

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ»**

ΓΑΛΑΝΟΥΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΑΜ:4201

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΕΝΑΝΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Ηράκλειο, Ιούνιος 2013

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ.....	4
1.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.....	6
1.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	6
1.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ.....	10
1.5 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	10
2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	12
2.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ-ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	12
2.1.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ (ΥΠΕΡ)ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	12
2.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ.....	13
3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ.....	14
3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	14
3.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΜΕΤΑΦΟΡΑ.....	14
3.3 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ-ΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ.....	15
3.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ/ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ.....	15
4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	17
4.1 ΜΗ ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	17
4.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	17

4.2.1 ΒΥΘΙΣΕΙΣ ΤΑΣΗΣ.....	17
5. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	19
5.1 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΚΑΙ ΠΕΛΑΤΩΝ.....	19
5.2 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	20
5.3 ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ.....	21
6. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	24
6.1 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΥΓΕΙΑ.....	24
6.2 ΤΟΠΙΟ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΕΝΤΑΞΗ.....	24
6.3 ΑΝΑΚΛΑΣΕΙΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	26
6.4 ΟΔΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ.....	26
6.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	26
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	28
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	29

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα Ηλιακά Συστήματα (ΗΣ) αποτελούν καθαρές, αλλά και ασφαλείς τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, δεδομένου ότι εκμεταλλεύονται μια αενάως ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, ενώ η λειτουργία τους δε συνοδεύεται από σημαντική έκλυση αέριων, υγρών ή στερεών αποβλήτων συγκριτικά με τις συμβατικές πηγές. Σε γενικές γραμμές αποτελούν τεχνολογίες με αναστρέψιμες συνέπειες στο περιβάλλον, οι οποίες λόγω της μικρής ισχύος των συστημάτων αλλά και της μικρής επιφάνειας που καταλαμβάνουν, είτε θεωρούνται προσωρινές και αμελητέες, είτε δύνανται να εξαλειφθούν χρησιμοποιώντας τεχνικές απαλοιφής τους και κανόνες καλής πρακτικής.

Παραταύτα στην παρούσα εργασία εντοπίζονται και αναλύονται ακόμα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες είτε λόγω της μικρής τους διάρκειας θεωρούνται προσωρινές είτε συγκρίσει άλλων το μέγεθος επιρροής τους στο περιβάλλον θεωρείται μικρό άρα χαρακτηρίζονται ως αμελητέες.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον γενικό όρο **φωτοβολταϊκά** χαρακτηρίζονται οι βιομηχανικές διατάξεις μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην ουσία πρόκειται για ηλεκτρογενήτριες που συγκροτούνται από πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία σε επίπεδη διάταξη που έχουν ως βάση λειτουργίας το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Τα φωτοβολταϊκά ανήκουν στη κατηγορία των **Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας**

1.1 Ηλιακή ενέργεια και φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μετατρέπουν ένα μέρος της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται είναι συνεχές (DC) και χρησιμο-ποιείται για την φόρτιση συσσωρευτών οι οποίοι με τη σειρά τους τροφοδοτούν ηλεκτρικές συσκευές συνεχούς τάσης (ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, φωτιστικά, υπολογιστές κ.ά.).

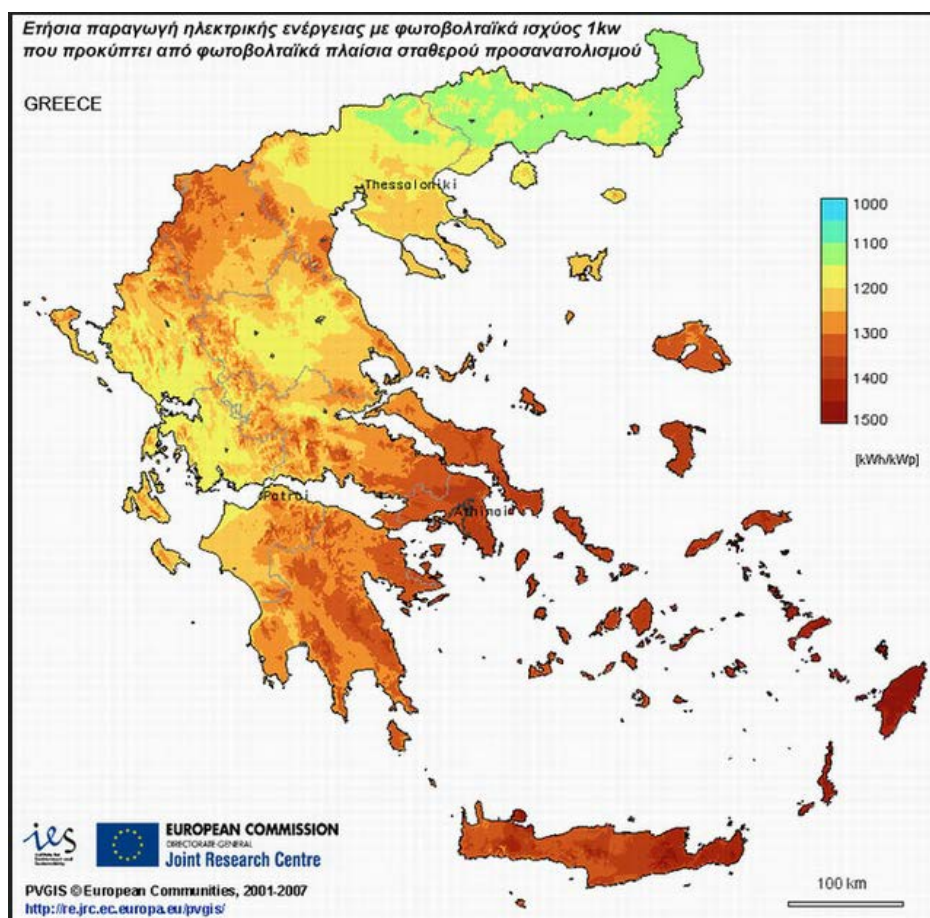
Με τη χρήση ενός αντιστροφέα (inverter) μπορούμε να το μετατρέψουμε σε εναλλασσόμενο (AC) και να τροφοδοτήσουμε τις συσκευές που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα. Επειδή το ρεύμα "φιλτράρεται" με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να πούμε ότι κατά κάποιο τρόπο είναι "καθαρότερο" ακόμη και από το ρεύμα του δικτύου, εφόσον χρησιμοποιείται inverter καλής ποιότητας.

Γενικά είναι πολύ εύκολο για κάποιον με στοιχειώδεις ηλεκτρολογικές γνώσεις να εγκαταστήσει ένα μικρό εφεδρικό σύστημα (back up) με συσσωρευτές. Για μεγαλύτερα συστήματα και ειδικά για τα συστήματα που συνδέονται με το βασικό δίκτυο, η εγκατάσταση πρέπει να γίνει από εξειδικευμένο τεχνικό. Υπάρχει η δυνατότητα για κάθε χομπίστα να ξεκινήσει πειραματιζόμενος με την ηλιακή ενέργεια με μικρά kit πειραματισμού και να προχωρήσει σταδιακά σε μεγαλύτερα πολύ εύκολα. Απαιτούν ελάχιστη συντήρηση και μπορούν να λειτουργήσουν για 20 έως 30 χρόνια χωρίς προβλήματα.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει σε ένα έτος από 1100 KWh (βόρεια Ελλάδα) έως 1450 KWh (νότια Ελλάδα) για κάθε KW που έχει εγκατασταθεί. Δεν υπάρχει διαφορά από τις ανάγκες που καλύπτει το ρεύμα της Δ.Ε.Η. Μπορούμε να καλύψουμε όλες τις ανάγκες, αν και δεν προτείνεται, για λόγους απόδοσης και οικονομίας,

για συσκευές όπως είναι οι ηλεκτρικές κουζίνες, ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες και άλλες μεγάλες ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης. Γι' αυτές τις περιπτώσεις προτείνεται το φυσικό αέριο ή ο ηλιακός θερμοσίφωνα.

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδεδεμένα με το δίκτυο της ΔΕΗ ή σαν αυτόνομα, ανεξάρτητα από το κεντρικό δίκτυο συστήματα. Στα συνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, αν η ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι μικρότερη από τις ανάγκες, τότε το δίκτυο παρέχει αυτόματα την απαιτούμενη επιπλέον ενέργεια. Αν η παραγόμενη ενέργεια είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση των φορτίων, η παραπάνω ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο έναντι προσυμφωνημένης (και πολύ ελκυστικής) τιμής, εξασφαλίζοντας κέρδος για τον αυτοπαραγωγό. Στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα η ενέργεια που παράγεται αποθηκεύεται σε ειδικούς συσσωρευτές (μπαταρίες), εξασφαλίζοντας παροχή ηλεκτρικού ρεύματος ακόμη και όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια για συνεχόμενες ημέρες καθώς και τις νύχτες.



Εικόνα 1 "Χάρτης Ελληνικής Ηλιακής Ενέργειας"

1.2 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό (Φ/Β) φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το Φ/Β φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Εντμόντ Μπεκερέλ (Alexandre-Edmond Becquerel). Περιληπτικά πρόκειται για την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του Φ/Β στοιχείου και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στο Φ/Β στοιχείο οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο.

1.3 Νομοθεσία Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Στη Συνάντηση Κορυφής των ηγετών της Ε.Ε. της 8ης Μαρτίου 2007, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, λαμβάνοντας υπόψη την πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για μια -Ενεργειακή Πολιτική για την Ευρώπη-, ενέκρινε ένα συνολικό ενεργειακό Σχέδιο Δράσης για την περίοδο 2007-2009. Πρόκειται, στην ουσία, για τη διατύπωση και υιοθέτηση (για πρώτη φορά στην ιστορία της Ε.Ε) μιας κοινής ευρωπαϊκής πολιτικής για την ενέργεια.

Το Σχέδιο Δράσης αυτό υποδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε να σημειωθεί σημαντική πρόοδος στην αποτελεσματική ολοκλήρωση και λειτουργία της εσωτερικής αγοράς της Ε.Ε., στους τομείς του φυσικού αερίου και της ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα εξετάζει τον διορισμό συντονιστών της Ε.Ε. για τέσσερα σχέδια προτεραιότητας ευρωπαϊκού ενδιαφέροντος. Τέλος, θίγει το καίριο ζήτημα της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού και της αντιμετώπισης ενδεχόμενων κρίσεων.

Στο επίκεντρο της νέας Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής βρίσκεται ένας κύριος στρατηγικός ενεργειακός στόχος: η μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου της Ε.Ε. κατά 20% μέχρι το 2020 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.

Για την επίτευξη του κεντρικού αυτού στρατηγικού στόχου, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προτείνει την παράλληλη επιδίωξη τριών σχετιζόμενων στόχων, με ορίζοντα το 2020:

(α) βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%.

(β) αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό μείγμα κατά 20% και

(γ) αύξηση του ποσοστού των βιοκαυσίμων στις μεταφορές κατά 10%.

Σημαντικότερο στοιχείο, που διαφοροποιεί το παρόν πλαίσιο από προγενέστερα, είναι το ότι οι στόχοι για τις ΑΠΕ (20% διείσδυση μέχρι το 2020) και το υγρά βιοκαύσιμα (10% αύξηση μέχρι το 2020) είναι δεσμευτικού χαρακτήρα. Σημειώνεται ότι το 20% της διείσδυσης των ΑΠΕ αφορά στο σύνολο των ενεργειακών χρήσεων (ηλεκτρισμός, θερμότητα και μεταφορές) και ως εκ τούτου, είναι ιδιαίτερα φιλόδοξος.

Για την ηλεκτροπαραγωγή εκτιμάται ότι το επιθυμητό ποσοστό διείσδυσης θα ξεπεράσει το 30%. Ο στρατηγικός στόχος και τα συγκεκριμένα μέτρα για την υλοποίησή του που περιγράφονται στο Σχέδιο Δράσης, αποτελούν τον πυρήνα της νέας Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής.

Στις 23 Ιανουαρίου 2008, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σε συνέχεια του Ευρωπαϊκού Σχεδίου Δράσης για την Ενέργεια, παρουσίασε δύο προτάσεις για νέες Οδηγίες, για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2013-2020 και για τις ΑΠΕ Σχετικά με αυτές τις Οδηγίες, υπάρχουν επιμέρους προτάσεις για τις χώρες-μέλη. Για τις ΑΠΕ, η μέτρηση της διείσδυσης θα γίνει στην τελική κατανάλωση (και όχι στην πρωτογενή ενέργεια), όπου θα ισχύσει 20% διείσδυση σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Για την Ελλάδα, ο στόχος είναι 18% επί της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για το 2020. Θα εκπονηθούν Εθνικά Σχέδια Δράσης από τις χώρες-μέλη και θα υπάρχουν ενδιάμεσοι έλεγχοι υλοποίησης του στόχου, το 2014, το 2016 και το 2018.

Παράλληλα, εισάγεται ο θεσμός της εμπορίας πιστοποιητικών εγγύησης προέλευσης από ΑΠΕ, μεταξύ των χωρών-μελών. Οι κύριοι άξονες της ενεργειακής πολιτικής στην Ελλάδα συνοψίζονται στα εξής:

- Ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού.
- Διαφοροποίηση ενεργειακών πηγών.
- Προστασία του περιβάλλοντος
- Προώθηση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας, μέσω ενεργειακών επενδύσεων καθαρών ενεργειακών τεχνολογιών, εξασφαλίζοντας παράλληλα την περιφερειακή ανάπτυξη.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι:

- Η παρουσίαση των διαφόρων τεχνολογιών και των εφαρμογών τους.
- Η κωδικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τη χρήση των ΑΠΕ, καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους, καθώς και με την ήπια ένταξή τους στο περιβάλλον
- Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των έργων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή.
- Η παράθεση τεχνικών οδηγιών και προδιαγραφών

Η εκπλήρωση του στόχου της Κοινοτικής Οδηγίας για την παραγωγή ηλεκτρικού από ΑΠΕ (2001/77/ΕΟ) εξακολουθεί να είναι η μεγάλη πρόκληση της Ελλάδας, όσο αφορά στις ΑΠΕ. Σύμφωνα με αυτήν, η Ελλάδα «καλείτο» να αυξήσει τη συμβολή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, στο επίπεδο του 20.1% το 2010 (συμπεριλαμβανομένης της συμβολής των μεγάλων υδροηλεκτρικών). Ο στόχος αυτός, αν και υψηλός, δεν είναι ανέφικτος και εκτιμάται ότι μπορεί να επιτευχθεί με κάποια μικρή χρονική καθυστέρηση. Ο δρόμος για την ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ στη χώρα μας άνοιξε ουσιαστικά με τον Ν.2244/94 και συνεχίστηκε με τον Ν.2773/99 που θέτει τους κανόνες για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και προβλέπει με ειδική διάταξη, ότι ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας υποχρεούται να δίνει προτεραιότητα στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ.

Επίσης, ο νόμος αυτός επαναφέρει την άδεια ίδρυσης σταθμών ηλεκτρο-παραγωγής, με τη μορφή της άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που εκδίδεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης, μετά από γνωμάτευση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ).

Το ίδιο νομικό πλαίσιο (Ν.2244/94, Ν.2773/99) αφορά και στη Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ). Ενώ ο Ν.3175/2003 καλύπτει τα θέματα δικτύων διανομής θερμότητας (τηλεθέρμανση).

Ιδιαίτερη σημασία έχει η ψήφιση του Ν 3468/2006 για τις ΑΠΕ και τη Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ). Ο στόχος του νόμου αυτού είναι η θέσπιση θεμελιωδών αρχών και η θεσμοθέτηση σύγχρονων οργάνων, διαδικασιών και μέσων άσκησης ενεργειακής πολιτικής, που προωθούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και μονάδες ΣΗΘΥΑ.

Στο πρώτο σκέλος του νόμου επιδιώκεται η απλοποίηση και επιτάχυνση των διαδικασιών αδειοδότησης των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ. Το δεύτερο σκέλος του νόμου είναι χρηματοδοτικό εργαλείο υποστήριξης των ΑΠΕ και της ΣΗΘΥΑ μέσω εγγυημένων τιμών αγοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις τεχνολογίες αυτές.

Το νομικά πλαίσιο για τον ενεργειακό σχεδιασμό της χώρας ολοκληρώθηκε με την ψήφιση του Ν 3438/06 για τη σύσταση Συμβουλίου Εθνικής Ενεργειακής Στρατηγικής (Σ.Ε.ΕΧ.), ως γνωμοδοτικό όργανο για τη χάραξη μιας μακροχρόνιας ενεργειακής πολιτικής.

Παράλληλα, εντός του 2008 αναμένεται να εγκριθεί και το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, το οποίο έχει ως στόχο τη διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης των έργων ΑΠΕ που θα επιτρέπουν αφενός τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων ΑΠΕ και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

Ακόμα, θα προβλέπουν τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των εγκαταστάσεων ΑΠΕ ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

1.4 Φωτοβολταϊκή Διάταξη

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays).



Εικόνα 2 "Φωτοβολταϊκό Πάρκο"

1.5 Διάκριση Φ/Β συστημάτων

Υπάρχουν δυο κύριες κατηγορίες συστημάτων, το διασυνδεδεμένο με το δίκτυο και το αυτόνομο. Η απλούστερη μορφή του δεύτερου εκ των δυο αποτελείται απλώς από μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια, η οποία μόνη της τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα ένα φορτίο οποτεδήποτε υπάρχει επαρκής φωτεινότητα. Αυτού του τύπου το σύστημα είναι κοινό σε εφαρμογές άντλησης. Σε άλλες περιπτώσεις το σύστημα περιέχει συνήθως μια φροντίδα για αποθήκευση ενέργειας από τις μπαταρίες. Συχνά συμπεριλαμβάνεται κάποια μορφή ρύθμισης της ισχύος, όπως στην περίπτωση που απαιτείται εναλλασσόμενο

ρεύμα να εξέρχεται από το σύστημα. Σε μερικές περιπτώσεις το σύστημα περιέχει μια εφεδρική γεννήτρια.

Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα μπορούν να υποδιαιρεθούν σ' εκείνα στα οποία το δίκτυο ενεργεί απλώς ως μια βοηθητική τροφοδοσία (εφεδρικό δίκτυο) και εκείνα τα οποία ίσως λάβουν επίσης πρόσθετη ισχύ από τη Φ.Β. γεννήτρια (αλληλοεπιδρώμενο δίκτυο). Μέσα στους Φ.Β. σταθμούς όλη η παραγόμενη ισχύς τροφοδοτείται στο δίκτυο.



Εικόνα 3 "Φωτοβολταϊκή Συστοιχία σε Στέγη"

2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



Εικόνα 4

2.1 Περιβάλλον - Κλιματική αλλαγή

Το περιβαλλοντικό πρόβλημα έχει γίνει εδώ και αρκετά χρόνια αντιληπτό από την ανθρωπότητα. Ιστορικά η απαρχή της ολοκληρωτικής παρέμβασης του ανθρώπου έγινε πριν από δύο περίπου αιώνες κατά την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης. Από εκείνο το σημείο και έπειτα ο άνθρωπος καταναλώνει ακατάπαυτα φυσικούς πόρους (ορυκτούς κυρίως) και μάλιστα με τρόπο τελείως ανεξέλεγκτο και μάλλον ανταγωνιστικό.

Το αποτέλεσμα αυτής της «εξέλιξης» συσσωρευτικά δημιούργησε στο περιβάλλον τα ακόλουθα προβλήματα:

2.1.1 Παγκόσμια (υπερ)θέρμανση (global (over)warming)

Ο όρος παγκόσμια θέρμανση αναφέρεται στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης και των ωκεανών. Σύμφωνα με την αρμόδια επιτροπή του ΟΗΕ ή μέση θερμοκρασία του πλανήτη τον τελευταίο αιώνα έχει αυξηθεί κατά 0,6 βαθμούς C ($\pm 0,2$). Οι προβλέψεις της ίδιας επιτροπής για το τέλος του αιώνα που διανύουμε είναι πολύ χειρότερες μιας και πιθανολογείται επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας έως και 5,8

βαθμούς C. Το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης έχει άμεσα πλέον συνδεθεί με την παραγωγή των αερίων θερμοκηπίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Ήδη με την χρήση δορυφόρων (1992) έχει διαπιστωθεί ότι η μέση αύξηση του επιπέδου της θάλασσας είναι 2,8 χιλιοστά/έτος άλλα διατηρούνται επιφυλάξεις για την αξιοπιστία (διακριτική ικανότητα) των μετρήσεων.

Έχει γίνει αντιληπτό ότι ο μόνος τρόπος για να αντιμετωπιστεί στο σημείο που έχουμε φτάσει είναι μέσω διαρθρωτικών κοινωνικοπολιτικών αλλαγών. Η χρησιμοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι σίγουρα ένα σημαντικό βήμα για την μείωση των περιβαλλοντολογικών προβλημάτων που μαστίζουν την ανθρωπότητα η τουλάχιστον για την επιβράδυνση του ρυθμού αύξησης των αερίων .

2.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ & ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Οι θετικές επιπτώσεις των ΗΣ αναφέρονται στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, τη βελτίωση της ποιότητας σε υδάτινους αποδέκτες, την αποκατάσταση καταστραμμένης ή εγκαταλειμμένης χερσαίας επιφάνειας, τη μείωση της ρύπανσης των αστικών περιοχών καθώς και μείωση του αριθμού των γραμμών μεταφοράς της ενέργειας. Επιπλέον τα ΗΣ συνεισφέρουν θετικά στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, στην ενίσχυση της τοπικής μικροοικονομίας και στην απεξάρτησή της από τα συμβατικά καύσιμα, στην ηλεκτροδότηση απομακρυσμένων περιοχών βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής των πολιτών.

Οι νέες τιμές των φωτοβολταϊκών (σε ευρώ / MWh)									
Μήνας/ Έτος	Για εγκαταστάσεις <100 kW και μη διασυνδεδεμένα νησιά			Για εγκαταστάσεις >100 kW			Για τα φωτοβολταϊκά στασιστάτες		
	Παλαιά τιμή	Νέα τιμή	Δ%	Παλαιά τιμή	Νέα τιμή	Δ%	Παλαιά τιμή	Νέα τιμή	Δ%
Αύγουστος 2012	306,60	225,00	-26,37%	271,64	180,00	-33,73%	470,25	250,00	-46,83%
Φεβρουάριος 2013	284,20	214,88	-24,39%	252,62	171,90	-31,95%	446,73	238,75	-46,55%
Αύγουστος 2013	264,31	205,21	-22,36%	234,94	164,16	-30,12%	424,40	228,01	-46,27%
Φεβρουάριος 2014	245,31	195,97	-20,27%	218,49	156,78	-28,24%	403,18	217,75	-45,99%
Αύγουστος 2014	228,60	187,15	-18,13%	203,20	149,72	-26,32%	383,02	207,95	-45,71%

Εικόνα 5 “Τιμές φωτοβολταϊκών σε ευρώ”

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ

Οι ενδεχόμενες περιβαλλοντικές διαταραχές από τα ΗΣ σχετίζονται κυρίως με την αισθητική αλλά και με το θόρυβο κατά την εγκατάστασή τους. Ο βαθμός όχλησης αυξάνεται με το μέγεθος των συστημάτων. Οι επιπτώσεις αυτές προλαμβάνονται ή/και αντιμετωπίζονται επιτυχώς με ορθή χωροθέτηση, η οποία προϋποθέτει ορθή εκτίμηση των εναλλακτικών θέσεων εγκατάστασης και εκτίμηση των αναμενόμενων επιπτώσεων, την εκπόνηση Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΠΕ), τη χρήση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών, την ανάλυση κόστους-οφέλους σε τοπικό/περιφερειακό/εθνικό επίπεδο, καθώς και τη συμμετοχή του κοινού και σχετικών κοινωνικών ομάδων/οργανώσεων κατά τη διάρκεια εκπόνησης πρώιμων σταδίων του σχεδιασμού, με στόχο την εξασφάλιση της κοινωνικής αποδοχής.

3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Ατμόσφαιρα-Θόρυβος: Τόσο κατά την παραγωγική διαδικασία όσο και την επεξεργασία των χρησιμοποιούμενων υλικών δημιουργείται θόρυβος και εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων κυρίως από τις εγκαταστάσεις παραγωγής.

Υδάτινοι Αποδέκτες-Έδαφος-Ατμόσφαιρα: Οι διεργασίες της αντιδιαβρωτικής προστασίας, της ανοδικής επεξεργασίας και των πολυεστερικών θερμικών βαφών του αλουμινίου, παράγουν κάποιες ποσότητες αποβλήτων πλήρως αναστρέψιμης τοξικότητας. Παραταύτα, η διαρροή τους στο περιβάλλον και η χωρίς προηγούμενη επεξεργασία απόρριψή τους στο έδαφος ή στους υδάτινους αποδέκτες, σε μεγάλες συγκεντρώσεις, προκαλεί ρύπανση.

3.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΜΕΤΑΦΟΡΑ

Κατά την εγκατάσταση και μεταφορά αυξάνεται το επίπεδο θορύβου της περιοχής λόγω των εργασιών. Είναι πιθανή, από την ανάκλαση ηλιακών ακτινών, προσωρινή θάμβωση των εργαζομένων, ενώ δεν αποκλείονται εργατικά ατυχήματα κατά την εγκατάσταση και

τοποθέτηση ΗΘΣ. Επίσης από τα οχήματα που μεταφέρουν τα ηλιακά θερμικά συστήματα (ΗΘΣ) προκαλείται θόρυβος και ατμοσφαιρικές εκπομπές.



Εικόνα 6 "Μελέτη Κτιρίου"

3.3 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ - ΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ

Κατά το στάδιο της συντήρησης είναι δυνατόν να αυξηθεί το επίπεδο του θορύβου στην περιοχή, ενώ η χρήση χημικών ουσιών είναι δυνατόν να επιβαρύνει το έδαφος σε περίπτωση διαρροής ή ατυχήματος. Εκτός από τις διατάξεις Si, η τοξικότητα του Cd αφορά στη διάθεση των διατάξεων CdTe. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ανακύκλωση ή διάθεση σύμφωνα με τους κανονισμούς διάθεσης απορριμμάτων. Η καύση οδηγεί σε ανεξέλεγκτες αέριες εκπομπές Cd. Αντίστοιχα, η ανεξέλεγκτη διάθεση σε χωματερές οδηγεί σε ρύπανση των υπογείων υδάτων.

3.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ/ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Άνθρωπος. Για να καλύψει τις ανάγκες προσλαμβάνεται εξειδικευμένο προσωπικό. Στο στάδιο της παραγωγής απαιτείται ασφαλής αποθήκευση επικινδύνων χημικών, τήρηση κανόνων ασφάλειας χειρισμού επικινδύνων ουσιών και κατάλληλος εργασιακός εξοπλισμός (μάσκες ασφάλειας, γάντια) κατά την έκθεση ή τη διαχείριση των επικινδύνων χημικών. Κατά την εγκατάσταση απαιτείται η χρήση κανόνων καλής πρακτικής.

Χλωρίδα–Πανίδα–Οικοσυστήματα: Υποστηρίζεται και επαναδημιουργείται η βιοποικιλότητα του χώρου εγκατάστασης για την ανάκτηση μεγάλου μέρους των αρχικών τους χαρακτηριστικών. Επιπλέον φυτεύονται φωτοευαίσθητοι θάμνοι ή πόες στις επιφάνειες σκίασης των συλλεκτών για τη μείωση της οπτικής όχλησης.

Αισθητική–Τοπίο: Απαιτείται ορθή χωροθέτηση, ενώ αποφεύγεται η εγκατάσταση πλησίον περιοχών ιδιαίτερου φυσικού κάλλους ή πολιτιστικών και ιστορικών μνημείων. Το σχήμα του ΦΒΣ εναρμονίζεται με το κτίριο χρωματικά και σχηματικά. Επιδιώκεται η εναλλακτική χρήση ΦΒ στοιχείων (α) ως σκίαστρα σε υπόστεγα χώρων στάθμευσης, αλλά και σε παράθυρα κτιρίων αντί συμβατικών μέσων σκίασης, (β) ως ηχοπέτασμα σε εθνικές οδούς και περιμετρικά νοσηλευτικών ιδρυμάτων με κατάλληλη χωροθέτηση,

Ατμόσφαιρα: Εισάγονται στοιχεία χωρίς πλαίσια για τη ενσωμάτωση στο κτίριο εξοικονομώντας σημαντικά ποσά ενέργειας για τα πλαίσια αλουμινίου ελαττώνοντας τις συνολικές εκπομπές του συστήματος. Με την ενσωμάτωσή τους στο κέλυφος του κτιρίου αποφεύγεται η χρήση συμβατικών υαλοπινάκων, και συνεπώς επιπτώσεις τόσο από την παραγωγή του γυαλιού, όσο και από την παραγωγή πλαισίων.

Διαχείριση αποβλήτων: Ανακτώνται και ανακυκλώνονται οι χρησιμοποιούμενοι κρύσταλλοι κατά το στάδιο της αποικοδόμησης. Η διαχείριση των απορριμμάτων από ΦΒ στοιχεία γίνεται σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς διαχείρισης/επεξεργασίας επικινδύνων και συμβατικών αποβλήτων.

4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

4.1 Μη Τεχνικά Προβλήματα Συνδεδεμένων στο Δίκτυο Φ/Β Συστημάτων

Παρά το γεγονός ότι πολλά από τα τεχνικά προβλήματα έχουν ήδη επιλυθεί, υπάρχουν ακόμα εμπόδια που περιορίζουν τη ευρεία διάδοση χρήσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Πρόκειται για τα εξής:

- Το υψηλό κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων
- Το κόστος των συνιστάμενων επιμέρους μερών τους
- Η έλλειψη της συγκεκριμενοποίησης των απαιτήσεων για τα συνδεδεμένα συστήματα
- Η έλλειψη εκπαιδευμένου προσωπικού και επιθεωρητών για την εγκατάσταση

4.2 Τεχνικά Προβλήματα Συνδεδεμένων στο Δίκτυο Φ/Β Συστημάτων (Επίδραση Δικτύου στο Φωτοβολταϊκό Σύστημα)

4.2.1 Βυθίσεις Τάσης

• Για δίκτυο με χαμηλό φορτίο, η παρατηρηθείσα τάση ήταν σύμφωνα με όρια που ορίζονται από τα πρότυπα EN- 50160 ($\pm 10\%$).

• Εξετάζοντας την κατάσταση με υψηλό φορτίο, παρατηρήθηκε ότι η τάση ήταν κάτω από την ονομαστική τιμή (τα υψηλά ρεύματα φορτίου οδήγησαν σε μεγάλες πτώσεις τάσης). Συνεχείς αυξήσεις στην ισχύ που εγχέεται από τα Φ/Β συστήματα οδήγησαν σε μια βελτίωση της μορφής τάσης και το μέγεθος των πτώσεων τάσης μειώθηκε.

Πειραματικά Στοιχεία (Ευαισθησία των Αντιστροφών του Φ/Β Συστήματος)

Πραγματοποιήθηκαν πειραματικές δοκιμές στα πλαίσια του προγράμματος DISPOWER για αντιστροφείς (αντιπροσωπευτικοί της ευρωπαϊκής αγοράς: 12 μονοφασικές μονάδες με διαφορετικό

σχεδιασμό, χαμηλής συχνότητας μετασχηματιστή, υψηλής συχνότητας μετασχηματιστή και χωρίς μετασχηματιστή) και αποκάλυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- Οι περισσότεροι αντιστροφείς εμφανίστηκαν να είναι πολύ ευαίσθητοι στις βυθίσεις τάσης (δεν αντιστάθηκαν σε γεγονότα με μεγαλύτερο πλάτος από 50% με διάρκεια 40ms, 70% με 100ms).
- Γενικά, οι αντιστροφείς εμφανίστηκαν να είναι πολύ ευαίσθητοι στα άλματα γωνίας φάσης: στις περισσότερες περιπτώσεις, απενεργοποιήθηκαν για ένα άλμα της τάξης των 5° (άλμα γωνίας που ερμηνεύεται από τον αντιστροφέα ως μια απόκλιση συχνότητας).
- Σε μερικές περιπτώσεις, παρατηρήθηκαν βυθίσεις τάσης με σημαντικότερες επιπτώσεις στη λειτουργία των αντιστροφέων (όχι μόνο αποσύνδεση). Ένα μάλλον μεγάλο μέρος των αντιστροφέων παρουσίασε αιχμές ρεύματος μετά την αποκατάσταση της τάσης.
- Η ευστάθεια του βρόχου ελέγχου ρεύματος επηρεάστηκε επίσης σε μερικές περιπτώσεις (προβλήματα ελέγχου ρεύματος: διακυμάνσεις ρεύματος υψηλής συχνότητας ή χαμηλής συχνότητας).
- Η ικανότητα λειτουργίας παρά τη διαταραχή ή γρήγορης επανασύνδεσης μετά τη διαταραχή, που όπως είδαμε λειτουργεί ενάντια στη βύθιση τάσης παρουσιάστηκε μόνο στο 25% των αντιστροφέων, που είχαν γρήγορο βρόχο ελέγχου ρεύματος. Σε μια περίπτωση ένας αντιστροφέας αύξησε το ρεύμα εξόδου του για να κρατήσει τη ισχύ εξόδου σταθερή, παρουσιάζοντας την ικανότητα να μετριάσει τις βυθίσεις τάσης.
- Η υψηλή ευαισθησία των αντιστροφέων στις βυθίσεις τάσης μπορεί να έχει αρνητική επίπτωση στην απόδοση των αντιστροφέων (άρα και των φ/β εγκαταστάσεων), στη διάρκεια ζωής και τελικά στο ίδιο το δίκτυο. Ο έλεγχος της γραμμής διανομής είναι καθοριστικός και επηρεάζει την ευαισθησία των αντιστροφέων στις βυθίσεις τάσης.

5. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

5.1 Ασφάλεια Προσωπικού και Πελατών

Η ασφάλεια του προσωπικού και των καταναλωτών είναι ο πρώτος παράγοντας που εξετάζεται από την άποψη του υλικού και των χρησιμοποιούμενων διαδικασιών κατά την λειτουργία των δικτύων διανομής. Οι υπάρχουσες τοπολογίες, το υλικό και οι πρακτικές προστασίας, οι διαδικασίες ασφάλειας προσωπικού που έχουν υιοθετηθεί, βασίζονται στην παραγωγή ισχύος από κεντρικούς σταθμούς παραγωγής και μεταφορά της στα κατανεμημένα φορτία.

Ένα από τα προβλήματα ασφάλειας που μπορεί προκύψει σε κατανεμημένα

φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής είναι ότι μπορεί να συνεχίσει να τροφοδοτεί με ενέργεια ένα τμήμα του δικτύου διανομής το οποίο αποσυνδέθηκε για λόγους

συντήρησης. Αυτό είναι πιθανό εάν το φορτίο σε αυτό το τμήμα είναι σχεδόν ίδιο με την ισχύ εξόδου του κατανεμημένου συστήματος. Εάν αυτός είναι ο λόγος, τυπικά ρελέ υπερτάσεων/υποτάσεων και μεγαλύτερης/μικρότερης συχνότητας (πάνω ή κάτω από ένα κατώτατο όριο συχνότητας) ίσως δεν μπορούν να ανιχνεύσουν αυτή την ανώμαλη κατάσταση νησιδοποίησης (islanding, θα παρουσιαστεί αναλυτικότερα παρακάτω). Αυτό είναι μια επικίνδυνη κατάσταση για το προσωπικό συντήρησης του δικτύου, επειδή μπορεί να υποθέσουν ότι το τμήμα στο οποίο δουλεύουν έχει αποσυνδεθεί, εάν δεν γνωρίζουν τη κατανεμημένη φωτοβολταϊκή παραγωγή ή εάν υποθέσουν ότι η κατανεμημένη φωτοβολταϊκή παραγωγή δεν τροφοδοτείται με ενέργεια όταν ουσιαστικά τροφοδοτείται.

Υπάρχουν διάφορα μέτρα που μπορούν να παρθούν σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του δικτύου διανομής του κατανεμημένου φωτοβολταϊκού συστήματος.

Πρώτα, πρέπει να προσδιοριστεί η θέση αυτών των συσκευών σε χάρτες

δικτύου. Έπειτα, πρέπει να επιθεωρούνται τα ρελέ, οι διακόπτες ισχύος, οι απαγωγείς υπέρτασης και άλλες συσκευές προστασίας ώστε να εξασφαλιστεί ότι ο εξοπλισμός θα παρέχει την επαρκή προστασία και ασφάλεια. Στο ηλεκτρικό δίκτυο μπορούν να προστεθούν επιπλέον διακόπτες που ελέγχουν την τροφοδότηση και διακόπτες στο δίκτυο διανομής ώστε να μειωθεί το μέγεθος των τμημάτων διανομής με τα φωτοβολταϊκά συστήματα που συνδέονται. Αυτό θα μπορούσε να μειώσει τον αριθμό των κατανεμημένων συσκευών διανομής που θα

έπρεπε να απομονωθούν από το σύστημα κατά τη διάρκεια της επισκευής, συντήρησης ή έκτακτης ανάγκης καθώς και τον αριθμό των διακοπών του κατανεμημένου δικτύου που θα έπρεπε να ανοίξουν και να κλείσουν.

Συνιστάται τα ηλεκτρικά δίκτυα να προσθέτουν ένα πρόσθετο βήμα στα βήματα ασφάλειας που απαιτούνται, κατά την συντήρηση των αποσυνδεδεμένων (νεκρή γραμμή) δικτύων διανομής. Μετά από τα βήματα ασφάλειας που απαιτούνται για να αποσυνδέσουν τον ηλεκτρικό εξοπλισμό και τα κυκλώματα στο μέρος του δικτύου διανομής όπου εκτελείται η εργασία, κάθε κατανεμημένο φωτοβολταϊκό σύστημα παραγωγής, που μπορεί να τροφοδοτήσει την περιοχή εργασίας, πρέπει να αποσυνδεθεί από το ηλεκτρικό δίκτυο. Κατόπιν η περιοχή εργασίας πρέπει να εξεταστεί όσον αφορά την τάση για να καθοριστεί ότι όλες οι συσκευές του κατανεμημένου συστήματος είναι 35 εκτός λειτουργίας. Το κλείσιμο των διακοπών στη γραμμή διανομής και των διακοπών στις εγκαταστάσεις κατανεμημένης φωτοβολταϊκής παραγωγής πρέπει να αποτρέψει την επανατροφοδότηση της περιοχής εργασίας από μια κατανεμημένη ηλεκτρική πηγή.

Μια εναλλακτική λύση για το δίκτυο είναι να χρησιμοποιηθούν οι διαδικασίες ελέγχου ενώ η γραμμή είναι συνδεδεμένη (live-line) παρά να αποσυνδεθεί κάθε συσκευή κατανεμημένου συστήματος που μπορεί να τροφοδοτήσει την περιοχή εργασίας.

Εντούτοις, αυτή η διαδικασία μπορεί να αυξήσει σημαντικά το κόστος και το χρόνο συντήρησης των δικτύων διανομής. Ένα άλλο μειονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι ότι υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος σοβαρού τραυματισμού.

5.2 Προστασία Εξοπλισμού και Συστήματος

Στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχουν τρεις τομείς έντονου ενδιαφέροντος, οι οποίοι είναι:

- (1) σφάλματα προς γη,
- (2) συνεισφορά στην ικανότητα βραχυκυκλώματος, και
- (3) συνεχής λειτουργία του συστήματος σε ένα τμήμα που παρατηρείται νησιδοποίηση.

Οι διατάξεις του συστήματος μπορεί να συμβάλουν με ένα σημαντικό ρεύμα βραχυκυκλώματος κατά την διάρκεια σφαλμάτων που είναι ιδιαίτερα ενοχλητικό για την ασφάλεια, κατά τη διάρκεια προσωρινού

σφάλματος. Καταστάσεις συντονισμού μπορεί να αναπτυχθούν σε ένα τμήμα μιας γραμμής διανομής που είναι απομονωμένη με πυκνωτές και του συστήματος κατά τη διάρκεια σφαλμάτων γραμμής - γης. Αυτό μπορεί να προκαλέσει υπερτάσεις στις φάσεις της γραμμής διανομής που δεν προκλήθηκε σφάλμα.

Οι διαδικασίες ανοιγοκλεισίματος στο δίκτυο διανομής μπορεί να προκαλέσουν νησιδοποίηση και βλάβες αν το σύστημα και οι συσκευές του κατανεμημένου συστήματος φωτοβολταϊκής παραγωγής λειτουργούν εκτός φάσης.



Εικόνα 7 "Βραχυκυκλωμένη Συστοιχία"

5.3 Συνεισφορά στην Ικανότητα Βραχυκυκλώματος

Γενικά θεωρείται ότι οι φ/β γεννήτριες που είναι συνδεδεμένες στα δίκτυα διανομής δεν παρέχουν σφαλματικό ρεύμα βραχυκύκλωσης στο σύστημα στην περίπτωση που το σφάλμα βραχυκύκλωσης γίνεται στη πλευρά του δικτύου διανομής. Αυτό συμβαίνει επειδή το ρεύμα βραχυκυκλώματος μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας είναι το πολύ 10 με 20% μεγαλύτερο από το ονομαστικό μέγιστο ρεύμα εξόδου.

Οι αντιστροφείς είναι κανονικά εξοπλισμένοι με έναν ηλεκτρονόμο που ελέγχει κάποιο κατώτατο όριο τάσης και αντιστροφείς τύπου ελεγχόμενοι από ρεύμα, που χρησιμοποιούνται κυρίως για κατανεμημένη φ/β παραγωγή, έχουν έναν περιορισμό υπερέντασης σε περίπτωση διαταραχής στη πλευρά του δικτύου διανομής.

Επομένως θεωρείται ότι εάν ο αριθμός των συνδεδεμένων φ/β συστημάτων παραμένει μικρός, η επίδρασή τους στη γραμμή διανομής θα είναι αμελητέα. Εντούτοις, εάν ο αριθμός των φ/β συστημάτων αυξηθεί, η ικανότητα βραχυκυκλώματος ολόκληρου του δικτύου διανομής (συμπεριλαμβανομένων των φ/β συστημάτων) μπορεί επίσης να αυξηθεί και το ρεύμα σφάλματος κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος μπορεί να φθάσει σε πιο μεγάλες τιμές. Εάν η τιμή του ρεύματος βραχυκυκλώματος υπερβαίνει την ικανότητα των αυτόματων διακοπών υπερέντασης που έχουν εγκατασταθεί στο τέλος, στη πλευρά των πελατών, μπορεί να τους καταστήσει ανίκανους να εκκαθαρίσουν το σφάλμα στις εγκαταστάσεις των πελατών.

Στα δίκτυα διανομής, η προστασία έναντι σφαλμάτων βραχυκυκλώματος στις γραμμές παρέχεται με τη βοήθεια ηλεκτρονόμων υπερεντάσεως ή/και με ασφάλειες που συνεργάζονται με τις συσκευές προστασίας των γραμμών διανομής. Ένα πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι κάτω από υψηλή διείσδυση της κατανεμημένης φ/β παραγωγής και ορισμένες συνθήκες (για παράδειγμα, όταν εμφανίζεται στο τέλος μιας μεγάλου μήκους γραμμής διανομής με υψηλή αντίσταση), τα φ/β συστήματα μπορεί να είναι ανίκανα να ανιχνεύσουν ένα σφάλμα και παρέχουν ένα σημαντικό μέρος του ρεύματος σφάλματος, ώστε να μην υπάρχει επιλογική προστασία από μέσα προστασίας, να δημιουργούνται υπερβολικά ρεύματα σφάλματος, λανθασμένη λειτουργία των ασφαλειών και δυσκολία στην ανίχνευση σφάλματος. Παραδείγματος χάριν, κανονικά θα έπαιρνε πέντε έως έξι κύκλους για αυτόματο διακόπτη επαναφοράς, χρησιμοποιώντας μια στιγμιαία λειτουργία ενεργοποίησης για να εκκαθαρίσει ένα σφάλμα, ως εκ τούτου μια ασφάλεια χρειάζεται να επιλεχτεί έτσι ώστε ο ελάχιστος χρόνος τήξης της να είναι μεγαλύτερος από το συνολικό χρόνο εκκαθάρισης του διακόπτη σφάλματος (πρέπει να είναι τουλάχιστον έξι κύκλοι συν κάποιο χρόνο περιθωρίου). Εάν το ρεύμα σφάλματος αυξάνεται λόγω της συμβολής της κατανεμημένης παραγωγής στο ρεύμα σφάλματος, ο ελάχιστος χρόνος τήξης μπορεί να είναι σημαντικά πιο σύντομος από έξι κύκλους, χρόνος μεγαλύτερος από αυτόν στον οποίο ενεργοποιείται η επιλογική προστασία. Επομένως, η επιλογική προστασία, μεταξύ της ασφάλειας και του χρόνου υπερέντασης του ηλεκτρονόμου, σε διαφορετικά επίπεδα ρεύματος σφάλματος, είναι κρίσιμα για τη προστασία του δικτύου διανομής.

Παρά τα προηγούμενα σχόλια, πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι σε μερικές χώρες, στην περίπτωση δικτύου Χ.Τ το μέγεθος των σφαλμάτων

είναι τέτοιο που ακόμη και σε υψηλά επίπεδα διείσδυσης, η πιθανή συμβολή ρεύματος της κατανεμημένης φωτοβολταϊκής παραγωγής μπορεί να είναι πολύ μικρότερη από αυτή που προέρχεται από το δίκτυο διανομής. Παραδείγματος χάριν, με ένα ρεύμα σφάλματος από έναν υποσταθμό 500 kVA της τάξης των 5000-15000 A και μια συμβολή από μια κατανεμημένη φ/β παραγωγή 500 kW, περίπου με 1000 A, δεν θα επηρεαζόταν σημαντικά η λειτουργία μιας χαρακτηριστικής προστασίας με ασφάλεια.

6. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

6.1 Κίνδυνοι για την Επαγγελματική Υγεία

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής και εγκατάστασης οι κίνδυνοι είναι τυπικοί όπως και για κάθε εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας. Εν τούτοις το συνεχές ρεύμα από τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι περισσότερο επικίνδυνο από το ισοδύναμο εναλλασ-σόμενο και για το λόγο αυτό απαιτείται κάποια επιπλέον προστασία.

Η εγκατάσταση του ΦΒ πάρκου θα γίνει από εξειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό έτσι θεωρείται ότι ο κίνδυνος αυτός είναι περιορισμένος. Παρόλα αυτά προτείνεται οι εργασίες εγκατάστασης να συντονίζονται και να επιβλέπονται από αρμόδιο μηχανικό για την αποφυγή τυχόν ατυχήματος. Όλες οι εργασίες κατασκευής οι οποίες θεωρείται ότι περιλαμβάνουν την εγκατάσταση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και διασύνδεσης του Φ/Β συστήματος με αυτό, να παρακολουθούνται με βάση συγκεκριμένο πρόγραμμα που θα υποβάλει ο φορέας εκμετάλλευσης του έργου στην Υπηρεσία Περιβάλλοντος.

6.2 Τοπίο και Αισθητική Ένταξη

Για τον μετριασμό των επιπτώσεων και την αισθητική ένταξη του έργου στο τοπίο, λήφθηκαν υπόψη κάποια μέτρα κατά το σχεδιασμό του όπως:

- Σωστή επιλογή χώρου μακριά από οικιστικές περιοχές και ζώνες προστασίας ή άλλης φυσικής ομορφιάς.
- Σωστή χωροθέτηση των πλαισίων (σε σειρές) στο χώρο έτσι ώστε να έχουν αρμονική εμφάνιση.
- Περίφραξη του χώρου και περιμετρική δενδροφύτευση.
- Σωστή επιλογή του ύψους των βάσεων των ΦΒ πλαισίων.
- Ο φορέας εκμετάλλευσης έχει υποχρέωση να αποκαταστήσει τον περιβάλλοντα χώρο μετά την εκτέλεση των κατασκευαστικών έργων και γενικά να μεριμνήσει για την καθαριότητα του.

Τα προτεινόμενα είδη για την περιμετρική δενδροφύτευση είναι τα ακόλουθα:

Θαμνοι: Σχινιά (*Pistacia lentiscus*), Περνιά (*Quercus coccifera*)
Πυρόκανθα (*Pyracantha coccinea*),

Δέντρα: Τραχεία Πεύκη (*Pinus brutia*), Κυπαρίσσι (*Cupressus sempervirens*)

Καρποφόρα : Ελιά (*Olea europaea*), Αμυγδαλιά (*Prunus dulcis*)



Εικόνα 8 "Φωτοβολταϊκό Πάρκο"

Τα Φ/Β μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά, παρέχοντας τη δυνατότητα για καινοτόμους αρχιτεκτονικούς σχεδιασμούς, καθώς διατίθενται σε ποικιλία χρωμάτων, μεγεθών, σχημάτων και μπορούν να παρέχουν ευελιξία και πλαστικότητα στη φόρμα, ενώ δίνουν και δυνατότητα διαφορετικής διαπερατότητας του φωτός, ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού.

Το ορατό μέρος των Φ/Β συστημάτων αφορά στα Φ/Β πλαίσια και μόνο, αφού τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος (αντιστροφέας και πιθανώς συσσωρευτές) βρίσκονται συνήθως σε κάποιο φυλασσόμενο χώρο.

Αν και το θέμα της αισθητικής είναι εν πολλοίς υποκειμενικό, δεν έχουν καταγράψει παράπονα αισθητικής Φύσης για τα Φ/Β πλαίσια (πολλά από τα οποία είναι υψηλής αισθητικής και προορίζονται για ειδικές αρχιτεκτονικές εφαρμογές). Επιπλέον, λόγω της σκουρόχρωμης επιφάνειάς τους τα Φ/Β δεν προκαλούν θαμβώσεις ή ενοχλητικές αντανακλάσεις, σε αντίθεση με ορισμένες άλλες εφαρμογές γυάλινων επιφανειών. Όταν υπάρχει πρόβλημα αισθητικής ενσωμάτωσης, αυτό δεν αφορά στα Φ/Β πλαίσια, αλλά, συνήθως, στις βάσεις στήριξης. Τα

Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν σε επίπεδες ή κεκλιμένες στέγες, σε κεραμοσκεπές (υποκαθιστώντας πιθανώς τα κεραμίδια), σε προσόψεις κτηρίων, σε ελεύθερα οικόπεδα, σε μη κτιριακές κατασκευές, σε ρόλο ηχοφράγματος, κλπ.

6.3 Ανακλάσεις Φ/Β

Αν συγκριθούν οι ανακλάσεις που μετρήθηκαν από τα διάφορα υλικά μεταξύ τους, φαίνεται ότι στην ανάκλαση της κάθετης ακτινοβολίας ότι το παρμπρίζ ενός αυτοκινήτου και το φωτοβολταϊκό πλαίσιο έχουν παρόμοια ποσοστά ανάκλασης και μάλιστα κάτω από 10% στην μεγαλύτερη περιοχή του ορατού φάσματος. Παρότι το φωτοβολταϊκό δεν είναι διαφανές, όπως το παρμπρίζ και στην ανάκλαση προστίθεται η ανάκλαση που προέρχεται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που βρίσκονται κάτω από το προστατευτικό τζάμι, οι ειδικές προδιαγραφές του γυαλιού που χρησιμοποιείται διατηρούν τη συνολική ανακλαστικότητα σε χαμηλά επίπεδα.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι ειδικά επεξεργασμένα για να ελαχιστοποιείται η ανάκλαση της ακτινοβολίας καθώς στόχος είναι η μέγιστη απορρόφηση για τη μετατροπή της ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα.

6.4 Οδική κυκλοφορία

Προτείνεται κατά την κατασκευαστική περίοδο οι μετακινήσεις των φορτηγών και άλλων οχημάτων να μη γίνονται σε ώρες αιχμής της κυκλοφορίας για την αποφυγή οποιασδήποτε συμφόρησης. Επίσης προτείνεται όπως οι εργασίες να μην πραγματοποιηθούν σε περίοδο τουριστικής αιχμής (καλοκαίρι) λόγω του τουριστικού χαρακτήρα της κοινότητας.

6.5 δημιουργία αποβλήτων

Τα στερεά απορρίμματα που θα προέρχονται από τις συσκευασίες των ΦΒ πλαισίων και των υλικών εξοπλισμού θα πρέπει να συλλεχθούν και να παραδοθούν σε αδειοδοτημένους φορείς συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας, σύμφωνα με τον περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων Νόμο (Ν. 215(Ι)/2002). Η προσωρινή αποθήκευση των στερεών αποβλήτων που θα προκύψουν από την κατασκευή του έργου, καθώς και οι πρώτες ύλες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν, να τοποθετηθούν σε χώρο εντός των ορίων του

τεμαχίου και σε σημεία τα οποία δεν θα δημιουργή-σουν οποιαδήποτε όχληση.

Τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού που πιθανόν να προκύπτουν κατά τις περιόδους συντήρησης ή βλαβών, αλλά και οποιαδήποτε άλλα στερεά ή/ και επικίνδυνα απόβλητα που προκύπτουν από τη λειτουργία και συντήρηση του εξοπλισμού, ο Φορέας Εκμετάλλευσης έχει υποχρέωση να τα παραδίδει σε αδειοδοτημένους φορείς διαχείρισης σύμφωνα με τους περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων Νόμους του 2002 μέχρι 2006 και να ακολουθούνται οι πρόνοιες των περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού) Κανονισμών του 2004 (Κ.Δ.Π. 668/2004).

Σε ότι αφορά στο στάδιο τερματισμού εργασιών και τελικής διάθεση των ΦΒ πλαισίων είναι απαραίτητη η ανακύκλωση των πλαισίων και των ηλεκτρονικών μερών του συστήματος, σύμφωνα με τους περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων Νόμους του 2002 μέχρι 2006, Διατάγματα και Κανονισμούς αυτών. Ήδη, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, έχουν δημιουργηθεί μονάδες ανακύκλωσης ΦΒ πλαισίων.

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα ΗΣ αποτελούν καθαρές και ασφαλείς τεχνολογίες παραγωγής/εξοικονόμησης ενέργειας. Ο σχεδιασμός νέων συστημάτων λαμβάνοντας υπόψη τις ενδεχόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα συμβάλλει όχι μόνο στη δημιουργία νέων καινοτόμων ηλιακών συλλεκτών αλλά και περισσότερο αποδοτικών συστημάτων, που θα καλύπτουν μικρή σχετικά επιφάνεια, ενώ στην παραγωγή των στοιχείων που τα αποτελούν έχει χρησιμοποιηθεί το ελάχιστο δυνατό φυσικό κεφάλαιο αλλά και στην προστασία του φυσικού κεφαλαίου, ώστε να παράγεται ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια με τις ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις .

Επιπλέον η διεθνής τάση για περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, όπως και οι δεσμεύσεις των κρατών σε σχέση με τη συνθήκη του Κιότο θα οδηγήσει σε διεύρυνση της αγοράς τέτοιων συστημάτων γεγονός που θα τις κάνει και οικονομικά ανταγωνιστικές



Εικόνα 9 "Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση"

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Tsoutsos T., Frantzeskaki N., Gekas V., 'Environmental Impacts from the Solar Energy Technologies, Examples of the technologies and techniques to alleviate them in a sustainable perspective', *Environmental Management, Under review*, (2002)
2. Tsoutsos T., Edge M., Papastefanakis D., 'RES and environment', CRES, ALTENER Programme, 1997.
3. Τσούτσος Θ., 'Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από τα Ενεργειακά Έργα', Σημειώσεις Ανάλυσης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά, Μάρτιος 2001.
4. OECD/IEA., 'Benign Energy? The Environmental Implications of Renewables', International Energy Agency, Paris, 1998.
5. Θεοδωράτος Ν. Γ., Καρακασίδης Π. Χ., 'Υγιεινή-Ασφάλεια Εργασίας και Προστασία Περιβάλλοντος', Εκδόσεις Ίων, 1997
6. EC, Evaluation of the PREP Component: 'PV Systems for Rural Electrification in Kiribati & Tuvalu', Final Report-Issue 1 (7 ACP RPR 175), European Commission, March 1999.
7. Various, 'Environmental Impacts from the Use of Solar Energy Technologies', THERMIE-B STR/1000/96/HE project, 1996.
8. Fernandez-Baco et al, 'Diurnal and seasonal variations in chlorophyll a fluorescence in two Mediterranean-grassland species under field conditions', *PHOTOSYNTHETICA* Vol.35 (4), pp.535-544, 1998
9. Rossa B., Dieter J. von Willert., 'Physiological characteristics of geophytes in semi-arid Namaqualand, South Africa', *Plant Ecology*, Academic Publishers, Kluwer, Vol.142, pp. 121-132, June 1999
10. Fthenakis V. M., 'End-of-life management and recycling of PV modules', *Energy Policy*, Vol. 28, pp. 1051-1058, May 2000.
11. Norton B., 'Full-energy-chain analysis of greenhouse gas emissions for solar thermal electric power generation systems', *Renewable Energy*, Vol. 15 pp.131-136, 1998.
12. Boyle G., Ed., 'Renewable Energy. Power for a Sustainable Future' The Open University, Oxford Press, London, 1996.
13. Johansson T. B., Ed., Laurie Burnham, ex. Ed 'Renewable energy. Sources for Fuels and Electricity', Island Press, 1993.
14. ETSU, 'The Environmental Implications of Renewables', Interim report for the UK Department of Trade and Industry, DTI, UK, 1996