



Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών στην

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ  
ΠΟΛΙΤΙΚΗ &  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ**



**Τίτλος Διπλωματικής Εργασίας:**

**Τεχνικο-οικονομική και Περιβαλλοντική Αποτίμηση Επένδυσης για μια  
100% Ηλεκτρικά Αυτόνομη Οικία στη Νήσο Λέσβο.**

Επιβλέπων Καθηγητής: Χαραλαμπίδης Δίας

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Που υποβλήθηκε στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση  
του Τμήματος Περιβάλλοντος ως μέρος  
των απαιτήσεων για την απόκτηση  
Διπλώματος Ειδίκευσης  
στην Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση «Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση»

**Μαμακής Ε. Ιωάννης**

Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Τμήμα Περιβάλλοντος

Μυτιλήνη

Φεβρουάριος 2007





Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών στην

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ  
ΠΟΛΙΤΙΚΗ &  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ**



**Τίτλος Διπλωματικής Εργασίας:  
Τεχνικο-οικονομική και Περιβαλλοντική Αποτίμηση Επένδυσης  
για μια 100% Ηλεκτρικά Αυτόνομη Οικία στη Νήσο Λέσβο.**

Επιβλέπων Καθηγητής: Χαραλαμπίδης Δίας

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Που υποβλήθηκε στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση  
του Τμήματος Περιβάλλοντος ως μέρος  
των απαιτήσεων για την απόκτηση  
Διπλώματος Ειδίκευσης  
στην «Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση»

**Μαμακής Ε. Ιωάννης**

Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Τμήμα Περιβάλλοντος

Μυτιλήνη  
Φεβρουάριος 2007

ΕΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ

Ο

Ακαδημαϊκός υπεύθυνος

Ο

Επιβλέπων καθηγητής

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ**

ΕΝΤΥΠΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Αξιολόγηση Διπλωματικής Διατριβής της/του: Μαμακή Ε. Ιωάννη

**Θέμα:** Τεχνικο-οικονομική και Περιβαλλοντική Αποτίμηση  
Επένδυσης για μια 100% Ηλεκτρικά Αυτόνομη Οικία στη Νήσο  
Λέσβο.

Ημερομηνία παρουσίασης: 28/02/2007

	Ελλιπής 0-4,9	Μέτρια 5-6,5	Καλή 6,51-8,49	Άριστη 8,5-10
Σαφήνεια Ερευνητικού Ερωτήματος				
Βιβλιογραφική έρευνα				
Θεωρητική τεκμηρίωση				
Μεθοδολογία				
Εμπειρικό μέρος				
Συμπεράσματα				
Ποιότητα παρουσίασης				
Δομή/Μορφή Εργασίας				
Άλλο .....				

Συνολική αξιολόγηση Διπλωματικής Διατριβής με βαθμό .....

**Τα μέλη**  
**της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής**

ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

(Προαιρετικό)

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον κ. Δία Χαραλαμπίδου Αναπληρωτή Καθηγητή και τον κ. Ηρακλή Πολατίδη Διδάκτορα του τμήματος Περιβάλλοντος που με βοήθησαν στην ολοκλήρωση της συγγραφής της διατριβής μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αθανάσιο Στασινάκη για την συμμετοχή του στην τριμελής εξεταστική επιτροπή. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντική στήριξη και καθοριστικό ρόλο στην διεκπεραίωση της διατριβής μου αποτέλεσε η χορήγηση της υποτροφίας από το **Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών «Ελευθέριος Βενιζέλος»**.

## **ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ**

Ο Μαμακής Ιωάννης γεννήθηκε το 1981 στα Ιωάννινα. Αποφοίτησε το 2005 από το τμήμα Οικονομικών Επιστημών, της Σχολής Νομικών και Οικονομικών Επιστημών, του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Το 2005 εισήχθη στο μονοετές Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών με τίτλο "Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση" του τμήματος Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Αιγαίου.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Μαμακής Ιωάννης**

**Τεχνικο-οικονομική και Περιβαλλοντική Αποτίμηση Επένδυσης για μια 100% Ηλεκτρικά Αυτόνομη Οικία στη Νήσο Λέσβο.**

**Φεβρουάριος / 2007**

Σε μια προσπάθεια να συνεισφέρουμε στη συζήτηση για την εφαρμογή «καθαρών» ενεργειακών λύσεων στον οικιακό τομέα, ο οποίος καταναλώνει περίπου το ¼ της συνολικά καταναλισκομένης ενέργειας στην Ελλάδα, εξετάζουμε σε αυτήν την εργασία τη δυνατότητα χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε) προκειμένου να αυτονομηθεί ηλεκτρικά μια κατοικία. Πιο συγκεκριμένα μελετάτε η τεχνολογία των Φ/Β συστημάτων τόσο με τη μορφή αυτόνομου όσο και διασυνδεδεμένου συστήματος. Στην διεκπεραίωση της εργασίας σημαντικό ρόλο θα διαδραματίσει η ανάπτυξη τριών εναλλακτικών Σεναρίων εργασίας, βασιζόμενα στο ισχύον νομοθετικό πλαίσιο. Επίσης, στην ολοκλήρωση της έρευνας θα συμβάλλει και η χρήση ενός λογισμικού ανανεώσιμων ενεργειακών τεχνολογιών που έχει χρησιμοποιηθεί επανειλημμένα και παγκοσμίως για τη διεξαγωγή μελετών αξιολόγησης έργων από ΑΠΕ. Το λογισμικό αυτό ονομάζεται 'RETScreen' (Renewable Energy Technologies). Με βάση το λογισμικό αυτό, την ανάλυση των Σεναρίων αλλά και την μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας θα εξεταστούν κάποιες περιβαλλοντικές και τεχνικο-οικονομικές παράμετροι. Βασικός σκοπός είναι να διερευνηθεί - σύμφωνα με τα περιβαλλοντικά και τεχνικο-οικονομικά κριτήρια που θα προκύψουν - το κατά πόσο και κάτω από ποιες προϋποθέσεις είναι βιώσιμη και συμφέρουσα μια τέτοια επένδυση.

Το βασικότερο εύρημα αυτής της εργασίας συνιστάται στην διαπίστωση ότι η εγκατάσταση Φ/Β στοιχείων για ιδιοκατανάλωση και για συνδέσεις εκτός δικτύου είναι οικονομικά ασύμφορη και προτείνεται σαν λύση μόνο σε απομονωμένες περιοχές της χώρας, όπου δεν υπάρχει εναλλακτική λύση. Αντίθετα, ευνοούνται από το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο οι επενδύσεις σε σχετικά μεγάλα συστήματα, διασυνδεδεμένα στο κεντρικό δίκτυο, τα οποία τυγχάνουν της δυνατότητας υψηλής επιδότησης αλλά και πώλησης της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, σε σχετικά υψηλή τιμή.

**Λέξεις κλειδιά:** Τεχνο-οικονομική αποτίμηση, μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>, Α.Π.Ε., οικιακός τομέας.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η έντονη υποβάθμιση που έχει υποστεί το περιβάλλον αλλά και το πεπερασμένο των συμβατικών καυσίμων και το γεωπολιτικό ρίσκο που συνοδεύει την εισαγωγή τους έχουν κάνει επιτακτική την ανάγκη για την ενεργειακή απεξάρτηση από τις ιδιαίτερα ρυπογόνες μορφές ενέργειας (πετρέλαιο, λιγνίτης) και την εφαρμογή περιβαλλοντικά φιλικότερων αλλά και οικονομικά αποδοτικότερων λύσεων.

Στο παραπάνω πλαίσιο κινείται η παρούσα εργασία, στόχος της οποίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) σε κατοικίες. Πιο συγκεκριμένα θα εξεταστεί η τεχνολογία των Φ/Β κυττάρων για την πλήρη κάλυψη των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας μιας κατοικίας.

Η περιεκτική βιβλιογραφική ανασκόπηση που διενεργήθηκε στο 2<sup>ο</sup> Κεφαλαίο της εργασίας έχει ως αποτέλεσμα την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικά με την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του οικιακού και τριτογενή τομέα ενώ η επισκόπηση της ταυτόχρονα με την ανάπτυξη του μεθοδολογικού τμήματος ανέδειξαν τρία βασικά Σενάρια εργασίας. Αυτά τα Σενάρια – τα οποία βασίστηκαν στο υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο - αποτελέσαν τη βάση για την ανάπτυξη του πρακτικού μέρους της εργασίας, αφού η αναλυτική επεξεργασία τους με τη χρήση ενός λογισμικού έργων ΑΠΕ συνέβαλε στη διεξαγωγή των τελικών διαπιστώσεων. Το λογισμικό αυτό ονομάζεται ‘RETScreen’ (Renewable Energy Technologies)

Περιβαλλοντικά και τεχνικο-οικονομικά κριτήρια θα αποτελέσουν τη βάση για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Τα κριτήρια αυτά θα χρησιμοποιηθούν από το λογισμικό προκειμένου να ελεγχθεί η βιωσιμότητα και οι επιδόσεις τέτοιων επενδύσεων και οι πρακτικές που τις κάνουν πιο προσιτές (π.χ κρατικές επιδοτήσεις, φορολογικές ελαφρύνσεις κ.α).

Φιλοδοξία της παρούσας μελέτης είναι το να παρουσιαστούν κάποιες διαχειριστικές προτάσεις ή πολιτικές οι οποίες θα αναδυθούν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση σε συνδυασμό με τα δεδομένα που θα προκύψουν από την μεθοδολογία που θα εφαρμοστεί. Επομένως, βασικός στόχος της εργασίας είναι οι διαπιστώσεις που θα προκύψουν να φανούν χρήσιμες τόσο στην άσκηση πολιτικής από τους διάφορους κρατικούς φορείς όσο και στην εφαρμογή τέτοιων επενδύσεων από ιδιώτες οι οποίοι ενδιαφέρονται για τη χρήση περιβαλλοντικά φιλικότερων πρακτικών. Η κατανόηση των παραπάνω προτάσεων θα επιτευχθεί τόσο με την παράθεση κάποιων παρομοίων πρακτικών που έχουν εφαρμοστεί σύμφωνα με τη βιβλιογραφία αλλά και με τη χρήση του λογισμικού ‘RETScreen).

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Στόχος εργασίας.....	1
1.2. Δομή εργασίας.....	2
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....</b>	<b>3</b>
2.1. Ενέργεια και οικιακός τομέας.....	4
2.1.1. Βασικές έννοιες.....	4
2.1.2. Υφιστάμενη κατάσταση.....	6
2.1.3. Εξοικονόμηση ενέργειας και οικιακός τομέας.....	10
2.1.4. Βασικές συνιστώσες του οικιακού τομέα.....	12
2.2. Κτίρια.....	14
2.2.1. Η χρηστική αξία των κτιρίων.....	14
2.2.2. Κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό και τον τριτογενή τομέα.....	15
2.2.3. Προτεραιότητες στον τομέα των κτιρίων.....	16
2.2.4. Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.....	18
2.2.5. Ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων.....	19
2.2.6. Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	20
2.2.7. Χρήσεις ενέργειας στα κτίρια.....	21
2.2.7.1. Μορφές των ΑΠΕ.....	21
2.2.7.2. Εφαρμογές ΑΠΕ για ενεργειακά αυτόνομες οικίες.....	26
2.2.7.2.1. Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας.....	26
2.2.7.2.2. Θέρμανση χώρων και νερού χρήσης.....	29
2.3. Υπολογισμός φορτίων.....	32
2.3.1. Θερμικά φορτία.....	32
2.3.1.1. Γενικά.....	33
2.3.1.2. Θέρμανση κτιρίων.....	33
2.3.1.2.1. Βασικές έννοιες.....	33
2.3.1.3. Θέρμανση νερού χρήσης.....	35
2.3.1.4. Παθητικά ηλιακά και εσωτερικά θερμικά κέρδη.....	36
2.3.2. Ηλεκτρικά φορτία.....	39
2.3.2.1. Εκτίμηση της μέσης ηλεκτρικής κατανάλωσης.....	39
2.4 Στόχος εργασίας .....	41
2.5 Συμπεράσματα.....	42

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>44</b>
3.1. Εισαγωγή.....	45
3.2. Περιγραφή πειράματος και δεδομένων.....	47
3.2.1. Υφιστάμενη κατάσταση.....	47
3.2.2. Το ηλεκτρικά αυτόνομο σπίτι.....	50
3.2.3. Εξοπλισμός.....	51
3.2.3.1. Το σύστημα των Φωτοβολταϊκών Κυττάρων.....	51
3.2.3.3. Υπόλοιπος εξοπλισμός.....	58
3.3. Περιγραφή σεναρίων.....	59
3.4. Περιγραφή μοντέλου/λογισμικού (RETScreen).....	62
3.4. Συμπεράσματα.....	66
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ–ΑΝΑΛΥΣΗ–ΣΥΖΗΤΗΣΗ ...</b>	<b>67</b>
4.1. Ανάλυση των αποτελεσμάτων της τεχνικο-οικονομικής και περιβαλλοντικής αποτίμησης των σεναρίων.....	68
4.2. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ευαισθησίας (Sensitivity analysis) και ανάλυσης κινδύνου (Risk analysis).....	81
4.2.1. Βασικές έννοιες.....	81
4.2.2. Ανάλυση και συζήτηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ευαισθησίας και κινδύνου.....	84
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>90</b>
5.1. Συμπεράσματα.....	91
5.2. Προτεινόμενες ενέργειες.....	92

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 4.1. Υπόδειγμα φύλλου εργασίας της ανάλυσης κινδύνου.....	83
Εικόνα 4.2. Φύλλο εργασίας της ανάλυσης ευαισθησίας.....	85
Εικόνα 4.3. Φύλλο εργασίας της ανάλυσης ευαισθησίας.....	86
Εικόνα 4.4. Φύλλο εργασίας της ανάλυσης κινδύνου.....	87
Εικόνα 4.5. Φύλλο εργασίας της ανάλυσης ευαισθησίας.....	88
Εικόνα 4.6. Φύλλο εργασίας της ανάλυσης κινδύνου.....	89

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Τεχνολογίες ΑΠΕ και οι αντίστοιχες εφαρμογές τους.....	25
Πίνακας 2.2. Ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά m <sup>2</sup> με θερμομόνωση κατοικιών...	39
Πίνακας 2.3. Αναλυτική περιγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων της οικίας.....	40
Πίνακας 3.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη Ν. Λέσβο κατά κατηγορία χρήσης για το έτος 2005.....	48
Πίνακας 3.2. Καταναλισκομένη ενέργεια στη Ν. Λέσβο και πηγή προέλευσης της.....	49
Πίνακας 3.3. Κλιματολογικά δεδομένα της Ν. Λέσβου.....	49
Πίνακας 3.4. Στοιχεία βάσης μετεωρολογικού σταθμού Μυτιλήνης.....	50
Πίνακας 3.5. Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β.....	53
Πίνακας 3.6. Μερίδιο αγοράς των φωτοβολταϊκών εφαρμογών.....	54
Πίνακας 3.7. Αυτόνομες εφαρμογές Φ/Β σε αναπτυσσόμενες χώρες.....	54
Πίνακας 3.8. Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίων Sanyo/HIP-190BA3.....	57
Πίνακας 3.9. Απόδοση των φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς.....	57
Πίνακας 3.10. Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών.....	58
Πίνακας 3.11. Συνοπτική παρουσίαση σεναρίων.....	62
Πίνακας 4.1. Μέσοι όροι κλιματολογικών δεδομένων.....	68
Πίνακας 4.2. Συνολικές απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια.....	68
Πίνακας 4.3. Αποδιδόμενη ενέργεια από τα Φ/Β συστήματα.....	69
Πίνακας 4.4. Ανάλυση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.....	69
Πίνακας 4.5. Οικονομικοί παράμετροι επένδυσης.....	69
Πίνακας 4.7. Συνδυασμοί παραμέτρων της ανάλυσης ευαισθησίας.....	82
Πίνακας 4.8. Παράμετροι της ανάλυσης κινδύνου.....	83

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1. Ποσοστιαία κατανάλωση τελικής ενέργειας.....	8
Σχήμα 2.2. Σύγκριση τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τομείς (1993-2003).....	9
Σχήμα 2.3. Τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό και τον τριτογενή τομέα.....	16
Σχήμα 2.4. Σχηματική διάταξη συστήματος με φωτοβολταϊκή γεννήτρια.....	27
Σχήμα 2.5. Σχηματική διάταξη συστήματος με ανεμογεννήτρια.....	27
Σχήμα 2.6. Οικιακή εγκατάσταση για ζεστό νερό χρήσης.....	30
Σχήμα 2.7. Ηλιακή εγκατάσταση θέρμανσης ζεστού νερού με εξαναγκασμένη κυκλοφορία.....	31
Σχήμα 2.8. Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.....	39
Σχήμα 3.1. Προσδιορισμός της γεωγραφικής θέσης της Ν. Λέσβου.....	47
Σχέδιο 3.2. Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη Ν. Λέσβο, ανά κατηγορία χρήσης, για το έτος 2005.....	48
Σχήμα 3.3. Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β στην Ελλάδα (1994 - 2005).....	51
Σχήμα 3.4. Σχηματική παράσταση ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος.....	52
Σχήμα 3.5. Σχηματική αναπαράσταση του φωτοβολταϊκού φαινομένου.....	55
Σχήμα 3.6. Ηλιακά πλαίσια.....	56
Σχήμα 3.7. Χάρτες με το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας.....	56
Σχήμα 3.8. Σχηματική αναπαράσταση εγκαταστάσεων Φ/Β συστημάτων (αριστερά: αυτόνομο σύστημα, δεξιά: διασυνδεδεμένο σύστημα).....	59
Σχήμα 3.9. Διάγραμμα ροής του λογισμικού RETScreen.....	64
Σχήμα 4.1. Χρηματοοικονομική ανάλυση έργου.....	71
Σχήμα 4.2. Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας επένδυσης.....	72
Σχήμα 4.3. Αθροιστικό διάγραμμα χρηματοροών.....	74
Σχήμα 4.4. Χρηματοοικονομική ανάλυση έργου.....	75
Σχήμα 4.5. Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας επένδυσης.....	75
Σχήμα 4.6. Αθροιστικό διάγραμμα χρηματοροών.....	76
Σχήμα 4.7. Χρηματοοικονομική ανάλυση έργου.....	77
Σχήμα 4.8. Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας επένδυσης.....	77
Σχήμα 4.9. Αθροιστικό διάγραμμα χρηματοροών.....	78
Σχήμα 4.10. Χρηματοοικονομική ανάλυση έργου.....	79
Σχήμα 4.11. Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας επένδυσης.....	79
Σχήμα 4.12. Αθροιστικό διάγραμμα χρηματοροών.....	80

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Στόχος εργασίας

Κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα, οι ανθρώπινες κοινωνίες άντλησαν το μεγαλύτερο μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας τους από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι συμβατικές μορφές ενέργειας ήταν σχετικά φθηνότερες, και πιο εύκολες στην εκμετάλλευσή τους σε σχέση με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Επίσης σε αυτό συνέβαλε σημαντικά και το ότι μέχρι πρόσφατα η ρύπανση του περιβάλλοντος δεν είχε λάβει τόσο ανησυχητικές διαστάσεις.

Πλέον, όμως, τα ενεργειακά θέματα και, κυρίως, η σχέση της παραγωγής και χρήσης ενέργειας με το περιβάλλον, αποτελούν αντικείμενο συζητήσεων και προβληματισμών, όχι μόνο για το χώρο των επιστημόνων και των πολιτικών, αλλά, και αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, και για το χώρο των επιχειρήσεων και κατ' επέκταση για όλη την κοινωνία. Το τοπίο αλλάζει σημαντικά. Νέα δεδομένα ανατρέπουν συνήθειες και πρακτικές δεκαετιών, το πολιτικό και θεσμικό πλαίσιο αναδομείται εκ νέου λαμβάνοντας υπόψη του τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές 'εξωτερικότητες' που σχετίζονται με την παραγωγή της ενέργειας, ενώ νέες, καθαρές και πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες κάνουν δυναμικά την εμφάνισή τους, με το φιλόδοξο στόχο να εκτοπίσουν τα παραδοσιακά ρυπογόνα καύσιμα και να μας οδηγήσουν σε μια νέα εποχή καθαρών ενεργειακών λύσεων.

Από τα παραπάνω δεδομένα προέκυψε η ανάγκη εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας, η οποία εξετάζει εναλλακτικούς τρόπους για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι γνωστό ότι υπάρχουν πολλές εναλλακτικές πηγές ενέργειας οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί για τα ορυκτά καύσιμα. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα εξεταστεί η εκτίμηση της δυνατότητας χρήσης Φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων προκειμένου να αυτονομηθεί ηλεκτρικά μια κατοικία. Η απόφαση για το ποιος τύπος ανανεώσιμης ενέργειας θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αξιολογείται με βάση το δυναμικό της κάθε περιοχής, όπου θα εγκατασταθεί ένα τέτοιο σύστημα παραγωγής ενέργειας, την ασφάλεια που παρέχεται από αυτό καθώς και με βάση τις οικονομικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους της επένδυσης.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα εργασία θέτει ως στόχο να διερευνήσει το κατά πόσο συμφέρει ή όχι και κάτω από ποιες προϋποθέσεις να προχωρήσει κάποιος επενδυτής - με την ιδιότητα τόσο του ιδιώτη αλλά και του Νομικού προσώπου - στη λήψη μιας απόφασης που έχει να κάνει με την χρήση καθαρής - ανανεώσιμης ενέργειας προκειμένου να αυτονομηθεί ηλεκτρικά μια οικία. Η αξιολόγηση αυτή επιχειρείται με την χρήση ενός λογισμικού, που

εξετάζει την βιωσιμότητα έργων ΑΠΕ με βάση τεχνοοικονομικούς και περιβαλλοντικούς δείκτες, Το λογισμικό αυτό ονομάζεται RETScreen.

## **1.2. Δομή εργασίας**

Η παρούσα εργασία απαρτίζεται από πέντε Κεφάλαια που σκοπό έχουν να εξετάσουν τη δυνατότητα να αυτονομηθεί ηλεκτρικά μια κατοικία. Στο πρώτο Κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στο θέμα της ενέργειας και παρουσιάζεται η δομή της εργασίας.

Στο δεύτερο Κεφάλαιο έγινε βιβλιογραφική έρευνα με σκοπό - αρχικά - να εξεταστούν βασικές έννοιες που σχετίζονται με τα θέματα ενέργειας του οικιακού αλλά και γενικότερα του κτιριακού τομέα. Παράλληλα παρουσιάζεται η υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση του οικιακού και τριτογενή τομέα στην Ελλάδα και γίνεται φανερή η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας αλλά κυρίως για εφαρμογή εναλλακτικών τρόπων για την κάλυψη των ενεργειακών καταναλώσεων. Στη συνέχεια γίνεται επισκόπηση και περιγραφή των βασικών ηλεκτρικών καταναλώσεων μιας οικίας και προσδιορίζονται τα ηλεκτρικά φορτία. Τέλος, στο ίδιο Κεφάλαιο αναφέρονται τρόποι διαχείρισης της ενέργειας καθώς και μια σύντομη επισκόπηση του λογισμικού RETScreen που θα χρησιμοποιηθεί στη παρούσα εργασία.

Το τρίτο Κεφάλαιο αναφέρεται στην μεθοδολογία που ακολουθείται με σκοπό την αξιολόγηση επενδύσεων σε ΑΠΕ. Σε αυτό το πλαίσιο γίνεται μια περιεκτική περιγραφή των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν, των Σεναρίων που αναπτυχθήκαν αλλά και του λογισμικού RETScreen που εφαρμόστηκε για την τεχνικο-οικονομική και περιβαλλοντική αποτίμηση των Σεναρίων.

Στο τέταρτο Κεφάλαιο παρατίθεται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία του λογισμικού ενώ ταυτόχρονα διεξάγεται μια αναλυτική συζήτηση γύρω από τις τελικές εκτιμήσεις του λογισμικού προγράμματος.

Στο πέμπτο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα καθώς και κάποιες προτεινόμενες ενέργειες αλλά και εμπόδια τα οποία θα πρέπει να ξεπεραστούν για να επιτευχθεί η εφαρμογή της κατάλληλης περιβαλλοντικής πολιτικής σχετικά με αυτό το θέμα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

### 2.1. Ενέργεια και οικιακός τομέας.

#### 2.1.1. Βασικές έννοιες

Κάθε φυσικό σύστημα περιέχει (ή εναλλακτικά αποθηκεύει) μία ποσότητα που ονομάζεται **ενέργεια**. Πρόκειται περισσότερο για μια λογιστική έννοια, που μας δίνει τη δυνατότητα να προβλέψουμε την εξέλιξη ή την κίνηση ενός συστήματος. Γενικά ως ενέργεια θεωρείται η ικανότητα να παραχθεί έργο και μπορεί να οριστεί σαν το ποσό του [έργου](#) που απαιτείται προκειμένου το σύστημα να πάει από μια αρχική κατάσταση σε μια τελική. Ακριβώς πόση ενέργεια περιέχεται σε ένα σύστημα μπορεί να υπολογιστεί παίρνοντας το άθροισμα ή το ολοκλήρωμα ενός αριθμού ειδικών εξισώσεων, καθεμιά από τις οποίες δίνει την ενέργεια που έχει αποθηκευτεί κατά έναν ιδιαίτερο τρόπο (Wright 2005).

Ανάλογα με τον τρόπο που έχει αποκτηθεί, ανταλλαχθεί ή αποθηκευτεί, μπορούμε να μιλήσουμε για πολλές μορφές ενέργειας: την κινητική ενέργεια, τη δυναμική ενέργεια, τη χημική ενέργεια, την πυρηνική ενέργεια, την θερμική ενέργεια και την ηλεκτρική ενέργεια (Βλάχου 2001).

Η ενέργεια θεωρείται ως ένας πρωταρχικός παράγοντας για τη δημιουργία ευημερίας και ως μια πολύ σημαντική συνιστώσα στην οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη των λαών. Η σπουδαιότητα της ενέργειας στην ανάπτυξη αναγνωρίζεται παγκοσμίως και τα ιστορικά δεδομένα επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι υπάρχει πολύ ισχυρή σχέση ανάμεσα στη διαθεσιμότητα της ενέργειας και σε μια πλειάδα δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται στις ανθρώπινες κοινωνίες (Kalogirou 2004, σελ. 235). Μιλάμε επομένως για μια διπλή φύση της ενέργειας: ως υπηρεσία αλλά και ως οικονομικό αγαθό, αποκτά έτσι ένα ρόλο ζωτικής σημασίας τόσο για τη διαβίωση, την τροφή, την παραγωγή, τη μεταφορά των ανθρώπων αλλά και για την γενικότερη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη των λαών (Κάπρος 2006).

Όπως διαπιστώνεται από την μελέτη τόσο παλαιότερων ερευνητικών εργασιών (Ball 1981, Cramer et al 1984, Stafford 1985) όσο και της πιο πρόσφατης βιβλιογραφίας (Cockroft και Kelly 2006, Kalogirou και Tripanagnostopoulos 2006, De Nooij et al 2003, Clinch και Healy 2001, Ramachandra et al 2000) αλλά και από τις καθημερινές φύσεως δραστηριότητες, ένας από τους τομείς όπου η ενέργεια διαδραματίζει ρόλο ζωτικής σημασίας είναι αυτός του οικιακού τομέα. Ενδεικτικό της αξίας της ενέργειας σε αυτόν τον τομέα, είναι το γεγονός ότι όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα μέσα σε ένα νοικοκυριό είναι άμεσα εξαρτημένες από την διαθεσιμότητα ενέργειας, και η δυσκολία πρόσβασης σε αυτήν μπορεί

πολλές φορές να καθορίσει σε σημαντικό βαθμό τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου αλλά και να διατελέσει στην αναστολή βασικών λειτουργιών του. Ο βαθμός εξάρτησης των νοικοκυριών από το ενεργειακό σύστημα αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι σήμερα ο οικιακός τομέας απορροφά – περίπου - το 1/4 της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας, ενώ παρουσιάζει ανησυχητικά αυξητικές τάσεις που την τελευταία δωδεκαετία κυμάνθηκε στο 54% και ειδικά στους δείκτες θέρμανσης, ηλεκτρικών συσκευών και φωτισμού στο 65%, όταν η μέση κατανάλωση έχει ανεβεί κατά 35% (Ιδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών (IOBE), 2005).

Προκειμένου να γίνει πιο κατανοητή η σημασία του **οικιακού τομέα**, θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμο σε αυτό το σημείο να γίνει μια αποσαφήνιση της έννοιας του. Η έννοια αυτή - όπως χρησιμοποιείται στα πλαίσια αυτής της εργασίας - περιλαμβάνει όλες τις ενεργειακές καταναλώσεις που πραγματοποιούνται από τις διάφορες λειτουργίες των ατόμων που κατοικούν σε ένα συγκεκριμένο οίκημα. Αυτές οι λειτουργίες περιλαμβάνουν κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό, θέρμανση και ψύξη χώρων, θέρμανση νερού, μαγείρεμα, χρήση διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών αλλά και οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα που μπορεί να αναπτυχθεί και απαιτεί κατανάλωση ενέργειας με σκοπό την εξυπηρέτηση των αναγκών και των απαιτήσεων των ατόμων που διαμένουν μέσα σε αυτή την οικία.

Συμβολικό της σημαντικότητας της ενέργειας για τον οικιακό τομέα είναι ο συνυπολογισμός της, στην ταξινόμηση της συνολικής κατανάλωσης μαζί με τους τομείς της βιομηχανίας και των μεταφορών. Η ακριβής ποσοτικοποίηση είναι δύσκολη εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι ένας τομέας του οποίου ο αριθμός των καταναλωτών είναι πολύ μεγάλος. Επιπροσθέτως σε αυτό επιδρούν μια ποικιλία καταστάσεων που σχετίζονται με το τρόπο ζωής των χρηστών όπως ο τρόπος με τον οποίο αυτοί χρησιμοποιούν το σπίτι, το βιοτικό τους επίπεδο, ο αριθμός των μελών της οικογένειας κ.α. (Andrade 2001, σελ. 525).

Στο επίπεδο ανάλυσης του νοικοκυριού ο οικιακός τομέας φανερώνει μεγάλη ποικιλία αλλά και πολύπλοκες μεθόδους ενεργειακής κατανάλωσης. Η πολύπλοκη φύση αυτής της ενεργειακής κατανάλωσης καθορίζεται ταυτόχρονα από τα ανθρώπινα και τα φυσικά χαρακτηριστικά που εμπεριέχονται σε ένα νοικοκυριό (Hitchcock 1993). Χαρακτηριστικό είναι αυτό που αναφέρει ο Stafford (1985): «τα κτίρια αυτά κάθε αυτά δεν καταναλώνουν ενέργεια, αλλά οι άνθρωποι οι οποίοι ζουν μέσα σε αυτά χρησιμοποιούν την ενέργεια» από την άλλη όμως ο Cramer et al (1984) αναγνωρίζοντας το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν οι κάτοικοι αντιμετωπίζει τη χρήση ως ένα πιο φυσικό φαινόμενο λέγοντας χαρακτηριστικά ότι: «Η ανθρώπινη συμπεριφορά, το εισόδημα και οι προθέσεις ενός ατόμου δεν καταναλώνουν άμεσα ηλεκτρική ενέργεια. Αντιθέτως αυτό που κάνουν είναι να επηρεάζουν το πώς θα λειτουργήσουν οι διάφορες συσκευές».

Διαπιστώνεται, επομένως, ότι το νοικοκυριό μπορούμε να το χωρίσουμε σε δυο υποσυστήματα: στο ανθρώπινο - το οποίο συνιστάται από τους ενοίκους της κάθε οικίας - και στο φυσικό (ή υλικό) - το οποίο αποτελείται από τα υλικά και τις συσκευές που υπάρχουν σε μια κατοικία - και είναι η σχέση και η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των δύο η οποία καθορίζει την τελική κατανάλωση ενός νοικοκυριού (Hitchcock 1993).

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι ενεργειακές ανάγκες ενός νοικοκυριού αλλά και μιας οικονομίας γενικότερα, απαιτείται λεπτομερής γνώση των διαφόρων κατηγοριών διανομής (Andrade 2001, σελ. 528). Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται το ενεργειακό ισοζύγιο.

**Το γενικό ενεργειακό ισοζύγιο** ουσιαστικά είναι ένας πίνακας με δυο συντεταγμένες. Οι στήλες απεικονίζουν τις διαφορετικές μορφές ενέργειας, ενώ οι γραμμές παρουσιάζουν, για την κάθε μορφή, τη ροή της ενέργειας από την παραγωγή στην τελική κατανάλωση. Η μονάδα που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των καταναλώσεων είναι οι Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου (ΤΙΠ). Για την μετατροπή σε ΤΙΠ χρησιμοποιείται η θερμογόνος αξία κάθε ενεργειακού προϊόντος (ICAP / Δήλος 2000).

Το ενεργειακό ισοζύγιο συνιστά ένα στατιστικό εργαλείο καταγραφής των ενεργειακών μεγεθών ενός συστήματος εντός ορισμένης χρονικής περιόδου. Με το εργαλείο αυτό επιτυγχάνεται η καταγραφή των ενεργειακών μεγεθών σε όλα τα στάδια μετατροπής της ενέργειας από την πρωτογενή της μορφή μέχρι την ωφέλιμη χρήση της καθώς επίσης και η καταγραφή του τρόπου ισοσκελισμού των αναγκών με τις προμήθειες ενέργειας, ή της ζήτησης με την προσφορά ενέργειας (Κάπρος 2006).

### **2.1.2. Υφιστάμενη κατάσταση**

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η κατανάλωση και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας των κρατών μελών κινείται ανοδικά, όπως και η εγκατεστημένη δυναμικότητα παραγωγής. Η υψηλότερη κατά κεφαλή κατανάλωση παρατηρείται στις σκανδιναβικές χώρες, ενώ η χαμηλότερη στις μεσογειακές (IOBE 2005).

Έχει διαπιστωθεί ότι στην Ευρώπη το 90% του χρόνου μας περνάμε εντός των κτιρίων (<http://www.adamsnet.gr>). Τα κτίρια των κατοικιών μαζί με αυτά του τριτογενή τομέα αποτελούν την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στην Ευρώπη καθώς σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, και ζεστό νερό χρήσης στον οικιακό και τριτογενή κτιριακό τομέα, αναλογεί στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη, ενώ μόλις το 28% στην βιομηχανία και το 32% στις μεταφορές. Η συμμετοχή του οικιακού και τριτογενή κτιριακού τομέα στην συνολική κατανάλωση αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια ενώ θεωρείται ότι θα

συμβάλει το 2010 στις συνολικές εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα κατά 18% CO<sub>2</sub>, 10% CO, 6% SO<sub>2</sub> και 4% NO<sub>x</sub> (Περδίδος 2006, Bakos et al 2003, σελ. 758). Έχει καταγραφεί ότι η θέρμανση των κτιρίων κατέχει σημαντικό μέρος των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεων τους (69%), ακολουθούμενη από τη παραγωγή ζεστού νερού (15%), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό (11%). Συγκριτικά αναφέρουμε ότι σε χώρες όπου υπάρχουν δριμείς χειμώνες μακράς διαρκείας (π.χ Φιλανδία, Δανία) η θέρμανση ανέρχεται σε 1,5 ΤΠΠ/κατοικία ενώ στην Ελλάδα το αντίστοιχο μέγεθος είναι 0,9 ΤΠΠ/κατοικία (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 2002).

Η ανά χώρα διακύμανση της ενέργειας που καταναλώνουν τα κτίρια ποικίλλει από 20% για την Πορτογαλία έως και 45% για την Ιρλανδία, ενώ στην Ελλάδα κυμαίνεται περίπου στο 35%, με μέσο ρυθμό αύξησης 4% τη τελευταία δεκαετία. Έτσι, τα κτίρια των κατοικιών μαζί με αυτά του τριτογενή τομέα (σχολεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, νοσοκομεία, γυμναστήρια, κολυμβητήρια, εστιατόρια, ξενοδοχεία, καταστήματα και γραφεία), αποτελούν πλέον τον δεύτερο μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας στην Ελλάδα, ενώ στην Ευρώπη βρίσκονται ήδη στην πρώτη θέση. Αντιστοιχεί περίπου ένας τόνος ισοδύναμου πετρελαίου (1ΤΠΠ =11630 kWh) ανά έτος και ανά κάτοικο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στην Ευρώπη (Περδίδος 2006). Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι περίπου τα 2/3 της καταναλισκόμενης ενέργειας των κτιρίων αφορά τα νοικοκυριά (<http://www.adamsnet.gr>).

Επιπλέον, η παραγωγή ενέργειας ευθύνεται για το 94% των ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα με ένα σημαντικό μερίδιο τουλάχιστον 45% να αναλογεί στον κτιριακό τομέα (ΚΑΠΕ 2006β). Το CO<sub>2</sub> και άλλα αέρια απορροφούν και κατακρατούν μέρος της θερμότητας, που εκπέμπει η επιφάνεια της γης προς το διάστημα με τη μορφή της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η παγίδευση της ακτινοβολίας ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου και συμβάλλει στην υπερθέρμανση της γης.

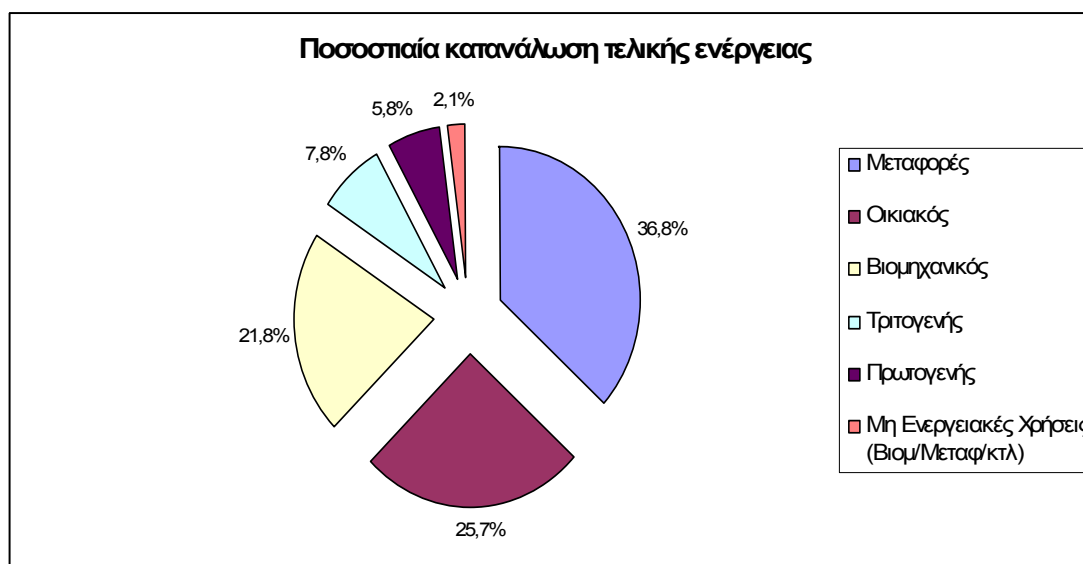
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση στηρίζεται κατά κύριο λόγο στους θερμικούς και πυρηνικούς σταθμούς. Μικρότερη συμμετοχή στην παραγωγή έχουν οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια, σε επίπεδο Ε.Ε., επήλθαν ουσιαστικές αλλαγές στο θεσμικό πλαίσιο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τα σημαντικότερα σημεία των θεσμικών αλλαγών αφορούν:

- (α) την επιτάχυνση της διαδικασίας εισαγωγής του ανταγωνισμού στις επιμέρους αγορές και τη δημιουργία μιας ενιαίας εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας,
- (β) τον καθορισμό κανόνων για τις διασυνοριακές ανταλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας και
- (γ) την ανάπτυξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Πλήρης ανταγωνισμός έχει επιτευχθεί μόνο σε τέσσερα κράτη μέλη (Ηνωμένο Βασίλειο, Σουηδία, Φιλανδία και Δανία), ενώ καλά ανεπτυγμένοι είναι ο ανταγωνισμός σε άλλα δύο (Αυστρία και Ολλανδία). Σε ορισμένα κράτη έχει συντελεστεί κάποια πρόοδος, όμως, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, στην Πορτογαλία και στα νεοεισερχόμενα κράτη έχουν γίνει μόνο ορισμένα αρχικά βήματα, με αποτέλεσμα ο ανταγωνισμός να μη λειτουργεί (IOBE 2005).

Όσον αφορά τον καθ' εαυτό οικιακό τομέα σύμφωνα με τον Hitchcock (1993) υπολογίζεται ότι αυτός «είναι υπεύθυνος για το 1/3 της ενεργειακής κατανάλωσης στις περισσότερες χώρες του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας & Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ)» (σελ.151). Από την άλλη όμως σε κάποιες άλλες χώρες εκτός Ευρώπης όπως το Μπαγκλαντές ο οικιακός τομέας φθάνει να καταναλώνει περίπου το 64,7% της συνολικής ενέργειας (Biswas, Lucasg 1997, σελ. 771).

Πιο συγκεκριμένα για την Ελλάδα ο οικιακός τομέας - σύμφωνα με το Ενεργειακό Ισοζύγιο της χώρας και τα στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης (<http://www.ypan.gr>) - κατανάλωσε το 2003 το 25,7% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης. Παρατηρείται ότι είναι ένας αρκετά ενεργοβόρος τομέας αφού έρχεται δεύτερος έπειτα από τον τομέα των μεταφορών ο οποίος καταναλώνει το 36,8% της διαθέσιμης τελικής κατανάλωσης. Ακολουθεί ο βιομηχανικός (21,8%), ο τριτογενής (7,8%) και τέλος ο πρωτογενής τομέας (5,8%) (Σχήμα 2.1).

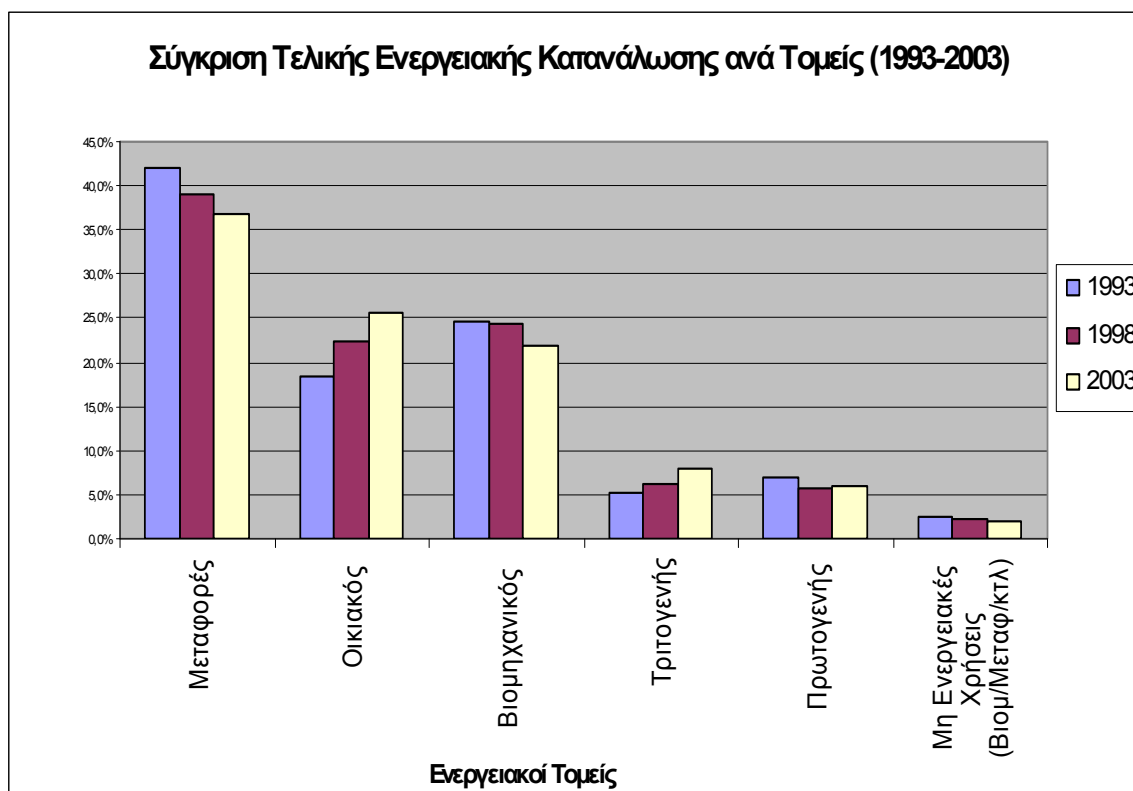


Σχήμα 2.1. Ποσοστιαία κατανάλωση τελικής ενέργειας για την Ελλάδα το έτος 2003

Αξίζει να σημειωθεί ότι από το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας διαπιστώνεται μια συνεχής ανοδική πορεία του οικιακού τομέα (στο θέμα της κατανάλωσης τελικής ενέργειας) αφού σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία του ΥΠ.ΑΝ στο χρονικό διάστημα 1998-2003 η κατανάλωση του εξεταζόμενου τομέα αυξήθηκε περίπου κατά 28%, με μέσο ετήσιο ρυθμό



αύξησης 3%, ενώ κατά τη χρονική περίοδο 1993-2003 αυξήθηκε περίπου κατά 94% και είχε μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4%. Επίσης, θα πρέπει εδώ να τονιστεί το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια αυτής της δεκαετίας ο οικιακός τομέας μαζί με τον τριτογενή τομέα είναι οι μόνοι οι οποίοι αύξησαν το ποσοστό συμμετοχής τους στην συνολική κατανάλωση τελικής ενέργειας, με τον οικιακό τομέα να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συγκριτικά ποσοστιαία αύξηση από όλους του τομείς της ελληνικής οικονομίας (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2. Σύγκριση τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τομείς για την Ελλάδα (1993-2003)

Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί ότι η μέση τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (προ φόρου) για οικιακή χρήση υποχώρησε με μέσο ετήσιο ρυθμό μεταβολής 0,3% την περίοδο 1991-2004. Όμως την τριετία 2002-2004 παρατηρείται άνοδος των τιμών κατά 3,3% ετησίως που αντανακλά σε κάποιο βαθμό τη διαφοροποίηση των στόχων της τιμολογιακής πολιτικής πριν και μετά την απελευθέρωση της αγοράς. Ανάλογη εξέλιξη καταγράφουν και οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας για βιομηχανική χρήση, όμως και στις δύο περιπτώσεις, αν ληφθεί υπόψη η μεταβολή του γενικού επιπέδου τιμών, προκύπτει ότι σε πραγματικούς όρους οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας υποχώρησαν σημαντικά την υπό εξέταση περίοδο (IOBE 2005).

Οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας ήταν χαμηλότερες συγκριτικά με το μέσο όρο των τιμών στην ΕΕ 15. Η μέση τιμή για οικιακή χρήση ήταν κατά 40% υψηλότερη στην ΕΕ

15 απ' ότι στην Ελλάδα, ενώ η μέση τιμή για βιομηχανική χρήση το 2004 ήταν (μόλις) 1% υψηλότερη στην ΕΕ 15 (IOBE 2005).

### **2.1.3. Εξοικονόμηση ενέργειας και οικιακός τομέας**

Βαδίζοντας στον 21ο αιώνα, 1.7 δισεκατομμύρια άνθρωποι - περίπου ένας στους τέσσερις κατοίκους του πλανήτη, οι οποίοι ζουν κυρίως σε αγροτικές περιοχές, δεν έχουν πρόσβαση ούτε σε ηλεκτρικό ρεύμα, ούτε σε στοιχειώδη μέσα για το μαγείρεμα της τροφής τους και περισσότεροι από δύο (2) δισεκατομμύρια τροφοδοτούνται ανεπαρκώς με ηλεκτρισμό σύμφωνα με έκθεση του United Nations Environment Programme (UNEP) (Rehman et al, Article in press). Αυτός ο αριθμός αυξάνεται συνεχώς, αφού η αύξηση του πληθυσμού είναι ταχύτερη από τις συνδέσεις με το δίκτυο, καθώς και με την παροχή ενέργειας εκτός δικτύου. Καθημερινά, εκατοντάδες εκατομμύρια άνθρωποι αναγκάζονται να χρησιμοποιήσουν ακριβές, ρυπογόνες και αναξιόπιστες λύσεις όπως λάμπες κηροζίνης, κεριά και καυσόξυλα, που βλάπτουν την υγεία και συμβάλλουν στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΚΠΙΑΑ) 2003). Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι σε χώρες όπως το Μπαγκλαντές και η Ινδία, η κύρια πηγή ενέργειας για φωτισμό είναι η κηροζίνη με ότι συνέπειες μπορεί αυτό να έχει για τη ανθρώπινη υγεία (Biswas, Lucasg 1997, σελ. 771, Sarmah et al 2002, σελ. 17).

Επομένως, αφ' ενός από τη μια παρατηρείται ότι σήμερα, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα είναι η απουσία πρόσβασης σε καθαρή και αξιόπιστη ενέργεια που είναι απαραίτητη για βασικές ανάγκες, όπως είναι το καθαρό νερό, η υγειονομική περιθαλψη, η θέρμανση και ο φωτισμός (Kalogiou 2004, σελ. 236), αφ' ετέρου όμως προβλέπεται ότι στις περισσότερες αναπτυσσόμενες και αναπτυγμένες χώρες με τη συνεχή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου σε εθνικό επίπεδο η οικιακή κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρισμό, θέρμανση και ζεστό νερό θα αυξηθεί ταχύτατα στο κοντινό μέλλον (Chow et al 2006). Το ίδιο αυξητική αναμένεται να είναι και η κατανάλωση του οικιακού τομέα στην Ελλάδα αφού ο μέσος Έλληνας διαθέτει πλέον ένα μεγάλο μέρος του εισοδήματος του για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσής του (λ.χ εγκατάσταση συστημάτων θέρμανσης, κλιματισμού, τηλεόρασης, ηλεκτρονικών μηχανημάτων κλπ) (ICAP / Δήλος 2000).

Αυτή η ανισοκατανομή στην ενεργειακή κατανάλωση είναι μια από τις κύριες αιτίες κοινωνικής υστέρησης, αλλά και της γενικότερης άνισης μεταχείρισης και καθυστερημένης ανάπτυξης κάποιων λαών. Επίσης ως πολύ σημαντικοί παράγοντες οι οποίοι προβληματίζουν τον επιστημονικό κόσμο, τις κυβερνήσεις αλλά και την κοινή γνώμη και σχετίζονται με τα ενεργειακά θέματα θεωρούνται: η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, οι εκθετικά

αυξανόμενες ανάγκες για ενέργεια, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή και η γρήγορη μείωση των αποθεμάτων των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (Rehman et al, Article in press).

Εάν σε όλα αυτά συνυπολογίσουμε το γεγονός ότι η ρύπανση του περιβάλλοντος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατανάλωση ενέργειας τότε βλέπουμε πόσο σημαντικό είναι το θέμα της ενέργειας αλλά ταυτόχρονα και πόσο μεγάλη αξία έχει η ορθολογική διαχείριση αλλά και η εξοικονόμηση ενέργειας (Kalogirou 2004, σελ. 236). Λέγοντας ορθολογική διαχείριση εννοούμε την ορθή και συνετή εκμετάλλευση των φυσικών - ενεργειακών και μη - πόρων η οποία γίνεται με δεδομένο ότι οι φυσικοί πόροι δεν είναι ανεξάντλητοι και η χρήση τους θα πρέπει να διεξάγεται με τρόπο ο οποίος θα διασφαλίζει την ύπαρξη τους και για τις επόμενες γενεές.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ορθολογική διαχείριση και η εξοικονόμηση ενέργειας είναι εξίσου σημαντικές όσο ο εντοπισμός και εκμετάλλευση μιας νέας πηγής ενέργειας. Αυτό αποδείχτηκε από πολλές βιομηχανοποιημένες και αναπτυσσόμενες χώρες κατά τη διάρκεια της τελευταίας εικοσιπενταετίας. Φροντίζοντας απλά και μόνο για διάφορα περιβαλλοντικά θέματα συμπεριλαμβανομένου και κάποιων πρακτικών εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας, της διαχείρισης των αποβλήτων μιας οικίας, των στερεών απορριμμάτων, της ανακύκλωσης των διαφόρων υλικών, τη χρήση οργανικού λιπάσματος κ.α., εξοικονομούμε άμεσα ενέργεια αλλά και πόρους (Nandwani 2006, σελ. 699). Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί πρωταρχικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και έχει και οικονομική αξία αφού συμβάλλει στον περιορισμό της εκροής συναλλάγματος από την εθνική οικονομία προς εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων και κυρίως του πετρελαίου (ΚΑΠΕ 2000β).

Σήμερα, πολλές χώρες έχουν συνειδητοποιήσει την ανάγκη για μείωση των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις μη αντιστρεπτές παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές (Rehman et al, Article in press). Επομένως, διαπιστώνεται ότι παρόλο που στις αρχές του 1970, μετά από την πετρελαϊκή κρίση, το ενδιαφέρον περιστρεφόταν γύρω από το κόστος της ενέργειας, κατά την διάρκεια των τελευταίων δύο (2) δεκαετιών, η υφιστάμενη υποβάθμιση αλλά και ο αυξανόμενος κίνδυνος μη αντιστρεπτών επιπτώσεων στο περιβάλλον έχουν γίνει πιο αισθητά και φανερά από ποτέ άλλοτε. Η ραγδαία εξάπλωση και ένταση των περιβαλλοντικών προβλημάτων οφείλεται σε ένα συνδυασμό ποικίλων παραγόντων αότου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (άνοδος του παγκόσμιου πληθυσμού, της ενεργειακής κατανάλωσης και των βιομηχανικών δραστηριοτήτων) έχουν αυξηθεί δραματικά. Το να επιτευχθούν λύσεις στα περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα απαιτεί μακροπρόθεσμες δράσεις για βιώσιμη ανάπτυξη (Kalogirou 2004, σελ. 236).

Γίνεται φανερό τόσο από την καθημερινή μας ζωή αλλά και από τις μετρήσεις που έχουν γίνει, ότι ο οικιακός τομέας θεωρείται παγκοσμίως ένας από τους πιο ενεργοβόρους τομείς, ο οποίος συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές ρυπογόνων αερίων στην ατμόσφαιρα αλλά από την άλλη όμως είναι και ένας τομέας ο οποίος έχει αξιοσημείωτη δυναμικότητα για παραπέρα βελτίωση της ενεργητικής του απόδοσης (Clinch, Healy 2001, σελ. 131). Επομένως, κρίνεται επιτακτική η αλλαγή της παρούσας δομής του ενεργειακού μας προτύπου κατανάλωσης στον οικιακό τομέα (Chow et al 2006). Γι' αυτό το λόγο αλλά και επειδή η στέγαση και η διαμονή επηρεάζουν σημαντικά την υγεία και τη ποιότητα ζωής των ενοίκων, ήδη πολλές κυβερνήσεις έχουν όργανα πολιτικής τα οποία εστιάζουν σε αυτόν το τομέα και καταστρώνουν σχέδια δράσης και στρατηγικές για την διευθέτηση και εξομάλυνση των αρνητικών του επιπτώσεων (Clarke et al 2004, σελ. 759).

#### **2.1.4. Βασικές συνιστώσες του οικιακού τομέα**

Θέλοντας, να αναδείξουμε την αξία που διαδραματίζει ο οικιακός τομέας στην τελική κατανάλωση ενέργειας αλλά και τα περιθώρια που υπάρχουν για βελτίωση της αποδοτικότητας του θα αναφέρουμε κάποιες σημαντικές παραμέτρους που προέκυψαν μέσα από μια λεπτομερή εξέταση της σύγχρονης βιβλιογραφίας. Η συζήτηση αυτή έχει ως σκοπό να αναδείξει αφ' ενός το πόσο αυτό το θέμα απασχολεί τις σύγχρονες κοινωνίες και την επιστημονική κοινότητα και αφ' ετέρου το πόσο η εφαρμογή κάποιων πρακτικών ορθολογικής χρήσης της ενέργειας σε αυτό το τομέα μπορεί να επηρεάσει θετικά πολλά μεγέθη της οικονομίας.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι πρώτα απ' όλα είναι η αλλαγή στη συμπεριφορά των καταναλωτών και ο τρόπος που αυτοί θα χειριστούν τα θέματα που έχουν να κάνουν με την ενεργειακή κατανάλωση που θα συμβάλουν καθοριστικά σε μια σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας (Haas 1994, σελ. 427). Αφού, έχει διαπιστωθεί ότι όταν οι καταναλωτές εμπλέκονται στη παραγωγή του ηλεκτρικού τους ρεύματος, τότε ταυτόχρονα συμμετέχουν στη διαχείριση της ενέργειας αλλά και αποκτάνε ένα πιο έντονο αίσθημα ευθύνης (Haas 1994, σελ. 421).

Όσον αφορά την ενεργειακή αποδοτικότητα, φαίνεται ότι το ενεργειακό προφίλ του οικιακού τομέα αλλάζει καθοδηγούμενο από αντιτιθέμενες τάσεις. Οι θετικοί παράγοντες αλλαγής συμπεριλαμβάνουν την ανάπτυξη ενεργειακά αποδοτικότερων και περιβαλλοντικά πιο φιλικού εξοπλισμού (Cockroft, Kelly 2006, σελ. 2350). Σχετικά με αυτό ο Ball (1981) αναφέρει ότι το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρησιμοποιείται στον οικιακό τομέα είναι για θέρμανση χώρων και ζεστό νερό. Επομένως, αξιώνει ότι: «η πιο σημαντική πρόοδος για την εξοικονόμηση ενέργειας στον οικιακό τομέα θα προέλθει από μέτρα που θα παρθούν για την αύξηση της θερμικής απόδοσης των νέων κατοικιών και της μείωσης των θερμικών απωλειών

τα οποία θα επιτευχθούν με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων μόνωσης. Αυτά τα μέτρα έχουν αποδειχθεί ότι παρουσιάζουν μεγάλη οικονομική αποδοτικότητα» (σελ. 63).

Οι Clinch και Healy (2001) προσθέτουν μια άλλη διάσταση του θέματος διατυπώνοντας την άποψη ότι «η βελτίωση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας στον οικιακό τομέα, δίνει τη δυνατότητα να επιλυθεί ένας μεγάλος αριθμός κοινωνικών προβλημάτων, το σημαντικότερο εκ των οποίων είναι: το υψηλό ποσοστό της θνησιμότητας τον χειμώνα το οποίο προκύπτει από την απουσία θερμομόνωσης στα σπίτια και από την έλλειψη καυσίμων (π.χ. η αδυναμία να θερμανθεί ένα σπίτι σε μια επαρκή θερμοκρασία ως αποτέλεσμα των χαμηλών εισοδημάτων των ενοίκων του αλλά και της μειωμένης ενεργειακής αποδοτικότητας κάποιων σπιτιών)» (σελ. 131)

Επιπλέον, ο De Nooij et al (2003) με σκοπό να δώσει μια γενικότερη και πιο ολοκληρωμένη εικόνα του προβλήματος προκειμένου να μειωθεί η οικιακή χρήση ενέργειας αξιώνει ότι: «Στο επίπεδο των χωρών η ενεργειακή κατανάλωση καθορίζεται από παράγοντες όπως το καθαρό εγχώριο εισόδημα, η δομή της οικονομίας (πιο συγκεκριμένα από τη σχετική συνεισφορά της εντατικής ενέργειας και των εκτεταμένων αγαθών στη συνολική παραγωγή) και από το ποσόν της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε κάθε ένα ιδιαίτερο τομέα (ταυτόχρονα άμεση χρήση ενέργειας και το ποσό της ενέργειας που εμπεριέχεται στα ενδιάμεσα αγαθά)». Στηριζόμενοι σε αυτό προτείνουν ότι, μια κυβερνητική πολιτική θα πρέπει να κατευθύνεται σε κάθε ένα από αυτούς τους καθοριστικούς παράγοντες της χρήσης ενέργειας είτε εστιάζοντας στην τεχνολογία ή στη τομεακή ειδική πολιτική (σελ. 360).

Παρατηρείται, επομένως, ότι το θέμα της κατανάλωσης και της διαχείρισης της ενέργειας έχει πολύπλευρες διαστάσεις και επηρεάζει καθοριστικά - με ποικίλους τρόπους - τον τρόπο ζωής αλλά ακόμα και την ίδια την επιβίωση των ανθρώπων. Με δεδομένο όλα όσα ειπώθηκαν παραπάνω αλλά και το γεγονός ότι η αξιοποίηση και η εκμετάλλευση των ενεργειακών πόρων από τις σημερινές κοινωνίες γίνεται με ασυδοσία και απερισκεψία, κρίνεται επιτακτική μια ριζική αλλαγή στην υφιστάμενη δομή του ενεργειακού προτύπου κατανάλωσης αλλά και διοχέτευσης της ενέργειας.

Δεν μπορεί όμως αυτή η αλλαγή να επέλθει ακολουθώντας το παραδοσιακό ενεργειακό μοντέλο πάνω στο οποίο στήριζαν την ανάπτυξή τους οι βιομηχανικές χώρες του Βορρά. Κάτι τέτοιο θα απαιτούσε δυσθεώρατο οικονομικό κόστος και πολλές δεκαετίες για την ανάπτυξη των υποδομών, ενώ θα ενέτεινε την οικονομική εξάρτηση των φτωχότερων κρατών και θα επιδείνωνε τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών. Αντίθετα, η εφαρμογή πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας αλλά κυρίως η παροχή καθαρής, ανανεώσιμης ενέργειας για δύο δισεκατομμύρια άτομα είναι μία σημαντική πρόκληση, η οποία μπορεί να επιτευχθεί αν υπάρξει η απαραίτητη πολιτική βούληση. Βέβαια, είναι γεγονός ότι η ανάπτυξη των ΑΠΕ σε ευρεία

κλίμακα απαιτεί και αυτή μεγάλες επενδύσεις και κόστος αλλά εδώ είναι που τα κατάλληλα μέτρα σχεδιασμού των εκάστοτε κυβερνήσεων θα μπορούσαν να αποδώσουν καρπούς στοχεύοντας σε μεσο-μακροπρόθεσμες ωφέλειες - κοινωνικού-οικονομικού χαρακτήρα - από την εφαρμογή καθαρών ενεργειακών λύσεων (ΕΚΠΑΑ 2003).

Επομένως, απαιτείται, μία ριζικά διαφορετική αντιμετώπιση από αυτή που ακολουθείται μέχρι τώρα από διεθνείς οργανισμούς και κράτη. Απαιτείται επίσης πολιτική συνέπεια και μία αναδιάρθρωση της σημερινής αντίληψης της ενεργειακής ανάπτυξης. Η επίτευξη αυτού του στόχου δεν παρουσιάζει ουσιαστικά τεχνικά, οικονομικά ή θεσμικά εμπόδια, αλλά προϋποθέτει μία δέσμευση από τη διεθνή κοινότητα ώστε να στηρίξει αλλαγές στον τρόπο που χρηματοδοτούνται και επιδοτούνται τα ενεργειακά έργα. Η προώθηση καθαρής ενέργειας για την καταπολέμηση της φτώχειας αποτελεί συνεπώς μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της νέας ενεργειακής εποχής (ΕΚΠΑΑ 2003). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι μία ακόμα προοπτική για την επίτευξη του στόχου της βιώσιμης ανάπτυξης φανερώνεται με την εκμετάλλευση και την εξάπλωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Chow et al 2006), όπου η χρήση τους ειδικά στον οικιακό τομέα προβάλλει ως η πιο αποτελεσματική και αποδοτική λύση (Kalogirou 2004, σελ. 236). Γι' αυτό το λόγο και προκειμένου να καλυφθούν οι μελλοντικές ενεργειακές απαιτήσεις θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν νέες, καθαρές, ανανεώσιμες και διατηρήσιμες πηγές ενέργειας όπου και όποτε αυτό είναι εφικτό (Rehman et al, Article in press).

## **2.2. Κτίρια**

### **2.2.1. Η χρηστική αξία των κτιρίων**

Είναι γεγονός ότι τα κτίρια προσφέρουν στέγη και ιδιωτικότητα στους ανθρώπους και ρυθμίζουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα ζωής τους. Όπως είπε χαρακτηριστικά ο Winston Churchill «Ο άνθρωπος σχεδιάζει και ρυθμίζει τα κτίρια, και αυτά στη συνέχεια ρυθμίζουν τη ζωή του». Το ίδιο ακριβώς ισχύει για τους κοινόχρηστους χώρους, τους πάρους φύσεως οικισμούς και τις πόλεις που ζούμε. Συμπληρωματικά με την κοινωνική σημασία των κτιρίων, οι οικονομικές προεκτάσεις του κτιριακού χώρου είναι κεφαλαιώδεις. Η βιομηχανία του κτιρίου είναι ιδιαίτερα σημαντική και αντιπροσωπεύει ένα από τους πλέον δυναμικούς οικονομικούς τομείς. Μόνο στην Ευρώπη, οι εργασίες που σχετίζονται με τα κτίρια παρουσιάζουν ένα κύκλο εργασιών περί τα 460 εκατομμύρια δολάρια (Σανταμούρης 2005).

Το δομημένο περιβάλλον δεν είναι μια απλή συλλογή κτιρίων. Στην πραγματικότητα είναι το φυσικό αποτέλεσμα διάφορων οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών

διεργασιών οι οποίες συσχετίζονται ισχυρά με τις υπάρχουσες κοινωνικές ανάγκες και τα υπάρχοντα πρότυπα. Οικονομικές πιέσεις που σχετίζονται με το καθεστώς της ιδιοκτησίας, την αγορά εργασίας, τις επενδύσεις και τα προσδοκώμενα κέρδη, την αξία χρήσης των κτιρίων καθώς και την παραγωγή και διακίνηση των αγαθών, σε συνδυασμό με κοινωνικές καταστάσεις όπως ο πολιτισμός, η ασφάλεια, και η ευκολία εξεύρεσης των αγαθών καθώς και με περιβαλλοντικές επιδράσεις όπως η χρήση της γης, η ενέργεια και τα υλικά, ορίζουν, ρυθμίζουν και διαμορφώνουν το δομημένο περιβάλλον μέσα στο οποίο ζει το ανθρώπινο είδος (Σανταμούρης 2005).

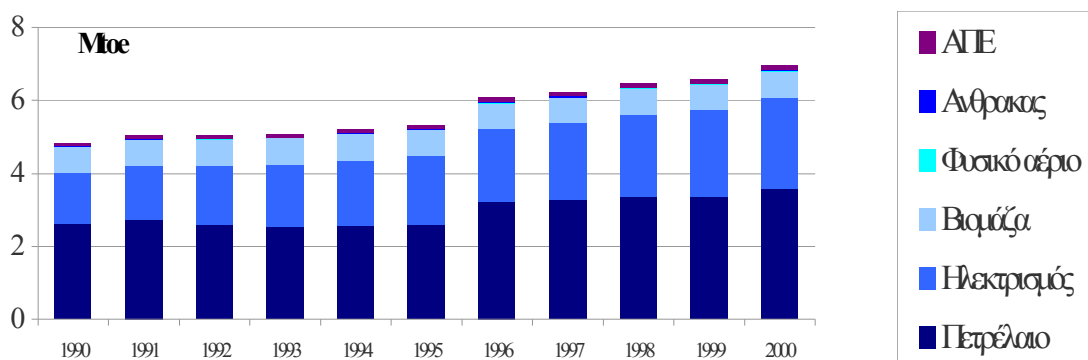
Παράλληλα, τα κτίρια επιδρούν σημαντικά πάνω στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον το οποίο με τη σειρά του καθορίζει την ποιότητα των κτιρίων. Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων αποτελεί ένα συμβιβασμό ανάμεσα στις σχεδιαστικές προτεραιότητες, την ενεργειακή κατανάλωση και την ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Καθώς τα κτίρια έχουν χρόνο ζωής που ξεπερνάει τις μερικές δεκάδες χρόνια, οι οποιοσδήποτε αποφάσεις λαμβάνονται κατά τον σχεδιασμό τους έχει μακροχρόνιες συνέπειες τόσο στο συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο όσο και στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον (Σανταμούρης 2005).

### ***2.2.2. Κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό και στον τριτογενή τομέα***

Το 2000, η κατανάλωση ενέργειας στον τομέα αυτό έφτασε τους 7 Mtoe [Mtoe = εκατομμύρια τόνων ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΠ)] ή το 37% της συνολικής ενεργειακής ζήτησης της Ελλάδας, σε σύγκριση με τους 4,8 Mtoe το 1990. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την ψύξη και θέρμανση χώρων και για την παραγωγή ζεστού νερού σε ιδιωτικά εμπορικά και δημόσια κτίρια. Ενέργεια υπό τη μορφή ηλεκτρισμού χρησιμοποιήθηκε για τη λειτουργία συσκευών/εξοπλισμού και των ηλεκτρικών συστημάτων σε ιδιωτικά, δημόσια και εμπορικά κτίρια. Στην ενεργειακή χρήση του τομέα συμπεριλαμβάνεται η χρήση από τον αγροτικό τομέα (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) 2002).

Οι αλλαγές της ενεργειακής κατανάλωσης του τομέα αντανακλούν τόσο τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στην Ελλάδα, όσο και την αύξηση του αριθμού των κατοικιών. Αυτοί οι δυο παράγοντες έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των επιπέδων θέρμανσης όπως και της ψύξης τελευταία καθώς και την αύξηση του αριθμού των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών. Η επιφάνεια των εμπορικών χώρων έχει επίσης αυξηθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα να αυξάνει τη ζήτηση ηλεκτρισμού για εξαερισμό, φωτισμό και εξοπλισμό γραφείου (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002).

Οι παράγοντες που συντείνουν στη μείωση του ρυθμού αύξησης της χρήσης ενέργειας του τομέα είναι η εγκατάσταση θερμομόνωσης σε ιδιωτικές κατοικίες και διαμερίσματα, η εγκατάσταση μονάδων ηλιακής θέρμανσης σε ιδιωτικές κατοικίες και κάποια μεγάλα ξενοδοχεία, η εγκατάσταση διπλών υαλοπινάκων σε νέα και, σε μερικές περιπτώσεις, σε παλαιότερα κτίρια, καθώς και η αντικατάσταση ή ο εκσυγχρονισμός των παλιών ηλεκτρικών συσκευών και των συσκευών θέρμανσης (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002).



(Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ 2002)

**Σχήμα 2.3. Τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό και στον τριτογενή τομέα**

Η γενικότερη τάση αύξησης της ενεργειακής ζήτησης, όπως παρουσιάζεται στο **Σχήμα 2.3**, είναι κυρίως αποτέλεσμα της αυξημένης ζήτησης ηλεκτρισμού και σε μικρότερο βαθμό των προϊόντων πετρελαίου. Το 2000, η συνεισφορά των τελευταίων ήταν στο 51% σε σύγκριση με 52% το 1990, ενώ η χρήση ηλεκτρισμού αυξήθηκε σε 36% συγκριτικά με 29% το 1990. Ωστόσο, αν και σε απόλυτες τιμές, η χρήση στερεών καυσίμων και βιομάζας έχει μείνει σχεδόν σταθερή τα τελευταία χρόνια, η σχετική τους συνεισφορά έχει πέσει στο 10% το 1999, σε σύγκριση με 16% το 1990. Μέχρι το 1985, η κύρια χρήση της βιομάζας ήταν για θέρμανση σε αγροικίες και εξοχικά κτίσματα. Έκτοτε, εκδηλώνεται μια σταδιακή μετατόπιση της χρήσης της από την ύπαιθρο στις μεγάλες αστικές περιοχές. Η αλλαγή αυτή είναι αποτέλεσμα τόσο της αύξησης του πληθυσμού στις μεγάλες πόλεις στην Ελλάδα, όσο και της ανανεωμένης ζήτησης για εγκατάσταση τζακιών σε ιδιωτικές κατοικίες και σε διαμερίσματα (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002).

### **2.2.3. Προτεραιότητες στον τομέα των κτιρίων**

Η αύξηση του ενδιαφέροντος για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος που παρατηρείται κατά τα τελευταία χρόνια σε συνδυασμό με τα τεχνολογικά επιτεύγματα στον τομέα της χρήσης της ηλιακής ενέργειας και της εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και η



συνεχής αυξανόμενη αστικοποίηση, ορίζουν τις κύριες προτεραιότητες για την μελλοντική έρευνα στον τομέα των κτιρίων. Έτσι, αυτές θα μπορούσαν να είναι οι παρακάτω :

- Η βελτίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί σαν συνδυασμός συνθηκών ικανοποιητικής ποιότητας του εσωτερικού αέρα με ανεκτά επίπεδα θερμικής, οπτικής και ακουστικής άνεσης στα κτίρια.

- Η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων με χρήση σύγχρονων εναλλακτικών παθητικών ηλιακών τεχνολογιών που βασίζονται στην βέλτιστη χρήση της ηλιακής ενέργειας και συνδυάζονται με τεχνικές παθητικού δροσισμού που στηρίζονται στη θερμική και ηλιακή προστασία του κτιρίου, καθώς και στην απόρριψη της πλεονάζουσας θερμότητας του κτιρίου σε θερμικές ατμοσφαιρικές καταβόθρες.

- Η προσαρμογή των αστικών κτιρίων στις ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος των πόλεων ώστε να είναι δυνατή η ενσωμάτωση ηλιακών συστημάτων και συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και η αντιμετώπιση των αλλαγών και μετασχηματισμών που συντελούνται στα θερμικά χαρακτηριστικά του αστικού περιβάλλοντος (Σανταμούρης 2005).

Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο στην υγεία και την άνεση όσο και την παραγωγικότητά του. Η κατά τα τελευταία χρόνια δραματική υποβάθμιση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος καθώς και η χρήση υλικών και συσκευών μη φιλικών προς αυτό έχουν συντελέσει στην εμφάνιση σημαντικών, ποιοτικά και ποσοτικά, περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων στα κτίρια. Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο (Σανταμούρης 2005).

Παράλληλα η αύξηση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και οι υψηλές εκπομπές μέρους των συγχρόνων δομικών υλικών συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντών στο εσωτερικό των κτιρίων με ιδιαίτερα σημαντικές συνέπειες τόσο στην υγεία όσο και την παραγωγικότητα των ενοίκων (Σανταμούρης 2005).

Τα παραπάνω καθορίζουν το πλαίσιο εξέτασης και ανάλυσης του όλου ενεργειακού και περιβαλλοντικού προβλήματος των κτιρίων. Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων δεν θα πρέπει να αποσυνδέεται από τα προβλήματα περιβάλλοντος και θα πρέπει να μελετάται σαν μια ενότητα μαζί με το συγκεκριμένο εξωτερικό μικροκλίμα στον χώρο του κτιρίου καθώς και το διαμορφούμενο εσωτερικό περιβάλλον. Η αλληλοσχετιζόμενη φύση των παραμέτρων που ορίζουν την απόδοση των κτιρίων απαιτεί την ανάπτυξη πρωτοβουλιών, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πειραματικό - πρακτικό επίπεδο, ενταγμένων σε μια συντονισμένη και ολοκληρωμένη δράση (Σανταμούρης 2005).

#### **2.2.4. Εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα**

Πέρα όμως από τις παραπάνω αξιώσεις διαπιστώνεται από διάφορες μελέτες που έχουν γίνει γύρω από αυτό το θέμα ότι μέτρα εξοικονόμησης σε παλιά κτίρια μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας μέχρι και 60%, ενώ σε νεόδμητα η κατανάλωση μπορεί να μειωθεί ακόμα και σε ποσοστό 90% με σωστό σχεδιασμό (ΕΚΠΑΑ 2003).

Έτσι σύμφωνα με το ΕΚΠΑΑ (2003), γενικότερα η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο μπορεί να επιτευχθεί με:

- τον περιορισμό των θερμικών-ψυκτικών φορτίων του κτιρίου,
- την εκμετάλλευση παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και τεχνικών ή και συστημάτων φυσικού-υβριδικού δροσισμού και κλιματισμού-ψύξης
- την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, και
- τη σωστή επιλογή, εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των συμβατικών συστημάτων.

Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας προκύπτει από το σωστό και ορθολογικό σχεδιασμό σε ότι αφορά τη χωροθέτηση και τον προσανατολισμό του κτιρίου, το μέγεθος, τον προσανατολισμό και τη θέση των ανοιγμάτων, καθώς και την προστασία του κελύφους (θερμομόνωση, ανεμοπροστασία και ηλιοπροστασία). Όταν το άμεσο κέρδος (νότια ανοίγματα) είναι μεγάλης επιφάνειας και δεν συνοδεύεται από επαρκή νυχτερινή μόνωση, μπορεί να έχουμε αρνητικά αποτελέσματα κατά τη διάρκεια του χειμώνα λόγω μεγάλων θερμικών απωλειών τη νύχτα.

Ο φυσικός δροσισμός με διαμερή αερισμό και άλλες τεχνικές ενδείκνυται για όλες τις κλιματικές περιοχές της χώρας, συμβάλλοντας σε σημαντικό βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη (έως και 100% για κτίρια στις βόρειες κλιματικές περιοχές). Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή τεχνικών φυσικού δροσισμού αποτελεί η ηλιοπροστασία του κτιρίου, ενώ ο νυχτερινός αερισμός προτείνεται τόσο σε κτίρια κατοικίας όσο και για χρήσεις κτιρίων του τριτογενή τομέα.

Πέραν των παθητικών συστημάτων που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, πολλά μπορούν να γίνουν και στον εξοπλισμό του κτιρίου (παλαιού ή νέου) προκειμένου να μειωθούν οι ανάγκες του σε ενέργεια και να βελτιωθεί η περιβαλλοντική συμπεριφορά του. Αναφέρουμε επιγραμματικά:

- Τακτική συντήρηση του λέβητα.
- Αντικατάσταση λέβητα πετρελαίου με λέβητα φυσικού αερίου ή βιομάζας.
- Σωστή μόνωση.
- Διπλά υαλοστάσια (κυρίως στις βόρειες περιοχές της χώρας) ή υαλοστάσια χαμηλού συντελεστή εκπομπής (low-e).

- Εξωτερική σκίαση.
- Αξιοποίηση του φυσικού δροσισμού και του νυχτερινού αερισμού του κτιρίου.
- Τοποθέτηση συστήματος ενεργειακού ελέγχου των κτιρίων – BMS (Building Management Systems). Το σύστημα BMS είναι ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου που ρυθμίζει τη θέρμανση, τον δροσισμό, τον αερισμό καθώς και τον φωτισμό ενός κτιρίου, ώστε να επιτυγχάνεται πάντοτε η ελάχιστη ενεργειακή κατανάλωση και ταυτόχρονα τα βέλτιστα επίπεδα θερμικής και οπτικής άνεσης.
- Τοποθέτηση θερμοστατικών διακοπών για ρύθμιση της θερμοκρασίας κάθε δωματίου ανάλογα με τις ανάγκες.
- Χρήση φωτιστικών μέσων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.
- Επιλογή ηλεκτρικών-ηλεκτρονικών συσκευών χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.
- Χρήση ηλιακών συστημάτων για ζεστό νερό χρήσης (ηλιακοί θερμοσίφωνες), θέρμανση και κλιματισμό ή και ηλεκτροπαραγωγή (με φωτοβολταϊκά συστήματα)

#### **2.2.5. Ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων**

Η φάση του σχεδιασμού ενός κτιρίου είναι κρίσιμη γιατί καθορίζει την ενεργειακή συμπεριφορά του. Ο ενεργειακός σχεδιασμός έχει σαν στόχο την ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, με ταυτόχρονη διατήρηση των συνθηκών άνεσης ή ακόμη και με βελτίωση τους.

Ο ενεργειακός σχεδιασμός στηρίζεται σε τέσσερις αρχές:

1. Εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων και περιβάλλοντος χώρου.
2. Χρήση κατάλληλων συστημάτων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.
3. Ενεργειακή διαχείριση με κατάλληλο σύστημα BMS, που εξασφαλίζει τη διαρκή επιτήρηση και τον έλεγχο των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου. Το σύστημα αυτό αποτελεί μία μοναδική λύση για τη συντονισμένη και ορθολογική λειτουργία των σύγχρονων εγκαταστάσεων σε μεσαία και μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα.
4. Αξιοποίηση των διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) για τη μερική ή ολική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου.

Από τον ενεργειακό σχεδιασμό προκύπτουν τα παρακάτω οφέλη:

- Εξοικονόμηση ενέργειας με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους λειτουργίας (λιγότερα καύσιμα).
- Μείωση των ρύπων, που προκαλούνται από την καύση των συμβατικών καυσίμων.
- Εξασφάλιση θερμικής και οπτικής άνεσης.

Επεξηγηματικά αναφέρουμε ότι η οπτική άνεση σε ένα χώρο απαιτεί α) την επίτευξη των απαραίτητων φωτιστικών επιπέδων για το είδος των εργασιών που επιτελούνται στο χώρο, β) την εξασφάλιση οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον και γ) την αποφυγή της οπτικής θάμβωσης. Τέλος, η έννοια της θερμικής άνεσης σε ένα χώρο σχετίζεται με το ενεργειακό ισοζύγιο των ενοίκων. Κάθε οργανισμός παράγει, δέχεται και αποβάλλει θερμότητα με διαδικασίες αγωγιμότητας, μεταφοράς, εκπομπής και εξάτμισης. Θετικό θερμικό ισοζύγιο σημαίνει αίσθημα θερμικής δυσφορίας, ενώ το αρνητικό θερμικό ισοζύγιο προκαλεί αίσθημα κρύου. Αν το φυσικό περιβάλλον του κτιρίου δεν εξασφαλίζει τη θερμική ουδετερότητα του ατόμου, απαιτείται η αλλαγή των κλιματικών παραμέτρων στο κτίριο και ειδικότερα της εσωτερικής θερμοκρασίας. Είναι προφανές ότι στην περίπτωση αυτή επεμβαίνουμε στο ενεργειακό ισοζύγιο του ίδιου του κτιρίου (Περδίδς 2006).

### **2.2.6. Βιοκλιματικός σχεδιασμός**

Στα μέσα της δεκαετίας του '80 η Ευρώπη «ανακαλύπτει» τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, η οποία μας διδάσκει όχι μόνο πως να θερμομονώνουμε τα κτίρια, αλλά και να τα προσανατολίζουμε σωστά σε σχέση με τον ήλιο και τους ανέμους μίας περιοχής. Μπορούμε λοιπόν, να πούμε ότι βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι ο σχεδιασμός των κτιρίων με βάση το τοπικό κλίμα της περιοχής, ο οποίος αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης. Η θέρμανση, η ψύξη, ο μηχανικός αερισμός και ο τεχνητός φωτισμός χρησιμοποιούνται μόνον για να συμπληρώσουν όσα η φύση έχει ήδη προσφέρει (Περδίδς 2006).

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι οι ακόλουθες :

1. Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση τον χειμώνα. Η ηλιακή ενέργεια εισέρχεται στο κτίριο μέσω των διάφορων ανοιγμάτων και αποθηκεύεται στη μάζα του, η οποία την επανεκπέμπει με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας, που δεν μπορεί πλέον να διαφύγει από το κτίριο (φαινόμενο θερμοκηπίου). Με αυτή τη διαδικασία βελτιώνεται το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου και μειώνονται οι ενεργειακές ανάγκες του για θέρμανση.
2. Αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για τον αερισμό και την ψύξη του κτιρίου το καλοκαίρι.
3. Αξιοποίηση του φυσικού φωτός για τον φωτισμό του κτιρίου.
4. Αξιοποίηση της βλάστησης για τον σκιασμό του κτιρίου το καλοκαίρι.
5. Μείωση των θερμικών απωλειών του κτιρίου. Εξασφαλίζεται με τη θερμομόνωση του κελύφους και με την χρήση εναλλακτών θερμότητας, οι οποίοι περιορίζουν δραστικά τις απώλειες μέσω αερισμού (Περδίδς 2006).

Δηλαδή, το κτίριο λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης, αποθήκη θερμότητας, παγίδα θερμότητας και παγίδα φυσικού δροσισμού. Έτσι, τελικά, επιτυγχάνουμε χρήση των ΑΠΕ, περιορισμό της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων, ελαχιστοποίηση της χρήσης κλιματιστικών συσκευών για την ψύξη των κτιρίων (μείωση του μέγιστου φορτίου σε κρίσιμες χρονικά περιόδους στο ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ) και περιορισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος για τη χρήση του τεχνητού φωτισμού. Κατά συνέπεια ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εξοικονομεί ενέργεια και συμβάλλει στη βελτίωση της ατμόσφαιρας και στην ισορροπία των οικοσυστημάτων του πλανήτη (Περδίδης 2006).

### **2.2.7. Χρήσεις ενέργειας στα κτίρια**

Είναι γνωστό ότι προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες ενός κτιρίου/οικίας δυο τρόποι υπάρχουν: με συμβατικές πηγές ενέργειας και με ανανεώσιμες ή ήπιες μορφές ενέργειας. Λέγοντας συμβατικές εννοούμε την ενέργεια που παράγεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο, λιγνίτης κ.α. ενώ χρησιμοποιώντας τον όρο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) εννοούνται: «Οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η βιομάζα, τα αέρια που εκλύονται από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, τα βιοκαύσιμα, η γεωθερμική ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται από μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς» (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως 2006). Αξίζει εδώ να μνημονευθεί και ένας ορισμός που δίνεται για τις ήπιες μορφές ενέργειας. Έννοια η οποία είναι ταυτόσημη με αυτή των ΑΠΕ, καθώς ήπιες μορφές ενέργειας ονομάζονται εκείνες που αξιοποιούν ενεργειακούς πόρους ανανεώσιμους, με φυσικό τρόπο σε βραχύ σχετικά χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να θεωρούνται ανεξάντλητες (Αλάσης 2005). Προκειμένου να γίνει πιο κατανοητή η έννοια των ανανεώσιμων ή ήπιων μορφών ενέργειας, θα ακολουθήσει μια συνοπτική περιγραφή των πιο διαδεδομένων μορφών που χρησιμοποιούνται σήμερα αλλά και των εφαρμογών και των χρήσεων τους στα διάφορα κτίρια.

#### **2.2.7.1. Μορφές των ΑΠΕ**

- **Αιολική Ενέργεια:** η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή/και σε ηλεκτρική ενέργεια (<http://www.hellasres.gr>). Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν σχεδόν αποκλειστικά μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες (Α/Γ). Η σημαντικότερη οικονομική εφαρμογή των Α/Γ είναι η σύνδεση τους στο δίκτυο μιας χώρας, για την απόδοση σε αυτό της

παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου, δηλαδή μια συστοιχία πολλών Α/Γ. Από την άλλη όμως όταν οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι μικρότερες όπως σε απομονωμένες αγροτικές ή εξοχικές κατοικίες, σταθμούς τηλεπικοινωνίας σε βουνά, φυλάκια ένοπλων δυνάμεων, ορειβατικά καταφύγια κ.λ.π. χρησιμοποιούνται μικρές Α/Γ σε συνδυασμό συνήθως με συστοιχίες συσσωρευτών για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Στις περισσότερες εφαρμογές η εγκατάσταση συνοδεύεται από νηζελογεννήτρια, η οποία εξασφαλίζει την αδιάλειπτη παροχή ρεύματος (ΚΑΠΕ 2006α).

- **Υδραυλική Ενέργεια:** αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια (<http://www.hellasres.gr>). Σήμερα η υδροηλεκτρική είναι η σημαντικότερη και η πιο ώριμη εφαρμογή ανανεώσιμης ενέργειας, με περίπου 700.000 MW εγκατεστημένης ισχύος, τα οποία παρήγαγαν το 2004 πάνω από το 16% της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι μιλάμε μόνο για τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά Συστήματα (ΜΥΗΣ) εφόσον τα μεγάλης κλίμακας εν γένει δεν θεωρούνται ως συστήματα αξιοποίησης των ΑΠΕ καθώς υπάρχει η αντίληψη ότι τα μεγάλα φράγματα δημιουργούν διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα. Σε αντίθεση με κάποιες άλλες από τις τεχνολογίες ΑΠΕ, τα ΜΥΗΣ μπορούν γενικά να παράγουν ένα ποσό ηλεκτρισμού σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή ανάλογα με τη ζήτηση. Βλέπουμε ότι η κύρια χρήση της υδραυλικής ενέργειας είναι για τη παραγωγή ηλεκτρισμού στα διάφορα κτίρια αλλά και σε ποικίλες άλλες δραστηριότητες (ΚΑΠΕ 2006α).

- **Βιομάζα:** είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης (<http://www.hellasres.gr>). Γενικά, ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση.

Σήμερα, η κύρια χρήση της βιομάζας εστιάζεται στη παραγωγή θερμικής ενέργειας (ICAP / Δήλος 2000). Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.α) σε περιορισμένη όμως κλίμακα (ΚΑΠΕ 2006α).

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κλπ) είτε με απευθείας καύση, είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιομηχανικών διεργασιών. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η διαδικασία της συμπαραγωγής. Με τη συμπαραγωγή, όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το

μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας που θα χάνονταν στο περιβάλλον, εάν χρησιμοποιούσαμε συμβατικούς τρόπους παραγωγής, ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς (ΚΑΠΕ 2006α).

Επίσης η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τηλεθέρμανση των κατοικιών. Τηλεθέρμανση ονομάζεται η εξασφάλιση ζεστού νερού τόσο για την θέρμανση των χώρων, όσο και για την απευθείας χρήση του σε ένα σύνολο κτιρίων, ένα οικισμό, ένα χωριό ή μια πόλη από ένα κεντρικό σταθμό παραγωγή θερμότητας. Ακόμη κάποιες από τις χρήσεις της είναι: η αξιοποίηση της σε μονάδες παραγωγής θερμότητας για την θέρμανση θερμοκηπίων, παραγωγή υγρών καυσίμων με τη βιοχημική της μετατροπή, παραγωγή καυσίμων με θερμοχημική της μετατροπή, ως βιοαέριο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΚΑΠΕ 2006α).

- **Ηλιακή Ενέργεια:** αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται και τη θερμότητα και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ήλιου (<http://www.hellasres.gr>). Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, διακρίνονται σε:

- **Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα:** μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα (<http://www.hellasres.gr>). Τα στοιχεία αυτά συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια τη μεταφέρουν σε νερό, αέρα ή κάποιο άλλο ρευστό, υπό μορφή θερμότητας. Γι' αυτό το σκοπό γίνεται η χρήση διάφορων μηχανικών μέσων. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή τους είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Χρησιμοποιούνται όμως ακόμα για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, αλλά και για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος η οποία επιτυγχάνεται σε συνδυασμό με κάποιο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος και με τη βοήθεια ειδικών τύπων θερμικών ηλιακών συστημάτων. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της πλεονάζουσας θερμότητας γνωστό και ως δεξαμενή καθώς και τις απαραίτητες σωληνώσεις και συστήματα ελέγχου. Στην Ελλάδα η κύρια χρήση των συστημάτων αυτών εστιάζεται στην χρήση των ηλιακών θερμοσιφώνων για τη κάλυψη της ανάγκης ζεστού νερού στα σπίτια. Υπολογίζεται ότι υπάρχουν αυτή τη στιγμή 600.000 ελληνικές οικογένειες που έχουν εγκατεστημένα τέτοια συστήματα (ΚΑΠΕ 2006α).
- **Παθητικά Ηλιακά και Υβριδικά Συστήματα:** αφορούν κατάλληλες αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών που εφαρμόζονται στα κτίρια για τη μεγιστοποίηση της απ' ευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα, δροσισμό τους το καλοκαίρι ή το φυσικό φωτισμό τους (<http://www.hellasres.gr>). Τα παθητικά ηλιακά συστήματα σε αντίθεση με τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία με «παθητικό

τρόπο». Δηλαδή, η λειτουργία τους δεν προϋποθέτει την εγκατάσταση κάποιων ηλεκτρικών ή μηχανολογικών συστημάτων και γενικότερα κινούμενων μερών. Στη κυριολεξία τα συστήματα αυτά λειτουργούν από μόνα τους, δηλαδή έχουν μια παθητική στάση και δεν χρειάζονται την ανθρώπινη παρέμβαση. Με τα παθητικά ηλιακά συστήματα επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του ενεργειακού κόστους που αφορά στη θέρμανση των κτιρίων ενώ παράλληλα βελτιώνεται η θερμική άνεση των ενοίκων. Η θέρμανση των κτιρίων με παθητικά ηλιακά συστήματα βασίζεται: α) Στη συλλογή ηλιακής ενέργειας και στην μετατροπή της σε θερμική (κυρίως μέσα από υαλοπίνακες), β) Στην αποθήκευση της θερμικής ενέργειας (μέσα στον ίδιο το σκελετό του κτιρίου, στα δάπεδα στους τοίχους), γ) στη διατήρηση της θερμότητας στο κτίριο, δ) στη διανομή της θερμότητας (μέσα στους διαφορετικούς χώρους του κτιρίου). Η κάλυψη των αναγκών για τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων με ηλιακά παθητικά συστήματα μπορεί να φθάσει έως και το 100%. Όμως για λόγους οικονομίας, ο σχεδιαστής στοχεύει συνήθως στην κάλυψη έως 50% - 70% των θερμικών ενεργειακών αναγκών του κτιρίου μέσω της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας (ICAP / Δήλος 2000). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση και οι εφαρμογές αυτής της τεχνικής συνάδει με τις αρχές της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής η οποία και περιγράφηκε πιο αναλυτικά προηγουμένως.

- **Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα:** μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια (<http://www.hellasres.gr>). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα (Φ/Β) αποτελείται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο (ηλιακός συλλέκτης), το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (για αυτόνομα συστήματα) και τα ηλεκτρονικά υποσυστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν τα φωτοβολταϊκά κύτταρα. Μια φωτοβολταϊκή συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα ηλιακά ηλεκτρικά πλαίσια συνδεδεμένα μεταξύ τους. Η ονομαστική τους ισχύ είναι από 10W έως 200W και υπάρχουν τρεις εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες. Από πλευράς σχεδιασμού και εγκατάστασης τα Φ/Β διακρίνονται σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα. Παραδείγματα αυτόνομων συστημάτων αποτελούν η ηλεκτροδότηση οικιών, τουριστικών μονάδων, μικρών οικισμών, η αφαλάτωση νερού, οι αγροτικές εφαρμογές (άντληση νερού, ιχθυοκαλλιέργειες κλπ.), οι τηλεπικοινωνίες, οι φάροι, τα μικρά Φ/Β συστήματα σε πόλεις (ηλεκτροδότηση τηλεφωνικών θαλάμων, παρκόμετρων, κα). Χαρακτηριστικό παράδειγμα των εφαρμογών Φ/Β στη χώρα μας είναι η εγκατάσταση κεντρικών και απομονωμένων (σε επίπεδο κατοικίας) Φ/Β σταθμών από τη ΔΕΗ σε κάποια νησιά για την ηλεκτροδότηση των τοπικών δημοτικών διαμερισμάτων (Κύθνος, Σίφνος, Γαύδος, Αρκοί, Κ. Κουφονήσια (ICAP / Δήλος 2000).



- **Γεωθερμική ενέργεια:** η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα (<http://www.hellasres.gr>). Η πιο διαδεδομένη χρήση των θερμών νερών της γεωθερμίας αυτή για θεραπευτικούς σκοπούς, ήταν γνωστή εδώ και χιλιάδες χρόνια σε όλο το κόσμο (Γεωργόπουλος 2001, σελ. 225). Όμως η γεωθερμία είναι μια ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης αλλά και να παράγει ηλεκτρική ενέργεια σε κάποιες περιπτώσεις. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150° C) η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών αλλά και στην ψύξη των κτιρίων (ΚΑΠΕ 2006β). Τέλος, οι πιο διαδεδομένες εφαρμογές αξιοποίησης της γεωθερμίας είναι για γεωργικές χρήσεις (θερμοκήπια, ξηρανήρια), για κτηνοτροφικές χρήσεις (θέρμανση ορνιθοτροφείων κ.ά), για θέρμανση νερού ιχθυοκαλλιεργειών, στη γεωργική βιομηχανία και για αφαλάτωση νερού (ΚΑΠΕ 2006β).

Συνοψίζοντας, διαπιστώνουμε ότι οι καθαρές αυτές πηγές ενέργειας που προέρχονται από ανανεώσιμους πόρους, μπορεί να έχουν μια ποικιλία εφαρμογών και να καλύψουν ικανοποιητικά το σύνολο των αναγκών των ανθρώπινων κοινωνιών. Εδώ, βέβαια, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στο τρόπο που αυτές θα χρησιμοποιηθούν αλλά και στην επιλογή της κατάλληλης εφαρμογής και τεχνικής η οποία θα εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής εφαρμογής αλλά και τα κλιματολογικά, τεχνικά, οικονομικά κ.ά δεδομένα.

Προκειμένου να έχουμε μια πληρέστερη εικόνα των εφαρμογών των ΑΠΕ, παρατίθεντο συνοπτικά στο **Πίνακα 2.1** οι κυριότερες μορφές των ΑΠΕ καθώς και οι διάφορες υπηρεσίες παροχής ενέργειας που μπορούν να προσφέρουν.

**Πίνακας 2.1. Τεχνολογίες ΑΠΕ και οι αντίστοιχες εφαρμογές τους**

Χρήσεις	Τεχνολογία						
	Φωτοβολταϊκά	Ηλιακοί φανοί	Ηλιακές εστίες	Αιολικές αντλίες νερού	Αιολικά	Μικρά Υδροηλεκτρικά	Βιομάζα Βιοαέριο
Ηλεκτρισμός στην κατοικία (εκτός δικτύου)	•	•			•	•	
Κέντρα υγείας και σχολεία	•				•	•	
Παραγωγή ηλεκτρισμού για πώληση στο δίκτυο	•				•	•	•
Άντληση νερού	•			•			
Μαγείρεμα και θέρμανση			•				•
Αγροτικές και εμπορικές χρήσεις	•		•		•	•	

(Πηγή: Ε.Κ.Π.Α.Α. 2003)

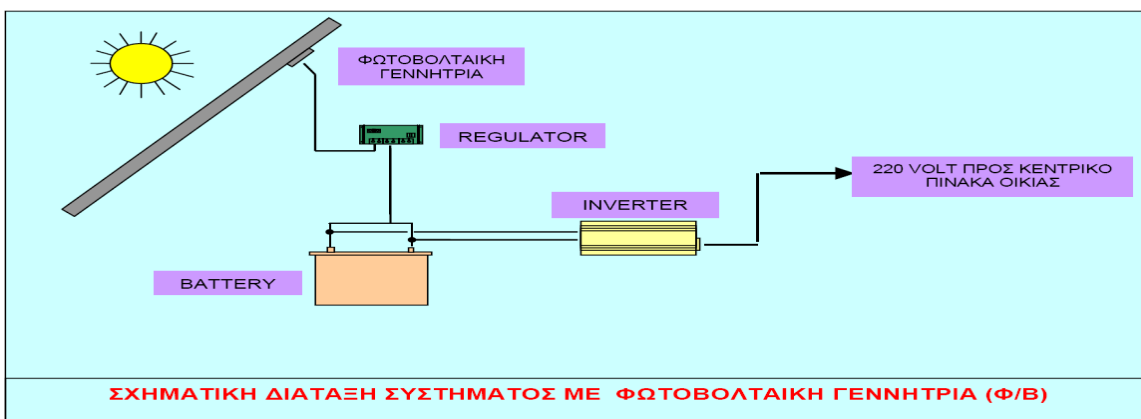
## 2.2.7.2. Εφαρμογές ΑΠΕ για ενεργειακά αυτόνομες οικίες

### 2.2.7.2.1. Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας

Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι οι όλες οι χρήσεις των ΑΠΕ που αναφέρθηκαν παραπάνω θεωρούνται τεχνολογικά ώριμες. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι για την ηλεκτροδότηση αυτόνομων ενεργειακά οικιών η τεχνολογία που έχει πρακτικά μεγαλύτερη εφαρμογή είναι αυτή των Φωτοβολταϊκών συστημάτων (Φ/Β). Τα Φ/Β θεωρούνται η πλέον προηγμένη τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής και προσφέρεται σε μεγάλη περιοχή εφαρμογών με αυτόνομα συστήματα σε συνδυασμό με αποθήκευση για την κάλυψη ζωτικών αναγκών. Μία τυπική Φ/Β συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 14% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι (Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (IENE), 2004):

- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων W ή και MW.
- Είναι εύχρηστα. Τα μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτίρια και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Είναι βαθμωτά συστήματα, δηλαδή μπορούν να επεκταθούν σε μεταγενέστερη φάση για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, χωρίς μετατροπή του αρχικού συστήματος.
- Λειτουργούν αθόρυβα, εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία. Οι εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές για τις Φ/Β γεννήτριες είναι περισσότερο από 25 χρόνια καλής λειτουργίας.
- Μπορούν να προσφέρουν ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη.
- Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα είναι σήμερα συγκρίσιμο με το κόστος αιχμής ισχύος, που χρεώνει η εταιρεία ηλεκτρισμού τους πελάτες της ([http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_photovol.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_photovol.htm))

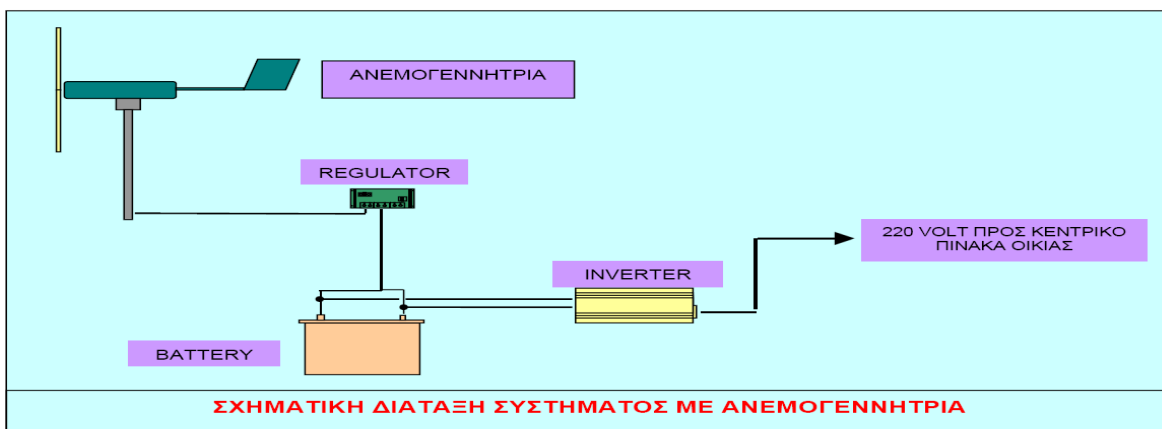
Την ηλιακή ακτινοβολία (άμεσο ηλιακό φως) μπορούμε να την μετατρέψουμε σε ηλεκτρική ενέργεια με την βοήθεια εναλλακτών (inverter). Η μετατροπή γίνεται σε συνεχές ρεύμα το οποίο αποθηκεύεται σε μπαταρία όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί όποτε εμείς θέλουμε. Η χώρα μας έχει υψηλό δυναμικό σε ηλιακή ακτινοβολία και είναι μια σίγουρη πηγή ενέργειας. Τα Φ/Β πλαίσια κατασκευάζονται από πυρίτιο και προστατεύονται από γυαλί και αλουμίνιο. Τοποθετούνται με διεύθυνση προς το νότο σε ψηλά σημεία ώστε να μην πέφτει σκιά επάνω τους καθ' όλη την διάρκεια της μέρας. Ένα χαρακτηριστικό Φ/Β σύστημα παρουσιάζεται στο **Σχήμα 2.4**.



(Πηγή: ΚΑΠΕ 2002)

**Σχήμα 2.4. Σχηματική διάταξη συστήματος με φωτοβολταϊκή γεννήτρια**

Εκτός όμως από τα Φ/Β τα οποία όπως είπαμε συλλέγουν ενέργεια από τον ήλιο αρκετά συχνά χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση αυτόνομων οικιών μικρές ανεμογεννήτριες (**Σχήμα 2.5**) οι οποίες συλλέγουν ενέργεια από τον άνεμο. Επίσης, αρκετά διαδεδομένη είναι και η εφαρμογή ενός υβριδικού συστήματος που να περιλαμβάνει και τα δύο (μικτά συστήματα) ώστε να εκμεταλλεύεται τους συχνούς ανέμους του χειμώνα και την μεγάλη ηλιοφάνεια των θερινών μηνών.



(Πηγή: ΚΑΠΕ 2002)

**Σχήμα 2.5. Σχηματική διάταξη συστήματος με ανεμογεννήτρια**

Παρακάτω περιγράφεται ο μηχανολογικός εξοπλισμός ο οποίος είναι απαραίτητος για την υλοποίηση εγκαταστάσεων - όπως οι παραπάνω - και που χρησιμεύει για την αξιοποίηση της ηλιακής – αιολικής ενέργειας, την μετατροπή της σε ηλεκτρική καθώς και την αποθήκευσή της. Ο εξοπλισμός, ο οποίος μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή - αυτόνομο ή διασυνδεδεμένο σύστημα - είναι ο εξής:

- **Μπαταρία (Battery)**, για την αποθήκευση της ενέργειας που συλλέγουμε. Το μέγεθος (χωρητικότητα Ah) της μπαταρίας καθορίζει την αποθηκευτική της ικανότητα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μπαταρίες μολύβδου τόσο με επίπεδες πλάκες όσο και ειδικές μπαταρίες με σωληνωτές θετικές πλάκες μεγάλης αντοχής, 1500 κύκλων και ικανότητας βαθιών εκφορτίσεων. Η μελέτη της μπαταρίας σε κάθε σύστημα αποτελεί εξειδικευμένη εργασία και αν δεν γίνει σωστά έχει σαν αποτέλεσμα την μειωμένη ζωή η και καταστροφή της μπαταρίας.

- **Μετατροπέας (Inverter)**, για την μετατροπή της τάσης της μπαταρίας από συνεχή σε εναλλασσόμενη 220 volt. Το inverter είναι ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει την συνεχή τάση της μπαταρίας σε εναλλασσόμενη 220 volt. Σημαντικό ρόλο παίζει η κυματομορφή εξόδου (καθαρή ημιτονοειδής η τροποποιημένου τετραγώνου), η ισχύς εξόδου, η προστασίες έναντι υπερφορτίσεων, υπερθερμάνσεων, η ποιότητα και ο τρόπος κατασκευής κλπ.

- **Ρυθμιστής (Regulator)**, για την προστασία της μπαταρίας από τα φωτοβολταϊκά και την ανεμογεννήτρια. Ο ρυθμιστής είναι ηλεκτρονική συσκευή και έχει σαν βασικό σκοπό την προστασία της μπαταρίας από υπερφόρτιση όταν η μπαταρία είναι φορτισμένη πλήρως. Η συσκευή αυτή είναι πάρα πολύ σημαντική καθόσον το σύστημα δεν χρειάζεται καμία επίβλεψη ενώ η μπαταρία παραμένει πάντα φορτισμένη χωρίς να υπερφορτίζεται. Εκτός από τα παραπάνω ένας σύγχρονος ρυθμιστής παρέχει και άλλες δυνατότητες όπως ενδείξεις LEDs για την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας, νυκτερινή λειτουργία (ανάβει φωτισμό μόλις νυχτώσει και τον κλείνει το πρωί) κλπ.

- **Ηλεκτρογεννήτρια** σαν εφεδρική πηγή ενέργειας. Όταν η ενέργεια που παίρνουμε από την φύση δεν επαρκεί, σε περιπτώσεις υπερκατανάλωσης, ή δυσμενών καιρικών συνθηκών (άπνοια, συννεφιά). Η ηλεκτρογεννήτρια συνδυάζεται πάντα με φορτιστή για την μετατροπή της τάσης της γεννήτριας σε συνεχή για την φόρτιση των μπαταριών. Ένα σύστημα που περιλαμβάνει και ηλεκτρογεννήτρια είναι εντελώς ανεξάρτητο από τις καιρικές συνθήκες και σε αρκετές περιπτώσεις στοιχίζει πολύ λιγότερο σαν κόστος αγοράς του συστήματος αλλά έχει το μειονέκτημα του κόστους του καυσίμου.

- **Φορτιστής** για την φόρτιση της μπαταρίας από την ηλεκτρογεννήτρια. Ο φορτιστής πρέπει να είναι μεγάλης ισχύος για την επαναφόρτιση των μπαταριών σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Επίσης πρέπει να είναι ειδικά κατασκευασμένος ώστε να αντέχει σε τέτοια βαριά χρήση.

- **Ειδικές συσκευές** σχεδιασμένες για 12 και 24 volt DC. Τέτοιες συσκευές είναι ηλεκτρονικές λάμπες 12 volt DC πολύ μικρής κατανάλωσης και μεγάλης φωτεινής απόδοσης, Ψυγεία 12/24 volt DC πολύ μικρής κατανάλωσης, τηλεοράσεις 12 volt κλπ. Οι συσκευές αυτές έχουν πολύ μικρή κατανάλωση αλλά το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι δεν απαιτούν inverter για την λειτουργία τους με αποτέλεσμα το κόστος του συστήματος να είναι αρκετά μικρότερο.

Τέλος, εκτιμάται ότι στην Ελλάδα το κόστος των Φ/Β συστημάτων συμπεριλαμβανομένου του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας και των εξόδων εγκατάστασης, είναι της τάξεως των 8.200 με 9.000 ευρώ ανά kW<sub>p</sub><sup>1</sup> (Πολυχρονιάδου 2004).

#### 2.2.7.2.2. Θέρμανση χώρων και παροχή ζεστού νερού χρήσης

Εκτός από τις ανάγκες ηλεκτρισμού σε μια κατοικία υπάρχουν και κάποιες άλλες απαιτήσεις οι οποίες θα πρέπει να ικανοποιηθούν. Επομένως μια οικία έχει ακόμη ανάγκες για θέρμανση νερού χρήσης αλλά και για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων. Η πιο γνωστή τεχνολογία - ΑΠΕ - για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι είναι τα ηλιακά θερμικά συστήματα. Τα ηλιακά θερμικά συστήματα είναι συσκευές που χρησιμοποιούν τον ήλιο (ή το φως της ημέρας) για να διανέμουν θερμότητα την στιγμή, στο σημείο και στη θερμοκρασία που χρειάζεται. Ένα τυπικό ηλιακό θερμικό σύστημα αποτελείται από έναν ή περισσότερους ηλιακούς συλλέκτες συνδεδεμένους σε σύστημα κυκλοφορίας που διανέμει τη θερμότητα στο σημείο χρήσης. Η θερμότητα μπορεί να μεταφερθεί μέσω αγωγών νερού ή αέρα. (Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Βιομηχανιών Ηλιακής Ενέργειας (EOBHE), 1997).

#### **Παροχή ζεστού νερού χρήσης**

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού, τις απαραίτητες σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα αντλείται, με φυσικό ή τεχνητό τρόπο στη δεξαμενή (**Σχήμα 2.6**). Το παραγόμενο ζεστό νερό χρήσης από θερμικά ηλιακά συστήματα αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές προκειμένου στη συνέχεια να καταναλωθεί σε διάφορα σημεία (ντους, κουζίνες, πλυντήρια κ.λ.π) του κτιρίου στο οποίο βρίσκεται η εγκατάσταση (ΚΑΠΕ 2003).

---

<sup>1</sup> Ο δείκτης p δηλώνει ότι πρόκειται για ισχύ (power)



(Πηγή: ΚΑΠΕ 2003)

### Σχήμα 2.6. Οικιακή εγκατάσταση για ζεστό νερό χρήσης.

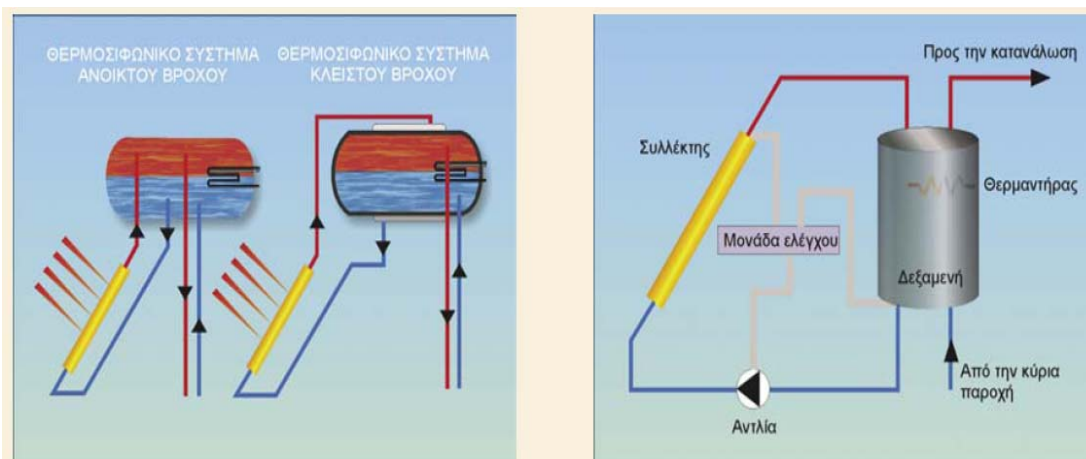
Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, το μέγεθος τους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής κλπ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν και διαφορετικού τύπου θερμικά ηλιακά συστήματα. Έτσι μπορούν να διακριθούν δυο κύριοι τύποι ηλιακών συστημάτων για τη παροχή ζεστού νερού: τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας και τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (ΚΑΠΕ 2003).

A. Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

1. Τα ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη-αποθήκευσης που αποτελούνται από μια ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης και τοποθετούνται σε ένα μονωμένο πλαίσιο με την διαφανή πλευρά προς τον ήλιο.
2. Τα θερμοσιφωνικά συστήματα, τα οποία στηρίζονται στη φυσική κυκλοφορία του νερού στους συλλέκτες και τη δεξαμενή η οποία βρίσκεται επάνω στο συλλέκτη. Καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς την δεξαμενή αποθήκευσης ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής οδηγείται με την βαρύτητα προς το κατώτερο σημείο εισαγωγής στον συλλέκτη και ξεκινά η κυκλοφορία σε όλο το σύστημα.

B. Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το νερό ή τα άλλα ρευστά μεταφοράς της θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Υπάρχουν δυο τύποι τέτοιων συστημάτων (**Σχήμα 2.7**):

1. Τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου, τα οποία χρησιμοποιούν αντλίες (κυκλοφορητές) για να κυκλοφορήσουν νερό χρήσης στους συλλέκτες.
2. Τα συστήματα κλειστού βρόγχου, που αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας, μέσα στους συλλέκτες. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό στο νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές (ΚΑΠΕ 2003).



(Πηγή: ΚΑΠΕ 2003)

**Σχήμα 2.7. Ηλιακή εγκατάσταση θέρμανσης ζεστού νερού με εξαναγκασμένη κυκλοφορία**

### **Θέρμανση και δροσισμός εσωτερικών χώρων**

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης χώρων στηρίζονται σε εξαρτήματα για τη συλλογή και τη διανομή θερμότητας. Χρησιμοποιούν αέρα ή ένα υγρό που θερμαίνεται στους ηλιακούς συλλέκτες και, στη συνέχεια μεταφέρεται από ανεμιστήρες ή αντλίες με μικρή κατανάλωση ενέργειας. Τα ηλιακά συστήματα αέρος αποτελούνται από συλλέκτες, ανεμιστήρες ή αεραγωγούς και συστήματα ελέγχου που μπορούν να ζεστάνουν τον αέρα ενός σπιτιού χωρίς εναλλάκτες θερμότητας ή θερμική αποθήκευση. Στα μεγάλα συστήματα αέρος χρησιμοποιείται συνήθως θερμική αποθήκευση για παράδειγμα κάποιο δοχείο με χαλίκια ή μικρές πέτρες. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης υγρών περιλαμβάνουν τους ηλιακούς συλλέκτες, τις δεξαμενές αποθήκευσης, τις αντλίες, τις σωληνώσεις, τους εναλλάκτες θερμότητας (στα συστήματα κλειστού βρόγχου) και τα συστήματα ελέγχου (ΚΑΠΕ. 2002).

Όσον αφορά τις πρακτικές που χρησιμοποιούνται για το δροσισμό των χώρων, η πρώτη και παλιότερη εφαρμογή κλιματισμού - με ηλιακά θερμικά συστήματα - είναι η τεχνολογία ψύξης απορρόφησης. Ένα κλιματιστικό τέτοιας τεχνολογίας δεν χρησιμοποιεί ηλεκτρικό συμπιεστή για να διατηρήσει μηχανικά υπό πίεση το ψυκτικό μέσο. Αντί γι' αυτό χρησιμοποιείται μια πηγή θερμότητας όπως ένας μεγάλος ηλιακός συλλέκτης για να εξατμίσει το ήδη βρισκόμενο υπό πίεση ψυκτικό ρευστό από ένα μίγμα απορροφητή/ ψυκτικού μέσου (ΚΑΠΕ. 2002).

Επίσης σε αρκετά ώριμο στάδιο βρίσκεται και η αξιοποίηση του γεωθερμικού ρευστού για την κάλυψη των αναγκών μιας κατοικίας σε θέρμανση και δροσισμό των εσωτερικών της χώρων. Οι εφαρμογές της γεωθερμίας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία του διαθέσιμου ρευστού. Για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 90 °C οι εφαρμογές είναι: η ψύξη και ο κλιματισμός με αντλίες θερμότητας ρόφησης, θέρμανση χώρων με σώματα καλοριφέρ, η

παραγωγή ζεστού νερού σε μπόϊλερ. Για μικρότερες θερμοκρασίες υπάρχουν εφαρμογές όπως η θέρμανση χώρων με αερόθερμα νερού ή ενδοδαπέδιο σύστημα, η παραγωγή ή προθέρμανση ζεστού νερού με εναλλάκτη θερμότητας. Για θερμοκρασίες νερού κάτω από 40 °C χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας για θέρμανση και κλιματισμό. Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμο υπόγειο νερό, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να συνδυαστούν με εναλλάκτες θερμότητας εδάφους (ΚΑΠΕ 2002).

Βέβαια όταν μιλάμε για ένα αυτόνομο σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί ανανεώσιμους πόρους για την παροχή ενέργειας θα πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη μας το γεγονός ότι αυτές οι πηγές ενέργειας, να μεν μπορεί να είναι ανεξάντλητες αλλά από την άλλη εξαιτίας της αδυναμίας τους να εκμεταλλευτούν το μεγαλύτερο μέρος της διαθέσιμης ενέργειας αλλά και εξαιτίας της μορφής στην οποία υπάρχουν στην φύση πολλές φορές δημιουργούν διάφορες δυσχέρειες. Το πιο συνηθισμένο πρόβλημα είναι το ότι το ποσό της ενέργειας που παρέχουν μπορεί να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της μέρας - εξαιτίας κυρίως των καιρικών συνθηκών - ή και ότι αδυνατούν να παρέχουν ικανοποιητικά μεγέθη συνεχούς ενέργειας σε ένα σύστημα. Γι' αυτό τις περισσότερες φορές η χρήση τους επιβάλλεται να γίνεται σε συνδυασμό με κάποια άλλη συμβατική ή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας όπως π.χ σε μια οικία ένα σύστημα ηλιακών θερμικών συστημάτων θα μπορούσε να συνδυαστεί με ένα λέβητα φυσικού αερίου ή καύσης βιομάζας.

## **2.3. Υπολογισμός φορτίων**

### **2.3.1. Θερμικά φορτία**

Βασικός σκοπός της συλλογής ηλιακής ενέργειας είναι να καλύψει θερμικές καταναλώσεις. Μια οποιαδήποτε θερμική κατανάλωση έχει δύο βασικά χαρακτηριστικά:

- α) το μέγεθος και τις ενδεχόμενες μεταβολές της συναρτήσει του χρόνου και
- β) τη θερμοκρασία.

Από το μέγεθος του θερμικού φορτίου εξαρτάται η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών που θα χρησιμοποιήσουμε, ενώ, από τις μεταβολές του, το μέγεθος της θερμικής αποθήκης που θα χρησιμοποιηθεί.

Η θερμοκρασία καθορίζει το είδος των ηλιακών συλλεκτών. Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται όταν θέλουμε να καλύψουμε θερμικά φορτία για θερμοκρασία κάτω των 100° C. Για υψηλότερες θερμοκρασίες πρέπει να χρησιμοποιηθούν γενικά συγκεντρωτικοί συλλέκτες. Τα θερμικά φορτία μπορούμε να τα υποδιαιρέσουμε και ανάλογα με τον τομέα της ανθρώπινης δραστηριότητας για την οποία προορίζονται.



Παρακάτω θα εξεταστούν τα φορτία που περιλαμβάνει ο οικιστικός τομέας και τα οποία προορίζονται για θέρμανση κτιρίων και νερού χρήσης.

#### *2.3.1.1. Γενικά.*

Όπως αναφέραμε προηγούμενα, τα θερμικά φορτία των κτιρίων του οικιστικού τομέα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ηλιακή ενέργεια είναι κυρίως δύο:

- α. Για θέρμανση χώρου
- β. Για θέρμανση νερού χρήσης

Το θερμικό φορτίο που απαιτείται για τη θέρμανση ενός κτιρίου καθορίζεται αρκετά ικανοποιητικά, αν είναι γνωστά ορισμένα κλιματικά στοιχεία (κυρίως θερμοκρασία και ηλιακή ακτινοβολία), η αρχιτεκτονική δομή του κτιρίου και τα οικοδομικά υλικά που το συγκροτούν.

Αντίθετα η θέρμανση νερού χρήσης εξαρτάται από τον προορισμό του κτιρίου και τις συνήθειες των ανθρώπων που διαβιώνουν μέσα σ' αυτό. Αφού είναι γεγονός ότι είναι διαφορετικές οι ανάγκες σε νερό χρήσης ενός π.χ. ξενοδοχείου, νοσοκομείου ή μιας κατοικίας (Μοσχάτος 1992).

#### *2.3.1.2. Θέρμανση κτιρίων.*

##### *2.3.1.2.1. Βασικές έννοιες.*

Τα κλιματικά στοιχεία, η αρχιτεκτονική του κτιρίου και τα υλικά που το συγκροτούν αποτελούν τις τρεις παραμέτρους, από τις οποίες εξαρτώνται τα ποσά θερμότητας που απαιτεί ένα κτίριο για τη θέρμανση του. Στα κλιματικά στοιχεία, πέρα από την ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμοκρασία, παίζουν ακόμα ρόλο οι άνεμοι και η υγρασία. Η επίδραση των ανέμων στο φορτίο θέρμανσης λαμβάνεται υπόψη στην εκτίμηση του συντελεστή θερμικής μετάβασης, η επίδραση της υγρασίας στους συνήθεις υπολογισμούς των θερμικών απωλειών ενός κτιρίου λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της θερμικής αγωγιμότητας των οικοδομικών υλικών, έννοιες που θα εξεταστούν παρακάτω. Τα υλικά που συγκροτούν ένα κτίριο παίζουν καθοριστικό ρόλο στις θερμικές απώλειες του κτιρίου και παρουσιάζουν ορισμένα θερμικά χαρακτηριστικά, που είναι αναγκαία για τους θερμικούς υπολογισμούς. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

#### α. Θερμική αγωγιμότητα

Είναι η ιδιότητα κάθε υλικού η οποία καθορίζει το ποσό θερμότητας που διαρρέει μια επιφάνεια του υλικού αυτού, όταν βρίσκεται μέσα σε ένα θερμοκρασιακό πεδίο, υπό την επίδραση της κάθετης προς την επιφάνεια αυτή θερμοκρασιακής πτώσης.

#### β. Θερμοδιαφυγή

Η θερμοδιαφυγή χαρακτηρίζει τη μετάδοση θερμότητας μέσα από μια στρώση πάχους  $l$  και μετράται με το συντελεστή θερμοδιαφυγής  $\Lambda$  που μας δίνει τη ποσότητα θερμότητας η οποία διαρρέει, σε σταθερή κατάσταση, σε μια ώρα, μια επιφάνεια  $1\text{m}^2$  από στρώση υλικών πάχους  $l$  κάτω από την επίδραση κάθετης προς τη στρώση αυτή θερμοκρασιακής πτώσης, όταν μεταξύ των δυο επιφανειών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας  $1^\circ\text{C}$ .

#### γ. Συντελεστής θερμικής μετάβασης $a$

Ο συντελεστής αυτός δίνει τη ποσότητα θερμότητας που μεταδίδεται σε σταθερή θερμική κατάσταση, σε μια ώρα, μεταξύ  $1\text{m}^2$  από την επιφάνεια ενός οικοδομικού στοιχείου προς τον αέρα που βρίσκεται σε επαφή με αυτό – ή και αντίστροφα – όταν μεταξύ τους υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας  $1^\circ\text{C}$ . Αντίστροφο του συντελεστή θερμικής μετάβασης είναι η αντίσταση θερμικής μετάβασης  $R_s$ .

#### δ. Θερμοπερατότητα

Η θερμοπερατότητα καθορίζει την ποσότητα ενέργειας που μεταδίδεται από τη μια πλευρά ενός υλικού στην άλλη όταν και από τις δυο πλευρές το υλικό έρχεται σε επαφή με τον αέρα, δηλ. η θερμοπερατότητα λαμβάνει υπ' όψη τη θερμοδιαφυγή του υλικού και την θερμική μετάβαση και για τις δυο πλευρές του.

#### ε. Θερμοχωρητικότητα.

Θερμοχωρητικότητα ενός υλικού καλείται η ικανότητα του να αποθηκεύει ποσά θερμότητας. Η θερμότητα που αποθηκεύεται είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του υλικού και της θερμοκρασίας του αέρα που το περιβάλλει και όσο μεγαλύτερη είναι η ειδική θερμοχωρητικότητα και η μάζα του υλικού.

Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του κτιρίου αποτελεί τον τρίτο παράγοντα που καθορίζει τις θερμικές του απώλειες. Ειδικότερα το μέγεθος της θερμικής επιφάνειας του κτιρίου, δηλ. της επιφάνειας απωλειών θερμότητας - που αποτελείται από τους εξωτερικούς τοίχους και ανοίγματα την οροφή και το δάπεδο - καθορίζει, σε ευθεία αναλογία, και τις θερμικές απώλειες. Κτίρια με πολύπλοκα σχήματα παρουσιάσουν μεγάλη θερμική επιφάνεια και κατά συνέπεια απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας για να θερμανθούν. Επίσης για τον ίδιο όγκο, συνήθως, μια μονοκατοικία έχει περισσότερες απώλειες από ένα διαμέρισμα μιας διπλοκατοικίας, γιατί

παρουσιάζει μεγαλύτερη θερμική επιφάνεια, και το τελευταίο με τη σειρά του έχει μεγαλύτερες απώλειες από ένα διαμέρισμα μιας πολυκατοικίας του ίδιου όγκου, για τον ίδιο λόγο.

Ένας συντελεστής που μας δίνει πληροφορίες για την θερμική επιφάνεια του κτιρίου σε σχέση με τον όγκο του είναι ο λόγος  $A/V$  όπου  $A$  είναι η συνολική θερμική επιφάνεια του κτιρίου και  $V$  ο όγκος που περικλείεται από αυτήν. Όσο μικρότερος είναι ο λόγος, αυτός τόσο μικραίνουν οι θερμικές απώλειες του κτιρίου ανά μονάδα όγκου και άρα τόσο καλύτερα είναι σχεδιασμένο το κτίριο από θερμικής πλευράς (Μοσχάτος 1992).

Ο μέσος όρος ζήτησης θερμικής ενέργειας των κατοικημένων κτιρίων που χτίστηκαν στην Ελλάδα πριν το 1980 είναι περίπου  $140 \text{ kWh/m}^2$  σε σπίτια και  $96 \text{ kWh/m}^2$  σε διαμερίσματα ενώ για τα σύγχρονα κτίρια εκτιμάται σε  $92\text{-}123 \text{ kWh/m}^2$  και  $75\text{-}94 \text{ kWh/m}^2$  αντίστοιχα (Balaras et al 2005).

### 2.3.1.3. Θέρμανση νερού χρήσης

Η ποσότητα του θερμού νερού χρήσης που καταναλώνεται ωριαία, ημερήσια ή ανά μήνα σε ένα κτίριο είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Εξαρτάται από τη χρήση του κτιρίου, το πλήθος των ανθρώπων που διαβιώνουν σε αυτό και τις συνήθειες τους. Το θερμικό φορτίο του νερού χρήσης είναι γνωστό ότι εξαρτάται από την αρχική και την τελική του θερμοκρασία και τη μάζα του νερού που θερμαίνουμε. Ειδικότερα σε κατοικίες το θερμικό φορτίο του νερού χρήσης ανά ημέρα μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$Q_{wd} = C_1 P C_{pw} (T_b - T_w) \quad (1)$$

όπου,

$Q_{wd}$  το ζητούμενο θερμικό φορτίο ανά ημέρα

$P$  ο αριθμός των ατόμων που διαμένουν στην κατοικία

$C_1$  η ποσότητα του νερού θερμοκρασίας  $T_b$  που απαιτείται για κάθε άτομο και ημέρα

$C_{pw}$  η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού

$T_b$  η τελική θερμοκρασία του νερού

$T_w$  η αρχική θερμοκρασία του νερού

Η σχέση (1) μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε τα απαιτούμενα θερμικά φορτία αφού υποθέσουμε ότι:

- Ο αριθμός των ατόμων που διαμένουν στην κατοικία είναι  $P = 4$  άτομα,

- Η θερμοκρασία βάσεως δηλ. η ανώτατη θερμοκρασία του νερού είναι  $T_b = 50^\circ \text{C}$ ,
- Η απαιτούμενη ποσότητα του θερμού νερού θερμοκρασίας  $50^\circ \text{C}$  ανηγμένη σε κάθε άτομο και ημέρα είναι  $C_1 = 50\text{kg}/\text{άτομο}$ ,
- Ο μέσος συντελεστής ειδικής θερμοχωρητικότητας του πόσιμου νερού για θερμοκρασίες από  $10^\circ$  μέχρι  $50^\circ$  είναι  $C_{pw} = 4200\text{J}/\text{kgK}$ .
- Η αρχική θερμοκρασία του νερού ( $T_w$ ) εξαρτάται από το τοπικό δίκτυο ύδρευσης της πόλης  
 Λαμβάνοντας υπόψη το απαιτούμενο μηνιαίο φορτίο για ζεστό νερό χρήσης ανά άτομο επιλέγεται η επιφάνεια του συλλέκτη που απαιτείται για μερική ή πλήρη κάλυψη του φορτίου ανάλογα με την περιοχή.

#### 2.3.1.4 Παθητικά ηλιακά και εσωτερικά θερμικά κέρδη

Όλα όσα παρατέθηκαν παραπάνω, αναφέρθηκαν με δεδομένο το ότι κάθε κτίριο απαιτεί ορισμένα θερμικά φορτία για τη θέρμανση του, εφόσον η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι κάτω από μια αποδεκτή εσωτερική θερμοκρασία. Κάθε κτίριο όμως είναι εκτεθειμένο και στην ηλιακή ακτινοβολία μέρος της οποίας απορροφάται και αποδίδεται με τη μορφή θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Τα θερμικά αυτά φορτία τα οποία κάθε κτίριο απορροφά, λέγονται παθητικά ηλιακά κέρδη - σε αντίθεση με τις θερμικές απώλειες του κτιρίου - και εξαρτώνται από:

- την ηλιακή ακτινοβολία
- την αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου, τα υλικά που το συγκροτούν και τον προσανατολισμό του
- την εξωτερική θερμοκρασία.

Τα παθητικά ηλιακά κέρδη καλύπτουν ένα μεγάλο ποσοστό των θερμικών απωλειών ενός κτιρίου στην ηλιόλουστη χώρα μας, γι' αυτό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε οποιοδήποτε θερμικό ισολογισμό ενός κτιρίου. Ακόμα θα πρέπει να σημειωθεί ότι πέρα από τα παθητικά ηλιακά κέρδη θα πρέπει στο θερμικό ισολογισμό του κτιρίου να ληφθούν υπόψη και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη που αποδίδονται στο κτίριο από την ανθρώπινη δραστηριότητα (φωτισμός, ηλεκτρικές συσκευές, ύπαρξη ανθρώπων). Έχει υπολογισθεί από τους Markus και Morris (Μοσχάτος 1992) ότι η ενέργεια που αποδίδει ο άνθρωπος στο περιβάλλον λόγω μεταβολισμού, εξαρτάται από την επιφάνεια της ανθρώπινης επιδερμίδας και από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Έτσι εάν θεωρηθεί ότι η ανθρώπινη επιδερμίδα για έναν ενήλικο έχει επιφάνεια κατά μέσο όρο  $1.8\text{m}^2$  και ότι ο κοιμώμενος άνθρωπος αποδίδει στο περιβάλλον  $41\text{W}/\text{m}^2$  και ο χειρώνακτας τουλάχιστον  $200\text{W}/\text{m}^2$ , κάθε ενήλικος αποδίδει στο κτίριο θερμική ισχύ από  $74\text{W} - 360\text{W}$  (Μοσχάτος 1992). Επομένως, τα θερμικά φορτία ή κέρδη που προκύπτουν σε ένα χώρο εξαρτώνται από τον αριθμό των ατόμων μέσα σε αυτό, το ωράριο

παραμονής τους στο χώρο και το είδος της δραστηριότητάς τους (μεταβολισμό). Αντίστοιχα, εξαρτώνται από τη χρήση του κτιρίου και το είδος, αριθμό και χρόνο λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών συσκευών (<http://www.cres.gr>). Οι ηλεκτρικές συσκευές αποδίδουν, ως εσωτερικό θερμικό κέρδος στο κτίριο, την ισχύ που καταναλώνουν, αφού θεωρείται ότι τελικά όλη η ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα και δεν υπάρχει άντληση θερμότητας από τις συσκευές. Και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη πρέπει να υπολογίζονται, όταν μάλιστα πρόκειται για κτίρια που συχνάζουν και εργάζονται πολύ άνθρωποι ή λειτουργούν πολλές ηλεκτρικές συσκευές (Μοσχάτος 1992).

Σημαντική πηγή θερμότητας στα κτίρια είναι οι άνθρωποι και οι δραστηριότητές τους. Κατά το καλοκαίρι τα θερμικά φορτία από εσωτερικές πηγές μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικά και για το λόγο αυτό θα πρέπει αυτές να ελαχιστοποιούνται κατά το δυνατόν. Κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα συνολικά εσωτερικά θερμικά κέρδη και οι χώροι να σχεδιάζονται ανάλογα τόσο από πλευράς χωροθέτησης, όσο και από πλευράς άλλων απαιτήσεων. Για παράδειγμα, ένας χώρος με μεγάλα εσωτερικά θερμικά κέρδη, που έχει μικρότερες απαιτήσεις σε θέρμανση και περισσότερες σε ψύξη ή και αερισμό, μπορεί να τοποθετείται σε σημείο του κτιρίου, που (λόγω προσανατολισμού ή λόγω σκίασης από γειτονικά κτίρια) να δέχεται λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία ή σε σημείο που να έχει μεγαλύτερη έκθεση στον άνεμο, απ' ό,τι άλλοι χώροι με μικρότερα εσωτερικά θερμικά κέρδη).

Για να μειωθούν τα θερμικά φορτία το καλοκαίρι, συνιστάται:

- Χρήση φωτιστικών - λαμπτήρων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, οι οποίοι εκτός από τα άλλα ενεργειακά και οικονομικά τους πλεονεκτήματα εκλύουν στο χώρο ελάχιστη θερμική ενέργεια σε σχέση με τους συμβατικούς λαμπτήρες.
- Χρήση ενεργειακά αποδοτικών ηλεκτρικών συσκευών, που παρουσιάζουν μικρές θερμικές απώλειες.
- Αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (με κατάλληλες τεχνικές και συστήματα), αλλά και σωστός σχεδιασμός και ρύθμιση των εγκαταστάσεων τεχνητού φωτισμού, ώστε να μην χρησιμοποιείται τεχνητός φωτισμός παρά μόνο όταν και όπου είναι απολύτως απαραίτητο.
- Ορθολογική χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και ελαχιστοποίηση της λειτουργίας τους τις θερμές ώρες της ημέρας.
- Χρήση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (σε κτίρια όπου ενδείκνυται), έτσι ώστε να μην υπάρχει σπατάλη ενέργειας, αλλά και περιττά θερμικά φορτία που επιβαρύνουν το κτίριο. (<http://www.cres.gr>)

Πολύ σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των θερμικών φορτίων που απαιτείται σε ένα κτίριο παίζει η θερμική μάζα του κτιρίου η οποία παίζει το ρόλο του «ρυθμιστή» της

θερμοκρασίας. Τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι, έρχεται να απορροφήσει την περίσσεια ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την αποδώσει σταδιακά στο χώρο αργότερα, έτσι ώστε να μην υπάρχουν σημαντικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Η ποσότητα της θερμικής μάζας εξαρτάται από το βάρος των δομικών υλικών που βρίσκονται εσωτερικά του κτιρίου. Τόσο ο παραδοσιακός, όσο και ο σύγχρονος τρόπος δόμησης στις περιοχές της Νότιας Ευρώπης χρησιμοποιεί υλικά με μεγάλο συντελεστή θερμοχωρητικότητας όπως πέτρα, τούβλα και σκυρόδεμα. Υπάρχουν όμως και τεχνικές, λιγότερο διαδεδομένες και αντίστοιχα υλικά, που μπορούν να αυξήσουν τη θερμοχωρητικότητα ενός κτιρίου. Αναφέρονται ενδεικτικά:

- » Τοίχοι θερμικής αποθήκευσης (μάζας, Trombe ή τοίχοι νερού)
- » Λίμνες οροφής: Μπορεί να διαμορφωθεί στην οροφή ενός κτιρίου αβαθής δεξαμενή νερού (ανοιχτή ή κλειστή με διαφανή επικάλυψη), η οποία σκιάζεται την ημέρα και ανοιγόμενη τη νύχτα ακτινοβολεί θερμότητα στο περιβάλλον.
- » Υλικά αλλαγής φάσης: Πρόκειται για υλικά που αποθηκεύουν θερμότητα και ρευστοποιούνται όταν η αποθηκευμένη θερμότητα αποδίδεται στο περιβάλλον (<http://www.cres.gr>).

Διαπιστώνεται ότι ο ακριβής υπολογισμός των θερμικών φορτίων ενός συγκεκριμένου κτιρίου είναι μια αρκετά δύσκολη διαδικασία καθώς εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες. Επομένως, προκειμένου να απλοποιηθεί η διαδικασία θα χρησιμοποιηθούν ενδεικτικά στοιχεία τα οποία έχουν προκύψει από τη σύγχρονη βιβλιογραφία αλλά και από τις απαιτήσεις της ελληνικής νομοθεσίας. Σύμφωνα λοιπόν με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, αρ. φύλλου 362) και ανάλογα με τα κλιματολογικά δεδομένα που παρατηρούνται σε κάθε περιοχή η Ελλάδα χωρίζεται σε τρεις κλιματικές. Στο **Σχήμα 2.8** φαίνεται ο διαχωρισμός των ζωνών αυτών.



(Πηγή: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως 1979)  
**Σχήμα 2.8. Κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα**

Από το παραπάνω σχήμα διαπιστώνεται ότι η Ν. Λέσβος βρίσκεται στη Β κλιματική ζώνη και επομένως σύμφωνα και με τα στοιχεία του **Πίνακα 2.2** προκύπτει ότι η ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά  $m^2$  μιας μονοκατοικίας στη Λέσβο η οποία τηρεί τις προϋποθέσεις του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων είναι  $135 \text{ kWh/m}^2$ .

**Πίνακας 2.2. Ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας ανά  $m^2$  με θερμομόνωση κατοικιών**

	Κατανάλωση ενέργειας σε $[\text{kWh/m}^2]$	
	Μονοκατοικία	Πολυκατοικία
ΖΩΝΗ Α	95	65
ΖΩΝΗ Β	135	95
ΖΩΝΗ Γ	170	110

(πηγή: Καρουσάτου 2004, στο Τσεσμελή 2006)

## 2.3.2. Ηλεκτρικά φορτία

### 2.3.2.1. Εκτίμηση της μέσης ηλεκτρικής κατανάλωσης

Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει μία εκτίμηση της μέσης ημερήσιας και μηνιαίας κατανάλωσης σε ηλεκτρική ενέργεια και του τρόπου που αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της περιόδου που έχει υπολογισθεί να λειτουργήσει το σύστημα το οποίο θα εγκατασταθεί. Τα δεδομένα που θα αντληθούν από αυτή τη διερεύνηση είναι καθοριστικά για τη σχεδίαση του συστήματος το οποίο θα μελετήσουμε αλλά και για την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από την εξέτασή του.

Ένα σύστημα μπορεί να έχει αναπτυχθεί για ένα μόνο χρήστη (παράδειγμα ηλεκτροδότηση μιας κατοικίας) ή για περισσότερους (παράδειγμα ηλιακό πάρκο για ηλεκτροδότηση οικισμού). Για τον υπολογισμό του συστήματος πρέπει να γίνει υπολογισμός απαιτήσεων σε ηλεκτρική ενέργεια. Παρακάτω γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης των ηλεκτρικών φορτίων μιας κατοικίας και των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια προκειμένου να αποφασιστεί τι σύστημα θα χρησιμοποιηθεί αλλά και να γίνει ο κατάλληλος σχεδιασμός.

Οι κύριες ανάγκες μιας κατοικίας για ηλεκτρική ενέργεια παρατίθενται στον **Πίνακα 2.3**. Οι ενεργειακές απαιτήσεις των συσκευών υπολογίστηκαν με βάση τις μέσες καταναλώσεις τους σε συνδυασμό με τις ενδεικτικές τιμές που δίνει η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού - οι οποίες παρατίθεται στο **Παράρτημα 1** της παρούσας εργασίας.

**Πίνακας 2.3. Αναλυτική περιγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων της οικίας**

a/a	Συσκευή	Ισχύς (Watt)	Χρόνος λειτουργίας (Ωρες για κάθε μέρα)	Χρόνος λειτουργίας (Μέρες για κάθε εβδομάδα)
1	Ψυγείο (Α' Εν. Κλάσης)	200	6,00	7
2	Τηλεόραση 17''	60	4,00	7
3	Mixer	150	0,75	1
4	Τοστιέρα	800	0,15	6
5	Στεγνωτήρας μαλλιών	1000	0,50	2
6	Πλυντήριο ρούχων (Α' Εν. Κλάσης)	2100	2,00	2



7	Φωτισμός	200	6,00	7
8	Ράδιο	30	1,25	7
9	Ανεμιστήρας	50	1,50	7
10	Ηλεκτρική σκούπα	1000	0,50	2
11	Ηλεκτρικό σίδερο	1000	0,25	4
12	Ηλεκτρική κουζίνα	2000	1,50	7
13	Υπολογιστής	200	4,00	7

Προκειμένου να υπολογισθούν οι ημερήσιες και ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις της οικίας εφαρμόστηκε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία. Αρχικά στην τέταρτη στήλη εκτιμήθηκε η μέση ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση της κάθε συσκευής (π.χ. εάν μια συσκευή χρησιμοποιείται για μισή ώρα ημερησίως το νούμερο που θα μπει σε αυτήν την στήλη θα είναι 0,5), στη συνέχεια στη πέμπτη στήλη εκτιμήθηκε το πόσες φορές την εβδομάδα χρησιμοποιείται η κάθε συσκευή, έπειτα το γινόμενο των δυο αυτών στηλών πολλαπλασιάστηκε με την τρίτη στήλη - όπου εμφανίζεται η ισχύς της κάθε συσκευής - και τέλος αυτό το γινόμενο διαιρέθηκε με τις επτά ημέρες της εβδομάδας.

Έπειτα από αυτούς του υπολογισμούς προέκυψε ότι οι μέσες ημερήσιες απαιτήσεις για ηλεκτρική ενέργεια της υπό μελέτης οικίας είναι **8,3 KWh/ημέρα** το οποίο αντιστοιχεί - εφόσον το πολλαπλασιάσουμε με τις 365 ημέρες του χρόνου - σε συνολικές ετήσιες απαιτήσεις **3029,5 KWh/έτος**. Τα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για τον υπολογισμό των στοιχείων της εγκατάστασης (Μαλαμής 1999).

#### 2.4. Στόχος της εργασίας

Στόχος της εργασίας είναι η ενεργειακή αυτονομία μιας κατοικίας και η δημιουργία εναλλακτικών προτάσεων για την απεξάρτηση της από το συνολικό δίκτυο ηλεκτροπαραγωγής της χώρας. Στα πλαίσια αυτά και προκειμένου να ελεγχθεί η βιωσιμότητα μιας τέτοιας επένδυσης θα χρησιμοποιηθεί ένα λογισμικό ανανεώσιμων ενεργειακών τεχνολογιών. Το λογισμικό αυτό ονομάζεται 'RETScreen' (**R**enewable **E**nergy **T**echnologies), και δημιουργήθηκε κάτω από την εποπτεία του Υπουργείου Φυσικών Πόρων του Καναδά (RETScreen<sup>TM</sup> Software 2000). Θεωρείται ένα από τα πιο αξιόπιστα εργαλεία για την εκτίμηση της βιωσιμότητας μιας επένδυσης που στηρίζεται στην αξιοποίηση Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας. Με βάση το λογισμικό αυτό αλλά και τη μελέτη και εξέταση της σχετικής βιβλιογραφίας θα αναλυθούν κάποιες περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές παράμετροι προκειμένου να διερευνηθεί το κατά πόσο είναι βιώσιμη και συμφέρουσα μια τέτοια επένδυση.

Μελετώντας τη διεθνή βιβλιογραφία, διαπιστώθηκε ότι το λογισμικό RETScreen έχει χρησιμοποιηθεί για ένα πλήθος ερευνητικών εφαρμογών και εγκαταστάσεων ΑΠΕ με σκοπό την τελική αξιολόγησή τους. Ενδεικτικά αναφέρουμε παρακάτω κάποιες από αυτές. Πιο συγκεκριμένα, ο Rehman (2005) χρησιμοποιώντας το εργαλείο αυτό παρουσίασε στην εργασία του την παραγωγή ενέργειας αλλά και την οικονομική ανάλυση που προέκυψε από την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου ισχύος 30MW, το οποίο αναπτύχθηκε σε πέντε παράκτιες περιοχές. Σε άλλη μελέτη οι Cavallaro και Ciraolo (2005) χρησιμοποίησαν το RETScreen για τον υπολογισμό της ενέργειας που παράχθηκε από Α/Γ στο νησί Σαλίνα της Ιταλίας. Εδώ το RETScreen χρησιμοποιήθηκε ως βοηθητικό εργαλείο, προκειμένου στο επόμενο στάδιο της μελέτης να εφαρμοστεί μια πολυκριτηριακή ανάλυση σε διάφορα επίπεδα - οικονομικό, κοινωνικό, περιβαλλοντικό, τεχνικό. Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν για την λήψη απόφασης με βάση τα σενάρια τα οποία αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της εργασίας. Ακόμη, ο Hougi (2006) συμπεριέλαβε το RETScreen στην έρευνα που έκανε για τον υπολογισμό της πραγματικής δυναμικότητας και παραγωγικότητας ζεστού νερού - κατά την διάρκεια ενός έτους - μιας εγκατάστασης ηλιακού θερμοσίφωνα στη πόλη της Βηρυτού στο Λίβανο. Επιπροσθέτως, ο Rehman et al (Article in press) εφάρμοσε το RETScreen με σκοπό να αποτιμήσει σε οικονομικούς όρους καθώς και να εκτιμήσει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενός Φ/Β συστήματος συνδεδεμένου στο δίκτυο, εγκατεστημένης ισχύος 5 MW σε διάφορες περιοχές της Σ. Αραβίας.

Προκειμένου να υλοποιηθεί αυτή η εργασία θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα ηλιακά συστήματα και πιο συγκεκριμένα στην εφαρμογή τέτοιων συστημάτων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας οικίας. Η εξέταση εδώ των ηλιακών συστημάτων προέκυψε από το γεγονός ότι αυτά δεν ρυπαίνουν αλλά αντίθετα συμβάλλουν σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος. Η μείωση της ρύπανσης από τα αέρια του θερμοκηπίου αποτελεί το κύριο πλεονέκτημα από τη χρήση των ηλιακών συστημάτων. Επομένως θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οπότε είναι δυνατόν και εφόσον θέλουμε να έχουμε ένα βιώσιμο μέλλον (Kalogirou 2004, σελ. 238).

Τέλος, στην συγκεκριμένη εργασία προκειμένου να υπολογιστούν οι απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια του κτιρίου θα θεωρήσουμε αυτό ως ένα «ιδαετό κτίριο». Χρησιμοποιώντας την έννοια του «ιδαετού κτιρίου» εννοείται ένα κτίριο το οποίο έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά ως προς ένα πραγματικό, όπου τα επιμέρους στοιχεία ικανοποιούν τις νομικές απαιτήσεις και όπου το σχήμα του κτιρίου λαμβάνεται υπόψη μέσω συντελεστή ή μέσω αλλαγής των βασικών διαστάσεων (Ευθυμιάδης 2006).

## **2.5. Συμπεράσματα**

Τα κτίρια αποτελούν τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας στην Ευρώπη καλύπτοντας το 40% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου της. Παράλληλα, ο κτιριακός χώρος, σαν πλήρες στοιχείο του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος επηρεάζεται από τα σύγχρονα προβλήματα του και συντελεί στην διαμόρφωση τους. Η ένταση των προβλημάτων του εξωτερικού περιβάλλοντος έχει διαμορφώσει ένα πλαίσιο προβλημάτων για το κτίριο όπου τα προβλήματα ποιότητας του εσωτερικού κλίματος και περιβάλλοντος καθώς και τα ποσοτικά προβλήματα κατανάλωσης και εξοικονόμησης ενέργειας, συμπλέουν και απαιτούν κοινή αντιμετώπιση και προοδευτική αντίληψη αντιμετώπισης.

Η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί κατά τα τελευταία χρόνια έχει επιτρέψει την ανάπτυξη επιστημονικών μεθόδων, τεχνικών και τεχνολογιών που αφενός εξασφαλίζουν βέλτιστο εσωτερικό περιβάλλον καθώς και την μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας. Οι τεχνικές αυτές που κατά βάση κάνουν χρήση της ηλιακής ενέργειας καθώς και των άλλων πηγών του περιβάλλοντος έχουν ήδη αποδείξει σε πρακτικό επίπεδο ότι είναι ιδιαίτερα αποδοτικές τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά. Η ευρύτερη εφαρμογή τους αποτελεί αίτημα για ένα καλύτερο κτιριακό περιβάλλον εντός του οποίου βέβαια διαβιώνουμε το 80% περίπου της όλης μας ζωής (Σανταμούρης 2005).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

### 3.1. Εισαγωγή

Κάθε χρόνο εκλύονται στην ατμόσφαιρα περίπου 6 δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα (6 GtC), με τη μορφή διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), από τη χρήση ορυκτών καυσίμων - όπως είναι ο ορυκτός άνθρακας σε όλες τις μορφές (π.χ. λιθάνθρακας, λιγνίτης), το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Τις τελευταίες δεκαετίες αυτές οι εκπομπές έχουν αυξηθεί με ρυθμό περίπου 2% ετησίως. Το CO<sub>2</sub> αποτελεί το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου και η σημασία του αναμένεται να επαυξηθεί κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα. Χωρίς τη λήψη συγκεκριμένων μέτρων για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, περίπου 1.500 δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα (GtC) αναμένεται να εκλυθούν στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα (Ε.Κ.Π.Α.Α. 2003). Συμπληρωματικά με τα παραπάνω, προβλέπεται ότι τα αποθέματα αργού πετρελαίου, φυσικού αερίου και στερεών καυσίμων θα εξαντληθούν σε μερικές δεκαετίες. Κατά την περίοδο αυτή προβλέπεται ο διπλασιασμός του πληθυσμού της γης, με ταυτόχρονη αύξηση των κατά κεφαλήν ενεργειακών καταναλώσεων (ICAP/Δήλος 2000).

Εναλλακτική λύση είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) οι οποίες, προσφέρουν μια καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή λύση και προβάλλουν ως η μόνη διέξοδος για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη (Greenpeace 2005). Βέβαια εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε το γεγονός ότι ως ανανεώσιμη και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας θεωρείται και η πυρηνική ενέργεια η οποία αποτελεί ένα από τα στοιχεία του διαλόγου για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και την ενεργειακή αυτονομία. Το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας εξακολουθεί εντούτοις να είναι αβέβαιο καθώς αυτή η μορφή ενέργειας φέρει το βάρος της διττής της χρήσης (στρατιωτική και πολιτική). Γεγονός, το οποίο δημιουργεί πολλές ανησυχίες γύρω από το κατά πόσο αυτός ο ενεργειακός πόρος θα αξιοποιηθεί μελλοντικά για αναπτυξιακούς σκοπούς που θα έχουν κοινωνική ωφέλεια (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 2000).

Εκτός από τα προφανή περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την εκμετάλλευση των ανέμων, της ηλιακής ενέργειας, την αξιοποίηση των υδροηλεκτρικών έργων και της βιομάζας, η μεγάλη αξία που έχουν οι ΑΠΕ είναι ο ρόλος τους σε μακροπρόθεσμη βάση στη σταδιακή αντικατάσταση των κλασικών και πεπερασμένων σε αποθέματα πηγών ενέργειας καυσίμων όπως το κάρβουνο, το πετρέλαιο, ακόμα και το φυσικό αέριο. Προς αυτήν την κατεύθυνση εξάλλου στρέφεται και η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε), η οποία από την εποχή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (τέλη της δεκαετίας του 1970) σταθερά υποστηρίζει και ενισχύει οικονομικά τις ΑΠΕ μέσα από σωρεία ερευνητικών και επιδεικτικών προγραμμάτων, διακρατικών συνεργασιών και χιλιάδων εφαρμογών, τόσο στην Ευρώπη, όσο

και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι λόγοι είναι προφανείς και έχουν να κάνουν με τον ευρύτερο πολιτικό στόχο για μείωση της εξάρτησης της Ε.Ε. από το εισαγόμενο κυρίως πετρέλαιο, αλλά και το φυσικό αέριο (Σταμπολής 2004).

Στα πλαίσια της παραπάνω πολιτικής της Ε.Ε εντάσσεται και η Οδηγία 2001/77/ΕΚ "Για την προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας" (OJ L283/27.10.2001) η οποία προβλέπει στο παράρτημα της για την Ελλάδα ενδεικτικό στόχο κάλυψης από ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές, περιλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, σε ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 ίσο με 20,1% και σε ποσοστό 29% μέχρι το 2020 (ΥΠ.ΑΝ. 2005α).

Ο στόχος αυτός είναι συμβατός με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας που απορρέουν από το πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 1997 στη σύμβαση - πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος. Το πρωτόκολλο του Κιότο προβλέπει για την Ελλάδα συγκράτηση του ποσοστού αύξησης, κατά το έτος 2010, του CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων που επιτείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 25% σε σχέση με το έτος βάση 1990. (ΥΠ.ΑΝ. 2005α).

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω αλλά και τα όσα αναλύθηκαν και συζητήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο σχετικά με την σημασία της ενέργειας αλλά και το μεγάλο μερίδιο του οικιακού τομέα τόσο στην ενεργειακή κατανάλωση όσο και στην εκπομπή ρύπων, διαφαίνεται καθαρά η ανάγκη για την εύρεση εναλλακτικών ενεργειακών λύσεων σε όλους τους τομείς, οι οποίες θα είναι περιβαλλοντικά φιλικές και όσο το δυνατόν λιγότερο ρυπογόνες. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί και το πόσο σημαντικός είναι ο ρόλος και η στάση που θα έχει ο κάθε άνθρωπος ατομικά απέναντι σε αυτό το θέμα. Καθώς, πλέον έπειτα και από τις τελευταίες νομοθετικές τροποποιήσεις (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως 2006) για την προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα, η επιλογή και η εφαρμογή τέτοιων λύσεων εναπόκειται σε σημαντικό βαθμό στην απόφαση του ατομικού καταναλωτή.

Αυτό το θέμα έρχεται να εξετάσει η παρούσα εργασία, μέσω της τεχνο-οικονομικής εκτίμησης μιας επένδυσης που θα έχει ως σκοπό την ηλεκτρική ανεξάρτηση μιας οικίας από το ρυπογόνο ενεργειακό σύστημα της χώρας, με τη χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων, τα οποία είναι μία από τις πολλά υποσχόμενες τεχνολογίες της νέας εποχής που ανατέλλει στο χώρο της καθαρής και ανανεώσιμης ενέργειας. Επιπροσθέτως σε αυτήν εδώ την ενότητα θα ασχοληθούμε με την περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, την προέλευση των δεδομένων, την ανάπτυξη των σεναρίων, την περιγραφή κάποιων τεχνικών χαρακτηριστικών καθώς και του λογισμικού το οποίο χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να γίνει η οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση της επένδυσης.

## 3.2. Περιγραφή πειράματος και δεδομένων

### 3.2.1. Υφιστάμενη κατάσταση

Η περιοχή εξέτασης και ταυτόχρονα εφαρμογής του μοντέλου είναι η Νήσος Λέσβος, η οποία ανήκει διοικητικά στο Νομό Λέσβου και στη περιφέρεια Βορείου Αιγαίου. Η Λέσβος είναι το τρίτο μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας έπειτα από την Κρήτη και την Εύβοια. Ο μόνιμος πληθυσμός του νησιού ήταν 90,436 - σύμφωνα με την απογραφή του 2001 - ενώ η έκταση της υπολογίζεται ότι είναι 1632 Km<sup>2</sup> (<http://www.statistics.gr>). Το γεωγραφικό της πλάτος είναι 39<sup>0</sup>06' ενώ το γεωγραφικό της μήκος 24<sup>0</sup>03'. Στο **Σχήμα 3.1** φαίνεται καθαρά η ακριβής θέση της Ν. Λέσβου στο χάρτη της Ελλάδος.



Σχήμα 3.1. Προσδιορισμός της γεωγραφικής θέσης της Ν. Λέσβου.

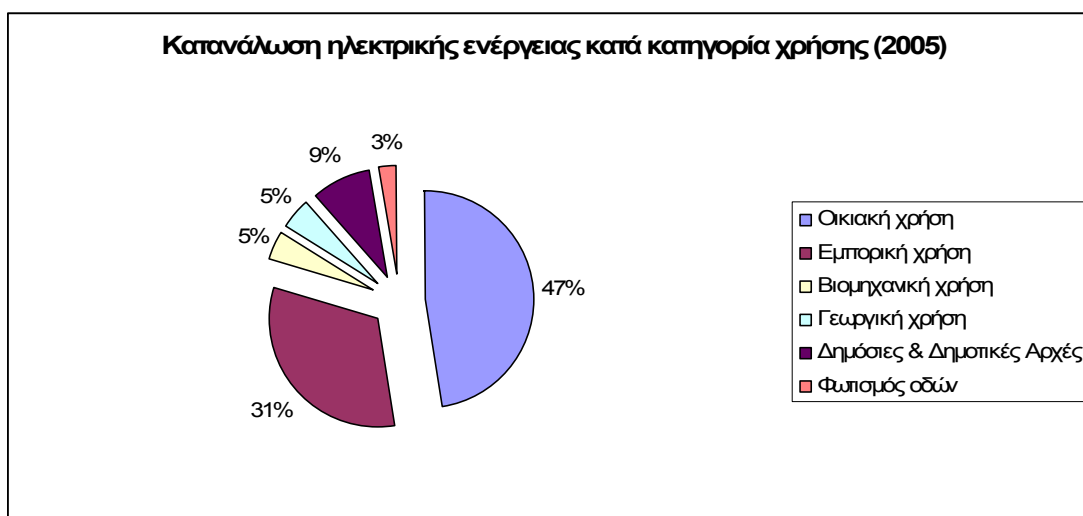
Ο Πίνακας 3.1 παρουσιάζει δεδομένα σχετικά με την ηλεκτρική κατανάλωση στο Νομό Λέσβου για το έτος 2005 και τον ποσοστιαίο καταμερισμό στις διάφορες χρήσεις (**Σχήμα 3.2**). Παρατηρώντας το **Σχήμα 3.2**, διαπιστώνεται ότι ο οικιακός τομέας κατανάλωσε για το 2005 σχεδόν τη μισή ποσότητα της συνολικής ενέργειας. Γεγονός, που συνεπάγεται ταυτόχρονα και τη πολύ σημαντική συμβολή αυτού του τομέα στις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα.

**Πίνακας 3.1. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο Ν. Λέσβο  
ανά κατηγορία χρήσης για το έτος 2005**

<b>Χρήση</b>	<b>Κατανάλωση σε (1.000 kWh)</b>
Οικιακή χρήση	118.001
Εμπορική χρήση	78.640
Βιομηχανική χρήση	11.392
Γεωργική χρήση	11.168
Δημόσιες & Δημοτικές Αρχές	22.248
Φωτισμός οδών	6.288
<b>Σύνολο</b>	<b>247.737</b>

(Πηγή: [http://www.statistics.gr/gr\\_tables/S503\\_SIN\\_7\\_TB\\_AN\\_92\\_05\\_Y.pdf](http://www.statistics.gr/gr_tables/S503_SIN_7_TB_AN_92_05_Y.pdf))

Είναι φανερό ότι το ποσοστό των 47 ποσοστιαίων μονάδων που κατέχει ο οικιακός τομέας στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση είναι ιδιαίτερα μεγάλο και χαρακτηρίζει σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή κατανάλωση όλων των ελληνικών νοικοκυριών. Επιπλέον, η ιδιαίτερα σημαντική συμβολή του συγκεκριμένου τομέα στην εκπομπή ρυπογόνων ουσιών δίνει ακόμα μεγαλύτερη αξία στη παρούσα μελέτη και στην εφαρμογή της καθώς η εκπόνηση αυτής της εργασίας έχει ως σκοπό να προσφέρει εναλλακτικές προτάσεις για τη χρήση ενεργειακά καθαρότερων λύσεων για την ενεργειακή κάλυψη των αναγκών ενός νοικοκυριού.



(Πηγή: [http://www.statistics.gr/gr\\_tables/S503\\_SIN\\_7\\_TB\\_AN\\_92\\_05\\_Y.pdf](http://www.statistics.gr/gr_tables/S503_SIN_7_TB_AN_92_05_Y.pdf))

**Σχήμα 3. 2. Ποσοστιαία κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στη Ν. Λέσβο,  
ανά κατηγορία χρήσης, για το έτος 2005**

Επίσης, μια άλλη πολύ σημαντική παράμετρος για την αξιολόγηση του υφιστάμενου συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελεί το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης στη Ν. Λέσβο και ο προσδιορισμός της ενεργειακής πηγής που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή της. Αυτά τα στοιχεία παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3.2** και εκδηλώνουν για



ακόμη μια φορά το σημαντικό βαθμό εξάρτησης από τις ρυπογόνες συμβατικές πηγές ενέργειας αλλά και την μικρή διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μας σύστημα.

**Πίνακας 3.2. Καταναλισκομένη ενέργεια στη Ν. Λέσβο και πηγή προέλευσης της**

Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	Εγκατεστημένη ισχύς (MW)	Καταναλισκομένη ενέργεια (MWh)	Ποσοστό καταναλισκομένης ενέργειας (%)
ΑΠΣ Λέσβου (Καύσιμο: Μαζούτ / Diesel)	80,469	224.140	90%
Α.Π.Ε. (Μόνο Αιολική ενέργεια)	10,800	24.169	10%
<b>Σύνολο</b>	<b>91,269</b>	<b>248.309</b>	<b>100%</b>

(Πηγή: Δ.Ε.Η.)

Επιπροσθέτως, για την σωστή και κατάλληλη εκμετάλλευση της τεχνολογίας των Φ/Β συστημάτων, για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χρειάζεται εκτενής και ακριβής γνώση της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και των επιμέρους κλιματολογικών στοιχείων στην περιοχή όπου θα λάβει χώρα η εγκατάσταση (Rehman et al, Article in press). Στην προκειμένη περίπτωση τα κλιματολογικά στοιχεία της Ν. Λέσβου αντλήθηκαν από το διαδίκτυο και πιο συγκεκριμένα από την ιστοσελίδα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.). Αυτά τα δεδομένα προέκυψαν μέσα από μετρήσεις που έγιναν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) κατά τη χρονική περίοδο 1955-1996 και πρόκειται για τους μέσους όρους όλων αυτών των ετών. Οι μετρήσεις έγιναν στο μετεωρολογικό σταθμό της πόλης της Μυτιλήνης - η οποία είναι και η πρωτεύουσα της Ν. Λέσβου - και παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3.3**, ενώ στον **Πίνακα 3.4** βλέπουμε τα στοιχεία βάσης του μετεωρολογικού σταθμού της Μυτιλήνης.

**Πίνακας 3.3. Κλιματολογικά δεδομένα της Ν. Λέσβου**

Μήνας	Ώρες ηλιοφάνειας h	Μέση θερμοκρασία αέρα °C	Σχετική Υγρασία %	Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο	Ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνεια κλίσης 30° kWh/m <sup>2</sup>	Ταχύτητα ανέμου m/sec
1	92,9	9,55	74,4	55,2	62	4,8
2	112,8	8,92	72,6	72,7	77	5,0
3	172,7	10,85	71,9	117,7	123	4,6
4	220,5	15,35	68,0	150,8	159	3,8
5	285,2	19,13	67,9	195,7	195	3,8
6	346,0	23,65	61,2	222,1	200	3,2
7	372,7	25,56	60,4	238,8	215	4,4
8	344,7	25,06	62,6	208,7	213	4,0
9	292,4	22,48	63,8	168,2	180	4,0
10	221,2	17,81	69,6	112,4	134	3,6
11	137,4	13,93	74,7	67,4	85	3,6
12	101,6	11,09	76,3	51,3	59	0,8

(Πηγή: <http://www.cres.gr>)

**Πίνακας 3.4. Στοιχεία βάσης μετεωρολογικού σταθμού Μυτιλήνης**

Σταθμός	Μυτιλήνη
Γεωγραφικό μήκος	24 <sup>0</sup> 03'
Γεωγραφικό πλάτος	39 <sup>0</sup> 06'
Ύψος σταθμού	2,3 m
E.M.Y.	1955-96

(Πηγή: <http://www.cres.gr>)

### **3.2.2. Το ηλεκτρικά αυτόνομο σπίτι**

Προκειμένου να διεξαχθεί το πρακτικό κομμάτι της παρούσας εργασίας και να προχωρήσει η εξέταση των διαφόρων παραμέτρων που περιλαμβάνονται στην εκπόνηση της έρευνας έγιναν κάποιες υποθέσεις. Κατ' αρχήν το οίκημα στο οποίο θα εφαρμοστεί η εξεταζόμενη μεθοδολογία και από το οποίο θα αντληθούν τα εκτιμώμενα αποτελέσματα θα είναι ένα «ιδεατό» σπίτι «μηδενικής ηλεκτρικής ενέργειας» στην Ν. Λέσβο. Το σπίτι αυτό θα είναι 100 τ.μ (m<sup>2</sup>) και έχει μελετηθεί έτσι ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια μιας τετραμελούς οικογένειας. Σημαντική προσπάθεια καταβλήθηκε προκειμένου το σενάριο αυτό να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικό και να ανταποκρίνεται σε μεγάλο βαθμό στην πραγματικότητα. Λέγοντας ηλεκτρικά αυτόνομο σπίτι ή σπίτι μηδενικής ηλεκτρικής ενέργειας εννοείται ένα οίκημα το οποίο παράγει «μόνο» του την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία απαιτείται προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες ηλεκτροδότησης των ενοίκων του. Δηλαδή σε αυτήν την περίπτωση η ετήσια ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται ισοδυναμεί με την ετήσια ενέργεια που παράγεται, χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το όλο εγχείρημα βασίζεται αφ' ενός στο γεγονός της απεξάρτησης των ενοίκων από το συνολικό δίκτυο και αφ' ετέρου στην παραγωγή καθαρής ενέργειας με τη χρήση ΑΠΕ, όπως της ηλιακής, η οποία θα αποδοθεί στην οικία μέσω της τεχνολογίας των Φ/Β συστημάτων (Iqbal 2004).

Η ισχύς και η ενέργεια (W και Whr) της κατανάλωσης των διάφορων ηλεκτρικών συσκευών που μπορεί να χρησιμοποιηθούν από μια κοινή οικογένεια - τα οποία αποδόθηκαν ως εισροές στο μοντέλο εφαρμογής - υπολογίστηκαν με βάση τα στοιχεία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) και του λογισμικού (RETScreen) που εφαρμόστηκε για την τεchnο-οικονομική εκτίμηση της επένδυσης. Επίσης, πολύ βασικός παράγοντας για την ανάπτυξη του παραπάνω μοντέλου, αποτελεί η υπόθεση ότι γίνεται μια σχετικά ορθολογική χρήση της παραγόμενης ενέργειας από τους ενοίκους της υπό εξέταση οικίας. Η ορθολογική αυτή χρήση εστιάζεται στο γεγονός ότι αποφεύγονται άσκοπες σπατάλες ενέργειας (π.χ ανοιχτά

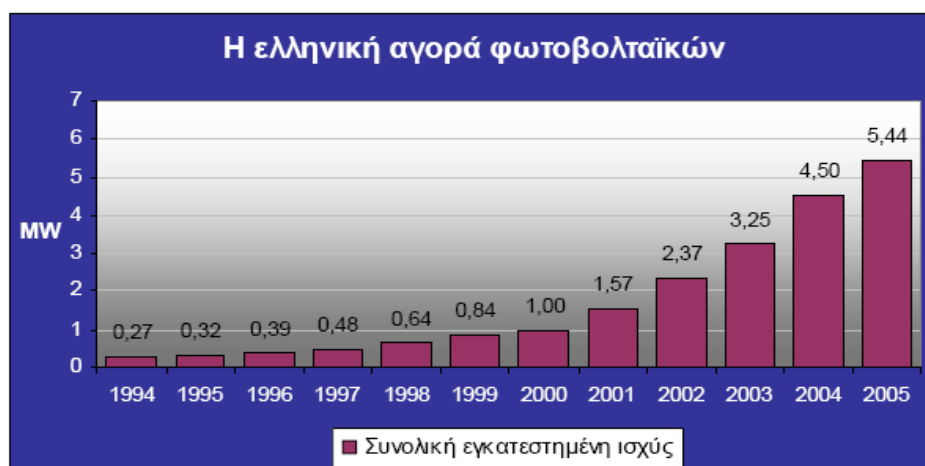
φώτα όλο το βράδυ, συσκευές σε θέση stand-by κ.α) και ότι οι ενεργοβόρες συσκευές (π.χ ηλεκτρική κουζίνα, πλυντήριο κ.α) δεν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα.

### 3.2.3. Εξοπλισμός

#### 3.2.3.1. Το σύστημα των Φωτοβολταϊκών Κυττάρων

Όπως προαναφέρθηκε, στη παρούσα εργασία η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και τον μετασχηματισμό της σε ηλεκτρική είναι αυτή των Φ/Β συστημάτων. Η επιλογή αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι τα Φ/Β θεωρούνται σήμερα μια από τις πλέον ώριμες τεχνολογίες ΑΠΕ. Επιπροσθέτως, έχουν το προτέρημα ότι είναι λειτουργικά, καθώς προσφέρουν επεκτασιμότητα της ισχύος τους και δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (στο δίκτυο ή σε συσσωρευτές) αναιρώντας έτσι το μειονέκτημα της ασυνεχούς παραγωγής ενέργειας. Ακόμη, δίνοντας τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή, και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια, τον καθιστούν πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν έτσι στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Δανίας όπου παρουσιάστηκε μείωση της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού από χρήστες φωτοβολταϊκών, της τάξης του 5-10% (Greenpeace 2005).

Η χρήση Φ/Β για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία, ευρέως διαδεδομένη και η οποία τα τελευταία χρόνια αρχίζει να παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη και στην Ελλάδα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε στο **Σχήμα 3.3** την εγκατεστημένη ισχύ των Φ/Β στην Ελλάδα από το 1994 έως το 2005.

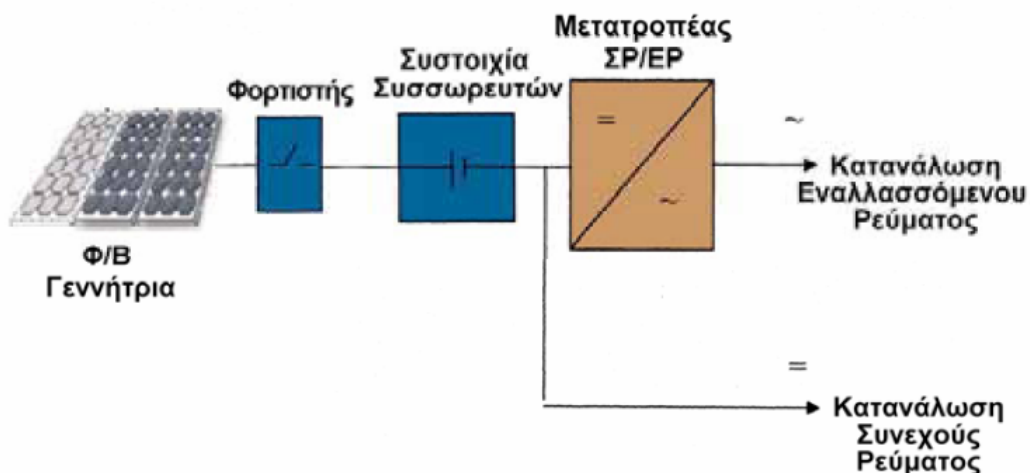


(Πηγή: Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (Σ.Ε.Φ.) 2006)

**Σχήμα 3.3. Εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β στην Ελλάδα (1994 - 2005)**

Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι τα Φ/Β διακρίνονται σε:

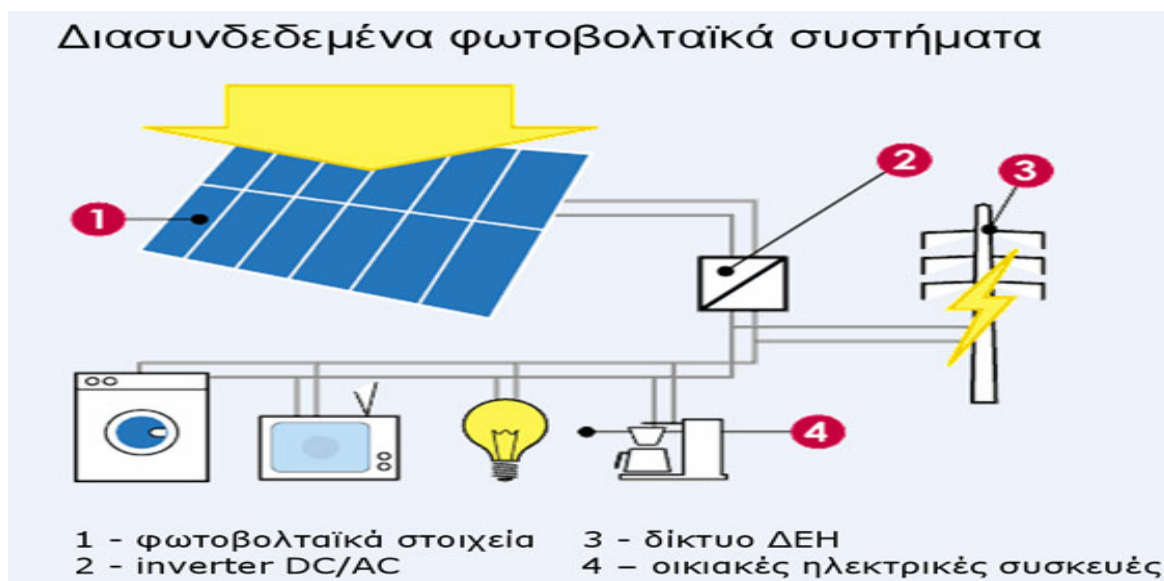
Α. Αυτόνομα συστήματα. Το σύστημα αυτό - το οποίο παρουσιάζεται στο **Σχήμα 3.4** - έχει τη δυνατότητα παροχής συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με τη χρήση μετατροπέα ισχύος (αντιστροφέα - inverter) αλλά και αποθήκευσης της πλεονάζουσας ενέργειας σε συσσωρευτές (μπαταρίες) για την χρήσης της τις βραδινές ώρες ή σε μέρες που έχει συννεφιά (Κ.Α.Π.Ε. 2001).



(Πηγή: Κ.Α.Π.Ε. 2001)

**Σχήμα 3.4.** Σχηματική αναπαράσταση ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος

Β. ‘Διασυνδεδεμένα’ συστήματα. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια συστοιχία Φ/Β στοιχείων, η οποία μέσω ενός αντιστροφέα (inverter) είναι συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο (**Σχήμα 3.5**).



(Πηγή: <http://www.prosolar.gr/default.asp?cmsid=1>)

**Σχήμα 3.5.** Σχηματική παράσταση ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος

Συνήθως, σε εφαρμογές μικρής εγκατεστημένης ισχύος, όπου τα Φ/Β πρέπει να καλύψουν συγκεκριμένο φορτίο, το δίκτυο χρησιμοποιείται ως μέσο για την προσωρινή αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Στην περίπτωση που η οικία είναι διασυνδεδεμένη στο δίκτυο, η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας πωλείται στη ΔΕΗ με τιμή η οποία καθορίζεται από την εκάστοτε νομοθεσία (Κ.Α.Π.Ε. 2001). Σύμφωνα με το νέο νόμο (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως 2006) για την «Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις», η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Φ/Β διαμορφώνεται ως εξής:

**Πίνακας 3.5. Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β.**

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκές μονάδες, με Εγκατεστημένη Ισχύ <sup>1*</sup> :	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά <sup>2*</sup>
μικρότερη ή ίση των εκατό (100) kW <sub>peak</sub> ,	450	500
μεγαλύτερη των εκατό (100) kW <sub>peak</sub>	400	450

(Πηγή: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως 2006)

Εδώ, κρίνεται απαραίτητο να επισημανθεί το γεγονός ότι αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα η πλειοψηφία των Φ/Β συστημάτων που είναι εγκατεστημένα δεν είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο -σχεδόν τα 3/4 του συνόλου - αλλά είναι αυτόνομα συστήματα. Γεγονός το οποίο καταδεικνύει αφ' ενός την έλλειψη κινήτρων - τουλάχιστον μέχρι το ψήφισμα του νέου νόμου τον Ιούνιο του 2006 - της ελληνικής νομοθεσίας για την εγκατάσταση Φ/Β συνδεδεμένων στο δίκτυο και αφ' ετέρου το ότι συνέφερε - μέχρι πρότινος - περισσότερο η εγκατάσταση αυτόνομων συστημάτων σε απομακρυσμένες περιοχές στις οποίες το κόστος διασύνδεσης με το δίκτυο ήταν ιδιαίτερα υψηλό. Αυτή η διαφορά φαίνεται καθαρά από τον **Πίνακα 3.6** ο οποίος δείχνει το μερίδιο αγοράς των φωτοβολταϊκών εφαρμογών

<sup>1\*</sup> Εγκατεστημένη Ισχύς σταθμού Α.Π.Ε. εννοείται: «Το άθροισμα της ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος όλων των μονάδων παραγωγής που περιλαμβάνει ο σταθμός Α.Π.Ε.. Ως ονομαστική ισχύς κάθε μονάδας παραγωγής ορίζεται η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς της μονάδας, που προκύπτει από τα σχετικά πιστοποιητικά έγγραφα των κατασκευαστών των μονάδων αυτών και των φορέων που είναι αρμόδιοι για την πιστοποίηση των μονάδων παραγωγής, όταν η μονάδα λειτουργεί, συνεχώς, για χρονικό διάστημα τουλάχιστον δεκαπέντε λεπτών» (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως 2006).

<sup>2\*</sup> Ο όρος Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά αναφέρεται: «στα νησιά της Ελληνικής Επικράτειας των οποίων το Δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας δεν συνδέεται με το Σύστημα και το Δίκτυο διανομής της ηπειρωτικής χώρας» (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως 2006).

Πίνακας 3.6. Μερίδιο αγοράς των φωτοβολταϊκών εφαρμογών



(Πηγή: Σ.Ε.Φ. 2006)

Προκειμένου να υπάρξει μια συνολικότερη εικόνα όσον αφορά το εύρος των εφαρμογών αλλά και την χρησιμότητα των Φ/Β συστημάτων στους διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας παρατίθεται ο Πίνακας 3.7

Πίνακας 3.7. Αυτόνομες εφαρμογές Φ/Β σε αναπτυσσόμενες χώρες

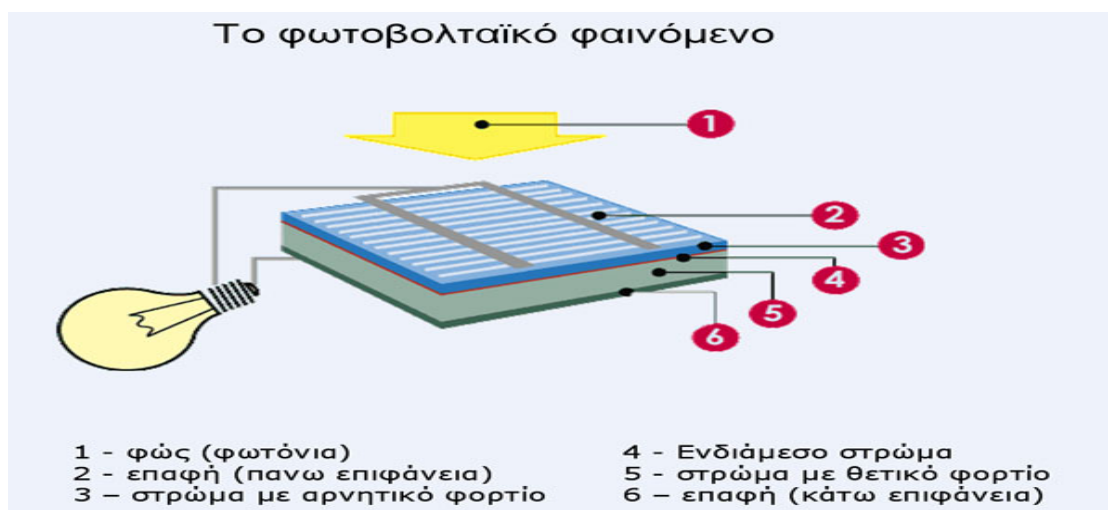
Γεωργία	- Αντληση νερού. - Ηλεκτρική περίφραξη για εκτρεφόμενα ζώα και διαχείριση βοσκοτόπων.
Κοινοτικό Επίπεδο	- Αντληση νερού, συστήματα αφαλάτωσης και απορρύπανσης. - Φωτισμός για σχολεία και άλλα κοινοτικά κτίρια.
Οικιακός Τομέας	- Φωτισμός, για τη διευκόλυνση της μελέτης και δραστηριοτήτων παραγωγής εισοδήματος, και για τη γενικότερη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου. - Τηλεόραση, ραδιόφωνο, και άλλες μικρές συσκευές. - Αντληση νερού.
Υγειονομική περίθαλψη	- Φωτισμός για τους θαλάμους, το χειρουργείο και τους χώρους του προσωπικού. - Ιατρικός εξοπλισμός. - Ψύξη εμβολίων.

(Πηγή: Greenpeace 2005)

Με σκοπό να επεξηγηθούν κάποιες βασικές έννοιες, αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι ομάδες Φ/Β στοιχείων συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα διαμορφώνουν ένα Φ/Β πλαίσιο. Ακόμη, μία τυπική Φ/Β συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 11% - 17% (το μέγεθος αυτό διακυμαίνεται ανάλογα με την τεχνολογία των Φ/Β που θα επιλεγεί) περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η

μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. (<http://www.cres.gr>).

Τα Φ/Β στοιχεία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, με τη βοήθεια του φωτοηλεκτρικού φαινομένου (**Σχήμα 3.5**). Κάθε φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από δύο στρώματα ημιαγωγού υλικού, συνήθως πυριτίου. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην ένωση αυτών των δύο στρωμάτων, παράγεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα.

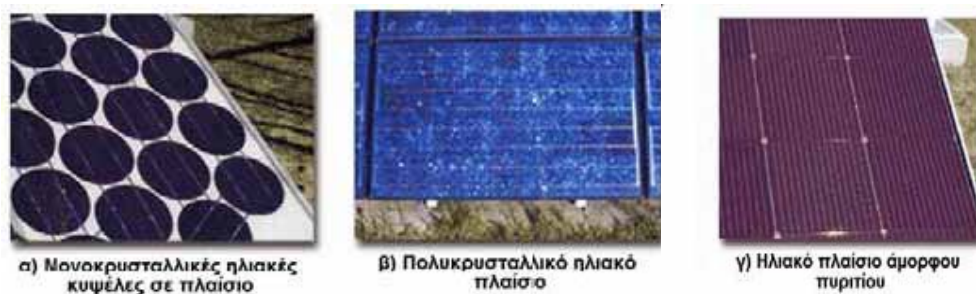


(Πηγή: <http://www.prosolar.gr/default.asp?cmsid=1>)

**Σχήμα 3.5. Σχηματική αναπαράσταση του φωτοβολταϊκού φαινομένου**

Το πιο σημαντικό από τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός Φ/Β πλαισίου είναι η ισχύς αιχμής (W) που εκφράζει την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ όταν το Φ/Β πλαίσιο εκτεθεί σε ηλιακή ακτινοβολία  $1 \text{ kW/m}^2$ . Τα Φ/Β πλαίσια έχουν διάρκεια ζωής έως και 25 έτη χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση, ενώ σε αυτό το διάστημα οι συσσωρευτές αντικαθίστανται 4-5 φορές. Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος ενός συστήματος είναι το είδος της εφαρμογής και το αν το σύστημα είναι συνδεδεμένο ή όχι. Το κόστος είναι συνήθως χαμηλότερο για συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο και η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι, σε αντίθεση με τα αυτόνομα συστήματα, δεν απαιτούν συσσωρευτές. Επίσης, το κόστος ανά W μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους του Φ/Β συστήματος. Το κόστος των Φ/Β συστημάτων εκφράζεται συνήθως σε Ευρώ/W αιχμής.

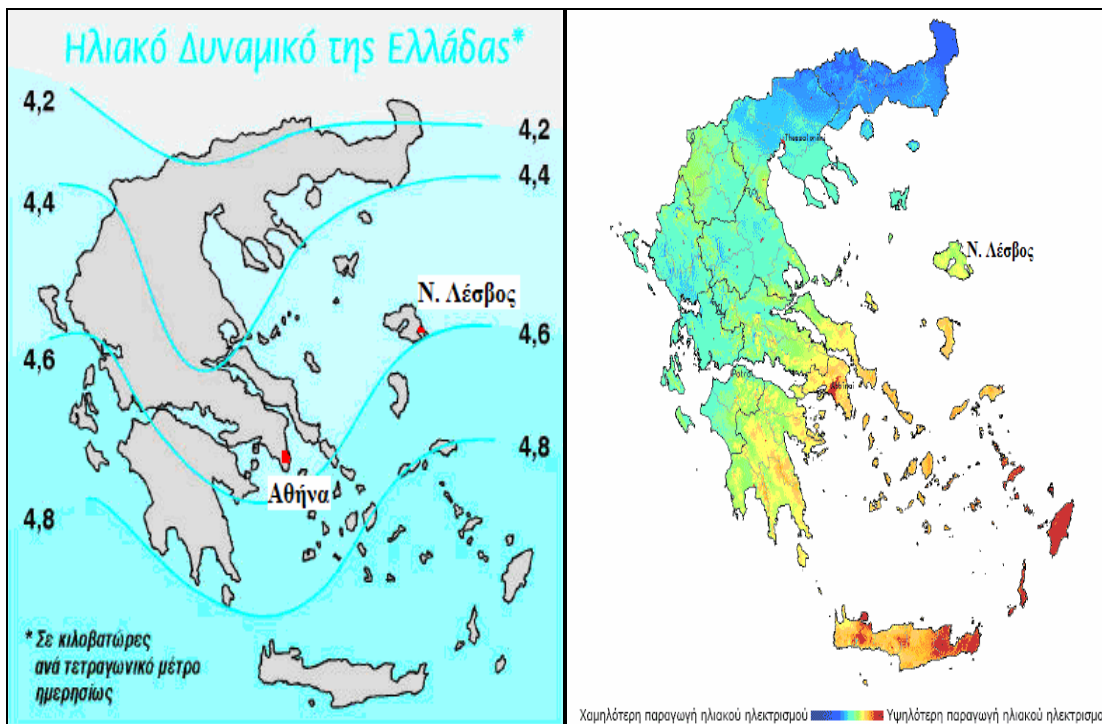
Η απόδοση των Φ/Β στοιχείων εξαρτάται από το υλικό και τον τρόπο κατασκευής τους. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι Φ/Β στοιχείων είναι τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου και τα άμορφα πολυκρυσταλλικά στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά διαφέρουν τόσο στο ως προς τον τρόπο κατασκευής τους όσο και ως προς τα χαρακτηριστικά τους (χρώμα, εμφάνιση, ανακλαστικότητα, και ούτω καθεξής). Στο **Σχήμα 3.6**, παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες ηλιακών πλαισίων



(Πηγή: Κ.Α.Π.Ε. 2001)

Σχήμα 3.6. Ηλιακά πλαίσια

Σε γενικές γραμμές, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει ετησίως περί τις 1.100-1.500 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (KWh/έτος/KW). Προφανώς στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1.300-1.400 KWh/έτος/KW, στη Θεσσαλονίκη 1.150-1.250 KWh/έτος/KW και στην Κρήτη ή στη Ρόδο 1.350-1.500 KWh/έτος/KW (Greenpeace 2005). Όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 3.7, το οποίο παρουσιάζει το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας, η Ν. Λέσβος στην οποία θα λάβει χώρα η εφαρμογή του μοντέλου συγκαταλέγεται στην ίδια ζώνη με την Αθήνα, πράγμα που σημαίνει ότι η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στην Ν. Λέσβο θα αποδίδει περίπου 1.300-1.400 KWh/έτος/KW.



(Πηγή: Greenpeace 2005)

Σχήμα 3.7. Χάρτες με το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας



Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν Φ/Β πλαίσια που αποτελούνται από μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου, απόδοσης 190W, το μοντέλο HIP-190BA3, της εταιρείας Sanyo. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων συνοψίζονται στον Πίνακα 3.8.

**Πίνακας 3.8. Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίων Sanyo/HIP-190BA3**

Περιγραφή χαρακτηριστικών	Μονάδα	Προδιαγραφές χαρακτηριστικών
Μέγιστη Ισχύς	(Watt)	190
Ελάχιστη Ισχύς	(Watt)	171
Εμβαδό	(m <sup>2</sup> )	1,18
Ύψος	(mm)	1600
Πλάτος	(mm)	912
Μήκος	(mm)	1319
Βάρος	(Kg)	14
Αποδοτικότητα	(%)	16,1

(Πηγή: [http://www.sanyo.co.jp/clean/solar/hit\\_e/download\\_pdf/ul/HIP-186\\_190\\_195\\_200BA3.pdf](http://www.sanyo.co.jp/clean/solar/hit_e/download_pdf/ul/HIP-186_190_195_200BA3.pdf))

Επίσης, ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας στην εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων είναι να εγκατασταθούν έτσι ώστε να έχουν νότιο προσανατολισμό, καθώς τότε έχουν τη μέγιστη απόδοση. Η σωστή κλίση των φωτοβολταϊκών ταυτίζεται συνήθως με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής στην οποία εγκαθίσταντο - στην προκειμένη περίπτωση έχει επιλεγεί κλίση ίση με 39<sup>0</sup>. Στον Πίνακα 3.9 περιγράφεται αναλυτικά η απόδοση των φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς (Σ.Ε.Φ. 2006).

**Πίνακας 3.9. Απόδοση των φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς**

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0°	30°	90°
Ανατολικός - Δυτικός	90	85	50
Νοτιοανατολικός - Νοτιοδυτικός	90	95	60
Νότιος	90	100	60
Βορειοανατολικός - Βορειοδυτικός	90	67	30
Βόρειος	90	60	20

(Πηγή: Σ.Ε.Φ. 2006)

### 3.2.3.2. Υπόλοιπος εξοπλισμός

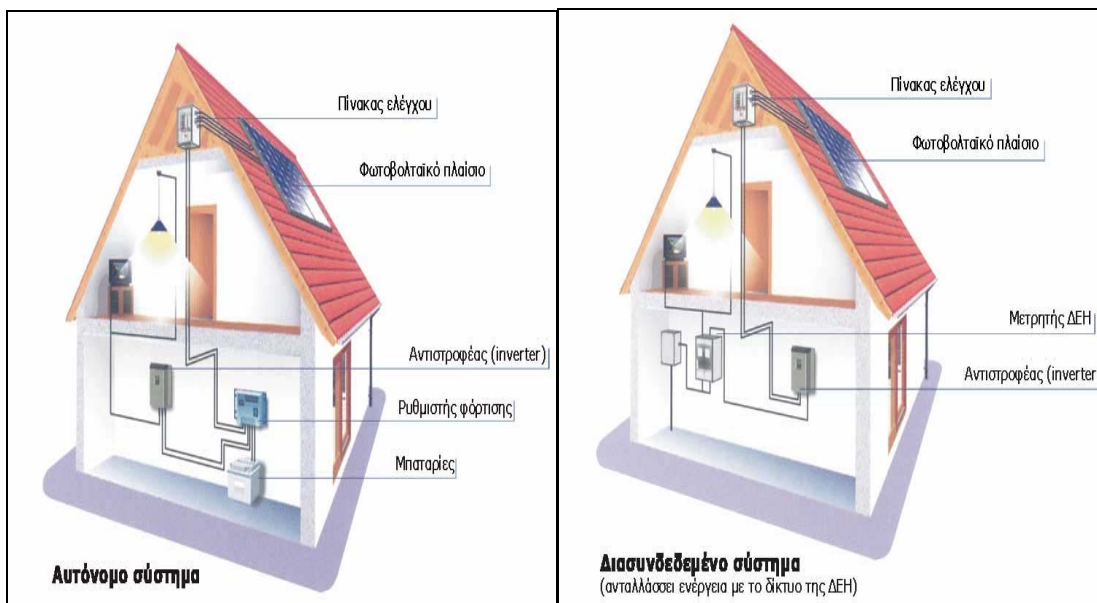
Όπως έγινε φανερό και από τη προηγούμενη συζήτηση ένα τυπικό αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται, εκτός από τη Φ/Β συστοιχία, από τους συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας και την παροχή της πλεονάζουσας ενέργειας είτε κατά την διάρκεια της νύχτας είτε σε συννεφιασμένες ημέρες. Ο πιο διαδεδομένος τύπος συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τύπου μολυβδου-οξέος, ανοικτού ή κλειστού τύπου, ειδικά σχεδιασμένοι για ηλιακά συστήματα παραγωγής ενέργειας. Οι μπαταρίες χαρακτηρίζονται από την ηλεκτρική τους τάση (Voltage) η οποία μετράται σε πολλαπλάσια του 12V (Volt) και από την χωρητικότητα της (Capacity) η οποία υπολογίζεται σε Αμπέρ/ώρες - Amber/hours (Ah). Για παράδειγμα, ένας συσσωρευτής χωρητικότητας 50 Ah και τάσης 24V θα αποθηκεύσει ενέργεια κάτω από κανονικές συνθήκες ίση με:  $50 \cdot 24 = 1200 \text{Wh}$  (RETScreen™ 2000). Ένας τέτοιος τύπος συσσωρευτών θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία διαθέτοντας τις προδιαγραφές που παρουσιάζονται στον **Πίνακα 3.10**.

**Πίνακας 3.10. Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών**

Περιγραφή χαρακτηριστικών	Μονάδα	Προδιαγραφές χαρακτηριστικών
Αυτονομία	(Ημέρα)	2
Ονομαστική ηλεκτρική τάση	(Volt)	24
Αποδοτικότητα	(%)	85
Ονομαστική χωρητικότητα	(Ah)	1770
Προτεινόμενη ονομαστική χωρητικότητα	(Ah)	959

(Πηγή: RETScreen™ Software 2000)

Επιπλέον για τη μετατροπή της ισχύος χρησιμοποιούνται μετατροπείς ισχύος ή αντιστροφείς (inverter) οι οποίοι μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα (ΣΡ) σε εναλλασσόμενο ρεύμα (ΕΡ). Ακόμη όταν πρόκειται για αυτόνομο σύστημα θεωρείται απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί και ένας ρυθμιστής φόρτισης ο οποίος θα έχει ως σκοπό να προλαμβάνει καταστάσεις υπερφόρτισης ή αποφόρτισης της μπαταρίας και να ελέγχει με αυτό το τρόπο τη ροή ενέργειας στο σύστημα για την καλύτερη και ομαλότερη λειτουργία του. Στο **Σχήμα 3.10** γίνεται μια λεπτομερής αναπαράσταση των μηχανισμών που εφαρμόζονται σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα στο δίκτυο σπίτια.



(Πηγή: Σ.Ε.Φ. 2006)

**Σχήμα 3.8. Σχηματική αναπαράσταση εγκαταστάσεων Φ/Β συστημάτων (αριστερά: αυτόνομο σύστημα, δεξιά: διασυνδεδεμένο σύστημα)**

### 3.3. Περιγραφή σεναρίων

Με σκοπό να παραχθούν συγκρίσιμα αλλά και αξιοποιήσιμα αποτελέσματα - τα οποία θα βασίζονται σε ρεαλιστικές υποθέσεις - από την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας, κρίθηκε απαραίτητο να αναπτυχθούν 3 (τρία) βασικά σενάρια. Αυτά είναι τα εξής:

**1<sup>ο</sup> Σενάριο:** Υποθέσαμε ότι το Φ/Β σύστημα που θα εφαρμοστεί θα είναι αυτόνομο, δηλαδή δεν θα είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του Νησιού. Η εγκατεστημένη ισχύς του θα είναι 4,56 kW. Η ισχύς αυτή προέκυψε από την ανάλυση των ηλεκτρικών καταναλώσεων που έγιναν στο λογισμικό RETScreen και οι οποίες περιγράφηκαν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2. Σύμφωνα με το λογισμικό δεν απαιτείται να εφαρμοστεί εγκατάσταση ίση με το σύνολο των ηλεκτρικών καταναλώσεων - οι οποίες αθροιστικά ανερχόταν σε 8,3 kw/ημέρα - καθώς θεωρήθηκε - από το RETScreen - ότι οι ηλεκτρικές συσκευές δεν θα λειτουργούν όλες μαζί. Αυτό το σενάριο, το οποίο ανταποκρίνεται στις πραγματικές ανάγκες ενός νοικοκυριού αποτελούμενο από 4 (τέσσερα) μέλη, επιλέχθηκε με σκοπό να ελεγχθεί το μέγεθος της επένδυσης που απαιτείται προκειμένου οι οικιακοί καταναλωτές να καταφέρουν να απεξαρτηθούν ηλεκτρικά από το ρυπογόνο υφιστάμενο σύστημα διάθεσης ηλεκτρικής ενέργειας και να μελετηθούν οι διάφορες οικονομικές συνιστώσες αυτής της επένδυσης. Σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων που δίνονται στο **Πίνακα 3.10** κάθε πλαίσιο καταλαμβάνει 1,18m<sup>2</sup> χώρο, οπότε με δεδομένο ότι απαιτούνται 24 τέτοια πλαίσια, ( αφού  $4,56 \text{ kW} = 4560 \text{ W} / 190 \text{ W/πλαίσιο} = 24 \text{ Φ/Β πλαίσια}$  )

η συνολική επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων θα είναι  $28,32\text{m}^2$  ( $24 \cdot 1,18\text{m}^2$ ). Όμως, με βάση το γεγονός ότι δεν θα πρέπει η σκιά του ενός Φ/Β πλαισίου να πέφτει στην επιφάνεια του άλλου υποθέτουμε ότι - εφόσον αυτά εγκαθίσταντο σε μια επίπεδη επιφάνεια - η ελάχιστη έκταση η οποία απαιτείται ώστε να παραμένουν ασκίαστα κατά τη διάρκεια όλης της μέρας θα πρέπει να είναι περίπου τετραπλάσια του όγκου τους. Αυτή η εκτίμηση προέκυψε από τις προδιαγραφές που δίνουν οι διάφορες τεχνικές εταιρείες - στην Ελλάδα - οι οποίες εγκαθιστούν Φ/Β συστήματα. Οπότε προκύπτει ότι η ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνεια θα είναι περίπου  $115\text{m}^2$  ( $28,32\text{m}^2 \cdot 4 = 113,28$ ). Σε αυτό το σενάριο (1α) η τελική επένδυση - εφόσον γίνεται από ιδιώτες και όχι από επιχείρηση - σύμφωνα με το υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο δεν δικαιούται επιδότηση παρά μόνο φορολογική απαλλαγή ύψους 20% του κόστους της αρχικής επένδυσης, η οποία μεταφράζεται σε έκπτωση 3-8% επί της πραγματικής αξίας του συστήματος. Το ποσό της τελικής έκπτωσης δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 700 (Βουλή των Ελλήνων 2006). Εφόσον, όμως, η συγκεκριμένη επένδυση γίνει από κάποιο «Νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου που ασκεί επιχειρηματική δραστηριότητα», (σενάριο 1β) τότε μπορεί να ενταχθεί στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» και να λάβει επιδότηση το ανώτερο μέχρι 45%, σύμφωνα με το Μέτρο 6.5. «Προώθηση συστημάτων ΑΠΕ, Συμπαράγωγής στο ενεργειακό σύστημα της χώρας - Εξοικονόμηση Ενέργειας» (ΥΠ.ΑΝ. 2005β). Αξίζει να σημειωθεί, ότι το ελάχιστο ποσό επένδυσης σύμφωνα με αυτό το μέτρο καθορίζεται στα 44.000 Ευρώ.

**2<sup>ο</sup> Σενάριο:** Εδώ έγινε η υπόθεση της εγκατάστασης ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος, εγκατεστημένης ισχύς 20 kW το οποίο θα αποτελείται από 106 Φ/Β πλαίσια. Η λογική του συγκεκριμένου σεναρίου στηρίζεται στο ότι η οικία θα καταναλώνει τόση ηλεκτρική ενέργεια όσες είναι οι ανάγκες των ενοίκων της και το υπόλοιπο θα πουλιέται στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού. Η τιμή πώλησης έχει οριστεί στα 50 Ευρώ/MW - για τα Μη-Διασυνδεδεμένα Νησιά όπως η Ν. Λέσβος - σύμφωνα με το Νόμο υπ' αριθμόν 3468 του 2006 (Εφημερίδα της Κυβερνήσεως 2006). Βασικός λόγος για την επιλογή του συγκεκριμένου σεναρίου ήταν το γεγονός ότι σύμφωνα με το παραπάνω Νόμο για την προώθηση των ΑΠΕ οι εγκαταστάσεις Φ/Β συστημάτων ισχύος μέχρι 20 kW απαλλάσσονται από την έγκριση περιβαλλοντικών όρων και η υπογραφή της σύμβασης γίνεται κατευθείαν με την ΔΕΗ. Αντίθετα για εγκαταστάσεις πάνω από 20 kW απαιτείται προκαταρκτική περιβαλλοντική μελέτη και διάφορα αλλά δικαιολογητικά για την παραχώρηση της άδεια παραγωγής. Όσον αφορά το χώρο που απαιτείται για την τοποθέτηση του συστήματος, υπολογίζεται ότι τα Φ/Β πλαίσια καταλαμβάνουν έκταση ίση περίπου με  $125\text{m}^2$  ( $1,18\text{m}^2/\text{πλαίσιο} \cdot 106 \text{ πλαίσια} = 125,08\text{m}^2$ ). Επειδή όμως τα Φ/Β πλαίσια πρέπει να εγκαθίστανται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην καλύπτει η σκιά του ενός την επιφάνεια του άλλου γίνεται η υπόθεση - όπως και στο 1<sup>ο</sup> σενάριο - ότι η απαιτούμενη επιφάνεια θα πρέπει να είναι σχεδόν τετραπλάσια του όγκου τους. Αυτό

ισοδυναμεί με - τουλάχιστον - **500m<sup>2</sup>** ( $125\text{m}^2 * 4 = 500\text{m}^2$ ) απαιτούμενη έκταση γης. Σε αυτό το σενάριο η επιδότηση που παρέχεται από το νομοθετικό πλαίσιο είναι της τάξης του 60% για τη Νήσο Λέσβο με την παραδοχή όμως ότι η επένδυση θα γίνει με την ταυτόχρονη ίδρυση επιχείρησης από τους ωφελούμενους. Σύμφωνα με τον τροποποιημένο αναπτυξιακό Νόμο του 2004, επενδύσεις που γίνονται στη Γ αναπτυξιακή ζώνη, στην οποία περιλαμβάνεται η Ν. Λέσβος, επιδοτούνται με 40% - με τη προϋπόθεση ότι το ελάχιστο ποσό επένδυσης είναι 100.000 Ευρώ - και σε αυτό προστίθεται και ένα 20% το οποίο δικαιούνται επιπροσθέτως οι επενδύσεις οι οποίες γίνονται από πολύ μικρές ή μικρές επιχειρήσεις<sup>1</sup> (Βουλή των Ελλήνων 2006).

**3<sup>ο</sup> Σενάριο:** Σε αυτό το σενάριο υποτέθηκε η εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου Φ/Β συστήματος, εγκατεστημένης ισχύς 100 kW, αποτελούμενο από 527 Φ/Β πλαίσια. Όπως στο 2<sup>ο</sup> σενάριο έτσι και εδώ θεωρείται ότι οι ένοικοι της οικίας θα καταναλώνουν τη ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που τους είναι απαραίτητη και την υπόλοιπη θα την πουλάνε στο κεντρικό δίκτυο. Η απόφαση για την επιλογή αυτού του σεναρίου τεκμηριώνεται από το γεγονός ότι για τις εγκαταστάσεις μέχρι του συγκεκριμένου μεγέθους συστήματος - σύμφωνα με τον νέο Νόμο 3468/2006 - δίνεται η δυνατότητα για πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που πλεονάζει στην Δ.Ε.Η. με τιμή 500 Ευρώ/MWh εφόσον πρόκειται για μη - διασυνδεδεμένα Νησιά. Αντιθέτως, για εγκαταστάσεις πάνω από 100 kW η τιμή της πώλησης της MWh μειώνεται - όπως φαίνεται και από τον **Πίνακα 3.5** - στα 450 Ευρώ/MWh. Ακόμη, βασική προϋπόθεση αποτέλεσε το γεγονός ότι για συστήματα ισχύος μέχρι και 150 kW δεν απαιτούνται άδειες παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας. Όσον αφορά το καθεστώς της επιδότησης ισχύουν τα ίδια όπως και στο 2<sup>ο</sup> σενάριο. Βέβαια, η συγκεκριμένη επένδυση έχει το μειονέκτημα ότι απαιτείται σχετικά μεγάλη έκταση η οποία υπολογίζεται ότι θα πρέπει να είναι ίση - το λιγότερο - περίπου με **2500m<sup>2</sup>** ( $1,18\text{m}^2/\text{πλαίσιο} * 527 \text{ πλαίσια} = 621,86\text{m}^2 * 4 = 2487,44$ ).

Στον **Πίνακα 3.11** παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά σενάρια και οι διάφορες συνιστώσες τους.

---

<sup>1</sup> Σύμφωνα με τον Αναπτυξιακό Νόμο 3299/04 ως **πολύ μικρές επιχειρήσεις** θεωρούνται αυτές που απασχολούν από 0 έως 10 άτομα προσωπικό και ο ετήσιο κύκλος εργασιών τους καθώς και ο ετήσιος ισολογισμός τους είναι μικρότερος από € 2.000.000,00 τηρώντας ταυτόχρονα το κριτήριο της ανεξαρτησίας. Ενώ **μικρές επιχειρήσεις** θεωρούνται αυτές που απασχολούν λιγότερα από 50 άτομα προσωπικό, ο ετήσιο κύκλος εργασιών τους καθώς και ο ετήσιος ισολογισμός τους είναι μικρότερος από € 10.000.000,00 και τηρούν κι αυτές το κριτήριο της ανεξαρτησίας.

Πίνακας 3.11. Συνοπτική παρουσίαση σεναρίων

Σενάρια / Χαρακτηριστικά	1° (α)	1° (β)	2°	3°
Τύπος συστήματος	Αυτόνομο	Αυτόνομο	Διασυνδεδεμένο	Διασυνδεδεμένο
Ισχύς (kW)	4,56	4,56	20	100
Αριθμός Φ/Β πλαισίων	24	24	106	526
Συλλεκτική επιφάνεια Φ/Β (m <sup>2</sup> )	28,32	28,32	125,08	2487,44
Συνολική απαιτούμενη επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	60	60	300	1500
Υπόσταση	Ιδιώτης	Νομικό πρόσωπο	Νομικό πρόσωπο	Νομικό πρόσωπο
Επιδότηση	700 Ευρώ	45%	60%	60%
Απαιτούμενα έγγραφα	Κανένα	Κανένα	Απλή σύμβαση με ΔΕΗ	Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ)
Ίδια κεφαλαία (το ελάχιστο)	-	15%	25%	25%
Ελάχιστο ποσό επένδυσης	-	44.000,00 €	100.000,00 €	100.000,00 €

### 3.4. Περιγραφή μοντέλου/λογισμικού (RETScreen)

Έχοντας ως σκοπό την πρακτική εφαρμογή των όσων εξετάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες αλλά και την μετάβαση από το θεωρητικό πλαίσιο έρευνας στη χρήση συγκρίσιμων μεθόδων θα χρησιμοποιηθεί ένα λογισμικό πρόγραμμα διεθνών προδιαγραφών. Πρόκειται για ένα πακέτο λογισμικού ανανεώσιμων ενεργειακών τεχνολογιών με βάση το οποίο θα ελεγχθεί η βιωσιμότητα καθώς και η οικονομική και περιβαλλοντική διάσταση μιας επένδυσης για την ηλεκτρική αυτονομία μιας οικίας. Το λογισμικό αυτό ονομάζεται 'RETScreen<sup>TM</sup> International - Renewable Energy Technologies -, και έχει χρησιμοποιηθεί επανειλημμένα και παγκοσμίως για τη διεξαγωγή τέτοιων μελετών. Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο λογισμικό ανάλυσης έργων που αφορούν τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας το οποίο σχεδιάστηκε από το Εργαστήριο Φυσικών Πόρων του Καναδά και κάτω από την εποπτεία της Κυβέρνησης του Καναδά (RETScreen<sup>TM</sup> Software 2000)

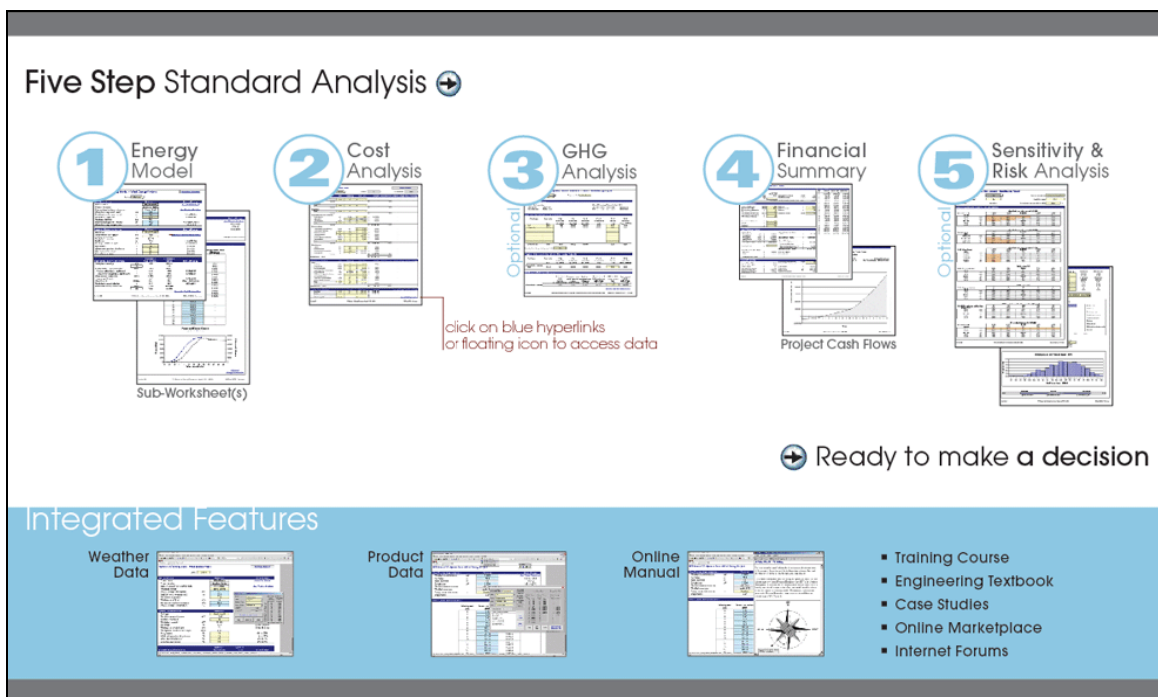
Το λογισμικό RETScreen, το οποίο διατίθεται δωρεάν, χρησιμοποιείται σήμερα από περισσότερους από 100.000 ανθρώπους σε 216 χώρες, εξελισσόμενο γρήγορα σε διεθνές επίπεδο ως ένα αξιόπιστο εργαλείο για την αξιολόγηση - σε τεχνικο-οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο - των έργων καθαρής ενέργειας. Θεωρείται από τις πιο αξιόπιστες μεθόδους για την εκτίμηση της βιωσιμότητας μιας επένδυσης που στηρίζεται στην αξιοποίηση

ανανεώσιμων μορφών ενέργειας (RETScreen<sup>TM</sup> Software 2000). Επομένως, με βάση το λογισμικό αυτό αλλά και τη μελέτη και εξέταση της σχετικής βιβλιογραφίας θα αναλυθούν οι διάφορες περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές παράμετροι οι οποίες θα συμβάλουν στη διερεύνηση του βαθμού απόδοσης αλλά και βιωσιμότητας μιας τέτοιας επένδυσης.

Πριν προχωρήσουμε στην εξέταση του λογισμικού και της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη του, θεωρείται απαραίτητο να δοθεί μια εικόνα του τρόπου με τον οποίο έχει δομηθεί ένα τέτοιο εργαλείο. Το λογισμικό RETScreen<sup>TM</sup> αποτελείται από 7 (επτά) υπολογιστικά φύλλα Excel. Τα οποία, με την σειρά που παρατίθενται, είναι τα εξής:

1. Φύλλο εισαγωγής (Intro): όπου δίνονται περιγραφικά όλα τα περιεχόμενα που εμπεριέχονται στο λογισμικό (επιμέρους ενότητες, υπολογιστικά φύλλα, βάσεις δεδομένων κ.α.).
2. Ενεργειακό μοντέλο (Energy Model): όπου περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος το οποίο θα χρησιμοποιηθεί.
3. Ηλιακά δεδομένα και ισχύς συστήματος (Solar Resource & System Load): όπου υπολογίζονται οι ηλεκτρικές καταναλώσεις της οικίας και δίνονται αναλυτικές πληροφορίες για την κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος.
4. Ανάλυση κόστους (Cost Analysis): όπου περιγράφονται και αναλύονται τα τεχνικο-οικονομικά στοιχεία της επένδυσης.
5. Ανάλυση αερίων του θερμοκηπίου [Greenhouse Gas (GHG) Analysis]: όπου υπολογίζεται η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που δεν θα εκπέμπει στην ατμόσφαιρα από την υλοποίηση επένδυσης ΑΠΕ.
6. Χρηματοοικονομική σύνοψη (Financial Summary): όπου παρουσιάζονται συνοπτικά όλες οι χρηματοοικονομικές παράμετροι (πληθωρισμός, φόροι επένδυσης κ.α.), το περιοδικό και ετήσιο κόστος, όλες οι ροές χρημάτων καθώς και η χρηματοοικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης.
7. Ανάλυση ευαισθησίας και κινδύνου (Sensitivity & Risk Analysis): όπου υπολογίζεται η ευαισθησία των σημαντικότερων χρηματοοικονομικών δεικτών σε σχέση με τις διάφορες τεχνικές και χρηματοοικονομικές παραμέτρους της επένδυσης.

Με σκοπό ο χρήστης του λογισμικού να πάρει τη τελική απόφαση σχετικά με την υλοποίηση της επένδυσης, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από την οικονομική της βιωσιμότητα, το RETScreen<sup>TM</sup> απλοποιεί όλες τις διαδικασίες και παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη μέσα από τα πέντε (5) βήματα που παρουσιάζονται στο **Σχήμα 3.1**. να είναι έτοιμος για την απόρριψη ή όχι της επένδυσης.



(Πηγή: RETScreen™ Software 2000)

**Σχήμα 3.9. Διάγραμμα ροής του λογισμικού RETScreen**

Αναλυτικότερα, προκειμένου να αναπτυχθεί το μοντέλο και να φτάσουμε στην τελική απόφαση ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

**1<sup>ο</sup> βήμα.** Κατά τη διάρκεια του πρώτου βήματος (Energy Model) συλλέχθηκαν και εισήχθησαν στο μοντέλο στοιχεία που έχουν να κάνουν με τις συνθήκες στις περιοχές εγκατάστασης (ηλιακή ακτινοβολία, γεωγραφικό μήκος, μέση ετήσια θερμοκρασία κ.ά.) και τα χαρακτηριστικά του συστήματος (τεχνικές πληροφορίες για τη Φ/Β συστοιχία, προσδιορισμός τύπου και προδιαγραφών του συστήματος κ.ά.). Επίσης σε αυτό το βήμα εισήχθησαν και πληροφορίες σχετικά με την ισχύ του συστήματος οι οποίες προσδιορίζονται από τις ηλεκτρικές απαιτήσεις της εγκατεστημένης εφαρμογής που υπολογιστήκαν παράλληλα στο τρίτο υπολογιστικό φύλλο (Solar Resource & System Load) (Bakos et al 2003).

**2<sup>ο</sup> βήμα.** Στο δεύτερο βήμα (Cost Analysis) διεξάγεται μια λεπτομερής ανάλυση κόστους η οποία λαμβάνει υπόψη της το αρχικό αλλά και το ετήσιο κόστος που συμπεριλαμβάνονται στην επένδυση. Οι κύριες κατηγορίες κόστους που εμπλέκονται σε αυτήν την εξέταση είναι:

**Αρχικό Κόστος** (Initials costs), στο οποίο περιλαμβάνονται δαπάνες για:

1. Μελέτη σκοπιμότητας (Feasibility study)
2. Ανάπτυξη επένδυσης (Development)
3. Μηχανικός σχεδιασμός (Engineering)
4. Εξοπλισμός ΑΠΕ (Renewable energy equipment)



5. Ισοζύγιο εγκατάστασης (Balance of plant)

6. Διάφορα έξοδα (Miscellaneous)

**Ετήσιο κόστος** (Annual costs), στα οποία περιλαμβάνονται δαπάνες για:

1. Λειτουργία και συντήρηση (Operation and maintenance)

**3<sup>ο</sup> βήμα.** Μετά τα δυο αυτά βασικά βήματα ακολουθεί το τρίτο βήμα [Greenhouse Gas (GHG) Analysis] όπου εισάγοντας στοιχεία σχετικά με τα καύσιμα που χρησιμοποιεί το υπάρχον κεντρικό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - σε αυτήν την περίπτωση μιλάμε για τον Α.Π.Σ Λέσβου ο οποίος χρησιμοποιεί ως καύσιμο το Μαζούτ - προσδιορίζεται η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα η οποία αποφεύγεται να εκπέμπει στην ατμόσφαιρα, εφόσον υλοποιηθεί η επένδυση ΑΠΕ η οποία εξετάζεται.

**4<sup>ο</sup> βήμα.** Σε αυτό το στάδιο (Financial Summary) περιλαμβάνονται οι παρακάτω κύριες κατηγορίες εξέτασης:

1. Ισοζύγιο ενέργειας (Energy balance)

2. Χρηματοοικονομικές παράμετροι (Financial parameters)

3. Κόστος και εξοικονομήσεις της επένδυσης (Project costs and savings)

4. Οικονομική βιωσιμότητα (Financial feasibility)

5. Ετήσια ροή μετρητών (Yearly cash flow)

6. Χρηματοοικονομικοί δείκτες (Financial indices)

Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται σε αυτό το σκέλος στην χρησιμοποίηση ενός μεγάλου αριθμού χρηματοοικονομικών δεικτών βιωσιμότητας (π.χ εσωτερικό ποσοστό απόδοσης, καθαρή παρούσα αξία, περίοδος επαναπληρωμής κ.α) οι οποίοι παρέχουν την δυνατότητα αξιολόγησης της υπό εξέταση επένδυσης (Bakos et al 2003).

**5<sup>ο</sup> βήμα.** Τέλος, στο τελευταίο βήμα (Sensitivity) του λογισμικού διεξάγεται μια εκτεταμένη ανάλυση προκειμένου να αναδειχθούν οι παράμετροι οι οποίοι έχουν την μεγαλύτερη επίδραση σε κάποιους από τους πιο σημαντικούς χρήματος-οικονομικούς δείκτες. Παραδείγματα τέτοιων παραμέτρων είναι το αρχικό και το ετήσιο κόστος της επένδυσης. Σε αυτό το στάδιο μπορούν να επιλεγθούν οι δείκτες για τους οποίους κρίνεται απαραίτητο να γίνουν οι διάφορες αναλύσεις, να εισαχθεί - ως ποσοστό - η κλίμακα με βάση την οποία θα γίνει η ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity range) καθώς και να εισαχθεί μια οριακή τιμή (threshold value) - ως ποσοστό - η οποία θα καθορίζει το κάτω ή πάνω από ποια τιμή των οικονομικών δεικτών θα γίνεται αποδεκτή η επένδυση.

### 3.5. Συμπεράσματα

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας και αναλύθηκε σε αυτό το Κεφάλαιο έχει ως στόχο να διαμορφώσει ένα ισχυρό υπόβαθρο προκειμένου να βασιστεί σε αυτό το πρακτικό μέρος της έρευνας που διεξήχθη. Έχει βιβλιογραφικό χαρακτήρα σε πρώτο επίπεδο, αλλά συμπεριλαμβάνει συλλογή πληροφοριών καθώς και χρήση υπολογιστικών εργαλείων σε ικανοποιητικό βαθμό. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο κρίθηκε απαραίτητο να αναπτυχθούν κάποια βασικά σενάρια εργασίας, έτσι ώστε να δοθεί μια όσο το δυνατόν πιο εμπεριστατωμένη εικόνα της κατάστασης που επικρατεί αυτήν τη στιγμή στον ελληνικό χώρο γύρω από την αγορά και την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων καθώς και ηλιακών θερμικών συλλεκτών - σε μικρότερο όμως βαθμό. Επίσης με τη χρήση αυτών των σεναρίων αλλά και την επεξεργασία τους μέσα από το λογισμικό RETScreen<sup>TM</sup>, επιδιώκεται η εξαγωγή χρήσιμων δεδομένων τα οποία θα μας βοηθήσουν στην περαιτέρω αξιολόγηση τέτοιου είδους επενδύσεων τόσο από οικονομικής όσο και από περιβαλλοντικής σκοπιάς.

Κλείνοντας αυτό το κεφάλαιο, αξίζει να επισημανθεί μια διαπίστωση η οποία προήλθε μέσα από την ανάπτυξη του μεθοδολογικού τμήματος της εργασίας. Όπως, παρατηρήθηκε οι επιδοτήσεις που προβλέπονται για την τοποθέτηση ηλιακών συστημάτων, δυστυχώς, αφορούν μόνο τα σχετικά μεγάλα συστήματα και αποκλείονται, μέχρι στιγμής τουλάχιστον, οι μικροί καταναλωτές. Γεγονός, το οποίο γεννά ερωτήματα σχετικά με την επίδραση που θα έχει αυτή η «πολιτική» στην εξάπλωση των ΑΠΕ στο επίπεδο του οικιακού τομέα ο οποίος θεωρείται και ένας από τους πλέον ενεργοβόρους και ταυτόχρονα ρυπογόνους τομείς της ελληνικής οικονομίας. Χαρακτηριστικά, σημειώνουμε, ότι η μεγάλη διείσδυση των Φ/Β συστημάτων στην Γερμανία, Ιαπωνία και σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες οφείλεται κυρίως στις μικρές ιδιωτικές εφαρμογές και όχι σε μεγάλες εγκαταστάσεις οι οποίες καταλαμβάνουν εκτάσεις γης, που δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται παράλληλα για άλλη εκμετάλλευση, όπως αγροτική ή κτηνοτροφική.

(<http://www.ecotec.gr/article.php?ID=111>).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΑΝΑΛΥΣΗ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΑΝΑΛΥΣΗ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1. Ανάλυση των αποτελεσμάτων της τεχνικο-οικονομικής και περιβαλλοντικής αποτίμησης των σεναρίων

Έπειτα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 3, την εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων στο Λογισμικό (RETScreen) αλλά και την ανάλυσή του, προέκυψαν τα τελικά αποτελέσματα της παρούσας εργασίας τα οποία συνοψίζονται σε αυτό το Κεφάλαιο. Για λόγους ευκολίας τα αποτελέσματα παρατίθεται σε Πίνακες, Σχήματα και Εικόνες - το σύνολο των οποίων έχει προέρθει από το λογισμικό RETScreen - ξεχωριστά για κάθε εναλλακτικό σενάριο εργασίας και σύμφωνα με τη σειρά με την οποία αντλήθηκαν από την επεξεργασία του Λογισμικού.

Αρχικά, παρατίθεται ο Πίνακας 4.1 – που ισχύει για όλα τα σεναρία – ο οποίος παρουσιάζει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εισαγωγή των κλιματολογικών δεδομένων της Ν. Λέσβου και την επεξεργασία τους στο Λογισμικό.

Πίνακας 4.1. Μέσοι όροι κλιματολογικών δεδομένων

Μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία (σε οριζόντιο επίπεδο)	MWh/m <sup>2</sup>	1,66
Μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία (στο επίπεδο των Φ/Β)	MWh/m <sup>2</sup>	1,80
Μέση θερμοκρασία	°C	17,70

Ο Πίνακας 4.2 παρουσιάζει τα φορτία ηλεκτρικών καταναλώσεων - τόσο σε ημερήσια όσο και σε ετήσια βάση - που εκτιμήθηκαν από το RETScreen με βάση τις ηλεκτρικές συσκευές που θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιούνται στην συγκεκριμένη οικία και τον αντίστοιχο χρόνο χρήση τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτά τα φορτία καθορίζουν την ισχύ του Φ/Β συστήματος που θα εγκατασταθεί αλλά και το ποσό της ανανεώσιμης ηλιακής ενέργειας που θα διανεμηθεί. Σύμφωνα με τα υπολογιζόμενα φορτία η ισχύς του συστήματος καθορίζεται σε **4,56 kW<sub>p</sub>** – αφού γίνεται η υπόθεση από το λογισμικό ότι δεν συμβαίνουν όλες μαζί οι ηλεκτρικές καταναλώσεις – και η αποδιδόμενη ενέργεια σε **3.356 kWh (3,356 MWh)**.

Πίνακας 4.2. Συνολικές απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια

	Μονάδα	Μέσο ημερήσιο φορτίο	Ετήσιο φορτίο
Απαιτήσεις σε συνεχές ρεύμα	kWh (DC)	0,0	0,00
Απαιτήσεις σε εναλλασσόμενο ρεύμα	kWh (AC)	8,3	3.029,50
Φορτίο αιχμής	kW (AC)		8,79

Στον επόμενο **Πίνακα 4.3** παρουσιάζονται τα ποσά της ενέργειας που αποδίδονται στο σύστημα από την τεχνολογία των Φ/Β για κάθε ένα από τα σενάρια που επιλέχθηκαν.

**Πίνακας 4.3. Αποδιδόμενη ενέργεια από τα Φ/Β συστήματα**

<i>Αποδιδόμενη ανανεώσιμη ενέργεια (Renewable energy delivered)</i>	<i>Μονάδα</i>	<i>1<sup>ο</sup> Σενάριο</i>	<i>2<sup>ο</sup> Σενάριο</i>	<i>3<sup>ο</sup> Σενάριο</i>
Ανά έτος	MWh	3,356	27,425	137,125
Ανά 25 έτη	MWh	40,272	329,100	1645,500

Επίσης μια πολύ σημαντική παράμετρος που προκύπτει από την ανάπτυξη του Λογισμικού είναι ο υπολογισμός της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου που θα αποφευχθεί να διαρρεύσει στην ατμόσφαιρα, εφόσον χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία των Φ/Β συστημάτων, για την ηλεκτροδότηση της οικίας, αντί για το κεντρικό δίκτυο. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στο **Πίνακα 4.4**, αποδιδόμενα σε τόνους CO<sub>2</sub> ανά έτος, για 10 και 25 έτη.

**Πίνακας 4.4. Ανάλυση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου**

<i>Αποφυγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Green House Gas emissions - GHG)</i>	<i>Μονάδα</i>	<i>1<sup>ο</sup> Σενάριο</i>	<i>2<sup>ο</sup> Σενάριο</i>	<i>3<sup>ο</sup> Σενάριο</i>
Ανά έτος	t <sub>CO2</sub>	3,42	26,81	134,07
Ανά 10 έτη	t <sub>CO2</sub>	34,20	268,10	1340,70
Ανά 25 έτη	t <sub>CO2</sub>	85,46	670,25	3351,75

Στη συνέχεια στον **Πίνακα 4.5** παρουσιάζονται οι οικονομικές παράμετροι της επένδυσης οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου στο RETScreen. Σημαντική προσπάθεια καταβλήθηκε προκειμένου τα δεδομένα αυτά να εκφράζουν όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά την ελληνική πραγματικότητα καθώς και τις προδιαγραφές του υφιστάμενου χρηματοπιστωτικού συστήματος της Ελλάδας.

**Πίνακας 4.5. Οικονομικοί παράμετροι επένδυσης**

<b>Financial Parameters</b>					
Avoided cost of energy	EUR/kWh	0,115	Debt ratio	%	40,0%
RE production credit	EUR/kWh	0,500	Debt interest rate	%	7,0%
RE production credit duration	yr	25	Debt term	yr	25
RE credit escalation rate	%	2,0%	Income tax analysis?	yes/no	Yes
GHG emission reduction credit	EUR/t <sub>CO2</sub>	-	Effective income tax rate	%	35,0%
			Loss carryforward?	-	Yes
			Depreciation method	-	Declining balance
			Depreciation tax basis	%	80,0%
Energy cost escalation rate	%	5,0%	Depreciation rate	%	30,0%
Inflation	%	2,5%			
Discount rate	%	9,0%	Tax holiday available?	yes/no	No
Project life	yr	25			

Σε αυτό το σημείο θεωρείται σημαντικό να γίνει μια σύντομη περιγραφή των κυριότερων παραμέτρων που παρουσιάζονται σε αυτόν τον **Πίνακα 4.5** και οι οποίες είναι οι εξής:

- i. **Προεξοφλητικό επιτόκιο (Discount rate):** ο συντελεστής αναγωγής (προεξόφλησης) μελλοντικών αξιών στο έτος αναφοράς
- ii. **Πληθωρισμός (Inflation):** είναι η αύξηση του κόστους των αγαθών και υπηρεσιών ανά μονάδα χρόνου. Ο πληθωρισμός των επιμέρους συνιστωσών κόστους μιας επένδυσης μπορεί να διαφέρει από συνιστώσα σε συνιστώσα και από έτος σε έτος. Για λόγους ευκολίας, συνηθίζεται ο πληθωρισμός να αναφέρεται σε ένα έτος και σε συγκεκριμένη ομάδα δαπανών.
- iii. **Επιτόκιο δανεισμού (Debt interest rate):** είναι ο τόκος ανά μονάδα χρόνου και κεφαλαίου. Συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό ανά έτος. Στο επιτόκιο δανεισμού ο δανειζόμενος καταβάλλει τα χρήματα που δανείσθηκε και επομένως αποτελεί δαπάνη.
- iv. **Λόγος του χρέους (Debt ratio):** είναι ο λόγος των συνολικών χρηματοπιστωτικών υποχρεώσεων ως προς το άθροισμα των συνολικών χρηματοπιστωτικών υποχρεώσεων και του κεφαλαίου. Μετράει το επίπεδο χρέους της επιχείρησης.

Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι τα παραπάνω δεδομένα ισχύουν για όλα τα εναλλακτικά σενάρια εργασίας. Στη συνέχεια όμως, για την καλύτερη απόδοση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων, θα γίνει ένας διαχωρισμός τους ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε σεναρίου.

### **1<sup>ο</sup> Σενάριο**

Όπως επισημάνθηκε η κύρια διαφορά μεταξύ των δυο υπο - σεναρίων [1<sup>ο</sup>(α) και 1<sup>ο</sup>(β)] είναι το διαφορετικό ποσοστό επιδότησης το οποίο καθορίζεται από την ιδιότητα που έχει - σε κάθε σενάριο - ο δικαιούχος του επενδυτικού σχεδίου. Γι' αυτό το λόγο τα εκτιμώμενα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν ξεχωριστά για κάθε υπο-σενάριο.

#### **1<sup>ο</sup>(α) Σενάριο**

Εδώ, επειδή έγινε υπόθεση ότι επένδυση θα έχει ιδιωτικό χαρακτήρα δηλαδή δεν θα γίνει από κάποιο πρόσωπο Νομικού δικαίου, το ποσοστό επιδότησης που δικαιούται από το Νομό υπολογίζεται στα 700 Ευρώ. Αυτό το ποσό θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη περαιτέρω αξιολόγηση του έργου καθώς και στον καθορισμό των χρηματοοικονομικών δεικτών της επένδυσης.

Προκειμένου να αποδοθούν οι χρηματοοικονομικές συνιστώσες της επένδυσης, στο **Σχήμα 4.1** δίνεται μια συνοπτική εικόνα των διαφόρων κατηγοριών κόστους (αρχικό, περιοδικό, ετήσιο), των υποκατηγοριών τους αλλά και των εξοικονομήσεων χρημάτων που λαμβάνουν χώρα από την αρχική μελέτη ως στην ολοκλήρωση του επενδυτικού σχεδίου και τη λήξη της ζωής του έργου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **Χρηματοοικονομική ανάλυση** και ορίζεται ως η ανάλυση, κατά την οποία, με τη μέθοδο “από το μέρος στο σύνολο” εκτιμώνται, για ένα έργο, τα ανά έτος: κόστος επένδυσης, έσοδα, έξοδα και καθαρά έσοδά του, στη διάρκεια της περιόδου ανάλυσης, εκφρασμένα σε σταθερές τιμές (ετησίως) και επιπροσθέτως σε παρούσα αξία (συνολικά), με έτος αναφοράς το πρώτο έτος της περιόδου ανάλυσης

Project Costs and Savings						
<b>Initial Costs</b>			<b>Annual Costs and Debt</b>			
Feasibility study	2,6%	EUR	2.170	O&M	EUR	440
Development	4,4%	EUR	3.760	Fuel	EUR	-
Engineering	12,2%	EUR	10.295	Debt payments - 25 yrs	EUR	2.906
Energy equipment	31,0%	EUR	26.220	<b>Annual Costs and Debt - Total</b>	<b>EUR</b>	<b>3.346</b>
Balance of equipment	44,6%	EUR	37.784	<b>Annual Savings or Income</b>		
Miscellaneous	5,2%	EUR	4.421	Energy savings/income	EUR	386
<b>Initial Costs - Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>EUR</b>	<b>84.650</b>	RE production credit income - 25 yr:	EUR	1.678
Incentives/Grants		EUR	700	<b>Annual Savings - Total</b>	<b>EUR</b>	<b>2.064</b>
<b>Periodic Costs (Credits)</b>						
Inverter Repair		EUR	500	Schedule yr # 8,16,24		
Batteries Replacement		EUR	27.612	Schedule yr # 8,16,24		
Other		EUR	1.000	Schedule yr # 5,10,15,20,25		
End of project life -		EUR	-			

**Σχήμα 4.1. Χρηματοοικονομική ανάλυση έργου**

Γίνεται φανερό από το **Σχήμα 4.1** ότι το αρχικό κόστος της επένδυσης υπολογίζεται σε 84.650 Ευρώ και η επιδότηση που δικαιούται είναι 700 Ευρώ. Το ετήσιο κόστος στο οποίο συμπεριλαμβάνονται δαπάνες για την συντήρηση και τη λειτουργία του συστήματος αλλά και για την αποπληρωμή του δανείου ανέρχεται στο ποσό των 3.346 Ευρώ, ενώ τα ετήσια εισοδήματα στα οποία περιέχονται ποσά τόσο από την αποφυγή κατανάλωσης και χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το κεντρικό δίκτυο όσο και από την παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται σε 2.064 Ευρώ.

Η οικονομική αξιολόγηση στηρίζεται σε ορισμένους δείκτες ή κριτήρια. Εναλλακτικά συστήματα κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών του χρήστη μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους από πλευράς οικονομικής αξίας, εάν προσδιορισθούν οι κατάλληλοι δείκτες. Για να αποφευχθούν παραπλανητικά αποτελέσματα και λανθασμένα συμπεράσματα, ο κάθε δείκτης πρέπει να υπολογίζεται με αναγωγή μελλοντικών αξιών και όρων σε παρούσες αξίες, ώστε οι σχετικές συγκρίσεις να έχουν κοινή βάση. Επιπλέον στην περίπτωση κάποιων δεικτών,

απαιτείται η ύπαρξη ενός συστήματος αναφοράς με το οποίο να συγκρίνεται το εξεταζόμενο ενεργειακό σύστημα. Ως σύστημα αναφοράς κατά κανόνα θεωρείται ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, όπως είναι η αγορά ή παραγωγή ηλεκτρισμού από τη Δ.Ε.Η., η παραγωγή θερμότητας με λέβητα πετρελαίου κ.ο.κ

Με βάση τα παραπάνω αλλά και την εκδοχή ότι η συγκεκριμένη επένδυση επιδοτείται με το ποσό των 700 Ευρώ, προέκυψε ο **Πίνακας 4.5** ο οποίος περιγράφει αναλυτικά κάποιους από τους πιο σημαντικούς χρηματοοικονομικούς δείκτες που θα προσδιορίσουν, σε μετέπειτα στάδιο, την οικονομική βιωσιμότητα του επενδυτικού σχεδίου.

Financial Feasibility					
			Calculate energy production cost?	yes/no	Yes
Pre-tax IRR and ROI	%	negative	Energy production cost	EUR/kWh	2,04
After-tax IRR and ROI	%	negative	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
Simple Payback	yr	51,7	GHG emission reduction cost	EUR/t <sub>CO2</sub>	2.812
Year-to-positive cash flow	yr	more than 25	Project equity	EUR	50.790
Net Present Value - NPV	EUR	(94.431)	Project debt	EUR	33.860
Annual Life Cycle Savings	EUR	(9.614)	Debt payments	EUR/yr	2.906
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	(0,86)	Debt service coverage	-	(16,42)

**Σχήμα 4.2. Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας επένδυσης**

Πιο αναλυτικά οι σημαντικότεροι δείκτες που περιλαμβάνονται σε αυτόν το Σχήμα και οι οποίοι θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην τελική αξιολόγηση της επένδυσης είναι οι εξής:

**α) Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης - EBA (Internal Rate of Return - IRR) και Απόδοση Επένδυσης - ΑΕ (Return on Investment - ROI):** αποτελεί την απόδοση εκείνη (ή το προεξοφλητικό επιτόκιο) που εξισώνει την παρούσα αξία των καθαρών εισροών με το κόστος της επένδυσης. Με άλλα λόγια, συνεπάγεται καθαρή παρούσα αξία ίση με το μηδέν. Δείχνει την αποδοτικότητα του συγκεκριμένου έργου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συγκριτικός δείκτης με άλλες επενδύσεις. Όσο ψηλότερος είναι ο δείκτης τόσο ψηλότερη είναι η απόδοση του έργου.

**β) Η περίοδος αποπληρωμής (Simple payback):** ορίζεται ως ο αριθμός των περιόδων που απαιτούνται για την είσπραξη των κεφαλαίων ενός επενδυτικού σχεδίου.



**γ) Έτη - προς - θετική χρηματοροή (Year – to – positive cash flow):** όπου υπολογίζονται τα έτη τα οποία απαιτούνται για να υπάρξουν θετικές ταμειακές ροές σε μια επένδυση. Επίσης αυτός ο δείκτης αντιπροσωπεύει την περίοδο κατά την οποία ο ιδιοκτήτης του επενδυτικού έργου θα καλύψει το ποσό της ιδιωτικής του επένδυσης, και υπολογίζεται με βάση τη διάρκεια σε έτη του επενδυτικού σχεδίου και τις μετά φόρου αθροιστικές χρηματοροές.

**δ) Καθαρή Παρούσα Αξία - ΚΠΑ (Net Present Value - NPV):** είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης. Προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανηγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, θα πρέπει να επιλέγουμε επενδυτικά σχέδια τα οποία έχουν καθαρή παρούσα αξία (NPV) μεγαλύτερη του μηδενός. Προκειμένου να εκτιμήσουμε την NPV ενός έργου χρειαζόμαστε το επιτόκιο προεξόφλησης (Discount rate). Το επιτόκιο αυτό απεικονίζει την ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση από το έργο αυτό, το οποίο θεωρούμε ότι έχει τον ίδιο κίνδυνο με αυτό της επιχείρησης που το πραγματοποιεί. Η NPV υπολογίζεται προεξοφλώντας όλες τις μελλοντικές - μετά φόρου - ταμειακές ροές της επένδυσης (After Tax Cash Flows-ATCF) για κάθε έτος, ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας το προεξοφλητικό επιτόκιο που ορίζεται κάθε φορά. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ισχύει ο εξής κανόνας:

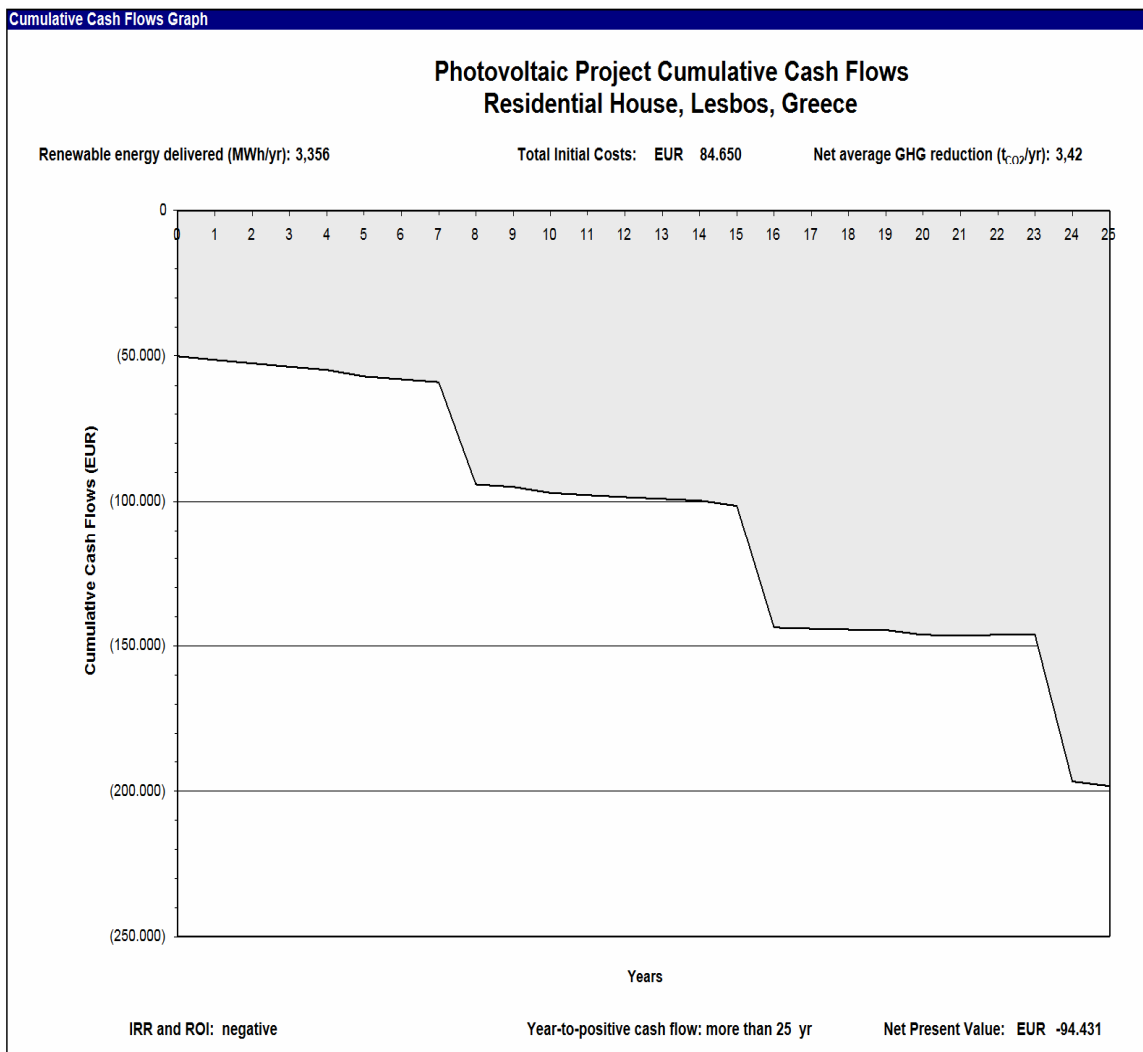
- Όταν  $NPV > 0$ , η επένδυση γίνεται αποδεκτή.
- Όταν  $NPV < 0$ , η επένδυση απορρίπτεται.
- Όταν  $NPV = 0$ , η επένδυση είναι οριακή (είμαστε αδιάφοροι).

**ε) Λόγος οφέλους / κόστους (Benefit to Cost (B-C) ratio):** είναι το πηλίκο του συνολικού οφέλους προς το συνολικό κόστος μιας επένδυσης κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, με όλα τα ποσά ανηγμένα σε παρούσα αξία. Επίσης, αποτελεί ένα κριτήριο οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης. Μια επένδυση είναι οικονομικά βιώσιμη, εάν ο λόγος οφέλους/κόστους είναι μεγαλύτερος από ή ίσος με τη μονάδα. Ειδικότερα για επενδύσεις όπως των ηλιακών συστημάτων, «όφελος» είναι η παρούσα αξία του συνόλου της εξοικονόμησης λειτουργικών δαπανών, ενώ «κόστος» είναι η παρούσα αξία της αρχικής επένδυσης και του συνόλου των λειτουργικών δαπανών του συστήματος.

Πιο συγκεκριμένα, αποκωδικοποιώντας το **Σχήμα 4.2** διαπιστώνουμε ότι η συγκεκριμένη επένδυση που αναφέρεται στο 1<sup>ο</sup> (α) σενάριο είναι αντικοινομική με όποια μέθοδο και αν την αξιολογήσουμε. Καθώς ο EBA (IRR) είναι αρνητικός πράγμα που σημαίνει

ότι η απόδοση της επένδυσης είναι πολύ χαμηλή, η περίοδος αποπληρωμής ορίζεται περίπου στα 52 έτη, νούμερο το οποίο ξεπερνάει κατά πολύ τη διάρκεια της ζωής του επενδυτικού σχεδίου, όπως και αυτό των ετών - προς - θετική χρηματοροή (Year – to - positive cash flow - YPCF). Επίσης η NPV είναι αρνητική εξίσου όπως και ο Λόγος B-C.

Επιπλέον, στο **Σχήμα 4.3** δίνεται η δυνατότητα να παρακολουθηθούν οι συνολικές χρηματοροές της επένδυσης – που είναι αρνητικές - στις οποίες συμπεριλαμβάνονται όλες οι κατηγορίες εσόδων και εξόδων που διενεργήθηκαν κατά τη διάρκεια της δημιουργίας και της ζωής έργου.



**Σχήμα 4.3. Αθροιστικό διάγραμμα χρηματοροών**

### 1<sup>ο</sup>(β) Σενάριο.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο σημείο, στο συγκεκριμένο Σενάριο θα γίνει η υπόθεση, ότι η επένδυση θα ενισχυθεί – σύμφωνα με το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο – με ποσοστό 45% της αρχικής επένδυσης. Το ποσό αυτό, που αντιστοιχεί σε 38.093 Ευρώ, μαζί με τις υπόλοιπες χρηματοπιστωτικές υποχρεώσεις του έργου συνοψίζονται στο **Σχήμα 4.4**. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι και το μόνο σημείο στο οποίο διαφοροποιείται η περιγραφή της Χρηματοοικονομικής ανάλυσης του συγκεκριμένου υπο-σεναρίου από το 1<sup>ο</sup>(β) υπο-σενάριο.

Project Costs and Savings					
<b>Initial Costs</b>			<b>Annual Costs and Debt</b>		
Feasibility study	2,6%	EUR	2.170	O&M	EUR 440
Development	4,4%	EUR	3.760	Fuel	EUR -
Engineering	12,2%	EUR	10.295	Debt payments - 25 yrs	EUR 2.906
Energy equipment	31,0%	EUR	26.220	<b>Annual Costs and Debt - Total</b>	<b>EUR 3.346</b>
Balance of equipment	44,6%	EUR	37.784	<b>Annual Savings or Income</b>	
Miscellaneous	5,2%	EUR	4.421	Energy savings/income	EUR 386
<b>Initial Costs - Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>EUR</b>	<b>84.650</b>	RE production credit income - 25 y	EUR 1.678
Incentives/Grants		EUR	38.093	<b>Annual Savings - Total</b>	<b>EUR 2.064</b>
<b>Periodic Costs (Credits)</b>					
Inverter Repair		EUR	500	Schedule yr # 8,16,24	
Batteries Replacement		EUR	27.612	Schedule yr # 8,16,24	
Other		EUR	1.000	Schedule yr # 5,10,15,20,25	
End of project life -		EUR	-		

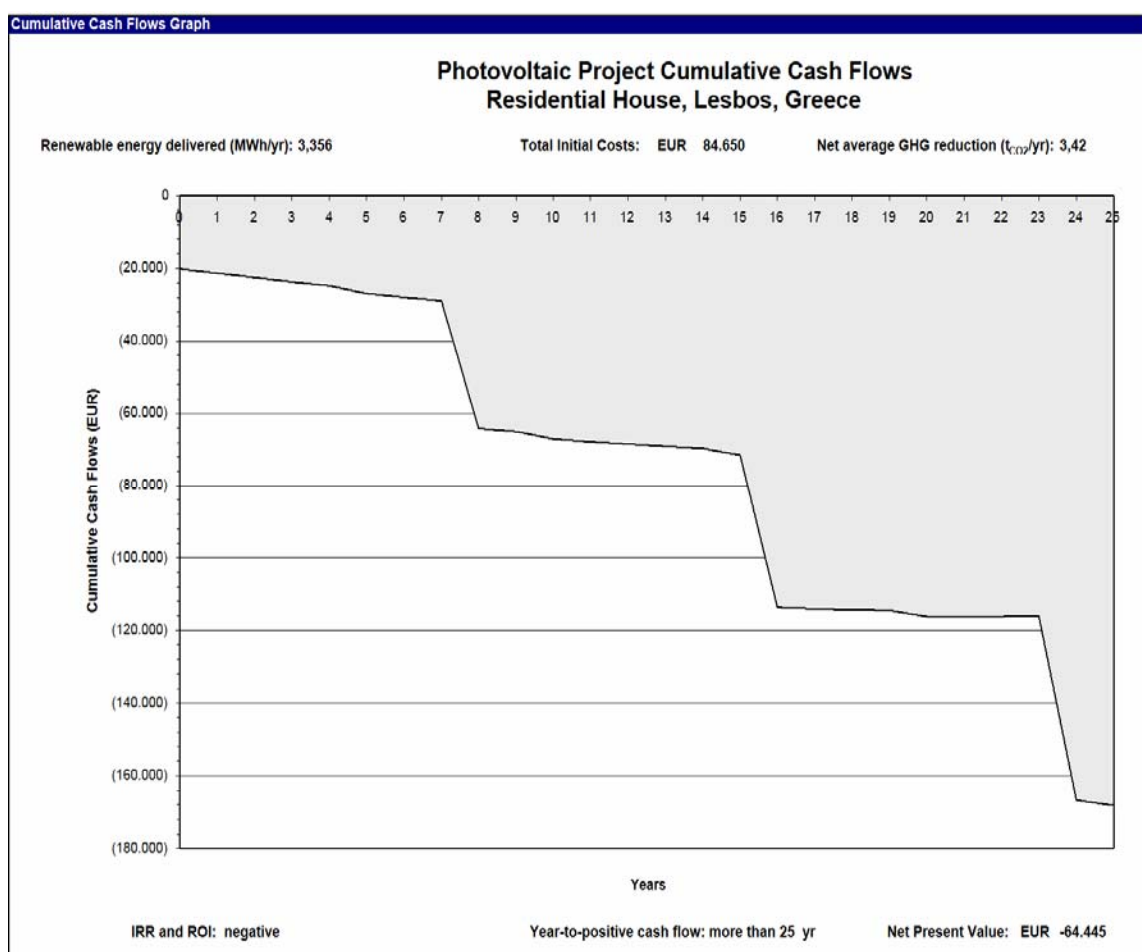
**Σχήμα 4.4. Χρηματοοικονομική ανάλυση έργου**

Επομένως, με βάση αυτό το μέγεθος της επιδότησης, διαμορφώνονται στη συνέχεια και οι χρηματοοικονομικοί δείκτες που θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της επένδυσης καθώς και οι αθροιστικές χρηματοροές, μεγέθη τα οποία παρουσιάζονται στο **Σχήμα 4.5** και στο **Σχήμα 4.6** αντίστοιχα.

Financial Feasibility					
Pre-tax IRR and ROI	%	negative	Calculate energy production cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	negative	Energy production cost	EUR/kWh	1,37
Simple Payback	yr	28,7	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
Year-to-positive cash flow	yr	more than 25	GHG emission reduction cost	EUR/t <sub>CO2</sub>	1.919
Net Present Value - NPV	EUR	(64.445)	Project equity	EUR	50.790
Annual Life Cycle Savings	EUR	(6.561)	Project debt	EUR	33.860
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	(0,27)	Debt payments	EUR/yr	2.906
			Debt service coverage	-	(16,42)

**Σχήμα 4.5. Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας επένδυσης**

Όπως και στο 1<sup>ο</sup> (α) υπο-σενάριο έτσι και σε αυτό, το επενδυτικό σχέδιο που προτείνεται κρίνεται αντικοινωνικό. Παρόλο που η παρούσα επένδυση επιδοτείται με μεγαλύτερο ποσό, οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της χρηματοοικονομικής απόδοσης του επενδυθέντος κεφαλαίου αξιολογούν την επένδυση ως μη συμφέρουσα παρά το γεγονός ότι έχουν βελτιωθεί σημαντικά οι επιδόσεις τους. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται από το **Σχήμα 4.5** ότι οι τιμές του IRR, της NPV αλλά και ο Λόγος B-C έχουν αρνητικό πρόσημο. Εξίσου όμως αποθαρρυντικά είναι και τα μεγέθη της περιόδου αποπληρωμής (Simple payback - SP) και των ετών - προς - θετική χρηματοροή (Year - to - positive cash flow - YPCF) τα οποία ξεπερνάνε τη διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου.



**Σχήμα 4.6. Αθροιστικό διάγραμμα χρηματοροών**

## 2<sup>ο</sup> Σενάριο.

Η ίδια λογική που χρησιμοποιήθηκε στα προηγούμενα Σενάρια, σχετικά με την παρουσίαση και την ανάλυση των αποτελεσμάτων θα εφαρμοστεί και εδώ. Αρχικά, μελετώντας το **Σχήμα 4.7** παρατηρούμε ότι το συνολικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται 257.053 Ευρώ, η επιδότηση - η οποία αποτελεί το 60% της επένδυσης – σε 154.232 Ευρώ, το περιοδικό κόστος ισοδυναμεί με 50.000 Ευρώ ανά 12 έτη και 1.000 Ευρώ ανά 5 έτη, το ετήσιο κόστος μαζί με την ετήσια αποπληρωμή του δανείου σε 3.969 και οι ετήσιες εξοικονομήσεις εκτιμώνται σε 16.866 Ευρώ.

Project Costs and Savings						
<b>Initial Costs</b>			<b>Annual Costs and Debt</b>			
Feasibility study	0,7%	EUR	1.875	O&M	EUR	660
Development	1,1%	EUR	2.813	Fuel	EUR	-
Engineering	4,0%	EUR	10.313	Debt payments - 25 yrs	EUR	3.309
Energy equipment	44,7%	EUR	115.000	<b>Annual Costs and Debt - Total</b>	<b>EUR</b>	<b>3.969</b>
Balance of equipment	44,5%	EUR	114.422	<b>Annual Savings or Income</b>		
Miscellaneous	4,9%	EUR	12.631	Energy savings/income	EUR	3.154
<b>Initial Costs - Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>EUR</b>	<b>257.053</b>	RE production credit income - 25 y	EUR	13.713
Incentives/Grants		EUR	154.232	<b>Annual Savings - Total</b>	<b>EUR</b>	<b>16.866</b>
<b>Periodic Costs (Credits)</b>						
Inverter Repair/Replacement		EUR	50.000	Schedule yr # 12,24		
Other		EUR	1.000	Schedule yr # 5,10,15,20,25		
		EUR	-			
End of project life -		EUR	-			

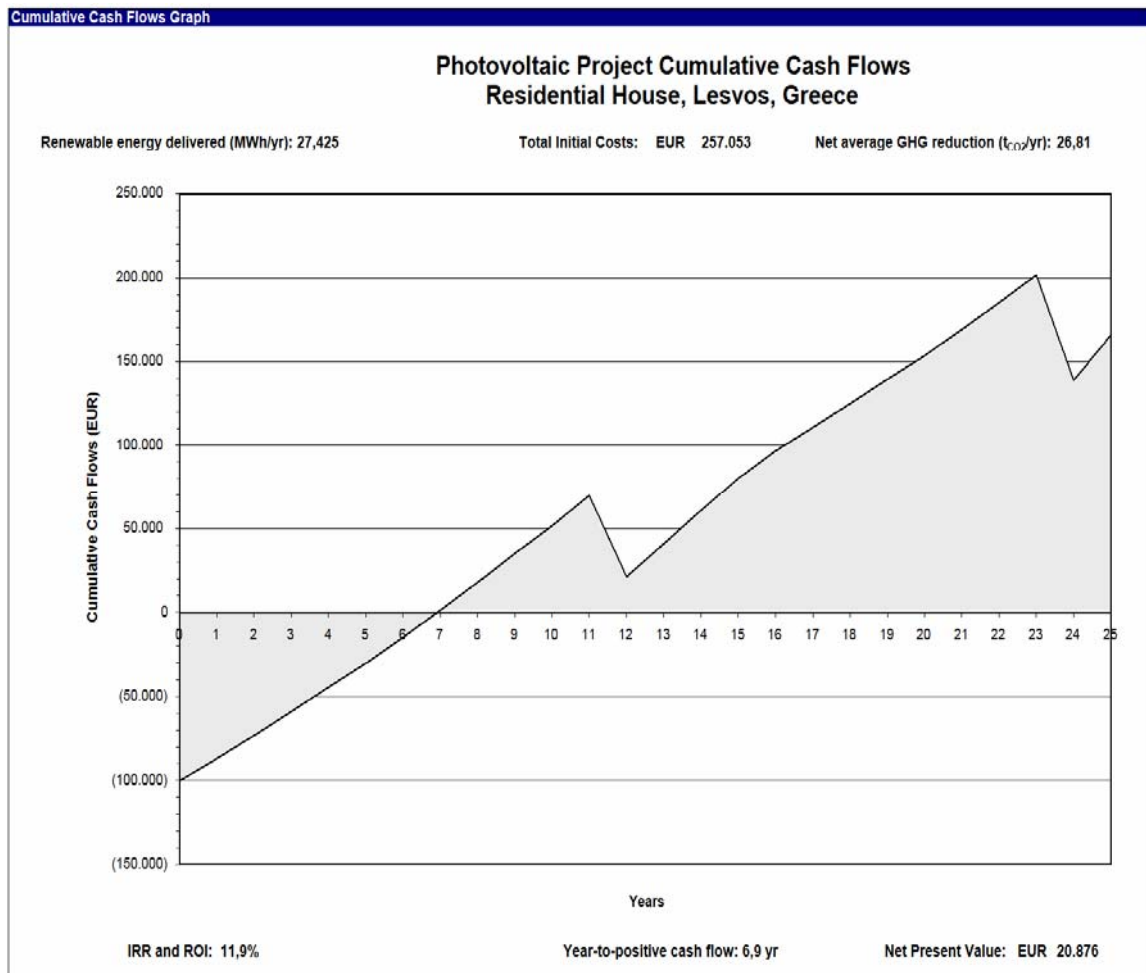
**Σχήμα 4.7. Χρηματοοικονομική ανάλυση έργου**

Επιπροσθέτως από το **Σχήμα 4.8** – όπου παρουσιάζονται οι χρηματοοικονομικοί δείκτες - διαπιστώνεται η βιωσιμότητα της επένδυσης. Σύμφωνα λοιπόν με αυτούς η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα. Πιο συγκεκριμένα η απόδοση του IRR (11,9%) θεωρείται αρκετά ικανοποιητική, όπως και οι περίοδοι αποπληρωμής της επένδυσης (6,3 έτη) και των θετικών ταμειακών ροών (6,9 έτη). Επίσης, το θετικό μέγεθος της NPV συντελεί και αυτό στην βιωσιμότητα της επένδυσης καθώς και το γεγονός ότι ο λόγος B-C είναι μεγαλύτερος της μονάδας (B/C = 1,10).

Financial Feasibility						
				Calculate energy production cost?	yes/no	Yes
Pre-tax IRR and ROI	%	21,2%		Energy production cost	EUR/kWh	0,06
After-tax IRR and ROI	%	11,9%		Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
Simple Payback	yr	6,3		GHG emission reduction cost	EUR/t <sub>CO2</sub>	(79)
Year-to-positive cash flow	yr	6,9		Project equity	EUR	218.495
Net Present Value - NPV	EUR	20.876		Project debt	EUR	38.558
Annual Life Cycle Savings	EUR	2.125		Debt payments	EUR/yr	3.309
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	1,10		Debt service coverage	-	5,02

**Σχήμα 4.8. Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας επένδυσης**

Τέλος, το **Σχήμα 4.9** αντανακλά με τη σειρά του την θετική χρηματοροή που παρουσιάζει το υπο-εξέταση επενδυτικό σχέδιο, σε σχετικά πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.



**Σχήμα 4.9. Αθροιστικό διάγραμμα χρηματοροών**

### 3<sup>ο</sup> Σενάριο .

Όπως στα προηγούμενα Σενάρια εργασίας έτσι και σε αυτό τα αποτελέσματα δίνονται στους αντίστοιχους Πίνακες και Σχήματα που ακολουθούν παρακάτω. Από το **Σχήμα 4.10** γίνεται φανερό ότι το συνολικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε 962.633 Ευρώ, η επιδότηση - η οποία αποτελεί το 60% της επένδυσης - σε 553.598 Ευρώ, το περιοδικό κόστος ισοδυναμεί με 50.000 Ευρώ ανά 12 έτη και 1.200 Ευρώ ανά 5 έτη, το ετήσιος κόστος μαζί με την ετήσια αποπληρωμή του δανείου σε 12.756 Ευρώ και οι ετήσιες εξοικονομήσεις εκτιμώνται σε 84.332 Ευρώ.

Project Costs and Savings					
<b>Initial Costs</b>			<b>Annual Costs and Debt</b>		
Feasibility study	0,3%	EUR	2.545	O&M	EUR 880
Development	0,5%	EUR	4.323	Fuel	EUR -
Engineering	1,3%	EUR	12.358	Debt payments - 25 yrs	EUR 11.876
Energy equipment	62,3%	EUR	575.000	<b>Annual Costs and Debt - Total</b>	<b>EUR 12.756</b>
Balance of equipment	30,8%	EUR	284.112	<b>Annual Savings or Income</b>	
Miscellaneous	4,8%	EUR	44.326	Energy savings/income	EUR 15.769
<b>Initial Costs - Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>EUR</b>	<b>922.663</b>	RE production credit income - 25 y	EUR 68.563
Incentives/Grants		EUR	553.598	<b>Annual Savings - Total</b>	<b>EUR 84.332</b>
<b>Periodic Costs (Credits)</b>			<b>Annual Savings - Total</b>		
Inverter Repair/Replacement		EUR	50.000	Schedule yr # 12,24	
Other		EUR	1.200	Schedule yr # 5,10,15,20,25	
End of project life -		EUR	-		

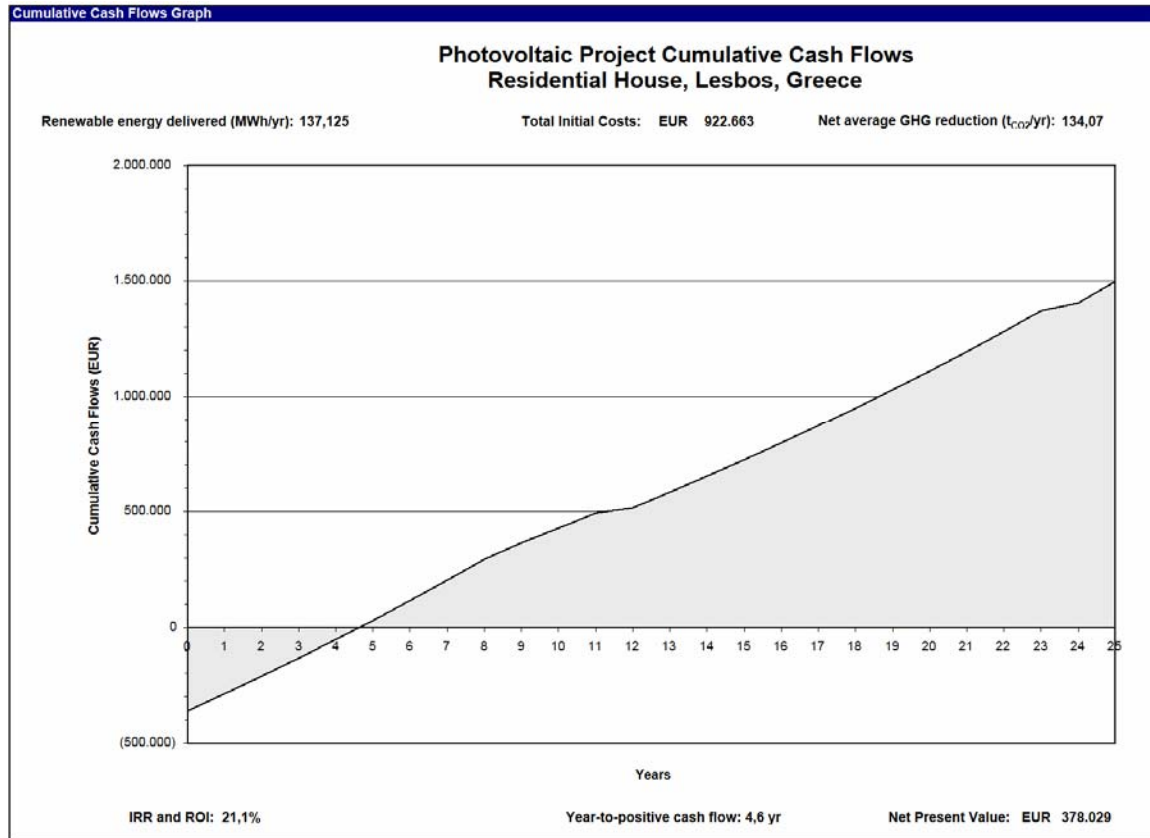
**Σχήμα 4.10. Χρηματοοικονομική ανάλυση έργου**

Εξετάζοντας το **Σχήμα 4.11** διαπιστώνεται ότι η επένδυση η οποία σχετίζεται με το 3<sup>ο</sup> Σενάριο είναι συμφέρουσα. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι όλοι οι δείκτες που παρατίθεντο αξιολογούν θετικά το επενδυτικό σχέδιο. Πιο αναλυτικά, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτό το Σχήμα είναι τα εξής: ο δείκτης - After tax - IRR έχει ιδιαίτερα υψηλή απόδοση (21,1%), όπως και η NPV (378.029) αλλά και ο λόγος B-C ο οποίος είναι σημαντικά μεγαλύτερος από την μονάδα (1,48). Επίσης στην απόφαση αποδοχής της επένδυσης συνηγορούν και οι άλλοι δυο δείκτες που σχετίζονται με την περίοδο αποπληρωμής και των θετικών χρηματοροών, η θετική επίδραση των οποίων επέρχεται σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα που υπολογίζεται μόλις σε 4,4 και 4,6 έτη αντίστοιχα. Επομένως γίνεται φανερό ότι η συγκεκριμένη επένδυση είναι η πιο επικερδής σε σχέση με τις προηγούμενες αφού παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλά μεγέθη απόδοσης, τα οποία εκφράζονται με οποία μέθοδο αξιολόγησης και εάν επιλέξουμε.

Financial Feasibility					
Pre-tax IRR and ROI	%	34,6%	Calculate energy production cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	21,1%	Energy production cost	EUR/kWh	-0,12
Simple Payback	yr	4,4	Calculate GHG reduction cost?	yes/no	Yes
Year-to-positive cash flow	yr	4,6	GHG emission reduction cost	EUR/t <sub>CO2</sub>	(287)
Net Present Value - NPV	EUR	378.029	Project equity	EUR	784.264
Annual Life Cycle Savings	EUR	38.486	Project debt	EUR	138.399
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	1,48	Debt payments	EUR/yr	11.876
			Debt service coverage	-	7,21

**Σχήμα 4.11. Δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας επένδυσης**

Η παραπάνω άποψη για την αποδοχή της επένδυσης διαπιστώνεται και από το **Σχήμα 4.12** με την θετική εξέλιξη – και σε σύντομο χρονικό διάστημα - που δείχνουν να έχουν οι συνολικές καθαρές ταμειακές ροές της επένδυσης.



**Σχήμα 4.12. Αθροιστικό διάγραμμα χρηματοροών**



## 4.2. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης ευαισθησίας (Sensitivity analysis) και Ανάλυσης κινδύνου (Risk analysis)

### 4.2.1. Βασικές έννοιες

Πολλές φορές οι εκτιμήσεις που γίνονται σχετικά με τις παραμέτρους μιας επένδυσης παρουσιάζουν σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας αλλά και ευαισθησίας σχετικά με τις διάφορες άλλες χρηματοοικονομικές συνιστώσες μιας επένδυσης. Γι' αυτό το λόγο το σε αυτήν την ενότητα θα επιχειρηθεί - με τη χρήση του RETScreen - να ελεγχθεί η ευαισθησία των σημαντικότερων οικονομικών δεικτών από αλλαγές δεδομένων εισόδου, να προσδιοριστεί ο βαθμός αβεβαιότητας και το επίπεδο του κινδύνου που απορρέει από έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και να εξεταστεί το πως επηρεάζεται η κερδοφορία του έργου από λάθη στις τιμές που δίδονται από το χρήστη. Στα πλαίσια αυτά διεξάγεται μια εκτενής ανάλυση ευαισθησίας αλλά και ανάλυση του κινδύνου, τα αποτελέσματα των οποίων θα παρουσιαστούν συνοπτικά παρακάτω, αφού πρώτα δοθεί μια σύντομη περιγραφή των μεθόδων αυτών.

**Η ανάλυση ευαισθησίας** μελετά τις συνέπειες στη λύση ενός προβλήματος από αλλαγές των παραμέτρων του μοντέλου. Η μέθοδος αυτή υπολογίζει για τον κάθε αντικειμενικό συντελεστή ένα διάστημα τιμών μέσα στο οποίο μπορεί να μεταβάλλεται η τιμή του (όλες οι άλλες παράμετροι παραμένουν σταθερές) χωρίς να αλλάζει η άριστη λύση. Η ευαισθησία μπορεί επίσης να μετρηθεί από την επίδραση σε μια μεταβλητή απόδοσης ή αλλαγή μίας ή περισσότερων εσωτερικών μεταβλητών. Η αλλαγή μπορεί να επηρεάσει ή να μην επηρεάσει την απόφαση.

Ειδικότερα το RETScreen<sup>®</sup> υπολογίζει την ευαισθησία των εξής δεικτών

- Εσωτερικού Συντελεστή Απόδοσης (IRR/ROI)
- Έτος – προς - θετική χρηματοροή (YPCF)
- Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)
- ...προς ταυτόχρονες αλλαγές σε (για παράδειγμα)...
  - Αποδιδόμενη ΑΠΕ (RE delivered) & κόστος ενέργειας που αποφεύγεται (Avoided cost of energy)
  - Αρχικό κόστος (Initial costs) & κόστος ενέργειας που αποφεύγεται (Avoided cost of energy)
  - Επιτόκιο δανεισμού (Debt interest rate) & περίοδος χρέους (Debt rate)
  - Καθαρές μειώσεις εκπομπών ΑΤΘ (Net GHG emission reduction) & πιστώσεις μείωσης εκπομπών ΑΤΘ (GHG emission reduction credit)

- Αποδιδόμενη ΑΠΕ (RE delivered) & παραγωγή πίστωσης ΑΠΕ (RE production credit)
- ...με αλλαγές  $\pm x$ ,  $\pm \frac{1}{2}x$ , και 0, όπου  $x$  είναι το εύρος ευαισθησίας το οποίο ορίζεται από το χρήστη

Ενδεικτικά παρατίθεται ο **Πίνακας 4.7** όπου παρατηρείται ότι η δυνατότητα δημιουργίας κέρδους του έργου αλλάζει όταν δύο παράμετροι εισαγωγής ποικίλλουν ταυτόχρονα, Προκειμένου να γίνουν πιο σαφές τα όσα παρουσιάστηκαν παραπάνω θα γίνει μια επεξήγηση του συγκεκριμένου Πίνακα. Επομένως, παρατηρούμε από τον **Πίνακα 4.7** ότι για αρχικό κόστος (Initial costs) 20% υψηλότερο από το εκτιμημένο και για Κόστος ενέργειας το οποίο αποφεύγεται (Avoided cost of energy) 10% χαμηλότερο από το εκτιμημένο, η NPV της επένδυσης είναι αρνητική και ισούται με -1.640 Ευρώ σε αντίθεση με τη περίπτωση των αρχικών δεδομένων – τα αποτελέσματα των οποίων αποδίδεται στο Πίνακα με έντονα γράμματα – όπου η NPV είναι θετική και ισούται με 20.876 Ευρώ. Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί το ότι οι συνδυασμοί εκείνοι οι οποίοι είναι κάτω από το όριο το οποίο έχει οριστεί από το χρήστη και που κάνουν την επένδυση μη συμφέρουσα παρουσιάζονται χρωματισμένοι. Πιο συγκεκριμένα σε αυτό το παράδειγμα είναι χρωματισμένοι οι συνδυασμοί αρχικού κόστους και κόστους ενέργειας οι οποίοι έχουν ως αποτέλεσμα αρνητική NPV, αφού ως τιμή κατωφλιού εδώ ορίζεται η μηδενική και άρα γι' αυτές τις τιμές η επένδυση κρίνεται ως μη συμφέρουσα.

**Πίνακας 4.7. Συνδυασμοί παραμέτρων της ανάλυσης ευαισθησίας**

Initial costs (EUR)		Avoided cost of energy (EUR/kWh)				
		0,0920 -20%	0,1035 -10%	<b>0,1150</b> 0%	0,1265 10%	0,1380 20%
205.642	-20%	34.367	38.082	41.759	45.435	49.112
231.348	-10%	24.026	27.939	31.818	35.546	39.273
<b>257.053</b>	0%	12.922	16.905	<b>20.876</b>	24.846	28.773
282.758	10%	1.626	5.678	9.705	13.732	17.719
308.464	20%	-9.840	-5.724	-1.640	2.445	6.488

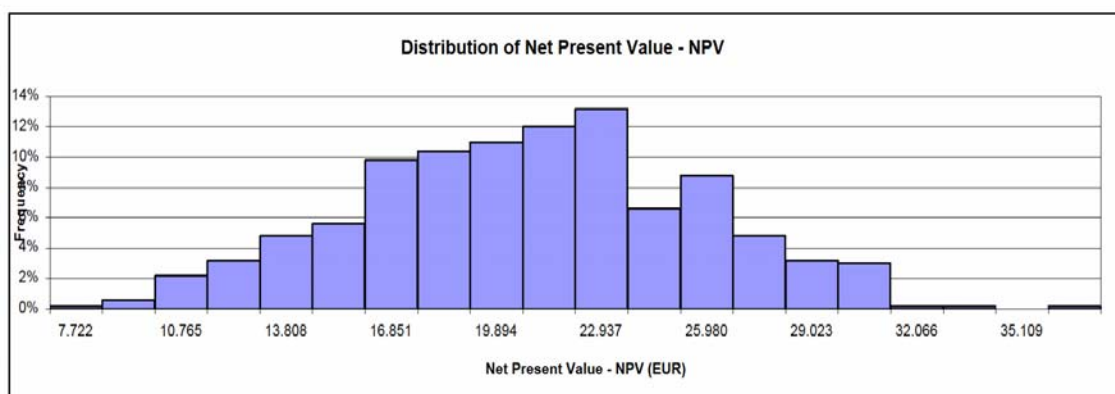
**Η ανάλυση κινδύνου** εφαρμόζεται όταν ο χρήστης είναι αβέβαιος για πολλές παραμέτρους και όταν απαιτείται να εξεταστεί το πως επηρεάζονται οι οικονομικοί παράμετροι της επένδυσης. Με βάση αυτά ο χρήστης προσδιορίζει το εύρος αβεβαιότητας για κάθε παράμετρο (π.χ.,  $\pm 5\%$ ) και γίνεται η υπόθεση ότι όλες οι παράμετροι αποκλίνουν από την εκτίμηση ταυτόχρονα και ανεξάρτητα (**Πίνακας 4.8**).

**Πίνακας 4.8. Παράμετροι της ανάλυσης κινδύνου**

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Avoided cost of energy	EUR/kWh	0,1150	5%	0,1093	0,1208
RE delivered	MWh	27,425	0%	27,425	27,425
Initial costs	EUR	257.053	5%	244.200	269.906
Annual costs	EUR	660	5%	627	693
Debt ratio	%	15,0%	0%	15,0%	15,0%
Debt interest rate	%	7,0%	30%	4,9%	9,1%
Debt term	yr	25	0%	25	25
RE production credit	EUR/kWh	0,500	10%	0,450	0,550

Το RETScreen® υπολογίζει την κατανομή συχνότητας των οικονομικών δεικτών (ΕΣΑ, ΚΠΑ, έτος-προς-θετική χρηματοροή) υπολογίζοντας τιμές για 500 συνδυασμούς παραμέτρων. Οι παράμετροι ποικίλλουν τυχαία σύμφωνα με την αβεβαιότητα, οριζόμενη από το χρήστη. Για παράδειγμα όπως φαίνεται από το **Σχήμα 4.13** για 10% του χρόνου (κάθετος άξονας) η NPV είναι 16.851 Ευρώ (οριζόντιος άξονας), ενώ το επίπεδο εμπιστοσύνης για να πάρει η NPV τιμές ανάμεσα στο ποσό των 12.799 και 28.813 Ευρώ ανέρχεται σε 90%.

Median	EUR	20.947
Level of risk	%	10%
Minimum within level of confidence	EUR	12.799
Maximum within level of confidence	EUR	28.813



**Εικόνα 4.1. Υπόδειγμα φύλλου εργασίας ανάλυσης κινδύνου**

#### **4.2.2. Ανάλυση και συζήτηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ευαισθησίας και κινδύνου**

Σε αυτήν την ενότητα θα εξεταστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των μεθόδων που συζητήσαμε παραπάνω. Αξίζει να σημειωθεί ότι το εύρος ευαισθησίας που προσδιορίστηκε, για κάθε δείκτη κυμάνθηκε στο 20%, ενώ ως οριακές τιμές κατωφλιού (threshold) ορίστηκαν οι εξής :

- i. Για τον δείκτη IRR, ορίστηκε ενδεικτική τιμή ίση με 9% η οποία αντιπροσωπεύει το προεξοφλητικό επιτόκιο της επένδυσης
- ii. Για την NPV, ορίστηκε το ποσό των μηδέν (0) Ευρώ, έτσι ώστε να γίνονται αποδεκτές μόνο οι θετικές τιμές της
- iii. Για τα έτη-προς-θετική χρηματοροή, ορίστηκε ενδεικτικά η περίοδος των επτά (7) ετών.

Για την καλύτερη κατανόηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων, αυτά θα αποδοθούν ξεχωριστά ανά σενάριο εργασίας,

##### **1<sup>ο</sup> Σενάριο**

Εφαρμόζοντας την μέθοδο της Ανάλυσης ευαισθησίας στους δείκτες αυτού του Σεναρίου διαπιστώθηκε ότι καμιά αλλαγή όσον αφορά τις σχέσεις μεταξύ των διάφορων παραμέτρων και των δεδομένων εισόδου του λογισμικού δεν επηρεάζει την τελική απόφαση σχετικά με την αποδοχή ή όχι της απόφασης τόσο για το 1<sup>ο</sup> (α) όσο και για το 1<sup>ο</sup>(β) υπο – σενάριο.

Αφού όπως επισημάνθηκε και στην οικονομική αξιολόγηση των Σεναρίων που διεξήχθη παραπάνω η συγκεκριμένη επένδυση είναι αντιοικονομική πράγμα που διαπιστώθηκε και σε αυτήν εδώ την ανάλυση, όπου προέκυψε ότι τόσο η NPV (**Εικόνα 4.1**) όσο και οι υπόλοιποι δείκτες έχουν αρνητική αξία - πράγμα που ισοδυναμεί και με την μη αποδοχή της επένδυσης - για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς που εξετάστηκαν. Το ίδιο ισχύει και για το κομμάτι της ανάλυσης του κινδύνου όπου πάλι διαπιστώνεται ότι η συγκεκριμένη επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα, αφού αφ' ενός η NPV είναι αρνητική για όλα τα διαστήματα αβεβαιότητας και αφ' ετέρου οι άλλοι δυο δείκτες – εξαιτίας της πολύ χαμηλής απόδοσης τους - δεν ορίζονται για το εύρος των τιμών αβεβαιότητας που ορίστηκαν.

RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Photovoltaic Project

Use sensitivity analysis sheet?	Yes
Perform risk analysis too?	Yes
Project name	Residential House
Project location	Lesbos, Greece

Perform analysis on	Net Present Value - NPV
Sensitivity range	20%
Threshold	0 EUR

Sensitivity Analysis for Net Present Value - NPV

		Avoided cost of energy (EUR/kWh)				
Initial costs (EUR)		0,0920 -20%	0,1035 -10%	0,1150 0%	0,1265 10%	0,1380 20%
67.720	-20%	-79.796	-79.181	-78.565	-77.950	-77.335
76.185	-10%	-87.729	-87.114	-86.498	-85.883	-85.268
<b>84.650</b>	0%	-95.662	-95.047	<b>-94.431</b>	-93.816	-93.201
93.115	10%	-103.595	-102.980	-102.364	-101.749	-101.134
101.580	20%	-111.528	-110.913	-110.297	-109.682	-109.067

		Avoided cost of energy (EUR/kWh)				
Annual costs (EUR)		0,0920 -20%	0,1035 -10%	0,1150 0%	0,1265 10%	0,1380 20%
352	-20%	-94.573	-93.957	-93.342	-92.727	-92.111
396	-10%	-95.117	-94.502	-93.887	-93.271	-92.656
<b>440</b>	0%	-95.662	-95.047	<b>-94.431</b>	-93.816	-93.201
484	10%	-96.207	-95.591	-94.976	-94.361	-93.745
528	20%	-96.751	-96.136	-95.521	-94.905	-94.290

		Debt ratio (%)				
Debt interest rate (%)		32,0% -20%	36,0% -10%	40,0% 0%	44,0% 10%	48,0% 20%
5,6%	-20%	-92.693	-91.811	-90.928	-90.046	-89.164
6,3%	-10%	-94.074	-93.365	-92.655	-91.946	-91.236
<b>7,0%</b>	0%	-95.495	-94.963	<b>-94.431</b>	-93.899	-93.367
7,7%	10%	-96.953	-96.603	-96.254	-95.904	-95.554
8,4%	20%	-98.446	-98.283	-98.120	-97.956	-97.793

		Debt term (yr)				
Debt interest rate (%)		20,0 -20%	22,5 -10%	25,0 0%	N/A 10%	N/A 20%
5,6%	-20%	-91.971	-91.233	-90.928		
6,3%	-10%	-93.499	-92.853	-92.655		
<b>7,0%</b>	0%	-95.067	-94.518	<b>-94.431</b>		
7,7%	10%	-96.674	-96.226	-96.254		
8,4%	20%	-98.316	-97.973	-98.120		

Εικόνα 4.2. Φύλλο εργασίας της Ανάλυσης ευαισθησίας

2<sup>ο</sup> Σενάριο

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή της ανάλυσης ευαισθησίας και κινδύνου στα δεδομένα του συγκεκριμένου σεναρίου, αναγνώρισε αρκετά ευνοϊκούς συνδυασμούς στις ποσοστιαίες διακυμάνσεις των διαφόρων παραμέτρων και των δεδομένων εισόδου τόσο στα μεγέθη της NPV όσο και στους δείκτες IRR και YPCF. Ενδεικτικό της ικανοποιητικής απόδοσης της συγκεκριμένης επένδυσης είναι τα στοιχεία που παρατίθενται στην **Εικόνα 4.3** σχετικά με την διακύμανση των διαφόρων συνδυασμών σε σχέση με τον δείκτη IRR, οι οποίοι στην πλειοψηφία τους συντείνουν στο να θεωρείται

συμφέρουσα η επένδυση. Η **Εικόνα 4.3** – με πολύ μικρές διαφορές – ισχύει και για τους άλλους δείκτες.

**RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Photovoltaic Project**

Use sensitivity analysis sheet?	Yes	Perform analysis on	After-tax IRR and ROI
Perform risk analysis too?	Yes	Sensitivity range	20%
Project name	Residential House	Threshold	9,0 %
Project location	Lesvos, Greece		

Sensitivity Analysis for After-tax IRR and ROI						
Avoided cost of energy (EUR/kWh)						
RE delivered (MWh)		0,0920 -20%	0,1035 -10%	0,1150 0%	0,1265 10%	0,1380 20%
21,940	-20%	-19,3%	-20,5%	-21,9%	7,4%	8,0%
24,683	-10%	8,5%	9,0%	9,5%	10,0%	10,5%
<b>27,425</b>	0%	10,8%	11,4%	<b>11,9%</b>	12,4%	12,9%
30,168	10%	13,0%	13,5%	14,1%	14,6%	15,0%
32,910	20%	15,0%	15,5%	16,0%	16,5%	17,0%

Avoided cost of energy (EUR/kWh)						
Initial costs (EUR)		0,0920 -20%	0,1035 -10%	0,1150 0%	0,1265 10%	0,1380 20%
205.642	-20%	15,1%	15,7%	16,2%	16,8%	17,3%
231.348	-10%	12,8%	13,4%	13,9%	14,4%	14,9%
<b>257.053</b>	0%	10,8%	11,4%	<b>11,9%</b>	12,4%	12,9%
282.758	10%	9,2%	9,7%	10,2%	10,7%	11,2%
308.464	20%	7,8%	8,3%	8,8%	9,3%	9,7%

Avoided cost of energy (EUR/kWh)						
Annual costs (EUR)		0,0920 -20%	0,1035 -10%	0,1150 0%	0,1265 10%	0,1380 20%
528	-20%	11,0%	11,6%	12,1%	12,6%	13,1%
594	-10%	10,9%	11,5%	12,0%	12,5%	13,0%
<b>660</b>	0%	10,8%	11,4%	<b>11,9%</b>	12,4%	12,9%
726	10%	10,7%	11,3%	11,8%	12,3%	12,8%
792	20%	10,7%	11,2%	11,7%	12,2%	12,7%

Debt ratio (%)						
Debt interest rate (%)		12,0% -20%	13,5% -10%	15,0% 0%	16,5% 10%	18,0% 20%
5,6%	-20%	11,8%	12,0%	12,3%	12,6%	13,0%
6,3%	-10%	11,6%	11,9%	12,1%	12,4%	12,7%
<b>7,0%</b>	0%	11,4%	11,7%	<b>11,9%</b>	12,1%	12,4%
7,7%	10%	11,3%	11,5%	11,7%	11,9%	12,1%
8,4%	20%	11,1%	11,3%	11,4%	11,6%	11,8%

Debt term (yr)						
Debt interest rate (%)		20,0 -20%	22,5 -10%	25,0 0%	N/A 10%	N/A 20%
5,6%	-20%	12,0%	12,2%	12,3%		
6,3%	-10%	11,8%	12,0%	12,1%		
<b>7,0%</b>	0%	11,6%	11,8%	<b>11,9%</b>		
7,7%	10%	11,4%	11,6%	11,7%		
8,4%	20%	11,2%	11,4%	11,4%		

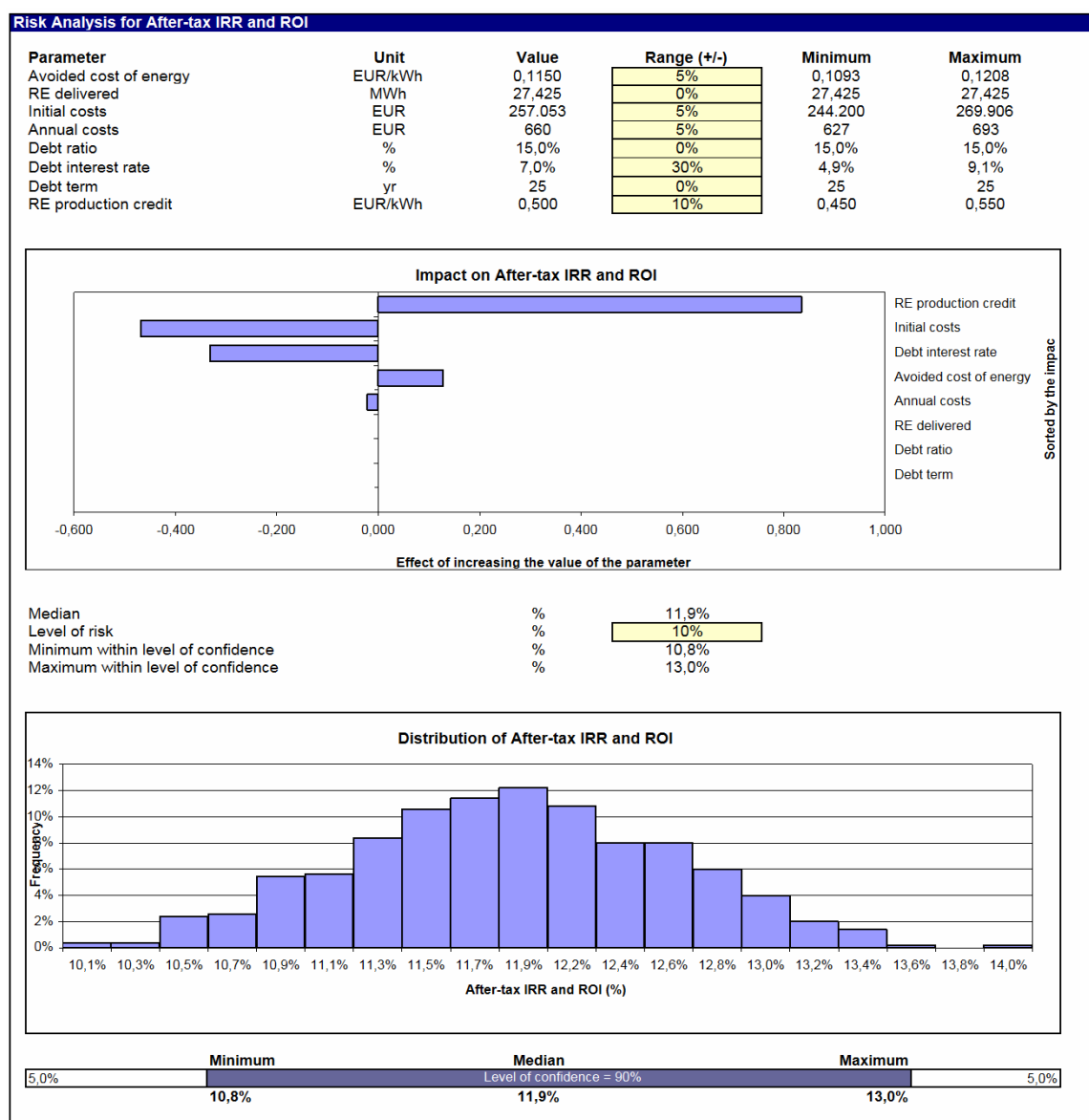
  

RE production credit (EUR/kWh)						
RE delivered (MWh)		0,400 -20%	0,450 -10%	0,500 0%	0,550 10%	0,600 20%
21,940	-20%	-17,6%	-19,4%	-21,9%	8,6%	10,1%
24,683	-10%	-20,9%	7,8%	9,5%	11,2%	12,8%
<b>27,425</b>	0%	8,2%	10,1%	<b>11,9%</b>	13,6%	15,2%
30,168	10%	10,3%	12,2%	14,1%	15,8%	17,4%
32,910	20%	12,2%	14,2%	16,0%	17,8%	19,5%

**Εικόνα 4.3. Φύλλο εργασίας της Ανάλυσης ευαισθησίας**

Περνώντας στην ανάλυση κινδύνου, που επιχειρήθηκε σε αυτό το σενάριο θεωρείται απαραίτητο να γίνει μια ερμηνεία και συζήτηση των ανακτώμενων αποτελεσμάτων. Αρχικά όσον αφορά τον δείκτη IRR διαπιστώνονται από το Διάγραμμα που περιέχεται στην αρχή της **Εικόνας 4.4** το, ότι την μεγαλύτερη θετική επίδραση σε αυτόν ασκούν η παραγωγή πίστωσης από ΑΠΕ (RE production credit) και η παράμετρος του Κόστους ενέργειας που αποφεύγεται (Avoided cost of energy), ενώ τη μεγαλύτερη αρνητική επίδραση ασκούν το αρχικό κόστος της επένδυσης (Initial costs) και το επιτόκιο δανεισμού (Debt interest rate). Τέλος όσον αφορά το επίπεδο κινδύνου, έχουμε να πούμε ότι υπάρχει πιθανότητα 10% να μεταφερθεί ο

IRR εκτός του διαστήματος το οποίο υπάρχει ανάμεσα στα ποσοστά 10,8% και 13% - όταν η αρχική τιμή του δείκτη είναι 11,9%. Τα ίδια συμπεράσματα που προέκυψαν για τον IRR ισχύουν και για τους άλλους δείκτες σχετικά με την επιρροή που ασκούν σε αυτούς τους οι διάφοροι παράμετροι. Όσον αφορά το διάστημα αβεβαιότητας εδώ θα λέγαμε ότι διαπιστώνεται πιθανότητα 10% να μεταφερθεί η τιμή της NPV εκτός του διαστήματος 12.799 και 28.813, γεγονός που ενισχύει την απόφαση για αποδοχή της επένδυσης, όπως το ίδιο ισχύει και για τον δείκτη YPCF όπου 10% είναι η πιθανότητα να κυμανθεί εκτός των ετών 6,5 και 7,4. Επομένως διαπιστώνεται με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης κινδύνου ότι η συγκεκριμένη επένδυση παρέχει ένα σημαντικό βαθμό βεβαιότητας γύρω από την βιωσιμότητα της.



Εικόνας 4.4. Φύλλο εργασίας της Ανάλυσης κινδύνου

### 3<sup>ο</sup> Σενάριο

Μελετώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση της ευαισθησίας και κινδύνου που εξετάστηκαν σε αυτό το σενάριο, διαπιστώθηκε ότι το συγκεκριμένο επενδυτικό σχέδιο επιτυγχάνει έναν ιδιαίτερα υψηλό συντελεστή απόδοσης ανεξάρτητα από τον δείκτη που θα χρησιμοποιήσουμε για την αξιολόγηση του.

Η ανάλυση ευαισθησίας ανέδειξε το γεγονός ότι η απόφαση της αποδοχής της συγκεκριμένης επένδυσης δεν άλλαξε παράλο την διακύμανση των διαφόρων παραμέτρων εισαγωγής. Ενδεικτικό της υψηλής της απόδοσης είναι το γεγονός ότι οποίος δείκτης και εάν χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να ελεγχθεί η ευαισθησία του στις διακυμάνσεις των διαφόρων παραμέτρων, σε καμιά περίπτωση δεν αμφισβητήθηκε η βιωσιμότητα της. Αυτό αντικατοπτρίζεται και από την **Εικόνα 4.5** όπου γίνεται φανερό ότι η NPV δεν πήρε αρνητικό πρόσημο σε καμιά από τις μεταβολές των δεικτών. Παρόμοια εξέλιξη παρουσιάζουν και οι άλλοι δείκτες.

#### RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Photovoltaic Project

Use sensitivity analysis sheet?  
Perform risk analysis too?  
Project name  
Project location

Yes  
Yes  
Residential House  
Lesbos, Greece

Perform analysis on  
Sensitivity range  
Threshold

Net Present Value - NPV  
20%  
0 EUR

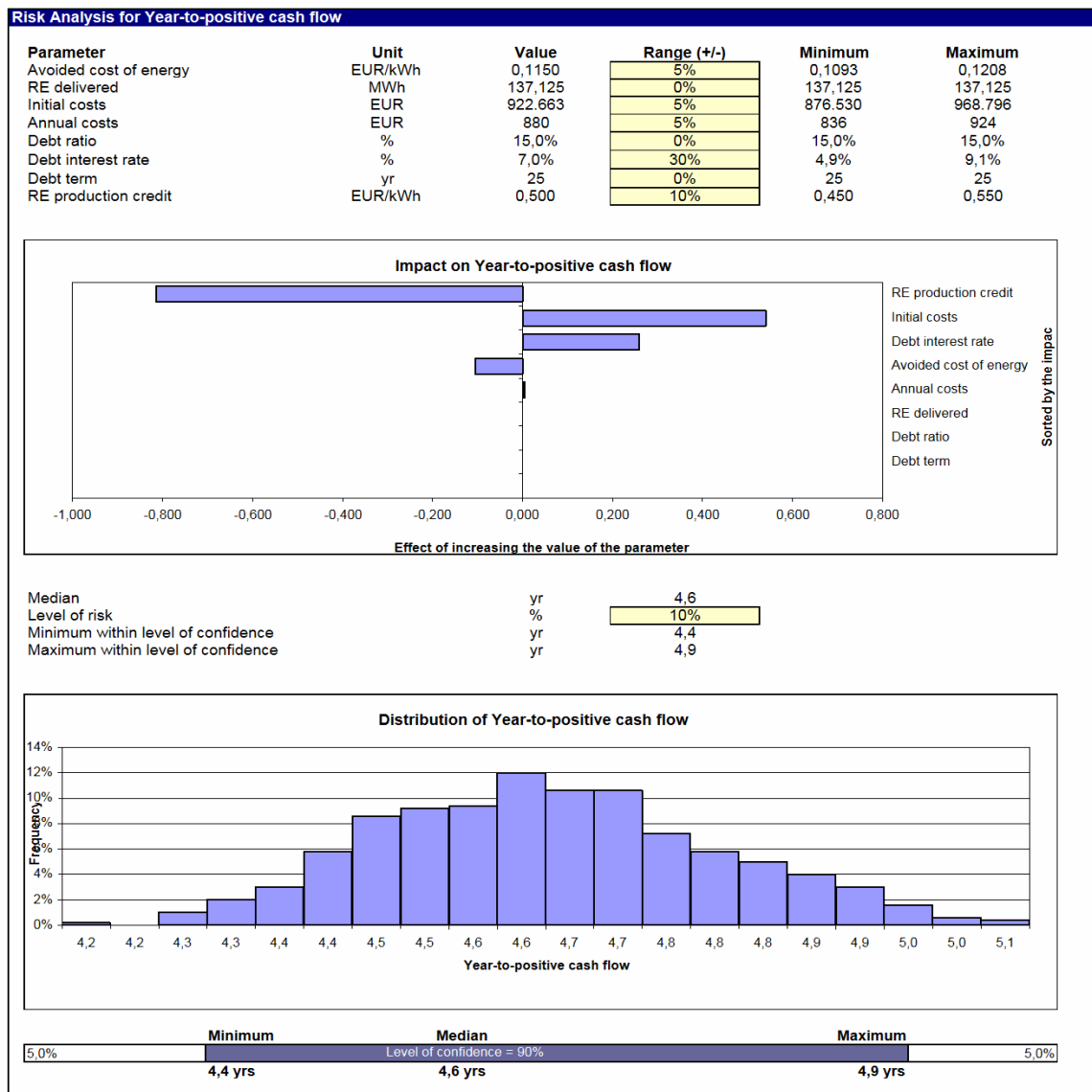
Sensitivity Analysis for Net Present Value - NPV						
<b>Avoided cost of energy (EUR/kWh)</b>						
<b>RE delivered (MWh)</b>		0,0920 -20%	0,1035 -10%	<b>0,1150</b> 0%	0,1265 10%	0,1380 20%
109,700	-20%	197.524	211.979	226.406	240.834	255.262
123,413	-10%	270.890	286.892	302.895	318.897	334.743
<b>137,125</b>	0%	342.954	360.492	<b>378.029</b>	395.567	412.922
150,838	10%	413.981	433.020	452.059	471.098	490.135
164,551	20%	484.217	504.731	525.245	545.759	566.273
<b>Avoided cost of energy (EUR/kWh)</b>						
<b>Initial costs (EUR)</b>		0,0920 -20%	0,1035 -10%	<b>0,1150</b> 0%	0,1265 10%	0,1380 20%
738.131	-20%	408.654	425.749	442.844	459.940	476.971
830.397	-10%	376.380	393.688	410.996	428.304	445.516
<b>922.663</b>	0%	342.954	360.492	<b>378.029</b>	395.567	412.922
1.014.929	10%	308.483	326.264	344.044	361.761	379.299
1.107.196	20%	273.047	291.082	309.117	326.970	344.750
<b>Avoided cost of energy (EUR/kWh)</b>						
<b>Annual costs (EUR)</b>		0,0920 -20%	0,1035 -10%	<b>0,1150</b> 0%	0,1265 10%	0,1380 20%
704	-20%	344.494	362.031	379.569	397.106	414.438
792	-10%	343.724	361.261	378.799	396.337	413.680
<b>880</b>	0%	342.954	360.492	<b>378.029</b>	395.567	412.922
968	10%	342.184	359.722	377.259	394.797	412.163
1.056	20%	341.414	358.952	376.490	394.027	411.405
<b>Debt ratio (%)</b>						
<b>Debt interest rate (%)</b>		12,0% -20%	13,5% -10%	<b>15,0%</b> 0%	16,5% 10%	18,0% 20%
5,6%	-20%	377.220	382.509	387.743	392.949	398.154
6,3%	-10%	373.483	378.234	382.962	387.689	392.417
<b>7,0%</b>	0%	369.561	373.795	<b>378.029</b>	382.263	386.498
7,7%	10%	365.500	369.226	372.953	376.680	380.406
8,4%	20%	361.330	364.536	367.741	370.947	374.152
<b>Debt term (yr)</b>						
<b>Debt interest rate (%)</b>		20,0 -20%	22,5 -10%	<b>25,0</b> 0%	N/A 10%	N/A 20%
5,6%	-20%	381.132	385.374	387.743		
6,3%	-10%	376.812	380.860	382.962		
<b>7,0%</b>	0%	372.372	376.210	<b>378.029</b>		
7,7%	10%	367.817	371.432	372.953		
8,4%	20%	363.153	366.531	367.741		
<b>RE production credit (EUR/kWh)</b>						
<b>RE delivered (MWh)</b>		0,400 -20%	0,450 -10%	<b>0,500</b> 0%	0,550 10%	0,600 20%
109,700	-20%	129.251	178.427	226.406	273.469	320.027
123,413	-10%	196.995	250.357	302.895	354.760	406.154
<b>137,125</b>	0%	262.451	320.675	<b>378.029</b>	434.751	491.055
150,838	10%	326.787	389.835	452.059	513.712	574.899
164,551	20%	390.178	458.078	525.245	591.934	657.771

Εικόνα 4.5. Φύλλο εργασίας της Ανάλυσης ευαισθησίας



Ιδιαίτερα ενθαρρυντικά ήταν και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση κινδύνου σχετικά με τα διαστήματα εμπιστοσύνης τα οποία κρίθηκαν ότι είναι αρκετά ασφαλή για την βιωσιμότητα της επένδυσης. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ιδιαίτερη αξιοπιστία για την διακύμανση τόσο της NPV – πιθανότητα 10% να μεταφερθεί έξω από το διάστημα των 345.062 και 412.062 Ευρώ (αρχικά εκτιμώμενη τιμή: 378.841), όσο και του IRR – πιθανότητα 10% να μην περιέχεται στο διάστημα 19,9% - 22,3% (αρχικά εκτιμώμενη τιμή: 21,1%), αλλά και του YPCF – πιθανότητα 10% να μην συμπεριλαμβάνεται στη περίοδο των 4,4 – 4,9 ετών (αρχικά εκτιμώμενη τιμή: 4,6 έτη)

Τέλος, διαπιστώθηκε – όπως και στο 2<sup>ο</sup> Σενάριο - ότι την μεγαλύτερη θετική επίδραση στους χρησιμοποιούμενους δείκτες ασκούν η παραγωγή πίστωσης από ΑΠΕ (RE production credit) και η παράμετρος του Κόστους ενέργειας που αποφεύγεται, ενώ τη μεγαλύτερη αρνητική επίδραση ασκούν το αρχικό κόστος της επένδυσης (initial costs) και το επιτόκιο δανεισμού (Debt interest rate) (Εικόνα 4.6).



Εικόνας 4.6. Φύλλο εργασίας της ανάλυσης κινδύνου

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1. Συμπεράσματα

Είναι φανερό ότι ο οικιακός τομέας είναι ένας από τους πιο ενεργοβόρους τομείς της ελληνικής οικονομίας, καταναλώνοντας περίπου το  $\frac{1}{4}$  της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας. Με βάση το γεγονός αυτό αλλά και εξαιτίας της έντονης υποβάθμισης που έχει υποστεί το περιβάλλον, το πεπερασμένο των συμβατικών καυσίμων και το γεωπολιτικό ρίσκο που συνοδεύει την εισαγωγή τους, όλο και περισσότερο προβάλλεται η ανάγκη για την ενεργειακή ανεξάρτηση από τις ιδιαίτερα ρυπογόνες μορφές ενέργειας (πετρέλαιο, λιγνίτης) και την εφαρμογή περιβαλλοντικά φιλικότερων αλλά και οικονομικά αποδοτικότερων λύσεων.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο αναπτύχθηκε η παρούσα εργασία η οποία έχει ως σκοπό να εξετάσει βιώσιμες λύσεις σχετικά με την ηλεκτρική ανεξάρτηση των κατοικιών από το ρυπογόνο κεντρικό σύστημα παραγωγής ενέργειας. Στο επίκεντρο μπόκαν τα Φ/Β συστήματα και αναπτύχθηκαν τρία εναλλακτικά σενάρια εργασίας προκειμένου να μελετηθεί η οικονομική και περιβαλλοντική απόδοση αυτών των εφαρμογών. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν έπειτα από αυτήν την ανάλυση συνοψίζονται στις επόμενες παραγράφους.

Αρχικά, διαπιστώθηκε ότι η εγκατάσταση Φ/Β στοιχείων μόνο για ιδιοκατανάλωση και για συνδέσεις εκτός δικτύου είναι οικονομικά ασύμφορη και προτείνεται σαν λύση μόνο σε απομονωμένες περιοχές της χώρας, όπου δεν υπάρχει εναλλακτική λύση.

Επίσης διαπιστώθηκε ότι αυτή τη στιγμή με το νέο θεσμικό πλαίσιο το οποίο διαμορφώθηκε με βάση τον νόμο υπ' αριθ. 3468 του 2006, για «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαρογωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις», δίνονται πολύ σημαντικά κίνητρα ανάπτυξης επιχειρηματικής δραστηριότητας στον τομέα της παραγωγής ενέργειας από Φ/Β συστήματα. Καθώς σύμφωνα με τις διατάξεις του συγκεκριμένου Νόμου δημιουργήθηκε ένα ευνοϊκό καθεστώς για την προώθηση Α.Π.Ε. και ιδιαίτερα των Φ/Β συστημάτων. Οι ευνοϊκές ρυθμίσεις απορρέουν από το ότι αυξήθηκε σημαντικά η τιμή της πωλούμενης kWh προς την ΔΕΗ αλλά και διασφαλίστηκε σε μεγάλο βαθμό το διάστημα της σύμβασης για πώληση της ανανεώσιμης ενέργειας στο κεντρικό δίκτυο. Ο συνδυασμός αυτών των ευνοϊκών διατάξεων μαζί με τις επιδοτήσεις που προσφέρει ο νέος αναπτυξιακός Νόμος του 2004 έχουν θέσει ένα ισχυρό πλαίσιο κινήτρων στο οποίο μπορεί να βασιστεί ο κάθε υποψήφιος επενδυτής και να εγκαταστήσει ένα οικονομικά βιώσιμο σύστημα παραγωγής ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας.

Όπως προέκυψε τόσο από την εξέταση του νομοθετικού πλαισίου όσο και από την ανάλυση των Σεναρίων της παρούσας εργασίας για να είναι η οικονομικά κερδοφόρα μια

εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων απαιτείται ο φορέας που θα την υλοποιήσει να είναι νομικό πρόσωπο και να ασκεί επιχειρηματική δραστηριότητα, προκειμένου να έχει τη δυνατότητα να ωφεληθεί των ευνοϊκών ρυθμίσεων που παρέχει το νομοθετικό πλαίσιο. Σε διαφορετική περίπτωση, όπου η επένδυση υλοποιείται από ιδιώτες οι οποίοι δεν ασκούν επιχειρηματική δραστηριότητα, μια τέτοια επένδυση δεν είναι οικονομικά βιώσιμη αφού είναι ελάχιστο το μέγεθος της επιδότησης που δίνεται σε αυτούς. Επίσης, οικονομικά συμφέρουσες είναι μόνο οι εγκαταστάσεις Φ/Β οι οποίες είναι διασυνδεδεμένες στο δίκτυο καθώς έτσι δίνεται η δυνατότητα για πώληση της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας στο κεντρικό δίκτυο.

Με βάση την ανάλυση των Σεναρίων που προηγήθηκε διαπιστώθηκε επίσης ότι όσο πιο μεγάλη είναι η εγκατεστημένη ισχύς των Φ/Β συστημάτων, συνδεδεμένων στο δίκτυο, τόσο μειώνεται - αναλογικά - το κόστος και αυξάνονται τα οφέλη της επένδυσης σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο.

## 5.2 Προτεινόμενες ενέργειες

Η οικονομική σκοπιμότητα των επενδύσεων σε ενεργειακά συστήματα εξετάζεται με σύγκριση των βαθμών μακροπρόθεσμης οικονομικής απόδοσης των διαφόρων εναλλακτικών λύσεων (επενδύσεων) για την παραγωγή ηλεκτρικών φορτίων για ίδια κατανάλωση και για εμπορική διάθεση. Οι επενδύσεις σε ενεργειακά συστήματα είναι επομένως οικονομικά σκόπιμες, εάν η μείωση των λειτουργικών δαπανών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μπορεί να αποσβέσει το αρχικό κεφάλαιο σε εύλογο χρονικό διάστημα ή αν τα έσοδα από τη διάθεση της παραγόμενης ενέργειας οδηγούν σε κέρδη ικανά να ικανοποιήσουν τους επιχειρηματικούς στόχους του επενδυτή. Η καινούργια θεώρηση των παραγωγών ενέργειας ως επιχειρηματιών, που παράγουν ένα βιομηχανικό προϊόν, έστω και με τις δεδομένες ιδιαιτερότητες, απαιτεί τη διαμόρφωση ανάλογης νοοτροπίας τόσο από τους υποψήφιους επενδυτές όσο και από την πλευρά της πολιτείας.

Θεωρώντας, επομένως, το ισχύον θεσμικό πλαίσιο ως πρώτο βήμα σε ένα έως τώρα κλειστό πεδίο και κατά συνέπεια αναπόφευκτα προϊόν συμβιβασμού απαιτήσεων, διαφορετικών φορέων και αναγκών, μένει να διαπιστωθεί ο τρόπος εφαρμογής του στην πράξη, προτού εξαχθούν τα ανάλογα συμπεράσματα. Κύρια σημεία στα οποία θα κριθεί η αποτελεσματικότητα του νόμου, πέραν των τιμολογιακών ρυθμίσεων και των ορίων ισχύος, είναι η αξιοπιστία και η ταχύτητα εξέτασης και έγκρισης των υποβαλλομένων προτάσεων από υποψήφιους επενδυτές.

Συνοψίζοντας θα μπορούσαμε να πούμε ότι η τεχνολογική εξέλιξη στο χώρο των ενεργειακών συστημάτων και κυρίως των Φ/Β συστημάτων, σε συνδυασμό με τις θεσμικές αλλαγές σε ευρωπαϊκό και προσφάτως σε εθνικό επίπεδο, καθώς και με τη δεδομένη διάρθρωση του ενεργειακού συστήματος της Ελλάδας, δημιουργεί ένα ευνοϊκό περιβάλλον δραστηριοποίησης επιχειρηματικών πρωτοβουλιών στον τομέα της παραγωγής ενέργειας. Η αξιολόγηση των δυνατοτήτων αυτών πρέπει να γίνεται τόσο από την άποψη του υποψήφιου

ιδιώτη επενδυτή, όσο και από την άποψη της εθνικής οικονομίας, αφού αυτή καθορίζει και το συνολικό περιβάλλον. Η καλή ενεργειακή απόδοση, που μπορεί να έχει ένα σύστημα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, είναι μία μόνο παράμετρος στην ανάλυση σκοπιμότητας της επένδυσης. Απαιτείται η γνώση και η εφαρμογή μεθόδων της ανάλυσης και αξιολόγησης επενδύσεων. Απαιτείται, επίσης, η γνώση του θεσμικού πλαισίου και η αντίληψη των παραμέτρων που συνθέτουν αυτό που ονομάζεται «επιχειρηματικό περιβάλλον».

Τα οικονομικά αποτελέσματα από την πραγματοποίηση τέτοιου είδους επενδύσεων αναμένεται να είναι θετικά, τόσο για τους ιδιώτες-παραγωγούς όσο και για την εθνική οικονομία. Παράλληλα, η υλοποίηση τέτοιων επενδύσεων αναμένεται να συμβάλλει στην αναβάθμιση του ενεργειακού χάρτη της χώρας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Andrade, J. A. (2001), The uses of energy in the domestic sector, *Energy and buildings*, τόμος 33, σελ. 525-529.
2. Bakos, G.C., Soursos, M. και Tsagas, N.F. (2003), Technoeconomic assessment of a building-integrated PV system for electrical energy saving in residential sector, *Energy and Buildings*, τόμος 35, σελ. 757–762.
3. Balaras, A. C., Droutsa, K., Dascalaki, E., Kontoyiannidis, S. (2005), Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment buildings, *Energy and Buildings*, τόμος 37, σελ. 429–442.
4. Ball, R. (1981), The significance of the domestic sector in low energy strategies for the UK, *Energy Policy*, σελ. 62-63, University of Stirling, Stirling, Scotland.
5. Biswas, W. K. και Lucasg, N. J. D. (1997), Energy consumption in the domestic sector in a Bangladesh village, *Energy*, τόμος 22, αρ. 8, σελ. 771-716.
6. Cavallaro, F. και Ciruolo, L. (2005), A multicriteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian island, *Energy Policy*, τόμος 33, σελ. 235–244.
7. Chow T.T., He W. και Ji J. (2006), Hybrid photovoltaic-thermosyphon water heating system for residential application, *Solar Energy*, τόμος 80, σελ. 298–306.
8. Clarke, J.A., Johnstone, C.M., Kondratenko, I., Lever, M., McElroy, L.B., Prazeres, L. et al. (2004), Using simulation to formulate domestic sector upgrading strategies for Scotland, *Energy and Buildings*, τόμος 36, σελ. 759–770.
9. Clinch, J.P. και Healy, J.D. (2001), Cost-benefit analysis of domestic energy efficiency, *Energy Policy*, τόμος 29, σελ. 113-124.
10. Cockroft, J. και Kelly, N. (2006), A comparative assessment of future heat and power sources for the UK domestic sector, *Energy Conversion and Management*, τόμος 47, σελ. 2349–2360.

11. Cramer, C. et al. (1984), Structural-behavioural determinants of residential energy use: Summer electricity use in Davis, *Energy*, τόμος 9, αρ. 3, σελ. 207-216.
12. De Nooij, M., Van der Kruk, R. και Van Soest, D. P. (2003), International comparisons of domestic energy consumption, *Energy Economics*, τόμος 25, σελ. 359-373.
13. Haas, R. (1994), The value of photovoltaic electricity for utilities, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, τόμος 35, σελ. 421-427.
14. Hitchcock, G. (1993), An integrated framework for energy use and behaviour in the domestic sector, *Energy and Buildings*, τόμος 20, σελ. 151-157.
15. Hourri, A. (2006), Solar water heating in Lebanon: Current status and future prospects, *Renewable Energy*, τόμος 31, σελ. 663-675.
16. Iqbal, M.T. (2004), A feasibility study of a zero energy home in Newfoundland, *Renewable Energy*, τόμος 29, σελ. 277-289.
17. Kalogirou, S. A. (2004), Solar thermal collectors and applications, *Progress in Energy and Combustion Science*, τόμος 30, σελ. 231-295.
18. Kalogirou, S.A., Tripanagnostopoulos, Y. (2006), Hybrid PV/T solar systems for domestic hot water and electricity production, *Energy Conversion and Management*, τόμος 47, σελ. 3368-3382.
19. Nandwani, S. S. (2006), Uses of solar energy in Costa Rica, *Renewable Energy*, τόμος 31, σελ. 689-701.
20. Ramachandra, T.V., Subramanian, D.K., Joshi, N.V., Gunaga, S.V., Harikantra, R.B. (2000), End use efficiencies in the domestic sector of Uttara Kannada District, *Energy Conversion & Management*, τόμος 41, σελ. 833-845.
21. Rehman, S. (2005), Prospects of wind farm development in Saudi Arabia, *Renewable Energy*, τόμος 30, σελ. 447-463.



22. Rehman, S. και Al-Abbadi, M. N. (Article in press), Wind shear coefficients and energy yield for Dhahran, Saudi Arabia, *Renewable Energy*.
23. Rehman S., Bader, A. M και Al-Moallem, A. S. (Article in Press), Cost of solar energy generated using PV panels, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
24. RETScreen<sup>TM</sup> Software. (2000), CADMRL Government of Canada through Natural Resource Canada's and Energy Diversification Research Laboratory, διαθέσιμο στο: <http://www.etscreen.net>.
25. Saitoh, H., Hamada, Y., Kubota, H. Nakamura, M., Ochifuji, K., Yokoyama, S. et al. (2003), Field experiments and analyses on a hybrid solar collector, *Applied Thermal Engineering*, τόμος 23, σελ. 2089–2105.
26. Sarmah, R., Bora, M.C. και Bhattacharjee, D.J. (2002), Energy profiles of rural domestic sector in six un-electrified villages of Jorhat district of Assam, *Energy*, τόμος 27, σελ. 17 -24.
27. Stafford, B. (1985), Energy Consumption in Dwellings: Some Findings of the Before and After Study, *Working Paper 97*, Centre for Urban and Regional Studies, Univ. of Birmingham, Birmingham.
28. Wright, R. (2005), *Environmental science, Toward a sustainable future*, Ένατη έκδοση, New Jersey: Pearson Education, Inc.

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

29. Greenpeace. (2005), Πρακτικός οδηγός για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων.
30. ICAP / Δήλος. (2000), *Η αγορά ενέργειας στην Ελλάδα*, Αθήνα: ICAP, ΔΗΛΟΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ
31. Αλάσης, Α. (2005), *Μικρά Φ/Β συστήματα και η συμβολή τους στο ενεργειακό πρόβλημα της Λέσβου*, Ημερίδα με θέμα: «Γεωθερμία, Ανανεώσιμες πηγές & Εξοικονόμηση ενέργειας στην υπηρεσία του περιβάλλοντος στη Λέσβο», Μυτιλήνη, 10 Δεκεμβρίου.
32. Βλάχου, Α. (2001), *Περιβάλλον και φυσικοί πόροι, Οικονομική θεωρία και πολιτική*, τόμος Α΄, Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.
33. Βουλή των Ελλήνων. (2006), Έκθεση της Διαρκούς Επιτροπής οικονομικών Υποθέσεων στο σχέδιο Νόμου του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών «Μεταβολές στη φορολογία εισοδήματος, απλουστεύσεις στον Κώδικα Βιβλίων και Στοιχείων και άλλες διατάξεις», Άρθρο 2, Παράγραφος 2.
34. Γεωργόπουλος, Α. (2001), *Γη, ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης*, Αθήνα: Gutenberg.
35. Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Κ.Π.Α.Α.). (2003), *Ενέργεια, Περιβάλλον & Επιχειρηματικότητα, Προτάσεις για τον ενεργειακό τομέα στον ελληνικό χώρο*.
36. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (2000), *Πράσινη Βίβλος - Προς μία ευρωπαϊκή στρατηγική για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού*. Βρυξέλλες.
37. Ευθυμιάδης Α. (2006), *Βελτιώσεις της ενεργειακής και περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των κτιρίων στην Ελλάδα, μετά την εφαρμογή της κοινοτικής οδηγίας στην Ελλάδα*, Ημερίδα του Κ.Α.Π.Ε, Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στον κτιριακό τομέα, Αθήνα, 31 Μαΐου.

38. Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Βιομηχανιών Ηλιακής Ενέργειας (EOBHE). (1997), *Ηλιακά θερμικά συστήματα στην Ευρώπη*, πληροφοριακό φυλλάδιο.
39. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (1979), τεύχος Δ' /04.07.1979/ Αρ. Φύλλου 362, «Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων».
40. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας. (2006), τεύχος Α' /27.06.2006/ Αρ. Φύλλου 129, νόμος υπ' αριθ. 3468, «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις».
41. Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών (IOBE). (2005), Κλαδική Μελέτη με τίτλο: «*Η Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας*», διαθέσιμο στο: <http://www.iobe.gr/analitika.php?ID=G208/05>.
42. Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (I.E.N.E.). (2004), *Προτάσεις για την ανάπτυξη ηλιακών εφαρμογών στην Ελλάδα*.
43. Κάπρος, Π. (2006), *Σημειώσεις στο μάθημα ενεργειακής οικονομίας*, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
44. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2000α), "*TRASOL: Λογισμικό κατάρτισης στον Τομέα των Ηλιακών Συστημάτων*" / *Leonardo Da Vinci*.
45. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2000β), "*Οδηγός ενεργειακής επιθεώρησης*" Μέρος 1ο: «*Μεθοδολογία και τεχνικές*», αντλήθηκε από το διαδίκτυο στις 1/12/2006, διαθέσιμο στο: [http://www.cres.gr/kape/pdf/download/guide\\_a\\_gr.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/download/guide_a_gr.pdf).
46. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2001), *Οδηγός τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ*.
47. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2002), *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα*, αντλήθηκε από το διαδίκτυο στις 25/9/2006, διαθέσιμο στο: <http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>.

48. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2003), *Θερμικά ηλιακά συστήματα, Περιγραφή – εφαρμογές – οδηγίες συντήρησης*, Οδηγός για σπουδαστές.
49. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2004), *Ενεργειακή συμπεριφορά καταναλωτών, Ενεργειακά αποδοτικά συσκευές*.
50. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2005), *Τεχνολογίες εξοικονόμησης σε κτίρια*. αντλήθηκε στις 27/12/2006 από το διαδίκτυο, διαθέσιμο στο: [http://www.cres.gr/kape/pdf/download/03\\_esinbuildings\\_gr.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/download/03_esinbuildings_gr.pdf)
51. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2006α), *Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες*.
52. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2006β), *Ανανεώσιμες Πηγές και εξοικονόμηση ενέργειας*.
53. Μαλαμής, Β. (1999), *Αυτόνομες εφαρμογές ηλιακής ενέργειας μικρού & μεσαίου μεγέθους*, Αθήνα: Εκδόσεις "ΙΩΝ".
54. Μοσχάτος, Ε. Α. (1992), *Ηλιακή ενέργεια, Συνιστώσες της ηλιακής θερμικής διαδικασίας*, Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.
55. Περδίδης, Δ. Σ. (2006), *Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και κατασκευή κήπων σε δώματα*, 1η Διεθνής Έκθεση και Συνέδριο, EnergyTec 2006, Αθήνα, 23-26 Νοεμβρίου.
56. Σανταμούρης, Ι.Μ. (2005), *Η εξοικονόμηση ενέργειας ως παράγοντας αειφορικής ενεργειακής στρατηγικής*, 17<sup>ο</sup> Συνέδριο ΠΑΝ.Δ.ΟΙΚ.Ο., Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Μυτιλήνη, 7-9 Οκτωβρίου.
57. Σταμπολής, Κ. Ν. (2004, 10 Οκτωβρίου), Ουραγός στις ανανεώσιμες πηγές η Ελλάδα, *Καθημερινή*, σελ. 32.
58. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (Σ.Ε.Φ.). (2006), *Η αγορά φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα*, Αθήνα.
59. Τσεσμελή, Σ. (2006), *Ζήτηση ενέργειας: Κτιριακός τομέας - Πλαίσιο θεώρησης*. Μεταπτυχιακή διατριβή που υποβλήθηκε στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

60. Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠ.ΑΝ.). (2005α), 3η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διεύθυνσης της ανανεώσιμης ενέργειας το έτος 2010 (άρθρο 3 οδηγίας 2001/77/ΕΚ), Αθήνα.
61. Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠ.ΑΝ.). (2005β), Οδηγός ενεργειακών επενδύσεων, Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης ΙΙΙ 2000-2006, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα», Μέτρο 6.5. «Προώθηση συστημάτων ΑΠΕ, Συμπαράγωγής στο ενεργειακό σύστημα της χώρας - Εξοικονόμηση Ενέργειας», Αθήνα.
62. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ). (2002), *3η Εθνική Έκθεση της Σύμβασης – Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή*, Αθήνα.

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

63. **Adamsnet Ltd**, <http://www.adamsnet.gr>, *Γιατί τα κτίρια χρειάζονται B.E.M.S. Dupline*, αντλήθηκε από το διαδίκτυο στις 30/11/2006.
64. **Ecotec**. *Η τεχνολογία στην υπηρεσία του περιβάλλοντος*, επίσκεψη στο διαδίκτυο στις 21/12/2006, <http://www.ecotec.gr>.
65. **Prosolar**. Επίσκεψη στο διαδίκτυο στις 25/01/2007, <http://www.prosolar.gr>.
66. **Sanyo**. Επίσκεψη στο διαδίκτυο στις 20/01/2007, <http://www.sanyo.com>.
67. **Stiebel – Eltron**. Επίσκεψη στο διαδίκτυο στις 05/02/2007, <http://www.stiebel-eltron-usa.com>.
68. **Γενική Γραμματεία Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.)**. *Στατιστικά στοιχεία/απογραφή πληθυσμού 2001*, αντλήθηκε από το διαδίκτυο στις 20/12/2006, διαθέσιμο και στο: [http://www.statistics.gr/gr\\_tables/S1101\\_SAP\\_1\\_TB\\_DC\\_01\\_01\\_Y.pdf](http://www.statistics.gr/gr_tables/S1101_SAP_1_TB_DC_01_01_Y.pdf).
69. **Ελληνικός Σύνδεσμος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ (Δ.Ε.Σ.Π.Η.Ε.)**, <http://www.hellasres.gr>, *Γνωρίστε τις ΑΠΕ*, , αντλήθηκε από το διαδίκτυο στις 28/11/2006, διαθέσιμο στο: <http://www.hellasres.gr/Greek/gnoriste-tis-ape/gnoriste-tis-ape.htm>
70. **Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.)**, <http://www.deh.gr>, *επίσκεψη* στο διαδίκτυο στις 20/11/2006.
71. **Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)**, <http://www.cres.gr>, *Εξοικονόμηση ενέργειας*, αντλήθηκε από το διαδίκτυο στις 15/12/2006, διαθέσιμα στο: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/oxe\\_elegxos\\_thermikou.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/oxe_elegxos_thermikou.htm) και στο: [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/oxe\\_thermiki\\_maza.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/oxe_thermiki_maza.htm)
72. **Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠ.ΑΝ.)**, <http://www.ypan.gr>, *Εθνικό πληροφοριακό σύστημα ενέργειας, Ενεργειακά Ισοζύγια*, αντλήθηκε από το διαδίκτυο στις 08/11/2006.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Καταναλώσεις συνηθισμένων οικιακών  
συσκευών**



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Καταναλώσεις συνηθισμένων οικιακών συσκευών

Παρακάτω υπάρχουν μερικές ενδεικτικές τιμές κατανάλωσης σε Watt συνηθισμένων οικιακών συσκευών:

Πίνακας Α-1. Καταναλώσεις συνηθισμένων οικιακών συσκευών

Οικιακή συσκευή	Κατανάλωση ανά ώρα σε Watt
Ηλεκτρική καφετιέρα	900-1200 W
Στεγνωτήριο ρούχων	1800-5000 W
Πλυντήριο πιάτων (μεγάλο)	2500-3200 W
Πλυντήριο ρούχων	1500-2800 W
Ηλεκτρική κουζίνα	1500-2700 W
Ψυγείο (frost-free, 16 κυβικά πόδια)	725 W
Ηλεκτρικός θερμοσίφοντας	2500-4000W
Ανεμιστήρας οροφής	65-175 W
Πιστολάκι μαλλιών	1000-1875 W
Φορητή Θερμάστρα	1500-2000 W
Ηλεκτρικό Σίδερο	1000-1800 W
Φούρνος Μικροκυμάτων	400-1100 W
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής:	
CPU – εν λειτουργία / standby	120 / 30 W
Οθόνη εν λειτουργία / standby	150 / 30 W
Laptop	50 W
Στερεοφωνικό	70-400 W
Τηλεοράσεις (έγχρωμες) έως 19"	65-110 W
Τοστιέρα	800-1400 W
Βίντεο / DVD	20-50 W
Ηλεκτρική σκούπα	1000-1800 W

(Πηγή: <http://www.dei.gr>)

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Ορολογία**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Ορολογία**

## Πίνακας Β-1. Ορολογία

Εξοικείωση με την ορολογία	
<b>Φωτοβολταϊκό φαινόμενο</b>	Η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Για ευκολία, συνήθως χρησιμοποιούμε τη σύντμηση Φ/Β για τη λέξη "φωτοβολταϊκό" (photovoltaic - PV).
<b>Φωτοβολταϊκό στοιχείο</b>	Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα Φ/Β κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη (PV cell).
<b>Φωτοβολταϊκό πλαίσιο</b>	Ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας (PV module).
<b>Φωτοβολταϊκό πανέλο</b>	Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση (PV panel).
<b>Φωτοβολταϊκή συστοιχία</b>	Μια ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (PV array).
<b>Φωτοβολταϊκή γεννήτρια</b>	Το τμήμα μιας Φ/Β εγκατάστασης που περιέχει Φ/Β στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα (PV generator).
<b>Αντιστροφέας (inverter)</b>	Ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.
<b>Ρυθμιστής φόρτισης (charge controller)</b>	Συσκευή που χρησιμοποιείται σε αυτόνομα συστήματα για να ρυθμίζει τη φόρτιση των συσσωρευτών.
<b>kW (κιλοβάτ) kWp (κιλοβάτ πικ-peak) kWh (κιλοβατώρα)</b>	μονάδα ισχύος [1 kW = 1.000 Watt, 1 MW = 1.000 kW] μονάδα ονομαστικής ισχύος του φωτοβολταϊκού (ίδιο με το kW) μονάδα ενέργειας



(Πηγή: Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) αντλήθηκε στις 18/01/2006 από:  
<http://www.helapco.gr/pages/greek/faq.htm> )