



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



Οικονομοτεχνική Ανάλυση Διασυνδεδεμένης Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης Σε Νησιωτικά Και Ηπειρωτικά Συστήματα

**ΛΕΜΟΝΙΑ ΑΝΤΩΝΙΑΔΟΥ
ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ ΠΑΛΟΓΟΥ**

Επιβλέπων Καθηγητής
Κατσιγιαννης Ιωάννης

Χανιά
Σεπτέμβριος 2009

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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

Η παρούσα εργασία διαπραγματεύεται τη χρησιμοποίηση μίας μορφής ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τα συστήματα αυτά δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν απευθείας σε ηλεκτρική, μέσω κατάλληλων διατάξεων. Στην εργασία αυτή περιγράφεται η πρόοδος που σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια στη χρησιμοποίηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς και το ερευνητικό ενδιαφέρον που υπάρχει σήμερα ως προς την ανάπτυξη όλο και πιο αποδοτικών φωτοβολταϊκών στοιχείων, τα οποία αποτελούν τη μικρότερη λειτουργική μονάδα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Περιγράφονται επίσης όλα τα επιμέρους τμήματα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.

Ακόμα, στην εργασία περιγράφεται με πολύ μεγάλη λεπτομέρεια μία μεθοδολογία αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα, με στόχο να δοθεί απάντηση στο ερώτημα του κατά πόσο είναι οικονομικά αποδοτική η χρησιμοποίηση τέτοιων συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεθοδολογία χρησιμοποιείται για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών στην περιοχή των Χανίων και των Σερρών. Οι σταθμοί αυτοί θεωρήθηκε ότι θα διασυνδέονται με το απομονωμένο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης (για την περιοχή των Χανίων), και το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής Ελλάδας (για την περιοχή των Σερρών), τα οποία και θα απορροφούν όλη την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς.

ABSTRACT

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

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

Moreover, this thesis analytically describes a methodology for the economic evaluation of investment plans for the production of electrical power from photovoltaic systems, in order to give an answer to the question of how profitable is the use of photovoltaic systems. This methodology is applied to Chania and Serres, in order to evaluate the installation of photovoltaic stations in those areas. It was assumed that the photovoltaic stations will be connected to the isolated power distribution system of Crete for the case of Chania, and to the interconnected power distribution system of Greece for the case of Serres, which will absorb all the produced power of the photovoltaic stations.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας	1
1.3 Δομή συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας	2
1.3.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	3
1.3.2 Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας	5
1.3.3 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας	5
1.3.4 Φορτία	6
1.4 Σκοπός εργασίας	7
1.5 Δομή εργασίας	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	9
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο	9
2.3 Υλικά κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων	9
2.3.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου	10
2.3.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα δεύτερης γενιάς	11
2.3.3 Φωτοβολταϊκά συστήματα τρίτης γενιάς	13
2.4 Συνδυασμένες διατάξεις ηλιακών στοιχείων	13
2.5 Τμήματα φ/β συστήματος	14
2.5.1 Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο	14
2.5.2 Φωτοβολταϊκά πάνελ και συστοιχίες	16
2.5.3 Φωτοβολταϊκά πάρκα	17
2.5.4 Φωτοβολταϊκή γεννήτρια	18
2.6 Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις	18
2.6.1 Συνδεσμολογία φ/β συστοιχειών	19
2.6.2 Μετατροπές DC-DC	19
2.6.3 Μετατροπές DC-AC	20
2.6.4 Συστήματα συσσώρευσης	21
2.6.5 Γενική διάταξη φ/β εγκαταστάσεων	21

2.7	Κατηγορίες φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	22
-----	--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΟ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ **24**

3.1	Εισαγωγή	24
3.2	Η ρυθμιστική αρχή ενέργειας	24
3.3	Νόμοι και οδηγίες για ΑΠΕ	25
3.3.1	Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου	25
3.3.2	Νόμος 3299/04 (αναπτυξιακός νόμος) με τις τροποποιήσεις του νόμου 3522/06	26
3.3.3	Νόμος 3468/06 για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	29
3.3.4	Νόμος 3734/09 για την προώθηση της συμπαραγωγής	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΡΙΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETScreen **33**

4.1	Εισαγωγή	33
4.2	Γενική παρουσίαση του RETScreen	33
4.3	Το ενεργειακό μοντέλο	34
4.3.1	Χαρακτηριστικά του συστήματος και της πηγής ισχύος	35
4.3.2	Επιμέρους χαρακτηριστικά	35
4.3.3	Χαρακτηριστικά του συστήματος συσσώρευσης ενέργειας	35
4.3.4	Χαρακτηριστικά του φ/β πλαισίου	36
4.3.5	Χαρακτηριστικά της επιπλέον γεννήτριας	36
4.3.6	Εκτιμήσεις επιμέρους χαρακτηριστικών	36
4.4	Ηλιακή παραγωγή και φορτίο του συστήματος	37
4.4.1	Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης τοποθεσίας και προσανατολισμού του φ/β πλαισίου	37
4.4.2	Μηνιαία χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιόδου	37
4.4.3	Χαρακτηριστικά φορτίου των εφαρμογών	37
4.4.3.1	Περίπτωση φ/β συστήματος άντλησης νερού	38
4.5	Το φύλλο ανάλυσης κόστους	39
4.5.1	Αρχικά κόστη	39
4.5.2	Ετήσια κόστη	40
4.5.3	Περιοδικά κόστη	41

4.6	Η ανάλυση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου	41
4.7	Χρηματοοικονομική ανάλυση	42
4.7.1	Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο	42
4.7.2	Χρηματοοικονομικές παράμετροι	42
4.7.3	Κόστη επενδύσεων	43
4.7.4	Χρηματοοικονομική εφικτότητα	44
4.7.4.1	Κριτήριο απλής επανεισπραξης	45
4.7.4.2	Καθαρή παρούσα αξία	45
4.7.4.3	Ταμειακές ροές	46
4.7.4.4	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης IRR	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ 47

5.1	Εισαγωγή	47
5.2	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% βασικό σενάριο	47
5.3	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 30%- 30%	53
5.4	Σχήμα χρηματοδότησης 0%- 60%- 40%	56
5.5	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% με κλίση των φ/β στις 35°	60
5.6	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% με σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε έναν οριζόντιο άξονα	62
5.7	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% με σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε δύο άξονες	67
5.8	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% με σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε έναν κάθετο άξονα (κίνηση αζιμούθιου)	71
5.9	Συμπεράσματα	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ 76

6.1	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% βασικό σενάριο	76
6.2	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 30%- 30%	82
6.3	Σχήμα χρηματοδότησης 0%- 60%- 40%	85
6.4	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% με κλίση των φ/β στις 35°	87

6.5	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% με σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε έναν οριζόντιο άξονα	91
6.6	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% με σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε δύο άξονες	96
6.7	Σχήμα χρηματοδότησης 40%- 40%- 20% με σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε έναν κάθετο άξονα (κίνηση αζιμούθιου)	100
6.8	Συμπεράσματα	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		106
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'		107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		112

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η παρέμβαση του ανθρώπου στο περιβάλλον δημιούργησε πολλά προβλήματα. Η ενέργεια που παραγόταν τους δύο προηγούμενους αιώνες ήταν σχεδόν εξολοκλήρου από πόρους, που εξαντλούνται διαρκώς. Αυτό οδήγησε στην επιτακτική ανάγκη να βρεθούν άλλοι τρόποι παραγωγής ενέργειας που δεν θα καταστρέφουν το περιβάλλον και δεν θα εξαντλούνται. Ένας ακόμα λόγος που δεν πρέπει να αγνοείται είναι οι οικονομικοί λόγοι που οδήγησαν στην ανεύρεση νέων τρόπων παραγωγής ενέργειας. Έγιναν πολλές προσπάθειες, μια από αυτές είναι και η πρόταση για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Στις ΑΠΕ συγκαταλέγονται η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η γεωθερμία, η βιομάζα και τέλος η ενέργεια που παράγεται από το νερό.

Χρειάζεται να αναφερθεί ότι οι ΑΠΕ έχουν και πολλά πλεονεκτήματα, με βασικότερο το ότι δεν εξαντλούνται, αλλά και μειονεκτήματα όπως ότι δεν μπορούν να έχουν σταθερή απόδοση κάθε μέρα γιατί εξαρτώνται από φυσικές δυνάμεις. Παρά τα μειονεκτήματα τους, οι ΑΠΕ έχουν σημαντική συμβολή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται με σκοπό την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιοχές κατανάλωσης, τις οποίες εξυπηρετεί το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να έχει μελετηθεί και να λειτουργεί σωστά. Επίσης, θα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

1. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε όλες τις περιοχές κατανάλωσης που εξυπηρετεί.
2. Το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να ικανοποιεί τη διαρκώς μεταβαλλόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

3. Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να παρέχει ποιοτική ηλεκτρική ενέργεια, το οποίο σημαίνει ότι θα πρέπει να διασφαλίζει σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης.
4. Το σύστημα θα πρέπει να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια με το ελάχιστο δυνατό οικονομικό κόστος και τις ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

1.3 ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από τα ακόλουθα τέσσερα κύρια μέρη:

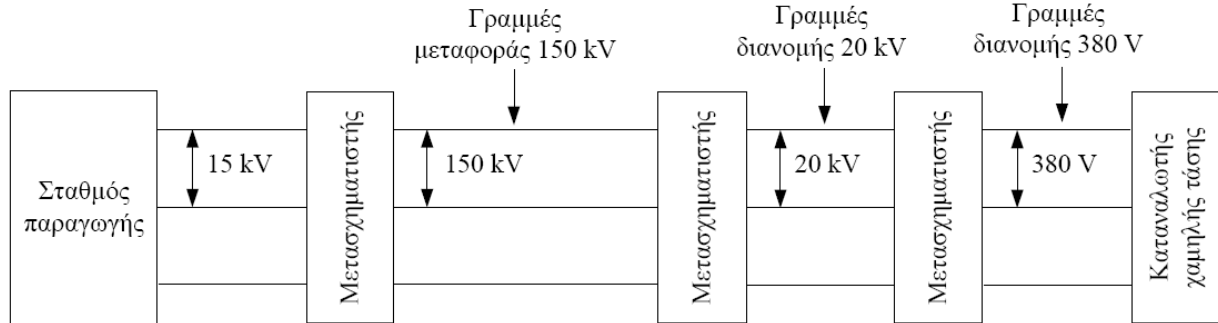
1. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
2. Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας
3. Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας
4. Φορτία

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια τριφασικών γεννητριών. Οι σταθμοί παραγωγής βρίσκονται συνήθως μακριά από τα σημεία κατανάλωσης, οπότε η ηλεκτρική ενέργεια θα πρέπει να μεταφερθεί στα σημεία κατανάλωσης με τη βοήθεια των τριφασικών γραμμών μεταφοράς.

Για να είναι οικονομική η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, θα πρέπει να γίνεται σε υψηλή τάση. Για το λόγο αυτό, η τάση εξόδου των γεννητριών (πχ 15 kV ή 20 kV) ανυψώνεται σε υψηλή τάση (πχ 150 kV ή 400 kV για την Ελλάδα) με τη βοήθεια των τριφασικών μετασχηματιστών ανύψωσης τάσης. Μετά τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (των 150 kV ή των 400 kV για την Ελλάδα) υπάρχουν οι τριφασικοί μετασχηματιστές υποβιβασμού της τάσης από την υψηλή τάση στη μέση τάση (πχ 20 kV για την Ελλάδα).

Το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από τις γραμμές διανομής μέσης τάσης (πχ 20 kV για την Ελλάδα), τους τριφασικούς μετασχηματιστές διανομής που υποβιβάζουν τη μέση τάση σε χαμηλή τάση (πχ 380 V για την Ελλάδα), και τις γραμμές διανομής χαμηλής τάσης που μεταφέρουν υπό χαμηλή τάση την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές χαμηλής τάσης.

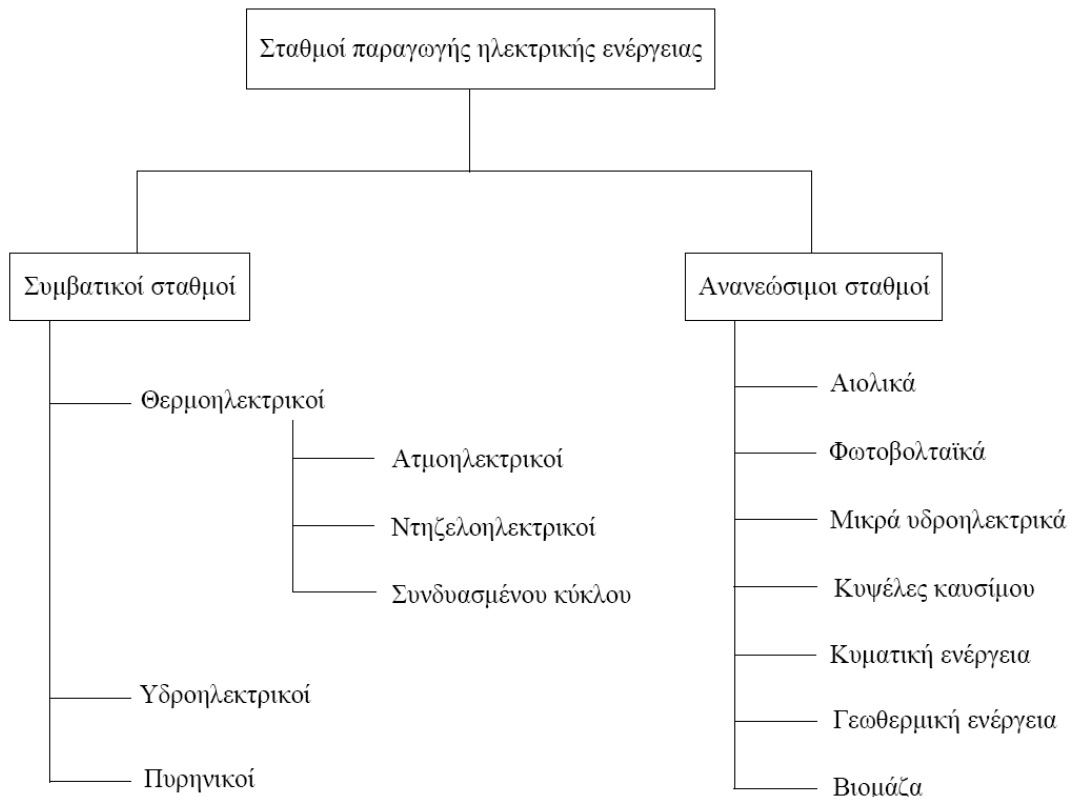
Στο Σχήμα 1.1 φαίνεται το δομικό διάγραμμα ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τάσεις στο Σχήμα 1.1 είναι χαρακτηριστικές του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ.



Σχήμα 1.1: Δομικό διάγραμμα συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

1.3.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η διαδικασία μετατροπής μίας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται από συμβατικούς σταθμούς και από σταθμούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στο Σχήμα 1.2 φαίνεται η ταξινόμηση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 1.2: ταξινόμηση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν τον ατμό ως μέσο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω ατμοστροβίλων, η οποία μηχανική ενέργεια στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών. Οι νηξελοηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν το πετρέλαιο ως μέσο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω μηχανών εσωτερικής καύσης, η οποία μηχανική ενέργεια στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών. Στους σταθμούς συνδυασμένου κύκλου υπάρχει συνδυασμός λειτουργίας αεριοστροβίλου και ατμοστροβίλου: από την ίδια αρχική πηγή ενέργειας, συνήθως φυσικό αέριο, παράγεται ηλεκτρική ενέργεια πρώτα στον αεριοστροβίλο και μετά στον ατμοστροβίλο.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί χρησιμοποιούν την κινητική και δυναμική ενέργεια του νερού ως μέσο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω υδροστροβίλων, η οποία μηχανική ενέργεια στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών. Οι πυρηνικοί σταθμοί είναι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί, όπου ο λέβητας έχει αντικατασταθεί από πυρηνικό αντιδραστήρα, στον οποίο γίνεται η πυρηνική σχάση ουρανίου ή πλουτωνίου.

Οι συμβατικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επιβαρύνουν το περιβάλλον. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι μειώνονται τα αποθέματα σε πρώτη ύλη (πετρέλαιο, λιγνίτης, φυσικό αέριο) για την παραγωγή ηλεκτρικής από συμβατικούς σταθμούς. Επιπλέον, η τιμή του πετρελαίου (πρώτη ύλη στους νηξελοηλεκτρικούς σταθμούς) έχει αυξητικές τάσεις.

Τα τελευταία χρόνια οι σταθμοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κερδίζουν έδαφος, καθώς είναι περιβαλλοντικά φιλικό και επίσης επειδή χρησιμοποιούν πηγές ενέργειας που βρίσκονται στη φύση ανεξάντλητες (πχ άνεμος, ήλιος). Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι τα αιολικά, τα φωτοβολταϊκά, τα μικρά υδροηλεκτρικά, οι κυψέλες καυσίμου, η κυματική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια και η βιομάζα. Οι σταθμοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε απομονωμένες περιοχές ή αυτόνομα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για σύνδεση με συμβατικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι κύριες μορφές είναι:

1. Η αιολική ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των ανέμων. Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό δεσμεύουν την κινητική ενέργεια του ανέμου και την μετατρέπουν είτε σε κάποια άλλη μορφή μηχανικής ενέργειας, είτε σε ηλεκτρική.
2. Οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί, όπως και οι συμβατικοί υδροηλεκτρικοί σταθμοί, αξιοποιούν την κινητική και δυναμική ενέργεια του νερού ως μέσο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω υδροστροβίλων, η οποία μηχανική ενέργεια στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί αξιοποιούν

- υδάτινα ρεύματα, για τα οποία δεν απαιτούνται μεγάλα έργα αποθήκευσης (πχ φράγματα) του νερού.
3. Η γεωθερμική ενέργεια όπου αξιοποιούνται τα θερμά νερά ή/και οι ατμοί που υπάρχουν σε υπόγειους ταμιευτήρες σε πολλές περιοχές της Γης. Τα ρευστά αυτά, όταν είναι εφικτό να αντληθούν με οικονομικά συμφέρον κόστος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε θερμικές εφαρμογές, είτε για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.
 4. Η ενέργεια από βιομάζα, δηλαδή η χημική ενέργεια που εμπεριέχεται σε κάθε υλικό που προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Η καύση της βιομάζας είτε απευθείας είτε μετατρεπόμενη σε κατάλληλο καύσιμο, αποδίδει θερμική ενέργεια, η οποία, στη συνέχεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικιλία εφαρμογών.
 5. Η υδροηλεκτρική ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μηχανικής ενέργειας του νερού των ποταμών και της μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με τη βοήθεια στροβίλων και ηλεκτρογεννητριών.

1.3.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μεταφέρει μεγάλες ποσότητες ισχύος από τους σταθμούς παραγωγής προς τα σημεία όπου γίνεται η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να συνδέει μεταξύ τους διαφορετικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, για παράδειγμα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας γειτονικών χωρών. Ακόμη, από το σύστημα μεταφοράς τροφοδοτούνται οι καταναλωτές υψηλής τάσης. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με υψηλή τάση, επειδή έχει σαν αποτέλεσμα μικρότερες ηλεκτρικές απώλειες και κατά συνέπεια οικονομικότερη λειτουργία.

1.3.3 ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι υπεύθυνο για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης. Το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από τρία υποσυστήματα:

1. Το σύστημα διανομής μέσης τάσης
2. Τους υποσταθμούς διανομής
3. Το σύστημα διανομής χαμηλής τάσης

Το σύστημα διανομής μέσης τάσης τροφοδοτείται από τους υποσταθμούς υποβιβασμού υψηλής τάσης προς μέση τάση. Το σύστημα διανομής μέσης τάσης τροφοδοτεί τόσο τους καταναλωτές μέσης τάσης όσο και τους υποσταθμούς διανομής. Οι υποσταθμοί διανομής τροφοδοτούν το σύστημα διανομής χαμηλής τάσης. Το σύστημα διανομής χαμηλής τάσης τροφοδοτεί τους καταναλωτές χαμηλής τάσης.

1.3.4 ΦΟΡΤΙΑ

Τα φορτία των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας ταξινομούνται σε βιομηχανικά, εμπορικά και οικιακά. Τα πολύ μεγάλα βιομηχανικά φορτία μπορεί να εξυπηρετούνται από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μικρά βιομηχανικά φορτία εξυπηρετούνται από το σύστημα διανομής μέσης τάσης. Τα βιομηχανικά φορτία είναι σύνθετα φορτία (έχουν ωμικό και επαγωγικό μέρος), καθώς οι κινητήρες επαγωγής αποτελούν μεγάλο τμήμα των φορτίων αυτών. Τα σύνθετα αυτά βιομηχανικά φορτία εξαρτώνται από την τάση και τη συχνότητα και αποτελούν ένα σημαντικό μέρος του φορτίου του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα εμπορικά και οικιακά φορτία αποτελούνται κυρίως από φορτία φωτισμού, θέρμανσης, και ψύξης. Τα φορτία αυτά είναι ανεξάρτητα της συχνότητας και καταναλώνουν αμελητέα άεργο ισχύ.

Η πραγματική ισχύς των φορτίων εκφράζεται σε kW ή MW. Το μέτρο του φορτίου μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η ημερήσια καμπύλη φορτίου μίας ηλεκτρικής εταιρίας είναι μία σύνθεση της ζήτησης φορτίου των διάφορων κατηγοριών καταναλωτών. Η μέγιστη τιμή του φορτίου στη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου ονομάζεται ημερήσια αιχμή φορτίου ή μέγιστο ημερήσιο φορτίο.

Ο συντελεστής φορτίου σε μία χρονική περίοδο είναι ίσος με το λόγο της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην περίοδο αυτή προς τη μέγιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που θα μπορούσε να έχει ο καταναλωτής αν ζητούσε συνεχώς το μέγιστο φορτίο της περιόδου αυτής. Ο συντελεστής φορτίου μπορεί να αφορά περίοδο μίας μέρας, ενός μήνα, ή ενός χρόνου.

Γενικά υπάρχει διαφορά στην αιχμή φορτίου μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών καταναλωτών, η οποία βελτιώνει το συνολικό συντελεστή φορτίου του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Για να λειτουργεί οικονομικά το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θα πρέπει να είναι υψηλός ο συντελεστής φορτίου του συστήματος. Τα σημερινά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν τυπικούς συντελεστές φορτίου από 55% έως 70%.

1.4 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα πτυχιακή μελετά την εγκατάσταση ενός επενδυτικού έργου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων και εξετάζει αν αυτή μπορεί να είναι αποδοτική, από οικονομικής και περιβαλλοντικής άποψης. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παράγουν ενέργεια, δεσμεύοντας την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπουν απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Για τη μελέτη του συστήματος, όλη η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αντιμετωπίζεται ως μία επένδυση (επενδυτικό έργο), έτσι ώστε να είναι εύκολο να αξιολογηθεί με τη χρήση γνωστών κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παρουσιαστεί μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία για την πραγματοποίηση της αξιολόγησης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, να παρουσιαστούν δηλαδή εκείνα τα χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού συστήματος τα οποία είναι αντιπροσωπευτικά για αυτό και να ληφθούν υπόψιν στην αξιολόγηση, ενώ παράλληλα να γίνεται η χρήση των μεθοδολογικών εκείνων εργαλείων τα οποία μπορούν να δώσουν μια εικόνα της αξιολογούμενης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Επίσης, σκοπός της εργασίας αποτελεί η εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής στην περίπτωση εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένου με το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας του νομού Χανίων και του νομού Σερρών χρησιμοποιώντας και στις δύο περιοχές τις ίδιες παραμέτρους. Επίσης θα γίνει σύγκριση ανάμεσα στις δύο περιοχές και θα διαπιστωθεί που είναι τελικά συμφέρουσα από οικονομικής άποψης η εγκατάσταση. Η εφαρμογή αυτή θα αφορά διαφορετικά σενάρια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό σύστημα, τα οποία θα συγκριθούν μεταξύ τους.

1.5 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία αυτή αποτελείται από επτά κεφάλαια. Η δομή της έχει ως εξής:

Στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζονται τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, η δομή τους, καθώς και πώς παράγεται διανέμεται και μεταφέρεται η ηλεκτρική ενέργεια. Τέλος παρουσιάζονται οι κατηγορίες που ταξινομούνται τα φορτία.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα υλικά από τα οποία μπορούν να κατασκευαστούν, τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεύτερης και τρίτης γενιάς, ο τρόπος με τον οποίο στηρίζονται πάνω στις βάσεις καθώς και το πώς συνδέονται μεταξύ τους. Τέλος εξετάζεται η περίπτωση του να είναι διασυνδεδεμένα με το δίκτυο ή όχι. Επίσης στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το ο λόγος που οδήγησε στο να βρεθούν άλλοι τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και γίνεται αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους .

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται το νομικό πλαίσιο που ισχύει για την εγκατάσταση ενός επενδυτικού έργου, και περιγράφεται ο νόμος 3299 που αναφέρει τις ενισχύσεις που δίνονται από το κράτος για την εγκατάσταση ενός επενδυτικού έργου, καθώς και τον διαχωρισμό σε τρεις κατηγορίες όπου υπάρχει διαφορετική ενίσχυση για κάθε περιοχή. Επιπλέον περιγράφεται ο νόμος 3468 που αναφέρει την δέσμευση του κράτους για αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, ενώ παρουσιάζει και τις τιμές πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε πιθανή δραστηριότητα στον χώρο των ΑΠΕ. Τέλος παρουσιάζεται ο νόμος 3734, που έδωσε λύσεις σε προβλήματα που δεν τα κάλυπταν οι προηγούμενοι νόμοι.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται το λογισμικό ανάλυσης επενδυτικών αποφάσεων RETScreen, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την πρακτική εφαρμογή της παρούσας εργασίας.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται για την περιοχή των Χανίων οι πίνακες που προέκυψαν από το λογισμικό πρόγραμμα RETScreen, καθώς και παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα μετά την ολοκλήρωση των σεναρίων που εξετάστηκαν.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται για την περιοχή των Σερρών οι πίνακες που προέκυψαν από το λογισμικό πρόγραμμα RETScreen, καθώς και παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα μετά την ολοκλήρωση των σεναρίων που εξετάστηκαν.

Στο κεφάλαιο 7 γίνεται η σύγκριση ανάμεσα στην περιοχή των Σερρών και των Χανίων και παρουσιάζεται το μέρος που είναι συμφέρουσα η εγκατάσταση της επένδυσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φωτοβολταϊκά (φ/β) συστήματα είναι συστήματα ειδικά διαμορφωμένων και διασυνδεδεμένων διατάξεων, που επιτυγχάνουν τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας απευθείας σε ηλεκτρική. Η διαδικασία μετατροπής βασίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, το οποίο λαμβάνει χώρα όταν ηλιακή ακτινοβολία πέσει στην επιφάνεια του υλικού του φ/β συστήματος.

2.2 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι μια επαφή υλικών, συνήθως ημιαγωγών, στην οποία, η απορροφούμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Το φως παράγει “ελεύθερα” ηλεκτρόνια και οπές, σ’ όλη την έκταση των δύο σε επαφή ημιαγωγών. Όσα από αυτά δημιουργούνται μέσα και κοντά στην επαφή των υλικών, προωθούνται από το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο της επαφής, στα δύο άκρα της διάταξης, αντίστοιχα. Ο ρυθμός που παράγονται, οι ελεύθεροι φορείς είναι τέτοιος ώστε, το ηλεκτρικό ρεύμα καθώς και η ηλεκτρική τάση στα άκρα το ΦΒ στοιχείου να διατηρούνται σε πρακτικά αξιοποιήσιμα επίπεδα, όσον αφορά την αποδιδόμενη στον καταναλωτή ηλεκτρική ισχύ. Συνεπώς, το ΦΒ στοιχείο εμφανίζει χαρακτηριστικά πηγής ηλεκτρικής ενέργειας, κατάλληλης για τροφοδοσία τυπικών ηλεκτρικών εφαρμογών. Συμπερασματικά, η συνεργασία των δύο αναφερθέντων παραγόντων, και του ενδογενούς ηλεκτρικού πεδίου των δύο σε επαφή φωτοαγωγίμων υλικών και του φωτός, παράγει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

2.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Το υλικό που έχει, μέχρι στιγμής, χρησιμοποιηθεί κατά κόρον, είναι το πυρίτιο, το οποίο έχει ενεργειακό διάκενο 1,1 eV. Αυτό μάλλον οφείλεται στην ευρεία χρήση του πυρίτιου σε εφαρμογές της ηλεκτρονικής. Ακόμα, το πυρίτιο κυκλοφορούσε σε μεγάλες ποσότητες στην αγορά και με πολύ καλή χημική καθαρότητα και τελειότητα κρυσταλλικής δομής.

Ο πιο διαδεδομένος τύπος φωτοβολταϊκού στοιχείου, είναι αυτός του μονοκρυσταλλικού πυριτίου, που αποτελείται από καθαρό πυρίτιο σε μορφή λεπτών δίσκων με ομοιόμορφο μπλε σκούρο χρώμα. Άλλος τύπος είναι το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, που κατασκευάζεται όμοια με το μονοκρυσταλλικό, με τη διαφορά, όμως, ότι το πρώτο έχει χαμηλότερο κόστος παραγωγής και, όχι σημαντικά, μικρότερο βαθμό απόδοσης. Η επιφάνειά του εμφανίζει μια τυχαία διάταξη κρυστάλλων («μωσαϊκό»), σχετικά ανοικτού μπλε χρώματος. Τέλος, άλλοι δύο τύποι στοιχείων πυριτίου, είναι του πυριτίου σε μορφή ταινίας, με επικάλυψη πρισματικής μορφής, όχι πολύ διαδεδομένα εμπορικά, και του άμορφου πυριτίου. Αν και το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγάλη ατέλεια στην κρυσταλλική δομή του, εντούτοις χρησιμοποιείται στην κατασκευή ηλιακών στοιχείων, αφού έχει μεγαλύτερο ενεργειακό διάκενο από ότι το κρυσταλλικό και διαθέτει κατά πολύ μεγαλύτερο βαθμό απορρόφησης της ακτινοβολίας. Ακόμα, παρασκευάζεται με μεθόδους πολύ χαμηλού κόστους, διαφορετικών από αυτές της κατασκευής του κρυσταλλικού, ενώ συμπεριφέρεται σαν ημιαγωγός άμεσου ενεργειακού διακένου, με τη δυνατότητα της εύκολης βελτίωσης των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του. Παρόλα αυτά, γίνονται προσπάθειες για τη βελτίωση του βαθμού απόδοσής του, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι αυτή μειώνεται με το χρόνο για εφαρμογές υψηλής ισχύος. Αντίθετα για μικρής ισχύος εφαρμογές βρίσκει ευρεία εφαρμογή. Η επιφάνεια ηλιακών στοιχείων από άμορφο πυρίτιο, έχει ομοιόμορφους σκούρους χρωματισμούς.

Ωστόσο, έγιναν εργαστηριακές μελέτες και με άλλα υλικά, οι οποίες έχουν δώσει θετικά αποτελέσματα για το θειούχο κάδμιο (CdS), λόγω χαμηλού κόστους, και το αρσενικούχο γάλλιο (GaAs), λόγω μεγάλης απόδοσης. Όμως, η απόδοση του ηλιακού κυττάρου από CdS ήταν πολύ χαμηλή (<10%) και σε συνδυασμό με τα προβλήματα σταθερότητας που εμφάνιζε, συνέτειναν στη διακοπή των ερευνητικών προσπαθειών με επίκεντρο το υλικό αυτό, παρόλο που παρουσιάζει μεγάλο ενεργειακό διάκενο (2,45 eV). Το GaAs από την άλλη μεριά, παρουσιάζει ενεργειακό διάκενο ίσο με 1,43 eV, μέσα δηλαδή στην βέλτιστη περιοχή τιμών για την φωτοβολταϊκή μετατροπή και έχει θεωρητική απόδοση περίπου 25%. Αρνητικό σημείο είναι η διαφορά κόστους από το πυρίτιο, που είναι φθηνότερο. Η μεγάλη σχετικά τιμή του ενεργειακού διακένου εξασφαλίζει αρκετά μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας και καλή συμπεριφορά στις σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, που είναι πολύ σημαντικό λόγω του ότι τα ηλιακά στοιχεία υπερθερμαίνονται λόγω της έντονης ακτινοβολίας που δέχονται. Ωστόσο, όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία, τόσο η απόδοση του GaAs πέφτει (το ίδιο συμβαίνει και για το πυρίτιο και το CdS, σε πιο έντονο βαθμό).

2.3.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΥΡΙΤΙΟΥ

Τα ηλιακά στοιχεία έχουν διαστρωματώσεις κομματιών υλικού πυριτίου, πάχους περί τα 3 mm περίπου, ενώ η διάμετρος τους φθάνει τα 10-15 cm.

Η χαρακτηριστική έντασης-τάσης του ηλιακού στοιχείου πυριτίου φαίνεται στο Σχήμα 1.1, από όπου παρατηρείται ότι αν αυξηθεί η τάση πάνω από 0,52 V, τότε μειώνεται η ένταση του ρεύματος.

Στο Σχήμα 1.2 φαίνεται η μεταβολή ισχύος που αποδίδει ένα ηλιακό κύτταρο σε σχέση με τη τάση του. Μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό ότι αυξανόμενης της τάσης, μέχρι περίπου τα 0,52 V, η αποδιδόμενη ισχύς αυξάνει σχεδόν γραμμικά, ενώ μετά τα 0,52 V η απόδοση μειώνεται πολύ απότομα. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, η τάση του ηλιακού στοιχείου ελαττώνεται. Το ίδιο συμβαίνει και για την απόδοση του ηλιακού στοιχείου, δηλαδή όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο μειώνεται η απόδοσή του. Με βάση αυτή την παρατήρηση, προκύπτει ότι εάν γνωρίζουμε την ισχύ εξόδου ενός ϕ/β στοιχείου σε μια θερμοκρασία αναφοράς T_{ref} , τότε μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ εξόδου σε μια άλλη θερμοκρασία T_a από την ακόλουθη σχέση:

$$P_a = P_{ref} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{ref} - T_a)] \quad (2.1)$$

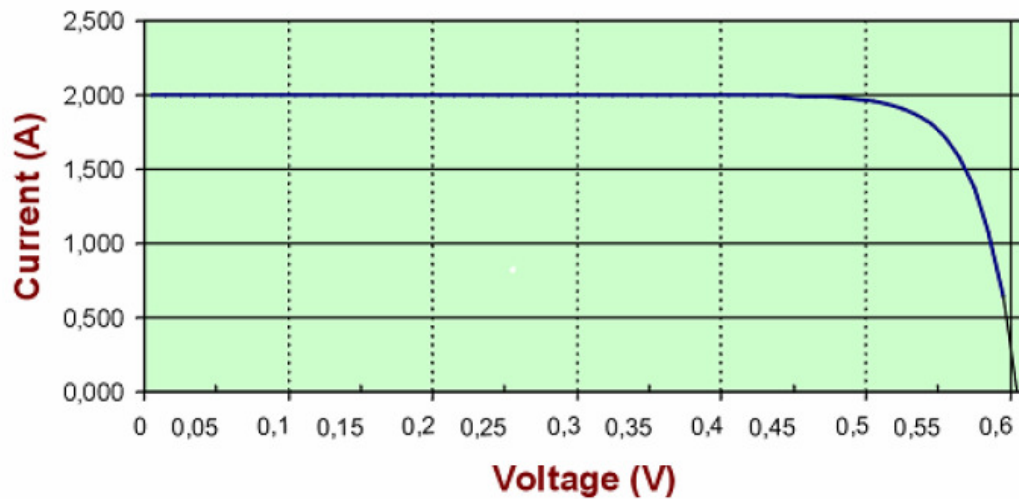
όπου P_{ref} , η ισχύς εξόδου (W) στη θερμοκρασία T_{ref} και P_a η ισχύς εξόδου (W) στη θερμοκρασία T_a .

Η ισχύς εξόδου των ϕ/β στοιχείων επηρεάζεται από την έκταση που καταλαμβάνουν. Συγκεκριμένα, όσο αυξάνει το εμβαδό ενός ϕ/β στοιχείου, η τάση παραμένει σταθερή, ενώ το ρεύμα αυξάνει με γραμμικό τρόπο. Τέλος, η κλίση που προσδίδεται στα ηλιακά στοιχεία, μπορεί να επιφέρει αύξηση της ισχύος του στοιχείου, όταν είναι τέτοια ώστε στην επιφάνειά του να προσπίπτει η μέγιστη δυνατή ηλιακή ενέργεια (για μια χρονική περίοδο). Στο βόρειο ημισφαίριο για παράδειγμα, ο προσανατολισμός της επιφάνειας αυτής πρέπει να είναι νότιος.

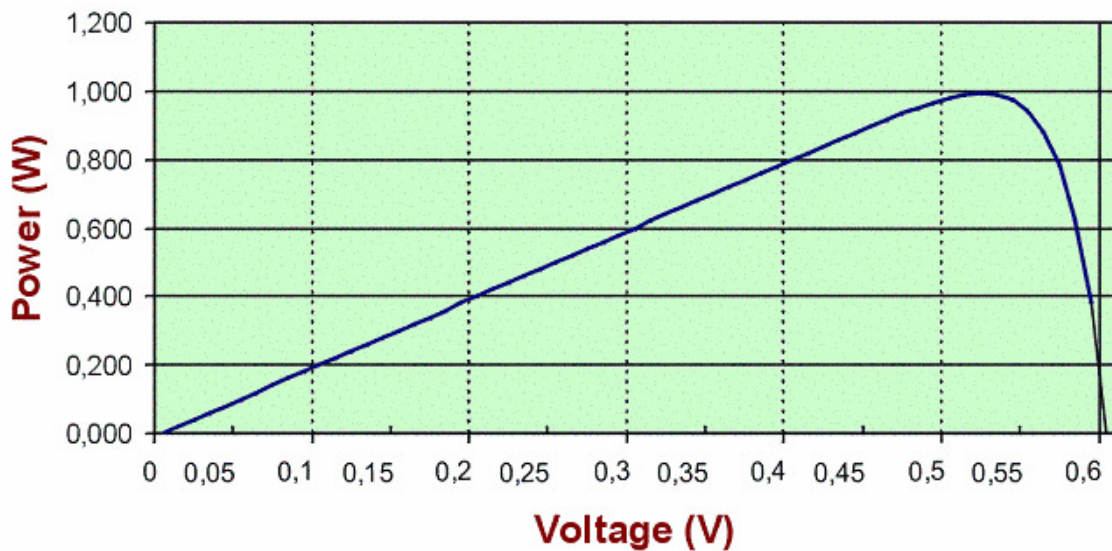
2.3.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Στην παρούσα χρονική περίοδο, έχουμε περάσει στην παραγωγή των λεγομένων φωτοβολταϊκών συστημάτων τεχνολογίας 2ης γενιάς. Αυτά χαρακτηρίζονται από το λεπτό πάχος της κατασκευής τους και για το λόγο αυτό ονομάζονται και ϕ/β συστήματα λεπτού φιλμ.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια λεπτού φιλμ πρωτοεμφανίσθηκαν στην Ιαπωνία, ως εφαρμογές σε εμπορικά προϊόντα, όπως υπολογιστές τσέπης και ψηφιακά ρολόγια τσέπης. Τα πλαίσια αυτά κατασκευάζονται από την απόθεση εξαιρετικά λεπτών στρωμάτων φωτοβολταϊκών υλικών πάνω σε ένα χαμηλού κόστους στήριγμα, όπως γυαλί, ανοξείδωτο χάλυβα ή πλαστικό. Τα ξεχωριστά φωτοβολταϊκά κύτταρα μορφοποιούνται εκείνη τη στιγμή με τη χρησιμοποίηση

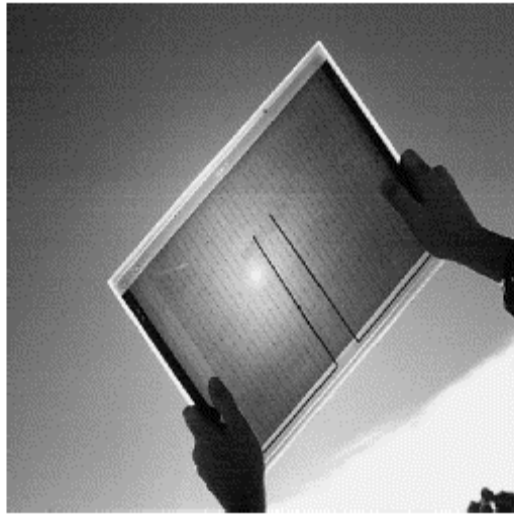


Σχήμα 2.1: Χαρακτηριστική έντασης- τάσης σε ηλιακό στοιχείο Si.



Σχήμα 2.2: Το γράφημα ισχύος- τάσης για ένα ηλιακό στοιχείο Si.

δεσμών laser. Τα λεπτά αυτά φιλμ προσφέρουν τη δυνατότητα ελάττωσης του κόστους κατασκευής. Και αυτό διότι, κατά πρώτον, με τον τρόπο αυτό χρησιμοποιείται λιγότερη ποσότητα ημιαγωγών, κατάλληλων για φωτοβολταϊκές εφαρμογές και, κατά δεύτερον, τα πλαίσια αυτά κατασκευάζονται με μεγάλες, σχετικά, διαστάσεις και ολοκληρωμένα, οπότε δεν είναι απαραίτητο να συγκεντρώνονται όλα μαζί και να συνδέονται ένα-ένα ηλεκτρικά.



Εικόνα 1: η άποψη ενός φωτοβολταϊκού λεπτού φιλμ

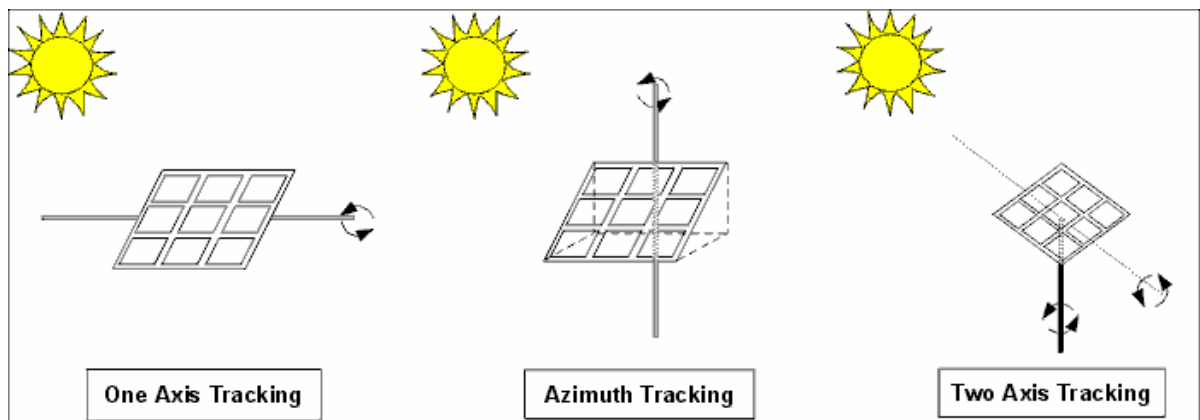
2.3.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Αξίζει στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι οι έρευνες για τη βελτίωση της απόδοσης των φ/β συστημάτων έχουν φτάσει στην ανάπτυξη των λεγόμενων συστημάτων τρίτης γενιάς. Τα συστήματα αυτά βρίσκονται σε πολύ αρχικό στάδιο ανάπτυξης και θεωρείται ότι θα βρουν εφαρμογή γύρω στο 2020 και έπειτα. Κύριο χαρακτηριστικό τους θα είναι η πολύ μεγάλη απόδοση σε σχέση με τις προηγούμενες γενιές συστημάτων, καθώς θα εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι οι απώλειές τους κατά τη λειτουργία θα είναι πολύ μικρότερες από αυτή των υπαρχόντων συστημάτων. Η ανάπτυξη των συστημάτων τρίτης γενιάς, βρίσκεται ακόμη στο στάδιο έρευνας και αναζήτησης αποτελεσματικών τρόπων αύξησης της απόδοσης και της μείωσης των απωλειών.

2.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χρησιμοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία ως πηγή ενέργειας. Η ενεργειακή αυτή πηγή, όμως, χαρακτηρίζεται από ένα σημαντικό μειονέκτημα, τη μικρή απόδοσή της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτούνται μεγάλες επιφάνειες (μεγάλη δαπάνη) για τη συγκέντρωση μεγάλης ποσότητας ακτινοβολίας, που θα οδηγήσει στην παραγωγή αντίστοιχης ποσότητας ηλεκτρικής ισχύος. Έως τώρα έχουν προταθεί αρκετοί τρόποι για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, όπως η κατασκευή περιστρεφόμενων διατάξεων ηλιακών στοιχείων που θα παρακολουθούν την πορεία του ήλιου συνεχώς. Μια τέτοια κατασκευή έχει μεγάλη πολυπλοκότητα και επιβαρύνει ανάλογα τον προϋπολογισμό της. Ένας άλλος τρόπος που προτάθηκε, είναι η συγκέντρωση της ακτινοβολίας μέσω φακών ή κατόπτρων προς τα ηλιακά στοιχεία. Ίσως με τον τρόπο αυτό να απαιτείται τεχνητή ψύξη των στοιχείων, ωστόσο η απαγόμενη θερμότητα να μπορεί να αξιοποιηθεί σε παράπλευρες χρήσεις, όπως θέρμανση νερού ή χώρων και βιομηχανικές εφαρμογές, επιτυγχάνοντας με τον τρόπο

αυτό μια πιο αποδοτική και σε μεγαλύτερο βαθμό εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 2: Συστήματα παρακολούθησης του ήλιου

Στην περιγραφή των ημιαγώμιμων υλικών, από τα οποία κατασκευάζονται και τα ηλιακά στοιχεία, αναφέρθηκε ότι αυτά επιτυγχάνουν το μέγιστο θεωρητικό βαθμό απόδοσης για μια βέλτιστη περιοχή τιμών του ενεργειακού τους διακένου. Ωστόσο, με τη χρήση συνδυασμένων διατάξεων ηλιακών στοιχείων, είναι δυνατόν να βελτιωθεί ο βαθμός απόδοσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Μια τέτοια συνδυασμένη διάταξη είναι η τοποθέτηση πολλών στοιχείων στη σειρά, με βαθμιαία μειωμένο ενεργειακό διάκενο. Έτσι, η ακτινοβολία διαπερνά τα στοιχεία αυτά και απορροφάται διαδοχικά (πρώτα απορροφώνται τα φωτόνια υψηλής ενέργειας, μετά τα επόμενα κτλ.). Οι διατάξεις αυτές εκμεταλλεύονται σχεδόν ολόκληρο το χρωματικό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας και για αυτό ονομάζονται και «στοιχεία ουράνιου τόξου».

2.5 ΤΜΗΜΑΤΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στη συνέχεια θα περιγραφούν τα τμήματα που απαρτίζουν ένα φ/β σύστημα και ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους. Αρχικά θα περιγραφεί το φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Πολλά πλαίσια μαζί συγκροτούν τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια, η οποία αποτελεί βασικό τμήμα κάθε φ/β εγκατάστασης.

2.5.1 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το ηλιακό στοιχείο αναπτύσσει πολύ μικρή τάση και παράγει πολύ μικρή ηλεκτρική ισχύ. Μια τυπική τάση που αναπτύσσεται σε ένα μόνο ηλιακό στοιχείο και για κανονική ακτινοβολία, είναι περίπου 0,5 V, ενώ η παραγόμενη ισχύς δεν υπερβαίνει τα 0,4 W. Ο τρόπος για να αυξηθεί η τάση και η ισχύς από ηλιακά στοιχεία, είναι αυτά να τοποθετηθούν πολλά μαζί (ανά 10 έως 50 περίπου) με κοινή ηλεκτρική έξοδο. Τα στοιχεία στην περίπτωση αυτή συνδέονται στη σειρά, συγκροτώντας μια διάταξη που

ονομάζεται φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Το πλήθος των στοιχείων που απαρτίζουν κάθε πλαίσιο, εξαρτάται από την επιθυμητή τάση που πρέπει να επιτευχθεί. Τα πλαίσια κατασκευάζονται σε μορφή διαδοχικών στρώσεων από σειρές στοιχείων, τα οποία συγκολλούνται σε ένα ανθεκτικό φύλλο μετάλλου (συνήθως αλουμίνιο) ή ενισχυμένο πλαστικό, που αποτελεί το πίσω μέρος του πλαισίου. Το μπροστινό μέρος καλύπτεται από προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή (διαφανούς) πλαστικού. Το εμπρός και πίσω μέρος συγκρατούνται στεγανά και μόνιμα μεταξύ τους, ενώ περιμετρικά συσφίγγονται με ένα μεταλλικό περίβλημα. Το πλαίσιο είναι η δομική φωτοβολταϊκή μονάδα, που θα χρησιμεύσει ως συλλέκτης της ακτινοβολίας. Το κόστος κατασκευής σε σχέση με το ηλιακό στοιχείο, είναι μεγαλύτερο.

Κάθε πλαίσιο παρουσιάζει τα δικά του χαρακτηριστικά, που εξαρτώνται από αντίστοιχα μεγέθη των ηλιακών στοιχείων που το αποτελούν. Για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός πλαισίου, χρησιμοποιείται, κατά τρόπο αντίστοιχο με την περίπτωση ενός ηλιακού στοιχείου, ο βαθμός απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Ο βαθμός αυτός ορίζεται ως ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το πλαίσιο (P_{π} , σε W) προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνειά του S (σε m^2). Ωστόσο, ο παραπάνω λόγος θα είναι, προφανώς, ίσος με το λόγο της μέγιστης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει το φ/β πλαίσιο E (σε kWh) για ένα χρονικό διάστημα, προς την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που αυτό δέχεται για το ίδιο χρονικό διάστημα. Έτσι λοιπόν:

$$n_{\pi} = \frac{P_{\pi}}{H \cdot S} = \frac{E}{\Pi \cdot S} \quad (2.2)$$

όπου H (σε W/m^2) είναι η πυκνότητα ηλεκτρικής ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας και Π (σε kWh/m^2) είναι η πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια του πλαισίου.

Η τιμή του n_{π} εξαρτάται όχι μόνο από τη μέση απόδοση των ηλιακών στοιχείων (n), αλλά και από τον συντελεστή κάλυψης του πλαισίου σ_{κ} . Ο τελευταίος ορίζεται ως ο λόγος της συνολικής ενεργού επιφάνειας των ηλιακών στοιχείων του πλαισίου, δηλαδή της συνολικής επιφάνειας του χρησιμοποιούμενου ημιαγωγού όπου πραγματοποιείται η απορρόφηση και μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, προς τη συνολική επιφάνεια του πλαισίου. Από τα παραπάνω, εύκολα συνάγεται ότι:

$$n_{\pi} = n \cdot \sigma_{\kappa} \quad (2.3)$$

Σε ό,τι αφορά το σ_{κ} , αυτό εξαρτάται από το σχήμα και την πυκνότητα (άρα τον τρόπο) της τοποθέτησης των ηλιακών στοιχείων. Πρακτικά, κυμαίνεται από 0,78 έως και 0,98 (για τα μεγάλα κότες ή εξαγωνικά ηλιακά στοιχεία).

Το μέγεθος που θα περιγραφεί στη συνέχεια εξυπηρετεί στην υποκατάσταση μερικών κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του πλαισίου, τα οποία δεν είναι διαθέσιμα. Το μέγεθος αυτό είναι η ενδεικτική ισχύς αιχμής (P_a , σε kWp), η οποία αντιστοιχεί στη μέγιστη παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ, όταν το φ/β πλαίσιο επιφάνειας S (σε m^2) δεχθεί ακτινοβολία με πυκνότητα ισχύος ενός

Τύπος χρησιμοποιούμενου υλικού	Τυπική απόδοση φ/β πλαισίου [%]	Μέγιστη καταγραφείσα απόδοση φ/β πλαισίου [%]	Μέγιστη καταγραφείσα εργαστηριακή απόδοση φ/β πλαισίου [%]
Μονοκρυσταλλικό Si	12-15	22,7	24,7
Πολυκρυσταλλικό Si	11-14	15,3	19,8
Άμορφο Si	5-7	-	12,7
CdTe	-	10,5	16,0
CIGS	-	12,1	18,2

Πίνακας 2.1: Χρησιμοποιούμενα υλικά και αποδόσεις φ/β πλαισίων.

ηλίου, δηλαδή $H = 1$ ήλιος¹. Πολύ συχνά, οι μονάδες ισχύος, που περιγράφουν την ισχύ αιχμής ενός ηλιακού στοιχείου ή ενός φ/β πλαισίου ή μιας φ/β εγκατάστασης, ονομάζονται αντίστοιχα «βατ αιχμής» και συμβολίζονται ως W_p , το οποίο εκφράζει συνδυασμένα το κόστος του φ/β πλαισίου και την απόδοσή του. Από τον τύπο (1.1) έχουμε ότι:

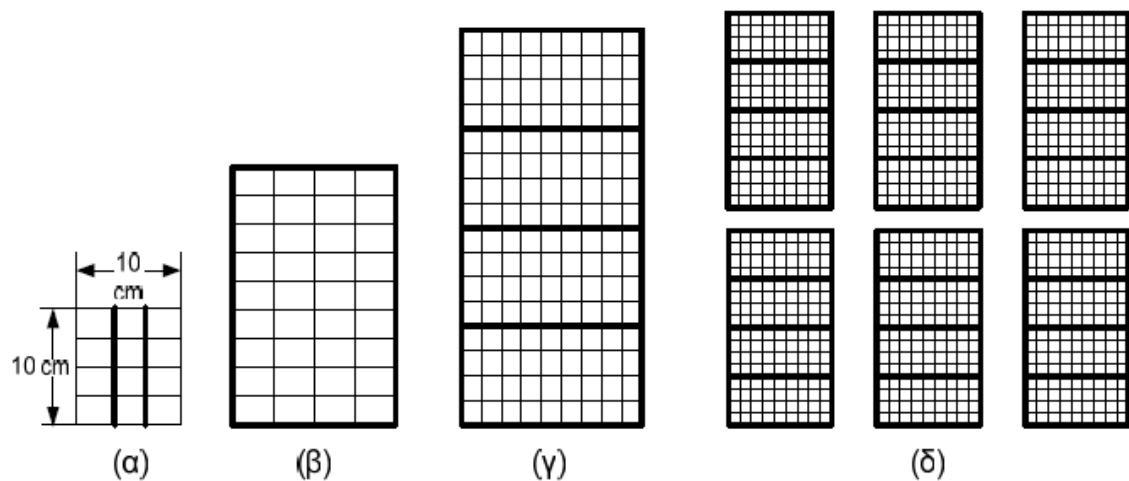
$$P_a = 1(kW / m^2) \cdot S \cdot n_p \quad (2.4)$$

2.5.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΝΕΛΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ

Τα φωτοβολταϊκά πάνελα αποτελούν προκατασκευασμένες μονάδες, έτοιμες για εγκατάσταση. Αποτελούνται από πολλά χωριστά πλαίσια, συνδεδεμένα το ένα δίπλα στο άλλο, σε ενιαία κατασκευή, και διαθέτουν κοινή ηλεκτρική σύνδεση. Ο τρόπος σύνδεσης των πλαισίων σε ένα πάνελο, είναι τέτοιος ώστε να μην υπάρχουν μόνο συνδέσεις στη σειρά, αλλά και παράλληλες. Το γεγονός αυτό αυξάνει την αξιοπιστία του πανέλου, αφού εάν πάθει βλάβη, η ισχύς που θα παράγει το σύστημα δε θα μηδενισθεί, όπως εάν οι συνδέσεις ήταν όλες στη σειρά. Σε αρκετές εφαρμογές, οι απαιτήσεις είναι τέτοιες ώστε να χρειαστεί η χρησιμοποίηση μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας, δηλαδή μιας ομάδας περισσότερων συνενωμένων φ/β πλαισίων ή πανέλων και με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση. Σε μια τέτοια περίπτωση, η σύνδεση των επιμέρους πλαισίων ή πανέλων, εν σειρά ή παράλληλα, γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να

¹ Πυκνότητα ισχύος ενός ηλίου αντιστοιχεί σε πυκνότητα ισχύος $1 kW / m^2$

επιτυγχάνεται η επιθυμητή τάση στην έξοδο της συστοιχίας. Στο Σχήμα 1.4 φαίνεται η γενική διάταξη των φ/β πανέλων και τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη.



Σχήμα 2.3: (α) Φωτοβολταϊκό στοιχείο (β) Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο με 32 φ/β στοιχεία (γ) Φ/β συστοιχία με 4 πλαίσια (4x32 στοιχεία) (δ) Φ/β συγκρότημα με 24 πλαίσια (24x4x32 στοιχεία). Περιέχεται σε κοινό πλαίσιο στήριξης.

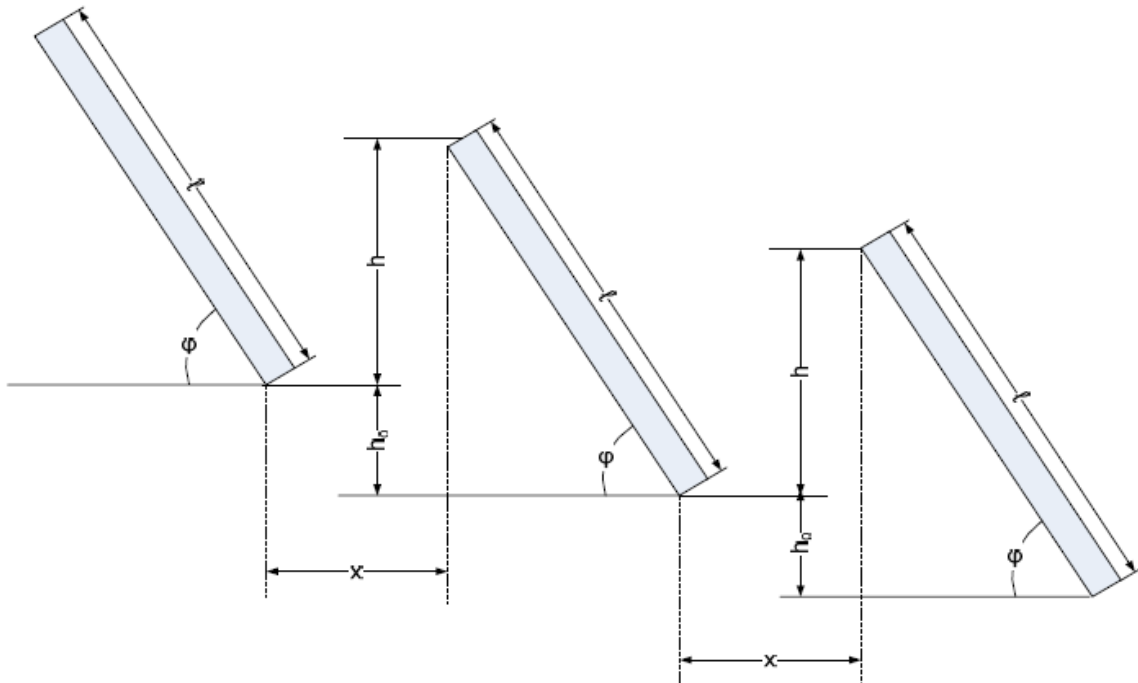
Έχουν εντοπισθεί δύο κύριοι τύποι προβλημάτων κατά τη σύνδεση των φ/β πανέλων: το πρόβλημα σφάλματος (mismatch) και το πρόβλημα ζεστού σημείου (hot spot). Ο πρώτος τύπος προβλήματος συνίσταται στο γεγονός ότι η σύνδεση των φ/β στοιχείων δεν αποδίδει ισχύ ίση με το άθροισμα ισχύος των στοιχείων. Αυτό μπορεί να συμβεί διότι το ρεύμα που διαρρέει την κατασκευή, δε μπορεί να υπερβεί σε ένταση την ένταση ρεύματος του πιο αδύνατου ηλιακού στοιχείου. Οι συνέπειες του προβλήματος αυτού, αποτελούν αιτίες εμφάνισης του προβλήματος «ζεστό σημείο». Δηλαδή, η απώλεια ισχύος που παρατηρείται στο πρόβλημα «σφάλματος», διοχετεύεται από τα πιο ισχυρά στοιχεία στα πιο αδύναμα, με αποτέλεσμα τότε το ράγισμα των φ/β στοιχείων, φαινόμενο που ονομάζεται πρόβλημα «ζεστό σημείο». Το πρόβλημα ζεστού σημείου αντιμετωπίζεται προστατεύοντας τα πιο αδύναμα φ/β στοιχεία. Αυτό μπορεί να γίνει συνδέοντας διόδους παράλληλα με ομάδα αδύναμων στοιχείων, συνήθως ανά 15. Με τον τρόπο αυτό αντιμετωπίζεται, εν μέρει, και το πρόβλημα «σφάλματος». Ωστόσο, το τελευταίο μπορεί να αντιμετωπισθεί με την ταξινόμηση των φ/β στοιχείων σε ομάδες με όμοιο κύκλωμα βραχυκύκλωσης και παράλληλης σύνδεσης των ομάδων αυτών.

2.5.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ

Πολλές φορές οι απαιτήσεις σε ισχύ (π.χ. πάνω από 20 kWp) από μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση φθάνουν σε τέτοια επίπεδα, ώστε είναι αναγκαίο να συνενωθούν πολλές φ/β συστοιχίες μαζί για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το σύνολο αυτών των συνενούμενων συστοιχιών, ονομάζεται υποσυγκρότημα συστοιχιών, ενώ όλα τα υποσυγκροτήματα μαζί συνθέτουν το συγκρότημα συστοιχιών ή το φ/β πάρκο της φ/β εγκατάστασης. Σε κάθε τέτοια εγκατάσταση, τα φ/β πλαίσια, πανέλα ή συστοιχίες,

τοποθετούνται σπονδυλωτά και με τρόπο ώστε να μη σκιάζονται αισθητά μεταξύ τους, αλλά ούτε και από τα γύρω εμπόδια (δένδρα, βουνά, κτίρια κλπ).

Γενικά, ένα φ/β πάρκο διαιρείται σε επιμέρους, παράλληλα συνδεδεμένες, μονάδες. Μέσω των μετατροπέων και άλλων κατάλληλων διατάξεων, το ρεύμα διαρρέει το σύστημα ή οδεύει στους συσσωρευτές. Όλες οι λειτουργίες στο ηλιακό πάρκο ελέγχονται από μια μονάδα ελέγχου.



Σχήμα 2.4: Γενική διάταξη συστοιχιών φωτοβολταϊκών πανέλων. Διακρίνονται η γωνία κλίσης των πανέλων φ και το πλάτος των πανέλων ℓ .

2.5.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Η φ/β γεννήτρια αποτελεί το βασικό χαρακτηριστικό συστατικό κάθε φωτοβολταϊκής εφαρμογής. Καλείται έτσι διότι είναι η μονάδα παραγωγής της ηλεκτρικής ισχύος μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, μέσω των ηλιακών στοιχείων που περιλαμβάνει. Μπορεί να αποτελείται από ένα μόνο πλαίσιο ή ένα πάνελ. Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, ωστόσο, αποτελείται από ομάδες περισσότερων φ/β πλαισίων ή πανέλων, δηλαδή από φ/β συστοιχίες.

2.6 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Στη συνέχεια θα περιγραφεί η συνολική φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, δηλαδή θα αναφερθούν οι συσκευές που μπορούν να υπάρξουν στην εγκατάσταση.

2.6.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ Φ/Β ΣΥΣΤΟΙΧΙΩΝ

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιασθούν παρακάτω μερικοί τρόποι διαφορετικών συνδέσεων μεταξύ φ/β πλαισίων, με στόχο την επίτευξη διαφορετικών επιθυμητών τιμών τάσεων. Η ηλεκτρική τάση που παράγεται από τα πλαίσια, είναι συνεχής.

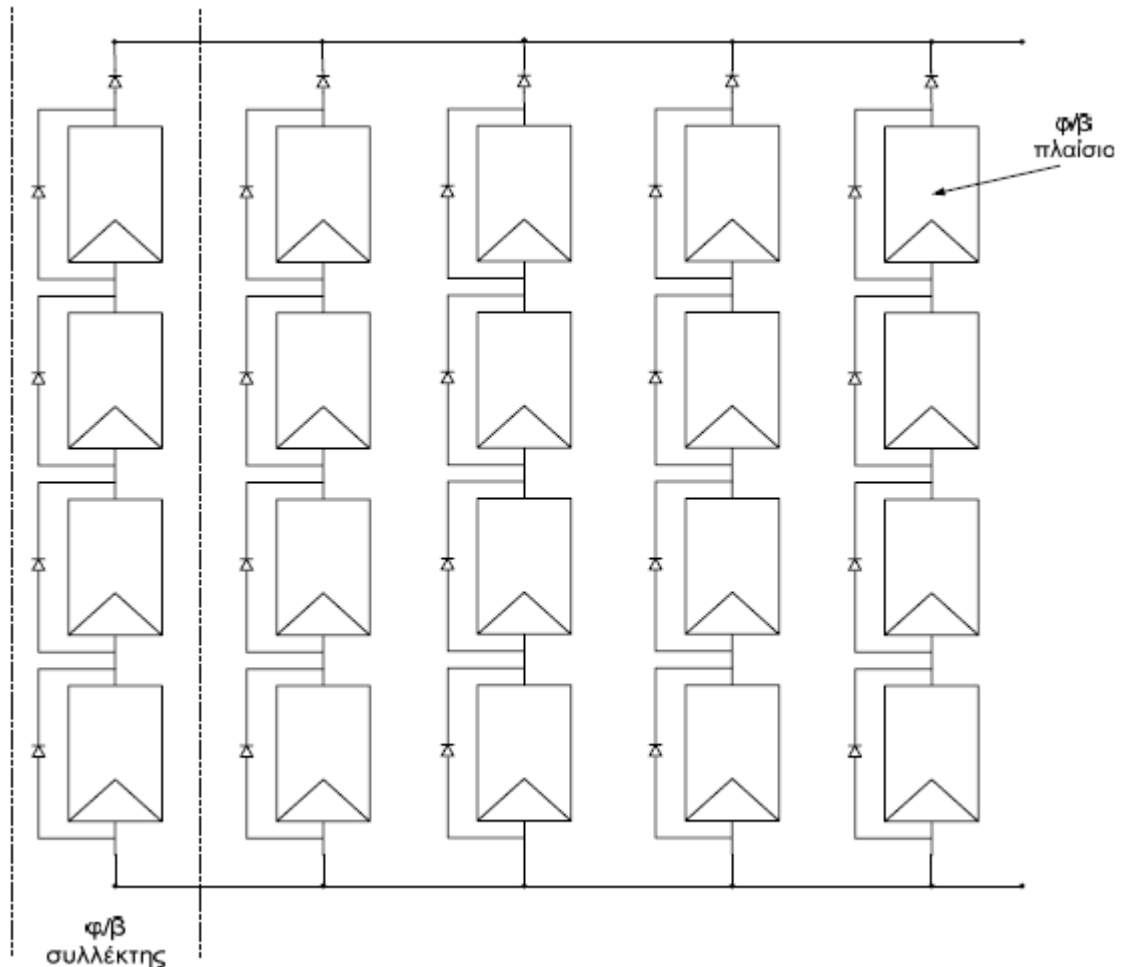
Υπάρχουν διάφοροι τρόποι σύνδεσης των συστατικών στοιχείων μιας φ/β γεννήτριας. Αυτοί αποτελούνται από συνδυασμούς παράλληλης και σε σειρά σύνδεσης των στοιχείων αυτών, κατά τρόπο ώστε η παραγόμενη τάση να είναι σύμφωνη με τις δοθείσες απαιτήσεις (π.χ. σύνδεση της γεννήτριας με φορτίο που έχει ονομαστική τάση λειτουργίας V volts). Φυσικά, τα χαρακτηριστικά που θα διακρίνουν τη γεννήτρια, είναι συνάρτηση των ονομαστικών χαρακτηριστικών των στοιχείων που την αποτελούν.

Στο Σχήμα 1.5 παρουσιάζεται σαν παράδειγμα μιας φ/β γεννήτριας, αποτελούμενης από 5 φ/β συλλέκτες, κάθε ένας από τους οποίους αποτελείται από 4 φ/β πλαίσια. Τα 4 πλαίσια του συλλέκτη είναι συνδεδεμένα στη σειρά, ενώ οι συλλέκτες συνδέονται παράλληλα. Ακόμα, όπως φαίνεται στο ίδιο σχήμα, παράλληλα σε κάθε πλαίσιο συνδέεται και μια δίοδος, η οποία εξασφαλίζει τη συνεχή ροή του ρεύματος, ακόμα και στη περίπτωση που ένα από τα πλαίσια υποστεί βλάβη, αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία της γεννήτριας.

Τέλος, διακρίνονται οι συνδέσεις διόδων σε σειρά με κάθε συλλέκτη, διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό την αποφυγή κυκλοφορίας εσωτερικών ρευμάτων μεταξύ των συλλεκτών, ειδικά στην περίπτωση βλάβης ενός πλαισίου.

2.6.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ DC-DC

Ο μετατροπέας DC-DC αποτελεί τμήμα της φ/β εγκατάστασης. Χαρακτηριστικά του μετατροπέα αυτού είναι το μεγάλο εύρος τάσης από τη μεριά σύνδεσης με τη φ/β γεννήτρια και το μικρό από τη μεριά σύνδεσης με το σύστημα συσσώρευσης της ενέργειας ή το δίκτυο κατανάλωσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται και η πρώτη ομαλοποίηση της τάσης συνεχούς ρεύματος που παράγεται από τη γεννήτρια. Οι διακυμάνσεις της παραγόμενης τάσης, οφείλονται κυρίως στην ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη). Οι διακυμάνσεις, ακόμα, της αποδιδόμενης από την φ/β γεννήτρια ισχύος, χωρίς τα κατάλληλα μέτρα, οδηγούν σε λειτουργία της πέραν του σημείου μέγιστης απόδοσης ισχύος (maximum-powerpoint). Οι απώλειες που σχετίζονται με τη δυσλειτουργία αυτή μπορούν να αντιμετωπισθούν με τη χρήση συστήματος που εντοπίζει το σημείο λειτουργίας με τη μέγιστη απόδοση ισχύος. Το σύστημα αυτό είναι γνωστό ως Maximum Power Point Tracker (MPPT).



Σχήμα 2.5: Παράδειγμα συνδεσμολογίας φ/β συστοιχιών σε φ/β γεννήτρια.

2.6.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ DC-AC

Ο μετατροπέας DC-AC μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Η ύπαρξη του μετατροπέα DC-AC είναι αναγκαία, διότι μια φ/β γεννήτρια παράγει απευθείας συνεχή τάση, που εισέρχεται άμεσα στον μετατροπέα αυτό, ενώ πολλές συσκευές που προορίζονται να χρησιμοποιήσουν το ρεύμα αυτό, λειτουργούν με εναλλασσόμενη τάση, ειδικά οικιακές συσκευές. Έχει δυνατότητα για αυτόνομη λειτουργία, ενώ η απόδοσή του εξαρτάται συνήθως από το φορτίο, με μέγιστη απόδοση κοντά στην ονομαστική απόδοση, με τιμές από 75 έως 95%. Ένας αυτόνομος εναλλάκτης επιτρέπει στην ισχύ και το φορτίο του να ακολουθούν τις απαιτήσεις του καταναλωτή. Ένας εναλλάκτης με εξάρτηση από το σύστημα που εξυπηρετεί, διαμορφώνει την τάση του σύμφωνα με τη τάση της συσκευής που είναι συνδεδεμένη και ρυθμίζει την ισχύ και το φορτίο του ανάλογα με την παρεχόμενη ηλιακή ισχύ. Βασικοί παράμετροί του, είναι το αποδεκτό εύρος τάσεων εισόδου DC (από τη φ/β γεννήτρια) και η μέση (επιθυμητή) τάση εξόδου AC.

2.6.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ

Σε πολλές περιπτώσεις φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων γίνεται αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας ώστε να μπορεί αυτή η ενέργεια να χρησιμοποιηθεί όταν η πηγή δεν μπορεί να παράγει ενέργεια όπως για παράδειγμα τη νύχτα.

Οι συσσωρευτές ή αλλιώς μπαταρίες είναι αυτοί που αποθηκεύουν την ενέργεια. Οι μπαταρίες είναι συνήθως μολυβδου-θεικού οξέος και σπανιότερα νικελίου-καδμίου. Όταν η πηγή παράγει ενέργεια και ένα μέρος της αποθηκεύεται στις μπαταρίες, έχουμε την φόρτισή τους, ενώ όταν καταναλώνεται η αποθηκευμένη στις μπαταρίες ενέργεια έχουμε την εκφόρτισή τους. Οι μπαταρίες μολύβδου δεν πρέπει να εκφορτίζονται τελείως. Το σημείο εκφόρτισης τους εξαρτάται από τον τύπο της μπαταρίας. Αντίθετα οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου μπορούν να εκφορτιστούν τελείως χωρίς να υπάρχει κίνδυνος καταστροφής ή βλάβης.

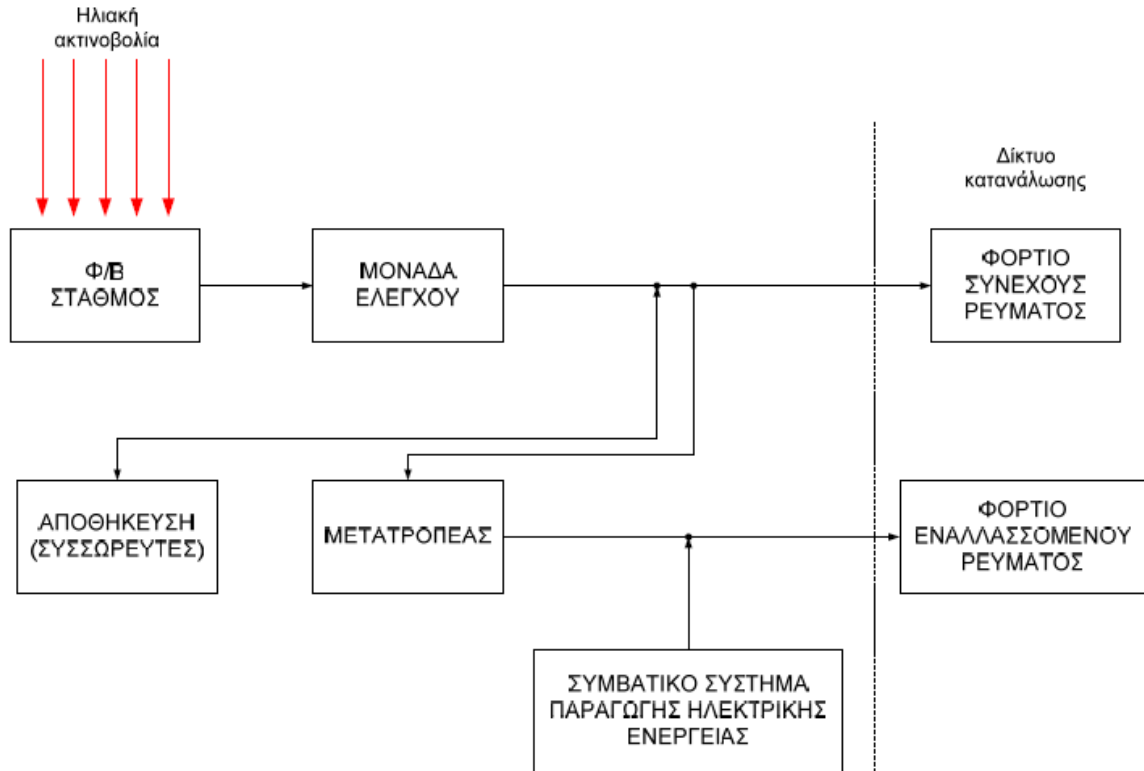
Τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος συσσώρευσης είναι:

- Η δυνατότητα αποθήκευσης
- Η επάρκεια αποθήκευσης
- Η κατάσταση φόρτισης
- Οι διαδικασίες λειτουργίας
- Η συντήρηση

Πρέπει να τηρούνται οι οδηγίες προστασίας και συντήρησης του συστήματος και να συμπληρώνεται τακτικά υγρό μπαταρίας στους συσσωρευτές. Η λανθασμένη συντήρηση επιγέρει βλάβες στο σύστημα και ελαττώνει τη διάρκεια ζωής του.

2.6.5 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε μια τυπική διάταξη φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Σε μια πραγματική εφαρμογή όμως κάποια στοιχεία μπορεί να διαφοροποιούνται ή να παραλείπονται. Μπορεί για παράδειγμα να μη διαθέτει σύστημα συσσώρευσης.



Σχήμα 2.6: Γενική διάταξη φ/β εγκατάστασης

2.7 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν συσσωρευτές δεν είναι αναγκαίο να είναι συνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού, γι'αυτό και ονομάζονται αυτόνομα φ/β συστήματα. Υπάρχουν συστήματα που για να καλύψουν τις ανάγκες τους είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο και παίρνουν από εκεί την αναγκαία ποσότητα ενέργειας. Εάν δεν υπάρχει σύστημα μπαταριών, τότε το πλεόνασμα που ίσως υπάρχει καταναλώνεται από το δίκτυο.

Έτσι οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις χωρίζονται σε 4 κατηγορίες:

Η πρώτη κατηγορία συστημάτων είναι τα μη συνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, προορισμένα για οικιακές χρήσεις. Για παράδειγμα, προσφέρουν ενέργεια για φωτισμό σπιτιών, συντήρηση τροφίμων και για άλλες χαμηλού ενεργειακού φορτίου ανάγκες. Είναι συνηθισμένη λύση σε αναπτυσσόμενες περιοχές και σε οικισμούς μακριά από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Η δεύτερη κατηγορία αφορά συστήματα επίσης μη συνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο, αλλά αυτά εφαρμόζονται σε τηλεπικοινωνίες, άντληση νερών με ηλιακές αντλίες, βοηθήματα πλοήγησης σκαφών, καταγραφή μετεωρολογικών δεδομένων κ.ά.

Τρίτη κατηγορία αποτελούν τα συστήματα που είναι καταναμημένα και συνδεδεμένα στο δίκτυο. Αυτά προφέρουν ενέργεια σε κτίρια και βρίσκουν εφαρμογή στο περιβάλλον οικοδόμησης κτιρίων. Σχεδιάζονται για να προσφέρουν ενέργεια σε κατοικήσιμες περιοχές, βιομηχανικά και εμπορικά κτίρια, ενώ το τυπικό μέγεθος τους είναι από 0,4 έως 100 kW. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι όταν η παραγωγή ενέργειας υπερβεί τις ανάγκες, το πλεόνασμα περνά στο κεντρικό δίκτυο. Πλεονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι ότι είναι εγκατεστημένα κοντά στο σημείο χρήσης, άρα οι απώλειες διανομής της ενέργειας ελαχιστοποιούνται, επίσης δεν απαιτείται επιπλέον έκταση για την εγκατάστασή τους εφόσον τα φ/β πλαίσια μπορεί να αποτελούν μέρος της οροφής ή ενός τοίχου ενός κτιρίου.

Η τέταρτη κατηγορία συστημάτων είναι τα κεντροποιημένα (μη καταναμημένα), συνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο. Τα συστήματα αυτά εγκαθίστανται κυρίως για δύο σκοπούς. Πρώτον ως εναλλακτικές πηγές ενέργειας έναντι των συμβατικών κεντροποιημένων πηγών ή, δεύτερον, για την ενίσχυση του συστήματος διανομής της ενέργειας. Η χρησιμότητα τέτοιων συστημάτων μελετάται ακόμα και σήμερα με την εγκατάσταση συστημάτων επίδειξης σε πολλές χώρες.

Αξίζει να αναφέρουμε άλλες χρήσεις φ/β συστημάτων όπως σε διαστημικές εφαρμογές και ηλεκτροδότηση απομονωμένων από το δίκτυο οικισμών. Επίσης υπάρχουν εφαρμογές που αφορούν την άντληση νερού με ηλιακές αντλίες, την αφαλάτωση νερού, το άλεσμα δημητριακών, αγροτικά τηλέφωνα, άρδευση καλλιεργειών, ιχθυοτροφία και άλλα. Ακόμα φ/β συστήματα μικρής ισχύος εφαρμόζονται σε υπολογιστές τσέπης, ρολόγια, ραδιόφωνα, τροχόσπιτα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την οικονομική ένωση των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), ξεκίνησε μια προσπάθεια γενικότερης σύγκλισης, η οποία επηρέασε τις συνθήκες και σχέσεις που ήταν ήδη διαμορφωμένες σχετικά με την ενεργειακή πολιτική κάθε χώρας. Στις μέρες μας, η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί αγαθό κοινής ωφέλειας και ταυτόχρονα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την οικονομία γενικά, αφού συνδέεται με τομείς που την επηρεάζουν. Η ΕΕ και η χώρα μας έχουν θέσει τους εξής πρωταρχικούς στόχους για την ενεργειακή πολιτική:

- Την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας
- Την προστασία του περιβάλλοντος, στο πλαίσιο και των διεθνών υποχρεώσεων της χώρας
- Την ισόρροπη περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας
- Την παραγωγικότητα και ανταγωνιστικότητα της εθνικής οικονομίας και την επίτευξη υγιούς ανταγωνισμού με στόχο τη μείωση του κόστους ενέργειας για το σύνολο των χρηστών και καταναλωτών (οπότε στόχος είναι η αποδυνάμωση των διάφορων μονοπωλίων)

3.2 Η ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στην Ελλάδα τους στόχους αυτούς ανέλαβε η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) από το 2000. Η ΡΑΕ είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή και έχει κυρίως γνωμοδοτικές και εισηγητικές αρμοδιότητες στον τομέα της ενέργειας. Στόχος της είναι ο ελεύθερος και υγιής ανταγωνισμός στην ενεργειακή αγορά με σκοπό να εξυπηρετηθεί καλύτερα και οικονομικότερα ο καταναλωτής.

Αξίζει να σημειωθούν τα οφέλη που μπορεί να επιφέρει ο υγιής ανταγωνισμός στη χώρα μας σε ότι αφορά την αγορά ενέργειας:

- Ο υγιής ανταγωνισμός θα ωφελούσε την παραγωγικότητα και ανταγωνιστικότητα της εθνικής οικονομίας με στόχο τη μείωση του κόστους ενέργειας για τους καταναλωτές. Η ανάπτυξη υγιούς ανταγωνισμού (και όχι

- μόνο οι ιδιωτικοποιήσεις), με τη ταυτόχρονη λήψη μέτρων για την ανάπτυξη πραγματικού ανταγωνισμού, μπορεί να συντελέσει στη συγκράτηση και μείωση των τιμών.
- Τα οφέλη θα ήταν σημαντικά και για τον τομέα των επενδύσεων. Η προσέλκυση κεφαλαίων είναι σημαντικές για μια χώρα. Λόγω, όμως, της κατάστασης που επικρατεί στην Ελλάδα, δεν σημειώνονται αξιόλογες επενδυτικές δραστηριότητες στον κλάδο της ενέργειας.
 - Οφέλη θα προέκυπταν και για τα θέματα προστασίας του περιβάλλοντος, με την πραγματοποίηση ενός μακροχρόνιου ενεργειακού σχεδιασμού με γνώμονα τον τεχνολογικό εκσυγχρονισμό των υποδομών και τη μη επέκταση των ήδη υπαρχόντων εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής.

Επίσης, στόχος της ΡΑΕ είναι η χρησιμοποίηση τεχνολογιών φυσικού αερίου και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) που είναι κάτι που μπορεί να ωθήσει τον ανταγωνισμό.

3.3 ΝΟΜΟΙ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΑΠΕ

Η χώρα μας καθώς και η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισαν τους ακόλουθους νόμους και οδηγίες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:

- Την οδηγία 2001/77/ΕΚ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 27^{ης} Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας
- Τον νόμο 3299/04 (αναπτυξιακός νόμος) για τα κίνητρα ιδιωτικών επενδύσεων για την οικονομική ανάπτυξη και την περιφερειακή σύγκλιση με τις τροποποιήσεις του νόμου 3522/06
- Τον νόμο 3468/06 για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις
- Τον νόμο 3734/09 για την προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το υδροηλεκτρικό έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις

3.3.1 ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ

Σύμφωνα με την οδηγία, δίδεται προτεραιότητα στην ανάπτυξη των ΑΠΕ, προς ευθυγράμμιση με τις επιταγές των δεσμεύσεων του πρωτοκόλλου του Κιότο και σε συνδυασμό με την εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού και την προστασία του περιβάλλοντος. Τα κύρια σημεία της οδηγίας αυτής είναι τα ακόλουθα:

- Τα κράτη-μέλη υποχρεώνονται να ορίσουν συγκεκριμένους στόχους για το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κατά το έτος 2010. Έτσι, οι ΑΠΕ επιβάλλεται να παράγουν το 12% της συνολικής ενέργειας και το 22,1% της ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χώρας. Ειδικότερα για την Ελλάδα ο στόχος που τίθεται είναι οι ΑΠΕ να παράγουν το 2010 το 20,1% της ηλεκτρικής ενέργειας (περιλαμβανομένων και των μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων).
- Τα κράτη-μέλη μπορούν στην παρούσα φάση να καθορίζουν αυτόνομα τα μέτρα υποστήριξης των ΑΠΕ για την επίτευξη του επιθυμητού στόχου.
- Τα κράτη-μέλη οφείλουν να επανεξετάσουν τις ισχύουσες διαδικασίες αδειοδοτήσεων και τις διοικητικές ρυθμίσεις ώστε να διασφαλίζεται η διαφάνεια και να διευκολύνεται η ανάπτυξη των ΑΠΕ.
- Τα κράτη-μέλη υποχρεώνονται να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα για την κατά προτεραιότητα σύνδεση των ΑΠΕ στα ηλεκτρικά δίκτυα.
- Τα κράτη-μέλη υποχρεώνονται να ορίσουν αρμόδιους φορείς για την έκδοση “Εγγυήσεων Προέλευσης” ενέργειας προερχόμενης από ΑΠΕ ή από άλλα κράτη-μέλη.
- Καθορίζονται προθεσμίες και χρονική περιοδικότητα εντός των οποίων τα κράτη-μέλη οφείλουν να αναφέρουν τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των διατάξεων της Οδηγίας.

3.3.2 ΝΟΜΟΣ 3299/04 (ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΣ ΝΟΜΟΣ) ΜΕ ΤΙΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ 3522/06

Ο νόμος 3299/04 σχετικά με τις ιδιωτικές επενδύσεις ο οποίος ψηφίστηκε στις 23 Δεκεμβρίου 2004 έχει ως σκοπό να ενδυναμώσει την οικονομική ανάπτυξη, να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας και μια ανταγωνιστικότερη οικονομία, να προωθήσει τη τεχνολογική αλλαγή και την καινοτομία, και βάσει των κινήτρων των ιδιωτικών αυτών επενδύσεων να συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος.

Ο νόμος περιλαμβάνει μια σειρά ενισχύσεων όπως:

- α. Επιχορήγηση για δωρεάν παροχή χρηματικού ποσού από το δημόσιο για την κάλυψη δαπάνης του επενδυτικού σχεδίου.
- β. Επιδότηση για την απόκτηση καινούργιου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού.
- γ. Φορολογική απαλλαγή που αναφέρεται σε απαλλαγή καταβολής φόρου εισοδήματος μη διανεμομένων κερδών από το σύνολο των δραστηριοτήτων της επιχείρησης την πρώτη δεκαετία από την πραγματοποίηση του επενδυτικού σχεδίου.
- δ. Επιδότηση για την ενίσχυση δημιουργίας θέσεων απασχόλησης.

Για την εφαρμογή του παρόντος νόμου, η επικράτεια κατανέμεται σε τρεις περιοχές όπου κάθε μια έχει διαφορετική ενίσχυση από το δημόσιο. Η περιοχές είναι Α, Β, Γ και κάθε περιοχή μπορεί να περιλαμβάνεται σε μόνο μια περιοχή εφαρμογής. Οι περιοχές χωρίζονται ως εξής:

Περιοχή Α: νομοί Αττικής και Θεσσαλονίκης πλην των Βιομηχανικών Επιχειρηματικών Περιοχών (Β.Ε.ΠΕ.)

Περιοχή Β: Θεσσαλία, νότιο Αιγαίο, νησιά του Ιονίου, Κρήτη, κεντρική και δυτική Μακεδονία, Στερεά Ελλάδα και Β.Ε.ΠΕ.

Περιοχή Γ: ανατολική Μακεδονία, Θράκη, Ήπειρος, βόρειο Αιγαίο, Πελοπόννησος και δυτική Ελλάδα



Εικόνα 3: η Ελλάδα χωρισμένη σε περιοχές σύμφωνα με τον νόμο 3299/04

Τα υπαγόμενα επενδυτικά σχέδια του νόμου αυτού κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες ώστε να οριστούν οι παρεχόμενες ενισχύσεις. Το επενδυτικό σχέδιο για την παραγωγή ηλεκτρισμού από ήπιες μορφές ενέργειας και ειδικότερα την αιολική, την ηλιακή (όπου και μας αφορά για την παρούσα εργασία) την υδροηλεκτρική, την γεωθερμική και την βιομάζα ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ υπάγονται στην κατηγορία 4.

Στην κατηγορία αυτή έχουμε τις ακόλουθες ενισχύσεις ανά περιοχή:

Πίνακας 3.1: Ποσοστό ενίσχυσης ανά περιοχή

	περιοχή Α	περιοχή Β	περιοχή Γ
Κατηγορία 4	20%	30%	40%

Για να δοθεί η επιχορήγηση ισχύουν κάποιες προϋποθέσεις και περιορισμοί. Αυτές χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με το χρηματικό ύψος της επιχείρησης.

1. Μεγάλες επιχειρήσεις, πεντακόσιες χιλιάδες ευρώ (500.000€)
2. Μεσαίες επιχειρήσεις, διακόσες χιλιάδες ευρώ (200.000€)
3. Μικρές επιχειρήσεις, Εκατόν πενήντα χιλιάδες ευρώ (150.000€)
4. Για πολύ μικρές επιχειρήσεις, εκατό χιλιάδες ευρώ (100.000€)

Το ελάχιστο όριο της παραγράφου αυτής μπορεί να αναπροσαρμόζεται από το Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών.

Η καταβολή του ποσού της επιχορήγησης πραγματοποιείται σε δόσεις ως εξής :

Το 50% του ποσού της επιχορήγησης δίνεται μετά την υλοποίηση του 50% της επένδυσης και μετά από έλεγχο του αρμόδιου οργάνου που πιστοποιεί ότι υλοποιήθηκε το τμήμα αυτό του έργου. Το υπόλοιπο 50% του ποσού της επιχορήγησης δίνεται με την ολοκλήρωση του έργου και μετά από έλεγχο του αρμόδιου οργάνου.

Μετά την ολοκλήρωση του έργου και την έναρξη της παραγωγικής λειτουργίας ο επενδυτής θα πρέπει να καταθέσει αίτηση εντός έξι μηνών από την λήξη της προθεσμίας ολοκλήρωσης της επένδυσης. Τα απαιτούμενα παραστατικά που συνοδεύουν την αίτηση ορίζονται από το Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών. Σε περίπτωση μη κατάθεσης των παραπάνω δικαιολογητικών από των επενδυτή στο διάστημα των έξι μηνών θα πρέπει να επιστραφεί το ποσό που έχει δοθεί προσαυξημένο κατά το ποσό των νομίμων τόκων από της καταβολής.

Εφόσον κατατεθούν τα απαιτούμενα δικαιολογητικά εντός ενός μήνα το αρμόδιο όργανο ελέγχου θα πρέπει να υποβάλλει έκθεση ελέγχου εντός προθεσμίας δυο μηνών. Η περίληψη δημοσιεύεται στην εφημερίδα την κυβερνήσεως εντός τριάντα ημερών από την έκδοση της.

Τα δικαιολογητικά καταβολής των ενισχύσεων για την καταβολή της επιχορήγησης και της επιδότησης χρηματοδοτικής μίσθωσης και την επιχορήγηση του κόστους απασχόλησης ορίζονται με αποφάσεις του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών.

Η επιχορήγηση καταβάλλεται απευθείας στον επενδυτή και δεν επιτρέπεται η εκχώρηση της σε τρίτους. Κατ' εξαίρεση, είναι δυνατή η εκχώρηση του ποσού της επιχορήγησης σε τράπεζες για την παροχή βραχυπρόθεσμου δανείου ισόποσου της εκχωρούμενης επιχορήγησης που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση της επένδυσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις η καταβολή της επιχορήγησης γίνεται απευθείας στην τράπεζα.

3.3.3 ΝΟΜΟΣ 3468/06 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο νόμος που άλλαξε σημαντικά το σκηνικό της αγοράς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ο νόμος 3468/06. Σκοπός του είναι η εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία της ευρωπαϊκής κοινότητας 2001/77/ΕΚ. Με αυτόν τον νόμο θεσπίζονται επιτέλους σοβαρά κίνητρα στους ιδιώτες για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κυρίως με σκοπό την οικονομική επένδυση.

Το κυριότερο σημείο του νόμου αυτού είναι η κρατική δέσμευση για αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η έκδοση του σχετικού τιμοκαταλόγου με τον οποίο καθορίζονται τιμές πώλησης της ενέργειας για κάθε πιθανή δραστηριότητα στον χώρο των ΑΠΕ.

Ο νέος νόμος έχει καλύψει πλέον κάποιες ασάφειες που υπήρχαν στο πρόσφατο νομικό καθεστώς και μάλιστα απλοποιεί εξαιρετικά τις διαδικασίες αδειοδότησης «μικρών» εγκαταστάσεων ΑΠΕ. Συγκεκριμένα στο άρθρο 4 του νόμου, θεσπίζονται τα όρια της εγκατεστημένης ισχύος για κάθε τύπο ΑΠΕ, κάτω από τα οποία απλοποιείται η διαδικασία έκδοσης άδειας παραγωγής. Στις περιπτώσεις σταθμών που δεν εμπίπτουν στην κατηγορία της «εξαίρεσης» η διαδικασία έκδοσης άδειας παραγωγής είναι σαφώς πιο πολύπλοκη.

Τα βασικά σημεία της αδειοδότησης είναι τα ακόλουθα:

1. Εθνική ασφάλεια
2. Προστασία δημόσιας υγείας
3. Ασφάλεια εγκαταστάσεων συστήματος -Δικτύου
4. Ενεργειακή αποδοτικότητα του έργου
5. Ωριμότητα διαδικασίας υλοποίησης
6. Δικαίωμα χρήσης θέσης εγκατάστασης
7. Επιστημονική- οικονομική- τεχνική επάρκεια αιτούντος για υλοποίησης της επένδυσης
8. Διασφάλιση παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας
9. Προστασία του περιβάλλοντος

Για την διαδικασία έκδοσης άδειας παραγωγής απαιτούνται τα παρακάτω: η ΡΑΕ εξετάζει το κατά πόσο πληρούνται τα παραπάνω κριτήρια στον φάκελο του αιτούντος και συνυπολογίζει την αξιολόγηση της Προμελέτης Περιβαλλοντολογικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) από την αρμόδια αρχή (60 ημέρες από κατάθεση ΠΠΕ). Σε διάστημα εντός 4 μηνών από την γνωστοποίηση σε αυτήν της αίτησης γνωμοδοτεί στον Υπουργό Ανάπτυξης. Ο Υπουργός Ανάπτυξης αποφασίζει για την έκδοση άδειας σε διάστημα 15 ημερών από την γνωμοδότηση της ΡΑΕ.

Η διάρκεια της άδειας παραγωγής είναι 25 χρόνια με δυνατότητα ανανέωσης για ακόμα 25 χρόνια. Το χρονικό περιθώριο για την έκδοση άδειας εγκατάστασης είναι 2 χρόνια (+1 έτος υπό προϋποθέσεις). Η άδεια εγκατάστασης ισχύει για δύο χρόνια και μπορεί να παρατείνεται για ακόμα σε ειδικές περιπτώσεις. Για την άδεια έκδοσης εγκατάστασης την απόφαση την παίρνει ο γενικός γραμματέας της περιφέρειας στην οποία εγκαθίσταται ο σταθμός. Σε κάθε άλλη περίπτωση την απόφαση την παίρνει ο Υπουργός Ανάπτυξης.

3.3.4. ΝΟΜΟΣ 3734/09 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Η πρώτη νομοθεσία που άνοιξε το δρόμο για επενδύσεις σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς ήταν ο Ν. 3468/06. Τον Απρίλιο του 2007 παρουσιάστηκε από το Υπουργείο Ανάπτυξης η πρώτη φάση του Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών, το οποίο καταρτίστηκε από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και έθεσε τις βασικές αρχές για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών που εγκαθίστανται στην ελληνική επικράτεια, συνολικής ισχύος 640MWp για σταθμούς που συνδέονται με το Σύστημα (ηπειρωτικό δίκτυο) και συνολικής ισχύος 200 MWp, για σταθμούς που συνδέονται στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Το πλαφόν αυτό που ετέθη συνοδεύτηκε από μια μεθοδολογία επιμερισμού της αιτούμενης ισχύος, κάτι που οδηγούσε στην ακύρωση χιλιάδων επενδύσεων. Λόγω του μεγάλου αριθμού αιτήσεων (περίπου 8.000 με συνολική αιτούμενη ισχύ 3.700 MWp), η ΡΑΕ πάγωσε τον Οκτώβριο του 2007 τις αιτήσεις για έργα στις περισσότερες περιοχές της χώρας.

Τον Ιανουάριο του 2009, το Κοινοβούλιο ψήφισε το Ν. 3734/09, ο οποίος προσπάθησε να θεραπεύσει μερικές από τις αδυναμίες των προηγούμενων ρυθμίσεων. Συγκεκριμένα, ο νέος νόμος κατήργησε το πλαφόν των 840 MWp που είχε τεθεί άτυπα από τη ΡΑΕ και μαζί του και τον επιμερισμό ισχύος που θα ίσχυε για τις παλιές αιτήσεις και θα οδηγούσε σε ακύρωση χιλιάδων έργων. Ταυτόχρονα όρισε ένα χρονοδιάγραμμα για την διεκπεραίωση της πρώτης φάσης αδειοδότησης που αφορά τη ΡΑΕ.

Μία ακόμη σημαντική ρύθμιση του νέου νόμου 3734/09 αφορά στη μεταβίβαση των αδειών. Όπως προβλέπει λοιπόν ο νόμος, “οι άδειες παραγωγής ή αποφάσεις εξαιρέσεως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς δεν επιτρέπεται να μεταβιβαστούν πριν την έναρξη λειτουργίας των σταθμών”. Πρόθεση

του νομοθέτη ήταν να σταματήσει η μαύρη αγορά αδειών η οποία μόνο καλό δεν κάνει στον κλάδο των φ/β. Όσο όμως η ΡΑΕ δεν δέχεται νέες αιτήσεις (η κατάθεση των οποίων έχει σταματήσει εδώ και μήνες) και όσο οι νεοεισερχόμενοι δεν έχουν άλλη επιλογή, θα καταφεύγουν στην μαύρη αγορά.

Ένα άλλο ζήτημα που προκύπτει από την ψήφιση του νέου νόμου είναι η θεσμοθέτηση διαγωνιστικής διαδικασίας για τα έργα με ισχύ μεγαλύτερη των 10 MW. Όπως προβλέπει ο νέος νόμος, “με απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης, καθορίζονται οι όροι και οι προϋποθέσεις καθώς και λοιπά κριτήρια της διαγωνιστικής διαδικασίας για την υποβολή αιτημάτων για χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς ισχύος άνω των 10 MW στο πλαίσιο διαγωνιστικής διαδικασίας βάσει τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η υποβολή αιτημάτων γίνεται κατόπιν πρόσκλησης του Υπουργού Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της ΡΑΕ, στην οποία καθορίζονται η ελάχιστη ισχύς κάθε έργου και η εκάστοτε προκηρυσσόμενη προς αδειοδότηση ισχύς”. Οι προθέσεις του νομοθέτη ακούγονται καταρχήν θεμιτές αφού επιδιώκει να γίνουν μεγάλα έργα χωρίς να επιβαρυνθεί σημαντικά ο καταναλωτής ο οποίος εν τέλει είναι αυτός που επιδοτεί μέσω των λογαριασμών την ηλιακή κιλοβατώρα.

Ο νέος νόμος 3734/09 περιγράφει ακόμη την πρόθεση του ΥΠΑΝ να ετοιμάσει μία κοινή υπουργική απόφαση (μαζί με το ΥΠΕΧΩΔΕ) για την παροχή ειδικών κινήτρων για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε κτίρια (οικιακοί καταναλωτές και εμπορικές-βιομηχανικές εφαρμογές). Ήδη το ΥΠΑΝ έχει επεξεργαστεί τις λεπτομέρειες αυτού του σχεδίου, μόνο που η υλοποίησή του απαιτεί τη σύμφωνη γνώμη, όχι μόνο του ΥΠΕΧΩΔΕ (για την απλοποίηση των διαδικασιών), αλλά και του Υπουργείου Οικονομικών για να απαλλαγούν οι οικιακοί καταναλωτές από το άνοιγμα βιβλίων στην εφορία προκειμένου να πουλάνε ενέργεια στο δίκτυο. Για τις εγκαταστάσεις σε κτίρια θα ισχύσουν διαφορετικές τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας.

Ο νόμος 3734/09 καθόρισε νέες τιμές πώλησης για την παραγόμενη ηλιακή κιλοβατώρα και ξεκαθάρισε ότι οι τιμές αυτές θα είναι εγγυημένες για μια εικοσαετία για αυτόν που υπογράφει την αντίστοιχη σύμβαση αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ ή την ΔΕΗ. Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει τις νέες τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας. Οι τιμές προσαρμόζονται ετησίως προς τα πάνω με το 25% του πληθωρισμού της περασμένης χρονιάς.

Πίνακας 3.2: τιμές πώλησης ενέργειας από φωτοβολταϊκά (€/MWh)

Έτος	Μήνας	Πίνακας 3.2: τιμές πώλησης ενέργειας από φωτοβολταϊκά (€/MWh)							
		Α		Β		Γ		Δ	
		Διασυνδεδεμένο		Μη διασυνδεδεμένο					
		>100kW	≤100kW	>100kW	≤100kW				
2009	Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00	500,00				
2009	Αύγουστος	400,00	450,00	450,00	500,00				
2010	Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00	500,00				
2010	Αύγουστος	392,04	441,05	441,05	490,05				
2011	Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43	466,03				
2011	Αύγουστος	351,01	394,88	394,88	438,76				
2012	Φεβρουάριος	333,81	375,53	375,53	417,26				
2012	Αύγουστος	314,27	353,56	353,56	392,84				
2013	Φεβρουάριος	298,87	336,23	336,23	373,59				
2013	Αύγουστος	281,38	316,55	316,55	351,72				
2014	Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56	336,18				
2014	Αύγουστος	260,97	293,59	293,59	326,22				
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά		1,3 x $\mu\text{OT}\Sigma_{\nu-1}$	1,4 x $\mu\text{OT}\Sigma_{\nu-1}$	1,4 x $\mu\text{OT}\Sigma_{\nu-1}$	1,5 x $\mu\text{OT}\Sigma_{\nu-1}$				
$\mu\text{OT}\Sigma_{\nu-1}$: Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1									

Οι επιδοτήσεις σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ανέρχονται σε 20-40% του συνολικού κόστους της επένδυσης ανάλογα με την περιοχή και το εταιρικό σχήμα που πραγματοποιεί την επένδυση.

Πίνακας 3.3: Ποσοστό επιδότησης για φ/β σταθμούς

Κατηγορία επιχείρησης	Περιοχή σύμφωνα με τον Αναπτυξιακό Νόμο		
	Α	Β	Γ
Μεγάλη	20%	30%	40%
Μεσαία	30%	40%	40%
Μικρή	40%	40%	40%
Πολύ Μικρή	40%	40%	40%

Ο χωρισμός των περιοχών αναφέρθηκε παραπάνω. Στην παρούσα εργασία, οι εξεταζόμενες περιοχές των Χανίων και των Σερρών ανήκουν στην Β περιοχή και η κατηγορία της επιχείρησης χαρακτηρίζεται ως μικρή. Επομένως, το ποσοστό της επιδότησης για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς ανέρχεται στο 40%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ RETScreen

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη ενότητα αυτή, θα παρουσιαστεί ένα λογισμικό για την αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων που αφορούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φ/β σταθμούς. Το όνομα του λογισμικού αυτού είναι RETScreen και διακινείται ελεύθερα μέσω του διαδικτύου. Ο δικτυακός τόπος όπου είναι διαθέσιμο, φαίνεται στην αναφορά [4.1]. Στη συνέχεια θα γίνει μία σύντομη παρουσίαση του λογισμικού αυτού, καθώς και η περιγραφή του τρόπου με τον οποίο ο(οι) ενδιαφερόμενος(οι) χρήστης(ες) εισάγει(ουν) τα απαραίτητα στοιχεία στο λογισμικό.

4.2 ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ RETScreen

Η φωτοβολταϊκή εφαρμογή RETScreen, είναι ένα λογισμικό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού ανά τον κόσμο. Τα αποτελέσματα που παράγει είναι εύκολα προσιτά στο χρήστη και σχετίζονται με την αποτίμηση της παραγωγής ενέργειας, του κόστους των απαιτούμενων εγκαταστάσεων και τη μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στην εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Όλα αυτά μπορούν να εφαρμοστούν για τρεις βασικές κατηγορίες φ/β συστημάτων: συνδεδεμένων στο κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού, μη συνδεδεμένων με το κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού και συστήματα άντλησης νερού. Ειδικότερα, για τα συνδεδεμένα συστήματα, το λογισμικό μπορεί να εφαρμοστεί και για τα κεντροποιημένα και τα απομονωμένα συστήματα, ενώ για τα μη συνδεδεμένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση τόσο των αυτόνομων (με χρήση μπαταριών) συστημάτων, όσο και για τα υβριδικά συστήματα (διαθέτουν και άλλη γεννήτρια εκτός από την ηλιακή).

Η αρχική σελίδα του λογισμικού, αποτελεί μια εισαγωγή στο περιβάλλον του, όπου περιγράφονται σύντομα οι δυνατότητες και οι λειτουργίες που αυτό παρέχει. Ακόμα, υπάρχουν παραπομπές σε διάφορες διαδικτυακές τοποθεσίες για τη λήψη περισσότερων πληροφοριών. Στην ίδια σελίδα υπάρχουν και οι διασυνδέσεις με τα υπόλοιπα μέρη του λογισμικού, τα οποία στην ουσία αποτελούνται από ειδικά μορφοποιημένα φύλλα του πακέτου Excel της Microsoft.

Το κύριο μέρος του λογισμικού αποτελείται από πέντε λογιστικά φύλλα. Αυτά είναι τα ακόλουθα: 1) το Ενεργειακό Μοντέλο, 2) η Ηλιακή Παραγωγή και το Φορτίο του

Συστήματος, 3) η Ανάλυση Κόστους, 4) η Ανάλυση Κόστους Μείωσης των Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου και 5) η Χρηματοοικονομική Ανάλυση.

Παρακάτω θα περιγραφούν σύντομα όλες οι λειτουργίες που προσφέρει το λογισμικό. Ανάλογα με τον τύπο του μελετώμενου συστήματος, προσφέρονται και οι ανάλογες λειτουργίες. Για παράδειγμα, άλλη αντιμετώπιση υπάρχει για σύστημα μη συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και άλλη για συνδεδεμένο σύστημα. Στη συνέχεια θα περιγραφούν αναλυτικά όλες οι λειτουργίες που προσφέρονται για μη συνδεδεμένο σύστημα, αφού είναι και η πιο γενική περίπτωση. Οι διαφορές από το συνδεδεμένο σύστημα είναι ότι:

- α) Δε χρειάζεται μέσο αποθήκευσης (μπαταρίες) της παραγόμενης ενέργειας, αφού η ενέργεια διατίθεται απευθείας στο δίκτυο.
- β) Δεν καθορίζεται από το λογισμικό το μέγεθος της φ/β συστοιχίας, αλλά από το χρήστη, ενώ η ενέργεια που προσφέρεται στο δίκτυο θεωρείται ίση με την ονομαστική ισχύ της συστοιχίας.
- γ) Λαμβάνεται υπόψιν το γεγονός ότι η ενέργεια που προσφέρεται στο δίκτυο είναι μειωμένη κατά τις απώλειες που παρατηρούνται στο μετατροπέα. Για το λόγο αυτό απαιτείται η γνώση του βαθμού απόδοσης του μετατροπέα και ο ρυθμός απορρόφησης της φ/β ενέργειας από το δίκτυο.

Στην περίπτωση που πρόκειται για εφαρμογή άντλησης νερού, είναι λογικό να υπεισέρχονται κάποιες διαφορές σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις συστημάτων. Οι διαφορές αυτές αφορούν τις εξισώσεις που χρησιμοποιούνται. Για τη χρηματοοικονομική ανάλυση, οι εξισώσεις είναι οι ίδιες. Η σημαντικότερη διαφορά εδώ είναι ότι η απαιτούμενη ενέργεια από το σύστημα, αποτιμάται σε υδραυλική απαιτούμενη ενέργεια, μετρούμενη σε Joule. Υπάρχουν ειδικές εξισώσεις για τον υπολογισμό αυτής της ποσότητας ενέργειας, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη και διάφορες παραμέτρους, όπως το συντελεστή απωλειών λόγω τριβής στις σωληνώσεις. Οι υπολογισμοί που πραγματοποιούνται, με βάση το βαθμό απόδοσης της αντλίας, καταλήγουν στη μετατροπή της απαιτούμενης ενέργειας σε υδραυλική ενέργεια, μέσω κατάλληλων εξισώσεων, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα.

Γενικότερα, το λογισμικό προσφέρει ικανοποιητική βοήθεια σε ότι αφορά τις απαιτούμενες πληροφορίες εισόδου και καθοδηγεί το χρήστη με τρόπο ώστε κάθε φορά να του επισημαίνονται τα στοιχεία που πρέπει να εισάγει.

4.3 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται το ενεργειακό μοντέλο και ο τρόπος συμπλήρωσής του. Μόλις ο χρήστης εισέλθει στο φύλλο αυτό, του ζητείται να συμπληρώσει κάποια στοιχεία σχετικά με την εξεταζόμενη εφαρμογή. Αυτά είναι: η ονομασία και τοποθεσία εφαρμογής, ο πλησιέστερος σταθμός καιρικών δεδομένων της περιοχής, το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας (από -90° έως 90°), η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία για κεκλιμένη

επιφάνεια (σε MWh/m²), η ετήσια μέση θερμοκρασία της περιοχής (σε °C, από -20 έως 30). Το λογισμικό στο σημείο εκείνο υπολογίζει την απαιτούμενη ενέργεια για τις εφαρμογές DC και AC ρεύματος για τους εξεταζόμενους μήνες (σε MWh). Εάν πρόκειται για σύστημα άντλησης νερού, υπολογίζεται επιπλέον η απαίτηση νερού για τη χρονική περίοδο που εξετάζεται. Οι εξεταζόμενοι μήνες καθορίζονται στο φύλλο Ηλιακής Παραγωγής και Φορτίου του Συστήματος (βλ. παρακάτω). Η απαίτηση σε ενέργεια για εφαρμογές συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος καθορίζεται από τη χρήση του συγκεκριμένου συστήματος και το εκάστοτε απαιτούμενο φορτίο και υπολογίζεται στο φύλλο SR&SL.

4.3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Στο ίδιο λογιστικό φύλλο, ζητείται η περιγραφή των χαρακτηριστικών του υπό εγκατάσταση συστήματος. Αρχικά καθορίζεται ο τύπος του συστήματος, δηλαδή εάν είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό σύστημα παροχής ηλεκτρισμού (on-grid), μη συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο (off-grid) ή σύστημα άντλησης νερού (water pumping). Ο τύπος καθορίζεται στο φύλλο Ηλιακής Παραγωγής και Φορτίου του Συστήματος. Ακόμη, ζητείται να δηλωθεί εάν το σύστημα θα διαθέτει επιπλέον γεννήτρια παραγωγής ενέργειας, πέρα από την ηλιακή και τις μπαταρίες. Επιπλέον, ζητείται να καθορισθεί ο τύπος της βασικής πηγής ενέργειας του συστήματος (γεννήτρια, θερμοηλεκτρική γεννήτρια, επέκταση δικτύου, μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ή άλλος τύπος) και ο τύπος του καυσίμου που αυτή χρησιμοποιεί (φυσικό αέριο, προπάνιο, πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη ή άλλος τύπος). Τέλος, ο χρήστης καλείται να εισάγει την ακριβή κατανάλωση της βασικής πηγής, σε lt/kWh.

4.3.2 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Στη συνέχεια εκτιμάται και προτείνεται η χωρητικότητα, σε KW, του μετατροπέα από DC σε AC. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας την υπολογιζόμενη αιχμή του φορτίου, η οποία πραγματοποιείται στο φύλλο Ηλιακής Παραγωγής και Φορτίου του Συστήματος. Αιχμή φορτίου θεωρείται το άθροισμα όλων των φορτίων του ίδιου τύπου (π.χ. AC). Έπειτα, ο χρήστης καλείται να εισάγει τη χωρητικότητα του μετατροπέα, την απόδοσή του και τις απώλειες ενέργειας. Στην περίπτωση που περιγράφεται φ/β σύστημα άντλησης νερού, τα χαρακτηριστικά που ζητούνται επιπλέον είναι ο τύπος της χρησιμοποιούμενης αντλίας (AC ή DC) και η απόδοσή της. Εάν δε χρησιμοποιείται επιπλέον πηγή παραγωγής ενέργειας, οι αντίστοιχες πληροφορίες παραλείπονται.

4.3.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ακολουθεί η περιγραφή των χαρακτηριστικών των μπαταριών που θα χρησιμοποιηθούν στο σύστημα. Ο χρήστης θα περιγράψει τις απαιτήσεις του επιλέγοντας μια από τις επιλογές που του παρέχει το λογισμικό. Έτσι, δίδονται οι ημέρες αυτονομίας που επιθυμεί ο χρήστης για τις μπαταρίες (έως 15), η ονομαστική

τάση λειτουργίας της μπαταρίας (σε V), η απόδοση της μπαταρίας, η μέγιστη στάθμη αποφόρτισης, ο έλεγχος της θερμοκρασίας της μπαταρίας (εδώ παρέχονται τρεις επιλογές: περιβάλλοντος, σταθερή, και ελάχιστη) και η ελάχιστη θερμοκρασία της μπαταρίας (σε °C) και η ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας (σε Ah). Το λογισμικό εκτιμά εδών τη μέση υποβάθμιση της μπαταρίας λόγω θερμοκρασίας και την προτεινόμενη ονομαστική χωρητικότητα των μπαταριών (σε Ah). Στην περίπτωση ενός φ/β άντλησης νερού, οι πληροφορίες που αφορούν το σύστημα συσσώρευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, παραλείπονται.

4.3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Στο επόμενο τμήμα του λογισμικού ακολουθεί η περιγραφή του φ/β πλαισίου για το σύστημα που μελετάται. Ο χρήστης επιλέγει τον τύπο των ηλιακών κυττάρων (μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, άμορφο πυρίτιο, CdTe, CIS ή άλλος τύπος). Συμπληρώνεται και η κατασκευάστρια εταιρεία του φ/β πλαισίου, χωρίς καμιά επίπτωση στους υπολογισμούς. Ακολουθώς, δίνεται η ονομαστική απόδοση του πλαισίου, η ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων (σε °C), ο θερμοκρασιακός συντελεστής του πλαισίου (σε %/°C), ο ελεγκτής του πλαισίου (προσφέρονται δύο επιλογές: ανιχνευτές μέγιστου σημείου λειτουργίας και αναρρίχησης). Ακόμη, συμπληρώνονται οι τυχόν ενεργειακές απώλειες του φ/β πλαισίου. Στο σημείο αυτό το λογισμικό εκτιμά την προτεινόμενη ονομαστική ισχύ του πλαισίου (σε kWp). Επίσης, συμπληρώνεται η ονομαστική ισχύς του πλαισίου (σε kWp) και το εμβαδό του (σε m²). Η περιγραφή είναι ίδια και στην περίπτωση αντλητικού συστήματος.

4.3.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Ακολουθούν τα χαρακτηριστικά της επιπλέον πηγής ενέργειας του συστήματος. Εδώ συμπληρώνονται η απόδοση του φορτιστή από AC σε DC ρεύμα η χωρητικότητα αυτής της πηγής (σε kW), ο τύπος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου και η ακριβής κατανάλωση καυσίμου από την πηγή (σε lt/kWh). Το λογισμικό εκτιμά και προτείνει τη χωρητικότητα που πρέπει να έχει η επιπλέον πηγή ενέργειας, σε (kW). Εάν πρόκειται για σύστημα άντλησης νερού, οι πληροφορίες που ζητούνται εδών περιορίζονται στις απώλειες ισχύος του συστήματος.

4.3.6 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Στη συνέχεια, λαμβάνουν χώρα μια σειρά από εκτιμήσεις. Για την περίοδο που εξετάζεται (σε μήνες), υπολογίζονται η ισοδύναμη DC απαιτούμενη ενέργεια (σε MWh), η παραγόμενη ενέργεια από την επιπλέον πηγή ενέργειας, όταν προέρχεται από πετρέλαιο (σε MWh), η ισοδύναμη DC ενέργεια που δεν επιτυγχάνεται (σε MWh), το ακριβές ποσό ενέργειας που αποφέρει η φ/β εγκατάσταση (σε kWh/m²), ο συνολικός βαθμός απόδοσης της φ/β εγκατάστασης και τέλος η προσφορά ανανεώσιμης ενέργειας

από το σύστημα (σε MWh ή kWh).

4.4 ΗΛΙΑΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

4.4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΤΟΥ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Στο τμήμα αυτό του φύλλου Ηλιακής Παραγωγής και Φορτίου του Συστήματος, καθορίζονται τα γεωγραφικά στοιχεία της τοποθεσίας της εγκατάστασης και ο προσανατολισμός της τελευταίας. Έτσι λοιπόν ζητείται, χωρίς επίπτωση στους υπολογισμούς, ο πλησιέστερος σταθμός παροχής μετεωρολογικών δεδομένων, το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής (σε μοίρες, με βόρειο προσανατολισμό), καθορίζεται η δυνατότητα κίνησης του φ/β πλαισίου, και εάν υπάρχει, καθορίζεται σε πόσους άξονες πραγματοποιείται η κίνηση αυτή, καθορίζεται η κλίση του φ/β πλαισίου (σε μοίρες) και τελικά καθορίζεται το αζιμούθιο του φ/β πλαισίου (σε μοίρες, από 0° έως 180°).

4.4.2 ΜΗΝΙΑΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

Στο τμήμα αυτό του φύλλου Ηλιακής Παραγωγής και Φορτίου του Συστήματος, ζητούνται πληροφορίες σχετικά με την εξεταζόμενη περίοδο. Η είσοδος των δεδομένων πραγματοποιείται για κάθε μήνα που περιλαμβάνεται στην περίοδο αυτή. Έτσι, για κάθε μήνα του έτους που περιλαμβάνεται στην εξεταζόμενη περίοδο, ο χρήστης σημειώνει με «1» στο αντίστοιχο κελί και μηδέν για όποιον μήνα είναι εκτός της συγκεκριμένης περιόδου. Τα στοιχεία που ζητούνται, είναι η μηνιαία μέση ημερήσια ακτινοβολία που φθάνει σε οριζόντια επιφάνεια (σε kWh/m²/day) για την περιοχή που επελέγει και για τον αντίστοιχο μήνα εντός της εξεταζόμενης περιόδου και η αντίστοιχη μέση μηνιαία θερμοκρασία (σε °C). Με βάση τα δεδομένα αυτά, υπολογίζονται η μέση μηνιαία ημερήσια ακτινοβολία που φθάνει στο επίπεδο του φ/β πλαισίου (σε kWh/m²/d) και το μηνιαίο ηλιακό κλάσμα (σε ποσοστό %). Ακόμα, υπολογίζονται η ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (σε MWh/m²), η ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο (σε MWh/m²) και η μέση θερμοκρασία (σε °C). Τα παραπάνω υπολογίζονται τόσο σε ετήσια βάση, όσο και για την εξεταζόμενη περίοδο.

4.4.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Στην τελευταία ενότητα του φύλλου Ηλιακής Παραγωγής και Φορτίου του Συστήματος, υπολογίζονται τα απαιτούμενα ενεργειακά φορτία και των δύο τύπων (AC και DC) για το σύστημα. Στο σημείο αυτό πραγματοποιείται ο καθορισμός του τύπου του συστήματος (εάν θα είναι συνδεδεμένο ή όχι στο κεντρικό δίκτυο). Ο χρήστης καλείται να δώσει μια περιγραφή για την εφαρμογή που απαιτεί τα φορτία αυτά (χωρίς επίπτωση στους υπολογισμούς) και μετέπειτα να καθορίσει τον τύπο του φορτίου (AC ή DC) που απαιτεί η κάθε εφαρμογή. Στη συνέχεια δίδονται πληροφορίες για τη σχέση μεταξύ ηλιακής ακτινοβολίας και φορτίου. Οι περιπτώσεις που εξετάζονται είναι:

- Η συσκευή/εφαρμογή που καταναλώνει ενέργεια, λειτουργεί για όσο υπάρχει ηλιακή ενέργεια να το τροφοδοτεί, χωρίς την παρεμβολή μπαταριών (ο χρήστης επιλέγει την ένδειξη «Positive»).
- Η συσκευή/εφαρμογή που καταναλώνει ενέργεια, έχει την ίδια τιμή κατανάλωσης φορτίου (σταθερό φορτίο) για όλη την ημέρα, κάτι που απαιτεί μπαταρίες (ο χρήστης επιλέγει την ένδειξη «Zero»).
- Η συσκευή/εφαρμογή που καταναλώνει ενέργεια, καταναλώνει ενέργεια, αφού αυτή πρώτα αποθηκευτεί. Αφορά και διακοπτόμενη κατανάλωση φορτίου, π.χ. ψυγείο (ο χρήστης επιλέγει την ένδειξη «Negative»).

Ακόμη, για κάθε εφαρμογή συμπληρώνεται το φορτίο που αυτή καταναλώνει (σε kW), η χρησιμοποίησή της σε ώρες ανά ημέρα (h/d) και η χρησιμοποίησή της σε ημέρες ανά εβδομάδα (d/wk). Τέλος, υπολογίζονται οι απαιτήσεις σε ενεργειακό φορτίο και για τους δύο τύπους (AC και DC) σε kWh για ημερήσια και ετήσια βάση, ενώ υπολογίζεται και η ετήσια αιχμή φορτίου για τον AC τύπο (σε kW).

4.4.3.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Αξίζει να σημειωθεί πως τα στοιχεία που απαιτούνται για τη συμπλήρωση του φύλλου, είναι σχεδόν ίδια για την περίπτωση μη συνδεδεμένου με το κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού συστήματος με αυτό ενός συστήματος που είναι συνδεδεμένο με το τελευταίο. Ειδικά στην περίπτωση του συνδεδεμένου συστήματος, απαιτούνται λιγότερες πληροφορίες γενικά, αφού π.χ. δε χρειάζεται να δοθούν πληροφορίες για το σύστημα συσσώρευσης του φ/β συστήματος (μπαταρίες), λόγω του γεγονότος ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν αποθηκεύεται αλλά διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο.

Στην περίπτωση, όμως, που το περιγραφόμενο φ/β σύστημα προορίζεται για άντληση νερού, υπάρχουν μερικές σημαντικές διαφορές. Οι διαφορές εντοπίζονται στην ενότητα περιγραφής των χαρακτηριστικών του φορτίου. Και σε αυτή τη περίπτωση, όμως, ζητείται προαιρετικά από το χρήστη να δοθεί μια περιγραφή χρήσης του περιγραφόμενου συστήματος άντλησης νερού (π.χ. άρδευση φάρμας, για πότισμα ζώων κλπ). Έπειτα ζητείται ο χαρακτηρισμός του συστήματος (μέσω προσφερόμενων επιλογών), π.χ. για χρήση σε εσωτερικούς χώρους, για άρδευση, για κοπάδια ή άλλη χρήση. Ζητείται έπειτα η μονάδα μέτρησης των μονάδων που θα καταναλώσουν το νερό (π.χ. κατά κεφαλή, κατά άτομο κλπ) και ο αριθμός των μονάδων αυτών. Στη συνέχεια ζητείται η κατανάλωση νερού που πραγματοποιεί κάθε μονάδα, μαζί με τις ανάλογες μονάδες μέτρησης της κατανάλωσης νερού. Στο τέλος, το λογισμικό υπολογίζει την ημερήσια απαίτηση νερού από κάθε εφαρμογή.

Ακολούθως, ο χρήστης καλείται να εισάγει μια σειρά από χαρακτηριστικά για το σύστημα. Αυτά αφορούν την αναροφητική στάθμη (m), το κατέβασμα της στάθμης του νερού (m), την στάθμη εκκένωσης (m), την στάθμη πίεσης (m) και τις απώλειες λόγω

τριβών (%). Τελικά υπολογίζονται η ημερήσια απαίτηση νερού (σε m^3/day) και το ισοδύναμο ποσό της απαιτούμενης ενέργειας (ημερήσιο και ετήσιο).

4.5 ΤΟ ΦΥΛΛΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ

Στο φύλλο αυτό πραγματοποιείται η ανάλυση κόστους που σχετίζεται με την εγκατάσταση του μελετώμενου φ/β συστήματος. Αρχικά επιλέγεται ο τύπος του έργου της φ/β εγκατάστασης, ως τυπικός ή ειδικός. Έπειτα επιλέγονται οι ισοτιμίες στις οποίες θα αναφέρονται τα διάφορα κόστη που αναλύονται, καθώς επίσης και τυχόν επιπρόσθετες αναφορές από το χρήστη (π.χ. δεύτερη ισοτιμία κ.ά.). η κοστολόγηση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα για την πραγματοποίηση του έργου οργανώνονται σε τρεις ενότητες:

- 1) Αρχικά κόστη
- 2) Ετήσια κόστη
- 3) Περιοδικά κόστη

4.5.1 ΑΡΧΙΚΑ ΚΟΣΤΗ

Η ενότητα με τα αρχικά κόστη του έργου αποτελείται από πέντε υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα συμπληρώνονται τα αρχικά κόστη επένδυσης. Πρώτα εισάγονται τα κόστη που πηγάζουν από τη μελέτη σκοπιμότητας του έργου. Τα κόστη αυτά περιλαμβάνουν μελέτη της τοποθεσίας εγκατάστασης, του βασικού σχεδιασμού, της ετοιμασίας αναφορών σχετικά με το έργο και τις διάφορες μετακινήσεις των υπευθύνων για διαπραγματεύσεις κτλ. Για παράδειγμα, αν οι διαδικασίες αυτές κοστολογούνται με βάση τις ώρες ενασχόλησης, τότε διπλα στην κάθε μία από αυτές τις διαδικασίες συμπληρώνεται ο αριθμός των αντίστοιχων ωρών ενασχόλησης και το κόστος για κάθε ώρα ενασχόλησης. Στην ίδια ενότητα συμπληρώνονται και τυχόν διάφορα άλλα έξοδα, καθώς και τα πιθανά κέρδη που θα υπάρξουν. Ας σημειωθεί πως υπάρχει η δυνατότητα σε κάποια δραστηριότητα να χαρακτηριστεί ως πίστωση (credit) ή κόστος (cost), ώστε να γίνουν σωστά οι συνολικοί υπολογισμοί κόστους. Στο τέλος της υποενότητας υπολογίζεται το συνολικό κόστος των διαδικασιών.

Στη δεύτερη υποενότητα διαδικασιών, περιλαμβάνονται οι διαδικασίες ανάπτυξης του έργου. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία αυτή έχουμε τα κόστη από αδειοδοτήσεις και εγκρίσεις αιτήσεων, τη συνολική διαχείριση του έργου και πιθανές μετακινήσεις των υπευθύνων για τη διεκπεραίωση τέτοιων διαδικασιών. Και πάλι συμπληρώνεται ο τρόπος κοστολόγησης (π.χ. ανά ώρα ενασχόλησης) και το μοναδιαίο κόστος ενασχόλησης με την κάθε δραστηριότητα. Προβλέπεται και χώρος για τη συμπλήρωση τυχόν έκτακτων εξόδων που αφορούν τις δραστηριότητες αυτές. Στο τέλος λαμβάνονται και εδώ υπόψη τα πιθανά κέρδη, τα οποία λαμβάνονται με κατάλληλο τρόπο υπόψη στους υπολογισμούς του τελικού κόστους αυτών των δραστηριοτήτων.

Η τρίτη υποενότητα διαδικασιών περιλαμβάνει τα κόστη κατασκευής του έργου. Τα κόστη αυτά αφορούν το σχεδιασμό του φ/β συστήματος, το σχεδιασμό της συνολικής υποδομής του συστήματος, την υποδομή των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, τα κόστη διεκπεραίωσης γραφειοκρατικών δραστηριοτήτων και συμβολαίων και την επίβλεψη του έργου. Και εδώ προβλέπεται χώρος για τη συμπλήρωση έκτακτων εξόδων σχετικά με τις δραστηριότητες αυτές και τα πιθανά κέρδη που προκύπτουν από αυτές, ώστε τελικά να υπολογισθεί κατάλληλα το συνολικό τους κόστος.

Στην τέταρτη υποενότητα διαδικασιών, λαμβάνονται υπόψη τα έξοδα που οφείλονται στην απόκτηση του απαραίτητου φ/β εξοπλισμού για την ολοκλήρωση του έργου. Τέτοια έξοδα αποτελούν η κατασκευή στηρικτικής υποδομής των φ/β πλαισίων (σε m²), η αγορά μετατροπέα και βοηθητικής πηγής ενέργειας (συμπληρώνονται τα χαρακτηριστικά τους, δηλαδή εδώ σε kW ενέργειας προερχόμενης από AC ρεύμα και kW αντίστοιχα), η απόκτηση μπαταριών για τη συσσώρευση ενέργειας (σε kWh), η απόκτηση λοιπού ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (π.χ. η ονομαστική ισχύς των φ/β πλαισίων) και η εγκατάσταση του συστήματος και η μεταφορά του εξοπλισμού. Στην περίπτωση αυτή λαμβάνονται υπόψη τα πιθανά κέρδη από τη χρήση της βοηθητικής γεννήτριας ενέργειας για τον υπολογισμό του τελικού κόστους των δραστηριοτήτων αυτών.

Στην πέμπτη υποενότητα προβλέπεται η συμπλήρωση διάφορων εξόδων που δεν εμπίπτουν σε καμία από τις παραπάνω τέσσερις διαδικασίες, καθώς και τυχόν αποκλίσεις από τις εκτιμήσεις των εξόδων που περιγράφηκαν πριν, ως ποσοστό του συνολικού κόστους όλων αυτών των δραστηριοτήτων.

Αθροίζοντας τα συνολικά κόστη των πέντε υποενότητων, προκύπτει το συνολικό αρχικό κόστος του έργου.

4.5.2 ΕΤΗΣΙΑ ΚΟΣΤΗ

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα ετήσια κόστη (κέρδη) που προκύπτουν από την εφαρμογή του έργου.

Στην πρώτη υποενότητα δραστηριοτήτων περιλαμβάνονται οι ασφαλίσεις για το έργο, οι φόροι και παρόμοια έξοδα καθώς και η μισθοδοσία των απασχολούμενων. Ακόμα, λαμβάνονται υπόψη τυχόν αποκλίσεις από τα διάφορα έξοδα, ως ποσοστό επί των συνολικών εξόδων, οι οποίες περιλαμβάνονται στο συνολικό υπολογισμό, μαζί με τα προσδοκώμενα κέρδη.

Στη δεύτερη υποενότητα, περιλαμβάνονται τα έξοδα από τη χρησιμοποίηση καυσίμου στην επιπλέον γεννήτρια. Τα έξοδα αυτά προέρχονται από το είδος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου. Για παράδειγμα, εάν χρησιμοποιείται πετρέλαιο, η μονάδα μέτρησης του καταναλωμένου καυσίμου είναι σε λίτρα («L»). Ο χρήστης

εισάγει το μοναδιαίο κόστος για την κάθε μονάδα κατανάλωσης καυσίμου και έτσι υπολογίζεται το συνολικό κόστος του καυσίμου, μαζί με τα πιθανά έξοδα που προκύπτουν από τη μεταφορά του καυσίμου.

4.5.3 ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΚΟΣΤΗ

Στην ενότητα αυτή, υπολογίζονται τα περιοδικά κόστη (κέρδη) του έργου. Τέτοια έξοδα αναφέρονται στην περιοδική αντικατάσταση των μπαταριών. Ακόμα, λαμβάνονται υπόψη τα έξοδα ή/και τα κέρδη από τη χρησιμοποίηση της επιπλέον γεννήτριας.

Ας σημειωθεί πως με τον υπολογισμό όλων των επιμέρους παραμέτρων κόστους, δίπλα στο σημείο όπου αναγράφεται το σύνολο κάθε υποενότητας δραστηριοτήτων, αναγράφεται και το σχετικό κόστος τους, δηλαδή, το ποσοστό % του κόστους που αναλογεί στην κάθε υποενότητα ως προς το συνολικό κόστος.

4.6 Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το φύλλο αυτό προσφέρει την ανάλυση κόστους που επιβαρύνει τον προϋπολογισμό του έργου από την προσπάθεια μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η ανάλυση αυτή είναι προαιρετική. Ο χρήστης αποφασίζει με ένα «ναι» ή «όχι» αν οι υπολογισμοί αυτοί θα πραγματοποιηθούν.

Η ανάλυση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου αποσκοπεί στον καθορισμό μιας ισοδύναμης ποσότητας εκπομπής αερίου CO₂, με βάση τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Κάθε τύπος καυσίμου έχει το δικό του συντελεστή εκπομπής αερίων θερμοκηπίου (ως αέρια θερμοκηπίου που εκπέμπονται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εδώ θεωρούνται τα CO₂, N₂O και CH₄). Ο καθορισμός της παραγωγής αερίων θερμοκηπίου από κάθε καύσιμο, πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τη συμμετοχή του κάθε τύπου καυσίμου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (όσο μεγαλύτερη συμμετοχή έχει ένα καύσιμο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο μεγαλύτερη συμμετοχή έχει και στην εκπομπή αερίων θερμοκηπίου).

Η ανάλυση πραγματοποιείται ξεχωριστά για κάθε τύπο εφαρμογής του φ/β συστήματος (συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο, μη συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο, αντλητικό σύστημα). Αυτό γίνεται γιατί σε κάθε τύπο συστήματος η ίδια συμμετοχή από ένα καύσιμο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη διαφορετική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και άρα διαφορετική τιμή εκπομπής για κάθε αέριο θερμοκηπίου.

4.7 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στο φύλλο αυτό συνοψίζονται όλοι οι προηγούμενοι υπολογισμοί (του ενεργειακού μοντέλου, της ηλιακής παραγωγής και του φορτίου του συστήματος, της ανάλυσης του κόστους μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου), ενώ πραγματοποιούνται και μερικοί νέοι υπολογισμοί, όπως π.χ. εάν το έργο συμφέρει από οικονομικής πλευράς. Το φύλλο της χρηματοοικονομικής ανάλυσης χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες:

- 1) Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο
- 2) Χρηματοοικονομική παράμετροι
- 3) Κόστη επενδύσεων
- 4) Χρηματοοικονομική αξιολόγηση

4.7.1 ΕΤΗΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Στο ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο επαναλαμβάνονται πληροφορίες από το πρώτο φύλλο (δηλαδή το ενεργειακό μοντέλο), και αφορούν την τοποθεσία όπου γίνεται η εφαρμογή και το είδος της εφαρμογής (on-grid ή off-grid), την ποσότητα της αποδιδόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (σε MWh), τη χωρητικότητα της επιπλέον γεννήτριας (σε kW), την ονομαστική ισχύ της φ/β συστοιχίας (σε kWp), την ισοδύναμη ενεργειακή DC απαίτηση (σε MWh), την επιθυμία ή μη του χρήστη για ανάλυση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου και το είδος του καυσίμου που υποκαθίσταται. Εάν ο χρήστης στο φύλλο ανάλυσης κόστους μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου έδωσε καταφατική απάντηση για τη χρήση αυτού του φύλλου, τότε στην υποενότητα αυτή εμφανίζονται επιπλέον η καθαρή μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και η καθαρή μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για διάρκεια ίση με τη χρονική διάρκεια πίστωσης για τη μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου.

4.7.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Στην υποενότητα αυτή, εξετάζονται διάφορες χρηματοοικονομικές παράμετροι που υπεισέρχονται στο πρόβλημα. Τέτοια παράμετρος είναι τα έξοδα που αποφεύγονται εξαιτίας της ελάττωσης χρήσης υγρών ή αερίων καυσίμων. Η παράμετρος αυτή μετράται σε πίστωση χρηματικών μονάδων ανά λίτρο καυσίμου που εξοικονομείται (π.χ. σε \$/lt). Ακόμα, ο χρήστης εισάγει το κέρδος (σε \$/kWh) για κάθε kWh που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης, εισάγονται και πληροφορίες όπως ο ρυθμός αύξησης του ενεργειακού κόστους (σε %), ο πληθωρισμός (σε %), το επιτόκιο προεξόφλησης (σε %) και ο κύκλος ζωής του επενδυτικού έργου (σε έτη).

Εάν υπάρχει κάποιο κέρδος ή πιστώσεις από την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τότε απαιτούνται και νέα στοιχεία. Αυτά είναι ο χρόνος παραγωγής (σε έτη) ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ο ρυθμός αύξησης (σε %) των κερδών από την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, το κέρδος σε χρηματικές μονάδες ανά

τόνο CO₂ που δεν εκπέμπεται από την εγκατάσταση, η διάρκεια (σε έτη) εφαρμογής της πολιτικής μείωσης των αερίων θερμοκηπίου και ο ρυθμός αύξησης των κερδών από την εφαρμογή πολιτικής μείωσης των αερίων θερμοκηπίου. Ακόμα, ο χρήστης καλείται να εισάγει (εάν υπάρχουν) το μοναδιαίο κόστος (σε \$/kWh) που αποφεύχθηκε για την υπερπαραγωγή ενέργειας. Επίσης δίνεται (εάν υπάρχει) και το ετήσιο μοναδιαίο κόστος (σε \$/kW-yr) για κάθε μονάδα χωρητικότητας του συστήματος που συνεισφέρει στην εξυπηρέτηση αιχμής του φορτίου στην περιοχή όπου εγκαθίσταται το φ/β σύστημα (ισχύει για διασυνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας φ/β συστήματα).

Ας σημειωθεί πως σε αυτή την υποενότητα ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει (εάν υπάρχει) η αναλογία δανεισμού ως προς τα συνολικά αρχικά κόστη (debt ratio), σε %, και, εάν το επιθυμεί, να πραγματοποιηθεί η ανάλυση της φορολόγησης των εσόδων. Εάν υπάρχει επιτόκιο υπερημερίας, τότε ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει και το επιτόκιο ανατοκισμού των οφειλών (σε %) και τον ορίζοντα εξόφλησης των οφειλών (σε έτη). Εάν ο χρήστης επιλέξει να υπάρξει ανάλυση της φορολόγησης των εσόδων, τότε καλείται να δώσει επιπλέον στοιχεία, τα οποία είναι το ποσοστό % της φορολόγησης επί των εισοδημάτων, εάν υπάρχουν απώλειες κατά την πρόοδο του έργου, η μέθοδος λογιστικής απόσβεσης που θα ακολουθηθεί, το ποσοστό % της φορολογικής βάσης και το ποσοστό (%) απόσβεσης. Ανάλογα με τα στοιχεία που θα δώσει ο χρήστης, υπολογίζεται και τυπώνεται η περίοδος, σε έτη, για την λογιστική απόσβεση.

Τέλος, ο χρήστης ενημερώνει με ένα «ναι» ή «όχι» για το αν υπάρχει περίοδος χάριτος για τη φορολόγηση των εσόδων από το έργο. Ανάλογα με την απάντηση, συμπληρώνεται και η διάρκεια αυτής της περιόδου, σε έτη.

4.7.3 ΚΟΣΤΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

Σε αυτή την ενότητα συνοψίζονται μερικές πληροφορίες που αφορούν το έργο και υπολογίζονται μερικές καινούριες. Έτσι, παρουσιάζονται περιληπτικά τα αρχικά κόστη του έργου που είχαν υπολογιστεί στο φύλλο Ανάλυσης Κόστους. Στο σημείο αυτό ο χρήστης εισάγει το ποσό (εάν υπάρχει) για δωρεές ή κίνητρα, σε χρηματικές μονάδες.

Στη συνέχεια συνοψίζονται τα υπολογισθέντα περιοδικά κόστη του έργου, όπως αυτά υπολογίστηκαν στο φύλλο Ανάλυσης Κόστους. Το καινούριο εδώ είναι πως προτείνονται τα χρονοδιαγράμματα για το πότε, μέσα στο χρόνο ζωής του επενδυτικού έργου, πρέπει να λαμβάνουν χώρα οι δραστηριότητες που επιφέρουν τα περιοδικά αυτά κόστη. Για παράδειγμα, η αλλαγή μπαταριών στην εγκατάσταση πρέπει π.χ. να γίνεται

κάθε δέκα χρόνια, δηλαδή στις χρονιές 10 και 20 από το ξεκίνημα λειτουργίας του έργου, όταν ο χρόνος ζωής του έργου είναι είκοσι χρόνια. Τέτοιο χρονοδιάγραμμα προτείνεται και για την επιθεώρηση της επιπλέον γεννήτριας, όπου είναι δυνατόν να έχουμε και κέρδη από την πρόληψη ζημιών (οπότε το χρονοδιάγραμμα αναφέρεται στο

κάθε πότε θα έχουμε εξοικονόμηση χρημάτων από τη δραστηριότητα αυτή). Επίσης, συνοψίζονται και τα ετήσια κόστη, όπως έχουν υπολογιστεί.

Ακολουθούν τα ετήσια έσοδα και η τυχόν εξοικονόμηση χρημάτων από διάφορες δραστηριότητες. Εδώ συνοψίζονται τα ποσά που εξοικονομούνται από τη χρησιμοποίηση ενέργειας από ΑΠΕ, από την εξοικονόμηση εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος, τα έσοδα από την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και τα έσοδα από τη μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

4.7.4 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΦΙΚΤΟΤΗΤΑ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται κάποιες παράμετροι, οι οποίες σχετίζονται με χρηματοοικονομικούς υπολογισμούς, καταδεικνύοντας κάποια χαρακτηριστικά για τη βιωσιμότητα του έργου. Αρχικά, εφαρμόζεται η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης στα δεδομένα χωρίς πρώτα να έχει εφαρμοσθεί φορολόγηση των οικονομικών στοιχείων του έργου. Η μέθοδος IRR εφαρμόζεται στη συνέχεια και στα οικονομικά στοιχεία μετά τη φορολόγησή τους.

Ακολούθως, εφαρμόζεται η μέθοδος της απλής επανείσπραξης για το επενδυτικό έργο, κατά την οποία υπολογίζεται σε πόσα έτη ο επενδυτής θα εισπράξει πίσω το ποσό της επένδυσής του για το έργο. Έπειτα υπολογίζεται η πιθανή χρονιά, μετά την έναρξη λειτουργίας του έργου, οπότε ο επενδυτής θα λάβει θετική ταμειακή ροή (κέρδος). Ακόμη, εφαρμόζεται το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), σύμφωνα με το οποίο συγκρίνεται η παρούσα αξία των προβλεπόμενων καθαρών ταμειακών ροών προερχόμενες από το επενδυτικό έργο με την αρχική του δαπάνη, με τη σύγκριση να πραγματοποιείται στο χρόνο μηδέν (δηλαδή τη στιγμή που ο επενδυτής πραγματοποιεί τη σύγκριση). Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ετήσιες εξοικονομήσεις που επιτυγχάνονται για τη διάρκεια ζωής του έργου, δηλαδή ποιο ποσό θα εξοικονομείται κάθε έτος λειτουργίας του έργου. Εδώ υπολογίζεται ο δείκτης αποδοτικότητας, ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της ΚΠΑ του έργου προς τα συνολικά αρχικά κόστη.

Ο χρήστης έπειτα καλείται να απαντήσει εάν επιθυμεί τον υπολογισμό του κόστους για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμη πηγή και του κόστους που συνεπάγεται η δραστηριότητα μείωσης εκπομπής των αερίων θερμοκηπίου. Ανάλογα με την απάντηση που θα δώσει ο χρήστης, αλλά και σε συνάρτηση με την απάντηση που έδωσε ο ίδιος στο φύλλο Ανάλυσης Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου, υπολογίζεται το κόστος για τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου. Στη συνέχεια υπολογίζεται το χρέος που προκύπτει για το έργο, ως ακολούθως:

$$(\text{αρχικά κόστη}) - (\text{αρχικά κόστη} \cdot \text{προεξοφλητικό επιτόκιο})$$

Στο σημείο αυτό υπολογίζονται οι ετήσιες δόσεις αποπληρωμής του χρέους αυτού, για τη διάρκεια αποπληρωμής του χρέους. Τέλος, υπολογίζεται το κόστος παραγωγής

ενέργειας από ΑΠΕ, σε χρηματικές μονάδες ανά χρησιμοποιούμενη μονάδα καυσίμου. Ας σημειωθεί πως στο φύλλο αυτό, εμφανίζεται ένας πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις ετήσιες ταμειακές ροές για το έργο, για όλη τη διάρκεια ζωής του. Επιπλέον, στο τέλος του φύλλου, εμφανίζεται ένα γράφημα στο οποίο απεικονίζονται οι ταμειακές ροές του έργου ανά έτος.

4.7.4.1 ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΠΛΗΣ ΕΠΑΝΕΙΣΠΡΑΞΗΣ

Η μέθοδος αυτή προσδιορίζει τον αριθμό ετών μετά το πέρας των οποίων οι συσσωρευμένες καθαρές ταμειακές ροές ξεπερνούν το μηδέν. Βασίζεται στην ιδέα ότι το Έργο για το οποίο τα επενδυμένα κεφάλαια επανεισπράττονται γρηγορότερα αποτελεί την προτιμώμενη επένδυση, εφόσον τίθεται θέμα επιλογής. Το σκεπτικό πίσω από την ιδέα αυτή είναι ότι όσο συντομότερη είναι η περίοδος επανείσπραξης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ρευστότητα και τόσο χαμηλότερου κινδύνου είναι το Έργο.

4.7.4.2 ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ

Η καθαρή παρούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης. Που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επενδύσεις. Όλα τα πόσα εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανοιγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Η καθαρή παρούσα αξία προσδιορίζεται από τη σχέση

$$NPV = -C_{in} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N} \quad (4.1)$$

Όπου C_{in} αρχική επένδυση, F_t ετήσιο καθαρό όφελος, N οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης, d επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου), SV_N αξία εκποίησης (απομένουσα αξία) της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής N .

Αν $NPV > 0$ η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες (οικονομικό κύκλο ζωής, N , και επιθυμητό βαθμό απόδοσης της επένδυσης, d).

Αν $NPV = 0$ η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d .

Αν $NPV < 0$ η επένδυση είναι αντιοικονομική.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου αυτού θα ακολουθούν τα διάφορα σενάρια που έχουν εξετασθή για την περιοχή των Χανίων, και στο επόμενο κεφάλαιο για την περιοχή των Σερρών. Ως βασικό σενάριο ονομάζεται το σενάριο που στηρίζονται πάνω σε αυτό και τα υπόλοιπα με μερικές μετατροπές σε παραμέτρους που εξετάζονται κάθε φορά. Τα

σχήματα χρηματοδότησης αναφέρονται από τρία νούμερα που το καθένα αντιπροσωπεύει τις τρεις παραμέτρους που εξετάζονται: *Επιχορήγηση-δάνειο-κεφάλαιο*. Η επιχορήγηση που δύνεται από το κράτος, είναι ένα σημαντικό κίνητρο για ανατηχθούν επενδύσεις που παράγουν ενέργεια από το ΑΠΕ. Ο όγκος για μια τέτοιου είδους επένδυση είναι πολύ μεγάλος, επομένως ένα μέρος του αρχικού κόστους καλύπτεται από δάνειο. Τέλος αναφέρεται το κεφάλαιο που έχει ο επενδύτης. Μια τέτοιου είδους επένδυση, όπως μπορεί να παρατήρηση κανείς μέσα από την παρούσα εργασία, δεν μπορεί να είναι συμφέρουσα αν δεν υπάρχει ένα αρχικό κεφάλαιο. Ακολουθούν τα διάφορα σενάρια με τα συμπεράσματα τους και για τις δύο περιοχές.

4.7.4.3 ΤΑΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ

Είναι γενικά οι εκροές και εισροές σε ένα επενδυτικό έργο. Οι εκροές αποτελούν τα ποσά που προορίζονται για την εξόφληση των οφειλών της επένδυσης, σε τακτά χρονικά διαστήματα, ενώ οι εισροές αποτελούν τα έσοδα από την αξιοποίηση της εν λόγω επένδυσης.

4.7.4.4 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ IRR

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για ένα επενδυτικό έργο είναι το επιτόκιο εκείνο που εξισώνει την καθαρή παρούσα αξία των ταμειακών του ροών με το μηδέν. Όταν ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης είναι μεγαλύτερος από το επιλεγόμενο επιτόκιο προεξόφλησης του επενδυτή τότε η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι θετική και η απόφαση για επένδυση γίνεται αποδεκτή. Όταν ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης είναι μικρότερος από το επιλεγόμενο επιτόκιο προεξόφλησης του επενδυτή τότε η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι αρνητική και η απόφαση για επένδυση δεν γίνεται αποδεκτή. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για ένα επενδυτικό έργο από μόνος του δεν μπορεί να δώσει μια εικόνα για το εάν αυτό είναι συμφέρον ή όχι. Αντίθετα πρέπει να υπάρχει ένα επιτόκιο με το οποίο πρέπει να συγκριθεί και να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του έργου. Το επιτόκιο προεξόφλησης (εξωτερικός κανόνας) το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα κεφάλαια 5 και 6 παρουσιάζεται η μελέτη για την περίπτωση ανάπτυξης δύο φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή των Χανίων της Κρήτης, και στην περιοχή των Σερρών. Και στις δύο περιοχές θα εξεταστεί η περίπτωση ανάπτυξης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 100 kWp. Οι εγκαταστάσεις θα είναι διασυνδεδεμένες με το κεντρικό δίκτυο παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας και θα διοχετεύουν την ενέργεια που παράγουν στο δίκτυο. Στις δύο περιοχές έχουν χρησιμοποιηθεί τα ίδια χαρακτηριστικά με σκοπό να παρατηρηθεί σε ποια από τις δύο είναι συμφέρουσα η επένδυση.

Για την εξέταση των δύο αυτών περιπτώσεων, απαραίτητη είναι η γνώση πληροφοριών που αφορούν την τοποθεσία εγκατάστασης, τη συλλογή στοιχείων για τα τμήματα που θα απαρτίσουν το κάθε φωτοβολταϊκό σύστημα, τα κόστη που απαιτούνται για τα προπαρασκευαστικά στάδια ανάπτυξης των εγκαταστάσεων και διάφορα στατιστικά οικονομικά μεγέθη που θα χρησιμοποιηθούν για την οικονομική αξιολόγηση των υπό μελέτη περιπτώσεων.

Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, δίνονται ως είσοδο στο λογισμικό RETScreen, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη των φωτοβολταϊκών συστημάτων που εξετάζονται, τόσο από οικονομικής πλευράς, όσο και από πλευράς ενεργειακής απόδοσης. Το λογισμικό αυτό παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4 της παρούσας εργασίας.

Στα κεφάλαια αυτά παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις δύο αυτές επενδύσεις. Σκοπός είναι να εξαχθεί ένα γενικό συμπέρασμα για την οικονομική αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων ως σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, και στις δύο περιοχές και να διαπιστωθεί πού είναι αποδοτικότερη η εγκατάσταση της συγκεκριμένης επένδυσης.

5.2 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται διάφορα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα για το πρόγραμμα RETScreen για την περιοχή των Χανίων. Η εγκατάσταση του φ/β πάρκου θα γίνει στην περιοχή της Μαλάζας. Ο χώρος που αγοράστηκε για την

εγκατάσταση του πάρκου είναι 4 στρέμματα εκ των οποίων τα 740,7m² είναι καλυμμένα με φ/β πάνελ. Η ονομαστική ισχύς του πάρκου είναι 100kWp.

Η συνολική ετήσια ακτινοβολία στα Χανιά είναι 1,8 MWh/m² και η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18,5 °C. Τα στοιχεία αυτά είναι από τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού των Χανίων και φαίνονται παρακάτω.

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής

Μήνες	Μέση μηνιαία ακτινοβολία (KWh/m ² /day)	Μέση θερμοκρασία αέρα (°C)
Ιανουάριος	2,00	11,6
Φεβρουάριος	2,97	11,8
Μάρτιος	3,87	13,2
Απρίλιος	5,11	16,3
Μάιος	6,67	20,1
Ιούνιος	7,47	24,5
Ιούλιος	7,66	26,5
Αύγουστος	7,04	26,1
Σεπτέμβριος	5,44	23,3
Οκτώβριος	3,38	19,4
Νοέμβριος	2,50	16,1
Δεκέμβριος	1,85	13,1

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται στοιχεία του προγράμματος, που είναι το βασικό σενάριο για την περιοχή των Χανίων, ενώ στη συνέχεια θα ακολουθήσει ανάλυση ευαισθησίας για την περίπτωση του φ/β σταθμού αυτού, μεταβάλλοντας ορισμένες τιμές του βασικού σεναρίου και παρατηρώντας τις συνέπειες που οι μεταβολές αυτές έχουν στα κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογείται το συγκεκριμένο επενδυτικό σχέδιο. Τα σενάρια που έχουν γίνει θα αναφερθούν παρακάτω.

Το φ/β πάρκο είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο και τα πάνελ που χρησιμοποιήθηκαν είναι μονοκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρίας Sharp και μοντέλο το TN-175 U1. Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής είναι 35°, επομένως τα πάνελ τοποθετήθηκαν με κλίση 30° σε νότιο προσανατολισμό. Τα πάνελ θα έπρεπε να τοποθετηθούν σε κλίση ίση με αυτή του γεωγραφικού πλάτους, λόγω όμως της τυποποίησης των σιδερένιων στηριγμάτων τοποθετήθηκαν στις 30°. Η ονομαστική απόδοση του συγκεκριμένου μοντέλου του πάνελ, είναι 13,5% και η θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων είναι 45°C. Η χωρητικότητα του μετατροπέα είναι 90kW AC και η απόδοσή του φτάνει στο 90%.

Η ενέργεια που συλλέγει το φ/β είναι 159,998MWh, ενώ αυτή που παράγεται και επομένως περνάει στο δίκτυο είναι 143,998 MWh με 10,8% συνολική απόδοση του συστήματος.

Τα αρχικά κόστη μιας τέτοιας εγκατάστασης σύμφωνα πάντα με το πρόγραμμα του RETScreen είναι 958.181€. Σε αυτά περιλαμβάνεται το κόστος για την μελέτη σκοπιμότητας, για την ανάπτυξη του έργου και για την αγορά του οικοπέδου, καθώς επίσης τα μηχανικά κόστη της εγκατάστασης. Άλλα κόστη είναι αυτά που αφορούν τον εξοπλισμό της επένδυσης, όπως το κόστος για τα φ/β πλαίσια, την περιφραγή του χώρου και έξοδα που αφορούν την μεταφορά του εξοπλισμού της εγκατάστασης. Ένα επίσης σημαντικό κόστος είναι αυτό της σύνδεσης της εγκατάστασης με το δίκτυο. Το πρόγραμμα λαμβάνει υπόψη κάποια απρόσμενα έξοδα που πιθανόν να συμβούν και υπολογίζονται από το 10% του αρχικού κόστους.

Υπάρχουν και τα ετήσια κόστη της εγκατάστασης που αφορούν κυρίως τη συντήρηση του χώρου και τον καθαρισμό των πλαισίων από σκόνες και άλλα και πραγματοποιείται 4 φορές το χρόνο. Απαιτείται η αντικατάσταση του μετατροπέα κάθε 12 χρόνια λόγω φθοράς.

Η διάρκεια ζωής του έργου είναι 25 χρόνια που σημαίνει ότι για αυτά τα χρόνια τα πλαίσια θα αποδίδουν με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης. Η τιμή πώλησης της ενέργειας για την συγκεκριμένη περιοχή είναι 0,50€/kWh. Το σχήμα χρηματοδότησης 40-40-20 που αναφέρεται στον τίτλο αναλύεται ως εξής: 40% του ποσού είναι η επιχορήγηση που δίνει το κράτος για την συγκεκριμένη εγκατάσταση, 40% είναι το δάνειο που πάρθηκε από την τράπεζα και το 20% είναι το αρχικό κεφάλαιο. Το επιτόκιο δανεισμού είναι 8%, όπως ισχύει σήμερα σε τέτοιες περιπτώσεις με περίοδο αποπληρωμής 15 χρόνια. Ο πληθωρισμός ανέρχεται στο 3%.

Πίνακας 6.2: Δεδομένα του προβλήματος

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Εύρος τιμών
Χαρακτηριστικά συστήματος			
Τύπος εγκατάστασης	-	On-grid	-
Ενέργεια που απορροφά το φ/β πλαίσιο	%	100	-
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία	MWh/m ²	1,80	-
Μέση ετήσια θερμοκρασία	°C	18,5	-20 έως 30
Χαρακτηριστικά φ/β πλαisiου			
Τύπος φ/β	-	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	-
Μοντέλο φ/β	-	Sharp/NT175U1	-
Ονομαστική απόδοση φ/β	%	13,5%	4%-15%
Ονομαστική θερμοκρασία	°C	NOCT=45	40-55°C

Λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων			
Θερμοκρασιακός συντελεστής φ/β πλαισίου	%/°C	0,40%	0,10%-0,50%
Απώλειες φ/β πλαισίου	%	5%	0%-20%
Επιφάνεια κάλυψης από φ/β πλαίσια	m ²	740,7m ²	-
Ονομαστική ισχύς φ/β πλαισίου	kWp	100	-
Χαρακτηριστικά μετατροπέα			
Μέση απόδοση μετατροπέα	%	90%	80%-95%
Ετήσια παραγωγή ενέργειας			
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	10,8%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	159,998	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	143,998	-
Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής			
Τύπος φ/β συστήματος	-	σταθερό	-
Γεωγραφικό πλάτος τοποθεσίας	°N	35°	-90° έως 90°
Κλίση φ/β πλαισίου (νότιος προσανατολισμός)	°	30°	0°- 90°
Αρχικά κόστη			
Μελέτη σκοπιμότητας	€	10.000	-
Άλλα κόστη	€	15.000	-
Αγορά οικοπέδου	€	40.000	-
Μηχανικά κόστη	€	55.000	-
Ενεργειακός εξοπλισμός			
φ/β πλαίσιο	100 kWp	450.000 €	(100kWp*4.500€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Δομή στήριξης φ/β πλαίσιων	740,7m ²	74.074 €	(740,7m ² *100€)
Μετατροπέας	90,0 kW AC	63.000 €	(90,0kWAC*700€)
Εγκατάσταση συστήματος	100 kWp	100.000 €	(100 kWp*1.000€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Περιφραξη	€	2.000	-
Σύνδεση με το	€	60.000	-

δίκτυο			
Απρόσμενα έξοδα	10%	87.107 €	-
Ετήσια κόστη			
Καθαρισμός πλαισίων (4 φορές το χρόνο)	€	400	(100*4)
Περιοδικά κόστη			
Αντικατάσταση μετατροπέα	12yr	63.000	-
Οικονομικοί παράμετροι			
Τιμή πώλησης Ενέργειας	€/kWh	0,50	-
Χρόνος ζωής του έργου	yr	25	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	20,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Yr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Από τα παραπάνω δεδομένα και μετά από κατάλληλους υπολογισμούς προκύπτει ο παρακάτω πίνακας 6.3 ο οποίος εμφανίζει τις ετήσιες ταμειακές ροές για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Η ταμειακή ροή προ φόρου περιλαμβάνει τα συνολικά έσοδα. Αυτά περιλαμβάνουν τις εξοικονομήσεις ενέργειας, τα έξοδα που αποφεύχθηκαν για την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος, τα έσοδα από την πίστωση παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, τα έσοδα από δωρεές ή χάρες.

Τα συνολικά έξοδα περιλαμβάνουν τα ποσά που καταβλήθηκαν για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου, τα έξοδα για την τροφοδοσία ενέργειας στην εγκατάσταση, τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης, τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους και τα περιοδικά έξοδα.

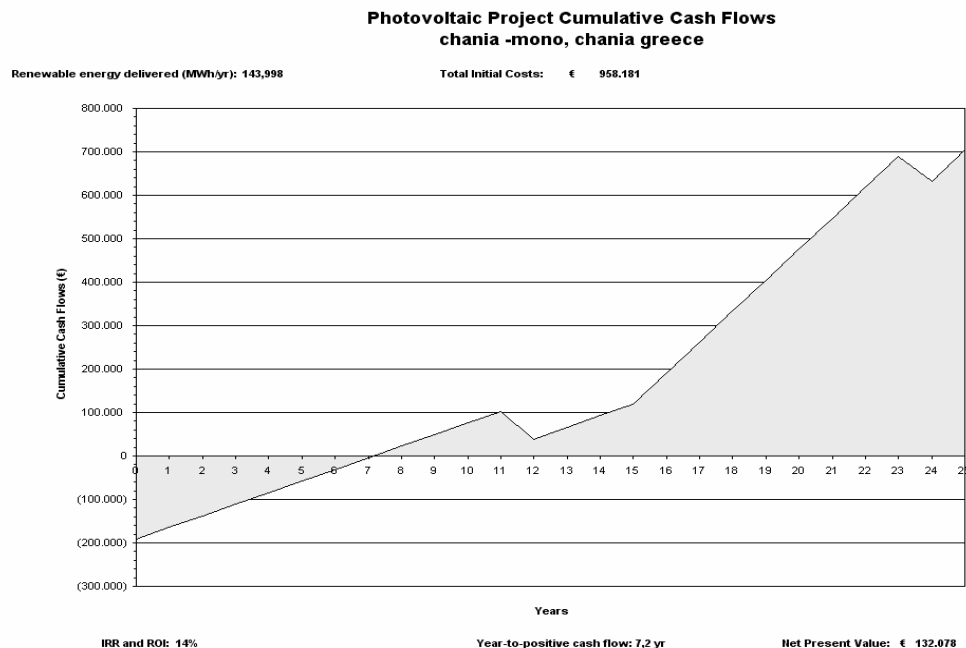
Σύμφωνα με τα παραπάνω η καθαρή ταμειακή ροή του έργου θα είναι ίδια για την περίπτωση της ταμειακής ροής μετά φόρων διότι για την συγκεκριμένη εγκατάσταση δεν υπάρχουν φόροι.

Οι συνολικές καθαρές ταμειακές ροές για κάθε έτος n υπολογίζονται από την αλγεβρική διαφορά $\text{Συνολικά έσοδα}_n - \text{Συνολικά έξοδα}_n$.

Πίνακας 5.3: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-191.636	-191.636
1	26.810	-164.827
2	26.797	-138.030
3	26.784	-111.245
4	26.771	-84.474
5	26.758	-57.716
6	26.744	-30.972
7	26.730	-4.243
8	26.715	22.472
9	26.700	49.172
10	26.684	75.856
11	26.668	102.523
12	-63.172	39.352
13	26.634	65.986
14	26.616	92.602
15	26.598	119.201
16	71.357	190.558
17	71.338	261.896
18	71.318	333.214
19	71.298	404.511
20	71.277	475.788
21	71.255	547.043
22	71.233	618.276
23	71.210	689.485
24	-56.880	632.605
25	71.162	703.767

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 5.1: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Από το γράφημα παρατηρείται ότι η απόσβεση της επιχείρησης γίνεται στα 7,2 χρόνια λειτουργίας διότι εκκρεμεί η αποπληρωμή του δανείου. Στην συνέχεια παρατηρείται κέρδος με μια μικρή πτώση στα 12 χρόνια λειτουργίας οπου γίνεται η αντικατάσταση του μετατροπέα από φυσική φθορά. Στα επόμενα χρόνια η αύξηση είναι μεγάλη με μεγαλύτερο κέρδος τα 703.767€ στο 25^ο έτος του έργου.

Πίνακας 5.4 τιμές παραμέτρων του βασικού σεναρίου

	Μονάδα	Τιμή
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	143,998
Συνολικά αρχικά κόστη	€	958.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	14
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	7,2
Καθαρή παρούσα αξία	€	132.078

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 14% και η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι 132.078€. Συμπερασματικά το έργο επιφέρει μεγάλα κέρδη με ικανοποιητικό χρόνο επανεισπραξης.

5.3 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 30%- 30%

Το σενάριο αυτό βασίζεται στο βασικό σενάριο της επιχείρησης που αναλύθηκε παραπάνω. Οι αλλαγές έγιναν στο σχήμα χρηματοδότησης της επιχείρησης οι οποίες

είναι οι ακόλουθες: 40% είναι η επιχορήγηση από το κράτος, 30% το ποσοστό δανεισμού και το υπόλοιπο 30% είναι το αρχικό κεφάλαιο. Η ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β είναι 159,998MWh και αυτή που παράγεται είναι 143,998MWh.

Πίνακας 5.5: Δεδομένα του σεναρίου

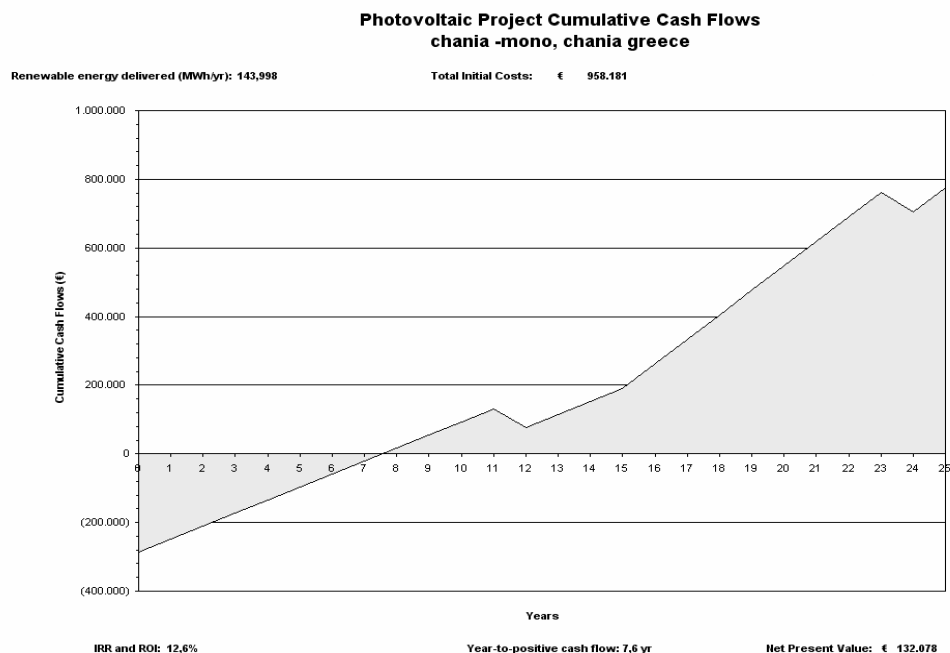
Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Παρατηρήσεις/εύρος τιμών
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	10,8%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	159,998	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	143,998	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	30,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	30,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Υr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Εφόσον οι αλλαγές έγιναν στο σχήμα χρηματοδότησης, θα παρατηρηθούν οι αλλαγές στον χρόνο απόσβεσης της εγκατάστασης. Στον πίνακα 5.6 φαίνονται οι ταμειακές ροές της επιχείρησης.

Πίνακας 5.6: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-287.454	-287.454
1	38.004	-249.451
2	37.992	-211.459
3	37.979	-173.480
4	37.966	-135.515
5	37.952	-97.562
6	37.938	-59.624
7	37.924	-21.700
8	37.909	16.209
9	37.894	54.103
10	37.878	91.981
11	37.862	129.844
12	-51.977	77.866
13	37.828	115.695
14	37.811	153.506
15	37.793	191.298
16	71.357	262.655
17	71.338	333.993
18	71.318	405.311
19	71.298	476.609
20	71.277	547.886
21	71.255	619.141
22	71.233	690.373
23	71.210	761.583
24	-56.880	704.703
25	71.162	775.864

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 5.2: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Από το γράφημα παρατηρείται ότι το έργο έχει καθαρές ταμειακές ροές στα 7,6 χρόνια. Από την έναρξη λειτουργίας η επιχείρηση επιφέρει κέρδη με μια μικρή πτώση στα 12 χρόνια λειτουργίας λόγω της αλλαγής του μετατροπέα. Το μέγιστο κέρδος είναι 775.864€ στο 25 χρόνο λειτουργίας.

Πίνακας 5.7: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδες	Τιμές
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	143,998
Συνολικά αρχικά κόστη	€	958.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	12,6
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	7,6
Καθαρή παρούσα αξία	€	132.078

Από τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης που είναι 12,6% και την καθαρή παρούσα αξία του έργου που είναι 132,078€ το έργο είναι κερδοφόρο. Σε σχέση με το βασικό σενάριο παρατηρείται ότι το βασικό έχει γρηγορότερα θετική ταμειακή ροή κατά 0,4 χρόνια.

5.4 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 0%- 60%- 40%

Το σενάριο που ακολουθεί είναι επίσης βασισμένο στο βασικό σενάριο με αλλαγές στο σχήμα χρηματοδότησης. Σε αυτό, δεν υπάρχει επιχορήγηση, το 60% είναι ο δανεισμός ενώ το υπόλοιπο 40% είναι το αρχικό κεφάλαιο. Το ποσό της συλλεγμένης και

παραγόμενης ενέργειας είναι 159,998MWh και 143,998MWh αντίστοιχα. Τα υπόλοιπα δεδομένα είναι ίδια με αυτά του πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.8 :δεδομένα προβλήματος για το σενάριο χρηματοδότησης 0-60-40

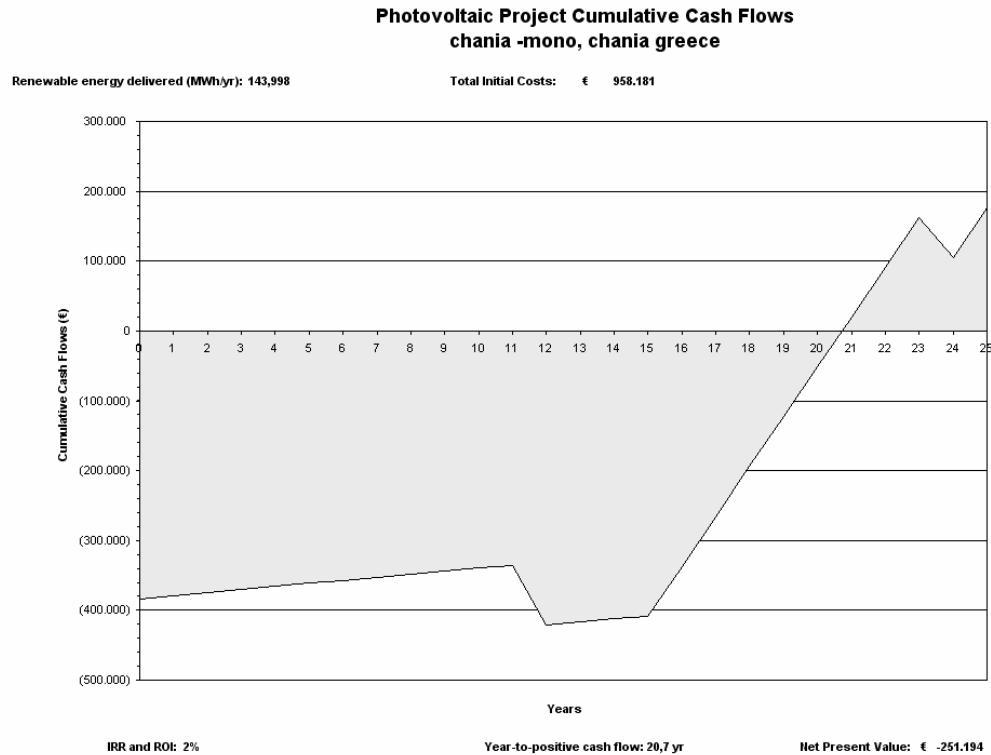
Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Παρατηρήσεις/εύρος τιμών
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	10,8%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	159,998	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	143,998	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	40,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	0,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	60,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Υr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ταμειακές ροές του έργου.

Πίνακας 5.9: πίνακας αποτελεσμάτων πριν και μετά τους φόρους

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-383.273	-383.273
1	4.421	-378.852
2	4.408	-374.444
3	4.396	-370.048
4	4.383	-365.665
5	4.369	-361.296
6	4.355	-356.941
7	4.341	-352.600
8	4.326	-348.274
9	4.311	-343.964
10	4.295	-339.668
11	4.279	-335.389
12	-85.561	-420.950
13	4.245	-416.705
14	4.228	-412.477
15	4.210	-408.267
16	71.357	-336.910
17	71.338	-265.572
18	71.318	-194.254
19	71.298	-122.957
20	71.277	-51.680
21	71.255	19.575
22	71.233	90.808
23	71.210	162.017
24	-56.880	105.137
25	71.162	176.299

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 5.3: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Ο χρόνος επανείσπραξης του σεναρίου είναι στα 20,7 χρόνια λειτουργίας του έργου, γεγονός που κάνει ασύμφορο το έργο. Αυτό γίνεται επειδή δεν πάρθηκε η επιχορήγηση και επειδή το ποσοστό δανεισμού ήταν πολύ μεγάλο με αποτέλεσμα να μην προλάβει να γίνει η αποπληρωμή του.

Πίνακας 5.10: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδα	Τιμή
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	143,998
Συνολικά αρχικά κόστη	€	958.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	2
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	20,7
Καθαρή παρούσα αξία	€	-251.194

Παρατηρώντας το διάγραμμα 5.3 και τον πίνακα 5.10 που αναγράφονται οι παράμετροι που εξετάζονται συμπεραίνουμε ότι το σενάριο αυτό δεν είναι καθόλου κερδοφόρο αντίθετα, είναι σενάριο με πολύ αρνητικά συμπεράσματα αξιολόγησης. Συγκεκριμένα ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι στο 2% και η καθαρή παρούσα αξία είναι αρνητική στο -251,194 ευρώ. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης είναι σχεδόν 21 χρόνια, με πτώση πάλι τον εσόδων στα 24 χρόνια όπου και γίνεται η δεύτερη αλλαγή

του μετατροπέα. Επόμενος ο χρόνος εσόδων είναι τέσσερα χρόνια αφού ο χρόνος ζωής του έργου είναι 25 χρόνια.

5.5 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΜΕ ΚΛΙΣΗ ΤΩΝ Φ/Β ΣΤΙΣ 35° ΜΟΙΡΕΣ

Το σενάριο αυτό στηρίζεται στο βασικό όμως η παράμετρος που αλλάζει και εξετάζεται είναι αυτή του γεωγραφικού πλάτους. Στην περιοχή των Χανίων το γεωγραφικό πλάτος είναι 35° αλλά αυτό είναι πρακτικά αδύνατο να υλοποιηθεί. Γι' αυτό στο βασικό σενάριο εξετάζουμε με γεωγραφικό πλάτος 30°. Παρ' όλα αυτά εξετάστηκε στο πρόγραμμα Retscreen και το σενάριο με το πραγματικό γεωγραφικό πλάτος. Τα αποτελέσματα του σεναρίου αυτού φαίνονται στο παρακάτω πίνακα και στο αντίστοιχο διάγραμμα.

Πίνακας 5.11: Δεδομένα του σεναρίου

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Παρατηρήσεις/εύρος τιμών
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	10,8%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	158,620	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	142,758	-
Κλίση φ/β πλαισίου (νότιος προσανατολισμός)	°	35	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	20,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Yr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

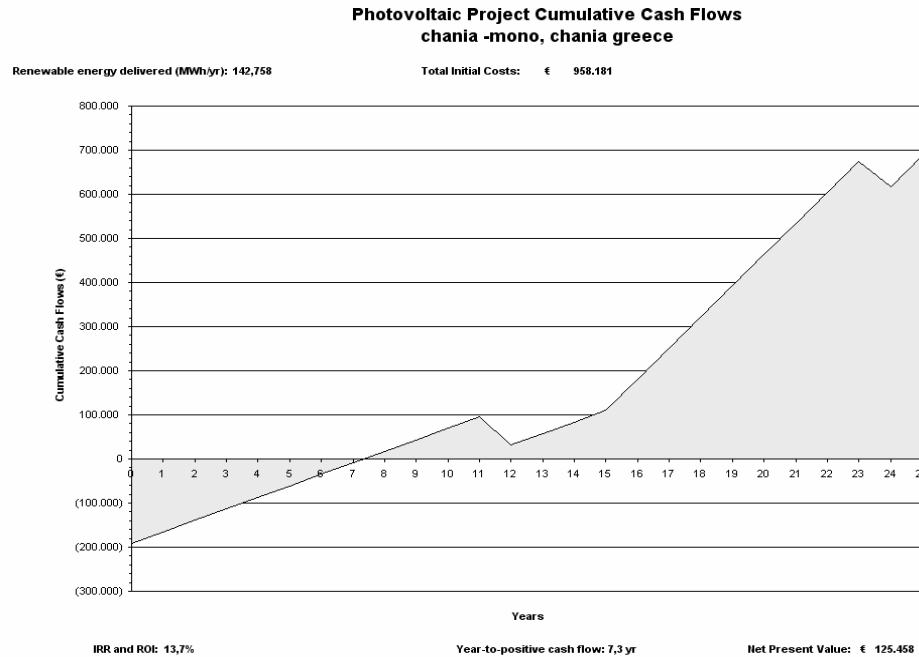
Όπως φαίνεται, από την αλλαγή στην κλίση των φ/β πλαισίων, υπάρχουν αλλαγές στην συλλογή και την παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που συλλέγει το φ/β είναι 158,620MWh ενώ αυτή που παράγει είναι 142,758MWh. Η παραγωγή ενέργειας είναι στις 35° είναι μικρότερη από αυτή στις 30°.

Οι ταμειακές ροές του έργου είναι οι ακόλουθες.

Πίνακας 5.12: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-191.636	-191.636
1	26.189	-165.447
2	26.177	-139.270
3	26.164	-113.106
4	26.151	-86.955
5	26.138	-60.817
6	26.124	-34.693
7	26.109	-8.584
8	26.095	17.511
9	26.079	43.590
10	26.064	69.654
11	26.048	95.701
12	-63.792	31.909
13	26.014	57.923
14	25.996	83.920
15	25.978	109.898
16	70.737	180.635
17	70.718	251.352
18	70.698	322.050
19	70.677	392.728
20	70.656	463.384
21	70.635	534.019
22	70.612	604.632
23	70.589	675.221
24	-57.500	617.721
25	70.541	688.262

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 5.4: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Ο χρόνος επανείσπραξης είναι 7,3 χρόνια όπου στα 12 χρόνια παρατηρείται μια πτώση λόγω της αντικατάστασης του μετατροπέα. Τα μέγιστα κέρδη του έργου καταγράφονται στα 25 χρόνια λειτουργίας και είναι 688.262€.

Πίνακας 5.13: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδες	Τιμές
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	142,758
Συνολικά αρχικά κόστη	€	958.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	13,7
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	7,3
Καθαρή παρούσα αξία	€	125.458

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 13,7 και τα αρχικά κόστη 958.181€. Η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι 125.458€. το έργο είναι κερδοφόρο λόγω της θετικής τιμής της καθαρής παρούσας αξίας. Σε σχέση όμως με το βασικό σενάριο, η καθαρή παρούσα αξία είναι χαμηλότερη όπως και η ενέργεια που παράγεται.

5.6 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΕΝΑΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΑΞΟΝΑ

Τα χαρακτηριστικά παραμένουν όμοια με το βασικό σενάριο. Η αλλαγή αυτού του σεναρίου είναι η προσθήκη μηχανισμού για κίνηση του φ/β σε έναν άξονα. Με την

αλλαγή αυτή παρατηρείται μια αύξηση στην συλλεγόμενη ενέργεια, 203,153 MWh και στην διανεμιζόμενη ανανεώσιμη ενέργεια που είναι 182,837 MWh. Αυτό οφείλεται στην κίνηση του φ/β που κατά την διάρκεια της ημέρας συλλέγει μεγαλύτερο ποσοστό ηλιακής ενέργειας αφού το φ/β ακολουθεί την πορεία του ήλιου. Επίσης παρατηρείται αύξηση στο αρχικό κόστος της επένδυσης. Το κόστος των φ/β αυξάνεται από 450.000€ σε 500.000€. Αυξάνεται το κόστος εγκατάστασης του συστήματος κατά 60.000€ καθώς και η συντήρηση του μηχανισμού κίνησης. Ακολουθεί ο πίνακας που αναφέρει τα δεδομένα και τα κόστη αυτού του σεναρίου.

Πίνακας 5.14: Δεδομένα και κόστη του σεναρίου

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Παρατηρήσεις/εύρος τιμών
Χαρακτηριστικά συστήματος			
Τύπος εγκατάστασης	-	On-grid	-
Ενέργεια που απορροφά το φ/β πλαίσιο	%	100	-
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολίας	MWh/m ²	2,29	-
Μέση ετήσια θερμοκρασία	°C	18,5	-20 έως 30
Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίου			
Τύπος φ/β	-	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	-
Μοντέλο φ/β	-	Sharp/NT175U1	-
Ονομαστική απόδοση φ/β	%	13,5%	4%-15%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων	°C	NOCT=45	40-55°C
Θερμοκρασιακός συντελεστής φ/β πλαισίου	%/°C	0,40%	0,10%-0,50%
Απώλειες φ/β πλαισίου	%	5%	0%-20%
Επιφάνεια κάλυψης από φ/β πλαίσια	m ²	740,7m ²	-
Ονομαστική ισχύς φ/β πλαισίου	kWp	100	-
Χαρακτηριστικά μετατροπέα			
Μέση απόδοση μετατροπέα	%	90%	80%-95%
Ετήσια παραγωγή ενέργειας			
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	10,8%	-

Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	203,153	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	182,837	-
Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής			
Τύπος φ/β συστήματος	-	Κίνηση σε έναν οριζόντιο άξονα	-
Γεωγραφικό πλάτος τοποθεσίας	°N	35°	-90° εως 90°
Κλίση φ/β πλαισίου (νότιος προσανατολισμός)	°	30°	0°- 90°
Αρχικά κόστη			
Μελέτη σκοπιμότητας	€	10.000	-
Άλλα κόστη	€	15.000	-
Αγορά οικοπέδου	€	40.000	-
Μηχανικά κόστη	€	55.000	-
Ενεργειακός εξοπλισμός			
φ/β πλαίσιο	100 kWp	600.000 €	(100kWp*6.000€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Δομή στήριξης φ/β πλαισίων	740,7m ²	74.074 €	(740,7m ² *100€)
Μετατροπέας	90,0 kW AC	63.000 €	(90,0kWAC*700€)
Εγκατάσταση συστήματος	100 kWp	250.000 €	(100 kWp*1.600€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Περίφραξη	€	2.000	-
Σύνδεση με το δίκτυο	€	60.000	-
Απρόσμενα έξοδα	10%	98.107 €	-
Ετήσια κόστη			
Καθαρισμός πλαισίων (4 φορές το χρόνο)	€	400	(100*4)
Συντήρηση συστημάτων κίνησης	€	2.000	-
Περιοδικά κόστη			
Αντικατάσταση μετατροπέα	12yr	63.000	-
Οικονομικοί παράμετροι			
Τιμή πώλησης	€/kWh	0,50	-

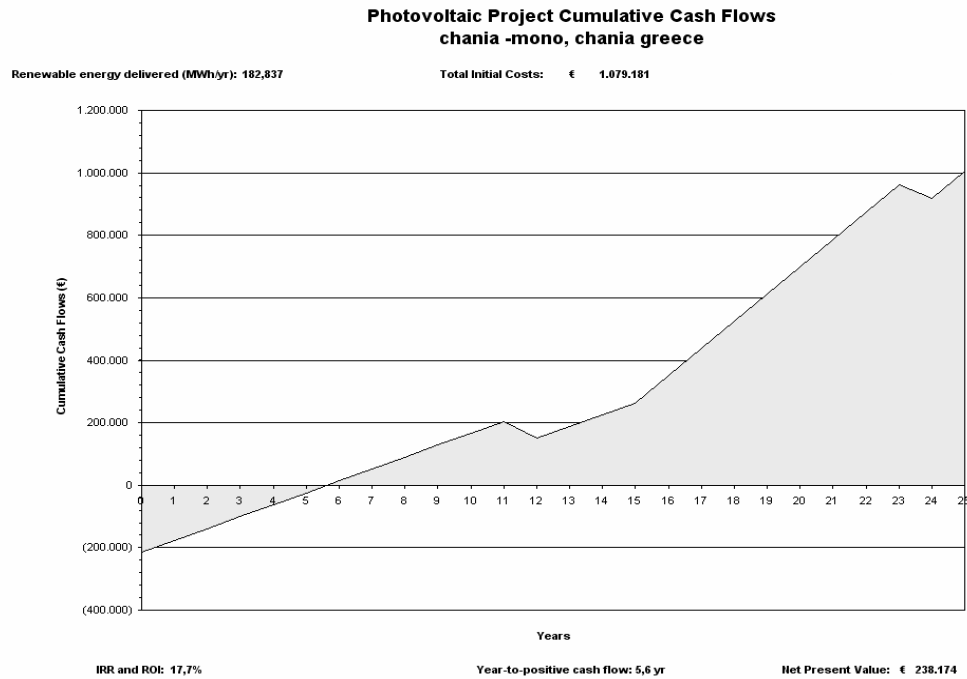
Ενέργειας			
Χρόνος ζωής του έργου	yr	25	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	20,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Υr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Από τα παραπάνω δεδομένα και μετά από μια σειρά υπολογισμών προκύπτουν οι ταμειακές ροές του έργου όπως αναγράφονται στον πίνακα 5.15.

Πίνακας 5.15: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-215.836	-215.836
1	38.515	-177.322
2	38.440	-138.881
3	38.364	-100.517
4	38.285	-62.232
5	38.204	-24.028
6	38.121	14.093
7	38.035	52.128
8	37.946	90.074
9	37.855	127.929
10	37.761	165.690
11	37.664	203.354
12	-52.258	151.096
13	37.462	188.558
14	37.356	225.915
15	37.247	263.162
16	87.567	350.729
17	87.452	438.181
18	87.333	525.514
19	87.210	612.724
20	87.084	699.808
21	86.954	786.762
22	86.820	873.582
23	86.682	960.264
24	-41.526	918.738
25	86.394	1.005.131

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 5.5: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Ο χρόνος επανείσπραξης του έργου είναι στα 5,6 χρόνια. Από κει και έπειτα αυξάνεται συνεχώς με μια μικρή πτώση στα 12 χρόνια λειτουργίας λόγω αντικατάστασης του μετατροπέα. Το μέγιστο κέρδος παρατηρείται στα 25 χρόνια και είναι 1.005.131€.

Πίνακας 5.16: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδες	Τιμές
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	182,837
Συνολικά αρχικά κόστη	€	1.079,181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	17,7
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	5,6
Καθαρή παρούσα αξία	€	238,174

Η καθαρή παρούσα αξία είναι 238.174 ευρώ, σχεδόν διπλάσια από το βασικό σενάριο, και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 17,7%. Τα έσοδα ξεκινούν 1,5 χρόνο νωρίτερα από αυτά του βασικού σεναρίου. Τα αρχικά κόστη είναι μεγαλύτερα από το βασικό αλλά αυτό οφείλεται στον μηχανισμό κίνησης που είναι ακριβότερος. Η παραγωγή ενέργειας είναι 182,837MWh, τιμή μεγαλύτερη από αυτήν του βασικού σεναρίου.

5.7 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΔΥΟ ΑΞΟΝΕΣ

Η διαφορά αυτού του σεναρίου από το προηγούμενο είναι ότι αυτό αναφέρεται σε κίνηση στους δυο άξονες (two axes tracking). Παρακολουθεί δηλαδή τον ήλιο σε κάθε του κίνηση. Αυτό έχει ως συνέπεια μεγαλύτερο κόστος στα αρχικά κόστη του έργου, αλλά και μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας. Η παραγόμενη ενέργεια είναι 190,756MWh. Το κόστος των φ/β πλαισίων είναι 600.000€ και το κόστος εγκατάστασης του συστήματος είναι 250.000€. Το σχήμα χρηματοδότησης είναι 40% επιδότηση, 40% δάνειο και 20% κεφάλαιο. Τα δεδομένα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.17: Δεδομένα και κόστη του σεναρίου

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Παρατηρήσεις/εύρος τιμών
Χαρακτηριστικά συστήματος			
Τύπος εγκατάστασης	-	On-grid	-
Ενέργεια που απορροφά το φ/β πλαίσιο	%	100	-
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολίας	MWh/m ²	2,40	-
Μέση ετήσια θερμοκρασία	°C	18,5	-20 έως 30
Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίου			
Τύπος φ/β	-	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	-
Μοντέλο φ/β	-	Sharp/NT175U1	-
Ονομαστική απόδοση φ/β	%	13,5%	4%-15%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων	°C	NOCT=45	40-55°C
Θερμοκρασιακός συντελεστής φ/β πλαισίου	%/°C	0,40%	0,10%-0,50%
Απώλειες φ/β πλαισίου	%	5%	0%-20%
Επιφάνεια κάλυψης από φ/β πλαίσια	m ²	740,7m ²	-
Ονομαστική ισχύς φ/β πλαισίου	kWp	100	-
Χαρακτηριστικά μετατροπέα			
Μέση απόδοση μετατροπέα	%	90%	80%-95%
Ετήσια παραγωγή ενέργειας			

Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	11%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	211,951	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	190,756	-
Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής			
Τύπος φ/β συστήματος	-	Γwo axis tracking	-
Γεωγραφικό πλάτος τοποθεσίας	°N	35°	-90° εως 90°
Αρχικά κόστη			
Μελέτη σκοπιμότητας	€	10.000	-
Άλλα κόστη	€	15.000	-
Αγορά οικοπέδου	€	40.000	-
Μηχανικά κόστη	€	55.000	-
Ενεργειακός εξοπλισμός			
φ/β πλαίσιο	100 kWp	600.000 €	(100kWp*6.000€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Δομή στήριξης φ/β πλαισίων	740,7m ²	74.074 €	(740,7m ² *100€)
Μετατροπέας	90,0 kW AC	63.000 €	(90,0kWAC*700€)
Εγκατάσταση συστήματος	100 kWp	250.000 €	(100 kWp*2.500€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Περίφραξη	€	2.000	-
Σύνδεση με το δίκτυο	€	60.000	-
Απρόσμενα έξοδα	10%	117.107 €	-
Ετήσια κόστη			
Καθαρισμός πλαισίων (4 φορές το χρόνο)	€	400	(100*4)
Συντήρηση συστημάτων κίνησης	€	2.000	-
Περιοδικά κόστη			
Αντικατάσταση μετατροπέα	12yr	63.000	-
Οικονομικοί παράμετροι			
Τιμή πώλησης	€/kWh	0,5	-

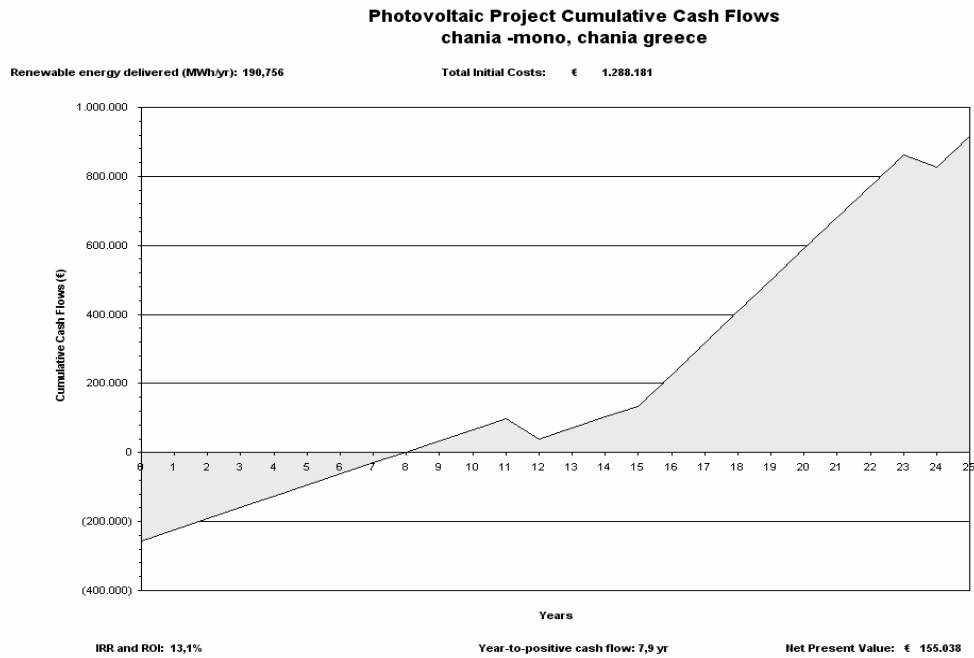
Ενέργειας			
Χρόνος ζωής του έργου	yr	25	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	25,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	35,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Yr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Από τα παραπάνω δεδομένα και μετά από μια σειρά υπολογισμών προκύπτουν οι ταμειακές ροές του έργου όπως αναγράφονται στον πίνακα 5.18.

Πίνακας 6.18: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Ετος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-257.636	-257.636
1	32.707	-224.930
2	32.633	-192.297
3	32.556	-159.741
4	32.478	-127.263
5	32.397	-94.867
6	32.313	62.553
7	32.227	-30.32
8	32.139	1.812
9	32.047	33.860
10	31.953	65.813
11	31.857	97.670
12	-58.066	39.604
13	31.654	71.258
14	31.549	102.807
15	31.440	134.246
16	91.527	225.773
17	91.411	317.184
18	91.292	408.476
19	91.169	499.645
20	91.043	590.688
21	90.913	681.602
22	90.779	772.381
23	90.641	863.022
24	-37.567	825.455
25	90.353	915.808

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 5.6: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Από το γράφημα φαίνεται ότι οι θετικές ταμειακές ροές του έργου πραγματοποιούνται στα 7,9 χρόνια λειτουργίας. Το μέγιστο κέρδος του σεναρίου είναι 915.808€ στον τελευταίο χρόνο λειτουργίας της εγκατάστασης.

Πίνακας 5.19: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδες	Τιμές
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	190,756
Συνολικά αρχικά κόστη	€	1.288,181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	13,1
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	7,9
Καθαρή παρούσα αξία	€	155.038

Τα συνολικά αρχικά κόστη είναι 1.228.181€ εξαιτίας της κίνησης σε δυο άξονες. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 13,1% και η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι 155.038€ γεγονός που κάνει αποδοτικό και κερδοφόρο.

Η κίνηση σε δύο άξονες προσφέρει μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας από αυτήν σε ένα. Αντιθέτως, ο χρόνος επανείσπραξης είναι μεγαλύτερος σε αυτό το σενάριο και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι μικρότερος.

5.8 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΕΝΑΝ ΚΑΘΕΤΟ ΑΞΟΝΑ (ΚΙΝΗΣΗ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟΥ)

Στο σενάριο αυτό το φ/β πλαίσιο είναι τοποθετημένο πάνω σε έναν κάθετο άξονα και ακολουθεί την πορεία του ήλιου. Εδώ όπως και παραπάνω αυξάνονται τα κάποια κόστη και φυσικά η παραγωγή ενέργειας. Το υπόλοιπο βασίζεται στο βασικό σενάριο της εγκατάστασης. Έτσι, η παραγωγή ενέργειας είναι 176,114MWh, το κόστος των πλαισίων ανέρχεται στα 500.000€ και το κόστος εγκατάστασης του συστήματος είναι 160.000€. Το σχήμα χρηματοδότησης είναι 40% επιδότηση, 40% δάνειο και 20% κεφάλαιο. Τα δεδομένα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.20: Δεδομένα και κόστη του σεναρίου

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Εύρος τιμών
Χαρακτηριστικά συστήματος			
Τύπος εγκατάστασης	-	On-grid	-
Ενέργεια που απορροφά το φ/β πλαίσιο	%	100	-
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολίας	MWh/m ²	2,40	-
Μέση ετήσια θερμοκρασία	°C	18,5	-20 έως 30
Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίου			
Τύπος φ/β	-	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	-
Μοντέλο φ/β	-	Sharp/NT175U1	-
Ονομαστική απόδοση φ/β	%	13,5%	4%-15%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων	°C	NOCT=45	40-55°C
Θερμοκρασιακός συντελεστής φ/β πλαισίου	%/°C	0,40%	0,10%-0,50%
Απώλειες φ/β πλαισίου	%	5%	0%-20%
Επιφάνεια κάλυψης από φ/β πλαίσια	m ²	740,7m ²	-
Ονομαστική ισχύς φ/β πλαισίου	kWp	100	-
Χαρακτηριστικά μετατροπέα			
Μέση απόδοση	%	90%	80%-95%

μετατροπέα			
Ετήσια παραγωγή ενέργειας			
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	10.8%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	195,682	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	176,114	-
Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής			
Τύπος φ/β συστήματος	-	azimuth	-
Γεωγραφικό πλάτος τοποθεσίας	°N	35°	-90° έως 90°
Κλίση φ/β πλαισίου (νότιος προσανατολισμός)	°	30°	0°- 90°
Αρχικά κόστη			
Μελέτη σκοπιμότητας	€	10.000	-
Άλλα κόστη	€	15.000	-
Αγορά οικοπέδου	€	40.000	-
Μηχανικά κόστη	€	55.000	-
Ενεργειακός εξοπλισμός			
φ/β πλαίσιο	100 kWp	500.000 €	(100kWp*5.000€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Δομή υποστήριξης πλαισίων	740,7m ²	74.074 €	(740,7m ² *100€)
Μετατροπέας	90,0 kW AC	63.000 €	(90,0kWAC*700€)
Εγκατάσταση συστήματος	100 kWp	160.000 €	(100 kWp*1.600€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Περίφραξη	€	2.000	-
Σύνδεση με το δίκτυο	€	60.000	-
Απρόσμενα έξοδα	10%	98.107 €	-
Ετήσια κόστη			
Συντήρηση συστημάτων κίνησης	€	2.000	-
Καθαρισμός πλαισίων (4 φορές το χρόνο)	€	400	(100*4)
Περιοδικά κόστη			
Αντικατάσταση μετατροπέα	12yr	63.000	-

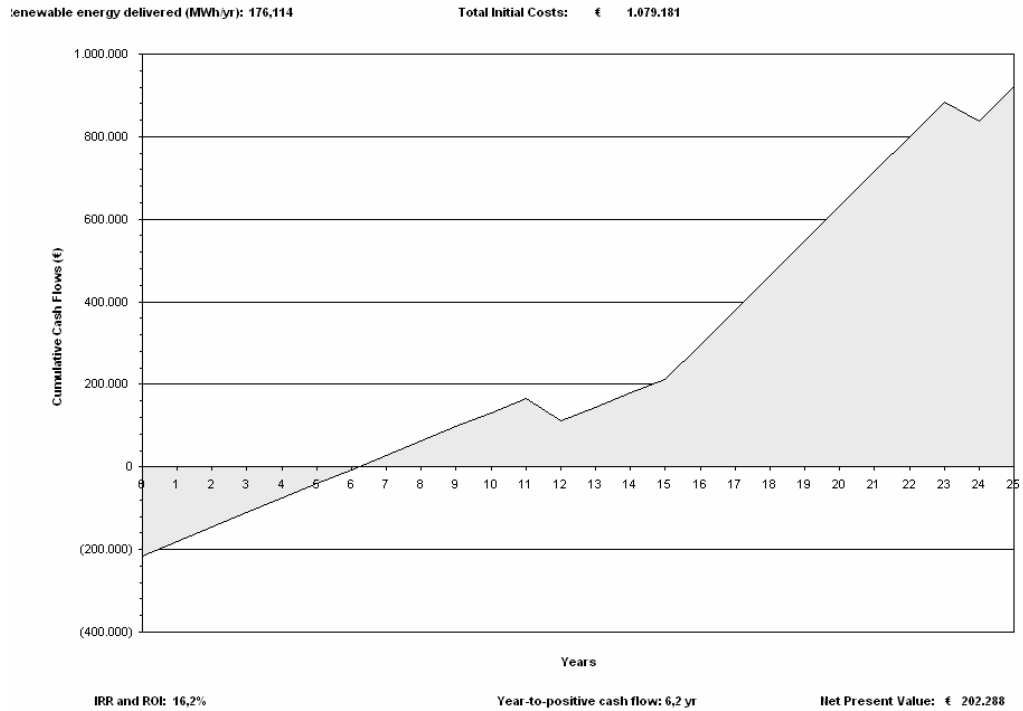
Οικονομικές παράμετροι			
Τιμή πώλησης Ενέργειας	€/kWh	0,50	-
Χρόνος ζωής του έργου	yr	25	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	20,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Yr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Από τα παραπάνω δεδομένα και μετά από μια σειρά υπολογισμών προκύπτουν οι ταμειακές ροές του έργου όπως αναγράφονται στον πίνακα 5.21.

Πίνακας 5.21: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-215.837	-215.837
1	35.153	-180.684
2	35.079	-145.605
3	35.002	-110.603
4	34.924	-75.680
5	34.843	-40.837
6	34.759	-6.078
7	34.673	28.595
8	34.585	63.180
9	34.493	97.673
10	34.399	132.072
11	34.303	166.375
12	-55.620	110.755
13	34.100	144.855
14	33.995	178.850
15	33.886	212.736
16	84.206	296.941
17	84.090	381.031
18	83.971	465.003
19	83.849	548.851
20	83.722	632.573
21	83.592	716.165
22	83.458	799.624
23	83.320	882.944
24	-44.888	838.056
25	83.032	921.088

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 5.7: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Η επανείσπραξη γίνεται στα 6,2 χρόνια λειτουργίας και το υψηλότερο ποσό εισπράξης είναι 921.088€ στο τελευταίο έτος λειτουργίας.

Πίνακας 5.22: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδες	Τιμές
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	176,114
Συνολικά αρχικά κόστη	€	1.079.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	16,2
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	6,2
Καθαρή παρούσα αξία	€	202.288

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 16,2% και η καθαρή παρούσα αξία είναι 202.288€. Οι παραπάνω παράμετροι ονοματίζουν το έργο αποδοτικό.

Η κίνηση σε έναν κάθετο άξονα είναι πιο συμφέρουσα από αυτήν σε οριζόντιο. Προσφέρει μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας και λιγότερο χρόνο για την απόσβεση του έργου.

5.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα επτά σενάρια που αναλύθηκαν παραπάνω είναι κερδοφόρα εκτός από αυτό που αναφέρεται στο σχήμα χρηματοδότησης 0%- 60%- 40% το οποίο έχει αρνητική τιμή στην καθαρή παρούσα αξία και η απόσβεσή του γίνεται στα 20,7 χρόνια.

Το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης τον δίνει το σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε έναν οριζόντιο άξονα, με 16,2%, καθώς επίσης και την μεγαλύτερη τιμή της καθαρής παρούσας αξίας με 202.288€.

Τον καλύτερο χρόνο επανείσπραξης τον προσφέρει το σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε έναν κατακόρυφο άξονα και αυτός είναι στα 6,2 χρόνια. Βέβαια την μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας την προσφέρει το σενάριο με το σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε δύο άξονες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ

6.1 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΒΑΣΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση του προγράμματος RETScreen για την περιοχή των Σερρών. Η εγκατάσταση του φ/β πάρκου θα γίνει 20 χιλιόμετρα βορειοδυτικά της πόλης των Σερρών. Ο χώρος που αγοράστηκε για την εγκατάσταση του πάρκου είναι 4 στρέμματα εκ των οποίων τα 740,7m² είναι καλυμμένα με φ/β πάνελ. Η ονομαστική ισχύς του πάρκου είναι 100kWp.

Η συνολική ετήσια ακτινοβολία στις Σέρρες είναι 1,5MWh/m² και η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15,1°C. Τα στοιχεία αυτά είναι από τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού των Σερρών και φαίνονται παρακάτω.

Πίνακας 6.1: Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής

Μήνες	Μέση μηνιαία ακτινοβολία (kWh/ m ² /d)	Μέση θερμοκρασία αέρα (°C)
Ιανουάριος	1,52	3,9
Φεβρουάριος	2,14	6,2
Μάρτιος	3,13	9,6
Απρίλιος	4,33	14,2
Μάιος	5,48	19,6
Ιούνιος	6,17	24,3
Ιούλιος	6,32	26,3
Αύγουστος	5,74	25,3
Σεπτέμβριος	4,30	21,6
Οκτώβριος	2,81	15,5
Νοέμβριος	1,87	9,2
Δεκέμβριος	1,45	5,0

Παρακάτω, στον πίνακα 6.2, αναφέρονται στοιχεία του προγράμματος που είναι το βασικό σενάριο της παρούσας εργασίας για την εξεταζόμενη περιοχή των Σερρών. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο θα μεταβληθούν κάποιες τιμές του σεναρίου για να παρατηρηθούν οι συνέπειες των αλλαγών.

Το φ/β πάρκο είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο και τα πάνελ που χρησιμοποιήθηκαν είναι μονοκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρίας Sharp και μοντέλο το TN-175 U1. Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής είναι 41°, επομένως τα πάνελ τοποθετήθηκαν με κλίση 45° σε νότιο προσανατολισμό. Τα πάνελ θα έπρεπε να τοποθετηθούν σε κλίση ίση με αυτή του γεωγραφικού πλάτους, λόγω όμως της τυποποίησης των σιδερένιων στηριγμάτων τοποθετήθηκαν στις 45°. Η ονομαστική απόδοση του συγκεκριμένου μοντέλου του πάνελ, είναι 13,5% και η θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων είναι 45°C. Η χωρητικότητα του μετατροπέα είναι 90kW AC και η απόδοσή του φτάνει στο 90%.

Η ενέργεια που συλλέγει το φ/β είναι 133,639MWh, ενώ αυτή που παράγεται και επομένως περνάει στο δίκτυο είναι 120,275 MWh με 11% συνολική απόδοση του συστήματος.

Τα αρχικά κόστη μιας τέτοιας εγκατάστασης σύμφωνα πάντα με το πρόγραμμα του RETScreen είναι 958.181€. Σε αυτά περιλαμβάνεται το κόστος για την μελέτη σκοπιμότητας, για την ανάπτυξη του έργου και για την αγορά του οικοπέδου, καθώς επίσης τα μηχανικά κόστη της εγκατάστασης. Άλλα κόστη είναι αυτά που αφορούν τον εξοπλισμό της επένδυσης, όπως το κόστος για τα φ/β πλαίσια, την περιφραγή του χώρου και έξοδα που αφορούν την μεταφορά του εξοπλισμού της εγκατάστασης. Ένα επίσης σημαντικό κόστος είναι αυτό της σύνδεσης της εγκατάστασης με το δίκτυο. Το πρόγραμμα λαμβάνει υπόψη κάποια απρόσμενα έξοδα που πιθανόν να συμβούν και υπολογίζονται από το 10% του αρχικού κόστους.

Υπάρχουν και τα ετήσια κόστη της εγκατάστασης που αφορούν κυρίως τη συντήρηση του χώρου και τον καθαρισμό των πλαισίων από σκόνες και άλλα και πραγματοποιείται 2 φορές το χρόνο. Απαιτείται η αντικατάσταση του μετατροπέα κάθε 12 χρόνια λόγω φθοράς.

Η διάρκεια ζωής του έργου είναι 25 χρόνια που σημαίνει ότι για αυτά τα χρόνια τα πλαίσια θα αποδίδουν με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης. Η τιμή πώλησης της ενέργειας για την συγκεκριμένη περιοχή είναι 0,45€/kWh. Το σχήμα χρηματοδότησης 40-40-20 που αναφέρεται στον τίτλο αναλύεται ως εξής: 40% του ποσού είναι η επιχορήγηση που δίνει το κράτος για την συγκεκριμένη εγκατάσταση, 40% είναι το δάνειο που πάρθηκε από την τράπεζα και το 20% είναι το αρχικό κεφάλαιο. Το επιτόκιο δανεισμού είναι 8%, όπως ισχύει σήμερα σε τέτοιες περιπτώσεις με περίοδο αποπληρωμής 15 χρόνια. Ο πληθωρισμός ανέρχεται στο 3%.

Πίνακας 6.2: Δεδομένα του προβλήματος

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Εύρος τιμών
Χαρακτηριστικά συστήματος			
Τύπος εγκατάστασης	-	On-grid	-
Ενέργεια που απορροφά το φ/β πλαίσιο	%	100	-
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία	MWh/m ²	1,47	-
Μέση ετήσια θερμοκρασία	°C	15,1	-20 έως 30
Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίου			
Τύπος φ/β	-	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	-
Μοντέλο φ/β	-	Sharp/NT175U1	-
Ονομαστική απόδοση φ/β	%	13,5%	4%-15%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων	°C	NOCT=45	40-55°C
Θερμοκρασιακός συντελεστής φ/β πλαισίου	%/°C	0,40%	0,10%-0,50%
Απώλειες φ/β πλαισίου	%	5%	0%-20%
Επιφάνεια κάλυψης από φ/β πλαίσια	m ²	740,7m ²	-
Ονομαστική ισχύς φ/β πλαισίου	kWp	100	-
Χαρακτηριστικά μετατροπέα			
Μέση απόδοση μετατροπέα	%	90%	80%-95%
Ετήσια παραγωγή ενέργειας			
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	11%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	133,639	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	120,275	-
Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής			
Τύπος φ/β συστήματος	-	Σταθερό	-
Γεωγραφικό πλάτος τοποθεσίας	°N	41°	-90° έως 90°
Κλίση φ/β πλαισίου	°	45°	0°- 90°

(νότιος προσανατολισμός)

Αρχικά κόστη			
Μελέτη σκοπιμότητας	€	10.000	-
Άλλα κόστη	€	15.000	-
Αγορά οικοπέδου	€	40.000	-
Μηχανικά κόστη	€	55.000	-
Ενεργειακός εξοπλισμός			
φ/β πλαίσιο	100 kWp	450.000 €	(100kWp*4.500€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Δομή υποστήριξης πλασιών	740,7m ²	74.074 €	(740,7m ² *100€)
Μετατροπέας	90,0 kW AC	63.000 €	(90,0kWAC*700€)
Εγκατάσταση συστήματος	100 kWp	100.000 €	(100 kWp*1.000€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Περίφραξη	€	2.000	-
Σύνδεση με το δίκτυο	€	60.000	-
Απρόσμενα έξοδα	10%	87.107 €	-
Ετήσια κόστη			
Καθαρισμός πλασιών (2 φορές το χρόνο)	€	200	(100*2)
Περιοδικά κόστη			
Αντικατάσταση μετατροπέα	12yr	63.000	-
Οικονομικές παράμετροι			
Τιμή πώλησης Ενέργειας	€/kWh	0,45	-
Χρόνος ζωής του έργου	yr	25	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	20,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Yr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Από τα παραπάνω δεδομένα και μετά από κατάλληλους υπολογισμούς προκύπτει ο παρακάτω πίνακας 6.3 ο οποίος εμφανίζει τις ετήσιες ταμειακές ροές για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Η ταμειακή ροή προ φόρου περιλαμβάνει τα συνολικά έσοδα. Αυτά περιλαμβάνουν τις εξοικονομήσεις ενέργειας, τα έξοδα που αποφεύχθηκαν για

την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος, τα έσοδα από την πίστωση παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, τα έσοδα από δωρεές ή χάρες.

Τα συνολικά έξοδα περιλαμβάνουν τα ποσά που καταβλήθηκαν για τη σύνθεση του μετοχικού κεφαλαίου, τα έξοδα για την τροφοδοσία ενέργειας στην εγκατάσταση, τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης, τα έξοδα αποπληρωμής του χρέους και τα περιοδικά έξοδα.

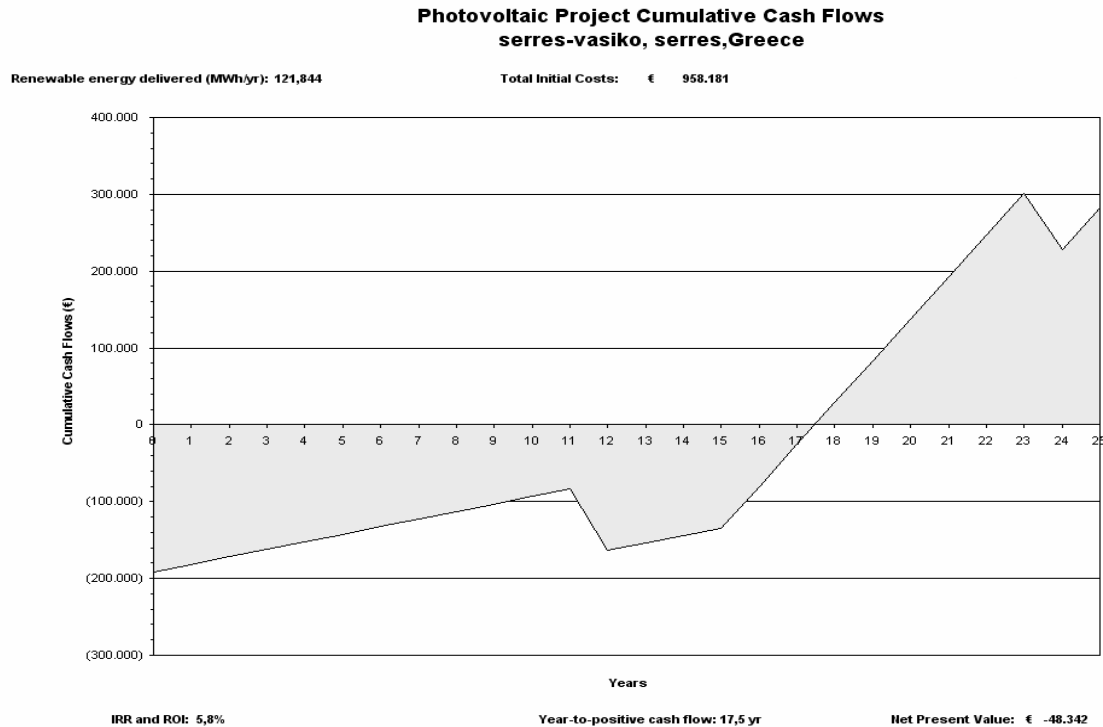
Σύμφωνα με τα παραπάνω η καθαρή ταμειακή ροή του έργου θα είναι ίδια για την περίπτωση της ταμειακής ροής μετά φόρων διότι για την συγκεκριμένη εγκατάσταση δεν υπάρχουν φόροι.

Οι συνολικές καθαρές ταμειακές ροές για κάθε έτος n υπολογίζονται από την αλγεβρική διαφορά $\text{Συνολικά έσοδα}_n - \text{Συνολικά έξοδα}_n$.

Πίνακας 6.3: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-191.636	-191.636
1	9.846	-181.790
2	9.840	-171.950
3	9.833	-162.117
4	9.827	-152.290
5	9.820	-142.470
6	9.813	-132.657
7	9.806	-122.851
8	9.799	-113.052
9	9.791	-103.261
10	9.783	-93.478
11	9.775	-83.702
12	-80.056	-163.758
13	9.758	-154.000
14	9.750	-144.251
15	9.740	-134.510
16	54.509	-80.002
17	54.499	-25.503
18	54.489	28.987
19	54.479	83.465
20	54.468	137.934
21	54.458	192.391
22	54.446	246.838
23	54.435	301.273
24	-73.643	227.630
25	54.411	54.411

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 6.1: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Από το γράφημα παρατηρείται ότι η απόσβεση της επιχείρησης γίνεται στα 17,7 χρόνια λειτουργίας το οποίο είναι αναμενόμενο διότι έως τότε εκκρεμεί η αποπληρωμή του δανείου. Από την έναρξη λειτουργίας η επιχείρηση επιφέρει κέρδη με μια μικρή πτώση στα 12 χρόνια λειτουργίας λόγω της αλλαγής του μετατροπέα. Το μέγιστο κέρδος είναι 285.039€ στα 23 χρόνια λειτουργίας του έργου.

Πίνακας 6.4: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδα	Τιμή
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	120,275
Συνολικά αρχικά κόστη	€	958.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	5,4
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	17,7
Καθαρή παρούσα αξία	€	-55.876

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 5,4% και η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι -55.876€. Συμπερασματικά, το έργο δεν είναι κερδοφόρο γιατί η καθαρή παρούσα αξία του είναι αρνητική.

6.2 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 30%- 30%

Το σενάριο αυτό βασίζεται στο βασικό σενάριο της επιχείρησης που αναλύθηκε παραπάνω. Οι αλλαγές έγιναν στο σχήμα χρηματοδότησης της επιχείρησης οι οποίες είναι οι ακόλουθες: 40% είναι η επιχορήγηση από το κράτος, 30% το ποσοστό δανεισμού και το υπόλοιπο 30% είναι το αρχικό κεφάλαιο. Η ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β είναι 133,639MWh και αυτή που παράγεται είναι 120,275MWh.

Πίνακας 6.5: Δεδομένα του σεναρίου

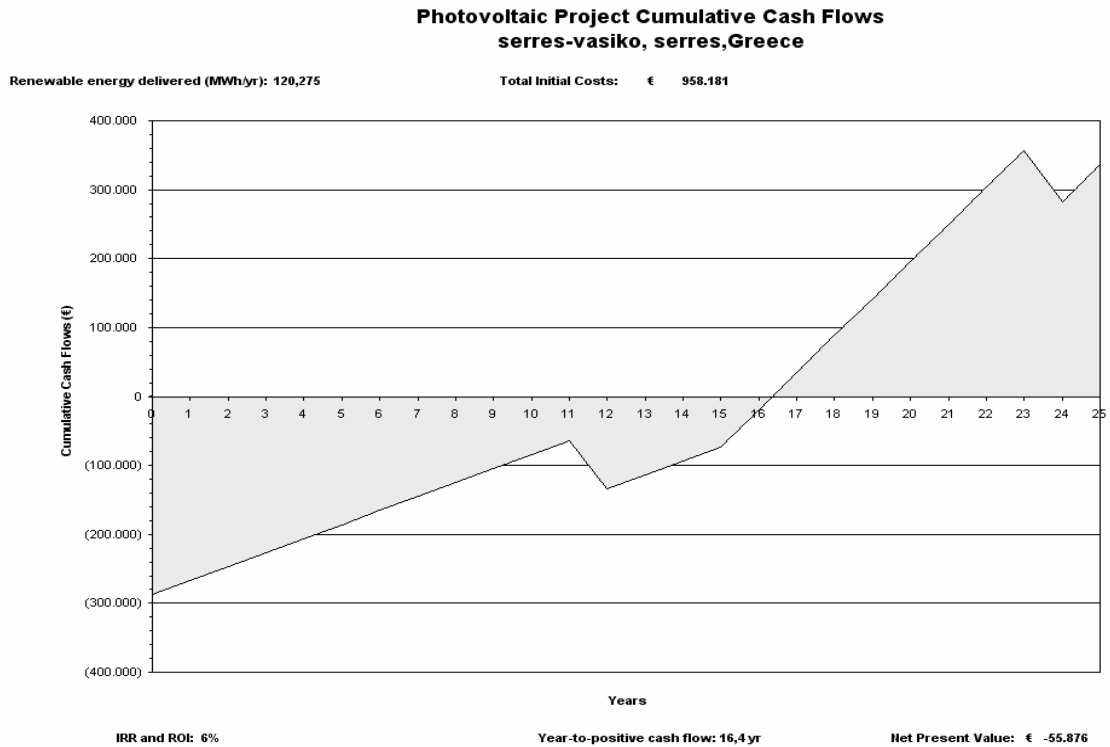
Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Παρατηρήσεις/εύρος τιμών
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	11%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	133,639	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	120,275	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	30,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	30,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Υr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Εφόσον οι αλλαγές έγιναν στο σχήμα χρηματοδότησης, θα παρατηρηθούν οι αλλαγές στον χρόνο απόσβεσης της εγκατάστασης. Στον πίνακα 6.6 φαίνονται οι ταμειακές ροές της επιχείρησης.

Πίνακας 6.6: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-287.454	-287.454
1	20.335	-267.120
2	20.328	-246.791
3	20.322	-226.469
4	20.315	-206.154
5	20.309	-185.845
6	20.302	-165.543
7	20.295	-145.249
8	20.287	-124.961
9	20.280	-104.682
10	20.272	-84.410
11	20.264	-64.146
12	-69.567	-133.714
13	20.247	-113.467
14	20.238	-93.229
15	20.229	-73.000
16	53.803	-19.197
17	53.793	34.596
18	53.783	88.379
19	53.773	142.153
20	53.763	195.915
21	53.752	249.667
22	53.741	303.407
23	53.729	357.136
24	-74.349	282.788
25	53.705	336.493

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 6.2: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Από το γράφημα παρατηρείται ότι το έργο έχει καθαρές ταμειακές ροές στα 16,4 χρόνια. Από την έναρξη λειτουργίας η επιχείρηση επιφέρει κέρδη με μια μικρή πτώση στα 12 χρόνια λειτουργίας λόγω της αλλαγής του μετατροπέα. Το μέγιστο κέρδος είναι 357.136€ στο 23 χρόνο λειτουργίας.

Πίνακας 6.7: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδα	Τιμή
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	120,275
Συνολικά αρχικά κόστη	€	958.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	6
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	16,4
Καθαρή παρούσα αξία	€	-55.876

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 6% και η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι -55.876€. Επομένως, το έργο δεν θεωρείται κερδοφόρο. Αυτό το σχήμα χρηματοδότησης είναι πιο συμφέρον από το προηγούμενο γιατί ο χρόνος επανείσπραξης είναι μικρότερος κατά 1,3 χρόνια.

6.3 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 0%- 60%- 40%

Το σενάριο που ακολουθεί είναι επίσης βασισμένο στο βασικό σενάριο με αλλαγές στο σχήμα χρηματοδότησης. Σε αυτό, δεν υπάρχει επιχορήγηση, το 60% είναι ο δανεισμός ενώ το υπόλοιπο 40% είναι το αρχικό κεφάλαιο. Το ποσό της συλλεγμένης και παραγόμενης ενέργειας είναι 133,639MWh και 120,275MWh αντίστοιχα. Τα υπόλοιπα δεδομένα είναι ίδια με αυτά του πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.8: Δεδομένα του σεναρίου

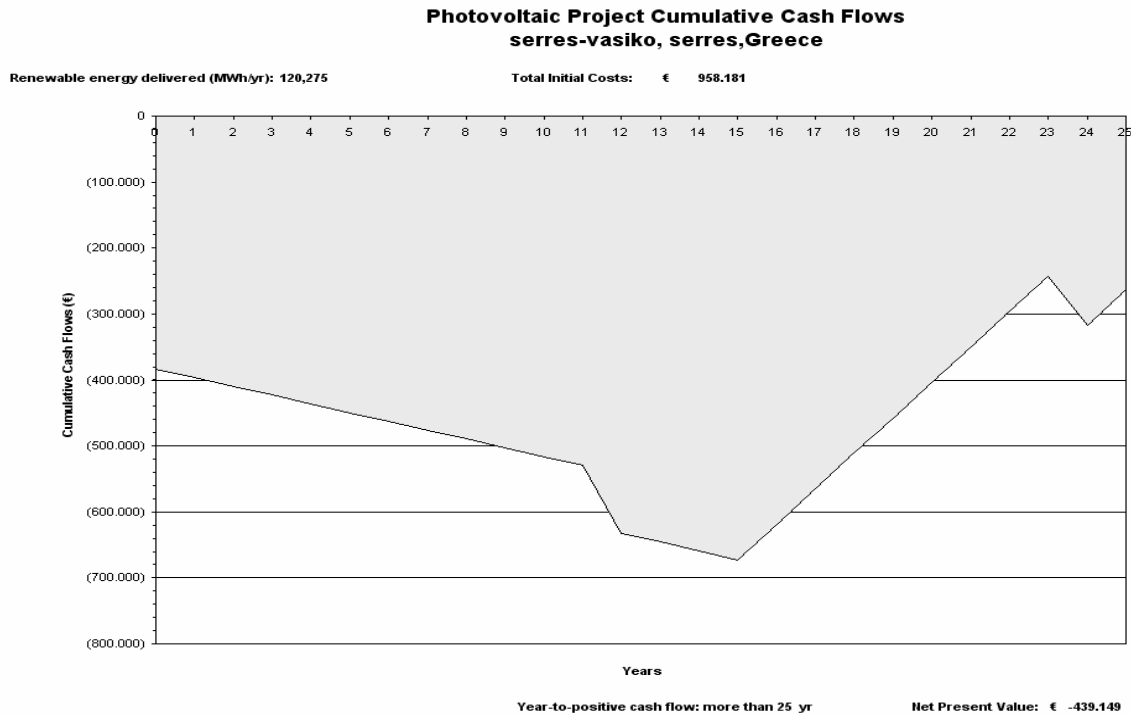
Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Παρατηρήσεις/εύρος τιμών
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	11%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	133,639	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	120,275	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	40,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	0,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	60,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Υr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ταμειακές ροές του έργου.

Πίνακας 6.9: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-383.273	-383.273
1	-13.249	-396.521
2	-13.255	-409.776
3	-13.261	-423.037
4	-13.268	-436.305
5	-13.274	-449.579
6	-13.281	-462.861
7	-13.289	-476.149
8	-13.296	-489.445
9	-13.304	-502.749
10	-13.311	-516.060
11	-13.319	-529.379
12	-103.151	-632.530
13	-13.336	-645.866
14	-13.345	-659.211
15	-13.354	-672.566
16	53.803	-618.763
17	53.793	-564.970
18	53.783	-511.186
19	53.773	-457.413
20	53.763	-403.651
21	53.752	-349.899
22	53.741	296.158
23	53.729	242.429
24	-74.349	-316.778
25	53.705	-263.073

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 6.3: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Το σενάριο δεν επιφέρει κανένα κέρδος, είναι τελείως ασύμφορο. Αυτό γίνεται επειδή δεν πάρθηκε η επιχορήγηση και επειδή το ποσοστό δανεισμού ήταν πολύ μεγάλο με αποτέλεσμα να μην προλάβει να γίνει η αποπληρωμή του.

Πίνακας 6.10: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδα	Τιμή
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	120,275
Συνολικά αρχικά κόστη	€	958.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	-
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	Πάνω από 25
Καθαρή παρούσα αξία	€	-439.149

6.4 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΜΕ ΚΛΙΣΗ ΤΩΝ Φ/Β ΣΤΙΣ 30° ΜΟΙΡΕΣ

Το παρακάτω σενάριο υπέστη αλλαγές μόνο στην κλίση που τοποθετήθηκαν τα φ/β πλαίσια. Στα προηγούμενα σενάρια η κλίση ήταν 40°, ενώ σε αυτό η κλίση είναι 30°. Το σχήμα χρηματοδότησης είναι: 40% επιχορήγηση, 40% δάνειο και 20% το αρχικό κεφάλαιο.

Πίνακας 6.11: Δεδομένα του σεναρίου

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Παρατηρήσεις/εύρος τιμών
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	11%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	136,834	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	123,150	-
Κλίση φ/β πλαισίου (νότιος προσανατολισμός)	°	30	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	20,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Υr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

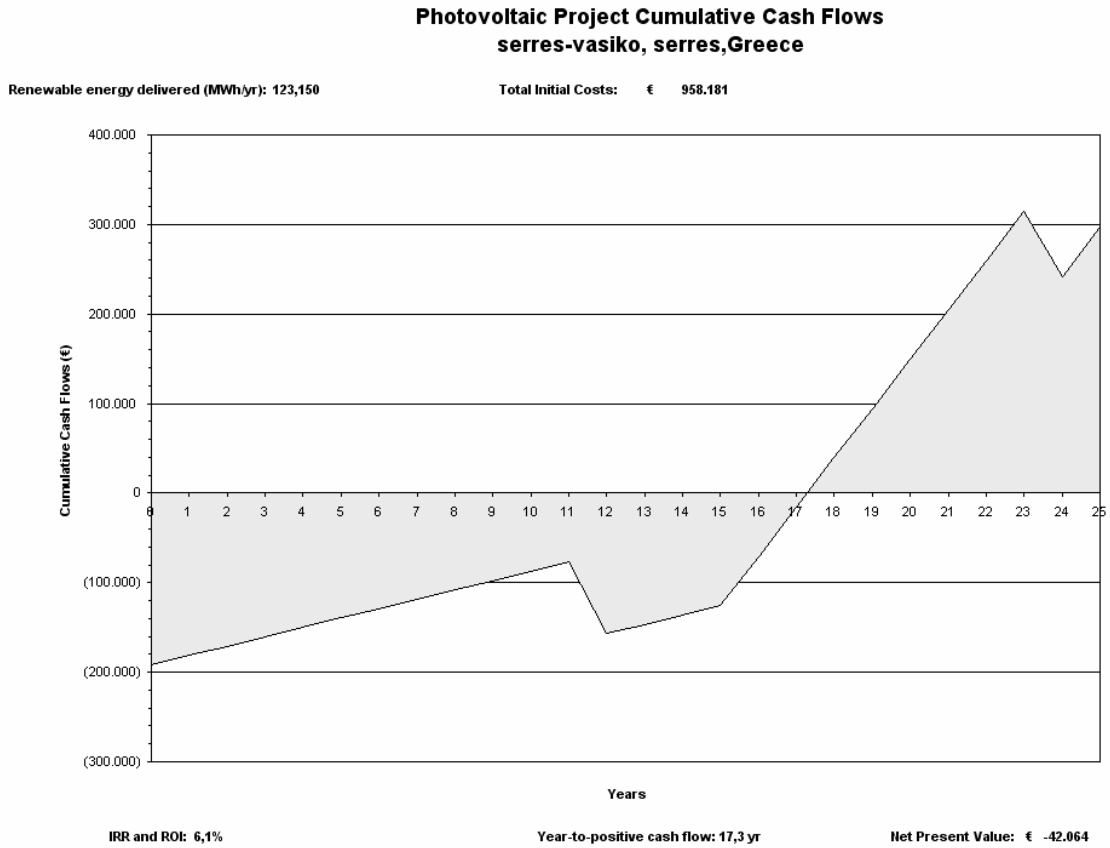
Όπως φαίνεται, από την αλλαγή στην κλίση των φ/β πλαισίων, υπάρχουν αλλαγές στην συλλογή και την παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που συλλέγει το φ/β είναι 136,834MWh ενώ αυτή που παράγει είναι 123,150MWh.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ταμειακές ροές του έργου.

Πίνακας 6.12: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-191.636	-191.636
1	10.434	-181.202
2	10.428	-170.774
3	10.422	-160.353
4	10.415	-149.938
5	10.408	-139.529
6	10.401	-129.128
7	10.394	-118.734
8	10.387	-108.347
9	10.379	-97.968
10	10.371	-87.597
11	10.363	-77.233
12	-79.468	-156.701
13	10.346	-146.355
14	10.338	-136.017
15	10.329	-125.689
16	55.097	-70.592
17	55.087	-15.505
18	55.077	39.572
19	55.067	94.639
20	55.056	149.696
21	55.046	204.741
22	55.034	259.776
23	55.023	314.799
24	-73.055	241.744
25	54.999	296.743

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 6.4: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Παρατηρείται ότι οι θετικές ταμειακές ροές εμφανίζονται στα 17,3 χρόνια. Έως τότε ανεβαίνει μέχρι τα 11 χρόνια όπου και πέφτει απότομα λόγω της αντικατάστασης του μετατροπέα. Από τα 17,3 χρόνια και μετά φέρει σημαντικά κέρδη το έργο. Το μέγιστο κέρδος είναι 314.799€ στα 23 χρόνια του έργου.

Πίνακας 6.13: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδα	Τιμή
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	123,150
Συνολικά αρχικά κόστη	€	958.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	6,1
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	17,3
Καθαρή παρούσα αξία	€	-42.064

Τα συνολικά αρχικά κόστη είναι 958.181€. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 6,1% και η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι -42.064€, από όπου συμπεραίνεται ότι το έργο δεν είναι αποδοτικό.

Παρόλα αυτά το σενάριο παράγει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από το βασικό σενάριο και επίσης η απόσβεση του έργου γίνεται κατά 0,4 χρόνια νωρίτερα.

6.5 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΕΝΑΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΑΞΟΝΑ

Οι αλλαγές του παρακάτω σεναρίου βρίσκονται στην κίνηση των πλαισίων σε έναν οριζόντιο άξονα περιστροφής (one axes tracking), δηλαδή το πλαίσιο κινείται σύμφωνα με τον βορρά-νότο. Με την αλλαγή αυτή παρατηρείται αύξηση στη συλλεγόμενη και την διανεμιζόμενη ανανεώσιμη ενέργεια που είναι 165,806MWh και 149,225MWh αντίστοιχα. Αυτό οφείλεται στην κίνηση του φ/β που κατά την διάρκεια της ημέρας συλλέγει μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ενέργειας αφού το φ/β ακολουθεί την πορεία του ήλιου. Παρατηρείται ακόμη, αύξηση στο αρχικό κόστος της επένδυσης. Το κόστος των φ/β από 450.000€, ανέρχεται στις 500.000€. Αυξάνεται το κόστος εγκατάστασης του συστήματος κατά 60.000€ καθώς και η συντήρηση του μηχανισμού κίνησης. Ακολουθεί ο πίνακας που αναφέρει τα δεδομένα και τα κόστη αυτού του σεναρίου.

Πίνακας 6.14: Δεδομένα και κόστη του σεναρίου

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Εύρος τιμών
Χαρακτηριστικά συστήματος			
Τύπος εγκατάστασης	-	On-grid	-
Ενέργεια που απορροφά το φ/β πλαίσιο	%	100	-
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολίας	MWh/m ²	1,83	-
Μέση ετήσια θερμοκρασία	°C	15,1	-20 έως 30
Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίου			
Τύπος φ/β	-	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	-
Μοντέλο φ/β	-	Sharp/NT175U1	-
Ονομαστική απόδοση φ/β	%	13,5%	4%-15%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων	°C	NOCT=45	40-55°C
Θερμοκρασιακός συντελεστής φ/β πλαισίου	%/°C	0,40%	0,10%-0,50%
Απώλειες φ/β πλαισίου	%	5%	0%-20%
Επιφάνεια κάλυψης από φ/β πλαίσια	m ²	740,7m ²	-
Ονομαστική ισχύς φ/β	kWp	100	-

πλαisiou			
Χαρακτηριστικά μετατροπέα			
Μέση απόδοση μετατροπέα	%	90%	80%-95%
Ετήσια παραγωγή ενέργειας			
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	11%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	165,806	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	149,225	-
Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής			
Τύπος φ/β συστήματος	-	Κίνηση σε έναν άξονα	-
Γεωγραφικό πλάτος τοποθεσίας	°N	41°	-90° έως 90°
Κλίση φ/β πλαisiou (νότιος προσανατολισμός)	°	45°	0°- 90°
Αρχικά κόστη			
Μελέτη σκοπιμότητας	€	10.000	-
Άλλα κόστη	€	15.000	-
Αγορά οικοπέδου	€	40.000	-
Μηχανικά κόστη	€	55.000	-
Ενεργειακός εξοπλισμός			
φ/β πλαisiou	100 kWp	500.000 €	(100kWp*5.000€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Δομή υποστήριξης πλαisiou	740,7m ²	74.074 €	(740,7m ² *100€)
Μετατροπέας	90,0 kW AC	63.000 €	(90,0kWAC*700€)
Εγκατάσταση συστήματος	100 kWp	160.000 €	(100 kWp*1.600€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Περίφραξη	€	2.000	-
Σύνδεση με το δίκτυο	€	60.000	-
Απρόσμενα έξοδα	10%	98.107 €	-
Ετήσια κόστη			
Καθαρισμός πλαisiou (2 φορές το χρόνο)	€	200	(100*2)
Συντήρηση συστημάτων	€	2.000	-

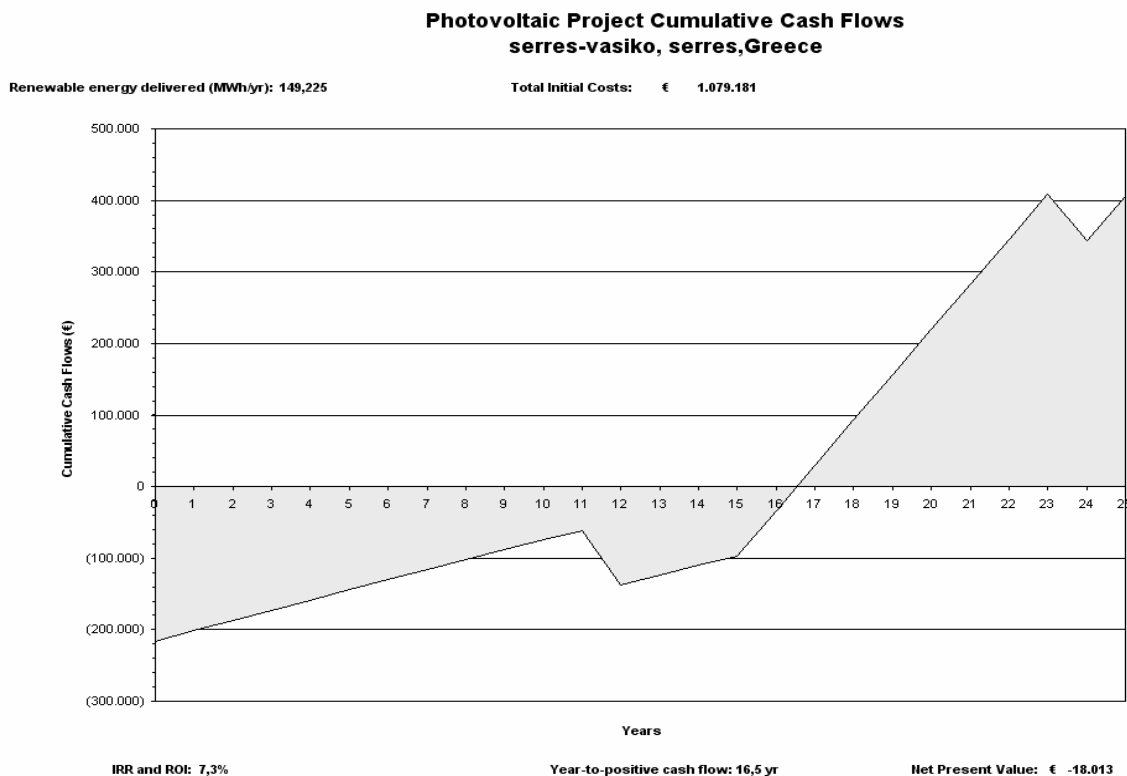
κίνησης			
Περιοδικά κόστη			
Αντικατάσταση μετατροπέα	12yr	63.000	-
Οικονομικές παράμετροι			
Τιμή πώλησης Ενέργειας	€/kWh	0,45	-
Χρόνος ζωής του έργου	yr	25	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	20,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	yr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Από τα παραπάνω δεδομένα και μετά από μια σειρά υπολογισμών προκύπτουν οι ταμειακές ροές του έργου όπως αναγράφονται στον πίνακα 6.15.

Πίνακας 6.15: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-215.836	-215.836
1	14.453	-201.383
2	14.385	-186.998
3	14.315	-172.683
4	14.243	-158.439
5	14.169	-144.271
6	14.092	-130.178
7	14.014	-116.165
8	13.932	-102.232
9	13.849	-88.384
10	13.763	-74.621
11	13.674	-60.947
12	-76.240	-137.187
13	13.488	-123.699
14	13.392	-110.307
15	13.292	-97.016
16	63.621	-33.394
17	63.515	30.121
18	63.406	93.527
19	63.294	156.820
20	63.178	219.998
21	63.059	283.057
22	62.936	345.993
23	62.809	408.802
24	-65.387	343.416
25	62.545	405.961

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 6.5: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Από το γράφημα παρατηρούμε ότι οι θετικές ταμειακές ροές του έργου εμφανίζονται από τα 16,5 χρόνια λειτουργίας και πάνω. Έως τότε είναι αρνητικές οι ταμειακές ροές που όλο αυξάνονται με μια πτώση στα 12 χρόνια λειτουργίας λόγω της αλλαγής του μετατροπέα. Το μέγιστο κέρδος που δίνει αυτό το σενάριο είναι 408.802€ στα 23 χρόνια της επιχείρησης.

Πίνακας 6.16: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδα	Τιμή
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	149,225
Συνολικά αρχικά κόστη	€	1.079.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	7,3
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	16,5
Καθαρή παρούσα αξία	€	-18.013

Τα συνολικά αρχικά κόστη είναι 1.079.181€ λόγω του μηχανισμού κίνησης που τοποθετήθηκε στα πλαίσια. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 7,3% και η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι -18.013€. Το έργο δεν είναι αποδοτικό.

Η κίνηση στον έναν άξονα συμφέρει περισσότερο ως προς την παραγωγή ενέργειας και ως προς τον χρόνο επανείσπραξης, όχι όμως ως προς το κόστος.

6.6 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΔΥΟ ΑΞΟΝΕΣ

Η διαφορά αυτού του σεναρίου από το προηγούμενο είναι ότι αυτό αναφέρεται σε κίνηση στους δυο άξονες (two axes tracking). Παρακολουθεί δηλαδή τον ήλιο σε κάθε του κίνηση. Αυτό έχει ως συνέπεια μεγαλύτερο κόστος στα αρχικά κόστη του έργου, αλλά και μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας. Η παραγόμενη ενέργεια είναι 157,332MWh. Το κόστος των φ/β πλαισίων είναι 600.000€ και το κόστος εγκατάστασης του συστήματος είναι 250.000€. Το σχήμα χρηματοδότησης είναι 40% επιδότηση, 40% δάνειο και 20% κεφάλαιο. Τα δεδομένα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.17: Δεδομένα και κόστη του σεναρίου

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Εύρος τιμών
Χαρακτηριστικά συστήματος			
Τύπος εγκατάστασης	-	On-grid	-
Ενέργεια που απορροφά το φ/β πλαίσιο	%	100	-
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολίας	MWh/m ²	1,94	-
Μέση ετήσια θερμοκρασία	°C	15,1	-20 έως 30
Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίου			
Τύπος φ/β	-	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	-
Μοντέλο φ/β	-	Sharp/NT175U1	-
Ονομαστική απόδοση φ/β	%	13,5%	4%-15%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων	°C	NOCT=45	40-55°C
Θερμοκρασιακός συντελεστής φ/β πλαισίου	%/°C	0,40%	0,10%-0,50%
Απώλειες φ/β πλαισίου	%	5%	0%-20%
Επιφάνεια κάλυψης από φ/β πλαίσια	m ²	740,7m ²	-
Ονομαστική ισχύς φ/β πλαισίου	kWp	100	-
Χαρακτηριστικά μετατροπέα			

Μέση απόδοση μετατροπεία	%	90%	80%-95%
Ετήσια παραγωγή ενέργειας			
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	11%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	174,813	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	157,332	-
Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής			
Τύπος φ/β συστήματος	-	Κίνηση σε 2 άξονες	-
Γεωγραφικό πλάτος τοποθεσίας	°N	41°	-90° εως 90°
Αρχικά κόστη			
Μελέτη σκοπιμότητας	€	10.000	-
Άλλα κόστη	€	15.000	-
Αγορά οικοπέδου	€	40.000	-
Μηχανικά κόστη	€	55.000	-
Ενεργειακός εξοπλισμός			
φ/β πλαίσιο	100 kWp	600.000 €	(100kWp*6.000€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Δομή υποστήριξης πλαισίων	740,7m ²	74.074 €	(740,7m ² *100€)
Μετατροπείας	90,0 kW AC	63.000 €	(90,0kWAC*700€)
Εγκατάσταση συστήματος	100 kWp	250.000 €	(100 kWp*2.500€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Περίφραξη	€	2.000	-
Σύνδεση με το δίκτυο	€	60.000	-
Απρόσμενα έξοδα	10%	117.107 €	-
Ετήσια κόστη			
Καθαρισμός πλαισίων (2 φορές το χρόνο)	€	200	(100*2)
Συντήρηση συστημάτων κίνησης	€	2.000	-
Περιοδικά κόστη			
Αντικατάσταση μετατροπεία	12yr	63.000	-

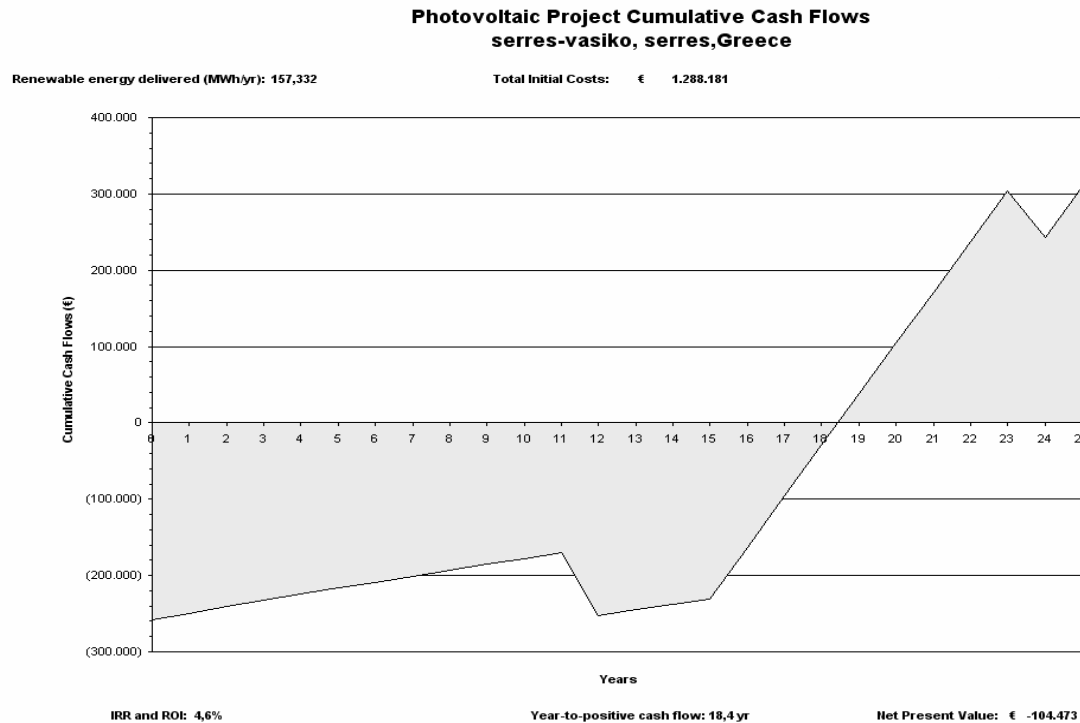
Οικονομικές παράμετροι			
Τιμή πώλησης Ενέργειας	€/kWh	0,45	-
Χρόνος ζωής του έργου	yr	25	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	20,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Υr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Από τα παραπάνω δεδομένα και μετά από μια σειρά υπολογισμών προκύπτουν οι ταμειακές ροές του έργου όπως αναγράφονται στον πίνακα 6.18.

Πίνακας 6.18: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Ετος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-257.636	-257.636
1	8.334	-249.302
2	8.266	-241.036
3	8.196	-232.840
4	8.124	-224.716
5	8.050	-216.666
6	7.973	-208.693
7	7.894	-200.798
8	7.813	-192.985
9	7.730	-185.255
10	7.644	-177.612
11	7.555	-170.057
12	-82.359	-252.416
13	7.369	-245.047
14	7.272	-237.774
15	7.173	-230.602
16	67.269	-163.333
17	67.163	-96.170
18	67.054	-29.116
19	66.942	37.826
20	66.826	104.651
21	66.707	171.358
22	66.584	237.942
23	66.457	304.399
24	-61.739	242.660
25	66.193	308.853

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 6.6: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Από το γράφημα φαίνεται ότι οι θετικές ταμειακές ροές του έργου πραγματοποιούνται στα 18,4 χρόνια λειτουργίας. Το μέγιστο κέρδος του σεναρίου είναι 308.853€ στον τελευταίο χρόνο λειτουργίας της εγκατάστασης.

Πίνακας 6.19: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδα	Τιμή
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	157,332
Συνολικά αρχικά κόστη	€	1.228.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	4,6
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	18,4
Καθαρή παρούσα αξία	€	-104.473

Τα συνολικά αρχικά κόστη είναι 1.228.181€ εξαιτίας της κίνησης σε δυο άξονες. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 4,6% και η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι -104.473€ γεγονός που κάνει το έργο μη αποδοτικό.

Η κίνηση σε δύο άξονες προσφέρει μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας από αυτή σε έναν άξονα. Ο χρόνος επανείσπραξης όμως είναι περισσότερος όπως και τα κόστη του έργου.

6.7 ΣΧΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 40%- 40%- 20% ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΕΝΑΝ ΚΑΘΕΤΟ ΑΞΟΝΑ (ΚΙΝΗΣΗ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟΥ)

Στο σενάριο αυτό το φ/β πλαίσιο είναι τοποθετημένο πάνω σε έναν κάθετο άξονα και ακολουθεί την πορεία του ήλιου. Εδώ όπως και παραπάνω αυξάνονται τα κάποια κόστη και φυσικά η παραγωγή ενέργειας. Το υπόλοιπο βασίζεται στο βασικό σενάριο της εγκατάστασης. Έτσι, η παραγωγή ενέργειας είναι 152,058MWh, το κόστος των πλαισίων ανέρχεται στα 500.000€ και το κόστος εγκατάστασης του συστήματος είναι 160.000€. Το σχήμα χρηματοδότησης είναι 40% επιδότηση, 40% δάνειο και 20% κεφάλαιο. Τα δεδομένα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.20: Δεδομένα και κόστη του σεναρίου

Περιγραφή μεγέθους	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Εύρος τιμών
Χαρακτηριστικά συστήματος			
Τύπος εγκατάστασης	-	On-grid	-
Ενέργεια που απορροφά το φ/β πλαίσιο	%	100	-
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολίας	MWh/m ²	1,87	-
Μέση ετήσια θερμοκρασία	°C	15,1	-20 έως 30
Χαρακτηριστικά φ/β πλαισίου			
Τύπος φ/β	-	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο	-
Μοντέλο φ/β	-	Sharp/NT175U1	-
Ονομαστική απόδοση φ/β	%	13,5%	4%-15%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων	°C	NOCT=45	40-55°C
Θερμοκρασιακός συντελεστής φ/β πλαισίου	%/°C	0,40%	0,10%-0,50%
Απώλειες φ/β πλαισίου	%	5%	0%-20%
Επιφάνεια κάλυψης από φ/β πλαίσια	m ²	740,7m ²	-
Ονομαστική ισχύς φ/β πλαισίου	kWp	100	-
Χαρακτηριστικά			

μετατροπέα			
Μέση απόδοση μετατροπέα	%	90%	80%-95%
Ετήσια παραγωγή ενέργειας			
Συνολική απόδοση φ/β συστήματος	%	11%	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που συλλέγει το φ/β	MWh	168,953	-
Ανανεώσιμη ενέργεια που παράγεται	MWh	152,058	-
Χαρακτηριστικά εξεταζόμενης περιοχής			
Τύπος φ/β συστήματος	-	azimuth	-
Γεωγραφικό πλάτος τοποθεσίας	°N	41°	-90° έως 90°
Κλίση φ/β πλαισίου (νότιος προσανατολισμός)	°	45°	0°- 90°
Αρχικά κόστη			
Μελέτη σκοπιμότητας	€	10.000	-
Άλλα κόστη	€	15.000	-
Αγορά οικοπέδου	€	40.000	-
Μηχανικά κόστη	€	55.000	-
Ενεργειακός εξοπλισμός			
φ/β πλαίσιο	100 kWp	500.000 €	(100kWp*5.000€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Δομή υποστήριξης πλαισίων	740,7m ²	74.074 €	(740,7m ² *100€)
Μετατροπέας	90,0 kW AC	63.000 €	(90,0kWAC*700€)
Εγκατάσταση συστήματος	100 kWp	160.000 €	(100 kWp*1.600€)
Μεταφορά	€	1.000	-
Περίφραξη	€	2.000	-
Σύνδεση με το δίκτυο	€	60.000	-
Απρόσμενα έξοδα	10%	98.107 €	-
Ετήσια κόστη			
Συντήρηση συστημάτων κίνησης	€	2.000	-
Καθαρισμός πλαισίων (2 φορές το χρόνο)	€	200	(100*2)
Περιοδικά κόστη			

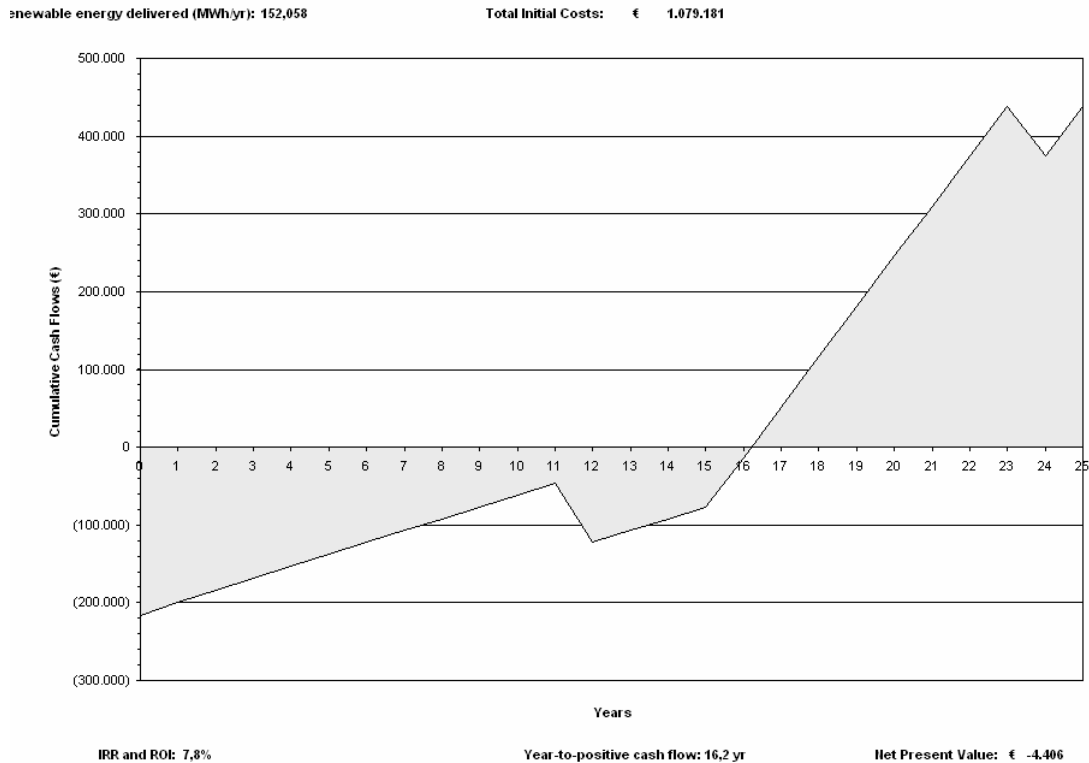
Αντικατάσταση μετατροπέα	12yr	63.000	-
Οικονομικές παράμετροι			
Τιμή πώλησης Ενέργειας	€/kWh	0,45	-
Χρόνος ζωής του έργου	yr	25	-
Ποσοστό κεφαλαίου	%	20,0	-
Ποσοστό επιχορήγησης	%	40,0	-
Ποσοστό δανεισμού	%	40,0	-
Επιτόκιο	%	8,0	-
Χρόνος αποπληρωμής	Υr	15	-
Πληθωρισμός	%	3,0	-

Από τα παραπάνω δεδομένα και μετά από μια σειρά υπολογισμών προκύπτουν οι ταμειακές ροές του έργου όπως αναγράφονται στον πίνακα 6.21.

Πίνακας 6.21: Καθαρή ταμειακή ροή για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου

Έτος	Μετά τους φόρους	Συνολικά
#	€	€
0	-215.836	-215.836
1	15.728	-200.108
2	15.660	-184.448
3	15.590	-168.858
4	15.518	-153.341
5	15.444	-137.897
6	15.367	-122.530
7	15.288	-107.242
8	15.207	-92.035
9	15.123	-76.912
10	15.037	-61.874
11	14.949	-46.926
12	-74.966	-121.891
13	14.763	-107.128
14	14.666	-92.462
15	14.566	-77.895
16	64.896	-13.000
17	64.790	51.790
18	64.681	116.471
19	64.568	181.039
20	64.453	245.492
21	64.333	309.825
22	64.211	374.036
23	64.084	438.120
24	-64.112	374.008
25	63.820	437.827

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει γραφικά τα χρόνια λειτουργίας της επένδυσης σε συνάρτηση με τις καθαρές ταμειακές ροές του έργου.



Διάγραμμα 6.7: Οι καθαρές ταμειακές ροές του έργου, ως το τέλος της ζωής του

Στα 16,2 χρόνια λειτουργίας του έργου αρχίζει η θετική ταμειακή ροή του έργου. Η καλύτερη οικονομική απόδοση του έργου είναι 438.120€ στο 23 χρόνο λειτουργίας του έργου.

Πίνακας 6.22: Τιμές παραμέτρων

	Μονάδα	Τιμή
Ανανεώσιμη ενέργεια που αποβάλλεται	MWh/yr	152,058
Συνολικά αρχικά κόστη	€	1.079.181
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης	%	7,8
Χρόνος για θετική ταμειακή ροή	yr	16,2
Καθαρή παρούσα αξία	€	-4.406

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 7,8% και η καθαρή παρούσα αξία είναι -4.406€. Το έργο δεν είναι αποδοτικό λόγω της αρνητικής τιμής της καθαρής παρούσας αξίας.

Η κίνηση σε έναν κάθετο άξονα είναι πιο συμφέρουσα από αυτήν σε οριζόντιο. Προσφέρει μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας και ελάχιστα λιγότερο χρόνο για την απόσβεση του έργου.

6.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη του κεφαλαίου προκύπτει ότι κανένα από τα επτά σενάρια είναι κερδοφόρο, καθώς όλα έχουν αρνητική τιμή στην καθαρή παρούσα αξία. Σημαντικό ρόλο παίζει η μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στην περιοχή των Σερρών.

Συμπερασματικά, το λιγότερο ζημιογόνο σενάριο από τα επτά είναι αυτό με σύστημα κίνησης σε έναν κατακόρυφο άξονα, έχοντας ως σχήμα χρηματοδότησης 40% επιχορήγηση, 40% δάνειο και 20% το αρχικό κεφάλαιο. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 7,8% και η επανείσπραξη του έργου γίνεται στα 16,2 χρόνια.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιχορήγηση είναι σημαντική, γιατί όπως παρατηρήθηκε στο σενάριο χωρίς την επιχορήγηση δεν υπήρξαν ποτέ θετικές ταμειακές ροές. Το ποσοστό δανεισμού ήταν υψηλό και επομένως η προεξόφληση του δανείου δεν έγινε ποτέ.

Άξιο λόγου είναι το σενάριο με την κλίση των φ/β στις 35° , γιατί παράγει μεγαλύτερο ποσό ενέργειας από το σενάριο με κλίση στις 40° . Βέβαια την μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας την προσφέρει το σενάριο με το σύστημα παρακολούθησης του ήλιου σε δύο άξονες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μια μεθοδολογία αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φ/β συστήματα.

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε μια μεθοδολογία αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φ/β συστήματα. Η μεθοδολογία αυτή καλύπτει όλες τις φάσεις ανάπτυξης του έργου, από τον αρχικό σχεδιασμό έως και την τελική οικονομική αξιολόγησή του. Η αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων λαμβάνει υπόψη κλασσικά κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης, όπως ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης, η καθαρή παρούσα αξία, η απλή επανεισπραξη και ο χρόνος μέχρι την πρώτη θετική ταμειακή ροή που θα παρουσιάσει το έργο. Από τα παραπάνω κριτήρια, τα δύο πρώτα λαμβάνουν υπόψη τη διαχρονική αξία του χρήματος, αξιολογώντας με τον τρόπο αυτό το έργο σε όλη τη διάρκειά του, προσδίδοντας ένα μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας στα εξαγόμενα συμπεράσματα.

Η περιγραφόμενη μεθοδολογία εφαρμόστηκε για τη περίπτωση εγκατάστασης φ/β σταθμών στην περιοχή των Χανίων και στην περιοχή των Σερρών. Οι σταθμοί αυτοί θεωρούνται ότι συνδέονται με το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, και ότι όλη η παραγόμενη ενέργεια από αυτούς θα πωλείται στην ηλεκτρική εταιρία (Δ.Ε.Η. Α.Ε.). Οι εγκατεστημένη ισχύς των φ/β σταθμών λήφθηκε ίση με 100kWp. Τα σενάρια που πραγματοποιήθηκαν για τους φ/β σταθμούς αφορούσαν χρηματοοικονομικές παραμέτρους, όπως αλλαγή στα ποσοστά του δανείου, της χρηματοδότησης και του ίδιου κεφαλαίου, αλλά και τεχνικές παραμέτρους, όπως σύστημα παρακολούθησης του ήλιου.

Το συμπέρασμα μετά την ολοκλήρωση αυτής της συγκριτικής μελέτης είναι ότι η επένδυση που πραγματοποιήθηκε στα Χανιά είναι πιο συμφέρουσα από αυτή από αυτή των Σερρών. Όλα τα σενάρια που απευθύνθηκαν στην εγκατάσταση των Σερρών είναι επενδυτικά ασύμφορα ενώ αυτά των Χανίων χαρακτηρίζονται ως βιώσιμα. Αυτό το αποτέλεσμα, οφείλεται στο μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει στην περιοχή των Χανίων σε σχέση με αυτή των Σερρών. Ένας άλλος παράγοντας που παίζει ρόλο είναι η τιμή που αγοράζει η Δ.Ε.Η. Α.Ε. την ενέργεια που παράγεται από τους σταθμούς. Η τιμή αυτή για τα Χανιά είναι 0,50€/kWh ενώ για τις Σέρρες είναι 0,45€/kWh.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΠΟ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ











ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ι. Ε. Φραγκιαδάκης, *“Φωτοβολταϊκά Συστήματα”*, εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2004.
- [2] Β. Σταμπολίδης, *“Αξιολόγηση Επενδυτικών Σχεδίων Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Από Φωτοβολταϊκά Συστήματα”*, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά Μάρτιος 2005.
- [3] Παύλος Σ. Γεωργιλάκης, *“Ηλεκτρική Οικονομία”*, πανεπιστημιακές παραδόσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά Σεπτέμβριος 2006.
- [4] Ε. Καραπιδάκης, *“Ηπιες Μορφές Ενέργειας Ι”*, σημειώσεις μαθήματος, ΤΕΙ Κρήτης.
- [5] Άγης Μ. Παπαδόπουλος, *“Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων”*, πανεπιστημιακές παραδόσεις, Α.Π.Θ.-Πολυτεχνική σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη, 2002.
- [6] www.buildings.gr, *“Κλιματολογικά Στοιχεία”*.
- [7] www.energotechniki.gr, *“Σύντομος Οδηγός Φωτοβολταϊκών Επενδύσεων”*.
- [8] www.rae.gr
- [9] www.desmie.gr
- [10] www.dei.gr
- [11] www.cres.gr
- [12] <http://retscreen.gc.ca>, accessed 1/3/2005
- [13] www.europa.eu, Οδηγία 2001/77/EK accessed 27.10.2001
- [14] www.et.gr, νόμος 3299/04, 3522/06, 3468/06, 3734/09