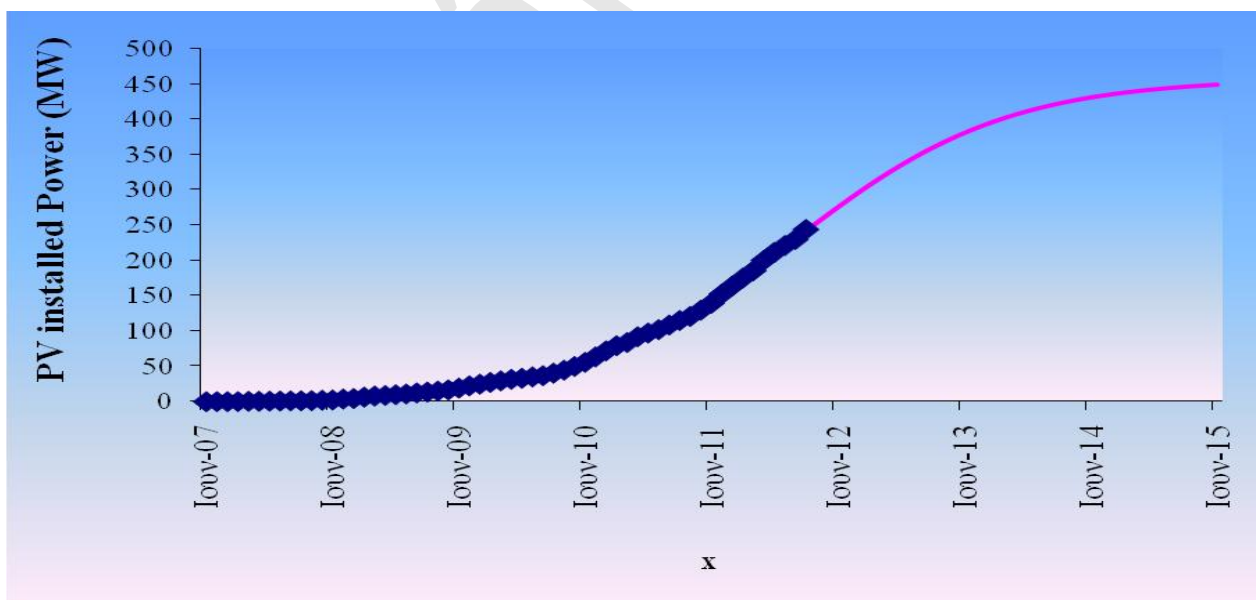
x = ο αριθμός των μηνών αρχίζοντας από τον Ιούνιο του 2007

K = η εκτιμώμενη τιμή του y όταν το $x \rightarrow \infty$ και

b = η εμπειρική παράμετρος.



Σχήμα 7.6 Η εξέλιξη του ρυθμού ενεργοποίησης των φωτοβολταϊκών σταθμών στη ΧΤ



Σχήμα 7.7 Η εξέλιξη του ρυθμού της εγκατεστημένης ισχύος (MW) των φωτοβολταϊκών σταθμών στη ΧΤ.

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
<i>K</i>	6801,0	458,06
<i>m</i>	409,6	276,06
<i>b</i>	0,1170	0,0989
<i>n</i>	44	44
<i>p</i>	3	3
<i>n-p</i>	41	41
SEE	72,76	3,188

Πίνακας 7.10 Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για την μελέτη της εξέλιξης των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) με τη πάροδο του χρόνου.

7.3.2 Στο Ειδικό πρόγραμμα των στεγών

Με την καταγραφή των στατιστικών δεδομένων μέσω των στοιχείων του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε κατά την περίοδο Ιούλιος 2009 – Ιανουάριος 2012 και με τη χρήση της θεωρίας των σιγμοειδών, μελετάται η ανά μήνα εξέλιξη των φωτοβολταϊκών πάρκων ≤ 10 kW για τις πιο κάτω κατηγορίες :

- Πλήθος αιτήσεων - άθροισμα εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών σταθμών σε οικίες με μονοφασική παροχή,
- Πλήθος αιτήσεων - άθροισμα εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών σταθμών σε οικίες με τριφασική παροχή,
- Σύνολο αιτήσεων - άθροισμα εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών σταθμών σε οικίες μονοφασικής και τριφασικής παροχής,
- Ενεργοποιημένοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί - άθροισμα εγκατεστημένης ισχύς σε οικίες με μονοφασική παροχή,
- Ενεργοποιημένοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί - άθροισμα εγκατεστημένης ισχύς σε οικίες με τριφασική παροχή,

- Σύνολο ενεργοποιημένων σταθμών - άθροισμα εγκατεστημένης ισχύος σε οικίες μονοφασικής και τριφασικής παροχής,

Και εδώ η εξίσωση της σιγμοειδούς καμπύλης που χρησιμοποιείται είναι της μορφής :

$$y = K/[1 + me^{(-b \cdot x)}] \text{ όπου}$$

y = το πλήθος αιτήσεων φωτοβολταϊκών σταθμών ή οι ενεργοποιημένοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί ή η εγκατεστημένη ισχύς σε kW,

x = ο αριθμός των μηνών αρχίζοντας από τον Ιούλιο του 2009,

K = η εκτιμώμενη τιμή του y όταν το $x \rightarrow \infty$ και

b = η εμπειρική παράμετρος.

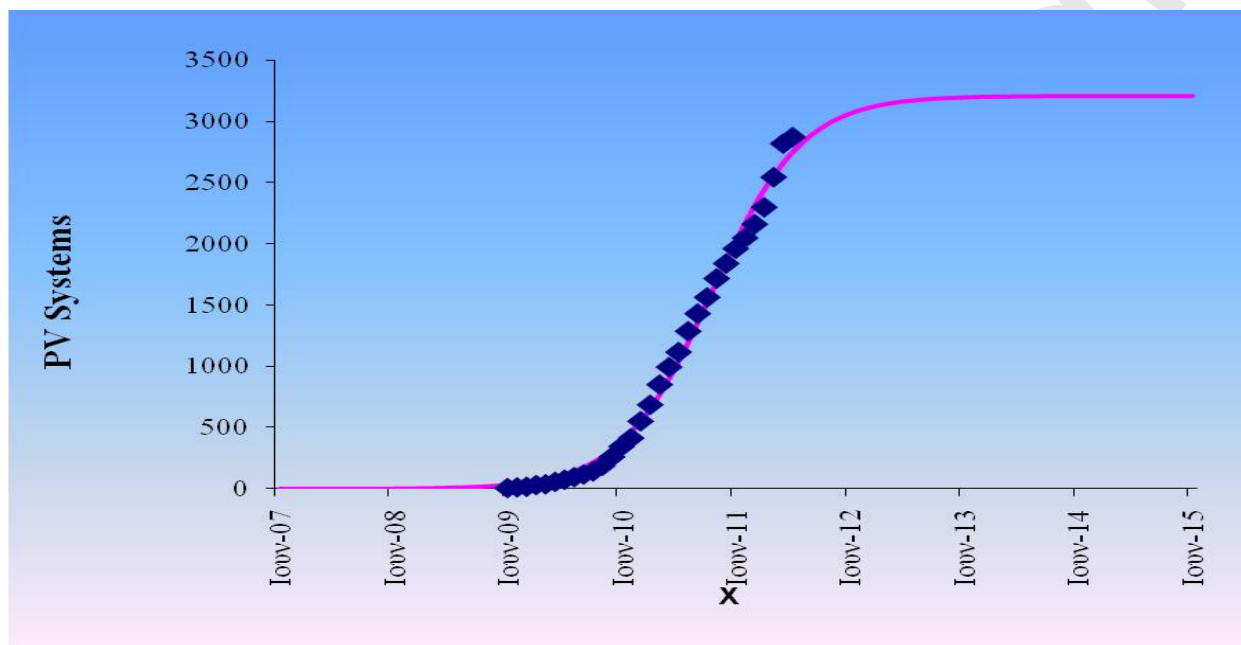
Τα αποτελέσματα της καταγραφής των στατιστικών δεδομένων μέσω των στοιχείων του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε κατά την περίοδο Ιούλιος 2009 – Ιανουάριος 2012 με τη χρήση της θεωρίας των σιγμοειδών, για την ανά μήνα εξέλιξη των φωτοβολταϊκών πάρκων του Ειδικού Προγράμματος Στεγών είναι τα έξης :

- ◆ Το πλήθος των αιτήσεων των φωτοβολταϊκών σταθμών σε οικίες με μονοφασική παροχή και της εγκατεστημένης τους ισχύς, αναμένεται να εμφανίσουν κόρο περίπου το Μάιο του 2015 φτάνοντας στις 3.204 αιτήσεις εγκατεστημένης ισχύος 14,7 MW (Σχήματα 7.8 και 7.9).
- ◆ Το πλήθος των αιτήσεων των φωτοβολταϊκών σταθμών σε οικίες με τριφασική παροχή και της εγκατεστημένης τους ισχύς, αναμένεται να εμφανίσουν κόρο περίπου το Μάιο του 2015 φτάνοντας στις 29.033 αιτήσεις εγκατεστημένης ισχύος 27,8 MW (Σχήματα 7.10 Και 7.11).
- ◆ Το άθροισμα του πλήθους των αιτήσεων των φωτοβολταϊκών σταθμών σε οικίες με μονοφασική και τριφασική παροχή και της εγκατεστημένης τους ισχύς, αναμένετε να εμφανίσουν κόρο περίπου το Μάιο του 2015 φτάνοντας στις 32.053 αιτήσεις εγκατεστημένης ισχύος 28,9 MW (Σχήματα 7.12 και 7.13).

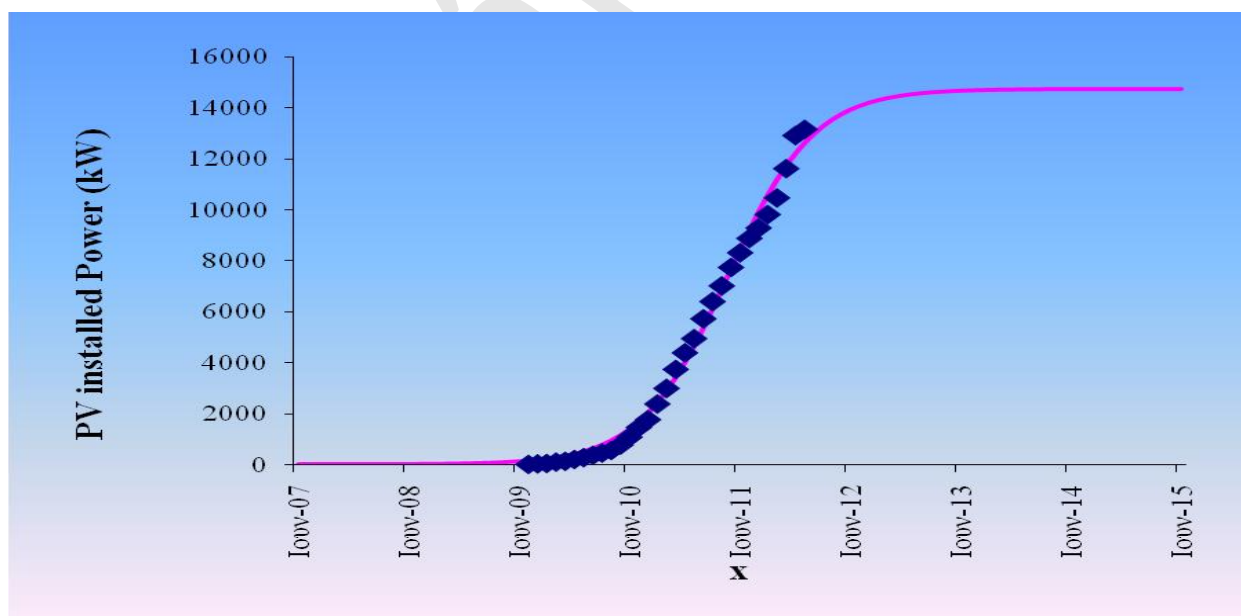
- ◆ Το πλήθος των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών σε οικίες με μονοφασική παροχή και της εγκατεστημένης τους ισχύς, αναμένεται να εμφανίσουν κόρο περίπου το Μάιο του 2015 φτάνοντας στις 2.325 ενεργοποιήσεις εγκατεστημένης ισχύος 10,6 MW (Σχήματα 7.14 και 7.15).
- ◆ Το πλήθος των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών σε οικίες με τριφασική παροχή και της εγκατεστημένης τους ισχύς, αναμένεται να εμφανίσουν κορεσμό περίπου το Μάιο του 2015 φτάνοντας στις 14.497 ενεργοποιήσεις εγκατεστημένης ισχύος 13,8 MW (Σχήματα 7.16 και 7.17).
- ◆ Το άθροισμα του πλήθους των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών σε οικίες με μονοφασική και τριφασική παροχή και της εγκατεστημένης τους ισχύς, αναμένετε να εμφανίσουν κορεσμό περίπου το Μάιο του 2015 φτάνοντας στις 16.644 ενεργοποιήσεις εγκατεστημένης ισχύος 14,6 MW (Σχήματα 7.18 και 7.19).

Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται οι παράμετροι της εξίσωσης LVC για τις σιγμοειδείς καμπύλες σχετικά με την εξέλιξη :

- του πλήθους των αιτήσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων και της εγκατεστημένης ισχύς τους τόσο για οικίες με μονοφασική όσο και με τριφασική παροχή του Ειδικού Προγράμματος Στεγών (Πίνακες 7.11 και 7.12),
- του πλήθους των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών πάρκων και της εγκατεστημένης ισχύς τους τόσο για οικίες με μονοφασική όσο και με τριφασική παροχή του Ειδικού Προγράμματος Στεγών (Πίνακες 7.14 και 7.15)
- του συνολικού πλήθους των αιτήσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων και της εγκατεστημένης ισχύς τους για οικίες με μονοφασική και τριφασική παροχή μαζί, του Ειδικού Προγράμματος Στεγών (Πίνακας 7.13),
- του πλήθους των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών πάρκων και της εγκατεστημένης ισχύς τους για οικίες με μονοφασική και τριφασική παροχή μαζί, του Ειδικού Προγράμματος Στεγών (Πίνακας 7.16),



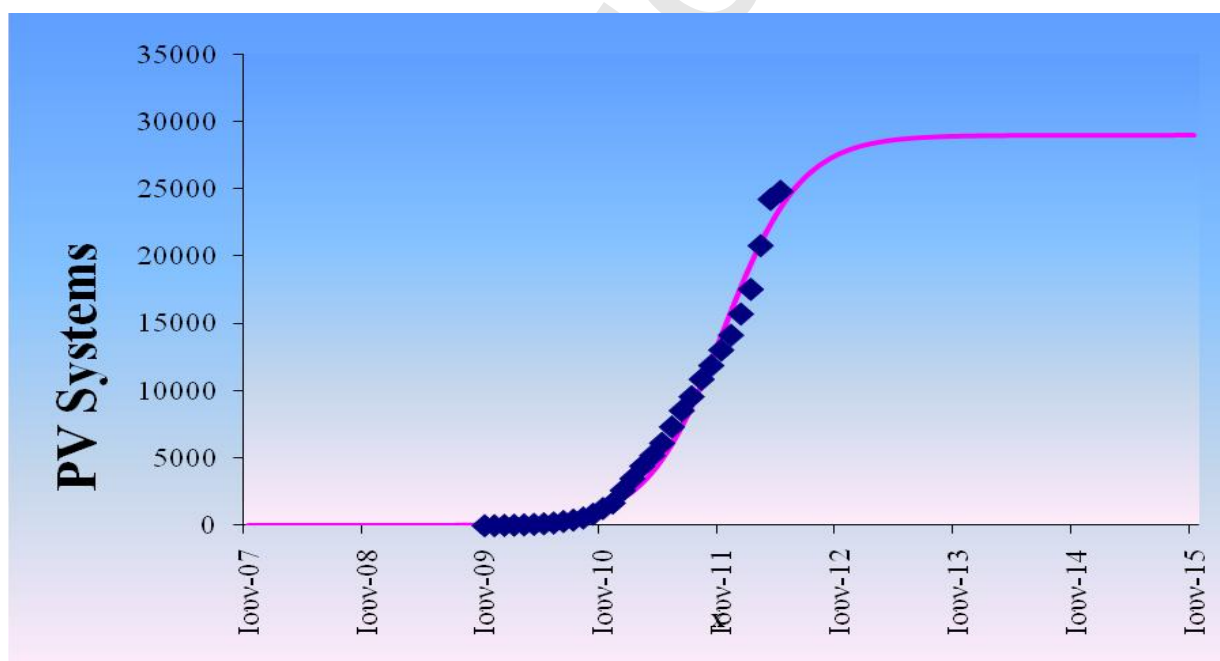
Σχήμα 7.8 Η εξέλιξη, σε οικίες με μονοφασική παροχή, του ρυθμού αιτήσεων των φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



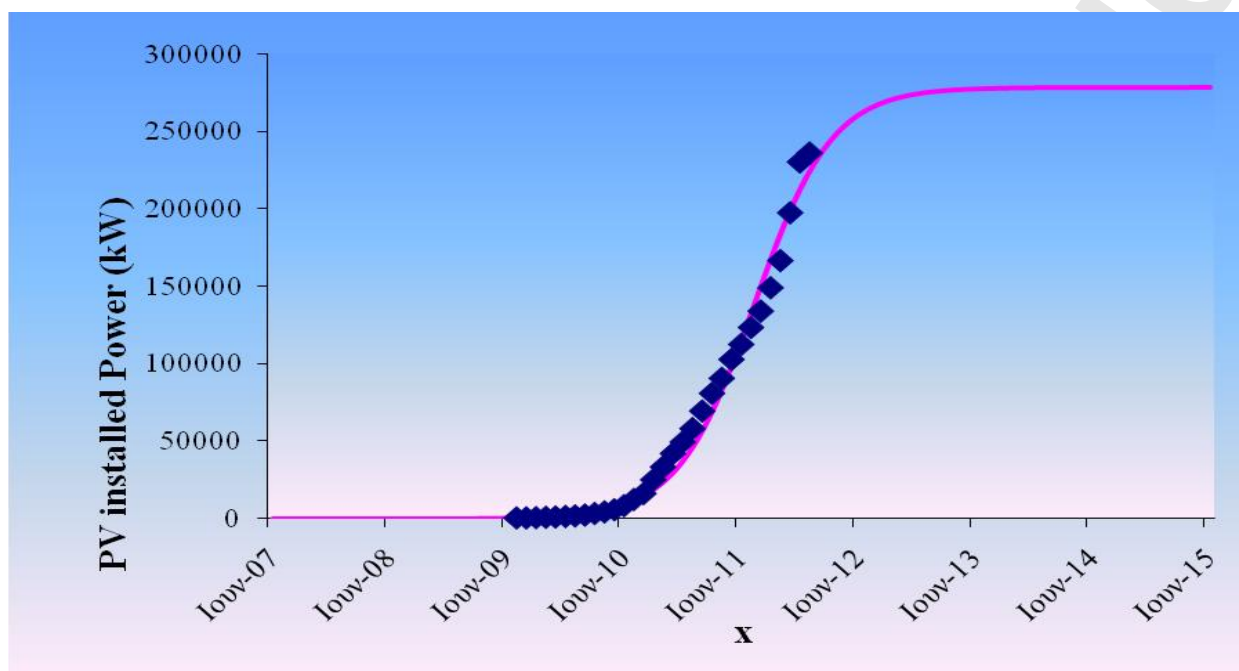
Σχήμα 7.9 Η εξέλιξη, σε οικίες με μονοφασική παροχή, του ρυθμού της εγκατεστημένης ισχύος (kW) των φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

Οικίες με μονοφασική παροχή		
Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Πλήθος ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)
K	3203,6	14716
m	17479	25381
b	0,21025	0,21270
n	31	31
p	3	3
n-p	28	28
SEE	7,5156	370,25

Πίνακας 7.11 Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών σε οικίες με μονοφασική παροχή, για την μελέτη της εξέλιξης του πλήθους των αιτήσεων των σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (kW) με τη πάροδο του χρόνου.



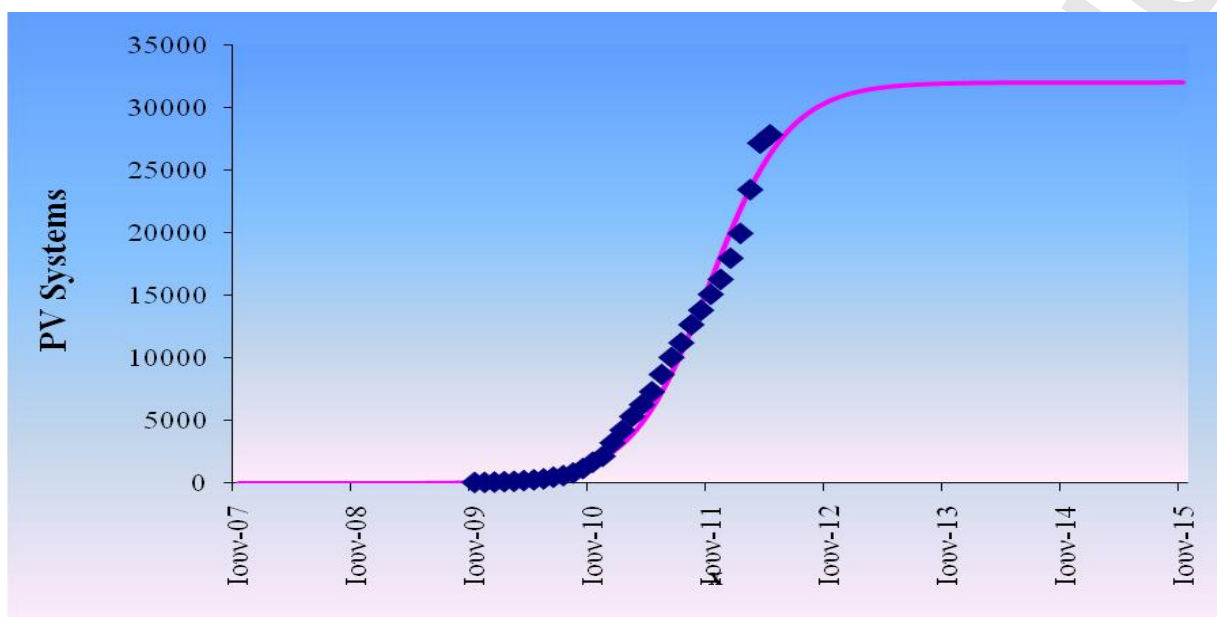
Σχήμα 7.10 Η εξέλιξη, σε οικίες με τριφασική παροχή, του ρυθμού αιτήσεων των φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



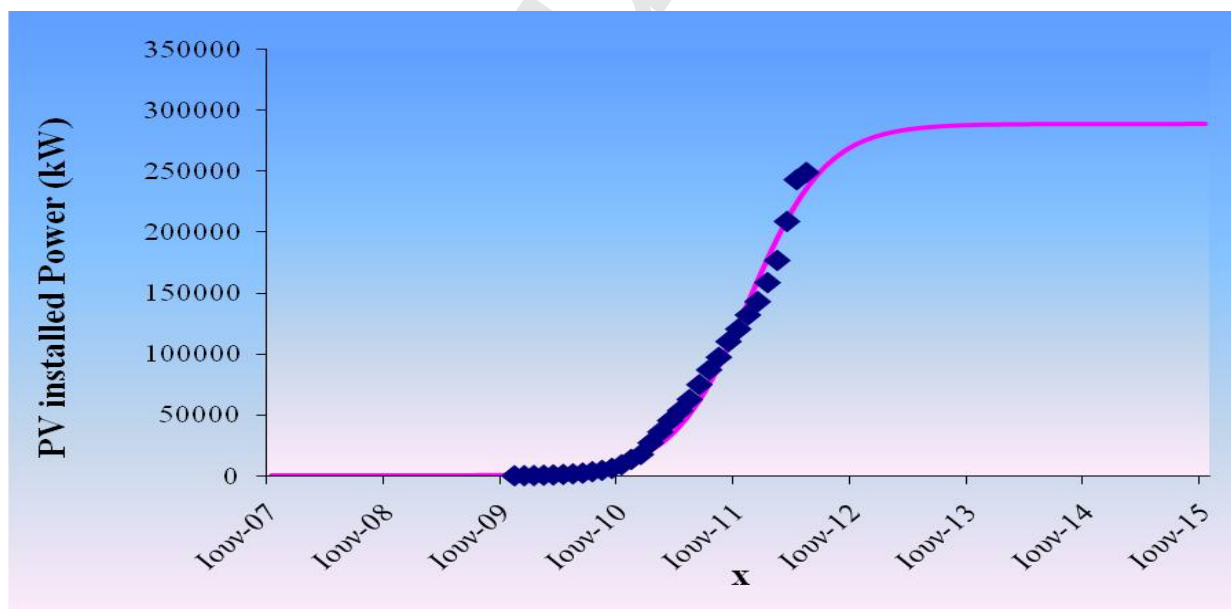
Σχήμα 7.11 Η εξέλιξη, σε οικίες με τριφασική παροχή, του ρυθμού της εγκατεστημένης ισχύος (kW) των φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών

Οικίες με τριφασική παροχή		
Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Πλήθος ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)
K	29033	278444
m	286880	348059
b	0,25516	0,25321
n	31	31
p	3	3
n-p	28	28
SEE	978,57	9206,4

Πίνακας 7.12 Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών σε οικίες με τριφασική παροχή, για την μελέτη της εξέλιξης του πλήθους των αιτήσεων των σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύος (kW) με τη πάροδο του χρόνου.



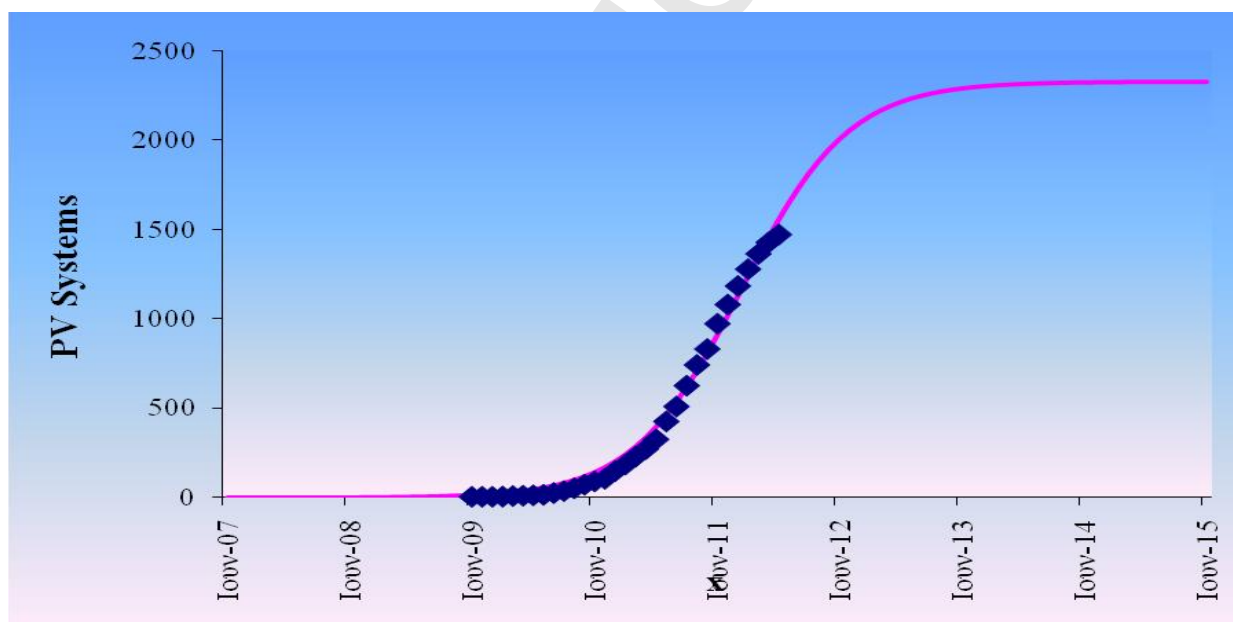
Σχήμα 7.12 Η εξέλιξη, σε οικίες με μονοφασική και τριφασική παροχή, του ρυθμού αιτήσεων των φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



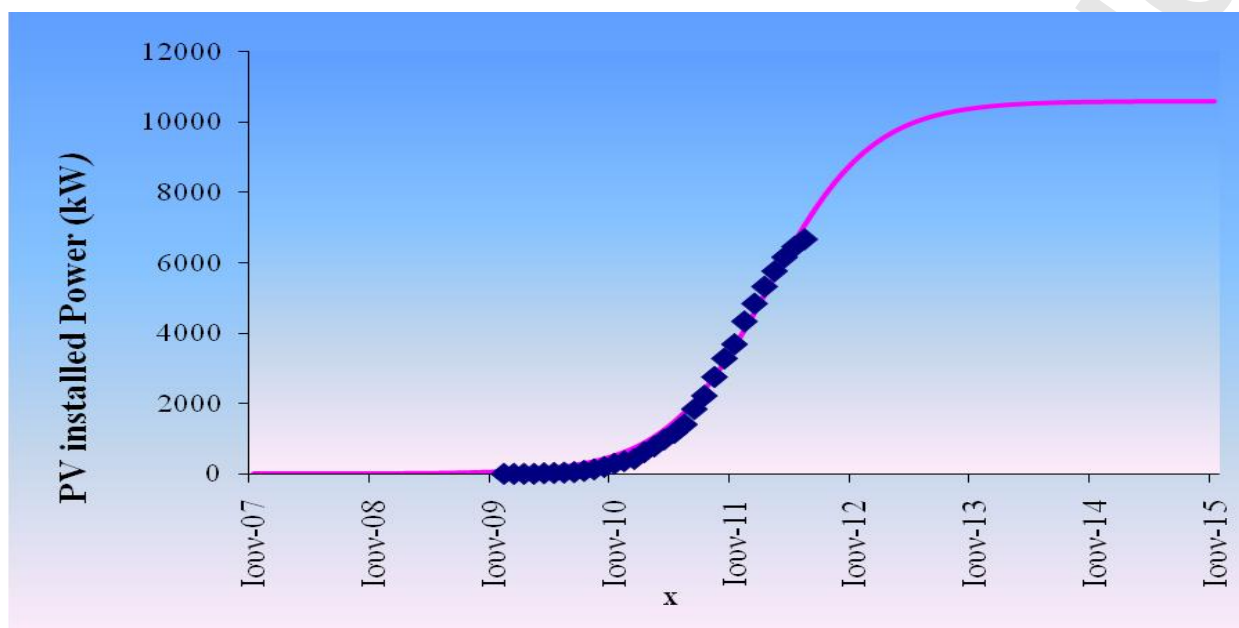
Σχήμα 7.13 Η εξέλιξη, σε οικίες με μονοφασική και τριφασική παροχή, του ρυθμού της εγκατεστημένης ισχύος (kW) των φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

Οικίες με (μονοφασική και τριφασική) παροχή		
Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Πλήθος ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)
K	32053	289088
m	202327	332852
b	0,24972	0,25364
n	31	31
p	3	3
n-p	28	28
SEE	1071,7	9795,8

Πίνακας 7.13 Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών σε οικίες με (μονοφασική και τριφασική) παροχή, για την μελέτη της εξέλιξης του πλήθους των αιτήσεων των σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (kW) με τη πάροδο του χρόνου.



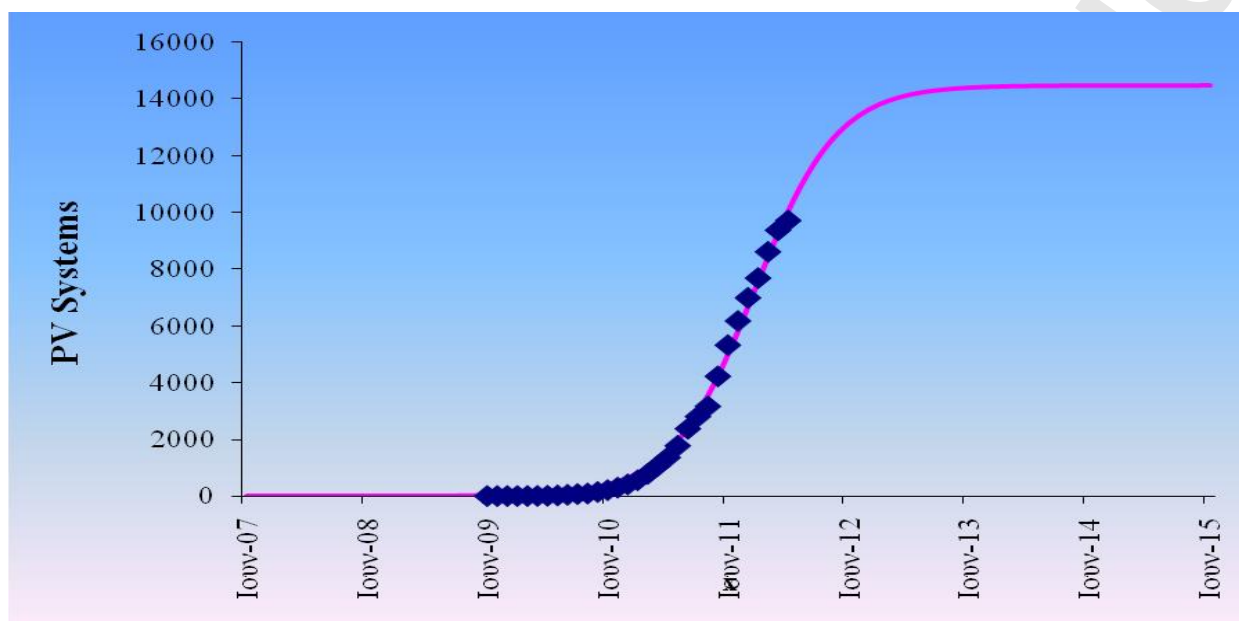
Σχήμα 7.14 Η εξέλιξη, σε οικίες με μονοφασική παροχή, του ρυθμού ενεργοποίησης των φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



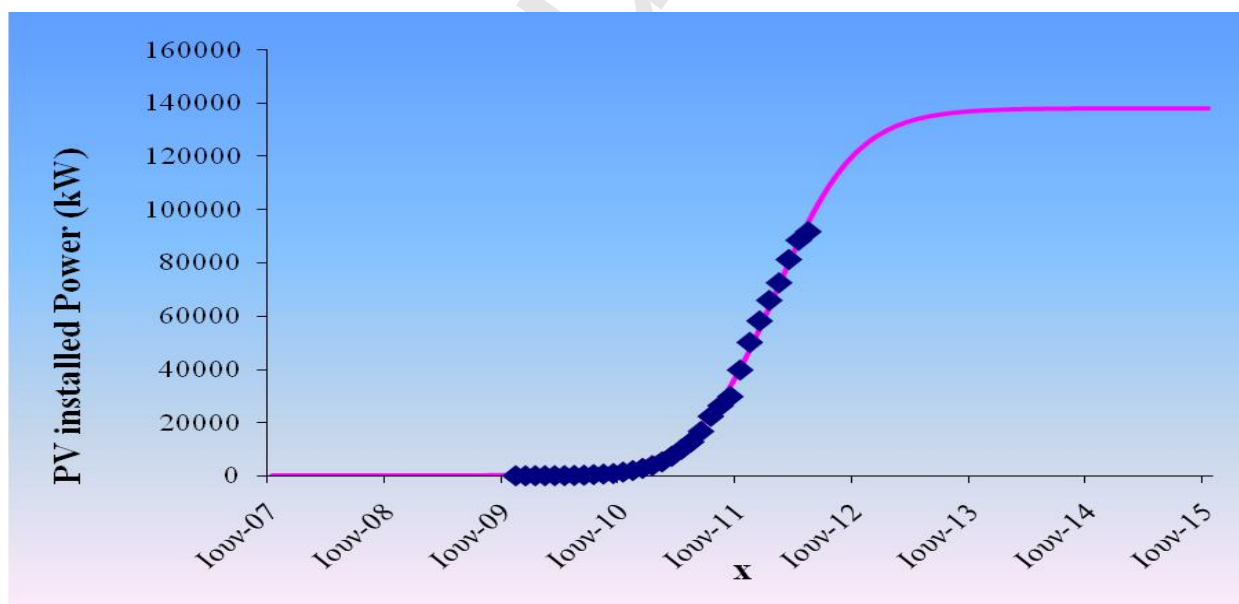
Σχήμα 7.15 Η εξέλιξη, σε οικίες με μονοφασική παροχή, του ρυθμού της εγκατεστημένης ισχύος (kW) των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

Οικίες με μονοφασική παροχή		
Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)
K	2325,03	10588,96
m	17475	25161
b	0,190173	0,1931
n	31	31
p	3	3
n-p	28	28
SEE	50,101	223,04

Πίνακας 7.14 Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών σε οικίες με μονοφασική παροχή, για την μελέτη της εξέλιξης του πλήθους των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύος (kW) με τη πάροδο του χρόνου.



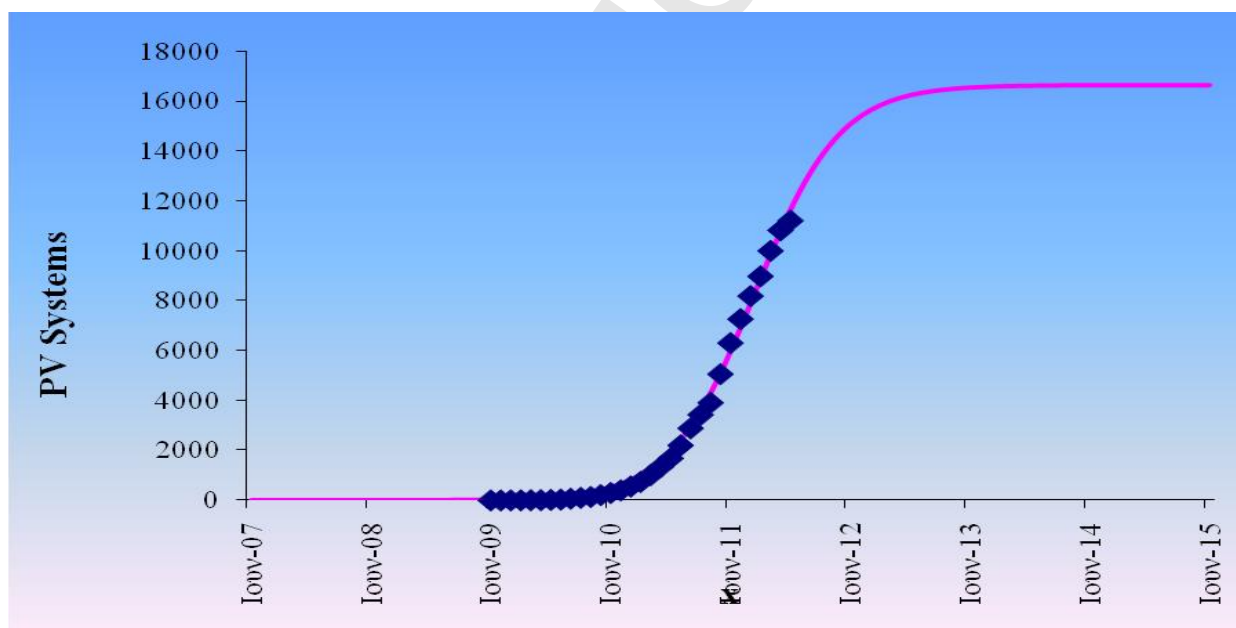
Σχήμα 7.16 Η εξέλιξη, σε οικίες με τριφασική παροχή, του ρυθμού ενεργοποίησης των φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



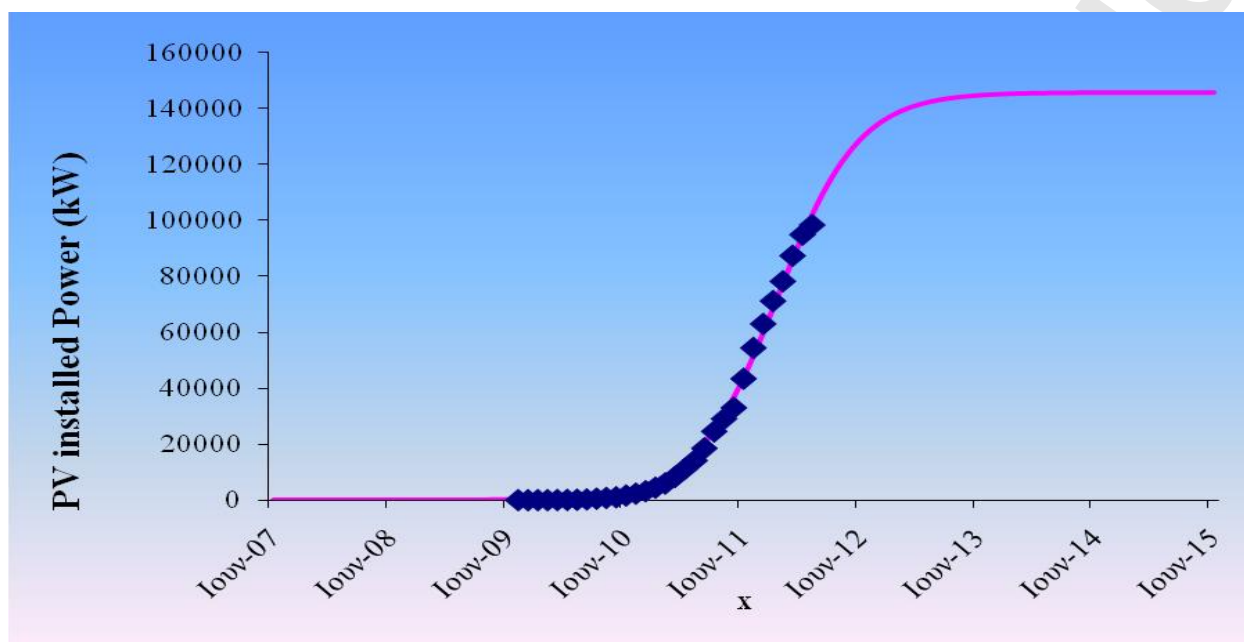
Σχήμα 7.17 Η εξέλιξη, σε οικίες με τριφασική παροχή, του ρυθμού της εγκατεστημένης ισχύος (kW) των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

Οικίες με τριφασική παροχή		
Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)
K	29033,03	278443,9
m	286879,6	348058,3
b	0,25517	0,25320
n	31	31
p	3	3
n-p	28	28
SEE	978,57	9206,40

Πίνακας 7.15 Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών σε οικίες με τριφασική παροχή, για την μελέτη της εξέλιξης του πλήθους των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (kW) με τη πάροδο του χρόνου.



Σχήμα 7.18 Η εξέλιξη, σε οικίες με μονοφασική και τριφασική παροχή, του ρυθμού ενεργοποίησης των φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



Σχήμα 7.19 Η εξέλιξη, σε οικίες με μονοφασική και τριφασική παροχή, του ρυθμού της εγκατεστημένης ισχύος (kW) των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

Οικίες με (μονοφασική και τριφασική) παροχή		
Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)
K	16644,4	145796,4
m	202326,8	332851,6
b	0,23742	0,24220
n	31	31
p	3	3
n-p	28	28
SEE	227,92	1977,43

Πίνακας 7.16 Παράμετροι των σιγμοειδών καμπύλων σε οικίες με (μονοφασική και τριφασική) παροχή, για την μελέτη της εξέλιξης του πλήθους των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύος (kW) με τη πάροδο του χρόνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - Διαχείριση στατιστικών δεδομένων ΦΒ με τη βοήθεια του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

8.1 Το λογισμικό GIS

Στο Κεφάλαιο αυτό, γίνεται προσπάθεια χαρτογράφησης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην ηπειρωτική Ελλάδα με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η διαδικασία πραγματοποιείται μέσω του λογισμικού ArcGIS 9.1 και εργαλείων μοντελοποίησης. Με την σημερινή τους μορφή και μετά την πολύχρονη παρουσία τους στην αγορά διαθέτουν σημαντικά και έξυπνα εργαλεία διαχείρισης χωρικών και περιγραφικών δεδομένων. Επιπλέον, έχει καταβληθεί σημαντική προσπάθεια ώστε να είναι φιλικά προς τον χρήστη.

8.2 Δεδομένα ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

Για την μελέτη και χαρτογράφηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων χρησιμοποιήθηκαν τα επίσημα στοιχεία που μας διέθεσε ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. Τα δεδομένα αυτά αφορούν φωτοβολταϊκούς σταθμούς με τα εξής χαρακτηριστικά :

- ⊗ Είναι εγκατεστημένοι στην ηπειρωτική Ελλάδα. Δεν περιλαμβάνονται, δηλαδή, τα νησιά με εξαίρεση την Εύβοια και τα διασυνδεδεμένα νησιά. Αξίζει να σημειωθεί ότι έως τον Φεβρουάριο του 2012 μόνο στην περιοχή του Αλιβερίου είχαν εγκατασταθεί φωτοβολταϊκά πάρκα.
- ⊗ Είναι επί εδάφους,
- ⊗ Δεν συμπεριλαμβάνονται εκείνοι οι σταθμοί, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε στέγες (δηλ. Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών και μη) και
- ⊗ Έχουν εγκατασταθεί έως και τον Φεβρουάριο του 2012.

Στη συνέχεια, τα φωτοβολταϊκά συστήματα χωρίστηκαν στις πιο κάτω κατηγορίες :

- Ⓞ Φωτοβολταϊκά πάρκα, τα οποία είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο της ΧΤ με εγκατεστημένη ισχύ έως και 100 kW και
- Ⓞ Φωτοβολταϊκά πάρκα, τα οποία είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο της ΜΤ με εγκατεστημένη ισχύ από 101 kW και άνω.

Παράλληλα, οι δύο ανωτέρω κατηγορίες διαιρέθηκαν στις εξής υποκατηγορίες :

- ▣ Φωτοβολταϊκά πάρκα, τα οποία έχουν εγκατασταθεί από φυσικά πρόσωπα και
- ▣ Φωτοβολταϊκά πάρκα, τα οποία έχουν εγκατασταθεί από νομικά πρόσωπα.

Επιπλέον, για κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες χαρτογραφήθηκε ξεχωριστά η εγκατεστημένη ισχύς (kW) των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ηπειρωτική Ελλάδα.

Ως υπόβαθρο του ψηφιακού γεωλογικού χάρτη της περιοχής έρευνας χρησιμοποιήθηκε ο «ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΣ», καθώς αποτελεί το πιο ευρέως χρησιμοποιημένο σύστημα αναφοράς στην Ελλάδα μέχρι σήμερα. Η επεξεργασία έγινε με το λογισμικό ArcGIS, το οποίο αναλύεται στη συνέχεια.

8.3 Ψηφιοποιημένοι χάρτες και καταχώριση δεδομένων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή και δημιουργία του κατάλληλου υπόβαθρου, δηλαδή της οριοθέτησης των δημοτικών διαμερισμάτων, δήμων και νομών που αποτελούν την Ηπειρωτική Ελλάδα καθώς και στην ανάλυση και σωστή εκμετάλλευση της πληροφορίας που μας δόθηκε από τον ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

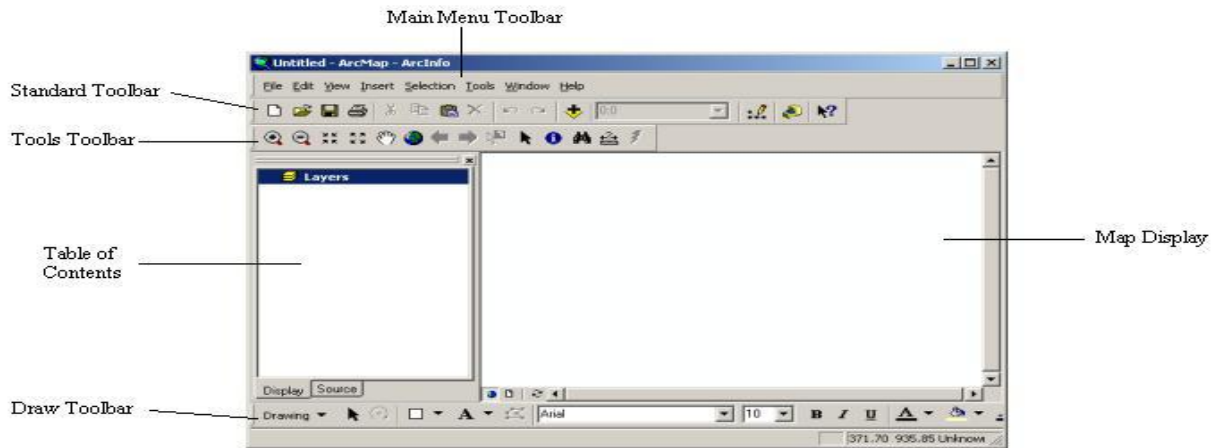
Ως υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκαν τα φύλλα «ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΣ» κλίμακας 1: 50000 χάρτες Γ.Υ.Σ. τα οποία προϋπήρχαν σε ψηφιακή μορφή στο λογισμικό του ArcMap (Σχήμα 8.1), το οποίο εντάσσεται στο πακέτο του λογισμικού ArcGIS. Καθένα από τα φύλλα γεωαναφέρθηκε ξεχωριστά και εισήρθε στο ArcGIS με τη χρήση της εργαλειοθήκης “Georeferencing” , με βάση ενός αρχείου (shape file), η οποία δίνει τη δυνατότητα να αντιστοιχισθούν σημεία που απεικονίζονται πάνω σε έναν χάρτη με τις πραγματικές γεωδαιτικές τους συντεταγμένες σε ένα σύστημα αναφοράς.

Με τον όρο γεωαναφορά, εννοούμε το σύνολο των απαραίτητων στροφών και μεταθέσεων του χάρτη στο επίπεδο ώστε να προκύψει προβολή του κάθε σημείου του χάρτη στο επιθυμητό σύστημα αναφοράς. Μετά το τέλος της γεωαναφοράς δημιουργήσαμε τα shape files για την κάθε οντότητα. Για τη δημιουργία ενός νέου αρχείου (shape file) διαλέγουμε από το ArcToolbox (εργαλειοθήκη του Arcmap) το εργαλείο Data Management Tools και στη συνέχεια επιλέγουμε την Create Feature Class όπου εμφανίζεται ένα παράθυρο για τη δημιουργία της οντότητας. Στο παράθυρο αυτό, δίνουμε το όνομα στην οντότητα που θα αντιπροσωπεύει το shape file, προσδιορίζουμε τον τύπο οντότητας και το σύστημα αναφοράς. Για τον σκοπό αυτό μετατράπηκαν σε διανυσματικά δεδομένα οι Δήμοι και τα δημοτικά Διαμερίσματα στα οποία έχουν εγκατασταθεί φωτοβολταϊκοί σταθμοί στην Ηπειρωτική Ελλάδα.

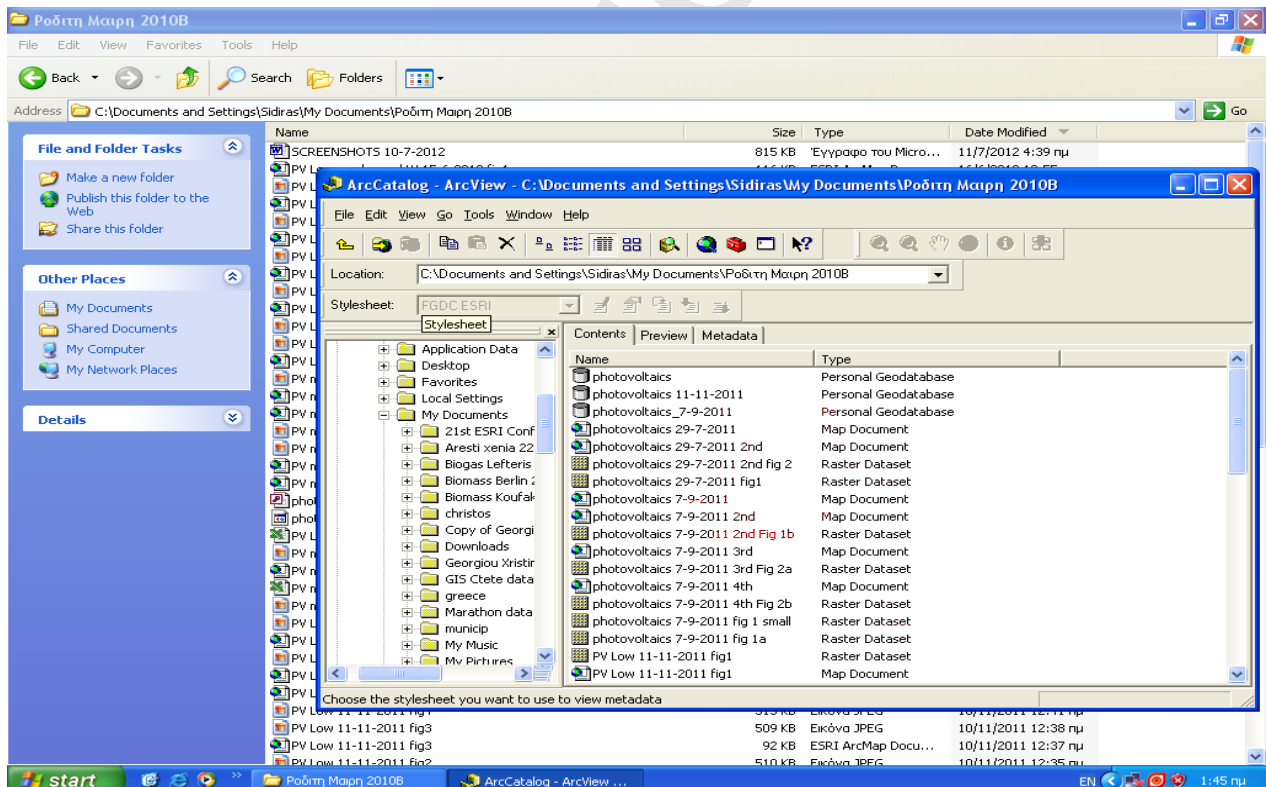
Ο ψηφιακός γεωλογικός χάρτης είναι αποτέλεσμα ψηφιοποίησης τριών τύπων οντοτήτων:

- ❖ **Σημειακή οντότητα (point):** αναπαριστούν στοιχεία που έχουν συγκεκριμένη θέση στο χάρτη και εντοπίζονται ως σημεία (τύπος εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου).
- ❖ **Γραμμική οντότητα (polyline):** χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν τα γραμμικά στοιχεία του χάρτη. Στην περίπτωση μας γραμμικές οντότητες είναι τα Δημοτικά Διαμερίσματα στα οποία χωρίζεται η Ηπειρωτική Ελλάδα.
- ❖ **Πολυγωνική οντότητα (polygone):** αναπαριστούν δεδομένα τα οποία έχουν χωρική υπόσταση και καλύπτουν μεγάλες περιοχές στο χάρτη, οπότε μπορούν να ψηφιοποιηθούν και να αναπαρασταθούν ως μεγάλα πολύγωνα (γεωλογικοί σχηματισμοί), στη συγκεκριμένη περίπτωση οι Νομοί. Τα πολύγωνα προέκυψαν από την επεξεργασία των γεωλογικών ορίων (polyline), με χρήση της εντολής Polygon Feature Class From Lines του ArcCatalog (Σχήμα 8.2).

The ArcMap Interface



Σχήμα 8.1 Αρχικό περιβάλλον περιήγησης του προγράμματος (Open ArcMap 9.1. Go to Start > Programs > ArcGIS > ArcMap).



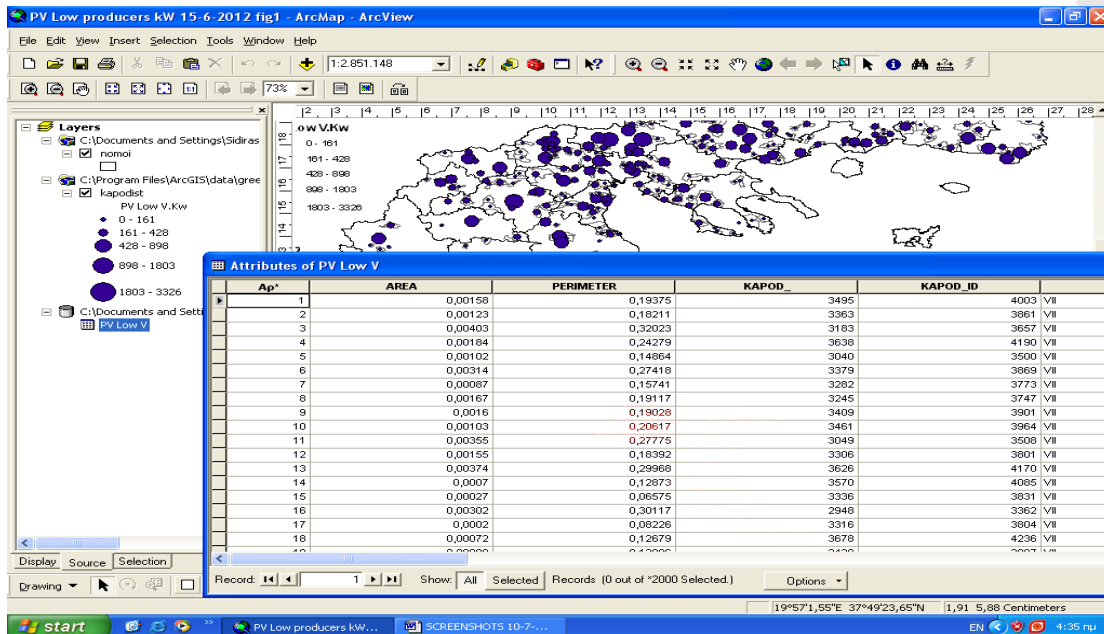
Σχήμα 8.2 Αντιστοίχιση των Δεδομένων σε Πολύγωνα – Γραμμικές Οντότητες με τη χρήση του Arcmap.

Μετά το τέλος της διαδικασίας της ψηφιοποίησης προχωράμε στην δημιουργία της προσωπικής γεωβάσης. Οι γεωβάσεις είναι νέες μορφές αποθήκευσης χωρικών δεδομένων, ειδικά σχεδιασμένες για το ArcGIS αφού αποτελούνται από ένα σύνολο ομάδων οντοτήτων. Με την βοήθεια τους έχουμε την δυνατότητα να αναπτύσσουμε από απλά μέχρι πολύπλοκα μοντέλα γεωγραφικών δεδομένων. Τα απλά μοντέλα αναπαριστούν σημεία, γραμμές ή πολύγωνα. Τα πιο πολύπλοκα μοντέλα περιλαμβάνουν δίκτυα, τοπολογία, εξελιγμένα χαρακτηριστικά όπως : διαστάσεις, σχέσεις ανάμεσα σε ομάδες οντοτήτων και άλλες αντικειμενοστραφείς οντότητες. Υπάρχουν δύο είδη γεωβάσεων :

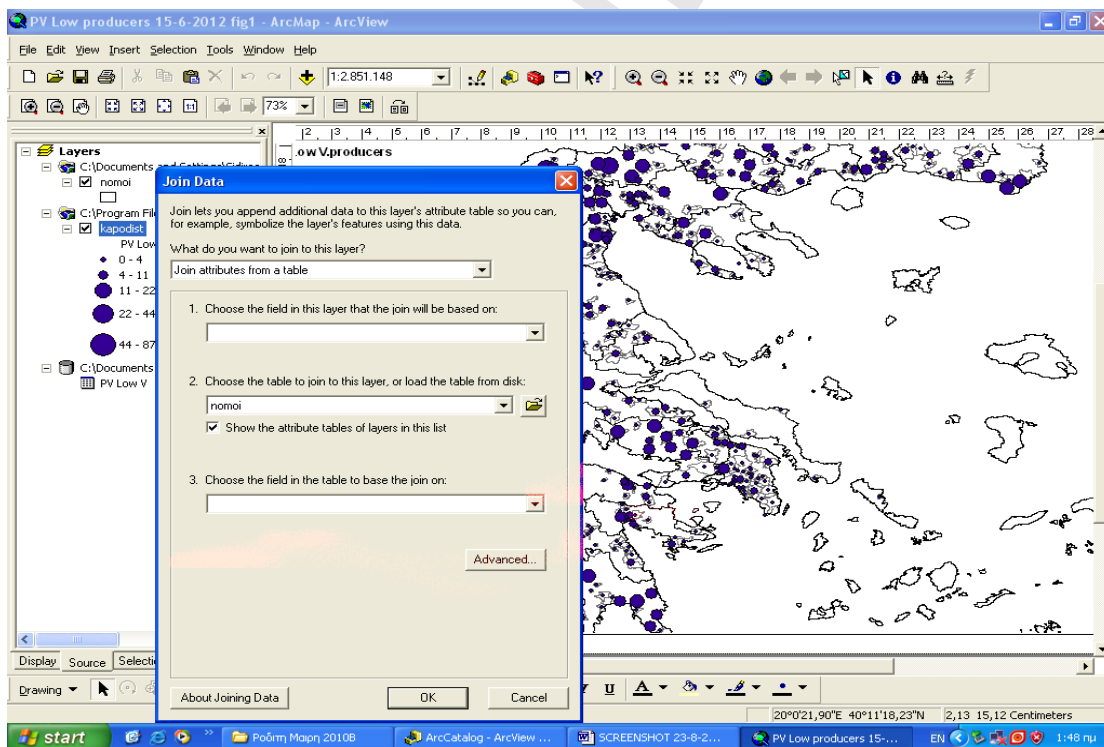
- ◆ οι προσωπικές γεωβάσεις και
- ◆ οι γεωβάσεις πολλών χρηστών

Οι προσωπικές γεωβάσεις, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα διπλωματική, είναι κατάλληλες για μικρό όγκο δεδομένων, μπορούν να τροποποιούνται από έναν χρήστη και μόνον και χρησιμοποιούν την Access ως σύστημα διαχείρισης των πινάκων περιγραφικών χαρακτηριστικών (attribute tables) (Σχήμα 8.3). Παράλληλα, ενώνοντας δύο πίνακες προσθέτονται τα χαρακτηριστικά του ενός στον άλλον έχοντας ως βάση ένα κοινό πεδίο. Με τον τρόπο αυτό ορίζεται μια σχέση μεταξύ των δύο πινάκων χωρίς όμως να επισυνάπτονται τα χαρακτηριστικά του ενός στον άλλον (Σχήμα 8.4). Έτσι δημιουργήθηκε η προσωπική γεωβάση στην οποία εισήχθησαν δεδομένα με κωδικό ονομασίας «companies», «producers» και «kW».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - Διαχείριση στατιστικών δεδομένων ΦΒ με τη βοήθεια του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.



Σχήμα 8.3 AttributesTable : Προσφέρει πρόσβαση στα δεδομένα.

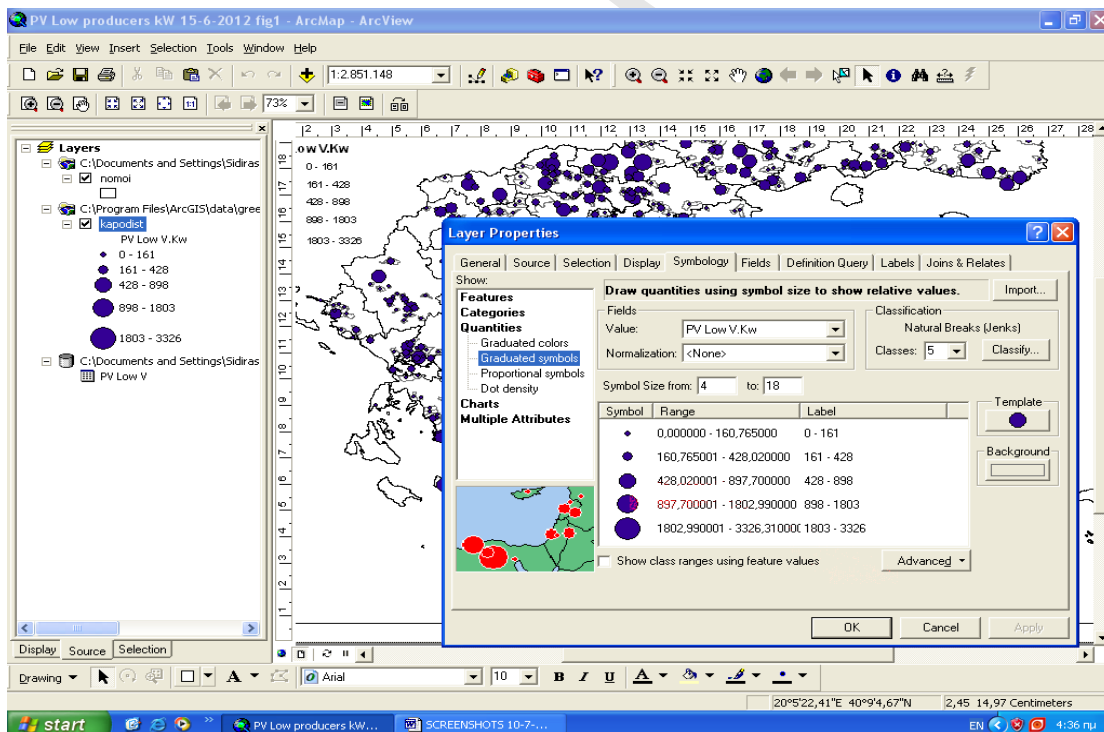


Σχήμα 8.4 Joins and Relates. Προσφέρει τη δυνατότητα σύνδεσης Δεδομένων με κοινά χαρακτηριστικά.

Στη συνέχεια, το λογισμικό του ArcMap 9.1 μας δίνει την δυνατότητα να παρουσιάσουμε τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά στους ψηφιοποιημένους χάρτες. Ο κάθε θεματικός χάρτης εξάγεται σε μορφή αρχείου εικόνας, με την εντολή Export Map (από το μενού File), έτσι ώστε στη συνέχεια να εισαχθεί και να απεικονιστεί στην παρούσα εργασία.

Το ArcMap, δίδει τη δυνατότητα να εξαχθεί ένας θεματικός χάρτης σε διάφορους τύπους αρχείων εικόνας (.jpeg, .tiff, .bmp και άλλους), μεταβάλλοντας ανάλογα κάθε φορά την ποιότητα και ανάλυση της εικόνας αυτής.

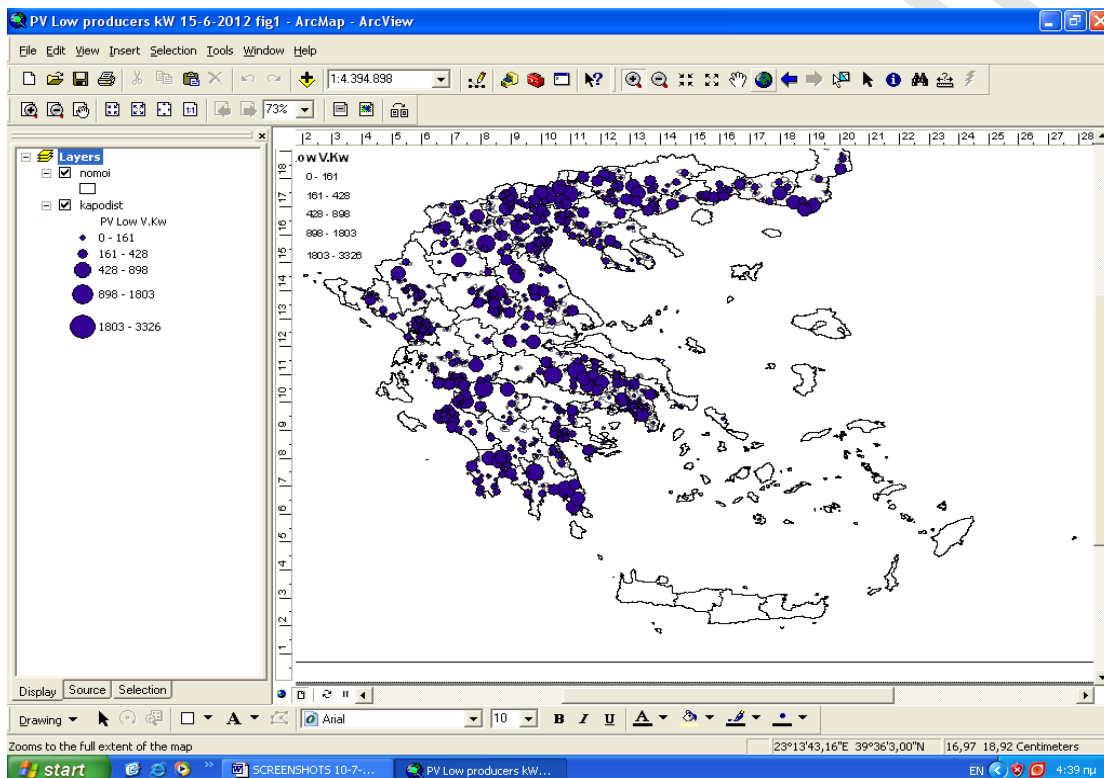
Στη συγκεκριμένη εργασία, τόσο ο εγκατεστημένος αριθμός φωτοβολταϊκών συστημάτων από φυσικά πρόσωπα όσο ή εταιρείες όσο και η εγκατεστημένη ισχύς (kW) ανά δημοτικό διαμέρισμα παρουσιάζονται με τη μορφή κύκλων. Καθώς αυξάνεται η διάμετρος του κάθε κύκλου αυξάνεται και οι πυκνότητα των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών σταθμών ή της παραγόμενης ενέργειας στη συγκεκριμένη περιοχή. Η τιμή, που αντιπροσωπεύει κάθε κύκλος, αναγράφεται στο υπόμνημα του χάρτη (Σχήμα 8.6).



Σχήμα 8.6 Επιλογή συμβολισμού/ιδιοτήτων στους χάρτες (layers) του λογισμικού ArcMap.

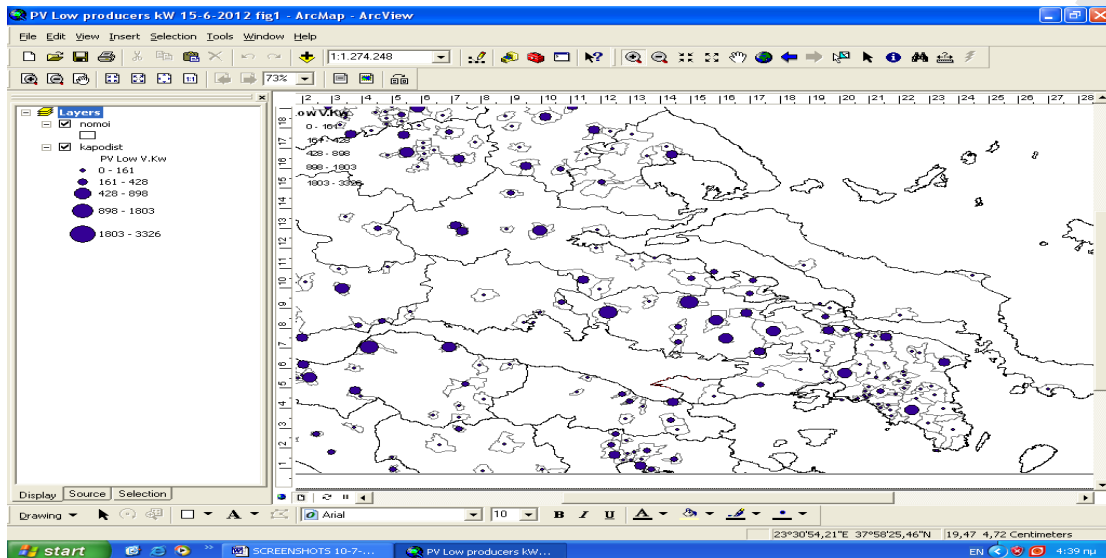
Με τη δημιουργία του ψηφιακού χάρτη ArcGIS (Σχήμα 8.7), μας δίνεται η δυνατότητα :

- ❖ εστίασης ή απομάκρυνσης από μία περιοχή (Σχήμα 8.8) και
- ❖ εύρεσης των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών που αντιπροσωπεύουν κάθε κύκλο ξεχωριστά (Σχήμα 8.9).

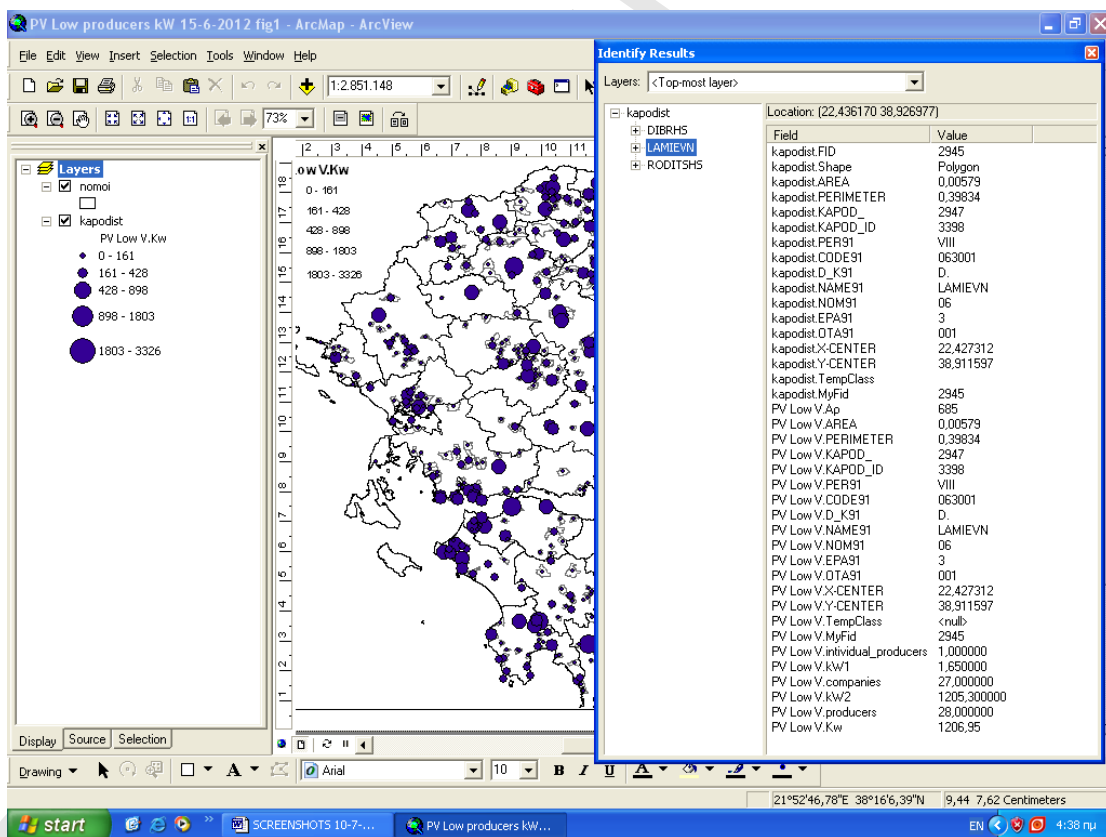


Σχήμα 8.7 Δημιουργία ψηφιακού χάρτη (project) με την βοήθεια του λογισμικού ArcGIS 9.1 (ArcView/ArcMap).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - Διαχείριση στατιστικών δεδομένων ΦΒ με τη βοήθεια του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.



Σχήμα 8.8 Αξιοποίηση των δυνατοτήτων των εφαρμογών του GIS - Εστίαση σε γεωγραφικό διαμέρισμα.



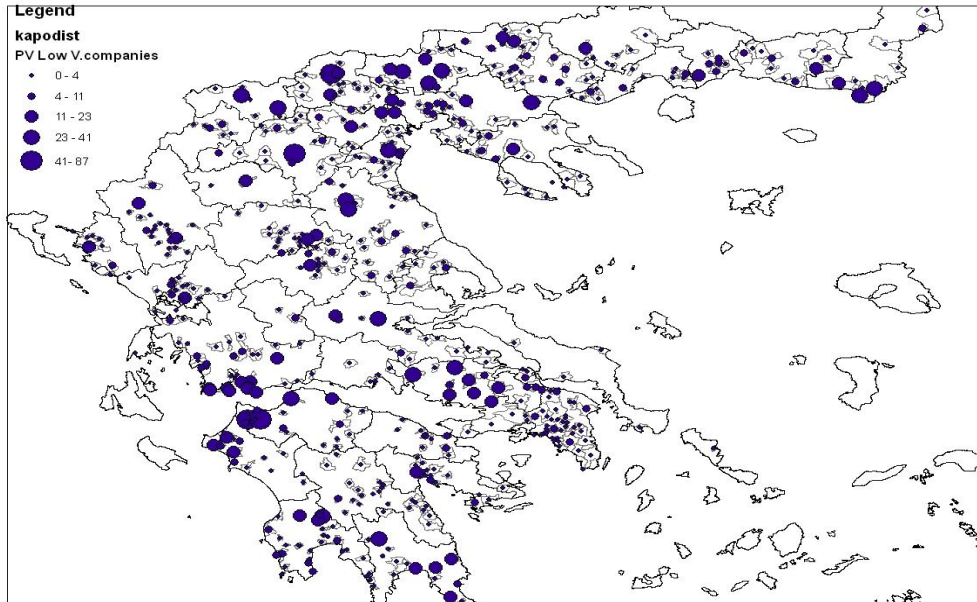
Σχήμα 8.9 Εύρεση των δεδομένων που αφορούν το Δήμο Λαμίων με τη βοήθεια του GIS.

8.4 Δημιουργία ψηφιακών χαρτών με την χρήση του λογισμικού ArcGIS (ArcView 9.1).

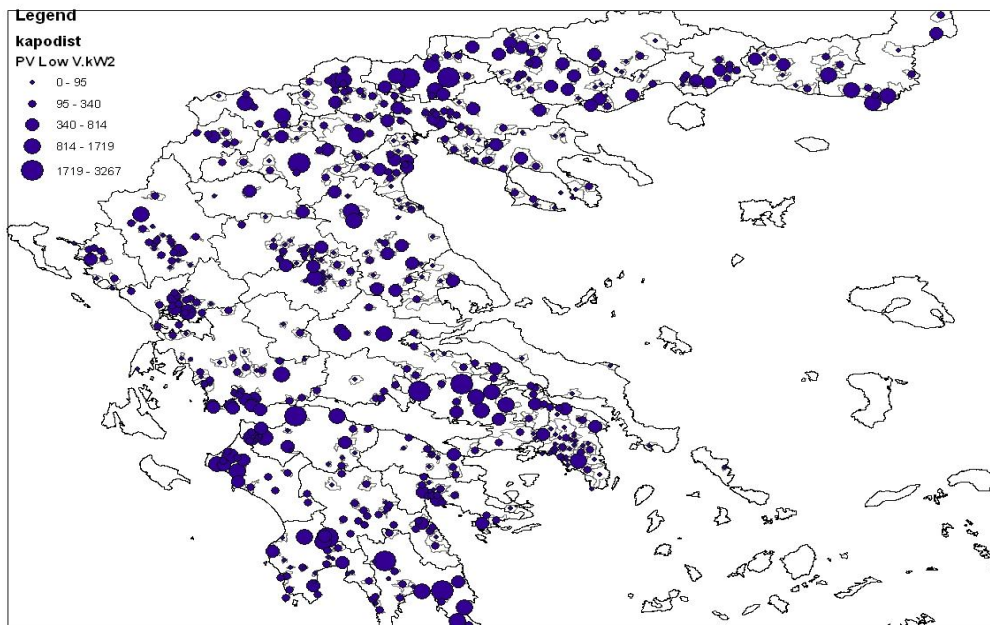
Η εφαρμογή του GIS βασίστηκε στις μεταβολές των φωτοβολταϊκών σταθμών με την πάροδο του χρόνου στα γεωγραφικά διαμερίσματα της χώρας εκμεταλλευόμενοι τα στατιστικά στοιχεία που μας παραχώρησε ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcView 9.1 με τη χρήση της βάσης δεδομένων MS – Access 2003. Οι χάρτες που προέκυψαν παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Μελετώντας, την εξάπλωση των φωτοβολταϊκών πάρκων στην Ελλάδα κατά τα έτη 2007 – 2012, παρατηρούμε ότι :

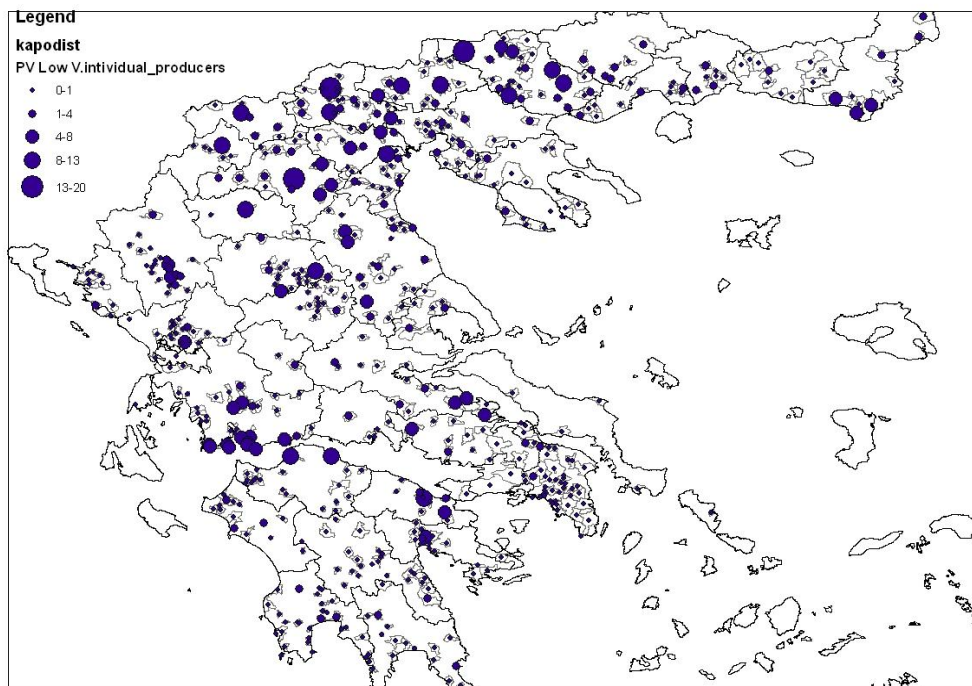
- ◆ ο κύριος όγκος έχει εγκατασταθεί στην Μακεδονία (2.292 ενεργοποιήσεις σταθμών εγκατεστημένης ισχύος 121.629 kW),
- ◆ η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάρκων γίνεται κυρίως από εταιρείες και όχι από φυσικά πρόσωπα όσο αφορά το πλήθος τους (Σχήματα 8.10 και 8.12) και την εγκατεστημένη τους ισχύς (Σχήματα 8.11 και 8.13),
- ◆ κανένα φυσικό πρόσωπο έως σήμερα δεν έχει δραστηριοποιηθεί στο Δίκτυο της ΜΤ,
- ◆ η πλειοψηφία των φωτοβολταϊκών πάρκων που έχουν συνδεθεί στο Δίκτυο της ΜΤ έχουν εγκατασταθεί στους Νομούς Βοιωτίας και Κιλκίς (Σχήματα 8.16 και 8.17) και
- ◆ η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων στο Νομό Ευβοίας είναι περιορισμένη καθώς επιτρέπεται σε ορισμένα δημοτικά διαμερισμένα για συγκεκριμένο πλήθος φωτοβολταϊκών περιορισμένης εγκατεστημένης ισχύος (Σχήματα 8.14 και 8.15). Χαρακτηριστικό είναι ότι στη ΜΤ δεν υπάρχει ενεργός κανένας φωτοβολταϊκός σταθμός (Σχήματα 8.16 και 8.17).



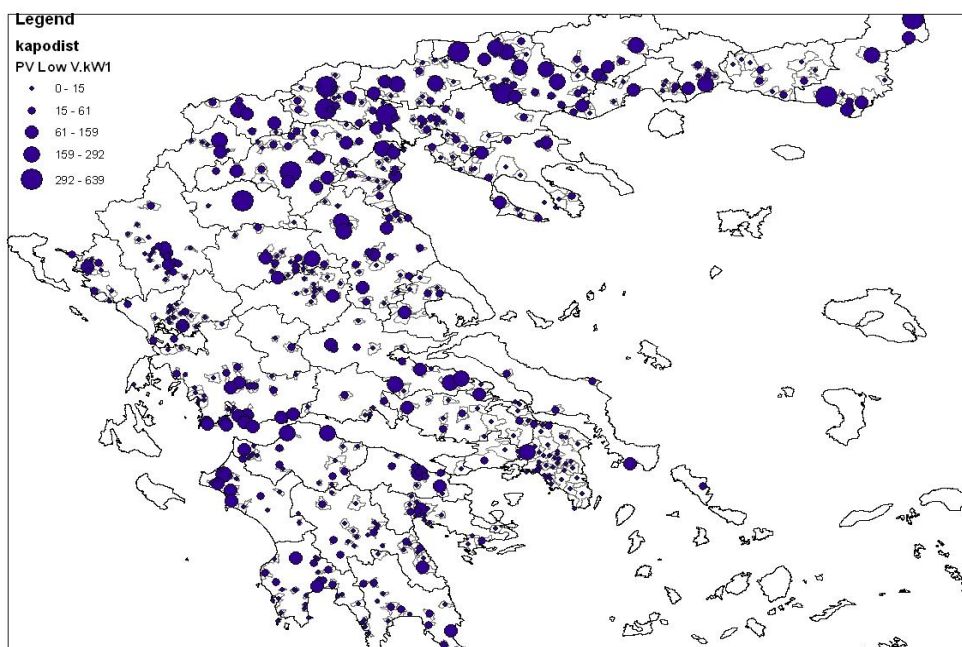
Σχήμα 8.10 Πλήθος εγκατεστημένων από εταιρείες φωτοβολταϊκών συστημάτων στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) στην Ηπειρωτική Ελλάδα.



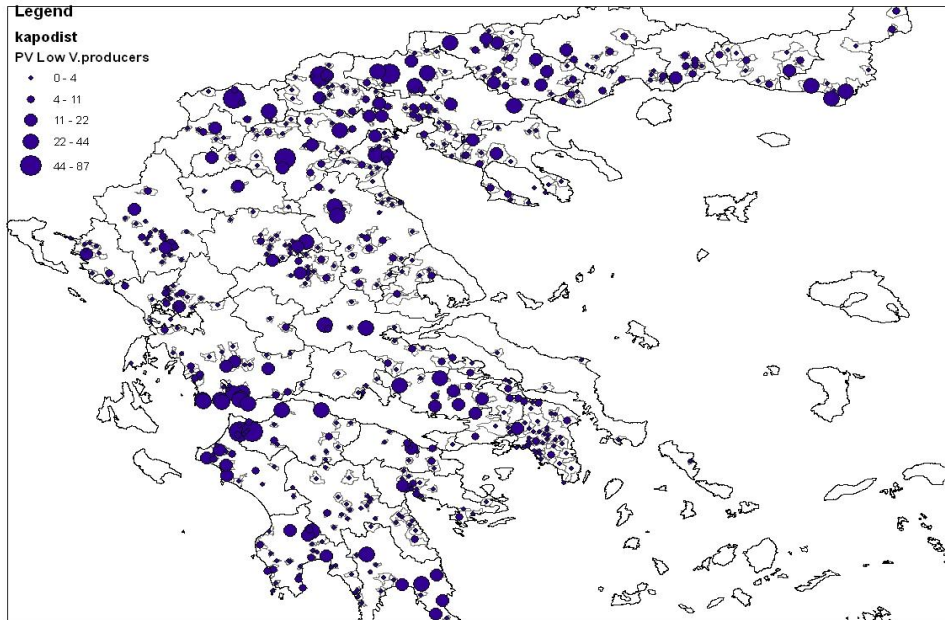
Σχήμα 8.11 Σύνολο Εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς (kW) από εταιρείες στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) στην Ηπειρωτική Ελλάδα.



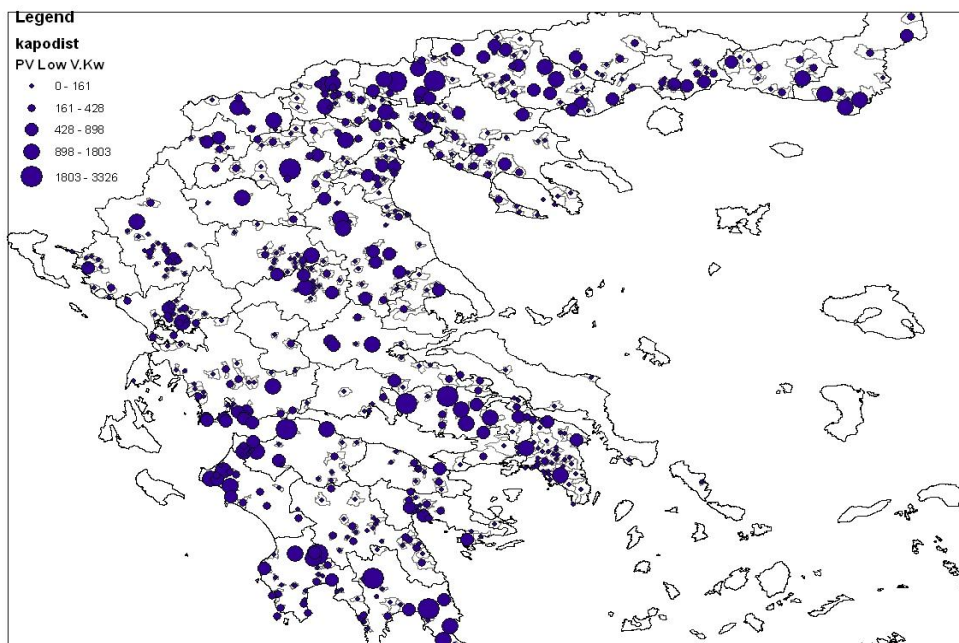
Σχήμα 8.12 Πλήθος εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων από φυσικά πρόσωπα στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) στην Ηπειρωτική Ελλάδα.



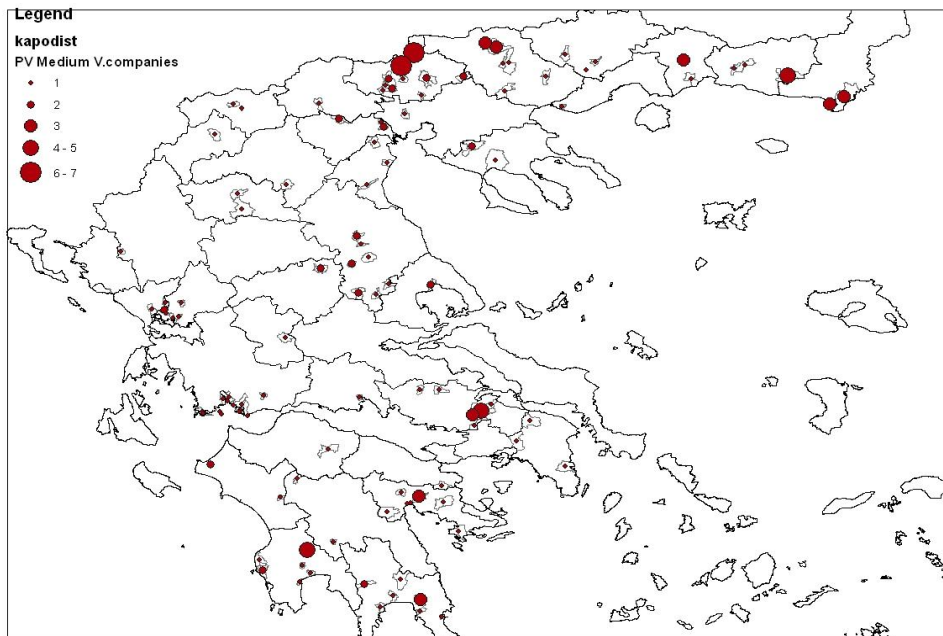
Σχήμα 8.13 Σύνολο Εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς (kW) από φυσικά πρόσωπα στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) στην Ηπειρωτική Ελλάδα.



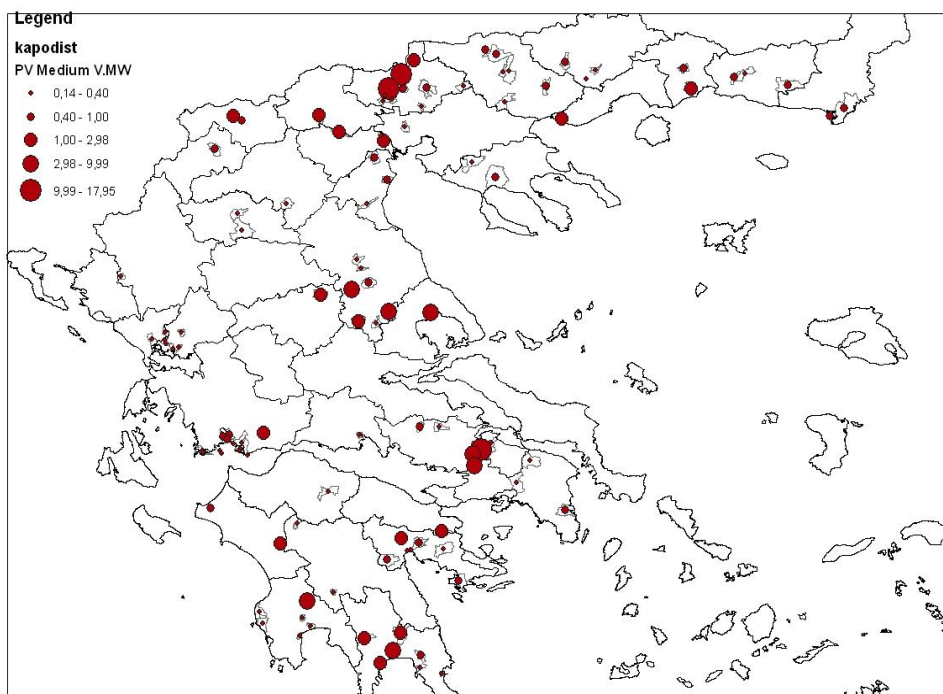
Σχήμα 8.14 Πλήθος εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων (εταιρείες και φυσικά πρόσωπα) στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ).



Σχήμα 8.15 Συνολική εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς (kW) (εταιρείες και φυσικά πρόσωπα) στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) στην Ηπειρωτική Ελλάδα.



Σχήμα 8.16 Πλήθος εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων στο Δίκτυο της Μέσης Τάσης (MT) στην Ηπειρωτική Ελλάδα.



Σχήμα 8.17 Εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς (MW) στο Δίκτυο της Μέσης Τάσης (MT) στην Ηπειρωτική Ελλάδα

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, έγινε προσπάθεια χαρτογράφησης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο Δίκτυο της Χαμηλής και της Μέσης Τάσης με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (μέσω του λογισμικού ArcGIS 9.1). Για την μελέτη των φωτοβολταϊκών πάρκων χρησιμοποιήθηκαν τα επίσημα στατιστικά στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

Επίσης, έγινε πρόβλεψη του ρυθμού ανάπτυξης τους τόσο στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης όσο και στο Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών, με τη χρήση σιγμοειδών καμπύλων. Συγκεκριμένα, ο αριθμός των ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών στο Δίκτυο της ΧΤ και της εγκατεστημένης τους ισχύος, αναμένεται να εμφανίσουν κορεσμό περίπου τον Ιούνιο του 2015 φτάνοντας τα 7000 ενεργοποιημένα πάρκα με την εγκατεστημένη ισχύ να αγγίζει τα 300 MW. Συγχρόνως, τα οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα έως 10 kW αναμένεται να εμφανίσουν κορεσμό τον Μάιο του 2015 αγγίζοντας τους 16.664 ενεργοποιημένους σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος 14,6 MW.

Το έτος 2011 παρατηρείται ραγδαία αύξηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς με την ψήφιση του νόμου Ν.3851/2010 (ΦΕΚ Α΄85/04.06.2010) απλοποιήθηκαν και συντόμευσαν οι διαδικασίες αδειοδότησης νέων σταθμών, δόθηκαν κίνητρα στους αγρότες και προνομιακές τιμές στις στέγες των σπιτιών έως 10 kW (Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών).

Ο κύριος όγκος εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πάρκων εμφανίζεται στην Μακεδονία και τη Θράκη (2.292 ενεργοποιημένοι σταθμοί), με δημοφιλέστερο τον νομό Κιλκίς. Αξίζει να σημειωθεί ότι, στην Ελλάδα, τους καλοκαιρινούς μήνες η μέση απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου είναι 25 % τη στιγμή που στην Ευρώπη π.χ. στη Γερμανία είναι 12 %.

Στις 10.08.2012 το Υ.Π.Ε.Κ.Α. με την απόφαση ΥΑΠΕ/Φ1/2300/οικ16932 (ΦΕΚ Β΄2317/10.08.2012) αναστέλλει τις παραλαβές και τις μελέτες φακέλων φωτοβολταϊκών σταθμών σε όλη την επικράτεια, καθώς η Ελλάδα έχει επιτύχει τον στόχο του 2020 (2.200 MW εγκατεστημένης ισχύος). Ειδικά, στην Πελοπόννησο έγινε ολική αναστολή υποβολής και εξέτασης οποιασδήποτε μορφής ΑΠΕ λόγω κορεσμού του Δικτύου της ΔΕΗ Α.Ε. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η συνεχής θέσπιση νόμων από το κράτος για την τόνωση της αγοράς

φωτοβολταϊκών συστημάτων ήταν ζημιογόνα για τη ΔΕΗ Α.Ε., καθώς η υποχρέωσή της για πληρωμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ την κατέστη σε μια ελλειμματική επιχείρηση.

Εξαιτίας των δύσκολων συνθηκών που επικρατούν στο χώρο των φωτοβολταϊκών συστημάτων (απόφαση αναστολής εξέτασης αιτημάτων, οικονομική κρίση, έλλειψη ρευστότητας στην Αγορά, μείωση της τιμής πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας) θα είχε ενδιαφέρον η μελλοντική χαρτογράφησή τους των με τη βοήθεια λογισμικού GIS. Ειδικότερα, η συναρτήση του χρόνου χαρτογράφησης της εξέλιξης των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο Δίκτυο της Χαμηλής και της Μέσης Τάσης (ενεργοποιημένοι σταθμοί – εγκατεστημένη ισχύς) θα βοηθούσε στην χωροχρονική μελέτη της διάχυσής τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Batzias F., «Modeling for decision making decision making», pp. 11-88 and «Forecasting and decision making», pp. 231-362, Chapters in the book «Decision Making» by F. Batzias and Z. Res., Hellenic Open University Edition, Patra 2005.
- Batzias F.A, N.P. Nikolaou and A.S. Kakos, « Modelling the natural gas consumption in a changing environment, Journal Computational Methods in Sciences and Engineering 6 (2006) 339 – 352.
- Bohland J. R., et al., Possibility of recycling of silicon PV modules, 26th IEEE PV Specialist Conference, 1997.
- Böhme, Dieter (23 March 2011). "Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland [Time series on the development of renewable energies in Germany]" (in German) (PDF).Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety . Retrieved 11 June 2011.
- Bombach E.,I.Rover, A.Muller, S.Schlenker, K.Wambach,R.Kopecek,E. Wefringhaus, Technical experience during thermal and chemical recycling of a 23 year old PV generator formerly installed on Pellworm Island, in: Proceedings of the 21s European Photovoltaic Solar Energy Conference, Dresden, Germany ,4–8 September 2006.
- Bruton T.M. et al., Re-cycling of high value, high energy content components of silicon PV modules Proceedings of the 12th EC-PVSEC, 1994, pp. 303}304.
- Christensen C.,Exploring the limits of – Curve, In Strategic Management of Technology and Innovation, 4th ed, Burgelman R, Christensen C, Wheelwright S., New York,McGraw – Hill/Irwin. (2004),pp. 208 – 233.
- Czanderna A.W., F.J. Pern, Encapsulation of PV modules using ethylene vinyl acetate copolymer as a pottant, A Critical Review Solar Energy Materials and Solar Cells 43 (1996) 101–181.

Danchev Svetoslav, George Maniatis, Aggelos Tsakanikas Returns on investment in electricity producing photovoltaic systems under de-escalating feed-in tariffs: The case of Greece Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14, Issue 1, January 2010, Pages 500-505

David Findlay, Georeferencing Raster Data using ArcMap 9 , July 2005

Doi Takuya, Izumi Tsuda, Hiroaki Unagida, Akinobu Murata, Koichi Sakuta, Kosuke Kurokawa Experimental study on PV module recycling with organic solvent method, Solar Energy Materials & Solar Cells 67 (2001) 397}403.

Earth Policy Institute, Navigant Consulting, PHOTON, iSuppli, SolarBuzz, IMS Research, EurObserv'ER Lang, Matthias (14 October 2011).

Elbir Tolga, A GIS based decision support system for estimation, visualization and analysis of air pollution for large Turkish cities, *Atmospheric Environment* **38** (2004) 4509–4517.

Frisson L. et al., Cost effective recycling of PV modules and the impact on environment, life cycle, energy payback time and cost, WCPEC-2, 1998, pp. 2210 - 2213.

Fthenakis Technol VM, Kim HC, Alsema E. Emissions from photovoltaic life cycles. photovoltaic modules: CdTe and CIS compared to poly-Si. *Energy* 2007;32:1310–8.2008;42:2168–74.

Fthenakis VM, Wang W. Extraction and separation of Cd and Te from cadmium telluride photovoltaic manufacturing scrap. *Prog Photovolt: Res Appl* 2006;14:363–71.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>

<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>.

<http://www.rae.gr/geo/>

http://www.rae.gr/site/categories_new/renewable_power/licence/gis.csp

http://www.selasenergy.gr/fv_panels.php

<http://www.zeit.de/wirtschaft/2012-06/solarfoerderung-kompromiss>

-
- Kaldellis J. K. Optimum technoeconomic energy autonomous photovoltaic solution for remote consumers throughout Greece Original Research Article Energy Conversion and Management, Volume 45, Issue 17, October 2004, Pages 2745-2760
- Kaldellis J. K., P. Koronakis, K. Kavadias Energy balance analysis of a stand-alone photovoltaic system, including variable system reliability impact Renewable Energy, Volume 29, Issue 7, June 2004, Pages 1161-1180
- Kaldellis J.K., D. Zafirakis, E. Kondili Optimum sizing of photovoltaic-energy storage systems for autonomous small islands Original Research Article International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 32, Issue 1, January 2010, Pages 24-36
- Kaldellis J.K., D. Zafirakis, E.L. Kaldelli, K. Kavadias Cost benefit analysis of a photovoltaic-energy storage electrification solution for remote islands Original Research Article Renewable Energy, Volume 34, Issue 5, May 2009, Pages 1299-1311
- Kaldellis J.K., M. Simotas, D. Zafirakis, E. Kondili. Optimum autonomous photovoltaic solution for the Greek islands on the basis of energy pay-back analysis Original Research Article Journal of Cleaner Production, Volume 17, Issue 15, October 2009, Pages 1311-1323
- Kambezidis Harry D., Barbara Kasselouri, Popi Konidari Evaluating policy options for increasing the RES-E penetration in Greece Original Research Article Energy Policy, Volume 39, Issue 9, September 2011, Pages 5388-5398
- Klugmann-Radziemska Ewa , Piotr Ostrowski, Kazimierz Drabczyk, Piotr Panek, Marek Szkodo, Experimental validation of crystalline silicon solar cells recycling by thermal and chemical methods, Solar Energy Materials & Solar Cells 94 (2010) 2275–2282.
- Kymakis Emmanuel, Sofoklis Kalykakis, Thales M. Papazoglou Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the island of Crete. Energy Conversion and Management, Volume 50, Issue 3, March 2009, Pages 433-438
- Luque Antonio, Steven Hegedus, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Wiley 2002.
- Lüthi S. Effective deployment of photovoltaics in the Mediterranean countries: Balancing policy risk and return. Solar Energy, Volume 84, Issue 6, June 2010, Pages 1059-1071

-
- Markvart Tomas, Practical handbook of photovoltaics: Fundamentals and Applications, Elsevier 2003.
- Markvart Tomas, Solar electricity, second edition, Wiley 1994.
- McDonald N.C.a, J.M.Pearce a,b, ,Producer responsibility and recycling solar photovoltaic modules, Contents lists available at ScienceDirect, Energy Policy 38 (2010) 7041–7047.
- Ministry of Development and CRES. Common questionnaire for renewable energy sources statistics for 2000. Final report for IEA/Eurostat; 2002.
- Naralys Estevez & David Tatem, Trinity College, Hartford CT, GIS Tutorial: How to Use ArcMap 9.1 <http://tcddata\GIS\SampleMaps\Connecticut>.
- Papadopoulos A.M., M.M. Karteris An assessment of the Greek incentives scheme for photovoltaics Original Research Article Energy Policy, Volume 37, Issue 5, May 2009, Pages 1945-1952
- Photovoltaic barometer, “Photovoltaic barometer-15861,2 MWp in EU”, (2010), [Online], EurObserv’ER, <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro196.pdf>
- Rahmatizadeh Sh., M. R. Delavar, S. Motesaddi, DESIGN AND DEVELOPMENT OF A CUSTOMISED GIS FOR AIR QUALITY MANAGEMENT.
- Raugei M, Bargigli S, Ulgiati S. Life cycle assessment and energy pay-back time advanced
- Roditi Marigoula, Dimitris Sidiras, GIS Based Simulation Of The Photovoltaic Systems Diffusion: The Case Of Greece. ICCMSE 2011, Ninth International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering, Halkidiki, Greece, 02-07 October 2011.
- Sidiras Dimitrios K, Emmanuel G. Koukios, Solar systems diffusion in local markets, *Energy Policy* **32** (2004) 2007–2018.
- Sidiras Dimitrios K, Emmanuel G. Koukios, The effect of payback time on solar hot water systems diffusion: the case of Greece, *Energy Conversion and Management* **46** (2005) 269–280,

-
- Sidiras Dimitrios K, Emmanuel G. Koukios, Simulation of the solar hot water systems diffusion: the case of Greece , *Renewable Energy*, **29**(6) 907-919 (2004),
- Slightly to 3.592 ct/kWh" . German Energy Blog . Retrieved 9 January 2012.
- Tsoutsos Theocharis, Ioannis Mavrogiannis, Nikolas Karapanagiotis, Stathis Tselepis, Dimosthenis Agoris, An analysis of the Greek photovoltaic market, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8 (2004) 49–72.
- USGS. Mineral commodity summaries; 2008, <http://minerals.usgs.gov>.
- Wang Yaw-Juen, and Po-Chun Hsu, « Analysis of Partially Shaded PV Modules Using Piecewise Linear Parallel Branches Model » (2009).
- Wolfgang, Franz-Georg Simona, Karin Weimanna, Erik A. Alsemab, A novel approach for the recycling of thin film photovoltaic modules, *Resources, Conservation and Recycling* 54 (2010) 711–718.
- Yaw-Juen Wang, and Po-Chun Hsu, «Analysis of Partially Shaded PV Modules Using Piecewise Linear Parallel Branches Model», (2009).
- Zhang Lifeng, Arjan Ciftja, Recycling of solar cell silicon scraps through filtration, Part I: Experimental investigation, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 92 (2008) 1450– 1461.
- Αρκούδης Γεώργιος, Διπλωματική Εργασία «Τεχνικοοικονομική Αξιολόγηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων στην Ελλάδα, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα 2007.
- ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. <http://www.deddie.gr>
- ΔΕΗ Α.Ε. <http://www.dei.gr>
- Ζερβός Αρθούρος, *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, Αθήνα 2006,
- Ζησού Αντώνιος Κ., *Εισαγωγή στα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών ArcGIS/ArcView Θεωρία και εφαρμογές*, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, 2007.
- Κάραλης Γεώργιος, *Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση αιολικού πάρκου με χρήση υπολογιστικών τεχνικών*, Αθήνα 1997.

Καρβούνης Σ., Διαχείριση Τεχνολογίας και Καινοτομίας, Αθήνα, Εκδόσεις Σταμούλης, (1995)
σελ. 301 – 310.

Κουτσόπουλος Κωστής, Νίκος Ανδρουλάκης, Εφαρμογές του Λογισμικού ArcGIS 9x με απλά
λόγια, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2005.

ΛΑΓΗΕ Α.Ε. <http://www.lagie.gr>

Μπατζιάς Δ.Φ. Διερεύνηση Προβλημάτων Πολυκριτηριακής Αξιολόγησης Επιχειρηματικών
Σχεδίων Ίδρυσης Μονάδων Προηγμένης Τεχνολογίας, Αντιπροσωπευτικών των
Ελληνικών Βιομηχανικών Κλάδων, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Βιομηχανικής
Διοίκησης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, 2009.

Νεοφύτος Κωνσταντίνος, Διπλωματική Εργασία «Τεχνοοικονομική Συγκριτική Αξιολόγηση της
Εξοικονόμησης και των Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας στην Κύπρο, Τμήμα
Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα 2011.

Παναγιώτης Σκούτζος, Εκδόσεις ΙΩΝ.

Σύνδεσμος Ελλήνων Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) <http://www.helapco.gr/>

ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010,
Έκδοση Α΄,