



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ
ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Η εργασία υποβάλλεται για τη μερική κάλυψη των απαιτήσεων με στόχο την
απόκτηση του Διπλώματος στα

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

από

**ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΚΑΙ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΞΟΥΡΙΔΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΑΘΗΝΑ 2008

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των προβλεπόμενων εκπαιδευτικών διαδικασιών για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Εξειδίκευσης στα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος. Στόχος της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση των οικονομικών παραμέτρων, από τις οποίες εξαρτάται η λήψη της απόφασης για την πραγματοποίηση της επένδυσης σε φωτοβολταϊκά συστήματα σε περιοχές ανά την Ελλάδα, αλλά και η περιβαλλοντική αποτίμηση των επενδύσεων αυτών.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά:

§ την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. κα. Δανάη Διακουλάκη για την ευκαιρία που μου έδωσε προκειμένου να ασχοληθώ με θέμα επίκαιρο και μέγιστου ενδιαφέροντος, καθώς και για την καθοδήγησή της και τις πολύτιμες συμβουλές της σε όλα τα στάδια της εργασίας

§ τον Πρόεδρο του Συλλόγου Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων Βορείου Ελλάδος κ. Ηλία Χομσίογλου για τις πολύτιμες πληροφορίες και οδηγίες που μου παρείχε

§ τον Δρ. Στάθη Τσελεπή του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τον κύριο Πλάτωνα Μπαλτά για την ανταπόκρισή τους στις απορίες μου

§ τη δικηγόρο Μπαράτα Αγγελική για την ανεκτίμητη συνεισφορά της σε θέματα νομικού ενδιαφέροντος.

Ευάγγελος Ξουρίδας
Αθήνα, Απρίλιος 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	2
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	4
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	13
1.1 Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ Η ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	13
1.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	17
1.3 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΑΓΟΡΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	18
1.4 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	24
2.1 Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	24
2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ	25
2.3 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	27
2.4 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ	29
2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	30
2.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ.....	39
3.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	39
3.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	47
3.3 ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ.....	55
4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	55
4.2 ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ.....	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ RETSCREEN..... 66

5.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ RETSCREEN-CLEAN ENERGY PROJECT ANALYSIS 66

5.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ..... 68

5.2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ68

5.2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ.....70

5.2.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΦΕΥΧΘΕΙΣΑΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ72

5.2.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ74

5.2.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ..... 79

6.1 ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ 79

6.2 ΑΠΟΦΕΥΧΘΕΙΣΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ 83

6.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ..... 85

6.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ..... 93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ - ΚΟΣΤΟΥΣ 105

7.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ - ΚΟΣΤΟΥΣ..... 105

7.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ – ΚΟΣΤΟΥΣ..... 107

7.3 ΠΑΡΑΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ – ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ..... 114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 117

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 125

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1	Αποδόσεις Φ/Β στοιχείων και πλαισίων.....	33
Πίνακας 2.2	Ροή ενέργειας κατά τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε Φ/Β ηλεκτρική ενέργεια.....	34
Πίνακας 3.1	Γεωγραφική κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος των εντασσόμενων στο Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φ/Β σταθμών.....	44
Πίνακας 3.2	Διαδικασία εγκατάστασης Φ/Β σταθμών και τιμολόγηση παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.....	46
Πίνακας 3.3	Πολιτικές ενίσχυσης των Φ/Β συστημάτων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες.....	51
Πίνακας 3.4	Κατανομή Ζωνών σύμφωνα με τον Επενδυτικό Νόμο.....	52
Πίνακας 3.5	Ποσοστά ενίσχυσης ηλεκτροπαραγωγής μέσω ηλιακής και αιολικής ενέργειας.....	53
Πίνακας 3.6	Μέγεθος κρατικής βοήθειας μέσω του 2 ^{ου} Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης στις Α.Π.Ε.	54
Πίνακας 4.1	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης.....	58
Πίνακας 4.2	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.....	59
Πίνακας 4.3	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας.....	60
Πίνακας 4.4	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ηπείρου.....	60
Πίνακας 4.5	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Θεσσαλίας.....	61
Πίνακας 4.6	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδος.....	61
Πίνακας 4.7	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος.....	62
Πίνακας 4.8	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Πελοποννήσου.....	63
Πίνακας 4.9	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου.....	63

Πίνακας 4.10	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου.....	64
Πίνακας 4.11	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κρήτης.....	64
Πίνακας 4.12	Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων.....	65
Πίνακας 5.1	Τεχνικά χαρακτηριστικά Φ/Β συστημάτων.....	69
Πίνακας 5.2	Βέλτιστη κλίση τοποθέτησης φωτοβολταϊκών πλαισίων στις πρωτεύουσες των νομών της ελληνικής επικράτειας.....	70
Πίνακας 5.3	Κόστος εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών.....	71
Πίνακας 5.4	Ποσοστό χρήσης καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή και συντελεστές εκπομπής αερίων θερμοκηπίου.....	73
Πίνακας 5.5	Εύρος τιμών συντελεστών απόδοσης σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και συντελεστές απόδοσης σύμφωνα με το πρόγραμμα RETScreen.....	74
Πίνακας 5.6	Εκτιμηθέντα χρηματοοικονομικά μεγέθη για επενδύσεις στα Φ/Β συστήματα.....	75
Πίνακας 6.1	Εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων κατά την αξιολόγηση επενδύσεων.....	79
Πίνακας 6.2	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης.....	80
Πίνακας 6.3	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.....	80
Πίνακας 6.4	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας.....	80
Πίνακας 6.5	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ηπείρου.....	80
Πίνακας 6.6	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Θεσσαλίας.....	81
Πίνακας 6.7	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδος.....	81

Πίνακας 6.8	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος 81
Πίνακας 6.9	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Πελοποννήσου..... 81
Πίνακας 6.10	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου 81
Πίνακας 6.11	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου..... 82
Πίνακας 6.12	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κρήτης 82
Πίνακας 6.13	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων 82
Πίνακας 6.14	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής κατά την περίοδο 1990 - 2003 στην Ελλάδα (πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) 84
Πίνακας 6.15	Ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων μονο- και πολυκρυσταλλικού πυριτίου ισχύος 20, 100 kWp και 1 MWp. 85
Πίνακας 6.16	Εξεταζόμενες περιπτώσεις ποσοστών ενίσχυσης ανά Σενάριο και ανά γεωγραφική Ζώνη 85
Πίνακας 6.17	Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης και χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών της γεωγραφικής Ζώνης Α 87
Πίνακας 6.18	Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης και χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών της γεωγραφικής Ζώνης Β 87
Πίνακας 6.19	Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης και χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών της γεωγραφικής Ζώνης Γ 88
Πίνακας 6.20	Καθαρά Παρούσα Αξία και λόγος οφέλους - κόστους επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών για συστήματα ισχύος 20 kWp 90
Πίνακας 6.21	Καθαρά Παρούσα Αξία και λόγος οφέλους - κόστους επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών για συστήματα ισχύος 100 kWp 91

Πίνακας 6.22	Καθαρά Παρούσα Αξία και λόγος οφέλους - κόστους επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών για συστήματα ισχύος 1 MWp 92
Πίνακας 6.23	Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Αθήνα με επιδότηση 20% 94
Πίνακας 6.24	Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Λαμία με επιδότηση 30% 95
Πίνακας 6.25	Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Θεσσαλονίκη με επιδότηση 30% 96
Πίνακας 6.26	Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Κομοτηνή με επιδότηση 40% 97
Πίνακας 6.27	Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Κέρκυρα με επιδότηση 30% 98
Πίνακας 6.28	Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Λάρισα με επιδότηση 30% 99
Πίνακας 6.29	Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Κοζάνη με επιδότηση 30% 100
Πίνακας 7.1	Αποτελέσματα της 1 ^{ης} φάσης του προγράμματος ExternE για το ποσοτικοποιημένο εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρώπη των 15 (€/ MWh) 112
Πίνακας 7.2	Αποτελέσματα της 1 ^{ης} φάσης του προγράμματος ExternE για το ποσοτικοποιημένο εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα (€/ MWh) 113
Πίνακας 7.3	Αποτελέσματα της μελέτης των Pearce et al για το ποσοτικοποιημένο εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στη Μεγάλη Βρετανία (£ / MWh) 114
Πίνακας 7.4	Εκτιμήσεις για το ποσοτικοποιημένο εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στις Ηνωμένες Πολιτείες σύμφωνα με μελέτες ερευνητών της Περιβαλλοντικής Υπηρεσίας των Η.Π.Α. (\$ / MWh)..... 114
Πίνακας 7.5	Δείκτες αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία με τη βοήθεια της Ανάλυσης Οφέλους – Κόστους και για διάφορες τιμές ποσοτικοποιημένου εξωτερικού περιβαλλοντικού κόστους μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα..... 116

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1	Συνολική Παροχή Πρωτογενούς Ενέργειας κατά τα έτη 1971-2004	15
Σχήμα 1.2	Εξεταζόμενα σενάρια για την Συνολική Παροχή Πρωτογενούς Ενέργειας τα επόμενα έτη	15
Σχήμα 1.3	Εξέλιξη της διεθνούς αγοράς φωτοβολταϊκών.....	19
Σχήμα 1.4	Μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης τεχνολογιών Α.Π.Ε.	20
Σχήμα 1.5	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων το 2004.....	20
Σχήμα 1.6	Δημιουργία θέσεων εργασίας ανά εκατομμύριο επενδυμένων \$ σε ενεργειακούς κλάδους.....	21
Σχήμα 1.7	Διαχρονική εξέλιξη της ελληνικής αγοράς φωτοβολταϊκών	22
Σχήμα 1.8	Εφαρμογή φωτοβολταϊκών πλαισίων σε στέγη εργοστασίου στην Κρήτη	23
Σχήμα 2.1	Φάσματα AM0 και AM1.....	24
Σχήμα 2.2	Ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στο Ηράκλειο Κρήτης	26
Σχήμα 2.3	Πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο Ηράκλειο Κρήτης	26
Σχήμα 2.4	Ηλιακό θερμοσιφωνικό σύστημα για θέρμανση νερού	28
Σχήμα 2.5	Φωτοβολταϊκό κελί μονοκρυσταλλικού πυριτίου	29
Σχήμα 2.6	Φωτοβολταϊκό πλαίσιο πολυκρυσταλλικού πυριτίου.....	29
Σχήμα 2.7	Καμπύλη I-V και $P = f(V)$ Φ/Β στοιχείου	32
Σχήμα 2.8	Βασική σύνθεση μιας Φ/Β συστοιχίας.....	36
Σχήμα 2.9	Κατανομημένο Φ/Β σύστημα αλληλεπιδρών με το δίκτυο ηλεκτρισμού	38
Σχήμα 3.1	Αδειοδοτική διαδικασία έργων Α.Π.Ε. σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο	43
Σχήμα 4.1	Ετήσια απολαβή ενεργειακής πυκνότητας σε οριζόντιο επίπεδο στην ελληνική επικράτεια	58
Σχήμα 5.1	Διάγραμμα ροής των υπολογισμών και των εκτιμήσεων μέσω του προγράμματος RETScreen.....	68
Σχήμα 5.2	Μεθοδολογία υπολογισμού παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα.....	69
Σχήμα 5.3	Ποσοστό κόστους κεφαλαίου για την κάλυψη των απαιτούμενων εργασιών.....	72
Σχήμα 6.1	Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Αθήνα με απόδοση 20%	101

Σχήμα 6.2	Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Λαμία με επιδότηση 30% 101
Σχήμα 6.3	Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Θεσσαλονίκη με επιδότηση 30% 102
Σχήμα 6.4	Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Κομοτηνή με επιδότηση 40% 102
Σχήμα 6.5	Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Κέρκυρα με επιδότηση 30% 103
Σχήμα 6.6	Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Λάρισα με επιδότηση 30% 103
Σχήμα 6.7	Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Κοζάνη με επιδότηση 30% 104

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της οικονομικής αποδοτικότητας των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία σε επιλεγμένες περιοχές σε όλες τις Περιφέρειες της χώρας μας, λαμβάνοντας υπόψη τα κίνητρα που δίνονται στους ιδιώτες επενδυτές για την «παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης», σύμφωνα με το Νόμο 3468/2006, αλλά και τις επενδυτικές ευκαιρίες που παρουσιάζονται ύστερα από την Τροπολογία – Προσθήκη στο Νόμο 3299/2004, και ιδίως τα άρθρα 37 και 38 του Νόμου 3522/2006, καθώς και τη νέα Υπουργική Απόφαση που υπογράφηκε την 5^η Ιουλίου 2007.

Η διαδικασία αξιολόγησης των επενδυτικών κινήσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία γίνεται με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος RETScreen – Clean Energy Project Analysis που ανέπτυξε το Κέντρο Υποστήριξης Αποφάσεων Καθαρής Ενέργειας και διαχειρίζεται το Τεχνολογικό Κέντρο Ενέργειας CANMET με την υποστήριξη του Υπουργείου Φυσικών Πόρων του Καναδά, την Εθνική Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος των Η.Π.Α. (N.A.S.A.) και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (U.N.E.P.). Το εν λόγω κέντρο αποσκοπεί στην ανάπτυξη εργαλείων προς διευκόλυνση του ανθρώπινου δυναμικού στον σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων, καθώς και της βιομηχανίας στην εξέταση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών στη φάση της προμελέτης και του αρχικού σχεδιασμού. Τα εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων, όπως το λογισμικό RETScreen, μειώνουν το κόστος μελετών προ-σκοπιμότητας και βοηθούν στη λήψη καλύτερων αποφάσεων μέσω της διάχυσης της γνώσης και της εκπαίδευσης του ανθρώπινου δυναμικού.

Αρχικά, στο κεφάλαιο 1 γίνεται αναφορά στην αναγκαιότητα να στραφεί η ανθρωπότητα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παράλληλα, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σύντομη ιστορική αναδρομή στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία, ενώ καταγράφονται και οι επενδυτικές προοπτικές της τεχνολογίας αυτής, τόσο στη χώρα μας όσο και σε ορισμένα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς και σε ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται επιγραμματικά ο τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά, γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά μεγέθη της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ στην συνέχεια αναλύεται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία των Φ/Β κυψελών, πλαισίων και συστημάτων.

Στο κεφάλαιο 3 εξετάζεται το θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την ηλεκτροπαραγωγή από Α.Π.Ε., και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η δραστηριοποίηση των ευρωπαϊκών κυβερνήσεων – ανάμεσα σε αυτές και η ελληνική – για την ενίσχυση των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας υπό την πίεση του κοινωνικού συνόλου εκφράστηκε μέσω ενός συνόλου νόμων που σκοπό έχουν την απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας και την προώθηση της ηλεκτροπαραγωγής από τις ανανεώσιμες πηγές. Ακόμη δίνεται το πλαίσιο των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία στη χώρα μας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται οι τιμές των μετεωρολογικών μεγεθών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εκ μέρους των Φ/Β συστημάτων. Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέκυψαν από την επεξεργασία στοιχείων των τελευταίων 20 ετών στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή της Ευρώπης μέσω των εικόνων που μεταδίδουν οι δορυφόροι της σειράς Meteosat και οι οποίες έχουν υποστεί επεξεργασία μέσω της μεθόδου Heliosat-2. Η βάση δεδομένων αποτελεί τον καρπό των εργασιών του Joint Research Centre της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σε συνεργασία με το Ecole de Mines de Paris της Γαλλίας και του Ινστιτούτου για το Περιβάλλον και τη Βιωσιμότητα (Institute for Environment and Sustainability).

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να επιτευχθεί η οικονομική αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων μέσω του υπολογιστικού προγράμματος RETScreen και αναλύεται όσο το δυνατόν διεξοδικότερα το κάθε βήμα αυτής. Παρατίθενται τιμές μεγεθών, απαραίτητες στην όλη διαδικασία, ενώ γίνονται και ορισμένες παραδοχές για να διευκολυνθούν οι υπολογισμοί.

Στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία για όλες τις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών της χώρας μας, ενώ πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας στις περιπτώσεις που η απόδοση των επενδύσεων κρίνεται οριακή. Προ αυτών των βημάτων, δίνεται η ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και το ποσό των μειώσεων των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που προκύπτουν με την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων ανά την ελληνική επικράτεια.

Στο κεφάλαιο 7 παρατίθενται τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Κόστους - Οφέλους, προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία στην εθνική οικονομία, αφού ποσοτικοποιηθούν τα εξωτερικά οφέλη και κόστη των ενεργειακών τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στη χώρα μας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τιμές των εξωτερικών κοστών προέκυψαν από μελέτη των αποτελεσμάτων του προγράμματος ExternE, που εκπόνησε η Ευρωπαϊκή Ένωση για να εκτιμηθούν οι οικονομικές επιπτώσεις των τεχνολογιών του τομέα ηλεκτροπαραγωγής. Παράλληλα, γίνεται αναφορά στην προστιθέμενη αξία των φωτοβολταϊκών, η οποία δε λήφθηκε υπόψη κατά τον υπολογισμό του εξωτερικού κόστους της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται επισκόπηση των κυριότερων συμπερασμάτων που προέκυψαν από την εκπόνηση της εργασίας, καθώς και κριτική επί των αποτελεσμάτων της οικονομικής αξιολόγησης των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

1.1 Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ Η ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ενέργεια αποτέλεσε και αποτελεί τον κινητήριο μοχλό κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας. Σε όλη την πορεία του στο χρόνο, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τις δυνατότητες που του παρείχε απλόχερα η φύση με απώτερο στόχο τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης του. Μέχρι τον 16^ο αιώνα το ξύλο, μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αποτελούσε σχεδόν την αποκλειστική πηγή εκμεταλλεύσιμης θερμικής ενέργειας. Μετά από την πρώτη βιομηχανική επανάσταση, το ξύλο αντικαταστάθηκε σχεδόν εξολοκλήρου από μια νέα πηγή ενέργειας, τον άνθρακα, η χρήση του οποίου εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την αντίστοιχη του ξύλου. Όμως, η ειδοποιός διαφορά είναι ότι ο άνθρακας δεν αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, μια νέα πιο εύχρηστη, αλλά επίσης μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας έρχεται στο προσκήνιο, το πετρέλαιο. Με την αξιοποίηση των κοιτασμάτων πετρελαίου δόθηκε η ευκαιρία στην ανθρωπότητα να βελτιώσει το βιοτικό της επίπεδο. Η αλόγιστη, όμως, χρήση του πετρελαίου επέφερε τελείως διαφορετικά αποτελέσματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή πετρελαίου έχει αυξηθεί κατά 20% από το 1994, ενώ ο ρυθμός αύξησης της παγκόσμιας κατανάλωσης πετρελαίου είναι ο υψηλότερος από το 1978. Η κατασπατάληση των αποθεμάτων πετρελαίου, αλλά και των υπόλοιπων φυσικών πόρων, από ορισμένες μόνο χώρες, δημιούργησε μια σειρά πολιτικών και κοινωνικών προβλημάτων, που μέχρι τις μέρες μας είναι δύσκολο να επιλυθούν.

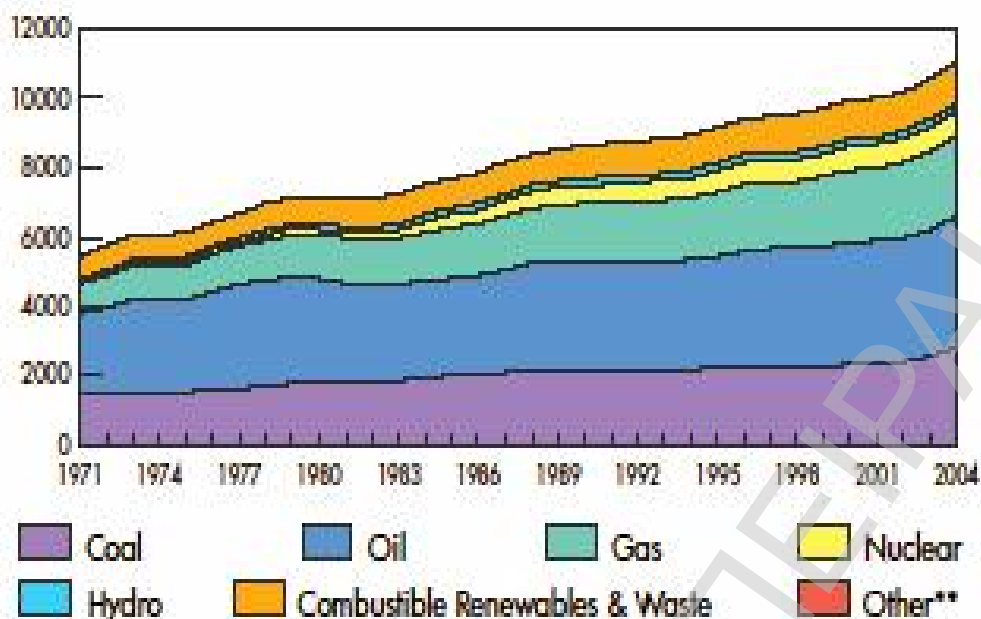
Συνάμα, άρχισαν να επιβεβαιώνονται με επιστημονικά τεκμηριωμένο τρόπο οι προβλέψεις για σημαντικές επιβαρυντικές συνέπειες της μέχρι σήμερα συμπεριφοράς του ανθρώπου στο οικοσύστημα, εξαιτίας κυρίως της αλόγιστης χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας. Αν και η ανθρωπότητα τα τελευταία είκοσι χρόνια συνειδητοποίησε τον επερχόμενο κίνδυνο, οπότε ξεκίνησε ορισμένες προσπάθειες για την ορθολογικότερη χρήση των ενεργειακών αποθεμάτων, οι βασικότερες αιτίες συνεχούς αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας παραμένουν.

Αρχικά, αναφέρεται η προσπάθεια του ανθρώπου για συνεχή βελτίωση του βιοτικού του επιπέδου. Αν και γίνονται προσπάθειες περιορισμού της κατανάλωσης ενέργειας, κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη μας, αυτές δεν αποδίδουν

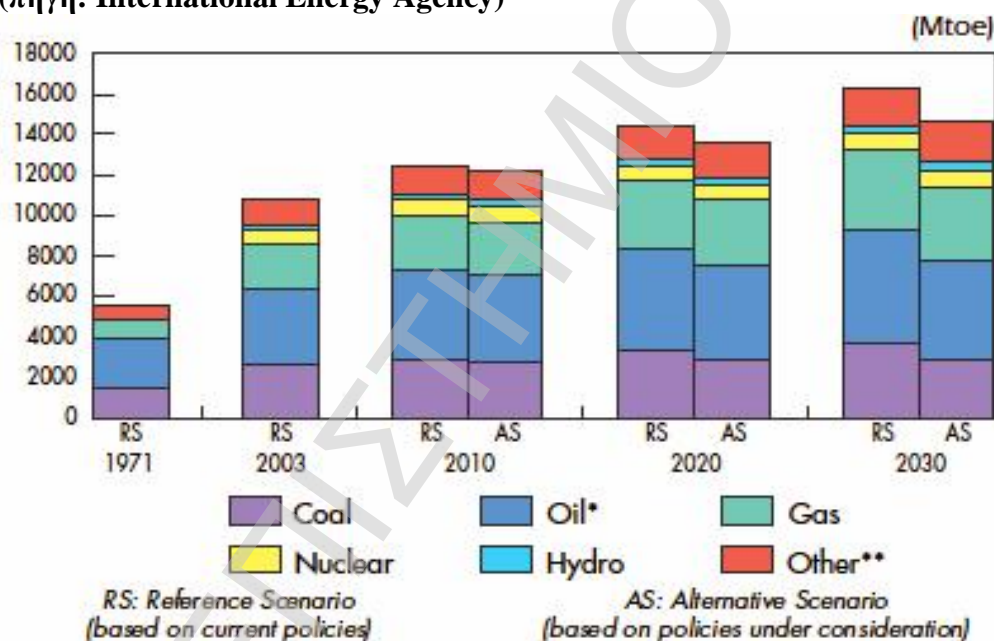
πάντα καρπούς. Παράλληλα, η ανομοιομορφία στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας καταδεικνύει με δραματικό τρόπο την ανάγκη μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας από πλευράς των ανεπτυγμένων κρατών. Σε περίπτωση που αυτό δεν καταστεί δυνατό, τότε η κατάσταση θα επιδεινωθεί σημαντικά λόγω της αυξητικής τάσης της κατανάλωσης ενέργειας στις υπό ανάπτυξη χώρες. Την στιγμή, μάλιστα, που παρατηρείται πληθυσμιακή έκρηξη στις χώρες αυτές, γεγονός που περιορίζει τις δυνατότητες μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης. Παράλληλα, η έλλειψη ενημέρωσης των πολιτών και η επικράτηση της άποψης ότι τα αποθέματα ενέργειας και πρώτων υλών είναι απεριόριστα οδηγούν το μέσο καταναλωτή ενέργειας στην αδιαφορία και την κατασπατάληση των ενεργειακών πόρων.

Σύμφωνα με τις τελευταίες εκθέσεις της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας (International Energy Agency), η συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας αυξήθηκε κατά 84% τα τελευταία 30 έτη, ξεπερνώντας τους 11 δις Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου το 2004. Αυτό σημαίνει ότι ετησίως η παροχή ενέργειας αυξάνεται κατά 2,1% την στιγμή που ο πληθυσμός του πλανήτη εμφανίζει ρυθμό αύξησης 1,6% και το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν 3% κατά την ίδια περίοδο. Από τα στοιχεία προκύπτει ότι το 1973 το πετρέλαιο κατείχε μερίδιο 45,1% στην προμήθεια πρωτογενούς ενέργειας, ενώ το 2004 35%. Κάτι ανάλογο συνέβη με τον άνθρακα, του οποίου το ποσοστό συμμετοχής μειώθηκε από το 25% στο 23%. Αντιθέτως, αυξητικές τάσεις παρουσίασε η χρήση της πυρηνικής ενέργειας (από 0,9% σε 6,9%) και του φυσικού αερίου (από 16,2% σε 21,2%). Στο Σχήμα 1.1 παρουσιάζεται η συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας τα τελευταία 30 χρόνια.

Από παρόμοια μελέτη της ίδιας Υπηρεσίας προκύπτει ότι το 2030 η παροχή ενέργειας θα ξεπεράσει τους 16,5 δις Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου, καθιστώντας αναγκαία την αναζήτηση νέων μορφών ενέργειας προκειμένου να καλυφθεί επιτυχώς η ενεργειακή ζήτηση, από την στιγμή που τα βεβαιωμένα αποθέματα συμβατικών καυσίμων αρχίζουν να μειώνονται. Παρόμοια αυξητική τάση παρουσιάζει η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά την ίδια εξεταζόμενη περίοδο. Στο Σχήμα 1.2 παρουσιάζονται τα 2 σενάρια που εξετάζει η Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας για να αντιμετωπίσει την αυξημένη ζήτηση ενέργειας τα επόμενα χρόνια.



Σχήμα 1.1: Συνολική Παροχή Πρωτογενούς Ενέργειας κατά τα έτη 1971-2004 (πηγή: International Energy Agency)



Σχήμα 1.2: Εξεταζόμενα σενάρια για την Συνολική Παροχή Πρωτογενούς Ενέργειας τα επόμενα έτη (πηγή: International Energy Agency)

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας προκύπτει ότι μετά την πρώτη ενεργειακή κρίση τη δεκαετία του 1970 ο ρυθμός αύξησης της παροχής πρωτογενούς ενέργειας συγκρατήθηκε, ενώ παράλληλα υπήρξε στροφή προς μια άλλη μορφή ενέργειας, την πυρηνική. Παρά την ανάπτυξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας, εξακολουθούν να υπάρχουν άλυτα προβλήματα, όπως αυτά που σχετίζονται με την ασφάλεια και την εναπόθεση των ραδιενεργών καταλοίπων, με αποτέλεσμα να εγείρονται αντιδράσεις από το κοινωνικό σύνολο. Έτσι, τα φιλόδοξα

προγράμματα για την προώθηση της πυρηνικής ενέργειας δεν εφαρμόστηκαν ευρέως παρά μόνο από ορισμένες χώρες, όπως η Γαλλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και οι Η.Π.Α. παλαιότερα, και η Ινδία και η Κίνα τα τελευταία έτη. Αμέσως μετά τη δεύτερη ενεργειακή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 1980, και λόγω της κρίσης του πετρελαίου, της επικείμενης εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων, της εντεινόμενης ρύπανσης του περιβάλλοντος, της εμφάνισης του φαινομένου του θερμοκηπίου και της βούλησης των κρατών για εθνική και ανεξάρτητη ενεργειακή πολιτική με την αξιοποίηση των εγχώριων ενεργειακών πηγών, η διεθνής κοινότητα απαίτησε τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην επίλυση των παραπάνω προβλημάτων.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας, αρκετοί ειδικοί πρότειναν την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η υδροηλεκτρική, η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα και η ενέργεια των κυμάτων. Το χαρακτηριστικό των πηγών αυτών είναι ότι από τη φύση τους ανανεώνονται διαρκώς και προσφέρονται στον άνθρωπο για δωρεάν εκμετάλλευση. Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ότι οι τεχνολογίες εκμετάλλευσής τους βρίσκονται μέσα στις κατασκευαστικές δυνατότητες των αναπτυσσομένων τεχνολογικά κρατών, οπότε, εκτός από την συνεισφορά τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της κάθε χώρας, συνεισφέρουν σημαντικά και στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Ένα τρίτο χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν είναι εξαγωγίμες, οπότε η εκμετάλλευσή τους θα πρέπει να γίνει στη θέση όπου εμφανίζονται, άρα πρόκειται για ένα αποκεντρωμένο σύστημα παραγωγής ενέργειας. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό τους είναι ότι δε ρυπαίνουν το περιβάλλον, επομένως συμβάλλουν στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου.

Αδιαμφισβήτητο είναι το γεγονός ότι η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας επιφέρουν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Κατά τη βιομηχανική επανάσταση, η εξόρυξη του άνθρακα συνετέλεσε στις μεγάλες απώλειες ανθρωπίνων ζωών των προηγούμενων γενεών λόγω αλματώδους αύξησης ορισμένων νοσημάτων, την εκτεταμένη ρύπανση της ατμόσφαιρας, την όξινη βροχή. Σήμερα, ο έλεγχος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαφόρων ενεργειακών συστημάτων σε σχέση με τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, τη ρύπανση των υδάτων, τη διατάραξη των οικοσυστημάτων αποτελεί μείζον θέμα, το οποίο καλούνται να επιλύσουν οι κυβερνήσεις των κρατών. Πολλές από αυτές καταφεύγουν ολοένα και περισσότερο

στις ανανεώσιμες πηγές για την επίλυση του οικολογικού και του ενεργειακού προβλήματος.

Φυσικά, οι ανανεώσιμες πηγές δεν είναι δυνατόν να επιλύσουν το συνολικό ενεργειακό πρόβλημα της ανθρωπότητας, τουλάχιστον την συγκεκριμένη χρονική περίοδο και με τα σημερινά οικονομικά και τεχνολογικά δεδομένα. Εάν η αξιοποίησή τους συνδυασθεί με την προσπάθεια εξοικονόμησης των συμβατικών μορφών ενέργειας και με την ορθολογική διαχείριση των υφιστάμενων ενεργειακών πόρων, είναι δυνατή η σταδιακή απομάκρυνση του επερχόμενου «ενεργειακού χειμώνα».

Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήγουμε εξετάζοντας τα 2 μοντέλα ενεργειακής κατανάλωσης που μελετήθηκαν από τη Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας. Σύμφωνα με το σενάριο αναφοράς προβλέπεται αύξηση της κατανάλωσης πετρελαίου, άνθρακα και φυσικού αερίου, αλλά και της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δίχως να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας. Με αυτό το σενάριο προβλέπεται παροχή πρωτογενούς ενέργειας περίπου ίση με 16,5 δις Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου ως αποτέλεσμα της διαρκούς ανάπτυξης και της δημογραφικής αύξησης των αναπτυσσόμενων κρατών. Από την άλλη πλευρά, το εναλλακτικό σενάριο, το οποίο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως αισιόδοξο, προβλέπει αύξηση της κατανάλωσης πετρελαίου και φυσικού αερίου, συγκράτηση στην κατανάλωση άνθρακα, ραγδαία αύξηση στη χρήση των ανανεώσιμων πηγών και ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας, με αποτέλεσμα η συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας να μη ξεπερνά τους 14 δις Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου το 2030.

1.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Όπως ακριβώς συνέβη και με ανάλογες περιπτώσεις στο παρελθόν, έτσι και στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία, η τύχη διαδραμάτισε πολύ σημαντικό ρόλο. Η πρώτη παρατήρηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου έγινε το 1839 από το Γάλλο φυσικό Alexandre Edmond Becquerel, ο οποίος πειραματιζόταν με μεταλλικά ηλεκτρόδια και ηλεκτρολύτες. Ο Willoughby Smith ήταν αυτός που βοήθησε στην κατασκευή του πρώτου φωτοβολταϊκού κελιού από σελήνιο το 1877. Ο μελετητής που επεξήγησε εμπειριστικά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ήταν ο Albert Einstein, ο οποίος περιέγραψε το φαινόμενο το 1904 και βραβεύθηκε για τη μελέτη του με Νόμπελ το 1921. Τη δεκαετία του 1940 κατασκευάστηκε το πρώτο φωτοβολταϊκό κελί από

μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Η κατασκευή αυτή ήταν εφαρμογή μιας μεθόδου που ανακάλυψε ο Πολωνός επιστήμονας Jan Czochralski το 1918.

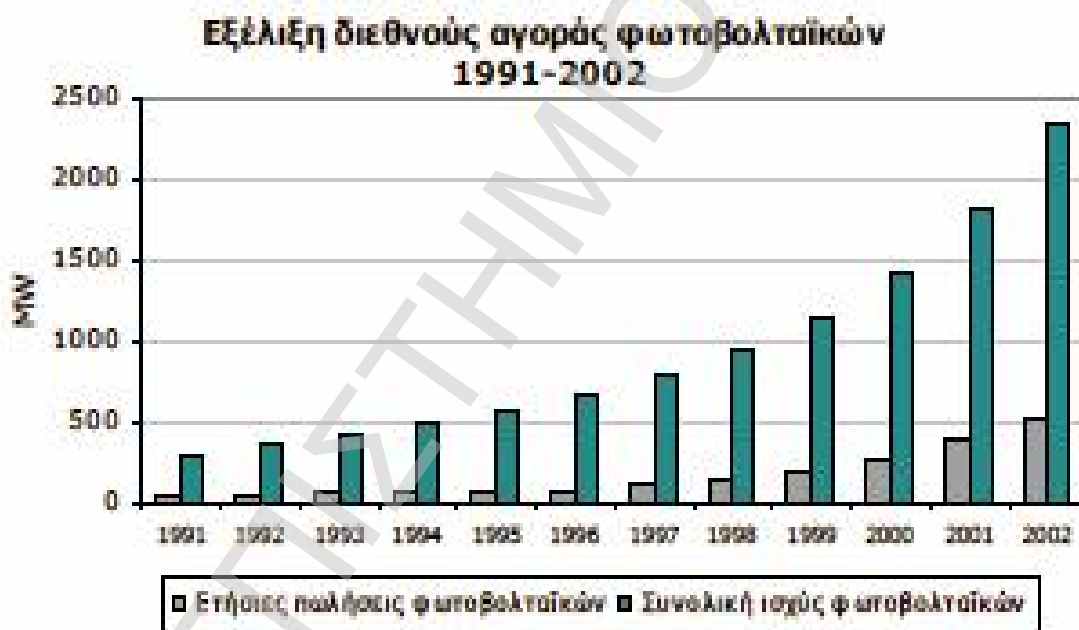
Το 1954 κατασκευάστηκε από τα Εργαστήρια Bell φωτοβολταϊκή κυψέλη με απόδοση 4,5%, η οποία τροποποιήθηκε με αποτέλεσμα η απόδοσή της να ανέλθει στο 6% μετά από μερικούς μήνες. Το 1955 ξεκίνησε η προετοιμασία για την παροχή ενέργειας μέσω των ηλιακών κυψελών στους διαστημικούς δορυφόρους. Την πρωτοκαθεδρία στον συγκεκριμένο τομέα είχε η εταιρεία Hoffman Electronics, η οποία παρουσίασε φωτοβολταϊκό κελί κόστους 1.785 \$ ανά Wp και απόδοσης 2%. Έπειτα από συνεχείς βελτιώσεις και τις πρώτες εφαρμογές της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας στο διάστημα, η ίδια εταιρεία κατάφερε να παρουσιάσει κελί απόδοσης 14% το 1960. Τη δεκαετία του 1960 άρχισαν να εγκαθίστανται τα πρώτα φωτοβολταϊκά πλαίσια κυρίως από τους Ιάπωνες και τους Αμερικάνους. Ύστερα από την ίδρυση εταιρειών κατασκευής και εμπορίας φωτοβολταϊκών πλαισίων τη δεκαετία του 1970, η τιμή τους ανά Wp μειώθηκε σημαντικά με αποτέλεσμα να εμφανίζονται οι πρώτες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας.

Η ραγδαία ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας σημειώθηκε την περίοδο εμπορικής αξιοποίησης των κελιών υψηλής απόδοσης που είχαν προηγουμένως κατασκευαστεί στα εργαστήρια των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων. Το 1985 ερευνητές του Πανεπιστημίου της Νέας Νότιας Ουαλίας στην Αυστραλία κατασκεύασαν φωτοβολταϊκό κελί απόδοσης 20%, το οποίο πιστοποιήθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1992. Παράλληλα, τη δεκαετία του 1990 πολλές κυβερνήσεις προώθησαν την συγκεκριμένη τεχνολογία παρέχοντας κίνητρα στους ιδιώτες επενδυτές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Γερμανία, η οποία ανέπτυξε ορισμένα προγράμματα με αποτέλεσμα η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών να έχει ξεπεράσει τα 270 MW το 2002 την στιγμή που το 1993 η ισχύς των συστημάτων δεν ξεπερνούσε τα 9 MW.

1.3 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΑΓΟΡΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

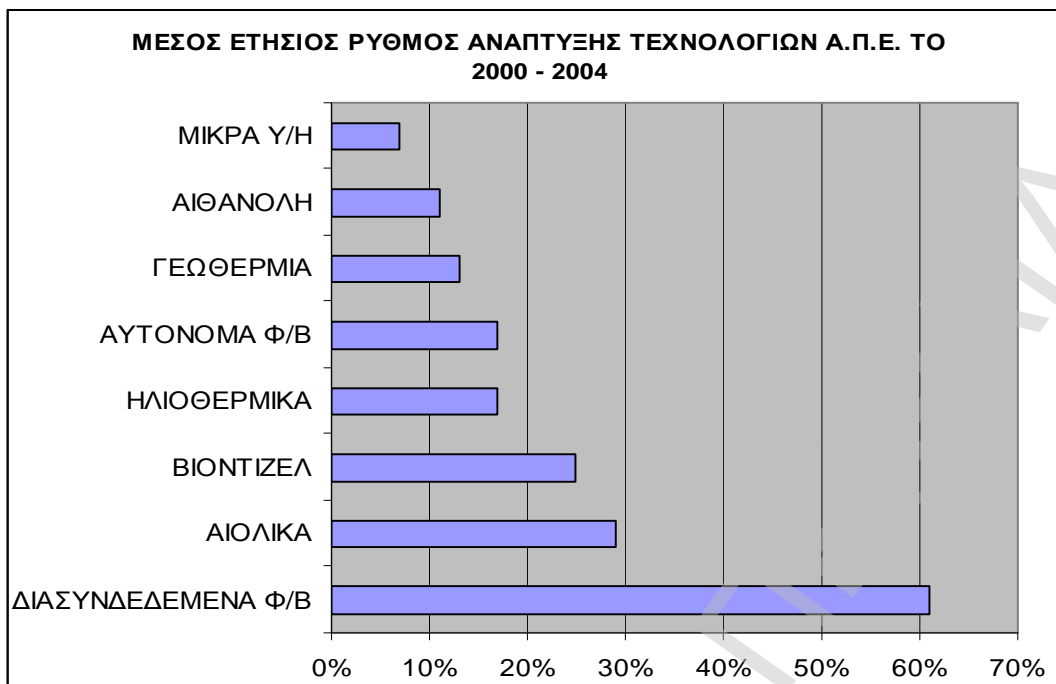
Η θέσπιση κινήτρων για την προώθηση των φωτοβολταϊκών (Φ/Β εν συντομία) σε ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου είχε ως αποτέλεσμα την σταδιακή αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος αυτών παγκοσμίως. Έτσι, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς βρίσκεται πάνω από το ψυχολογικό όριο των 2.000 MWp, φτάνοντας τα 2.364 MWp στο τέλος του 2002 από 313,5 MWp το 1991, όπως προκύπτει και από το Σχήμα 1.3. Από αυτά, περίπου 440 MWp αφορούν συστήματα εγκατεστημένα στην Ευρώπη με

κυρίαρχο της αγοράς τη Γερμανία, ενώ περίπου 215 MWp έχουν εγκατασταθεί στις Η.Π.Α. και 636 MWp στην Ιαπωνία. Εκτιμάται ότι το 2010 η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών θα ξεπεράσει διεθνώς τα 10.000 MWp. Η εκτίμηση βασίζεται τόσο στους σημερινούς ρυθμούς ανάπτυξης όσο και στους στόχους που έχουν θέσει κατά καιρούς διάφορες κυβερνήσεις. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης για 3.000 MWp ως το 2010, ο αντίστοιχος των Η.Π.Α. για 2.000 MWp και της Ιαπωνίας για 4.280 MWp. Προς το παρόν, φαίνεται ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση δε θα καταφέρει να φτάσει στο επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Σύμφωνα με νεότερα στοιχεία, το 2004 εγκαταστάθηκαν διεθνώς 927 MWp σημειώνοντας αύξηση 62% σε σχέση με το 2003. Ειδικά για τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο Φ/Β συστήματα, ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης την πενταετία 2000 – 2004 ήταν 61% την στιγμή που ο αντίστοιχος των αιολικών συστημάτων ήταν 29%, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.4.



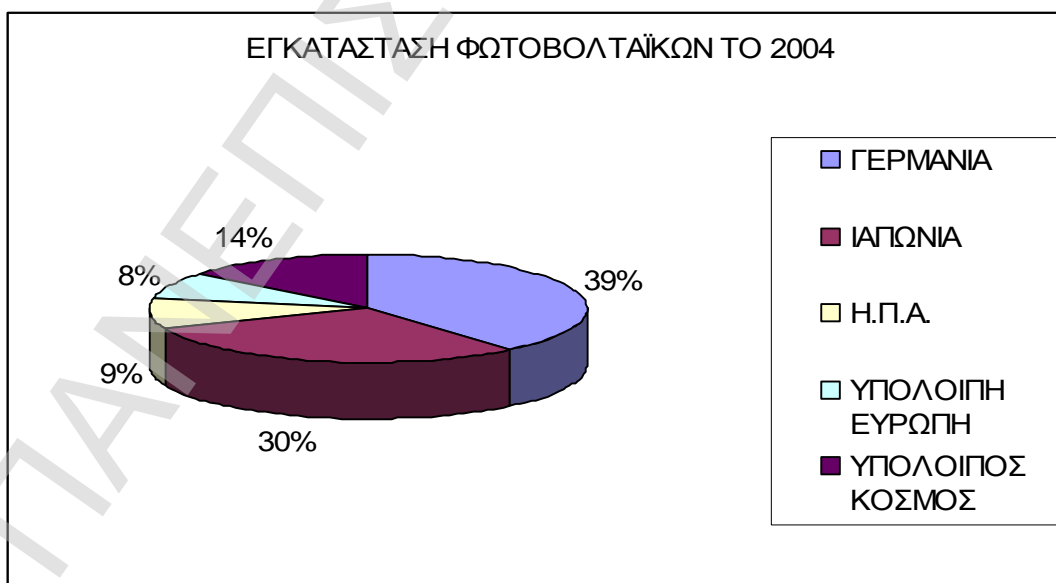
Σχήμα 1.3: Εξέλιξη της διεθνούς αγοράς φωτοβολταϊκών (πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών)

Ως τα τέλη του προηγούμενου αιώνα, η πλειοψηφία των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών αφορούσε αυτόνομα συστήματα. Τα τελευταία χρόνια η αγορά αλλάζει υπέρ των διασυνδεδεμένων. Ενώ το 1994 μόνο το 20% αφορούσε διασυνδεδεμένα συστήματα, το 2001 το ποσοστό αυτό ξεπέρασε το 50% ως αποτέλεσμα των προγραμμάτων ενίσχυσης των Φ/Β σε πολλές χώρες.



Σχήμα 1.4: Μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης τεχνολογιών Α.Π.Ε.

Στα εγκατεστημένα συστήματα, η Γερμανία άρχισε να απολαμβάνει τους καρπούς από την πετυχημένη και γενναία ενίσχυση της ηλιακής kWh περνώντας στην πρώτη θέση το 2004. Αυτή τη χρονιά, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στη Γερμανία παρουσίασε μια εκρηκτική αύξηση της τάξης του 140%, αφού σύμφωνα με τα στοιχεία εγκαταστάθηκαν 366 MWp, ενώ ακολούθησε η Ιαπωνία με 277 MWp. Με άλλα λόγια, το 69% των συστημάτων τοποθετήθηκαν στις δύο αυτές χώρες, όπως προκύπτει και από το Σχήμα 1.5.



Σχήμα 1.5: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων το 2004

Λαμβάνοντας υπόψη την Ετήσια Έκθεση του Ευρωβαρομέτρου για τις απόψεις των πολιτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης απέναντι στις ενεργειακές τεχνολογίες, παρατηρούμε ότι η ηλιακή ενέργεια αποτελεί τη μορφή ενέργειας με τη μεγαλύτερη απήχηση. Το 80% των Ευρωπαίων πολιτών έχει θετική γνώμη για τη χρήση της ηλιακής ενέργειας την στιγμή που το ποσοστό αυτό αγγίζει το 94% στην Κύπρο και το 93% στην Ελλάδα. Παράλληλα, το 70% των Ελλήνων πολιτών και το 47% των Ευρωπαίων επιθυμεί την περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνολογιών εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας καθιστώντας αυτή τη μορφή ως την πρώτη στις προτιμήσεις των πολιτών.

Πέρα από τις θετικές επιπτώσεις στον ενεργειακό τομέα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών έχει θετικές επιπτώσεις και στην οικονομία, καθώς μόνο στις χώρες που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα PVPS της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας, η βιομηχανία φωτοβολταϊκών απασχολεί πάνω από 21.000 άτομα. Η αμερικανική βιομηχανία φωτοβολταϊκών απασχολεί μόνο στις Η.Π.Α. περί τα 20.000 άτομα με την προοπτική αυτά να προσεγγίσουν τα 150.000 το 2020. Η Ευρωπαϊκή Ένωση εκτιμά ότι θα δημιουργηθούν 100.000 νέες θέσεις εργασίας με την επίτευξη του στόχου που έχει τεθεί. Στο Σχήμα 1.6 παρουσιάζονται οι άμεσες θέσεις εργασίας που δημιουργούνται ετησίως ανά εκατομμύριο \$ σε διάφορους ενεργειακούς κλάδους.



Σχήμα 1.6: Δημιουργία θέσεων εργασίας ανά εκατομμύριο επενδυμένων \$ σε ενεργειακούς κλάδους (πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών)

1.4 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η αγορά των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα ήταν μέχρι το προηγούμενο έτος σε εμβρυακή κατάσταση. Ελάχιστες αποκεντρωμένες εφαρμογές συντηρούσαν τις λίγες εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον κλάδο, παρόλο που οι κλιματολογικές συνθήκες στη χώρα μας χαρακτηρίζονται ως άριστες. Μια σχετική έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφέρει ότι το δυναμικό των Φ/Β συστημάτων θα μπορούσε να καλύψει το 25 – 30% των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρισμό.

Το 2004 εγκαταστάθηκαν στη χώρα μας συνολικά 1,3 MWp περίπου, από τα οποία το 55% αφορούσε τις τηλεπικοινωνίες. Έτσι, η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων ήταν στα τέλη του 2004 περίπου 4,5 MWp, εκ των οποίων τα τρία τέταρτα είναι αυτόνομα συστήματα και το ένα τέταρτο διασυνδεδεμένα στο δίκτυο ηλεκτρισμού. Στο Σχήμα 1.7 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη της αγοράς των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα.



Σχήμα 1.7: Διαχρονική εξέλιξη της ελληνικής αγοράς φωτοβολταϊκών

Τα Φ/Β συστήματα στην Ελλάδα βρίσκονται διεσπαρμένα σε διάφορες περιοχές, κυρίως νησιωτικές. Μερικά από τα εγκατεστημένα συστήματα αποτελούνται από μικρούς φωτοβολταϊκούς σταθμούς σε συνεργασία με αιολικά συστήματα και ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, όπως για παράδειγμα στη Κύθνο και στη Γαύδο. Μέχρι πρότινος, η πλειοψηφία των συστημάτων αφορούσε την ηλεκτροδότηση για τη λειτουργία απομακρυσμένων από το δίκτυο κεραιών κινητής τηλεφωνίας. Επίσης, σε λειτουργία έχουν τεθεί ψυγεία πρόψυξης γάλακτος σε κτηνοτροφικές μονάδες. Μέχρι το 1991, οπότε και άρχισε η σταδιακή απόσυρση των εγκαταστάσεών του, βρισκόταν σε λειτουργία ο πρώτος Φ/Β σταθμός της Ευρώπης

στην Αγία Ρούμελη στη Νοτιοδυτική Κρήτη. Η ισχύς του ήταν 50 kWp και την ευθύνη για τη λειτουργία του είχε η Δ.Ε.Η. Το 2001, χάρη στις επιδοτήσεις του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας του Υπουργείου Ανάπτυξης, εγκαταστάθηκαν μερικές εκατοντάδες kWp διασυνδεδεμένων σε ηλιακές εφαρμογές στην Κρήτη, όπως η εγκατάσταση του Σχήματος 1.8.



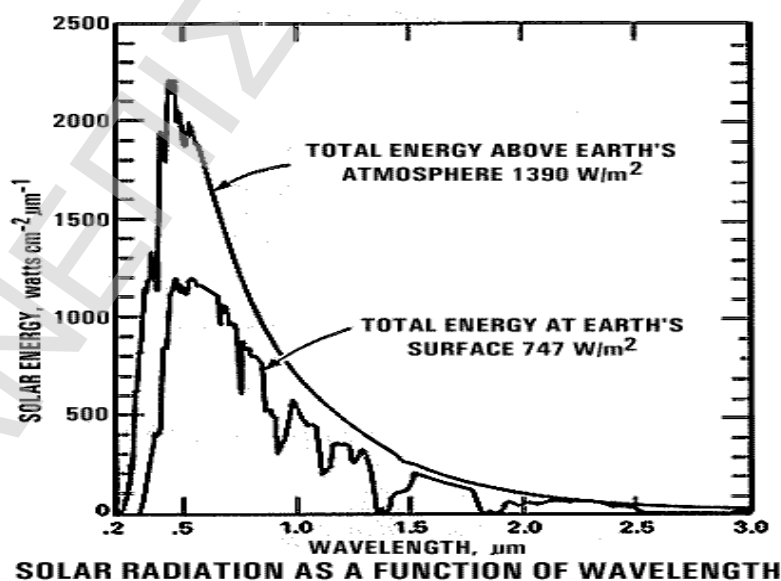
Σχήμα 1.8: Εφαρμογή φωτοβολταϊκών πλαισίων σε στέγη εργοστασίου στην Κρήτη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2.1 Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος και προσπίπτει στον πλανήτη μας. Η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αντιστοιχεί στη μέση απόσταση πλανήτη – ήλιου ενός ηλιακού συστήματος ονομάζεται ηλιακή σταθερά του συγκεκριμένου πλανήτη. Στην περίπτωση μας, χρησιμοποιείται διεθνώς η τιμή των 1367 W / m^2 ως πρότυπη τιμή της ηλιακής σταθεράς για τη γη. Παρόλ' αυτά, η τιμή αυτή δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται με την απόσταση μεταξύ γης και ήλιου.

Το φάσμα του ηλιακού φωτός, στα όρια της ατμόσφαιρας της γης, το οποίο χαρακτηρίζεται διεθνώς ως AM0, εκτείνεται από $0,1 \mu\text{m}$ μέχρι 100 m (ο αριθμός που ακολουθεί τα αρκτικόλεξα AM δηλώνει πόσες φορές χωράει το πάχος της γήινης ατμόσφαιρας στο μήκος που διανύει το ηλιακό φως μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα τη δεδομένη χρονική στιγμή). Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζονται τα φάσματα AM0 και AM1, στο οποίο φαίνεται καθαρά η απορρόφηση του ηλιακού φάσματος από τη γήινη ατμόσφαιρα. Ορισμένα αέρια που βρίσκονται στα κατώτερα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας, όπως οι υδρατμοί, το CO_2 , τα NO_x , απορροφούν ποσοστό του ηλιακού φάσματος με αποτέλεσμα το μήκος κύματός του να βρίσκεται στην περιοχή τιμών μεταξύ των $0,3 \mu\text{m}$ και $14 \mu\text{m}$.



Σχήμα 2.1: Φάσματα AM0 και AM1

Όταν το ηλιακό φάσμα λαμβάνεται και καταγράφεται από μετρητική διάταξη στην επιφάνεια του πλανήτη μας, εμφανίζεται μια γενικότερη ελάττωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας σε όλα τα μήκη κύματος αυτού και νέες χαρακτηριστικές περιοχές απορρόφησης, οι οποίες δεν εμφανίζονται στο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας εκτός ατμόσφαιρας. Η ελάττωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας οφείλεται στην ελαστική σκέδαση στα μόρια της ατμόσφαιρας και σε μοριακές διεγέρσεις.

Όπως αναφέρθηκε, κατά τη διέλευση του φωτός από τη γήινη ατμόσφαιρα, η έντασή του ελαττώνεται, καθώς τα φωτόνια σκεδάζονται αφενός στα μόρια της ατμόσφαιρας και τα πολύ μικρής διαμέτρου σωματίδια, αφετέρου στα μεγαλύτερης διαμέτρου αιωρήματά της, δηλαδή τους υδρατμούς, την σκόνη και τον καπνό. Μέρος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας φτάνει στην επιφάνεια του πλανήτη. Συνεπώς, σε κάθε τόπο της επιφάνειας της γης φτάνουν δύο συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας: η άμεση και η διάχυτη ή σκεδαζόμενη ακτινοβολία. Η συνολική ακτινοβολία ονομάζεται ολική ακτινοβολία και συμβολίζεται διεθνώς με G (Global Irradiation). Μεταξύ της ολικής ακτινοβολίας G , της κάθετης απευθείας ακτινοβολίας D_N και της διάχυτης S ισχύει η επόμενη σχέση: $G = D_N \cdot \sin z + S$, όπου z η ζενιθία γωνία του ήλιου ($z = 90 - EL$, EL το ύψος του ήλιου). Κατά την ανατολή του ήλιου, η ζενιθία γωνία είναι ίση με 90° και επομένως η ολική πυκνότητα ισχύος της ακτινοβολίας καθορίζεται κυρίως από τη διάχυτη. Καθώς το ύψος του ήλιου αυξάνει, η απευθείας κάθετη ακτινοβολία αυξάνεται μέχρι το ηλιακό μεσημέρι, μετά από το οποίο ελαττώνεται συμμετρικά.

2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

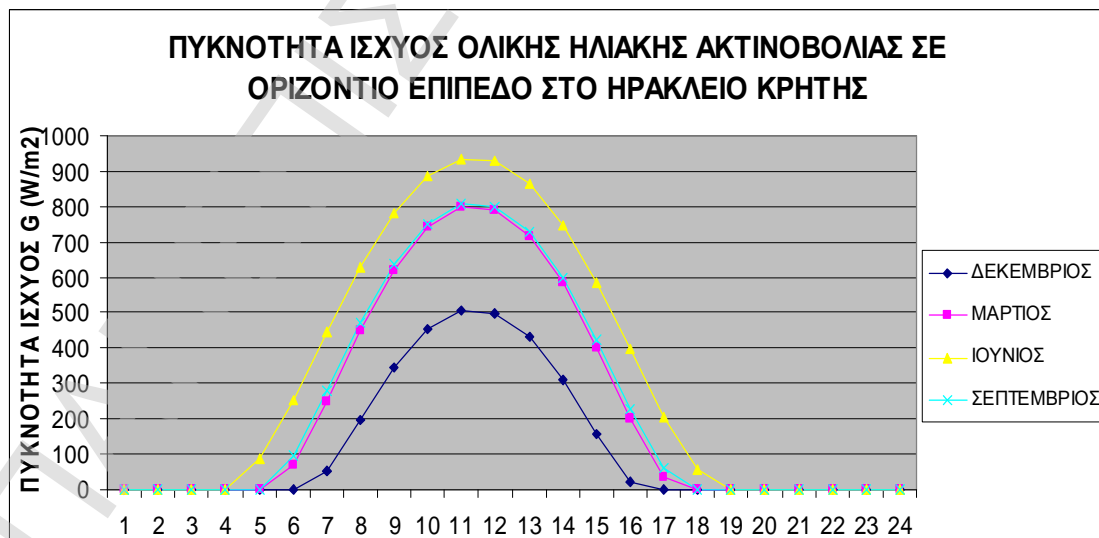
Η ενέργεια ανά m^2 , που φτάνει στην επιφάνεια της γης κατά την περίοδο μιας ημέρας, εξαρτάται από την κλίση της συλλεκτικής επίπεδης επιφάνειας, το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, την ημέρα του χρόνου και από τις συγκεντρώσεις των αερίων, υγρών και στερεών συστατικών και αιωρημάτων της ατμόσφαιρας κατά την ημέρα εκείνη. Προκειμένου να υπάρχουν συγκρίσιμα στοιχεία, σε διεθνή κλίμακα, αναφερόμαστε σε μετρήσεις με αισθητήρες, οι οποίοι τοποθετούνται οριζόντια. Χαρακτηριστικά μεγέθη είναι οι μέσες ημερήσιες τιμές της πυκνότητας ισχύος και της πυκνότητας ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντια επιφάνεια για κάθε μήνα και για το έτος συνολικά. Για να αξιοποιηθούν αυτά τα μετεωρολογικά στοιχεία

σε πρακτικές εφαρμογές απαιτούνται μετρήσεις που να καλύπτουν περίοδο τουλάχιστον 10 ετών.

Για παράδειγμα, μια τυπική μορφή εξέλιξης της ενεργειακής πυκνότητας της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στο Ηράκλειο της Κρήτης παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.2. Ενώ στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται η πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην ίδια περιοχή για 4 χαρακτηριστικούς μήνες του έτους.



Σχήμα 2.2: Ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στο Ηράκλειο Κρήτης



Σχήμα 2.3: Πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο Ηράκλειο Κρήτης

Από τα συγκεκριμένα διαγράμματα προκύπτει ότι την περίοδο του καλοκαιριού η μέση ημερήσια τιμή της ηλιακής ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο προσεγγίζει τις 7 kWh / m². Αντίστοιχα, τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο φτάνει τις 2 kWh / m². Ενδεικτικό είναι, όμως, και το μέγεθος της πυκνότητας ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, αφού το μήνα Δεκέμβριο μόλις που ξεπερνά τα 500 W / m², ενώ τον Ιούνιο προσεγγίζει τα 950 W / m².

Με χρήση των ωρών ηλιοφάνειας, της πυκνότητας ισχύος και ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και άλλων μετεωρολογικών δεδομένων δημιουργείται βάση δεδομένων πολλών ετών, που ως τελικό αποτέλεσμα έχει τη δημιουργία του έτους αναφοράς, που μπορεί να είναι είτε το Μετεωρολογικό Έτος για Ενεργειακούς Υπολογισμούς λαμβάνοντας υπόψη τις μηνιαίες τιμές κάθε μεγέθους είτε το Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος αφού προσδιορίσουμε τον στατιστικά πιο πιθανό μήνα μεταξύ των ομοίων του τα τελευταία τριάντα έτη.

2.3 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας διακρίνεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία συγκαταλέγονται όλοι εκείνοι οι τρόποι που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε εσωτερική ενέργεια δομικών κατασκευών και ονομάζονται παθητικά ηλιακά συστήματα, ενώ στη δεύτερη κατηγορία αυτοί που προκαλούν μετατροπή της σε άλλη μορφή ενέργειας ή χρησιμοποιούν θερμό ρευστό σε κίνηση. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται ενεργά ηλιακά συστήματα και διακρίνονται σε αυτά που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε εσωτερική ενέργεια θερμού ρευστού και ονομάζονται θερμοσιφωνικά συστήματα, και σε αυτά που μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια, τα οποία και καλούνται φωτοβολταϊκά συστήματα.

Στα θερμοσιφωνικά συστήματα περιλαμβάνονται οι ευρέως χρησιμοποιούμενοι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες και οι λιγότερο διαδεδομένοι παραβολικοί ηλιακοί συλλέκτες. Τα επίπεδα ηλιακά θερμοσιφωνικά συστήματα αποτελούν μια πολύ διαδεδομένη διάταξη για τη θέρμανση νερού. Η συλλεκτική επιφάνεια κατασκευάζεται από μεταλλικό φύλλο, το οποίο είτε βάφεται μαύρο είτε εκ του τρόπου κατασκευής αποκτά μαύρη ματ όψη, και τοποθετείται σε κλειστή μεταλλική κατασκευή, η εμπρός επιφάνεια της οποίας κλείνεται με υαλοπίνακα για προστασία από τις καιρικές συνθήκες και τη δημιουργία αυξημένης θερμοκρασίας. Μία μορφή ενός τέτοιου θερμοσιφωνικού συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.4. Οι

παραβολικοί συλλέκτες αποτελούνται από ημικυλινδρική ανακλαστική επιφάνεια παραβολικής τομής.



Σχήμα 2.4: Ηλιακό θερμοσιφωνικό σύστημα για θέρμανση νερού

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελεί το δομικό στοιχείο των φωτοβολταϊκών συστημάτων, και είναι σύστημα δύο υλικών σε επαφή, το οποίο όταν φωτίζεται εμφανίζει στα άκρα του συνεχή ηλεκτρική τάση. Βασίζεται στη δημιουργία δύο ημιαγωγικών στρωμάτων σε επαφή, ενός τύπου n και ενός τύπου p. Εξωτερικά τοποθετούνται κατάλληλα ηλεκτρόδια. Όταν το στοιχείο φωτίζεται, προκαλείται στο εσωτερικό του ηλεκτρικό ρεύμα ευθέως ανάλογο της πυκνότητας ισχύος του ηλιακού φωτός που προσπίπτει στην επιφάνειά του. Τα φωτοβολταϊκά κελιά συνήθως παρασκευάζονται από πυρίτιο με διάφορες μεθόδους προσφέροντας είτε το κρυσταλλικό πυρίτιο (c-Si), που διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό, είτε το άμορφο πυρίτιο (a-Si). Στο Σχήμα 2.5 παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα φωτοβολταϊκό κελί μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Πολλά κελιά συνδέονται σε σειρά, ώστε να προκύψει συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος 17 – 22 V. Η ολοκληρωμένη αυτή διάταξη καλείται φωτοβολταϊκό πλαίσιο και αποτελεί τη βασική μονάδα σύνθεσης μεγαλύτερων μονάδων. Η εμπρόσθια πλευρά του πλαισίου καλύπτεται από υαλοπίνακα, ενώ η πίσω πλευρά από υγρομονωτική ουσία υψηλής αντοχής στο χρόνο. Μία τέτοια μονάδα φωτοβολταϊκού πλαισίου πολυκρυσταλλικού πυριτίου εμφανίζεται στο Σχήμα 2.6.



Σχήμα 2.5: Φωτοβολταϊκό κελί μονοκρυσταλλικού πυριτίου



Σχήμα 2.6: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

2.4 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Στην περίπτωση των ημιαγώγιμων υλικών συναντάται το φαινόμενο της φωτοαγωγιμότητας, κατά το οποίο προκαλείται αύξηση της αγωγιμότητας του υλικού, όταν αυτό φωτίζεται. Το φαινόμενο αυτό εξαρτάται από το υλικό και την

συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Για να προκύψει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, αρκεί η διάταξη επαφής δύο τέτοιων υλικών. Η περιοχή τύπου n έχει ως φορείς πλειονότητας τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, ενώ η περιοχή τύπου p τις οπές. Οι πρόσθετοι φορείς φορτίζουν τους χώρους στους οποίους φτάνουν. Έτσι, το δυναμικό στην περιοχή p γίνεται θετικότερο λόγω των οπών, ενώ το αντίστοιχο στην περιοχή n αρνητικότερο. Η συνεχής κίνηση των φωτοδημιουργουμένων φορέων αποτελεί ηλεκτρικό ρεύμα που καλείται φωτόρευμα I_L . Η τιμή του φωτορεύματος είναι ευθέως ανάλογη του πλήθους των απορροφουμένων φωτονίων, δηλαδή ευθέως ανάλογη των προσπιπτόντων φωτονίων, των οποίων η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου και επιφάνειας αποτελεί την πυκνότητα ισχύος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Παράλληλα, δημιουργείται ρεύμα διάχυσης I_δ λόγω της μεταβολής της συγκέντρωσης των φορέων μειονότητας, το οποίο έχει την αντίθετη φορά από το φωτόρευμα. Η διάχυση των φορέων πλειονότητας προκαλεί αύξηση των φορέων μειονότητας των αντίθετων περιοχών με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο ρυθμός επανασύνδεσης των φορέων μειονότητας με τους φορείς πλειονότητας. Επομένως, στη μόνιμη κατάσταση, μέσα στη διάταξη κυκλοφορούν δύο ρεύματα, το φωτόρευμα και το ρεύμα διάχυσης.

2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Μια κατάσταση στην οποία εξετάζεται το Φ/Β στοιχείο είναι το ανοικτό κύκλωμα, κατάσταση στην οποία το φωτόρευμα ισούται με το ρεύμα διάχυσης, και παράλληλα η ηλεκτρική τάση στα άκρα της επαφής p-n προσεγγίζει το ύψος V_{bi} του φραγμού επαφής. Η τάση αυτή ονομάζεται τάση ανοικτού κυκλώματος και είναι: $V_{oc} \leq V_{bi}$. Στο κλειστό κύκλωμα και κατά τη βραχυκύκλωση των άκρων του, το φωτόρευμα διέρχεται από τον αγωγό βραχυκύκλωσης, επομένως το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} ισούται ιδανικά με το φωτόρευμα I_L . Στην περίπτωση της σύνδεσης μιας ωμικής αντίστασης στο κλειστό κύκλωμα, αυτή θα διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_R = I_\delta - I_L$.

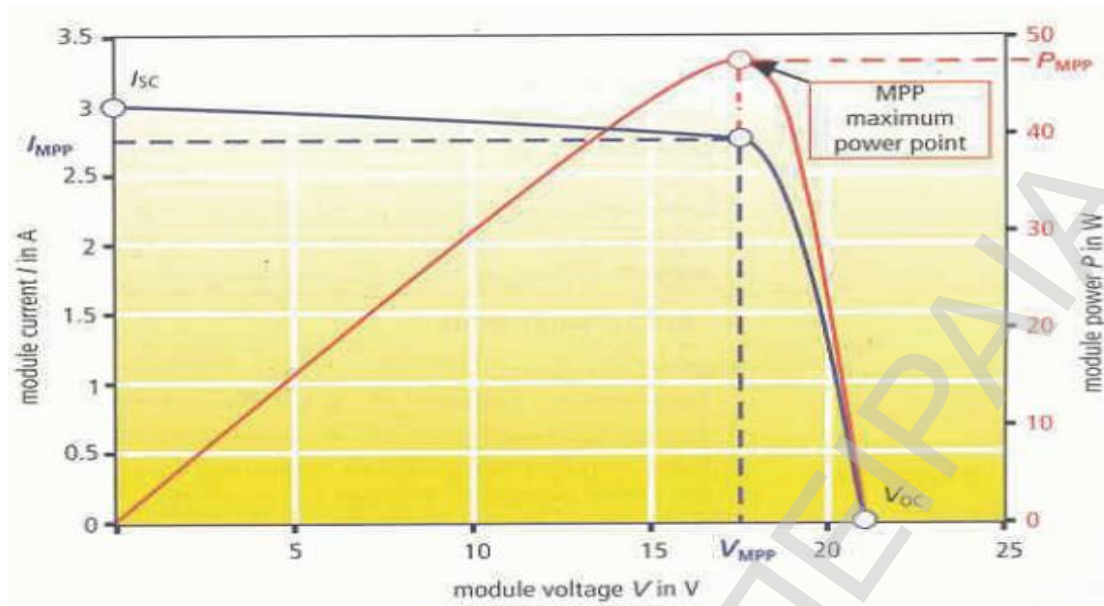
Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, συμπεραίνουμε ότι το Φ/Β στοιχείο είναι μια πηγή ρεύματος, που έχει την ικανότητα να διατηρεί σταθερή την τιμή έντασης του ρεύματος σε μια αντίσταση ανεξάρτητα από τη τιμή της. Σε κάθε περίπτωση, η πηγή αυτή προσαρμόζει την τάση της στα άκρα της αντίστασης, ώστε το ρεύμα να μένει πρακτικά σταθερό. Επομένως, το Φ/Β στοιχείο συμπεριφέρεται ως πηγή σταθερού

ρεύματος σε ορισμένα όρια τάσεων. Στην συνέχεια, και μέχρι την τάση ανοικτού κυκλώματος, το ρεύμα μειώνεται ραγδαία, προσεγγίζοντας την συμπεριφορά πηγής σταθερής τάσης.

Με τη χαρακτηριστική καμπύλη I-V παρατηρούμε τις τιμές της έντασης του ρεύματος και της τάσης όταν η επαφή p-n συμπεριφέρεται ως φωτοβολταϊκό στοιχείο. Παράλληλα, υπολογίζεται η ισχύς που παρέχει το Φ/B στοιχείο σε συνάρτηση με την τάση στα άκρα και κατασκευάζεται το γράφημά της σε συνάρτηση με την τάση. Στις ακραίες τιμές, 0 και V_{oc} , η παρεχόμενη ισχύς είναι μηδενική, οπότε η καμπύλη παρουσιάζει μέγιστο, μάλιστα κοντά στο σημείο όπου αρχίζει η έντονη πτώση της έντασης του ρεύματος. Το σημείο αυτό καλείται Σημείο Μέγιστης Ισχύος (Maximum Power Point, στη ξένη βιβλιογραφία). Είναι προφανές ότι για την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου, πρέπει να προσαρμοσθεί η αντίσταση του καταναλωτή που επιθυμούμε να συνδέσουμε στα άκρα του στοιχείου, ώστε η τάση και το ρεύμα να αντιστοιχούν στο Σημείο Μέγιστης Ισχύος. Η καμπύλη I - V φαίνεται στο Σχήμα 2.7, στο οποίο παρουσιάζεται και το Σημείο Μέγιστης Ισχύος για την συγκεκριμένη καμπύλη.

Τα Σημεία Μέγιστης Ισχύος διαφέρουν με τις συνθήκες λειτουργίας του Φ/B στοιχείου. Το επιδιωκόμενο είναι το σημείο λειτουργίας σε κάθε διαφορετική κατάσταση να συμπίπτει με το Σημείο Μέγιστης Ισχύος P_m για τη δεδομένη κατάσταση. Οι τιμές της έντασης του ρεύματος και της τάσης στο Σημείο Μέγιστης Ισχύος συμβολίζονται με I_m και V_m , αντίστοιχα. Η μέγιστη δυνατή ισχύς που μπορεί να δώσει η κυψέλη υπό δεδομένη προσπίπτουσα πυκνότητα ακτινοβολίας είναι:

$$P_m = I_m \cdot V_m.$$



Σχήμα 2.7: Καμπύλη I-V και $P = f(V)$ Φ/Β στοιχείου

Για τον έλεγχο της αποδοτικότητας των φωτοβολταϊκών στοιχείων και την σύγκριση μεταξύ τους, καθορίστηκαν πρότυπες συνθήκες ελέγχου (Standard Test Conditions, STC), στις οποίες ελέγχονται η ενεργειακή απόδοση η , ο παράγοντας πλήρωσης FF, το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} και η τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} . Αυτές οι συνθήκες είναι:

§ Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πυκνότητας ισχύος $1 \text{ kW} / \text{m}^2$ και φάσματος αντίστοιχου του ηλιακού με AM 1,5

§ Θερμοκρασία του στοιχείου ίση με $25^\circ \pm 2^\circ \text{C}$

Με βάση τις πρότυπες συνθήκες, εισάγεται η έννοια της ισχύος αιχμής, P_p , η οποία είναι η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που μπορεί να αποδώσει ένα Φ/Β στοιχείο υπό τις πρότυπες συνθήκες.

Όπως αναφέρθηκε, δύο από τα χαρακτηριστικά μεγέθη που ελέγχονται στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου είναι ο παράγοντας πλήρωσης και η ενεργειακή απόδοση. Παράγοντας πλήρωσης είναι το ποσοστό της ισχύος αιχμής προς την ισχύ που θα παρείχε η Φ/Β κυψέλη στην περίπτωση που το ρεύμα ήταν εντάσεως I_{sc} και η τάση V_{oc} .

Είναι, επομένως: $FF = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$. Η απόδοση της ενεργειακής μετατροπής η_c

του Φ/Β στοιχείου είναι: $\eta_c = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{I_m \cdot V_m}{E \cdot S} = \frac{FF \cdot I_{sc} \cdot V_{oc}}{E \cdot S}$. Η απόδοση του στοιχείου

εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο ημιαγωγό, αυξάνεται με αύξηση της πυκνότητας ισχύος της ακτινοβολίας E για σταθερή θερμοκρασία, και μειώνεται με αύξηση της

θερμοκρασίας. Έχει αποδειχθεί ότι το θεωρητικό όριο απόδοσης ενός Φ/Β στοιχείου προσεγγίζει το 31% για το σύνθετο ημιαγωγό GaAs, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο χαρακτηρίζεται από ιδανική απόδοση 28%. Στον Πίνακα 2.1 παρατίθενται μερικές τιμές απόδοσης ορισμένων Φ/Β στοιχείων και πλαισίων διαφόρων υλικών σε εργαστηριακές εφαρμογές. Οι τιμές αυτές προσδιορίζουν το μέγιστο της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ενώ στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται οι απώλειες ενέργειας κατά τη ροή ενέργειας σε μία φωτοβολταϊκή κυψέλη.

Πίνακας 2.1: Αποδόσεις Φ/Β στοιχείων και πλαισίων

Τύπος Φ/Β στοιχείου - πλαίσιο	Απόδοση %	Παρατηρήσεις
GaAs – cell	25,1±0,8	STC
GaAs – module	27,6±1,0	Συγκεντρωτικά, δύσκολη βιομηχανική παραγωγή
c – Si - cell	24,4±0,5	STC
c – Si - cell	26,8±0,8	Συγκεντρωτικά
c – Si - module	22,7±0,6	STC, σταθερό σε απόδοση
a – Si - cell	12,7±0,4	Μείωση απόδοσης κατά το φωτισμό
a – Si/a – SiGe/a – SiGe module	10,2±0,5	STC, σταθερό
CuInSe ₂	16,4±0,5	STC, σταθερό, πολύπλοκη η παρασκευή του
CuInSe ₂ - module	14,2±0,2	
CdTe	16,0±0,2	STC, ειδικές συνθήκες παρασκευής
CdTe - module	9,1±0,5	STC

Πίνακας 2.2: Ροή ενέργειας κατά τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε Φ/Β ηλεκτρική ενέργεια

	Ποσοστό %
Ενέργεια ηλιακής ακτινοβολίας / m² που προσπίπτει στην επιφάνεια του στοιχείου	100
Απώλειες:	
Θερμικής εξισορρόπησης φορέων με το πλέγμα	33
Μη απορροφούμενη ακτινοβολία	23
Τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που συμβάλει στο Φ/Β φαινόμενο	44
Παράγοντας τάσεως	16
Θεωρητικό όριο απόδοσης	28
Απώλειες επανασύνδεσης φορέων	2
Απώλειες ανάκλασης	3,6
Απώλειες αντιστάσεων σε σειρά	3,6
Τελική απόδοση Φ/Β στοιχείου	14 - 22

Είναι προφανές ότι η θερμοκρασία της κυψέλης αυξάνεται με το φωτισμό της. Σε συνθήκες χρήσης στο ύπαιθρο, όπου το Φ/Β στοιχείο βρίσκεται ενσωματωμένο σε πλαίσιο, η διαφορά θερμοκρασιών $\theta_c - \theta_a$, όπου θ_c η θερμοκρασία λειτουργίας, και θ_a η θερμοκρασία περιβάλλοντος, αυξάνεται σχεδόν γραμμικά συναρτήσει της πυκνότητας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας G με ρυθμό $\frac{q_c - q_a}{G} = 30^\circ C / \left(\frac{kW}{m^2} \right)$.

Συνακόλουθα, μεταβάλλονται τόσο το ρεύμα βραχυκύκλωσης όσο και η τάση ανοικτού κυκλώματος. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης αυξάνεται ελαφρά με τη θερμοκρασία μέσω της σχέσης : $I_{sc} = \frac{E}{E_{STC}} \cdot I_{sc,STC} \cdot (1 + a_{Isc} \cdot (q_c - q_{STC}))$, όπου:

$a_{Isc} = \frac{dI_{sc}}{I_{sc} dT}$ ο θερμικός συντελεστής του ρεύματος βραχυκύκλωσης, $I_{sc,STC}$ η τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε πρότυπες συνθήκες, E η πυκνότητα ισχύος, $E_{STC} = 1000 \text{ W} / \text{m}^2$ και $T = 273 + \theta$. Αντίθετα, η τάση ανοικτού κυκλώματος μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας της κυψέλης μέσω της σχέσης :

$V_{oc} = V_{oc,STC} \cdot (1 + b_{Voc} \cdot (q_c - q_{STC})) \cdot \left(1 + d(q_c) \cdot \ln \left(\frac{E}{E_{STC}} \right) \right)$, όπου: $V_{oc,STC}$ η τάση ανοικτού κυκλώματος σε πρότυπες συνθήκες, $d(q_c)$ διορθωτικός παράγοντας της

εξάρτησης της V_{oc} από την E , και $b_{Voc} = \frac{dV_{oc}}{V_{oc} dT}$ ο θερμικός συντελεστής τάσης

ανοικτού κυκλώματος. Η ηλεκτρική ισχύς που αποδίδεται από τη κυψέλη, όταν λειτουργεί στο σημείο μέγιστης ισχύος, δίδεται από την σχέση:

$$P_m = V_m \cdot I_m = \frac{E}{E_{STC}} \cdot P_p \cdot (1 + g_{pm} \cdot (q_c - q_{STC})), \quad \text{όπου:} \quad g_{pm} = \frac{dP}{P_m dT} \quad \text{ο θερμικός}$$

συντελεστής μέγιστης ισχύος, ο οποίος παίρνει αρνητικές τιμές, με αποτέλεσμα ο παράγοντας θερμοκρασίας να λαμβάνει τιμές κάτω της μονάδας για θερμοκρασίες μεγαλύτερες της θερμοκρασίας των πρότυπων συνθηκών, όπως φαίνεται από την σχέση: $h_T = 1 + g_{pm} \cdot (q_c - q_{STC})$.

Τα Φ/Β στοιχεία μπορούν να συνδεθούν παράλληλα και εν σειρά, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό. Στην περίπτωση της σύνδεσης σε σειρά N όμοιων στοιχείων προκύπτει σύστημα με ανάλογα πολλαπλάσια τάση ανοικτού κυκλώματος, ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με το αντίστοιχο του ενός. Στην περίπτωση της σύνδεσης σε σειρά ανόμοιων στοιχείων, το στοιχείο με το μικρότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης επιβάλλει στο κύκλωμα το δικό του ρεύμα. Στην παράλληλη σύνδεση προκύπτει τάση ίση με αυτή του ενός, και ένταση ρεύματος ίση με N φορές έκαστης.

Το υλικό που χρησιμοποιείται ευρύτατα για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι το πυρίτιο, το οποίο διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

§ Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο (c – Si): απόδοση Φ/Β πλαισίων 13 – 16%, υψηλό κόστος κατασκευής, χρώμα σκούρο μπλε.

§ Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (mc – Si): απόδοση 10 – 14% σε βιομηχανική μορφή Φ/Β πλαισίου, χαμηλότερο κόστος παρασκευής, γαλάζιο χρώμα.

§ Άμορφο πυρίτιο (a – Si): χαμηλότερη απόδοση στα επίπεδα του 8%, δυνατότητα δημιουργίας διαδοχικών Φ/Β στοιχείων σε μεγάλες επιφάνειες.

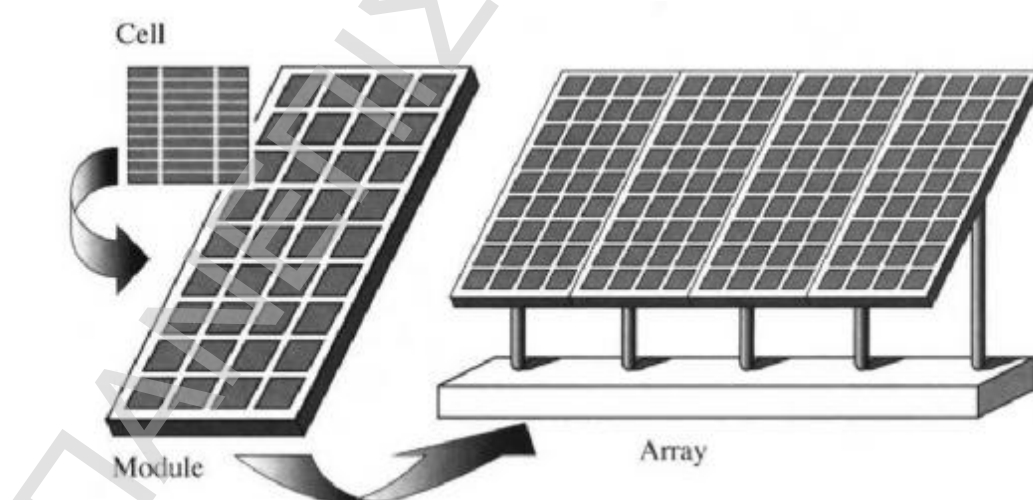
Εκτός από τα στοιχεία πυριτίου, κατασκευάζονται σήμερα στοιχεία και από άλλα υλικά, όπως το Cd, το Te, το S, το Ga, το As, το In, τα οποία συνδυάζονται ώστε να προκύψουν στοιχεία με χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα στοιχεία πυριτίου, αλλά και χαρακτηριστικά μειονεκτήματα.

2.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μετά την παρασκευή της βασικής δομής του, το Φ/Β στοιχείο κόβεται στο επιθυμητό μέγεθος και σχήμα, συνήθως τετραγωνικό, ώστε κατά την σύνθεσή τους σε

μεγαλύτερη μονάδα, να αφήνουν μεταξύ τους ελάχιστη μη εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια. Τα βασικά κριτήρια για την σύνδεση των στοιχείων είναι ηλεκτρολογικά και μορφολογικά. Μετά την σύνδεσή τους, ακολουθεί η τοποθέτησή τους σε επίπεδη γυάλινη πλάκα υψηλής διαφάνειας προσαρμοσμένης σε μεταλλικό πλαίσιο υψηλής αντοχής και ειδικών προδιαγραφών. Αυτή η τυπική διάταξη καλείται φωτοβολταϊκό πλαίσιο (module) και αποτελεί μέρος μεγαλύτερης μονάδας, της φωτοβολταϊκής συστοιχίας (array). Στο Σχήμα 2.8 παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθείται ώστε να προκύψει η συστοιχία από τα πλαίσια, συνακόλουθα και από τα στοιχεία.

Η ισχύς αιχμής ενός πλαισίου προκύπτει όπως ακριβώς η αντίστοιχη της κυψέλης, δηλαδή υπό τις πρότυπες συνθήκες. Κατά τη λειτουργία, όμως, σε πραγματικές συνθήκες, η θερμοκρασία της κυψέλης αυξάνεται, ενώ και η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας κυμαίνεται μεταξύ 0 και $1200 \text{ W} / \text{m}^2$ την στιγμή που η ηλιακή σταθερά είναι $1367 \text{ W} / \text{m}^2$. Η μέγιστη παραγόμενη ισχύς είναι διαφορετική κάθε στιγμή, και κατά κανόνα μικρότερη της ισχύος αιχμής. Πέρα από τα στοιχεία που αναφέρονται στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου, χαρακτηριστικό μέγεθος μιας φωτοβολταϊκής κυψέλης είναι και η Ονομαστική Θερμοκρασία Λειτουργίας Κυψέλης (NOCT), που αποτελεί τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο στοιχείο όταν το πλαίσιο βρίσκεται σε κατάσταση ανοικτού κυκλώματος, η πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας είναι $800 \text{ W} / \text{m}^2$, η θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C και η μέση ταχύτητα ανέμου $1 \text{ m} / \text{s}$.



Σχήμα 2.8: Βασική σύνθεση μιας Φ/Β συστοιχίας

Με τον ίδιο τρόπο υπολογισμού του συντελεστή απόδοσης του Φ/Β κελιού γίνεται και ο υπολογισμός της απόδοσης του πλαισίου: $h_m = \frac{P_m}{G \cdot S}$, όπου: P_m η αποδιδόμενη μέγιστη ηλεκτρική ισχύς, S το εμβαδόν του πλαισίου, G η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Ασφαλώς ο συντελεστής αυτός καθορίζεται από τις επιμέρους ενεργειακές απώλειες και η σχέση τους δίνεται από τον ακόλουθο τύπο: $h_m = h_{kaq} \cdot h_R \cdot h_G \cdot h_T \cdot h_D \cdot h_s \cdot h_p \cdot h_{m,STC}$. Με την σειρά αναφέρονται οι ακόλουθοι συντελεστές απωλειών: λόγω μειωμένης καθαρότητας, διαφοροποίησης ανακλαστικότητας, χαμηλών περιοχών πυκνότητας ισχύος, λόγω διαφοροποίησης της θερμοκρασίας κελιού από τη θερμοκρασία αναφοράς, λόγω της διόδου αντεπιστροφής, λόγω διαφορετικού φάσματος, λόγω της πόλωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

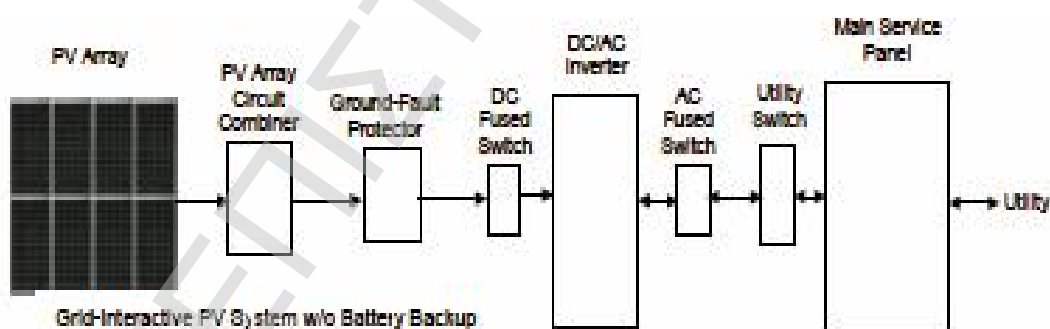
Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η γήρανση των στοιχείων επιφέρει μείωση της απόδοσης κατά 1% ανά έτος λειτουργίας, ενώ η διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας του πλαισίου σε σχέση με τις πρότυπες συνθήκες μειώνει τον συντελεστή απόδοσης κατά 3%. Οι απώλειες διαφοροποίησης της πόλωσης ανέρχονται στο ποσοστό του 2%, ενώ οι απώλειες χαμηλών τιμών πυκνότητας ισχύος υπολογίζονται σε 3%, οι αντίστοιχες λόγω της διαφοροποίησης του φάσματος σε 1%, ενώ σε 1% εκτιμώνται οι απώλειες λόγω της διόδου αντεπιστροφής. Ο συντελεστής απόκλισης της απόδοσης του Φ/Β πλαισίου λόγω της διαφοροποίησης της θερμοκρασίας από τη θερμοκρασία αναφοράς προκύπτει με τον ίδιο τρόπο που υπολογίζεται ο αντίστοιχος παράγοντας θερμοκρασίας για τη κυψέλη.

Ο συνδυασμός πολλών πλαισίων σε σειρά ή παράλληλα σε μια επίπεδη επιφάνεια, σταθερή ή περιστρεφόμενη, με αντίστοιχο ηλεκτρολογικό κιβώτιο, αποτελεί τη Φ/Β συστοιχία. Τα πλαίσια συνδέονται σε σειρά κατά κλάδους, ενώ και οι κλάδοι συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους. Η σύνδεση σε σειρά αυξάνει την ολική τάση, ενώ η παράλληλη σύνδεση το ολικό ρεύμα. Σε κάθε περίπτωση, κατά την σχεδίαση ενός συστήματος, λαμβάνεται πρόνοια ώστε τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κάθε τμήματος να συμφωνούν με τα αντίστοιχα του προηγούμενου και του επόμενου. Ένα σύνολο συνεργαζόμενων συστοιχιών αποτελούν ένα Φ/Β πάρκο, το οποίο με όλες τις απαιτούμενες διατάξεις αποτελούν το Φ/Β σταθμό.

Κατά την σύνθεση της Φ/Β συστοιχίας από τα πλαίσια, παρουσιάζονται ορισμένες απώλειες λόγω της επίδρασης της εκ της κατασκευής ανομοιογένειας των

ηλεκτρικών χαρακτηριστικών ορισμένων εκ των πλαισίων $\eta_{\text{ανομ}}$ και της απώλειας στα καλώδια σύνδεσης μεταξύ των πλαισίων της συστοιχίας $\eta_{\text{w,σ}}$. Η τυπική τιμή του συντελεστή ανομοιογένειας της συστοιχίας και του συντελεστή απωλειών καλωδιώσεων είναι 0,98.

Η συστοιχία παράγει συνεχή τάση, οπότε απαιτούνται ειδικές διατάξεις (inverters) για τη μετατροπή του συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα προκειμένου να γίνει η σύνδεση με το υπάρχον δίκτυο ηλεκτρισμού, είτε αναφερόμαστε σε αυτόνομα είτε σε διασυνδεδεμένα συστήματα. Στην περίπτωση των διασυνδεδεμένων, τα συστήματα αυτά συνδέονται απευθείας στο εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρισμού, καθώς το δίκτυο αποτελεί για αυτά μια τεράστια δεξαμενή ηλεκτρικής ενέργειας σταθερής τάσης. Επομένως, στα συστήματα αυτά δεν απαιτείται αποθήκευση ενέργειας, αλλά σημειώνεται συνεχής έγχυση της ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται στα κατανεμημένα και στα κεντρικά συστήματα μεγάλης ισχύος. Τα κατανεμημένα διακρίνονται σε αυτά που χρησιμοποιούν το δίκτυο ως βοηθητική πηγή ενέργειας (grid back – up) και σε αυτά που λειτουργούν σε συνεχή αλληλεπίδραση με αυτό (grid interactive). Ένα τέτοιο σύστημα φαίνεται στο Σχήμα 2.9, με τη βοήθεια του οποίου παρατηρούμε ότι ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από τα εξής κύρια τμήματα: το σύστημα των πλαισίων, τον ελεγκτή φόρτισης και τους διάφορους τύπους μετατροπέων / αντιστροφέων τάσης από συνεχή σε εναλλασσόμενη.



Σχήμα 2.9: Κατανεμημένο Φ/Β σύστημα αλληλεπιδρών με το δίκτυο ηλεκτρισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

3.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η κινητικότητα που παρουσιάστηκε τα τελευταία χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τη θέσπιση της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ «Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας» οδήγησε τη χώρα μας στην ενσωμάτωση του κοινοτικού δικαίου στο ελληνικό μέσω του Νόμου 3468/2006, που δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ Α 129 / 27.06.2006.

Απαρχή, όμως, της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτέλεσε ο Νόμος 1559/1985 «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», ο οποίος θεωρήθηκε αρκετά πρωτοποριακός, εμφανίζοντας παράλληλα αρκετές τεχνικές αδυναμίες. Μειονέκτημα του συγκεκριμένου Νόμου αποτέλεσε το γεγονός ότι έδωσε την ευκαιρία στο μηχανισμό της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού να καθυστερήσει την εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών στη χώρα μας με την παροχή δικαιοδοσίας καθορισμού χαμηλών τιμών πώλησης της περίσσειας ενέργειας προς αυτήν. Το γεγονός αυτό θα έπρεπε να είχε προβλεφθεί από την στιγμή που η Δ.Ε.Η. αποτελεί παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας και δεν είχε κανένα λόγο να ενθαρρύνει την ανάπτυξη των εν δυνάμει ανταγωνιστών της. Στα πλαίσια αυτού του Νόμου η Δ.Ε.Η. εγκατέστησε 24 MW, ενώ οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης 3 MW με την απουσία του ιδιωτικού τομέα να είναι εμφανής. Αυτές οι αρχικές αστοχίες και παραλείψεις προετοίμασαν το δρόμο για μεταγενέστερες βελτιώσεις στο νομικό πλαίσιο.

Επόμενο βήμα για την αποτελεσματική ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών αποτέλεσε ο Νόμος 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», ο οποίος πορεύθηκε στα ίχνη του τότε ισχύοντος γερμανικού Νόμου (Stromeinspeisungsgesetz). Ο συγκεκριμένος Νόμος απελευθέρωσε την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενη από ανανεώσιμες πηγές δίνοντας την ευκαιρία στους ιδιώτες επενδυτές και τους Ο.Τ.Α. και τις επιχειρήσεις τους να προχωρήσουν

σε ενεργειακές επενδύσεις εγκατεστημένης ισχύος μέχρι 50 MW. Ακόμη, καθόρισε σταθερές τιμές πώλησης ανανεώσιμης ενέργειας σε επίπεδα ίσο με το 90% του γενικού τιμολογίου στη μέση τάση και υποχρέωσε τη Δ.Ε.Η. για την αγορά της. Επιπλέον, περιορίζεται η γραφειοκρατία στην έκδοση των σχετικών αδειών ίδρυσης, εγκατάστασης και λειτουργίας, καθώς καταργείται η άδεια ίδρυσης του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής.

Ο Νόμος 2773/1999 «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις» αποτέλεσε την συνέχεια της προσπάθειας για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα μας. Δίνοντας έμφαση στις εξελίξεις του ενεργειακού τομέα, το ελληνικό κράτος προχώρησε στην σύσταση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας και του Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Με τη ψήφιση αυτού του Νόμου πραγματοποιήθηκε ένα καθοριστικό βήμα για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα, διατηρήθηκε το ευνοϊκό τιμολογιακό καθεστώς της ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δίνοντας έμφαση και στο θέμα της προτεραιότητας πρόσβασης στο Δίκτυο. Ενώ τέθηκε θέμα εξαίρεσης από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μικρούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και εφεδρικούς σταθμούς μεσαίου μεγέθους. Μέσω του Νόμου αυτού θεσπίστηκε ανταποδοτικό τέλος 2% επί των πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές υπέρ των οικείων Ο.Τ.Α., ενώ δόθηκε η ευχέρεια στον Υπουργό Ανάπτυξης να ζητά εκπτώσεις επί των μέγιστων τιμών.

Τα κενά που δεν μπόρεσε να καλύψει ο Νόμος 2773/1999 τα κάλυψε στο βαθμό του εφικτού ο Νόμος 2941/2001 «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ και άλλες διατάξεις». Με το Νόμο αυτό έγινε λόγος για τη χωροθέτηση των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής δίνοντας έμφαση στα παρακάτω σημεία:

§ Οι εξαιρέσεις που ισχύουν για μεγάλα έργα υποδομής για την εντός δασών και δασικών εκτάσεων εγκατάσταση επεκτείνονται και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

§ Για την εγκατάσταση ηλιακών σταθμών και ανεμογεννητριών δεν απαιτείται έκδοση άδειας οικοδομής με εξαίρεση τα έργα πολιτικού μηχανικού.

§ Έργα σύνδεσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές με το Σύστημα ή το Δίκτυο μπορεί να κατασκευάζει ο οποιοσδήποτε ενδιαφερόμενος κάτοχος άδειας εγκατάστασης με βάση τα όσα προβλέπονται στους Κώδικες Διαχείρισης του Συστήματος και του Δικτύου.

§ Τα έργα ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές θεωρούνται εν γένει έργα δημόσιας ωφέλειας ανεξάρτητα από το φορέα υλοποίησης τους, οπότε είναι δυνατή η αναγκαστική απαλλοτρίωση ακινήτων ή εις βάρος σύστασης εμπράγματων δικαιωμάτων.

Όσον αφορά την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας ακολούθησε ο Νόμος 3175/2003 «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις», ο οποίος την ενδυναμώνει, ενώ παράλληλα καθιερώνει σύνολο κανόνων για την αξιοποίηση του δυναμικού της γεωθερμικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή. Ακόμη, εισάγει συντομευμένες και απλοποιημένες διαδικασίες για την ενίσχυση και επέκταση των γραμμών μεταφοράς για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το θεσμικό πλαίσιο για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ολοκληρώθηκε μόλις πρόσφατα με τη ψήφιση του Νόμου 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις», στο πλαίσιο της εναρμόνισης του ελληνικού νομοθετικού πλαισίου με την Οδηγία 2001/77/EK. Ο στόχος του συγκεκριμένου νομοθετήματος είναι η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω της μείωσης της γραφειοκρατίας με την ελαχιστοποίηση του χρόνου έκδοσης άδειας εγκατάστασης, της κοινωνικής συναίνεσης με τη θέσπιση του ανταποδοτικού τέλους και του ευνοϊκότερου καθεστώτος για την συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών στις ενεργειακές επενδύσεις. Παράλληλα, έγινε προσπάθεια για την προώθηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς μέσω του Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών, αλλά και με την ευνοϊκή τιμολόγηση της kWh από την συγκεκριμένη τεχνολογία και την εξαίρεση καταβολής του ανταποδοτικού τέλους στους Ο.Τ.Α. Σύμφωνα, όμως, με νεότερη απόφαση του Υπουργείου Ανάπτυξης, το Πρόγραμμα ανεστάλη, καθώς οι αιτήσεις που έχουν υποβληθεί, έχουν ήδη υπερβεί κατά πολύ τον αντικειμενικό στόχο που είχε τεθεί εξαρχής στο Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών, αλλά και προκειμένου να αλλάξει η διαδικασία αδειοδότησης. Προσμένοντας τους στόχους που θα τεθούν από το Υπουργείο

Ανάπτυξης, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται στοιχεία από τη γεωγραφική κατανομή των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία.

Ακόμη, θεσμοθετείται η έκδοση Εγγυήσεων Προέλευσης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ενώ δίνεται η δυνατότητα μονομερούς παράτασης της δεκαετούς σύμβασης με το Διαχειριστή του Συστήματος από την πλευρά του κατόχου άδειας παραγωγής.

Τα σημαντικότερα οφέλη από τη ψήφιση του συγκεκριμένου Νόμου προκύπτουν για τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία, καθώς αλλάζουν οι διαδικασίες αδειοδότησης των Φ/Β εγκαταστάσεων. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνονται τρεις περιπτώσεις φωτοβολταϊκών σταθμών αναλόγως της εγκατεστημένης ισχύος τους: συστήματα ισχύος μικρότερης των 20 kW, συστήματα ισχύος μεγαλύτερης των 20 kW και μικρότερης των 150 kW, και συστήματα μεγαλύτερης των 150 kW ισχύος.

Όσον αφορά τους σταθμούς ισχύος μικρότερης των 20 kW, δεν απαιτούνται άδειες παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας, εξαίρεση της Ρ.Α.Ε. από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής, εκτός αν πρόκειται για σταθμούς σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά όπου υφίσταται κορεσμός του Δικτύου, ή έγκριση περιβαλλοντικών όρων εφόσον αυτός δεν κατασκευάζεται σε προστατευόμενες περιοχές Ramsar, Natura 2000, εθνικούς δρυμούς και αισθητικά δάση. Στην περίπτωση Φ/Β σταθμών ισχύος μεγαλύτερης των 20 kW και μικρότερης των 150 kW απαιτείται εξαίρεση της Ρ.Α.Ε. από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής, η οποία δίνεται με διαπιστωτική απόφαση της Αρχής, αλλά και Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.). Για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος μεγαλύτερης των 150 kW απαιτούνται άδεια παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας και έγκριση περιβαλλοντικών όρων. Η άδεια παραγωγής δίνεται έπειτα από γνωμοδότηση της Ρ.Α.Ε. από τον Υπουργό Ανάπτυξης. Χορηγείται για 25 έτη και μπορεί να ανανεώνεται για ίσο χρόνο. Στην περίπτωση που δεν εκδίδεται άδεια εγκατάστασης εντός 2 ετών, η άδεια παραγωγής ανακαλείται. Η άδεια εγκατάστασης εκδίδεται κατά κανόνα από το Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας ή από τον Υπουργό Ανάπτυξης και τον συναρμόδιο Υπουργό για τα έργα σε Προστατευόμενες Περιοχές. Η ισχύς της συγκεκριμένης άδειας είναι 2 έτη, αλλά μπορεί να παραταθεί σε περίπτωση μη υλοποίησης ή μη έναρξης της εκτέλεσης του έργου χωρίς την υπαιτιότητα του αδειούχου. Η άδεια λειτουργίας εκδίδεται από το αρμόδιο όργανο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης και η διάρκειά της είναι 20 έτη με δυνατότητα

ισόχρονης παράτασης. Η υφιστάμενη αδειοδοτική διαδικασία, όπως αυτή ορίζεται από το ισχύον θεσμικό πλαίσιο παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Αδειοδοτική διαδικασία έργων Α.Π.Ε. σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο

Χαρακτηριστικό δείγμα της προσοχής που έχει δείξει η Πολιτεία στα φωτοβολταϊκά συστήματα με τη θέσπιση του τελευταίου Νόμου είναι το γεγονός ότι στο Άρθρο 14 αυτού γίνεται λόγος για το Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών, το οποίο αφορά την ανάπτυξη Φ/Β σταθμών που εγκαθίστανται στην ελληνική επικράτεια ισχύος τουλάχιστον 500 MWp για σταθμούς που συνδέονται στο Σύστημα ή μέσω Δικτύου, και σταθμών ισχύος τουλάχιστον 200 MWp για σταθμούς που συνδέονται στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων. Ο επιμερισμός των 200 MWp στα επί μέρους αυτόνομα συστήματα θα γίνει μετά από σχετική μελέτη του οικείου Διαχειριστή και με απόφαση της Ρ.Α.Ε. βάσει των περιθωρίων ισχύος.

Λαμβάνοντας υπόψη το πλαίσιο στο οποίο κινείται ο Νόμος 3468/2006, το Μάιο του 2007 εκδόθηκε η Υ.Α. Δ6/Φ1/οικ.8684, στην οποία γίνεται ιδιαίτερη αναφορά για την πρώτη φάση του Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών

Σταθμών δίνοντας το χρονοδιάγραμμα των επενδύσεων για την επίτευξη του στόχου. Παράλληλα, γίνεται η κατανομή της ισχύος των φωτοβολταϊκών σταθμών σύμφωνα με τη Διοικητική Περιφέρεια. Η κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος των Φ/Β σταθμών ανά Διοικητική Περιφέρεια εμφανίζεται στον Πίνακα 3.1. Βέβαια, τα συγκεκριμένα δεδομένα για το Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φ/Β σταθμών τίθενται υπό αίρεση, καθώς με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης τη 27^η Μαρτίου 2007 το Πρόγραμμα αναστέλλεται. Παρόλ' αυτά, γίνεται χρήση των δεδομένων για την ολοκλήρωση της εργασίας, καθώς είναι εμφανής η απουσία νεότερων στοιχείων.

Πίνακας 3.1: Γεωγραφική κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος των εντασσόμενων στο Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φ/Β σταθμών

Διοικητικές Περιφέρειες	Συνολική ισχύς (MWp)	P ≤ 20 kWp	20 kWp < P ≤ 150 kWp	150 kWp < P ≤ 2 MWp	P > 2 MWp
Ανατ. Μακεδονίας και Θράκης	45	4,5	15	13	12,5
Κεντρικής Μακεδονίας	60	6	24	15	15
Δυτικής Μακεδονίας	10	1	3	3	3
Ηπείρου	18	1,8	5,4	5,4	5,4
Θεσσαλίας	55	5,5	16,5	16,5	16,5
Ιόνιων Νήσων	15	1,5	4,5	4,5	4,5
Δυτικής Ελλάδος	60	6	18	18	18
Στερεάς Ελλάδος	60	6	18	18	18
Πελοποννήσου	122	12,2	36,6	36,6	36,6
Νομού Αττικής	40	4	12	12	12
Νομού Θεσσαλονίκης	15	1,5	4,5	4,5	4,5
Σύνολο	500	50	157,5	146,5	146

Εκτός, όμως, της νομοθεσίας περί της ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, υπάρχει και το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, το οποίο έχει τεθεί σε δημόσια διαβούλευση. Σύμφωνα με το Άρθρο 17 χαρακτηρίζονται οι περιοχές προτεραιότητας και αποκλεισμού για τη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Ως περιοχές προτεραιότητας θεωρούνται οι γυμνές και άγονες περιοχές σε χαμηλό υψόμετρο της ηπειρωτικής και νησιωτικής χώρας, κατά προτίμηση αθέατες από πολυσύχναστους χώρους και με δυνατότητα σύνδεσης με το Δίκτυο ή το Σύστημα. Αντιθέτως, ως ζώνες αποκλεισμού θεωρούνται τα κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς, τα

άλλα μνημεία μείζονος σημασίας, οι οριοθετημένες αρχαιολογικές ζώνες προστασίας Α, οι περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και του τοπίου, οι Εθνικοί Δρυμοί, τα αισθητικά δάση, οι ενταγμένοι στο δίκτυο Natura 2000 οικότοποι, οι πολυσύχναστοι χώροι, καθώς και οι γεωργικές γαίες υψηλής παραγωγικότητας.

Επιγραμματικά, στον Πίνακα 3.2 δίνεται η διαδικασία που απαιτείται για την εγκατάσταση των Φ/Β συστημάτων και των τριών κατηγοριών ισχύος, καθώς και η τιμολόγηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα στο, Διασυνδεδεμένο και Μη, Σύστημα.

Από τις διατάξεις του Νόμου 3468/2006 προκύπτει ότι έχουν δοθεί ιδιαίτερος ισχυρά κίνητρα προς τους ιδιώτες επενδυτές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β σταθμούς. Και σε συνδυασμό με τη δυνατότητα επιδότησης του κεφαλαίου εγκατάστασης από τον επενδυτικό Νόμο έχουν οδηγήσει σε πλήρη αλλαγή του τοπίου με αποτέλεσμα να έχουν υποβληθεί μέχρι το Μάιο του 2007 στη Ρ.Α.Ε. αιτήσεις για χορήγηση άδειας παραγωγής για Φ/Β σταθμούς συνολικής ισχύος 257,2 MWp και εξαιρέσεις για την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής για σταθμούς συνολικής ισχύος 75,34 MWp.

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί, η ουσιαστική ώθηση για την ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας δόθηκε με τη ψήφιση του Νόμου 3468/2006, ο οποίος αποτελεί την εναρμόνιση του ελληνικού δικαίου με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ. Με το Νόμο αυτό δόθηκαν τα απαραίτητα κίνητρα, καθώς έγινε γενναία τιμολόγηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα αντίστοιχα συστήματα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η kWh από Φ/Β συστήματα πωλείται σε τιμή σχεδόν εξαπλάσια από την αντίστοιχη που θεσπιζόταν από τους πρότερους Νόμους. Παράλληλα, δίνεται η ευκαιρία για την συντόμευση των απαραίτητων διαδικασιών για την εγκατάσταση αυτών των συστημάτων, ενώ αίρεται και το όριο των 50 MW για τις εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που είχε θεσπιστεί με το Νόμο 2244/1994. Βέβαια, στην προώθηση αυτών των πηγών συνεισέφεραν με την σειρά τους όλοι οι προηγούμενοι Νόμοι με την απελευθέρωση της παραγωγής και αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, την σύσταση της Ρ.Α.Ε. και του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε., την υποχρέωση λήψης ηλεκτρικής ενέργειας από μέρους της Δ.Ε.Η., καθώς και με την απλοποίηση των διαδικασιών αδειοδότησης των εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής από τις ανανεώσιμες πηγές.

Πίνακας 3.2: Διαδικασία εγκατάστασης Φ/Β σταθμών και τιμολόγηση παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Εγκατεστημένη ισχύς των Φ/Β συστημάτων	Δεν απαιτούνται	Απαιτούνται	Τιμή παραγόμενης ενέργειας (€/ MWh)	
			Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένο Σύστημα
$P \leq 20 \text{ kWp}$	<ul style="list-style-type: none"> § Άδεια παραγωγής § Άδεια εγκατάστασης § Εξάιρεση από υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής 	<ul style="list-style-type: none"> § Σύμβαση σύνδεσης με τη Δ.Ε.Η. § Σύμβαση αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας 	450	500
$20 \text{ kWp} < P \leq 150 \text{ kWp}$	<ul style="list-style-type: none"> § Άδεια παραγωγής § Άδεια εγκατάστασης § Άδεια λειτουργίας 	<ul style="list-style-type: none"> § Εξάιρεση από υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής § Έγκριση περιβαλλοντικών όρων § Σύμβαση σύνδεσης με τη Δ.Ε.Η. § Σύμβαση αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας 	450 (20 kWp < P ≤ 100 kWp)	500 (20 kWp < P ≤ 100 kWp)
			400 (P > 100 kWp)	450 (P > 100 kWp)
$P > 150 \text{ kWp}$		<ul style="list-style-type: none"> § Άδεια παραγωγής § Άδεια εγκατάστασης § Άδεια λειτουργίας § Έγκριση περιβαλλοντικών όρων § Σύμβαση αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας 	400	450

3.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση συνυπολόγισε την όξυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, την σταδιακή μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου και άνθρακα, την εξάρτησή της από τρίτες χώρες για τη κάλυψη των απαιτήσεών της σε φυσικό αέριο, καθώς και την απαίτηση ασφαλούς ενεργειακής τροφοδοσίας, και κατέληξε ότι βασική προτεραιότητα της ενεργειακής της πολιτικής θα πρέπει να είναι η ανάπτυξη και η αξιοποίηση των Α.Π.Ε.

Πράγματι, στην Πράσινη Βίβλο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, που εκδόθηκε το Νοέμβριο του 1996, τέθηκαν οι αντικειμενικοί στόχοι για την ανάπτυξή τους, καθώς και τα μέσα για την επίτευξη των στόχων αυτών. Η Ευρωπαϊκή Ένωση εμφανίστηκε αρκετά αισιόδοξη: στόχευε στο διπλασιασμό της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών στη κατανάλωση ενέργειας από 6% σε 12% μέχρι το 2010, με παράλληλη προσφορά 500.000 θέσεων εργασίας. Ο στόχος αυτός απαιτούσε την απελευθέρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας, κρατικές ενισχύσεις, οικονομική βοήθεια μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων όπως τα Altener, Joule, Thermie. Με τα προγράμματα Joule και Thermie ενισχύονται επιδεικτικά και ερευνητικά προγράμματα, ενώ με το Altener I και το Altener II γίνεται προσπάθεια για τη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο των κρατών – μελών της Ε.Ε. Το Altener I καθόρισε τους ακόλουθους στόχους: κάλυψη κατά 8% των ενεργειακών απαιτήσεων από ανανεώσιμες πηγές μέχρι το 2005, τριπλασιασμός της ηλεκτροπαραγωγής από αυτές σε σχέση με το 1991 και υποκατάσταση των υγρών καυσίμων από βιοκαύσιμα σε ποσοστό 5%, ενώ με το Altener II ενθαρρύνονται οι επενδύσεις σε αυτόν τον ενεργειακό τομέα ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών σε ποσοστό 12% το 2010, της μείωσης της ενεργειακής εξάρτησης, της οικονομικής ανάπτυξης, του ασφαλούς ενεργειακού εφοδιασμού. Αυτά τα χρηματοδοτικά προγράμματα αναπτύχθηκαν μετά την έκδοση της Λευκής Βίβλου για τη κοινοτική στρατηγική και το κοινό σχέδιο δράσης για την ανανεώσιμη ενέργεια το 1997. Όσον αφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα, στη Λευκή Βίβλο γίνεται λόγος για υψηλό δυναμικό και μεγάλη ανάπτυξη του τομέα τα τελευταία χρόνια, αλλά είναι αναγκαία η συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών ώστε να ξεπεραστούν ορισμένες διοικητικές δυσκολίες.

Η σημαντικότερη ενέργεια, όμως, για την προαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από πλευράς Ευρωπαϊκής Ένωσης έγινε τον Σεπτέμβριο του 2001, όταν και

εξέδωσε την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, στην οποία δίνονται οι απαραίτητες κατευθύνσεις ώστε να καταστεί εφικτός ο στόχος της διείσδυσης τους σε ποσοστό 12% έως το 2010, και ιδιαίτερα κατά 22,1% στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Στην συγκεκριμένη Οδηγία γίνεται αναφορά στα συστήματα στήριξης αυτών των μορφών ενέργειας, στις εγγυήσεις προέλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές, στον περιορισμό των εμποδίων, την επιτάχυνση των απαιτούμενων διαδικασιών, καθώς και στη διασφάλιση της προτεραιότητας πρόσβασης των παραγωγών στο δίκτυο ηλεκτρισμού.

Σύμφωνα με την Οδηγία, κάθε κράτος – μέλος θέτει ενδεικτικό στόχο διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της κατανάλωσης ηλεκτρισμού και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι αρμόδια να ελέγχει την πρόοδο που έχει επιτευχθεί σε αυτόν τον τομέα και να προτείνει, αν είναι απαραίτητο, στρατηγικές που θα πρέπει να ακολουθηθούν. Το αργότερο στις 27 Οκτωβρίου 2002, και εν συνεχεία ανά πενταετία, τα κράτη – μέλη υιοθετούν και δημοσιεύουν έκθεση με την οποία καθορίζουν τους εθνικούς ενδεικτικούς στόχους, ενώ το αργότερο μέχρι τις 27 Οκτωβρίου 2003 δημοσιεύουν για πρώτη φορά, και εν συνεχεία ανά διετία, έκθεση που περιέχει αναλυτική εξέταση επίτευξης των εθνικών ενδεικτικών στόχων, καθώς και τις δράσεις που ανελήφθησαν. Έπειτα, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2005, και εν συνεχεία ανά πενταετία, η Επιτροπή υποβάλλει στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο ανακεφαλαιωτική έκθεση σχετικά με την υλοποίηση της παρούσας Οδηγίας, αλλά και ενδεχόμενες προτάσεις.

Προκειμένου να συμμορφώνεται με τις κείμενες διατάξεις της Οδηγίας, η Ελλάδα εξέδωσε την 1^η Έκθεση για τη Διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας το έτος 2010 το Φεβρουάριο του 2003. Στην Έκθεση δίνονται τα βασικά στοιχεία του νομοθετικού πλαισίου που διέπει τις ανανεώσιμες πηγές, γίνεται αναφορά στο ρόλο της Ρ.Α.Ε., του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. και του Κ.Α.Π.Ε., ενώ παρουσιάζεται το μέγεθος της κρατικής βοήθειας προς αυτές τις μορφές ενέργειας μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ενέργεια».

Η ίδια αναφορά γίνεται και στη 2^η Έκθεση για τη Διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας το έτος 2010 που εκδόθηκε τον Οκτώβριο του 2003 με τη διαφορά ότι προστέθηκαν οι τελευταίες εξελίξεις στο νομοθετικό πλαίσιο.

Το 2004 δημοσιεύθηκε από την Επιτροπή η αξιολόγηση του αντίκτυπου των νομοθετικών πράξεων και άλλων κοινοτικών πολιτικών στην εξέλιξη των ανανεώσιμων πηγών. Σύμφωνα με αυτή, η κατάσταση διαφέρει στα κράτη – μέλη: η

Γερμανία, η Δανία, η Ισπανία και η Φινλανδία υιοθέτησαν ενεργειακή πολιτική που θα τους επιτρέψει να επιτύχουν τους στόχους τους, η Αυστρία, το Βέλγιο, η Γαλλία, η Ιρλανδία, η Ολλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Σουηδία υιοθετούν αυτήν την περίοδο μέτρα για την επίτευξη των εθνικών τους στόχων, ενώ η Ελλάδα και η Πορτογαλία θα πρέπει να βελτιώσουν την πολιτική τους. Περαιτέρω, για τη χρηματοδότηση των έργων σε αυτόν τον τομέα υπάρχουν δύο ενισχυτικά προγράμματα εν εξελίξει: το πρόγραμμα «Ευφυής Ενέργεια – Ευρώπη» και το 6^ο Ερευνητικό και Τεχνικό Πλαίσιο Ανάπτυξης, ενώ σχεδιάζονται και άλλα μέτρα, όπως το Κοινοτικό Σχέδιο για τη βιομάζα, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών στον τομέα της θέρμανσης, η πολιτική ενίσχυσης των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, η είσοδος των βιοκαυσίμων στην αγορά.

Τον Οκτώβριο του 2005 δημοσιεύθηκε η 3^η Έκθεση για τη Διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας το έτος 2010 από τη χώρα μας. Στην παρούσα Έκθεση δίνονται οι τρέχουσες εξελίξεις περί του θεσμικού πλαισίου των Α.Π.Ε., ενώ γίνεται λόγος για το χωροταξικό σχεδιασμό των εγκαταστάσεων. Στα συμπεράσματα αυτής μελετώνται τρία εναλλακτικά σενάρια: το βασικό, στο οποίο γίνεται εκτίμηση των δυνατοτήτων διείσδυσης κατά το έτος 2010 στην περίπτωση ομαλής εξέλιξης της κατάστασης στο χώρο της ενέργειας, το συντηρητικό, σε περίπτωση που δεν υλοποιηθούν τα προγραμματισμένα έργα στο ακέραιο, και το αισιόδοξο, στην περίπτωση θέσπισης πρόσθετων μέτρων.

Στα τέλη του 2005 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε την ανακεφαλαιωτική έκθεση, στην οποία δίνεται η πρόοδος στην επίτευξη των εθνικών στόχων από τα κράτη – μέλη, όπως αυτοί παρουσιάστηκαν στην Οδηγία 2001/77/ΕΚ. Η έκθεση εστιάζει στα ενισχυτικά μέτρα που ελήφθησαν για την προαγωγή των ανανεώσιμων πηγών. Και προτείνει περαιτέρω μέτρα για την αποφυγή των εμποδίων στο διοικητικό τομέα και στην σύνδεση των εγκαταστάσεων με το δίκτυο. Μόλις πριν από λίγους μήνες, η Επιτροπή έθεσε στη δημοσιότητα ανακοίνωση με τίτλο «Χάρτης πορείας για τις Α.Π.Ε.». Στο χάρτη πορείας παρουσιάζεται η μακροπρόθεσμη στρατηγική της Επιτροπής στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Με τη στρατηγική αυτή επιδιώκεται να επιτύχει το διττό στόχο της μεγαλύτερης ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού και της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Το 1997, η Ε.Ε. όρισε ως στόχο να φθάσει το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 12% της εσωτερικής ακαθάριστης ενεργειακής κατανάλωσης έως το 2010. Παρά τη σημαντική σημειωθείσα πρόοδο, η Επιτροπή

εκτιμά ότι ο στόχος δεν θα επιτευχθεί. Οι δυσκολίες για την επίτευξή του οφείλονται μεταξύ άλλων στα εξής:

§ υψηλό κόστος των επενδύσεων στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μη συνυπολογισμός του εξωτερικού κόστους («εξωτερικό» κόστος των διαφόρων πηγών ενέργειας, ιδίως όσον αφορά τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία ή στο περιβάλλον), γεγονός που προσδίδει ένα τεχνητό πλεονέκτημα στα ορυκτά καύσιμα

§ διοικητικά προβλήματα που συνδέονται με τις διαδικασίες εγκατάστασης και με τον αποκεντρωμένο χαρακτήρα των περισσότερων εφαρμογών Α.Π.Ε.

§ αδιαφανείς και μεροληπτικές κανονιστικές διατάξεις για την πρόσβαση στο δίκτυο

§ ελλιπής ενημέρωση των προμηθευτών, των πελατών και των εγκαταστατών

§ το γεγονός ότι ο στόχος του 12% εκφράζεται ως ποσοστό πρωτογενούς ενέργειας και έτσι υποτιμάται η αιολική ενέργεια (κλάδος όπου σημειώθηκε σημαντική ανάπτυξη κατά την υπό εξέταση περίοδο).

Στο χάρτη πορείας ορίζεται ως συνολικός δεσμευτικός στόχος μερίδιο 20% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ακαθάριστη εσωτερική ενεργειακή κατανάλωση μέχρι το 2020. Ο καθορισμός στόχων σε ευρωπαϊκό επίπεδο θα προσδώσει σχετική σταθερότητα στις αντίστοιχες εθνικές πολιτικές.

Σε ορισμένα κράτη – μέλη δίνονται ήδη σημαντικά κίνητρα για τις επενδύσεις στη Φ/Β τεχνολογία. Η απαρχή έγινε μέσω του προγράμματος - στόχου των 1.000 ηλιακών στεγών της Γερμανίας το 1990. Το πρόγραμμα αυτό διήρκησε ως το 1995 και η σημαντική επιτυχία που σημείωσε, ανάγκασε τη γερμανική κυβέρνηση να προχωρήσει στην εφαρμογή προγραμμάτων επιδότησης της ηλιακής kWh, μέσω των οποίων ο χρήστης του συστήματος είχε τη δυνατότητα να πουλάει τον ηλιακό ηλεκτρισμό στο δίκτυο σε ευνοϊκές τιμές, έως και 1,02 €/kWh. Μετά το 1999 άρχισε να εφαρμόζεται το πρόγραμμα των 100.000 ηλιακών στεγών, σύμφωνα με το οποίο δινόταν επιδότηση στην kWh που παράγεται από φωτοβολταϊκά συστήματα για διάρκεια 20 ετών. Η μεγάλη απήχηση του προγράμματος έδωσε την ώθηση για τη διεξαγωγή ανάλογων προγραμμάτων και σε άλλα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται οι πολιτικές ενίσχυσης των επενδύσεων στα Φ/Β συστήματα σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες.

Πίνακας 3.3: Πολιτικές ενίσχυσης των Φ/Β συστημάτων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες

Κράτος μέλος	Σχετικό πρόγραμμα	Τρόπος ενίσχυσης
Αυστρία	4% της πωλούμενης ηλεκτρικής ενέργειας να προέρχεται από «νέες ανανεώσιμες»	Ενίσχυση kWh (0,47 – 0,60 €/kWh) με 13ετή εγγύηση Έκπτωση φόρου
Ηνωμένο Βασίλειο		Επιδότηση αγοράς και εγκατάστασης του συστήματος
Γαλλία		Ενίσχυση kWh: 0,3 €/kWh, εκτός των συστημάτων επί της οροφής: 0,55 €/kWh, 20ετή εγγύηση Έκπτωση φόρου
Γερμανία	100.000 ηλιακές στέγες	Ενίσχυση kWh (0,463 – 0,4921 €/kWh) για τα συστήματα οροφής, 0,513 – 0,5421 €/kWh για τα συστήματα πρόσοψης, 0,3796 €/kWh για τα συστήματα πεδίου, 20ετής εγγύηση
Ιταλία	«Ενεργειακός Λογαριασμός»	Ενίσχυση kWh (0,36 – 0,49 €/kWh) αναλόγως του συστήματος και της ισχύος, 20ετής εγγύηση
Ισπανία		Ενίσχυση kWh: 0,4404 €/kWh για τα μικρά συστήματα, 0,2289 €/kWh για τα μεγαλύτερα, 25ετής εγγύηση
Λουξεμβούργο		Ενίσχυση kWh (0,45 – 0,55 €/kWh), 20ετής εγγύηση
Ολλανδία	300 MWp ως το 2010, 1400 MWp ως το 2020	Επιδότηση αγοράς και εγκατάστασης (μέσος όρος επιδότησης 55%), εξαίρεση της ηλιακής ενέργειας από τον ενεργειακό φόρο

Όπως φαίνεται, από τις κυβερνήσεις των κρατών – μελών προτιμήθηκε η ενίσχυση της παραγόμενης kWh, ενώ μερικές προσφέρουν έκπτωση φόρου, χαμηλότοκα δάνεια, αλλά και επιδότηση της ενεργειακής επένδυσης κατά την αγορά και την εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού. Είναι προφανές ότι οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προχωρούν σε θαρραλέα ενίσχυση αυτού του ενεργειακού τομέα. Στην Ιαπωνία, η οποία είναι η πρωταγωνίστρια στο Φ/Β τομέα διεθνώς, επιδοτείται η αγορά και εγκατάσταση του συστήματος, προσφέρονται φορολογικές ελαφρύνσεις, ενώ έχει δημιουργηθεί Ταμείο Πράσινης Ενέργειας για χρηματοδότηση σχετικών προγραμμάτων.

3.3 ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα, δηλαδή και αυτές στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία, υπάγονται στον επενδυτικό – αναπτυξιακό Νόμο 3299/2004, όπως αυτός τροποποιήθηκε με το Νόμο 3522/2006. Οι επενδυτικές δραστηριότητες στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία υπάγονται στην πρώτη κατηγορία επενδύσεων του συγκεκριμένου Νόμου, αφού αποτελούν «επενδυτικά σχέδια παραγωγής ηλεκτρισμού από ήπιες μορφές ενέργειας», όπως αυτός αναφέρει.

Οι ενισχύσεις που παρέχονται στα σχέδια που εντάσσονται στο Νόμο είναι: επιχορήγηση που συνίσταται στην κάλυψη τμήματος της δαπάνης του επενδυτικού σχεδίου από το Δημόσιο, ή/και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος των καταβαλλόμενων δόσεων χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνάπτεται για την απόκτηση της χρήσης μηχανολογικού εξοπλισμού, ή επιδότηση του μισθολογικού κόστους της δημιουργούμενης από την επένδυση απασχόλησης. Εναλλακτικά, προσφέρεται φορολογική απαλλαγή για την πρώτη δεκαετία από την πραγματοποίηση της επένδυσης με τον σχηματισμό αφορολόγητου αποθεματικού. Με τον ισχύοντα Νόμο, η επικράτεια της χώρας κατανέμεται σε τρεις ζώνες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4: Κατανομή Ζωνών σύμφωνα με τον Επενδυτικό Νόμο

	Νομοί
Ζώνη Α	Αττικής και Θεσσαλονίκης πλην των Βιομηχανικών Επιχειρηματικών Περιοχών και των νησιών των νομών αυτών που εντάσσονται στη Ζώνη Β
Ζώνη Β	Περιφερειών Θεσσαλίας (Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας, Τρικάλων), Νοτίου Αιγαίου (Κυκλάδων, Δωδεκανήσου), Ιονίων Νήσων (Κέρκυρας, Λευκάδας, Κεφαλληνίας, Ζακύνθου), Κρήτης (Ηρακλείου, Λασιθίου, Ρεθύμνου, Χανίων), Κεντρικής Μακεδονίας (Χαλκιδικής, Σερρών, Κιλκίς, Πέλλας, Ημαθίας, Πιερίας), Δυτικής Μακεδονίας (Γρεβενών, Κοζάνης, Φλώρινας, Καστοριάς), Στερεάς Ελλάδας (Φθιώτιδας, Φωκίδας, Εύβοιας, Βοιωτίας, Ευρυτανίας)
Ζώνη Γ	Περιφερειών Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης (Καβάλας, Δράμας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου), Ηπείρου (Άρτας, Πρέβεζας, Ιωαννίνων, Θεσπρωτίας), Βορείου Αιγαίου (Λέσβου, Χίου, Σάμου), Πελοποννήσου (Λακωνίας, Μεσσηνίας, Κορινθίας, Αργολίδας, Αρκαδίας), Δυτικής Ελλάδας (Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Ηλείας)

Αρχικά, φημολογούνταν ότι στα επενδυτικά σχήματα θα παρείχετο επιχορήγηση ή/και επιδότηση μίσθωσης ή επιδότηση κόστους απασχόλησης από 20% στη Ζώνη Α ως 40% στη Ζώνη Γ, ενώ στη Ζώνη Β θα παρείχετο ενίσχυση 30%. Στην περίπτωση των μεσαίων επιχειρήσεων προβλεπόταν επιπλέον ποσοστό ενίσχυσης έως

10%, ενώ στις πολύ μικρές και μικρές επιχειρήσεις επιπλέον ποσοστό 20%. Επομένως, το συνολικό ποσοστό της συνολικής επιλέξιμης δαπάνης που θα καλυπτόταν από το Δημόσιο θα κυμαινόταν από 30% για μεσαία επιχείρηση της Ζώνης Α ως 60% για μικρή επιχείρηση της Ζώνης Γ. Στις 5 Ιουλίου 2007 υπογράφηκαν Κοινή Υπουργική Απόφαση από τους συναρμόδιους Υπουργούς, η οποία εν τέλει καθορίζει το ύψος των κρατικών επιχορηγήσεων για όλες τις γεωγραφικές Ζώνες. Σύμφωνα με αυτήν, σε όλες τις περιοχές, οι πολύ μικρές και μικρές επιχειρήσεις επιδοτούνται σε ποσοστό 40%, οι μεσαίες επιχειρήσεις με 30% στη Ζώνη Α και με 40% στις υπόλοιπες, ενώ οι μεγάλες επιχειρήσεις με 20% στη Ζώνη Α, 30% στη Ζώνη Β και 40% στη Ζώνη Γ, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 3.5. Άξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός ότι τα ποσοστά επιδότησης είναι αρκετά διαφοροποιημένα εν συγκρίσει με τα αντίστοιχα της Τροποποίησης του επενδυτικού Νόμου 3522/2006. Η διαφοροποίηση αυτή αποτέλεσε δυσμενή εξέλιξη στα σχέδια των ιδιωτών επενδυτών. Εναλλακτικά, προσφέρεται φορολογική απαλλαγή κατά 60% σε επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στη Ζώνη Α και 100% σε αυτές των Ζωνών Β και Γ.

Πίνακας 3.5: Ποσοστά ενίσχυσης ηλεκτροπαραγωγής μέσω ηλιακής και αιολικής ενέργειας

Γεωγραφική Ζώνη	Βασικό ποσοστό	Πρόσθετο ποσοστό	
		Πολύ μικρές και μικρές επιχειρήσεις	Μεσαίες επιχειρήσεις
A	20%	20%	10%
B	30%	10%	
Γ	40%	-	

Προϋπόθεση για την υπαγωγή των επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία είναι το συνολικό κόστος αυτών να ξεπερνά τις 100.000 € και η ίδια συμμετοχή του επενδυτή να είναι τουλάχιστον το 25% των ενισχυόμενων δαπανών. Η καταβολή της επιχορήγησης ή της χρηματοδοτικής μίσθωσης πραγματοποιείται σε δόσεις: το 50% του ποσού καταβάλλεται με τη υλοποίηση του 50% της επένδυσης, ενώ το υπόλοιπο μετά την ολοκλήρωση και τη έναρξη λειτουργίας.

Προκειμένου να δοθεί μια πρώτη εικόνα περί του μεγέθους της κρατικής βοήθειας, στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζεται το ποσό που δαπανήθηκε για την πραγματοποίηση επενδύσεων στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέσω του 2^{ου} Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης.

Πίνακας 3.6: Μέγεθος κρατικής βοήθειας μέσω του 2^{ου} Κ.Π.Σ. στις Α.Π.Ε.

	Αιολική ενέργεια	Μικρά ΥδροΗλεκτρικά	Φωτοβολταϊκά	Βιομάζα
Αριθμός επενδύσεων	14	9	15	13
Συνολικό ποσό (εκ. €)	124,5	17,2	6,1	48,5
Συνολική δημόσια επιδότηση (εκ. €)	49,8	7,7	4,2	22,9
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW)	116	11,5	0,737	8,74
Ετήσια παραγωγή ενέργειας (TWh)	0,335	0,053	0,001	0,168

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Χαρακτηριστικά μεγέθη που απαιτούνται για τον προσδιορισμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκής τεχνολογίας αποτελούν η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας, είτε αυτή είναι ολική είτε απευθείας είτε διάχυτη, η ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα.

Κατά τη διέλευση των ηλιακών ακτίνων από τη γήινη ατμόσφαιρα, η έντασή τους ελαττώνεται, καθώς τα φωτόνια σκεδαζονται αφενός στα μόρια της ατμόσφαιρας και στα πολύ μικρής διαμέτρου σωματίδια, αφετέρου στα μεγαλύτερης διαμέτρου αιωρήματα αυτής. Ένα άλλο μέρος αυτής της ακτινοβολίας απορροφάται από ορισμένα συστατικά της ατμόσφαιρας, όπως το όζον στα ανώτερα στρώματά της, οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου.

Συνεπώς, σε κάθε τόπο της επιφάνειας της γης, φτάνουν δύο συνιστώσες της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας: η απευθείας ή άμεση D , και η σκεδαζόμενη ή διάχυτη S . Η διάχυτη ακτινοβολία εξαρτάται από τη μορφολογία, το χρώμα και την επικάλυψη του εδάφους, ενώ η ολική, απευθείας και διάχυτη ακτινοβολία εξαρτώνται σε γενικές γραμμές από την σύσταση της ατμόσφαιρας, την ημέρα κατά τη διάρκεια του έτους και τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων. Αναφέρεται ότι όσο αυξάνεται η ένταση ακτινοβολίας τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός απόδοσης του Φ/Β πλαισίου, καθώς μετατοπίζεται το σημείο λειτουργίας της καμπύλης $I-V$ προς μεγαλύτερες τιμές.

Κατά την ολοκλήρωση του μεγέθους της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας προκύπτει η ενεργειακή πυκνότητα, η οποία αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε περιοχής και μετρείται σε kWh / m^2d . Στις περισσότερες των περιπτώσεων αυτό το μέγεθος χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα.

Όπως έχει αναφερθεί, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα επηρεάζει τη θερμοκρασία της κυψέλης με αποτέλεσμα να έχουμε επίδραση στην απόδοση του συστήματος. Και αυτό γιατί η αύξηση της θερμοκρασίας αυτής προκαλεί μείωση του συντελεστή απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Επομένως, σε θερμοκρασίες

μεγαλύτερες από την αντίστοιχη των Πρότυπων Συνθηκών, η επίδοση του συστήματος είναι φτωχότερη από αυτή που εμφανίζει σε αυτές τις συνθήκες.

Εν κατακλείδι, αυτά είναι τα τυπικά μετεωρολογικά μεγέθη που είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό της ενεργειακής απολαβής κατά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας με την συμβολή του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

4.2 ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Οι τιμές των απαιτούμενων μετεωρολογικών δεδομένων θα πρέπει να αναφέρονται σε μια μακρά περίοδο μετρήσεων, συνήθως άνω των 10 ετών. Τις περισσότερες των περιπτώσεων χρησιμοποιούνται ωριαίες μετρήσεις στον συγκεκριμένο τόπο. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η βάση δεδομένων της κάθε περιοχής, καθώς δημιουργείται το έτος αναφοράς.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει χρήση μιας τέτοιας βάσης δεδομένων, η οποία αποτελεί τον καρπό των εργασιών του Joint Research Centre της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σε συνεργασία με το Ecole de Mines de Paris της Γαλλίας και του Ινστιτούτου για το Περιβάλλον και τη Βιωσιμότητα (Institute for Environment and Sustainability). Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων χρησιμοποίησε στοιχεία των τελευταίων 20 ετών στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή της Ευρώπης μέσω των εικόνων των δορυφόρων της σειράς Meteosat, οι οποίες έχουν υποστεί επεξεργασία μέσω της μεθόδου Heliosat-2.

Λαμβάνοντας τα δεδομένα της βάσης Helioclim-1 πραγματοποιείται επεξεργασία ώστε να προκύψουν τα απαραίτητα στοιχεία για τη διεκπεραίωση της εργασίας στην κατάλληλη μορφή. Αρχικά, σημειώνεται ότι παρουσιάζονται στοιχεία για όλες τις πρωτεύουσες των νομών της ελληνικής επικράτειας, καθώς για αυτές τις περιοχές πραγματοποιείται η αντίστοιχη τεchnοοικονομική ανάλυση. Στο πρόγραμμα RETScreen απαιτείται η εισαγωγή των τιμών της μέσης μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας της ηλιακής ακτινοβολίας και της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας, αλλά και η γνώση των τιμών της ολικής πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Στο Παράρτημα Α παρουσιάζονται οι τιμές της ολικής πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας για τις 13 πόλεις – πρωτεύουσες των Περιφερειών της ελληνικής επικράτειας για όλους τους μήνες του έτους αναφοράς.

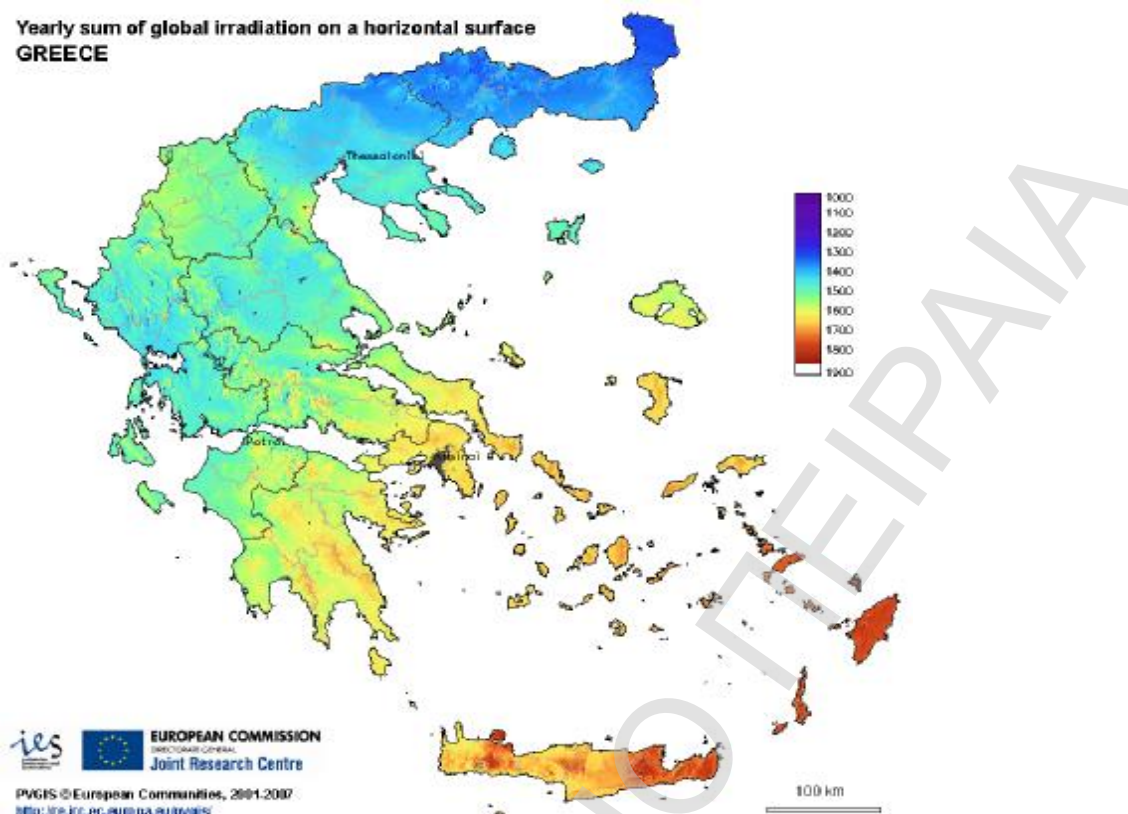
Το πρόγραμμα RETScreen-Clean Energy Project Analysis μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παγκόσμια κλίμακα προκειμένου να εκτιμηθεί η παραγωγή ενέργειας, τα κόστη κύκλου ζωής, καθώς και οι μειώσεις στις εκπομπές των αερίων

του θερμοκηπίου που επιτυγχάνονται με την προώθηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας. Το πρόγραμμα RETScreen αναπτύχθηκε προκειμένου να αποφύγουμε τα εμπόδια που δημιουργεί το στάδιο της μελέτης σκοπιμότητας. Παρέχει μια μεθοδολογία που συγκρίνει με αξιόπιστο τρόπο τις συμβατικές τεχνολογίες και τις τεχνολογίες καθαρής ενέργειας.

Εν προκειμένω, στο πρόγραμμα RETScreen είναι απαραίτητη η εισαγωγή των τιμών της μέσης μηνιαίας ενεργειακής πυκνότητας της ηλιακής ακτινοβολίας και της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας, όπως αυτές έχουν ανακτηθεί από τη βάση δεδομένων Helioclim-1. Στο Σχήμα 4.1 παρουσιάζεται η ετήσια ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην ελληνική επικράτεια. Σημειώνεται ότι περιοχές όπως τα Δωδεκάνησα, η Κρήτη, οι Κυκλάδες, η Ανατολική Πελοπόννησος και η Νοτιοανατολική Στερεά απολαμβάνουν περισσότερο τα οφέλη της ηλιακής ενέργειας από περιοχές, όπως αυτές της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Παρατηρούνται ακόμη σημαντικές αποκλίσεις σε κοντινές περιοχές, κάτι που μπορεί να εξηγηθεί εύκολα λόγω των διαφορών της μορφολογίας του εδάφους.

Στους Πίνακες 4.1 – 4.12 παρουσιάζονται οι τιμές των μεγεθών για τις πρωτεύουσες των νομών της ελληνικής επικράτειας ανά μήνα του έτους αναφοράς. Στους Πίνακες αυτούς έχουν ληφθεί υπόψη παραδοχές σχετικά με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στις περιοχές της Πρέβεζας, της Χαλκίδας, της Κορίνθου, των Χανίων, του Ρεθύμνου και του Αργοστολίου. Στις συγκεκριμένες περιοχές δεν ήταν διαθέσιμες οι συγκεκριμένες τιμές, γι' αυτό και ελήφθησαν από κοντινές σε αυτές περιοχές.

Yearly sum of global irradiation on a horizontal surface
GREECE



Σχήμα 4.1: Ετήσια απολαβή ενεργειακής πυκνότητας σε οριζόντιο επίπεδο στην ελληνική επικράτεια (πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή)

Πίνακας 4.1: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης

Μήνας	Αλεξανδρούπολη		Κομοτηνή		Ξάνθη		Καβάλα		Δράμα	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1576	5,1	1548	4,4	1515	4,1	1525	4,7	1498	3,9
Φεβρ.	2179	6,1	2156	5,8	2182	5,6	2174	6,2	2165	5,8
Μάρ.	3307	7,8	3218	7,7	3222	7,6	3227	8,3	3172	8,1
Απρ.	4638	12,2	4571	12,3	4595	12,2	4622	12,7	4562	12,6
Μάιος	5537	17,9	5420	18,1	5395	18	5475	18,5	5370	18,5
Ιουν.	6114	22,5	5950	22,7	5995	22,5	6191	23,2	6088	23,1
Ιουλ.	6071	25,2	6026	25,2	6050	25	6176	25,6	6119	25,4
Αυγ.	5437	24,7	5337	24,6	5348	24,4	5426	25,1	5336	24,9
Σεπτ.	4278	19,8	4164	19,6	4128	19,4	4178	20	4103	19,8
Οκτ.	2923	15,3	2874	15	2893	14,7	2960	15,4	2899	15
Νοε.	1777	10,7	1720	10,2	1742	9,9	1787	10,5	1740	9,9
Δεκ.	1232	6,2	1193	5,4	1199	5	1207	5,7	1180	4,8

Πίνακας 4.2: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας

Μήνας	Σέρρες		Κιλκίς		Θεσσαλονίκη		Πολύγυρος		Βέροια		Έδεσσα		Κατερίνη	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα Ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1506	4	1587	3,1	1602	4,7	1676	3,4	1669	4	1612	2,8	1854	5,2
Φεβρ.	2175	6	2261	5,2	2232	6,5	2394	4,7	2305	5,9	2313	4,8	2574	6,7
Μάρ.	3177	8,6	3277	8,3	3243	9,1	3477	7	3302	8,8	3310	8,2	3626	9,3
Απρ.	4603	13	4691	12,5	4701	13,2	4926	11	4885	12,7	4775	12	5348	13,2
Μάιος	5448	19,1	5548	18,7	5577	19,4	5759	17	5773	18,9	5712	18,2	6178	19,3
Ιουν.	6259	23,7	6500	23,2	6634	24,1	6702	21,5	6753	23,5	6635	22,7	6985	24,2
Ιουλ.	6247	25,9	6402	25,5	6449	26,3	6544	23,7	6683	25,7	6548	24,9	6763	26,2
Αυγ.	5453	25,5	5646	25,2	5659	25,9	5780	23,3	5925	25,3	5824	24,7	6032	25,7
Σεπτ.	4147	20,3	4362	19,9	4364	20,8	4497	18,4	4481	20,2	4460	19,4	4675	20,9
Οκτ.	2971	15,5	3042	15,1	3111	16	3208	14	3190	15,5	3141	14,8	3454	16,2
Νοε.	1793	10,1	1864	9,5	1899	10,6	1983	9	1981	10	1940	9,1	2164	10,9
Δεκ.	1161	4,8	1140	3,7	1172	5,5	1291	4,2	1220	4,7	1151	3,3	1432	5,9

Πίνακας 4.3: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας

Μήνας	Καστοριά		Κοζάνη		Γρεβενά		Φλώρινα	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1794	2,7	1714	2,6	1707	3,9	1804	1,7
Φεβρ.	2434	4	2461	3,8	2396	5,2	2518	2,7
Μάρ.	3537	6,9	3520	6,5	3503	7,7	3618	5,8
Απρ.	4990	10,4	4977	10,2	4952	11,2	5037	9,5
Μάιος	5897	16,4	5851	16,2	5906	17,2	5875	15,4
Ιουν.	6830	20,5	6714	20,5	6726	21,6	6720	19,4
Ιουλ.	6746	22,7	6689	22,6	6716	23,6	6729	21,6
Αυγ.	6134	22,6	5861	22,3	5909	23,3	6158	21,6
Σεπτ.	4726	17,6	4554	17,4	4556	18,5	4837	16,5
Οκτ.	3249	13,6	3261	13,3	3223	14,4	3244	12,6
Νοε.	2012	8,4	2023	8,2	1992	9,4	2006	7,5
Δεκ.	1243	3,2	1247	3,1	1257	4,6	1241	2,1

Πίνακας 4.4: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ηπείρου

Μήνας	Ιωάννινα		Ηγουμενίτσα		Αρτα		Πρέβεζα	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1649	5,7	1646	8,9	1572	8,6	1607	8,2
Φεβρ.	2305	6,5	2176	9,4	2112	9,2	2155	8,8
Μάρ.	3436	8,5	3387	11,1	3236	10,9	3330	10,4
Απρ.	4844	11,7	4682	13,9	4656	13,9	4712	13,3
Μάιος	5833	17,6	5810	19,4	5786	19,5	5866	18,9
Ιουν.	6636	21,8	6533	23,6	6627	23,7	6646	23,1
Ιουλ.	6644	23,8	6448	25,6	6426	25,5	6534	24,9
Αυγ.	5839	23,7	5819	25,8	5706	25,6	5793	25
Σεπτ.	4358	19,2	4398	21,6	4259	21,6	4361	21
Οκτ.	3106	15,4	3111	18	2970	17,9	3026	17,4
Νοε.	1859	10,8	1799	13,9	1739	13,6	1762	13,1
Δεκ.	1249	6,6	1277	10,1	1230	9,7	1251	9,3

Πίνακας 4.5: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Θεσσαλίας

Μήνας	Λάρισα		Τρίκαλα		Καρδίτσα		Βόλος	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1602	6,4	1627	6,6	1611	7	1672	7,2
Φεβρ.	2236	7,5	2266	7,7	2261	8	2334	8,1
Μάρ.	3275	9,7	3377	9,8	3345	10	3409	9,9
Απρ.	4789	13,4	4789	13,3	4770	13,5	4942	13,7
Μάιος	5766	19,4	5779	19,3	5777	19,4	5940	19,5
Ιουν.	6724	24,2	6690	23,9	6618	24	6696	24,3
Ιουλ.	6521	26,1	6551	25,7	6532	25,8	6596	26,3
Αυγ.	5596	25,5	5659	25,3	5665	25,3	5730	25,6
Σεπτ.	4214	21,2	4281	21	4290	21,2	4405	21,5
Οκτ.	3142	16,6	3114	16,7	3060	16,9	3171	17
Νοε.	1909	11,7	1862	11,9	1858	12,1	1957	12,3
Δεκ.	1261	7,3	1275	7,5	1271	7,9	1364	8

Πίνακας 4.6: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδος

Μήνας	Μεσολόγγι		Πάτρα		Πύργος	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1621	9,3	1666	9,1	1681	9,9
Φεβρ.	2203	9,7	2266	9,5	2335	10,1
Μάρ.	3368	11,1	3473	11	3510	11,3
Απρ.	4814	14,1	4895	14,2	4957	14
Μάιος	5960	19,5	5905	19,6	6031	19,1
Ιουν.	6798	23,6	6759	24	6874	23,1
Ιουλ.	6531	25,2	6553	25,7	6646	24,8
Αυγ.	5821	25,5	5879	25,7	5912	25,3
Σεπτ.	4443	22	4571	22,1	4607	22,1
Οκτ.	2981	18,3	3029	18,2	3076	18,5
Νοε.	1801	14,1	1857	13,9	1903	14,6
Δεκ.	1346	10,4	1376	10,1	1452	11,1

Πίνακας 4.7: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος

Μήνας	Λαμία		Καρπενήσι		Αμφισσα		Λιβαδειά		Χαλκίδα		Αθήνα	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα Ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1689	7,6	1796	3,5	1733	7	1628	8	1980	9,3	2069	8,9
Φεβρ.	2311	8,4	2548	4,1	2312	7,8	2295	8,7	2591	9,7	2610	9,3
Μάρ.	3421	10,1	3736	6	3478	9,4	3589	10,2	3797	11	3879	10,5
Απρ.	4922	13,7	5086	9,5	4924	12,8	5056	13,6	5176	14,4	5271	13,8
Μάιος	5934	19,5	6052	15,2	5969	18,6	6077	19,3	6168	19,8	6312	19,2
Ιουν.	6709	24,1	6745	19,3	6701	23,1	6865	24	6955	24,5	7160	23,9
Ιουλ.	6600	25,9	6731	21,5	6553	24,9	6769	25,9	6867	26,7	7051	26,2
Αυγ.	5758	25,4	5940	21,2	5789	24,5	5995	25,4	6088	26,3	6365	25,7
Σεπτ.	4474	21,5	4625	16,7	4559	20,5	4779	21,6	4989	22,6	5192	22
Οκτ.	3083	17,1	3215	13	3030	16,4	3053	17,3	3359	18,3	3417	17,8
Νοε.	1892	12,5	2032	8,3	1914	11,8	1819	12,9	2126	14,2	2173	13,7
Δεκ.	1367	8,5	1459	4,3	1418	7,9	1338	9	1676	10,4	1759	9,9

Πίνακας 4.8: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Πελοποννήσου

Μήνας	Κόρινθος		Ναύπλιο		Τρίπολη		Καλαμάτα		Σπάρτη	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1936	8,9	1903	9,9	1900	6,3	1829	10,2	1857	9,5
Φεβρ.	2506	9,4	2518	10,2	2578	7	2516	10,3	2547	9,7
Μάρ.	3706	10,7	3703	11,4	3773	8,3	3641	11,5	3687	10,8
Απρ.	5121	13,8	5067	14,4	5181	11,5	5043	14,1	5088	13,6
Μάιος	6126	19,4	6102	19,7	6201	17,1	6035	19,1	6111	18,8
Ιουν.	6968	23,9	6892	24,2	6992	21,5	6858	23,3	6906	23,2
Ιουλ.	6773	25,9	6668	26,3	6798	23,5	6597	25,4	6623	25,3
Αυγ.	6105	25,7	6048	26,3	6166	23,2	5984	25,7	6057	25,4
Σεπτ.	4987	22	4929	22,7	4950	19,1	4827	22,4	4860	21,8
Οκτ.	3263	17,9	3265	18,7	3291	15,3	3210	18,7	3256	18,1
Νοε.	2062	13,7	2066	14,7	2102	10,9	2045	14,9	2073	14,2
Δεκ.	1655	10	1632	11,1	1624	7,3	1602	11,5	1626	10,6

Πίνακας 4.9: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου

Μήνας	Μυτιλήνη		Χίος		Σάμος	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1848	8,1	2001	9	2096	10,4
Φεβρ.	2587	8,5	2767	9,2	2808	10,6
Μάρ.	3767	9,9	3925	10,5	3939	11,9
Απρ.	5022	13,6	5217	13,9	5156	15,2
Μάιος	6065	19,2	6179	19,4	6054	20,8
Ιουν.	6716	24,1	6929	24,2	6837	25,8
Ιουλ.	6607	26,8	6800	26,8	6681	28,3
Αυγ.	5990	26,3	6184	26,3	6037	27,9
Σεπτ.	4871	21,9	5031	22,2	4919	23,5
Οκτ.	3412	17,5	3570	18	3667	19,3
Νοε.	2125	13	2264	13,7	2369	15,1
Δεκ.	1583	9,5	1726	10,3	1818	11,7

Πίνακας 4.10: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου

Μήνας	Ρόδος		Ερμούπολη	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	2296	11,5	2103	10,5
Φεβρ.	3211	11,6	2747	10,6
Μάρ.	4503	12,8	3921	11,6
Απρ.	5560	15,7	5333	14,6
Μάιος	6536	20,8	6237	19,5
Ιουν.	7245	25,2	7071	24
Ιουλ.	6957	27,7	6916	26,4
Αυγ.	6297	27,5	6253	26
Σεπτ.	5406	24	5188	22,8
Οκτ.	4076	20,2	3581	18,9
Νοε.	2712	16,3	2231	15,1
Δεκ.	2000	12,8	1809	11,6

Πίνακας 4.11: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κρήτης

Μήνας	Χανιά		Ρέθυμνο		Ηράκλειο		Άγιος Νικόλαος	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	2024	11,1	2140	11,3	2096	11,5	2214	11,2
Φεβρ.	2869	11	2953	11,2	2958	11,4	3136	11,1
Μάρ.	3823	12,2	3915	12,4	3964	12,5	4265	12,3
Απρ.	5309	15	5553	15,1	5411	15,2	5626	15
Μάιος	6149	19,8	6246	19,8	6290	19,7	6591	19,4
Ιουν.	6878	24,1	7101	23,9	7010	23,7	7233	23,3
Ιουλ.	6565	26,6	6855	26,5	6788	26,2	7032	25,9
Αυγ.	6087	26,2	6226	26	6195	25,9	6355	25,6
Σεπτ.	5008	23,2	5123	23,2	5158	23,2	5340	22,9
Οκτ.	3478	19,5	3613	19,7	3614	19,7	3828	19,4
Νοε.	2220	15,9	2297	16	2312	16,2	2435	15,8
Δεκ.	1739	12,4	1797	12,6	1786	12,9	1902	12,5

Πίνακας 4.12: Μέση μηνιαία πυκνότητα ενέργειας σε οριζόντιο επίπεδο και μέση μηνιαία θερμοκρασία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων

Μήνας	Κέρκυρα		Λευκάδα		Αργοστόλι		Ζάκυνθος	
	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/m ² /d)	Θερμοκρασία (°C)
Ιαν.	1747	9,1	1571	9,4	1620	9,6	1669	9,8
Φεβρ.	2246	9,7	2142	9,8	2231	9,7	2320	9,9
Μάρ.	3510	11,3	3325	11,3	3444	11,1	3511	11,2
Απρ.	4767	14,2	4722	14,1	4890	13,6	4982	13,8
Μάιος	5913	19,4	5851	19,5	6015	18,9	6063	18,9
Ιουν.	6559	23,5	6708	23,5	6830	22,6	6901	22,7
Ιουλ.	6499	25,4	6500	25,2	6633	24,5	6656	24,5
Αυγ.	5859	25,7	5838	25,6	5954	25,1	5944	25,1
Σεπτ.	4569	21,5	4300	21,9	4433	21,7	4506	21,8
Οκτ.	3209	18,2	2953	18,4	3032	18,4	3068	18,4
Νοε.	1891	14,3	1736	14,3	1807	14,4	1882	14,5
Δεκ.	1345	10,3	1263	10,6	1347	10,8	1403	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ RETSCREEN

5.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ RETSCREEN-CLEAN ENERGY PROJECT ANALYSIS

Καθίσταται σαφές ότι μέσω του νέου νομοθετικού και επενδυτικού πλαισίου, οι επενδύσεις στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία προσελκύουν το ενδιαφέρον των ιδιωτών επενδυτών από όλες τις διοικητικές περιφέρειες. Όμως, οι διαφορές στη δημόσια χρηματοδότηση κατά Ζώνες όπως αυτές προκύπτουν από την Τροποποίηση του Επενδυτικού Νόμου και τη νέα Κοινή Υπουργική Απόφαση, αλλά και το γεγονός ότι η ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας διαφέρει από περιοχή σε περιοχή οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι επενδυτικές ευκαιρίες δεν είναι ίδιες για όλες τις περιοχές της χώρας. Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαίο να μελετηθούν και να αξιολογηθούν οικονομικά τα φωτοβολταϊκά συστήματα ώστε να αποδειχθεί η ορθότητα των ισχυρισμών περί βιωσιμότητας αυτών των επενδύσεων.

Σε αυτήν την προσπάθεια χρησιμοποιείται το υπολογιστικό πρόγραμμα RETScreen-Clean Energy Project Analysis. Το πρόγραμμα RETScreen αναπτύχθηκε προκειμένου να αποφύγουμε τα εμπόδια που δημιουργεί το στάδιο της μελέτης σκοπιμότητας. Παρέχει μια μεθοδολογία που συγκρίνει με αξιόπιστο τρόπο τις συμβατικές τεχνολογίες και τις τεχνολογίες καθαρής ενέργειας.

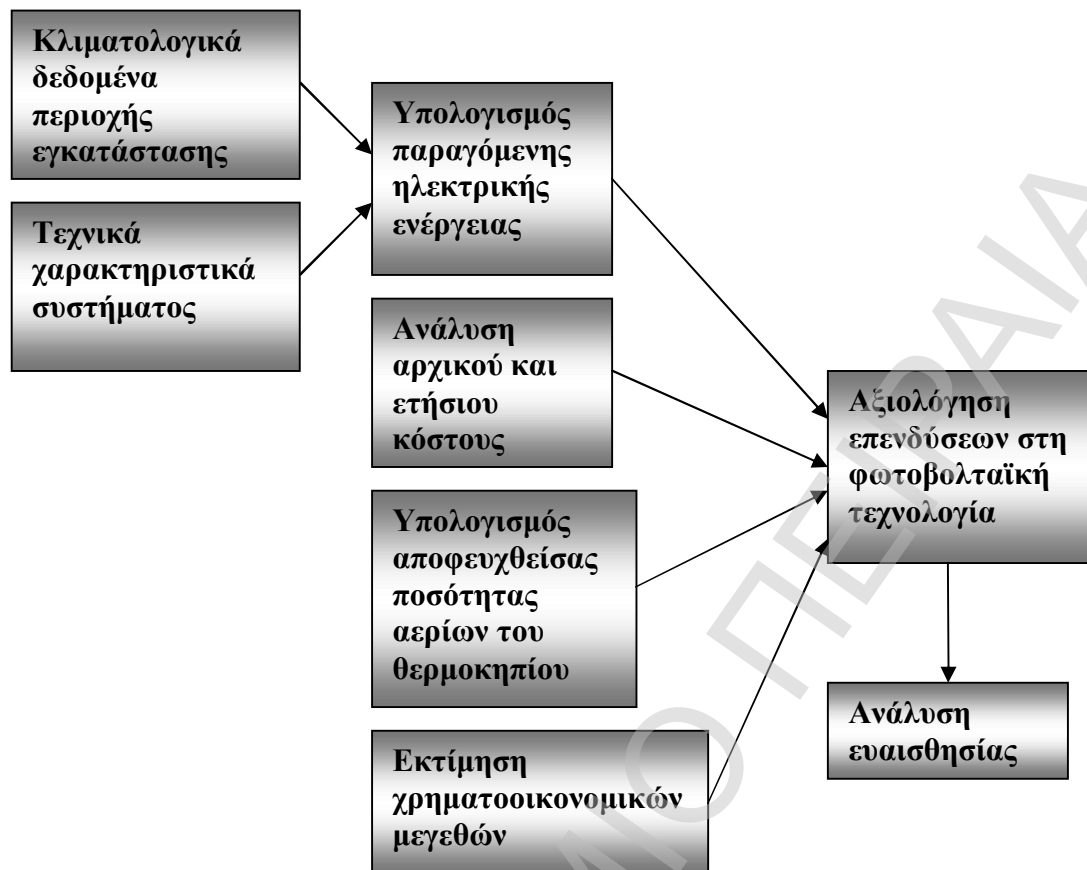
Το πρόγραμμα RETScreen περιέχει 6 φύλλα Excel, τα οποία αποτελούν ξεχωριστά βήματα για την εκπόνηση μιας εργασίας. Στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα φύλλα υπολογισμού είναι τα ακόλουθα: Energy Model, Solar Resource and System Load, Cost Analysis, GHG Analysis, Financial Summary και Sensitivity.

Αρχικά, στο υπολογιστικό φύλλο Energy Model ο χρήστης περιγράφει τις παραμέτρους τις σχετικές με την τοποθεσία της εγκατάστασης, τον τύπο του συστήματος που χρησιμοποιείται στην βασική περίπτωση, την τεχνολογία της καθαρής ενέργειας, ενώ το πρόγραμμα υπολογίζει την ετήσια παραγωγή ή εξοικονόμηση ενέργειας. Στην περίπτωση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, το φύλλο αυτό συνοδεύεται από το Solar Resource and System Load στο οποίο δίνονται τα κλιματολογικά δεδομένα και τα δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Στο φύλλο Cost Analysis εισάγονται στοιχεία σχετικά με το κόστος εγκατάστασης, το ετήσιο και το περιοδικό κόστος. Στην περίπτωση της μελέτης σκοπιμότητας, γίνεται πιο λεπτομερής περιγραφή του συνολικού κόστους απ' ότι στην περίπτωση της προμελέτης. Στο φύλλο Greenhouse Gas Analysis γίνεται προσπάθεια να υπολογιστεί η ετήσια μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου αναπτύσσοντας την προτεινόμενη τεχνολογία εν συγκρίσει με αυτή της βασικής περίπτωσης. Στο φύλλο Financial Summary παρουσιάζονται τα χρηματοοικονομικά μεγέθη που αφορούν στη βιωσιμότητα της επένδυσης και εισάγονται στοιχεία που σχετίζονται με τη δανειοδότηση ή την επιχορήγηση του έργου. Τέλος, το φύλλο Sensitivity and Risk Analysis βοηθά το χρήστη να κατανοήσει κατά πόσο η αβεβαιότητα των υπολογισμών μπορεί να επηρεάσει τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

Από το πλήθος των υπολογιστικών φύλλων γίνεται αντιληπτό ότι πολλές είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι βασικές παράμετροι για την εκπόνηση της εργασίας μέσω του συγκεκριμένου προγράμματος αποτελούν τα κλιματολογικά δεδομένα, τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα αρχικά και περιοδικά κόστη της επένδυσης, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας, τα χρηματοοικονομικά μεγέθη, το ύψος των κρατικών επιδοτήσεων και οι παραδοχές και το επίπεδο αβεβαιότητας του χρήστη του προγράμματος.

Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζεται επιγραμματικά το διάγραμμα ροής των υπολογισμών και των εκτιμήσεων που πραγματοποιούνται μέσω του προγράμματος RETScreen στα υπολογιστικά φύλλα αυτού για την οικονομική αξιολόγηση των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία.



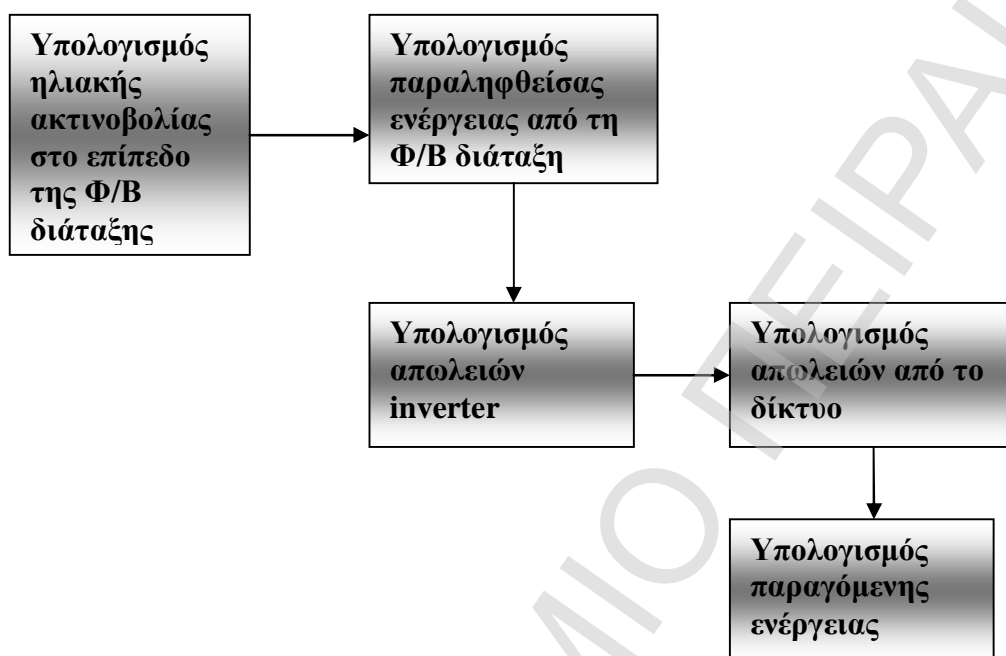
Σχήμα 5.1: Διάγραμμα ροής των υπολογισμών και των εκτιμήσεων μέσω του προγράμματος RETScreen

5.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

5.2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η πρωταρχική κίνηση για την αξιολόγηση της επενδυτικής προσπάθειας στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία είναι ο υπολογισμός της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τα Φ/Β συστήματα που εξετάζονται. Η διαγραμματική ροή της μεθοδολογίας για τον υπολογισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.2. Στον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η επιλογή του Φ/Β συστήματος, καθώς από σύστημα σε σύστημα διαφοροποιούνται σημαντικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά. Το πρόγραμμα RETScreen παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ των προϊόντων της βάσης δεδομένων ή να προσδιορίσει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος. Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων, τα

οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον συγκεκριμένο σκοπό. Σημειώνεται ότι υιοθετήθηκαν ορισμένες παραδοχές για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων ώστε αυτά να προσεγγίζουν τα αντίστοιχα των συστημάτων που κυκλοφορούν στην αγορά.



Σχήμα 5.2: Μεθοδολογία υπολογισμού παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα

Πίνακας 5.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά Φ/Β συστημάτων

Τύπος συστήματος	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου	Πολυκρυσταλλικού πυριτίου
Συντελεστής απόδοσης Φ/Β πλαισίων (%)	15	13
N.O.C.T. (°C)	47	45
Συντελεστής θερμοκρασίας Φ/Β (% / °C)	0,45	0,45
Απώλειες Φ/Β διάταξης	10	10
Απώλειες ισχύος συνδέσεων	2 - 3	2 - 3

Ο υπολογισμός της παραληφθείσας ενέργειας από τη Φ/Β διάταξη, και έπειτα ο υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας πραγματοποιείται αφού αρχικά χρησιμοποιήσουμε τα κλιματολογικά δεδομένα, για τα οποία γίνεται λόγος στο

κεφάλαιο 4. Από αυτό το σημείο και έπειτα, υπολογίζεται η παραγόμενη ενέργεια από το Φ/Β σύστημα με χρήση των τύπων που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 2, και αφού λάβουμε υπόψη ότι η μέση απόδοση ενός inverter είναι ίση με 92% για τους μικρότερης ισχύος και 94% για τους μεγαλύτερης ισχύος, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι ο υπολογισμός της παραγόμενης ενέργειας έγινε για τη βέλτιστη κλίση του εν λόγω συστήματος, όπως αυτή δίνεται από τη βάση δεδομένων του Joint Research Centre της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σε συνεργασία με το Ecole de Mines de Paris της Γαλλίας και του Ινστιτούτου για το Περιβάλλον και τη Βιωσιμότητα (Institute for Environment and Sustainability).

Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζεται η βέλτιστη κλίση των Φ/Β πλαισίων για όλες τις πρωτεύουσες των νομών της χώρας. Διαπιστώνεται ότι η βέλτιστη κλίση τοποθέτησης των πλαισίων είναι περίπου 30⁰ με νότιο προσανατολισμό.

Πίνακας 5.2: Βέλτιστη κλίση τοποθέτησης φωτοβολταϊκών πλαισίων στις πρωτεύουσες των νομών της ελληνικής επικράτειας

Πόλεις	Βέλτιστη κλίση πλαισίων
Άγιος Νικόλαος, Άμφισσα, Άρτα, Χανιά, Ηράκλειο, Καλαμάτα, Λευκάδα, Πάτρα, Πρέβεζα, Σπάρτη	28 ⁰
Αλεξανδρούπολη, Χαλκίδα, Χίος, Δράμα, Έδεσσα, Γρεβενά, Καστοριά, Καβάλα, Κοζάνη, Μυτιλήνη, Πολύγυρος, Σέρρες, Θεσσαλονίκη, Βέροια	31 ⁰
Αργοστόλι, Λιβαδειά, Μεσολόγγι, Πύργος, Ρέθυμνο, Ζάκυνθος	27 ⁰
Αθήνα, Ερμούπολη, Καρπενήσι, Κέρκυρα, Λάρισα, Βόλος	30 ⁰
Φλώρινα, Κατερίνη, Κιλκίς, Κομοτηνή, Ρόδος, Σάμος, Ξάνθη	32 ⁰
Ηγουμενίτσα, Ιωάννινα, Καρδίτσα, Κόρινθος, Λαμία, Ναύπλιο, Τρίκαλα, Τρίπολη	29 ⁰

5.2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

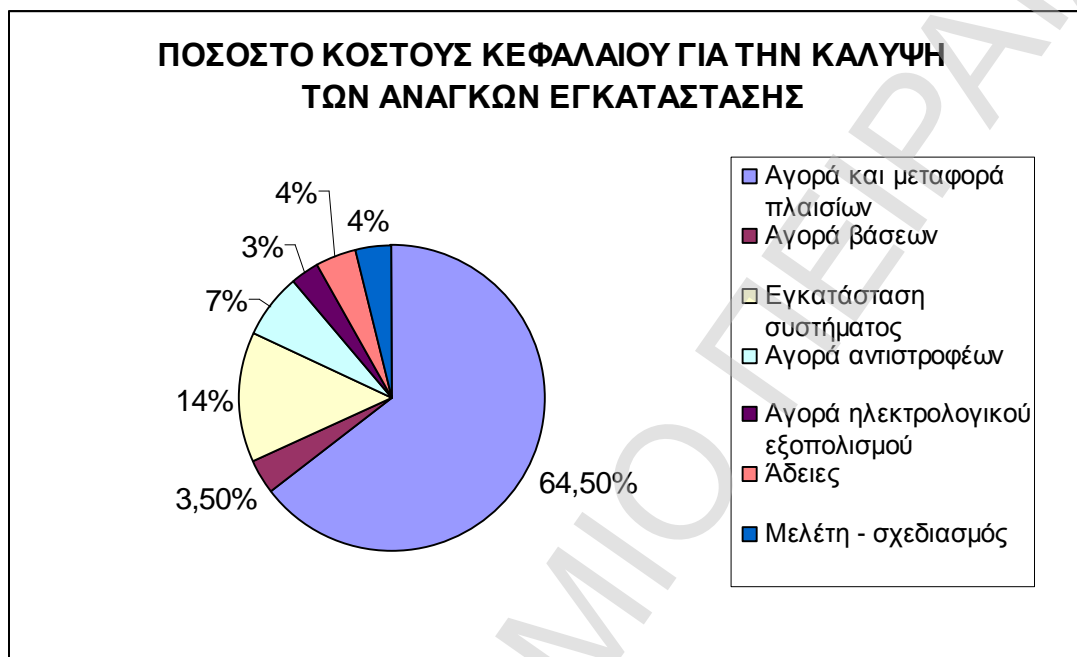
Στην συνέχεια γίνεται η εκτίμηση του κόστους εγκατάστασης και του λειτουργικού κόστους της συγκεκριμένης διάταξης. Ελήφθησαν δεδομένα στοιχεία της αγοράς μέσω ιστοσελίδων προμηθευτών Φ/Β συστημάτων μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού πυριτίου, αφού έγινε η διασταύρωση των στοιχείων με την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Σύμφωνα με τη Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας (International Energy Agency), το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός Φ/Β συστήματος κυμαινόταν μεταξύ 4,7 και 10,3 \$ / kWp στις ανεπτυγμένες χώρες το 2001. Παρά τον στόχο για μείωση του κόστους στα 3 – 4 \$ / kWp μέχρι το 2007,

αυτός δεν επετεύχθη, γιατί παρουσιάστηκε έλλειψη πρώτης ύλης, δηλαδή πυριτίου, από την αγορά. Σύμφωνα με τα νεότερα στοιχεία, το κόστος αγοράς ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου μονοκρυσταλλικού πυριτίου κυμαίνεται γύρω στα 3,7 €/ kWp, ενώ το αντίστοιχο του πολυκρυσταλλικού πυριτίου γύρω στα 3,5 €/ kWp. Αποτελεί δεδομένο ότι το συνολικό κόστος μιας τέτοιας επένδυσης κυμαίνεται γύρω στα 6 € / kWp στη χώρα μας. Θεωρήθηκε ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα ακολουθούν την οικονομία κλίμακας με αποτέλεσμα τα μεγαλύτερης ισχύος να απαιτούν μικρότερο ποσό χρημάτων ανά kWp. Στον Πίνακα 5.3 εμφανίζεται το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων στις πρωτεύουσες των διοικητικών περιφερειών τόσο για αυτά του μονοκρυσταλλικού όσο και για αυτά του πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Εκτός από το κόστος εγκατάστασης, υπάρχει και το λειτουργικό και το περιοδικό κόστος. Στο λειτουργικό κόστος περιλαμβάνονται το κόστος συντήρησης (περίπου 1% του κόστους εγκατάστασης) και τα ασφάλιστρα (περίπου 0,3% αυτού). Στο περιοδικό κόστος περιλαμβάνεται η αντικατάσταση του inverter κάθε δεκαετία. Οι συγκεκριμένες τιμές είναι ενδεικτικές του κόστους των φωτοβολταϊκών συστημάτων μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού πυριτίου και χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διενέργεια της οικονομικής αξιολόγησης.

Πίνακας 5.3: Κόστος εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών

Πόλη	Τύπος συστήματος					
	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου			Πολυκρυσταλλικού πυριτίου		
	P = 20 kWp	P = 100 kWp	P = 1 MWp	P = 20 kWp	P = 100 kWp	P = 1 MWp
Αθήνα	123.000 €	582.000 €	5.663.500 €	119.500 €	564.500 €	5.485.500 €
Λαμία	124.500 €	589.500 €	5.737.000 €	121.000 €	572.000 €	5.559.000 €
Θεσσαλονίκη	125.500 €	593.000 €	5.769.000 €	122.000 €	575.500 €	5.591.000 €
Ηράκλειο	126.000 €	593.500 €	5.769.000 €	122.500 €	576.000 €	5.591.000 €
Κομοτηνή	128.000 €	604.000 €	5.874.000 €	124.500 €	586.000 €	5.696.500 €
Ιωάννινα	126.500 €	598.500 €	5.821.500 €	123.000 €	580.500 €	5.643.500 €
Κέρκυρα	126.500 €	598.500 €	5.821.500 €	123.000 €	580.500 €	5.643.500 €
Μυτιλήνη	127.000 €	599.000 €	5.821.500 €	123.500 €	581.000 €	5.644.000 €
Τρίπολη	124.500 €	589.500 €	5.737.000 €	121.000 €	572.000 €	5.559.000 €
Ερμούπολη	125.500 €	590.000 €	5.737.500 €	122.000 €	572.500 €	5.559.500 €
Λάρισα	125.000 €	592.500 €	5.768.500 €	121.500 €	575.000 €	5.590.500 €
Πάτρα	124.500 €	589.500 €	5.737.000 €	121.000 €	572.000 €	5.559.000 €
Κοζάνη	126.000 €	596.500 €	5.800.000 €	122.500 €	579.000 €	5.622.500 €

Στο Σχήμα 5.3 δείχνεται το ποσοστό του κόστους κεφαλαίου που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκαίων εργασιών για την εγκατάσταση του συστήματος. Παρατηρώντας το γράφημα, φαίνεται ότι σχεδόν το 90% του ποσού δαπανάται για την αγορά, τη μεταφορά και την εγκατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (Φ/Β πλαίσια, βάσεις, αντιστροφείς, ηλεκτρολογικός εξοπλισμός).



Σχήμα 5.3: Ποσοστό κόστους κεφαλαίου για την κάλυψη των απαιτούμενων εργασιών

5.2.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΦΕΥΧΘΕΙΣΑΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Μετά την εκτίμηση του κόστους εγκατάστασης και του λειτουργικού κόστους των φωτοβολταϊκών συστημάτων, ακολουθεί ο υπολογισμός της ποσότητας των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου που μπορούν να αποφευχθούν με τη χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Για τη διευκόλυνση αυτών των υπολογισμών, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή χρησιμοποιεί το δείκτη GWP (Global Warming Potential) προκειμένου να δώσει το μέγεθος της συνεισφοράς καθενός από τα 6 αέρια στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με την Τρίτη Αναφορά της Διακυβερνητικής Επιτροπής για το Δυναμικό Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης που δημοσιεύθηκε το 2001, τα στοιχεία έχουν αναθεωρηθεί ελαφρώς σε σχέση με αυτά που παρουσιάστηκαν στην Αναθεωρημένη Έκδοση του 1996. Έτσι, το GWP του CH₄ είναι 23 τόνοι CO₂, του N₂O 296 τόνοι CO₂, ενώ του CO₂ είναι 1.

Για τον υπολογισμό της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου που αποφεύγονται με την προώθηση της Φ/Β τεχνολογίας, απαραίτητα δίνεται το ενεργειακό μίγμα που καταναλώνεται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας. Σύμφωνα με στοιχεία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, τα ποσοστά κατανάλωσης των καυσίμων για την ηλεκτροπαραγωγή στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα εμφανίζεται στον Πίνακα 5.4. Για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά θεωρήθηκε ότι καταναλώνεται πετρέλαιο diesel.

Από την Αναθεωρημένη Έκδοση Οδηγιών για την Καταγραφή των Αερίων του Θερμοκηπίου το 1996 προκύπτουν οι συντελεστές εκπομπών των αερίων CO₂, CH₄, N₂O για τις διάφορες τεχνολογίες καύσης, όπως αυτοί δίνονται στον Πίνακα 5.4. Σε σχέση με τη μεθοδολογία CORINAIR προκύπτουν διαφοροποιήσεις της τάξης του 20% όσον αφορά τις εκπομπές που προέρχονται από την καύση του λιγνίτη. Η δυσκολία έγκειται στο γεγονός ότι αποτελεί δύσκολο εγχείρημα ο υπολογισμός του περιεχόμενου άνθρακα στο λιγνίτη. Οι εκπομπές CO₂ κατά την καύση της βιομάζας θεωρούνται μηδενικές, καθώς αποτελεί μέρος του φυσικού κύκλου του άνθρακα.

Πίνακας 5.4: Ποσοστό χρήσης καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή και συντελεστές εκπομπής αερίων θερμοκηπίου

Τύπος καυσίμου	Ποσοστό χρήσης του καυσίμου	CO ₂ (kg/GJ)	CH ₄ (kg/GJ)	N ₂ O (kg/GJ)
Λιγνίτης	59,6%	101,2	0,002	0,003
Φυσικό αέριο	14,1%	56,1	0,003	0,001
Πετρέλαιο diesel	15,2%	74,1	0,002	0,002
Μεγάλα Υ/Η	8,8%	0	0	0
Αιολικά	1,9%	0	0	0
Βιομάζα	0,4%	0	0,032	0,004

Οι συντελεστές απόδοσης κατά την ενεργειακή μετατροπή που δίνονται στο πρόγραμμα RETScreen βρίσκονται στο εύρος τιμών που δίνεται στη διεθνή βιβλιογραφία. Επομένως, λαμβάνονται υπόψη οι τιμές των συντελεστών απόδοσης που προτείνει το πρόγραμμα για τη μετατροπή των καυσίμων και που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5: Εύρος τιμών συντελεστών απόδοσης σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και συντελεστές απόδοσης σύμφωνα με το πρόγραμμα RETScreen

Τύπος καυσίμου	Εύρος τιμών σύμφωνα με τη βιβλιογραφία	Τιμές RETScreen
Βιομάζα	20 – 30 %	25 %
Λιγνίτης	30 – 43 %	35 %
Φυσικό αέριο	40 – 45 %	45 %
Πετρέλαιο diesel	30 -35 %	30 %

Το Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας παρουσιάζει απώλειες κατά τη μεταφορά του ηλεκτρισμού. Σύμφωνα με επικαιροποιημένα στοιχεία του Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, αυτές δεν ξεπερνούν το 4 %. Παράλληλα, εμφανίζονται απώλειες κατά τη διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας, επομένως στη δυσμενέστερη περίπτωση οι συνολικές απώλειες προσεγγίζουν την τιμή του 8 %, που τελικά υιοθετείται.

5.2.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

Μετά τον υπολογισμό της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου που αποφεύγονται με την ευρύτερη χρήση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας για ηλεκτροπαραγωγή, ακολουθεί ο υπολογισμός των οικονομικών δεικτών που αποτελούν κριτήρια για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση των επενδύσεων. Στην παρούσα εργασία, οι οικονομικοί δείκτες που υπολογίζονται μέσω του προγράμματος RETScreen είναι ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (διεθνώς αναφέρεται ως Internal Rate of Return – IRR), η Καθαρά Παρούσα Αξία (Net Present Value), ο λόγος οφέλους – κόστους (Benefit / Cost Ratio) και ο χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματοροής (Year - to - Positive Cash Flow).

Βέβαια, για την ανάλυση των επενδύσεων στον τομέα της ενέργειας είναι απαραίτητος και ο συνυπολογισμός της αβεβαιότητας της συμπεριφοράς της επένδυσης. Γι' αυτό το λόγο κρίνεται σκόπιμη η χρήση της ανάλυσης ευαισθησίας για τους διάφορους δείκτες οικονομικής συμπεριφοράς σε ορισμένες εκ των περιπτώσεων.

Για να υπολογιστούν οι οικονομικοί δείκτες, που αποτελούν κριτήρια για τη βιωσιμότητα των επενδυτικών προσπαθειών, θα πρέπει να εκτιμηθούν ορισμένα χρηματοοικονομικά μεγέθη, τα οποία και παρατίθενται στον Πίνακα 5.6. Τα μεγέθη

αυτά προέκυψαν έπειτα από παρακολούθηση παρόμοιων περιπτώσεων επένδυσης σε φωτοβολταϊκά συστήματα στο εξωτερικό, καθώς και από έρευνα σε χρηματοπιστωτικά ιδρύματα της χώρας.

Παράλληλα, έγινε χρήση των διατάξεων των Νόμων 3468 / 2006, 3299 / 2004, 3522 / 2006 και της Κοινής Υπουργικής Απόφασης της 5^{ης} Ιουλίου περί της τιμολόγησης της ηλεκτρικής kWh από Φ/Β συστήματα, της δημόσιας επιδότησης των επενδύσεων στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και του ελάχιστου ποσοστού της ίδιας συμμετοχής στην επένδυση. Μετά την εκτίμηση των συγκεκριμένων μεγεθών, έπεται ο υπολογισμός των οικονομικών δεικτών που αποτελούν κριτήρια για τη βιωσιμότητα των επενδύσεων.

Πίνακας 5.6: Εκτιμηθέντα χρηματοοικονομικά μεγέθη για επενδύσεις στα Φ/Β συστήματα

Ρυθμός αύξησης τιμών ενέργειας	2,4 %
Πληθωρισμός	3 %
Επιτόκιο αναγωγής	9 %
Χρόνος ζωής επένδυσης	20 έτη
Επιτόκιο δανεισμού	7 %
Χρόνος αποπληρωμής δανείου	10 έτη
Φορολόγηση επί των κερδών	25 %
Αποσβησθέντα στοιχεία	H/M εξοπλισμός (εκτός της επιδότησης)
Περίοδος απόσβεσης	10 έτη

§ Καθαρά Παρούσα Αξία

Με την Καθαρά Παρούσα Αξία ανάγονται όλες οι ετήσιες χρηματοροές στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος. Η Καθαρά Παρούσα Αξία δίνεται από τον ακόλουθο τύπο: $NPV = -C_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$, όπου: C_{in} : η αρχική επένδυση, F_t : το ετήσιο καθαρό όφελος, N : ο κύκλος ζωής της επένδυσης, d : το επιτόκιο αναγωγής ή προεξόφλησης, SV_N : η απομένουσα αξία της επένδυσης στο τέλος του κύκλου ζωής της.

Με τη χρήση της μεθόδου της Καθαρής Παρούσας Αξίας αξιολογείται η αποδοτικότητα της επένδυσης. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, αν η Καθαρά Παρούσα Αξία προκύπτει θετική, τότε η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα και η

πραγματοποίησή της εγκρίνεται, καθώς η απόδοσή της προκύπτει μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης. Στην αντίθετη περίπτωση, αν η Καθαρά Παρούσα Αξία προκύπτει αρνητική, τότε η πραγματοποίηση της επένδυσης απορρίπτεται. Στην περίπτωση που η τιμή της κυμαίνεται γύρω από το μηδέν, τότε εξετάζονται και άλλες παράμετροι της επένδυσης μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να οριστεί το ετήσιο καθαρό όφελος, το οποίο δίνεται από την ακόλουθη σχέση: $F_t = f_t - A_L - f \cdot f_{ft}$, όπου: f_t : το ετήσιο λειτουργικό όφελος, A_L : η ετήσια δόση αποπληρωμής του δανείου, f : η φορολογική κλίμακα της επένδυσης, f_{ft} : τα ετήσια φορολογητέα κέρδη. Το ετήσιο λειτουργικό όφελος δίνεται από την σχέση: $f_t = (K_h - \Delta)_t$, όπου: K_h : η αξία της παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα, Δ : το κόστος δαπανών και συντήρησης του συστήματος. Στην περίπτωση που κάποιο μέγεθος αυξάνεται διαχρονικά με κάποιο ετήσιο ρυθμό, είτε αυτός καλείται γενικός δείκτης πληθωρισμού είτε αύξηση τιμών ενεργειακών προϊόντων, τότε το ύψος του μεγέθους για το έτος t δίνεται από την σχέση: $k_t = k \cdot (1+i)^t$, όπου: k : αρχική τιμή του μεγέθους, i : ετήσιος δείκτης αύξησης τιμών. Η ετήσια δόση αποπληρωμής του δανείου είναι ίση με: $A_L = L \cdot \frac{r \cdot (1+r)^{N_L}}{(1+r)^{N_L} - 1}$, όπου: r : το επιτόκιο δανεισμού και N_L : η περίοδος αποπληρωμής του δανείου. Τα φορολογητέα κέρδη της επένδυσης προκύπτουν από τον ακόλουθο τύπο: $f_{ft} = f_t - A - I_{Lt}$, όπου: A : οι λογιστικές αποσβέσεις και I_{Lt} : οι τόκοι του δανείου κατά το έτος t .

§ Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης

Η μέθοδος του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης βασίζεται στον υπολογισμό του ελάχιστου επιτοκίου προεξόφλησης, ώστε η Καθαρά Παρούσα Αξία της επένδυσης να είναι μηδενική στο τέλος του κύκλου ζωής της. Η έννοια του συντελεστή απόδοσης σχετίζεται με το γεγονός ότι εκφράζει την ετήσια χρηματική απολαβή εκ μέρους των επενδυτών για τη χρήση του κεφαλαίου τους. Στην συνέχεια ακολουθεί η σύγκριση του με το ελάχιστο ή το τυπικό επιτόκιο καταθέσεων της αγοράς και αποφασίζεται αν η επένδυση είναι βιώσιμη. Για να είναι ελκυστική μια τέτοια επένδυση στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα πρέπει ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης να είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από το επιτόκιο της αγοράς ώστε να καμφθεί η διστακτικότητα του επενδυτικού κοινού λόγω της

αβεβαιότητας των συγκεκριμένων επενδύσεων. Ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης αποτελεί επίλυση της ακόλουθης σχέσης: $NPV_{(d=IRR)} = 0$, όπου: IRR : ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης της επένδυσης.

§ Λόγος οφέλους – κόστους

Ένα από τα κριτήρια οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης αποτελεί ο λόγος οφέλους – κόστους. Ο λόγος οφέλους – κόστους αποτελεί το πηλίκο του συνολικού οφέλους προς το συνολικό κόστος μιας επένδυσης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης, με όλα τα ποσά ανηγμένα σε παρούσα αξία. Ο λόγος

αυτός ορίζεται από την σχέση: $B/C = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{B_t}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+d)^t}}$, όπου: B_t : το όφελος κατά τη

διάρκεια του έτους t , C_t : το κόστος της επένδυσης κατά τη διάρκεια του έτους t .

Μια επένδυση κρίνεται οικονομικά βιώσιμη όταν ο λόγος οφέλους – κόστους είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Ειδικότερα, για επενδύσεις στα φωτοβολταϊκά συστήματα ως όφελος λογίζεται η παρούσα αξία του ποσού χρημάτων που εξασφαλίζεται με την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ως κόστος λογίζεται η παρούσα αξία της αρχικής επένδυσης και του συνόλου των λειτουργικών δαπανών των συστημάτων. Βέβαια, στις περισσότερες των περιπτώσεων ο συγκεκριμένος δείκτης χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση έργων που επιδρούν στο φυσικό περιβάλλον είτε θετικά είτε αρνητικά. Σε αυτόν το δείκτη, στην περίπτωση που αναλύεται η επίδραση της επένδυσης στο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, υπεισέρχεται μεγάλος βαθμός αβεβαιότητας, καθώς δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν με ακρίβεια οι επιπτώσεις της επένδυσης σε αυτά.

§ Χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής

Με τον συγκεκριμένο δείκτη λαμβάνεται υπόψη η χρονική αξία του χρήματος, καθώς και η επίδραση των επιτοκίων. Με απλά λόγια, ο συγκεκριμένος δείκτης παρουσιάζει τη χρονική στιγμή κατά την οποία η επένδυσή μας καθίσταται ταμειακώς κερδοφόρα. Ο χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής δίνεται από την

ακόλουθη σχέση: $YP = \frac{C_{in}}{\sum_{t=0} F_t}$, όπου: YP : ο χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής,

C_{in} : η αρχική επένδυση, F_t : το ετήσιο καθαρό όφελος.

Η συγκεκριμένη μέθοδος διαφέρει από τη μέθοδο της έντοκης περιόδου αποπληρωμής, καθώς λαμβάνει υπόψη τις ονομαστικές τιμές των χρηματορροών. Σε ετήσια βάση, οι εισροές της επιχείρησης περιλαμβάνουν τα έσοδα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ στις εκροές περιλαμβάνονται τα ετήσια έξοδα συντήρησης και λειτουργίας της επένδυσης συμπεριλαμβανομένων και των εξόδων ασφάλισης, τα χρηματοοικονομικά έξοδα που περιλαμβάνουν τους τόκους των δανείων, αλλά και τις αποσβέσεις του πάγιου εξοπλισμού της επιχείρησης, που καθορίζονται από τη φορολογική νομοθεσία, αλλά αποτελούν λογιστική και όχι ταμειακή ροή.

5.2.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Αναφέρθηκε ότι για την ανάλυση των επενδύσεων στον ενεργειακό τομέα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και συντελεστής αβεβαιότητας. Επομένως, είναι σκόπιμο να γίνει ανάλυση ευαισθησίας για τους οικονομικούς δείκτες. Το πρόγραμμα RETScreen προχωρά στην ανάλυση ευαισθησίας βασισμένο στην προσομοίωση Monte Carlo. Δίνοντας τιμές στο κόστος και την ποσότητα παραγόμενης ενέργειας, το αρχικό και το ετήσιο κόστος, ύψος και το επιτόκιο δανεισμού, το χρόνο αποπληρωμής του δανείου, προκύπτουν τιμές για τα οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων μέσω της σχέσης: $Y = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_7X_7 + e$, όπου:

b_k : ο συντελεστής της κάθε παραμέτρου, e : το σφάλμα του μοντέλου. Μέσω της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων υπολογίζονται οι συντελεστές λαμβάνοντας υπόψη τις μήτρες X και Y . Οι συντελεστές αυτές προτυποποιούνται μέσω της σχέσης:

$$b_k = \frac{s_k}{s_Y} b_k, \text{ όπου : } s_k: \text{ η τυπική απόκλιση 500 τιμών } X_k \text{ και } s_Y: \text{ η τυπική απόκλιση 500}$$

τιμών Y .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

6.1 ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η συνεχής ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας οδήγησε στην ίδρυση νέων εταιρειών στο χώρο. Μερικές από τις πιο γνωστές, παγκοσμίως, αποτελούν η BP Solar, η Kyocera, η Q-Cells, η Sharp Solar, η Sanyo Electric, η Suntech Power και η SolarWorld. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την οικονομική αξιολόγηση και που παρατίθενται στον Πίνακα 5.1, αποτελούν χαρακτηριστικά πλαισίων ορισμένων, εκ των προαναφερθεισών, εταιρειών. Πέρα από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, σημαντικό ρόλο στην αποδοτική λειτουργία του όλου συστήματος διαδραματίζουν οι αντιστροφείς. Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι σύμφωνα με την σχέση:

$$h_{EUR} = 0,03 \cdot h_{5\%} + 0,06 \cdot h_{10\%} + 0,13 \cdot h_{20\%} + 0,1 \cdot h_{30\%} + 0,48 \cdot h_{50\%} + 0,2 \cdot h_{100\%},$$

η συνολική απόδοση των αντιστροφέων εξαρτάται τόσο από την απόδοση αυτών υπό πλήρες φορτίο όσο και από την αντίστοιχη υπό μερικό. Από τα εγχειρίδια αντιστροφέων των πιο αξιόλογων εταιρειών στο χώρο, προκύπτει ότι για συστήματα ισχύος μέχρι 100 kW η απόδοση είναι ίση με 0,92 και για συστήματα μεγαλύτερης ισχύος ίση με 0,94.

Λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεκριμένες παραμέτρους, δηλαδή τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών και των αντιστροφέων, καθώς και τα κλιματολογικά δεδομένα των περιοχών εγκατάστασης των συστημάτων, προκύπτει η παραγόμενη ενέργεια για όλες τις περιπτώσεις που εξετάζουμε. Οι εξεταζόμενες περιπτώσεις ονομάζονται Σενάρια και παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1: Εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων κατά την αξιολόγηση επενδύσεων

	Τύπος πλαισίου	Ισχύς συστήματος
Σενάριο 1	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου	20 kWp
Σενάριο 2		100 kWp
Σενάριο 3		1 MWp
Σενάριο 4	Πολυκρυσταλλικού πυριτίου	20 kWp
Σενάριο 5		100 kWp
Σενάριο 6		1 MWp

Το πρόγραμμα RETScreen είναι σε θέση να υπολογίσει την πυκνότητα ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας και για κεκλιμένο επίπεδο. Υπολογίζεται,

επομένως, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από πλαίσια τοποθετημένα υπό τη βέλτιστη κλίση, όπως αυτή δόθηκε στον Πίνακα 5.2. Στους Πίνακες 6.2 – 6.13 παρουσιάζεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για κάθε πρωτεύουσα νομού της ελληνικής επικράτειας σύμφωνα με τα εξεταζόμενα Σενάρια που αναπτύχθηκαν μέσω του προγράμματος.

Πίνακας 6.2: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Αλεξανδρούπολη	1149,75	1162,76	1158,05	1171,13
Κομοτηνή	1128,10	1140,84	1136,10	1148,95
Ξάνθη	1131,20	1143,99	1139,25	1152,13
Καβάλα	1142,95	1155,88	1151,20	1164,21
Δράμα	1126,95	1139,70	1135,00	1147,83

Πίνακας 6.3: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Σέρρες	1140,85	1153,74	1149,1	1162,09
Κιλκίς	1179,10	1192,44	1187,80	1201,24
Θεσσαλονίκη	1179,05	1192,40	1187,80	1201,25
Πολύγυρος	1238,10	1252,12	1247,40	1261,49
Βέροια	1222,20	1236,03	1231,45	1245,39
Έδεσσα	1209,35	1223,02	1218,40	1232,17
Κατερίνη	1307,05	1321,84	1317,3	1332,22

Πίνακας 6.4: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Καστοριά	1279,30	1293,76	1289,05	1303,63
Κοζάνη	1258,90	1273,14	1268,35	1282,71
Γρεβενά	1246,30	1260,39	1255,70	1269,91
Φλώρινα	1296,95	1311,62	1306,85	1321,62

Πίνακας 6.5: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ηπείρου

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Ιωάννινα	1204,70	1218,34	1213,70	1227,42
Ηγουμενίτσα	1172,80	1186,07	1181,55	1194,91
Άρτα	1144,00	1156,97	1152,45	1165,49
Πρέβεζα	1167,25	1180,47	1175,95	1189,23

Πίνακας 6.6: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Θεσσαλίας

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Λάρισα	1175,65	1188,97	1184,40	1197,79
Τρίκαλα	1182,30	1195,69	1191,10	1204,58
Καρδίτσα	1173,25	1186,54	1181,95	1195,34
Βόλος	1206,60	1220,26	1215,70	1229,44

Πίνακας 6.7: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδος

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Μεσολόγγι	1173,15	1186,43	1181,95	1195,30
Πάτρα	1188,40	1201,83	1197,3	1210,87
Πύργος	1204,25	1217,86	1213,35	1227,07

Πίνακας 6.8: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Λαμία	1198,15	1211,69	1207,15	1220,79
Καρπενήσι	1279,90	1294,36	1289,50	1304,09
Άμφισσα	1207,25	1220,91	1216,30	1230,04
Λιβαδειά	1215,20	1228,95	1224,50	1238,35
Χαλκίδα	1295,05	1309,7	1305,20	1319,99
Αθήνα	1332,45	1347,52	1341,1	1358,28

Πίνακας 6.9: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Πελοποννήσου

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Κόρινθος	1274,40	1288,81	1284,30	1298,82
Ναύπλιο	1258,20	1272,41	1267,90	1282,25
Τρίπολη	1294,60	1309,25	1304,55	1319,33
Καλαμάτα	1237,30	1251,10	1246,55	1260,65
Σπάρτη	1254,00	1268,21	1263,65	1277,93

Πίνακας 6.10: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Μυτιλήνη	1279,35	1293,83	1289,25	1303,86
Χίος	1327,50	1342,52	1338,00	1353,15
Σάμος	1313,50	1328,18	1323,70	1338,67

Πίνακας 6.11: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Ρόδος	1418,70	1434,75	1430,45	1446,65
Ερμούπολη	1333,25	1348,31	1343,85	1359,07

Πίνακας 6.12: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κρήτης

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Χανιά	1276,90	1291,34	1286,80	1301,36
Ρέθυμνο	1318,35	1333,28	1328,80	1343,86
Ηράκλειο	1312,60	1327,46	1323,00	1337,94
Άγιος Νικόλαος	1376,95	1392,55	1388,15	1403,86

Πίνακας 6.13: Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις Φ/Β συστημάτων στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων

Πόλεις	Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια [(kWh / kWp) / έτος]			
	Σενάριο 1	Σενάρια 2 & 3	Σενάριο 4	Σενάρια 5 & 6
Κέρκυρα	1206,45	1220,11	1215,55	1229,32
Λευκάδα	1154,10	1167,16	1162,70	1175,83
Αργοστόλι	1186,50	1199,93	1195,45	1208,96
Ζάκυνθος	1202,45	1216,03	1211,50	1225,23

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα χρήσιμα συμπεράσματα:

§ Οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων στις περιοχές της Ανατολικής Ελλάδος προσφέρουν κατά βάση μεγαλύτερο ποσό ενέργειας στο δίκτυο, από τις αντίστοιχες της Δυτικής Ελλάδος.

§ Όπως προκύπτει από την συγκριτική παράθεση, αύξηση του συντελεστή απόδοσης του αντιστροφέα κατά 2% στις εγκαταστάσεις μεγαλύτερης ισχύος και με παράλληλη αύξηση των απωλειών δικτύου κατά 1% λόγω των περισσότερων συνδέσεων σε αυτές τις περιπτώσεις, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας κατά 1%.

§ Αύξηση του NOCT κατά 2⁰ C έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγόμενης ενέργειας από τα Φ/Β συστήματα κατά περίπου 0,7%.

§ Μείωση του βαθμού απόδοσης του πλαισίου κατά 2% οδηγεί στην απαίτηση μεγαλύτερης επιφάνειας για την εγκατάσταση. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι για τα πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου απαιτούνται περίπου 6,7 m² ανά εγκατεστημένο

kW, ενώ για τα αντίστοιχα πολυκρυσταλλικού πυριτίου απαιτούνται 7,7 m². Η συγκεκριμένη έκταση αποτελεί την ελεύθερη επιφάνεια των πλαισίων. Όσον αφορά την απαίτηση σε εμβαδό γηπέδου, αυτή διαφέρει αναλόγως του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής εγκατάστασης. Στις βορειότερες περιοχές απαιτείται μεγαλύτερη έκταση, περίπου 3,5 φορές η ελεύθερη επιφάνεια των πλαισίων. Ενώ στις νοτιότερες περιοχές της χώρας απαιτείται εμβαδό γηπέδου περίπου ίσο με 3 φορές την ελεύθερη επιφάνεια των φωτοβολταϊκών.

§ Εγκαταστάσεις σε περιοχές με την ίδια ενεργειακή πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας είναι δυνατό να προσφέρουν διαφορετικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας λόγω των διαφορετικών θερμοκρασιών σε αυτές. Σε αυτήν την περίπτωση ευνοούνται οι περιοχές με τις χαμηλότερες σημειούμενες θερμοκρασίες, καθώς τα φωτοβολταϊκά έχουν καλύτερη συμπεριφορά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

§ Μεγαλύτερα ποσά ενέργειας είναι δυνατό να προσφέρουν εγκαταστάσεις που είναι τοποθετημένες στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κρήτης, της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου, της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, την Τρίπολη, τη Χαλκίδα, την Αθήνα, το Καρπενήσι, τη Φλώρινα, την Καστοριά και την Κατερίνη. Αντιθέτως, τα μικρότερα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας προέρχονται από συστήματα στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης και της Ηπείρου, τις Σέρρες, τη Λάρισα, τη Καρδίτσα, το Μεσολόγγι και τη Λευκάδα.

6.2 ΑΠΟΦΕΥΧΘΕΙΣΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Λαμβάνοντας υπόψη την Τρίτη Αναφορά της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή περί του Δυναμικού Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης που δημοσιεύθηκε το 2001, τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην Αναθεωρημένη Έκδοση της ίδιας Επιτροπής του 1996, αλλά και τα στοιχεία για το ενεργειακό μίγμα που χρησιμοποιείται για την ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα, υπολογίστηκε από το πρόγραμμα RETScreen η ποσότητα των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, των οποίων η εκπομπή μπορεί να αποτραπεί μέσω της ευρύτερης χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι αποφεύγεται η έκλυση 0,898 t CO₂ eq. / MWh μέσω της εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα, ενώ αντίστοιχα στα νησιά του Μη Διασυνδεδεμένου Συστήματος αποφεύγεται η έκλυση 0,975 t CO₂ eq. / MWh.

Για να αποδειχθεί η σημασία του ενεργειακού τομέα στην έκλυση αερίων του θερμοκηπίου, αρκεί να αναφερθεί ότι οι εκπομπές που αναλογούν στον τομέα της ενέργειας έχουν αυξηθεί κατά 32% σε σχέση με τις αντίστοιχες του 1990, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από τον οικιακό και τον τριτογενή τομέα. Στον Πίνακα 6.14 παρουσιάζονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και οι συνολικές εκπομπές των αερίων αυτών για τη χώρα κατά την περίοδο 1990 – 2003, σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Γίνεται αντιληπτό ότι ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής συμβάλει κατά ένα μεγάλο ποσοστό στη διόγκωση του προβλήματος του φαινομένου του θερμοκηπίου, περίπου κατά 40% στις μέρες μας, οπότε κρίνεται σημαντική η όποια προσπάθεια για την αποφυγή έκλυσης ποσότητας αερίων του θερμοκηπίου.

Πίνακας 6.14: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής κατά την περίοδο 1990 -2003 στην Ελλάδα (πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)

Έτος	Εκπομπές τομέα ενέργειας (Mt CO ₂ eq.)	Συνολικές εκπομπές (Mt CO ₂ eq.)
1990	42,33	109,42
1991	41,06	109,02
1992	43,29	109,94
1993	43,42	110,44
1994	45,28	113,36
1995	43,95	114,49
1996	42,82	117,90
1997	46,37	122,85
1998	48,99	128,10
1999	49,67	127,42
2000	53,63	132,32
2001	54,12	133,58
2002	53,64	133,55
2003	54,84	137,64

Στον Πίνακα 6.15 παρουσιάζεται η ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου, των οποίων η έκλυση αποφεύγεται μέσω της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων εγκατεστημένης ισχύος 20, 100 kWp και 1 MWp, σύμφωνα με τα 6 Σενάρια για τα οποία έγινε λόγος στον Πίνακα 6.1. Οι εξεταζόμενες περιπτώσεις αφορούν συστήματα στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών της ελληνικής επικράτειας.

Πίνακας 6.15: Ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων μονο- και πολυκρυσταλλικού πυριτίου ισχύος 20, 100 kWp και 1 MWp

Πόλη	Ετήσια μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (t CO ₂ eq./yr)					
	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (α = 15%, NOCT = 47 ^o C)			Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (α = 13%, NOCT = 45 ^o C)		
	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5	Σενάριο 6
Αθήνα	22,02	111,32	1.113,25	22,19	112,21	1.122,14
Λαμία	19,80	100,10	1.001,03	19,95	100,85	1.008,55
Θεσσαλονίκη	19,48	98,51	985,09	19,63	99,24	992,41
Ηράκλειο	23,54	119,05	1.190,54	23,73	119,99	1.199,94
Κομοτηνή	18,64	94,25	942,50	18,77	94,92	949,20
Ιωάννινα	19,91	100,65	1.006,53	20,05	101,40	1.014,02
Κέρκυρα	19,93	100,80	1.007,98	20,08	101,56	1.015,60
Μυτιλήνη	22,95	116,04	1.160,38	23,13	116,94	1.169,38
Τρίπολη	21,39	108,16	1.081,63	21,56	109,00	1.089,95
Ερμούπολη	23,91	120,92	1.209,24	24,11	121,89	1.218,89
Λάρισα	19,43	98,23	982,26	19,57	98,96	989,55
Πάτρα	19,64	99,29	992,88	19,78	100,04	1.000,35
Κοζάνη	20,80	105,18	1.051,80	20,96	105,97	1.059,70

6.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Με τη ψήφιση του Νόμου 3468/2006 περί «Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης» πραγματοποιείται το ουσιαδέστερο βήμα για την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη χώρα μας. Είναι γεγονός ότι οι επενδύσεις στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία είναι εντάσεως κεφαλαίου, απαιτούν επομένως σημαντικό χρηματικό ποσό για το αρχικό κόστος, ενώ τα λειτουργικά κόστη δεν αποτελούν εμπόδιο.

Προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση της διαφοροποίησης των ποσοστών ενίσχυσης ανάμεσα σε αυτά που προέβλεπε ο Νόμος 3522/2006 και τα αντίστοιχα της Υπουργικής Απόφασης που υπογράφηκε στις 5 Ιουλίου 2007, επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί οικονομική αξιολόγηση των επενδύσεων βάση των ποσοστών που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.16 ανά εξεταζόμενο Σενάριο και ανά γεωγραφική Ζώνη.

Πίνακας 6.16: Εξεταζόμενες περιπτώσεις ποσοστών ενίσχυσης ανά Σενάριο και ανά γεωγραφική Ζώνη

Εξεταζόμενα Σενάρια	Γεωγραφική Ζώνη					
	Α		Β		Γ	
Σενάρια 1 και 4	40%		40%	50%	40%	60%
Σενάρια 2 και 5	30%	40%	40%	50%	40%	60%
Σενάρια 3 και 6	20%	30%	30%	40%	40%	50%

Κριτήρια αξιολόγησης αποτελούν οι οικονομικοί δείκτες, των οποίων η μεθοδολογία υπολογισμού αναλύθηκε στο κεφάλαιο 5. Αυτά είναι ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (IRR), η Καθαρά Παρούσα Αξία (NPV), ο χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής (YP) και ο λόγος οφέλους – κόστους (B/C). Λόγω του μεγάλου όγκου των αποτελεσμάτων, οι τιμές των μεγεθών αυτών για όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις επενδύσεων σε Φ/Β συστήματα στις πρωτεύουσες των νομών της χώρας παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β. Προκειμένου να δοθεί μια συνοπτική εικόνα των οικονομικών αποτελεσμάτων, στους Πίνακες 6.17 – 6.19 παρατίθενται οι τιμές του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης και του χρόνου εμφάνισης θετικής χρηματορροής για τις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών της ελληνικής επικράτειας που υπάγονται στην ίδια γεωγραφική Ζώνη. Στα συγκεκριμένα μεγέθη μπορεί να πραγματοποιηθεί σύγκριση ανεξαρτήτως του μεγέθους των επενδύσεων. Κάτι ανάλογο δεν μπορεί να συμβεί με την Καθαρά Παρούσα Αξία και το λόγο οφέλους – κόστους. Γι' αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να διακριθούν οι περιπτώσεις αναλόγως της ισχύος των συστημάτων. Στους Πίνακες 6.20 – 6.22 δίνονται οι τιμές των μεγεθών αυτών για τα συστήματα των 20 και 100 kWp και 1 MWp.

Με μια πρώτη ανάγνωση των αποτελεσμάτων, γίνεται αντιληπτό ότι χειρότερη εκ των περιπτώσεων που εξετάζονται, είναι αυτή των συστημάτων ισχύος 1 MWp μονοκρυσταλλικού πυριτίου, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου η κρατική επιδότηση είναι χαμηλή. Μάλιστα, σε μία εκ των περιπτώσεων αυτών, στην περιοχή της Θεσσαλονίκης εμφανίζεται αρνητική Καθαρά Παρούσα Αξία όταν η επιδότηση είναι 20%. Η περίοδος απόσβεσης των επενδύσεων φαίνεται να είναι μεγαλύτερη σε περιοχές της χώρας με χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή στις πρωτεύουσες των παρακάτω Περιφερειών: της Στερεάς Ελλάδος, των Ιονίων Νήσων, της Θεσσαλίας, της Κεντρικής Μακεδονίας και της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Σημειώνεται ότι στην περιοχή της Κομοτηνής η απόδοση της επένδυσης κρίνεται οριακή παρόλο που η κρατική επιδότηση είναι υψηλότερη από τις υπόλοιπες περιοχές στις οποίες παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο. Αυτό εξηγείται απλά: στην περιοχή αυτή παρουσιάζεται σημαντικά χαμηλότερη τιμή ενεργειακής πυκνότητας ηλιακής ακτινοβολίας.

Πίνακας 6.17: Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης και χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών της γεωγραφικής Ζώνης Α

Πόλη	Επιδότηση	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)					Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)				
		Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5	
		40%	30%	40%	20%	30%	40%	30%	40%	20%	30%
Αθήνα	IRR (%)	17,7	16,4	19,5	11,0	13,9	18,7	17,6	20,6	12,0	15,0
	YP (yrs)	6,3	7,2	5,7	11,7	8,8	6,0	6,7	5,3	11,4	8,0
Θεσσαλονίκη	IRR (%)	13,7	12,2	15,4	7,4	10,0	14,6	13,2	16,3	8,2	10,9
	YP (yrs)	8,4	10,8	7,4	13,5	12,0	7,8	9,3	6,9	13,0	11,6

Πίνακας 6.18: Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης και χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών της γεωγραφικής Ζώνης Β

Πόλη	Επιδότηση	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)					
		Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6	
		40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
Λαμία	IRR (%)	14,3	17,5	16,0	19,1	10,5	13,6	15,2	18,4	17,0	20,2	11,5	14,6
	YP (yrs)	8,0	6,1	7,1	5,6	11,8	8,4	7,5	5,8	6,6	5,3	11,4	7,8
Ηράκλειο	IRR (%)	19,7	23,0	21,9	25,3	16,5	19,6	20,8	24,1	23,1	26,5	17,7	20,8
	YP (yrs)	5,6	4,6	5,0	4,2	7,2	5,6	5,3	4,4	4,7	4,0	6,6	5,3
Κέρκυρα	IRR (%)	14,1	17,2	15,8	19,0	10,4	13,5	15,0	18,1	16,8	20,0	11,3	14,4
	YP (yrs)	8,1	6,2	7,2	5,6	11,8	8,5	7,6	5,9	6,7	5,3	11,4	7,9

Πίνακας 6.18: (συνέχεια)

Πόλη	Επιδότηση	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)					
		Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6	
		40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
Ερμούπολη	IRR (%)	20,4	23,7	22,6	26,0	17,2	20,3	21,5	24,9	23,8	27,3	18,3	21,4
	YP (yrs)	5,4	4,5	4,8	4,1	6,9	5,4	5,1	4,3	4,6	3,9	6,4	5,1
Λάρισα	IRR (%)	13,6	16,8	15,3	18,5	9,9	13,0	14,5	17,7	16,3	19,4	10,8	13,9
	YP (yrs)	8,4	6,4	7,4	5,8	12,0	8,8	7,9	6,0	6,9	5,5	11,7	8,2
Κοζάνη	IRR (%)	15,4	18,6	17,1	20,3	11,6	14,8	16,3	19,5	18,1	21,4	12,6	15,7
	YP (yrs)	7,4	5,8	6,6	5,2	11,3	7,7	6,9	5,5	6,1	5,0	9,9	7,2

Πίνακας 6.19: Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης και χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών της γεωγραφικής Ζώνης Γ

Πόλη	Επιδότηση	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)							
		Σενάριο 1		Σενάριο 2			Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5			Σενάριο 6	
		40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
Κομοτηνή	IRR (%)	12,0	18,6	13,7	16,8	20,2	11,4	14,7	12,9	19,4	14,6	17,8	21,2	12,3	15,5
	YP (yrs)	9,6	5,5	8,4	6,3	5,1	11,1	7,3	8,9	5,3	7,8	6,0	4,9	9,3	6,9
Ιωάννινα	IRR (%)	14,1	20,6	15,8	18,9	22,4	13,4	16,6	15,0	21,5	16,7	19,9	23,4	14,4	17,6
	YP (yrs)	8,1	5,0	7,2	5,6	4,6	8,5	6,4	7,6	4,8	6,7	5,3	4,4	7,9	6,1

Πίνακας 6.19: (συνέχεια)

Πόλη	Επιδότηση	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)							
		Σενάριο 1		Σενάριο 2			Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5			Σενάριο 6	
		40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
Μυτιλήνη	IRR (%)	18,7	25,5	20,8	24,1	27,7	18,6	21,8	19,7	26,6	21,9	25,3	28,9	19,7	23,0
	YP (yrs)	6,0	4,1	5,3	4,4	3,8	6,0	4,9	5,6	3,9	5,0	4,2	3,6	5,6	4,6
Τρίπολη	IRR (%)	16,5	23,1	18,3	21,5	25,0	15,8	19,0	17,5	24,1	19,3	22,6	26,1	16,8	20,0
	YP (yrs)	6,8	4,5	6,1	4,9	4,1	7,1	5,6	6,4	4,3	5,7	4,7	4,0	6,7	5,3
Πάτρα	IRR (%)	14,1	20,6	15,7	18,9	22,3	13,4	16,6	15,0	21,5	16,7	19,9	23,4	14,4	17,5
	YP (yrs)	8,1	5,0	7,2	5,6	4,6	8,5	6,4	7,6	4,8	6,7	5,3	4,4	7,9	6,1

Πίνακας 6.20: Καθαρά Παρούσα Αξία και λόγος οφέλους - κόστους επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών για συστήματα ισχύος 20 kWp

Πόλη		Εξεταζόμενα Σενάρια			
		Σενάριο 1		Σενάριο 4	
Επιδότηση		40%		40%	
Αθήνα	NPV (€)	28148		30615	
	B/C	1,35		1,39	
Θεσσαλονίκη	NPV (€)	15321		17746	
	B/C	1,19		1,22	
Επιδότηση		40%	50%	40%	50%
Λαμία	NPV (€)	17262	25824	19678	27926
	B/C	1,21	1,28	1,25	1,31
Ηράκλειο	NPV (€)	36050	44610	38582	46901
	B/C	1,44	1,47	1,48	1,51
Κέρκυρα	NPV (€)	16873	25600	19304	27711
	B/C	1,20	1,27	1,24	1,30
Ερμούπολη	NPV (€)	38156	46659	40710	48973
	B/C	1,47	1,50	1,51	1,54
Λάρισα	NPV (€)	15162	23850	17586	25932
	B/C	1,19	1,25	1,22	1,28
Κοζάνη	NPV (€)	21137	29728	23545	31866
	B/C	1,26	1,31	1,30	1,35
Επιδότηση		40%	60%	40%	60%
Κομοτηνή	NPV (€)	10137	27950	12586	29739
	B/C	1,12	1,26	1,16	1,28
Ιωάννινα	NPV (€)	16790	34096	19211	35956
	B/C	1,20	1,32	1,24	1,34
Μυτιλήνη	NPV (€)	32796	50059	35290	52072
	B/C	1,40	1,46	1,44	1,49
Τρίπολη	NPV (€)	24577	41479	26996	43413
	B/C	1,30	1,39	1,34	1,42
Πάτρα	NPV (€)	16512	33544	18930	35402
	B/C	1,20	1,32	1,24	1,34

Πίνακας 6.21: Καθαρά Παρούσα Αξία και λόγος οφέλους - κόστους επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών για συστήματα ισχύος 100 kWp

Πόλη		Εξεταζόμενα Σενάρια					
		Σενάριο 2			Σενάριο 5		
Επιδότηση		30%	40%	30%	40%		
Αθήνα	NPV (€)	122120	161950	135997	174327		
	B/C	1,38	1,43	1,44	1,48		
Θεσσαλονίκη	NPV (€)	55006	98712	69113	110520		
	B/C	1,17	1,26	1,22	1,30		
Επιδότηση		40%	50%	40%	50%		
Λαμία	NPV (€)	107651	147683	119466	158235		
	B/C	1,28	1,33	1,32	1,37		
Ηράκλειο	NPV (€)	204261	244490	216970	255994		
	B/C	1,53	1,55	1,58	1,59		
Κέρκυρα	NPV (€)	106625	147275	118501	157871		
	B/C	1,27	1,33	1,31	1,36		
Ερμούπολη	NPV (€)	214493	254494	227316	266113		
	B/C	1,56	1,57	1,61	1,62		
Λάρισα	NPV (€)	97516	137887	109321	148336		
	B/C	1,25	1,31	1,29	1,34		
Κοζάνη	NPV (€)	127549	167970	139483	178700		
	B/C	1,33	1,38	1,37	1,41		
Επιδότηση		40%	50%	60%	40%	50%	60%
Κομοτηνή	NPV (€)	73719	115513	156447	85592	125698	165428
	B/C	1,19	1,26	1,30	1,22	1,29	1,33
Ιωάννινα	NPV (€)	106010	146659	187222	117837	157201	196561
	B/C	1,27	1,33	1,37	1,31	1,36	1,4
Μυτιλήνη	NPV (€)	187836	228421	269006	200355	239736	279116
	B/C	1,48	1,51	1,53	1,53	1,55	1,57
Τρίπολη	NPV (€)	144148	184121	224094	156270	195038	233807
	B/C	1,38	1,42	1,45	1,42	1,45	1,48
Πάτρα	NPV (€)	103939	143999	183972	115756	154530	193298
	B/C	1,27	1,33	1,37	1,31	1,36	1,40

Πίνακας 6.22: Καθαρά Παρούσα Αξία και λόγος οφέλους - κόστους επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των Διοικητικών Περιφερειών για συστήματα ισχύος 1 MWp

Πόλη		Εξεταζόμενα Σενάρια			
		Σενάριο 3		Σενάριο 6	
Επιδότηση		20%	30%	20%	30%
Αθήνα	NPV (€)	346998	786010	508082	925473
	B/C	1,14	1,25	1,21	1,31
Θεσσαλονίκη	NPV (€)	-297285	164298	-139721	304457
	B/C	0,89	1,05	0,94	1,10
Επιδότηση		30%	40%	30%	40%
Λαμία	NPV (€)	253825	693916	394870	812454
	B/C	1,08	1,19	1,13	1,22
Ηράκλειο	NPV (€)	1227947	1622214	1365219	1744946
	B/C	1,39	1,43	1,44	1,48
Κέρκυρα	NPV (€)	233170	681082	374644	800316
	B/C	1,07	1,18	1,12	1,22
Ερμούπολη	NPV (€)	1324521	1714991	1461750	1838758
	B/C	1,42	1,46	1,48	1,51
Λάρισα	NPV (€)	151956	599308	292003	718433
	B/C	1,05	1,16	1,09	1,20
Κοζάνη	NPV (€)	438964	873101	580714	990906
	B/C	1,14	1,23	1,19	1,27
Επιδότηση		40%	50%	40%	50%
Κομοτηνή	NPV (€)	375164	800339	495452	898878
	B/C	1,10	1,18	1,13	1,21
Ιωάννινα	NPV (€)	675052	1079073	793854	1180734
	B/C	1,18	1,25	1,22	1,28
Μυτιλήνη	NPV (€)	1471918	1866509	1592949	1975496
	B/C	1,39	1,43	1,43	1,47
Τρίπολη	NPV (€)	1025266	1414825	1143002	1519818
	B/C	1,27	1,33	1,32	1,36
Πάτρα	NPV (€)	659912	1058191	778617	1159742
	B/C	1,18	1,25	1,22	1,28

6.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Κατά την παράθεση των αποτελεσμάτων στους Πίνακες του Παραρτήματος Β, διαπιστώθηκε πως σε δύο μεμονωμένες περιπτώσεις, οι επενδύσεις κρίνονται δυσμενείς για τον ιδιώτη. Αυτές οι περιπτώσεις αφορούν τις περιοχές των Σερρών και της Θεσσαλονίκης, με φωτοβολταϊκά συστήματα των οποίων η εγκατεστημένη ισχύς είναι 1 MWp και η τιμή της N.O.C.T. 47° C. Η επιδότηση για το σύστημα στην περιοχή των Σερρών είναι ίση με 30%, ενώ στην περιοχή της Θεσσαλονίκης ίση με 20%. Πρόκειται, επομένως, για επενδύσεις που πραγματοποιούνται από μεγάλες επιχειρήσεις, όπως αυτές ορίζονται από τον επενδυτικό Νόμο. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι επενδύσεις απορρίπτονται, καθώς η τιμή της Καθαρής Παρούσας Αξίας είναι μικρότερη του μηδενός, ενώ και ο λόγος οφέλους – κόστους στην περίπτωση των Σερρών προσεγγίζει τη μονάδα και της Θεσσαλονίκης η τιμή είναι μικρότερη αυτής.

Σε άλλες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η διενέργεια ανάλυσης ευαισθησίας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης είναι μικρότερος του 12% προσεγγίζοντας την τιμή του επιτοκίου αναγωγής, που θεωρήθηκε ίσος με 9% στην συγκεκριμένη ανάλυση επενδύσεων. Παράλληλα, ο λόγος οφέλους – κόστους προσεγγίζει την τιμή της μονάδας καθιστώντας οριακές τις αποδόσεις της επένδυσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεγάλη πλειοψηφία αυτών των περιπτώσεων αφορά συστήματα 1 MWp με N.O.C.T. ίση με 47° C, εγκατεστημένα σε περιοχές της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας, της Στερεάς Ελλάδος και των Ιονίων Νήσων, των οποίων οι ιδιώτες επενδυτές λαμβάνουν επιδότηση ίση με το 30% του συνολικού κόστους της επένδυσης – εκτός των περιπτώσεων της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, όπου αυτή είναι ίση με 40%. Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις, η κίνηση για επένδυση σε φωτοβολταϊκά συστήματα αποφέρει σημαντικούς καρπούς, καθώς ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης είναι άνω του 12%, τιμή αρκετά μεγαλύτερη του επιτοκίου αναγωγής και ικανή να προσελκύσει το ενδιαφέρον των υποψήφιων επενδυτών.

Αρχικά, εκτιμάται η σημαντικότητα του κάθε κριτηρίου λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης. Σύμφωνα με αυτά, ως σημαντικότερο κριτήριο θεωρήθηκε ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης. Η ανάλυση ευαισθησίας διενεργήθηκε βάση των παρακάτω μεγεθών: παραγόμενη ποσότητα και τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, αρχικό και ετήσιο κόστος, ύψος, επιτόκιο και περίοδος αποπληρωμής δανείου. Στους Πίνακες 6.23 – 6.29 δίνεται η ανάλυση ευαισθησίας

του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης για επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά συστήματα με Ν.Ο.С.Т. ίση με 47° C, που εγκαταστάθηκαν στις πρωτεύουσες των περιφερειών, όπου τα συστήματα του 1 MWp έχουν χαμηλότερη οικονομική απόδοση.

Πίνακας 6.23: Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/В σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, Ν.Ο.С.Т. = 47° C) στην Αθήνα με επιδότηση 20%

		Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh)		
		0,32 (-20%)	0,40 (0%)	0,48 (20%)
Παράγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	1.078.019 (-20%)	1,2%	5,5%	9,8%
	1.347.523 (0%)	5,5%	11,0%	16,6%
	1.617.028 (20%)	9,8%	16,6%	23,1%
Αρχικό κόστος (€)	4.530.708 (-20%)	9,8%	16,9%	23,7%
	5.663.385 (0%)	5,5%	11,0%	16,6%
	6.796.062 (20%)	2,7%	7,1%	11,7%
Ετήσιο κόστος (€)	55.282 (-20%)	6,2%	11,7%	17,4%
	69.102 (0%)	5,5%	11,0%	16,6%
	82.923 (20%)	4,7%	10,2%	15,9%
		Ύψος δανείου (%)		
		44,0 (-20%)	55,0 (0%)	66,0 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	10,9%	11,9%	13,5%
	7,0 (0%)	10,3%	11,0%	11,9%
	8,4 (20%)	9,7%	10,0%	10,5%
		Περίοδος αποπληρωμής δανείου (έτη)		
		8 (-20%)	10 (0%)	12 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	11,2%	11,9%	12,8%
	7,0 (0%)	10,4%	11,0%	11,6%
	8,4 (20%)	9,7%	10,0%	10,4%

Πίνακας 6.24: Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Λαμία με επιδότηση 30%

		Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh)		
		0,32 (-20%)	0,40 (0%)	0,48 (20%)
Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	969.352 (-20%)	1,0%	5,2%	9,5%
	1.211.691 (0%)	5,2%	10,5%	15,9%
	1.454.029 (20%)	9,5%	15,9%	21,8%
Αρχικό κόστος (€)	4.589.592 (-20%)	9,3%	16,0%	22,2%
	5.736.990 (0%)	5,2%	10,5%	15,9%
	6.884.388 (20%)	2,5%	6,9%	11,4%
Ετήσιο κόστος (€)	55.439 (-20%)	6,0%	11,3%	16,6%
	69.299 (0%)	5,2%	10,5%	15,9%
	83.158 (20%)	4,4%	9,7%	15,1%
		Ύψος δανείου (%)		
		36,0 (-20%)	45,0 (0%)	54,0 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	10,6%	11,4%	12,5%
	7,0 (0%)	10,0%	10,5%	11,3%
	8,4 (20%)	9,4%	9,7%	10,1%
		Περίοδος αποπληρωμής δανείου (έτη)		
		8 (-20%)	10 (0%)	12 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	10,8%	11,4%	12,1%
	7,0 (0%)	10,1%	10,5%	11,0%
	8,4 (20%)	9,5%	9,7%	10,0%

Πίνακας 6.25: Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Θεσσαλονίκη με επιδότηση 30%

		Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh)		
		0,32 (-20%)	0,40 (0%)	0,48 (20%)
Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	953.919 (-20%)	0,7%	4,8%	8,9%
	1.192.399 (0%)	4,8%	10,0%	15,2%
	1.430.878 (20%)	8,9%	15,2%	21,1%
Αρχικό κόστος (€)	4.615.044 (-20%)	8,7%	15,3%	21,5%
	5.768.805 (0%)	4,8%	10,0%	15,2%
	6.922.566 (20%)	2,2%	6,5%	10,8%
Ετήσιο κόστος (€)	55.507 (-20%)	5,6%	10,8%	16,0%
	69.383 (0%)	4,8%	10,0%	15,2%
	83.260 (20%)	4,0%	9,2%	14,4%
		Ύψος δανείου (%)		
		36,0 (-20%)	45,0 (0%)	54,0 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	10,1%	10,8%	11,8%
	7,0 (0%)	9,5%	10,0%	10,6%
	8,4 (20%)	9,0%	9,2%	9,4%
		Περίοδος αποπληρωμής δανείου (έτη)		
		8 (-20%)	10 (0%)	12 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	10,3%	10,8%	11,5%
	7,0 (0%)	9,6%	10,0%	10,4%
	8,4 (20%)	9,0%	9,2%	9,4%

Πίνακας 6.26: Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47°C) στην Κομοτηνή με επιδότηση 40%

		Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh)		
		0,32 (-20%)	0,40 (0%)	0,48 (20%)
Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	912.672 (-20%)	1,6%	6,0%	10,4%
	1.140.840 (0%)	6,0%	11,4%	16,5%
	1.369.008 (20%)	10,4%	16,5%	22,2%
Αρχικό κόστος (€)	4.699.212 (-20%)	10,1%	16,6%	22,5%
	5.874.015 (0%)	6,0%	11,4%	16,5%
	7.048.818 (20%)	3,3%	7,8%	12,3%
Ετήσιο κόστος (€)	55.731 (-20%)	6,9%	12,3%	17,3%
	69.664 (0%)	6,0%	11,4%	16,5%
	83.597 (20%)	5,1%	10,6%	15,8%
		Ύψος δανείου (%)		
		28,0 (-20%)	35,0 (0%)	42,0 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	11,3%	12,2%	13,3%
	7,0 (0%)	10,8%	11,4%	12,2%
	8,4 (20%)	10,4%	10,7%	11,2%
		Περίοδος αποπληρωμής δανείου (έτη)		
		8 (-20%)	10 (0%)	12 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	11,5%	12,2%	12,8%
	7,0 (0%)	11,0%	11,4%	11,9%
	8,4 (20%)	10,4%	10,7%	11,0%

Πίνακας 6.27: Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Κέρκυρα με επιδότηση 30%

		Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (€kWh)		
		0,32 (-20%)	0,40 (0%)	0,48 (20%)
Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	976.086 (-20%)	0,9%	5,1%	9,3%
	1.220.107 (0%)	5,1%	10,4%	15,7%
	1.464.129 (20%)	9,3%	15,7%	21,6%
Αρχικό κόστος (€)	4.657.128 (-20%)	9,2%	15,8%	22,0%
	5.821.410 (0%)	5,1%	10,4%	15,7%
	6.985.692 (20%)	2,4%	6,8%	11,2%
Ετήσιο κόστος (€)	55.619 (-20%)	5,9%	11,2%	16,4%
	69.524 (0%)	5,1%	10,4%	15,7%
	83.429 (20%)	4,3%	9,6%	14,9%
		Ύψος δανείου (%)		
		36,0 (-20%)	45,0 (0%)	54,0 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	10,4%	11,2%	12,4%
	7,0 (0%)	9,9%	10,4%	11,1%
	8,4 (20%)	9,3%	9,6%	9,9%
		Περίοδος αποπληρωμής δανείου (έτη)		
		8 (-20%)	10 (0%)	12 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	10,6%	11,2%	11,9%
	7,0 (0%)	10,0%	10,4%	10,9%
	8,4 (20%)	9,3%	9,6%	9,8%

Πίνακας 6.28: Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Λάρισα με επιδότηση 30%

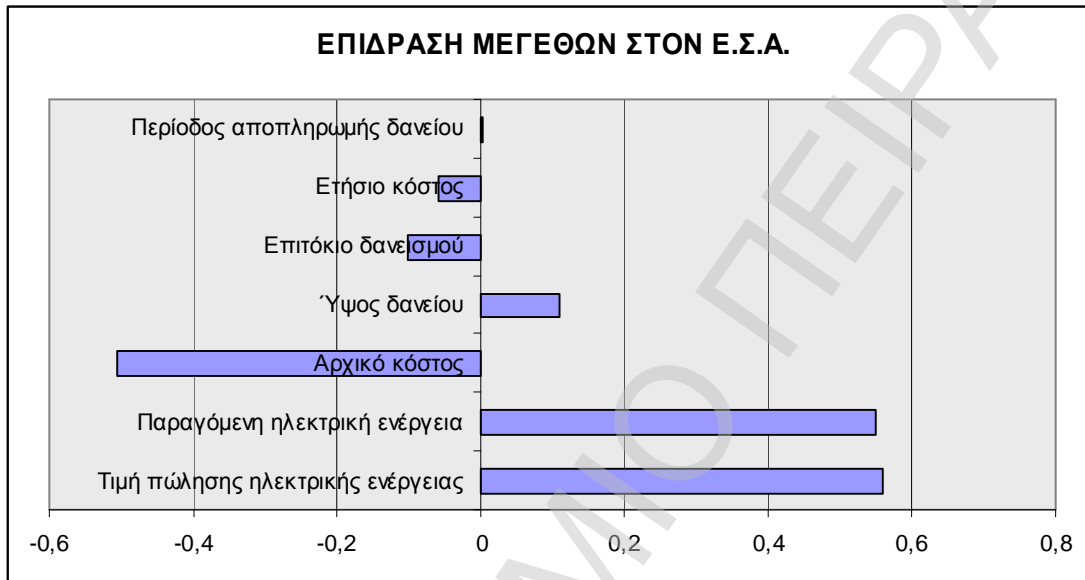
		Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (€/kWh)		
		0,32 (-20%)	0,40 (0%)	0,48 (20%)
Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	951.177 (-20%)	0,6%	4,7%	8,9%
	1.188.972 (0%)	4,7%	9,9%	15,1%
	1.426.766 (20%)	8,9%	15,1%	21,0%
Αρχικό κόστος (€)	4.614.876 (-20%)	8,7%	15,3%	21,4%
	5.768.595 (0%)	4,7%	9,9%	15,1%
	6.922.314 (20%)	2,1%	6,4%	10,7%
Ετήσιο κόστος (€)	55.506 (-20%)	5,5%	10,7%	15,9%
	69.383 (0%)	4,7%	9,9%	15,1%
	83.260 (20%)	3,9%	9,1%	14,4%
		Ύψος δανείου (%)		
		36,0 (-20%)	45,0 (0%)	54,0 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	10,0%	10,7%	11,8%
	7,0 (0%)	9,5%	9,9%	10,5%
	8,4 (20%)	8,9%	9,1%	9,3%
		Περίοδος αποπληρωμής δανείου (έτη)		
		8 (-20%)	10 (0%)	12 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	10,2%	10,7%	11,4%
	7,0 (0%)	9,5%	9,9%	10,3%
	8,4 (20%)	8,9%	9,1%	9,3%

Πίνακας 6.29: Ανάλυση ευαισθησίας Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47°C) στην Κοζάνη με επιδότηση 30%

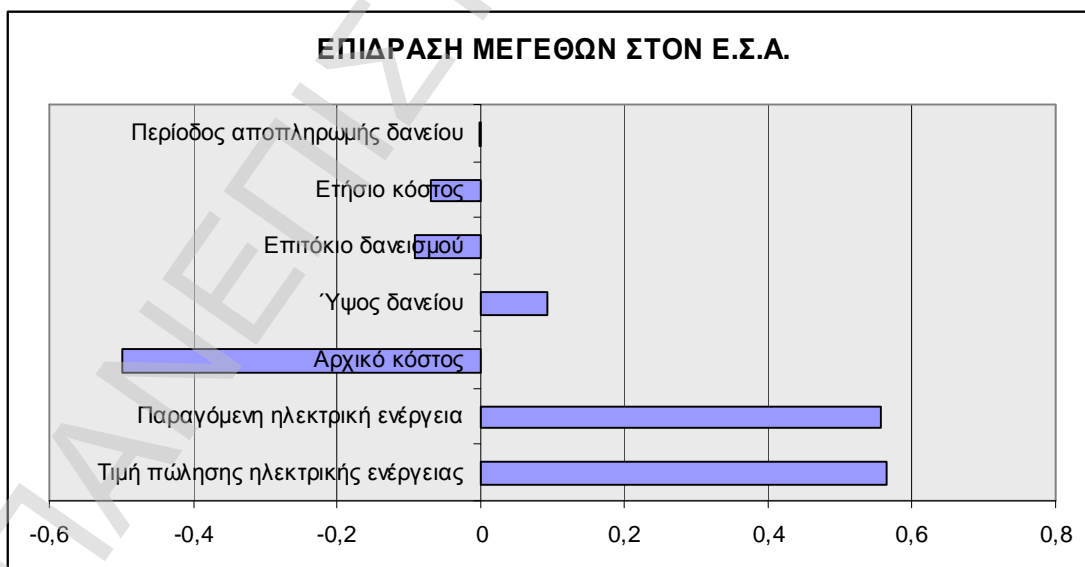
		Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας (€kWh)		
		0,32 (-20%)	0,40 (0%)	0,48 (20%)
Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	1.018.511 (-20%)	1,7%	6,1%	10,5%
	1.273.139 (0%)	6,1%	11,6%	17,1%
	1.527.767 (20%)	10,5%	17,1%	23,3%
Αρχικό κόστος (€)	4.640.244 (-20%)	10,4%	17,3%	23,8%
	5.800.305 (0%)	6,1%	11,6%	17,1%
	6.960.366 (20%)	3,3%	7,8%	12,4%
Ετήσιο κόστος (€)	55.574 (-20%)	6,9%	12,4%	17,9%
	69.467 (0%)	6,1%	11,6%	17,1%
	83.361 (20%)	5,3%	10,8%	16,4%
		Ύψος δανείου (%)		
		36,0 (-20%)	45,0 (0%)	54,0 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	11,5%	12,5%	14,0%
	7,0 (0%)	10,9%	11,6%	12,6%
	8,4 (20%)	10,4%	10,8%	11,3%
		Περίοδος αποπληρωμής δανείου (έτη)		
		8 (-20%)	10 (0%)	12 (20%)
Επιτόκιο δανεισμού (%)	5,6 (-20%)	11,8%	12,5%	13,3%
	7,0 (0%)	11,1%	11,6%	12,2%
	8,4 (20%)	10,4%	10,8%	11,2%

Από τους Πίνακες 6.23 – 6.29 εύκολα εξάγεται το συμπέρασμα ότι διαφορετική είναι η επίδραση κάθε παραμέτρου στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης των επενδύσεων. Με μια πρώτη ματιά, σημαντικότερη επίδραση έχουν η ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, η τιμή πώλησης αυτής και το αρχικό και ετήσιο κόστος. Διαγραμματικά, η επίδραση του κάθε μεγέθους για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις παρουσιάζεται στα Σχήματα 6.1 – 6.7, στα οποία δίνεται η συγκριτική

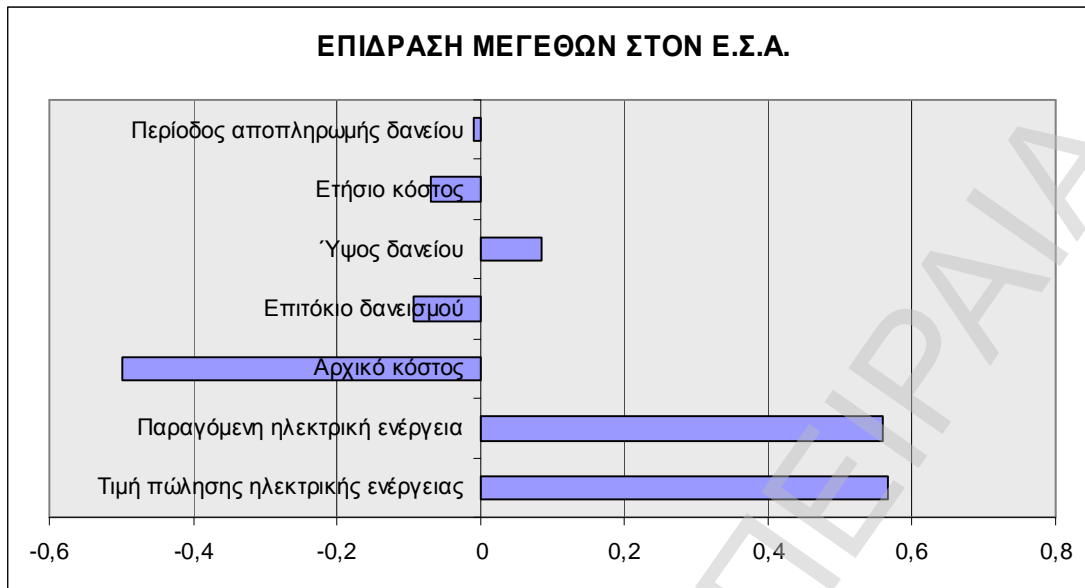
συνεισφορά κάθε παραμέτρου στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης μέσω ενός αδιάστατου μεγέθους, που αποτελεί τον συντελεστή κάθε παραμέτρου που υπολογίζεται σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 5.2.5. Οι θετικές τιμές δηλώνουν ότι η αύξηση της τιμής της παραμέτρου έχει ως συνέπεια την παράλληλη αύξηση της τιμής του Εσωτερικού Συντελεστή. Το αντίθετο συμβαίνει στην περίπτωση που το αδιάστατο μέγεθος λαμβάνει αρνητικές τιμές.



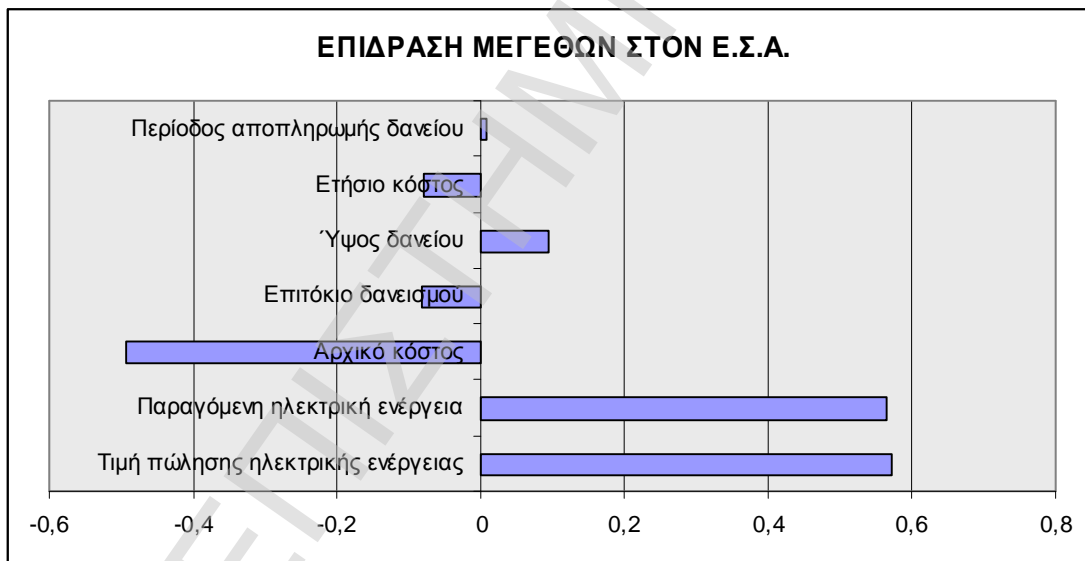
Σχήμα 6.1: Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Αθήνα με επιδότηση 20%



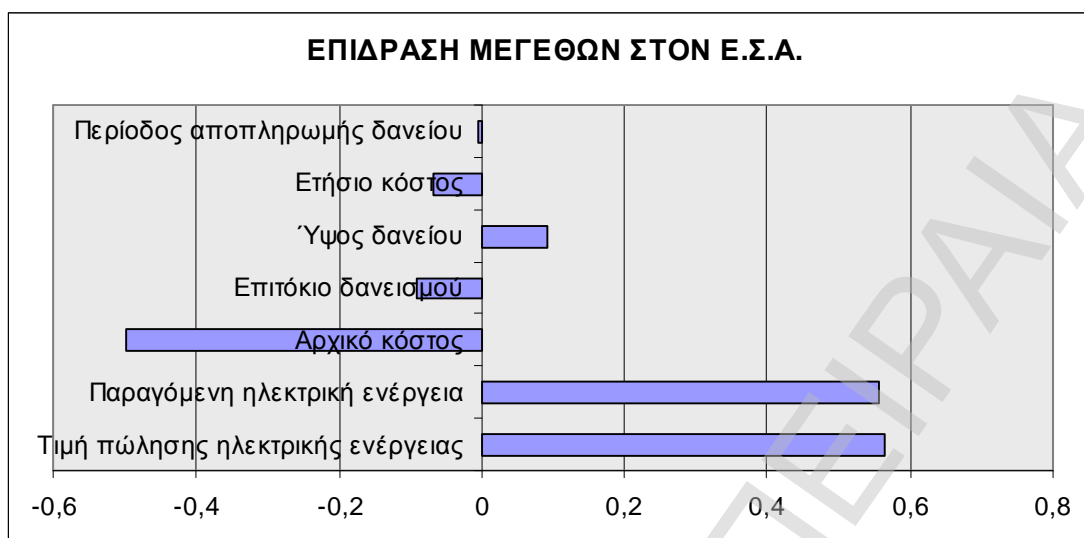
Σχήμα 6.2: Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Λαμία με επιδότηση 30%



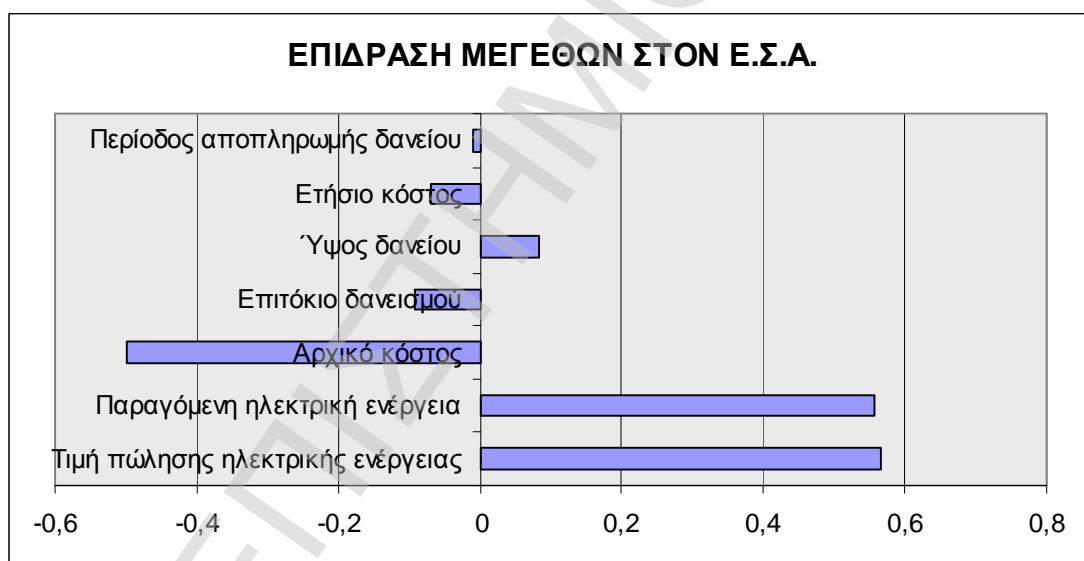
Σχήμα 6.3: Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Θεσσαλονίκη με επιδότηση 30%



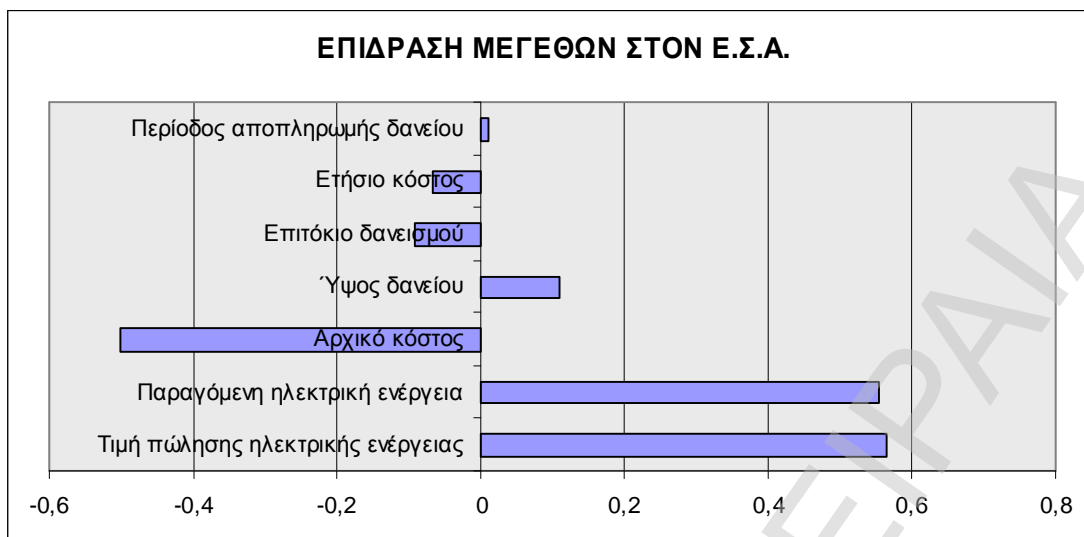
Σχήμα 6.4: Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Κομοτηνή με επιδότηση 40%



Σχήμα 6.5: Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στην Κέρκυρα με επιδότηση 30%



Σχήμα 6.6: Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47° C) στη Λάρισα με επιδότηση 30%



Σχήμα 6.7: Επίδραση μεγεθών στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης της επένδυσης σε Φ/Β σύστημα 1 MWp ($\alpha = 15\%$, N.O.C.T. = 47°C) στην Κοζάνη με επιδότηση 30%

Παρατηρείται ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και η τιμή πώλησης αυτής επιδρά θετικά στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόσβεσης σε σημαντικό βαθμό, καθώς το εξεταζόμενο αδιάστατο μέγεθος λαμβάνει τιμές άνω του 0,5. Το ίδιο παρατηρείται και στην περίπτωση του ύψους του δανείου, όμως σε μικρότερο βαθμό. Αντιθέτως, το αρχικό κόστος επηρεάζει αρνητικά αυτόν το δείκτη, με αποτέλεσμα η αύξηση του να συνεπάγεται σημαντική μείωση του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης. Αρνητικά επιδρούν το ετήσιο κόστος και το επιτόκιο δανεισμού, σε μικρότερο όμως βαθμό, καθώς η τιμή των συντελεστών τους είναι μικρότερη του 0,1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ - ΚΟΣΤΟΥΣ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ - ΚΟΣΤΟΥΣ

Από την στιγμή που στις συγκεκριμένες προτάσεις επενδύσεων εμπλέκεται ο παράγοντας «φυσικό περιβάλλον», φρόνιμο είναι να εκτιμηθεί η γενικότερη επίδραση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας στην εθνική οικονομία λαμβάνοντας υπόψη τα εξωτερικά κοινωνικά και περιβαλλοντικά κόστη και οφέλη που ενδέχεται να προκύψουν από αυτήν την επιχειρηματική δραστηριότητα σε εθνικό επίπεδο. Στην προσπάθεια αυτή, γίνεται χρήση της Ανάλυσης Κόστους - Οφέλους, μεθοδολογία που έχει εκτιμηθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα αυτή να χρησιμοποιείται σε τρεις διακριτές περιπτώσεις: στην χρηματοοικονομική ανάλυση ενός επενδυτικού σχεδίου προκειμένου να υπολογιστεί η αναμενόμενη απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου, στην εκτίμηση των εξωτερικών κοινωνικών κοστών και ωφελειών που μπορεί να δημιουργηθούν, και στη γενικότερη εκτίμηση των επιπτώσεων, που μπορεί να προκύψουν από την συνολική λειτουργία μιας οικονομίας, σε σχέση με τα συμφέροντα του κοινωνικού συνόλου σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Το κέντρο της Ανάλυσης, όσον αφορά περιβαλλοντικά ζητήματα, αποτελεί η ιδέα του εξωτερικού κόστους, της επίπτωσης μιας ανθρώπινης δραστηριότητας σε ένα τρίτο μέρος. Η έννοια του εξωτερικού κόστους οφείλει την ύπαρξη της στις εργασίες των Sidgwick (1883), Marshall (1890), Pigou (1920) που ανέπτυξαν τη θεωρία της διαφορετικής προσέγγισης μεταξύ του ιδιωτικού και κοινωνικού κόστους. Στην περίπτωση, κατά την οποία, οι ενέργειες ενός μέρους φέρουν, χωρίς αποζημίωση, οφέλη σε άλλους, τότε καλούνται θετικές εξωτερικές οικονομίες ή θετικές εξωτερικότητες, ενώ στην αντίθετη περίπτωση ονομάζονται αρνητικές εξωτερικότητες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αρνητικής εξωτερικής οικονομίας αποτελούν οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ή γενικότερα της υποβάθμισης του φυσικού περιβάλλοντος, οι οποίες προκαλούν οικονομική επιβάρυνση σε ομάδες πληθυσμού. Το κόστος αυτό διαχέεται στην κοινωνία, ενώ δεν ενσωματώνεται στο κόστος παραγωγής των προϊόντων που είναι υπεύθυνα για την περιβαλλοντική υποβάθμιση. Αντίστοιχα, χαρακτηριστικό παράδειγμα θετικής εξωτερικής οικονομίας αποτελούν οι ενέργειες που πραγματοποιεί ένα κοινωνικό

μέλος προκειμένου να αυξηθεί η ευημερία και η ασφάλεια των πολιτών χωρίς οι τελευταίοι να συμμετέχουν στο κόστος υλοποίησης των ενεργειών αυτών.

Η εντεινόμενη ανησυχία της διεθνούς κοινότητας για τους κινδύνους που απορρέουν από την συνεχή υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος έστρεψε το ενδιαφέρον στην κατεύθυνση υπολογισμού των περιβαλλοντικών εξωτερικών οικονομικών. Όπως προκύπτει από πλήθος θεωρητικών προσεγγίσεων, η αδυναμία της αγοράς να θεωρήσει το περιβάλλον ως οικονομικό αγαθό και να το ενσωματώσει στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων αποτελεί βασική αιτία υποβάθμισής του. Αυτό το κενό έρχεται να καλύψει η Ανάλυση Κόστους - Οφέλους, η οποία μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς πρόκειται να ωθήσει παραγωγούς και καταναλωτές στην επιλογή καθαρότερων τεχνολογιών και προϊόντων, αντίστοιχα.

Σε αντίθεση με την «αρχή κατά Pareto», όπου μια δραστηριότητα κρίνεται ωφέλιμη για το κοινωνικό σύνολο στην περίπτωση που ωφελείται τουλάχιστον ένας παράγοντας της κοινωνίας, ενώ κανένας δεν απολαμβάνει των αρνητικών επιπτώσεων, η Ανάλυση υιοθετεί μια πιο ισορροπημένη αξιολόγηση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων μέσω των εργασιών των Hicks και Kaldor.

Η Ανάλυση Κόστους - Οφέλους αποτελεί ένα από τα κύρια εργαλεία που χρησιμοποιούν οικονομολόγοι και πολιτικοί για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την πραγματοποίηση έργων που έχουν αντίκτυπο, θετικό ή αρνητικό, στο περιβάλλον. Ο στόχος της Ανάλυσης είναι η διεύρυνση της οικονομικής αξιολόγησης έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη επιπτώσεις της επένδυσης που αφορούν το σύνολο της οικονομίας και της κοινωνίας. Οι θετικές επιπτώσεις αυτής λογίζονται ως κοινωνικά οφέλη, ενώ οι αρνητικές ως κοινωνικά κόστη. Μέσω της μεθόδου αυτής διενεργείται η εσωτερικοποίηση των κοινωνικών κοστών και ωφελειών, δηλαδή η μετατροπή τους σε χρηματικές μονάδες. Συνοπτικά, η μεθοδολογία αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως μια προσπάθεια βελτίωσης τόσο της ποιότητας της λήψης αποφάσεων όσο και των παραγόμενων εκροών προς την κοινωνία από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Αποτελεί μια εφαρμογή της σύγχρονης οικονομικής που ως στόχο έχει την αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης των πόρων, χρηματικών και φυσικών.

Η Ανάλυση, όμως, αντιμετωπίζει και σημαντικές δυσκολίες κατά την εφαρμογή της. Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα προς συζήτηση είναι η αβεβαιότητα στην εκτίμηση των εξωτερικών οικονομικών λόγω της δυσκολίας καθορισμού του όρου «περιβάλλον», αλλά και της ποσοτικοποίησης των επιπτώσεων των ανθρωπίνων

δραστηριοτήτων σε αυτό. Ακόμη ένα σημαντικό σημείο αντιπαράθεσης αποτελεί η αδυναμία πρόβλεψης των μελλοντικών συνθηκών στο ευρύτερο κοινωνικό, οικονομικό και φυσικό περιβάλλον. Η σύγκριση στοιχείων κόστους και οφέλους σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, δηλαδή στην προεπενδυτική και στη φάση υλοποίησης, αλλά και στο χρονικό ορίζοντα της λειτουργίας, έχει ως αποτέλεσμα τη δυσκολία καθορισμού των ετήσιων χρηματοροών. Ένα ζήτημα που εγείρεται μέσω αυτής της δυσκολίας είναι η επιλογή χρήσης σταθερών ή τρεχουσών τιμών κατά την εφαρμογή της μεθόδου.

Ο ενεργειακός τομέας κατέχει σημαντικό μερίδιο ευθύνης για την υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος, γι' αυτό και αποτελεί πολιτική προτεραιότητα η εξεύρεση λύσεων για ηλεκτροπαραγωγή με την ελάχιστη δυνατή αρνητική επίπτωση στο περιβάλλον. Παρόλο που οι επιπτώσεις στο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον από τη χρήση των ενεργειακών πόρων ήταν γνωστές από το δέκατο ένατο αιώνα, συστηματική μελέτη και προσπάθεια εκτίμησης τους ξεκίνησε μόλις τη δεκαετία του 1960 φτάνοντας στην κορύφωσή της τη δεκαετία του 1980, όταν η δημοσίευση των μελετών του Hohmeyer και Ottinger et al ανέδειξε για πρώτη φορά τις πραγματικές διαστάσεις του προβλήματος των εξωτερικών οικονομιών της ηλεκτροπαραγωγής και την ανάγκη για τη λεπτομερέστερη αποτίμησή τους. Οι αντιδράσεις που προκάλεσε η δημοσίευση αυτών των μελετών οδήγησαν έναν σημαντικό αριθμό επιστημόνων να ασχοληθούν με το πρόβλημα των εξωτερικών οικονομιών, με αποτέλεσμα να ακολουθήσουν και αρκετοί πολιτικοί φορείς, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω του προγράμματος ExternE.

7.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ – ΚΟΣΤΟΥΣ

Εύκολα συνάγεται το συμπέρασμα ότι η Ανάλυση Κόστους - Οφέλους χρησιμοποιείται με διαφορετικό τρόπο από τη χρηματοοικονομική ανάλυση. Από τις σημαντικότερες διαφορές είναι η διαφορετική αντιμετώπιση των μεταβιβαστικών πληρωμών, δηλαδή των ποσών που μεταφέρονται από έναν φορέα σε άλλον. Σύμφωνα με την αντιμετώπιση της Ανάλυσης, οι φόροι, οι τόκοι και οι εργοδοτικές εισφορές να μεν αποτελούν κόστος για τον ιδιώτη επενδυτή, αλλά όχι για την εθνική οικονομία. Παράλληλα, οι επιδοτήσεις και οι τυχόν φορολογικές ελαφρύνσεις αποτελούν κόστος για την εθνική οικονομία, την στιγμή που δε λογίζονται υπόψη στη

χρηματοοικονομική ανάλυση. Στην Ανάλυση Κόστους - Οφέλους δε λαμβάνονται υπόψη οι αποσβέσεις, κάτι που δε γίνεται με τα μη εμπορεύσιμα αγαθά, τα οποία αποτιμώνται για τον υπολογισμό των εξωτερικών οικονομιών.

Στην περίπτωση της οικονομικής αξιολόγησης των επενδυτικών δραστηριοτήτων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία με χρήση του λογισμικού RETScreen, που αναλύθηκε στα κεφάλαια 5 και 6 χρησιμοποιήθηκαν τρέχουσες τιμές. Κατά την Ανάλυση δεν ακολουθείται αυτή η μέθοδος υπολογισμού των τιμών, αλλά οι σταθερές τιμές για τον υπολογισμό των κοστών και των ωφελειών διαχρονικά κατά την περίοδο λειτουργίας των συγκεκριμένων συστημάτων, η οποία θεωρείται ίση με είκοσι έτη, όπως συνέβη και στη χρηματοοικονομική ανάλυση. Ο υπολογισμός των ετήσιων χρηματοροών με βάση τις σταθερές τιμές σημαίνει ότι ο πληθωριστικός δείκτης και ο δείκτης αύξησης τιμών ενέργειας είναι μηδενικοί. Χαρακτηριστικό της διαφορετικής προσέγγισης ανάμεσα στην Ανάλυση Κόστους - Οφέλους και στη χρηματοοικονομική ανάλυση αποτελεί ο καθορισμός του επιτοκίου προεξόφλησης. Σε έκθεσή του, ο Οργανισμός για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη αναφέρει ότι η βέλτιστη τιμή του επιτοκίου προεξόφλησης για την συγκεκριμένη μέθοδο είναι ίση με το ρυθμό ανάπτυξης της εθνικής οικονομίας προσαυξημένη κατά 0,5% το μέγιστο. Στην περίπτωση της ελληνικής οικονομίας, επομένως, το επιτόκιο προεξόφλησης λογίζεται ίσο με 5%.

Στην περίπτωση διερεύνησης της σκοπιμότητας υλοποίησης των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία για την ηλεκτροπαραγωγή στη χώρα μας, αναλύονται τρεις δείκτες αξιολόγησης μέσω της Ανάλυσης Κόστους - Οφέλους. Ο πρώτος από αυτούς που εξετάζονται, είναι ο λόγος οφέλους / κόστους $PV(B) / PV(C)$, που αποτελεί το λόγο της παρούσας αξίας όλων των συνιστωσών οφέλους προς την παρούσα αξία όλων των συνιστωσών κόστους. Για την πραγματοποίηση μιας επένδυσης, ο λόγος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος της μονάδας. Άλλος δείκτης αξιολόγησης της επένδυσης είναι η Καθαρά Παρούσα Αξία, όπως αυτή ορίστηκε

σύμφωνα με τη χρηματοοικονομική ανάλυση: $NPV = \sum_{t=0}^N \frac{B_t - C_t}{(1+s)^t}$. Στην περίπτωση

που είναι θετική, τότε επιλέγεται η πραγματοποίηση της συγκεκριμένης επενδυτικής δραστηριότητας. Ένας τρίτος δείκτης αξιολόγησης των επενδύσεων είναι ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης, ο οποίος αποτελεί την επίλυση της παρακάτω σχέσης: $NPV_{(i=IRR)} = 0$, όπου IRR ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης. Η επένδυση

κρίνεται κοινωνικά αποδεκτή στην περίπτωση που ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης είναι συγκριτικά μεγαλύτερος του επιτοκίου προεξόφλησης.

Στην συνέχεια αναλύονται τα μεγέθη που αποτελούν τα κοινωνικά οφέλη: το λειτουργικό όφελος που προκύπτει από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, η εξοικονόμηση ορυκτών καυσίμων, αλλά και το εξωτερικό όφελος λόγω της αποφυγής χρήσης των ρυπογόνων καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή. Το λειτουργικό όφελος από την ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας δίνεται από την ακόλουθη σχέση: $OB = CoE \cdot ED$, όπου: CoE: το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ED: η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα Φ/Β συστήματα. Για τον υπολογισμό του κόστους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται τιμές από το Ευρωβαρόμετρο για την ενέργεια του 2003. Σύμφωνα με αυτό, οι καταναλωτές ενέργειας είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν 5% ακριβότερα την ηλεκτρική ενέργεια στην περίπτωση που αυτή προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, όπως η ηλιακή ενέργεια. Επομένως, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας είναι ίσο με: $CoE = WTP = 1,05 \cdot EC$, όπου: EC: η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με το τιμολόγιο Γ1 της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια προκύπτει με χρήση του Πίνακα 3.1, της πρόσκλησης εκδήλωσης ενδιαφέροντος για υποβολή αιτήσεων για τη χορήγηση απόφασης εξαίρεσης για Φ/Β σταθμούς στα μη διασυνδεδεμένα νησιά, καθώς και του κεφαλαίου 6 της παρούσας εργασίας. Λόγω της πολυπλοκότητας των δεδομένων, έγινε η παραδοχή ότι τα συστήματα είναι εγκατεστημένα στις πρωτεύουσες των Περιφερειών της χώρας.

Η εξοικονόμηση ορυκτών καυσίμων υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση: $FS = ED \cdot CoF$, όπου: CoF: το κόστος του υποκαθιστάμενου καυσίμου. Σύμφωνα με στοιχεία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, τα οποία αναλύθηκαν από τους ερευνητές του Εργαστηρίου Βιομηχανικής και Ενεργειακής Οικονομίας, το κόστος του υποκαθιστάμενου καυσίμου προκύπτει ίσο με 0,042 €/kWh για το σύνολο της επικράτειας. Η ποσότητα ED αποτελεί την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά συστήματα, της οποίας ο τρόπος υπολογισμού αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Το εξωτερικό όφελος λόγω της αποφυγής χρήσης ρυπογόνων τεχνολογιών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει από την ακόλουθη σχέση, και αφού συνυπολογίσουμε το εξωτερικό κόστος της ηλεκτροπαραγωγής με χρήση της

φωτοβολταϊκής τεχνολογίας: $ExtC = Ext \cdot ED$, όπου: Ext: το ποσοτικοποιημένο εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στη χώρα μας, ED: η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα συστήματα φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Για τον υπολογισμό του εξωτερικού περιβαλλοντικού κόστους χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης του προγράμματος ExternE που εκπονεί η Ευρωπαϊκή Ένωση προκειμένου να αποτιμηθούν οι εξωτερικές οικονομίες στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρόγραμμα ExternE χρησιμοποιεί την υπολογιστική πλατφόρμα EcoSense, η οποία υπολογίζει τις εξωτερικές οικονομίες μέσω μιας σειριακής διαδικασίας κάνοντας χρήση πολλών υπολογιστικών μονάδων, που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων: βάση δεδομένων με αναλυτικά στοιχεία του περιβάλλοντος αναφοράς (πληθυσμιακή κατανομή, στοιχεία γεωργικής παραγωγής, επιφάνειες εκτιθέμενων υλικών, κλπ.) για όλη τη γεωγραφική περιοχή ανάλυσης, μοντέλα διασποράς για την εκτίμηση της διάχυσης των αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα, υπολογιστική μονάδα εκτίμησης των επιπτώσεων στη βάση προκαθορισμένων συναρτήσεων έκθεσης – απόκρισης για κάθε κατηγορία αποδεκτών, υπολογιστική μονάδα οικονομικής αποτίμησης των επιπτώσεων στη βάση μοναδιαίων τιμών εξωτερικού κόστους ανά κατηγορία επιπτώσεων και εργαλεία συγκεντρωτικής εκτίμησης και παρουσίασης των αποτελεσμάτων.

Μέσω του προγράμματος ExternE εκτιμήθηκαν οι οικονομικές επιπτώσεις του τομέα ηλεκτροπαραγωγής σε διάφορους τομείς. Κυρίαρχα, όμως, αναλύθηκε η επίπτωση που οι συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επιφέρουν στη δημόσια υγεία μέσω της δημιουργίας αέριας ρύπανσης. Περαιτέρω, λήφθηκε υπόψη η επίπτωση που έχει η αέρια ρύπανση στην αγροτική παραγωγή μέσω της διαδικασίας απόθεσης αερίων ρυπαντών στα φυλλώματα και δημιουργίας όξινης βροχής. Παράλληλα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και της συνεπαγόμενης κλιματικής αλλαγής που οφείλεται στην αύξηση των συγκεντρώσεων αερίων όπως το CO₂, το CH₄, τα NO_x, αναγνωρίζεται σήμερα ως το πλέον σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα σε παγκόσμιο επίπεδο με αποτέλεσμα τη διεθνή κινητοποίηση για την έγκαιρη επίλυση αυτού του προβλήματος. Η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζει σημαντικές μεθοδολογικές δυσκολίες, καθώς θα πρέπει να συνυπολογιστεί ένας σημαντικός αριθμός δραστηριοτήτων και τομέων της οικονομίας που αλληλεπιδρούν με το κλίμα του πλανήτη μας. Μια τέτοια προσπάθεια οικονομικής αποτίμησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζεται και

μέσω του υπολογιστικού προγράμματος RETScreen, όπως προαναφέρθηκε. Περαιτέρω, η διάβρωση και η καταστροφή των υλικών θεωρούνται σήμερα από τις πλέον σημαντικές επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης, ειδικότερα στις περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες τα υλικά εκτίθενται σε αυξημένες συγκεντρώσεις ρυπαντών, όπως συμβαίνει στο αστικό περιβάλλον.

Μέσω του προγράμματος ExternE έγινε προσπάθεια να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα. Όσον αφορά τη χώρα μας, έγινε χρήση κατάλληλα σχεδιασμένων τεχνικών μεταφοράς οφέλους για να αποτιμηθούν οι επιπτώσεις που οδηγούν στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος μέσω της χρήσης ορυκτών καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή, αλλά και μέσω της δημιουργίας μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων στα ποτάμια οικοσυστήματα. Από μια ενεργειακή εγκατάσταση μπορεί να παρουσιαστεί εκπομπή θορύβου, που είναι δυνατόν να προκαλέσει επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων και του πληθυσμού, όσο και στην ευεξία ευρύτερων πληθυσμιακών ομάδων που βρίσκονται σε γειτονικές περιοχές με τις εξεταζόμενες δραστηριότητες. Αυτές οι επιπτώσεις εξετάστηκαν κατά την 1^η και 2^η φάση υλοποίησης του προγράμματος σε τεχνολογίες του ελληνικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής. Ακόμη, στο πρόγραμμα ExternE δόθηκε έμφαση στα εργατικά ατυχήματα που υφίσταται το προσωπικό που απασχολείται στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως ατυχήματα ρουτίνας.

Το πρόγραμμα ExternE εφαρμόστηκε παράλληλα σε όλα τα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά την περίοδο 1995 -1997, καθώς και στη Νορβηγία, για όλες τις κυρίαρχες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής που εφαρμόζονται σε κάθε χώρα. Τα αποτελέσματα των εθνικών μελετών εφαρμογής συνοψίζονται στον Πίνακα 7.1, στον οποίο αναδεικνύονται σε συγκριτική βάση οι μεγάλες διαφορές εξωτερικού κόστους μεταξύ συμβατικών καυσίμων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παρατηρείται ότι οι συμβατικοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί που χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα ή πετρέλαιο εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερο εξωτερικό κόστος από τους αντίστοιχους που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο. Από τις τεχνολογίες αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το υψηλότερο εξωτερικό κόστος παρουσιάζεται στους σταθμούς καύσης της βιομάζας, κυρίως λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των προϊόντων καύσης σε σωματίδια και οξείδια του αζώτου. Αντίθετα, οι υπόλοιπες τεχνολογίες που αξιοποιούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χαρακτηρίζονται από πολύ μικρό εξωτερικό κόστος που βρίσκεται 1-2 τάξεις μεγέθους χαμηλότερα από το αντίστοιχο των συμβατικών.

Πίνακας 7.1: Αποτελέσματα της 1^{ης} φάσης του προγράμματος ExternE για το ποσοτικοποιημένο εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στην Ευρώπη των 15 (€/ MWh)

Χώρα	Ανθρακας & Λιγνίτης	Τύρφη	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο	Πορηνικά	Βιομάζα	Υδρο-ηλεκτρικά	Φωτο-βολταϊκά	Αιολικά
Αυστρία				10-30		20-30	1		
Βέλγιο	40-150			10-20	5				
Γερμανία	30-60		50-80	10-20	2	30		6	0,5
Δανία	40-70			20-30		10			1
Ισπανία	50-80			10-20		30-50			2
Φιλανδία	20-40	20-50				10			
Γαλλία	70-100		80-110	2-4	3	10	10		
Ελλάδα	50-80		30-50	10		0-8	10		2,5
Ιρλανδία	60-80	30-40							
Ιταλία			30-60	20-30			3		
Ολλανδία	30-40			10-20	7	5			
Νορβηγία				10-20		2	2		0-2,5
Πορτογαλία	40-70			10-20		10-20	0,3		
Σουηδία	20-40					3	0-7		
Ην. Βασίλειο	40-70		30-50	10-20	2,5	10			1,5

Το εύρος τιμών που εμφανίζεται στις τιμές εξωτερικού κόστους των συμβατικών καυσίμων αναφέρεται στην αβεβαιότητα ως προς την συνιστώσα της κλιματικής μεταβολής, με τη χαμηλότερη τιμή να αντιστοιχεί σε 18 €/ tn CO₂ και την υψηλότερη σε 46 € / tn CO₂. Στον Πίνακα 7.2 παρουσιάζεται η ανάλυση του εξωτερικού κόστους σε επιμέρους συνιστώσες για τις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες στη χώρα μας, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης του προγράμματος ExternE. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα, στους σταθμούς συμβατικών καυσίμων, οι μεγαλύτερες συνιστώσες του συνολικού ποσοτικοποιημένου εξωτερικού κόστους αφορούν τις επιπτώσεις στην αέρια ρύπανση και την κλιματική αλλαγή. Αντίθετα, στην περίπτωση των υδροηλεκτρικών ποσοστό 70% αφορά επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα, ενώ σημαντικό είναι και το κόστος των εργατικών ατυχημάτων. Όσον αφορά τα αιολικά πάρκα, το χαμηλό εξωτερικό κόστος ισοκατανέμεται μεταξύ των επιπτώσεων του θορύβου και των αντίστοιχων από τα στάδια παραγωγής του εξοπλισμού.

Πίνακας 7.2: Αποτελέσματα της 1^{ης} φάσης του προγράμματος ExternE για το ποσοτικοποιημένο εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα (€/ MWh)

ExternE 1999	Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο	Υδροηλεκτρικά	Αιολικά
ΣΤΑΔΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ					
Θνησιμότητα	17,11	8,10	1,79	α	α
Νοσηρότητα	2,82	1,93	0,60	α	α
Εργατικά Ατυχήματα	0,12	0,12	0,12	0,26	α
Καλλιέργειες	0,38	0,49	0,19	0,11	α
Οικοσυστήματα	δπ	δπ	δπ	-	-
Βιοποικιλότητα	-	-	-	3,60	α
Δάση	-	-	-	0,06	-
Υλικά	0,27	0,10	0,02	-	α
Μνημεία	0,02	0,03	0,00	-	-
Θόρυβος	α	α	0,45	0,10	1,12
Οπτικές Διαταραχές	α	α	α	α	α
Χρήση γης	-	-	-	-	0,14
Κλιματική Αλλαγή	23,80	13,30	3,60	α	-
Σύνολο	44,52	24,06	6,65	4,12	1,26
ΆΛΛΑ ΣΤΑΔΙΑ					
Δημόσια Υγεία	α	0,65	δπ	α	0,84
Εργατικά Ατυχήματα	0,18	0,09	0,06	0,96	0,08
Υδάτινοι Πόροι	0,01	-	-	-	-
Θαλάσσιο Περιβάλλον	-	0,36	-	α	-
Υλικά	-	-	-	-	0,02
Καλλιέργειες	-	-	-	-	0,00
Κλιματική Αλλαγή	0,94	0,71	0,02	α	0,15
Σύνολο	1,13	1,81	0,08	0,96	1,09
Γενικό σύνολο	45,65	25,87	6,73	5,08	2,35

α: αμελητέο, δπ: δεν ποσοτικοποιήθηκε

Παρόμοια προσπάθεια να ποσοτικοποιηθούν οι επιπτώσεις του τομέα ηλεκτροπαραγωγής στο φυσικό περιβάλλον πραγματοποιήθηκε τη δεκαετία του 1990 μέσα από την πρωτότυπη εργασία των Pearce et al. Στον Πίνακα 7.3 παρουσιάζονται οι τιμές του εξωτερικού κόστους για κάθε τομέα ηλεκτροπαραγωγής σύμφωνα με την προαναφερθείσα εργασία. Τα μεγέθη αναφέρονται στο ενεργειακό σύστημα της Μεγάλης Βρετανίας και λογίζονται σε p / kWh σε τιμές του 1992, όταν και πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Την ίδια περίοδο εκπονήθηκε μελέτη από την Περιβαλλοντική Υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών, η οποία δανείζεται στοιχεία

από εργασίες πολλών μελετητών προκειμένου να καταλήξει σε συμπεράσματα, όπως προκύπτει και από τον Πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.3: Αποτελέσματα της μελέτης των Pearce et al για το ποσοτικοποιημένο εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στη Μεγάλη Βρετανία (£ / MWh)

Χώρα	Άνθρακας & Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο	Πορηνικά	Υδρο-ηλεκτρικά	Φωτο-βολταϊκά	Αιολικά
Μεγάλη Βρετανία	12-54	60	4-10	5	0,4	0,7	0,4

Πίνακας 7.4: Εκτιμήσεις για το ποσοτικοποιημένο εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στις Ηνωμένες Πολιτείες σύμφωνα με μελέτες ερευνητών της Περιβαλλοντικής Υπηρεσίας των Η.Π.Α. (\$ / MWh)

Ερευνητής	Άνθρακας & Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο	Πορηνικά	Βιομάζα	Φωτο-βολταϊκά	Αιολικά
Range	6-100	3-103	1-60	0-57	0-7	0-4	0-1
Hohmeyer	6-29	6-29	6-29	0-57	-	0-2	0
Pace	26-59	26-69	7-10	30	0-7	0-4	0-1
Tellus	45-100	103	60	-	-	-	-

Από τις εκτιμήσεις των ερευνητών και το ευρύ φάσμα των τιμών του εξωτερικού κόστους για τις τεχνολογίες των συμβατικών καυσίμων επιβεβαιώνεται η αβεβαιότητα ως προς την συνιστώσα της κλιματικής μεταβολής.

7.3 ΠΑΡΑΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ – ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Κατά τη διενέργεια μιας Ανάλυσης Κόστους – Οφέλους, τα ζητούμενα για τον μελετητή είναι η διερεύνηση της σκοπιμότητας υλοποίησης μιας συγκεκριμένης επενδυτικής κίνησης και, περαιτέρω, η επιλογή μεταξύ εναλλακτικών προτάσεων για τη μεγιστοποίηση του κέρδους. Επί του προκειμένου, εξετάζεται η σκοπιμότητα υλοποίησης του Προγράμματος Ανάπτυξης Φ/Β Σταθμών, του οποίου η ολοκλήρωση πρόσφατα τέθηκε εν αμφιβόλω, αλλά και επιλέγεται η περισσότερο αποδοτική οικονομικά τεχνολογία κρυσταλλικού πυριτίου.

Θεωρήθηκε ότι οι συγκεκριμένες επενδύσεις έχουν ορίζοντα 20ετίας, οπότε η Ανάλυση πραγματοποιήθηκε για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι επιμέρους θετικές και αρνητικές χρηματοροές αναλύθηκαν επισταμένως στην παράγραφο 7.2,

στην οποία παρατίθεται το μεθοδολογικό πλαίσιο της αξιολόγησης της επένδυσης στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία. Στα πλαίσια της Ανάλυσης πραγματοποιήθηκαν ορισμένες παραδοχές, οι οποίες διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό τη διενέργειά της. Αρχικά, γίνεται η θεώρηση ότι οι επενδύσεις πραγματοποιούνται στις πρωτεύουσες των Νομών της ελληνικής επικράτειας στα πλαίσια του Προγράμματος Ανάπτυξης Φ/Β Σταθμών με αποτέλεσμα να προκύπτει η αντίστοιχη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια του προγράμματος RETScreen. Προκειμένου να υπολογιστεί το εξωτερικό όφελος και κόστος της ηλεκτροπαραγωγής από τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την 1^η φάση του προγράμματος ExternE. Σύμφωνα με το πρόγραμμα και με τα στοιχεία της Δ.Ε.Η. για την κατανομή της ηλεκτροπαραγωγής ανά καύσιμο προκύπτει το ποσοτικοποιημένο περιβαλλοντικό κόστος των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στη χώρα μας, το οποίο είναι ίσο με 46,86 €/MWh. Οι τιμές του εξωτερικού κόστους είναι ίσες με τους μέσους όρους των τιμών που παραθέτει το πρόγραμμα για την Ελλάδα, με τη διαφορά ότι λόγω απουσίας τιμής για τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία, χρησιμοποιείται η αντίστοιχη τιμή της Γερμανίας, δηλαδή 6 €/MWh.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Ανάλυσης προέκυψε ότι το συνολικό ύψος των επενδύσεων που είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν προκειμένου ο εθνικός στόχος, όπως αυτός λογίζεται με το Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φ/Β μόλις που ξεπερνά τα 3 δις € και για τις 2 τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου, του μονοκρυσταλλικού και του πολυκρυσταλλικού. Βεβαίως αυτό το ποσό κατανέμεται μεταξύ του ιδιώτη επενδυτή, του κράτους μέσω της κρατικής επιδότησης και των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων που προχωρούν στη δανειοδότηση τέτοιων έργων.

Όπως προαναφέρθηκε, κατά την Ανάλυση Οφέλους – Κόστους εξετάζονται τρεις δείκτες: ο λόγος οφέλους / κόστους PV(B) / PV(C), η Καθαρά Παρούσα Αξία NPV και ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης IRR, οι τιμές των οποίων δίνονται στον Πίνακα 7.5 και για τις 2 τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου που εξετάζονται στην παρούσα εργασία. Παράλληλα, στον Πίνακα αυτόν παρατίθενται οι τιμές των μεγεθών αυτών που αντιστοιχούν στις ακραίες τιμές του ποσοτικοποιημένου περιβαλλοντικού εξωτερικού κόστους των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα.

Πίνακας 7.5: Δείκτες αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία με τη βοήθεια της Ανάλυσης Οφέλους – Κόστους και για διάφορες τιμές ποσοτικοποιημένου εξωτερικού περιβαλλοντικού κόστους μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα

	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου			Πολυκρυσταλλικού πυριτίου		
	Κατώτερες	Μέσος όρος	Ανώτερες	Κατώτερες	Μέσος όρος	Ανώτερες
B/C	1,119	1,145	1,170	1,179	1,206	1,232
NPV (χιλ.€)	356.112	432.062	508.013	518.156	594.678	671.201
IRR (%)	6,37	6,65	6,93	7,03	7,32	7,60

Μετά τη διενέργεια της Ανάλυσης Οφέλους – Κόστους προκύπτει ότι και οι τρεις δείκτες οικονομικής αξιολόγησης συνηγορούν στην πραγματοποίηση της συγκεκριμένης επένδυσης στον ελλαδικό χώρο. Συγκρίνοντας τις τιμές των δεικτών, αντιλαμβάνεται κανείς ότι η τεχνολογία πολυκρυσταλλικού πυριτίου καθίσταται ευνοϊκότερη, καθώς ο λόγος οφέλους – κόστους προκύπτει υψηλότερος, η Καθαρά Παρούσα Αξία μεγαλύτερη, όπως και ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης. Επιπρόσθετα, συμπεραίνεται ότι οι ανώτερες ακραίες τιμές του εξωτερικού περιβαλλοντικού κόστους ωθούν τους δείκτες σε μεγαλύτερες τιμές. Αυτό συμβαίνει γιατί το εξωτερικό κόστος των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής υπεισέρχεται στον υπολογισμό του εξωτερικού οφέλους.

Παρατηρώντας τις τιμές των δεικτών, προκύπτει ότι η εθνική οικονομία θα επωφεληθεί σημαντικά από την ολοκλήρωση του Προγράμματος Ανάπτυξης, καθώς η Καθαρά Παρούσα Αξία του συγκεκριμένου εγχειρήματος για μια περίοδο 20 ετών προσεγγίζει τα 0,5 δις €. Ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης κινείται στην περιοχή των 6,4 – 7,6%, γεγονός που καταδεικνύει ότι οι επενδύσεις αυτές καθίστανται «βιώσιμες» και από κοινωνικοοικονομικής άποψης, καθώς το επιτόκιο αναγωγής λογίζεται ως 5%. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε παρατηρώντας και τις τιμές του έτερου δείκτη, του λόγου οφέλους – κόστους, που κινείται στα επίπεδα του 1,2.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο τομέας της ενέργειας αποτελεί έναν από τους κρισιμότερους της ανθρώπινης δραστηριότητας, καθώς συμβάλλει στην αδιάλειπτη πρόοδο της τεχνολογίας. Είναι σαφές ότι οι απαιτήσεις της ανθρωπότητας για ανεμπόδιστη, ασφαλή και υψηλής ποιότητας παροχή ενέργειας καθίστανται επιτακτικές. Τα τελευταία έτη παρακολουθούμε τον συνεχή αγώνα της ανθρωπότητας να εξασφαλίσει φτηνούς ενεργειακούς πόρους προκειμένου να συνεχιστεί η ανάπτυξη και η τεχνολογική πρόοδος. Μία τέτοια ενεργειακή πηγή αποτέλεσε το πετρέλαιο, με την αξιοποίηση του οποίου δόθηκε η ευκαιρία στην ανθρωπότητα να βελτιώσει το βιοτικό της επίπεδο. Η αλόγιστη, όμως, χρήση του επέφερε τελειώς διαφορετικά αποτελέσματα, αφού η κατασπατάληση των αποθεμάτων από ορισμένες μόνο χώρες, δημιούργησε μια σειρά πολιτικών και κοινωνικών προβλημάτων, που μέχρι τις μέρες μας είναι δύσκολο να επιλυθούν.

Σύμφωνα με τις τελευταίες εκθέσεις της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας (International Energy Agency), η συνολική παροχή πρωτογενούς ενέργειας αυξήθηκε κατά 84% τα τελευταία 30 έτη, ξεπερνώντας τους 11 δις Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου το 2004, ενώ από παρόμοια μελέτη της ίδιας Υπηρεσίας προκύπτει ότι το 2030 η παροχή ενέργειας θα ξεπεράσει τους 16,5 δις Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου, καθιστώντας αναγκαία την αναζήτηση νέων μορφών ενέργειας προκειμένου να καλυφθεί επιτυχώς η ενεργειακή ζήτηση, από την στιγμή που τα βεβαιωμένα αποθέματα συμβατικών καυσίμων αρχίζουν να μειώνονται. Η αναγκαιότητα της αναζήτησης νέων μορφών ενέργειας, και δη των ανανεώσιμων, διαφαίνεται και από τα ακόλουθα γεγονότα: την συνεχώς αυξανόμενη τιμή των ορυκτών καυσίμων και την επικείμενη εξάντληση αυτών, την εντεινόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος, την αυξανόμενη ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου και τη βούληση των κρατών για εθνική και ανεξάρτητη ενεργειακή πολιτική με την αξιοποίηση των εγχώριων ενεργειακών πηγών.

Η ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του 1970, η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης για περιβαλλοντικά ζητήματα, ο περιορισμός των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, καθώς και η επιρροή των αρχών του νεοφιλελευθερισμού στον τομέα της ενέργειας επέβαλλαν τη νέα ενεργειακή πραγματικότητα με την ίδρυση αποκεντρωμένων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και την εγκατάσταση μονάδων που εκμεταλλεύονται τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Μία από αυτές τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που βρίσκονται ανεξάντλητες στη φύση, αποτελεί η ηλιακή ενέργεια, η οποία μπορεί να δεσμευτεί από τον άνθρωπο προκειμένου να του παράσχει θερμό νερό χρήσης, αλλά και ηλεκτρική ενέργεια. Στους περισσότερους είναι γνωστή η δέσμευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση του νερού χρήσης με τη χρήση των θερμοσιφωνικών συστημάτων. Ένας άλλος τρόπος δέσμευσης της ηλιακής ενέργειας είναι μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, το οποίο παρατηρήθηκε το 1839 από τον Alexandre Edmond Becquerel. Από την εποχή εκείνη, η πρόοδος που έχει επιτευχθεί στον τομέα των φωτοβολταϊκών είναι αξιοσημείωτη, με αποτέλεσμα αυτή η τεχνολογία να χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ιδιαίτερα σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης, την Ιαπωνία και τις Η.Π.Α. και το μέλλον της να διαγράφεται ακόμη πιο ευοίωνα, καθώς καθίσταται ολοένα και πιο αποδοτική.

Η θέσπιση κινήτρων για την προώθηση των φωτοβολταϊκών σε ανεπτυγμένες χώρες του κόσμου είχε ως αποτέλεσμα την σταδιακή αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος αυτών παγκοσμίως. Έτσι, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φτάνει τα 2.364 MWp στο τέλος του 2002 από 313,5 MWp το 1991 με την εκτίμηση ότι το 2010 η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών θα ξεπεράσει διεθνώς τα 10.000 MWp. Η εκτίμηση βασίζεται τόσο στους σημερινούς ρυθμούς ανάπτυξης όσο και στους στόχους που έχουν θέσει κατά καιρούς διάφορες κυβερνήσεις.

Πέρα από τις θετικές επιπτώσεις στον ενεργειακό τομέα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών έχει θετικές επιπτώσεις και στην οικονομία, καθώς μόνο στις χώρες που συμμετέχουν στο Πρόγραμμα PVPS της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας, η βιομηχανία φωτοβολταϊκών απασχολεί πάνω από 21.000 άτομα. Η αμερικανική βιομηχανία φωτοβολταϊκών απασχολεί μόνο στις Η.Π.Α. περί τα 20.000 άτομα με την προοπτική αυτά να προσεγγίσουν τα 150.000 το 2020. Η Ευρωπαϊκή Ένωση εκτιμά ότι θα δημιουργηθούν 100.000 νέες θέσεις εργασίας με την επίτευξη του στόχου που έχει τεθεί.

Η κινητικότητα που παρουσιάστηκε τα τελευταία χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τη θέσπιση της Οδηγίας 2001/77/EK «Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας» οδήγησε τη χώρα μας στην ενσωμάτωση του κοινοτικού δικαίου στο ελληνικό μέσω του Νόμου 3468/2006, που δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ Α 129 / 27.06.2006. Στον συγκεκριμένο Νόμο γίνεται σαφές ότι οι επενδυτικές δραστηριότητες στη

φωτοβολταϊκή τεχνολογία υπάγονται στην πρώτη κατηγορία επενδύσεων, αφού αποτελούν «επενδυτικά σχέδια παραγωγής ηλεκτρισμού από ήπιες μορφές ενέργειας», όπως αυτός αναφέρει.

Οι ενισχύσεις που παρέχονται στα σχέδια που εντάσσονται στο Νόμο είναι: επιχορήγηση που συνίσταται στην κάλυψη τμήματος της δαπάνης του επενδυτικού σχεδίου από το Δημόσιο, ή/και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος των καταβαλλόμενων δόσεων χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνάπτεται για την απόκτηση της χρήσης μηχανολογικού εξοπλισμού, ή επιδότηση του μισθολογικού κόστους της δημιουργούμενης από την επένδυση απασχόλησης. Εναλλακτικά, προσφέρεται φορολογική απαλλαγή για την πρώτη δεκαετία από την πραγματοποίηση της επένδυσης με τον σχηματισμό αφορολόγητου αποθεματικού. Με τον συγκεκριμένο Νόμο, η χώρα διαιρείται σε 3 γεωγραφικές Ζώνες, στις οποίες αντιστοιχούν διαφορετικά ποσοστά κρατικής ενίσχυσης με τη μορφή επιδότησης.

Η αρχή, όμως, για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα μας, είχε γίνει πολύ νωρίτερα, με το Νόμο 1559/1985 «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», για να ακολουθήσουν και άλλες νομοθετικές παρεμβάσεις του ελληνικού κράτους. Ορισμένοι από αυτούς τους Νόμους είναι οι ακόλουθοι: ο Νόμος 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις», ο οποίος πορεύθηκε στα ίχνη του τότε ισχύοντος γερμανικού Νόμου (Stromeinspeisungsgesetz), ο Νόμος 2773/1999 για την «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις», ο Νόμος 2941/2001 για την «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ και άλλες διατάξεις», με τελευταίο το Νόμο 3175/2003 για την «Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, τηλεθέρμανση και άλλες διατάξεις».

Ο στόχος του Νόμου 3468/2006 είναι η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω της μείωσης της γραφειοκρατίας με την ελαχιστοποίηση του χρόνου έκδοσης άδειας εγκατάστασης, της κοινωνικής συναίνεσης με τη θέσπιση του ανταποδοτικού τέλους και του ευνοϊκότερου καθεστώτος για την συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών στις ενεργειακές επενδύσεις. Παράλληλα, έγινε προσπάθεια για

την προώθηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς μέσω του Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών, αλλά και με την ευνοϊκή τιμολόγηση της kWh από την συγκεκριμένη τεχνολογία και την εξαίρεση καταβολής του ανταποδοτικού τέλους στους Ο.Τ.Α. Σύμφωνα, όμως, με νεότερη απόφαση του Υπουργείου Ανάπτυξης, το Πρόγραμμα αναστάλη, καθώς οι αιτήσεις που έχουν υποβληθεί, έχουν ήδη υπερβεί κατά πολύ τον αντικειμενικό στόχο που είχε τεθεί εξαρχής στο Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών, αλλά και προκειμένου να αλλάξει η διαδικασία αδειοδότησης. Το Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών αφορά την ανάπτυξη Φ/Β σταθμών που εγκαθίστανται στην ελληνική επικράτεια ισχύος τουλάχιστον 500 MWp για σταθμούς που συνδέονται στο Σύστημα ή μέσω Δικτύου, και σταθμών ισχύος τουλάχιστον 200 MWp για σταθμούς που συνδέονται στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων.

Τα σημαντικότερα οφέλη από τη ψήφιση του συγκεκριμένου Νόμου προκύπτουν για τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία, καθώς αλλάζουν οι διαδικασίες αδειοδότησης των Φ/Β εγκαταστάσεων. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνονται τρεις περιπτώσεις φωτοβολταϊκών σταθμών αναλόγως της εγκατεστημένης ισχύος τους: συστήματα ισχύος μικρότερης των 20 kW, συστήματα ισχύος μεγαλύτερης των 20 kW και μικρότερης των 150 kW, και συστήματα μεγαλύτερης των 150 kW ισχύος.

Όσον αφορά τους σταθμούς ισχύος μικρότερης των 20 kW, δεν απαιτούνται άδειες παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας, εξαίρεση της Ρ.Α.Ε. από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής, εκτός αν πρόκειται για σταθμούς σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά όπου υφίσταται κορεσμός του Δικτύου, ή έγκριση περιβαλλοντικών όρων εφόσον αυτός δεν κατασκευάζεται σε προστατευόμενες περιοχές Ramsar, Natura 2000, εθνικούς δρυμούς και αισθητικά δάση. Στην περίπτωση Φ/Β σταθμών ισχύος μεγαλύτερης των 20 kW και μικρότερης των 150 kW απαιτείται εξαίρεση της Ρ.Α.Ε. από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής. Για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος μεγαλύτερης των 150 kW απαιτούνται άδεια παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας και έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

Η σημαντικότερη ενέργεια, για την προαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από πλευράς Ευρωπαϊκής Ένωσης έγινε τον Σεπτέμβριο του 2001, όταν και εξέδωσε την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, στην οποία δίνονται οι απαραίτητες κατευθύνσεις ώστε να καταστεί εφικτός ο στόχος της διείσδυσης τους σε ποσοστό 12% έως το 2010, και ιδιαίτερα κατά 22,1% στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Στην συγκεκριμένη Οδηγία γίνεται αναφορά στα συστήματα στήριξης αυτών των μορφών

ενέργειας, στις εγγυήσεις προέλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές, στον περιορισμό των εμποδίων, την επιτάχυνση των απαιτούμενων διαδικασιών, καθώς και στη διασφάλιση της προτεραιότητας πρόσβασης των παραγωγών στο δίκτυο ηλεκτρισμού.

Σύμφωνα με την Οδηγία, κάθε κράτος – μέλος θέτει ενδεικτικό στόχο διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της κατανάλωσης ηλεκτρισμού και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι αρμόδια να ελέγχει την πρόοδο που έχει επιτευχθεί σε αυτόν τον τομέα και να προτείνει, αν είναι απαραίτητο, στρατηγικές που θα πρέπει να ακολουθηθούν. Το αργότερο στις 27 Οκτωβρίου 2002, και εν συνεχεία ανά πενταετία, τα κράτη – μέλη υιοθετούν και δημοσιεύουν έκθεση με την οποία καθορίζουν τους εθνικούς ενδεικτικούς στόχους, ενώ το αργότερο μέχρι τις 27 Οκτωβρίου 2003 δημοσιεύουν για πρώτη φορά, και εν συνεχεία ανά διετία, έκθεση που περιέχει αναλυτική εξέταση επίτευξης των εθνικών ενδεικτικών στόχων, καθώς και τις δράσεις που ανελήφθησαν. Έπειτα, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2005, και εν συνεχεία ανά πενταετία, η Επιτροπή υποβάλλει στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο ανακεφαλαιωτική έκθεση σχετικά με την υλοποίηση της παρούσας Οδηγίας, αλλά και ενδεχόμενες προτάσεις.

Λαμβάνοντας αφορμή από τις κινήσεις για την προώθηση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας στη χώρα μας και στην Ευρωπαϊκή Ένωση γενικότερα, γεννήθηκε η ιδέα να ερευνηθεί η σκοπιμότητα πραγματοποίησης επενδύσεων σύμφωνα με το ισχύον πλαίσιο και τις σημερινές συνθήκες. Για την οικονομική αξιολόγηση των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία, χρησιμοποιείται το υπολογιστικό πρόγραμμα RETScreen, που αναπτύχθηκε από το Κέντρο Υποστήριξης Αποφάσεων Καθαρής Ενέργειας και διαχειρίζεται το Τεχνολογικό Κέντρο Ενέργειας CANMET με την υποστήριξη του Υπουργείου Φυσικών Πόρων του Καναδά, την Εθνική Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος των Η.Π.Α. (N.A.S.A.) και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (U.N.E.P.). Χαρακτηριστικά μεγέθη που απαιτούνται για τον προσδιορισμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκής τεχνολογίας και που εισάγονται ως τιμές εισόδου στο πρόγραμμα RETScreen αποτελούν η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας, η ενεργειακή πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα, μεγέθη τα οποία δεσμεύονται από βάση δεδομένων, καρπό των εργασιών του Joint Research Centre της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σε συνεργασία με το Ecole de Mines de Paris της Γαλλίας και του Ινστιτούτου για το Περιβάλλον και τη

Βιωσιμότητα (Institute for Environment and Sustainability). Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων χρησιμοποίησε στοιχεία των τελευταίων 20 ετών στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή της Ευρώπης μέσω των εικόνων των δορυφόρων της σειράς Meteosat, οι οποίες έχουν υποστεί επεξεργασία μέσω της μεθόδου Heliosat-2.

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται οι δύο ευρύτερα διαδεδομένοι τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων κρυσταλλικού πυριτίου, του μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού, με τεχνικά χαρακτηριστικά που προσεγγίζουν αυτά των μεγάλων εταιρειών εμπορίας φωτοβολταϊκών πλαισίων. Για τη διευκόλυνση των υπολογισμών θεωρήθηκε ότι οι επενδύσεις πραγματοποιούνται στις πρωτεύουσες των Νομών της ελληνικής επικράτειας και με τους οικονομικούς όρους που υπαγορεύονται από το Νόμο 3468/2006. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται 6 εξεταζόμενα Σενάρια αναλόγως της τεχνολογίας του πλαισίου και της εγκατεστημένης ισχύος αυτού.

Αρχικά, με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος υπολογίζεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα εξεταζόμενα Φ/Β συστήματα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν, περισσότερο ευνοϊκές περιοχές για την εγκατάσταση Φ/Β από μετεωρολογικής άποψης είναι η Ανατολική Στερεά Ελλάδα, ορισμένοι Νομοί της Δυτικής Μακεδονίας, η Πιερία, η Ανατολική Πελοπόννησος και τα νησιά του Αιγαίου. Παρατηρείται, επομένως, μια συγκέντρωση των ευνοϊκότερων περιοχών περίξ της λεκάνης του Αιγαίου, και ειδικότερα στις νοτιότερες περιοχές αυτής. Περαιτέρω, προέκυψε ότι τα τεχνικά χαρακτηριστικά, όπως ο βαθμός απόδοσης και ο NOCT, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Αυτό προκύπτει και από το γεγονός ότι, ενώ τα πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης κατά κανόνα, τελικά αποφέρουν μικρότερη ενεργειακή απολαβή. Αυτό οφείλεται στο NOCT, που διαφοροποιεί σημαντικά το ποσό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, αύξηση του NOCT κατά 2⁰ C έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 0,7%. Η μείωση του βαθμού απόδοσης του πλαισίου οδηγεί στην απαίτηση μεγαλύτερης επιφάνειας συλλέκτη. Σημαντικό εύρημα αποτελεί η διαπίστωση ότι εγκαταστάσεις σε περιοχές με την ίδια ενεργειακή πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας είναι δυνατόν να προσφέρουν διαφορετικά ποσά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς είναι σημαντικός ο ρόλος της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής συμβάλλει κατά 40% στο φαινόμενο του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα αυτό να εντείνεται. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμβάλλουν κατά μεγάλο ποσοστό στην αποκλιμάκωση αυτού του φαινομένου,

καθώς οι εκπομπές των αερίων ρύπων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι σχεδόν μηδενικές. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι μια εγκατάσταση 1 MWp είναι δυνατόν να προκαλέσει μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 940 – 1200 t CO₂ eq. ετησίως αναλόγως της περιοχής εγκατάστασης.

Για την οικονομική αξιολόγηση των επενδύσεων στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία χρησιμοποιούνται κριτήρια, όπως ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης, η Καθαρά Παρούσα Αξία, ο χρόνος εμφάνισης θετικής χρηματορροής, αλλά και ο λόγος οφέλους – κόστους. Με μια γρήγορη ανάγνωση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι χειρότερη εκ των περιπτώσεων είναι η εγκατάσταση συστήματος ισχύος 1 MWp μονοκρυσταλλικού πυριτίου, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου η κρατική επιδότηση είναι χαμηλού ποσοστού. Μάλιστα, σε μία εκ των περιπτώσεων, στη Θεσσαλονίκη, εμφανίζεται αρνητική Καθαρά Παρούσα Αξία όταν η επιδότηση είναι 20%. Η περίοδος απόσβεσης είναι, γενικότερα, μικρότερη σε περιοχές με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Το ποσοστό της κρατικής επιδότησης αποτελεί κρίσιμο μέγεθος για τη βιωσιμότητα της επένδυσης, καθώς η μείωση του ποσοστού κατά 10% έχει ως συνέπεια τη μείωση του Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης κατά 3% περίπου, σημαντική μείωση της Καθαράς Παρούσας Αξίας και αντίστοιχη μείωση του λόγου οφέλους – κόστους. Κατά πλειοψηφία, θετική χρηματορροή εμφανίζεται πριν την συμπλήρωση 10 ετών, ιδιαίτερα σε περιοχές «πλούσιες» σε ηλιακή ακτινοβολία και ευνοημένες από τον Αναπτυξιακό Νόμο. Εξετάζοντας την Καθαρά Παρούσα Αξία αντιλαμβανόμαστε ότι ευνοούνται οι επενδύσεις στα νησιά του Αιγαίου και τις περιοχές με υψηλό ποσοστό επιδότησης. Ένα ακόμη συμπέρασμα που προέκυψε, είναι ότι οι μεγαλύτερες επενδύσεις δεν προσφέρουν αναλογικά τα υψηλότερα κέρδη ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος. Μελετώντας τα αποτελέσματα σχετικά με το λόγο οφέλους – κόστους, προκύπτει και πάλι ότι ευνοϊκότερες περιοχές για την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων αποτελούν οι περιοχές του Αιγαίου, η Πελοπόννησος, καθώς και άλλες περιοχές με υψηλό ποσοστό κρατικής επιδότησης.

Στις περιπτώσεις που ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης βρέθηκε μικρότερος του 12%, προσεγγίζοντας την τιμή του επιτοκίου αναγωγής, που θεωρήθηκε ίσος με 9%, πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας προκειμένου να εξεταστεί η κρισιμότητα κάθε μεγέθους στην οικονομική απόδοση της επένδυσης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας κατέδειξαν ότι σε όλες τις περιπτώσεις τον σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζουν η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, το

ποσό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και το αρχικό κόστος. Τα 2 πρώτα μεγέθη επιδρούν θετικά στον Εσωτερικό Συντελεστή Απόδοσης, δηλαδή η αύξηση της τιμής τους επιφέρει αύξηση του Ε.Σ.Α., ενώ αύξηση του αρχικού κόστους επιφέρει μείωση του Ε.Σ.Α.

Χρησιμοποιώντας τιμές του εξωτερικού κόστους των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από την 1^η φάση του προγράμματος ExternE, πραγματοποιείται Ανάλυση Οφέλους – Κόστους προκειμένου να υπολογισθεί το κοινωνικό οικονομικό κόστος ή όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή του Προγράμματος Ανάπτυξης Φ/Β Σταθμών. Τα αποτελέσματα συνηγορούν στην πραγματοποίηση των επενδύσεων, αφού και τα 3 κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης ενισχύουν την άποψη ότι η προώθηση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας έχει θετικό αντίκτυπο στην εθνική οικονομία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής βιβλιογραφία

- § **Baptiste P.J., Ducroux R., 2003.** Energy policy and climate change. Energy Policy 31, 155 – 166
- § **Boyle Godfrey, Everett Bob, Ramage Janet, 2004.** Energy Systems and Sustainability
- § **British Petroleum, 2005.** BP Global Statistical Review of World Energy
- § **California Energy Commission, 2001.** A guide to PV system design and installation
- § **Centre for Renewable Energy Sources, 2003.** Methods of financing renewable energy investments in Greece
- § **ECOTEC, 2002.** Renewable Energy Sector in the EU: Its employment and export potential, a final report to DG Environment
- § **Edison Mission Energy, 2003.** GHG Emission Factor Review
- § **Energy Information Agency, 2005.** World Net Nuclear Electric Power Generation
- § **European Commission, 1997.** Energy for the Future: Renewable Sources of Energy (White Paper for a Community Strategy and Action Plan)
- § **European Commission, 2001.** Promotion of green electricity
- § **European Commission, 2007.** Special Barometer: Energy Technologies
- § **Intergovernmental Panel for Climate Change, 2006.** Revised 1996 IPCC Guidelines for National GHG Inventories: Reference Manual
- § **International Energy Agency, 2001.** Market deployment strategies for PV systems in the built environment, Report IEA - PVPS
- § **International Energy Agency, 2001.** Trends in PV Applications, PV Power Systems Programme, Report IEA – PVPS
- § **International Energy Agency, 2001.** World Energy Prospects
- § **International Energy Agency, 2001.** Key World Energy Statistics
- § **Markvart Tom, Castaner Louis, 2003.** Practical Handbook of photovoltaics: fundamentals and applications
- § **Markvart Tom, 2000.** Solar electricity
- § **Ministry of Development, 2003.** National Report regarding penetration level of renewable energy sources in the year 2010

- § **Ministry of Development, 2003.** 2nd National Report regarding penetration level of renewable energy sources in the year 2010
- § **Patel Mukund, 1999.** Wind and solar power systems
- § **Perlin John, 2000.** From space to Earth: the story of solar electricity
- § **Pilavachi P.A., 2002.** Mini and micro – gas turbines for combined heat and power. Applied Thermal Engineering 22, 2003 – 2014
- § **RETScreen International, 2005.** Introduction to Clean Energy Project Analysis
- § **RETScreen International, 2005.** RETScreen Software Online User Manual: Photovoltaic Project Model
- § **Rubin Edwards, 2001.** Introduction to engineering and the environment
- § **U.S. Photovoltaic Industry, 2001.** The Photovoltaic Industry Roadmap

Ελληνική βιβλιογραφία

- § **Ασημακόπουλος Διονύσιος, 2006.** Διδακτικές Σημειώσεις στο μάθημα: Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Τμήμα Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
- § **Διακουλάκη Δανάη, 2006.** Διδακτικές Σημειώσεις στο μάθημα: Οικονομική της Ενέργειας και του Περιβάλλοντος, Τμήμα Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
- § **Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης, 2003.** Ενέργεια, Περιβάλλον και Επιχειρηματικότητα
- § **Καλδέλλης Ιωάννης Κλεάνθης, 1999.** Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας
- § **Καρβούνης Σωτήρης, Γεωργάκελλος Δημήτρης, 2003.** Διαχείριση του Περιβάλλοντος: Επιχειρήσεις και Βιώσιμη Ανάπτυξη
- § **Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2006.** Θεσμικό, αδειοδοτικό και χρηματοοικονομικό πλαίσιο υλοποίησης έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα
- § **Μουφλουζέλλης Ευστράτιος, 2005.** Κατανομημένη Παραγωγή Ενέργειας: Ανάπτυξη Πλαισίου και Εφαρμογή (διδακτορική διατριβή στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου)
- § **Μπαλτάς Πλάτων, 2007.** Δυνατότητες Εφαρμογών Φ/Β Συστημάτων στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη
- § **Παπαδόπουλος Άγις, 2002.** Διδακτικές Σημειώσεις στο μάθημα: Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Α.Π.Θ.

§ Παπαδόπουλος Άγης, 2001. Διδακτικές Σημειώσεις στα μαθήματα: Οικονομική των Επιχειρήσεων και Ανάλυση – Αξιολόγηση Επενδύσεων, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Α.Π.Θ.

§ Πολυχροσιάδου Αικατερίνη, 2004. Τεχνικοοικονομική μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων στα κτίρια του Ξενία (διδακτορική διατριβή στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου)

§ Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2006. Ευρωβαρόμετρο για τα Φ/Β

§ Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2006. Η αγορά φωτοβολταϊκών: τάσεις και προοπτικές

§ Υπουργείο Ανάπτυξης, 2005. 3^η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας το έτος 2010

§ Φραγκιαδάκης Ι. Ε., 2004. Φωτοβολταϊκά Συστήματα

§ Χατζηβασιλειάδης Ιωάννης, 2007. Ανάπτυξη των Φωτοβολταϊκών εφαρμογών στην Ελλάδα

Δικτυακοί τόποι

§ www.bp.com

§ www.cres.gr

§ www.eere.doe.gov

§ www.eia.doe.gov

§ www.epia.org

§ <http://europa.eu>

§ www.helapco.gr

§ www.iea.org

§ www.noa.gr

§ www.nrel.gov

§ www.pvresources.com

§ www.rae.gr

§ <http://re.jrc.cec.eu.int>

§ www.retscreen.net

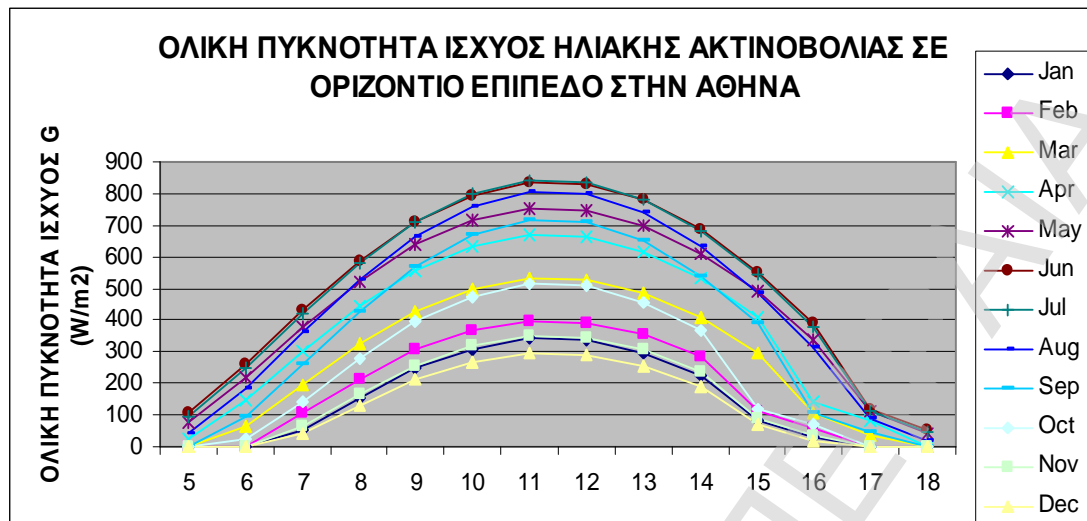
§ www.solarbuzz.com

§ <http://unfccc.int>

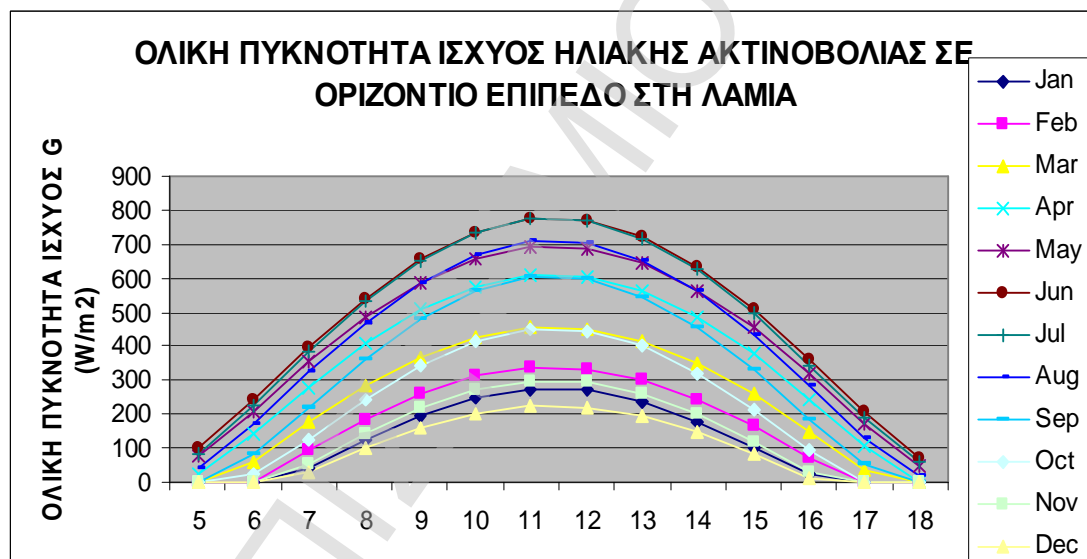
§ www.wikipedia.org

§ www.ypan.gr

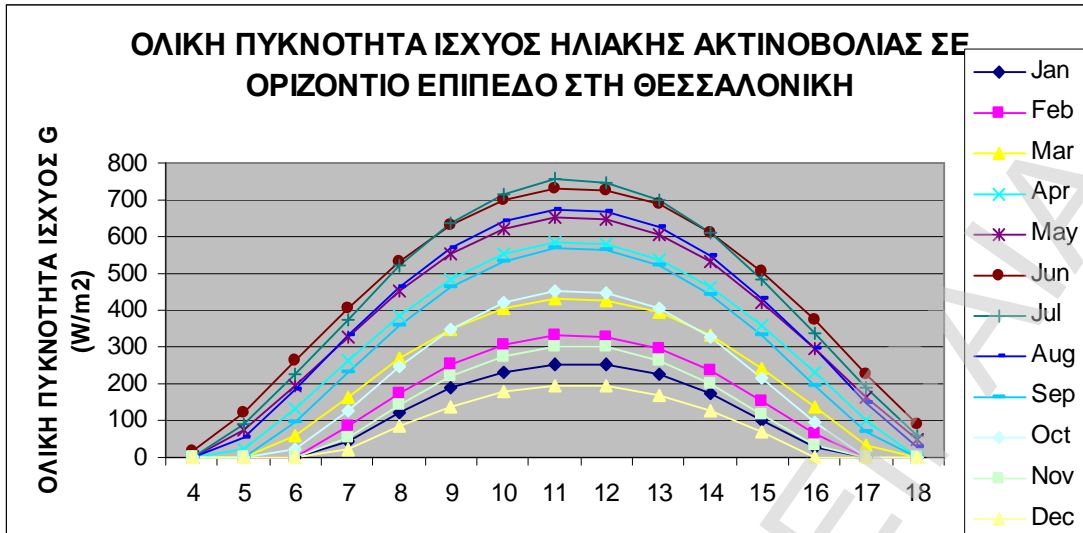
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



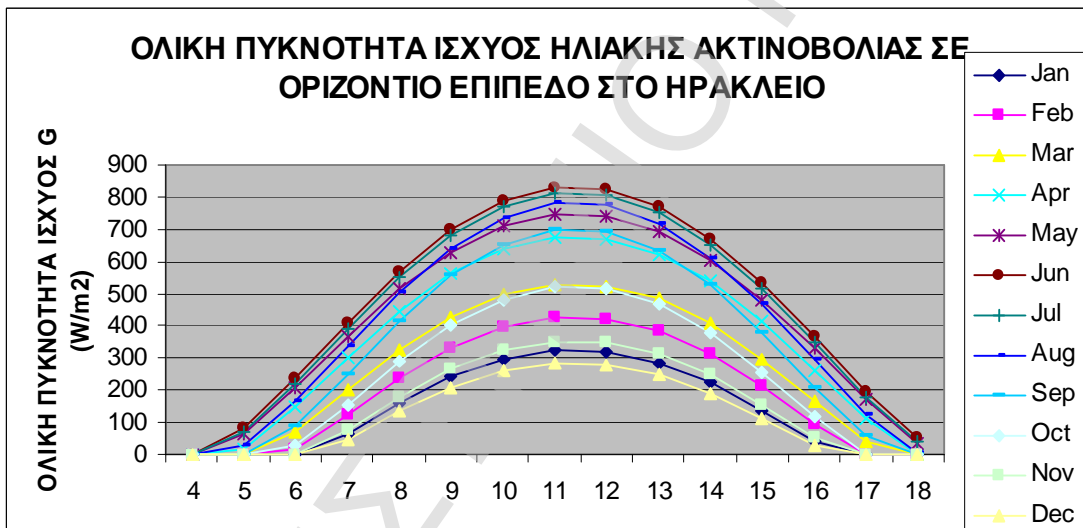
Σχήμα Α.1: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην Αθήνα



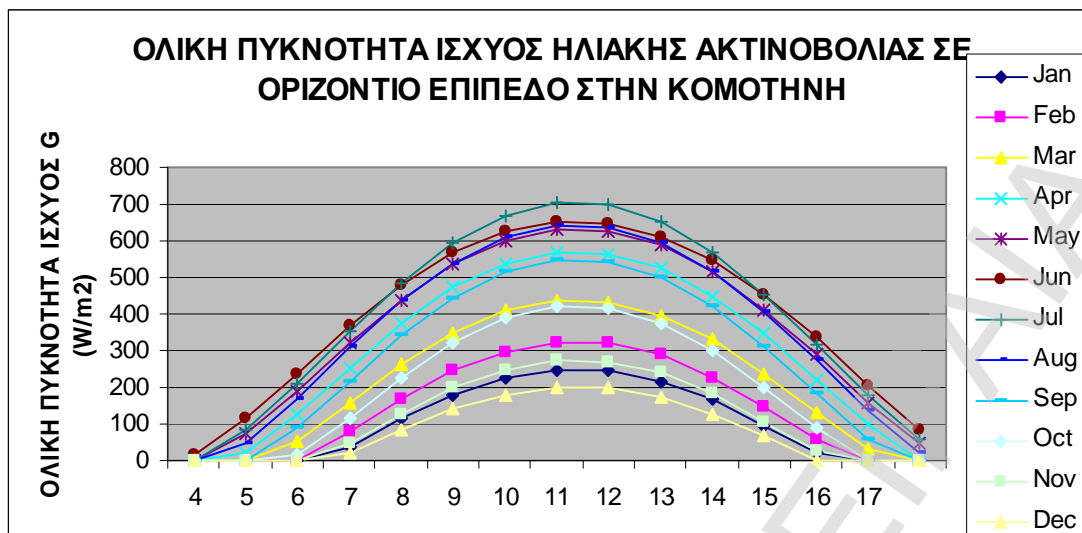
Σχήμα Α.2: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στη Λαμία



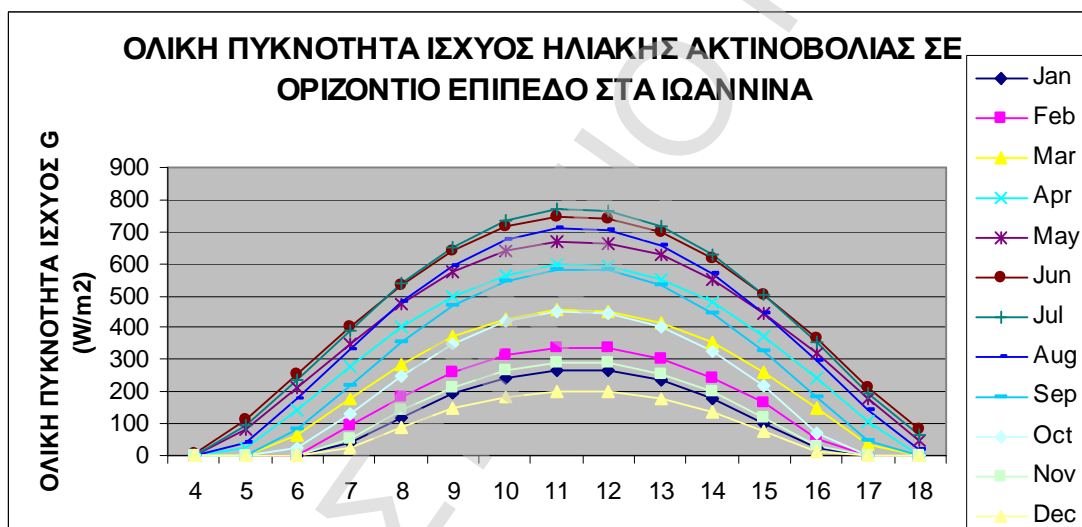
Σχήμα Α.3: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στη Θεσσαλονίκη



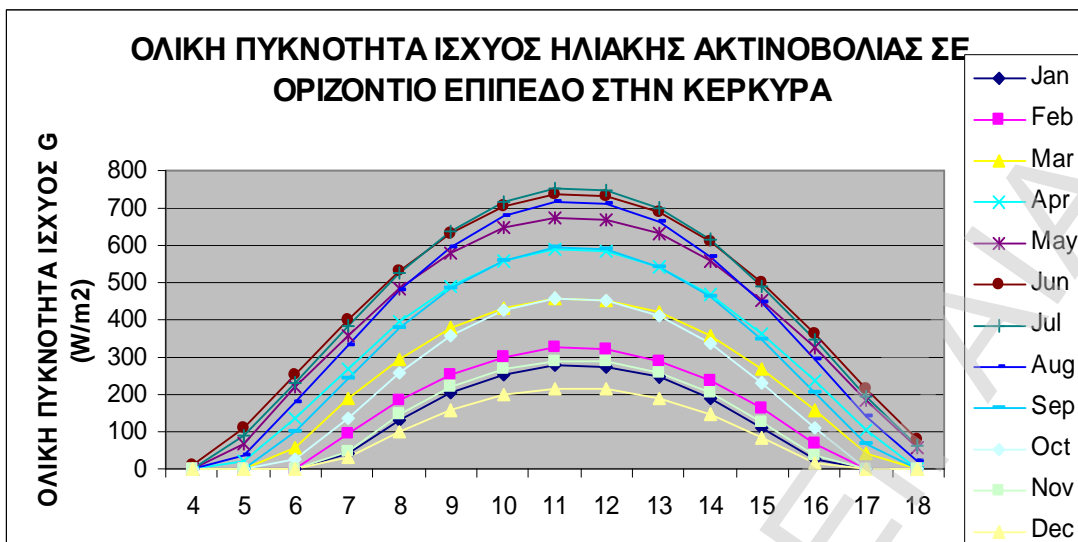
Σχήμα Α.4: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στο Ηράκλειο



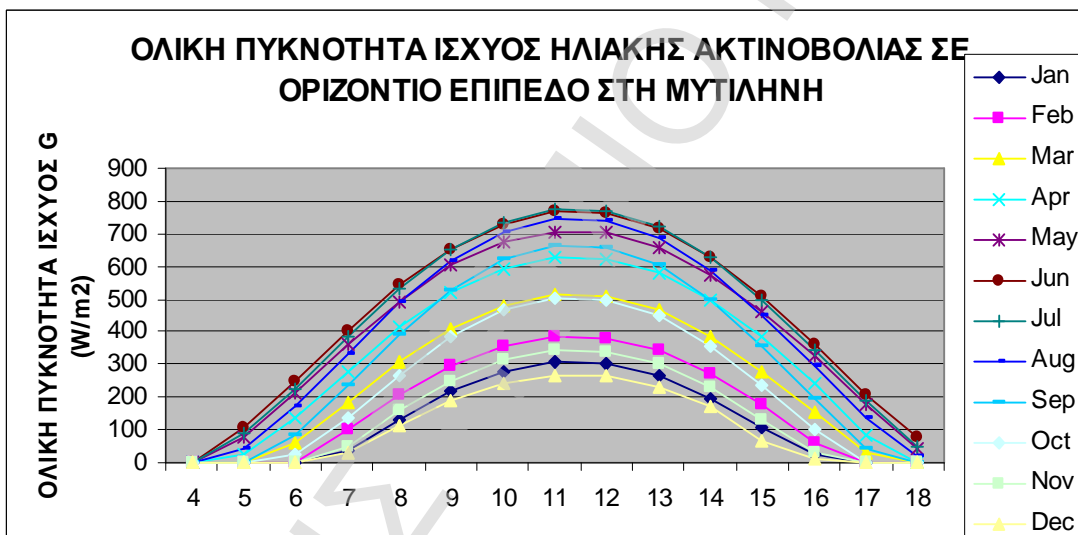
Σχήμα Α.5: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην Κομοτηνή



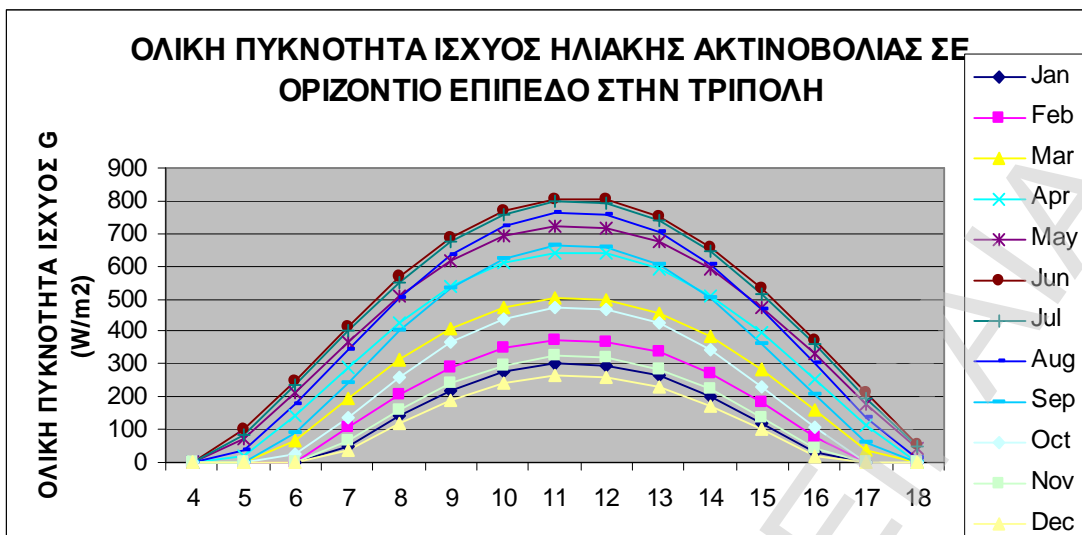
Σχήμα Α.6: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στα Ιωάννινα



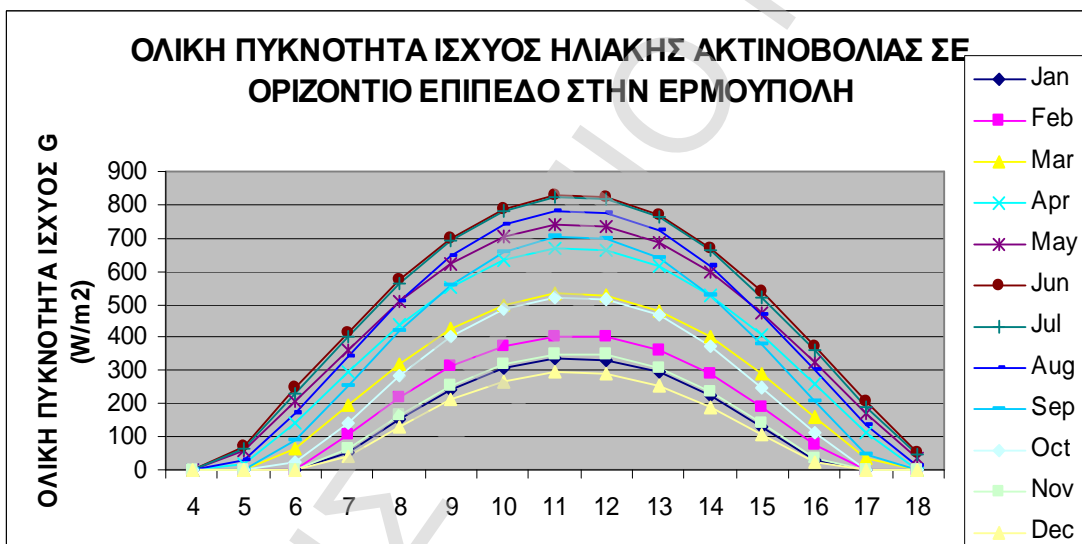
Σχήμα Α.7: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην Κέρκυρα



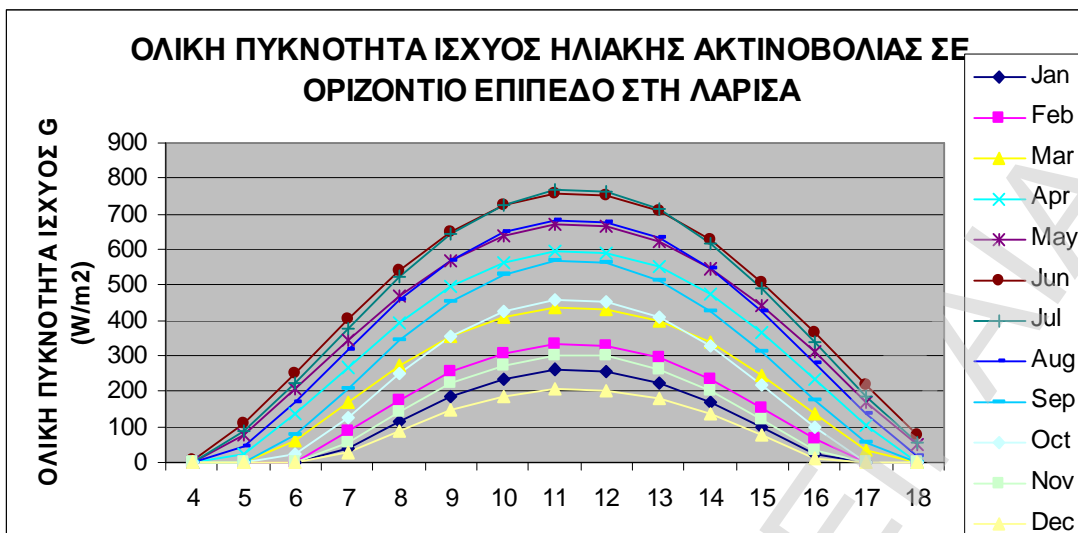
Σχήμα Α.8: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στη Μυτιλήνη



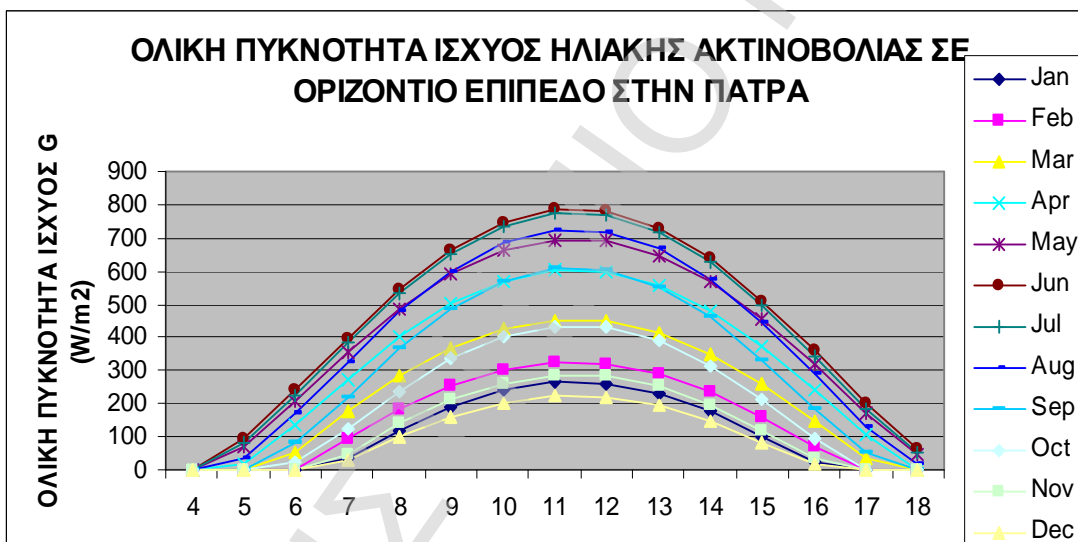
Σχήμα Α.9: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην Τρίπολη



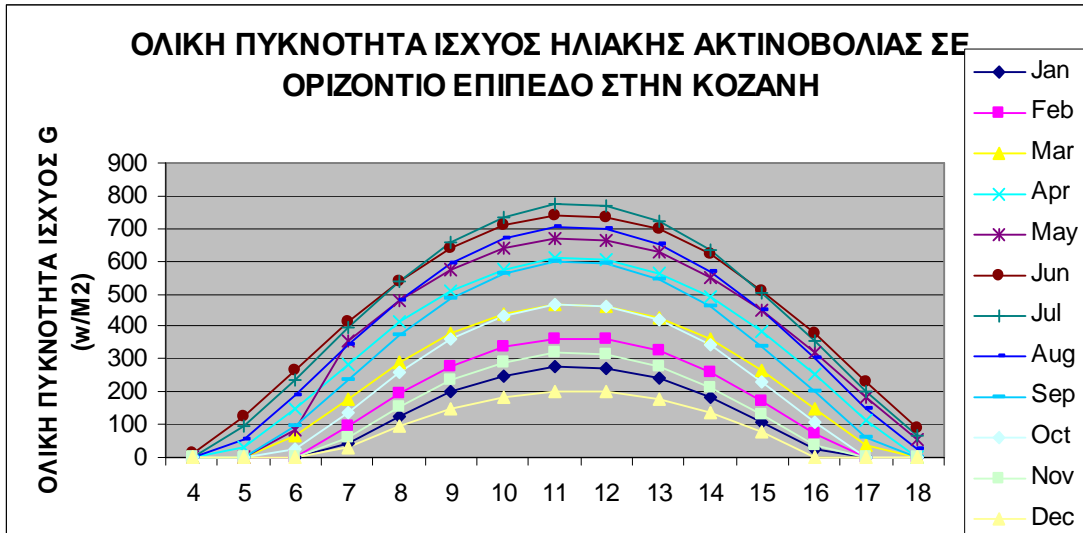
Σχήμα Α.10: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην Ερμούπολη



Σχήμα Α.11: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στη Λάρισα



Σχήμα Α.12: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην Πάτρα



Σχήμα Α.13: Ολική πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στην Κοζάνη

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πίνακας Β.1: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης

Πόλη		Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)					Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)								
		Σενάριο 1		Σενάριο 2			Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5			Σενάριο 6	
Αλεξανδρούπολη	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	12,3	18,9	14,0	17,2	20,5	11,7	15,0	13,2	19,7	14,9	18,1	21,5	12,6	15,8
	YP (yrs)	9,4	5,4	8,2	6,2	5,0	9,8	7,1	8,7	5,2	7,6	5,9	4,8	9,0	6,7
	NPV (€)	11272	29182	79567	121544	162841	426242	852041	13724	30990	91451	131825	171917	546825	951413
	B/C	1,13	1,27	1,20	1,27	1,31	1,11	1,19	1,17	1,29	1,24	1,30	1,34	1,15	1,22
Κομοτηνή	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	12,0	18,6	13,7	16,8	20,2	11,4	14,7	12,9	19,4	14,6	17,8	21,2	12,3	15,5
	YP (yrs)	9,6	5,5	8,4	6,3	5,1	11,1	7,3	8,9	5,3	7,8	6,0	4,9	9,3	6,9
	NPV (€)	10137	27950	73719	115513	156447	375164	800339	12586	29739	85592	125698	165428	495452	898878
	B/C	1,12	1,26	1,19	1,26	1,30	1,10	1,18	1,16	1,28	1,22	1,29	1,33	1,13	1,21
Ξάνθη	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	12,1	18,6	13,8	16,9	20,3	11,5	14,7	12,9	19,5	14,7	17,8	21,2	12,4	15,6
	YP (yrs)	9,5	5,5	8,3	6,3	5,1	10,0	7,2	8,9	5,3	7,8	6,0	4,9	9,2	6,8
	NPV (€)	10387	28182	74942	116691	157624	386510	810835	12832	29974	86804	126885	166614	506649	909440
	B/C	1,12	1,26	1,19	1,26	1,31	1,10	1,18	1,16	1,28	1,23	1,29	1,33	1,14	1,21

Πίνακας Β.1: (συνέχεια)

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47° C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45° C)								
	Σενάριο 1		Σενάριο 2			Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5			Σενάριο 6		
Καβάλα	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	12,6	19,1	14,3	17,4	20,8	12,0	15,2	13,5	20,0	15,2	18,4	21,8	12,9	16,1
	YP (yrs)	9,1	5,4	8,0	6,1	5,0	9,6	7,0	8,5	5,2	7,5	5,8	4,7	8,8	6,6
	NPV (€)	11909	29447	82174	123286	163857	455985	871529	14348	31253	10297	133553	172919	575710	970774
	B/C	1,14	1,27	1,21	1,27	1,32	1,12	1,20	1,18	1,30	1,25	1,31	1,35	1,16	1,23
Δράμα	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	12,2	18,7	13,9	17,0	20,4	11,6	14,8	13,1	19,6	14,8	18,0	21,4	12,5	15,7
	YP (yrs)	9,4	5,5	8,2	6,3	5,0	9,9	7,2	8,8	5,2	7,7	5,9	4,8	9,1	6,8
	NPV (€)	10642	28252	75933	117244	157815	398357	817757	13079	30043	87757	127434	166801	518261	916320
	B/C	1,13	1,26	1,20	1,26	1,31	1,11	1,19	1,16	1,29	1,23	1,29	1,34	1,14	1,22

Πίνακας Β.2: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας

Πόλη		Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)					
		Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6	
Σέρρες	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	12,5	15,7	14,2	17,4	8,9	11,9	13,4	16,6	15,1	18,3	9,2	12,3
	YP (yrs)	9,2	6,8	8,0	6,1	12,5	9,6	8,6	6,4	7,5	5,8	12,0	8,9
	NPV (€)	11742	20698	81352	122488	-10069	448371	14184	22745	93190	132759	23753	463333
	B/C	1,14	1,22	1,21	1,27	1,00	1,12	1,18	1,25	1,25	1,30	1,01	1,13
Κιλκίς	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	13,7	16,8	15,4	18,5	10,0	13,1	14,6	17,7	16,3	19,5	10,9	14,0
	YP (yrs)	8,4	6,4	7,4	5,8	12,0	8,8	7,8	6,0	6,9	5,5	11,6	8,1
	NPV (€)	15324	24021	98729	139099	164461	611294	17745	26102	110514	149537	304394	730135
	B/C	1,19	1,26	1,26	1,31	1,05	1,16	1,22	1,29	1,30	1,35	1,10	1,20
Θεσσαλονίκη	Επιδότηση	40%	30%	40%	20%	30%	40%	30%	40%	20%	30%		
	IRR (%)	13,7	12,2	15,4	7,4	10,0	14,6	13,2	16,3	8,2	10,9		
	YP (yrs)	8,4	10,8	7,4	13,5	12,0	7,8	9,3	6,9	13,0	11,6		
	NPV (€)	15321	55006	98712	-297285	164298	17746	69113	110520	-139721	304457		
	B/C	1,19	1,17	1,26	0,89	1,05	1,22	1,22	1,30	0,94	1,10		

Πίνακας Β.2: (συνέχεια)

Πόλη		Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ^o C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ^o C)					
		Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6	
Πολύγυρος	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	15,0	18,2	15,8	19,0	11,3	14,4	16,0	19,1	17,8	21,0	12,3	15,4
	YP (yrs)	7,6	5,9	7,6	5,8	11,4	7,9	7,1	5,6	6,3	5,1	10,8	7,3
	NPV (€)	19861	28430	111790	153577	381630	816950	22267	30552	133038	172042	523576	934467
	B/C	1,24	1,30	1,29	1,35	1,12	1,22	1,28	1,33	1,36	1,40	1,17	1,26
Βέροια	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	14,7	17,8	16,4	19,6	10,9	14,1	15,6	18,8	17,4	20,6	11,9	15,0
	YP (yrs)	7,8	6,0	6,9	5,4	11,6	8,1	7,3	5,7	6,4	5,2	11,2	7,5
	NPV (€)	18649	27241	115153	155379	323070	761977	21065	29363	127024	166027	465050	880366
	B/C	1,23	1,29	1,30	1,35	1,10	1,20	1,27	1,32	1,34	1,38	1,15	1,24
Έδεσσα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	14,3	17,4	16,0	19,1	10,5	13,6	15,2	18,3	16,9	20,1	11,5	14,6
	YP (yrs)	8,0	6,1	7,1	5,6	11,7	8,4	7,5	5,8	6,6	5,3	11,4	7,8
	NPV (€)	17352	26027	108769	149252	256603	701601	19773	28133	120605	159822	397815	820345
	B/C	1,21	1,27	1,28	1,33	1,08	1,19	1,25	1,31	1,32	1,37	1,13	1,22
Κατερίνη	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	16,6	19,8	18,4	21,7	12,9	16,0	17,6	20,8	19,5	22,8	13,9	17,0
	YP (yrs)	6,8	5,4	6,1	4,9	9,7	7,1	6,4	5,1	5,7	4,7	8,8	6,6
	NPV (€)	25113	33622	147270	187471	633467	1052287	27554	35819	159505	198501	774410	1170896
	B/C	1,31	1,36	1,38	1,42	1,20	1,28	1,35	1,39	1,43	1,46	1,25	1,32

Πίνακας Β.3: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας

Πόλη		Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)					
		Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6	
Καστοριά	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	15,8	18,9	17,5	20,7	12,0	15,1	16,7	19,9	18,5	21,8	13,0	16,1
	YP (yrs)	7,2	5,7	6,4	5,1	11,1	7,5	6,8	5,4	6,0	4,9	9,5	7,0
	NPV (€)	22428	31040	134214	174785	501185	932732	24847	33200	146260	185626	642665	1050803
	B/C	1,27	1,33	1,34	1,39	1,16	1,25	1,31	1,36	1,39	1,43	1,21	1,29
Κοζάνη	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	15,4	18,6	17,1	20,3	11,6	14,8	16,3	19,5	18,1	21,4	12,6	15,7
	YP (yrs)	7,4	5,8	6,6	5,2	11,3	7,7	6,9	5,5	6,1	5,0	9,9	7,2
	NPV (€)	21137	29728	127549	167970	438964	873101	23545	31866	139483	178700	580714	990906
	B/C	1,26	1,31	1,33	1,38	1,14	1,23	1,30	1,35	1,37	1,41	1,19	1,27
Γρεβενά	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	15,1	18,3	16,8	20,0	11,4	14,5	16,0	19,2	17,8	21,1	12,3	15,5
	YP (yrs)	7,5	5,9	6,7	5,3	11,4	7,9	7,1	5,6	6,3	5,0	10,6	7,3
	NPV (€)	20179	28786	122784	163208	392564	829751	22593	30920	134700	173917	534960	947854
	B/C	1,25	1,30	1,32	1,36	1,12	1,22	1,28	1,34	1,36	1,40	1,17	1,26
Φλώρινα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	16,1	19,3	17,9	21,2	12,4	15,5	17,1	20,3	19,0	22,2	13,4	16,5
	YP (yrs)	7,0	5,5	6,2	5,0	10,3	7,3	6,6	5,3	5,9	4,8	9,2	6,8
	NPV (€)	23758	32359	140885	181456	565768	992857	26178	34529	152979	192345	706336	1110799
	B/C	1,29	1,34	1,36	1,40	1,18	1,26	1,33	1,37	1,41	1,44	1,23	1,30

Πίνακας Β.4: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ηπείρου

Πόλη		Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)							
		Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6			
Ιωάννινα	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	14,1	20,6	15,8	18,9	22,4	13,4	16,6	15,0	21,5	16,7	19,9	23,4	14,4	17,6
	YP (yrs)	8,1	5,0	7,2	5,6	4,6	8,5	6,4	7,6	4,8	6,7	5,3	4,4	7,9	6,1
	NPV (€)	16790	34096	106010	146659	187222	675052	1079073	19211	35956	117837	157201	196561	793854	1180734
	B/C	1,20	1,32	1,27	1,33	1,37	1,18	1,25	1,24	1,34	1,31	1,36	1,4	1,22	1,28
Ηγουμενίτσα	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	13,3	19,8	15,0	18,2	21,6	12,7	15,9	14,2	20,7	16,0	19,1	22,6	13,6	16,8
	YP (yrs)	8,6	5,2	7,6	5,9	4,8	9,0	6,7	8,0	5,0	7,1	5,6	4,6	8,4	6,3
	NPV (€)	14310	31712	93777	134604	175168	562625	971921	16750	33555	105641	145060	184419	682342	1072806
	B/C	1,17	1,29	1,24	1,30	1,34	1,15	1,22	1,21	1,32	1,28	1,33	1,37	1,19	1,25
Άρτα	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	12,9	19,4	14,5	17,7	21,1	12,2	15,4	13,8	20,3	15,5	18,6	22,1	13,2	16,3
	YP (yrs)	8,9	5,3	7,9	6,0	4,9	9,4	6,9	8,3	5,1	7,3	5,7	4,7	8,7	6,5
	NPV (€)	12687	29985	85317	125933	166126	486901	896409	15123	31804	97149	136272	175261	606704	996298
	B/C	1,16	1,28	1,22	1,28	1,33	1,13	1,21	1,19	1,31	1,26	1,32	1,36	1,17	1,24
Πρέβεζα	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	13,4	20,0	15,1	18,2	21,7	12,8	16,0	14,3	20,9	16,1	19,2	22,7	13,7	16,9
	YP (yrs)	8,5	5,2	7,5	5,8	4,8	8,9	6,7	8,0	4,9	7,0	5,5	4,6	8,3	6,3
	NPV (€)	14509	31720	94286	134711	174904	569674	974532	16936	33558	106102	145139	184128	688917	1075195
	B/C	1,18	1,30	1,24	1,30	1,35	1,15	1,23	1,21	1,32	1,28	1,34	1,38	1,19	1,26

Πίνακας Β.5: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Θεσσαλίας

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)						
	Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6		
Λάρισα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	13,6	16,8	15,3	18,5	9,9	13,0	14,5	17,7	16,3	19,4	10,8	13,9
	YP (yrs)	8,4	6,4	7,4	5,8	12,0	8,8	7,9	6,0	6,9	5,5	11,7	8,2
	NPV (€)	15162	23850	97516	137887	151956	599308	17586	25932	109321	148336	292003	718433
	B/C	1,19	1,25	1,25	1,31	1,05	1,16	1,22	1,28	1,29	1,34	1,09	1,20
Τρίκαλα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	13,9	17,1	15,6	18,8	10,2	13,3	14,8	18,0	16,6	19,8	11,1	14,2
	YP (yrs)	8,2	6,3	7,3	5,7	11,9	8,6	7,7	5,9	6,8	5,4	11,5	8,0
	NPV (€)	16041	24642	101617	141706	195598	638577	18456	26729	113402	152181	335891	757139
	B/C	1,20	1,26	1,27	1,32	1,06	1,17	1,23	1,29	1,31	1,35	1,11	1,21
Καρδίτσα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	13,7	16,9	15,4	18,5	10,0	13,1	14,6	17,8	16,3	19,5	10,9	14,0
	YP (yrs)	8,4	6,3	7,4	5,8	12,0	8,8	7,8	6,0	6,9	5,5	11,6	8,1
	NPV (€)	15340	23966	98156	138289	162308	606714	17759	26046	109941	148729	302254	725563
	B/C	1,19	1,26	1,26	1,31	1,05	1,16	1,23	1,29	1,3	1,35	1,10	1,20
Βόλος	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	14,5	17,7	16,2	19,4	10,7	13,8	15,4	18,6	17,2	20,4	11,7	14,8
	YP (yrs)	7,9	6,1	7,0	5,5	11,7	8,2	7,4	5,7	6,5	5,2	11,3	7,7
	NPV (€)	17913	26456	110872	150882	284997	723453	20326	28566	122700	161468	426370	841775
	B/C	1,22	1,28	1,29	1,34	1,09	1,19	1,26	1,31	1,33	1,38	1,14	1,23

Πίνακας Β.6: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδος

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)								
	Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6				
Μεσολόγγι	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	13,7	20,2	15,4	18,5	21,9	13,1	16,2	14,6	21,2	16,3	19,5	23,0	14,0	17,2
	YP (yrs)	8,4	5,1	7,4	5,8	4,7	8,8	6,6	7,8	4,9	6,9	5,5	4,5	8,1	6,2
	NPV (€)	15331	32407	98115	138249	178222	606339	1007077	17757	34252	109929	148717	187485	725453	1108070
	B/C	1,19	1,31	1,26	1,31	1,36	1,16	1,23	1,23	1,33	1,30	1,35	1,39	1,20	1,27
Πάτρα	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	14,1	20,6	15,7	18,9	22,3	13,4	16,6	15,0	21,5	16,7	19,9	23,4	14,4	17,5
	YP (yrs)	8,1	5,0	7,2	5,6	4,6	8,5	6,4	7,6	4,8	6,7	5,3	4,4	7,9	6,1
	NPV (€)	16512	33544	103939	143999	183972	659912	1058191	18930	35402	115756	154530	193298	778617	1159742
	B/C	1,20	1,32	1,27	1,33	1,37	1,18	1,25	1,24	1,34	1,31	1,36	1,40	1,22	1,28
Πύργος	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	14,3	20,8	16,0	19,2	22,6	13,6	16,8	15,2	21,8	17,0	20,2	23,6	14,6	17,8
	YP (yrs)	8,0	5,0	7,1	5,6	4,6	8,4	6,3	7,5	4,7	6,6	5,3	4,4	7,8	6,0
	NPV (€)	17371	34482	108424	148677	188871	699522	1098694	19795	36353	120282	159271	198261	818439	1200815
	B/C	1,21	1,32	1,28	1,33	1,37	1,19	1,25	1,25	1,35	1,32	1,37	1,41	1,23	1,29

Πίνακας Β.7: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)						
	Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6		
Λαμία	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	14,3	17,5	16,0	19,1	10,5	13,6	15,2	18,4	17,0	20,2	11,5	14,6
	YP (yrs)	8,0	6,1	7,1	5,6	11,8	8,4	7,5	5,8	6,6	5,3	11,4	7,8
	NPV (€)	17262	25824	107651	147683	253825	693916	19678	27926	119466	158235	394870	812454
	B/C	1,21	1,28	1,28	1,33	1,08	1,19	1,25	1,31	1,32	1,37	1,13	1,22
Καρπενήσι	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	15,2	18,0	17,9	21,2	12,4	15,5	17,1	20,3	19,0	22,2	13,4	16,5
	YP (yrs)	7,2	5,8	6,2	5,0	10,3	7,3	6,6	5,2	5,9	4,8	9,2	6,8
	NPV (€)	19023	26308	138586	178559	554309	975264	25871	34079	150578	189347	693913	1092292
	B/C	1,23	1,28	1,36	1,40	1,18	1,26	1,33	1,38	1,41	1,44	1,23	1,3
Άμφισσα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	14,5	17,7	16,5	19,4	10,7	13,9	15,4	18,6	17,2	20,4	11,7	14,8
	YP (yrs)	7,9	6,1	7,0	5,5	11,7	8,2	7,4	5,7	6,5	5,2	11,3	7,6
	NPV (€)	17963	26505	111118	151127	287383	725714	20370	28610	122921	161690	428532	843786
	B/C	1,22	1,28	1,29	1,34	1,09	1,19	1,26	1,31	1,33	1,38	1,14	1,23

Πίνακας Β.7: (συνέχεια)

Πόλη		Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)					
		Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6	
Λιβαδέα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	14,8	17,9	16,5	19,7	11,0	14,1	15,7	18,9	17,5	20,7	12,0	15,1
	YP (yrs)	7,7	6,0	6,8	5,4	11,6	8,1	7,2	5,7	6,4	5,1	11,1	7,5
	NPV (€)	18775	27267	115127	154973	329370	763638	21193	29393	127014	165640	471536	882107
	B/C	1,23	1,29	1,30	1,35	1,10	1,21	1,27	1,32	1,34	1,39	1,15	1,25
Χαλκίδα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	16,8	20,0	18,6	21,9	13,1	16,2	17,8	21,0	19,7	23,0	14,1	17,2
	YP (yrs)	6,7	5,3	6,0	4,9	9,5	7,0	6,3	5,1	5,6	4,6	8,6	6,5
	NPV (€)	25353	33697	147821	187289	652592	1061720	27786	35888	160023	198286	792570	1179819
	B/C	1,32	1,37	1,39	1,43	1,21	1,29	1,36	1,40	1,44	1,47	1,26	1,33
Αθήνα	Επιδότηση	40%		30%	40%	20%	30%	40%		30%	40%	20%	30%
	IRR (%)	17,7		16,4	19,5	11,0	13,9	18,7		17,6	20,6	12,0	15,0
	YP (yrs)	6,3		7,2	5,7	11,7	8,8	6,0		6,7	5,3	11,4	8,0
	NPV (€)	28148		122120	161950	346998	786010	30615		135997	174327	508082	925473
	B/C	1,35		1,38	1,43	1,14	1,25	1,39		1,44	1,48	1,21	1,31

Πίνακας Β.8: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Πελοποννήσου

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ^o C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ^o C)								
	Σενάριο 1		Σενάριο 2			Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5			Σενάριο 6		
Κόρινθος	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	16,2	22,8	18,0	21,2	24,7	15,6	18,7	17,2	23,8	19,0	22,3	25,8	16,6	19,8
	YP (yrs)	7,0	4,5	6,2	5,0	4,2	7,3	5,7	6,5	4,3	5,8	4,8	4,0	6,8	5,4
	NPV (€)	23458	40250	138490	178178	217866	976736	1363880	25877	42180	150587	189071	227554	1094593	1468651
	B/C	1,29	1,38	1,36	1,41	1,44	1,26	1,32	1,33	1,41	1,41	1,44	1,47	1,31	1,35
Ναύπλιο	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	15,7	22,3	17,4	20,6	24,1	15,0	18,2	16,6	23,3	18,4	21,7	25,2	16,0	19,2
	YP (yrs)	7,2	4,6	6,4	5,2	4,3	7,6	5,9	6,8	4,5	6,0	4,9	4,1	7,0	5,5
	NPV (€)	21837	38758	130389	170362	210335	901290	1292527	24255	40674	142421	181189	219958	1019428	1396717
	B/C	1,27	1,37	1,34	1,39	1,42	1,24	1,30	1,31	1,40	1,38	1,42	1,45	1,28	1,33
Τρίπολη	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	16,5	23,1	18,3	21,5	25,0	15,8	19,0	17,5	24,1	19,3	22,6	26,1	16,8	20,0
	YP (yrs)	16,8	4,5	6,1	4,9	4,1	7,1	5,6	6,4	4,3	5,7	4,7	4,0	6,7	5,3
	NPV (€)	24577	41479	144148	184121	224094	1025266	1414825	26996	43413	156270	195038	233807	1143002	1519818
	B/C	1,30	1,39	1,38	1,42	1,45	1,27	1,33	1,34	1,42	1,42	1,45	1,48	1,32	1,36

Πίνακας Β.8: (συνέχεια)

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47° C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45° C)								
	Σενάριο 1		Σενάριο 2			Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5			Σενάριο 6		
Καλαμάτα	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	15,0	21,6	16,8	20,0	23,4	14,4	17,6	16,0	22,6	17,8	21,0	24,5	15,4	18,6
	YP (yrs)	7,6	4,8	6,7	5,3	4,4	7,9	6,1	7,1	4,6	6,3	5,1	4,2	7,4	5,7
	NPV (€)	19835	36903	120844	161050	201250	813506	1209008	22254	38798	132773	171769	210765	931863	1312239
	B/C	1,24	1,35	1,31	1,36	1,40	1,22	1,28	1,28	1,37	1,36	1,40	1,43	1,26	1,31
Σπάρτη	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	15,4	22,0	17,2	20,4	23,8	14,8	17,9	16,4	23,0	18,2	21,4	24,9	15,8	18,9
	YP (yrs)	7,4	4,7	6,5	5,2	4,3	7,7	5,9	6,9	4,5	6,1	5,0	4,2	7,2	5,6
	NPV (€)	21120	38166	127239	167440	207641	871706	1265809	23539	40074	139229	178225	217221	989948	1369627
	B/C	1,26	1,36	1,33	1,38	1,41	1,23	1,29	1,30	1,39	1,37	1,41	1,44	1,27	1,33

Πίνακας Β.9: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47° C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45° C)								
	Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6				
Μοτιλιάνη	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	18,7	25,5	20,8	24,1	27,7	18,6	21,8	19,7	26,6	21,9	25,3	28,9	19,7	23,0
	YP (yrs)	6,0	4,1	5,3	4,4	3,8	6,0	4,9	5,6	3,9	5,0	4,2	3,6	5,6	4,6
	NPV (€)	32796	50059	187836	228421	269006	1471918	1866509	35290	52072	200355	239736	279116	1592949	1975496
	B/C	1,40	1,46	1,48	1,51	1,53	1,39	1,43	1,44	1,49	1,53	1,55	1,57	1,43	1,47
Χίος	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	19,8	26,6	22,0	25,4	28,9	19,7	23,0	20,8	27,7	23,2	26,6	30,2	20,8	24,2
	YP (yrs)	5,6	3,9	5,0	4,2	3,6	5,6	4,6	5,3	3,8	4,7	4,0	3,4	5,3	4,4
	NPV (€)	36544	53878	207792	248413	289033	1653496	2048123	39089	55941	220565	259981	299397	1776812	2159395
	B/C	1,44	1,50	1,53	1,55	1,57	1,44	1,47	1,48	1,53	1,58	1,60	1,61	1,48	1,51
Σάμος	Επιδότηση	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	40%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
	IRR (%)	19,6	26,4	21,7	25,0	28,6	19,4	22,7	20,6	27,5	22,9	26,2	29,8	20,5	23,8
	YP (yrs)	5,7	3,9	5,1	4,2	3,6	5,7	4,7	5,4	3,8	4,8	4,0	3,5	5,4	4,4
	NPV (€)	35665	52913	202141	242719	283297	1600265	1994849	38197	54964	214851	254224	293598	1723014	2105554
	B/C	1,43	1,49	1,52	1,54	1,56	1,42	1,46	1,48	1,52	1,57	1,58	1,59	1,47	1,50

Πίνακας Β.10: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)						
	Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6		
Ρόδος	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	22,0	25,4	24,3	27,8	18,8	21,9	23,2	26,6	25,6	29,1	19,9	23,1
	ΥΡ (yrs)	5,0	4,2	4,5	3,8	6,2	5,0	4,7	4,0	4,2	3,6	5,7	4,7
	NPV (€)	44361	52992	246313	286898	1603596	1998213	47009	55400	259613	298993	1743719	2126266
	B/C	1,54	1,55	1,63	1,64	1,50	1,53	1,58	1,60	1,69	1,69	1,56	1,58
Ερμούπολη	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	20,4	23,7	22,6	26,0	17,2	20,3	21,5	24,9	23,8	27,3	18,3	21,4
	ΥΡ (yrs)	5,4	4,5	4,8	4,1	6,9	5,4	5,1	4,3	4,6	3,9	6,4	5,1
	NPV (€)	38156	46659	214493	254494	1324521	1714991	40710	48973	227316	266113	1461750	1838758
	B/C	1,47	1,50	1,56	1,57	1,42	1,46	1,51	1,54	1,61	1,62	1,48	1,51

Πίνακας Β.11: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Κρήτης

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)						
	Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6		
Χανιά	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	18,9	22,1	21,0	24,3	15,7	18,8	19,9	23,2	22,1	25,5	16,8	19,9
	YP (yrs)	5,9	4,8	5,2	4,4	7,6	5,9	5,6	4,6	4,9	4,1	7,1	5,6
	NPV (€)	33085	41646	189272	229501	1089718	1487308	35579	43898	201786	240811	1227007	1608297
	B/C	1,40	1,44	1,49	1,52	1,34	1,40	1,45	1,48	1,54	1,56	1,40	1,44
Ρέθυμνο	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	19,9	23,2	22,1	25,4	16,7	19,8	21,0	24,3	23,3	26,7	17,8	20,9
	YP (yrs)	5,6	4,6	5,0	4,2	7,1	5,6	5,3	4,4	4,7	4,0	6,6	5,3
	NPV (€)	36527	45087	206674	246903	1250103	1643931	39066	47385	219414	258442	1387392	1766792
	B/C	1,44	1,48	1,54	1,55	1,39	1,44	1,49	1,51	1,59	1,60	1,45	1,49
Ηράκλειο	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	19,7	23,0	21,9	25,3	16,5	19,6	20,8	24,1	23,1	26,5	17,7	20,8
	YP (yrs)	5,6	4,6	5,0	4,2	7,2	5,6	5,3	4,4	4,7	4,0	6,6	5,3
	NPV (€)	36050	44610	204261	244490	1227947	1622214	38582	46901	216970	255994	1365219	1744946
	B/C	1,44	1,47	1,53	1,55	1,39	1,43	1,48	1,51	1,58	1,59	1,44	1,48
Άγιος Νικόλαος	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	21,3	24,6	23,6	27,0	18,1	21,2	22,4	25,8	24,8	28,3	19,2	22,4
	YP (yrs)	5,2	4,3	4,6	3,9	6,5	5,2	4,9	4,1	4,4	3,7	6,0	4,9
	NPV (€)	41392	49952	231272	271501	1473916	1865313	43991	52310	244322	283347	1612134	1991123
	B/C	1,5	1,53	1,60	1,61	1,46	1,50	1,55	1,57	1,65	1,66	1,52	1,55

Πίνακας Β.12: Τιμές κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων στη Φ/Β τεχνολογία στις πρωτεύουσες των νομών της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων

Πόλη	Μονοκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 15\%$, NOCT = 47 ⁰ C)						Πολυκρυσταλλικού πυριτίου ($\alpha = 13\%$, NOCT = 45 ⁰ C)						
	Σενάριο 1		Σενάριο 2		Σενάριο 3		Σενάριο 4		Σενάριο 5		Σενάριο 6		
Κέρκυρα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	14,1	17,2	15,8	19,0	10,4	13,5	15,0	18,1	16,8	20,0	11,3	14,4
	YP (yrs)	8,1	6,2	7,2	5,6	11,8	8,5	7,6	5,9	6,7	5,3	11,4	7,9
	NPV (€)	16873	25600	106625	147275	233170	681082	19304	27711	118501	157871	374644	800316
	B/C	1,20	1,27	1,27	1,33	1,07	1,18	1,24	1,30	1,31	1,36	1,12	1,22
Λευκάδα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	13,1	16,3	14,8	17,9	9,4	12,5	14,0	17,1	15,7	18,9	10,3	13,4
	YP (yrs)	8,8	6,6	7,7	6,0	12,3	9,2	8,2	6,2	7,2	5,6	11,8	8,5
	NPV (€)	13424	22196	89163	129696	71675	522755	15864	24267	101009	140091	212015	642617
	B/C	1,16	1,24	1,23	1,29	1,02	1,14	1,20	1,27	1,27	1,32	1,07	1,18
Αργολίδα	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	13,8	16,9	15,5	18,7	10,1	13,2	14,7	17,8	16,5	19,7	11,1	14,2
	YP (yrs)	8,3	6,3	7,3	5,7	11,9	8,6	7,8	6,0	6,8	5,4	11,5	8,0
	NPV (€)	15742	24448	101409	141768	191509	637207	18176	26545	113256	152294	332297	756353
	B/C	1,19	1,26	1,26	1,32	1,06	1,17	1,23	1,29	1,30	1,35	1,11	1,21
Ζάκυνθος	Επιδότηση	40%	50%	40%	50%	30%	40%	40%	50%	40%	50%	30%	40%
	IRR (%)	14,2	17,3	15,9	19,1	10,5	13,6	15,1	18,2	16,9	20,1	11,4	14,6
	YP (yrs)	8,1	6,2	7,1	5,6	11,8	8,4	7,6	5,9	6,6	5,3	11,4	7,8
	NPV (€)	16975	25637	107487	147782	250104	692954	19402	27747	119346	158371	391504	811931
	B/C	1,21	1,27	1,28	1,33	1,08	1,18	1,24	1,30	1,32	1,37	1,13	1,22

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ