

Μελέτη και οικονομική αξιολόγηση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε οικία στη νήσο Κω

ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ ΠΕΤΡΟΥΛΑ

ΓΑΛΟΥΖΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

/04/2013

Εισαγωγή

Σκοπός αυτής της παρουσίασης είναι μία συνοπτική περιγραφή της εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε οικία στη νήσο Κω καθώς και η οικονομοτεχνική ανάλυση της επένδυσης αυτής.

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι το αποτέλεσμα της μετατροπής αξιόπιστων, καθαρών και ανανεώσιμων φυσικών πόρων σε ενέργεια.

- **Υδατόπτωση:** Βασίζεται στην εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας των επιφανειακών υδάτων (υδροηλεκτρικά φράγματα).
- **Ενέργεια Κυμάτων:** Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.
- **Βιομάζα:** Αποτελεί μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών.
- **Γεωθερική Ενέργεια:** Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης.
- **Αιολική Ενέργεια:** Η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου (ανεμογεννήτριες).
- **Ηλιακή Ενέργεια:** Χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο (φωτοβολταϊκή τεχνολογία).

Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα ΑΠΕ

Πλεονεκτήματα

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις

Μειονεκτήματα

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης
- Η παροχή και απόδοση εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό

Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους: θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές.

- Η θερμική αξιοποίηση περιλαμβάνει συλλογή της ηλιακής ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα κυρίως για θέρμανση νερού και μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση ατμοστροβίλων.*
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων ή συστοιχιών τους.*

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια κάθε τόπου εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική του θέση, την εποχή και τη νεφοκάλυψη.

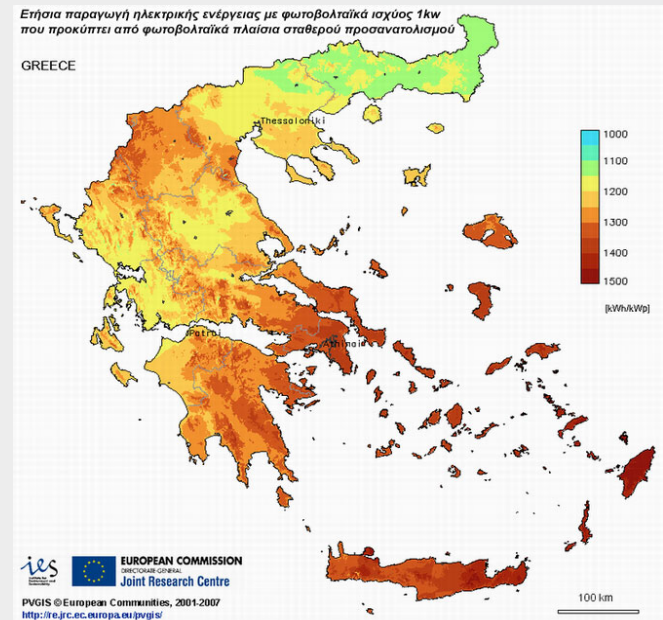
Ηλιακό Δυναμικό

Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας θεωρείται από τα υψηλότερα της Ευρώπης, κάνοντας τα φ/β ελκυστικά για αξιοποίηση.

Ένα φ/β σύστημα στην Ελλάδα εν γένει παράγει ετησίως 1100-1500 kWh ανά εγκατεστημένο kW.

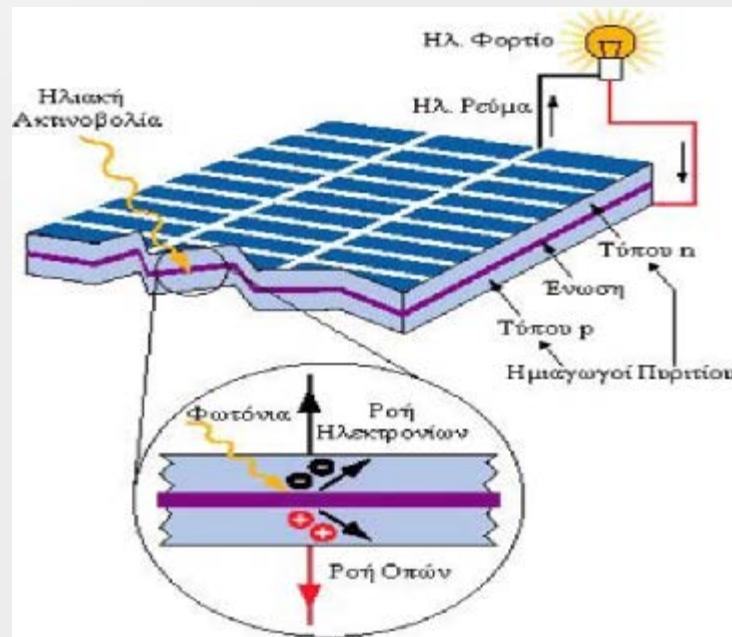
Στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας μας, ένα φ/β παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ'ότι στις βόρειες.

Η μεγάλη ηλιοφάνεια είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του κλίματος της περιοχής της Κω με σύνηθες εύρος τιμών 1.410-1.525 (kWh/kWp/έτος) και μέση αναμενόμενη ενέργεια 1.455 (kWh/kWp/έτος)



Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το **Φωτοβολταϊκό φαινόμενο** περιγράφεται ως η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων που συμβαίνει σε συγκεκριμένα υλικά όταν αυτά εκτεθούν σε φωτεινή ακτινοβολία. Κάτι τέτοιο παρατηρείται στα φυσικά στοιχεία που ανήκουν στην ομάδα των ημιαγωγών καθώς και στις τεχνητές ημιαγωγικές διατάξεις. Η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων μεταφράζεται ως δημιουργία διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δημιουργούμενων πόλων, δηλαδή έχουμε μια υποτυπώδη ηλεκτρική γεννήτρια.



Φωτοβολταϊκό σύστημα

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από:

- **Φωτοβολταϊκά πλαίσια**, που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.
- **Συσσωρευτές**, που χρησιμεύουν στην αποθήκευση ενέργειας και στην απόδοσή της όταν αυτό απαιτείται (το βράδυ ή τις βροχερές μέρες).
- **Αντιστροφείς**, που απαιτούνται για την αντιστροφή του συνεχούς ρεύματος (DC) που παράγεται στο φωτοβολταϊκό σε εναλλασσόμενο (AC).
- **Ρυθμιστές**, που διαχειρίζονται την αποθηκευμένη ενέργεια στον συσσωρευτή και διοχετεύουν ενέργεια στο φορτίο.
- **Μηχανικές Κατασκευές**, που απαιτούνται για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών και των λοιπών συσκευών.

Είδη ηλιακών κυττάρων

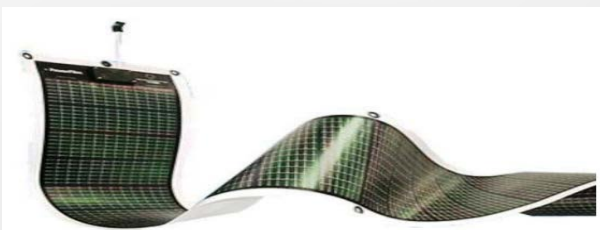
Μονοκρυσταλλικού πυριτίου



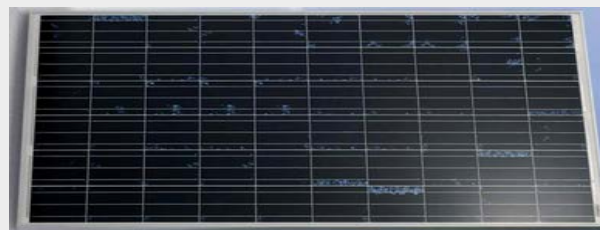
Πολυκρυσταλλικού πυριτίου



Λεπτής μεμβράνης (Thin-film)



Υβριδικά



Συγκριτικός Πίνακας Τεχνολογιών Φωτοβολταϊκών Κυττάρων				
Τύπος	Λεπτής μεμβράνης	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά	Υβριδικά
Απόδοση	Άμορφα : 5-7% CIS : 7-10%	11-14%	13-16%	16-17%
Επιφάνεια ανά KWp	10-20 m ²	8-10 m ²	7-8 m ²	6-7 m ²

Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκών

- Ο **βαθμός απόδοσης** εκφράζει το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στο φωτοβολταϊκό στοιχείο και δίνεται από το λόγο της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος P_{mmp} προς το γινόμενο της επιφάνειας A του φωτοβολταϊκού στοιχείου και της έντασης ακτινοβολίας G .

$$\eta = \frac{P_{mmp}}{AG}$$

- Οι **παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης** του φωτοβολταϊκού πλαισίου μπορεί να είναι είτε εσωτερικοί είτε εξωτερικοί. Εσωτερικοί είναι η αντίσταση R_s , οι οπτικές απώλειες, η γήρανση, η χωροταξική τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο και η δίοδος αντεπιστροφής ενώ εξωτερικοί είναι η ακτινοβολία, η σκίαση, η θερμοκρασία, ο άνεμος, η ρύπανση και οι ηλεκτρικές απώλειες.

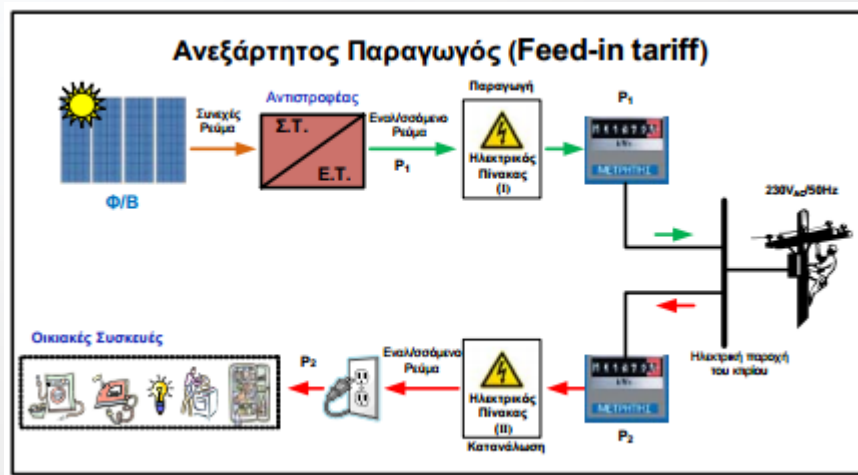
Αντιστροφέας

Ο Αντιστροφέας (Inverter) είναι μια διάταξη ισχύος η οποία αναλαμβάνει τη μετατροπή του συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος που παράγουν οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες (panels) σε εναλλασσόμενο. Οι σύγχρονοι αντιστροφείς διαμορφώνουν το εναλλασσόμενο ρεύμα στη συχνότητα (κυματομορφή) του εκάστοτε δικτύου ώστε να είναι δυνατή η απευθείας παροχή του στο δίκτυο μεταφοράς.

Οι αντιστροφείς DC/AC μπορεί να είναι είτε μονοφασικοί είτε τριφασικοί.



Συστήμα συνδεδεμένο στο δίκτυο



Στα συνδεδεμένα συστήματα η φωτοβολταϊκή συστοιχία τροφοδοτεί απευθείας με ηλεκτρική ενέργεια το δίκτυο, οπότε δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη συσσωρευτή.

Το δικό μας σύστημα



Το κόστος των μονοκρυσταλλικών γεννητριών είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό των πολυκρυσταλλικών, από την άλλη παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση. Όμως, η καλύτερη απόδοση που εμφανίζουν δεν αντισταθμίζει το κόστος αγοράς τους.

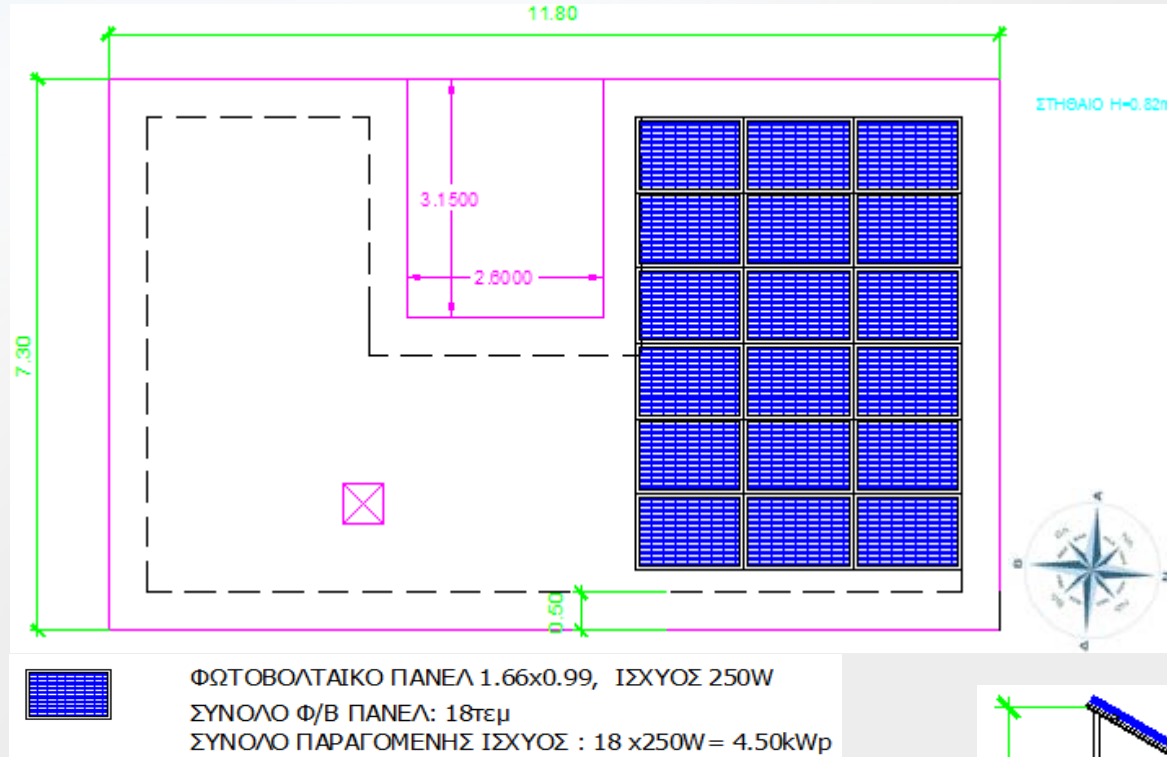
*Πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρίας **Rec** (250 Wp, διαστάσεων 1,66x0,99m)*



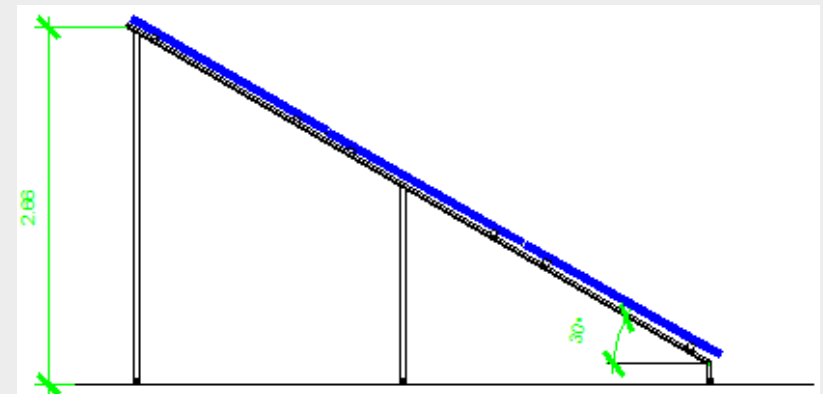
Για συστήματα ισχύος κάτω των 5 kW η σύνδεση γίνεται μέσω μονοφασικής παροχής. Εφόσον η συνολική εγκατάσταση έχει ισχύ 4,50 kWp, η ισχύς του αντιστροφέα πρέπει να επιλεγεί αναλογικά με αυτή την τιμή (μέγιστη ισχύς 5.300 W)

*Μονοφασικός Αντιστροφέας **Sunny Boy 5000 TL** της εταιρίας **SMA***

Χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων



Για να επιτύχουμε μέγιστη απόδοση τοποθετήσαμε τα πλαίσια με προσανατολισμό νότιο και κλίση 30° από το οριζόντιο επίπεδο λόγω της γεωγραφικής θέσης του νησιού.



Οικονομική ανάλυση

1.	Γενική περιγραφή		
1.1	Ονομαστική ισχύς συστήματος		4,50 kWp
1.2	Ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά kWp		1.345 kWh/kWp
1.3	Ετήσια πώση παραγωγικότητας		0,5 %
1.4	Ετήσια παραγωγή ενέργειας (πρώτο έτος)		6.053 kWh
1.5	Παραγωγή ενέργειας στην 25ετία		142.234 kWh
1.6	Αποφυγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂) στην 25ετία		110.942 Kg
2.	Συνολική επένδυση		
2.1	Κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης (με ΦΠΑ)		10.000 €
2.2	Άλλα κόστη (π.χ. κόστος σύνδεσης με δίκτυο: με ΦΠΑ)		500 €
2.3	Συνολικό κόστος		10.500 €
2.4	Ίδια συμμετοχή	25,0 %	2.625 €
2.5	Μακροχρόνιο Δάνειο	75,0 %	7.875 €
2.6	Επιτόκιο μακροχρόνιου δανεισμού		6,00%
2.7	Διάρκεια μακροχρόνιου δανείου		10 έτη
2.8	Επιτόκιο προεξόφλησης		6,00%
3.	Τιμή πώλησης ενέργειας		
3.1	Τιμή πώλησης ενέργειας (με ετήσιο συντελεστή προσαύξησης)		0,23 €/kWh
3.2	Ετήσιος συντελεστής προσαύξησης		0,050 %
4.	Ετήσια αποτελέσματα (σε €)		
4.1	Έσοδα από πώληση ενέργειας (με αναλογούσα ετήσια αύξηση)		1.392 €
4.2	Λειτουργικά έξοδα (με ετήσια προσαύξηση)		0 €
4.3	Ετήσιος συντελεστής προσαύξησης		0,2 %
4.4	Συντελεστής φόρων		0%
5.	Δείκτες χρηματικών ροών		
5.1	Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)		6.563 €
5.2	IRR (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)		18,0%
5.3	Απλή περίοδος αποπληρωμής		8,8 έτη
5.4	Απόσβεση επένδυσης		10,6 έτη
5.5	Έσοδα στην 25ετία		32.906 €
5.6	Τόκοι δανείων		2.825 €
5.7	Καθαρά έσοδα (κέρδη) στην 25ετία		22.207 €

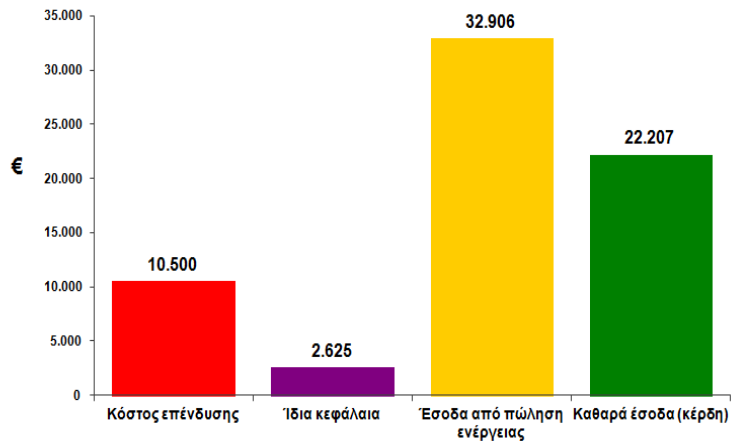
Απόδοση επένδυσης

Έτος	Έσοδα	Λειτουργικές δαπάνες	Μικτό κέρδος	Αποσβέσεις	Τραπεζικές υποχρεώσεις	Φόροι	Καθαρή χρηματική ροή	Αθροιστική χρηματική ροή	Παρούσα αξία	Αθροιστική παρούσα αξία
0							-2.625	-2.625	-2.625	-2.625
1	1.392	0	1.392	0	1.070	0	322	-2.303	304	-2.321
2	1.386	0	1.386	0	1.070	0	316	-1.987	281	-2.040
3	1.380	0	1.380	0	1.070	0	310	-1.677	260	-1.780
4	1.373	0	1.373	0	1.070	0	303	-1.374	240	-1.540
5	1.367	0	1.367	0	1.070	0	297	-1.077	222	-1.318
6	1.361	0	1.361	0	1.070	0	291	-786	205	-1.113
7	1.354	0	1.354	0	1.070	0	284	-502	189	-924
8	1.348	0	1.348	0	1.070	0	278	-224	174	-749
9	1.342	0	1.342	0	1.070	0	272	48	161	-588
10	1.335	0	1.335	0	1.070	0	265	313	148	-440
11	1.329	0	1.329	0	0	0	1.329	1.642	700	260
12	1.323	0	1.323	0	0	0	1.323	2.965	657	917
13	1.316	0	1.316	0	0	0	1.316	4.282	617	1.534
14	1.310	0	1.310	0	0	0	1.310	5.592	579	2.114
15	1.304	0	1.304	0	0	0	1.304	6.895	544	2.658
16	1.297	0	1.297	0	0	0	1.297	8.193	511	3.169
17	1.291	0	1.291	0	0	0	1.291	9.484	479	3.648
18	1.285	0	1.285	0	0	0	1.285	10.768	450	4.098
19	1.278	0	1.278	0	0	0	1.278	12.047	422	4.521
20	1.272	0	1.272	0	0	0	1.272	13.318	397	4.917
21	1.265	0	1.265	0	0	0	1.265	14.584	372	5.289
22	1.259	0	1.259	0	0	0	1.259	15.843	349	5.639
23	1.253	0	1.253	0	0	0	1.253	17.096	328	5.967
24	1.246	0	1.246	0	0	0	1.246	18.342	308	6.275
25	1.240	0	1.240	0	0	0	1.240	19.582	289	6.563
	32.906	0	26.643		10.700	0	13.318			

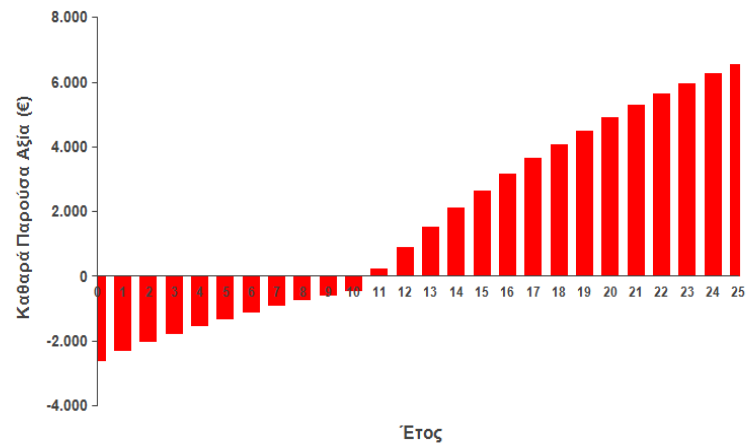
Επιτόκιο προεξόφλησης	6,00%
Καθαρά Παρούσα Αξία (€)	6.563
IRR (Εσωτερικός Δείκτης Απόδοσης)	18,00 %
Απλή περίοδος αποπληρωμής (έτη)	8,82
Απόσβεση επένδυσης (έτη)	10,6

Γραφικές παραστάσεις επένδυσης

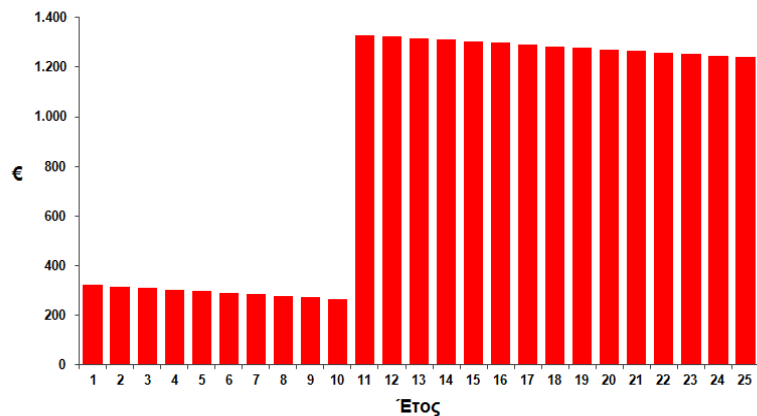
Απόδοση επένδυσης στην 25ετία



Απόσβεση επένδυσης



Ετήσια κέρδη



Συμπεράσματα

Μέσα από την οικονομική μελέτη που έγινε φαίνεται κατά πόσο κρίνεται συμφέρουσα η επένδυση μας.

- *Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα δεν έχει πολλά λειτουργικά έξοδα.*
- *Αν και η εγκατάστασή του έχει υψηλό αρχικό κόστος, η απόσβεση του γίνεται περίπου σε δέκα χρόνια, σύντομο χρονικό διάστημα, αν υπολογίσουμε ότι η ζωή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι περίπου εικοσι-πέντε χρόνια.*
- *Μέσα από τον τύπο της καθαρής παρούσας αξίας που έχει εφαρμοστεί στην μελέτη, το αποτέλεσμα που βρίσκουμε είναι μεγαλύτερο από 0, οπότε η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.*
- *Ο εσωτερικός δείκτης επένδυσης είναι αρκετά μεγάλος σε σχέση με το τραπεζικό επιτόκιο, οπότε φαίνεται επίσης και από εδώ ότι αυτή η επένδυση είναι συμφέρουσα.*

ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

Ευχαριστούμε για την προσοχή σας.