



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕ ΓΣΠ ΤΩΝ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ταλιαδούρος Νικόλαος

16

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ.....	6
2.1. Παγκόσμιο και Εθνικό Ενεργειακό Πρόβλημα.....	6
2.2. Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί Στόχοι για τις ΑΠΕ	8
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	10
3.1. Ορισμός και Σημασία Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)	10
3.2. Σύγκριση ΑΠΕ	11
3.2.1. Ηλιακή Ενέργεια	11
3.2.2. Αιολική Ενέργεια	20
3.2.3. Υδροηλεκτρική Ενέργεια	25
3.2.4. Γεωθερμική Ενέργεια	28
3.2.5. Ενέργεια από Βιομάζα.....	30
3.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των ΑΠΕ	32
4. ΝΟΜΙΚΟ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	35
4.1. Ο ΝΕΟΣ ΝΟΜΟΣ ΓΙΑ ΤΙΣ Α.Π.Ε. (ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΜΕ 2001/77/ΕΚ).....	35
4.1.1. Εισαγωγή.....	35
4.1.2. Διαδικασίες αδειοδότησης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	35
4.1.3. Διαδικασίες αδειοδότησης εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	38
4.1.4. Σχολιασμός επί της αδειοδοτικής διαδικασίας	40
4.1.5. Διαδικασίες πώλησης – τιμολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.	41
4.1.6. Διαδικασίες προώθησης επενδύσεων παραγωγής ενέργειας απο Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α.	42
4.1.7. Αναφορά στη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων	42
5. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΕ	46

5.1. Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο	47
5.2 Νευρωνικά δίκτυα ακτινικής συνάρτησης βάσης.....	48
5.3 Μοντέλο πρόβλεψης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο	50
5.4 Παράμετροι μοντέλου αποσύνθεσης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο	51
6. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	53
6.1. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο	53
6.2 Το Φωτοβολταϊκό πλαίσιο	54
6.2.1 Δομή φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	54
6.2.2 Συνδέσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων	55
6.2.3. Είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων	56
6.3. Φωτοβολταϊκά Συστήματα	59
6.4. Δομή φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	60
6.5. Δομή Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	62
6.5.1 Αυτόνομα συστήματα (offgrid).....	63
6.5.2 Διασυνδεδεμένα συστήματα (on grid).....	65
6.5.3 Υβριδικά συστήματα	66
6.7. Βασικά μέρη ενός τυπικού Φ/Β συστήματος	67
7. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	69
7.1 Γενικά.....	69
7.2 Ορισμοί και Βασικές Αρχές	70
7.3. Τα Μέρη ενός ΓΣΠ	71
7.4. Εφαρμογές του εργαλείου GIS.....	72
7.5. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της χρήσης του GIS.....	74
7.6 Λογισμικό GIS: ArcGIS	75

8. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ.	77
8.1 Στατιστικά στοιχεία φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ηπειρωτική Ελλάδα.....	77
8.1.1. Φωτοβολταϊκά συστήματα επί εδάφους συνδεδεμένα στο Δίκτυο Χαμηλής Τάσης. .	78
8.1.2. Φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΧΤ και αφορούν αγρότες.....	84
8.1.3. Φωτοβολταϊκοί σταθμοί έως 10 kW που περιλαμβάνονται στο Ειδικό Πρόγραμμα των Στεγών.	85
8.2. Σιγμοειδείς καμπύλες.....	89
8.3. Οι σιγμοειδείς καμπύλες της εξέλιξης των φωτοβολταϊκών πάρκων.	91
8.3.1. Στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ).....	91
9. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΦΒ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	108
9.1. Το λογισμικό GIS.....	108
9.2. Δεδομένα ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.	108
9.3. Ψηφιοποιημένοι χάρτες και καταχώρηση δεδομένων.....	109
9.4. Δημιουργία ψηφιακών χαρτών με την χρήση του λογισμικού ArcGIS.....	112
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	116
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	118
WEBSITES.....	122

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εξετάζεται σε ευρεία κλίμακα το φαινόμενο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Το κυρίως θέμα είναι η Διαχείριση των Α.Π.Ε. (κατά κύριο λόγο των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων) με τη βοήθεια του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (GIS). Σκοπός είναι η δημιουργία μιας εμπειριστατωμένης άποψης επί του συγκεκριμένου θέματος και για το λόγο αυτό συντάχθηκαν αρκετά κεφάλαια με μεγάλο εύρος πληροφοριών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο ενεργειακό πρόβλημα σε συνδυασμό με τις πολιτικές που ακολουθούνται. Αναλύεται το παγκόσμιο και εθνικό ενεργειακό πρόβλημα καθώς και οι ευρωπαϊκοί και εθνικοί στόχοι για τις Α.Π.Ε.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται ο ορισμός και η σημασία των Α.Π.Ε. Επίσης γίνεται σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών ειδών τους, καταγράφονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους και γίνεται μια μικρή αναφορά στα απομονωμένα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής αναφορά στο νομικό και ενεργειακό καθεστώς στην Ελλάδα. Περιγράφεται μια σειρά νομικών, διαδικαστικών και οικονομικών ζητημάτων τα οποία χαρακτηρίζουν το καθεστώς τόσο για τις Α.Π.Ε. όσο και για τα Σ.Η.Θ.Υ.Α.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται βασικά είδη και βασικές διαδικασίες μοντελοποίησης συστημάτων Α.Π.Ε. Εγκυκλοπαιδικά περιγράφεται η ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο και κεκλιμένο επίπεδο με χρήση της θεωρίας των τεχνητών νευρωνικών δικτύων.

Το έκτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την εξέλιξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα. Γίνεται εκτενής αναφορά στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, τη δομή και τα είδη

των φωτοβολταϊκών στοιχείων και συστημάτων, καθώς και στα βασικά μέρη ενός τυπικού φωτοβολταϊκού συστήματος.

Το έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται διεξοδικά στα Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Περιγράφονται οι ορισμοί και οι βασικές αρχές τους, τα μέρη ενός Γ.Σ.Π., βασικές διαδικασίες και στάδια στα Γ.Σ.Π., τα χωρικά δεδομένα ενός GIS, οι εφαρμογές του εργαλείου GIS, το GlobalPositioningSystem (GPS), τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης του GIS, καθώς και το λογισμικό GIS: ArcGIS.

Στο όγδοο κεφάλαιο αναφέρεται η επεξεργασία στατιστικών δεδομένων και η πρόβλεψη της ισχύος των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην ηπειρωτική Ελλάδα. Περιγράφονται τα φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΧΤ, τα φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΧΤ και αφορούν αγρότες τα φωτοβολταϊκά συστήματα, επί εδάφους, που είναι συνδεδεμένα στο Δίκτυο ΜΤ, οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί έως 10 kW που περιλαμβάνονται στο Ειδικό Πρόγραμμα των Στεγών. Τέλος αναφέρονται οι σιγμοειδείς καμπύλες και τα δίκτυα χαμηλής τάσης.

Το ένατο κεφάλαιο περιγράφει τη διαχείριση στατιστικών δεδομένων φωτοβολταϊκών με τη βοήθεια του Γ.Σ.Π. Πραγματοποιείται εκτενής αναφορά στο λογισμικό GIS, τα δεδομένα που έχουν αντληθεί από τη ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε., παραθέτονται ψηφιοποιημένοι χάρτες και περιγράφεται η διαδικασία της δημιουργίας ψηφιακών χαρτών με την χρήση του λογισμικού ArcGIS (ArcView 9.1).

Τέλος, στο δέκατο κεφάλαιο περιγράφονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την παρούσα διατριβή.

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

2.1. Παγκόσμιο και Εθνικό Ενεργειακό Πρόβλημα

Το τελευταίο μισό του περασμένου αιώνα και ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, είναι γεγονός ότι οι ενεργειακοί πόροι του πλανήτη συνδέονται άμεσα με την ομαλή λειτουργία του οικονομικού συστήματος. Οι απαιτήσεις των γραμμών παραγωγής σε ενέργεια, όπως επίσης η αυξανόμενη κατανάλωση αλλά και η ανορθόδοξη χρήση της ενέργειας έχουν οδηγήσει στη μείωση των αποθεμάτων των ενεργειακών πόρων και επομένως στην αύξηση του κόστους εξόρυξης και παραγωγής τους.

Η ανεπάρκεια των φυσικών πόρων και η επίπτωσή τους στην οικονομική ανάπτυξη έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τις πλούσιες οικονομικά χώρες. Μάλιστα, εξαιτίας των δυο μεγάλων ενεργειακών κρίσεων, το ενδιαφέρον για την στενότητα των ορυκτών καυσίμων έγινε ακόμα πιο έντονο. Ο προβληματισμός των κρατών, στρεφόταν πάντα γύρω από το πώς θα μπορέσει να συμβαδίσει η ευημερία στην καθημερινή κοινωνία σε συνάρτηση με την συνεχιζόμενη έλλειψη των φυσικών πόρων.

Ο ενεργειακός πόρος που κατέχει σήμερα την πρώτη θέση στην παγκοσμία κατανάλωση ενέργειας είναι το πετρέλαιο και τα προϊόντα του. Στην ίδια λίστα ενεργειακών πόρων και σε δεσπόζουσες θέσεις ακολουθούν, ο άνθρακας, ο λιγνίτης και το φυσικό αέριο. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Δ.Ε.Ο. (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας) η παγκόσμια ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας εμφανίζει ετήσιο ρυθμό αύξησης περίπου 1,8%. Κατά το έτος 2005 η ζήτηση, έφτανε τα 11,4 δις τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Σύμφωνα με προβλέψεις, η συγκεκριμένη ποσότητα πετρελαίου αναμένεται μέχρι και το 2030 να εκτοξευθεί στα 17,7 δις. Παρατηρείται λοιπόν, ότι τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακας), συνεχίζουν να είναι η κύρια πηγή πρωτογενούς ενέργειας, κατέχοντας μάλιστα το μεγαλύτερο μερίδιο.

Από την άλλη, αυτή η αύξηση στη χρήση των ορυκτών καυσίμων θα έχει ως συνέπεια την αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά 57%, για την περίοδο

2005-2030. Ακόμη, η καύση των ορυκτών έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα και άλλων επιβλαβών ουσιών, όπως νιτρικά και ανθρακικά οξέα, καθώς και διάφορες ραδιενεργές ουσίες όπως ουράνιο και θόριο. Οι ρύποι αυτοί αποτελούν τον κυριότερο λόγο πρόκλησης του φαινομένου του θερμοκηπίου που οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας της γης.

Μέχρι το τέλος του αιώνα εκτιμάται ότι η θερμοκρασία θα ανέβει από 2 °C μέχρι και 7 °C σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. Η συνεχής υπερθέρμανση του πλανήτη έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των αποθεμάτων του νερού, τις καταστροφικές πλημμύρες αλλά και τη μείωση του αριθμού των ειδών. Η ραγδαία κλιματική αλλαγή που στο παρελθόν αμφισβητήθηκε από τους οικονομικά «ισχυρούς» του παγκόσμιου χάρτη είναι πλέον εμφανής, αφού την τελευταία εικοσαετία όλο και πιο συχνά εμφανίζονται ακραία καιρικά φαινόμενα, τα οποία προκαλούν ανυπολόγιστες καταστροφές με τεράστιες πολιτικές και οικονομικές συνέπειες.

Παράλληλα όμως, το πετρέλαιο και τα λοιπά ορυκτά καύσιμα συγκαταλέγονται στους μη ανανεώσιμους πόρους. Επομένως, λόγω της αυξανόμενης ζήτησης αλλά και της ταυτόχρονης εξάντλησης αυτών, οι τιμές τους θα αυξάνονται ολοένα και περισσότερο. Τα τελευταία χρόνια οι διεθνείς τιμές του πετρελαίου έχουν φτάσει σε πρωτόγνωρα υψηλά επίπεδα σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες.

Επιπρόσθετα, οι τιμές του άνθρακα, του λιγνίτη και του φυσικού αερίου έχουν αυξηθεί με τον ίδιο ρυθμό σε σχέση με τις τιμές του πετρελαίου. Συνεπακόλουθο αυτού, είναι και οι αρκετά ψηλές τιμές στα είδη πρώτης ανάγκης οι οποίες επηρεάζονται άμεσα από τις υψηλές τιμές του «μαύρου χρυσού».

Μετά λοιπόν, από τα γεγονότα της πρώτης πετρελαϊκής κρίσης τη δεκαετία του '70 και ιδιαίτερα μετά τη συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων τη δεκαετία του '80, αναπτύχθηκε έντονα το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση των ΑΠΕ σε συνδυασμό με τη δημιουργία αξιόπιστων και τεχνοοικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών με στόχο τη μετατροπή των ΑΠΕ σε εκμεταλλεύσιμες μορφές ενέργειας. Είναι πλέον ευρύτερα

αποδεκτό, το γεγονός ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κύριος παράγοντας για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, λόγω των διαδικασιών που απαιτούνται για την παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών ορυκτών καυσίμων.

Οι ΑΠΕ για πολλές χώρες θεωρούνται εναλλακτικές εγχώριες πηγές ενέργειας με δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο αντικαθιστώντας σε σημαντικό βαθμό τους ακριβούς εισαγόμενους ορυκτούς πόρους μειώνοντας την εξάρτηση σε αυτούς και ενισχύοντας την ασφάλεια για ενεργειακό εφοδιασμό. Επιπλέον, αυξάνεται το επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος, εφόσον η χρήση των ΑΠΕ δεν επιβαρύνει το φυσικό περιβάλλον στον ίδιο βαθμό με τα ορυκτά καύσιμα, διότι δεν υφίσταται η παραγωγή ρύπων ή αερίων που συνδράμουν στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Χαρακτηριστική είναι η προσπάθεια που καταβάλλει η Σουηδία για την πλήρη απεξάρτησή της από το πετρέλαιο μέχρι το 2020(Καρούλλας Ν., 2014).

2.2. Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί Στόχοι για τις ΑΠΕ

Κινητήρια δύναμη για την κινητοποίηση της Ευρώπης στα θέματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτέλεσαν τα γεγονότα της πρώτης πετρελαϊκής κρίσης τη δεκαετία του '70 και η συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων τη δεκαετία του '80. Αποτέλεσμα των πρώτων κινητοποιήσεων ήταν η ψήφιση της Λευκής Βίβλου της ΕΕ το 1997, για θέματα που αφορούσαν τις ΑΠΕ. Βασικός και κεντρικός στόχος της Λευκής Βίβλου ήταν ο διπλασιασμός των ΑΠΕ στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση της ΕΕ από 6% που ήταν το 1995 σε 12% το 2010.

Με τη Βίβλο αυτή αλλά και τις ακόλουθες οδηγίες και πολιτικές η ΕΕ επιδίωξε να πετύχει:

1. Μεγαλύτερη ασφάλεια καυσίμων στην ΕΕ και μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από τις εισαγωγές ενέργειας.

2. Αύξηση της απασχόλησης και βιομηχανικής ανάπτυξης καθώς η εφαρμογή τεχνολογιών ΑΠΕ προϋποθέτει περισσότερη εργασία απ' ότι οι τεχνολογίες αξιοποίησης ορυκτών καυσίμων.
3. Αύξηση της ανταγωνιστικότητας της ευρωπαϊκής βιομηχανίας.
4. Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και γενικά προστασία του περιβάλλοντος.

Ο στόχος του 12% υιοθετήθηκε σε Οδηγία του 2001 για την προώθηση των ΑΠΕ, και η οποία περιελάμβανε στόχο για την παραγωγή ηλεκτρισμού από ΑΠΕ, για τις ΕΕ- 15, στο 22,1%. Η νομοθεσία ήταν ένα σημαντικό κομμάτι των μέτρων της ΕΕ για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων της, που εκπορεύονταν από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Παρ' όλα αυτά οι στόχοι δεν ήταν δεσμευτικοί και στην ουσία έγινε ξεκάθαρο ότι δεν θα επιτυγχάνονταν.

Έτσι τον Ιανουάριο του 2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε τον Χάρτη Πορείας για τις ΑΠΕ θέτοντας μια μακροπρόθεσμη στρατηγική. Οι Ευρωπαίοι ηγέτες υπέγραψαν για ένα δεσμευτικό στόχο, κατά τον οποίο μέχρι το 2020, το 20% των ενεργειακών αναγκών της ΕΕ θα πρέπει να καλύπτεται από τις ΑΠΕ, περιλαμβανομένων της βιομάζας, της υδραυλικής ενέργειας, της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, οι ηγέτες της ΕΕ συμφώνησαν σε μια νέα Οδηγία (Οδηγία 2009/28/ΕΚ) για την προώθηση των ΑΠΕ, και η οποία θέτει στόχους για κάθε Κράτος Μέλος της ΕΕ ξεχωριστά. Στα πλαίσια του πιο πάνω στόχου, οριοθετήθηκε και στόχος για τη χρήση βιοκαυσίμων στα μέσα μεταφοράς που θα πρέπει να αποτελούν το 10% των χρησιμοποιημένων καυσίμων έως το 2020(Καρούλλας Ν., 2014).

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

3.1. Ορισμός και Σημασία Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων, τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη λειτουργία βιομηχανικών μονάδων κ.ά. Η πρόοδος της οικονομίας και η αύξηση του βιοτικού επιπέδου, οδηγούν σε συνεχή αύξηση της ενεργειακής ζήτησης. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας, πηγές ενέργειας που αργά ή γρήγορα, ως μη ανανεώσιμες, θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα, με αιχμή τους το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αντίθετα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), γνωστές και ως ήπιες μορφές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια, είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από αυτόχθονες πόρους, διατίθενται σε αφθονία, ανανεώνονται μέσω φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου και είναι ευρέως διαθέσιμες. Για την εκμετάλλευσή της δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, της εξόρυξης, άντληση ή καύση, παρά μόνο η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:

ο ήλιος - ηλιακή ενέργεια, δυνατότητα παροχής θερμότητας ή/ και ηλεκτρισμού,
ο άνεμος - αιολική ενέργεια,
η γεωθερμία - γεωθερμική ενέργεια,
οι υδατοπτώσεις - υδραυλική ενέργεια,
η βιομάζα - παραγωγή θερμικής ενέργειας από αστικά, φυτικά ή ζωικά απόβλητα,
οι θάλασσες - ενέργεια από κύματα, από παλίρροιες, από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού των θαλασσών.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διατίθενται ελεύθερα σε μεγάλες ποσότητες στη φύση και παράγουν ενέργεια χωρίς να αποδεδμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου,

την κλιματική αλλαγή και γενικότερα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα για θέρμανση είτε έμμεσα, με την μετατροπή τους σε άλλη μορφή για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να καλύψει το κενό μεταξύ προσφοράς και ζήτησης αποδεσμεύοντας την αγορά ενέργειας από τα συμβατικά καύσιμα, προστατεύοντας τις οικονομίες από τις συνεχείς μεταβολές στην τιμή τους, συνεισφέροντας στην επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης ως προς την, οικονομική γραμμή, την περιβαλλοντική αλλά και την κοινωνική(Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2012).

Παρόλα αυτά, παρουσιάζονται και ορισμένα εν γένει χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση και ταχεία ανάπτυξή τους. Το σημαντικότερο είναι ότι το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί, να μεταφερθεί και να αποθηκευθεί για την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ισχύος. Επιπλέον, το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Οι κυριότερες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σύμφωνα και με τα ήδη προαναφερθέντα είναι η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική (Κυματική, Παλιρροιακή), η γεωθερμία και η ενέργεια από τη βιομάζα. Στα παρακάτω κεφάλαια θα γίνει αναλυτική περιγραφή των πιο πάνω μορφών ενέργειας με ιδιαίτερη έμφαση στην ηλιακή ενέργεια και τα φωτοβολταϊκά συστήματα(Καρούλλας Νικόλας, 2014).

3.2. Σύγκριση ΑΠΕ

3.2.1. Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια ήπια μορφή ενέργειας με αυξανόμενους ρυθμούς προσδοκιών, ιδιαίτερα στην Κύπρο, η οποία διαθέτει αρκετά υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας. Αξιοποιείται μέσω ορισμένων τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται τη θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου για τη θέρμανση και ψύξη της κτιριακής υποδομής, αλλά και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

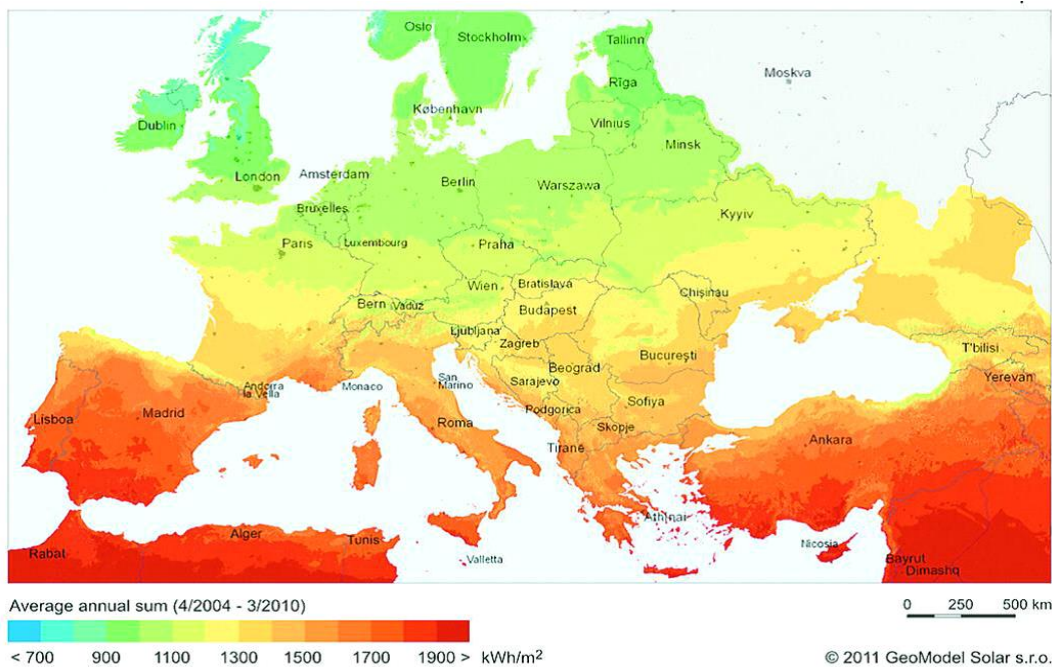
Είναι το είδος της ενέργειας που μας παρέχεται εκμεταλλευόμενοι την ηλιακή ακτινοβολία. Οι θερμικές αντιδράσεις που γίνονται στον ήλιο εκπέμπουν ενέργεια με τη μορφή πολύ ισχυρής ακτινοβολίας. Η εκπεμπόμενη ενέργεια του ήλιου προέρχεται από μετατροπή 600 περίπου εκατομμυρίων τόνων υδρογόνου σε 700 περίπου εκατομμύρια τόνους ηλίου ανά δευτερόλεπτο στο εσωτερικό της ηλιακής σφαίρας. Η διαφορά των εκατομμυρίων τόνων, που είναι μικρό μόνο κλάσμα της αρχικής ποσότητας υδρογόνου, μετατρέπεται σε ενέργεια με ισοδύναμη θερμαντική αξία 20 περίπου τόνων άνθρακα για κάθε γραμμάριο αερίου υδρογόνου που αφανίζεται.

Η επιφάνεια του ήλιου φιλοξενεί θερμοκρασία περίπου 6.000 βαθμών Κέλβιν. Ο πλανήτης μας βρίσκεται σε πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία, καθώς έχει μια μέση τιμή 7-8 βαθμών Κελσίου. Το μέρος εκείνο της γης που βλέπει τον ήλιο, δέχεται μια συνολική ακτινοβολία, επειδή ακριβώς υπάρχει αυτή η θερμοκρασιακή διαφοροποίηση, ίση με 130.000 T/W. Η συνολική ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι περίπου 121.000 T/W ($3,8 \cdot 10^{24}$ J/yr). Για την κάλυψη όλων των ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας αρκεί η εκμετάλλευση του 0,0001% της ενέργειας. Επομένως είναι φυσιολογικό να πει κανείς ότι η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί τελικά να είναι η εξέχουσα πηγή ενέργειας στον πλανήτη μας.

Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται μέσα από τα παθητικά αλλά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι τα τεχνικά μέρη του κτιρίου, όπου αν αξιοποιήσουμε τους νόμους περί μεταφοράς θερμότητας, απορροφούν την 21 ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και την κατανέμουν στο χώρο. Η απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας σχετίζεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα πραγματοποιούνται με μεθόδους φυσικού φωτισμού και χρησιμοποιούν τρόπους για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι κατά βάση τεχνολογικά κατασκευάσματα που δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι χρήσιμα για θέρμανση νερού, για τον κλιματισμό κτιρίων, για

βιομηχανικές πρακτικές, για αφαλάτωση και για διάφορες υπαίθριες εργασίες. Η πιο λυτή και δημοφιλέστερη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Το κυριότερο όμως ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, εντάθηκε όταν χάρις στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, διαπιστώθηκε η πρακτική δυνατότητα της εύκολης, άμεσης και αποδοτικής μετατροπής της ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια με την κατασκευή φωτοβολταϊκών γεννητριών.



Σχήμα 3.1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά στις Χώρες της Ευρώπης (Πηγή: Ίδρυμα Ενέργειας – Ευρωπαϊκή Επιτροπή)

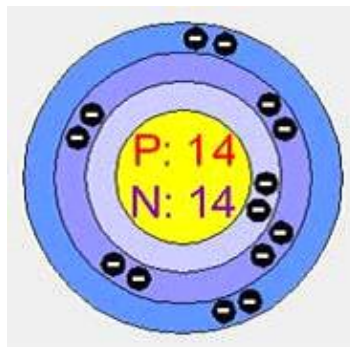
Η πρώτη παρατήρηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου έγινε το 1839 από τον Γάλλο φυσικό Henri Becquerel. Ο Becquerel ανακάλυψε πως είναι δυνατόν να εμφανισθεί ηλεκτρικό ρεύμα όταν μια φωτεινή πηγή εφαρμοσθεί σε ορισμένα χημικά διαλύματα. Το 1883, η πρώτη ηλιακή κυψέλη κατασκευάστηκε από τον Charles Fritts, ο οποίος χρησιμοποίησε το σελήνιο με ένα εξαιρετικά λεπτό στρώμα χρυσού για την κατασκευή των ενώσεων. Η συσκευή ήταν περίπου 1% αποτελεσματική. Στη 22 συνέχεια, ο Ρώσος φυσικός Aleksandr Stoletov κατασκεύασε την πρώτη ηλιακή κυψέλη με βάση το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (το ανακάλυψε ο Heinrich Hertz νωρίτερα το 1887). Ενώ, το

1946 ο Russell Ohl κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την κατασκευή ενώσεων ηλιακών κυψελών. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο άρχισε να γίνεται παγκοσμίως γνωστή κυρίως με την ανακοίνωση της πρώτης κατασκευής ηλιακής κυψέλης πυριτίου από τους Fuller, Pearson και Chappin το 1954.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών. Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά (διαπερατότητα) είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας (σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας) η οποία συνήθως είναι η θερμότητα.

Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών.

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων του ατόμου στην εξωτερική του στοιβάδα (σθένους). Ο περισσότερο γνωστός ημιαγωγός και το πιο σύνηθες υλικό κατασκευής των ηλιακών κυψελών είναι το πυρίτιο (Si).



Σχήμα 3.2. Το άτομο πυριτίου

Πηγή: <http://www.selasenergy.gr/fundamentals.php>

Το πυρίτιο έχει κάποιες ιδιαίτερες χημικές ιδιότητες στην κρυσταλλική του δομή. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2, ένα άτομο πυριτίου έχει 14 ηλεκτρόνια κατανομημένα σε τρεις διαφορετικές στοιβάδες. Οι πρώτες δύο στοιβάδες, αυτές που είναι πιο κοντά στο κέντρο, είναι συμπληρωμένες (2 και 8 ηλεκτρόνια αντίστοιχα). Η εξωτερική στοιβάδα όμως έχει μόνο 4 ηλεκτρόνια ενώ θα έπρεπε να έχει 8. Γι' αυτό μοιράζεται ηλεκτρόνια με τα γειτονικά του άτομα. Έτσι, τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν την κρυσταλλική δομή του πυριτίου, που είναι πολύ σημαντική για τις ηλιακές κυψέλες.

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

Το κρυσταλλικό πυρίτιο αναμιγνύεται με άτομα φωσφόρου. Ο φώσφορος έχει 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα και όχι 4 όπως το πυρίτιο. Πάλι συνδέεται με τα γειτονικά του άτομα πυριτίου αλλά ο φώσφορος έχει ένα ηλεκτρόνιο που δεν συνδέεται με κάποιο άλλο. Δεν σχηματίζει δεσμό, αλλά υπάρχει ένα θετικό πρωτόνιο στον πυρήνα του φωσφόρου που το συγκρατεί.

Όταν διοχετεύεται ενέργεια στο καθαρό πυρίτιο, για παράδειγμα με τη μορφή θερμότητας, μερικά ηλεκτρόνια σπάζουν τους δεσμούς τους και φεύγουν από τα άτομα τους. Τότε δημιουργείται μια κενή θέση στο άτομο. Αυτά τα ηλεκτρόνια περιφέρονται τυχαία μέσα στο κρυσταλλικό πυρίτιο αναζητώντας μια άλλη θέση. Έτσι μεταφέρουν την ενέργεια (ηλεκτρικό ρεύμα). Είναι τόσο λίγα που δεν είναι πολύ χρήσιμα. Το πυρίτιο, όμως, με άτομα φωσφόρου είναι κάτι διαφορετικό. Χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για να ελευθερωθεί το επιπλέον ηλεκτρόνιο του φωσφόρου, αφού αυτό δεν σχηματίζει δεσμό με άλλο (τα γειτονικά ηλεκτρόνια δεν το συγκρατούν).

Σαν αποτέλεσμα τα περισσότερα από αυτά τα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και γίνονται φορείς ηλεκτρικού ρεύματος, που είναι πολύ περισσότεροι από αυτούς του

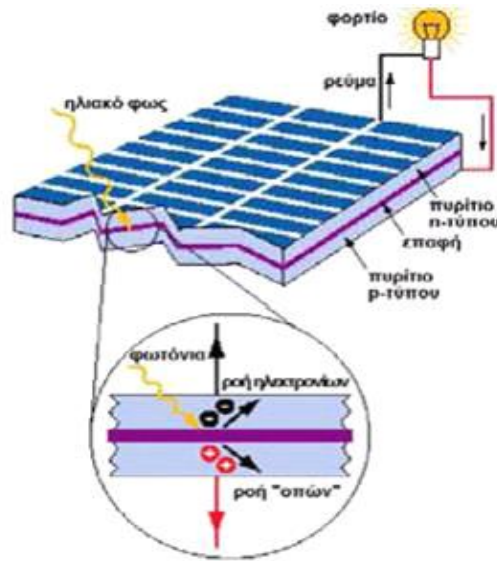
κρυσταλλικού πυριτίου. Η διαδικασία μίξης ατόμων κρυσταλλικού πυριτίου με άτομα φωσφόρου δημιουργεί πυρίτιο που ονομάζεται πυρίτιο τύπου N (Negative, Αρνητικό) εξαιτίας της υπεροχής του αριθμού των ηλεκτρονίων και είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στην πραγματικότητα όμως μόνο ένα μέρος της ηλιακής κυψέλης είναι πυρίτιο τύπου N. Το άλλο μέρος είναι ανάμειξη κρυσταλλικού πυριτίου με βόριο, το οποίο έχει μόνο 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα αντί για 4, και μετατρέπεται σε πυρίτιο τύπου P. Αντί να έχει ελεύθερα ηλεκτρόνια, το πυρίτιο τύπου P (Positive, θετικό) έχει ελεύθερες θέσεις. Οι θέσεις αυτές είναι ουσιαστικά απουσία ηλεκτρονίων, και έτσι μεταφέρουν αντίθετο φορτίο (θετικό) και περιφέρονται όπως και τα ηλεκτρόνια.

Όταν τοποθετηθούν μαζί πυρίτιο τύπου P και N, η ηλιακή κυψέλη έχει τουλάχιστον ένα ηλεκτρικό πεδίο. Χωρίς ηλεκτρικό πεδίο, η κυψέλη δεν θα λειτουργούσε. Ξαφνικά τα ηλεκτρόνια του πυριτίου τύπου N ψάχνουν για ελεύθερες θέσεις και προσπαθούν να καλύψουν τις κενές θέσεις στο πυρίτιο τύπου P. Το ηλεκτρικό πεδίο λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, επιτρέποντας τα ηλεκτρόνια να περάσουν από το πυρίτιο P στο N αλλά όχι αντίστροφα. Έτσι, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο που λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, στο οποίο τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν σε μια μόνο κατεύθυνση.

Άρα λοιπόν, η λειτουργία των ηλιακών κυψελών βασίζεται στην δημιουργία ηλεκτροστατικού φράγματος δυναμικού. Όσο διαρκεί η ακτινοβολία της κυψέλης, δημιουργείται μια περίσσεια από ζεύγη φορέων. Αν οι ελεύθεροι αυτοί φορείς δεν επανασυνδυαστούν αλλά βρεθούν στην περιοχή της ένωσης P-N, θα δεχτούν το ενσωματωμένο ηλεκτροστατικό πεδίο της διόδου και θα διαχωριστούν. Έτσι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου N και οι οπές μεταφέρονται προς το τμήμα τύπου P, με αποτέλεσμα η συσσώρευση αυτή του φορτίου στα δυο τμήματα να δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου. Η διάταξη, δηλαδή, λειτουργεί ως ορθά πολωμένη δίοδος και ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος για όσο διαρκεί η οπτική διέγερση.

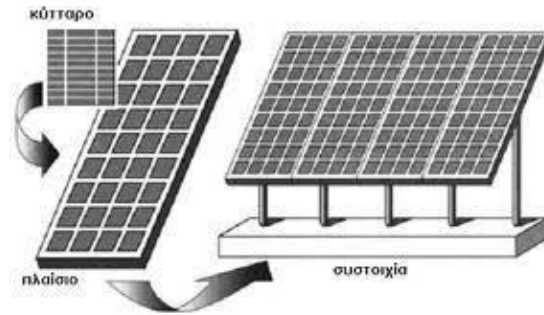
Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δυο όψεις της ηλιακής κυψέλης σύμφωνα με την διαδικασία που προαναφέρθηκε ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.3. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Πηγή: <http://www.helio-energia.com>

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



Σχήμα 3.4. Πλαίσιο και συστοιχία φωτοβολταϊκών

Πηγή http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/sun_energy3.html

Για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, οι ηλιακές κυψέλες έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμά τους μεταλλικά ελάσματα αναδυσμένου αλουμινίου και για λόγους προστασίας είναι αεροστεγώς και υδατοστεγώς κλεισμένα μέσα σε ειδικό γυαλί και ειδικό μονωτικό πλαστικό. Οι ηλιακές κυψέλες αποτελούνται από:

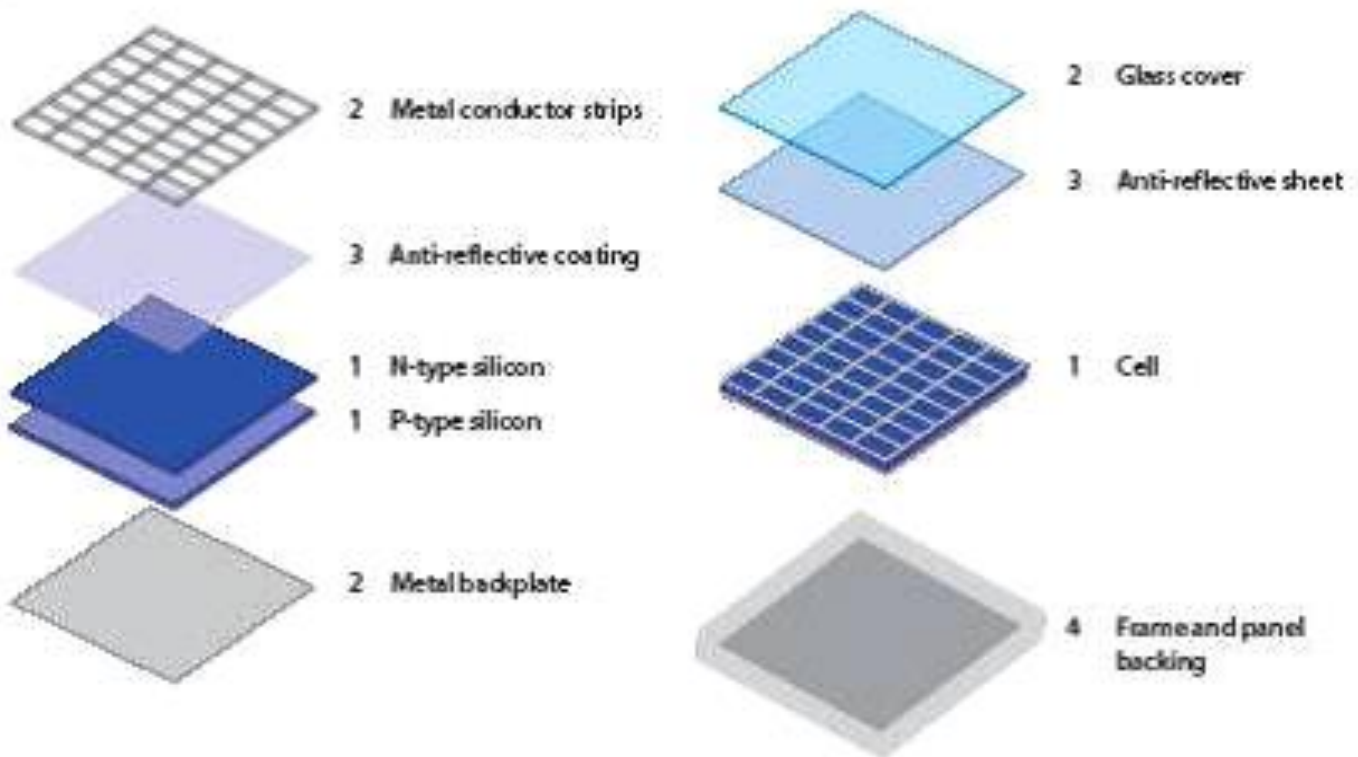
- Μεταλλική βάση
- Πυρίτιο τύπου P
- Πυρίτιο τύπου N
- Μη-ανακλαστικό στρώμα επικάλυψης
- Μεταλλικά αγωγία ελάσματα

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

- Ειδικό γυαλί
- Συμπυκνωμένο υλικό (EthyleneVinylAcetate (EVA) Sheet) για την
- ενθυλάκωση των κυψελών

- Ηλιακές κυψέλες
- Συμπυκνωμένο υλικό (EVA)
- Ειδικό γυαλί
- Κενό αέρος
- Ειδικό γυαλί

Οι ηλιακές κυψέλες περικλείονται συνήθως από δύο κομμάτια γυαλιού ή ένα φύλλο γυαλιού και ένα πλαστικού, ενώ μερικές φορές εξ ολοκλήρου από πλαστικό. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 3.2) φαίνονται συνοπτικά τα εσωτερικά εξαρτήματα μίας ηλιακής κυψέλης αλλά και η δομή ενός γενικού φωτοβολταϊκού πλαισίου.



Σχήμα 3.5. Αριστερά: Τα εσωτερικά εξαρτήματα μίας ηλιακής κυψέλης
 Δεξιά: Η δομή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου
 Πηγή: http://www.selasenergy.gr/fv_panels.php

Όσον αφορά την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων στην εγκατάσταση, σαν αρχική προϋπόθεση είναι ο τρόπος διάταξης τους πάνω στις βάσεις στήριξης που είναι καρφωμένες μέσα στο έδαφος μετά από μια σειρά χωματουργικών εργασιών. Η διάταξη των πλαισίων μπορεί να είναι είτε οριζόντια (landscape), δηλαδή με τη μεγάλη τους πλευρά παράλληλα στο έδαφος, είτε κατακόρυφα (portrait) με τη μεγάλη πλευρά κάθετα στο επίπεδο του εδάφους. Επίσης με τη συνεισφορά της τεχνολογίας, εντοπίζονται στην αγορά και τα αυτόματα περιστρεφόμενα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία στην ουσία «ακολουθούν» την πορεία του ήλιου, από την ανατολή μέχρι και τη δύση του.



Σχήμα 3.6. Αριστερά: Συστοιχίες Φ/Β πλαισίων σε οριζόντια και κάθετη διάταξη, Δεξιά: Αυτόματο περιστρεφόμενο Φ/Β πλαίσιο. Πηγή: <http://www.selasenergy.gr/>

3.2.2. Αιολική Ενέργεια

Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συγκαταλέγεται και η αιολική ενέργεια, αφού αφ' ενός είναι φιλική προς το περιβάλλον και αφ' ετέρου είναι θεωρητικά ανεξάντλητη. Οι πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας, από πλευράς αιολικού δυναμικού, είναι οι χώρες που βρίσκονται κοντά στους πόλους αλλά και στην εύκρατη ζώνη, ιδιαίτερα κοντά στις ακτές. Βέβαια, η αξιοποίηση της δωρεάν ενέργειας που προσφέρει η φύση στον άνθρωπο, προϋποθέτει την ύπαρξη των κατάλληλων μηχανών, για τη δέσμευση και τη μετατροπή της αιολικής ενέργειας στην επιθυμητή μορφή ενέργειας.

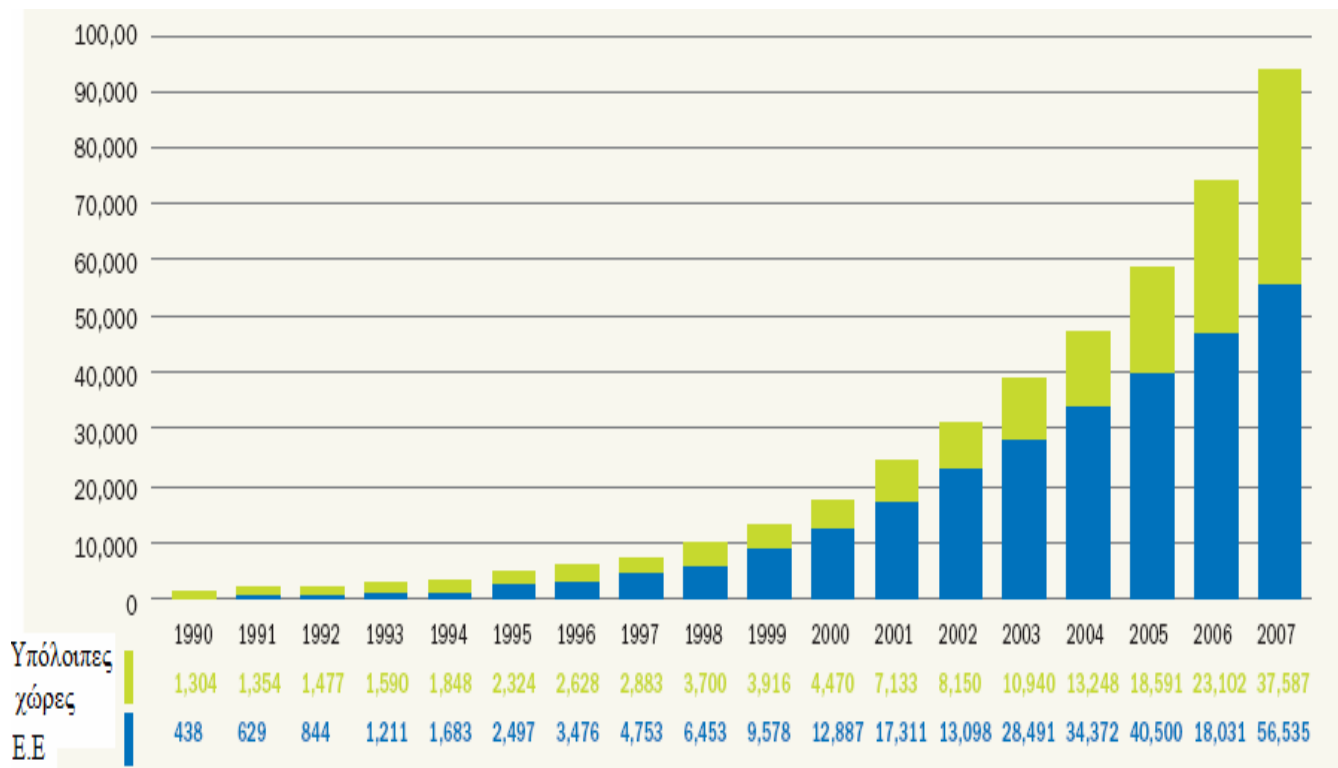
Σχολιάζοντας την αιολική ενέργεια από τεχνικοοικονομικής άποψης, αποτελεί μία από τις πλέον συμφέρουσες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δεδομένου ότι ήδη το κόστος της

παραγόμενης αιολικής KWh συναγωνίζεται το κόστος της συμβατικής KWh, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα πρόσθετα περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη από τη χρήση της αιολικής ενέργειας. Φυσικά, το γεγονός ότι η αιολική ενέργεια δεν είναι συνεχής και είναι μια ενέργεια με χαμηλή πυκνότητα, υποχρεώνει τον άνθρωπο στη δημιουργία μεγάλων κατασκευών για την αξιοποίηση της.

Αρκετοί επιστήμονες, με βάση υπολογισμούς, έχουν υποστηρίξει ότι η κατάλληλη αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας μπορεί να λύσει το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα. Αυτοί οι ισχυρισμοί όμως, μάλλον είναι υπερβολικοί καθώς μόνο ένα μικρό μέρος του αιολικού δυναμικού είναι τελικά δυνατόν να αξιοποιηθεί. Παρόλα αυτά η σωστή αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, θα μπορούσε κάλλιστα να βελτιώσει το παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο και μάλιστα χωρίς πρόσθετη περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Το κόστος της παραγόμενης αιολικής ενέργειας άρχισε να πέφτει σταθερά από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 μέχρι τις αρχές του 1990. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας βοήθησε ώστε να γίνει ταυτόχρονα φτηνή και αξιόπιστη. Έτσι λοιπόν, αναμένεται ότι η αιολική ενέργεια θα τείνει να γίνει ακόμα πιο ανταγωνιστική οικονομικά στα επόμενα χρόνια. Η κατανόηση της λειτουργίας των αιολικών μηχανών περιλαμβάνει πολλούς τομείς γνώσεων, συμπεριλαμβανομένων της μετεωρολογίας, της αεροδυναμικής, του ηλεκτρισμού καθώς και της μηχανολογίας και της επιστήμης του πολιτικού μηχανικού (Taylor, 1996).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση κατατάσσεται πρώτη στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας αναπτύσσεται με εντυπωσιακούς ρυθμούς. Τα τελευταία χρόνια υπήρξε ραγδαία αύξηση με αποτέλεσμα η συνολική ενέργεια που αποδόθηκε το 2007, να «σώσει το περιβάλλον» από 90 τόνους διοξειδίου του άνθρακα και να τροφοδοτήσει την Ε.Ε με το 3,7% της απαιτούμενης ενέργειας. Στο διάγραμμα 3.1 φαίνεται η δραματική άνοδος που παρουσιάστηκε στην εγκατεστημένη ισχύ από το 1995 και έπειτα. Η ισχύς αυτή εκτιμάται ότι θα αυξηθεί ακόμα περισσότερο τα επόμενα χρόνια.



Σχήμα 3.7. Παγκόσμια συνολική παραγόμενη αιολική ενέργεια 1990-2007 (σε MW)
 (Πηγή: <http://www.erec.org>, <http://www.windplatform.eu>)

Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται οι ανεμογεννήτριες, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου αρχικά σε μηχανική και έπειτα σε ηλεκτρική. Στην αγορά βέβαια, έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, των οποίων οι βασικές συνιστώσες είναι ο δρομέας, η γεννήτρια και ο πύργος. Αναλυτικότερα, μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, που απαρτίζεται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας
- την ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική

- το σύστημα προσανατολισμού, που αναγκάζει τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου
- τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση
- το σύστημα ελέγχου (ηλεκτρονικός πίνακας και πίνακας ελέγχου) που συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της. (Γ. Μπεργελές, 2005)

Οι ανεμογεννήτριες εμπορικής κλίμακας κυμαίνονται σε μέγεθος δυναμικού από 100kW έως αρκετά MW ενώ το ύψος του πύργου κυμαίνεται από 50μ έως 135μ αναλόγως του τύπου (RheinischWestfälischesElektrizitätswerk, RWEenergy). Οι μεγαλύτερες τουρμπίνες τοποθετούνται σε ομάδες στα αιολικά πάρκα, τα οποία παρέχουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι μικρές, μονές τουρμπίνες, κάτω των 100kW, χρησιμοποιούνται για σπίτια και για κεραίες τηλεπικοινωνιών, ή για άντληση νερού. Οι μικρές τουρμπίνες μερικές φορές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με γεννήτριες πετρελαίου, μπαταρίες και φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται υβριδικά αιολικά συστήματα και συνήθως χρησιμοποιούνται σε μακρινές περιοχές, εκτός δικτύου ηλεκτροδότησης(E. Ανδρονίκου, 2012).

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί είτε να αποθηκευτεί σε μπαταρίες, είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα. Υπάρχουν τρεις βασικοί φυσικοί νόμοι που «κυβερνούν» το ποσό της διαθέσιμης από τον αέρα ενέργειας και οι οποίοι αναλύονται πιο κάτω.

Ο πρώτος νόμος δηλώνει ότι η δύναμη που παράγεται από τη γεννήτρια είναι ανάλογη προς την κυβική δύναμη της ταχύτητας του αέρα. Για παράδειγμα, εάν διπλασιαστεί η ταχύτητα του αέρα, η διαθέσιμη ισχύ οκταπλασιάζεται, ενώ εάν η ταχύτητα αέρα τριπλασιαστεί, η διαθέσιμη ισχύ γίνεται είκοσι επτά φορές περισσότερη. Αντίθετα, υπάρχει πολύ λίγη ενέργεια στον αέρα όταν αυτός έχει χαμηλή ταχύτητα. Αυτός ο νόμος σημαίνει ότι το ακριβές και λεπτομερές τοπικό στοιχείο ταχύτητας αέρα είναι απαραίτητο για να καθορίσει την πιθανή ενεργειακή παραγωγή από μια δεδομένη περιοχή, και οι γεννήτριες πρέπει να σχεδιαστούν για εκείνη την συγκεκριμένη περιοχή. Ο μέσος όρος ταχύτητας αέρα έχει συχνά μόνο περιορισμένη αξία.

Ο επόμενος νόμος, δηλώνει ότι η διαθέσιμη δύναμη είναι ανάλογη προς το εμβαδόν σάρωσης των πτερυγίων. Αυτή η δύναμη είναι ανάλογη προς το τετράγωνο του μήκους των πτερυγίων. Παραδείγματος χάριν, ο διπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων θα αυξήσει την ισχύ τέσσερις φορές, και ο τριπλασιασμός του μήκους των πτερυγίων θα αυξήσει την ισχύ εννέα φορές.

Ο τρίτος και τελευταίος νόμος δηλώνει ότι στις ανεμογεννήτριες υπάρχει μια μέγιστη θεωρητική αποδοτικότητα της τάξης περίπου του 59-60%. Στην πράξη, οι περισσότερες ανεμογεννήτριες είναι πολύ λιγότερο αποδοτικές απ' αυτό το ποσοστό, και οι διαφορετικοί τύποι σχεδιάζονται για να έχουν τη μέγιστη αποδοτικότητα με τις διαφορετικές ταχύτητες αέρα. Οι καλύτερες ανεμογεννήτριες έχουν αποδοτικότητα μεταξύ του 35 - 40%. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι ανεμογεννήτριες σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν μεταξύ ορισμένων ταχυτήτων αέρα (<http://energypoint.gr>).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες, μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Συγκεκριμένα στην περίπτωση της Κύπρου με ένα σύστημα 3kW, το οποίο καλύπτει τις ανάγκες μιας μέσης οικογένειας, οι εκπομπές CO₂ που εξοικονομούνται ετησίως είναι περίπου 4,5 τόνοι (Καρούλλας, 2014).

3.2.3. Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδραυλική ή αλλιώς υδροηλεκτρική ενέργεια, είναι η ενέργεια που παράγεται από την κίνηση του νερού εντός φυσικών αποδεκτών (ποτάμια, λίμνες, θάλασσες) ή τεχνικών κατασκευών (υπερχειλίσεις και διαφυγές φραγμάτων). Μια από τις παλαιότερες μεθόδους χρησιμοποίησεως της υδροηλεκτρικής ενέργειας, είναι ο υδροτροχός. Σήμερα, η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού, αφορά κυρίως την παραγωγή ηλεκτρισμού, όπου ο πιο διαδεδομένος τρόπος χρήσης της, είναι μέσω των υδατοπτώσεων αλλά και των φραγμάτων.

Εστιάζοντας στα εργοστάσια παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, παρατηρείται ότι είναι εγκατεστημένα κυρίως σε περιοχές με τρεχούμενο νερό (φράγματα, λίμνες, ποτάμια) και εκμεταλλεύονται τη ροή ενός ποταμού ή καναλιού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η κινητική και δυναμική ενέργεια της ροής του νερού μετατρέπεται αρχικά σε μηχανική ενέργεια περιστροφής και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια.

Οι υδροηλεκτρικές μονάδες ποικίλλουν πολύ σε μέγεθος και δυνατότητα παραγωγής ενέργειας. Το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από μια περιοχή εξαρτάται από δύο σημαντικούς συντελεστές. Ο πρώτος είναι η υψομετρική διαφορά της στάθμης του νερού μεταξύ του φράγματος και του ποταμού (ή της λίμνης) όπου καταλήγει το νερό και ο δεύτερος είναι η ποσότητα ροής του νερού που διέρχεται. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος είναι τοποθετημένοι έτσι ώστε να μπορούν να εκμεταλλευθούν τη μέγιστη πτώση μιας μεγάλης ποσότητας νερού, στο χαμηλότερο σημείο μιας βαθιάς και απότομα πλαισιωμένης κοιλάδας ή ενός φαραγγιού, ή ακόμη κοντά στη βάση ενός φράγματος. Ακολούθως, το νερό συλλέγεται και αποθηκεύεται στο φράγμα, επάνω από το σταθμό παραγωγής, για να χρησιμοποιηθεί όταν αυτό απαιτείται.

Οι αρχές λειτουργίας ενός σύγχρονου υδροστρόβιλου παραμένουν οι ίδιες σε σύγκριση με τους παλιούς υδραυλικούς τροχούς. Τα πτερύγια της γεννήτριας είναι ενωμένα με έναν άξονα ο οποίος περιστρέφεται λόγω της ροής του νερού που ασκεί πίεση στα πτερύγια. Όταν το νερό έχει μεταφέρει όλη του την κινητική ενέργειά στον

υδροστρόβιλο, απαλλάσσεται μέσω των αποχετεύσεων ή των καναλιών διαφυγής του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και συνεχίζει κανονικά τη ροή του στο ποτάμι.

Τα κύρια τμήματα μιας υδροηλεκτρικής μονάδας είναι ο υδροστρόβιλος, ο οποίος μετατρέπει την ενέργεια του νερού σε μηχανική, και η ηλεκτρική γεννήτρια η οποία βοηθάει στην μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο της διαθέσιμης ενέργειας εξαρτάται από την ποσότητα του διαθέσιμου νερού και από την πίεσή του στο στρόβιλο. Η πίεση είναι η υδροστατική πίεση, και μετριέται ως το διανυσματικό διάστημα από το στρόβιλο έως την επιφάνεια του νερού στο φράγμα. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος του νερού πάνω από τον κινητήρα, τόσο περισσότερη ενέργεια μεταφέρει κάθε κυβικό μέτρο νερού στον κινητήρα, που κινεί στη συνέχεια τη γεννήτρια. Όσο μεγαλύτερη η ποσότητα του νερού, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός και το μέγεθος των στροβίλων που μπορούν να περιστραφούν, και τόσο μεγαλύτερη η παραγωγή ενέργειας



Σχήμα 3.8. Σκαρίφημα μιας υδροηλεκτρικής μονάδας με δεξαμενή

Πηγή:<http://www.energypoint.gr>

Επιπρόσθετα, υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παραχθεί και από τον κυματισμό της θάλασσας. Η ενέργεια από τα κύματα παρέχει αρκετά υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, είναι ότι αν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί έστω και το 1% της ενέργειας που παράγεται από τους ωκεανούς της γης, θα κάλυπτε άνετα το τετραπλάσιο των ενεργειακών αναγκών του πλανήτη.

Στις παράκτιες εγκαταστάσεις η αρχή λειτουργίας είναι απλή, και θυμίζει την ενέργεια που παράγεται από τους υδροστρόβιλους. Η συσκευή υπερχειλίσης αποτελείται από ένα κανάλι το οποίο στενεύει στο επάνω μέρος του με αποτέλεσμα να αυξάνει το ύψος των κυμάτων που εισέρχονται σε αυτό. Στο επάνω μέρος του καναλιού είναι εγκατεστημένη μια δεξαμενή η οποία γεμίζει με νερό καθώς το κύμα εισέρχεται στο κανάλι. Αυτό το νερό διοχετεύεται ξανά στη θάλασσα αφού πρώτα περάσει από έναν υδροστρόβιλο για να παραχθεί η απαραίτητη ενέργεια. Μια εξίσου παρόμοια εγκατάσταση αποτελείται από ένα θάλαμο που στο πάνω μέρος του έχει εγκατεστημένο έναν αεριοστρόβιλο συνδεδεμένο με μια ηλεκτρογεννήτρια. Καθώς το κύμα εισέρχεται μέσα στο θάλαμο, συμπιέζει τον αέρα προς τον αεριοστρόβιλο και κινεί την ηλεκτρογεννήτρια παράγοντας έτσι ηλεκτρισμό. (<http://landwaterwind.blogspot.gr>)

Όσο αφορά τις θαλάσσιες εγκαταστάσεις, υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανών που μετατρέπουν την ενέργεια των κυμάτων σε ηλεκτρική. Οι σημειακοί απορροφητήρες επιπλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας και μετατρέπουν την καθ' ύψος κίνησή τους μέσω υδραυλικών ή μηχανικών συστημάτων, σε γραμμική κίνηση ή περιστροφική για την κίνηση ηλεκτρογεννητριών. Παρεμφερές σύστημα είναι οι υποβρύχιες συσκευές διαφορικής υδροστατικής πίεσης, με τη διαφορά ότι ο συγκεκριμένος εξοπλισμός δεν επιπλέει, αλλά είναι εγκατεστημένος κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκμεταλλεύεται την μεταβαλλόμενη υδροστατική πίεση κάτω από τους κυματισμούς. Το «θαλάσσιο φίδι» είναι μια μηχανή που αποτελείται από μεταλλικούς σωλήνες σε μέγεθος ενός τρένου ενωμένους και τοποθετημένους παράλληλα με την κίνηση των κυμάτων. Τα κύματα ταξιδεύουν μέσα από τους σωλήνες προκαλώντας τους ταλάντωση, και ένα υδραυλικό σύστημα εκμεταλλεύεται αυτή την κίνηση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

3.2.4. Γεωθερμική Ενέργεια

Ως γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης, μεταφέρεται στην επιφάνεια με αγωγή θερμότητας και με την είσοδο στο φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της, και γίνεται αντιληπτή με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού. Το γεωθερμικό δυναμικό κάθε περιοχής σχετίζεται με τις γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της. Αποτελεί ήπια και σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Ανάλογα με τη θερμοκρασία, η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές:

- ηλεκτροπαραγωγή (>90 °C),
- θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ >60 °C, με αερόθερμα >40 °C, με ενδοδαπέδιο σύστημα >25 °C),
- ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης >60 °C, ή με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας 25 °C), ή και για προστασία από παγετό
- ιχθυοκαλλιέργειες (>15 °C)
- βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση (>60 °C),
- θερμά λουτρά (25-40 °C)



Σχήμα 3.9. Θέρμανση με χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Πηγή:<http://renewablegreece.wikispaces.com/Γεωθερμική+Ενέργεια>

Υπάρχουν δύο κύριοι τρόποι εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας:

Ο πρώτος συνίσταται στη χρήση της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών για την παραγωγή ηλεκτρισμού και τη θέρμανση νερού και χώρων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διεργασίες τόσο ανοικτού όσο και κλειστού κυκλώματος. Στην πρώτη περίπτωση το γεωθερμικό ρευστό εκτονώνεται σε δοχείο διαχωρισμού ατμού-υγρού και ο παραγόμενος ατμός οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ το θερμό υγρό σε μηχανήμα εναλλαγής θερμότητας. Στην περίπτωση της διεργασίας κλειστού κυκλώματος το γεωθερμικό ρευστό οδηγείται σε μηχανήμα εναλλαγής θερμότητας προσδίδοντας θερμική ενέργεια σε κατάλληλο ρευστό το οποίο ατμοποιείται και οδηγείται στον στρόβιλο. Την απαιτούμενη παραγόμενη θερμότητα του κυκλώματος την αποδίδει σε συμπυκνωτή προτού διέλθει εκ νέου από το μηχανήμα εναλλαγής του γεωθερμικού ρευστού.

Κατά τον δεύτερο γίνεται εκμετάλλευση των θερμών μαζών του υπεδάφους ή υπόγειων υδάτων για την κίνηση αντλιών θερμότητας (γεωθερμικές αντλίες) για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης. Οι γεωθερμικές αντλίες θεωρούνται ως από τις πλέον αποδοτικές ενεργητικές τεχνολογίες για τη θέρμανση και ψύξη χώρων. Χρησιμοποιούν τη φυσική θερμοκρασία του υπεδάφους εκμεταλλευόμενες το γεγονός ότι η τελευταία δεν ποικίλλει σημαντικά στη διάρκεια ενός έτους. Κατά τη χειμερινή περίοδο λαμβάνει χώρα μεταφορά θερμότητας από τη γη στο κτίριο μέσω κλειστού κυκλώματος νερού, ενώ κατά τη θερινή περίοδο αντιστρέφεται η διαδικασία. Θεωρούνται πιο αποτελεσματικές από τα κοινά κλιματιστικά καθώς απλώς μεταφέρουν τη θερμότητα αντί να καταναλώνουν ενέργεια για να τη δημιουργήσουν.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η εκμετάλλευση των γεωθερμικών πεδίων επιβάλλεται να γίνεται με ορθολογιστικό τρόπο. Η ενέργεια που προέρχεται από ένα γεωθερμικό πεδίο θεωρείται ανανεώσιμη εφόσον ο ρυθμός άντλησης της θερμότητας δεν υπερβαίνει το ρυθμό επαναφόρτισης του κοιτάσματος. Στην περίπτωση μονάδων ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να χρειαστούν αρκετές εκατοντάδες χρόνια για να

επαναφορτιστεί ένα πεδίο που αποφορτίστηκε πλήρως. Τα περιφερειακά συστήματα θέρμανσης μπορεί να απαιτήσουν 100 - 200 χρόνια για να επαναφορτιστούν, ενώ οι γεωθερμικές αντλίες μόνο περίπου 30 χρόνια.

Παρόλα αυτά ο ισχυρισμός ότι η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι πραγματικά ανανεώσιμη δεν ευσταθεί καθώς το συνολικό γεωθερμικό δυναμικό είναι πάρα πολύ μεγάλο σε σχέση με τις καταναλωτικές ανάγκες του ανθρώπου και η γεωθερμική ενέργεια είναι πρακτικά ανανεώσιμη. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη 24 ώρες τη μέρα, 365 μέρες το χρόνο.

3.2.5. Ενέργεια από Βιομάζα

Η βιομάζα αποτελεί μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, γνωστή στον άνθρωπο εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Με τον όρο βιομάζα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς, όπως είναι το ξύλο και άλλα δασικά προϊόντα, αγροτικά υπολείμματα, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, αστικά απόβλητα κλπ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Το βιοαέριο είναι αέριο πλούσιο σε μεθάνιο το οποίο παράγεται από οργανικά απόβλητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρική ενέργειας, αλλά και ως καύσιμο, για μηχανές εσωτερικής καύσης.

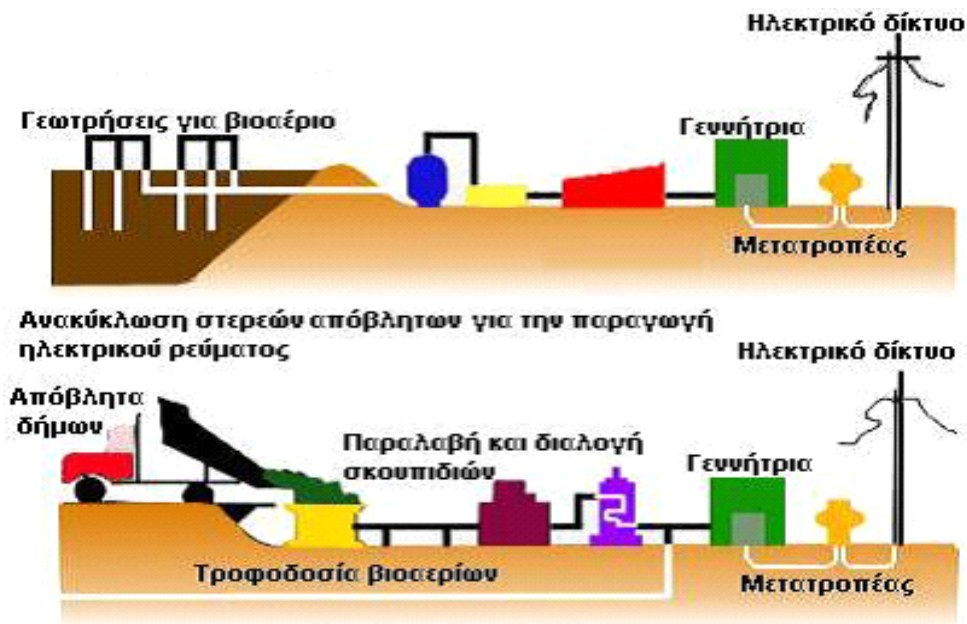
Η βιομάζα είναι δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας, αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών και αποτελείται κυρίως από ενώσεις που βασικά στοιχεία έχουν τον άνθρακα και το υδρογόνο. Οι κυριότερες μορφές βιομάζας είναι:

- Αγροτικά παραπροϊόντα (υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών, υπολείμματα επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων όπως κουκούτσια καρπών, πυρηνόξυλο κλπ.)
- Κτηνοτροφικά απόβλητα και απορρίμματα

- Βιομάζα δασικής προέλευσης
- Ενεργειακά φυτά (καλάμι, μίσχανθος, γλυκό σόργο, ευκάλυπτος κλπ.)
- Οργανικό μέρος των αστικών στερεών αποβλήτων

Η θέρμανση με ξύλα είναι ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης της βιομάζας ως ενεργειακής πηγής και είναι γνωστή εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Σήμερα οι κύριες εφαρμογές της βιομάζας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι:

- Θέρμανση θερμοκηπίων: χρησιμοποιείται η βιομάζα σαν καύσιμο σε κατάλληλους λέβητες για τη θέρμανση θερμοκηπίων.
- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες: χρησιμοποιούνται ατομικοί/κεντρικοί λέβητες πυρηνόξυλου για τη θέρμανση κτιρίων.
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου: Τα υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου (πριονίδι, πούδρα, ξακρίδια κλπ) χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη των θερμικών αναγκών της διεργασίας καθώς και για την θέρμανση των κτιρίων.
- Παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο: Το βιοαέριο που παράγεται από βιομάζα καίγεται σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα μπορεί να αξιοποιείται η θερμική ενέργεια των καυσαερίων και του ψυκτικού μέσου των μηχανών για να καλυφθούν ανάγκες της διεργασίας ή/και άλλες ανάγκες θέρμανσης (π.χ θέρμανση κτιρίων).
- Παραγωγή βιοκαυσίμων: Υγρά καύσιμα που παράγονται από διάφορους τύπους βιομάζας. Τα βιοκαύσιμα παράγονται από φυτικά υλικά, συγκεκριμένα είδη καλλιεργειών και από ανακυκλωμένα ή χρησιμοποιημένα σπορέλαια. Η χρήση των βιοκαυσίμων στα οχήματα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών.



Σχήμα 3.10. Πάνω: Χρήση βιοαερίου από χωματερές για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος
 Κάτω: Ανακύκλωση στερεών αποβλήτων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος
 Πηγη: http://users.sch.gr/imarinakis/biomass_energy.html

Κλείνοντας, παρουσιάζονται αρκετά πλεονεκτήματα των τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, συνεισφέρει στην γενικότερη ανάπτυξη του αγροτοβιομηχανικού τομέα, όπως επίσης και στην τόνωση του αγροτικού εισοδήματος. Ακόμη, η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), άρα δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, άρα στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στη βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου με την εξοικονόμηση του συναλλάγματος (Καρούλλας Ν., 2014).

3.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τη σύγχρονη απάντηση στα περιβαλλοντικά προβλήματα της γης και γι αυτό η χρήση τους επεκτείνεται όλο και περισσότερο. Εκτός αυτού τα Ευρωπαϊκά κράτη αλλά και ολόκληρη η παγκόσμια κοινότητα, δημιουργούν νομοθετικά πλαίσια μέσα στα οποία θα προωθηθεί αλλά και θα επιβληθεί η χρήση των

ΑΠΕ. Και τούτο γιατί έχουν βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις Συμβατικές, παρόλα τα λίγα μειονεκτήματά τους, όπως φαίνονται αναλυτικά παρακάτω:

- Είναι ουσιαστικά ενεργειακές πηγές ανεξάντλητες και γι αυτό προκαλούν τη μειωμένη εξάρτηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που εξαντλούνται σταδιακά, προϊόντος του χρόνου.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και η χρήση τους ανταποκρίνεται στην παγκόσμια προσπάθεια για μείωση της ρύπανσης.
- Επειδή είναι διεσπαρμένες σε διάφορες περιοχές, έχουν σαν αποτέλεσμα την αποκέντρωση του συστήματος ενέργειας και την αποφόρτιση των υποδομών, καλύπτοντας τις τοπικές και περιφερειακές. Η διασπορά αυτή έχει ένα επιπλέον αποτέλεσμα, αυτό της μείωσης των απωλειών μεταφοράς ενέργειας.
- Επειδή είναι εγχώριες, συμβάλλουν σημαντικά στην εθνική ενεργειακή ανεξαρτησία και την ασφάλεια.
- Με τη χρήση τους επιτυγχάνεται μια πιο ορθολογική κατανάλωση των ενεργειακών πόρων, αφού βάσει της συγκεκριμένης ανάγκης, δίνεται η δυνατότητα επιλογής της καταλληλότερης μορφής ενέργειας, προσαρμοσμένης με τον βέλτιστο τρόπο στην εκάστοτε ανάγκη του χρήστη. Αποφεύγεται δηλαδή η σπατάλη ενέργειας, παράγοντας σημαντικός για την παγκόσμια ενεργειακή συγκυρία.
- Έχουν χαμηλό κόστος χρήσης που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις στις διεθνείς τιμές των ορυκτών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις σε ΑΠΕ δημιουργούν πολλές θέσεις εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Σε αρκετές περιπτώσεις συμβάλλουν στην κοινωνική και οικονομική αναβάθμιση και ανάπτυξη τοπικών περιοχών, με την προώθηση επενδύσεων και τη μείωση της ανεργίας.

Οι ΑΠΕ πέρα από τα σημαντικά πλεονεκτήματά τους, έχουν και κάποια χαρακτηριστικά που καθιστούν την αξιοποίησή τους δυσχερή.

- Επειδή ακριβώς είναι διεσπαρμένες, δεν υπάρχει η δυνατότητα να συγκεντρωθούν και να αποθηκευτούν σε μεγάλες ποσότητες ισχύος.
- Η πυκνότητα ενέργειας και ισχύος που περιέχουν είναι γενικά περιορισμένη και για αυτό για μεγάλες παραγωγές απαιτούν και μεγάλες εγκαταστάσεις.
- Ο συντελεστής εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων τους είναι μικρός επειδή η διαθεσιμότητά τους είναι ενίοτε περιορισμένη και με διακυμάνσεις. Αυτό δημιουργεί επίσης την ανάγκη για χρήση εφεδρείας άλλων πηγών ενέργειας οπότε το κόστος παραγωγής ενέργειας ανεβαίνει.
- Το κόστος επένδυσης για εγκαταστάσεις ισχύος ΑΠΕ είναι ακόμα σε υψηλά επίπεδα σε σχέση με αυτό των Συμβατικών μορφών.

4. ΝΟΜΙΚΟ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

4.1. Ο ΝΕΟΣ ΝΟΜΟΣ ΓΙΑ ΤΙΣ Α.Π.Ε. (ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΜΕ 2001/77/ΕΚ)

4.1.1. Εισαγωγή

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, λαμβάνοντας υπόψιν τις διεθνείς συνδιασκέψεις σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές που απειλούν την βιωσιμότητα και την ευρωστία των κοινωνικών συνόλων των κρατών – μελών, αλλά και ολόκληρης της ανθρωπότητας, νομοθετούν πλαίσια, τα οποία στοχεύουν στη σταδιακή αποκατάσταση των συμβατικών μεθόδων καυσίμου με τις καύσεις του άνθρακα, ή, άλλων γαιανθράκων, σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους παραγωγής ενέργειας. Η πράσινη επανάσταση, μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βρίσκεται στο προσκήνιο, με σαφή νομοθετική υποστήριξη από τις εκάστοτε κυβερνήσεις και τους παγκόσμιους οργανισμούς.

Η Ελλάδα, ως κράτος – μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και ως κράτος που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα του φυσικού της περιβάλλοντος, καθώς βασική οικονομική πηγή της χώρας μας είναι ο τουρισμός, καλείται να εναρμονίσει τις κείμενες νομικές διατάξεις, με τις κοινοτικές οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η κοινοτική οδηγία 2001/77/ΕΚ εισάγεται μέσω ρυθμίσεων στην Ελληνική νομοθεσία(Ξενάκης Θ., 2007).

4.1.2. Διαδικασίες αδειοδότησης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Το νέο νομικό πλαίσιο αμβλύνει τα γραφειοκρατικά κωλύματα στις διαδικασίες έκδοσης άδειας παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. Για την άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας γνωστοποιείται πως χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της Ρ.Α.Ε, με βάση τα κριτήρια:

- Της διαφύλαξης της εθνικής ασφάλειας
- Της προστασίας της δημόσιας υγείας και ασφάλειας
- Της διαφύλαξης της ασφάλειας του συστήματος και του δικτύου
- Της ενεργειακής αποδοτικότητας του έργου (Μετρήσεις για τα αιολικά πάρκα κατά DIN – EN ISO/IEC 17025 / 2000))
- Της ωριμότητας της διαδικασίας
- Της εξασφάλισης του δικαιώματος χρήσης του έργου
- Της δυνατότητας του αιτούντος να υλοποιήσει το έργο (οικονομικά, επιστημονικά και τεχνικά)
- Της διασφάλισης παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και προστασίας των πελατών.
- Της προστασίας του περιβάλλοντος, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία και το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Α.Π.Ε.

Η Ρ.Α.Ε. εξετάζει τα κριτήρια όλων των περιπτώσεων και πριν διατυπώσει τη γνώμη της, διαβιβάζει την Π.Π.Ε. (Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση), στις περιπτώσεις που αυτή απαιτείται στην αρχή, που είναι αρμόδια για την περιβαλλοντική αδειοδότηση. Η αρχή αυτή γνωμοδοτεί επί της Προκαταρκτικής Πε-περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και διαβιβάζει την γνωμοδότησή της στην Ρ.Α.Ε. εντός εξήντα (60) ημερών από τη συμπλήρωση του φακέλου της Π.Π.Ε.. Τα στοιχεία της αίτησης και της γνώμης που δημοσιοποιούνται, με επιμέλειά της, στο διαδίκτυο ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο.

Κατόπιν, η Ρ.Α.Ε. υποβάλει την γνώμη της στον Υπουργό Ανάπτυξης εντός τεσσάρων (4) μηνών από τη γνωστοποίηση της δημοσίευσης της αίτησης. Ο Υπουργός Ανάπτυξης εκδίδει τη σχετική απόφαση εντός δέκα πέντε (15) ημερών από την υποβολή, σε αυτόν, της γνώμης της Ρ.Α.Ε. Η Ρ.Α.Ε. τηρεί ειδικό μητρώο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α.

Η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α περιλαμβάνει:

- Τον κάτοχό της, παραγωγό ή αυτοπαραγωγό, νομικό ή φυσικό πρόσωπο.
- Τον τόπο εγκατάστασης του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Την Εγκατεστημένη Ισχύ και τη Μέγιστη Ισχύ Παραγωγής
- Τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία ή τη μορφή Α.Π.Ε.
- Τη διάρκεια ισχύος της.
- Το ή, τα πρόσωπα τα οποία έχουν την οικονομική δυνατότητα για τη χρηματοδότηση και υλοποίηση του έργου.

Η άδεια παραγωγής χορηγείται για χρονικό διάστημα μέχρι είκοσι πέντε (25) ετών και μπορεί να ανανεώνεται, μέχρι ίσο χρόνο. Εάν εντός είκοσι τεσσάρων (24) μηνών, από την χορήγηση της άδειας παραγωγής δεν έχει χορηγηθεί άδεια εγκατάστασης, η άδεια παραγωγής ανακαλείται. Η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α μπορεί να τροποποιείται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης μετά από γνώμη της ΡΑΕ, ύστερα από σχετική αίτηση του κατόχου της (άρθρο 3).

Η χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α δεν απαλλάσσει τον κάτοχό της από την υποχρέωση λήψης άλλων αδειών ή εγκρίσεων που προβλέπονται από την κείμενη νομοθεσία, όπως η έγκριση περιβαλλοντικών όρων και οι άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας. Η χορήγηση άδειας παραγωγής αποτελεί προϋπόθεση της υποβολής αιτήματος για τη χορήγηση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Επιτρέπεται, πριν από τη χορήγηση της άδειας παραγωγής, η εξέταση, από τις αρμόδιες υπηρεσίες, αιτήσεων για την έκδοση γνωμοδοτήσεων σχετικών με την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που απαιτούνται στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης, σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

Κατά την αξιολόγηση των αιτήσεων για τη χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α, συνεκτιμάται η συμμετοχή στο νομικό πρόσωπο, φυσικών προσώπων που είναι δημότες του οργανισμού τοπικής αυτοδιοίκησης (ο.τ.α.) πρώτου ή δεύτερου βαθμού ή επιχειρήσεων των οργανισμών αυτών, ή τοπικών

συλλόγων ή αστικών μη κερδοσκοπικών εταιρειών, που έχουν την έδρα τους εντός των διοικητικών ορίων του οικείου ο.τ.α, όπου πρόκειται να εγκατασταθεί το έργο.

Εφόσον η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται, με αιολική ενέργεια, από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των είκοσι (20) kWe, (απομονωμένα μικροδίκτυα, ή από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των σαράντα (40) kWe (Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά) και με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των πενήντα (50) KWe (Διασυνδεδεμένο Σύστημα) δεν απαιτείται άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (με υποχρέωση όμως ενημέρωσης του διαχειριστή του συστήματος). Οι παραπάνω σταθμοί υποχρεούνται να έχουν περιβαλλοντική αδειοδότηση, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία. Η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ισχύει για δέκα (10) έτη και μπορεί να ανανεώνεται, μία ή περισσότερες φορές, μέχρι ίσο χρόνο κάθε φορά (άρθρο 4) (Ξενάκης Θ., 2007).

4.1.3. Διαδικασίες αδειοδότησης εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. (επομένως και αιολικά πάρκα) ή Σ.Η.Θ.Υ.Α., καθώς και κάθε έργο που συνδέεται με την κατασκευή και τη λειτουργία τους, επιτρέπεται να εγκαθίστανται και να λειτουργούν:

- Σε γήπεδο ή σε χώρο (με νόμιμη χρήση και κυριότητα)
- Σε δάση ή δασικές εκτάσεις (άρθρα 45 και 58 του Ν. 998/1979 ΦΕΚ 289 Α', ή το άρθρο 13 του ν. 1734/1987 ΦΕΚ 189 Α').
- Σε αιγιαλό, παραλία, θάλασσα ή σε πυθμένα της, εφόσον έχει παραχωρηθεί το δικαίωμα χρήσης τους (άρθρο 14 του ν. 2971/2001 ΦΕΚ Α' 285)

Η διαδικασία έκδοσης της άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών Α.Π.Ε., ή, επέκτασης των αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διαφοροποιείται ανάλογα με την κατηγορία του έργου. Επομένως:

- Για έργα που κατατάσσονται στην 1η υποκατηγορία της Α΄ Κατηγορίας, καθώς και για όλα τα έργα Α.Π.Ε που κατασκευάζονται σε προστατευόμενες περιοχές Ramsar, Natura 2000, εθνικούς δρυμούς και αισθητικά δάση, ανεξάρτητα από την κατηγορία των έργων (ν. 1650 / 1986) εκδίδεται με κοινή απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης και του, κατά περίπτωση, αρμόδιου Υπουργού, εντός της προθεσμίας τριάντα (30) ημερών, από την υποβολή της αίτησης
- Για έργα που κατατάσσονται στη 2η υποκατηγορία της Α΄ Κατηγορίας και στην 3η ή 4η υποκατηγορία της Β΄ Κατηγορίας (ν. 1650 / 1986) η άδεια εγκατάστασης εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας δεκαπέντε (15) ημερών, από τον Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας που εντάσσεται το έργο (ή από τον Υπουργό Ανάπτυξης, με υποστήριξη του Κ.Α.Π.Ε.)

Περίληψη της άδεια εγκατάστασης δημοσιεύεται, με ευθύνη του κατόχου της, σε μία τουλάχιστον ημερήσια εφημερίδα που εκδίδεται στην Αθήνα και σε μία τοπική εφημερίδα της περιφέρειας, στα όρια της οποίας πρόκειται να εγκατασταθεί ο σταθμός. Η άδεια εγκατάστασης ισχύει για δύο (2) έτη και μπορεί να παρατείνεται, κατά ανώτατο όριο, για ίσο χρόνο.

Για την χορήγηση άδειας λειτουργίας, οι τεχνικοί του Κ.Α.Π.Ε. ελέγχουν τις τεχνικές λεπτομέρειες των εξοπλισμών και του σταθμού. Η άδεια λειτουργίας εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας δεκαπέντε (15) ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων. Η άδεια λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ισχύει για είκοσι (20) τουλάχιστον έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα.

Ο αρμόδιος Διαχειριστής του Συστήματος ή του Δικτύου υποχρεούται, κατά την κατανομή του φορτίου, να δίνει προτεραιότητα σε διαθέσιμες εγκαταστάσεις παραγωγής, στις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από Α.Π.Ε., ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ τους (συνδεδεμένο σύστημα, ή, δίκτυο και σύστημα, ή, δίκτυο μη διασυνδεδεμένων νησιών) (άρθρο 9 - 10).

Για την τέλεση των έργων σύνδεσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. με το Σύστημα ή το Δίκτυο, πιθανόν να απαιτηθεί τυχόν οφειλόμενο αντάλλαγμα για την παραχώρηση της χρήσης του εδάφους, από το νόμιμο κάτοχο. Αντάλλαγμα δεν αποδίδεται σε περίπτωση κατοχής των εδαφών δικαίου από νομικά πρόσωπα δημοσίου. Ο τύπος και το περιεχόμενο των συμβάσεων σύνδεσης Σταθμών Α.Π.Ε. με το Σύστημα ή το Δίκτυο και κάθε άλλο σχετικό θέμα και αναγκαία λεπτομέρεια, καθορίζεται κατόπιν γνωμοδότησης της Ρ.Α.Ε., (Ξενάκης, 2007).

4.1.4. Σχολιασμός επί της αδειοδοτικής διαδικασίας

Τα γρανάζια των διεργασιών αδειοδότησης ενός αιολικού πάρκου συχνά παρουσιάζουν δυστοκίες και εμπλοκές κωλύοντας, ή, και σε δυσμενέστερο σενάριο αποτρέποντας τις στρατηγικές παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. Είναι χαρακτηριστικό πως σε ορισμένες περιπτώσεις, το χρονικό διάστημα αναμονής για την έκδοση μιας άδειας να είναι τόσο μεγάλο, ώστε η τεχνολογία παραγωγής ενέργειας από μια συγκεκριμένη εναλλακτική μορφή, να εξελίσσεται και οι ήδη προβλεπόμενοι εξοπλισμένοι να καθίστανται πεπαλαιωμένοι (Robert McDonald, 2006).

Συνολικά οι φορείς που γνωμοδοτούν για τη χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου δύναται να ανέλθουν στους 26 (από 41 φορείς) σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Οι πλειάδα των φορέων δημιουργεί αρνητικές εντυπώσεις και καχυποψία για μια ουσιαστικά φιλική προς το περιβάλλον, διαδικασία παραγωγής ενέργειας.

Παραταύτα, το νέο νομοθετικό πλαίσιο συγκεντρώνει και πλεονεκτήματα, τα κυριότερα εκ των οποίων είναι:

- Μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη λήψη αδειών (355 ημέρες).
- Βελτίωση των αυξημένων τιμών που καταβάλλει η Δ.Ε.Η. στους παραγωγούς Α.Π.Ε., για να καλύψουν το κεφαλαιουχικό κόστος (feedintariffs).
- Μη χορήγηση άδειας σε περιοχές εκτός αιολικού χάρτη και χωροταξικού σχεδίου.
- Αποδείξεις παραγωγικότητας και οικονομικής επάρκειας του αδειοδοτηθέντος.

4.1.5. Διαδικασίες πώλησης – τιμολόγησης ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε.

Αφού ολοκληρωθούν οι διαδικασίες αδειοδότησης και κατασκευής του έργου, η Δ.Ε.Η. (διαχειριστής συστήματος, ή, δικτύου και διαχειριστής συστήματος, ή, δικτύου μη διασυνδεδεμένων νήσων) υποχρεούται να συνάψει σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τον κάτοχο της άδειας παραγωγής της. Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας ισχύει για δώδεκα (12) έτη και μπορεί να παρατείνεται για οκτώ (8), επιπλέον, έτη (με έγγραφη δήλωση του παραγωγού).

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ένα αιολικό πάρκο ανέρχεται στα 73 ευρώ ανά MWh για διασυνδεδεμένο σύστημα και στα 84,6 ευρώ ανά MWh για μη διασυνδεδεμένο σύστημα. Για αιολικά πάρκα που χωροθετούνται στη θάλασσα, οι τιμές ανέρχονται στα 90 ευρώ ανά MWh.

Η προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από εγκαταστάσεις σταθμών που λειτουργούν νόμιμα και χρησιμοποιούν Α.Π.Ε, αποδεικνύεται από τους παραγωγούς της αποκλειστικά και μόνο με τις Εγγυήσεις Προέλευσης. Οι φορείς έκδοσης των εγγυήσεων προέλευσης είναι οι διαχειριστές των συστημάτων και των δικτύων, ενώ ο φορέας ελέγχου είναι η Ρ.Α.Ε.(Ξενάκης Θ., 2007).

4.1.6. Διαδικασίες προώθησης επενδύσεων παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α.

Μια σημαντική παράμετρος του νέου νόμου είναι η κρατική προώθηση των επενδυτικών σχεδίων για την κατασκευή σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Με άλλα λόγια, οι αρμόδιοι κυβερνητικοί φορείς καλούνται να υποστηρίξουν και να ενημερώσουν σχετικά με τις υφιστάμενες επενδύσεις σε Α.Π.Ε., αλλά και τα επίπεδα πλήρωσης των στρατηγικών ενεργειακών στόχων.

Για αυτό το σκοπό συγκροτείται μια επιτροπή προώθησης των επενδυτικών κινήσεων στις Α.Π.Ε. Η επιτροπή μεριμνά για την ταχεία υλοποίηση των επενδύσεων, συμβάλλει στην επίλυση των αναφουομένων προβλημάτων, διατυπώνοντας, προς τούτο, τις κατάλληλες προτάσεις, διαμεσολαβεί για την άρση κάθε αμφισβήτησης ή διαφοράς που ανακύπτει κατά τη διαδικασία αδειοδότησης των έργων Α.Π.Ε και εισηγείται με προτάσεις για την προώθηση των επενδύσεων στους τομείς Α.Π.Ε. (άρθρο 19).

Ο Υπουργός Ανάπτυξης μεριμνά για την δημοσίευση, με κάθε πρόσφορο τρόπο, Εθνικής Έκθεσης για την προώθηση των Α.Π.Ε. Η έκθεση αυτή συντάσσεται από το Κ.Α.Π.Ε. και περιλαμβάνει αναλυτική επισκόπηση της εξέλιξης της διείσδυσης των Α.Π.Ε και Σ.Η.Θ.Υ.Α στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και γενικά αναφορά σχετικά με επίτευξη των εθνικών ενδεικτικών στόχων(Ξενάκης Θ., 2007).

4.1.7. Αναφορά στη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων

Προϋπόθεση του νέου νόμου για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και κατά συνέπεια και για την αιολική είναι η περιβαλλοντική έγκριση του έργου, ή, της δραστηριότητας που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ένα αιολικό πάρκο. Η περιβαλλοντική έγκριση συνάδει με τις αρχές του βασικού άρθρου του Συντάγματος περί προστασίας του περιβάλλοντος (άρθρο 24). Επομένως το κράτος υποχρεούται να διαφυλάττει το φυσικό και πολιτιστικό περιβάλλον και να λαμβάνει προληπτικά και κατασταλτικά μέτρα για την

προστασία του. Επιπρόσθετα καλείται να ορίσει και να συντάξει δασολόγιο και κτηματολόγιο, καθώς και να πράττει μελέτες χωροταξικού και πολεοδομικού σχεδιασμού.

Αντίθετα με τις αρχές του Συντάγματος, επικράτησε σχεδιαστική και πολεοδομική αναρχία. Επενδυτές, εκμεταλλεόμενοι την έλλειψη πολεοδομικού και χωροταξικού σχεδιασμού, καθώς και κτηματολογίου, προβαίνουν στην κατασκευή έργων, ή, δραστηριοτήτων, οι οποίες υπερβαίνουν τα όρια ανοχής του περιβάλλοντος. Η οικονομική προοπτική σκιάζει την περιβαλλοντική διάσταση, με αποτέλεσμα να πλήττονται αρκετές ουσιώδεις για μια αειφορική ανάπτυξη, περιβαλλοντικές μεταβλητές. Ηττημένος από όλο αυτό το συρφετό των διαδικασιών είναι το ίδιο το περιβάλλον και κατ'ακολουθία η ποιότητα διαβίωσης μας.

Η έγκριση περιβαλλοντικών όρων (Ε.Π.Ο.) στοχεύει στο να προβλέψει, να εντοπίσει και να προσδιορίσει τις επιπτώσεις που θα προκληθούν από μια δραστηριότητα, ή, έργο του ανθρώπου. Με άλλα λόγια, ελέγχονται οι αντιδράσεις σε κάθε περιβαλλοντική μεταβλητή μιας δράσης του ανθρώπου. Η Ε.Π.Ο. αποτελείται από δύο θεμελιώδη τμήματα (Άρθρο 2, παρ.1 νόμος 3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/86 με τις Οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ):

1. Η διενέργεια μια Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.).
2. Η υποβολή και η αξιολόγηση μιας Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), ή, Περιβαλλοντικής έκθεσης κατά περίπτωση(Μανούρης 2006).

Η κατηγορία του έργου οριοθετεί και τους αρμόδιους για την αξιολόγηση και την έγκριση μιας Ε.Π.Ο.. Οι κατηγορίες των έργων καθορίζονται σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. Η.Π. 15393/2332 Φ.Ε.Κ. 1022/5/8/02. Η ηλεκτροπαραγωγή από αιολικά πάρκα εντάσσεται σε:

- Κατηγορία Α 1 για ηλεκτροπαραγωγή > 40 MW

- Κατηγορία A 2 για ηλεκτροπαραγωγή από 5 – 40 MW
- Κατηγορία B 3 για ηλεκτροπαραγωγή < 5 MW

Οι προκαταρκτικές περιβαλλοντικές αξιολογήσεις – εκτιμήσεις αποτελούσαν τις παλαιά ονομαζόμενες προεγκρίσεις χωροθέτησης. Η χρησιμότητα τους έγκειται στη μελέτη της αναγκαιότητας σύνταξης μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Συγκεκριμένα το στάδιο αυτό ονομάζεται διερεύνηση (screening). Μια Π.Π.Ε.Α. περιλαμβάνει (Μανούρης 2006):

- Τη θέση και το μέγεθος του προτεινόμενου αιολικού πάρκου
- Την εφαρμοζόμενη τεχνολογία
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου
- Τις συνθήκες της περιοχής χωροθέτησης
- Την τυχόν χρήση φυσικών πόρων
- Τη συσσωρευτική δράση με άλλα έργα, ή, δραστηριότητες
- Την παραγωγή αποβλήτων
- Την προκαλούμενη ρύπανση
- Τις πιθανές οχλήσεις
- Την πρόληψη των ατυχημάτων
- Τη συνοπτική περιγραφή των επιτρεπόμενων μέτρων
- Τη συνοπτική περιγραφή των εναλλακτικών λύσεων

Οι γνωμοδοτήσεις επί της Π.Π.Ε.Α. δίνονται από:

- Το Γενικό Διευθυντή Περιβάλλοντος Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. / Κατηγορία A 1
- Το Γενικό Διευθυντή Περιφέρειας / Κατηγορία A 2
- Το Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας / Κατηγορία B 3

Όσο μικρότερη είναι η κατηγορία στην οποία υπάγεται το έργο, τόσο μειώνονται οι απαιτήσεις των εκθέσεων των Π.Π.Ε.Α.. Για παράδειγμα στα έργα και τις δραστηριότητες κατηγορίας B 3 απαιτείται μόνο μια έκθεση σχετικά με τα

χαρακτηριστικά του έργου και τις ενδεχόμενες επιπτώσεις. Κοινό στοιχείο σε όλες τις Π.Π.Ε.Α. είναι η απαίτηση μιας θετικής γνωμοδοτήσεως από ένα συγκεκριμένο διοικητικό όργανο.

Το επόμενο στάδιο είναι η σύνταξη μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μια πλήρης Μ.Π.Ε. (τύπου Ι) περιλαμβάνει:

- Την περιγραφή του έργου / δραστηριότητας
- Την περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης του χώρου εγκατάστασης της δραστηριότητας
- Εκτίμηση των άμεσων και έμμεσων περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη δραστηριότητα στην πανίδα, στη χλωρίδα, στο κλίμα, στο τοπίο, στο έδαφος, στα νερά, στα υλικά αγαθά, στην πολιτιστική κληρονομιά και στην αλληλεπίδραση των παραπάνω περιβαλλοντικών μεταβλητών
- Συνοπτική περιγραφή των κύριων εναλλακτικών λύσεων (με συνυπολογισμό και της μηδενικής, δηλαδή της μη χωροθέτησης του έργου)
- Μια μη τεχνική περίληψη

Οι γνωμοδοτήσεις επί των Μ.Π.Ε. δίνονται από:

- Τον Υπουργό ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. / Κατηγορία Α 1
- Το Γενικό Γραμματέα Περιφέρειας / Κατηγορία Α 2
- Το Νομάρχη / Κατηγορία Β 3(Ξενάκης Θ., 2007)

5. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΕ



Σχήμα 5.1. Μοντελοποίηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

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

Η πρόβλεψη της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής παραγωγής από μία εγκατεστημένη συστοιχία ουσιαστικά αποτελεί ένα ιδιαίτερα δύσκολο εγχείρημα, καθώς πλήθος παραμέτρων καθορίζουν την τελική συμπεριφορά. Η πορεία που ακολουθείται ουσιαστικά αποτελείται από τα διαδοχικά βήματα:

- Πρόβλεψη της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο
- Υπολογισμός των συνιστωσών της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο
- Εκτίμηση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο
- Πρόβλεψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία

5.1. Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται μία μεθοδολογία πρόβλεψης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο, η οποία βασίζεται σε τεχνικές τεχνητών νευρωνικών δικτύων (Artificial Neural Networks, ANN) και, συγκεκριμένα, νευρωνικών δικτύων ακτινικής συνάρτησης βάσης (Radial Basis Function, RBF). Επειδή τα ANN ακτινικής συνάρτησης βάσης χρησιμοποιούνται και σε άλλα κεφάλαια της παρούσας διατριβής, κρίνεται σκόπιμο, πριν την ανάπτυξη του μοντέλου για την πρόβλεψη της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο, να γίνει πρώτα μία παρουσίαση αυτών.

Τα ANN αποτελούν μια σχετικά νέα επιστημονική περιοχή που έχει τύχει όμως μεγάλης ανάπτυξης και προσοχής από την επιστημονική κοινότητα. Σε αυτό συνετέλεσαν τα εντυπωσιακά αποτελέσματα που έχουν επιτευχθεί σε πλήθος προβλημάτων, αλλά και η ραγδαία εξέλιξη των τελευταίων χρόνων τόσο σε υπολογιστική ισχύ όσο και στην ανάπτυξη αλγόριθμων εκπαίδευσης μοντέλων νευρωνικών δικτύων. Η τεχνική των νευρωνικών δικτύων έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών διαφορετικών επιστημονικών πεδίων, όπως η μηχανική, η φυσική, η νευρολογία, η ψυχολογία, η ιατρική, τα μαθηματικά, η πληροφορική, η χημεία και τα οικονομικά. Μερικές από τις σημαντικές εφαρμογές των νευρωνικών δικτύων είναι η πρόβλεψη χρονοσειρών, η προσέγγιση συναρτήσεων, η συμπίεση δεδομένων, η αναγνώριση και η σύνθεση ομιλίας, η συνδυαστική βελτιστοποίηση, ο εντοπισμός δυσλειτουργιών διεργασίας και η επίλυση διαφορικών εξισώσεων.

Το κύριο χαρακτηριστικό των τεχνητών νευρωνικών δικτύων είναι ότι οι βασικές αρχές και λειτουργίες τους βασίζονται στο νευρολογικό σύστημα των ζώντων οργανισμών (και φυσικά του ανθρώπου). Έτσι, στα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούμε έννοιες όπως, π.χ. ένα δίκτυο μαθαίνει και εκπαιδεύεται, θυμάται ή ξεχνά μια αριθμητική τιμή, κλπ., που αποδίδουμε επίσης στη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Τα πλεονεκτήματα των νευρωνικών δικτύων συνοψίζονται ως εξής:

- Προσέγγιση μη-γραμμικών συναρτήσεων: Ένα νευρωνικό δίκτυο μπορεί να προσεγγίσει συναρτήσεις (τόσο στατικές όσο και δυναμικές) σε οποιοδήποτε βαθμό ακρίβειας, με τη χρησιμοποίηση επαρκούς μεγέθους δικτύου. Αυτή η ικανότητα των νευρωνικών δικτύων λέγεται «ιδιότητα της βέλτιστης προσέγγισης» και έχει αποδειχτεί από τους Girosi&Poggio, 1989, τόσο για τα νευρωνικά δίκτυα τύπου feedforward όσο και για τα νευρωνικά δίκτυα RBF.
- Προσαρμοστικότητα: Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται στο περιβάλλον λειτουργίας τροποποιώντας κατάλληλα τα συναπτικά τους βάρη.
- Ευρωστία: Τα νευρωνικά δίκτυα επιδεικνύουν πολύ καλή συμπεριφορά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει θόρυβος στα δεδομένα

5.2 Νευρωνικά δίκτυα ακτινικής συνάρτησης βάσης

Τα νευρωνικά δίκτυα ακτινικής συνάρτησης βάσης (radialbasisfunctionneuralnetworks ή RBF NN) αποτελούν μία συγκεκριμένη αρχιτεκτονική που ανήκει στα δίκτυα πρόσθιας τροφοδότησης και παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα έναντι των άλλων νευρωνικών δικτύων.

Το δίκτυο αποτελείται από τρεις στοιβάδες: τη στοιβάδα εισόδου, μία κρυφή στοιβάδα και μία στοιβάδα εξόδου. Η στοιβάδα εισόδου διανέμει τα δεδομένα εισόδου στους νευρώνες της κρυφής στοιβάδας ως έχουν, δηλαδή χωρίς αυτά να πολλαπλασιάζονται με κάποια συναπτικά βάρη. Σημειώνεται ότι το δίκτυο RBF είναι πλήρως συνδεδεμένο. Σε κάθε νευρώνα της κρυφής στοιβάδας αντιστοιχεί ένα κέντρο διάστασης ίσης με τον αριθμό μεταβλητών εισόδου, ενώ μια ακτινική συνάρτηση χρησιμοποιείται για το μη-γραμμικό μετασχηματισμό των δεδομένων εισόδου.

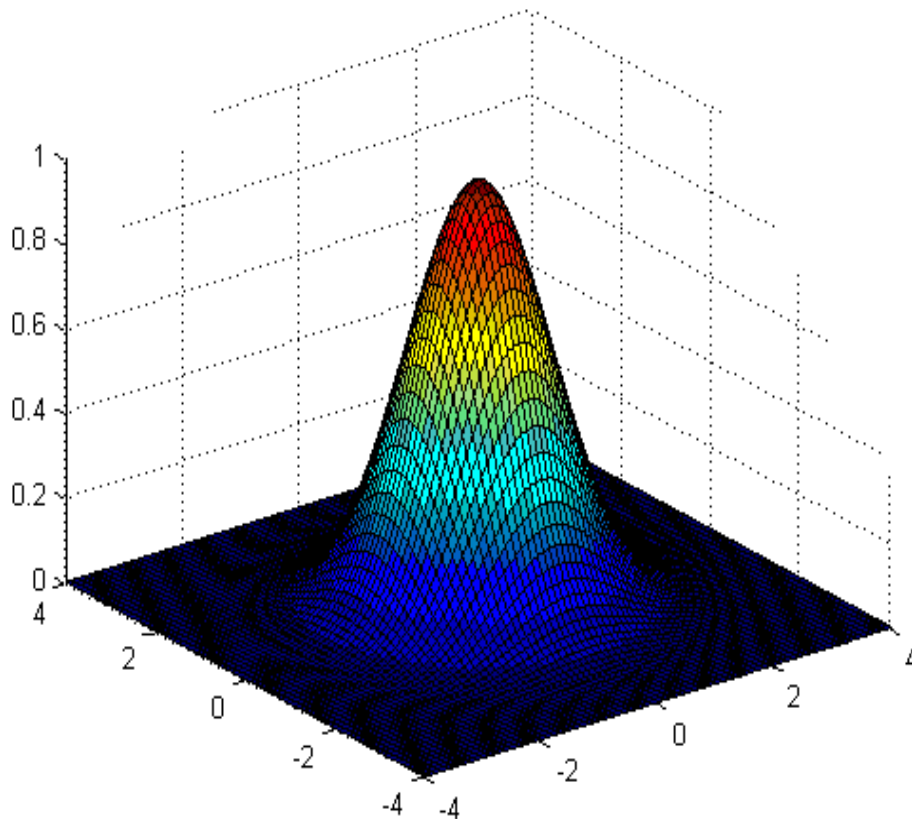
Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες συναρτήσεις στα νευρωνικά δίκτυα ακτινικής συνάρτησης βάσης είναι οι παρακάτω δυο συναρτήσεις:

$$f(r) = e^{-\frac{r^2}{s^2}} \quad (5.1)$$

$$f(r) = r^2 \ln(r) \quad (5.2)$$

Για την εξίσωση 5.1 ισχύει: $\lim f(r) = 0$, όταν το r τείνει στο ∞

Για την εξίσωση 5.2 ισχύει: $\lim f(r) = \infty$, όταν r τείνει στο ∞ ,



Σχήμα 5.1. Γραφική παράσταση της καμπύλης Gauss για συνάρτηση δύο μεταβλητών

Πηγή: <http://estatistics.eu>

5.3 Μοντέλο πρόβλεψης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο

Για την εκτίμηση της ημερήσιας κατανομής, GSI, προτείνεται μία συνάρτηση τύπου Gauss η οποία είναι της ακόλουθης μορφής:

$$j(x) = Me^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (5.3)$$

Στην παραπάνω συνάρτηση εμπεριέχονται δύο παράμετροι, η μέγιστη τιμή M , και το πλάτος σ . Το κέντρο του πεδίου ορισμού όπου η συνάρτηση λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της M , τίθεται ίσο με μηδέν. Σε κλίμακα χρόνου, το κέντρο αντιπροσωπεύει το ηλιακό μεσημέρι. Η μεταβλητή x αποτελεί τη διαφορά χρόνου (σε περιόδους των 10 λεπτών) μεταξύ της χρονικής στιγμής όπου καταγράφεται η GSI ($J(x)$) και του ηλιακού μεσημεριού. Είναι εμφανές ότι η Εξ.5.3 εφαρμόζεται μόνο για χρονικές στιγμές που αφορούν σε ώρες ημέρας.

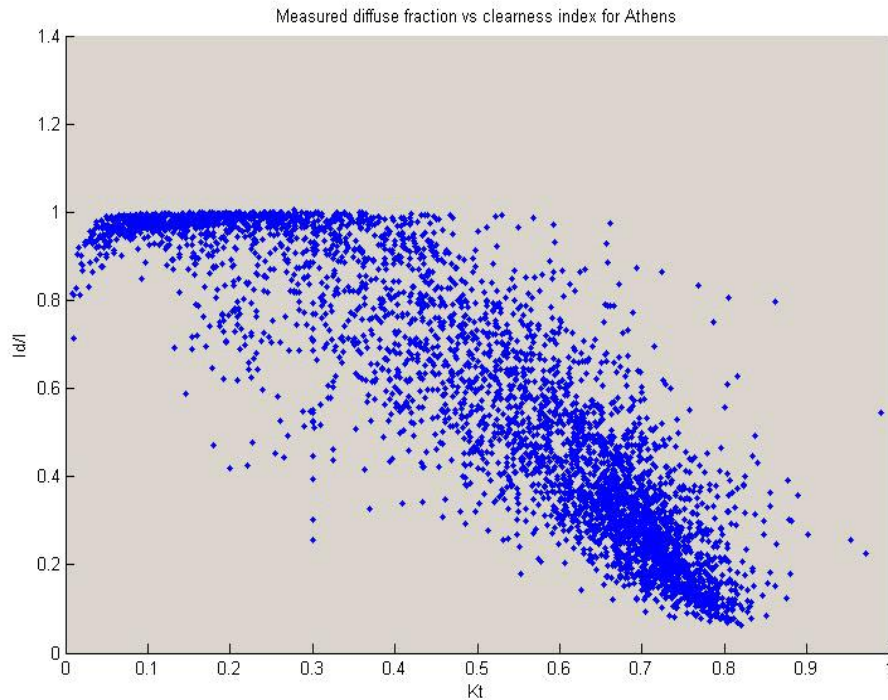
Μέγιστη τιμή της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας (M -value)

Ο υπολογισμός της τιμής M , η οποία αντιπροσωπεύει της μέγιστη ένταση της ακτινοβολίας για μία συγκεκριμένη ημέρα, γίνεται μέσω του μέσου όρου των 6 δεκαλέπτων ημέρας της 13ης ώρας (truesolartime) κάθε ημέρας (12:10, 12:20, 12:30, 12:40, 12:50, 13:00), καθώς η μέγιστη ένταση λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια εκείνης της ώρας (~12:25, στον υπολογισμό υπεισέρχεται το γεωγραφικό πλάτος και η εξίσωση χρόνου). Κατά αυτό τον τρόπο πιθανά λάθη που οφείλονται στη διακύμανση της GSI αποφεύγονται και η εκτίμηση της μέγιστης τιμής της συνάρτησης Gauss είναι πιο αντιπροσωπευτική.

5.4 Παράμετροι μοντέλου αποσύνθεσης της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο

Μία από τις πρώτες εργασίες που έδειξαν ότι μεταξύ του λόγου της διάχυτης ακτινοβολίας και του δείκτη αιθριότητας υπάρχει σχέση, είναι αυτή των Liu&Jordan, 1960. Έκτοτε, πλήθος συσχετίσεων (μοντέλα αποσύνθεσης) -τα οποία εκφράζονται με γραμμικές ή πολυωνυμικές σχέσεις- έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Για την περιοχή της Αθήνας και συγκεκριμένα για την Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, αναπτύχθηκε αντίστοιχο μοντέλο(Μέγλερη, 2007).

Παρότι αυτού του είδους οι συσχετίσεις χρησιμοποιούνται ευρέως στην εκτίμηση των συνιστωσών της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, παρατηρώντας το διάγραμμα διασποράς (Σχήμα 5.2) είναι βέβαιο ότι υπάρχουν επιπλέον παράμετροι οι οποίες συνεισφέρουν στον τελικό υπολογισμό του κλάσματος.



Σχήμα 5.2. Διασπορά του κλάσματος της διάχυτης ακτινοβολίας ως προς το δείκτη αιθριότητας για την περιοχή της Αθήνας.

Παρακάτω παρατίθεται ο Πίνακας 5.1 όπου παρουσιάζονται οι στατιστικοί δείκτες για το γραμμικό και μη-γραμμικό μοντέλο αντίστοιχα (πραγματοποιήθηκαν όλοι οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι που έγιναν και στην περίπτωση πρόβλεψης της GSI), (Ζέρβας Π., 2009).

Πίνακας 5.1. Στατιστικοί δείκτες για τα προτεινόμενα μοντέλα αποσύνθεσης

RBF μοντέλο νευρωνικών δικτύων	Γραμμικό μοντέλο
$R^2=0.8900$	$R^2=0.8415$
Μέσο σφάλμα=8.4157	Μέσο σφάλμα =23.614
Μέσο RMSE=18.114	Μέσο RMSE=21.766
RMSE=0.099263	RMSE=0.11804

6. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

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 (Ροδίτη Μ., 2012).

6.1. 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.

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 (Ροδίτη Μ., 2012).

6.2 Το Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

6.2.1 Δομή φωτοβολταϊκού στοιχείου

Κατασκευαστικά για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμά τους μεταλλικά ελάσματα αναδυσμένου αλουμινίου.

Επίσης, για λόγους προστασίας είναι αεροστεγώς και υδατοστεγές κλεισμένα μέσα σε ειδικό γυαλί και ειδικό μονωτικό πλαστικό (AntonioLuque κ.α., 2002.) Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από:

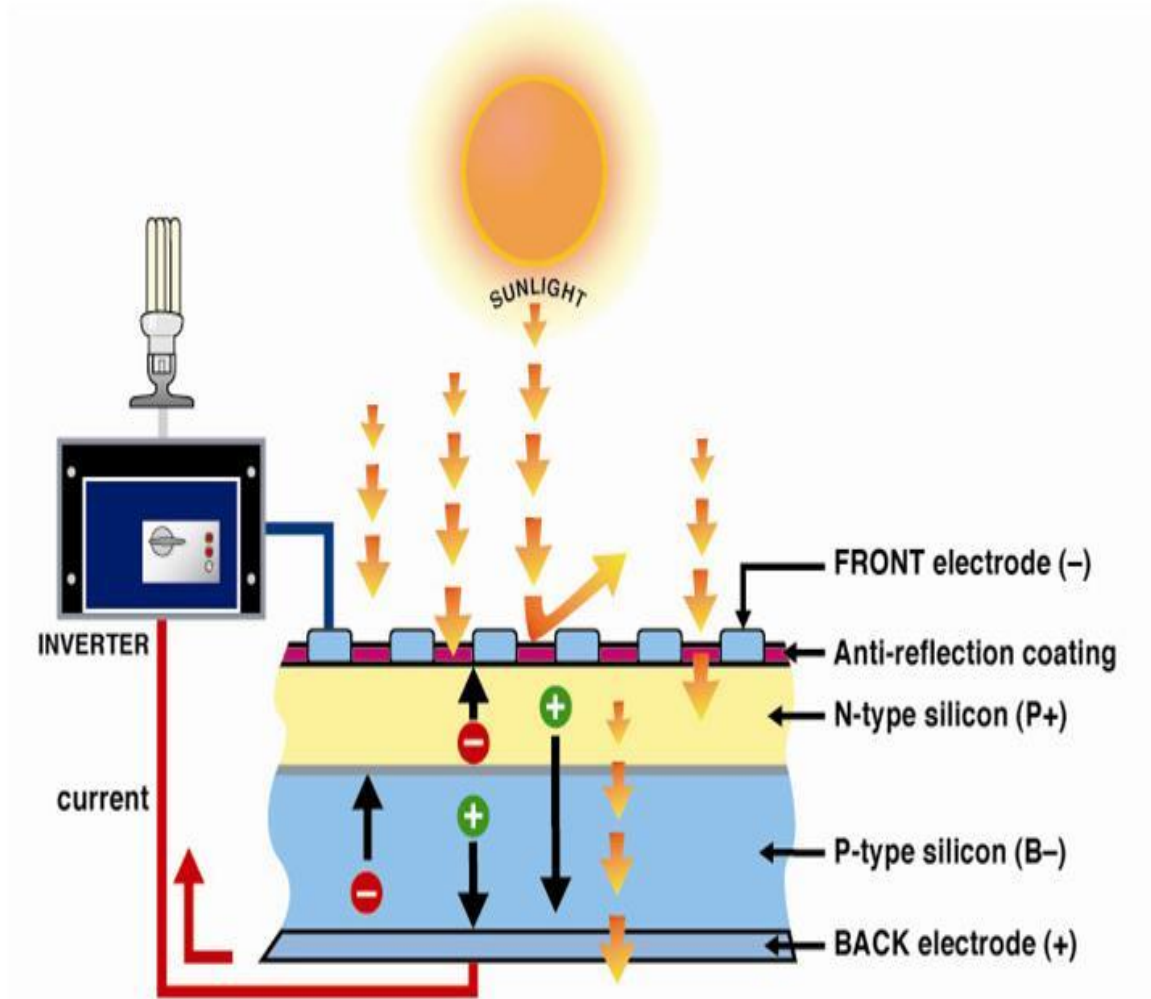
- Μεταλλική βάση
- Πυρίτιο τύπου P
- Πυρίτιο τύπου N
- Μη ανακλαστικό στρώμα επικάλυψης
- Μεταλλικά αγωγήματα ελάσματα

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 (Ροδίτη Μ., 2012).

6.2.2 Συνδέσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με πέντε διαφορετικούς τρόπους:

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), 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).



Σχήμα 6.1 Η δομή και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού στοιχείου

Πηγή: <http://eco2solar.co.uk/solar-electricity/how-does-solar-pv-work/>

6.2.3. 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 (waferpanels)
Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κατά βάση κρυσταλλικά υλικά, τα οποία να διακρίνονται σε πολυκρυσταλλικά και μονοκρυσταλλικά.
- Πλαίσια λεπτής επίστρωσης (thin-filmpanels)
Στην κατηγορία αυτή κατασκευάζονται πλαίσια thin-film τόσο με κρυσταλλική δομή όσο και πλαίσια από άμορφο πυρίτιο(a-Si).

Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (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 (floatzone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, έχει απόδοση πλαισίου 18,5%.

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

Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (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 (directionalsolidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC (Ζερβός Αρθούρος, 2006).

Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (RibbonSilicon)

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την EvergreenSolar. 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%.

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:

- Άμορφο πυρίτιο (a-Si).
- CopperIndiumDiselenide (CIS).
- Καδμίο Τελλούριο (CdTe).
- GalliumArsenide (GaAs)

	Μονοκρυσταλλικά	Πολυκρυσταλλικά	CIGS
Απόδοση	14 - 20 %	12 - 16 %	13 - 15 %
Με χαμηλή ακτινοβολία	Σημαντική μείωση της απόδοσης	Σημαντική μείωση της απόδοσης	Πολύ μικρή μείωση της απόδοσης
Με υψηλή Θερμοκρασία	Μείωση της απόδοσης	Μείωση της απόδοσης	Πολύ μικρή μείωση της απόδοσης
Κόστος	Ακριβότερα από πολυκρυσταλλικά	Φτηνότερα από μονοκρυσταλλικά και CIGS	Ακριβά
Διάρκεια ζωής	Μικρές απώλειες της απόδοσης με την πάροδο του χρόνου, υψηλή διάρκεια ζωής	Απώλειες της απόδοσης με την πάροδο του χρόνου, υψηλή διάρκεια ζωής	Νέα τεχνολογία, χωρίς πληροφορίες για διάρκεια ζωής
Βάρος	Υψηλό	Υψηλό	Χαμηλό

Πίνακας 6.1. Σύγκριση διαφορετικών τεχνολογιών κατασκευής πάνελ
Πηγή: <http://www.sunblog.org/πανελλ>

6.3. 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 6.1).



Σχήμα 6.2 Φωτοβολταϊκό κελί - φωτοβολταϊκό πλαίσιο - φωτοβολταϊκή συστοιχία
Πηγή: <http://www.4green.gr>

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, 1994).

6.4. 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:

- Συμπυκνωμένο υλικό (EthyleneVinylAcetate (EVA) Sheet) για την ενθυλάκωση των κυψελών
- Ηλιακές κυψέλες
- Συμπυκνωμένο υλικό (EVA)
- Ειδικό γυαλί
- Κενό αέρος
- Ειδικό γυαλί

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 συντήρηση. 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 (Ροδίτη, 2012).

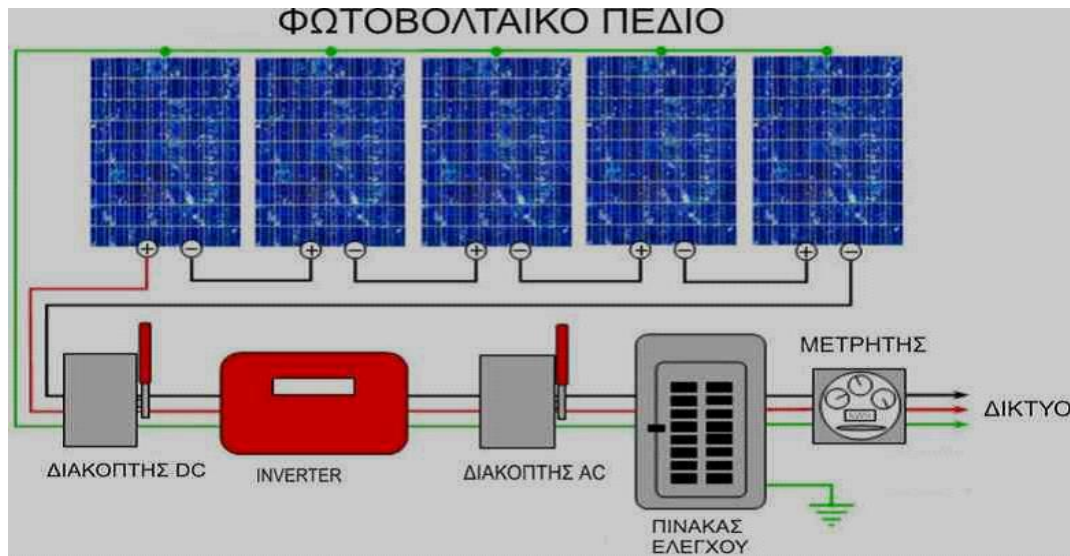
6.5. Δομή Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

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 6.2):

- Τηφ/βγεννήτρια (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 powerconditioning.



Σχήμα 6.2. Μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Πηγή: <http://www.faethonsolar.com/GR-faq.html>

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

- αυτόνομα (offgridsystems)
- διασυνδεδεμένα (ongridsystems)
- υβριδικά (στην περίπτωση που υπάρχει ανεμογεννήτρια)

6.5.1 Αυτόνομα συστήματα (offgrid)

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

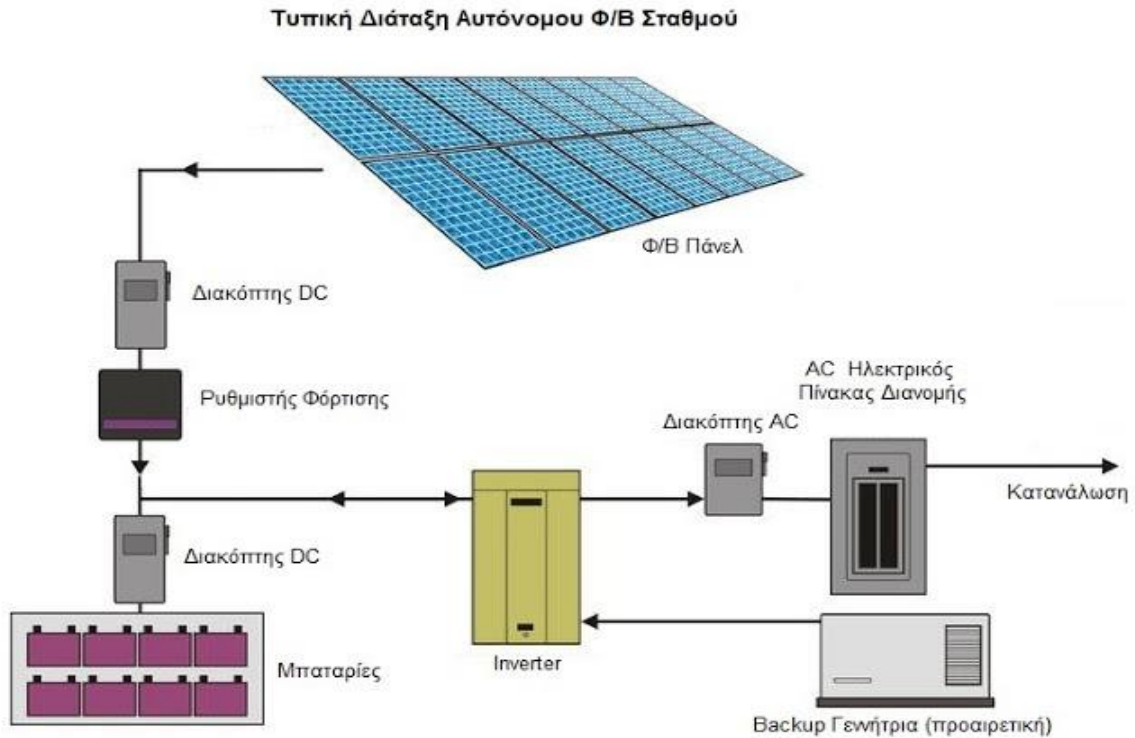
μη εφικτής σύνδεσης λόγω μεγάλης απόστασης από τις μονάδες παραγωγής. Η ισχύς που αποδίδουν είναι αρκετά μικρή και δεν ξεπερνά τα 10 kWp.

Αυτές οι εγκαταστάσεις λειτουργούν αυτοδύναμα και τροφοδοτούν καθορισμένες καταναλώσεις χωρίς να συνδέονται με μεγάλα κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής. Έτσι, τα συστήματα αυτά, δεν συνδέονται στο δίκτυο της ΔΕΗ και δεν επιβαρύνουν τον ιδιοκτήτη με πάγια κόστη ή πτώσεις τάσεων του παροχέα (blackout). Κατά αυτήν την έννοια δεν επιδοτούνται και δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως επαγγελματικά ή επενδυτικά συστήματα.

Οι πιο συνήθεις περιπτώσεις κατά τις οποίες η τεχνολογία αυτή είναι άμεσα εφαρμόσιμη και προσφέρει φθηνές και οικολογικές λύσεις είναι οι εξής:

1. Εγκαταστάσεις με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις και οικολογική συνείδηση.
2. Εξοχικές κατοικίες.
3. Απομακρυσμένες κατοικίες.
4. Χώροι κτηνοτροφικών εφαρμογών.

Η γενική αρχή λειτουργίας των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων εικονίζεται παρακάτω. Μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε συγκεκριμένο αριθμό πάνελ έχουμε μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Μέσω του ρυθμιστή φόρτισης έχουμε αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε κατάλληλα επιλεγμένες συστοιχίες μπαταριών με συγκεκριμένους κύκλους φόρτισης και εν συνεχεία, μέσω κατάλληλου αντιστροφέα έχουμε μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο και εξυπηρέτηση των AC καταναλώσεων ή διανομή στο δίκτυο. Στην δεύτερη περίπτωση και εφόσον υπάρχει αυτή η δυνατότητα, το αυτόνομο σύστημα θα μπορούσε να λειτουργήσει ως backup εγκατάσταση και την πλεονάζουσα ενέργεια να την προωθούσαμε στο δημόσιο δίκτυο.



Σχήμα 6.3. Αυτόνομα Συστήματα

Πηγή: http://solartechnics.blogspot.gr/p/blog-page_1.html

6.5.2 Διασυνδεδεμένα συστήματα (ongrid)

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 κατανεμημένα 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.

- 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. 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:

- Φωτοβολταϊκό πλαίσιο
- Μετατροπέας (inverter)
- Δίκτυο ΔΕΗ
- Οικιακές ηλεκτρικές συσκευές

6.5.3 Υβριδικά συστήματα

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.

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.

6.7. Βασικά μέρη ενός τυπικού Φ/Β συστήματος

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.

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.

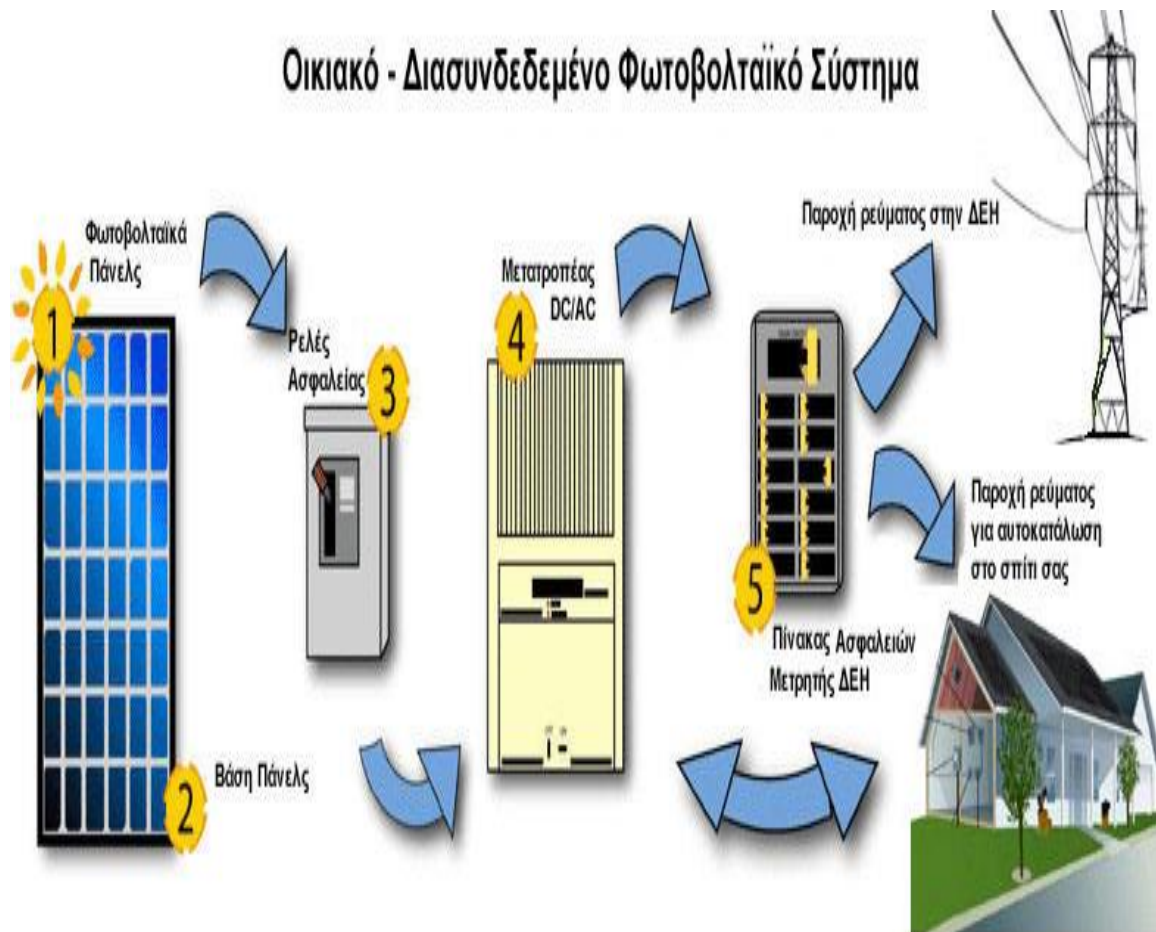
Επιπλέον, για τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα απαιτούνται:

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.

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 (Ροδίτη Μ., 2008).



Σχήμα 6.4. Οικιακό διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα

Πηγή: http://www.1-solar.gr/product_5/index.htm

7. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

7.1 Γενικά

Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών διαπιστώθηκε ευρέως ότι η ανάγκη για αξιόπιστες κι ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με τη γη, την κοινωνία και το περιβάλλον δεν μπορούσαν να ικανοποιηθούν με τους παραδοσιακούς τρόπους συλλογής, καταγραφής, ενημέρωσης και επεξεργασίας πληροφοριών. Έτσι, κυρίως από τα τέλη της δεκαετίας του '70 και τις αρχές του '80, γνώρισαν εξαιρετικά μεγάλη ανάπτυξη τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.), γνωστά ευρέως και ως Geographic Information Systems (G.I.S.).

Οι σημαντικότεροι λόγοι που την τελευταία τριακονταετία η τεχνολογία των Γ.Σ.Π. γνώρισε ταχεία και ευρεία ανάπτυξη ήταν:

- η μεγάλη ανάπτυξη της πληροφορικής και το διαρκώς μειούμενο κόστος των αντίστοιχων μηχανημάτων και προγραμμάτων
- η βελτίωση των μαθηματικών μεθόδων ανάλυσης, ερμηνείας και πρόβλεψης των συνθηκών του γήινου περιβάλλοντος
- η διαρκώς αυξανόμενη ανησυχία για την περιβαλλοντική υποβάθμιση τόσο σε τοπικό, όσο και σε εθνικό και υπερεθνικό επίπεδο, και
- η αδυναμία επεξεργασίας με παραδοσιακούς τρόπους της πληθώρας στοιχείων και σύνθετων επεξεργασιών που απαιτούνται για τη μελέτη των φυσικών, κοινωνικών και οικονομικών μεγεθών των σύγχρονων πολύπλοκων προβλημάτων ανάπτυξης (Μανιάτης, 1996).

Τέλος, τα ΓΣΠ μπορούν να συμβάλλουν ως ολοκληρωμένα εργαλεία χωρικής ανάλυσης και σχεδιασμού σε μια πληθώρα επιστημονικών πεδίων όπως:

- Περιφερειακός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός (Χωρική ανάλυση ανισοτήτων, διαχείριση ολοκληρωμένων αναπτυξιακών προγραμμάτων κ.α.)

- Αστικός Προγραμματισμός – Σχεδιασμός (χωρική ανάλυση αστικών περιοχών, δήμων, γειτονιών, κ.α.)
- Συγκοινωνίες – Μεταφορές (διαχείριση συστημάτων μεταφορών οδικών, ακτοπλοϊκών κ.α.)
- Τεχνική υποδομή (διαχείριση δικτύων ύδρευσης – αποχέτευσης, ενέργειας κ.α.)
- Περιβάλλον (διαχείριση οικοσυστημάτων, πολιτικές προστασίας και πρόληψης, κ.α.)
- Φορολογία (φορολογία ακίνητης περιουσίας κ.α.)
- Εκπαίδευση και Υγεία-Πρόνοια (πολιτική διαχείρισης παροχών εκπαίδευσης, υγείας-πρόνοιας, κ.α.)
- Αγορά Εργασίας

7.2 Ορισμοί και Βασικές Αρχές

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν σαν κυρίαρχο στόχο τον χωρικό σχεδιασμό. Ουσιαστικά χρησιμοποιούνται στην διατύπωση και αξιολόγηση πολιτικών και προγραμμάτων που αναφέρονται στο φυσικό ή περιβαλλοντικό σχεδιασμό, από τοπικό έως εθνικό επίπεδο.

Σύμφωνα με τους, Burrough και McDonnell, «τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για την συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου».

Ένα ΓΣΠ έχει τη δυνατότητα να φέρει εις πέρας τις πιο κάτω δραστηριότητες:

- Να μπορεί να αποθηκεύει, να διαχειρίζεται και να ενσωματώνει ένα μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων
- Να αποτελεί το πιο κατάλληλο εργαλείο χωρικής ανάλυσης εστιαζόμενο ειδικά στην χωρική διάσταση των στοιχείων

- Να αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για την επίλυση χωρικών προβλημάτων μέσα από την οργάνωση, διαχείριση και μετασχηματισμό μεγάλου όγκου στοιχείων με τέτοιο τρόπο που η πληροφορία να είναι προσιτή σε όλους τους χρήστες.

Οι βασικές αρχές πάνω στις οποίες πρέπει να στηρίζεται ένα ΓΣΠ αναλύονται πιο κάτω:

- Το σύστημα που θα αναπτυχθεί πρέπει να είναι χρήσιμο στους πολιτικούς υπεύθυνους που παίρνουν τις αποφάσεις, δηλαδή στους χρήστες.
- Οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν για την συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των στοιχείων, πρέπει να είναι προσαρμοσμένες στην τεχνογνωσία και γενικότερα στην υποδομή που υπάρχει.
- Το επίπεδο απόδοσης του συστήματος και κατ' επέκταση οι δυνατότητες του Η/Υ να είναι σύμφωνα με τις ανάγκες και κυρίως τις οικονομικές δυνατότητες και την τεχνογνωσία.

7.3. Τα Μέρη ενός ΓΣΠ

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούνται από τρία βασικά συστατικά τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ισορροπία και αλληλεξάρτηση. Πρόκειται για τα μηχανήματα (hardware), τους αλγόριθμους (software) και τα διαθέσιμα (resources). Τα μηχανήματα και οι αλγόριθμοι έχουν ένα καθορισμένο κύκλο ζωής, επηρεάζονται στενά από τις τεχνολογικές εξελίξεις και αντικαθίστανται συχνά από νεότερα και πιο σύγχρονα προϊόντα (Κουτσόπουλος, 2005β).

Τα βασικά μηχανικά μέρη ενός ΓΣΠ είναι τρία: η κεντρική μονάδα (CPU), τα περιφερειακά και το τερματικό (V.D.U.). Κύρια χαρακτηριστικά της κεντρικής μονάδας είναι το λειτουργικό σύστημα, η μνήμη και η ταχύτητα. Τα περιφερειακά διαφοροποιούνται σε περιφερειακά εισόδου, που επιτρέπουν την είσοδο των στοιχείων, σε περιφερειακά εξόδου που συμμετέχουν στην παρουσίαση των στοιχείων και σε περιφερειακά διαχείρισης που βοηθούν στην αποθήκευση και διαχείριση των στοιχείων.

Τέλος το τερματικό αποτελεί το μέσο με το οποίο ο χρήστης ελέγχει τον υπολογιστή και τα περιφερειακά.

Για την εξασφάλιση βέβαια των παραπάνω, σημαντικό ρόλο παίζουν οι άνθρωποι, τα στοιχεία και η οργανωτική υποδομή που αποτελούν, αλλά και τα διαθέσιμα.

7.4. 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.

- 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), όπου έγινε η πρώτη προσπάθεια διάθεσης γεωχωρικών δεδομένων Δημόσιας Αρχής.

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

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, (Ροδίτη Μ., 2008).

7.5. 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 ή 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.

7.6 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 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 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 MapsMediaKit, που ενημερώνονται κάθε χρόνο και έχουν προ-διαμορφωθεί ώστε να δουλεύουν συγκεκριμένα με το λογισμικό της ESRI.

8. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

8.1 Στατιστικά στοιχεία φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ηπειρωτική Ελλάδα.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, κάνοντας χρήση των δεδομένων που μας παρέχει ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. γίνεται προσπάθεια παρουσίας 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 Αγρινίου και Αιτωλοακαρνανίας και τα Επτάνησα, (Ροδίτη Μ., 2008).

8.1.1. Φωτοβολταϊκά συστήματα επί εδάφους συνδεδεμένα στο Δίκτυο Χαμηλής Τάσης.

Αφορά 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. 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). 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.

Παρακάτω παρατίθενται διαγράμματα και πίνακες σχετικά με την αριθμό των ενεργών φωτοβολταϊκών σταθμών ΧΤ, του πλήθους και της συνολικής ισχύος, στην Ελλάδα συνολικά αλλά και κατά περιοχή, αρχικά έως τις 19-8-2012. Μετέπειτα παρατίθενται αντίστοιχα στοιχεία που προκύπτουν έως τον Ιανουάριο και τον Μάρτιο του 2013.

Πίνακας 8.1. Πλήθος και ισχύς ενεργών Φ/Β Σταθμών ανά περιφέρεια έως 01-01-2014

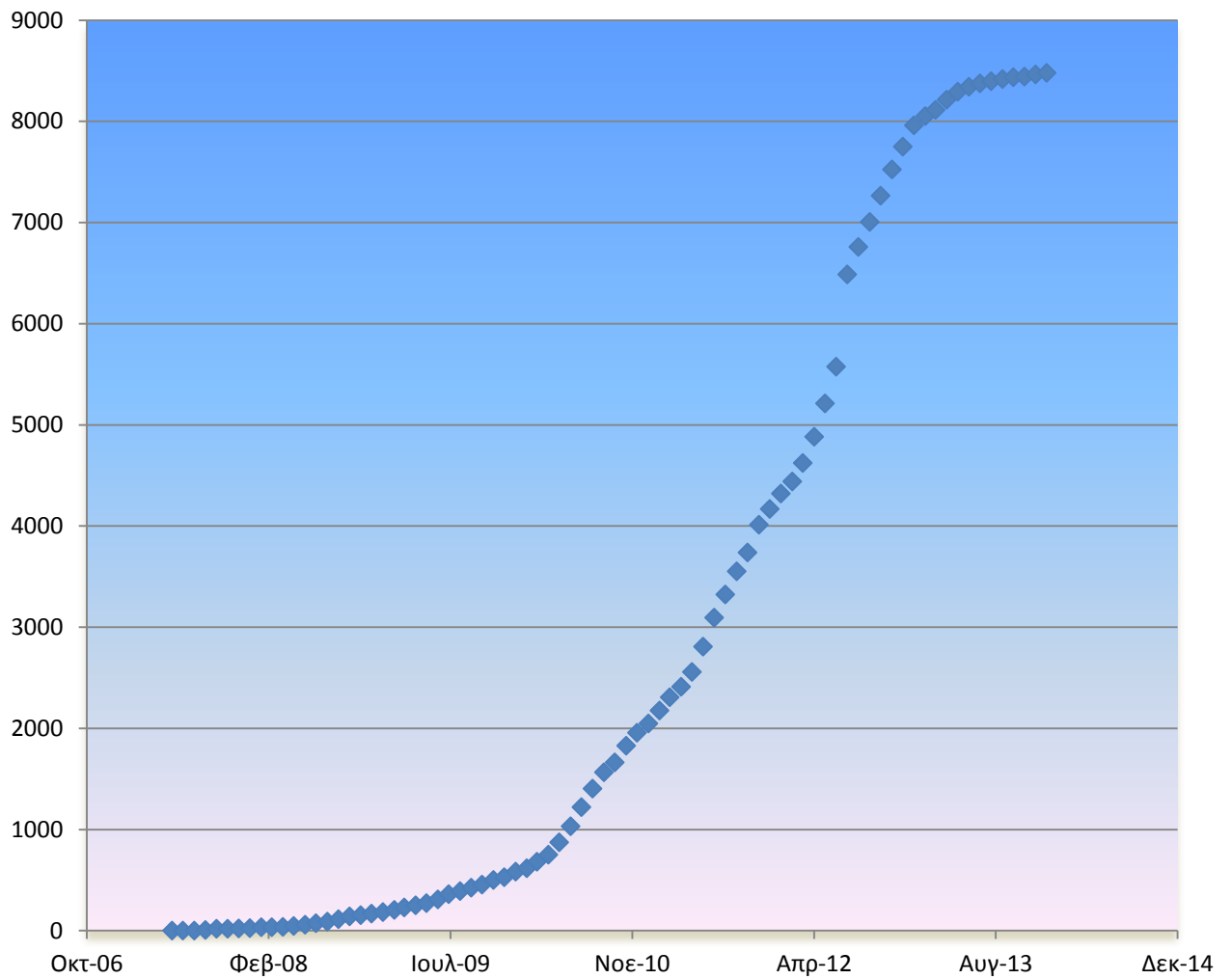
Περιφέρεια	Σύνολο ενεργών Φ/Β Σταθμών ΧΤ 01/01/2014	
	Πλήθος	Ισχύς (MW)
ΔΠΑ	511	36,862
ΔΠΜ-Θ	3.966	253,238
ΔΠΠ-Η	3.033	224,334
ΔΠΚΕ	2.216	164,593
Σύνολο	9.726	679,028

Πίνακας 8.2. Πλήθος και ισχύς Φ/Β Σταθμών ανά γεωγ. διαμέρισμα έως 01-01-2014

Διαμέρισμα	Σύνολο ενεργών Φ/Β Σταθμών ΧΤ 01/01/2014	
	Πλήθος	Ισχύς (MW)
Ηπείρου	573	41185
ΝομόςΘεσσαλονίκης	431	29,085
Αττικής	511	36,861
Θεσσαλίας	985	70,689
Αν. Μακεδονίας &Θράκης	935	69,903
Κεντρικής Μακεδονίας	1852	115,75
Δυτικής Μακεδονίας	748	384,94
ΙονίωνΝήσων	190	18,471
ΣτερεάςΕλλάδας	1231	93,904
Σύνολο	9726	679,027

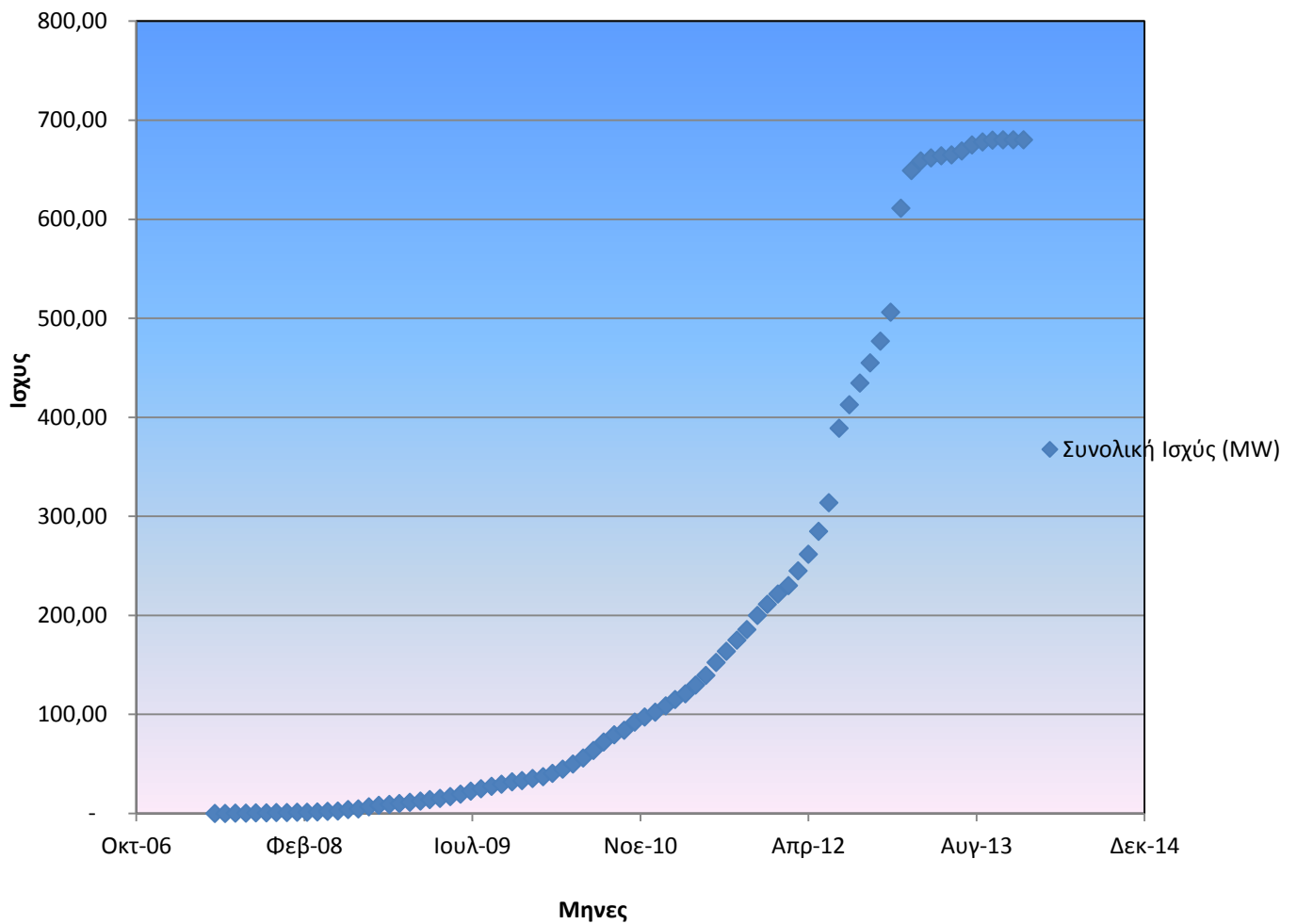
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα για το πλήθος και τη συνολική ισχύ των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα.

Ενεργοί σταθμοί

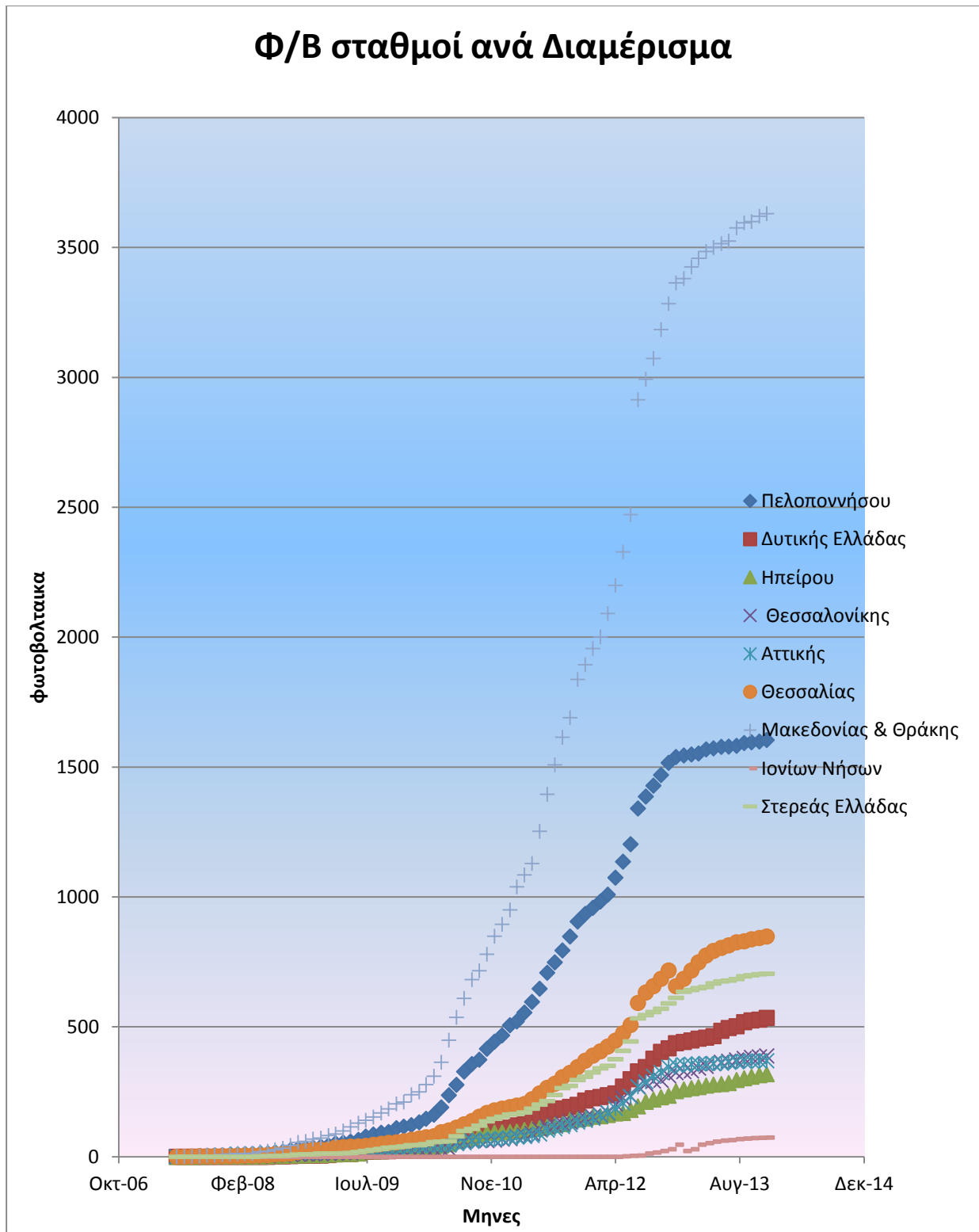


Διάγραμμα 8.3. Ενεργείς Σταθμοί Φωτοβολταϊκών σε όλη την Ελλάδα έως τον Ιανουάριο του 2014

Συνολική Ισχύς (MW)



Διάγραμμα 8.2. Ισχύς που προκύπτει από τη λειτουργία των Φωτοβολταϊκών Σταθμών ΧΤ που ήταν ενεργοί σε όλη την Ελλάδα έως τον Ιανουάριο του 2013



Διάγραμμα 8.4. Καταγραφή ανόδου ισχύος που προκύπτει από τη λειτουργία των Φωτοβολταϊκών Σταθμών που ήταν ενεργοί σε διάφορες περιοχές στην Ελλάδα έως τον Ιανουάριο του 2014

8.1.2. 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 8.3). Σημειώνουμε, ότι μόνο τρεις από τους ενεργοποιημένους σταθμούς έχουν εγκατεστημένη ισχύ άνω των 20 kW (Πίνακας 8.4). 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.

Πίνακας 8.3. Πλήθος αγροτικών φωτοβολταϊκών σταθμών και εγκατεστημένης ισχύος στο Δίκτυο της ΧΤ τόσο σε πλήθος αιτήσεων όσο και ενεργοποιήσεων.

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 8.4. Ενεργοποιημένα αγροτικά φωτοβολταϊκά πάρκα εγκατεστημένης ισχύος α) ≤ 20 kW και β) > 20 kW.

Περιφέρεια	ΦΒ ΑΓΡΟΤΩΝ			
	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

8.1.3. 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 8.7).

Μια περεταίρω κατηγοριοποίηση των οικιακών φωτοβολταϊκών σταθμών (Πίνακας 8.6 και Πίνακας 8.7) 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.

Πίνακας 8.6. Σύνολο αιτήσεων φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

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

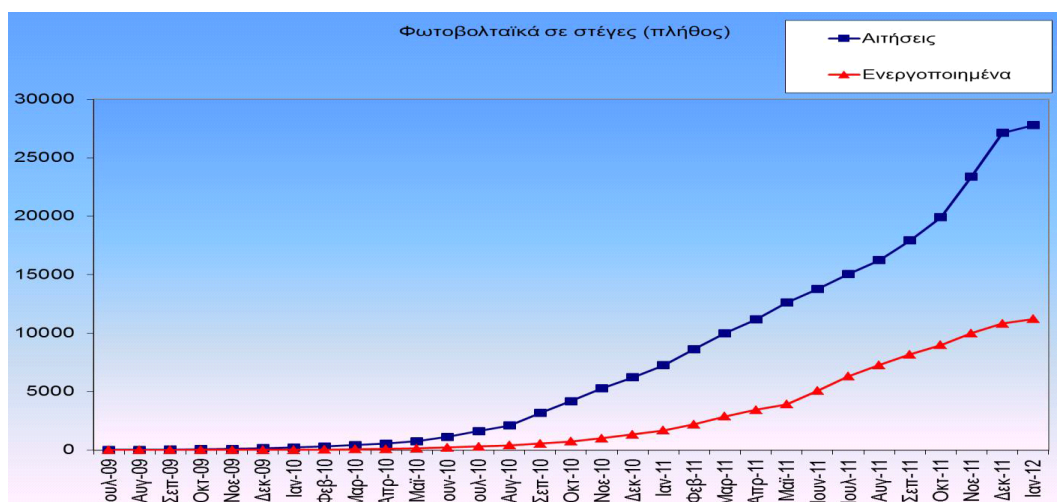
Πίνακας 8.7. Σύνολο ενεργοποιημένων φωτοβολταϊκών σταθμών του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

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

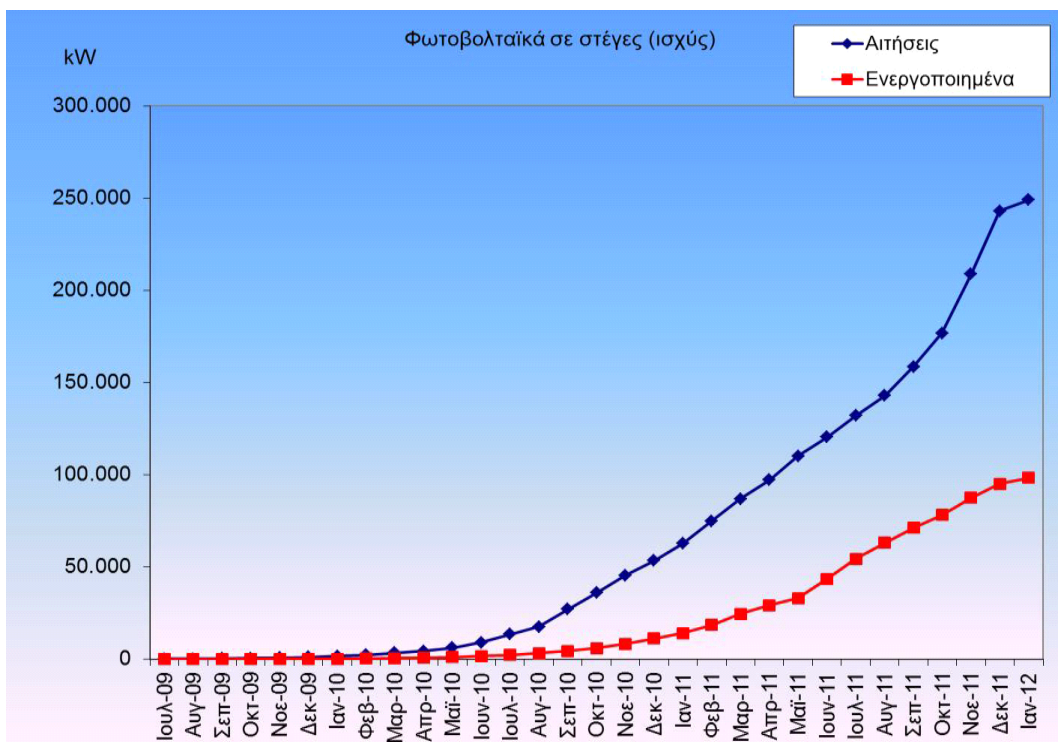
Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι ο αριθμός υποβολής αιτήσεων τριπλασιάζεται τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 2011 (3.496 και 3.727 αντίστοιχα) έναντι των προηγούμενων μηνών με ταυτόχρονη αύξηση των ενεργοποιήσεων (Σχήμα 8.1).

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 8.3). Εδώ οφείλουμε να σημειώσουμε ότι στα σπίτια με τριφασική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος περιλαμβάνονται και οι μικρές επιχειρήσεις έως 10 ατόμων του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.

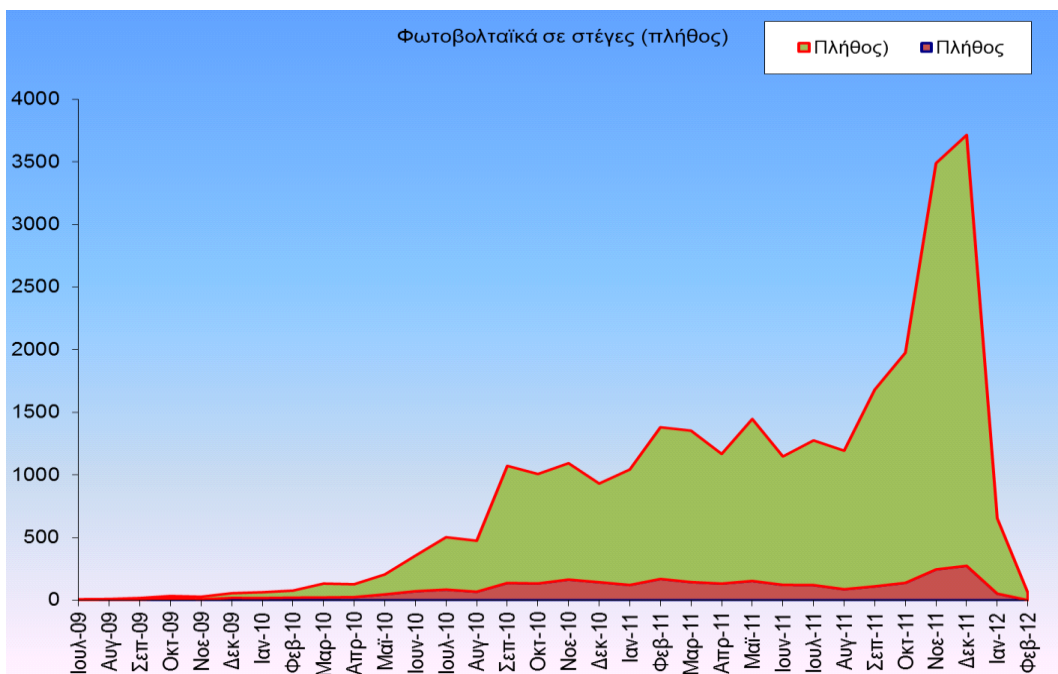
Παρατηρώντας, προσεκτικά το Σχήμα 8.3 βλέπουμε ότι από τον Ιανουάριο του 2012 εμφανίζεται κατακόρυφη πτώση των αιτήσεων των φωτοβολταϊκών . Ειδικότερα τον Φεβρουάριο του 2012 οι αιτήσεις στον ΔΕΔΔΗΕ ήταν μόλις 59 και οι ενεργοποιήσεις 43 σε αντίθεση με τον Δεκέμβριο του 2011 όπου οι αιτήσεις άγγιζαν 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, (Ροδίτη Μ., 2008).



Σχήμα 8.1. Η ανά μήνα παρουσίαση των αιτήσεων και των ενεργοποιήσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



Σχήμα 8.2. Η ανά μήνα παρουσίαση της εγκατεστημένης ισχύος των αιτήσεων και των ενεργοποιήσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων του Ειδικού Προγράμματος Στεγών.



Σχήμα 8.3. 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.

8.2. 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 καμπύλων (S-curves) αποδίδεται ιστορικά, στους Volterra και Lotka – LVC. 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:

$$\frac{dy}{dt} = k * y \left[a - \frac{y}{a} \right]$$

Και η λύση της

$$y(t) = \frac{a}{[1 - \ln(a - b)]}$$

y = ο 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, 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, καθώς και για να περιγράψουν την εξέλιξη αναδυόμενων τεχνολογιών, χρησιμοποιώντας τον αριθμό των δημοσιεύσεων και των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας. Τέλος, παράδειγμα χρήσης του μοντέλου των σιγμοειδών καμπυλών αποτελεί η χρήση τους στη μελέτη της εξέλιξης των ηλιακών.

Η εξαγωγή των σιγμοειδών καμπύλων, που παρουσιάζονται στη συνέχεια, προκύπτει από βάση τις εξισώσεις LVC και είναι της μορφής:

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

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.

Υπάρχουν διαφορές εξισώσεις που αποτελούν μέθοδο πρόβλεψης των στατιστικών δεδομένων και βοηθούν στη διεξαγωγή των σιγμοειδών καμπύλων. Μερικοί τύποι είναι οι παρακάτω:

$$y(t) = \frac{K}{(1 + m * e^{-bt})}$$

$$y(t) = \frac{K_0}{(1 + m * e^{-bt}) * (1 + m_1 e^{-b_1 t})}$$

$$y(t) = \frac{a_0 + a_1 * t}{(1 + m * e^{-bt})}$$

$$y(t) = \frac{a_0 + a_1 * t + a_2 * t^2}{(1 + m * e^{-bt})}$$

8.3. Οι σιγμοειδείς καμπύλες της εξέλιξης των φωτοβολταϊκών πάρκων.

8.3.1. Στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης

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 – Ιανουάριος 2014 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 8.4 και 8.5, 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 8.6 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:

$$y(t) = \frac{K}{(1 + m * e^{-bx})}$$

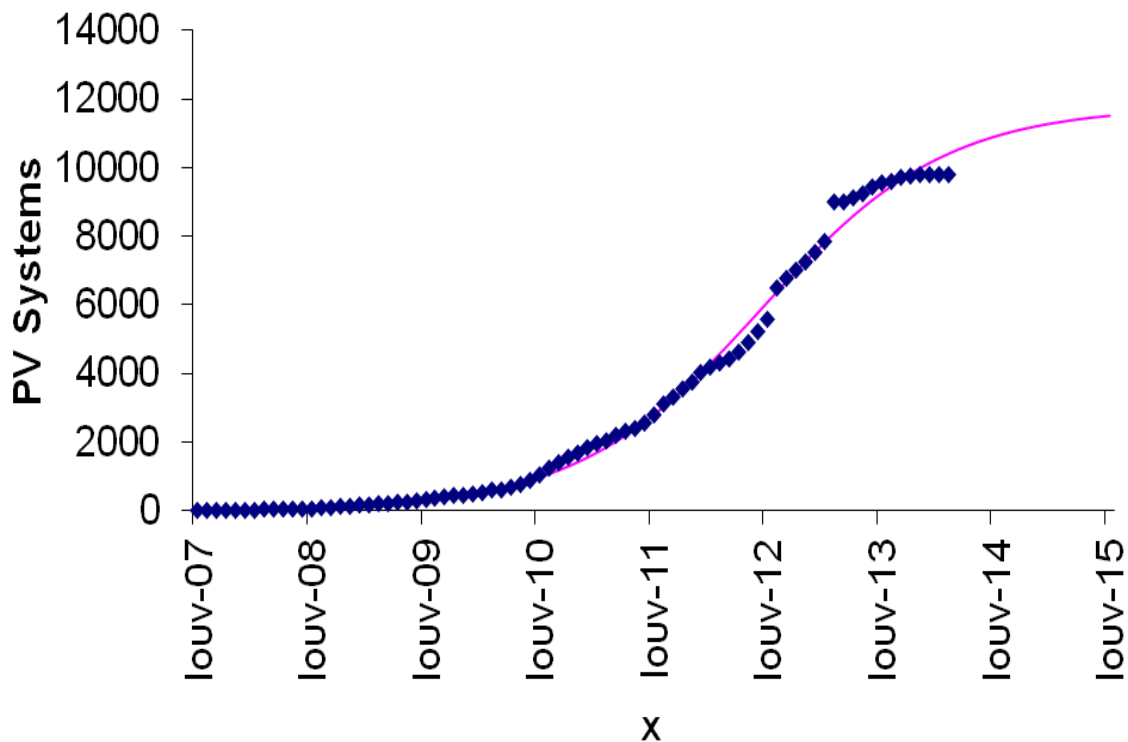
όπου

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

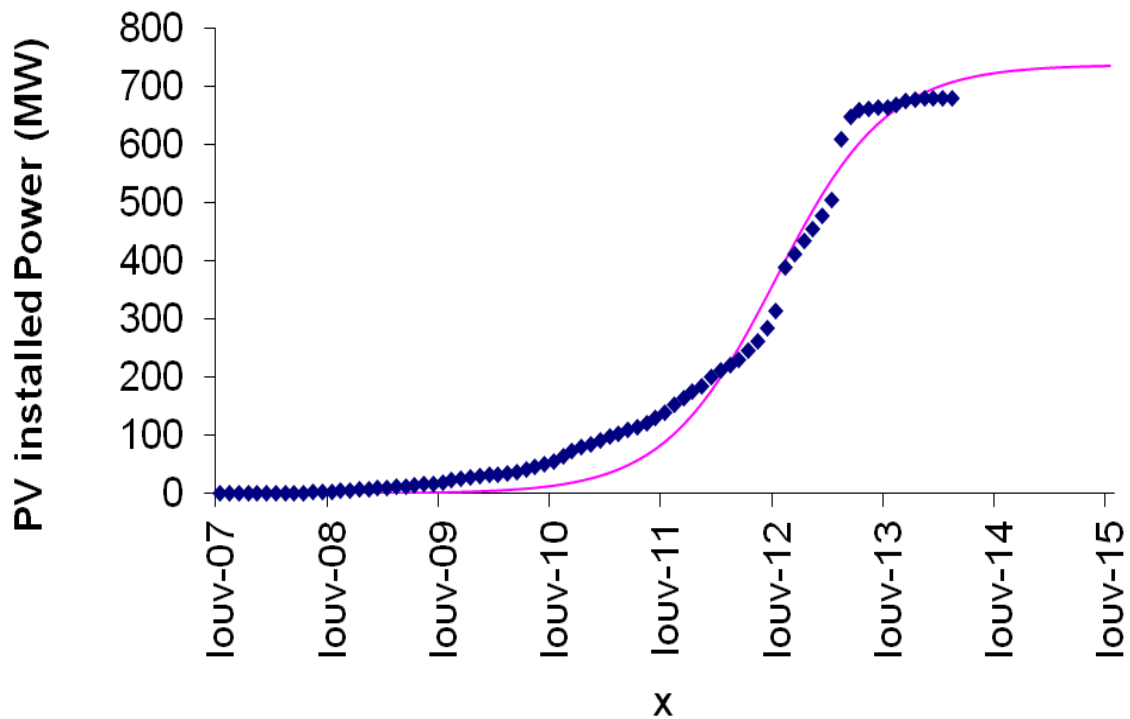
x = ο αριθμός των μηνών αρχίζοντας από τον Ιούνιο του 2007

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

b = η εμπειρική παράμετρος.



Σχήμα 8.4. Η εξέλιξη του ρυθμού ενεργοποίησης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης



Σχήμα 8.5. Η εξέλιξη του ρυθμού της εγκατεστημένης ισχύος (MW) των φωτοβολταϊκών σταθμών στη ΧΤ.

Πίνακας 8.6. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για την μελέτη της εξέλιξης των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW)

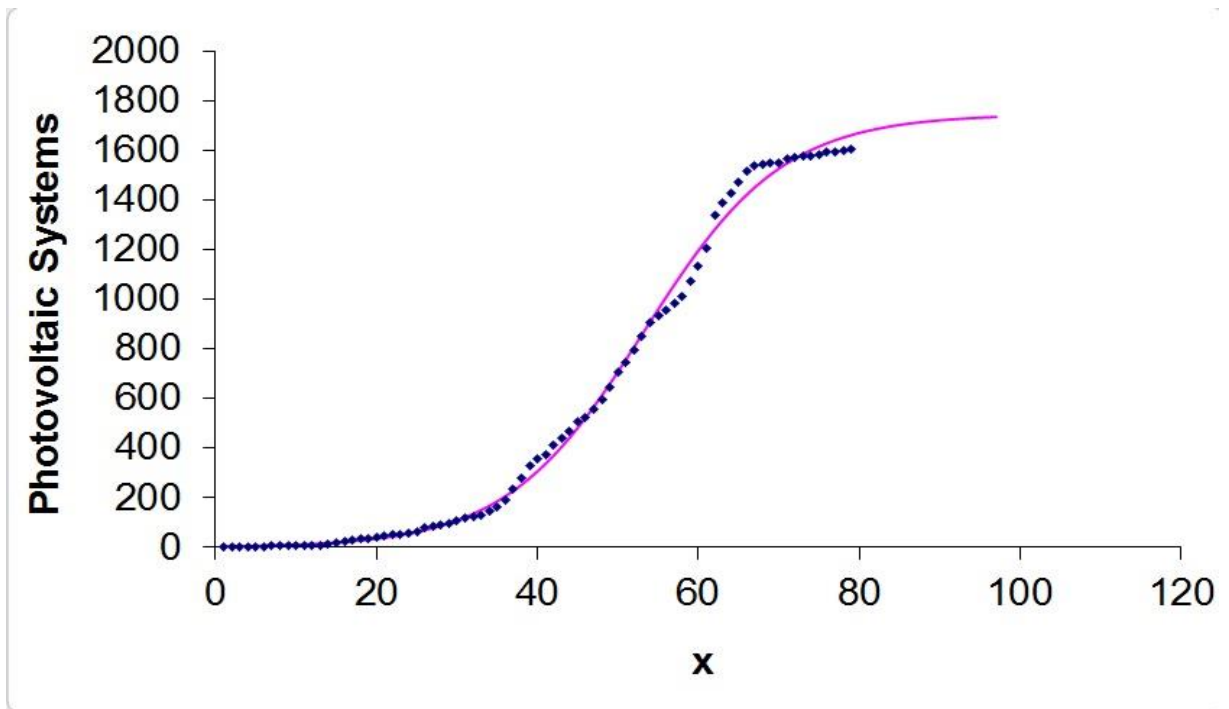
Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	11782	738.3
m	499.5	25061
b	0.1030	0.1662
n	80	80
p	3	3
n-p	77	77
SEE	246.7	33.44

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την καταγραφή των στατιστικών δεδομένων μέσω των στοιχείων του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε κατά την περίοδο Ιούλιος 2009 – Ιανουάριος 2014 για την ανά μήνα εξέλιξη των φωτοβολταϊκών πάρκων για κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα ξεχωριστά. Τα διαμερίσματα που θα αναλυθούν είναι: Πελοποννήσου, Δυτικής Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλονίκης, Αττικής, Θεσσαλίας, Μακεδονίας και Θράκης, Ιονίων Νήσων και Στερεάς Ελλάδας. Τα στατιστικά δεδομένα ποσοτικοποιούνται με τη χρήση των εξισώσεων από τη θεωρία των σιγμοειδών.

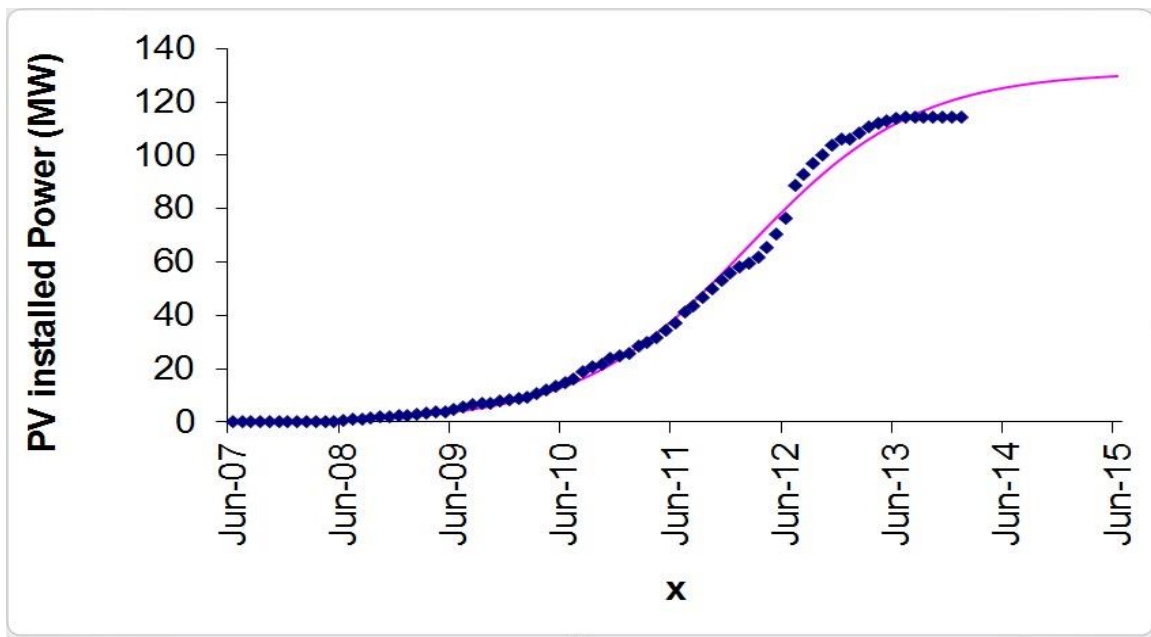
Πελοπόννησος:

Πίνακας 8.7. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για το σύνολο των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) στην Πελοπόννησο

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	1745	131.3
m	489.7	501
b	0.1163	0.1092
n	80	80
p	3	3
n-p	77	77
SEE	36.0	3.27



Σχήμα 8.6. Η εξέλιξη του ρυθμού ενεργοποίησης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο περιοχή της Πελοποννήσου

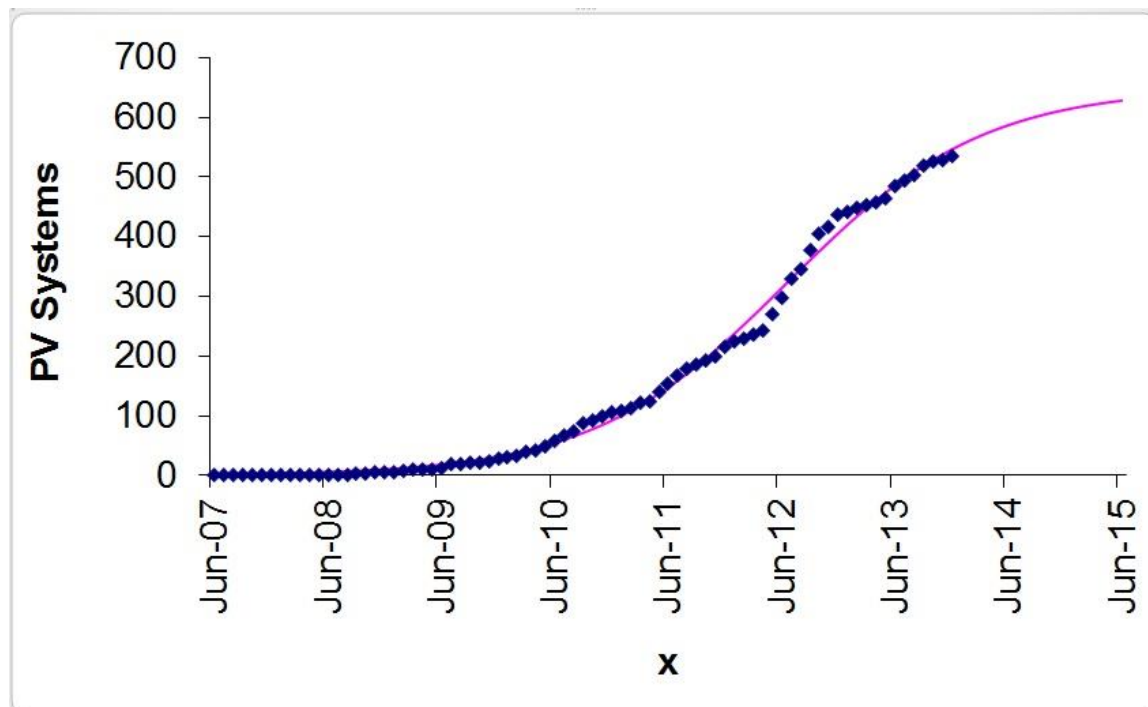


Σχήμα 8.7. Ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος στη Πελοπόννησο

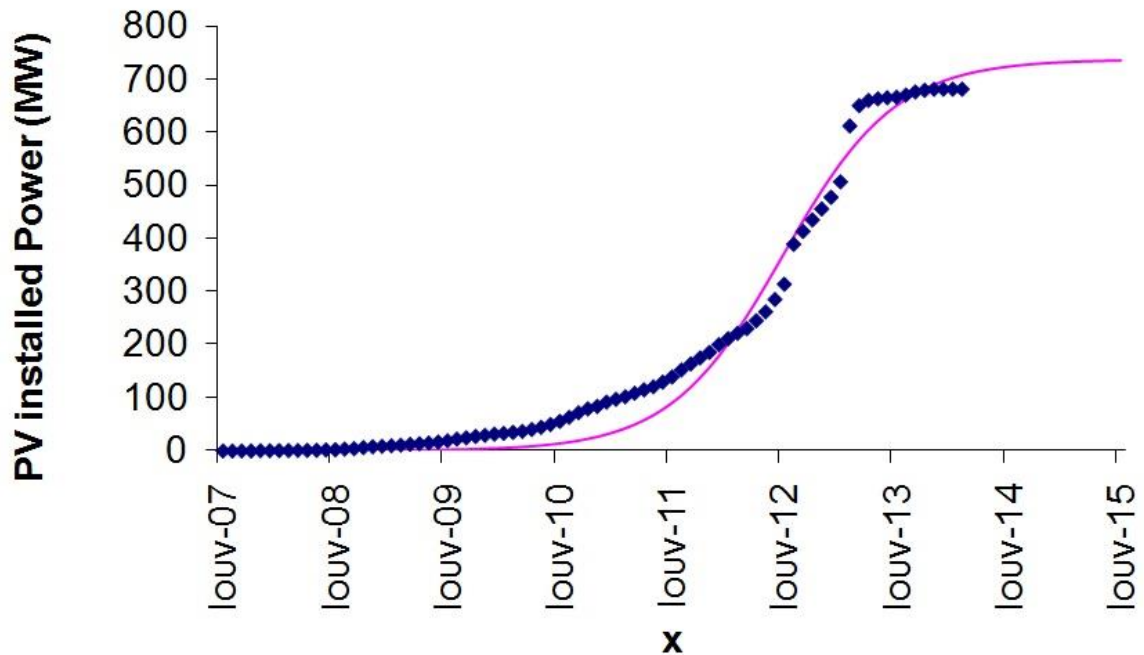
Δυτική Ελλάδα:

Πίνακας 8.8. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για το σύνολο των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) στην ΔυτικήΕλλάδα

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	649	53.4
m	383.4	3094
b	0.0964	0.1392
n	79	80
p	3	3
n-p	76	77
SEE	11.2	6.69



Σχήμα 8.8. Η εξέλιξη του ρυθμού ενεργοποίησης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο περιοχή της ΔυτικήςΕλλάδας

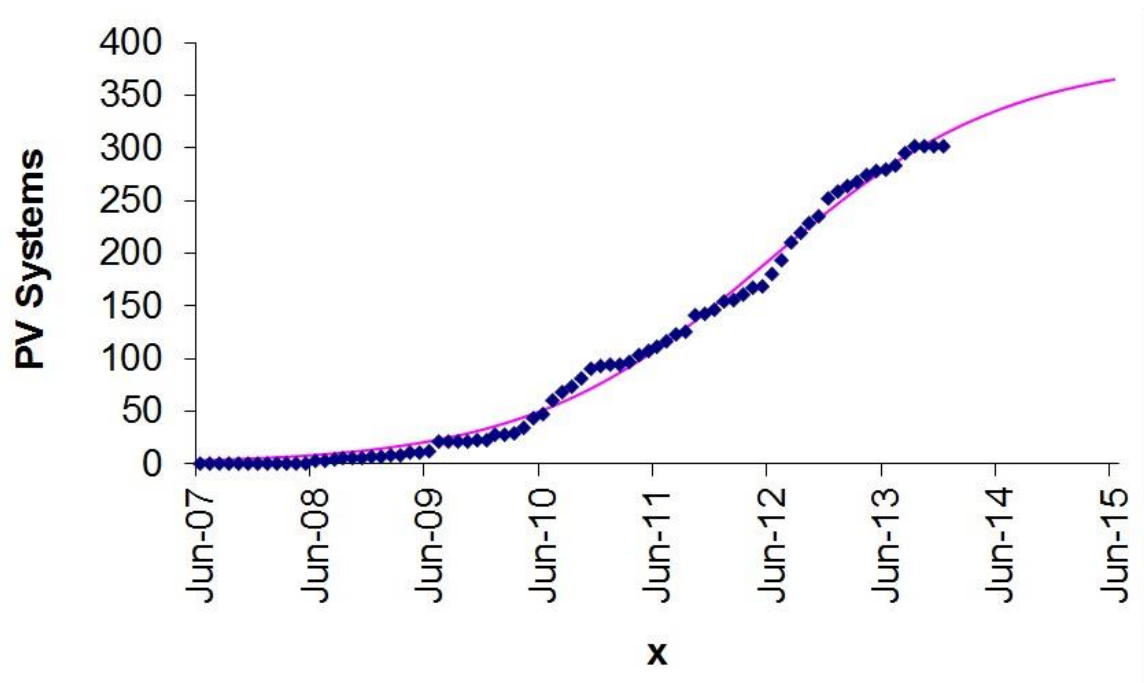


Σχήμα 8.9. Ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος στη Δυτική Ελλάδα

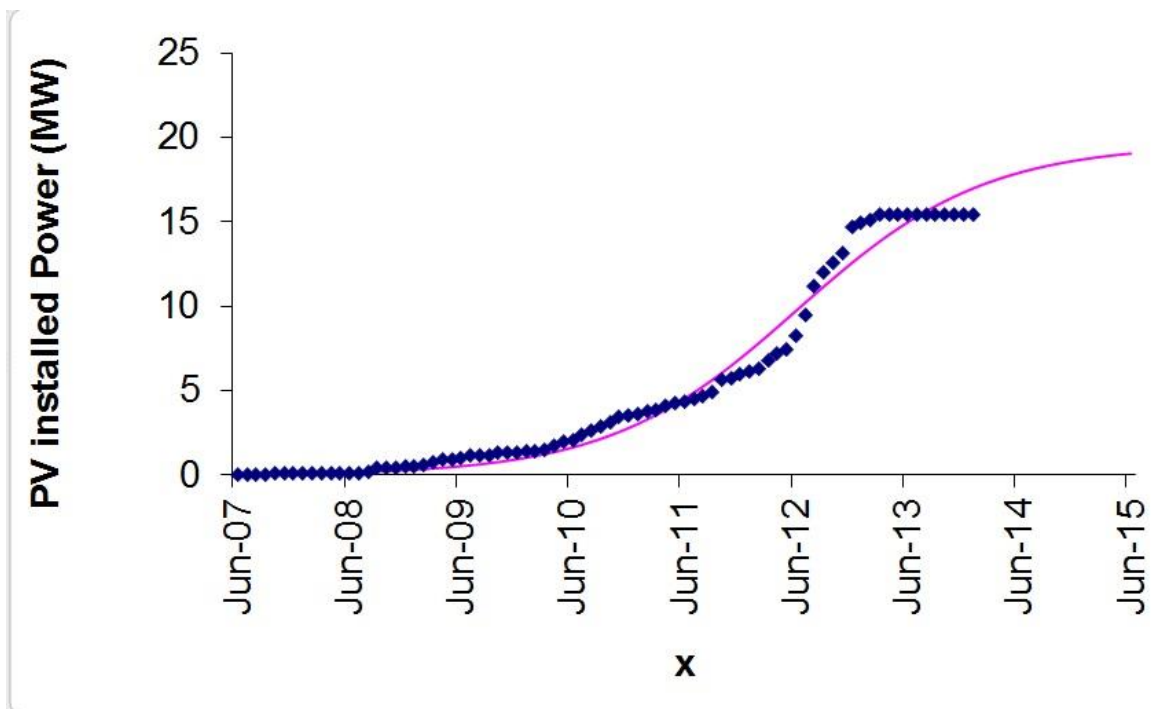
Ηπειρου:

Πίνακας 8.9. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για το σύνολο των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) στην Ήπειρο

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	649	53.4
m	383.4	3094
b	0.0964	0.1392
n	79	80
p	3	3
n-p	76	77
SEE	11.2	6.69



Σχήμα 8.10. Η εξέλιξη του ρυθμού εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών σταθμών στην περιοχή της Ηπείρου

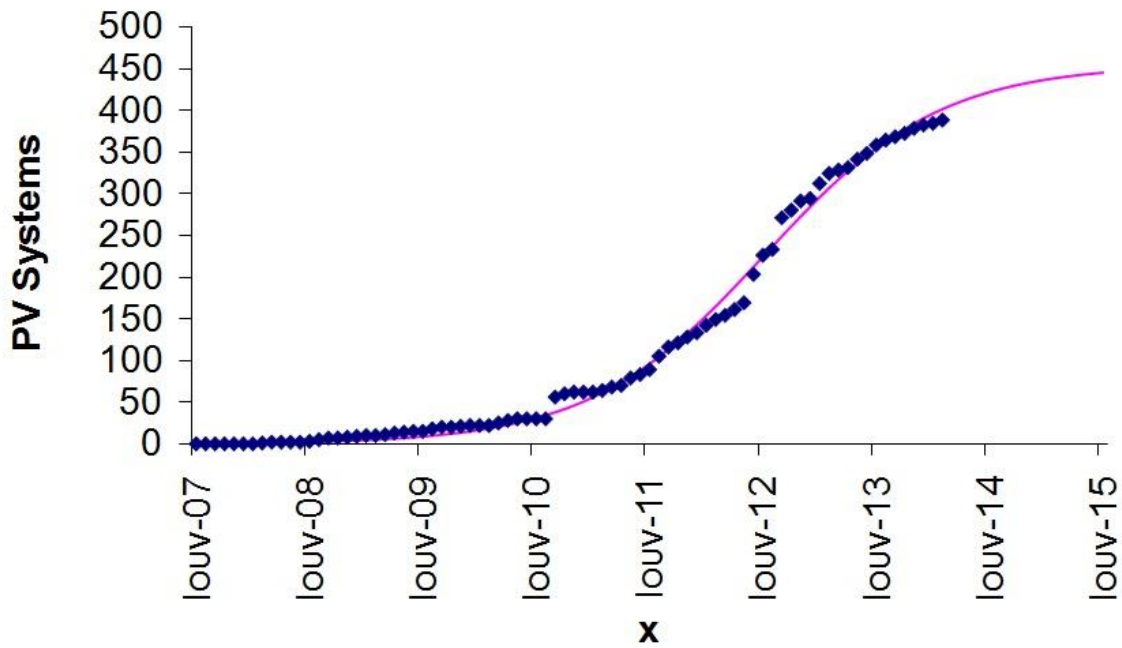


Σχήμα 8.11 Ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος στην περιοχή της Ηπείρου

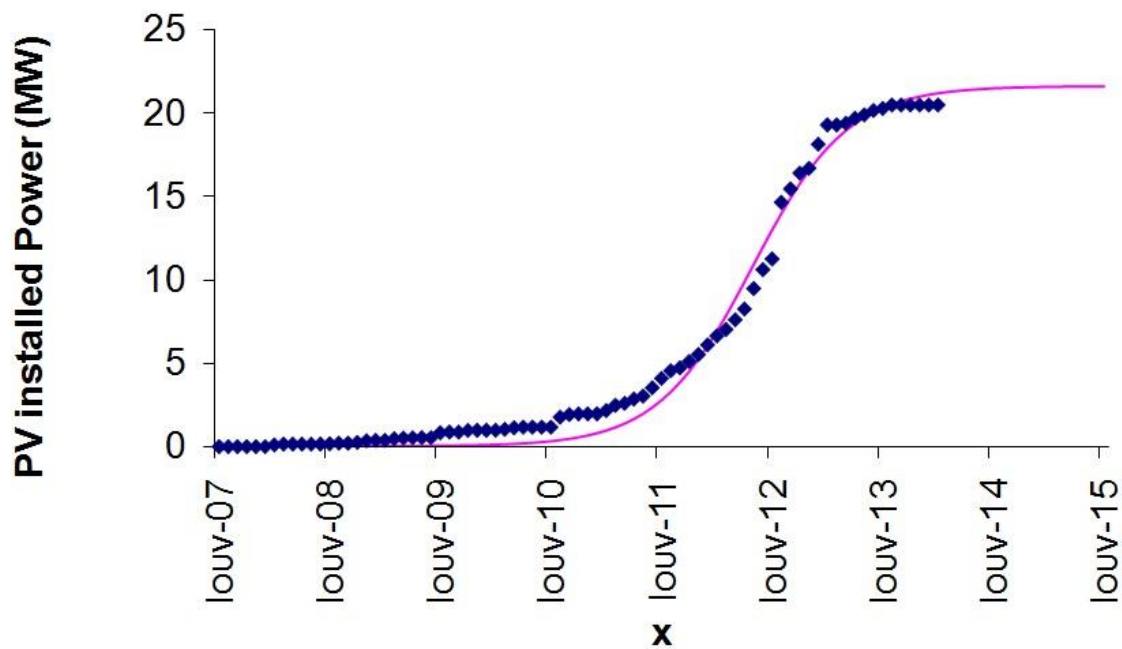
Θεσσαλονίκης:

Πίνακας 8.10. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για το σύνολο των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) στη Θεσσαλονίκη

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	446	19.5
m	951.0	92002
b	0.1127	0.1992
n	79	80
p	3	3
n-p	76	77
SEE	9.5	2.44



Σχήμα 8.12. Η εξέλιξη του ρυθμού εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο περιοχή της Θεσσαλονίκης

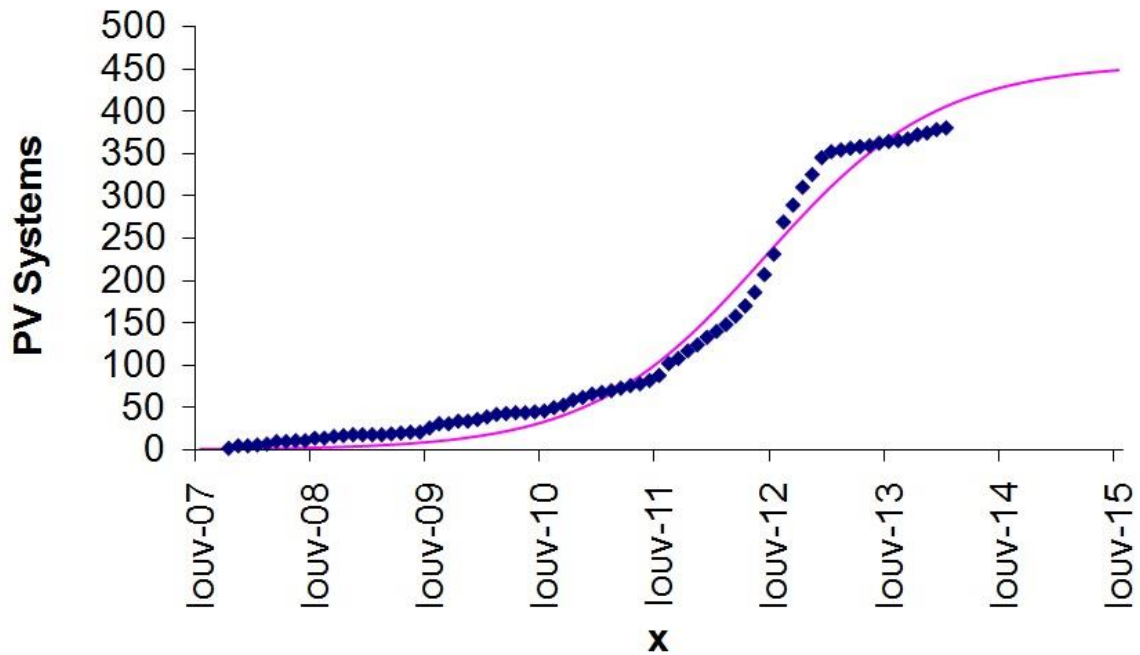


Σχήμα 8.13. Ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος στη Θεσσαλονίκη

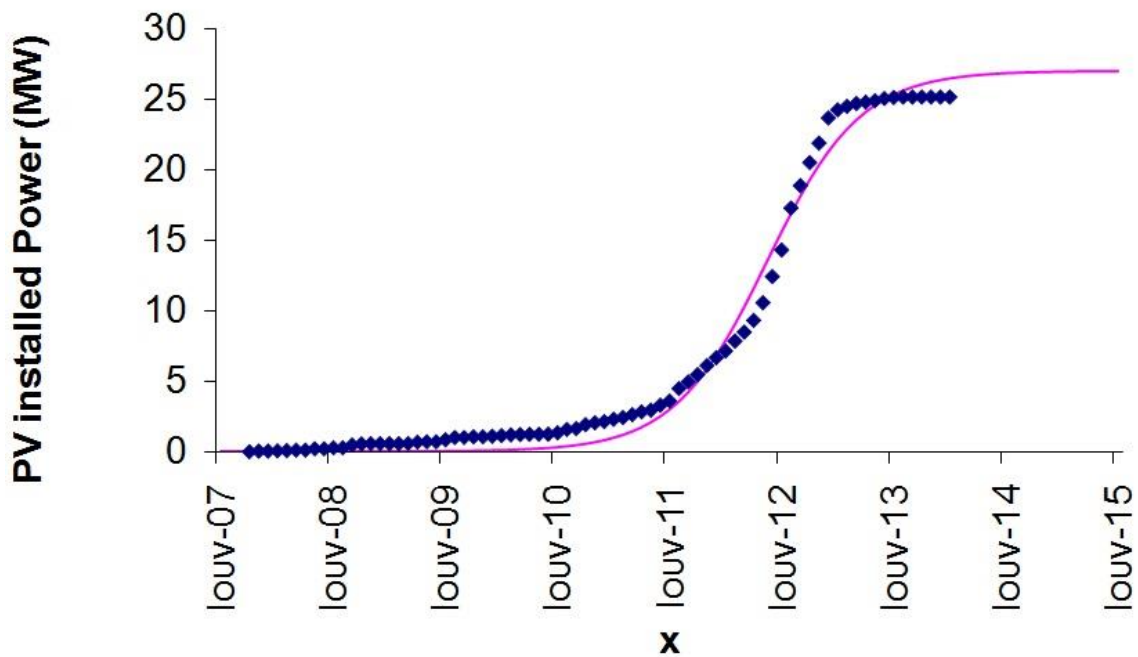
Αττικής:

Πίνακας 8.11. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για το σύνολο των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) στην Αττική

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	448	23.9
m	901.2	1339057
b	0.1139	0.2429
n	79	80
p	3	3
n-p	76	77
SEE	17.6	3.02



Σχήμα 8.14. Η εξέλιξη του ρυθμού εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο περιοχή της Αττικής

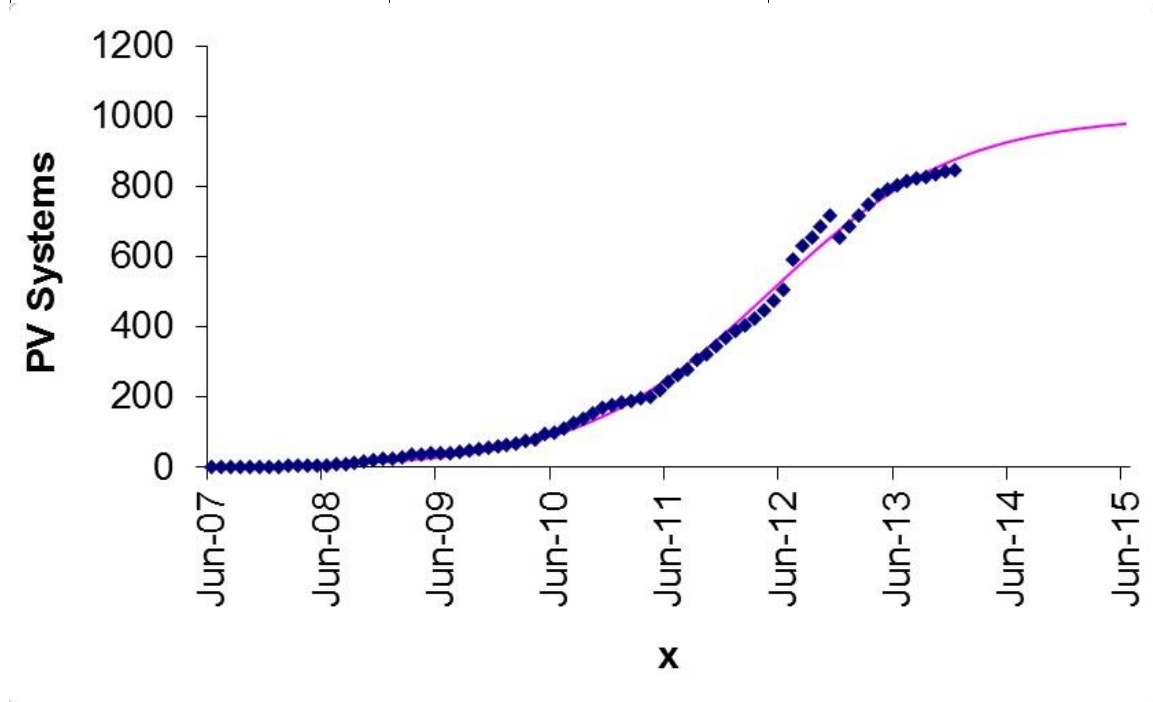


Σχήμα 8.15. Ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος στην Αττική

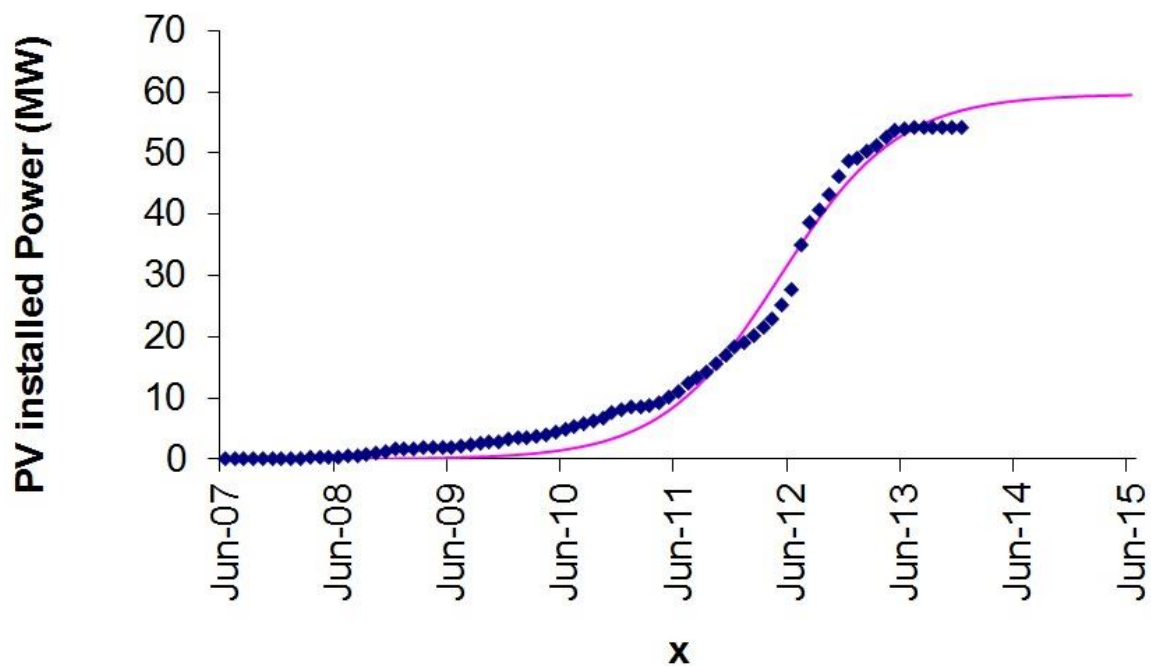
Θεσσαλίας:

Πίνακας 8.14. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για το σύνολο των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) στη Θεσσαλία

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	1002	52.3
m	407.3	13607
b	0.1007	0.1651
n	79	80
p	3	3
n-p	76	77
SEE	18.4	6.56



Σχήμα 8.16. Η εξέλιξη του ρυθμού εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο περιοχή της Θεσσαλίας

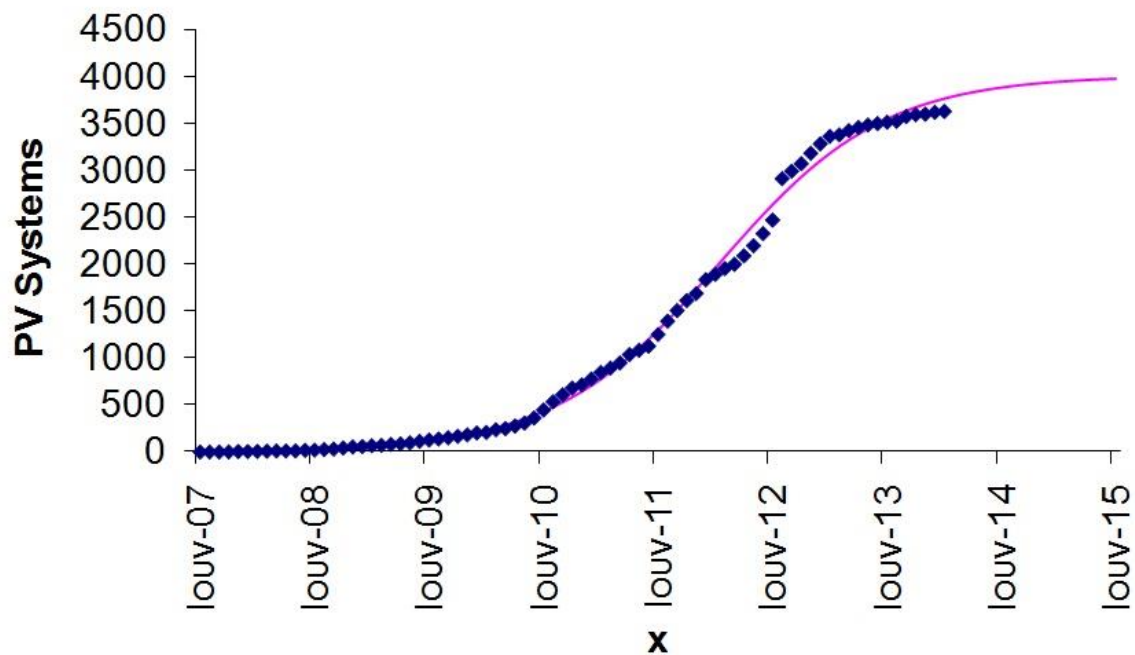


Σχήμα 8.17. Ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος στη Θεσσαλία

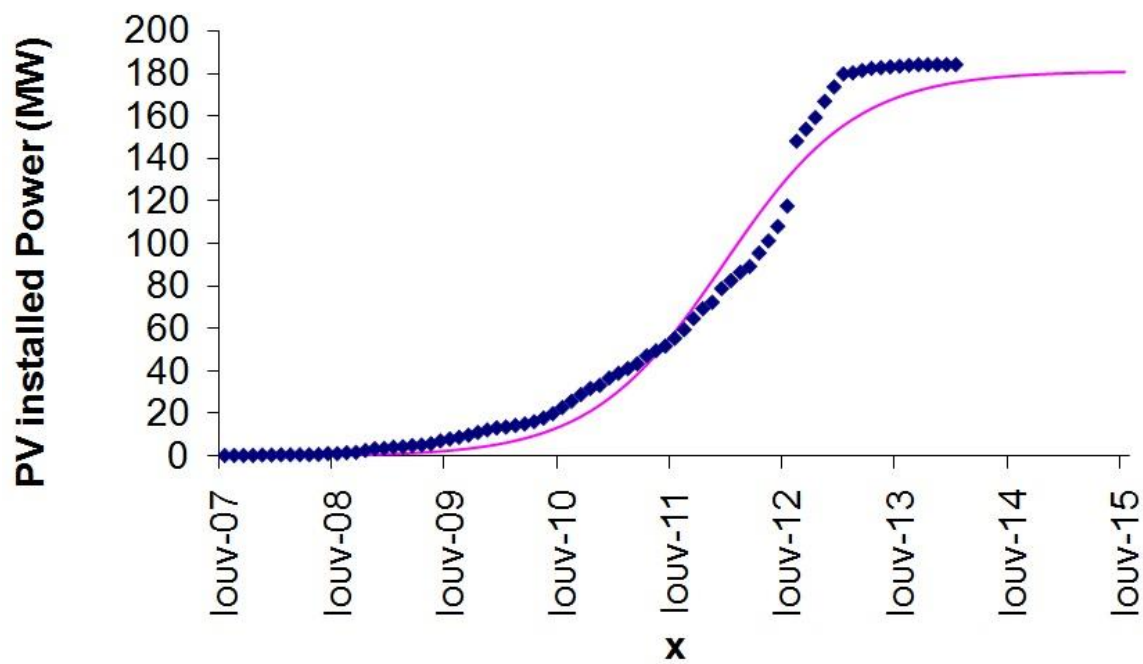
Μακεδονίας & Θρακικής:

Πίνακας 8.15. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για το σύνολο των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) στη Μακεδονία&Θράκη

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	4002	181.1
m	615.2	2163
b	0.1159	0.1415
n	79	80
p	3	3
n-p	76	77
SEE	83.8	22.57



Σχήμα 8.18. Η εξέλιξη του ρυθμού εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο διαμέρισμα της Μακεδονίας&Θράκης

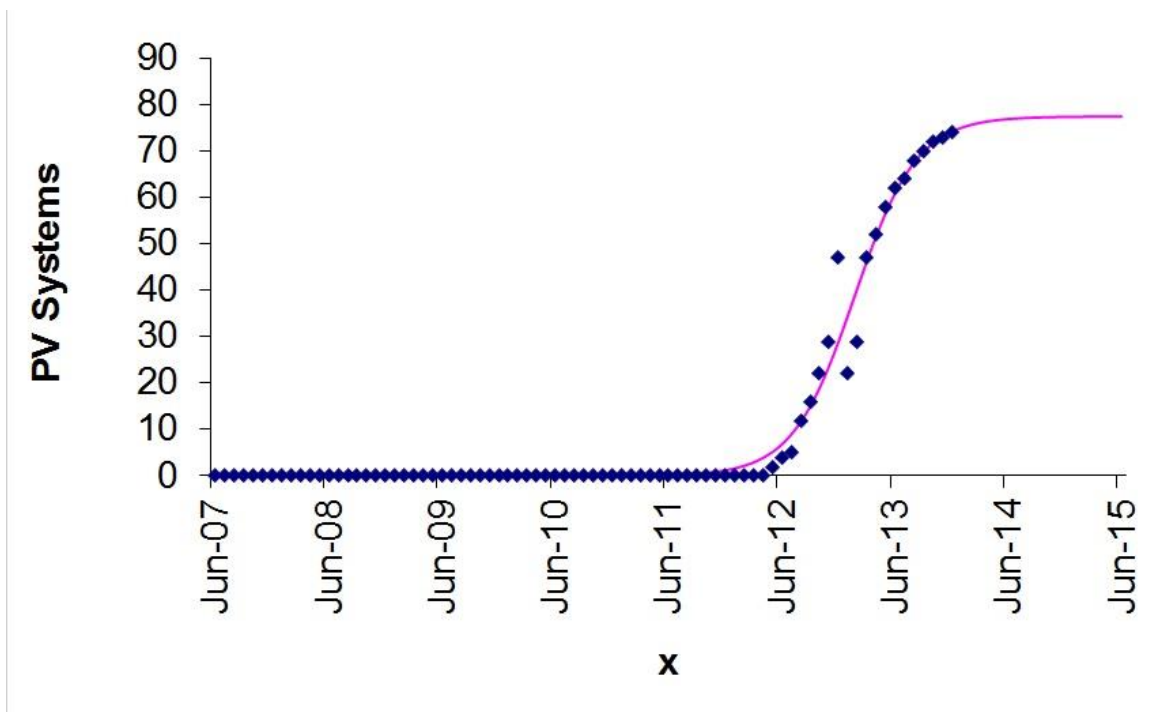


Σχήμα 8.19. Ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος στη Μακεδονία&Θράκη

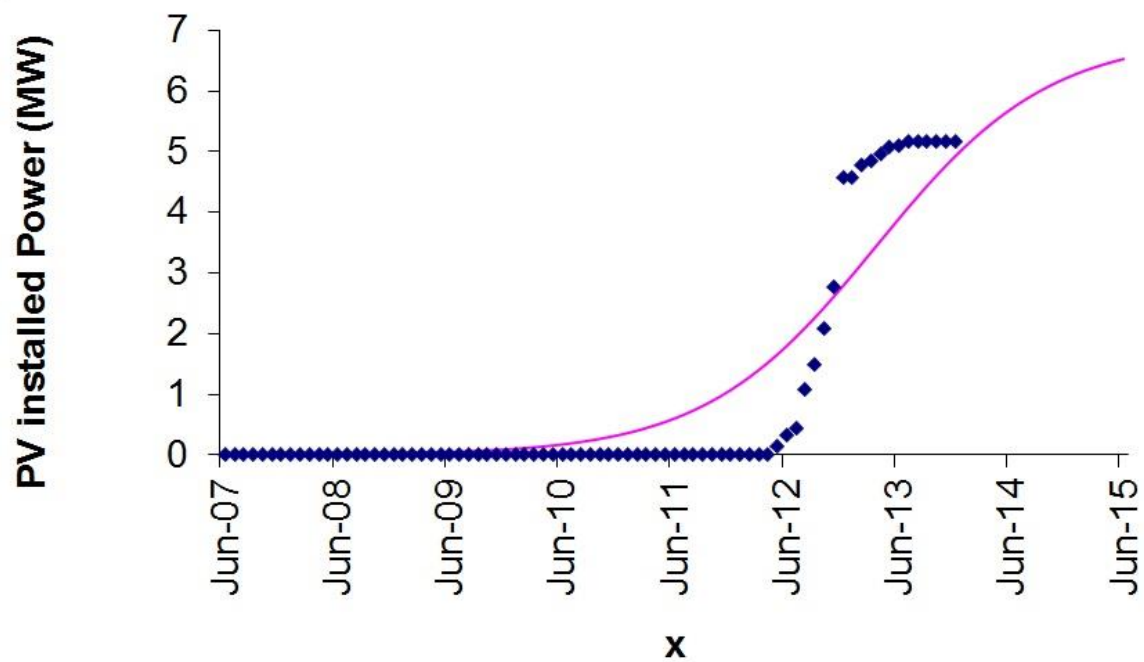
Ιονιων νησων:

Πίνακας 8.16. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για το σύνολο των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) στη Μακεδονία&Θράκη

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	77	6.9
m	1174385441.7	2163
b	0.3039	0.1088
n	79	80
p	3	3
n-p	76	77
SEE	3.1	0.93



Σχήμα 8.20. Η εξέλιξη του ρυθμού εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο διαμέρισμα Ιονίων Νήσων

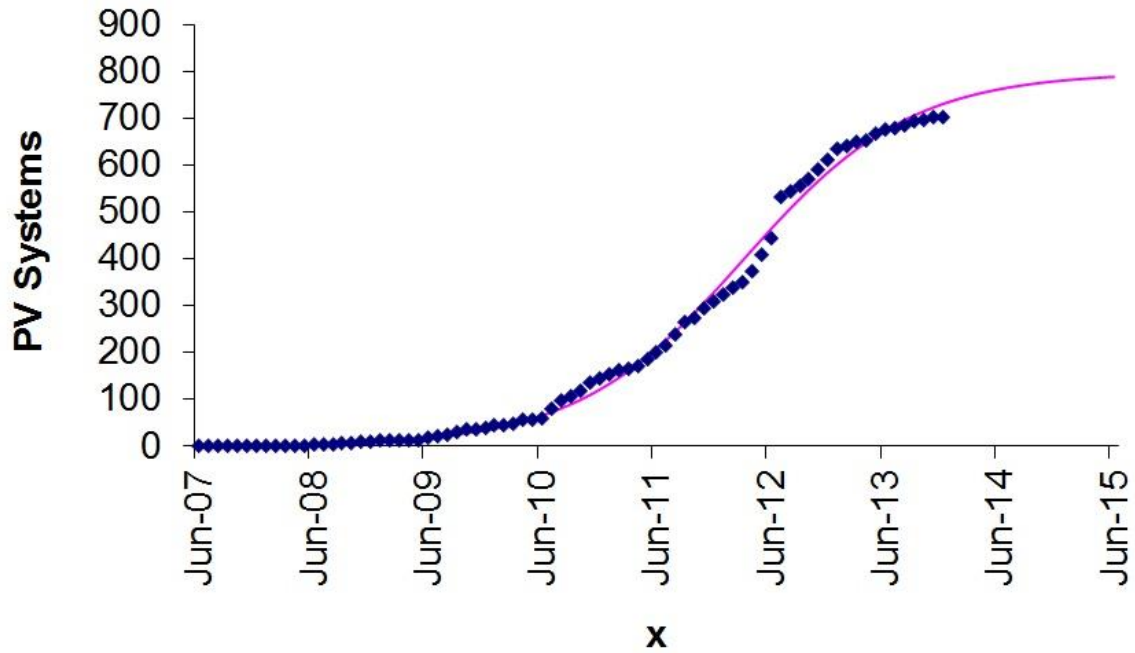


Σχήμα 8.21. Ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος στα νησιά του Ιόνιου

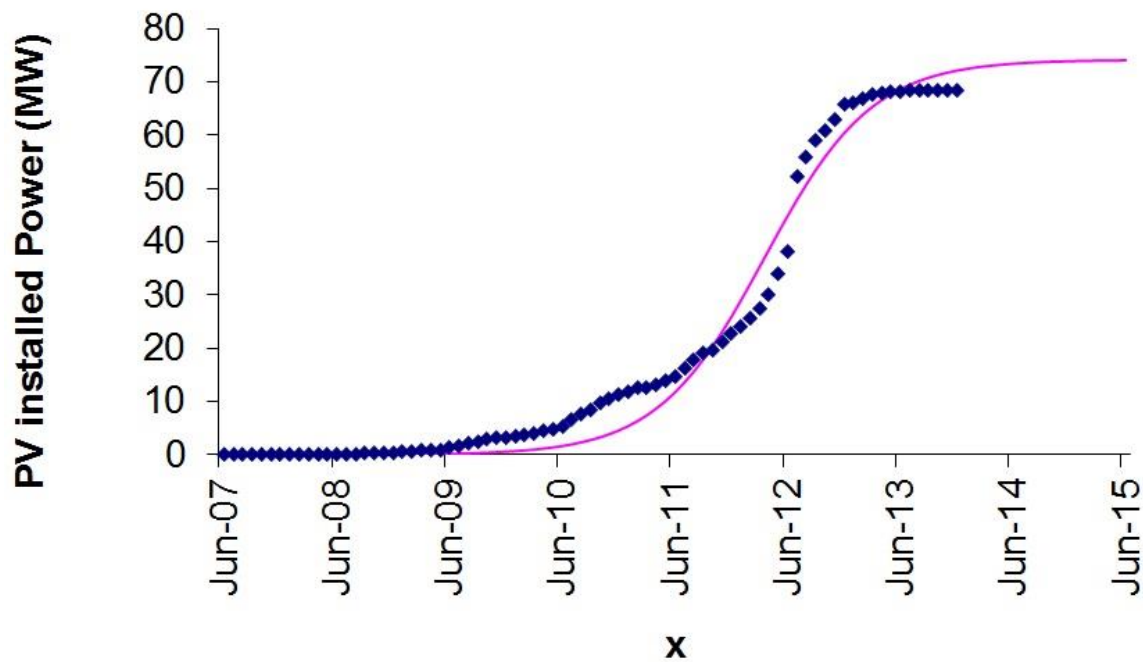
Στερεα Ελλάδα:

Πίνακας 8.17. Παράμετροι των σιγμοειδών καμπυλών για το σύνολο των ενεργοποιημένων σταθμών και της εγκατεστημένης τους ισχύς (MW) στη Στέρεα Ελλάδα

Παράμετροι Σιγμοειδών Καμπύλων		
	Ενεργοποιημένα ΦΒ	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
K	798	66.5
m	755.5	28144
b	0.1140	0.1801
n	79	80
p	3	3
n-p	76	77
SEE	16.9	8.64



Σχήμα 8.22. Η εξέλιξη του ρυθμού εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών σταθμών στο διαμέρισμα της Στερεάς Ελλάδας



Σχήμα 8.23. Ο ρυθμός αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος στη Στέρεα Ελλάδα

9. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΦΒ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

9.1. 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, (Ροδίτη Μ., 2008).

9.2. 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, (Ροδίτη Μ., 2008).

9.3. Ψηφιοποιημένοι χάρτες και καταχώρηση δεδομένων

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 (τόπος 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.

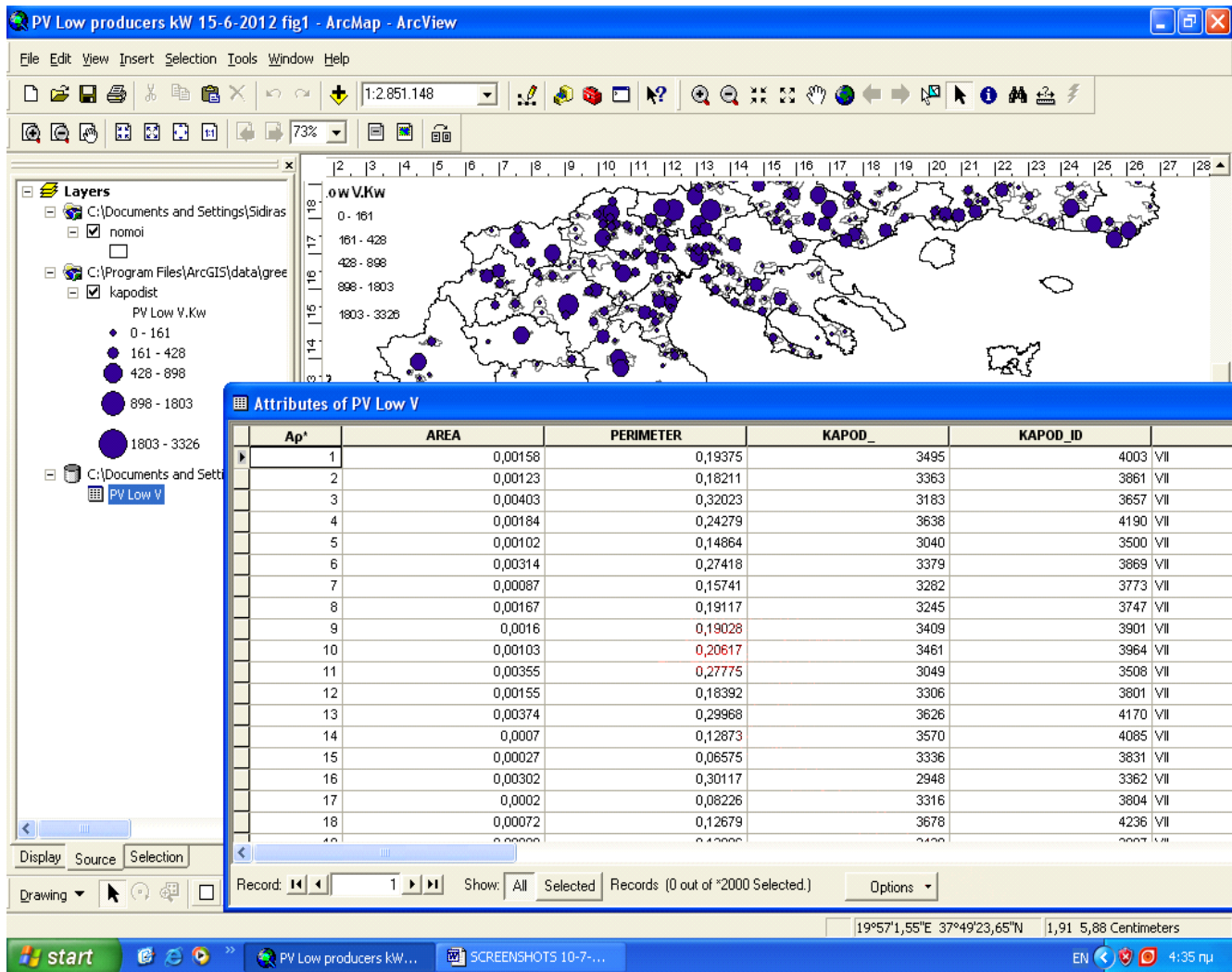
- Πολυγωνική οντότητα (polygone): αναπαριστούν δεδομένα τα οποία έχουν χωρική υπόσταση και καλύπτουν μεγάλες περιοχές στο χάρτη, οπότε μπορούν να ψηφιοποιηθούν και να αναπαρασταθούν ως μεγάλα πολύγωνα (γεωλογικοί σχηματισμοί), στη συγκεκριμένη περίπτωση οι Νομοί. Τα πολύγωνα προέκυψαν από την επεξεργασία των γεωλογικών ορίων (polyline), με χρήση της εντολής PolygonFeatureClassFromLines του ArcCatalog.

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.

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. 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. Έτσι δημιουργήθηκε η προσωπική γεωβάση στην οποία εισήχθησαν δεδομένα με κωδικό ονομασίας «companies», «producers» και «kW».



Σχήμα 9.1. AttributesTable: Προσφέρει πρόσβαση στα δεδομένα

Μετά την δημιουργία των πολυγώνων, ακολουθεί η διαδικασία δόμησης της τοπολογίας, η οποία προϋποθέτει τη δημιουργία εκείνων των ψηφιακών σχέσεων που μπορούν να αναγνωριστούν όταν κοιτάμε ένα χάρτη (συνέχεια, περιεκτικότητα, γειτνίαση). Η δόμηση της τοπολογίας για ένα θεματικό επίπεδο, δημιουργεί τον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών του επιπέδου αυτού και συνδέεται άμεσα και απόλυτα με την περιγραφική πληροφορία.

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 ExportMap (από το μενού File), έτσι ώστε στη συνέχεια να εισαχθεί και να απεικονιστεί στην παρούσα εργασία.

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.

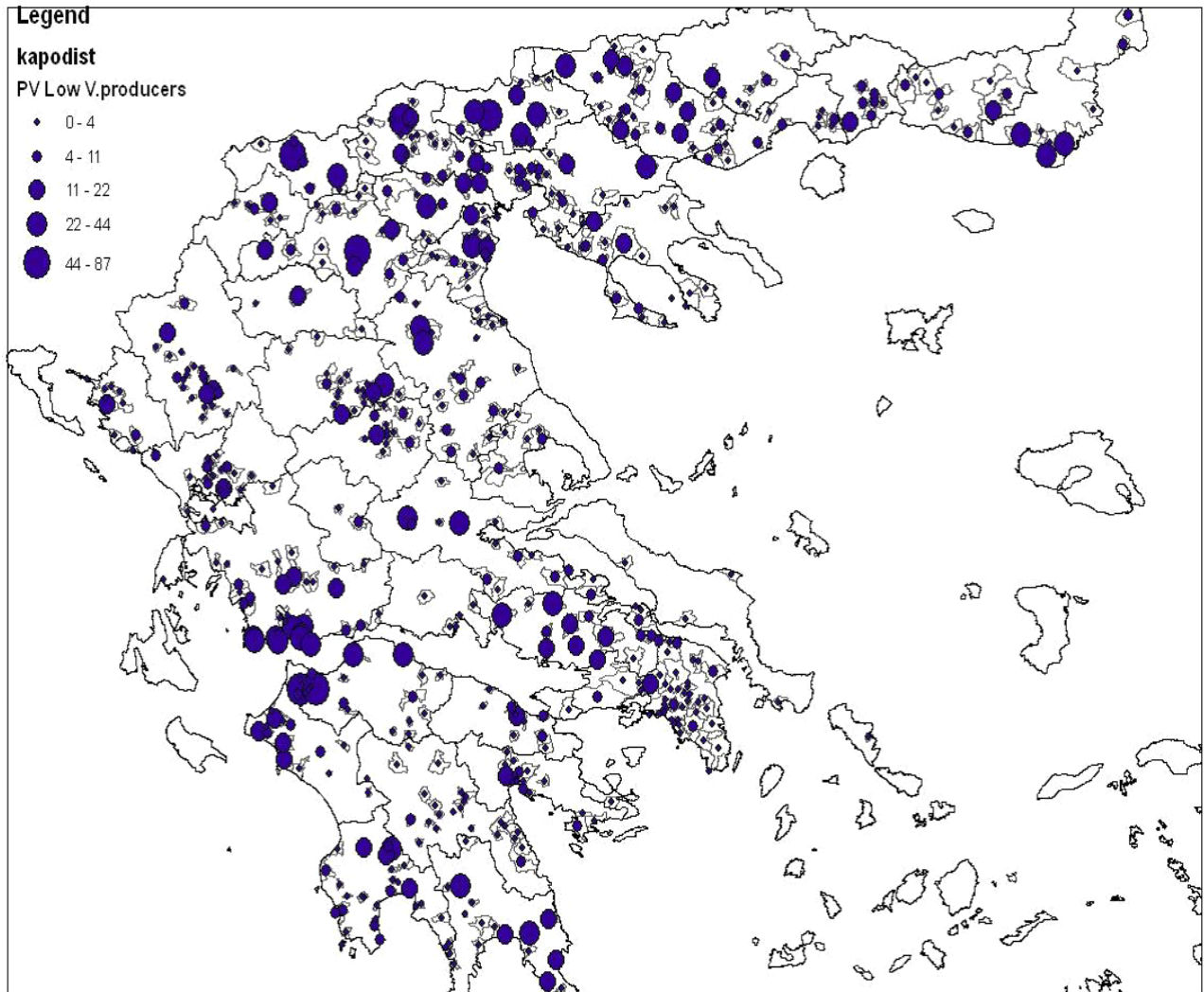
9.4 Δημιουργία ψηφιακών χαρτών με την χρήση του λογισμικού ArcGIS

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.

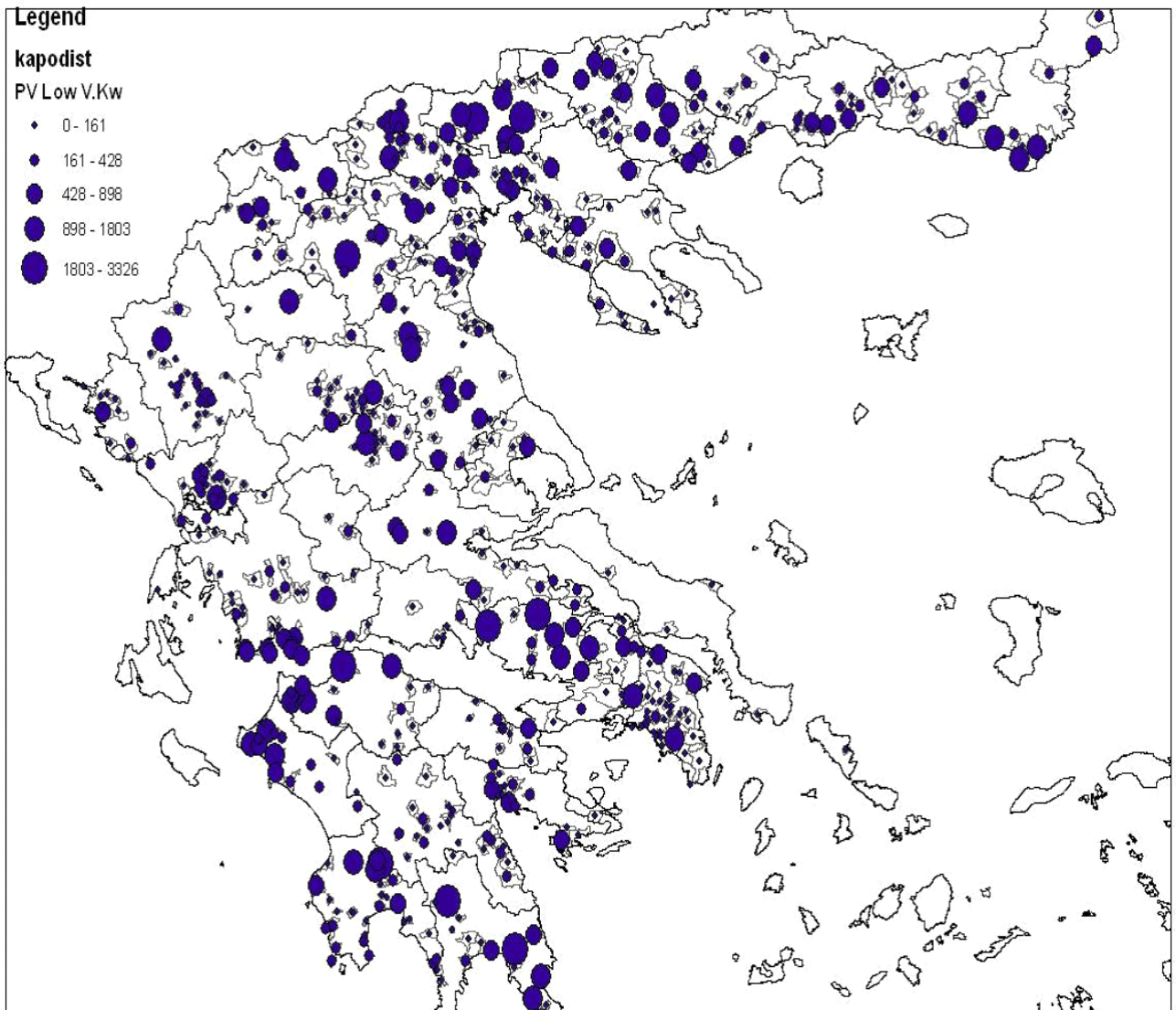
Μελετώντας, την εξάπλωση των φωτοβολταϊκών πάρκων στην Ελλάδα κατά τα έτη 2007 – 2012, παρατηρούμε ότι:

- 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 και την εγκατεστημένη τους ισχύς,
- 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 και

- η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων στο Νομό Ευβοίας είναι περιορισμένη καθώς επιτρέπεται σε ορισμένα δημοτικά διαμερισμένα για συγκεκριμένο πλήθος φωτοβολταϊκών περιορισμένης εγκατεστημένης ισχύος.

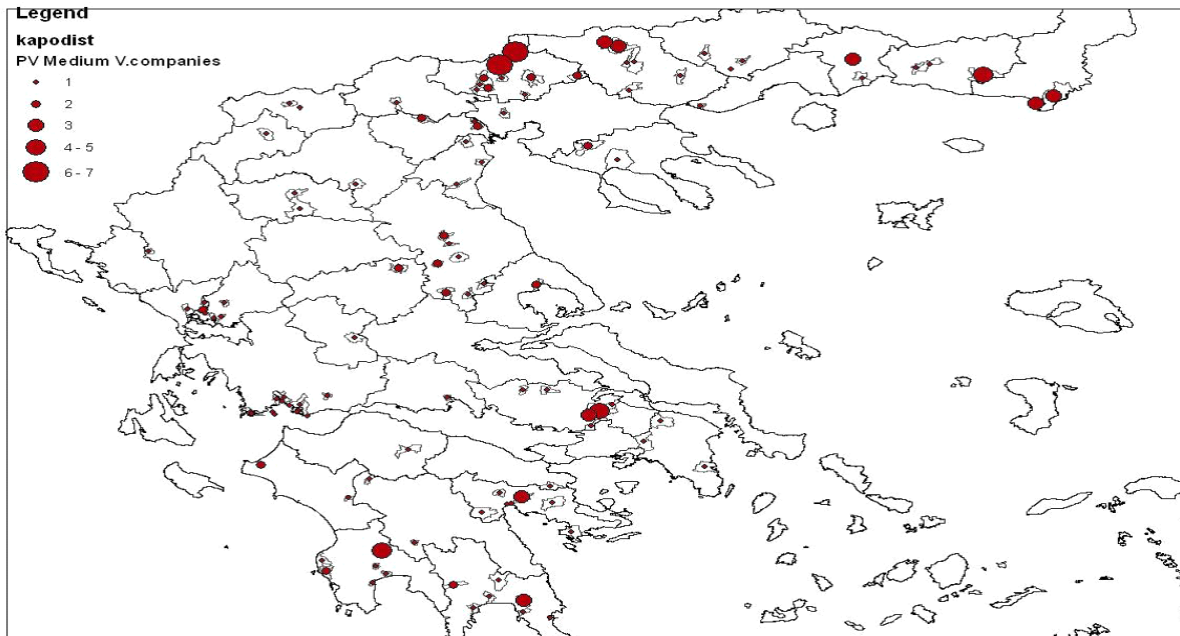


Σχήμα 9.2. Πλήθος εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων (εταιρείες και φυσικά πρόσωπα) στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ)

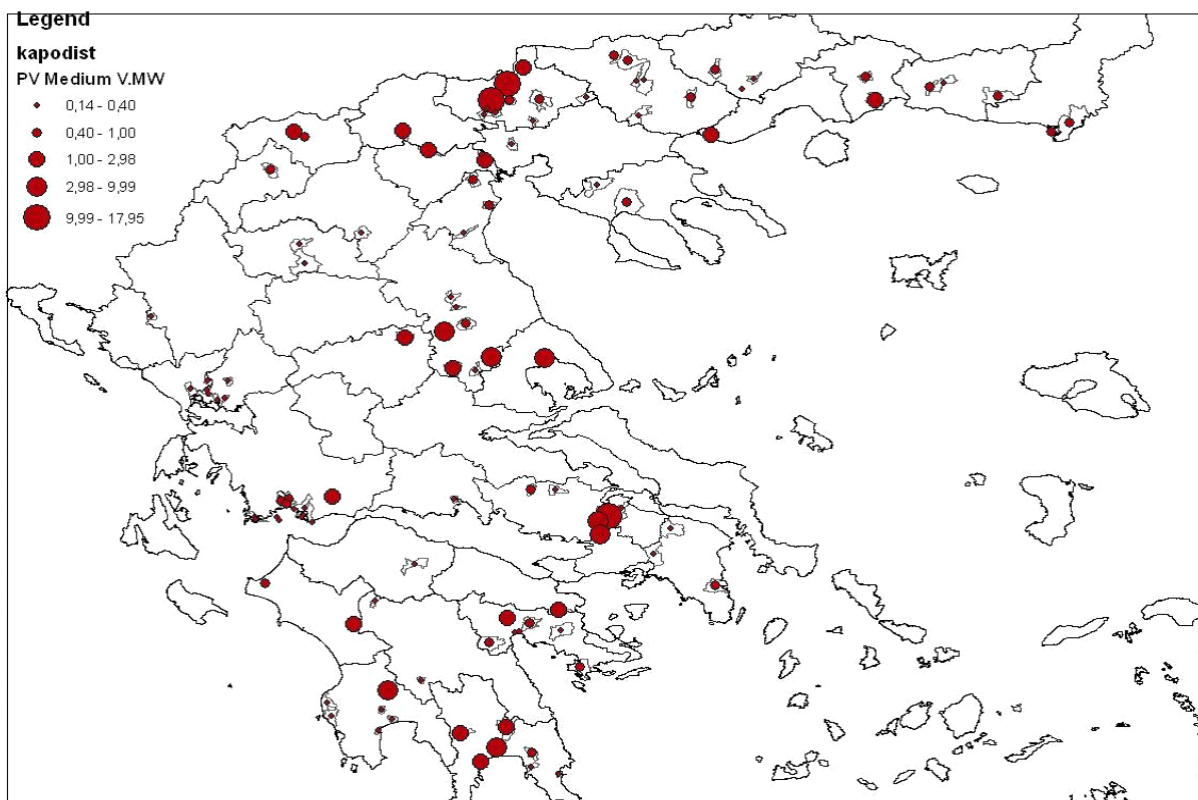


Σχήμα 9.3. Συνολική εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς (kW) (εταιρείες και φυσικά πρόσωπα) στο Δίκτυο της Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) στην Ηπειρωτική Ελλάδα

Στη συνέχεια ακολουθούν διαγράμματα για το πλήθος των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων και τη συνολικά εγκατεστημένη ισχύς στο δίκτυο της μέσης τάσης (ΜΤ).



Σχήμα 9.4. Πλήθος εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων στο Δίκτυο της Μέσης Τάσης (MT) στην Ηπειρωτική Ελλάδα



Σχήμα 9.5. Εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύς (MW) στο Δίκτυο της Μέσης Τάσης (MT) στην Ηπειρωτική Ελλάδα

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή καταβλήθηκε προσπάθεια έτσι ώστε να καταγραφούν όσον το δυνατόν περισσότερα στοιχεία για το θέμα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας καθώς και τη διαχείρισής τους (ιδιαίτερα των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων) στον Ελλαδικό χώρο με τη βοήθεια του Γ.Σ.Π.

Με δεδομένο ότι πρόκειται για μία καθαρά βιβλιογραφική διατριβή, η εξαγωγή συμπερασμάτων δεν θα προσδώσει κάτι στον επιστημονικό κόσμο. Το βασικό στοιχείο της είναι ότι συντάχθηκε ένα αρκετά ευρύ πλήθος κεφαλαίων και πληροφοριών για ζητήματα που περιλαμβάνουν βασικά ζητήματα της διαχείρισης των Α.Π.Ε. και ιδιαίτερα των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων στη χώρα μας.

Μια διεξοδική ανασκόπηση του παρόντος ντοκουμέντου οδηγεί αρχικά στην κατανόηση του ενεργειακού προβλήματος τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο και ταυτόχρονα προϋποθέτει για το ποιες πολιτικές πρέπει να ακολουθηθούν για τη επίλυσή του. Σε μεταγενέστερο στάδιο η σύγκριση των διαφόρων ειδών Α.Π.Ε., των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους, δίνει στον αναγνώστη το στίγμα για την ιδιαιτερότητα και τη χρησιμότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα.

Ένα άλλον πολύ σημαντικό ζήτημα είναι το νομικό και οικονομικό καθεστώς στην Ελλάδα τα οποία αποτελούν τροχοπέδη στην ορθή και μεγαλύτερη ανάπτυξη των συγκεκριμένων Α.Π.Ε.

Η μοντελοποίηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα μπορούσε να παίξει πρωτοπόρο ρόλο στην παραπέρα ανάπτυξη των Φ/Β στη χώρα μας. Το ζήτημα αυτό αποτελεί υπό προϋποθέσεις θέμα για έρευνα από τον επιστημονικό κόσμο που ασχολείται με τις Α.Π.Ε. περισσότερο μέσα από μια μαθηματική σκοπιά και λιγότερο από αυτή του μηχανικού. Στην Ελλάδα αρκετούς μήνες του χρόνου υπάρχει επαρκής ηλιοφάνεια, ηλιακή ενέργεια και ακτινοβολία. Κατά συνέπεια θα μπορούσαμε να είμαστε μια χώρα αυτάρκης όσον αφορά το ενεργειακό ζήτημα.

Όσον αφορά πιο συγκεκριμένα τα Φ/Β συστήματα, παρόλο που έχουν δημιουργηθεί αρκετές μονάδες στη χώρα μας, εντούτοις πολύς κόσμος δεν το θεωρεί τόσο βιώσιμο. Κύριος λόγος είναι ότι δεν έχει μεταφερθεί πλούσια γνώση είτε εντός των πανεπιστημιακών ιδρυμάτων είτε εντός των εταιριών. Μια αναλυτική ματιά σε διατριβές σαν και αυτή, μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή απόψεων κατά κύριο λόγο σε μηχανικούς οι οποίοι θα θελήσουν να αντιληφθούν ορθά το μηχανισμό κατασκευής και λειτουργίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Τέλος, πολύ σημαντική συνεισφορά στον τομέα αυτό είναι η δημιουργία και χρήση λογισμικών σαν και αυτό που περιγράφεται στην παρούσα διατριβή. Η συμβολή της τεχνολογίας μέσω της εξέλιξής της αποδεικνύεται πολύ σημαντική. Με τέτοια επιτεύγματα, υλοποιούνται πιο γρήγορα σκέψεις και αποφάσεις, καθώς επίσης προκύπτουν και πολύ σημαντικές πληροφορίες σε ελάχιστο χρόνο, οι οποίες στο παρελθόν θα αποτελούσαν φενάκη για την πραγματοποίηση μελετών και ερευνών σε αντίστοιχα θέματα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ARMINES, NTUA, INESC, RAL, PPC Development and implementation of an advanced control system for the optimal operation and management of medium-sized power systems with a large penetration from renewable power sources, Final report of JOULE II project JOU2-CT92-0053. Edited by the Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 1996.

Batzias F.A, Nikolaou N.P. and Kakos A.S., « Modelling the natural gas consumption in a changing environment, *Journal Computational Methods in Sciences and Engineering* 6 (2006) 339 – 352.

Broomhead, D.S., Lowe, D., Multivariable functional interpolation and adaptive networks, *Complex Systems* 2 (1988) 321–355.

Chen, S., Cowan, C. F. N., Grant, P. M., Orthogonal Least Squares Learning Algorithm for Radial Basis Neural Networks, *IEEE Transactions on Neural Networks* 2 (1991) 302-309.

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.

Leonard, J.A., Kramer, M.A., Radial Basis Function Networks for Classifying Process Faults, *IEEE Control Systems* 11 (1991) 31-38.

Lorenzo E. Energy Collected and Delivered by PV modules. In: Luque A, Hegedus S, editors. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd; 2003, pp. 905-970.

Luque Antonio, Steven Hegedus, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Wiley 2002

Markvart Tomas, Practical handbook of photovoltaics: Fundamentals and Applications, Elsevier 2003.

Markvart Tomas, Solar electricity, second edition, Wiley 1994.

McCulloch W., Pitts W., A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics 7 (1943) 115 – 133.

Moody, J., Darken, C., Learning with localized receptive fields, Proceedings of the 1988 Connectionist Models Summer School (Touretzky, Hinton and Sejnowski (Eds.)), 133-143, Morgan- Kaufmann, San Mateo, CA, 1988.

Nikos. D. Hatziargyriou, Zoe Vrontisi, Antonis G. Tsikalakis, Vasilis Kiliass, "The effect of island interconnections on the increase of Wind Power penetration in the Greek System." In proc. of the 2007 IEEE PES General Meeting, 24-28 June 2007, Tampa, Florida, US, PESGM07 '07- 1075.

N. Hatziargyriou, et al, "MORE CARE Overview", in Proc. of MedPower02, MED02/002 Athens, Nov 2002

Poggio, T., Girosi, F., Networks and the best approximation property", MIT Artificial Intelligence Laboratory, 1989.

SidirasDimitrios K, Emmanuel G. Koukios, Solar systems diffusion in local markets, Energy Policy 32 (2004) 2007–2018.

SidirasDimitrios 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,

SidirasDimitrios 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.

Wang Yaw-Juen, and Po-Chun Hsu, « Analysis of Partially Shaded PV Modules Using Piecewise Linear Parallel Branches Model » (2009).

Ανδρονίκου Ε. (2012). «Ανάπτυξη των ΑΠΕ και επιπτώσεις στην απασχόληση. Η περίπτωση της Κύπρου», Αθήνα, Ε.Μ.Π

(Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2012)

Ζέρβας Π., Διδακτορική Διατριβή «Σχεδιασμός, Ανάπτυξη και Βελτιστοποίηση Υβριδικής Μονάδας Ισχύος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Τεχνολογιών Υδρογόνου», Σελ. 15 – 49, 2009

Ζερβός Αρθούρος, *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, Αθήνα 2006.

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

Καρούλλας Νικόλας, Διπλωματική Εργασία, «ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ», Σελ. 13-37, 2014.

Κασσιός Κ., Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον απο έργα και προγράμματα, Εκδόσεις Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, Αθήνα 2006

Κουτσόπουλος Κ. (2005α). «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου», Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Κουτσόπουλος Κ. (2005β). «Εφαρμογές του Λογισμικού ArcGIS 9x με Απλά Λόγια», Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Μανιάτης Γ. (1996). «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης – Κτηματολογίου», Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη

Μανούρης Γ., Ακύρωση αποφάσεων έγκρισης περιβαλλοντικών όρων μεταλλευτικών έργων και συναφών δραστηριοτήτων, Εκδόσεις Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, Αθήνα 2006

Μπεργελές Γ., ‘Ανεμοκινητήρες’, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2005

Ξενάκης Θεόδωρος, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ «ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΧΩΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ (σύστημα HUMAN ΧΟΡΑΣYS)», Σελ 70-90, 2007

Ροδίτη Μ., Μεταπτυχιακή Διατριβή, «Διαχείριση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) βοηθούμενη από Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS): Η περίπτωση των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων», Σελ 15-35, 97-106, 118-134, 146-162 Αύγουστος 2008

Τσικαλάκης Γ. Αντώνιος, Διδακτορική Διατριβή «Συμβολή στον προγραμματισμό λειτουργίας Δικτύων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας με μεγάλη διείσδυση διεσπαρμένης και ανανεώσιμης παραγωγής και συσκευών αποθήκευσης», Σελ. 27-29, Ιούλιος 2008

Φ.Ε.Κ.

Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αποσυμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις, ν.2244 / 94

Νόμος 2773/99, ΦΕΚ Α'286, 22 Δεκεμβρίου 1999

Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης Αξιολόγησης και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, σύμφωνα με το άρθρο 4 του ν. 1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του ν.3010 / 2002

Καθορισμός τρόπου ενημέρωσης και συμμετοχής του κοινού κατά τη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων των έργων και δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παράγραφο 2 του άρθρου 5 του Ν. 1650 / 1986 όπως αντικαταστάθηκε με τις παραγράφους 2 και 3 του άρθρου 3 του Ν.3010 / 2002

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ν.3468 / 2006 / Α – 129

ΝΟΜΟΣ 3468/2006 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις (Φ.Ε.Κ. Α' 129/27.06.2006)

WEBSITES

Danish Wind Industry Association, www.windpower.org/en/stat/unitsw.htm

<http://www.deddie.gr>

<http://www.dei.gr>

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

<http://energypoint.gr>

<http://www.erec.org>,

European Commission (2009), Eurostat, Statistics, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

<http://landwaterwind.blogspot.gr>

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

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

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

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

The Meteorological Resource Center, www.webmet.com/met_monitoring/663.html

THERMIE Project, <http://www.chemeng.ntua.gr/solarlab/THERMIE-en.html>

<http://www.windplatform.eu>

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

Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων, <http://www.heliev.gr>

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας,
<http://www.cres.gr/kape/index.htm>

Μετεωρολογικός Σταθμός "ΙΤΙΑ" του ΕΜΠ, <http://www.meteo.ntua.gr/e/histdata/>