

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



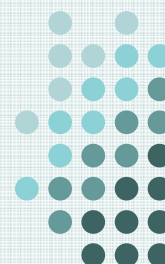
**ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΜΙΚΡΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ  
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΧΑΝΙΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. Θ. ΤΣΟΥΤΣΟΣ**

**ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΧΑΝΙΑ**  
**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2006**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στην μελέτη ενσωμάτωσης Μικρού Φωτοβολταϊκού Σταθμού στο κτίριο της Δημοτικής Αγοράς των Χανίων. Η εργασία περιλαμβάνει ανάλυση του συνόλου των δεδομένων που χαρακτηρίζουν το κτίριο και στη συνέχεια διαστασιολόγηση και καθορισμό των παραγόντων του προς ενσωμάτωση φωτοβολταϊκού συστήματος.

Για την διαστασιολόγηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το ενεργειακό πρόγραμμα PV3 της RETScreen, το οποίο συγχρόνως αναλύει και βασικούς οικονομικούς συντελεστές του συστήματος. Έτσι και με βάση το παραπάνω, διαμορφώθηκαν δεκαοκτώ σενάρια ενσωμάτωσης του Φωτοβολταϊκού Σταθμού. Οι συντελεστές που διαφοροποιήθηκαν σε κάθε σενάριο αφορούσαν στο είδος και το μέγεθος των επιδοτήσεων, καθώς και στο είδος και την απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν.

Στο τέλος της εργασίας πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων των σεναρίων με ομαδοποιημένα διαγράμματα. Προτείνεται η βέλτιστη λύση ενσωμάτωσης και παρατίθενται τα στοιχεία της στο Παράρτημα II.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ένα μείζονος σημασίας πρόβλημα που θα κλιθεί να αντιμετωπίσει σύντομα η ανθρωπότητα είναι το ενεργειακό. Η λύση που αγνοείται συχνά και όμως αποτελεί την πιο καθαρή περιβαλλοντικά, είναι η εξοικονόμηση ενέργειας. Η παραπάνω, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας μπορεί να αντιστρέψει το αρνητικό κλίμα που έχει δημιουργηθεί τον τελευταίο αιώνα και να προλάβει τις δυσμενείς επιπτώσεις που έχει επιφέρει ήδη η υποβάθμιση και καταστροφή του περιβάλλοντος.

Στα παραπάνω πλαίσια και με ειλικρινή σκοπό την γνωστοποίηση, προώθηση και ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος για τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κινήθηκε η εργασία για μελέτη ενσωμάτωσης Μικρού Φ/Β Σταθμού στο κτίριο της Δημοτικής Αγοράς των Χανίων.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τα παρακάτω άτομα,

Τον καθηγητή μου Δρ. κ. Τσούτσο Θεοχάρη, που ως επιβλέπων καθηγητής βοήθησε καθοριστικά με τις συμβουλές και τη συνεχή υποστήριξή του στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τον κ. Σούρσο Μανώλη που με την υποστήριξή του και τις γνώσεις του σε τεχνικά θέματα ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών συστημάτων βοήθησε αποτελεσματικά στον καθορισμό του συνόλου των παραγόντων που επηρέαζαν την ολοκλήρωση της μελέτης.

Την οικογένειά μου, τους φίλους μου και όσους άλλους μου συμπαράσταθηκαν σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Σας ευχαριστώ,

Σταυρόπουλος Κωνσταντίνος  
Χανιά, Οκτώβριος 2006

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	I
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	II
1. Εισαγωγή .....	3
1.1 Ιστορική Αναδρομή Φωτοβολταϊκής Τεχνολογίας.....	3
1.2 Εισαγωγή στη Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία.....	5
1.2.1. Βασικά Μέρη Φωτοβολταϊκών Συστημάτων.....	5
1.2.2. Χαρακτηριστικά της Φωτοβολταϊκής Τεχνολογίας.....	10
1.2.3. Εφαρμογές της Φωτοβολταϊκής Τεχνολογίας .....	11
2. Εγκατεστημένη Ισχύς – Τάσεις Φ/Β Συστημάτων.....	14
2.1. Εγκατεστημένη Ισχύς – Τάσεις Φ/Β Συστημάτων Παγκόσμια.....	14
2.2. Εγκατεστημένη Ισχύς – Τάσεις Φ/Β Συστημάτων στην Ελλάδα.....	16
3. Ενσωμάτωση Φ/Β Στοιχείων σε Κτίρια (BIPV).....	19
3.1. Παραδείγματα Εφαρμογής– Case Studies.....	19
3.1.1. Ενεργειακό Πάρκο Energypark West, Satheins, Αυστρία.....	21
3.1.2. Το Παιδικό Μουσείο της Ρώμης, (The Children’s Museum of Rome), Ιταλία.....	25
3.1.3. Jubilee Campus, Πανεπιστήμιο Nottingham, Αγγλία.....	30

<b>4. Μελέτη Ενσωμάτωσης Μικρού Φ/Β Σταθμού στη Δημοτική Αγορά</b>	
<b>Χανίων.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1. Μεθοδολογία.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2. Περιγραφή του προγράμματος PV3, RETScreen International.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3. Στοιχεία Δημοτικής Αγοράς Χανίων.....</b>	<b>40</b>
<b>4.4. Διαστασιολόγηση (Dimensioning) Φ/Β Συστήματος.....</b>	<b>42</b>
<b>5. Αποτελέσματα και Παρατηρήσεις.....</b>	<b>55</b>
<b>5.1. Προτάσεις.....</b>	<b>63</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>68</b>
<b>Παράρτημα Ι</b>	
<b>Παράρτημα ΙΙ</b>	

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η ζωή στη Γη θα ήταν αδύνατη χωρίς την ύπαρξη του ήλιου. Η ιδανική απόστασή του από τον πλανήτη μας σε συνδυασμό με τη δημιουργία ατμόσφαιρας σε αυτόν, ήταν δύο βασικοί παράγοντες που ευνόησαν την εμφάνιση του φαινομένου της ζωής. Η εξέλιξη της ζωής συντελέστηκε στο πέρασμα των αιώνων με κορυφαίο επίτευγμα της εξελικτικής αυτής διαδικασίας τον άνθρωπο. Η υψηλή νοημοσύνη του ανθρώπου, ως βασικό χαρακτηριστικό του και ως κριτήριο διαφοροποίησής του στο ζωικό βασίλειο, του έδωσε τη δυνατότητα να εκμεταλλευτεί την ηλιακή ακτινοβολία περισσότερο από τα υπόλοιπα έμβια όντα. Έτσι κατάφερε να αντιληφθεί τον ήλιο, πέρα από πηγή ζωής και ως πηγή ενέργειας που θα μπορούσε να εξασφαλίσει την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του.

### **1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

Η ηλιακή τεχνολογία έχει τις ρίζες της βαθιά στην ιστορία της επιστήμης. Περίπου τον 7<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. χρησιμοποιήθηκαν εστιακοί φακοί για την δημιουργία φωτιάς. Τον 3<sup>ο</sup> με 4<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. ο Αρχιμήδης εκμεταλλευόμενος την ανακλαστική ιδιότητα των χάλκινων ασπίδων, έθεσε σε φωτιά τα πλοία της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας που πολιορκούσαν τις Συρακούσες. Η ιστορία συνεχίζεται με πολλές χρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας για θρησκευτικές τελετές και θέρμανση εσωτερικών χώρων με κατάλληλο προσανατολισμό. Το 1839 ο Γάλλος επιστήμονας Edmond Becquerel ανακαλύπτει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, ενώ πειραματίζεται εκθέτοντας δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια, μέσα σε αγωγίμο διαλύτη, σε ηλιακό φως. Παρ' όλα αυτά ο όρος χρησιμοποιείται αρχικά κάπου στο 1890

προερχόμενος από την ελληνική λέξη “φως” και από το όνομα του μηχανικού Alessandro Volta. (πηγή: [www.eere.com](http://www.eere.com), 2006)

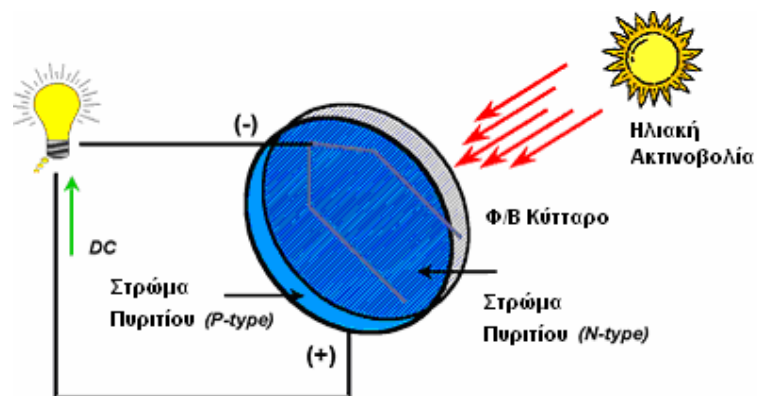
Το 1905 ο Albert Einstein δημοσιεύει την εργασία του πάνω στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο μαζί με την Θεωρία της Σχετικότητας, κερδίζοντας για τα παραπάνω το Νόμπελ το 1921. Από τότε και έπειτα ξεκινάει ένας αγώνας δρόμου για την βελτιστοποίηση της απόδοσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Τα πρώτα συμβατικά φωτοβολταϊκά (Φ/Β) στοιχεία παρήχθησαν το 1954 στις ΗΠΑ από τους Daryl Chapin, Calvin Fuller και Gerald Pearson στα εργαστήρια Bell Labs. Σε όλη τη διάρκεια της δεκαετίας του '60 χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για να τροφοδοτήσουν με ηλεκτρική ενέργεια τους διαστημικούς δορυφόρους σε τροχιά γύρω από την Γη. (Ο Vanguard I, ο Explorer III, ο Vanguard II και ο Sputnik-3).

Στη δεκαετία του '70, συντελέστηκαν βελτιώσεις στην κατασκευή, την απόδοση και την ποιότητα των Φ/Β στοιχείων με αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού κόστους παραγωγής, δημιουργώντας παράλληλα νέες ευκαιρίες για απομακρυσμένες επίγειες εφαρμογές. Στη δεκαετία του '80, τα Φ/Β έγιναν μια δημοφιλής πηγή ενέργειας για μικρές συνήθως ηλεκτρονικές συσκευές, όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές τσέπης, ρολόγια, ραδιόφωνα, φανάρια και άλλες μικρές εφαρμογές φόρτισης μπαταριών. Μετά από τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του '70, άρχισαν να γίνονται σημαντικές προσπάθειες ανάπτυξης των Φ/Β συστημάτων για οικιακές και εμπορικές χρήσεις, τόσο σε αυτόνομες, όσο και σε διασυνδεδεμένες με το δίκτυο εφαρμογές. Κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου, οι διεθνείς αιτήσεις σε Φ/Β συστήματα για να τροφοδοτήσουν απομακρυσμένες εγκαταστάσεις από το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος αυξήθηκαν δραματικά και παραμένουν ακόμα μια σημαντική μερίδα της παρούσας παγκόσμιας αγοράς για τα Φ/Β προϊόντα.

## 1.2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

### 1.2.1. ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα Φ/Β στοιχεία (solar cells) είναι συσκευές παραγωγής ηλεκτρισμού κατασκευασμένες από ημιαγωγά στοιχεία. Ως κύριος ημιαγωγός χρησιμοποιείται το πυρίτιο και προσμίξεις του με φώσφορο (N-type) και βόριο (P-type). Ένα τυπικό Φ/Β στοιχείο συνιστάται από ένα πολύ λεπτό στρώμα πυριτίου N-type που έχει πληθώρα ηλεκτρονίων, επάνω από ένα παχύτερο στρώμα πυριτίου P-type που παρουσιάζει έλλειψη ηλεκτρονίων. Στην επιφάνεια επαφής των δύο υλικών, που αναφέρεται και ως junction, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο. Με την επίδραση ηλιακού φωτός στο Φ/Β στοιχείο η ενέργεια του συστήματος αυξάνει, κάποια ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και μεταπηδούν από το N στο P στρώμα για να καλύψουν τις κενές θέσεις (holes). Αποτέλεσμα της παραπάνω κίνησης είναι η εμφάνιση συνεχούς ρεύματος.



Εικόνα 1 : Αρχή λειτουργίας του Φ/Β στοιχείου.

Παραγωγή συνεχούς ρεύματος μέσω μεταφοράς ηλεκτρονίων από στρώμα

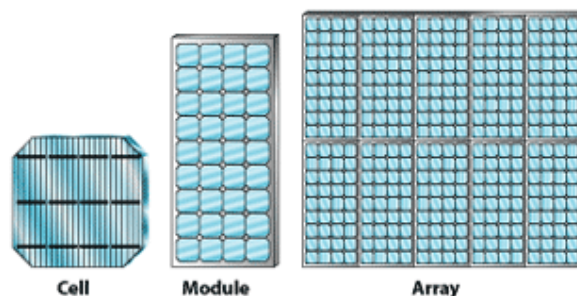
πυριτίου N-type σε P-type (πηγή : [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov))



Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που μπορεί να απορροφήσει ένα Φ/Β στοιχείο είναι το 25% της ενέργειας που δέχεται, όμως συνήθως το ποσοστό είναι λιγότερο από 15%. Το παραπάνω συμβαίνει διότι το ηλιακό φως που πέφτει στο στοιχείο μεταφέρει διαφορετικά επίπεδα ενέργειας και κάποια από αυτά δεν έχουν αρκετή ενέργεια για να μπορέσουν να ελευθερώσουν ηλεκτρόνια.

Η συνήθης ηλεκτρική τάση που εμφανίζουν τα Φ/Β στοιχεία είναι 0,5 με 0,6 V συνεχούς ρεύματος σε ανοικτό κύκλωμα. Η ισχύς που παράγεται εξαρτάται από τον βαθμό απόδοσης, το μέγεθος της επιφάνειας του στοιχείου και την ένταση του ηλιακού φωτός που προσπίπτει στην παραπάνω επιφάνεια. Για ένα τυπικό Φ/Β στοιχείο διαστάσεων  $160\text{ cm}^2$ , υπό συνθήκες πλήρους και μέγιστης έντασης ηλιοφάνειας, η αναμενόμενη ισχύς αγγίζει τα 2 Wp.

Για να αυξηθεί η συνολική παραγόμενη ισχύς τα Φ/Β στοιχεία ενώνονται μεταξύ τους για να δημιουργήσουν Φ/Β πλαίσια (modules) και τα πλαίσια με τη σειρά τους ενώνονται για τη δημιουργία Φ/Β συστοιχιών (arrays).



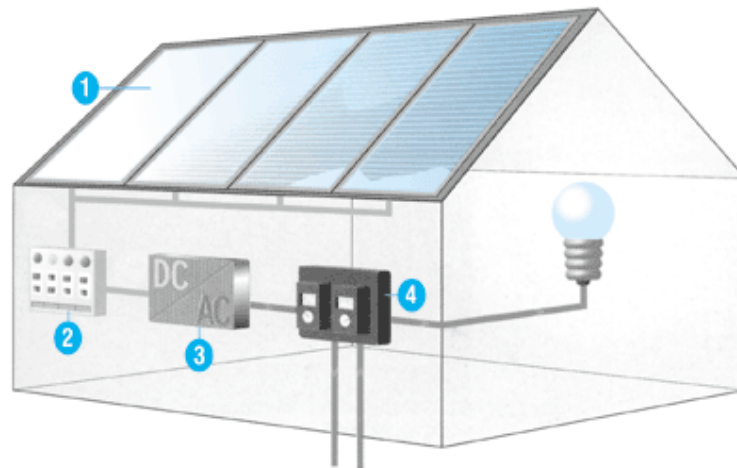
*Εικόνα 2 : Φωτοβολταϊκό στοιχείο, πλαίσιο και συστοιχία.*

(πηγή : [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov))

Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, με την μετατροπή του από συνεχές σε εναλλασσόμενο (μέσω inverter), μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας σε οποιαδήποτε συσκευή.

Εναλλακτικά η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί σε μπαταρίες ή να διοχετευθεί στο δίκτυο διανομής ρεύματος. Ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης του παραγόμενου ρεύματος επομένως τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε αυτόνομα (off grid systems) και σε διασυνδεδεμένα (on grid systems) αντίστοιχα.

Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, η μπαταρία, ο ρυθμιστής τάσης, ο μετατροπέας (inverter) και ο καταναλωτής. Ειδικά για τα διασυνδεδεμένα συστήματα (on-grid), δεν απαιτείται η χρήση μπαταριών, ενώ για τον έλεγχο της προσφερόμενης ενέργειας στο σύστημα τοποθετείται ένας μετρητής που καταγράφει τις παραγόμενες kWh. Στην εικόνα που ακολουθεί περιγράφονται τα βασικά μέρη ενός τέτοιου συστήματος.



*Εικόνα 3 : Τα βασικά μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος (on grid) :*

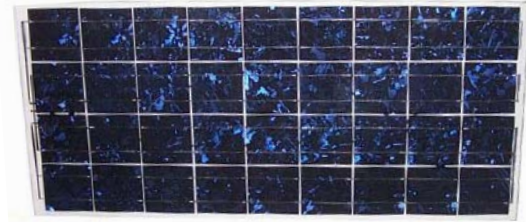
*1 - Φωτοβολταϊκό πλαίσιο, 2 – Πίνακας ελέγχου,  
3 - Μετατροπέας (inverter), 4 - Μετρητής ΔΕΗ*

(πηγή : [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov))

Συνοπτικά στη συνέχεια θα αναλυθούν μερικά στοιχεία για τα βασικά μέρη ενός τυπικού Φ/Β συστήματος.

### **α. Φωτοβολταϊκό πλαίσιο**

Είναι βασική μονάδα παραγωγής ρεύματος που αποτελείται από ορισμένο αριθμό Φ/Β στοιχείων, 10 έως 50 συνήθως, ενωμένων με κατάλληλες μεταλλικές επαφές και προστατευμένων εξωτερικά μέσω αντι-ανακλαστικής μεμβράνης και επικάλυψης γυαλιού.



*Εικόνα 4 : Φωτοβολταϊκό πλαίσιο*

### **β. Ρυθμιστής τάσης**

Ρυθμίζει και διατηρεί τη κανονική φόρτιση των μπαταριών από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Όταν η μπαταρία φτάνει στο στάδιο της υπερφόρτισης τότε ελαττώνεται ο χρόνος ζωής της. Για το λόγο αυτό ο ρυθμιστής τάσης ελαττώνει το ρεύμα που προσφέρουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια προς τη μπαταρία.



*Εικόνα 5 : Ρυθμιστής τάσης*

### **γ. Μετατροπέας (inverter)**

Μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε εναλλασσόμενο προκειμένου να γίνει συμβατό με τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών.

Η μετατροπή του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο όμως, αποφέρει αρκετές απώλειες. Αυτό θα μπορούσε να αποφευχθεί εάν οι ηλεκτρικές συσκευές είχαν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν με συνεχές ρεύμα.



*Εικόνα 6 : Μετατροπέας (inverter)*

#### **δ. Μπαταρία**

Σε περίπτωση που το σύστημα είναι αυτόνομο, τότε απαιτείται η χρήση μπαταριών για την αποθήκευση του παραγόμενου ρεύματος που δεν καταναλώνεται άμεσα. Η μπαταρία προσφέρει με τη σειρά της την αποθηκευμένη ενέργεια, όταν δεν υπάρχει ηλιακό φως, κυρίως δηλαδή τις βραδινές ώρες.



*Εικόνα 7 : Μπαταρία – Συσσωρευτής*

### 1.2.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τα Φ/Β συστήματα αποτελούν μακροπρόθεσμα μια από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες ενεργειακές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, γιατί έχουν την δυνατότητα να ενταχθούν σε όλους τους χώρους, όπως σε αυτόνομα ενεργειακά συστήματα, διασυνδεδεμένες με το δίκτυο εφαρμογές και Φ/Β στοιχεία ενσωματωμένα στα κτίρια (BIPV – Building Integrated Photovoltaics), παράγοντας ενέργεια που διοχετεύεται στο δίκτυο.

Επομένως τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διακρίνουν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι (www.cres.gr, 2006) :

1. Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας , ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα , π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων W ή και mW.
2. Είναι εύχρηστα. Σε μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
3. Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτίρια και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
4. Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
5. Μπορούν να επεκταθούν ανά πάσα στιγμή για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών.
6. Έχουν αθόρυβη λειτουργία και μηδενικές εκπομπές ρύπων.
7. Δεν έχουν κινητά μέρη και οι απαιτήσεις συντήρησής τους είναι σχεδόν μηδενικές.
8. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία.

Τέλος η **ενεργειακή ανεξαρτησία** του χρήστη , όπου και να βρίσκεται αυτός είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των Φ/Β συστημάτων.

Το υψηλό κόστος των Φ/Β πλαισίων είναι σήμερα το μεγαλύτερο μειονέκτημα των συγκεκριμένων συστημάτων. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν σήμερα αρκετοί χρήστες για τους οποίους το Φ/Β σύστημα είναι η πλέον ενδεδειγμένη οικονομική λύση.

Πρέπει να τονιστεί ότι η Φ/Β τεχνολογία, όπως άλλωστε και οι περισσότερες τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που κάνουν δύσκολη τη σύγκριση της με τις συμβατικές τεχνολογίες. Ως παράδειγμα δεν υπάρχει σαφής τρόπος αποτίμησης του περιβαλλοντικού κόστους των συμβατικών τεχνολογιών, δηλαδή του εξωτερικού κόστους, και ακόμη το κόστος της ενέργειας από Φ/Β συστήματα εξαρτάται κατά πολύ από το κόστος του χρήματος.

### **1.2.3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

Τα Φ/Β συστήματα απευθύνονται σε περιοχές εφαρμογών , όπου το σχετικά υψηλό κόστος τους δεν αποτελεί σημαντικό εμπόδιο. Οι εφαρμογές αυτές συνήθως χαρακτηρίζονται από :

1. Χαμηλές ενεργειακές ανάγκες.
2. Έλλειψη εναλλακτικών τρόπων παροχής ενέργειας ή απαγορευτικό κόστος αυτών (π.χ. σύνδεση με ένα απομακρυσμένο δίκτυο)
3. Απαιτήσεις υψηλής αξιοπιστίας ή και χαμηλές ανάγκες συντήρησης.

Σαν κυριότερες κατηγορίες εφαρμογών Φ/Β συστημάτων μπορούν να θεωρηθούν οι εξής, (www.cres.gr, 2006) :

#### **α) Καταναλωτικά προϊόντα (0,001-100 Wp)**

Τα συστήματα της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούνται σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο ή σε τροχόσπιτα, σκάφη αναψυχής, κ.ά. για την εξυπηρέτηση αναγκών φωτισμού και ψύξης και για προϊόντα όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, φανοί κ.ά.

#### **β) Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα (100 Wp –200 kWp)**

Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγονται συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για κατοικίες και μικρούς οικισμούς που δεν είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Ακόμη χρησιμοποιούνται για :

1. Αφαλάτωση, άντληση, καθαρισμό νερού.
2. Φωτισμό (δρόμων, πάρκων, φάρων, αεροδρομίων)
3. Συστήματα τηλεπικοινωνιών, τηλεμετρήσεων και συναγερμού.
4. Συστήματα σηματοδότησης (οδικής κυκλοφορίας, ναυτιλίας, αεροναυτιλίας)
5. Ψύξη (αγροτικών προϊόντων, φαρμάκων κ.ά.)

#### **γ) Συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο ( 200 kWp - αρκετά MWp)**

Στην κατηγορία αυτή, που σύμφωνα με τις συμβατικές θεωρήσεις προς το παρόν δεν αξιολογείται σαν οικονομικά βιώσιμη, διακρίνονται δύο κατηγορίες συστημάτων.

1. Φ/Β συστήματα μεγέθους έως μερικών εκατοντάδων kWp που τροφοδοτούν κατοικίες, συγκροτήματα κατοικιών ή άλλα κτίρια και όπου η τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια τροφοδοτείται (πωλείται) προς το δίκτυο.
2. Φ/Β σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπου η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο.

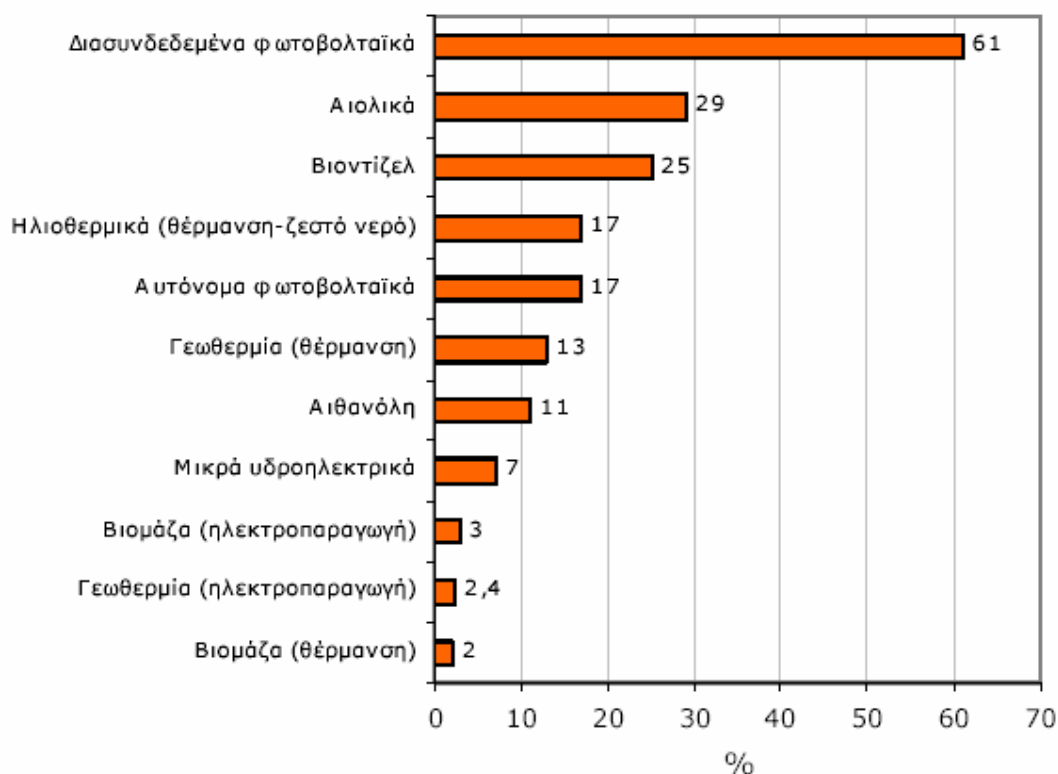
Για τα Φ/Β συστήματα που αναρτώνται σε κτίρια (σε προσόψεις, οροφές , κλπ.), σε σύνδεση με το δίκτυο, τελευταία έχει εκδηλωθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Επίσης, γίνεται προσπάθεια για χρήση των Φ/Β και ως δομικών στοιχείων στα κτίρια, αυξάνοντας έτσι τα οικονομικά οφέλη.



## 2. ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ – ΤΑΣΕΙΣ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

### 2.1. ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ – ΤΑΣΕΙΣ Φ/Β ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ

Στις μέρες μας, ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης της Φ/Β τεχνολογίας, παγκόσμια, αυξάνεται συνεχώς. Η μεγάλη διαφορά του ρυθμού ανάπτυξης των Φ/Β σε σύγκριση με άλλες ΑΠΕ φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



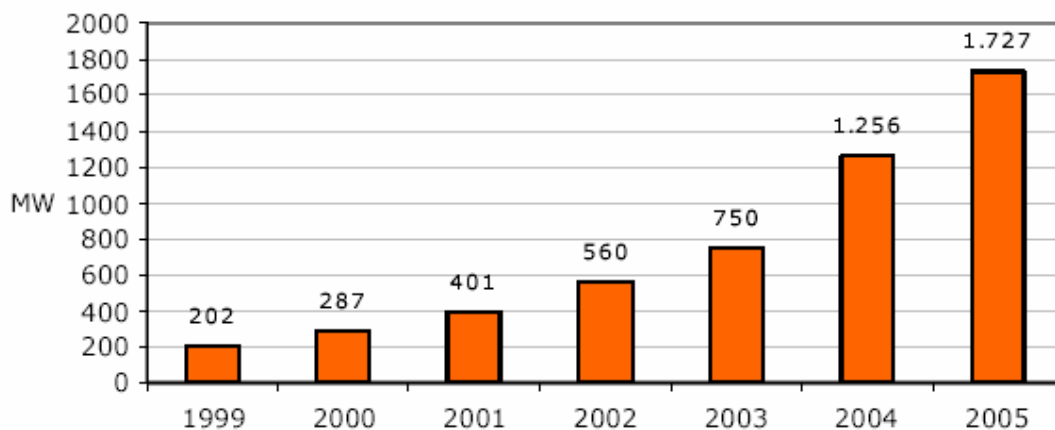
Διάγραμμα 1 : Μέσος Ετήσιος Ρυθμός Ανάπτυξης Φ/Β Τεχνολογίας

(Πηγή : Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr), 2006 από

έκθεση του Worldwatch Institute, 2006)

Ειδικά για τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο Φ/Β, η μέση ετήσια αύξηση την πενταετία 2000-2004 ήταν 61%, ενώ για τα αυτόνομα συστήματα 17%, σύμφωνα με έκθεση του Worldwatch Institute για λογαριασμό των Ηνωμένων Εθνών ([www.worldwatch.org](http://www.worldwatch.org), 2006).

Έτσι, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2 η παγκόσμια παραγωγή Φ/Β έφτασε το 2004 τα 1.256 MW, μια αύξηση 67% σε σχέση με το 2003 και τα 1.727 MW το 2005, αύξηση 35% σε σχέση με το 2004.

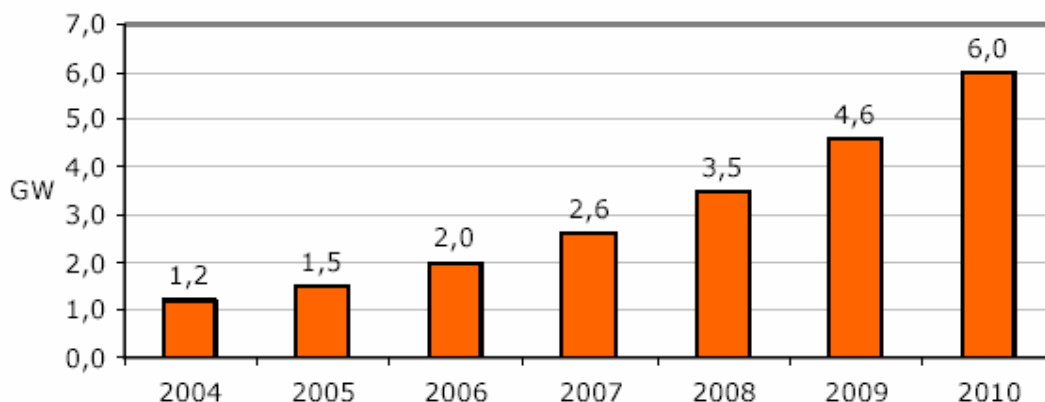


Διάγραμμα 2 : Παγκόσμια Παραγωγή Φ/Β σε MW

(Πηγή : Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr), 2006)

Από τα παραχθέντα ηλιακά στοιχεία συνολικής ισχύος 1.727 MW το 2005, τελικά εγκαταστάθηκαν 1.460 MW, εκτοξεύοντας τη συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ στα 4,5 GW στις αρχές του 2006. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραπάνω αύξησης εγκαταστάθηκε στην Γερμανία (57 %, ή 837 MW), στην Ιαπωνία (292 MW), και στις ΗΠΑ, όπου υπάρχουν άλλωστε σημαντικά προγράμματα που επιταχύνουν την εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων στα κτίρια και στη διασύνδεσή τους με τα υπάρχοντα δίκτυα. Σε ότι αφορά στην παραγωγή, η Ιαπωνία κατέχει την πρώτη θέση με 48% της παγκόσμιας αγοράς, ακολουθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση με 26%, ενώ οι ΗΠΑ βρίσκονται πλέον στην τρίτη θέση με 11%.

Για τα επόμενα χρόνια οι εκτιμήσεις όσον αφορά στην παραγωγή και εγκατάσταση Φ/Β είναι εντυπωσιακές. Μέχρι το 2010 η παραγωγή αναμένεται να εκτιναχθεί στα 6 GW, (διάγραμμα 3), ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς, σύμφωνα με τους σημερινούς ρυθμούς ανάπτυξης και τους στόχους που έχουν θέσει διάφορες κυβερνήσεις θα ξεπεράσει διεθνώς τα 10 GW.



*Διάγραμμα 3 : Εκτίμηση Παγκόσμιας Παραγωγής Φ/Β σε GW έως το 2010*

*(Πηγή: Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr), 2006,*

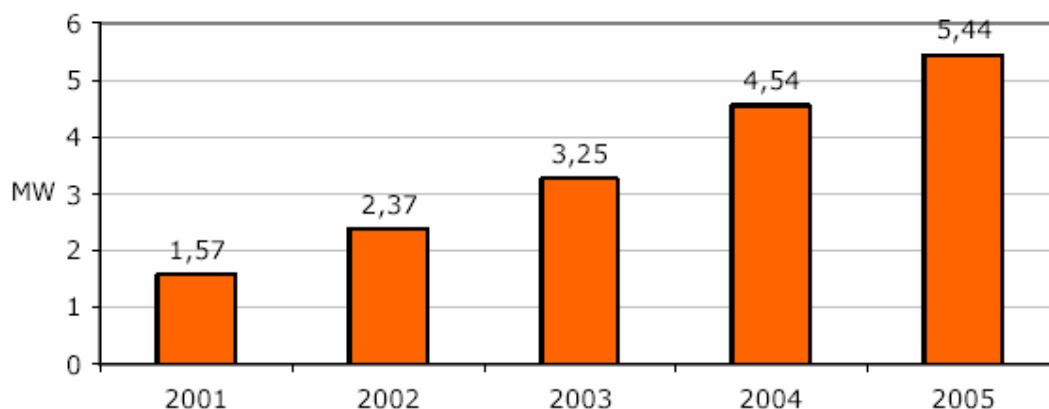
*από μελέτη της Credit Lyonnais Securities Asia, CLSA 2005)*

## **2.2. ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ – ΤΑΣΕΙΣ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις, ιδίως σχετικά με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων. Τέτοια πλεονεκτήματα είναι ως παράδειγμα τα υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας και το μεγάλο πλήθος, νησιωτικών κυρίως, περιοχών, μη συνδεδεμένων με το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος. Η ελληνική αγορά παρουσιάζει σήμερα όλα τα χαρακτηριστικά μιας αναδυόμενης αγοράς.

Παρ'όλα αυτά προς το παρόν, στο χώρο κινούνται λίγες μικρές εταιρίες οι οποίες, με εξαίρεση τα πρόσφατα προγράμματα στις τηλεπικοινωνίες, εγκαθιστούν λίγες εκατοντάδες kW ετησίως, κυρίως σε αυτόνομα συστήματα. Έτσι παρά την δυναμική της, η Ελλάδα εμφανίζεται σε μία από τις χαμηλότερες θέσεις μεταξύ των χωρών μελών του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας από πλευράς εγκατεστημένων Φ/Β συστημάτων.

Στη συνέχεια, στο διάγραμμα 4, φαίνεται η ανοδική τάση στην αγορά και εγκατάσταση Φ/Β στοιχείων στην Ελλάδα, η οποία παραμένει όμως, στο επίπεδο λίγων MW.



*Διάγραμμα 4 : Αθροιστική Εγκατεστημένη Ισχύς Φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα.*

*(Πηγή: Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr), 2006)*

Όσον αφορά στα δεδομένα του 2004 τα περίπου 4,5 MW αναλύονται σε 1,25 MW συνδεδεμένα με το δίκτυο και τα υπόλοιπα 3,25 MW σε απομακρυσμένες εφαρμογές. Μόνο το 2004 εγκαταστάθηκαν συνολικά 1,3 MW περίπου, εκ των οποίων το 55% αφορούσε στις τηλεπικοινωνίες.

Το 2005 εγκαταστάθηκαν στην Ελλάδα περίπου 900 kW, εκ των οποίων το 15% αφορούσε διασυνδεδεμένα με το δίκτυο της ΔΕΗ συστήματα και τα υπόλοιπα αυτόνομα. Σε αντιπαράθεση με το 2004 που είχαν τοποθετηθεί 1,3 MW, παρατηρούμε σημαντική συρρίκνωση της αγοράς. Έτσι, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β στην Ελλάδα έφτασε στα τέλη του 2005 τα 5,44 MW, περίπου δηλαδή το 0,1% της παγκόσμιας αγοράς (*www.helapco.gr, 2006*).

### **3. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ (BIPV)**

Η τεχνολογία Φ/Β συστημάτων είναι πλέον διαθέσιμη για βιομηχανικές, εμπορικές και οικιακές χρήσεις. Τα συστήματα BIPV αναμένεται να είναι η πρώτη οικονομικώς αποδοτική εφαρμογή των διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων στον ανεπτυγμένο κόσμο. Η παγκόσμια αγορά για τα διασυνδεδεμένα BIPV Φ/Β συστήματα αυξάνεται γρήγορα, κυρίως λόγω επιτυχημένων προγραμμάτων προώθησης. Οι δύο κυριότερες εφαρμογές που αναπτύσσονται είναι:

- α) Για τον οικιακό τομέα (μέχρι 10 kWp) και
- β) Για τον εμπορικό και βιομηχανικό τομέα (μεγαλύτερες από 10 kWp).

#### **3.1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – CASE STUDIES**

Η συνεχής αύξηση του ενδιαφέροντος για ΑΠΕ και για ενσωμάτωσή τους σε κτιριακές εγκαταστάσεις έχει αυξήσει ανάλογα και τα παραδείγματα εφαρμογής τους. Επιτυχημένα παραδείγματα ενσωμάτωσης Φ/Β συστημάτων σε κτίρια υπάρχουν σε ολόκληρο τον πλανήτη. Στη συνέχεια παρατίθενται τρία παραδείγματα, το πρώτο στο Ενεργειακό Πάρκο Energypark West, στο Satheins της Αυστρίας, το δεύτερο στο Παιδικό Μουσείο της Ρώμης στην Ιταλία, το τρίτο στο Jubilee Campus του Πανεπιστημίου Nottingham στην Αγγλία και αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά τους. (IEA Photovoltaic Power Systems Programme) (<http://www.oja-services.nl/iea-pvps/cases/index.htm>, 2006)

Η επιλογή των παραπάνω έγινε με βάση την ομοιότητα που παρουσιάζουν τα παραπάνω συστήματα με αυτό που προτείνεται για εγκατάσταση στη Δημοτική Αγορά των Χανίων. (Πηγή : [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl))

Στην πρώτη περίπτωση η συνολική εγκατάσταση αφορούσε στην τοποθέτηση 45,5 kW στην οροφή του Ενεργειακού Πάρκου, όσο δηλαδή προτείνεται και για το κτίριο της Δημοτικής Αγοράς. Στο Παιδικό Μουσείο και στο Πανεπιστήμιο του Nottingham, παρά την διαφορετική εγκατεστημένη ισχύς (15,2 kW και 61 kW αντίστοιχα), οι απαιτήσεις σε φυσικό φωτισμό ταίριαζαν σε μεγάλο βαθμό με τις απαιτήσεις της Δημοτικής Αγοράς. Όμως το πιο σημαντικό κοινό σημείο για τις δυο τελευταίες περιπτώσιολογίες, με το κτίριο της Αγοράς, δεν έγκειται σε οικονομοτεχνικά στοιχεία. Βασικό στοιχείο τους ήταν η γνωστοποίηση, προώθηση και ανάπτυξη τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και συγκεκριμένα των Φ/Β συστημάτων.

### **3.1.1. Ενεργειακό Πάρκο Energypark West, Satheins, Αυστρία**

#### **Δεδομένα**

**Τοποθεσία :** Energypark West, Satheins, Αυστρία

**Τύπος Εγκατάστασης :** Εμπορικός, αίθουσα παραγωγής, κτίριο γραφείων

**Τύπος Εφαρμογής :** Ενσωμάτωση Φ/Β Στοιχείων σε Κτίριο (BIPV)

**Χρόνος Σχεδιασμού :** 6 μήνες

**Χρόνος Κατασκευής :** 1 εβδομάδα

**Χρονολογία Αποπεράτωσης :** 1999

#### **Περιγραφή Προγράμματος**

Η DOMA Solartechnik είναι ένας από τους κύριους παραγωγούς θερμικών συλλεκτών της Αυστρίας. Το 1999 αποφάσισαν να κατασκευάσουν ένα νέο κτίριο γραφείων και παραγωγής που να καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις τους. Επιπλέον το κτίριο θα έπρεπε να είναι αρκετά μεγάλο, ώστε να προσφέρει λειτουργικό χώρο σε άλλες εταιρίες που σχετίζονται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Με οικολογική σκέψη, ιδιοκτήτες και κατασκευαστές θέλησαν να καλύψουν επομένως, το μέγιστο δυνατό ποσό ενέργειας για θέρμανση και ηλεκτρισμό με ανανεώσιμες πηγές. Τελικά η απαίτηση για θέρμανση καλύφθηκε με θερμική ηλιακή πρόσοψη σε συνδυασμό με δύο καυστήρες που λειτουργούσαν με βιοκαύσιμο (biodiesel), ενώ η ηλεκτρική ενέργεια παρήχθηκε από Φ/Β στοιχεία πρόσοψης και οροφής, συνδεδεμένα με το δίκτυο. Οι γενικοί στόχοι του προγράμματος ήταν (IEA, Photovoltaic Power Systems Programme, 2006) :



- Να παρουσιάσουν τεχνικές αρμονικής ενσωμάτωσης Α.Π.Ε. σε κτιριακές κατασκευές, χρησιμοποιώντας τυποποιημένα Φ/Β πλαίσια.
- Να επιτύχουν λειτουργικό συνδυασμό Φ/Β και θερμικών συλλεκτών στην πρόσοψη.

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα του Ενεργειακού Πάρκου "Energypark West" μπορεί να οριστεί ως ένα υποδειγματικό πρόγραμμα από πολλές απόψεις. Μέχρι στιγμής καμία βελτίωση δεν προτάθηκε, καθώς η διαδικασία κατασκευής και οργάνωσής του λειτούργησε άψογα.

Η πιο καινοτόμος πτυχή του προγράμματος μπορεί να βρεθεί στον γενικό, οικολογικό, σχεδιασμό του κτιρίου, καθώς οι διάφορες στρατηγικές κατασκευής του ήταν προσεκτικά εναρμονισμένες, προκειμένου να εγγυηθούν την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο περιβάλλον που θα μπορούσε να επιτευχθεί. Η καλή μόνωση του κτιρίου μείωσε στο ελάχιστο τις θερμικές απώλειές του, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών του να καλύπτεται μέσω του παθητικού σχεδιασμού του κτιρίου. Οι υπόλοιπες ανάγκες καλυπτόταν από το εφεδρικό σύστημα βιοκαυσίμου.



*Φωτογραφία 1 : Energypark West, Satheins, Αυστρία*

*(Φ/Β στοιχεία ενσωματωμένα στην οροφή του κτιρίου)*

*(πηγή: [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl))*

## **Χαρακτηριστικά του Συστήματος**

### **Ισχύς Φ/Β συστήματος :**

Νότια πρόσοψη :  $17,16 \text{ kW}$

Δυτική πρόσοψη :  $4,14 \text{ kW}$

Οροφή :  $45,5 \text{ kW}$

### **Τύπος Φ/Β στοιχείων :**

Στοιχεία των  $120 \text{ W}$  ( πολυ-κρυσταλλίνης)

Κατασκευαστής Kyocera και Solarfabrik

### **Διαστάσεις Φ/Β πλαισίων :**

Πλαίσιο :  $142,5 \text{ cm} \times 65 \text{ cm}$

### **Διαστάσεις συστοιχίας :**

Επιφάνεια :  $133 \text{ m}^2$  στην πρόσοψη

Επιφάνεια :  $450 \text{ m}^2$  στην οροφή

### **Μετατροπείς Τάσης :**

Οκτώ (8) μετατροπείς των  $1,5 \text{ kW}$  ο καθένας

Εταιρία κατασκευής : Fronius

### **Συσκευές Χειρισμού και Καταγραφής Δεδομένων :**

Καταγραφή τάσης, έντασης ανέμου, παραγωγής ενέργειας, θερμοκρασίας αέρα και ακτινοβολίας

Οριζόντιος τηλεχειρισμός των στοιχείων των προσόψεων

### **Οικονομικά δεδομένα :**

Συνολικό κόστος : 109.000 € εκ των οποίων :

Κόστος Φ/Β στοιχείων : 39.000 €

Κόστος συσκευών χειρισμού-καταγραφής : 14.500 €

### **Χαρακτηριστικά Απόδοσης :**

Ηλεκτρικό ρεύμα που παρήχθηκε : 9.985 kWh από  
1/10/1999 έως 25/8/2000

Διαθεσιμότητα Συστήματος : 100% (εξαιρουμένης 1  
εβδομάδας κατά την έναρξη της λειτουργίας του.)

Περιστατικά Αστοχίας : Μια βλάβη ενός μετατροπέα  
τάσης. Επιδιορθώθηκε μέσα σε μια εβδομάδα από τον κατασκευαστή.

### **Ομάδα Εργασίας - Σχεδιασμού :**

Αρχιτέκτονες : Gruppo Sportivo και MHM

Μηχανικοί Φ/Β: Stromaufwärts, Photovoltaik GmbH

Μηχανικοί Συλλεκτών : Stromaufwärts, Photovoltaik

Κατασκευαστές Φ/Β στοιχείων : Kyocera και Solarfabrik

### **3.1.2. Το Παιδικό Μουσείο της Ρώμης (The Children's Museum of Rome)**

#### **Δεδομένα**

**Τοποθεσία :** Ρώμη, Ιταλία

**Τύπος Εγκατάστασης :** Εκθεσιακός χώρος, Μουσείο

**Τύπος Εφαρμογής :** Ενσωμάτωση Φ/Β Στοιχείων σε Κτίριο (BIPV)

**Χρόνος Σχεδιασμού :** 6 μήνες

**Χρόνος Κατασκευής :** 3 μήνες

**Χρονολογία Αποπεράτωσης :** 2001

#### **Περιγραφή Προγράμματος**

Το πρόγραμμα “Παιδικό Μουσείο της Ρώμης” αποσκοπούσε στην προσφορά εμπειρίας, παιχνιδιού και κοινωνικότητας σε ένα ξεχωριστό περιβάλλον. Μια προέκταση της μάθησης πέρα από την συμβατική εκπαίδευση. Φέρνοντας πιο κοντά την οικογένεια, το σχολείο και τον εργασιακό χώρο, ενθάρρυνε τα παιδιά να αποκτήσουν τις απαραίτητες δεξιότητες με σκοπό να ενταχθούν ενεργά στον κοινωνικό τους περίγυρο. Επομένως η χρήση Φ/Β δεν ήταν μια συγκεκριμένη ενεργειακή απαίτηση, αλλά η έκθεση των παιδιών σε μια εναλλακτική πηγή ενέργειας θεωρήθηκε ως μια βασική επίδειξη του εκπαιδευτικού ρόλου του Μουσείου.

Επίσης, σκοπός του συγκεκριμένου προγράμματος ήταν η ενθάρρυνση της χρήσης Φ/Β συστημάτων ως μέσο ανακαίνισης παλαιότερων κτιρίων.

Συγκεκριμένα η εφαρμογή σκόπευε στη βελτίωση της ποιότητας του φυσικού φωτισμού του κτιρίου και στη μείωση του θερμικού φορτίου με τον καινοτομικό σχεδιασμό ενός συνδεδεμένου με το δίκτυο συστήματος Φ/Β (15.2 kW) στη νότια οροφή του κυρίως κτιρίου.

Το Φ/Β σύστημα χωρίστηκε σε δύο τμήματα, ένα που αφορούσε στη σκίαση εξωτερικά του κτιρίου (7 kW) και ένα στους φεγγίτες (8,2 kW). Το Φ/Β σύστημα των φεγγιτών αντικατέστησε μέρος των παλαιών κεραμιδιών της στέγης με έναν ειδικά σχεδιασμένο φεγγίτη από ημιπερατά Φ/Β σε γυαλί.

Με την παραπάνω εγκατάσταση των 15,2 kW καλύφθηκε το 30% της ενέργειας που απαιτείται για την διαχείριση των εκθεμάτων του μουσείου, ή το 60% του συνολικού τεχνητού φωτισμού του.



*Φωτογραφία 2 : Η οροφή του Παιδικού Μουσείου της Ρώμης  
(Φ/Β στοιχεία ενσωματωμένα στην οροφή του κτιρίου)*

(πηγή: [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl))

Όσον αφορά στο αισθητικό μέρος του προγράμματος οι παρακάτω εικόνες οπτικοποιούν το αποτέλεσμα :



Φωτογραφία 3 : Εσωτερική Όψη του Παιδικού Μουσείου της Ρώμης  
(Φ/Β στοιχεία ενσωματωμένα στην οροφή του κτιρίου)  
(πηγή: [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl))



Φωτογραφία 4 : Εσωτερική Όψη του Παιδικού Μουσείου της Ρώμης  
(Φ/Β στοιχεία ενσωματωμένα στην οροφή του κτιρίου)  
(πηγή: [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl))



*Φωτογραφία 5 : Εσωτερική Όψη του Παιδικού Μουσείου της Ρώμης*

*(Τα Φ/Β πλαίσια κατά την φάση της τοποθέτησης)*

*(πηγή: [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl))*

### **Χαρακτηριστικά του Συστήματος**

#### **Ισχύς Φ/Β συστήματος :**

Οροφή: 15,2 kW

#### **Τύπος Φ/Β στοιχείων :**

Στοιχεία πολυ-κρυσταλλίνης 120 W (125X125 mm)

Κατασκευαστής Eurosolare

#### **Διαστάσεις Φ/Β πλαισίων :**

Πλαίσιο : 121,5 cm x 55,5 cm

#### **Διαστάσεις συστοιχίας :**

Επιφάνεια : 150 m<sup>2</sup> στην οροφή

#### **Μετατροπείς Τάσης :**

Έξι (6) μετατροπείς των 2,5 kW ο καθένας

Εταιρία κατασκευής : SMA

### **Συσκευές Χειρισμού και Καταγραφής Δεδομένων :**

- Δεν εγκαταστάθηκαν

### **Οικονομικά δεδομένα :**

Συνολικό κόστος : 189.400 € εκ των οποίων :

Κόστος σχεδιασμού : 34.200 €

Κόστος κατασκευής Φ/Β στοιχείων : 61.150 €

Κόστος εγκατάστασης Φ/Β στοιχείων : 54.150 €

Κόστος δομής υποστήριξης Φ/Β στοιχείων : 39.900 €

Από τα παραπάνω λήφθηκαν δεδομένα για το κόστος παραγόμενων kWh :

Κόστος εγκατεστημένης kWp : 12.460 €

Κόστος kWh (για 20 έτη) : 0.53 €

### **Χαρακτηριστικά Απόδοσης :**

Δεν υπήρχαν δεδομένα για την διαθεσιμότητα του συστήματος. Η λειτουργία του Φ/Β συστήματος διεξάγεται όπως αναμενόταν.

Περιστατικά Αστοχίας : Δεν αναφέρθηκαν

### **Ομάδα Εργασίας - Σχεδιασμού :**

Αρχιτέκτονες : Studio Italplan, Pagani Architects

Μηχανικοί Φ/Β: Bruno Masci , Gechelin Group

Μηχανικοί δομής στήριξης : Italcarrelli

Σχεδιασμός Φ/Β συστήματος : Studio Abbate & Vigevano

Κατασκευαστές Φ/Β στοιχείων : Eurosolare S.p.A.



### **3.1.3. Jubilee Campus, Πανεπιστήμιο Nottingham, Αγγλία**

#### **Δεδομένα**

#### **3.1.4. Τοποθεσία : Πανεπιστήμιο Nottingham, Αγγλία**

**Τύπος Εγκατάστασης :** Εκπαιδευτικός

**Τύπος Εφαρμογής :** Ενσωμάτωση Φ/Β Στοιχείων σε Κτίριο (BIPV)

**Χρόνος Σχεδιασμού :** 18 μήνες

**Χρόνος Κατασκευής :** 18 μήνες (Μαρ1998 - Σεπ 1999)

**Χρονολογία Αποπεράτωσης :** 1999

#### **Περιγραφή Προγράμματος**

Το Πανεπιστήμιο του Nottingham στην Αγγλία έχει καταφέρει να διακριθεί για την προώθηση φιλικών προς το περιβάλλον ιδεών. Σημαντική προσπάθεια αποτελεί η ενσωμάτωση Φ/Β στοιχείων στην οροφή του Jubilee Campus. Βασικές αρχές του Πανεπιστημίου στην παραπάνω προσπάθεια ήταν :

- Να μειώσουν κατά 70% τις εκπομπές του κτιρίου σε CO<sub>2</sub>
- Να ενεργοποιήσουν το ενδιαφέρον των φοιτητών για ΑΠΕ
- Να επιδείξουν την βιωσιμότητα συστημάτων που εκμεταλλεύονται ΑΠΕ
- Να καταφέρουν όλα τα παραπάνω μέσα στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις

Η εγκατάσταση των Φ/Β στοιχείων έγινε στην οροφή του κτιρίου, ενώ δόθηκε έμφαση στην διατήρηση του φυσικού φωτισμού του. Χρησιμοποιήθηκαν εννέα διαφορετικά είδη Φ/Β στοιχείων όσον αφορά στην διάσταση, στο σχήμα και στην διαπερατότητα. Το πρόγραμμα της ενσωμάτωσης Φ/Β στοιχείων στο

πανεπιστήμιο επιδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα THERMIE (THERMIE Grant) με 750.000 Λίρες Αγγλίας (περίπου 1.100.000 €).



*Φωτογραφία 6 : Η οροφή του Jubilee Campus, Πανεπιστήμιο Nottingham*

*(Φ/Β στοιχεία ενσωματωμένα στην οροφή του κτιρίου)*

*(πηγή: [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl))*



*Φωτογραφία 7 : Εσωτερική Όψη του Jubilee Campus, Πανεπιστήμιο Nottingham*

*(Φ/Β στοιχεία ενσωματωμένα στην οροφή διαδρόμου του κτιρίου)*

*(πηγή: [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl))*



Φωτογραφία 8 : Εσωτερική Όψη του Jubilee Campus, Πανεπιστήμιο Nottingham

(Φ/Β στοιχεία ενσωματωμένα στην οροφή διαδρόμου του κτιρίου)

(πηγή: [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl))

### Χαρακτηριστικά του Συστήματος

#### Ισχύς Φ/Β συστήματος :

Οροφή : 61 kW

#### Τύπος Φ/Β στοιχείων :

Στοιχεία των 70 W και 285 W ( μονο-κρυσταλλίνης)

Κατασκευαστής : BP Solar

**Διαστάσεις Φ/Β πλαισίων :**

Πλαίσια : 0,93 m<sup>2</sup> (70 W) και 262 m<sup>2</sup> (285 W)

**Μετατροπείς Τάσης :**

Δεν δόθηκαν δεδομένα

**Συσκευές Χειρισμού και Καταγραφής Δεδομένων :**

Συνεχής καταγραφή σε περισσότερα από 40 σημεία ελέγχου, της εσωτερικής θερμοκρασίας και της κατανάλωσης νερού, ρεύματος και φυσικού αερίου. Η καταγραφή των παραπάνω δεδομένων ήταν προϋπόθεση και απαίτηση για να συμπεριληφθεί το πρόγραμμα της ενσωμάτωσης Φ/Β στοιχείων στην επιδότηση από το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα THERMIE (THERMIE Grant).

**Οικονομικά δεδομένα :**

Δεν δόθηκαν δεδομένα

**Χαρακτηριστικά Απόδοσης :**

Ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται : 51 MWh ετησίως

Περιστατικά Αστοχίας : Δεν αναφέρθηκαν

**Ομάδα Εργασίας - Σχεδιασμού :**

Αρχιτέκτονες : M.Hopkins&Partners

Μηχανικοί Φ/Β: M.Hopkins&Partners και Ove Arup&Partners

Μηχανικοί Συλλεκτών : Ove Arup&Partners

Κατασκευαστής Φ/Β στοιχείων : BP Solar

#### 4. ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΜΙΚΡΟΥ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΧΑΝΙΩΝ

Το κτίριο της Δημοτικής Αγοράς των Χανίων <sup>(1)</sup> είναι ένα από τα πιο ιστορικά και χαρακτηριστικά κτίρια της πόλης. Βρίσκεται στο κέντρο των Χανίων και φιλοξενεί στο εσωτερικό του περί τα 70 καταστήματα. Μετά από σχεδόν έναν αιώνα λειτουργίας όμως, η Δημοτική Αγορά δεν θα μπορούσε να αποφύγει τη φθορά του χρόνου. Έτσι τουλάχιστον όσον αφορά στην οροφή της, οι υαλοπίνακες που πρόσφεραν φυσικό φωτισμό, αλλά και υδατοστεγανότητα έχουν χάσει μεγάλο μέρος της λειτουργικότητάς τους. Από τη μία έχει ελαττωθεί αρκετά η φωτεινή διαπερατότητα των υαλοπινάκων και από την άλλη σε ορισμένα σημεία η υδατοστεγανότητά τους ακυρώθηκε λόγω ρωγμών που παρουσιάζουν.

---

<sup>1</sup> Η Δημοτική Αγορά των Χανίων είναι ένα κτίριο χτισμένο σε σχήμα σταυρού, σύμφωνα με το μοντέλο της αγοράς της Μασσαλίας, στην περιοχή της κεντρικής εισόδου του Βενετικού κάστρου που προστάτευε την πόλη. Άλλωστε το οικοδομικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του κτιρίου ήταν από τα συντρίμια του κάστρου. Στην περιοχή που βρίσκεται η αγορά ήταν παλιότερα χτισμένος ο Βενετικός Προμαχώνας Πιταφόρα. Για την εξοικονόμηση του απαραίτητου οικοδομικού χώρου κατεδαφίστηκε ο κεντρικός προμαχώνας των τειχών και μπαζώθηκε η τάφρος μπροστά του. Δυτικά της εισόδου της αγοράς υπάρχουν ακόμα κάποια ερείπια προμαχώνων. Κοντά σ' αυτά υπήρχε κάποτε η Ρεθυμνόπορτα, η παλιότερη κεντρική είσοδος προς την παλιά πόλη.

Η Δημοτική Αγορά θεμελιώθηκε τον Απρίλη του 1911 και εγκαινιάστηκε το Δεκέμβριο του 1913, από τον τότε πρωθυπουργό της Ελλάδας, τον Ελευθέριο Βενιζέλο ως μέρος των εορτασμών της ένωσης της Κρήτης με την Ελλάδα.

Προς επίλυση των παραπάνω προβλημάτων επομένως, κρίθηκε ήδη, από φορείς του Δήμου, επιτακτική η αντικατάσταση των φθαρμένων υαλοπινάκων.

Στο σημείο αυτό και μέσω της παρούσης εργασίας, γίνεται μια πρόταση αντικατάστασης των υαλοπινάκων στην οροφή του κτιρίου με ειδικό Φ/Β σύστημα που θα επιτρέπει τον φυσικό φωτισμό της Αγοράς, δεν θα αλλοιώσει κατά το παραμικρό την όψη της, θα τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα συγκεκριμένες εφαρμογές της, ενώ παράλληλα θα αναδείξει την Αγορά σε πόλο έλξης τουριστών, μαθητών, φοιτητών, καθώς και πολλών επιστημονικών και τεχνολογικών φορέων.



*Φωτογραφία 9 : Η Δημοτική Αγορά των Χανίων εν έτει 1957*





Φωτογραφία 10 : Η Δημοτική Αγορά των Χανίων σήμερα  
( Στην σκεπή διακρίνεται η επιφάνεια των υαλοπινάκων που προσφέρει φυσικό  
φωτισμό στο εσωτερικό της Αγοράς)



Φωτογραφία 11 : Εσωτερική Όψη της Δημοτικής Αγοράς των Χανίων  
(Στην οροφή διακρίνεται η επιφάνεια των υαλοπινάκων)

#### **4.1. Μεθοδολογία**

Για να διεξαχθεί μια μελέτη που θα ανταποκρινόταν στην πραγματικότητα και που θα ήταν χρήσιμη για περαιτέρω αξιοποίησή της, απαιτήθηκε ο συνδυασμός δεδομένων που λαμβάνονταν τόσο από διαστασιολογικά προγράμματα, όσο και από εταιρίες που ασχολούνται με την εγκατάσταση Φ/Β στην Ελλάδα. Η ραγδαία ανάπτυξη του συγκεκριμένου τομέα και η συνεχής αλλαγή των δεδομένων απαιτούσε διαρκή ενημέρωση των στοιχείων, καθώς και παρακολούθηση των τάσεων της αγοράς. Βασικό εργαλείο διαστασιολόγησης του Φ/Β σταθμού υπήρξε το πρόγραμμα PV3, της RETScreen International ([www.etscreen.net](http://www.etscreen.net), 2006) το οποίο πέρα από διαστασιολόγηση, υπολογίζει και οικονομικά δεδομένα του συστήματος. Με το παραπάνω πρόγραμμα διαμορφώθηκαν δεκαοκτώ σενάρια ανάλογα με επιδοτήσεις και τύπο Φ/Β στοιχείων προς εγκατάσταση. Σε συνεργασία με ελληνικές τεχνικές εταιρίες, που δραστηριοποιούνται στον χώρο της Φ/Β τεχνολογίας (ΣΕΝΕΡΣ, ΤΗΣΑ), καθώς και με εταιρίες του εξωτερικού (TENESOL), καθορίστηκαν οι βασικοί παράμετροι που έπρεπε να ληφθούν υπόψη, ώστε να προχωρήσει ο σχεδιασμός του συστήματος. Το μέγεθος του σταθμού, η επιθυμητή ισχύς του, καθώς και το είδος των Φ/Β στοιχείων ήταν βασικά στοιχεία που καθορίστηκαν αρχικά.

#### **4.2. Περιγραφή του προγράμματος PV3, RETScreen International**

Το πρόγραμμα PV3 της RETScreen λειτουργεί σε περιβάλλον Excel και περιλαμβάνει 6 φύλλα επεξεργασίας, για την εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων.



Το πρώτο φύλλο επεξεργασίας περιέχει το ενεργειακό μοντέλο. Σε αυτό καθορίζεται το είδος και το μέγεθος των στοιχείων, η απόδοσή τους, καθώς και δεδομένα για τους αντιστροφείς (inverters) που θα απαιτηθούν.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως το ίδιο το πρόγραμμα διαθέτει μια βάση δεδομένων με εταιρίες και Φ/Β στοιχεία που αυτές κατασκευάζουν. Η επιλογή τους μπορεί να γίνει από τον χρήστη και τα δεδομένα μεταφέρονται απευθείας στα κελιά εισαγωγής. Σε περίπτωση που οι ανάγκες του χρήστη δεν καλύπτονται από την βάση δεδομένων, τότε υπάρχει η επιλογή να προστεθεί διαφορετικός τύπος Φ/Β στοιχείων με απευθείας πληκτρολόγηση, αφού περαστούν όμως και οι αντίστοιχες αποδόσεις τους. Στη συνέχεια τα παραπάνω δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ετησίου ενεργειακού ποσού σε kWh που παράγεται από το σύστημα.

Το δεύτερο φύλλο αναφέρεται στα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής. Υπάρχει και εδώ μια βάση δεδομένων για αρκετές περιοχές του πλανήτη συμπεριλαμβανομένης της Αθήνας και των Τρικάλων. Για τα Χανιά τα δεδομένα λήφθηκαν από την ιστοσελίδα του ΚΑΠΕ ([www.cres.gr](http://www.cres.gr), 2006). Στο φύλλο αυτό καθορίζεται και η βέλτιστη κλίση (slope) των συστοιχιών.

Στο τρίτο φύλλο γίνεται η ανάλυση του κόστους της μελέτης και της εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος. Δίνονται δεδομένα από αμοιβές μηχανικών και σχεδιαστών, μέχρι και κόστος στοιχείων, δομικών υλικών, αντιστροφών, μπαταριών, εργασιών μεταφοράς και συντήρησης.

Στο τέταρτο φύλλο καθορίζεται αρχικά το είδος καυσίμου που αντικαθίσταται και στη συνέχεια υπολογίζεται η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, λόγω της εφαρμογής των Φ/Β.

Στο πέμπτο φύλλο γίνεται μια οικονομική σύνοψη. Εδώ καθορίζονται δεδομένα που αφορούν στην τιμολόγηση της kWh, στην επιδότηση του αρχικού κόστους (Initial Costs), στο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται, καθώς και στα ποσοστά συμμετοχής και στο επιτόκιο τραπεζών που πιθανόν θα χρηματοδοτήσουν την εφαρμογή. Στο τέλος του φύλλου υπάρχει διάγραμμα αθροιστικής ροής χρήματος συναρτήσει του χρόνου. Ακόμα παρατίθενται διάφοροι οικονομικοί συντελεστές για την καλύτερη κατανόηση της βιωσιμότητας της εφαρμογής.

Στο τελευταίο φύλλο πραγματοποιείται προαιρετικά, ανάλυση ευαισθησίας του συστήματος.

Για μια σφαιρική άποψη των συντελεστών που επηρεάζουν το σύστημα διαμορφώθηκαν δεκαοκτώ σενάρια ανάλογα με δυο βασικές παραμέτρους :  
α) Ανάλογα με τις επιδοτήσεις που πιθανόν να δοθούν από τον κρατικό μηχανισμό και  
β) ανάλογα με τον τύπο των Φ/Β στοιχείων που θα εγκατασταθούν.

Έτσι α) όσον αφορά στην επιδότηση της παραγόμενης kWh διαμορφώθηκαν τρία σενάρια με 0.0 € kWh, 0.4 € kWh και 0.49 € kWh, ενώ όσον αφορά στην επιδότηση επί του αρχικού κόστους (Initial Costs) της εφαρμογής διαμορφώθηκαν άλλα τρία σενάρια με 0%, 40% και 50% επιδότησης.

Και β) όσον αφορά στον τύπο των Φ/Β στοιχείων εξετάστηκαν οι περιπτώσεις συμβατικών, αλλά και ημιπερατών στοιχείων. Η επιλογή για ημιπερατά Φ/Β στοιχεία προήλθε από την απαίτηση διατήρησης του φυσικού φωτισμού από τους υαλοπίνακες της οροφής της Αγοράς, αλλά και από την απαίτηση για ελάχιστη αισθητική παρέμβαση στο κτίριο. Η διαφορά στο σενάριο συμβατικών και ημιπερατών στοιχείων έγκειται μόνο στην απόδοση και στην τιμή κατασκευής και προμήθειάς τους.

#### 4.3. Στοιχεία Δημοτικής Αγοράς Χανίων

Η Δημοτική Αγορά των Χανίων φιλοξενεί συνολικά περίπου 70 καταστήματα, ανάμεσά τους πολλά αρτοποιεία, κρεοπωλεία, ιχθυοπωλεία, τυροκομεία, καταστήματα με είδη δώρων καθώς και εστιατόρια και καφετέριες. Αναλυτικά το είδος των καταστημάτων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

*Πίνακας 1 : Καταστήματα της Δημοτικής Αγοράς Χανίων ανά κατηγορία*

Α/Α	ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΧΑΝΙΩΝ	
	ΕΙΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ
1	Είδη Δώρων / Τουριστικά	12
2	Τυροκομικά	9
3	Ιχθυοπωλεία	7
4	Εστιατόρια/ Καφετέριες	7
5	Αρτοποιεία	5
6	Κρεοπωλεία	4
7	Κάβα / Ποτά	3
8	Δερμάτινα είδη	3
9	Κατεψυγμένα	2
10	Κρητικά / Παραδοσιακά	2
11	Οπωροκηπευτικά	2
12	Φαρμακείο	1

Πηγή : Τεχνική Υπηρεσία Δήμου Χανίων

#### Καταναλώσεις Ηλεκτρικού Ρεύματος της Δημοτικής Αγοράς Χανίων

Βασική παράμετρος για τη διαστασιολόγηση του υπό μελέτη Φ/Β συστήματος ήταν η κατά το δυνατό συνολική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της Αγοράς.

Επομένως για να εκτιμηθεί το ποσοστό των ενεργειακών αναγκών που θα μπορούσε να καλύψει ο Φ/Β σταθμός αναζητήθηκε αρχικά η συνολική ενεργειακή κατανάλωση της Αγοράς. Όμως η συνολική κατανάλωση των καταστημάτων δεν μπορούσε να μετρηθεί από ένα κεντρικό ρολόι μέτρησης, καθώς κάθε κατάστημα λειτουργούσε αυτόνομα.

Η συλλογή όλων των λογαριασμών των καταστημάτων κάθε τετραμήνου κρίθηκε αδύνατη, κυρίως λόγω του μεγάλου αριθμού των. Ως αποτέλεσμα απευθυνθήκαμε στην ΔΕΗ για την αποστολή των δεδομένων σε συγκεντρωτικό πίνακα. Η αίτησή μας αφορούσε στην αποστολή δεδομένων για μέση ετήσια και μηνιαία κατανάλωση, καθώς και στην στιγμιαία μέση και μέγιστη κατανάλωση. Τα δεδομένα που κατάφερε να συλλέξει η ΔΕΗ ήταν τελικά η ετήσια κατανάλωση του έτους 2005, καθώς και κάποια δεδομένα κατανάλωσης ανά μήνα ή τετράμηνο για συγκεκριμένους καταστηματάρχες. Τα δεδομένα παρατίθενται στη συνέχεια :

A. **Ετήσια κατανάλωση Δημοτικής Αγοράς (έτος 2005) : 784 MWh.**

B. **Καταναλώσεις καταστημάτων :**

*Πίνακας 2 : Κατανάλωση ενδεικτικών καταστημάτων ανά τετράμηνο σε kWh*

Α/Α	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ (kWh)		
	ΚΑΤΑΣΤΗΜΑ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
		ΙΑΝ-ΜΑΙΟ	ΙΟΥΝ-ΣΕΠ
1	Τυροκομικά	6.589	10.646
2	Κατεψυγμένα	8.028	15.320
3	Ιχθυοπωλείο	8.594	12.719
4	Είδη Δώρων	749	1.015

*Πηγή : ΔΕΗ Χανίων 2005*

Πίνακας 3 : Κατανάλωση ενδεικτικού καταστήματος κατεψυγμένων ανά μήνα (kWh)

Α/Α	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ (kWh)	
	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	ΚΑΤΕΨΥΓΜΕΝΑ
1	Ιανουάριος	8.640
2	Φεβρουάριος	9.162
3	Μάρτιος	8.730
4	Απρίλιος	8.692
5	Μάιος	8.934
6	Ιούνιος	10.022
7	Ιούλιος	8.632
8	Αύγουστος	10.166

Πηγή : ΔΕΗ Χανίων 2005

Από τα παραπάνω δεδομένα έγινε σαφές ότι η πλήρης κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του συνόλου της Δημοτικής Αγοράς ήταν πέρα από τις δυνατότητες ενός μικρού Φ/Β σταθμού της τάξης των 50 kW. Για να καλυφτούν οι συνολικές ανάγκες θα απαιτούνταν η εγκατάσταση τουλάχιστον 0,5 MW, ουσιαστικά δεκαπλάσιας ισχύος από την προτεινόμενη.

#### 4.4. Διαστασιολόγηση (Dimensioning) Φ/Β Συστήματος

Για να εκτελεστεί η εφαρμογή του διαστασιολογικού προγράμματος PV3 έγιναν αρχικά οι παρακάτω παραδοχές, όσον αφορά σε βασικούς παράγοντες που θα χαρακτήριζαν τον Φ/Β σταθμό. Αρχική παραδοχή επομένως ήταν ότι το Φ/Β σύστημα θα ενσωματωθεί στην οροφή του κτιρίου της Αγοράς, σε αντικατάσταση των φθαρμένων υαλοπινάκων, και θα είναι διασυνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος (on grid).

Ο Φ/Β σταθμός δεν θα διαθέτει σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες), οπότε δεν θα έχει και αναλώσιμα υλικά. Όλη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, διερχόμενη αρχικά από ειδικό μετρητή, θα διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο.

Οι Φ/Β γεννήτριες θα είναι ειδικής κατασκευής για εγκαταστάσεις σε σκεπές. Τα Φ/Β στοιχεία των γεννητριών, θα είναι ενσωματωμένα – στεγανοποιημένα μέσα σε διπλό υαλοπίνακα ο οποίος παρέχει στις Φ/Β γεννήτριες επιπλέον μηχανική και ηλεκτρική αντοχή.

Σύμφωνα με το εμβαδόν της σκεπής (υαλοπινάκων) του κτιρίου της Αγοράς (περίπου 370 m<sup>2</sup> του κεντρικού διαδρόμου), μπορεί να εγκατασταθεί Φ/Β σύστημα ισχύος 47,6 ή 52 kW ανάλογα με την απόδοση των Φ/Β στοιχείων, το οποίο θα αποτελείται από τις παρακάτω βασικές συσκευές :

1. Φ/Β γεννήτριες πολυκρυσταλλικού πυριτίου (σύνολο 560), ονομαστικής τάσης 12 V και ισχύος 85 W η μία.

Διαστάσεις : Μήκος x Πλάτος x Πάχος, 1219 x 544 x 34 mm, Βάρος 12 kg.

2. Διασυνδεδεμένοι αντιστροφείς (inverters) (σύνολο 20), ημιτονικοί και ονομαστικής ισχύος 2.500 W ο ένας.

3. Ένα σύστημα ελέγχου, για πλήρη έλεγχο του συστήματος. Θα παρέχει έλεγχο και μετρήσεις ανά αντιστροφέα και αντίστοιχης ομάδας Φ/Β γεννητριών, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά αντιστροφέα και συνολικής παραγωγής ενέργειας. Ακόμη θα εκτελεί αποθήκευση δεδομένων ανά ημέρα και μήνα και μεταφορά δεδομένων σε μικροϋπολογιστή με εξωτερική οθόνη (LCD Display) για επιτόπια παρακολούθηση και επιδεικτικούς λόγους.

4. Κάρτες επικοινωνίας μεταξύ συστήματος ελέγχου και αντιστροφών.
5. Πίνακες με τους κατάλληλους ασφαλειοδιακόπτες, για όλες τις DC και AC ηλεκτρικές γραμμές.
6. Ειδικές μεταλλικές βάσεις στήριξης των Φ/Β γεννητριών, για εγκατάσταση των Φ/Β γεννητριών στην σκεπή. Σε περίπτωση που οι μεταλλικές βάσεις, που ήδη στηρίζουν τους υαλοπίνακες κριθούν λειτουργικές για να στηρίξουν τις Φ/Β γεννήτριες, τότε θα μειωθεί και το κόστος του συστήματος, διότι δεν θα χρειαστούν ειδικές υδατοστεγείς βάσεις.
7. Απαιτούμενο ηλεκτρολογικό υλικό, αναλώσιμα υλικά εγκατάστασης, πίνακες και γειώσεις.

Για ακριβή υπολογισμό τόσο των τεχνικών, όσο και των οικονομικών στοιχείων όλων των συσκευών και υπηρεσιών που απαιτήθηκαν, θεωρήθηκε η συνεργασία με συγκεκριμένη εταιρία παραγωγής Φ/Β η οποία διέθετε και ημιπερατά στοιχεία (Tenesol, France). Η επιλογή της παραπάνω εταιρίας έγινε μόνο για λόγους συγκεκριμενοποίησης του μεγάλου αριθμού των μεταβλητών της μελέτης.

Βασικός παράγοντας που έπρεπε να καθοριστεί αρχικά ήταν και η κλίση των Φ/Β πλαισίων. Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής των Χανίων και θεωρητικούς υπολογισμούς του προγράμματος PV3, η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στα πλαίσια συναρτήσει της κλίσης τους είναι η ακόλουθη:

Πίνακας 4 : Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία συναρτήσει της κλίσης των Φ/Β  
πλαισίων

Κλίση 0°	4.604Wh/m <sup>2</sup> /ημ ή 1.680 kWh/ m <sup>2</sup> /έτος
Κλίση 15°	4.931Wh/ m <sup>2</sup> /ημ ή 1.799 kWh/ m <sup>2</sup> /έτος
Κλίση 25°	5.019Wh/ m <sup>2</sup> /ημ ή 1.831 kWh/ m <sup>2</sup> /έτος
Κλίση 40°	4.937Wh/ m <sup>2</sup> /ημ ή 1.802 kWh/ m <sup>2</sup> /έτος
Κλίση 90°	2.933Wh/ m <sup>2</sup> /ημ ή 1.070 kWh/ m <sup>2</sup> /έτος
Κλίση 28°	5.023Wh/ m <sup>2</sup> /ημ ή 1.833 kWh/ m <sup>2</sup> /έτος
	Ιδανική

Πηγή : PV3, RETScreen International

Ο υπολογισμός της βέλτιστης κλίσης προήλθε μετά από μεγάλο αριθμό δοκιμών με βάση το διαστασιολογικό πρόγραμμα, και στη συνέχεια επιβεβαιώθηκε η τιμή της με βάση υπολογισμούς που διέπραξε τεχνική εταιρία Φ/Β με αντίστοιχο πρόγραμμα. Το Φ/Β σύστημα έχει επομένως μέγιστη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (80.712 kWh) για κλίση Φ/Β πλαισίων ίση με 28°.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω δεδομένα, τα στοιχεία που ελήφθησαν για την Δημοτική Αγορά, τις πιθανές επιδοτήσεις και τον τύπο των Φ/Β στοιχείων, διαμορφώθηκαν με το PV3, 18 σενάρια μελέτης εγκατάστασης μικρού Φ/Β σταθμού στο κτίριο της Δημοτικής Αγοράς.

Στη συνέχεια παρατίθεται αναλυτικά ένα από τα σενάρια για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του διαστασιολογικού προγράμματος. Η επιλογή του συγκεκριμένου σεναρίου έγινε με βάση τον πραγματικό, τεχνικό και οικονομικό, βαθμό βιωσιμότητάς του.



Συγκεκριμένα επιλέχθηκε ο συνδυασμός :

α) Επιδότηση 0.49 € kWh,

β) Επιδότηση 50% επί του αρχικού κόστους και

γ) Χρήση ημιπερατών Φ/Β στοιχείων (για την διατήρηση του φυσικού φωτισμού του κτιρίου).

Στις σελίδες που ακολουθούν παρατίθενται τα παρακάτω φύλλα εργασίας :

α) Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 1 : Ενεργειακό μοντέλο

β) Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 2 : Κλιματολογικά δεδομένα

γ) Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 3 : Ανάλυση Κόστους (2 σελίδες)

δ) Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 4 : Οικονομική Σύνοψη (2 σελίδες)

ε) Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 5 : Γράφημα Αθροιστικής Ροής

Χρήματος

Όλα τα σενάρια βρίσκονται σε ηλεκτρονική μορφή στο Παράρτημα II. Μετά την εκτέλεση του συνόλου των πιθανών σεναρίων ακολουθεί αξιολόγηση των αποτελεσμάτων καθώς και σύγκρισή τους.

Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 1 : Ενεργειακό μοντέλο

RETScreen® Energy Model - Photovoltaic Project			
<b>Site Conditions</b>			<b>Estimate</b>
Project name			<b>Old Market</b>
Project location	Greece		<b>Chania</b>
Nearest location for weather data	-		Chania
Latitude of project location	°N		35,3
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²		2,02
Annual average temperature	°C		18,5
<b>System Characteristics</b>			<b>Estimate</b>
Application type	-		<b>On-grid</b>
Grid type	-		Central-grid
PV energy absorption rate	%		100,0%
<b>PV Array</b>			
PV module type	Semi-transparent		poly-Si
PV module manufacturer / model #			Tenesol
Nominal PV module efficiency	%		12,8%
NOCT	°C		45
PV temperature coefficient	% / °C		0,40%
Miscellaneous PV array losses	%		10,0%
Nominal PV array power	kWp		<b>47,60</b>
PV array area	m²		371,9
<b>Power Conditioning</b>			
Average inverter efficiency	%		90%
Suggested inverter (DC to AC) capacity	kW (AC)		42,8
Inverter capacity	kW (AC)		50,0
Miscellaneous power conditioning losses	%		0%
<b>Annual Energy Production (12,00 months analysed)</b>			<b>Estimate</b>
Specific yield	kWh/m²		195,3
Overall PV system efficiency	%		9,7%
PV system capacity factor	%		17,4%
Renewable energy collected	MWh		80,712
Renewable energy delivered	MWh		<b>72,641</b>
	kWh		72.641
Excess RE available	MWh		<b>0,000</b>

Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 2 : Κλιματολογικά δεδομένα.

RETScreen® Solar Resource and System Load Calculation - Photovoltaic Project									
Site Latitude and PV Array Orientation					Estimate				
Nearest location for weather data			Greece			Chania			
Latitude of project location			°N			35,3			
PV array tracking mode			-			Fixed			
Slope of PV array			°			28,0			
Azimuth of PV array			°			0,0			
Monthly Inputs									
	Month	Fraction of month used (0 - 1)	Monthly average daily radiation on horizontal surface (kWh/m²/d)	Monthly average temperature (°C)	Monthly average daily radiation in plane of PV array (kWh/m²/d)				
	January	1,00	2,50	11,6	3,59				
	February	1,00	3,00	11,8	3,78				
	March	1,00	4,60	13,2	5,30				
	April	1,00	5,50	16,3	5,69				
	May	1,00	6,70	20,1	6,40				
	June	1,00	6,80	24,5	6,27				
	July	1,00	7,40	26,5	6,91				
	August	1,00	7,20	26,1	7,25				
	September	1,00	6,10	23,3	6,88				
	October	1,00	4,40	19,4	5,64				
	November	1,00	3,20	16,1	4,66				
	December	1,00	2,50	13,1	3,82				
				Annual	Season of use				
Solar radiation (horizontal)			MWh/m²	1,83	1,83				
Solar radiation (tilted surface)			MWh/m²	2,02	2,02				
Average temperature			°C	18,5	18,5				
Load Characteristics					Estimate				
Application type					On-grid				

Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 3 : Ανάλυση Κόστους (2 σελίδες)

RETScreen® Cost Analysis - Photovoltaic Project						
		Type of analysis:	Feasibility		Currency:	Euro symbol
Initial Costs (Credits)			Unit	Quantity	Unit Cost	Amount
	<b>Feasibility Study</b>					
		Site investigation	p-h	8	€ 50	€ 400
		Preliminary design	p-h	20	€ 50	€ 1.000
		Report preparation	p-h	10	€ 50	€ 500
		Travel and accommodation	p-trip	1	€ 500	€ 500
		Other - Feasibility study	Cost	1	€ 1.000	€ 1.000
		Credit - Base case system	Credit	1	€ 500	€ (500)
		Sub-total :				€ 2.900
	<b>Development</b>					
		Permits and approvals	p-h	4	€ 50	€ 200
		Project management	p-h	25	€ 50	€ 1.250
		Travel and accommodation	p-trip	1	€ 1.000	€ 1.000
		Other - Development	Cost	1	€ 2.000	€ 2.000
		Credit - Base case system	Credit	1	€ 2.000	€ (2.000)
		Sub-total :				€ 2.450
	<b>Engineering</b>					
		PV system design	p-h	15	€ 50	€ 750
		Structural design	p-h	20	€ 50	€ 1.000
		Electrical design	p-h	32	€ 50	€ 1.600
		Tenders and contracting	p-h	11	€ 50	€ 550
		Construction supervision	p-h	15	€ 60	€ 900
		Other - Engineering	Cost	1	€ 10.000	€ 10.000
		Credit - Base case system	Credit	1	€ 4.000	€ (4.000)
		Sub-total :				€ 10.800

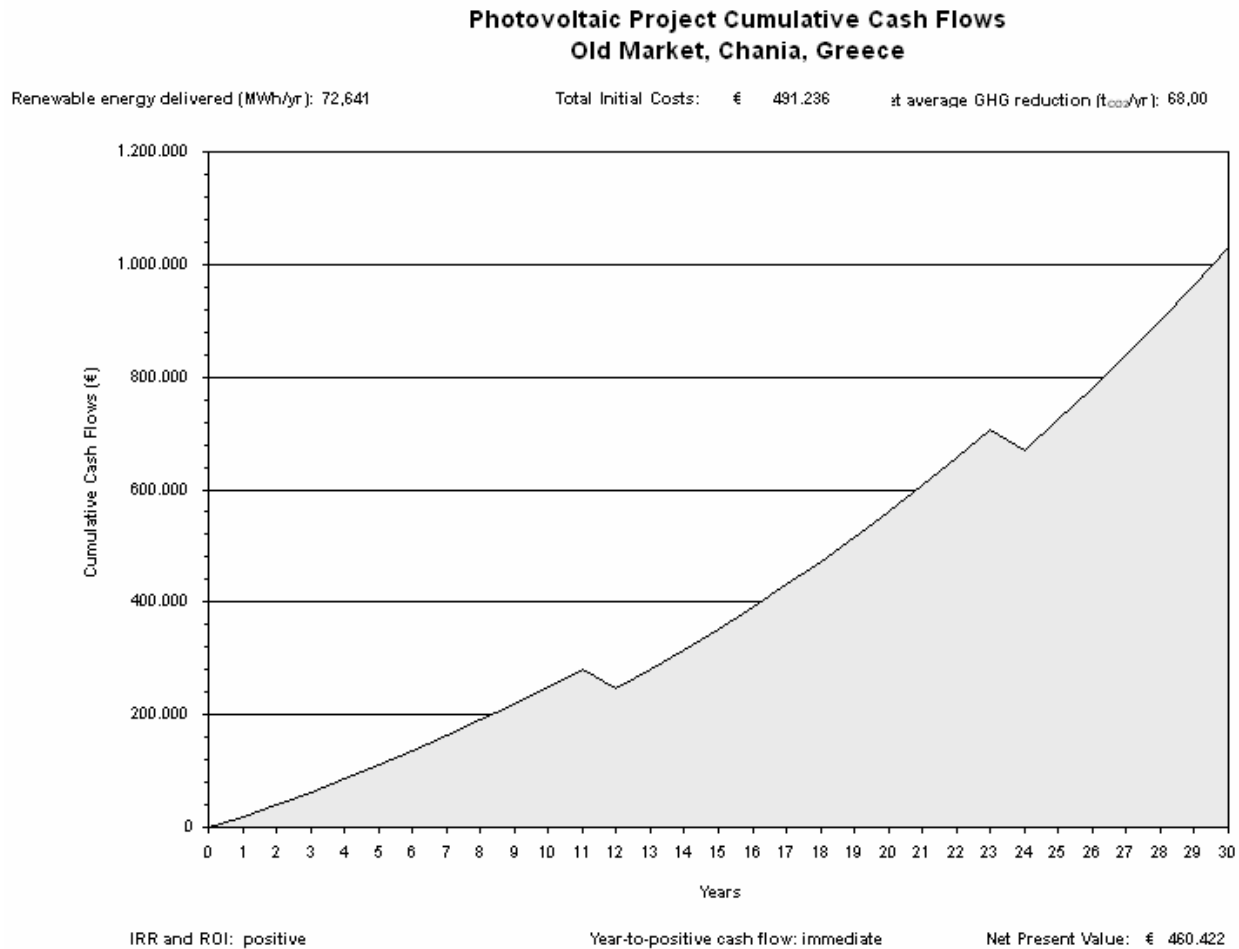
	Energy Equipment					
		PV module(s)	kWp	47,60	€ 7.000	€ 333.200
		Transportation	project	1	€ 1.000	€ 1.000
		Other - Energy equipment	Cost	0	€ -	€ -
		Credit - Energy equipment	Credit	0	€ -	€ -
		Sub-total :				€ 334.200
	Balance of Equipment					
		Module support structure	m²	371,9	€ 50	€ 18.594
		Other electrical equipment	kWp	47,60	€ -	€ -
		System installation	kWp	47,60	€ 1.000	€ 47.600
		Transportation	project	1	€ 1.000	€ 1.000
		Sub-total :				€ 117.194
	Miscellaneous					
		Training	p-h	6	€ 50	€ 300
		Contingencies	%	5%	€ 467.844	€ 23.392
		Sub-total :				€ 23.692
Initial Costs - Total						€ 491.236
Annual Costs (Credits)			Unit	Quantity	Unit Cost	Amount
	O&M					
		Property taxes/Insurance	project	0	€ -	€ -
		O&M labour	p-h	16	€ 55	€ 880
		Contingencies	%	0%	€ 880	€ -
		Sub-total :				€ 880
Annual Costs - Total						€ 880
Periodic Costs (Credits)				Period	Unit Cost	Amount
		Inverter Repair/Replacement	Cost	12 yr	€ 50.000	€ 50.000

Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 4 : Οικονομική Σύνοψη (2 σελίδες)

RETScreen® Financial Summary - Photovoltaic Project							
<b>Annual Energy Balance</b>							
Project name			Old Market				
Project location			Chania, Greece	Nominal PV array power	kWp	47,60	
Renewable energy delivered	MWh	72,641	Net GHG reduction	t <sub>CO2</sub> /yr	68,00		
Firm RE capacity	kW	-	Net GHG emission reduction - 30 yrs	t <sub>CO2</sub>	2.040,09		
Application type			On-grid				
<b>Financial Parameters</b>							
Avoided cost of energy	€/kWh	0,075	Debt ratio	%	50,0%		
RE production credit	€/kWh	0,49	Debt interest rate	%	8,0%		
RE production credit duration	yr	30	Debt term	yr	30		
RE credit escalation rate	%	2,0%					
GHG emission reduction credit	€/t <sub>CO2</sub>	10,0	Income tax analysis?	yes/no	No		
GHG reduction credit duration	yr	30					
GHG credit escalation rate	%	2,0%					
Energy cost escalation rate	%	5,0%					
Inflation	%	2,5%					
Discount rate	%	5,0%					
Project life	yr	30					

Project Costs and Savings							
<b>Initial Costs</b>				<b>Annual Costs and Debt</b>			
	Feasibility study	0,6%	€	2.900		O&M	€ 880
	Development	0,5%	€	2.450		Fuel	€ -
	Engineering	2,2%	€	10.800		Debt payments - 30 yrs	€ 21.818
	Energy equipment	68,0%	€	334.200	<b>Annual Costs and Debt - Total</b>		€ 22.698
	Balance of equipment	23,9%	€	117.194			
	Miscellaneous	4,8%	€	23.692	<b>Annual Savings or Income</b>		
	<b>Initial Costs - Total</b>	100,0%	€	<b>491.236</b>		Energy savings/income	€ 5.448
	Incentives/Grants		€	<b>= 50% *Initial Costs</b>		RE production credit income - 30 yrs	€ 35.594
				<b>= 245.618</b>		GHG reduction income - 30 yrs	€ 680
					<b>Annual Savings - Total</b>		€ 41.722
	<b>Periodic Costs (Credits)</b>						
	Inverter Repair/Replacement		€	50.000	Schedule yr # 12,24		
	End of project life -		€	-			
<b>Financial Feasibility</b>							
					Calculate energy production cost?	yes/no	No
	Pre-tax IRR and ROI		%	positive			
	After-tax IRR and ROI		%	positive	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	No
	Simple Payback		yr	6,0			
	Year-to-positive cash flow		yr	immediate	Project equity	€	245.618
	Net Present Value - NPV		€	460.422	Project debt	€	245.618
	Annual Life Cycle Savings		€	29.951	Debt payments	€/yr	21.818
	Benefit-Cost (B-C) ratio		-	2,87	Debt service coverage	-	1,92

Φύλλο εργασίας PV3 RETScreen 5 : Γράφημα Αθροιστικής Ροής Χρήματος



Πηγή : PV3 RETScreen International

Στο τέλος του φύλλου εργασίας της Οικονομικής Σύνοψης υπολογίζονται διάφοροι οικονομικοί συντελεστές με σκοπό να αναδείξουν τον βαθμό βιωσιμότητας της συγκεκριμένης επένδυσης. Οι συντελεστές αυτοί είναι :

- 1) Pre-tax IRR and ROI, 2) After-tax IRR and ROI, 3) Simple Payback
- 4) Year-to-positive cash flow, 5) Net Present Value – NPV, 6) Annual Life Cycle Savings και 7) Benefit-Cost (B-C) ratio



Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται περιληπτικά τα στοιχεία του Φ/Β συστήματος του παραπάνω σεναρίου.

*Πίνακας 5 : Περιληπτικά στοιχεία και χαρακτηριστικά Φ/Β συστήματος*

Περιοχή / Θέση	Χανιά / Δημ. Αγορά
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία	1,83 MWh/m <sup>2</sup>
Ονομαστική ισχύς Φ/Β γεννήτριας	85 W
Απόδοση Φ/Β γεννήτριας σε ολική επιφάνεια	12,8 %
Ονομαστική ισχύς Φ/Β συστήματος	47,6 kWp
Τύπος Φ/Β συστήματος	On-grid
Επιφάνεια Φ/Β γεννητριών	371,9 m <sup>2</sup>
Ετήσια ενεργειακή παραγωγή Φ/Β συστήματος	72.641 kWh
Αποσοβούμενες εκπομπές ρύπων CO <sub>2</sub> περίπου :	68 t/έτος
Συνολικό Αρχικό Κόστος	491.236 €
Επιδότηση παραγόμενης kWh	0,49 €/kWh
Επιδότηση επί του Αρχικού Κόστους	50%
Pre-tax IRR and ROI	positive
After-tax IRR and ROI	positive
Simple Payback	6 έτη
Net Present Value – NPV	460.422 €
Year-to-positive cash flow	immediate
Annual Life Cycle Savings	29.951 €
Benefit-Cost (B-C) ratio	2,87

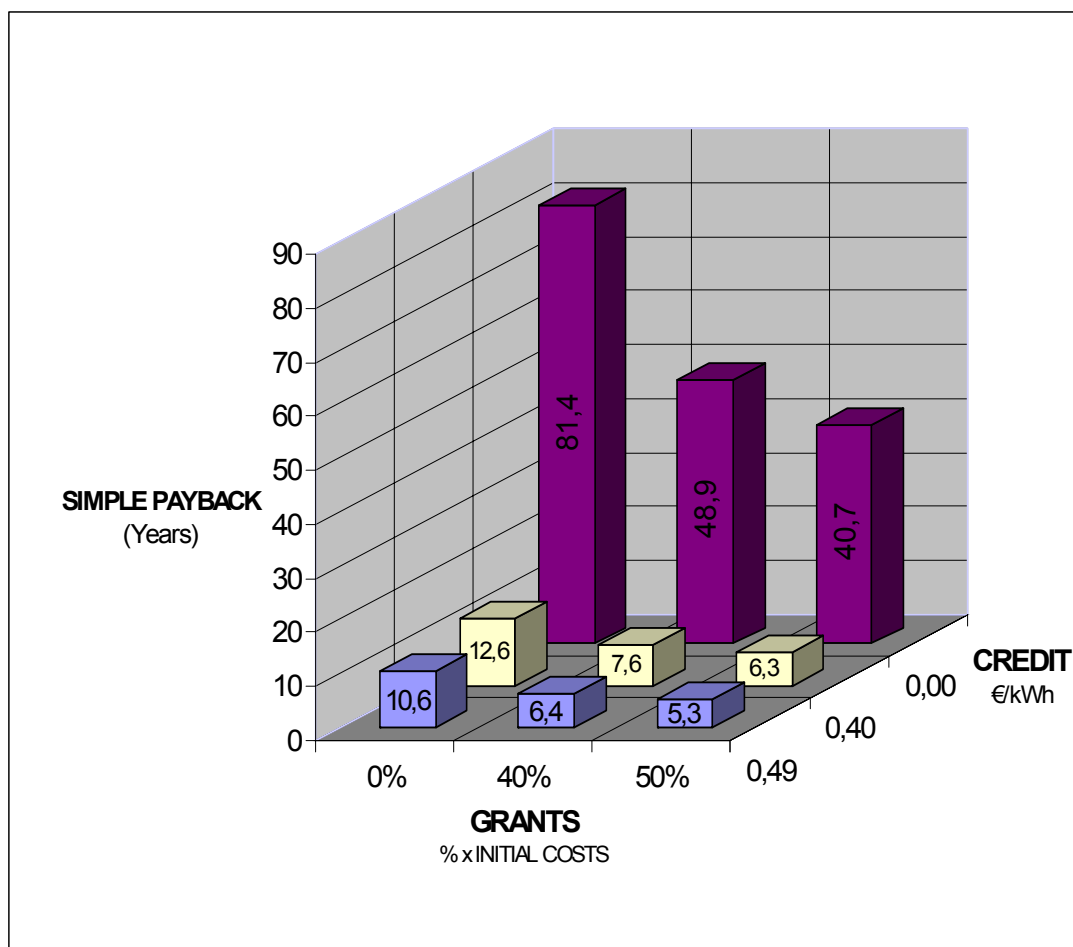
*Πηγή : PV3, RETScreen International*

## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Μετά την εφαρμογή του διαστασιολογικού προγράμματος δεκαοκτώ (18) φορές, μία για κάθε σενάριο, έγινε δυνατή η καλύτερη κατανόηση των παραγόντων-κλειδιά που επηρεάζουν σε μεγάλο ποσοστό τον βαθμό βιωσιμότητας της επένδυσης. Επομένως, δεδομένης της ισχύος του Φ/Β σταθμού που προτείνεται και του αρχικού κόστους για την πλήρη εγκατάστασή του, οι δυο βασικοί παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η βιωσιμότητα είναι αρχικά η επιδότηση της παραγόμενης kWh και στην συνέχεια η επιδότηση επί του αρχικού κόστους. Για τα σενάρια με επιδότηση ίση ή μεγαλύτερη των 0,4 €/kWh και 40% ή 50% επί του αρχικού κόστους η βιωσιμότητα τους κρίνεται περισσότερο από ικανοποιητική. Σε περίπτωση μη επιδότησης της kWh όμως, ακόμα και με οποιαδήποτε επιδότηση επί του κόστους, οι οικονομικοί συντελεστές παρουσιάζονται στο σύνολό τους αρνητικοί.

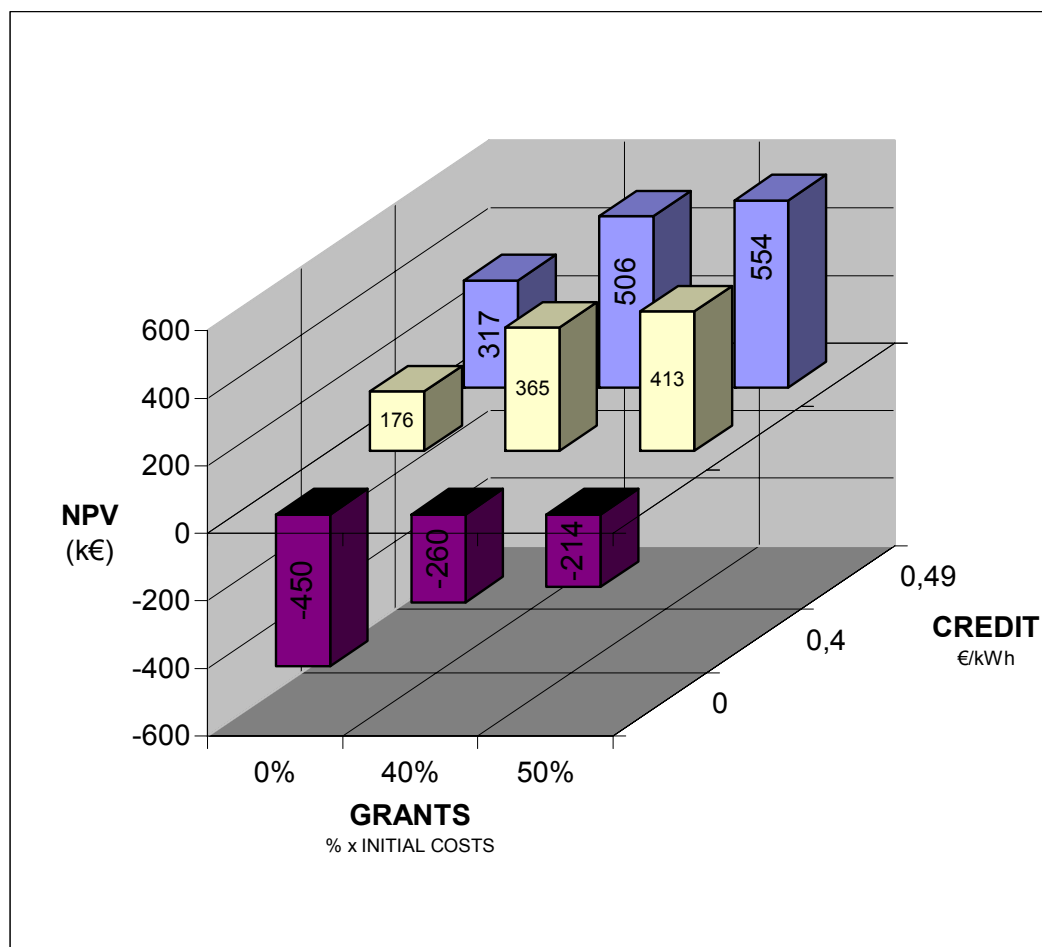
Με βάση τους συντελεστές Simple Payback (Χρόνος Απόσβεσης), Net Present Value – NPV (Καθαρή Παρούσα Αξία) και Benefit-Cost (B-C) ratio (Δείκτης Οφέλους-Κόστους) διαμορφώθηκαν γραφήματα που βοηθούν στην σύγκριση του συνόλου των σεναρίων. Για ευκολότερη παράθεση τα σενάρια ομαδοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο των Φ/Β στοιχείων. Έτσι για συμβατικά Φ/Β στοιχεία και με βάση τους τρεις οικονομικούς συντελεστές παρατίθενται τα παρακάτω διαγράμματα :

Διάγραμμα 1 : Μεταβολή του Simple Payback με βάση επιδοτήσεις  
(επί kWh και Initial Costs) για συμβατικά Φ/Β στοιχεία.



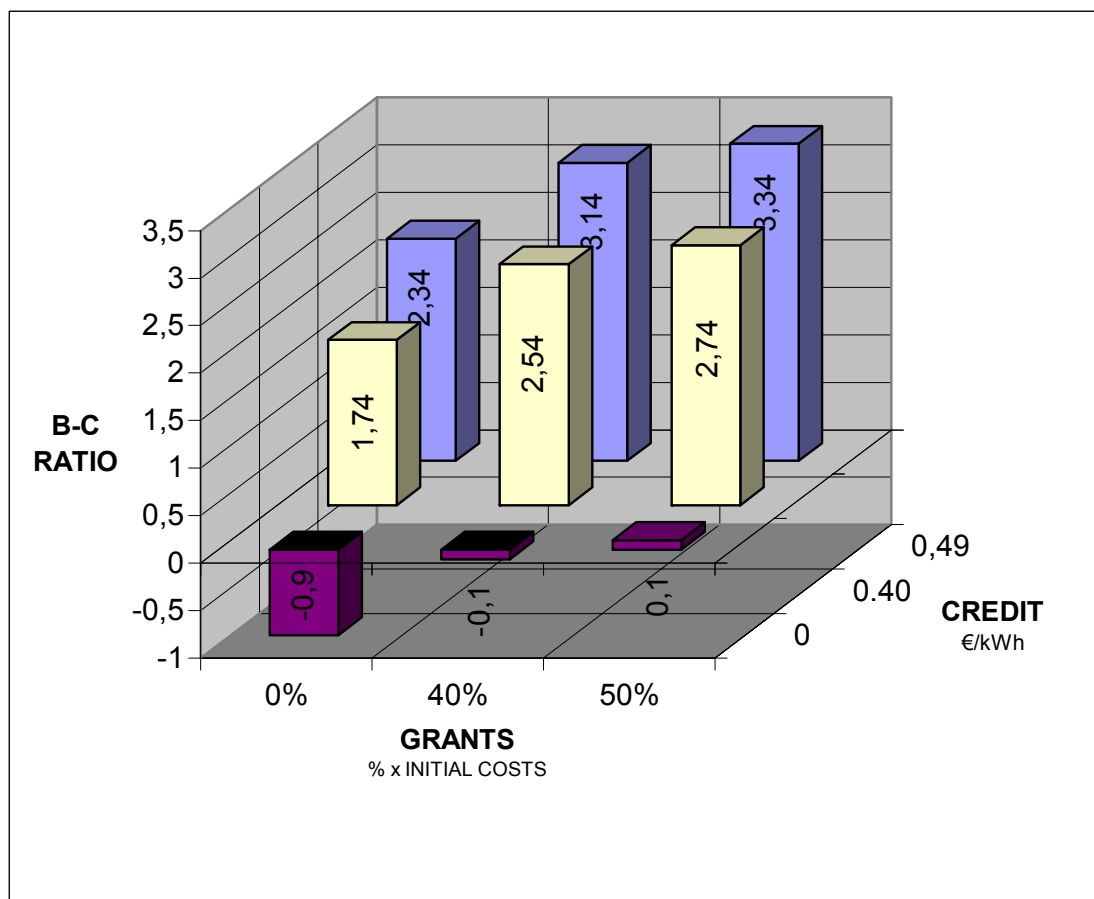
Πηγή : PV3 RETScreen International

Διάγραμμα 2 : Μεταβολή του Net Present Value – NPV με βάση επιδοτήσεις  
(επί kWh και Initial Costs) για συμβατικά Φ/Β στοιχεία.



Πηγή : PV3 RETScreen International

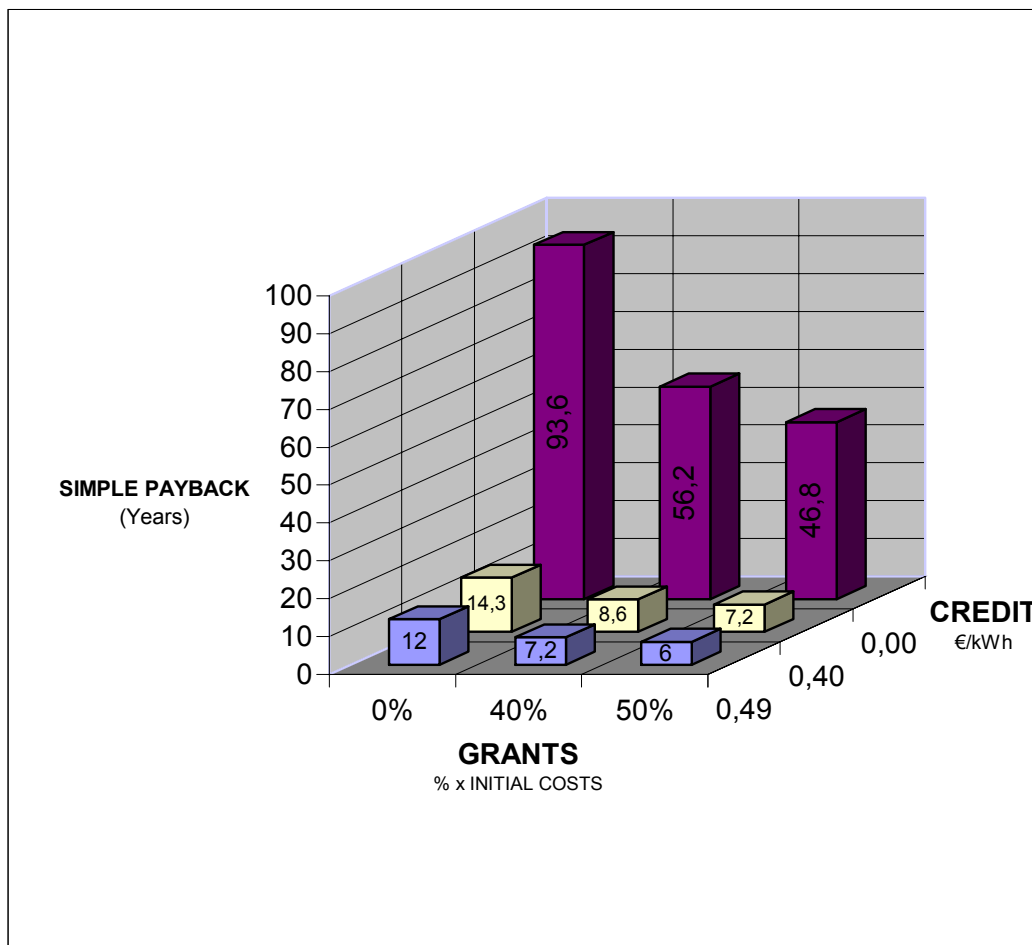
Διάγραμμα 3 : Μεταβολή του Benefit-Cost (B-C) ratio με βάση επιδοτήσεις  
(επί kWh και Initial Costs) για συμβατικά Φ/Β στοιχεία.



Πηγή : PV3 RETScreen International

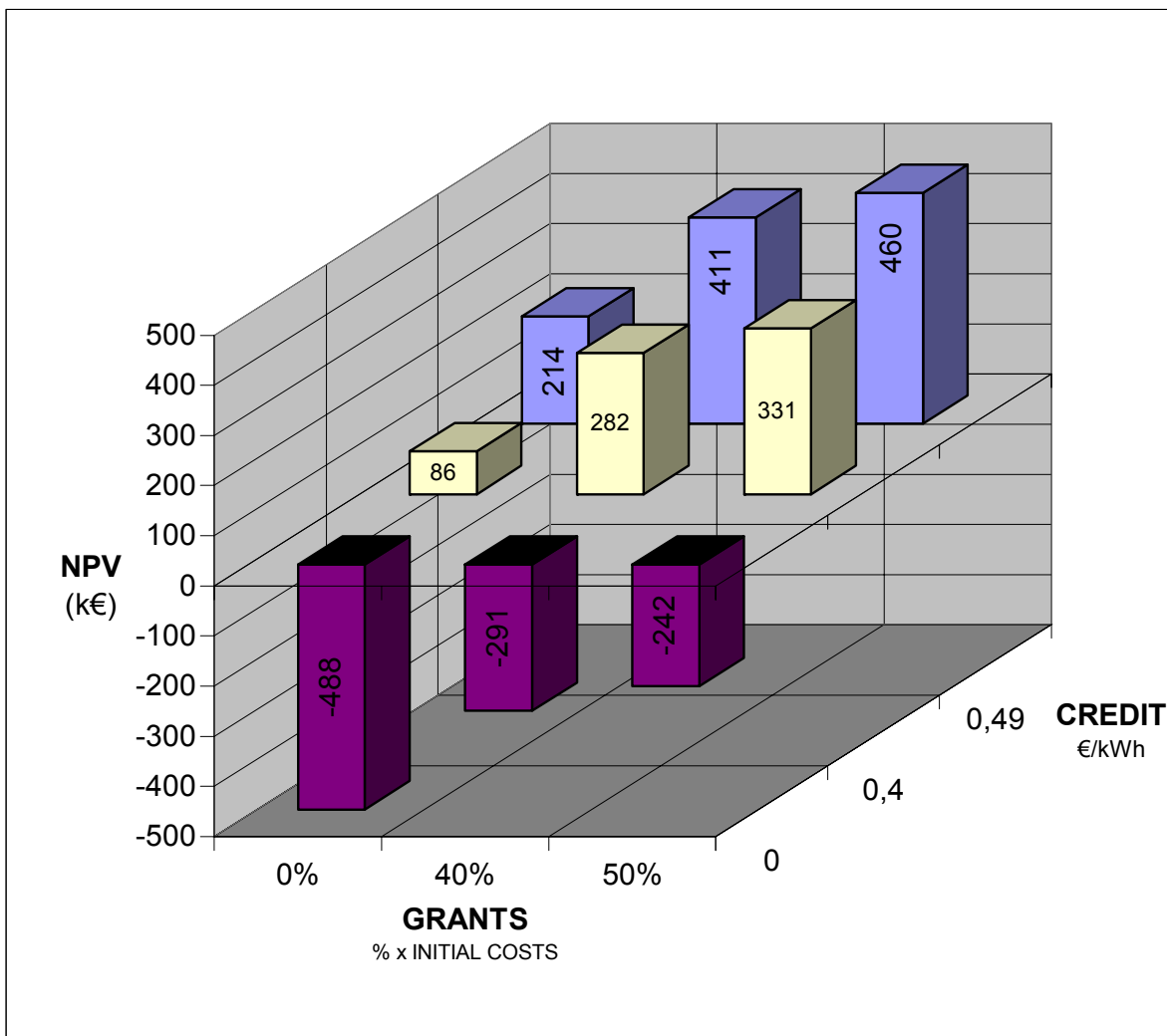
Αντίστοιχα διαγράμματα παρουσιάζονται και για την περίπτωση που χρησιμοποιηθούν ημιπερατά Φ/Β στοιχεία. Η διαφορά των σεναρίων έγκειται στο γεγονός ότι αφενός τα συγκεκριμένα Φ/Β είναι κατά 10%, κατά προσέγγιση, ακριβότερα και αφετέρου έχουν 2%, και πάλι κατά προσέγγιση, μικρότερη απόδοση. Επομένως οι διαφορές των οικονομικών τουλάχιστον συντελεστών αναμένονται μικρές.

*Διάγραμμα 4 : Μεταβολή του Simple Payback με βάση επιδοτήσεις (επί kWh και Initial Costs) για ημιπερατά Φ/Β στοιχεία.*



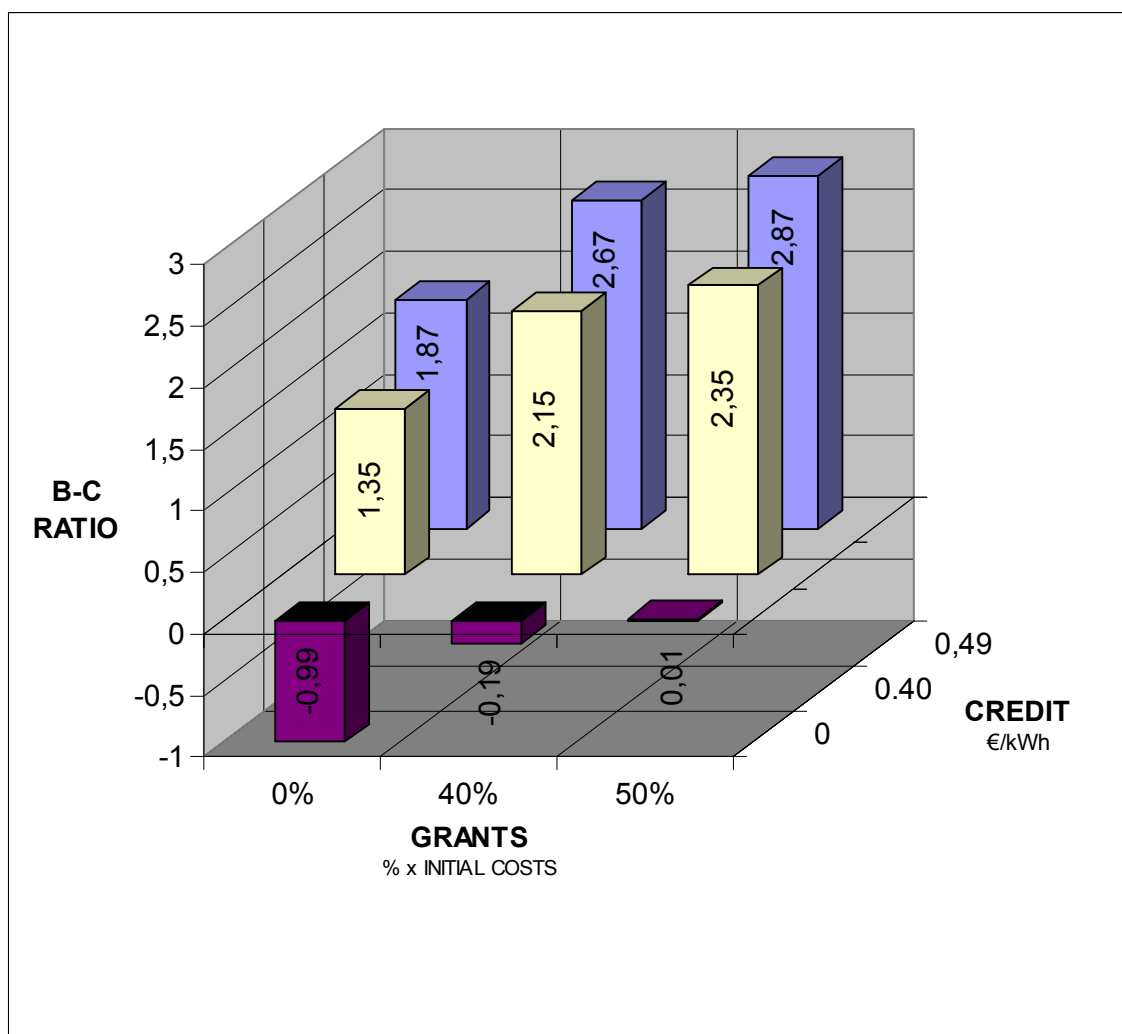
Πηγή : PV3 RETScreen International

Διάγραμμα 5 : Μεταβολή του Net Present Value – NPV με βάση επιδοτήσεις  
(επί kWh και Initial Costs) για ημιπερατά Φ/Β στοιχεία.



Πηγή : PV3 RETScreen International

Διάγραμμα 6 : Μεταβολή του Benefit-Cost (B-C) ratio με βάση επιδοτήσεις  
(επί kWh και Initial Costs) για ημιπερατά Φ/Β στοιχεία.



Πηγή: PV3 RETScreen International



Μετά την παράθεση και σύγκριση του συνόλου των διαγραμμάτων για όλα τα σενάρια καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα :

- Βασική προϋπόθεση για να θεωρηθεί βιώσιμη οποιαδήποτε ενσωμάτωση Φ/Β συστήματος στη Δημοτική Αγορά των Χανίων αποτελεί η γενναία επιδότηση της παραγόμενης kWh. Το προτεινόμενο Φ/Β σύστημα θα παράγει περίπου 70 με 80 MWh. Με τιμολόγηση της τάξης των 0,40 €/kWh και άνω, οι οικονομικοί συντελεστές παρουσιάζονται θετικοί ανεξαρτήτως επιδότησης επί του αρχικού κόστους.
- Με τιμολόγηση της ηλιακής kWh ίσης ή μεγαλύτερης των 0,40 €/kWh και σε συνδυασμό με επιδότηση 40% ή 50% επί του αρχικού κόστους, η ενσωμάτωση Φ/Β Σταθμού στη Δημοτική Αγορά Χανίων διαμορφώνεται σε μια άκρως συμφέρουσα επένδυση. Με τα παραπάνω δεδομένα έχουμε :
  - α) Simple Payback από 8,6 μέχρι και 5,3 έτη,
  - β) Net Present Value από 282.000 € μέχρι και 554.000 €
  - γ) Benefit – Cost Ratio από 2,15 μέχρι και 3,34
- Η θεώρηση για δανειοδότηση του παραπάνω προγράμματος κατά 50% με επιτόκιο 8% επιβαρύνει το συνολικό αποτέλεσμα της βιωσιμότητας. Σε περίπτωση που το χρηματικό ποσό που απαιτείται δεν αποτελέσει προϊόν δανείου, τότε γίνεται αντιληπτό ότι οι οικονομικοί συντελεστές θα γίνουν ακόμα πιο ελκυστικοί.

## 5.1. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων διακρίνεται καθαρά ο υψηλός δείκτης βιωσιμότητας του προγράμματος ενσωμάτωσης μικρού Φ/Β σταθμού στην Δημοτική Αγορά των Χανίων. Μετά την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης επομένως προτείνονται τα παρακάτω :

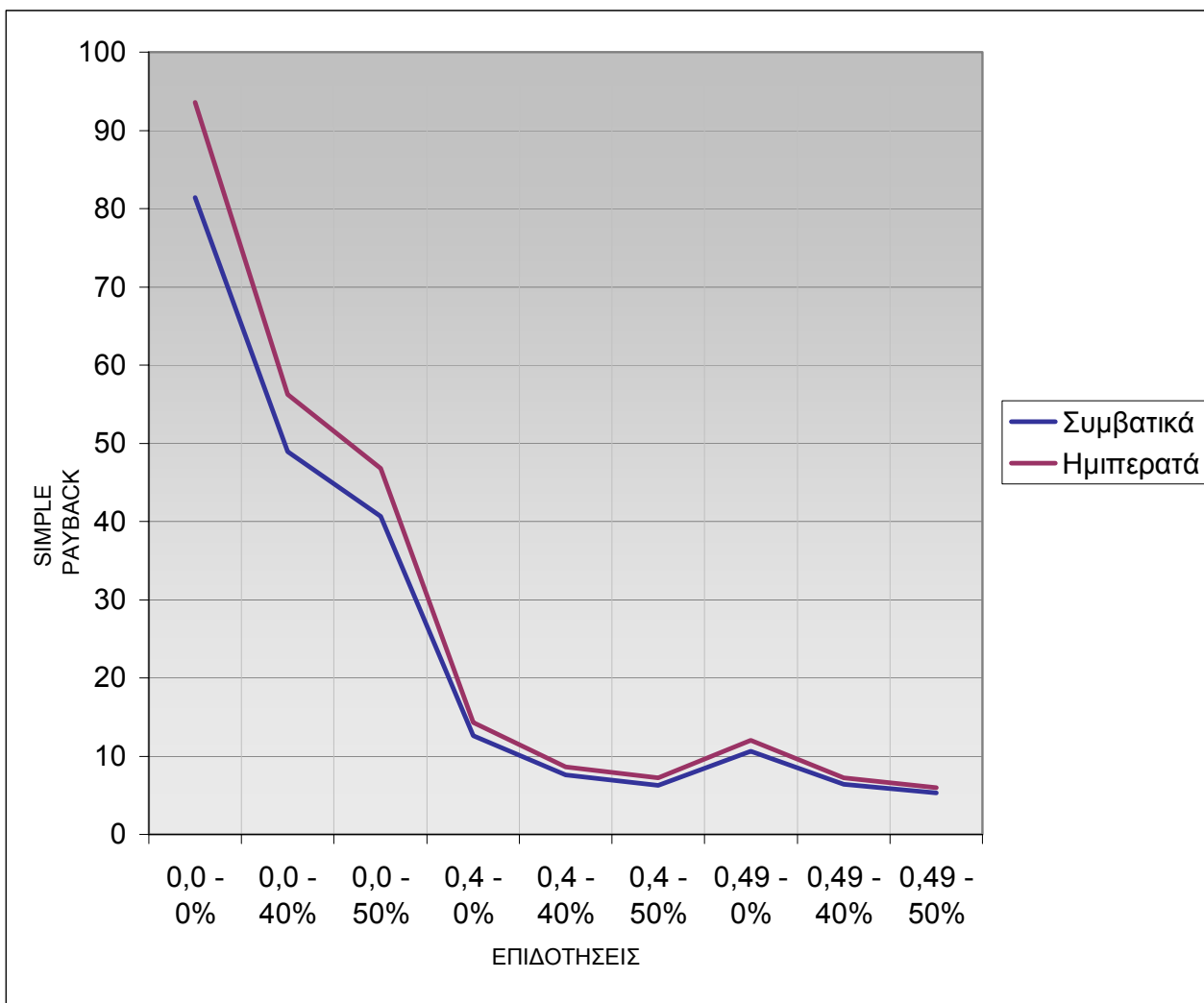
α) Η αντικατάσταση των υαλοπινάκων με ημιπερατά Φ/Β στοιχεία προκειμένου να επιτευχθεί ένας συνδυασμός διατήρησης της αρχιτεκτονικής του κτιρίου, συγχρόνως με την ανακαίνιση και την ενεργειακή αναβάθμισή του. Το αποτέλεσμα θα είναι ενδεικτικά όπως στην παρακάτω φωτογραφία η οποία επεξεργάστηκε με πρόγραμμα γραφιστικής προκειμένου να ενσωματωθούν εικονικά τα Φ/Β στοιχεία στην οροφή:



Φωτογραφία 12 : Ενδεικτική Εσωτερική Όψη της Δημοτικής Αγοράς των Χανίων  
(Στην σκεπή διακρίνεται η επιφάνεια των Φ/Β στοιχείων)

Τα αποτελέσματα της μελέτης, όπως αναμενόταν, δεν παρουσίασαν μεγάλες διαφορές ανάμεσα σε σενάρια συμβατικών ή ημιπερατών Φ/Β στοιχείων. Η διαφορά του 10% επί της τιμής τους αντιστοιχεί σε ένα κόστος της τάξης των 50.000 €, ποσό που υπερκαλύπτεται από ένα συνδυασμό γενναίων επιδοτήσεων. Η διαφορά που παρουσιάζουν φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα :

*Διάγραμμα 7 : Μεταβολή του Simple Payback με βάση επιδοτήσεις για συμβατικά και ημιπερατά Φ/Β στοιχεία.*



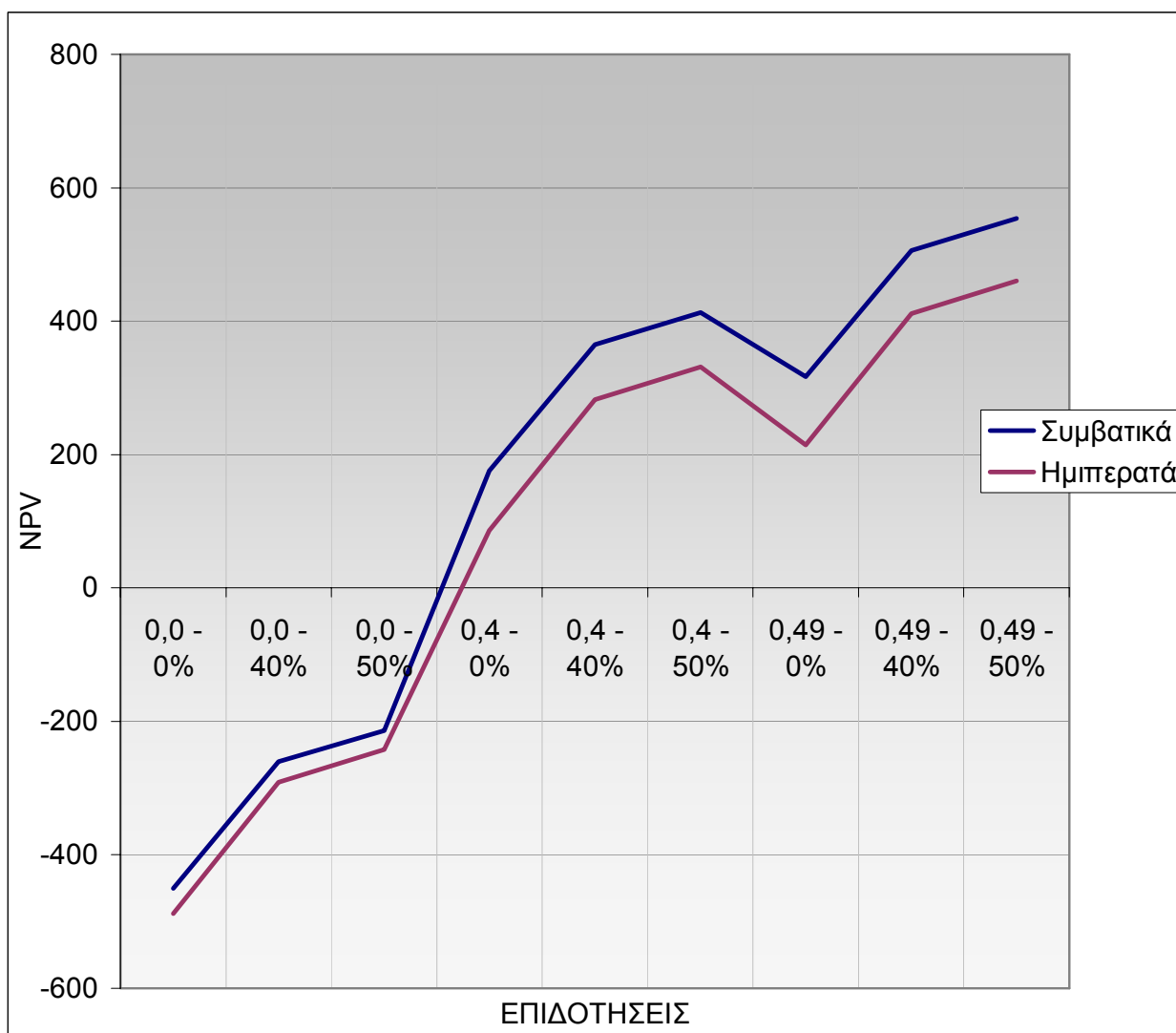
Πηγή : PV3 RETScreen International

Υπόμνημα :

Άξονας y: Simple Payback σε Έτη

Άξονας x: Επιδοτήσεις σε kWh - Initial Costs

Διάγραμμα 8 : Μεταβολή του Net Present Value – NPV με βάση επιδοτήσεις για συμβατικά και ημιπερατά Φ/Β στοιχεία.



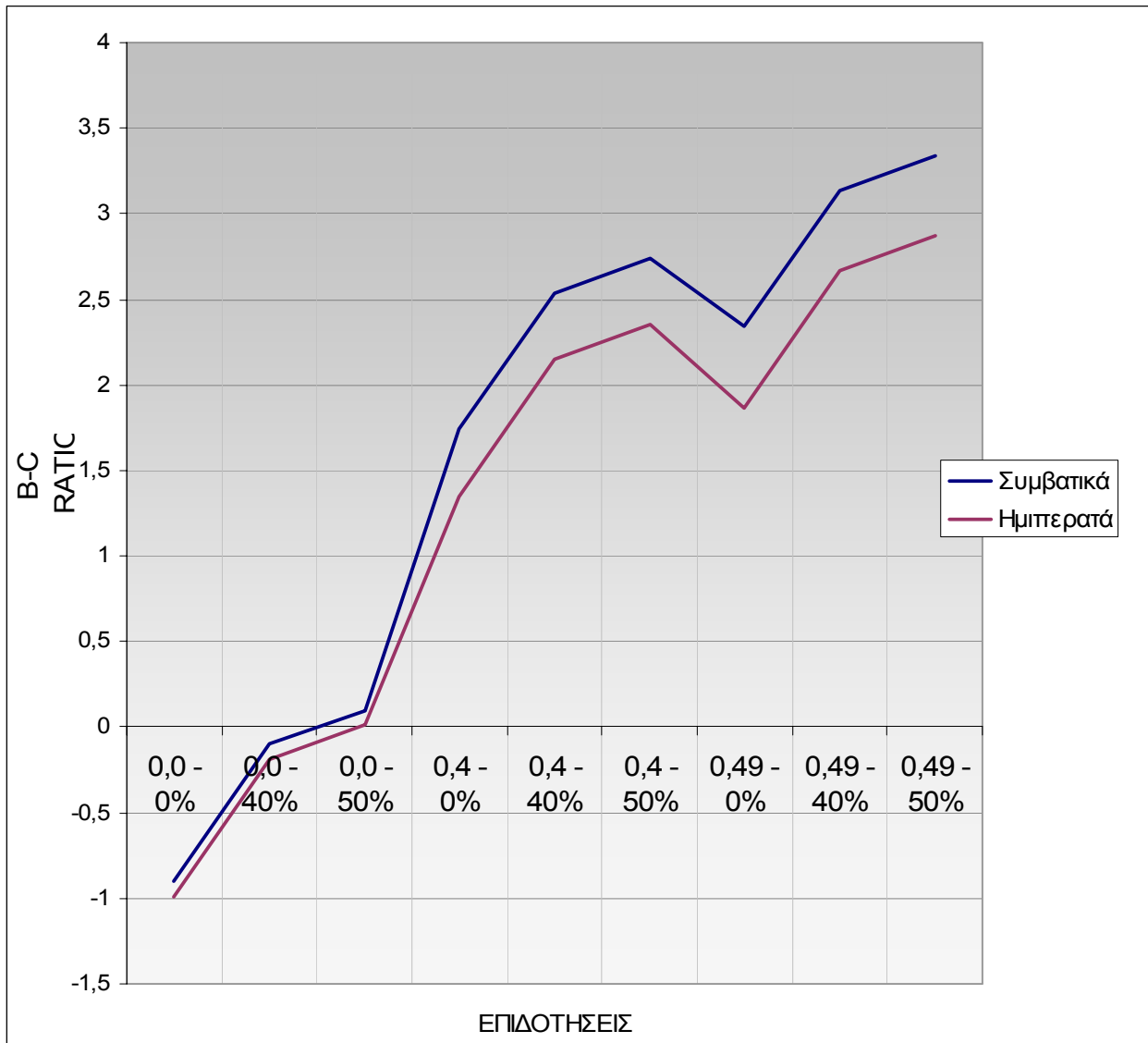
Πηγή : PV3 RETScreen International

Υπόμνημα :

Άξονας y: Net Present Value σε κ€

Άξονας x: Επιδοτήσεις σε kWh - Initial Costs

Διάγραμμα 9 : Μεταβολή του Benefit-Cost Ratio με βάση επιδοτήσεις για συμβατικά και ημιπερατά Φ/Β στοιχεία.



Πηγή : PV3 RETScreen International

Υπόμνημα :

Άξονας y: Benefit – Cost Ratio

Άξονας x: Επιδοτήσεις σε kWh - Initial Costs

Επομένως, βάσει και των παραπάνω διαγραμμάτων, η επιλογή συμβατικών ή ημιπερατών Φ/Β στοιχείων δεν επηρεάζει σημαντικά την βιωσιμότητα της ενσωμάτωσης. Λόγω αυξημένου κόστους των ημιπερατών Φ/Β το κόστος προμήθειάς τους παρουσιάζεται αυξημένο κατά 50.000 € περίπου. Το παραπάνω κόστος με επιδότηση 50% επί του αρχικού κεφαλαίου μειώνεται στα 25.000 €, **όσα δηλαδή και τα ετήσια κέρδη του Φ/Β σταθμού από την επιδότηση της παραγόμενης kWh.** Η διαφορά στον χρόνο απόσβεσης επομένως, με προϋπόθεση την χορήγηση ικανοποιητικών επιδοτήσεων, είναι της τάξης των λίγων ετών.

β) Δεδομένου του υψηλού δείκτη βιωσιμότητας της επένδυσης προτείνεται ακόμη η κοινοποίηση της πρότασης ενσωμάτωσης Φ/Β σταθμού και σε ιδιωτικές χρηματοδοτικές πηγές με σκοπό την εξεύρεση κεφαλαίων για την πραγματοποίηση του προγράμματος.

γ) Αμέτοχοι σε αυτή την προσπάθεια δεν θα πρέπει να μείνουν φυσικά ούτε οι φορείς του Πολυτεχνείου, καθώς η υλοποίηση του Σταθμού θα είναι ένα ζωντανό **παράδειγμα ενσωμάτωσης τεχνολογίας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε παραδοσιακό κτίριο.** Η ύπαρξη ενός τέτοιου χώρου θα αποτελεί πεδίο παρατήρησης και μετρήσεων για φοιτητές που θα μπορούν πλέον στην πράξη να ασχοληθούν με τις συγκεκριμένες τεχνολογίες. Ενδεικτική πρόταση αποτελεί η υποστήριξη του εξοπλισμού παρακολούθησης (σύστημα ελέγχου και μικροϋπολογιστή με εξωτερική οθόνη) από φορείς του Πολυτεχνείου Κρήτης.

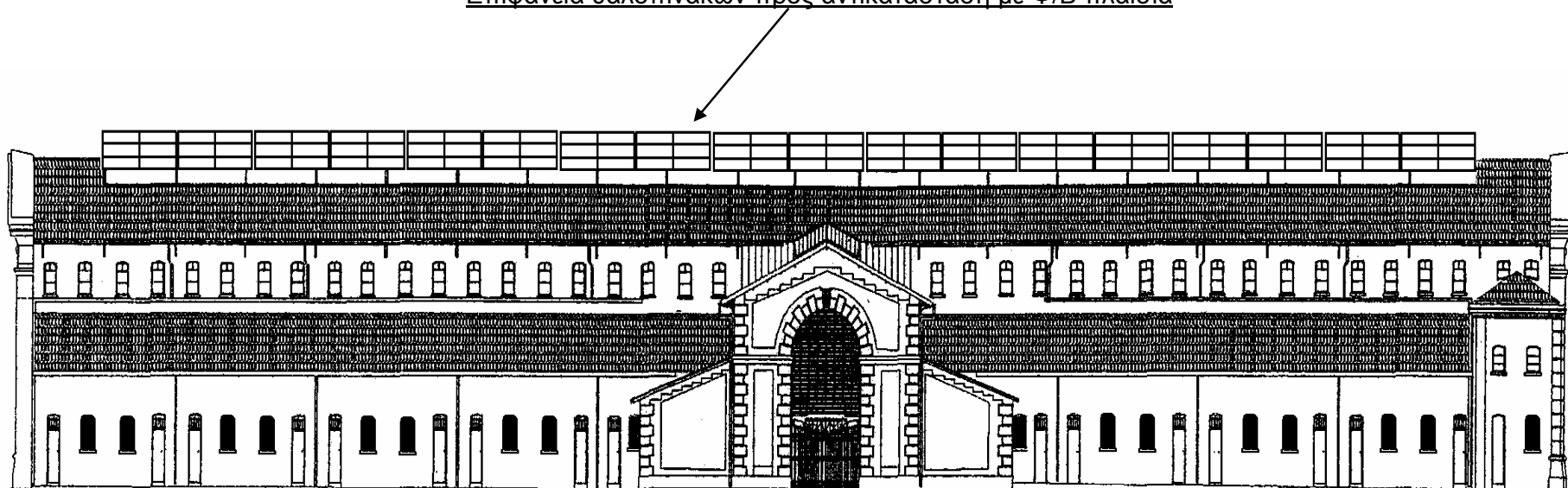
## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Ayoub J., Dignard L., Filion A., "Photovoltaics For Buildings", Department of Natural resources Canada, 2001
2. U.S. Department of Energy, [www.eere.com](http://www.eere.com), 2006
3. European Renewable Energy Council, EREC, [www.erec-renewables.org](http://www.erec-renewables.org) , (2006)
4. IEA Photovoltaic Power Systems Programme, [www.oja-services.nl](http://www.oja-services.nl) , 2005
5. Worldwatch Institute, [www.worldwatch.org](http://www.worldwatch.org), 2006
6. RETScreen International, [www.etscreen.net](http://www.etscreen.net), 2006
7. RETScreen International, "Clean Energy Project Analysis", CANMET Energy Technology Centre, 2004a
8. RETScreen International, Photovoltaic Project Model, "User Manual", Department of Natural resources Canada, 2004b
9. Στέλιος Ψωμάς, "Ενέργεια-Περιβάλλον και Επιχειρηματικότητα" Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης, 2003
10. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ΚΑΠΕ, [www.cres.gr](http://www.cres.gr) , 2006
11. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, ΣΕΦ, [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr) , 2006
12. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, [www.rae.gr](http://www.rae.gr) , 2006
13. Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΔΕΣΜΗΕ, [www.desmie.gr](http://www.desmie.gr) , 2006
14. ΣΕΝΕΡΣ, "Ενεργειακά Συστήματα", [www.seners.gr](http://www.seners.gr) , 2006

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### Σχέδια Δημοτικής Αγοράς Χανίων

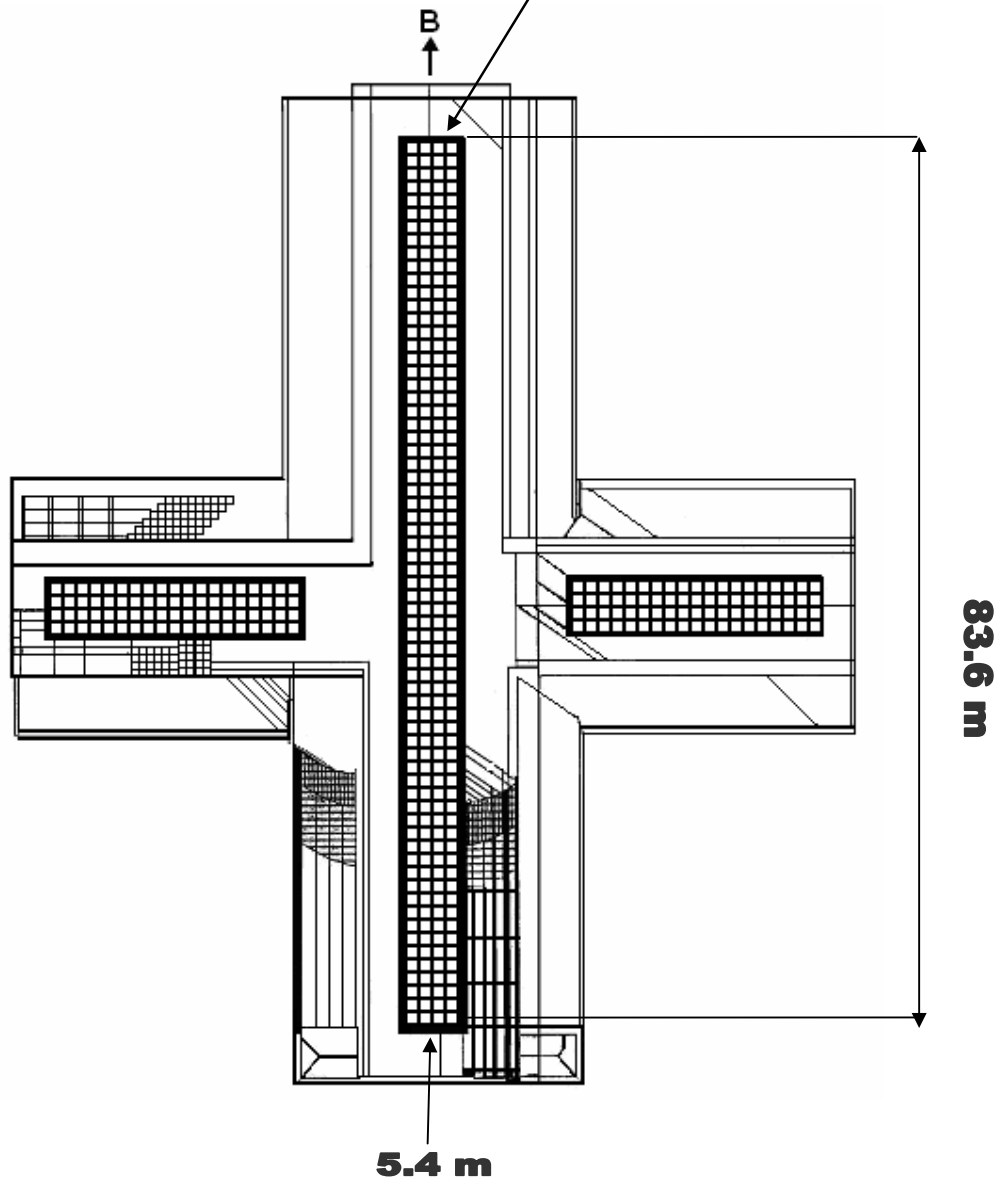
Επιφάνεια υαλοπινάκων προς αντικατάσταση με Φ/Β πλαίσια



Σχέδιο 1 : Όψη Δημοτικής Αγοράς Χανίων (Δυτική)



Κάτοψη επιφάνειας υαλοπινάκων προς αντικατάσταση με Φ/Β πλαίσια



Σχέδιο 2 : Κάτοψη Δημοτικής Αγοράς Χανίων

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

### ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΜΙΚΡΟΥ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΗ ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΧΑΝΙΩΝ

Στο συνημμένο CD παρατίθενται σε ηλεκτρονική μορφή όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν για την μελέτη ενσωμάτωσης μικρού Φ/Β σταθμού στη Δημοτική Αγορά Χανίων. Σε ξεχωριστό υποφάκελο υπάρχει το αρχείο εφαρμογής του προγράμματος PV3, της Retscreen International.

*CD*