

ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΗΧ
649

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΗΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:
ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΜΑΡΙΑΤΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΚΟΣΜΑΣ Α. ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ

τον υπεύθυνο και επιβλέποντα καθηγητή κ. Κοσμά Καβαδιά για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε
όποτε την χρειάστηκα,

τον καθηγητή κ. Ιωάννη Καλδέλλη για τις συμβουλές του

τους φίλους Βασιλική Μπουζιάκα, Μαρία Λάμπρου, Δημήτρη Πέττα, Μαρία Λέκκα και τον αδερφό μου
Παύλο Μαριάτο για την βοήθειά τους στην εκπόνηση της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περιορισμένη ποσότητα των συμβατικών καυσίμων, καθώς και η συμβολή τους στην δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου καθιστά απαραίτητη την χρήση Ήπιων Μορφών Ενέργειας (ΗΜΕ). Ο κτηριακός τομέας δεν μπορεί να αποτελεί εξαίρεση. Η πτυχιακή εργασία αυτή επικεντρώνεται στην παραγωγή ενέργειας από ΗΜΕ στα κτήρια.

Στο πρώτο κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζεται το ποσοστό συμμετοχής του κτηριακού τομέα στη συνολική κατανάλωση ενέργειας και στη συνέχεια περιγράφεται η κατανάλωση του κτηριακού τομέα στην Ελλάδα, η οποία συγκρίνεται με τα αντίστοιχα μεγέθη των υπόλοιπων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η έννοια του Κτηρίου Μηδενικής Ενέργειας (ZEB), δίνονται οι διάφοροι ορισμοί για τα ZEB, παρουσιάζεται η πολιτική της ΕΕ για την προώθησή τους και γίνεται αναφορά σε συγκεκριμένα παραδείγματα τέτοιων κτηρίων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι ΗΜΕ που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη ενός ZEB και γίνεται εκτενής περιγραφή των μικρών ανεμογεννητριών και των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνονται θεωρητικοί υπολογισμοί για την ενέργεια που παράγεται από συνδυασμούς φωτοβολταϊκών πλαισίων και μικρών ανεμογεννητριών. Επιπροσθέτως, υπολογίζονται στη συνέχεια οικονομικοί δείκτες για την αξιολόγηση της επένδυσης σε ΗΜΕ.

Τελικός σκοπός της εργασίας είναι να μπορεί ο αναγνώστης να έχει μια πρώτη άποψη για το πού αξίζει να δοθούν τα χρήματα που επενδύονται σε μια εγκατάσταση ΗΜΕ στα κτήρια, ανάλογα με τα δεδομένα του ανέμου, της ηλιοφάνειας και της τιμής πώλησης της ενέργειας στο δίκτυο.

SUMMARY

The limited amount of fossil fuels, as well as their contribution to creating the greenhouse effect necessitates the use of Renewable Energy Sources (RES). The building sector couldn't be an exception. This thesis focuses on energy production in buildings by RES.

In the first chapter it is initially presented the contribution of the building sector in energy consumption and there is a description of the consumption rates of the building sector in Greece, which are then compared with the corresponding rates of other countries of the European Union.

In the second chapter there is a description of the concept of Zero Energy Building (ZEB) and they are given the various definitions of ZEB. Furthermore, it is described the European Union's policy, which promotes the construction of ZEB and they are mentioned specific examples of such buildings.

In the third chapter there is a presentation of the RES, which are used to achieve the consumption of a ZEB and there is a detailed description of small wind turbines and photovoltaic / solar panels.

In the fourth chapter theoretical calculations are made for the energy generated by several combinations of photovoltaic / solar panels and small wind turbines. Also economic indicators are calculated to evaluate investment in RES.

The ultimate aim of this study is to enable the reader to have a first view of where is worth to be given the money invested in a RES installed in buildings, according to data of wind, sunshine and the selling price of energy in network.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	4
Περιεχόμενα	5
Ευρετήριο Πινάκων	9
Ευρετήριο Σχημάτων-Εικόνων	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.	
1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΟΝ ΚΤΗΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.	
2. ΚΤΗΡΙΟ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ZEB)	
2.1. Εισαγωγή.....	17
2.1.1. Η πρώτη εμφάνιση του όρου «Κτήριο Μηδενικής Ενέργειας» (ZEB).....	18
2.2. Διαφορετικές προσεγγίσεις στο θέμα του ZEB – Βασικοί ορισμοί.....	19
2.3. Οδηγία Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ZEB.....	20
2.4. Κίνητρα- Αντικίνητρα για την επιλογή των κτηρίων μηδενικής ενέργειας.....	22
2.5. Παραδείγματα κτηρίων μηδενικής ενέργειας.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.	
3. ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΗΡΙΑ	
3.1. Εισαγωγή.....	29
3.1.1 Ήπιες και Συμβατικές Μορφές Ενέργειας.....	29
3.2. Μικρές Ανεμογεννήτριες.....	32
3.2.1. Εισαγωγή.....	32
3.2.1.1. Τα μέρη μιας ανεμογεννήτριας.....	33
3.2.1.2. Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα μικρών ανεμογεννητριών.....	34
3.2.1.3. Περιβαλλοντικό όφελος.....	35
3.2.1.4. Κόστος αγοράς ανεμογεννητριών.....	35
3.2.1.5. Συντήρηση.....	35
3.2.1.6. Οικονομική βιωσιμότητα μικρών ανεμογεννητριών.....	35
3.2.1.7. Χρηματοδοτικό Πλαίσιο.....	36
3.2.2. Οδηγός αγοράς.....	36
3.2.2.1. Πού μπορεί να μπει μια ανεμογεννήτρια.....	37
3.2.2.1.1. Περιοχές Εγκατάστασης.....	37

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3.2.2.1.2. Σε ποιες περιοχές συμφέρει.....	37
3.2.2.1.3. Χώροι και ύψος εγκατάστασης.....	37
3.2.2.1.4. Στήριξη.....	38
3.2.2.2. Πώς λειτουργεί μια διασυνδεδεμένη ανεμογεννήτρια.....	38
3.2.2.2.1. Παραγωγή ή Αυτοπαραγωγή.....	38
3.2.2.2.2. Πότε επιλέγεται η Παραγωγή και πότε η Αυτοπαραγωγή;.....	39
3.2.3. Άδειες που απαιτούνται για την εγκατάσταση μιας διασυνδεδεμένης ανεμογεννήτριας.....	39
3.3. Φωτοβολταϊκά.....	40
3.3.1. Εισαγωγή.....	40
3.3.1.1. Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	40
3.3.1.2. Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα.....	40
3.3.1.3. Περιβαλλοντικά Οφέλη.....	41
3.3.2. Είδη Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών.....	41
3.3.2.1. Μονοκρυσταλλικά.....	42
3.3.2.2. Πολυκρυσταλλικά.....	42
3.3.2.3. Λεπτής μεμβράνης.....	43
3.3.2.3.1. Άμορφου Πυριτίου (a-Si).....	43
3.3.2.3.2. Ταινίας Πυριτίου (Ribbon Silicon).....	44
3.3.2.3.3. Δισεληνοϊνδιούχου Χαλκού (CIS).....	44
3.3.2.3.4. Τελοριούχου Κάδμιου (CdTe).....	45
3.3.2.3.5. Αρσενικούχου Γάλλιου (GaAs).....	45
3.3.2.4. Σφαιρικές ηλιακές κυψέλες.....	46
3.3.2.5. Κυψέλες (υψηλής) συγκέντρωσης (HCPV)-CPV.....	46
3.3.2.6. Υβριδικά στοιχεία HIT.....	47
3.3.2.7. Φωτοβολταϊκά Διπλής Όψεως.....	47
3.3.2.8. Solyndra.....	48
3.3.2.9. Άλλες τεχνολογίες.....	48
3.3.2.10. Απόδοση Φ/Β.....	49
3.3.3. Φωτοβολταϊκό Σύστημα.....	51
3.3.3.1. Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας βάση ηλιοφάνειας στην Ελλάδα.....	51
3.3.3.2. Προσανατολισμός Φ/Β συστημάτων- σκίαση.....	52
3.3.3.3. Ενδεικτική απόδοση φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς.....	53

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3.3.3.4. Το κόστος των Φ/Β συστημάτων.....	54
3.3.3.5. Τα μέρη ενός Φ/Β συστήματος.....	55
3.3.3.5.1. Φωτοβολταϊκά Πάνελ.....	55
3.3.3.5.2. Μετατροπέας Τάσης	57
3.3.3.5.3. Πίνακας Ελέγχου.....	60
3.3.3.5.4. Ηλεκτρικοί Πίνακες.....	60
3.3.3.5.5. Καλωδίωση.....	60
3.3.3.5.6. Μεταλλικές Κατασκευές-Υλικά Στήριξης.....	60
3.3.3.5.7. Διατάξεις Προστασίας.....	61
3.3.3.5.8. Σύστημα Τηλεπίβλεψης.....	62
3.3.3.6. Συντήρηση Φ/Β Συστημάτων.....	63
3.3.3.7. Ενσωμάτωση σε Κτήρια	64
3.3.3. «Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτηρίων».....	67
3.3.4.1. Πού επιτρέπεται.....	68
3.3.4.2. Πόσο κοστίζει και τί αποδίδει.....	69
3.3.4.3. Τί ισχύει στις άλλες χώρες της Ε.Ε.....	70
3.4. Υβριδικό Σύστημα.....	72
3.4.1. Εισαγωγή.....	72
3.4.2. Πού χρησιμοποιείται ένα υβριδικό σύστημα.....	72
3.4.3. Μέρη υβριδικού συστήματος Φ/Β-Ανεμογεννήτριας.....	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .

4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

4.1. Εισαγωγή.....	75
4.2. Υπολογιστικό μέρος.....	76
4.2.1. Ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh).....	76
4.2.1.1. Ετήσια παραγωγή ενέργειας από ανεμογεννήτρια.....	76
4.2.1.2. Ετήσια παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά.....	77

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

4.2.2. Ετήσια έσοδα και κόστος εγκατάστασης (€).....	79
4.2.2.1.Ετήσια έσοδα από μικρή ανεμογεννήτρια.....	79
4.2.2.2.Κόστος εγκατάστασης της μικρής ανεμογεννήτριας (€).....	79
4.2.2.3.Ετήσια έσοδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια (€).....	80
4.2.2.4.Κόστος εγκατάστασης φωτοβολταϊκών πλαισίων (€).....	80
4.2.2.5.Συνολικά ετήσια έσοδα (€).....	82
4.2.2.6.Συνολικό κόστος εγκατάστασης (€).....	82
4.2.3.Καθαρά Παρούσα Αξία Επένδυσης.....	82
4.2.3.1. Εισαγωγή.....	82
4.2.3.2. Πίνακες.....	83
4.2.3.3.Διαγράμματα.....	94
4.3. Συμπεράσματα.....	98

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακες και διαγράμματα για τις διάφορες τιμές πώλησης της ενέργειας στο δίκτυο.....	101
Βιβλιογραφία-Παραπομπές.....	137

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

1.Ι Κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια.....	14
1.ΙΙ Στατιστικά στοιχεία κατοικιών στην Ελλάδα.....	15
2.Ι ZEB- τρόποι επίτευξης του στόχου (Torcellini, et al. 2006).....	17
2.ΙΙ χαρακτηριστικά κτηρίου Hawaii Gateway Energy Center.....	25
2.ΙΙΙ χαρακτηριστικά κτηρίου Net zero house-Charlotte, VT.....	26
2.ΙV Δεδομένα παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας (Net zero house-Charlotte, VT).....	26
2.V χαρακτηριστικά κτηρίου Oberlin College Lewis Center.....	27
2.VI Δεδομένα παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας (Oberlin College Lewis Center).....	27
3.Ι Αποφυγή εκλυομένων ρύπων από την χρήση φωτοβολταϊκών.....	41
3.ΙΙ απόδοση διαφόρων υλικών κατασκευής φωτοβολταϊκών.....	49
3.ΙΙΙ στοιχεία απόδοσης διαφόρων τύπων φωτοβολταϊκών.....	50
3.ΙV ενδεικτική απόδοση φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς.....	53
3.V Μέτρα υποστήριξης Φ/Β στην Ε.Ε.....	70
4.Ι τιμές N/N0 για την ανεμογεννήτρια της μελέτης.....	76
4.ΙΙ συντελεστές ω για διαφορετικά C.....	76
4.ΙΙΙ ετήσια παραγωγή ενέργειας από ανεμογεννήτρια.....	77
4.ΙV Τεχνικά Χαρακτηριστικά Kyocera LA KS.....	77
4.V ετήσια παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά.....	78
4.VΙ κόστος επένδυσης και ετήσια έσοδα από ανεμογεννήτρια.....	79
4.VΙΙ κόστος επένδυσης και ετήσια έσοδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	81
4.ΙΙΧ NPV20 για μικρές ανεμογεννήτριες.....	83
4.ΙΧ NPV20 για φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	83
4.X npv20 για μικρές ανεμογεννήτριες.....	84
4.ΧΙ npv20 για φωτοβολταϊκά πλαίσια.....	84
4.ΧΙΙ NPV και npv για $H_t=1300 \text{ kWh/m}^2 \omega=0,104$	85
4.ΧΙΙΙ NPV και npv για $H_t=1500 \text{ kWh/m}^2 \omega=0,104$	86
4.ΧΙV NPV και npv για $H_t=1700 \text{ kWh/m}^2 \omega=0,104$	87
4.ΧV NPV και npv για $H_t=1300 \text{ kWh/m}^2 \omega=0,271$	88
4.ΧVΙ NPV και npv για $H_t=1500 \text{ kWh/m}^2 \omega=0,271$	89
4.ΧVΙΙ NPV και npv για $H_t=1700 \text{ kWh/m}^2 \omega=0,271$	90
4.ΙΙΧΧ NPV και npv για $H_t=1300 \text{ kWh/m}^2 \omega=0,431$	91
4.ΙΧΧ NPV και npv για $H_t=1500 \text{ kWh/m}^2 \omega=0,431$	92
4.ΧΧ NPV και npv για $H_t=1700 \text{ kWh/m}^2 \omega=0,431$	93

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ- ΕΙΚΟΝΩΝ

1.1 κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα ως ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης.....	12
1.2 % μεταβολή της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα στο διάστημα 1990-2005...13	
2.1 Hawaii Gateway Energy Center.....	25
2.2 παθητική καμινάδα.....	25
2.3 Net zero house-Charlotte, VT.....	26
2.4 Oberlin College Lewis Center.....	27
3.1 ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα -ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα.....	32
3.2 ανεμογεννήτρια-τα μέρη της.....	34
3.3 λειτουργία διασυνδεδεμένης ανεμογεννήτρια.....	38
3.4 παραγωγή.....	38
3.5 αυτοπαραγωγή.....	39
3.6 μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά.....	42
3.7 πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά.....	42
3.8 Φωτοβολταϊκά λεπτής μεμβράνης.....	43
3.9 φωτοβολταϊκά άμορφου πυριτίου (a-Si).....	43
3.10 φωτοβολταϊκά ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon).....	44
3.11 φωτοβολταϊκά Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού (CIS, με προσθήκη γαλλίου CIGS).....	44
3.12 φωτοβολταϊκά Τελουριούχου Κάδμιου (CdTe).....	45
3.13 φωτοβολταϊκά Αρσενικούχου Γαλλίου (GaAs).....	45
3.14 Σφαιρικές ηλιακές κυψέλες.....	46
3.15 Υβριδικά στοιχεία HIT.....	47
3.16 φωτοβολταϊκά Διπλής Όψεως.....	47
3.17 Solyndra.....	48
3.18 μεταβολή της θέσης του ήλιου.....	54
3.19 τα μέρη ενός φ/β συστήματος.....	55
3.20 συνδεσμολογία φωτοβολταϊκών.....	57
3.21 μετατροπή της τάσης με inverter.....	58
3.22 σύστημα τηλεπίβλεψης.....	63
3.23 μεταβολή θερμοκρασίας στην στέγη λόγω σκίασης από φ/β.....	66
3.24 τοποθέτηση φ/β συστημάτων σε κτήρια.....	68
3.25 υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας με τη χρήση φωτοβολταϊκών και μικρής ανεμογεννήτριας.....	73

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ- ΕΙΚΟΝΩΝ

4.1 npv ($\omega=0,104$ $H\tau=1300$ kWh/m ² ανά έτος).....	95
4.2 npv ($\omega=0,271$ $H\tau=1300$ kWh/m ² ανά έτος).....	95
4.3 npv ($\omega=0,431$ $H\tau=1300$ kWh/m ² ανά έτος).....	95
4.4 npv ($\omega=0,104$ $H\tau=1500$ kWh/m ² ανά έτος).....	96
4.5 npv ($\omega=0,271$ $H\tau=1500$ kWh/m ² ανά έτος).....	96
4.6 npv ($\omega=0,431$ $H\tau=1500$ kWh/m ² ανά έτος).....	96
4.7 npv ($\omega=0,104$ $H\tau=1700$ kWh/m ² ανά έτος).....	97
4.8 npv ($\omega=0,271$ $H\tau=1700$ kWh/m ² ανά έτος).....	97
4.9 npv ($\omega=0,431$ $H\tau=1700$ kWh/m ² ανά έτος).....	97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

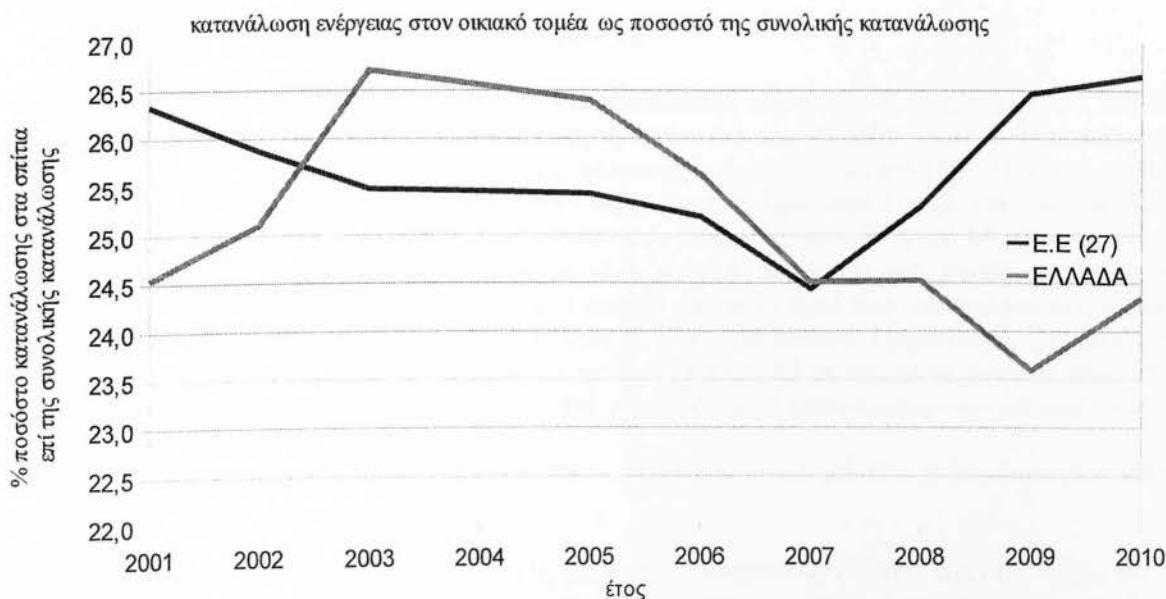
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΟΝ ΚΤΗΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ^{[1][2][3][4]}

Είναι πλέον γνωστό και κοινά αποδεκτό πως η ορθή κατανάλωση ενέργειας είναι πρωταρχικής σημασίας. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου που είναι υπεύθυνο για την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, η μόλυνση της ατμόσφαιρας και των υδάτων, η εξάντληση των φυσικών πόρων, η διατάραξη των οικοσυστημάτων και τελικά η κλιματική αλλαγή του πλανήτη, είναι θέματα που απασχολούν την παγκόσμια κοινότητα και είναι αναγκαία η αντιμετώπιση τους προκειμένου εμείς κι ακόμα περισσότερο οι επόμενες γενιές να ζουν σε ένα βιώσιμο περιβάλλον.

Για αυτόν τον λόγο, είναι αναγκαία η στροφή στη χρήση μορφών ενέργειας που θα είναι φιλικές στο περιβάλλον ενώ συγχρόνως θα είναι και οικονομικά προσιτές αν όχι συμφέρουσες. Ταυτόχρονα με την ανάγκη χρήσης Ήπιων Μορφών Ενέργειας (ΗΜΕ) μεγάλη σημασία έχει και η ελαχιστοποίηση της σπατάλης στην κατανάλωση ενέργειας.

Ένας πολύ ενεργοβόρος τομέας είναι κι αυτός των κτηρίων. Η κατανάλωση των κτηρίων αντιπροσωπεύει το 37% (26% κατοικίες, 11% εμπορικά κτήρια) της συνολικής ενεργειακής δαπάνης στην Ευρώπη (eurostat 2004) και είναι υπεύθυνη για αντίστοιχο ποσοστό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Η Ελλάδα βρίσκεται στην πρώτη θέση στην Ευρώπη των 15 στην ενεργειακή σπατάλη στον κτηριακό τομέα.

Ο τομέας των κτηρίων αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς χώρους της Ευρώπης με κύκλο εργασιών που ξεπερνά τα 400 δις Ευρώ. Σημειώνεται πως σε ημερήσια βάση, η παγκόσμια πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με τα κτήρια ξεπερνά τα 17 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, ποσότητα σχεδόν ίση με την συνολική παραγωγή των χωρών του ΟΠΕΚ.



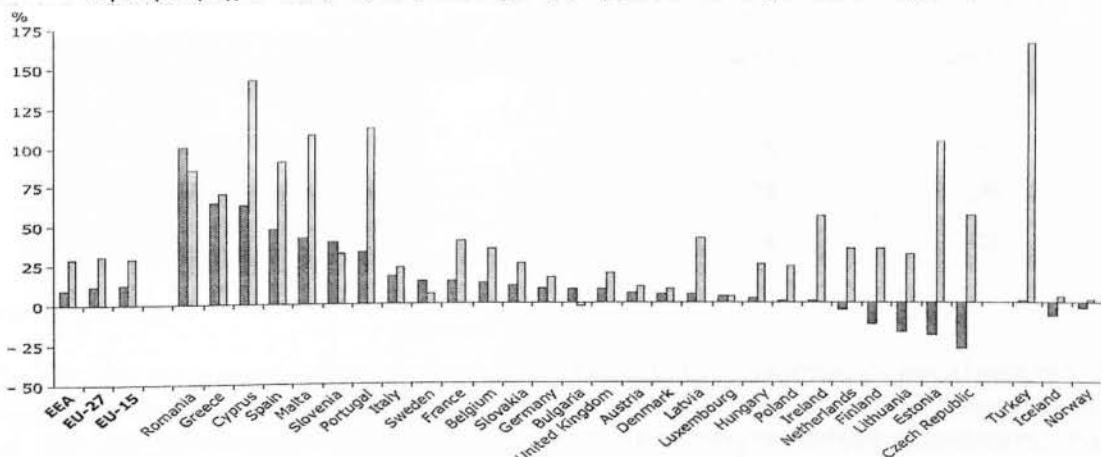
πηγή: Eurostat

Σχήμα 1.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

Τα ελληνικά σπίτια είναι μια ανοιχτή πληγή σε θέματα κατανάλωσης ενέργειας καθώς όχι μόνο βρίσκονται στην πρώτη θέση σε κατανάλωση για σκοπούς θέρμανσης στην Ευρώπη των 15 αλλά σημείωσαν και την μεγαλύτερη αύξηση κατανάλωσης ενέργειας-συμπεριλαμβανομένου και του ηλεκτρικού ρεύματος-την 15ετία 1990-2005 φθάνοντας σε ποσοστό το 62,5% σύμφωνα με την έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος «Ενέργεια και περιβάλλον 2008»

% μεταβολή της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα στο διάστημα 1990-2005



- % μεταβολή της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα
- % μεταβολή της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα

πηγή: Eurostat

Σχήμα 1.2

Την ίδια ώρα, στην Ευρώπη των 15, η μέση αύξηση κατανάλωσης ενέργειας δεν υπερέβαινε το 15%. Είναι χαρακτηριστικό πως χώρες με πολύ πιο ψυχρά κλίματα από αυτό της Ελλάδας όπως η Φινλανδία και η Ολλανδία μείωσαν την κατανάλωσή τους την ίδια δεκαετία από 5% έως και 15%. Πιο συγκεκριμένα, για την θέρμανση, ένα ελληνικό σπίτι το 2005 κατανάλωσε 22 ισοδύναμα κιλά πετρελαίου ανά τετραγωνικό μέτρο ενώ την ίδια χρονιά ο μέσος όρος των κρατών της Ευρώπης των 15 ήταν 14 κιλά ισοδύναμου πετρελαίου για θέρμανση ανά τετραγωνικό μέτρο σε μέσες Ευρωπαϊκές κλιματικές συνθήκες. Με βάση τα παραπάνω, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι ελληνικές κατοικίες είναι στην κορυφή και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με την ίδια έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Αντίθετα από την Ελλάδα, η Γερμανία, μέσα σε 12 χρόνια (1990-2002) κατάφερε να μειώσει κατά 7% τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από την ενεργειακή κατανάλωση στον οικιακό τομέα.

Τα κτήρια καταναλώνουν ενέργεια για θέρμανση-ψύξη, για φωτισμό και για την χρήση διάφορων ειδικών συσκευών.

Η τελική ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι της τάξης των 350 Mtoe ανά έτος, χωρίς να υπολογίζεται η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων καλύπτεται από το φυσικό αέριο, 116 Mtoe, το πετρέλαιο 99 Mtoe, τον ηλεκτρισμό 91 Mtoe, και τα στερεά καύσιμα (λιγνίτη, κάρβουνο, πέλετ κ.α.) με 11 Mtoe.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

Οι πραγματικές ενεργειακές ανάγκες των κτηρίων στην Ευρώπη καλύπτονται σε μεγάλο ποσοστό και από την έμμεση χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας και των άλλων ανανεώσιμων πηγών. Στην περίπτωση αυτή το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων υπολογίζεται σε 740 Μτοε πρωτογενούς ενέργειας. Η κατανομή των διαφόρων πλέον καυσίμων είναι: 43% διάφορα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, 20% από άμεση χρήση πετρελαίου, 18% από άμεση χρήση φυσικού αερίου, 6% από άλλα στερεά καύσιμα και κατά 15% από ηλιακή ενέργεια.

Πίνακας Ι.Ι. Κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια

Κατανάλωση ενέργειας %	Εμπορικά κτήρια	Κτήρια κατοικιών	Σύνολο
USA	18	22	40
EU	11	26	37
UK	11	28	39
WORLD	7	16	23

πηγές: Eurostat, EIA, BRE

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι αντιστοιχεί περίπου ένας τόνος ισοδύναμου πετρελαίου ανά έτος και ανά κάτοικο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτηρίων στην Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή κατά τα τελευταία χρόνια είναι ελαφρά αυξητική και η ετήσια αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης στα κτήρια είναι ίση με 0,7 % .

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων στην Ελλάδα είναι της τάξης των 4,6 Μτοε και αντιστοιχούν 0,55 Μτοε ενέργειας ανά κάτοικο το έτος, δηλαδή περίπου το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων είναι περίπου 1,8%.

Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτηρίων, είναι προφανής η ανάγκη εύρεσης τρόπων μείωσης της ενεργειακής τους κατανάλωσης.

Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στη δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτηρίων κατά την θερινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτηρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια της πόλης, καθότι οι καταγραφείσες θερμοκρασιακές διαφορές κυμαίνονται κατά την διάρκεια της ημέρας περί τους 5-12 C και 2-5 C κατά τη διάρκεια της νύκτας.

Συνεπώς, η κατασκευή περιβαλλοντικά και ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων και η χρήση μεθόδων και τεχνικών για την αξιοποίηση φυσικών πόρων ενέργειας στα κτήρια, είναι επιτακτική ανάγκη, μπροστά στην εντεινόμενη περιβαλλοντική κρίση.

Πίνακας 1.Π: Στατιστικά στοιχεία κατοικιών στην Ελλάδα

Κατηγορίες	Μονοκατοικίες (προ 1980)	Πολυκατοικίες (προ 1980)	Μονοκατοικίες (1980-2001)	Πολυκατοικίες (1980-2001)	Μονοκατοικίες (2002-2010)	Πολυκατοικίες (2002-2010)
Συνολικός αριθμός κτηρίων κατοικιών	1.371.642	194.667	450.724	91.443	278.351	81.297
Κτήρια χωρίς εξωτερική μόνωση τοίχων	1.371.642	194.667	74.491	12.314	0	0
Κτήρια χωρίς ή με ανεπαρκή μόνωση οροφής	1.056.164	149.894	18.623	3.079	0	0
Κτήρια με σύστημα κεντρικής θέρμανσης	741.979	79.647	436.598	89.981	278.351	81.297
Κτήρια με παλιό σύστημα θέρμανσης	519.385	55.753	17.210	2.932	0	0
Κτήρια χωρίς θερμοστάτη αντιστάθμισης στην κεντρική θέρμανση	519.385	55.753	130.979	26.994	0	0
Κτήρια χωρίς θερμοστάτη χώρων	667.781	71.682	34.421	5.865	0	0
Κτήρια με τοπικά κλιματιστικά	643.100	98.954	214.916	45.172	131.312	40.060
Κτήρια με ηλιακούς συλλέκτες	1.097.314	155.734	289.057	57.944	139.176	40.649
Κτήρια χωρίς σκίαση	321.550	49.477	107.458	22.586	65.656	20.030

Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Νομπιλάκης Σπυρίδων, 2011 «Διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Διασυνδεδεμένη Κατοικία»
- [2] Χ.Καρανίκας, «Ενεργειακή σπατάλη από τα ελληνικά σπίτια»
- [3] Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, «Ενέργεια και περιβάλλον 2008»
- [4] Luis Perez-Lombard, Jose Ortiz, Christine Pout, 2007 «A review on buildings energy consumption information»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΚΤΗΡΙΟ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ZEB)^{[1][2][3][4][5][6]}

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για να γίνει πράξη η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια δημιουργήθηκε η ιδέα για τα λεγόμενα **Κτήρια Μηδενικής Ενέργειας**, γνωστότερα με την αγγλική συντομογραφία **ZEB (zero energy building)**. Πλέον, πολλά κράτη νομοθετούν ώστε να προωθηθεί η σχεδίαση τέτοιων κτηρίων. Αντίστοιχη νομοθέτηση απαιτείται από τα κράτη-μέλη το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο με την οδηγία **2010/31/ΕΕ** του Μαΐου του 2010, η οποία παρουσιάζεται παρακάτω στο κεφάλαιο αυτό.

Τί είναι όμως ένα ZEB;

Η βασική αρχή που διέπει ένα ZEB είναι η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του από ανανεώσιμες πηγές. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τρόποι επίτευξης του στόχου ενός ZEB.

Πίνακας 2.1. ZEB τρόποι επίτευξης του στόχου (Torcellini, et al. 2006)

A/A	ZEB εναλλακτικές λύσεις ενέργειας	Παραδείγματα
0	Ελάττωση χρήσης ενέργειας μέσω αποδοτικών ενεργειακά κτηρίων	Φυσικός φωτισμός, φυσικός εξαερισμός, υψηλής απόδοσης συστήματα Θ.Ψ.Κ κ.α.
Επί τόπου εναλλακτικές λύσεις		
1	Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας διαθέσιμων στο κτήριο	Φωτοβολταϊκά, ηλιακοί θερμοσίφωνες και ανεμογεννήτριες στο κτήριο
2	Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας διαθέσιμων στην περιοχή του κτηρίου	Φωτοβολταϊκά, ηλιακοί θερμοσίφωνες, μικρής ισχύος υδροηλεκτρικά και ανεμογεννήτριες, όχι όμως στο κτήριο
Εκτός περιοχής εναλλακτικές λύσεις		
3	Χρήση ανανεώσιμων πηγών διαθέσιμων εκτός περιοχής κτηρίου για την παραγωγή ενέργειας στον χώρο του κτηρίου	Βιομάζα, πέλετς, αιθανόλη, ή βιοντίζελ που μπορεί να εισαχθεί από αλλού ή εκμετάλλευση των απορριμμάτων που παράγονται επί τόπου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ρεύματος ή την θέρμανση.
4	Αγορά ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που βρίσκονται εκτός περιοχής κτηρίου	Ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά κεντρικού δικτύου, αγορά μονάδων εκπομπών ρύπων και ενδεχομένως υδροηλεκτρικές μονάδες

Ένας μοναδικός ορισμός δεν είναι εύκολο να δοθεί για τα ZEB . Αυτή τη στιγμή παγκοσμίως υπάρχουν πολλά κτήρια που ονομάζονται ZEB χωρίς αυτή η ονομασία να σημαίνει πως τηρούν τις ίδιες προδιαγραφές.

Για παράδειγμα, υπάρχουν ZEB που αναφέρονται στο κόστος της ενέργειας. Σε αυτήν την περίπτωση το κόστος της ενέργειας που παράγεται από το κτήριο είναι τουλάχιστον ίσο με το κόστος της ενέργειας που καταναλώνει. Επομένως, μια αλλαγή στην τιμή αγοράς της ενέργειας ενδεχομένως να καθιστούσε το κτήριο **μη** μηδενικής ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

Άλλη περίπτωση ZEB έχει στόχο το μηδενικό ισοζύγιο εκπομπών ρύπων. Το κτήριο δεν πρέπει να επιβαρύνει με ρύπους την ατμόσφαιρα. Επομένως ένα τέτοιο κτήριο θα πρέπει να παράγει τουλάχιστον όση ενέργεια καταναλώνει.

Πέρα από τον στόχο του κάθε τύπου ZEB υπάρχει και ο διαχωρισμός σε σχέση με την σύνδεση ή όχι του κτηρίου στο κεντρικό δίκτυο παροχής ρεύματος. Άλλα ZEB είναι διασυνδεδεμένα και άλλα όχι. Οποιοδήποτε μη διασυνδεδεμένο κτήριο χρησιμοποιεί αποκλειστικά ανανεώσιμες πηγές για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών είναι στην ουσία ένα κτήριο μηδενικής ενέργειας.

Ένας ακόμα διαχωρισμός στα είδη ZEB είναι ο τόπος παραγωγής της ενέργειας. Πέρα από τα κτήρια που παράγουν ενέργεια επί τόπου (on site), υπάρχουν και αυτά που χρησιμοποιούν «πράσινη» ενέργεια που δεν παράγεται στον χώρο του κτηρίου (off site). Αγοράζουν ενέργεια δηλαδή από πάροχο που χρησιμοποιεί μόνο ανανεώσιμες πηγές ή χρησιμοποιούν πηγές ενέργειας που παράγονται αλλού (βιομάζα, αιθανόλη, βιοντίζελ) για την κάλυψη των αναγκών του κτηρίου.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, θα μπορούσαμε να πούμε πως υπάρχουν αυτή την στιγμή πολλά είδη ZEB με παρεμφερείς ονομασίες που όμως στην ουσία διαφέρουν στον τρόπο υπολογισμού του όρου «μηδενικής ενέργειας». Ακολουθεί μια σύντομη ιστορική αναδρομή στην έννοια ZEB και αναφέρονται οι βασικές περιπτώσεις ZEB που έχουν περιγραφεί πρόσφατα στην διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία.

2.1.1. Η ΠΡΩΤΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΟΡΟΥ “ΚΤΗΡΙΟ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ” (ZEB)

Είναι δύσκολο να βρούμε ένα κτήριο το οποίο να μπορεί να ονομαστεί το πρώτο ZEB. Ίσως ένας λόγος γι' αυτό να είναι το γεγονός ότι το ZEB δεν είναι ένα καινούργιο είδος κτηρίου αλλά απλά μια σύγχρονη ονομασία για κτήρια που υπήρχαν από την εποχή που η θέρμανση με την σημερινή μορφή και ο ηλεκτρισμός δεν υπήρχαν και οι ανάγκες καλύπτονταν με ξύλα για θέρμανση και κεριά για φωτισμό ενώ για δουλειές του σπιτιού χρησιμοποιούνταν ζώα.

Παρ' όλα αυτά, στο τέλος της δεκαετίας του εβδομήντα και στις αρχές του ογδόντα εμφανίστηκαν κάποια άρθρα όπου χρησιμοποιούνταν φράσεις όπως «σπίτια μηδενικής ενέργειας», « ενεργειακά ουδέτερα αυτόνομα σπίτια» ή « ένα ενεργειακά ανεξάρτητο σπίτι». Ήταν η εποχή που οι συνέπειες της πετρελαϊκής κρίσης έγιναν αντιληπτές και το ζήτημα των πηγών ορυκτών καυσίμων και της χρήσης ενέργειας άρχισε να συζητείται. Όμως αυτά τα άρθρα επικέντρωναν σε ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες και σε λύσεις παθητικών συστημάτων εγκατεστημένων στο κτήριο. Ακόμα, κι επιπλέον από τα παραπάνω, μόνο οι ενεργειακές απαιτήσεις για την θέρμανση των χώρων, τα ζεστά νερά χρήσης και την ψύξη των κτηρίων υπολογίζονταν για το «μηδενικό». Επομένως, δεν ήταν στα αλήθεια κτήρια μηδενικής ενέργειας.

Στο πέρασμα των δεκαετιών, σε πολλά άρθρα και ερευνητικά προγράμματα, πολλά ZEB είχαν περιγραφεί και αξιολογηθεί, αλλά σχεδόν σε κάθε ξεχωριστή περίπτωση ZEB από αυτές, το τί θεωρούνταν ZEB περιγραφόταν διαφορετικά ή και σε κάποιες περιπτώσεις δεν περιγραφόταν με ακρίβεια. Τελευταία, η απουσία ενός κοινού ορισμού που θα είναι κατανοητός και συγκεκριμένος για το ZEB, έγινε ευρέως αντιληπτή και μια παγκόσμια συζήτηση έχει ξεκινήσει. Υπάρχουν πολλές μελέτες διαθέσιμες στις οποίες οι συγγραφείς προτείνουν διαφορετικού ορισμούς για τα ZEB που βασίζονται:

- στο πώς επιτυγχάνεται ο στόχος του ZEB
- στο ποια είναι η αλληλεπίδραση του κτηρίου και του δικτύου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας
- στις μη ισάξιες ενεργειακά ποιότητες στο ενεργειακό ισοζύγιο (ηλεκτρισμός, θέρμανση)
- στο ερώτημα: ποια είναι τα όρια (οικονομικά, διαθέσιμες εκτάσεις, δυνατότητες παραγωγής ενέργειας από Α.Π.Ε.) του σχεδιασμού για την επίτευξη του στόχου του ZEB;

2.2. ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΘΕΜΑ ΤΟΥ ZEB ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Τα διάφορα άρθρα και οι επιστημονικές δημοσιεύσεις έχουν δείξει μια ποικιλομορφία σε σχέση με τους ορισμούς του ZEB. Γι' αυτό τον λόγο οι ορισμοί έχουν ομαδοποιηθεί με σκοπό να τονισθούν τα πιο σημαντικά επιχειρήματα για συζήτηση πριν καταλήξουμε σε ένα τελικό ορισμό του ZEB που θα είναι γενικά αποδεκτός.

Πρώτο θέμα που θα πρέπει να καθοριστεί είναι το τί θα πρέπει να είναι ίσο με το μηδέν στην περιγραφή ενός ZEB. Θα είναι η πρωτογενής ενέργεια ; θα είναι η τελική ενέργεια; οι εκπομπές CO₂; ή μήπως το κόστος της ενέργειας;

Στην έκθεση που γράφτηκε το 2006 από τους Torcellini, et al. οι συγγραφείς χρησιμοποιούν έναν γενικό ορισμό του ZEB: «ένα συνολικά μηδενικής ενέργειας κτήριο (ZEB) είναι ένα εμπορικό κτήριο ή ένα κτήριο κατοικίας με πολύ μειωμένες ανάγκες σε ενέργεια μέσω μεθόδων υψηλής ενεργειακής απόδοσης τόσο ώστε η ισορροπία των ενεργειακών αναγκών να μπορεί να επιτυγχάνεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» Παρ' όλα αυτά επισημαίνουν επίσης την μη συγκεκριμένη έννοια του όρου «zero» λέγοντας πως «παρά το γεγονός του ενθουσιασμού που προκαλεί μια φράση όπως «μηδενικής ενέργειας» λείπει μια κοινή σημασία ή ακόμα και μια κοινή κατανόηση του τί σημαίνει».

Προχωρώντας περισσότερο, οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι ο ορισμός του ZEB μπορεί να σχηματιστεί με διάφορους τρόπους ανάλογα τον σκοπό που εξυπηρετεί ο σχεδιασμός, αν π.χ. έχει σκοπό το συμφέρον του επενδυτή ή να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής ή ακόμα αν σκοπός είναι να ελαττωθεί το κόστος της ενέργειας ανεξάρτητα από την περιβαλλοντική παράμετρο.

Πιο κάτω αναφέρονται οι σημαντικότεροι ορισμοί του ZEB έτσι όπως τους περιγράφει το άρθρο των P. Torcellini, S. Pless, και M. Deru, «Zero Energy Buildings: A Critical Look at the definition» Ιούνιος 2006.

1) NET ZERO SITE ENERGY

Το κτήριο παράγει τουλάχιστον όση ενέργεια καταναλώνει από Α.Π.Ε. όταν μετράμε την ενέργεια αυτή στην περιοχή του κτηρίου (χωρίς δηλαδή να λαμβάνονται υπ' όψη οι απώλειες κατά την μεταφορά ή την μετατροπή μορφής ενέργειας)

2) NET ZERO SOURCE ENERGY

Το κτήριο παράγει τουλάχιστον όση ενέργεια καταναλώνει από Α.Π.Ε. συνυπολογίζοντας τις απώλειες κατά την μετατροπή της πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική όπως επίσης και τις απώλειες κατά τη μεταφορά. Για να υπολογίσουμε την πρωτογενή ενέργεια ενός κτηρίου, η εισερχόμενη και η εξερχόμενη ενέργεια, πολλαπλασιάζεται με τους κατάλληλους συντελεστές μετατροπής.

3) NET ENERGY COSTS

Σε ένα τέτοιο κτήριο η παραγωγή ενέργειας μετριέται με μέγεθος τα χρήματα. Ο ιδιοκτήτης πουλάει στο δίκτυο και το δίκτυο αγοράζει από τον ιδιοκτήτη ενέργεια που παράγεται από Α.Π.Ε. Για να θεωρηθεί ZEB θα πρέπει το χρηματικό ποσό που λαμβάνει ο ιδιοκτήτης πουλώντας ενέργεια να είναι τουλάχιστον ίσον με αυτό που δίνει για να αγοράσει ενέργεια από το κεντρικό δίκτυο.

4) NET ZERO ENERGY EMISSIONS

Ένα τέτοιο κτήριο παράγει τουλάχιστον τόση «καθαρή ενέργεια» (ενέργεια από Α.Π.Ε.) όση ενέργεια καταναλώνει από πηγές που παράγουν ρύπους. Έτσι, δεν επιβαρύνει η λειτουργία του το περιβάλλον με ρύπους.

2.3. ΟΔΗΓΙΑ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ZEB

Πλέον, η έννοια του Κτηρίου Μηδενικής Ενέργειας (ZEB) έχει πάψει να είναι μια θεωρητική ιδέα κάποιων πρωτοπόρων «ρομαντικών» ή «οραματιστών» και έχει γίνει στόχος των κυβερνήσεων. Καθώς η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγάλη, η Ευρωπαϊκή Ένωση κινείται νομοθετικά προς τη θέσπιση νόμων που θα ενθαρρύνουν την εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και την παραγωγή αυτής με τρόπο που δεν θα είναι επιβλαβής για το περιβάλλον. Για αυτό τον σκοπό έχουν συνταχθεί συγκεκριμένες Ευρωπαϊκές Οδηγίες.

Τον Μάιο του 2010 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε την ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΕ η οποία ήταν αναδιατύπωση προηγούμενης οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Συγκεκριμένα στο άρθρο 9 διατυπώνονται οι υποχρεώσεις των Κρατών Μελών για νομοθετικές ρυθμίσεις σε σχέση με κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Συγκεκριμένα η οδηγία στο άρθρο 9 αναφέρει τα εξής:

ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ

της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

Άρθρο 9

Κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε:

α) έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτήρια να αποτελούν κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και

β) μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτήρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν εθνικά σχέδια αύξησης του αριθμού των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Αυτά τα εθνικά σχέδια είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν στόχους διαφοροποιημένους ανάλογα με την κατηγορία του κτηρίου.

2. Τα κράτη μέλη, ακολουθώντας το παράδειγμα του δημόσιου τομέα, αναπτύσσουν επίσης πολιτικές και λαμβάνουν μέτρα, θέτοντας π.χ. στόχους για την ενθάρρυνση της μετατροπής κτηρίων σε κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, και ενημερώνουν σχετικά την Επιτροπή με τα εθνικά τους σχέδια που αναφέρονται στην παράγραφο 1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

3. Τα εθνικά σχέδια περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τα εξής στοιχεία:

α) λεπτομέρειες όσον αφορά την πρακτική εφαρμογή του ορισμού των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας από τα κράτη μέλη, που απηχεί τις εθνικές, περιφερειακές ή τοπικές συνθήκες, περιλαμβανομένου αριθμητικού δείκτη της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας σε kWh/m² κατ' έτος. Οι παράγοντες πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας είναι δυνατόν να βασίζονται σε εθνικές ή περιφερειακές ετήσιες μέσες τιμές και να λαμβάνουν υπόψη τα σχετικά ευρωπαϊκά πρότυπα:

β) τους ενδιάμεσους στόχους για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των νέων κτηρίων έως το 2015, στο πλαίσιο της προετοιμασίας της εφαρμογής της παραγράφου 1

γ) πληροφορίες σχετικά με τις πολιτικές και τα οικονομικά ή άλλα μέτρα που έχουν ληφθεί στο πλαίσιο των παραγράφων 1 και 2 για την προώθηση των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, περιλαμβανομένων λεπτομερειών όσον αφορά τις εθνικές απαιτήσεις και μέτρα για τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στα νέα κτήρια και τα υφιστάμενα κτήρια που υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας στο πλαίσιο του άρθρου 13 παράγραφος 4, της οδηγίας 2009/28/EK και των άρθρων 6 και 7 της παρούσας οδηγίας.

4. Η Επιτροπή αξιολογεί τα εθνικά σχέδια που αναφέρονται στην παράγραφο 1, ιδίως δε την επάρκεια των μέτρων που εξετάζουν τα κράτη μέλη σε σχέση με τους στόχους της παρούσας οδηγίας. Η Επιτροπή, λαμβάνοντας δεόντως υπόψη την αρχή της επικουρικότητας, μπορεί να ζητεί περαιτέρω ειδικές πληροφορίες όσον αφορά τις απαιτήσεις που τίθενται στις παραγράφους 1, 2 και 3. Στην περίπτωση αυτή το οικείο κράτος μέλος υποβάλλει τις ζητούμενες πληροφορίες ή προτείνει τροποποιήσεις εντός εννέα μηνών από την υποβολή του αιτήματος της Επιτροπής. Μετά την αξιολόγηση αυτή η Επιτροπή μπορεί να εκδώσει σχετική σύσταση.

5. Η Επιτροπή, έως τις 31 Δεκεμβρίου 2012 και εν συνεχεία ανά τριετία, δημοσιεύει έκθεση σχετικά με την πρόοδο που σημειώνουν τα κράτη μέλη στην αύξηση του αριθμού των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Με βάση την εν λόγω έκθεση, η Επιτροπή καταρτίζει σχέδιο δράσης και εάν απαιτείται προτείνει μέτρα για την αύξηση του αριθμού των κτηρίων αυτών, ενθαρρύνει δε τις βέλτιστες πρακτικές όσον αφορά την αποδοτική σε σχέση με το κόστος μετατροπή υφιστάμενων κτιρίων σε κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

6. Τα κράτη μέλη μπορούν να αποφασίσουν να μην εφαρμόσουν τις απαιτήσεις της παραγράφου 1 στοιχεία α) και β) σε ειδικές και δικαιολογημένες περιπτώσεις κατά τις οποίες η ανάλυση της σχέσης κόστους-οφέλους για τον οικονομικό κύκλο ζωής του συγκεκριμένου κτηρίου έχει αρνητικό αποτέλεσμα. Τα κράτη μέλη ενημερώνουν την Επιτροπή σχετικά με τις αρχές των σχετικών νομοθετικών καθεστώτων.

2.4 ΚΙΝΗΤΡΑ-ΑΝΤΙΚΙΝΗΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μπορεί η ιδέα ενός κτηρίου που θα είναι φιλικό το περιβάλλον και δεν θα επιβαρύνει τον χρήστη του με έξοδα για τις ενεργειακές του ανάγκες να μοιάζει ιδανική αλλά χρήσιμο είναι να εξεταστούν πιο διεξοδικά τα υπέρ και τα κατά που επηρεάζουν την απόφαση για τον σχεδιασμό ή την μετατροπή ενός κτηρίου ώστε να είναι ZEB. Γι' αυτό τον λόγο παρουσιάζονται τα κίνητρα και τα αντικίνητρα για μια τέτοια απόφαση

ΚΙΝΗΤΡΑ

- ανεξαρτησία από μελλοντικές αυξήσεις στις τιμές ενέργειας (κυρίως σε μη συνδεδεμένα ZEB)

Ένα ZEB δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις στην τιμή της ενέργειας όταν δεν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο ή στην περίπτωση που είναι συνδεδεμένο και γίνεται συμψηφισμός (εφόσον καλύπτει την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνει, μια ενδεχόμενη αύξηση της τιμής της ενέργειας δεν μπορεί να είναι επιβαρυντική).

- μειωμένη ανάγκη για ενεργειακή λιτότητα (κυρίως σε μη συνδεδεμένα ZEB)

Καθώς δεν επιβαρύνεται το δίκτυο σε περιπτώσεις μεγάλης ζήτησης φορτίου, δεν παρουσιάζεται ανάγκη για λιτότητα στη χρήση της ενέργειας όπως για παράδειγμα γίνεται τις ώρες αιχμής το καλοκαίρι.

- μειωμένο τελικό κόστος χρήσης

Καθώς δεν υπάρχουν λογαριασμοί για ενέργεια, το κόστος χρήσης του κτηρίου είναι ελάχιστο και περιορίζεται στην συντήρηση των συστημάτων Α.Π.Ε. που είναι αμελητέου κόστους σε σύγκριση με το κόστος χρήσης ενός σπιτιού που αγοράζει συμβατική ενέργεια.

- αυξημένη αξιοπιστία

Επειδή τα φωτοβολταϊκά είναι αξιόπιστα στην λειτουργία τους (τα φωτοβολταϊκά έχουν 25 χρόνια εγγύηση) αλλά και επειδή γενικότερα μια εγκατάσταση ΑΠΕ δεν επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες (όπως για παράδειγμα ένα κομμένο καλώδιο στο κεντρικό δίκτυο ή μια πολιτική κρίση που θα οδηγούσε σε ανεπάρκεια στην τροφοδοσία συμβατικών καυσίμων), ένα κτήριο που βασίζεται στην παραγωγή της ενέργειας επί τόπου, έχει αυξημένη αξιοπιστία στην χρήση ενέργειας.

- το κόστος για τα νέα κτήρια μειώνεται καθώς σχεδιάζονται κατάλληλα εξ αρχής

Το πρόβλημα των ZEB είναι το μεγάλο κόστος για την επίτευξή τους. Ένα κτήριο όμως που κατασκευάζεται εξ αρχής ως ZEB έχει μειωμένο κόστους καθώς ο σχεδιασμός μπορεί να συμπεριλάβει συστήματα παραγωγής ενέργειας που θα έχουν και δομικό ρόλο στο κτήριο ενώ συγχρόνως ένα τέτοιο κτήριο σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει αισθητά μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις.

- υψηλότερη μεταπωλητική αξία καθώς το κτήριο είναι οικονομικότερο στη χρήση

Μπορεί ένα κτήριο μηδενικής ενέργειας να έχει κόστος για να κατασκευαστεί αλλά έχει πολύ μικρό κόστος χρήσης. Επομένως έχει μεγαλύτερη αξία σε περίπτωση μεταπώλησης.

- αύξηση της αξίας του κτηρίου όσο αυξάνεται η αξία της ενέργειας

Όσο αυξάνεται η τιμή της ενέργειας τόσο σημαντικότερο είναι ένα κτήριο να μην καταναλώνει μεγάλα ποσά. Επομένως σε μια τέτοια περίπτωση, ένα ZEB αποκτά αξία στην αγορά.

- μελλοντικοί νόμοι για την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές ρύπων θα απαιτούν από συμβατικά σπίτια να γίνουν ZEB ή να πληρώνουν πρόστιμο.

Ένα ZEB τηρεί από τώρα τις ενδεχόμενες μελλοντικές νομοθετικές διατάξεις που θα προβλέπουν πρόστιμα για τα κτήρια που καταναλώνουν ενέργεια από συμβατικά καύσιμα ή που θα επιβάλλουν την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης. Επομένως, αποφεύγεται μια μελλοντική υποχρεωτική μετατροπή που για ένα μη σχεδιασμένο κατάλληλα κτήριο θα είναι μεγάλου κόστους.

- κοινωνικά ευαίσθητα κτήρια/εταιρική εικόνα

Τα κτήρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας έχουν διπλό λόγο ύπαρξης. Ο ένας είναι οικονομικός και ο άλλος οικολογικός. Το περιβαλλοντικό όφελος είναι τεράστιο γιατί αποφεύγεται η έκλυση στο περιβάλλον τεράστιας ποσότητας ρύπων. Για ιδιοκτήτες με κοινωνική ευαισθησία αυτό μπορεί από μόνο του να αποτελεί κίνητρο. Επίσης, για κτήρια εταιρειών, αποτελεί διαφήμιση για την κοινωνική ευαισθησία της εταιρείας που είναι μεγάλης σημασίας για λόγους «μάρκετινγκ» .

ΑΝΤΙΚΙΝΗΤΡΑ

- μεγάλο αρχικό κόστος (χρειάζεται προσπάθεια για να σχεδιασθεί να κατασκευασθεί και να πετύχει στην πράξη ένα ZEB)

Το κόστος για να γίνει ένα υφιστάμενο κτήριο, μηδενικής κατανάλωσης, είναι πολύ μεγάλο και απαιτεί την ύπαρξη κεφαλαίου που εν μέσω οικονομικής κρίσης δεν είναι εύκολο να βρεθεί από δάνεια. Επίσης, η επίτευξη του στόχου του ZEB είναι δύσκολη και αν δεν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες μπορεί να είναι και αδύνατη (σε περιοχές με χαμηλή ηλιοφάνεια, μικρό αιολικό δυναμικό, εντός αστικού ιστού που είναι δύσκολη η τοποθέτηση ανεμογεννητριών κ.α.).

- λίγοι σχεδιαστές ή κατασκευαστές έχουν την τεχνογνωσία για να κτίσουν ένα ZEB

Το κτήριο μηδενικής ενέργειας είναι μια σχετικά καινούργια έννοια. Λίγοι έχουν ασχοληθεί στην πράξη και έχουν κατασκευάσει τέτοια κτήρια. Επομένως, δεν είναι απλό να σχεδιασθεί από μηχανικούς χωρίς πείρα στον τομέα αυτό.

- πιθανή πτώση στις τιμές κόστους της ενέργειας

Αν με την πρόοδο της τεχνολογίας ή για κάποιο άλλο λόγο γίνει δυνατή η παραγωγή φθηνής ενέργειας από το δίκτυο, τα οφέλη από την παραγωγή ενέργειας τοπικά στο κτήριο θα ελαχιστοποιηθούν. Επίσης αν στον οικονομικό σχεδιασμό έχει υπολογισθεί η πώληση ενέργειας που περισσεύει στο δίκτυο, τα έσοδα λιγοστεύουν με την πτώση της τιμής της κιλοβατώρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

- οι τιμές των νέων τεχνολογιών φωτοβολταϊκών πέφτουν γρήγορα.

Αυτό θα έχει αποτέλεσμα στο μέλλον να απαιτείται μικρότερο κεφάλαιο κι επομένως τα τωρινά ZEB να είναι ξεπερασμένα. Ίσως επομένως, να είναι προτιμότερο να περιμένει ο επενδυτής-ιδιοκτήτης του κτηρίου να φθάσουν οι τιμές για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε πιο συμφέρον επίπεδο.

- δυσκολία στο να επιτευχθεί μεγάλη αξία μεταπώλησης καθώς οι πωλητές (μεσίτες) στερούνται ενημέρωσης για την αξία του να είναι ένα κτήριο ZEB

Μπορεί ένα κτήριο μηδενικής ενέργειας να έχει μεγαλύτερη αξία αλλά αυτό δεν είναι γνωστό (ή ακόμα δεν έχει γίνει αντιληπτό το μέγεθος της εξοικονόμησης) στο ευρύ κοινό και στους ανθρώπους που ειδικεύονται στην πώληση. Αυτό το γεγονός βέβαια αναμένεται να αλλάξει σύντομα με την ευρύτερη διείσδυση των ZEB και με την έκδοση ενεργειακών πιστοποιητικών για τα κτήρια.

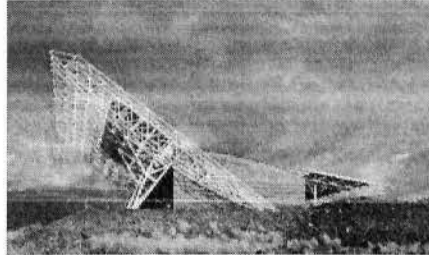
- η βιοκλιματική σχεδίαση μπορεί να δυσκολέψει την μελλοντική ικανότητα του κτηρίου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις λόγω των πιθανών αλλαγών στο κλίμα (φαινόμενο θερμοκηπίου).

Ο σχεδιασμός ενός τέτοιου κτηρίου βασίζεται σε κλιματολογικά δεδομένα που λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής δεν είναι σίγουρο πως θα μείνουν σταθερά στο χρόνο.

2.5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΤΗΡΙΩΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ακολουθούν συνοπτικά κάποια παραδείγματα κτηρίων μηδενικής ενέργειας που λειτουργούν ήδη ως ZEB

Hawaii Gateway Energy Center



εικόνα 2.1

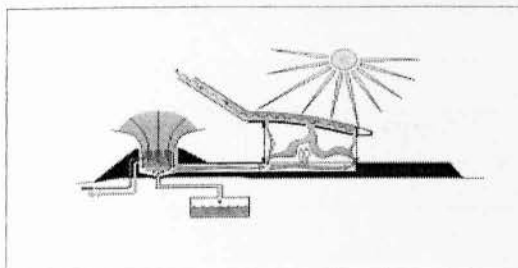
Το Hawaii Gateway Energy Center είναι ένα κτήριο μηδενικής ενέργειας. Χρησιμοποιείται από το Εργαστήριο Φυσικής Ενέργειας της Χαβάης και έχει χώρους γραφείων όπου γίνεται έρευνα πάνω στην εξέλιξη των κτηρίων σε θέματα ενέργειας. Συγχρόνως είναι ένα τεχνολογικό πάρκο που δέχεται επισκέπτες και λειτουργεί ως συνεδριακό κέντρο. Για να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες χρησιμοποιεί ηλεκτρισμό από φωτοβολταϊκά πάνελ συνολικής ισχύος 20 kW που ετησίως υπολογίζεται πως αποδίδουν περίπου 24.500 kWh. Επίσης, ο σχεδιασμός του κτηρίου είναι τέτοιος ώστε να έχει φυσικό φωτισμό και να λειτουργεί ως παθητική καμινάδα με σκοπό την ροή του αέρα για την θέρμανση και τον αερισμό. Για την ψύξη χρησιμοποιείται αντλία που μεταφέρει κρύο θαλασσινό νερό το οποίο ψύχει τους χώρους.

Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω εφαρμογών είναι το κτήριο να καλύπτει τις ανάγκες του σε ενέργεια και να διοχετεύει την περίσσεια ενέργειας στο δίκτυο.

Πίνακας 2.Π χαρακτηριστικά κτηρίου Hawaii Gateway Energy Center

Τοποθεσία	Χαβάη
Τύπος κτηρίου	γραφεία, αίθουσες συνάθροισης και εκθέσεων-παρουσιάσεων.
Εμβαδόν	332 m ²
Κατασκευή	Καινούργιο κτήριο.
Τρόπος επίτευξης ZEB	φωτοβολταϊκά 20 kW, παθητική καμινάδα για ροή αέρα, σύστημα ψύξης με θαλασσινό νερό
Ενεργειακό αποτέλεσμα	Κτήριο μηδενικής ενέργειας, πουλά περίσσεια ενέργειας.

παθητική καμινάδα



εικόνα 2.2

Net zero house-Charlotte, VT



εικόνα 2.3

Το συγκεκριμένο κτήριο είναι μια κατοικία που εξυπηρετεί τα 4 μέλη μιας οικογένειας στο Charlotte του Vermont των Ηνωμένων Πολιτειών. Είναι ένα κτήριο μηδενικής ενέργειας που επιτυγχάνει τον στόχο αυτό μέσω παθητικών ηλιακών συστημάτων, σωστού προσανατολισμού για τον φωτισμό, ειδικές μονώσεις στο κτήριο και παράγοντας ενέργεια μέσω μιας διασυνδεδεμένης με το δίκτυο ανεμογεννήτριας ισχύος 5kW εγκατεστημένης στο οικόπεδο. Συνολικά παράγει περίπου 6.500 kWh ετησίως ενώ οι ανάγκες του κτηρίου είναι περίπου 6.000 kWh. Έτσι, καταφέρνει να είναι ένα κτήριο μηδενικής ενέργειας, συνδεδεμένο στο δίκτυο.

Πίνακας 2.ΠΙ χαρακτηριστικά κτηρίου Net zero house-Charlotte, VT

Τοποθεσία	Charlotte, Vermont, Ηνωμένες Πολιτείες
Τύπος κτηρίου	οικογενειακή κατοικία
Εμβαδόν	276 m ²
Κατασκευή	Καινούργιο κτήριο.
Τρόπος επίτευξης ZEB	παθητικά ηλιακά συστήματα, αντλία θερμότητας (γεωθερμία), υψηλής απόδοσης κτηριακό αποτύπωμα, ανεμογεννήτρια 5 kW συνδεδεμένη στο δίκτυο.
Ενεργειακό αποτέλεσμα	το κτήριο καλύπτει τις ανάγκες του σε ενέργεια.

Πίνακας 2.IV Δεδομένα παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας

Ετήσια επί τόπου παραγωγή ενέργειας	
Πηγή ενέργειας	Παραγόμενη ενέργεια
Αιολική ενέργεια	6,520 kWh
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας	
χρήση	κατανάλωση
θέρμανση	1,870 kWh
Φωτισμός	1,260 kWh
ηλεκτρικές συσκευές	2,100 kWh
Ζεστά νερά χρήσης	862 kWh
Σύνολο	6.092kWh

Oberlin College Lewis Center



εικόνα 2.4

Το συγκεκριμένο κτήριο είναι του κολεγίου Oberlin του Ohio. Αρχικά είχε τοποθετηθεί στην οροφή του ένα σύστημα φωτοβολταϊκών πάνελ συνολικής ισχύος 60 kW. Το 2006 προστέθηκαν 100 kW πάλι από φωτοβολταϊκά, στο στέγαστρο του χώρου στάθμευσης. Με αυτή την προσθήκη έχει επιτευχθεί ο στόχος το κτήριο να παράγει στην περιοχή περίπου 110 % της ενέργειας που καταναλώνει και επομένως το κτήριο είναι μηδενικής ενέργειας και επιπλέον έχει περίσσεια προς πώληση. Καλύπτει τις προϋποθέσεις των ορισμών «site ZEB», «source ZEB» και «emissions ZEB».

Το κτήριο έχει συνολικό εμβαδόν 1260 m² και εξυπηρετεί τις ανάγκες λειτουργίας του κολεγίου. Για την εξοικονόμηση ενέργειας το κτήριο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να εκμεταλλεύεται τον φυσικό φωτισμό. Υπάρχουν φωτοηλεκτρικά συστήματα για την διαχείριση του φωτισμού, αυτοματισμοί για τον εξαερισμό και για την σκίαση των χώρων, όπως επίσης και ενεργειακά αποδοτικοί λαμπτήρες. Επιπλέον, χρησιμοποιείται γεωθερμική αντλία θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών σε ψύξη και θέρμανση.

Πίνακας 2.V χαρακτηριστικά κτηρίου Oberlin College Lewis Center

Τοποθεσία	Oberlin, Ohio, Ηνωμένες Πολιτείες
Τύπος κτηρίου	Κολέγιο
Εμβαδόν	1260 m ²
Κατασκευή	Καινούργιο κτήριο.
Τρόπος επίτευξης ZEB	παθητικά ηλιακά συστήματα, αντλία θερμότητας (γεωθερμία), φωτοβολταϊκά 60 kW στην οροφή, 100 kW στο στέγαστρο του χώρου στάθμευσης. Συστήματα αυτοματισμών για φωτισμό και σκίαση.
Ενεργειακό αποτέλεσμα	το κτήριο καλύπτει τις ανάγκες του σε ενέργεια ώστε να είναι «site ZEB», «source ZEB», «emissions ZEB».

Πίνακας 2.VI. Δεδομένα παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας

Ετήσια επί τόπου παραγωγή ενέργειας	
Πηγή ενέργειας	Παραγόμενη ενέργεια
Φωτοβολταϊκά	145,000 kW
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας	
χρήση	κατανάλωση
Φωτισμός	13,700 kWh
ηλεκτρικές συσκευές	29,500 kWh
ψύξη-εξαερισμός-θέρμανση	85,100 kWh
Σύνολο	128,300kWh

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Anna Joanna Marszal and Per Heiselberg «Zero Energy Building (ZEB) definitions – A literature review»
- [2] P. Torcellini, S. Pless, and M. Deru, 2006 «Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition»
- [3] Patxi Hernandez, Paul Kenny, 2010 "From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)"
- [4] L. Zhu, R. Hurt, D. Correa, R. Boehm, 2009 «Comprehensive energy and economic analyses on a zero energy house versus a conventional house»
- [5] Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 18-6-2010
- [6] Ιστοσελίδα: zeb.buildinggreen.com

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν αναφερόμαστε στα κτήρια μηδενικής ενέργειας, αναφερόμαστε σε κτήρια που για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται με την εφαρμογή αποδοτικών ενεργειακά μεθόδων στο κτήριο και με την παραγωγή ενέργειας από ήπιες μορφές. Τί εννοούμε όμως με τον όρο Ήπιες Μορφές Ενέργειας;

Οι Ήπιες Μορφές Ενέργειας (Η.Μ.Ε.) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχεται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως είναι ο άνεμος, η κυκλοφορία του νερού και η γεωθερμία. Για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως είναι η εξόρυξη, η καύση και η άντληση, απαιτείται μόνο η ροή της ενέργειας στην φύση. Πρόκειται για "καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι συμβατικές πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούμε.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, αναφέρονται συνοπτικά οι Ήπιες Μορφές Ενέργειας που χρησιμοποιούνται στα κτήρια, ενώ λεπτομερής περιγραφή γίνεται στις Μικρές Ανεμογεννήτριες και τα Φωτοβολταϊκά τα οποία και θα χρησιμοποιηθούν στους θεωρητικούς υπολογισμούς σε επόμενο κεφάλαιο.

3.1.1. ΗΠΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Είναι σκόπιμο να αναφερθεί εδώ ποιες είναι οι συμβατικές μορφές ενέργειας και ποιες είναι οι ήπιες. Συνοπτικά έχουμε λοιπόν:

ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

A) ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΑΣ

Οι γαιάνθρακες ή ορυκτοί άνθρακες βρίσκονται στο υπέδαφος, όπου σχηματίστηκαν στη διάρκεια εκατομμυρίων ετών, από φυσικές ουσίες που νεκρώθηκαν και θάφτηκαν μετά από φυσικές καταστροφές όπως κατίζήσεις, σεισμοί, κ.λπ.

B) ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Το πετρέλαιο βρίσκεται σε κοιλάτητες του υπεδάφους σε υγρή μορφή και σχηματίστηκε στη διάρκεια χιλιάδων ετών από ζωικούς και φυτικούς μικροοργανισμούς, κυρίως θαλάσσιους, που καταπλακώθηκαν.

Γ) ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Το φυσικό αέριο είναι ένα αέριο ελαφρύτερο από τον αέρα και ανευρίσκεται σε υπόγειες κοιλάτητες όπου υπάρχει πετρέλαιο.

Δ) ΤΟ ΥΓΡΑΕΡΙΟ

Το υγραέριο παράγεται απ' την επεξεργασία του πετρελαίου ή του φυσικού αερίου. Είναι ορυκτό καύσιμο και αποθηκεύεται σε υγρή φάση μέσα σε κατάλληλα δοχεία.

ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

A) ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Είναι ανεξάντλητη και δεν επιβαρύνει το Περιβάλλον με ρύπους. Η αξιοποίηση της γίνεται με Ενεργειακά ή Παθητικά Ηλιακά Συστήματα.

Τα Ενεργειακά Ηλιακά Συστήματα, αποτελούνται από ηλιακούς συλλέκτες που παγιδεύουν την ηλιακή ακτινοβολία ή φωτοβολταϊκά συστήματα που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλαπλές χρήσεις.

Με τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα δε γίνεται χρήση κάποιας τεχνολογίας, απλά εκμετάλλευση της Ηλιακής Ενέργειας, χάρη στον ειδικό Σχεδιασμό του κτηρίου.

B) ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αιολική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια του ανέμου, που δημιουργείται με την μετακίνηση προς τα πάνω των αερίων μαζών που θερμαίνονται από τον ήλιο, ενώ τη θέση τους παίρνουν άλλες πιο ψυχρές αέριες μάζες. Υπάρχουν τόσο Ενεργητικά, όσο και Παθητικά Συστήματα που λειτουργούν με αιολική ενέργεια.

Στα Ενεργητικά Αιολικά Συστήματα η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται κυρίως με ανεμογεννήτριες που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα.

Λέγοντας Παθητικά Αιολικά Συστήματα εννοούμε τα συστήματα εκείνα μέσω των οποίων απορρίπτεται η εσωτερική θερμότητα στο εξωτερικό περιβάλλον και παρέχεται φυσικός δροσισμός. Τέτοια συστήματα είναι οι παραδοσιακοί ανεμόπυργοι και οι σύγχρονες αιολικές καμινάδες.

Γ) ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Παράγεται από την πτώση του νερού. Η αξιοποίηση γίνεται με υδροηλεκτρικά έργα. Τα μεγάλα υδροηλεκτρικά εργοστάσια απαιτούν ευρείας κλίμακας επεμβάσεις στο περιβάλλον και για τον λόγο αυτό δεν θεωρούνται ήπια μέσα παραγωγής.

Δ) ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Προέρχονται από τη βιομάζα και χρησιμοποιούνται από την αρχαιότητα, υπό μορφή ξύλου, μέχρι και τις μέρες μας για την θέρμανση των κατοικιών και το μαγείρεμα στα τζάκια και τις ξυλόσομπες. Υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από το ξύλο, είναι το άχυρο, τα υπολείμματα ξύλου (ροκανίδια, κλπ.), η αλκοόλη, τα οικιακά, γεωργικά (π.χ. Πυρήνας ελιάς ή άλλου καρπού) και βιομηχανικά απόβλητα, το χαρτί, κλπ.

Ε) ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Πρόκειται για τη θερμική ενέργεια που υπάρχει μέσα στη γη και που μπορεί να φτάνει και τους 350 βαθμούς. Με την κατάλληλη τεχνολογία, είναι δυνατό να θερμάνουμε ή να ψύξουμε τα κτήρια πολύ οικονομικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΣΤ) ΥΔΡΟΓΟΝΟ

Πρόκειται για πολύ ελαφρύ αέριο, που μπορεί να δώσει τριπλάσια ενέργεια από το πετρέλαιο ανά μονάδα βάρους.

Από αυτές τις ήπιες μορφές ενέργειας, αυτές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επίπεδο κατοικίας είναι οι εξής:

- Βιομάζα** για θέρμανση, μαγείρεμα και ζεστό νερό
- Γεωθερμία** για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό
- Φωτοβολταϊκό** συστήματα για παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού
- Ηλιακά συστήματα** για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό
- Μικρές ανεμογεννήτριες** για παραγωγή ηλεκτρισμού από τον άνεμο.
- Υδρογόνο** (παραγόμενο από την περίσσια ενέργειας με ηλεκτρόλυση) για την παραγωγή ηλεκτρισμού

3.2. ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

3.2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνεμος ή αλλιώς η αιολική ενέργεια, ήταν μια από τις πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο. Από την ναυσιπλοΐα και τα πανιά των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων πλοίων μέχρι την άντληση νερού από τους παραδοσιακούς ανεμόμυλους. Στην Ελλάδα τα ίχνη των ανεμόμυλων είναι διάσπαρτα στα Ελληνικά νησιά και χαρακτηριστικό κομμάτι πλέον του τοπίου. Η συγκεκριμένη χρήση της ισχύος του ανέμου ατόνησε με τη μαζική χρήση των συμβατικών καυσίμων και την χρήση του ηλεκτρισμού χωρίς να σημαίνει πως δεν υπάρχουν αρκετά υποσχόμενες εφαρμογές και στην σύγχρονη εποχή.

Πλέον η αιολική ισχύς χρησιμοποιείται κυρίως για την ηλεκτροπαραγωγή μέσω της μετατροπής της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική και έπειτα σε ηλεκτρική μέσω της ανεμογεννήτριας. Εκτός από τα μεγάλα αιολικά πάρκα που αποτελούνται από μεγάλες ανεμογεννήτριες (800kW-3MW) που τροφοδοτούν απευθείας το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, εγκαθίστανται και οι μικρές ανεμογεννήτριες για εφαρμογές μικρής κλίμακας, κυρίως για την ικανοποίηση των οικιακών καταναλώσεων.

Η χρήση μικρών ανεμογεννητριών (400 W μέχρι 10 kW) στην Ελλάδα συνιστάται εκτός αστικών περιοχών καθώς η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζεται από τα κτήρια του αστικού ιστού με αποτέλεσμα την χαμηλή απόδοση της ανεμογεννήτριας. Απαιτείται λοιπόν μια έκταση γύρω από την εγκατάσταση, χωρίς εμπόδια, ώστε να λειτουργήσει αποδοτικά.

Η εγκατεστημένη ισχύς της ανεμογεννήτριας εξαρτάται από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια που πρόκειται να καλυφθούν. Για τις διαστάσεις της ανεμογεννήτριας ισχύουν τα εξής:

-Η διάμετρος αυξάνεται ανάλογα με την ονομαστική ισχύ και κατά συνέπεια αυξάνεται και το ύψος του ιστού που θα τοποθετηθεί.

-Το ύψος του ιστού καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως εμπόδια περιβάλλοντος χώρου, το είδος της βάσης καθώς και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

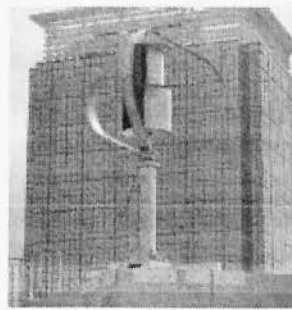
Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για Α/Γ εγκατεστημένης ισχύος 400-3000W η διάμετρος της φτερωτής είναι 1,5 έως 4,5 m. Η ύπαρξη ικανοποιητικού αιολικού δυναμικού αποτελεί το βασικότερο κριτήριο για την αποδοτικότητα μιας ανεμογεννήτριας.

Οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με την διεύθυνση του άξονά τους, τις κατακόρυφου και τις οριζοντίου άξονα.

ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα



ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα



εικόνα 3.1

Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιούνται, οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Αυτόνομες (μη συνδεδεμένες με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρισμού)

Απαραίτητη η αποθήκευση της ενέργειας σε μπαταρίες και εγκατάσταση μετατροπέα συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Ιδανικές για εξοχικές κατοικίες απομακρυσμένες από το δίκτυο διανομής ενέργειας.

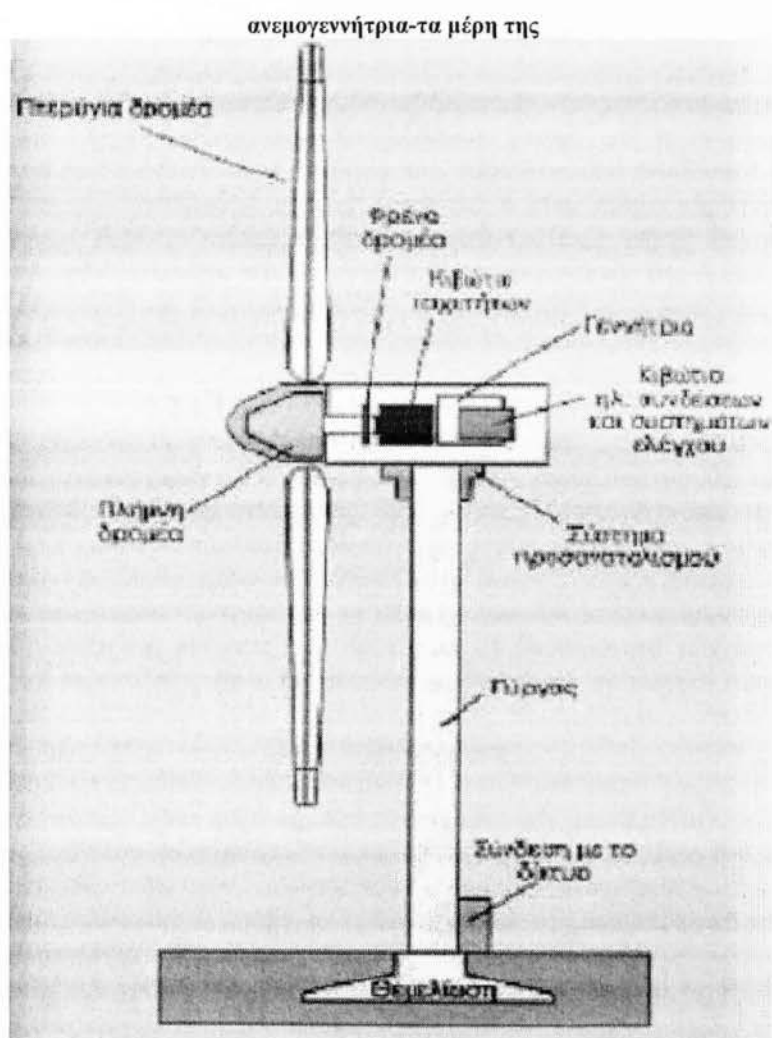
2. Συνδεδεμένες με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρισμού

Η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στο δίκτυο. Δεν χρειάζεται η αποθήκευση της ενέργειας σε μπαταρίες, απαιτείται όμως η εγκατάσταση αντιστροφέα για τη μετατροπή της παραγόμενης συνεχούς τάσης (12 ή 24 V) σε τάση δικτύου και τη λειτουργία των οικιακών συσκευών.

3.2.1.1.Μέρη μιας ανεμογεννήτριας

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα,
- τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα,
- το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανά του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.
- την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας. Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας,
- το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με την διεύθυνση του ανέμου,
- τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα,
- τον ηλεκτρικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.



3.2.1.2. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα μικρών ανεμογεννητριών

- + Έχουν αξιόπιστη λειτουργία και μεγάλη διάρκεια ζωής
- + Είναι φιλικές στο περιβάλλον και δεν ρυπαίνουν και βοηθούν στην μείωση των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου
- + Μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν σε απομονωμένες περιοχές και να λειτουργούν ως αποκεντρωμένες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής

- Σχετικά θορυβώδη λειτουργία
- Αμφιλεγόμενες απόψεις για την αισθητική τους όψη

3.2.1.3. Περιβαλλοντικό όφελος

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μικρές ανεμογεννήτριες, συνεισφέρει στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό επιτυγχάνεται αν λάβουμε υπόψη ότι η ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες αντικαθιστά την αντίστοιχη ενέργεια που παράγεται από συμβατικά καύσιμα (π.χ. μαζούτ) τα οποία κατά την καύση τους εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αερίων ρύπων υπεύθυνων για την κλιματική αλλαγή. Για ένα σύστημα 3kW το οποίο καλύπτει τις ανάγκες μιας μέσης οικογένειας στην Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψη την αποδοτικότητα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής της Α.Η.Κ (35%) καθώς και τις απώλειες στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής (13,6%), υπολογίζεται πως οι εκπομπές που εξοικονομούνται ετησίως είναι περίπου 4,5 τόνοι CO₂.

3.2.1.4.Κόστος αγοράς ανεμογεννητριών

Σήμερα το κόστος ανά εγκατεστημένο kW κυμαίνεται μεταξύ 2000€ και 4000€ και εξαρτάται από την τεχνολογία και το μέγεθος της ανεμογεννήτριας. Στο κόστος περιλαμβάνεται το κόστος αγοράς του συστήματος (Α/Γ, inverter και παρελκόμενα), τα κόστη μεταφοράς, τοποθέτησης και σύνδεσης με το δίκτυο.

Για την περίπτωση των αυτόνομων συστημάτων το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης αυξάνεται λόγω της ανάγκης για αποθήκευση της ενέργειας σε μπαταρίες. Η βιωσιμότητα των αυτόνομων συστημάτων επιτυγχάνεται κυρίως σε περιπτώσεις όπου το υποστατικό βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρισμού.

3.2.1.5. Συντήρηση

Όλοι οι τύποι ανεμογεννητριών είναι πολύ αξιόπιστοι, γι' αυτό δεν χρειάζονται συνήθως συντήρηση. Ένα συνήθης-όμως- έλεγχος του όλου συστήματος είναι καλός για τη καλή λειτουργία του, έτσι:

- Κατά την διάρκεια των τριών πρώτων μηνών, μετά την εγκατάσταση, και μετά από πολύ ισχυρούς ανέμους, πρέπει να ελέγχεται πάντα η ένταση των αντηρίδων.
- Δύο τουλάχιστον φορές τον χρόνο, έλεγχος και σφίξιμο στα παξιμάδια και τις βίδες που συγκρατούν τα πτερύγια, την ουρά και τους συνδέσμους του ιστού.
- Έλεγχος ότι όλες οι ηλεκτρικές συνδέσεις είναι καλά συνδεδεμένες και χωρίς σκουριά.
- Η συστοιχία των μπαταριών συντηρείται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή των μπαταριών.

3.2.1.6. Οικονομική βιωσιμότητα μικρών ανεμογεννητριών

Η οικονομική βιωσιμότητα των ανεμογεννητριών στηρίζεται στην ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία είτε πωλείται στο δίκτυο (ΔΕΗ), είτε χρησιμοποιείται για ίδια χρήση (αυτόνομα συστήματα).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργεια από μια ανεμογεννήτρια εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

1. Αιολικό δυναμικό-Ταχύτητα ανέμου στο ύψος της πτερωτής.
2. Επιφάνεια σάρωσης- Προκύπτει από τη διάμετρο του ρότορα. Μεγαλύτερη επιφάνεια συνεπάγεται και μεγαλύτερη ανακτώμενη ενέργεια.
3. Πυκνότητα αέρα-Εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ατμοσφαιρική πίεση. Χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή ατμοσφαιρική πίεση αυξάνουν την πυκνότητα του αέρα και κατ' επέκταση το αιολικό δυναμικό και την παραγωγή ενέργειας
4. Απόδοση ανεμογεννήτριας.
5. Συντήρηση ανεμογεννήτριας – Η ανεμογεννήτρια αποτελείται από κινούμενα μηχανικά μέρη και επομένως η σωστή συντήρηση και λίπανση της εξασφαλίζουν καλύτερη απόδοση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Το αιολικό δυναμικό, η επιφάνεια σάρωσης και η πυκνότητα του αέρα καθορίζουν την ισχύ του ανέμου.

Ο τύπος με τον οποίο την υπολογίζουμε είναι:

$$P(\text{Watt}) = 0.5 * \rho * A * V^3$$

όπου: ρ = πυκνότητα του αέρα. Ενδεικτικά, στο επίπεδο της θάλασσας είναι $1,23 \text{ kg/m}^3$. A = το εμβαδόν του κύκλου που δημιουργείται από την σάρωση των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας (Swept Area). Υπολογίζεται από το γινόμενο του τετραγώνου της ακτίνας(r) επί το π (3,14). $E = \pi * r^2 * V = H$ ταχύτητα του ανέμου σε m/s υψωμένη στην τρίτη δύναμη (στο κύβο).

Ο τύπος δίδει τη Θεωρητική ισχύ του ανέμου. Στη πράξη βεβαίως η ισχύς που λαμβάνεται είναι πολύ μικρότερη. Προκύπτει όμως ένας εύκολος τρόπος αξιολόγησης διαφορετικών ανεμογεννητριών από το εμβαδόν της επιφάνειας σάρωσης των πτερυγίων τους. Όσο πιο μικρό το εμβαδόν (μικρή διάμετρος πτερυγίων), τόσο λιγότερη ενέργεια μπορεί να εκμεταλλευτεί η ανεμογεννήτρια. Υπάρχουν στην αγορά μοντέλα που υποστηρίζουν ότι παράγουν, (με μικρή διάμετρο), 400 και παραπάνω Watt. Αυτό θα μπορούσε να συμβεί σε συνθήκες θύελλας, 10 μποφόρ και πάνω. Πολύ λίγες φορές όμως, κάθε χρόνο, έχουμε τέτοιες συνθήκες. Να γιατί πρέπει η ανεμογεννήτρια να μπορεί να αποδίδει αρκετό ρεύμα σε μικρές ταχύτητες ανέμου, που είναι πολύ πιο συχνές. Άρα πρέπει να έχει και μεγάλη διάμετρο πτερυγίων.

Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να ανακτηθεί από μία ανεμογεννήτρια είναι το 59,3% της ισχύος του ανέμου (Betz law). Παρόλα αυτά η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς εξαρτάται από άλλες σταθερές οι οποίες δίνουν μια ιδανική αποδοτικότητα 38% της ισχύς του ανέμου. Στην πραγματικότητα όμως η συνολική αποδοτικότητα κυμαίνεται από 25% μέχρι 30%.

Για μία μικρή ανεμογεννήτρια ισχύος 3kW (διάμετρος ρότορα περίπου 4,5m και ιστό στα 10m), σε παραλιακή περιοχή της Ελλάδας και μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου περίπου 6m/s, η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου 5.100kWh. Σε περιοχές με μέση ταχύτητα ανέμου 5m/s η παραγωγή ενέργειας μειώνεται κατά 40% περίπου.

3.2.1.7. Χρηματοδοτικό πλαίσιο

Επιδότησεις δεν υπάρχουν. Σύμφωνα με το νόμο 3851/2010 η τιμή πώλησης της ενέργειας προς το δίκτυο είναι 0,25€/kWh εφόσον η συνολική ισχύς της εγκατάστασης δεν υπερβαίνει τα 50 kW.

3.2.2.ΟΔΗΓΟΣ ΑΓΟΡΑΣ

Οι μικρές ανεμογεννήτριες, αντίθετα από αυτές που εγκαθίστανται για μεγάλες κλίμακας έργα, είναι καθαροί παραγωγοί ενέργειας και δεν απορροφούν καθόλου ενέργεια από το δίκτυο. Κατατάσσονται σε δύο τύπους μηχανών:

1. σε αυτές που παράγουν συνεχές ρεύμα (DC) και
2. σε αυτές που παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα (AC)

Οι μηχανές που παράγουν AC είναι ιδανικές για να συνδέονται κατευθείαν στο δίκτυο και να πωλούν απευθείας την παραγόμενη τους ενέργεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Οι μηχανές της πρώτης κατηγορίας, αυτές που παράγουν συνεχές ρεύμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλές εφαρμογές. Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτές που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για φόρτιση μπαταριών (α) και σε αυτές που χρησιμοποιούνται για γενικής χρήσης παραγωγής ρεύματος (β). Και οι δύο κατηγορίες χρειάζονται συνοδευτικά ηλεκτρονικά συστήματα, όπως φορτιστές (chargers) ή/και μετατροπείς τάσης (inverters), αναλόγως την εφαρμογή.

Το πιο σημαντικό πάντως για την σύνδεση της ανεμογεννήτριας με το δίκτυο είναι η προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης, οπότε τα ηλεκτρονικά ισχύος που συνήθως είναι ενσωματωμένα στον inverter, πρέπει να συμφωνούν με το πρότυπο DIN VDE 0126.

3.2.2.1. ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΜΠΕΙ ΜΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

3.2.2.1.1. Περιοχές εγκατάστασης

Εκτός και εντός σχεδίου αρκεί η ισχύς τους να είναι μικρότερη από 20 kW (ισχύς που παραπέμπει άλλωστε σε αρκετά μεγάλες ανεμογεννήτριες).

Δεν επιτρέπεται η εγκατάστασή τους σε παραδοσιακούς οικισμούς, ιστορικά τμήματα πόλεων, διατηρητέα κτήρια καθώς και σε κάποιες περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές (περιοχές RAMSAR).

3.2.2.1.2. Σε ποιες περιοχές συμφέρει

Δεν είναι απλό να πει κάποιος πού συμφέρει να μπει μια ανεμογεννήτρια. Ειδικά στις περιπτώσεις που έχουμε να κάνουμε με αυτόνομη κατοικία, πρέπει να εξεταστεί και το κόστος των εναλλακτικών λύσεων. Πάντως εμπειρικά θεωρείται πως για να είναι συμφέρουσα μια εγκατάσταση ανεμογεννήτριας πρέπει η μέση ταχύτητα του ανέμου να ξεπερνά τα 5 m/s.

Υπάρχουν αναλυτικοί χάρτες με τις ταχύτητες ανά περιοχή που όμως δεν λαμβάνουν υπόψη τα τοπικά φαινόμενα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια πρώτη εκτίμηση πριν γίνει η απαραίτητη μελέτη που θα εξετάζει όλες τις παραμέτρους.

3.2.2.1.3. Χώροι και ύψος εγκατάστασης

Οι κλασικές ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα πρέπει να τοποθετούνται σε «καθαρά» ρεύματα αέρα χωρίς αναταράξεις (τύρβη). Για το λόγο αυτό τοποθετούνται συνήθως σε ύψη από 7 έως 15 μέτρα.

Οι ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα από την τύρβη γι' αυτό και τοποθετούνται χαμηλότερα.

Αυτό που κυρίως πρέπει να αποφευχθεί είναι η εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας σε μέρος που εμποδίζεται από φυσικά ή τεχνητά εμπόδια όπως π.χ. μεγάλα δέντρα, κτήρια, ύψωμα κ.α.

Σε γενικές γραμμές δεν προτείνεται η εγκατάσταση μικρών ανεμογεννητριών σε κτήρια καθώς το ίδιο το κτήριο δημιουργεί τύρβη και εμποδίζει την αποδοτική λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Αυτό δεν ισχύει βέβαια για τις ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα που δεν επηρεάζονται ουσιαστικά-όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω - από την τύρβη.

3.2.2.1.4. Στήριξη

Η στήριξη μιας ανεμογεννήτριας γίνεται είτε με σωληνωτό ιστό που στερεώνεται στο έδαφος με αντηρίδες (συρματόσχοινα), είτε με ανεξάρτητο πυλώνα που στερεώνεται σε κατάλληλα κατάλληλο θεμέλιο.

3.2.2.2. Πώς λειτουργεί μια διασυνδεδεμένη ανεμογεννήτρια

Μια διασυνδεδεμένη ανεμογεννήτρια είναι ιδιαίτερα πιο απλή και πιο φθηνή από ένα αυτόνομο σύστημα καθώς δεν απαιτείται χρήση μπαταριών.



εικόνα 3.3

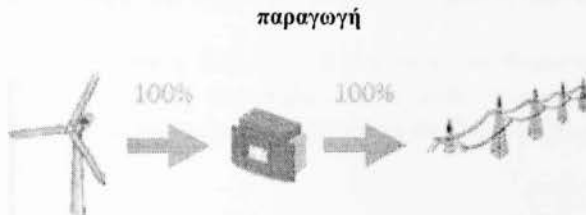
Η ενέργεια που παράγει η ανεμογεννήτρια διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ μέσω ενός ειδικού μετατροπέα. Η σύνδεση αυτή, περιλαμβάνει επιπλέον και ένα ειδικό μετρητή για την μέτρηση της ενέργειας που παράγει το σύστημα.

Στο τέλος κάθε περιόδου, ο Διαχειριστής του δικτύου μετράει τις κιλοβατώρες που έχει διοχετεύσει η ανεμογεννήτρια στο δίκτυο και είτε καταβάλλει το αντίστοιχο ποσό είτε τις συμψηφίζει με αυτές που έχουν καταναλωθεί και προκύπτει αντίστοιχα ο λογαριασμός.

Διαχειριστής στην ηπειρωτική Ελλάδα είναι ο ΔΕΣΜΗΕ, ένας ανεξάρτητος φορέας, υπεύθυνος για την ομαλή λειτουργία του κεντρικού ηλεκτρικού δικτύου. Αντίστοιχα, στα νησιά, την ευθύνη αυτή έχει η ΔΕΗ.

3.2.2.2.1. Παραγωγή ή αυτοπαραγωγή;

Μια διασυνδεδεμένη ανεμογεννήτρια μπορεί να λειτουργήσει σε καθεστώς παραγωγού ή σε καθεστώς αυτοπαραγωγού. Στο καθεστώς παραγωγού πωλείται το σύνολο της ενέργειας που παράγει η ανεμογεννήτρια.



εικόνα 3.4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Σε καθεστώς αυτοπαραγωγού, η περισσότερη ενέργεια καταναλώνεται από κάποια ηλεκτρική εγκατάσταση (π.χ. Την κατοικία ή το γραφείο σας) και ό,τι απομένει διοχετεύεται στο δίκτυο για πώληση.



εικόνα 3.5

Στην περίπτωση αυτή, η ενέργεια που διοχετεύεται στο δίκτυο για πώληση, δεν μπορεί να ξεπεράσει το 20% της συνολικής ενέργειας που έχει παραχθεί από την ανεμογεννήτρια.

3.2.2.2 Πότε επιλέγεται η παραγωγή και πότε η αυτοπαραγωγή;

Όταν η τιμή πώλησης του ρεύματος που παραγόταν από ανεμογεννήτριες ήταν 0,07-0,08 €/κιλοβατώρα, πουλούσαμε πιο φθηνά από όσο αγοράζαμε το ρεύμα (0,07-0,19 €/κιλοβατώρα), επομένως ήταν πιο συμφέρουσα η αυτοπαραγωγή εκτός αν η περίσσια ενέργειας ήταν μεγαλύτερη του 20% της συνολικά παραγόμενης από την ανεμογεννήτρια και προκειμένου να μην πάει χαμένη ήταν συμφέρουσα η παραγωγή.

Πλέον, με την τιμή πώλησης στα 0,25€/κιλοβατώρα, η πώληση στο δίκτυο είναι πιο ακριβή από την αγορά από αυτό, επομένως συμφέρει να πουλάμε όλη την παραγόμενη ενέργεια της ανεμογεννήτριας και να αγοράζουμε ενέργεια από το δίκτυο προκειμένου να καλύψουμε τις ανάγκες της κατοικίας. Επομένως, με τις τιμές ως έχουν, η παραγωγή προτιμάται σε σχέση με την αυτοπαραγωγή.

3.2.3. ΑΔΕΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΙΑΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Βάσει του νόμου 3851/2010, η εγκατάσταση μια διασυνδεδεμένης ανεμογεννήτριας δεν απαιτεί κάποιου είδους άδεια αρκεί η ισχύς της να μην υπερβαίνει τα 20kWp. Ένα τέτοιο μέγεθος ισχύος αντιστοιχεί σε μια ανεμογεννήτρια μια διάμετρο σχεδόν 10 m.

Οι εγκαταστάσεις σε μη διασυνδεδεμένα νησιά αποτελούν μια ιδιαίτερη περίπτωση καθώς για αυτές απαιτείται η έκδοση απόφασης εξαίρεσης από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) μετά από αίτηση που μπορεί να κατατεθεί μόνο κατά τη διάρκεια σχετικής πρόσκλησης ενδιαφέροντος.

Από πολεοδομική άποψη δεν απαιτείται η έκδοση ή η θεώρηση οικοδομικής άδειας, ούτε και η έγκριση περιβαλλοντικών όρων για εγκαταστάσεις σε κτήρια, παρά μόνο η χορήγηση έγκρισης εργασιών που παρέχεται κατ' εφαρμογή των γενικών και ειδικών πολεοδομικών διατάξεων, εφόσον υπάρχει θεμέλιο στην εγκατάσταση.

Μέσα στην όλη διαδικασία αδειοδότησης καλό θα ήταν να προστεθεί και η άδεια από την Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας.

Σε προστατευόμενες περιοχές απαιτείται η υποβολή περιβαλλοντικής έκθεσης στην Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Νομαρχίας. Προστατευόμενες είναι οι περιοχές NATURA και οι εθνικοί δρυμοί. Δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε περιοχές RAMSAR.

3.3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

3.3.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

3.3.1.1.Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Ο ήλιος μια τεράστια και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας που η εκμετάλλευση μόνο του 0,05% αυτής θα ήταν αρκετή ώστε να καλύψει κάθε ενεργειακή ανάγκη της ανθρωπότητας. Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι σήμερα δυνατή μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Πολλά επιστημονικά βήματα έγιναν από το 1839 που ο Γάλλος φυσικός Alexandre-Edmond Becquerel ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο μέχρι το σημείο που βρισκόμαστε σήμερα, να υπάρχουν στο εμπόριο διαθέσιμες εφαρμογές φωτοβολταϊκών των οποίων οι κυψέλες μπορούν να επιτύχουν βαθμό απόδοσης που μπορεί να ξεπεράσει το 20%.

Πώς λειτουργεί ένα φωτοβολταϊκό;

Το ηλιακό φως αποτελείται από φωτόνια, τα οποία περιέχουν ποικίλα ποσά ενέργειας που αντιστοιχούν σε διαφορετικά μήκη κύματος. Όταν αυτά προσπίπτουν σε μια επιφάνεια, ένα μέρος την διαπερνά, ένα μέρος ανακλάται και ένα άλλο μέρος απορροφάται από αυτή. Όταν το φωτόνιο απορροφηθεί από μια επιφάνεια με υψηλή φωτοαγωγιμότητα (ημιαγωγός), η ενέργειά του μεταφέρεται στα ηλεκτρόνια του υλικού της επιφάνειας αυτής. Με την βοήθεια του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται στις επαφές διαφορετικών υλικών, το ηλεκτρόνιο αποδρά από την κανονική του θέση και τίθεται σε κίνηση, αφήνοντας πίσω του μια οπή. Αυτός ο ημιαγωγός ονομάζεται πλέον φωτοβολταϊκό στοιχείο. Εάν συνδέσουμε στις πλευρές του δύο ακροδέκτες και κλείσουμε το κύκλωμα, θα έχουμε την διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος.

3.3.1.2.Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα

Βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας των Φ/Β είναι η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης.

Άλλα πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

- μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας
- μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων-πάνω από 25 χρόνια
- αθόρυβη λειτουργία
- μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας
- δυνατότητα ενσωμάτωσής τους σε οροφές/προσώψεις κτηρίων ως κύρια δομικά στοιχεία
- δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Τα οφέλη από τη μεγάλη κλίμακα εφαρμογή των Φ/Β σε κτήρια είναι πολλαπλά. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β είναι η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοσθεί σε αστικό περιβάλλον με μηδενική ρύπανση. Η παραγωγή των Φ/Β προκύπτει κατά τις ώρες αιχμής της ζήτησης, υποστηρίζοντας το σύστημα παραγωγής ενέργειας σε περιόδους υψηλού κόστους παραγωγής. Λόγω δε της δυνατότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο της ζήτησης, οι απώλειες στο σύστημα μεταφοράς και διανομής ενέργειας μειώνονται στο ελάχιστο.

Το κόστος των Φ/Β πλαισίων αποτελεί το μεγαλύτερο μειονέκτημα για την ευρεία εξάπλωσή τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Άλλο σοβαρό μειονέκτημα είναι ο σχετικά χαμηλός βαθμός απόδοσής τους που στην ουσία μεταφράζεται σε ανάγκη για μεγάλη επιφάνεια εγκατάστασης προκειμένου να έχουμε το απαιτούμενο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, ενώ τα τα Φ/Β δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον κατά την παραγωγή ρεύματος, για την κατασκευή τους στις εργοστασιακές μονάδες το περιβάλλον επιβαρύνεται τόσο ώστε να απαιτούνται 5 με 6 χρόνια λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου για να αντισταθμιστεί η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

3.3.1.3. Περιβαλλοντικά οφέλη

Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και επομένως όχι από συμβατικά ρυπογόνα καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Ένα τυπικό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.α). Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

Ο παρακάτω πίνακας περιγράφει συνοπτικά την ποσότητα των ρύπων των οποίων η έκλυση αποφεύγεται για κάθε ηλιακή κιλοβατώρα που αντικαθιστά ενέργεια που παράγεται από συμβατικά καύσιμα:

Πίνακας 3.1. Αποφυγή εκλυόμενων ρύπων από την χρήση φωτοβολταϊκών

Υποκατάσταση	Αποφυγή εκλυόμενων ρύπων (σε gr) ανά ηλιακή κιλοβατώρα (Λαμβάνοντας υπ' όψη και τις απώλειες του δικτύου)			
	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀
Λιγνίτη	1.482	1-1,8	1,17-1,23	1,1
Πετρελαίου (χαμηλού θείου)	830	3,5	1,5	0,34
Φυσικού αερίου	475	0,017	0,6	-
Μέσου ενεργειακού μείγματος χώρας (2008)	1.017	CO ₂ : διοξείδιο του άνθρακα, SO ₂ : διοξείδιο του θείου NO _x : οξείδια του αζώτου, PM ₁₀ : μικροσωματίδια		

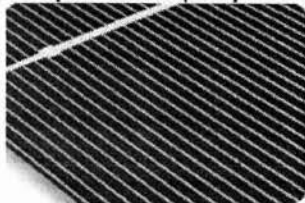
3.3.2. ΕΙΔΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Αξιοποιώντας το φ/β φαινόμενο, μέσω της απορρόφησης των φωτονίων της από ειδικούς ημιαγωγούς τοποθετημένους σε ειδικές φωτοβολταϊκές κυψέλες, μετατρέπεται η ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα. Η ενέργεια όμως που παράγεται από ένα συλλέκτη είναι περιορισμένη. Για τον λόγο αυτό πολλές κυψέλες συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα φ/β πάνελ. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον και μεγάλη πρόοδος της τεχνολογίας κατασκευής τους. Αν και υπάρχουν διάφορα ημιαγωγικά υλικά, αυτό που χρησιμοποιείται περισσότερο στην παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι το πυρίτιο. Το πυρίτιο βρίσκεται στο έδαφος της γης σε σχεδόν ανεξάντλητες ποσότητες, καθώς παράγεται από το χαλαζία, συστατικό που βρίσκεται στην κοινή άμμο. Η παραγωγή πυριτίου από χαλαζία είναι μια ενεργοβόρος διαδικασία που καθιστούσε την παραγωγή ρεύματος από φωτοβολταϊκά αντικοινωνική καθώς η απόδοση των φωτοβολταϊκών κυψελών ήταν εξαιρετικά χαμηλή. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την αυξανόμενη ενεργειακή παραγωγή των συστημάτων ακόμα και σε νεφосκεπείς συνθήκες η απόδοση αυξήθηκε. Τα Φ/Β κύτταρα πυριτίου χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τα κρυσταλλικά και τα μη κρυσταλλικά. Σήμερα σύμφωνα με στοιχεία του I.E.A., τα κρυσταλλικά αποτελούν την πρώτη ύλη για το 80% περίπου της αγοράς.

3.3.2.1. Μονοκρυσταλλικά

Η ονομασία τους προέρχεται από την μορφή του κρυσταλλικού πλέγματος των ατόμων Si που πλησιάζει τον τέλειο κρύσταλλο. Κατασκευάζονται ύστερα από ψύξη λιωμένου Si και πριονισμό του σε λεπτές πλάκες- κύτταρα. Τα στοιχεία αυτής της τεχνολογίας αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου με από 200 έως 400 μm . Πάνω από αυτό το στρώμα τοποθετείται μεταλλικό πλέγμα το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρική επαφή και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως ηλιακό στοιχείο. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία πυριτίου που κατασκευάζονται από καθαρούς κρυστάλλους είναι κυλινδρικής μορφής αλλά συχνά κόβονται τετράγωνα για να είναι εύκολη η τοποθέτησή τους στις φωτοβολταϊκές μονάδες. Η ανάγκη χρησιμοποίησης ιδιαίτερα καθαρού Si (ακριβή «πρώτη» ύλη), η χρήση εξειδικευμένων μεθόδων τήξης και κοπής για την επίτευξη του μονοκρυσταλλικού πλέγματος αυξάνει το κόστος παραγωγής δίνοντάς τους όμως τον καλύτερο βαθμό απόδοσης από τις τρεις κατηγορίες φθάνοντας το 15-18%. Το ποσοστό αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι τα μονοκρυσταλλικά κύτταρα είναι πιο ευαίσθητα στην υπέρυθρη ακτινοβολία που το ενεργειακό της περιεχόμενο είναι σχετικά χαμηλό.

μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά



εικόνα 3.6

3.3.2.2. Πολυκρυσταλλικά

Σε αντίθεση με τα μονοκρυσταλλικά, τα πολυκρυσταλλικά κύτταρα στο πλέγμα τους περιλαμβάνουν κρυστάλλους ποικίλων προσανατολισμών. Η κατασκευή αυτών των στοιχείων προκύπτει από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους καθαρού πυριτίου που βρίσκονται μέσα σε ειδικούς κλιβάνους στους οποίους μέσα ψύχεται αργά τήγμα πυριτίου για την δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων. Τα στοιχεία αυτά είναι εξ αρχής τετράγωνης μορφής αφού κόβονται από τις ορθογώνιες ράβδους. Το μέγεθός τους είναι λίγο μεγαλύτερο από αυτό των μονοκρυσταλλικών στοιχείων.

Αιτία αυτής της διαφοροποίησης, η μαζική και λιγότερο ελεγχόμενη ψύξη του Si, κάτι που μειώνει αισθητά το κόστος παραγωγής. Όπως και στην προηγούμενη τεχνολογία, μετά την ψύξη το πολυκρυσταλλικό πλέγμα πριονίζεται σε λεπτά Φ/Β κύτταρα. Η ύπαρξη διαφόρων κρυστάλλων μέσα στο πλέγμα αυξάνει την εσωτερική αντίσταση στα σημεία σύνδεσής τους, με αποτέλεσμα ο συνολικός βαθμός απόδοσης να μην μπορεί να ξεπεράσει το 13-15%.

πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά



εικόνα 3.7

3.3.2.3. Λεπτές μεμβράνης

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η μη κρυσταλλική της δομή. Οι λεπτές ταινίες ορισμένων ειδικών στοιχείων, μπορούν να αποτελέσουν το υλικό παρασκευής ηλιακών κυψελών, χρησιμοποιώντας πολύ λιγότερο υλικό από τις αντίστοιχες κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου. Τα στοιχεία που κατασκευάζονται με αυτό τον τρόπο έχουν πάχος μερικών μόνο μικρών.

Η μικρή και οικονομική ποσότητα πρώτων υλών, ο απλός τρόπος κατασκευής, η ευκολία στην εγκατάσταση και συναρμολόγηση καθιστούν τα άμορφα κύτταρα ικανά για μαζική παραγωγή. Μειονέκτημα αποτελεί η σχετικά χαμηλή απόδοση, μόλις στο 5-8%, γεγονός που οφείλεται στην έλλειψη του κρυσταλλικού πλέγματος στη δομή τους. Παρόλα αυτά είναι τεχνολογία που επιδέχεται βελτιώσεων και αναμένεται να αναπτυχθεί τα επόμενα χρόνια. Τα βασικά υλικά παραγωγής τέτοιων πάνελ είναι το Άμορφο Πυρίτιο (a-Si), ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός (CIGS) και τα κράματά του, το Τελουριούχο Κάδμιο και το Αρσενικούχο Γάλλιο (CdTe).

Φωτοβολταϊκά λεπτής μεμβράνης

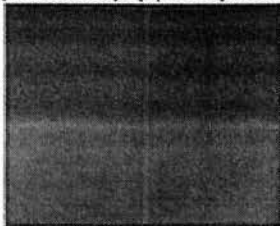


εικόνα 3.8

3.3.2.3.1. Άμορφου πυριτίου (a-Si):

Ο προσδιορισμός άμορφο ξεκαθαρίζει ότι η συμμετρία του κρυστάλλου παύει να υφίσταται για αποστάσεις λίγο μεγαλύτερες από τις ατομικές και ταυτόχρονα οι γωνίες δεσμών του δεν είναι πια συγκεκριμένες. Ενώ το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση του φωτός, εντούτοις η φωτοβολταϊκή απόδοσή του είναι μικρότερη των κρυσταλλικών, περίπου 6%

φωτοβολταϊκά άμορφου πυριτίου (a-Si)



εικόνα 3.9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

3.3.2.3.2. Ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon):

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Αναπτύσσεται από την Evergreen Solar. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις «παραδοσιακές τεχνικές» κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου.

Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.

φωτοβολταϊκά ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)



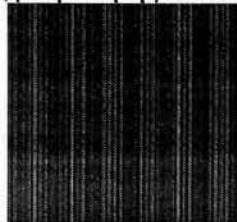
εικόνα 3.10

3.3.2.3.3. Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού (CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS):

Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοσή του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 9-11% (πλαίσιο).

Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοσή του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο (CIGS). Το πρόβλημα είναι πως το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Το κόστος του τα επόμενα χρόνια αναμένεται να είναι αρκετά χαμηλότερο.

φωτοβολταϊκά Δισεληνοϊνδιούχου χαλκού (CIS, με προσθήκη γάλλιου CIGS)

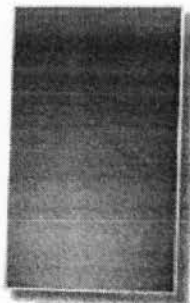


εικόνα 3.11

3.3.2.3.4. Τελουριούχου Κάδμιου (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8,5%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση αποτελεί το γεγονός ότι σύμφωνα με κάποιες έρευνες το κάδμιο είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει η εκτεταμένη χρήση του. Επίσης ζήτημα είναι και η έλλειψη του Τελουρίου.

φωτοβολταϊκά Τελουριούχου Κάδμιου (CdTe)



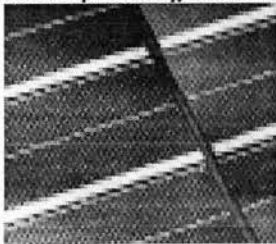
εικόνα 3.12

3.3.2.3.5. Αρσενικούχου Γαλλίου (GaAs) :

Το Γάλλιο είναι παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα κι από τον χρυσό. Το Αρσένιο δεν είναι σπάνιο αλλά έχει το μειονέκτημα να είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η απόδοση του στη μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν τη χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσής τους χρησιμοποιούνται σε διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

φωτοβολταϊκά Αρσενικούχου Γαλλίου (GaAs)



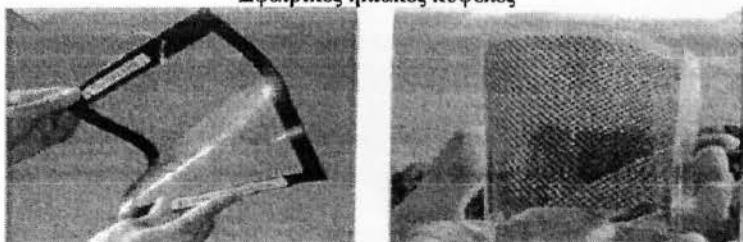
εικόνα 3.13

3.3.2.4. Σφαιρικές ηλιακές κυψέλες

Πρωτοεμφανίστηκαν από την Καναδική Spheral Solar Power και πλέον την έρευνα πάνω σε αυτές συνεχίζει η Ιαπωνική Kyosemi Corporation. Οι σφαιρικές κυψέλες έχουν διάμετρο 0,7mm ή 1-1,2mm αντίστοιχα και σχηματίζονται από σταγόνες πυριτίου που πέφτουν σε κενό. Μεταξύ τους συνδέονται παράλληλα με φύλλα αλουμινίου και μονώνονται με μια στρώση σκληρού πλαστικού. Προς το παρόν έχουν πετύχει απόδοση μέχρι 12,5%.

Πλεονεκτήματα αυτών των κυψελών είναι ότι λόγω σφαιρικότητας εκμεταλλεύονται μεγάλο κομμάτι διάχυτης ακτινοβολίας, ενώ είναι ικανές να παράγουν εύκαμπτα στοιχεία. Οι σχετικά απλές μέθοδοι κατασκευής και οι μειωμένες απαιτήσεις σε πυρίτιο υπόσχονται πιθανή μείωση του κόστους για το μέλλον.

Σφαιρικές ηλιακές κυψέλες



εικόνα 3.14

3.3.2.5. Κυψέλες (υψηλής) συγκέντρωσης (HCPV)-CPV

Οι ημιαγωγοί III-IV, όπως InGaAs, InGaP ή γερμάνιο επιτρέπουν την παραγωγή υψηλής απόδοσης ηλιακών κυψελών. Αυτές οι πολλαπλές ηλιακές κυψέλες φτιαγμένες από διαφορετικά υλικά και διαμορφωμένες για να εκμεταλλεύονται διαφορετικά κομμάτια ηλιακού φάσματος είναι κολλημένες η μια πάνω απ' την άλλη. Επειδή όμως αυτές οι κυψέλες είναι υπερβολικά ακριβές, φθινοί φακοί (με βαθμό συγκέντρωσης φωτός 500 περίπου) χρησιμοποιούνται για να συλλέξουν το ηλιακό φως από την ευρύτερη περιοχή και να το συγκεντρώσουν στη μικρή κυψέλη, η οποία συνήθως έχει μέγεθος μερικά χιλιοστά και βαθμό απόδοσης έως 99%.

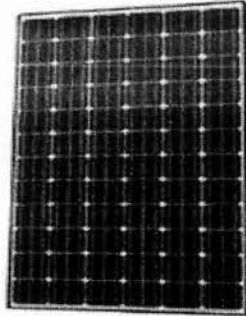
Αν χρησιμοποιηθούν όμως 4-5 διαφορετικά στρώματα 9 αντί για τα συνήθη 3) αυτός μπορεί να αγγίξει και το 50% στο μέλλον.

Το κακό με αυτήν την τεχνολογία είναι ότι μόνο η κάθετη ακτινοβολία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και λόγω αυτού είναι απαραίτητα συστήματα που ακολουθούν την πορεία του ήλιου (tracking systems). Όσον αφορά την εμπορική διάθεση αυτών των συστημάτων οι τριπλής σύνδεσης κυψέλες της Spectrolab είναι σε θέση να παράγουν 15-17 Watt, τα οποία αντιπροσωπεύουν μια αποδοτικότητα της τάξης του 37%, ένα ποσοστό σημαντικά υψηλότερο σε σχέση με αυτό που επιτυγχάνεται με τις συμβατικές κυψέλες πυριτίου. Ο πυρήνας του συστήματος αποτελείται από μία σειρά ηλιακά φωτοβολταϊκά πάνελ (HCPV) της OPEL τύπου MK-I. Κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο MK-I HCPV παράγει 90Wp (ελάχιστο συνεχές ρεύμα DC) και χρησιμοποιεί τις υψηλής τεχνολογίας (37% το ελάχιστο) γαλλίου αρσενίου (GaAs) ηλιακής συγκέντρωσης κυψέλες που παράγονται από την Spectrolab (ένα τμήμα της Boeing Corporation). Τα φωτοβολταϊκά πάνελ MK-I CPV τοποθετούνται πάνω στις διπλού άξονα κινούμενες βάσεις στήριξης SF20 της εταιρείας FEINA με μια ακρίβεια της τάξης των 0,1 βαθμών. Κάθε κινούμενη βάση στήριξης συνοδεύεται από μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία έτσι ώστε να του επιτρέπεται να λειτουργήσει κάτω από χαμηλή ακτινοβολία ήλιου και κατά την διάρκεια καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

3.3.2.6. Υβριδικά στοιχεία HIT

Μια προσπάθεια περαιτέρω βελτίωσης της απόδοσης των κυψελών αποτελούν τα υβριδικά στοιχεία, τα οποία αναπτύχθηκαν από την Sanyo Solar. Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφορετικού κρυσταλλικού πλέγματος. Πιο συγκεκριμένα κατασκευάζονται από μία στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου ανάμεσα σε δύο λεπτές στρώσεις άμορφου πυριτίου. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός απόδοσης, που φτάνει το 17,7%.

Υβριδικά στοιχεία HIT

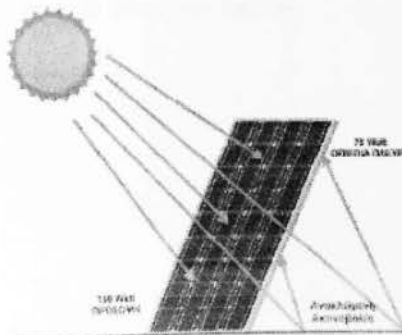


εικόνα 3.15

3.3.2.7 Φωτοβολταϊκά Διπλής Όψεως

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών διπλής όψεως προέκυψε από τις διαστημικές ανάγκες της Σοβιετικής Ένωσης. Για τους δορυφόρους η μόνη πηγή ενέργειας είναι η ηλιακή και για την υποστήριξη των οργάνων τους χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκές κυψέλες. Προκειμένου οι δορυφόροι με τα panels να είναι ενεργειακά αυτόνομοι, επινοήθηκε η τεχνική λείανσης της κυψέλης και από την πίσω πλευρά και το κλείσιμό της σε «σάντουιτς τζάμι-τζάμι». Αυτή η επινοήση οδήγησε σε ένα προϊόν που αποδίδει πολύ περισσότερη ενέργεια από μικρότερη επιφάνεια. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από την χρονική διάρκεια που θα «βλέπουν» τον ήλιο κάθετα. Έχουν απόδοση 15-19%. Τα συμβατικά panels, αξιοποιούν μέρος μόνο της προσφερόμενης ηλιακής ενέργειας, αφού είναι ενεργά από την μία όψη μόνο, η οποία ενεργοποιείται όταν ο ήλιος βρίσκεται στο νότιο μισό του οριζοντα και σε μία περιοχή περίπου 150°. Αντίθετα τα bifacial-windsol επιπλέον εκμεταλλεύονται: α) το χρόνο που ο ήλιος βρίσκεται βόρεια του νοητού άξονα ανατολής-δύσης και που κατά την θερινή περίοδο που είναι πάνω από 7 ώρες ημερησίως, β) την ακτινοβολία που διαχέεται στο περιβάλλον και γ) αυτή που ανακλάται.

Φωτοβολταϊκά Διπλής Όψεως



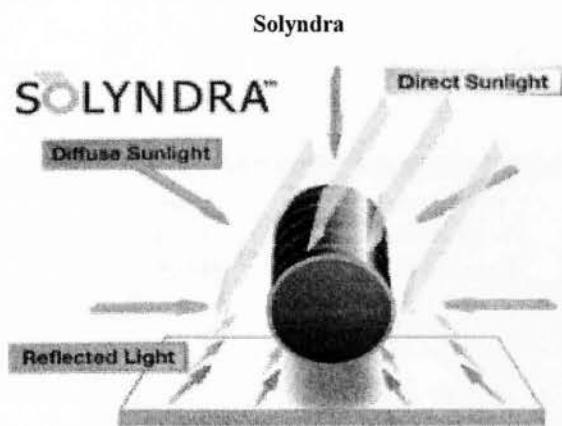
εικόνα 3.16

3.3.2.8. Solyndra

Τα κύρια μέρη του συστήματος είναι το φωτοβολταϊκό πάνελ Solyndra και η συνθετική μεμβράνη Rheranol fk white.

Το πάνελ Solyndra είναι μια πρωτοποριακή τεχνολογία φωτοβολταϊκών λεπτού φιλμ και CIGS, το οποίο αποτελείται από κυλινδρικά στοιχεία τα οποία εκμεταλλεύονται την προσπίπτουσα, διάχυτη και ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία, προσφέροντας έτσι υψηλή απόδοση σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας της τάξης του 12-14% για κάθε κυψέλη.

Για την απρόσκοπτη, αποδοτική και μακροχρόνια απόδοση του Solyndra, σημαντικό ρόλο έχει και η επιφάνεια πάνω στην οποία θα τοποθετηθεί. Και το ιδανικό υπόστρωμα είναι η συνθετική μεμβράνη Rheranol fk white της FDT. Η Rheranol fk white είναι μια μεμβράνη στεγανοποίησης δωματίων από πολυισοβουτυλένιο (PIB) η οποία έχει σχεδιαστεί από τον κορυφαίο παραγωγό FDT, ειδικά για χρήση σε συνδυασμό με το Solyndra.



εικόνα 3.17

3.3.2.9. Άλλες τεχνολογίες

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες στα φωτοβολταϊκά στοιχεία που φαίνεται να ξεχωρίζουν και μελλοντικά πιθανώς να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι:

- Νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si)
- Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία

3.3.2.10. ΑΠΟΔΟΣΗ Φ/Β

Όλες οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες/στοιχεία χαρακτηρίζονται βάσει των κάτωθι μετρούμενων και υπολογιζόμενων τιμών:


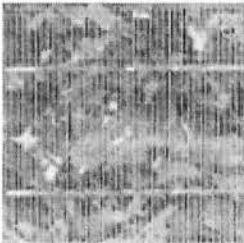
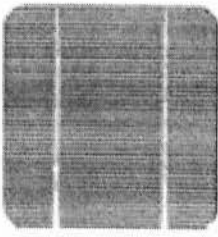
- καμπύλη τάσης-ρεύματος (I-V curve)
- τάση ανοικτού κυκλώματος
- ρεύμα βραχυκυκλώσεως
- μέγιστη παραγόμενη ισχύς
- τάση στη μέγιστη ισχύ
- ρεύμα στη μέγιστη ισχύ
- παράγοντας πλήρωσης
- συντελεστής απόδοσης Φ/Β γεννήτριας
- αντίσταση σειράς
- αντίσταση εν παραλλήλω
- θερμοκρασία δοκιμής
- ένταση ακτινοβολίας φωτός

πίνακας 3.Π απόδοση διαφόρων υλικών κατασκευής φωτοβολταϊκών

Υλικό Φ/Β Κυψέλης	Απόδοση Κυψέλης - η_z (εργαστήριο) (%)	Απόδοση Κυψέλης - $t i_z$ (παραγωγή) (%)	Απόδοση Πάνελ - η, M (γραμμή παραγωγής) (%)
Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου	24,7	21,5	16,9
Πολυκρυσταλλικού Πυριτίου	20,3	16,5	14,2
Ταινίες Πυριτίου	19,7	14	13,1
Thin-film	19,2	9,5	7,9
Άμορφου Πυριτίου	13	10,5	7,5
Μικρόμορφου Πυριτίου	12	10,7	9,1
CIS	19,5	14	11
CdTe	16,5	10	9
HCPV	39	27,4	27
Dye-sensitized cell	12	7	5
Υβριδικές HIT	21	18,5	16,8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

πίνακας 3.ΠΙ στοιχεία απόδοσης διαφόρων τύπων φωτοβολταϊκών

Τύπος	Thin Film	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	A-Si: 4,2-6,6% μ-Si: 8,1-8,5% CIS-CIGS:6-11% CdTe: 6-11,1%	11-14,8 %	11-19,3%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	9-25 m ²	7-9 m ²	5,5-9 m ²
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp)	1.300-1.450	1300	1300
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m ²)	50-160	145-185	145-235
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO ₂ ανά kWp)	1.300-1.450	1300	1300

3.3.3.ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η διαρκής έκθεση του συλλέκτη στην ηλιακή ακτινοβολία έχει τελικά σαν αποτέλεσμα την παραγωγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο στη συνέχεια μπορεί να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο με τη χρήση ειδικών μετατροπέων. Αυτό με τη σειρά του μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για ίδια χρήση, είτε να δοθεί προς πώληση στο δίκτυο ηλεκτρισμού.

Όταν τα πάνελ συνδέονται μεταξύ τους, δημιουργούνται φ.β συστοιχίες με ισχύ ίση με το άθροισμα της ισχύος των πάνελ που τη αποτελούν. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα τα πάνελ να τοποθετηθούν πάνω σε στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου (ηλιοστάτες) ώστε να αυξηθεί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και επιπλέον να είναι κάθετη με την επιφάνεια των πάνελ έτσι ώστε να έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας. Ο κύριος διαχωρισμός των φ/β συστημάτων είναι σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα.

Τα **αυτόνομα συστήματα** βρίσκονται συνήθως σε απομακρυσμένες περιοχές και το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας καταναλώνεται εξ' ολοκλήρου από τον χρήστη-παραγωγό. Καθώς η παραγωγή ενέργειας από φ/β εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία είναι απαραίτητη η εγκατάσταση μιας διάταξης αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (βράδυ, συννεφιά). Υπάρχει δηλαδή ανάγκη για συσσωρευτές, αλλά και ρυθμιστή φόρτισης. Κατά κανόνα, τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροδότηση συσκευών χαμηλής ισχύος, σε απόμαρα μέρη και εξοχικές κατοικίες.

Διασυνδεδεμένα συστήματα λέγονται τα φ/β συστήματα που έχουν άμεση σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο ώστε να διοχετεύεται σε αυτό η παραγόμενη ενέργεια. Δεν απαιτείται κάποια διάταξη αποθήκευσης της ενέργειας με αποτέλεσμα να μειώνεται τόσο το κόστος κατασκευής όσο και το κόστος λειτουργίας τους. Συνοπτικά, η παραγόμενη ποσότητα ενέργεια από την φ/β συστοιχία, μεταφέρεται στον μετατροπέα (inverter), στον οποίο μετατρέπεται το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ΔΕΗ (τάση 230V- συχνότητα 50Hz). Στη συνέχεια η ισχύς συγκεντρώνεται στον κεντρικό πίνακα, από τον οποίο διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο, διαμέσου του μετρητή της ΔΕΗ, ο οποίος προσμετρά την ποσότητα της διερχόμενης ενέργειας.

3.3.3.1. Ετήσια παραγωγή ενέργειας βάσει ηλιοφάνειας στην Ελλάδα

Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια 1 m^2 μια ηλιόλουστη μέρα μπορεί να φθάσει το 1 kW .

Η ενέργεια η οποία προσπίπτει συνολικά σε ένα έτος σε μια επιφάνεια εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση και το προσανατολισμό της επιφάνειας. Για την περιοχή της Αθήνας, η τιμή της ετήσιας ενέργειας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια 1 m^2 κυμαίνεται περίπου στις 1500 kWh . Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα ονομαστικής ισχύος 1 kWp (για παράδειγμα 10 φωτοβολταϊκά πάνελ των 100 Wp το κάθε ένα) αποδίδει στην Ελλάδα από περίπου 1150 kWh (βόρεια Ελλάδα) έως 1450 kWh (νότια Ελλάδα) το έτος. Στην Αττική κυμαίνεται γύρω στις $1300\text{-}1350 \text{ kWh}$. Με δεδομένο ότι ένα μέσο Φ/Β πλαίσιο που κυκλοφορεί στην αγορά μετατρέπει περίπου το 8-16% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m^2 παράγει περίπου 160 Watt την ώρα αν αποτελείται από μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία, περίπου 140 Watt την ώρα αν αποτελείται από πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία και περίπου 80 Watt την ώρα αν είναι για παράδειγμα άμορφου πυριτίου.

Για να βρούμε την μέση ημερήσια παραγωγή ενός φωτοβολταϊκού πάνελ, συνηθίζουμε να πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ισχύ επί 5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Έτσι, ένα φωτοβολταϊκό πάνελ ονομαστικής ισχύος 100Wp, κατ' εκτίμηση παράγει ημερησίως 500Wh(0,5kWh) κατά μέσο όρο. Είναι προφανές ότι το καλοκαίρι η μέση παραγωγή θα είναι μεγαλύτερη από τη μέση παραγωγή το χειμώνα (τον Ιούλιο ή τον Αύγουστο είναι σχεδόν διπλάσια από τον Δεκέμβριο ή τον Ιανουάριο).

Πιο αναλυτικά, ένα φωτοβολταϊκό θα παράγει κάθε μέρα την ονομαστική του ισχύ επί 6 το καλοκαίρι και επί 3,5 τον χειμώνα. Έτσι, από ένα φωτοβολταϊκό 100Wp μπορούμε να παράγουμε 600 Wh (0,6kWh) το καλοκαίρι και 350 Wh (0,35kWh) το χειμώνα, ανά ημέρα και κατά μέσο όρο.

Το χειμώνα υπάρχουν μέρες με μεγάλη συννεφιά που η παραγωγή ενέργειας είναι σχεδόν μηδενική ενώ το καλοκαίρι παράγεται περίπου σταθερή ποσότητα ενέργεια ημερησίως καθώς σπανίως δεν έχουμε ηλιοφάνεια. Το γεγονός ότι τον χειμώνα έχουμε «νεκρές» ενεργειακά μέρες, οδηγεί στο να χρειάζεται μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα στα αυτόνομα συστήματα.

Ανά 1000 Wp φωτοβολταϊκών, η συνολική ετήσια παραγωγή σε κιλοβατώρες (kWh) θα είναι από 1100 kWh (βόρεια Ελλάδα) έως 1450 kWh (νότια Ελλάδα). Έτσι, ένα πάνελ 100 Wp θα παράγει από 110 kWh έως 140 kWh το χρόνο.

3.3.3.2 Προσανατολισμός φ/β συστημάτων-σκίαση

Για να είναι εφικτή η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας των Φ/Β πλαισίων, θα πρέπει να επιτυγχάνεται βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα, εφόσον η πορεία του ήλιου αλλάζει τόσο με την ώρα της ημέρας όσο και τη μέρα του έτους, τεκμαίρεται πως για να παράγει ένα πλαίσιο τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να περιστρέφεται ώστε να μπορεί να ακολουθεί την τροχιά του ήλιου και να είναι συνεχώς κάθετο στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας. Στα Φ/Β συστήματα που εγκαθίστανται στο έδαφος πάντοτε δίνεται ο προσανατολισμός και η κλίση που θα επιτρέπει την βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Αυτό είναι επιθυμητό και στις εφαρμογές Φ/Β σε κτήρια, παρ' όλα αυτά αυτό δεν είναι συνήθως εφικτό καθόσον υπάρχουν περιορισμοί από τις δεδομένες επιφάνειες του κτηρίου και πρακτικά, η μηχανική πολυπλοκότητα και το κόστος ενός μηχανισμού που θα επέτρεπε την κίνηση των πλαισίων σύμφωνα με τον παραπάνω τρόπο, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή την εφαρμογή του σε κτηριακά Φ/Β συστήματα. Έτσι στην πλειονότητα των κτηριακών Φ/β συστημάτων επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των πλαισίων, ώστε να επιτυγχάνεται μέση ετήσια γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας όσο το δυνατό πιο κοντά στις 90°. Η επίτευξη αυτού του στόχου έγκειται στην σωστή επιλογή της κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου. Η κλίση του πλαισίου εκφράζεται με τη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο της επιφάνειας του Φ/Β πλαισίου και το οριζόντιο επίπεδο, ενώ η αζιμούθια γωνία σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κεκλιμένης πλευράς του πλαισίου και τον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου.

Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του Φ/Β πλαισίου για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι περίπου 0° (κατεύθυνση προς τον νότο). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 30°.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Αυτό που όμως είναι σημαντικό είναι να μη δημιουργούνται σκιασμοί στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων από παρακείμενα κτήρια ή αντικείμενα, κυρίως τις ώρες υψηλής ακτινοβολίας, διότι έστω και μικρός σκιασμός των Φ/Β πλαισίων προκαλεί σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος. Ένας χοντρικός κανόνας για να βεβαιωθεί κανείς ότι το σύστημά του δεν θα αποδίδει λιγότερο λόγω σκιάσεων είναι ο εξής: η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτήριο, δέντρο, κ.λπ.) πρέπει να είναι διπλάσιο του ύψους του εμποδίου.

Σε περιπτώσεις δε που η ακτινοβολία δεν προσπίπτει ομοιόμορφα σε όλα τα Φ/Β πλαίσια, συνιστάται η σύνδεση των Φ/Β πλαισίων σε μικρές συστοιχίες με ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας. Σε μια συστοιχία με μη ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας ή σε περίπτωση μερικού σκιασμού αυτής, η απόδοση ολόκληρης της συστοιχίας καθορίζεται από την απόδοση του πλαισίου με την χαμηλότερη απόδοση.

3.3.3.Ενδεικτική απόδοση φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς

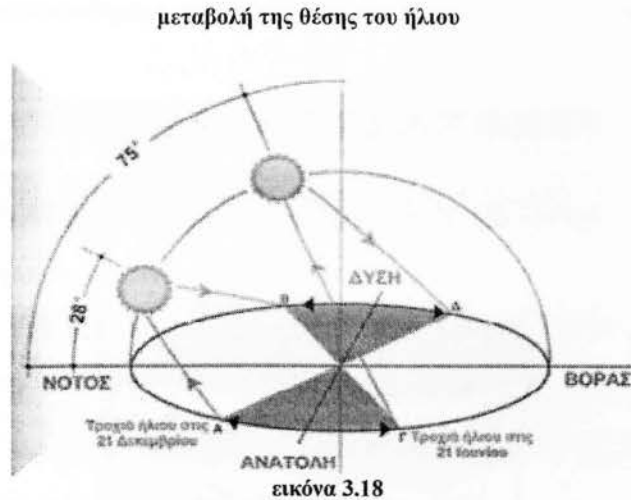
Δεδομένου ότι στην περίπτωση των κτηριακών Φ/Β εγκαταστάσεων οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού της Φ/β συστοιχίας μπορεί να είναι ανέφικτες (λόγω των περιορισμών από τις διαθέσιμες επιφάνειες του κτηρίου), θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί η Φ/Β συστοιχία. Η μείωση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (στην επιφάνεια της Φ/Β συστοιχίας) συγκριτικά με τη μέγιστη θεωρητική της τιμή (βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού) συνιστάται να μην υπερβαίνει το 10% προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα οικονομικά οφέλη του ανεξάρτητου παραγωγού. Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτηρίων, προτιμώνται γενικά επιφάνειες νοτίου προσανατολισμού με απόκλιση έως 70° από την κατεύθυνση του Νότου και κλίσης στο εύρος 0° -50° .

πίνακας 3.IV ενδεικτική απόδοση 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%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Σημειώνεται ότι η χρήση γωνιών κλίσης άνω των 10° - 15° διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό των πλαισίων από σωματίδια σκόνης και άλλους ρύπους μέσω της βροχής.



Το παραπάνω σχήμα δείχνει τη μεταβολή της θέσης του ήλιου σε ότι αφορά το μέγιστο και το ελάχιστο ύψος στον ουρανό τον χειμώνα (21 Δεκεμβρίου), και το καλοκαίρι (21 Ιουνίου) που κυμαίνεται από 28° - 75° (στην Αττική) σε ότι αφορά τον ορίζοντα κατά τη διάρκεια του χρόνου (Ανατολή-Δύση), άρα τη χρονική διάρκεια της ηλιοφάνειας, που κυμαίνεται από $142,5^{\circ}$ το χειμώνα (21 Δεκεμβρίου) έως 222° το καλοκαίρι (21 Ιουνίου) μετρώντας από το σημείο του Βορρά. Αυτή η μεταβολή αποτυπώνεται με τα γραμμοσκιασμένα τμήματα στο παραπάνω σχήμα.

3.3.3.4. Το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Το κόστος των Φ/Β συστημάτων εκφράζεται συνήθως σε euro/W αιχμής. Η κυριότερη συνιστώσα του συνολικού κόστους είναι το κόστος των Φ/Β πλαισίων. Από υπολογισμούς προκύπτει ότι το κόστος για ένα Φ/Β σύστημα κατανέμεται ως εξής:

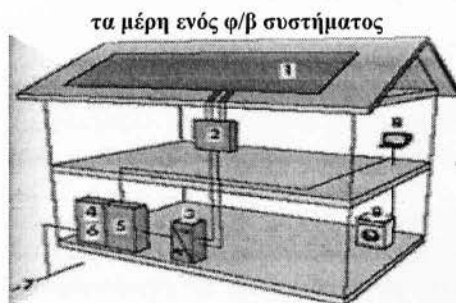
- Φ/Β πλαίσια :40-60%
- Συσσωρευτές :15-25%
- Αντιστροφείς : 10-15%
- Υποδομή στήριξης: 10-15%
- Σχεδιασμός και εγκατάσταση : 8-12%

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν εγγυημένη διάρκεια ζωής έως 25 ετών, ενώ σε αυτό το διάστημα οι συσσωρευτές αντικαθίστανται 4-5 φορές. Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος και την επί μέρους κατανομή του, ενός συστήματος είναι το είδος της εφαρμογής και το αν το σύστημα είναι συνδεδεμένο ή όχι. Το κόστος είναι μικρότερο για συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο και η διαφορά οφείλεται στο ότι αυτά δεν απαιτούν συσσωρευτές. Επίσης το κόστος ανά W μειώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος του Φ/Β συστήματος. Το κόστος στην Ελλάδα των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των συσσωρευτών είναι της τάξεως των 6000 ευρώ/kW, ενώ το κόστος των συνδεδεμένων με το δίκτυο συστημάτων είναι της τάξεως των 4000 ευρώ/kW.

3.3.3.5 Τα μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο αποτελείται από τα εξής επιμέρους υποσυστήματα:

1. Φ/Β γεννήτρια
2. Ηλ. Πίνακας
3. Αντιστροφείας
4. Κιβώτιο ασφαλειών
5. Μετρητής παραγωγής
6. Υφιστάμενος μετρητής
7. Δίκτυο ΔΕΗ
8. Εσωτερικοί καταναλωτές



εικόνα 3.19

3.3.3.5.1. Φωτοβολταϊκά πάνελ

Τί είναι και πώς λειτουργούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ

Το βασικό μέρος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι φυσικά τα φωτοβολταϊκά. Αποτελούνται από ένα πλαίσιο (πάνελ) μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ή κυψέλες). Το χαρακτηριστικό των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι πως μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρικό ρεύμα. Από την πίσω πλευρά του φωτοβολταϊκού πάνελ εξέρχονται δύο καλώδια (θετικό + και αρνητικό -) από όπου παίρνουμε το ηλεκτρικό ρεύμα.

Απόδοση φωτοβολταϊκών

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μετατρέπουν μόνο ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Το πόσο μεγάλο θα είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από το είδος των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Όπως έχουμε ήδη δει, τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία έχουν την μεγαλύτερη απόδοση (μετατρέπουν έως και το 18% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό). Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία έχουν ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση (13-15%) είναι όμως φθηνότερα από τα μονοκρυσταλλικά.

Υπάρχουν και τα λεγόμενα «άμορφα» που αποτελούνται από μια ενιαία επιφάνεια και όχι από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία όπως τα προηγούμενα. Αυτά έχουν χαμηλότερη απόδοση (5-10%) αλλά είναι τα οικονομικότερα. Χρειάζονται απλώς μεγαλύτερη επιφάνεια για να δώσουν την ίδια ισχύ με τα μονοκρυσταλλικά ή τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Κόστος των Φωτοβολταϊκών

Οι τιμές των φωτοβολταϊκών συστημάτων διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του φωτοβολταϊκού αλλά και ανάλογα με την εταιρία παραγωγής και τον εγκαταστάτη. Επίσης το κόστος είναι διαφορετικό όταν έχουμε μεγάλες εγκαταστάσεις καθώς γίνεται φθηνότερο ανά Wp παραγόμενης ισχύς. Ενδεικτικά μπορούμε να πούμε πως για κάθε kWp έχουμε κόστος από 3000 έως 5000 €.

Διασύνδεση Φωτοβολταϊκών

Ένα φωτοβολταϊκό με ονομαστική μέγιστη ισχύ 100Wp βγάζει έξοδο περίπου 20 Volt και 5 Ampere ($20 \times 5 = 100$). Μπορούμε να συνδέσουμε όσα φωτοβολταϊκά πάνελ θέλουμε σε σειρά ή παράλληλα, για να πετύχουμε το συνδυασμό τάσης ρεύματος (Volt), έντασης ρεύματος (Ampere) και φυσικά την συνολική ισχύ (Watt) που θέλουμε να έχει το σύστημά μας.

Ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων Φ/Β πλαισίων καθορίζει την μέγιστη παραγόμενη ισχύ, ενώ η εν σειρά και παράλληλη σύνδεση αυτών προσδιορίζει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (τιμές τάσης-ρεύματος) των μετατροπέων που θα χρησιμοποιηθούν.

Ανάλογα με τον τρόπο που συνδυάζονται οι παραπάνω δοκιμές μονάδες τα διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα μικρής ισχύος (έως 10 kW) κατηγοριοποιούνται κυρίως σε δύο τεχνολογικές τάσεις. Την τεχνολογία Στοιχειοσειράς (String technology). Η διαφοροποίηση των προαναφερθέντων τεχνολογικών τάσεων έγκειται αφ' ενός στον αριθμό των Φ/Β πλαισίων που συνδέονται ανά ηλεκτρονικό μετατροπέα (επίπεδο ισχύος του μετατροπέα), αφ' εταίρου στον τρόπο με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους τα Φ/Β πλαίσια (εν σειρά σύνδεση, παράλληλη σύνδεση ή συνδυασμός αυτών).

Παράδειγμα: Συνδεδεμένα φωτοβολταϊκά

Αν έχουμε 10 φωτοβολταϊκά πάνελ ισχύος 100Wp το κάθε ένα, συνδεδεμένα σε σειρά θα έχουν συνολική τάση περίπου 200V και ένταση 5A. Συνδεδεμένα παράλληλα θα έχουν συνολική τάση περίπου 20V και ένταση 50A. Και στις δύο περιπτώσεις, η συνολική ισχύς θα είναι 1000 Watt/p. Δηλαδή, με 5 ώρες έντονης ηλιοφάνειας την ημέρα, θα αποδίδουν 5000Watt/ώρες κάθε μέρα, ή αλλιώς 5KWh.

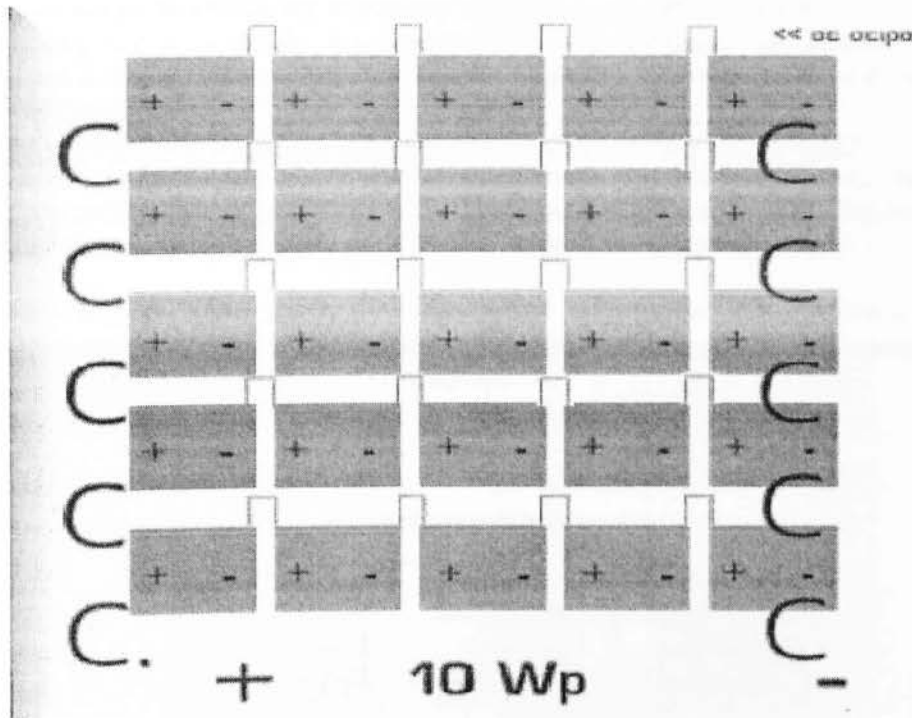
Φωτοβολταϊκά συνδεδεμένα σε σειρά εννοούμε όταν τα έχουμε συνδέσει μεταξύ τους, ενώνοντας το θετικό καλώδιο εξόδου του ενός πάνελ με το αρνητικό του άλλου, δηλαδή εναλλάξ το + με το - κ.ο.κ.

Συνδεδεμένα παράλληλα είναι όταν συνδέουμε το θετικό καλώδιο εξόδου του ενός πάνελ με το θετικό του επόμενου και το αρνητικό καλώδιο εξόδου με το αρνητικό του επόμενου.

Συνδέοντας τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε σειρά (τα + με τα - εναλλάξ) αθροίζεται μόνο η τάση (τα βολτ), ενώ συνδέοντάς τα παράλληλα (τα + μεταξύ τους και τα -μεταξύ τους) αθροίζεται μόνο η ένταση, δηλαδή τα αμπέρ των κυψελών που διασυνδέουμε.

Έτσι μπορούμε να πετύχουμε τον συνδυασμό βολτ και αμπέρ που θέλουμε ($V \times A = W$).

συνδεσμολογία φωτοβολταϊκών



εικόνα 3.20

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ τα συνδέουμε συνήθως σε σειρά για μεγαλύτερη τάση (volt) όταν πρόκειται να συνδεθούν με το δίκτυο της ΔΕΗ. Αν προορίζονται για αυτόνομο σύστημα με συσσωρευτές (μπαταρίες), τότε η απαιτούμενη τάση εξαρτάται από αυτή των συσσωρευτών. Αν η τάση των συσσωρευτών είναι 12V, τότε συνδέουμε τα φωτοβολταϊκά παράλληλα (η τάση μένει σταθερή και πολλαπλασιάζουμε τα Ampere).

3.3.3.5.2. Μετατροπέας τάσης (INVERTER)

Ο μετατροπέας (επίσης αναστροφέας ή αντιστροφέας)(inverter) είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που μετατρέπει την συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη. Χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων για τη μετατροπή συνεχούς τάσης 12V ή 24V (συνηθέστερες τιμές), σε εναλλασσόμενη 230 V.

Η κυριότερη διάκριση των αναστροφέων όσον αφορά τη χρήση τους σε εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. είναι σε αναστροφείς «διασυνδεδεμένων συστημάτων» και «αυτόνομων συστημάτων».

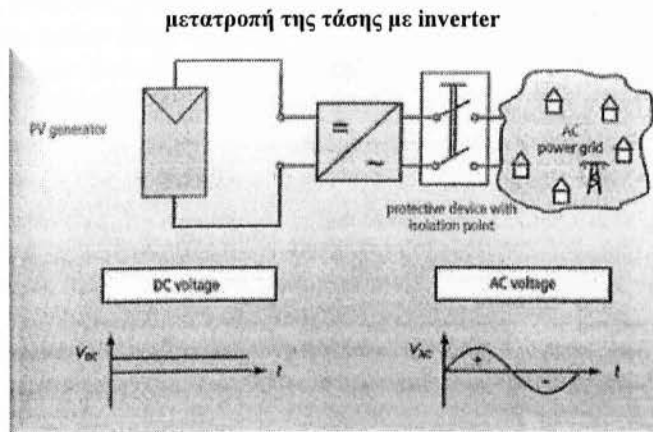
Οι δύο κατηγορίες αυτές έχουν πολλές ομοιότητες αλλά η διαφορά τους έγκειται στο κύκλωμα ελέγχου. Ο αντιστροφέας ενός αυτόνομου συστήματος λειτουργεί ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό δίκτυο και θα πρέπει να εξασφαλίζει σταθερή τάση και συχνότητα στα φορτία. Οι αντιστροφείς που συνδέονται στο δίκτυο θα πρέπει να προσαρμόσουν την εναλλασσόμενη τάση στη συχνότητα και το επίπεδο τάσης του δικτύου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Και στα δύο συστήματα σημαντικός παράγοντας είναι ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα (θα πρέπει να εξασφαλίζεται βαθμός απόδοσης πάνω από 0,8) καθώς συνδέεται άμεσα με το κόστος του συνολικού συστήματος άρα και με το κόστος της παραγόμενης ενέργειας. Στόχος μας λοιπόν είναι η επίτευξη υψηλού βαθμού απόδοσης του αντιστροφέα που συνεπάγεται ελαχιστοποίηση του κόστους της παραγόμενης κιλοβατώρας από φωτοβολταϊκή γεννήτρια, έτσι ώστε να μπορεί να συγκριθεί με το αντίστοιχο κόστος από συμβατικές πηγές ενέργειας.

Οι αντιστροφείς που συνδέονται στο δίκτυο διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: τους μονοφασικούς αντιστροφείς και τους τριφασικούς αντιστροφείς. Συστήματα ισχύος μέχρι 5kWp σχεδιάζονται γενικά σαν μονοφασικά συστήματα, ενώ συστήματα μεγαλύτερης ισχύος είναι τριφασικά.

Οι περισσότεροι σύγχρονοι αντιστροφείς φωτοβολταϊκών συστημάτων που συνδέονται στο δίκτυο είναι αυτοδηγούμενοι αντιστροφείς (self-commutated) και χρησιμοποιούν τη μέθοδο διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) για να παραχθεί η εναλλασσόμενη τάση εξόδου.



εικόνα 3.21

Ο αντιστροφέας που συνδέεται στο δίκτυο έχει το ρόλο ελέγχου του συστήματος και αποτελεί το μέσο που τροφοδοτείται η ενέργεια στο δίκτυο. Όσον αφορά την πραγματική ισχύ που τροφοδοτείται στο δίκτυο μέσω του αντιστροφέα μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας την ισχύ εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας με τον συντελεστή απόδοσης αντιστροφέα. Πιο σημαντική όμως είναι η ενέργεια που παράγεται στο σύστημα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, για παράδειγμα ενός χρόνου λειτουργίας. Σ' αυτήν την περίπτωση η μέση απόδοση του αντιστροφέα που λαμβάνει υπόψη όλα τα φορτία παίζει σημαντικό ρόλο.

Οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρεί ένας αντιστροφέας που συνδέεται στο δίκτυο είναι:

- Να διασφαλίζει ότι η φωτοβολταϊκή συστοιχία λειτουργεί στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP). Θα πρέπει η κυμάτωση στα άκρα της συστοιχίας να είναι μικρή έτσι ώστε να επιτευχθεί λειτουργία στο σημείο μέγιστης ισχύος χωρίς διακυμάνσεις. Από υπολογισμούς έχει βρεθεί ότι δεν πρέπει η κυμάτωση της τάσης στα άκρα να ξεπερνά το 8,5% της τάσης που αντιστοιχεί στο σημείο μέγιστης ισχύος.
- Να διασφαλίζει ότι το ρεύμα που εγχέεται στο δίκτυο έχει ημιτονοειδή μορφή (υπάρχει όριο στην ποσότητα του dc ρεύματος που επιτρέπεται να εγχέεται στο δίκτυο προς αποφυγή κορεσμού των πυρήνων των μετασχηματιστών 0,5-1%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

- Να εγγυάται αποτελεσματικότητα και καλή απόδοση σε ένα μεγάλο εύρος τάσεως εισόδου και ισχύος εξόδου καθώς αυτές οι μεταβλητές είναι σε συνάρτηση με την ηλιακή ακτινοβολία και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Να χαρακτηρίζεται από μεγάλη διάρκεια ζωής (αξιοπιστία) καθώς οι περισσότεροι κατασκευαστές φωτοβολταϊκών πλαισίων προσφέρουν εγγύηση 25 χρόνων σε 80% της αρχικής απόδοσης και εγγύηση 5 χρόνων όσον αφορά τα υλικά και την τεχνική υποστήριξη. Ο ανασταλτικός παράγοντας για μεγάλη διάρκεια ζωής του αντιστροφέα προέρχεται από τους ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές που χρησιμοποιούνται για απομόνωση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας από το μονοφασικό δίκτυο.

Οι διάφορες τοπολογίες αντιστροφέων που χρησιμοποιούνται σε φωτοβολταϊκά συστήματα και συνδέονται στο δίκτυο είναι οι εξής:

- Κεντρικοποιημένος Αντιστροφέας (Centralized Inverter)
- Αντιστροφέας στοιχειοσειράς (String Inverter)
- Αντιστροφέας πολλαπλών στοιχειοσειρών (Multi-string Inverter)
- AC-Module

Επίσης, κατάταξη των αντιστροφέων γίνεται και βάση του αριθμού των βαθμίδων:

- Μετατροπείς μίας βαθμίδας (single stage)
- Μετατροπείς δύο βαθμίδων (dual stages)
- Μετατροπείς πολλαπλών βαθμίδων (multi stages)

Κόστος- τιμές inverter

Ένας μετατροπέας 1100W διασυνδεδεμένου συστήματος έχει κόστος περίπου 940€, ενώ ένας μετατροπέας 7000W έχει κόστος περίπου 3000 €. Οι τιμές βέβαια είναι ενδεικτικές αφού εξαρτώνται και από την ποιότητα κατασκευής, την προέλευση, τη μάρκα του μετατροπέα κ.λπ.

Επιλογή χώρου έδρασης ηλεκτρονικών μετατροπέων

Συνήθως, οι μετατροπείς τοποθετούνται είτε στο εσωτερικό των κτηρίων που εγκαθίστανται, είτε σε ειδικά διαμορφωμένο κλειστό χώρο ο οποίος μπορεί να βρίσκεται πλησίον του Φ/Β εξοπλισμού. Μάλιστα, στη δεύτερη περίπτωση μειώνεται σημαντικά το μήκος των καλωδίων Σ.Ρ. με άμεσο αποτέλεσμα τον περιορισμό των ηλεκτρικών απωλειών, της πτώσης τάσης, αλλά και του κόστους καλωδίωσης.

Βέβαια υπάρχουν και ηλεκτρονικοί μετατροπείς οι οποίοι σύμφωνα με τα τεχνικά φυλλάδια του κατασκευαστή μπορούν να τοποθετηθούν είτε κάτω από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, είτε στο μηχανισμό στήριξης αυτών εφόσον υπάρχει αρκετός χώρος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο συγκεκριμένος τύπος έδρασης έχει ως αποτέλεσμα την άμεση έκθεση του μετατροπέα σε υψηλές θερμοκρασίες και σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας και σε αρκετά χαμηλές, προτείνεται να εφαρμόζεται μόνο στις περιπτώσεις που το προβλέπει ο κατασκευαστής.

Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ψύξη του ηλεκτρονικού μετατροπέα επηρεάζεται σημαντικά από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένο το φωτοβολταϊκό σύστημα (θερμοκρασία περιβάλλοντος, συνθήκες ηλιοφάνειας, υγρασία και άνεμος), γίνεται κατανοητό ότι στις περιπτώσεις που ο μετατροπέας τοποθετείται σε κλειστό χώρο πλησίον του Φ/Β εξοπλισμού ίσως είναι απαραίτητη η τοποθέτηση μηχανισμού εξαναγκασμένης ψύξης (ανεμιστήρες)

3.3.3.5.3. Πίνακας ελέγχου

Στη μονάδα αυτή περιλαμβάνονται, μετρητής ενέργειας, αισθητήρες θερμοκρασίας Φ/Β και εξωτερικού χώρου, καλώδια σύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή, σύστημα επιτήρησης και προστασίας (αμπερόμετρα, βολτόμετρα, ασφάλειες, αντικεραυνική προστασία).

3.3.3.5.4. Ηλεκτρικοί πίνακες

Οι ηλεκτρικοί πίνακες χρησιμοποιούνται για την σύνδεση της τροφοδοσίας εισόδου (DC) και την διανομή της εξόδου (AC). Οι πίνακες αυτοί χωρίζονται στις εξής δύο κατηγορίες:

- Πίνακες Inverter: Οι πίνακες αυτοί αντιστοιχούν ένας σε κάθε Inverter και ουσιαστικά χρησιμοποιούνται για την συλλογή της τροφοδοσίας εισόδου (DC) και την διανομή της εξόδου (AC) αυτών. Χωροταξικά τοποθετούνται δίπλα σε κάθε Inverter και είναι εξωτερικού χώρου με βαθμό προστασίας IP 66. Η λειτουργία τους είναι διπλή. Αρχικά συγκεντρώνουν όλη την ενέργεια από τους επιμέρους κλάδους (strings) των φωτοβολταϊκών γεννητριών κάθε inverter και αφού ασφαλιστούν κατάλληλα δίνουν την DC τροφοδοσία σε αυτόν.
- Πίνακες Ισχύος-Διανομής: Εδώ συγκεντρώνονται όλες οι AC έξοδοι των πινάκων - inverter και αφού οδηγηθούν στις κατάλληλες προστασίες μπορούν πλέον να συνδεθούν στο δίκτυο στη χαμηλή τάση ή μέσω μετασχηματιστή στη μέση τάση. Σε αυτόν τον πίνακα και ανάλογα με το επίπεδο του εξοπλισμού που έχει αποφασισθεί, υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης μετρητή συνολικής ενέργειας του συστήματος κατ' επιλογήν. Ο πίνακας είναι επίσης εξωτερικού χώρου με βαθμό προστασίας IP 66.

3.3.3.5.5. Καλωδίωση

Για να διασφαλιστεί η ορθή και ασφαλής λειτουργία του συστήματος, πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στην πολικότητα κατά την διασύνδεση της γεννήτριας. Επίσης, πρέπει να φροντιστεί η διατομή και ο τύπος των καλωδίων (οποσδήποτε πολύκλινα, και αν υπάρχει η δυνατότητα επικασιτερωμένου χαλκού και σχεδιασμένα ειδικά για φωτοβολταϊκά συστήματα) να είναι κατάλληλα για το συνολικό ρεύμα που θα πρέπει να άγουν. Κάθε συνδυασμός τάσης και έντασης ρεύματος θέλει το σωστό πάχος καλωδίων, αλλιώς θα λιώσουν ή θα πάρουν φωτιά. Όσο περισσότερο ρεύμα θα περνά από τα καλώδια και όσο μεγαλύτερο το μήκος τους που θα διαπερνά, τόσο πιο μεγάλο θα πρέπει να είναι και το πάχος τους.

3.3.3.5.6. Μεταλλικές κατασκευές-Υλικά στήριξης

Η έδραση των Φ/Β πλαισίων επί του κτηρίου μπορεί να είτε πάνω σε πρόσθετη μεταλλική κατασκευή, είτε επί της επιφάνειας του δώματος, ή ακόμα και με την ενσωμάτωση των πλαισίων στο δομικό κέλυφος του κτηρίου. Αν και το βάρος της ίδιας της Φ/Β συστοιχίας και της βάσης στήριξης δεν αναμένεται να επηρεάσει την στατική αντοχή του κτηρίου, καθώς το μέσο βάρος των φωτοβολταϊκών μαζί με τη βάση στήριξης είναι περί τα 20-25 κιλά ανά τετραγωνικό μέτρο, καλό είναι όταν η τοποθέτηση των πλαισίων γίνεται σε στέγαστρα ή σκεπές να διενεργείται στατικός έλεγχος, ώστε να διερευνάται η μηχανική καταπόνηση και η πίεση της επιφάνειας έδρασης των πλαισίων.

Τα Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται σε ένα σύστημα στήριξης, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη λειτουργία και την ασφάλεια της εγκατάστασης σε ακραίες συνθήκες ανέμου, χιονόπτωσης, σεισμού και θερμοκρασιακών μεταβολών. Οι ακραίες αυτές συνθήκες, ο συνδυασμός τους καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφαλείας, προδιαγράφονται στους Ευροκώδικες (Eurocodes), παράλληλα με επιπρόσθετους ελέγχους, όπως για το σύνολο των δομικών κατασκευών. Για τη στατική επάρκεια του συστήματος στήριξης καθεαυτού, μπορεί να ζητείται αντίστοιχο πιστοποιητικό από τον προμηθευτή. Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι μέρος υαλοπετάσματος, να αποτελεί σύνδεσμο με τους φορείς μιας στέγης ή να αποτελεί ένα αυτοτελές σύστημα τοποθετημένο στο δώμα ή με τρόπο που να δημιουργεί σκίαστρο. Το σύστημα στήριξης μπορεί να είναι είτε μεταλλικό, από αλουμινίου ή εν θερμώ γαλβανισμένο χάλυβα, είτε από πλαστικό(κυρίως όσο αφορά στην περίπτωση λεκανών στήριξης). Στο εμπόριο διατίθεται πληθώρα συστημάτων στήριξης. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να δίνεται προσοχή στη συμβατότητά του με τα λοιπά στοιχεία του εξοπλισμού και κατ'επέκταση στην εγκυρότητα των πιστοποιητικών στατικής επάρκειας επί του συνόλου της εγκατάστασης. Θα πρέπει ο τρόπος σύσφιξης των Φ/Β πλαισίων να είναι σύμφωνος με τις προδιαγραφές του συγκεκριμένου Φ/Β πλαισίου και επιπλέον οι διαστάσεις του πλαισίου να είναι αντίστοιχες (οι μικρότερες) με αυτές που έχουν θεωρηθεί στην στατική μελέτη για την έκδοση του πιστοποιητικού στατικής επάρκειας.

Όσον αφορά στη σύνδεση του συστήματος στήριξης με το κτήριο, και ειδικότερα στην περίπτωση συστήματος στήριξης σε δώμα, θα πρέπει να εφαρμόζεται κατάλληλη αγκύρωση. Αυτή γίνεται κυρίως με την προσθήκη φορτίου ή με την χρήση κοχλιών. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει το βάρος που θα τοποθετηθεί να είναι σύμφωνο με την στατική μελέτη του κτηρίου. Στην περίπτωση χρήσης κοχλιών, θα πρέπει να μην τραυματίζεται η υφιστάμενη μόνωση. Και στις δύο περιπτώσεις, όπως και στην περίπτωση άλλου συστήματος, παρέχονται οι προδιαγραφές για την αγκύρωση από τον προμηθευτή του συστήματος στήριξης. Ωστόσο η συμβατότητα με το κτήριο θα πρέπει να ελέγχεται από έναν μηχανικό.

Τέλος, ο εγκαταστάτης θα πρέπει να έχει υπόψη του την διαφοροποίηση των συστημάτων στήριξης και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του κάθε ενός, συμπεριλαμβανομένων της ευκολίας εγκατάστασης, της αξιοπιστίας, του κόστους και των λειτουργικών στοιχείων (όπως η δυνατότητα ή όχι φυσικού αερισμού του πλαισίου).

Βάσεις στήριξης με συστήματα ιχνηλάτισης του ηλίου δεν χρησιμοποιούνται σε οικιακές εφαρμογές καθώς το αυξημένο κόστος είναι απαγορευτικό για την χρήση τους.

3.3.3.5.7. Διατάξεις προστασίας

Το σύστημα γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας του σταθμού έχει ως στόχο την προστασία του εξοπλισμού αλλά και των ανθρώπων που είναι πιθανόν να βρίσκονται εντός της εγκατάστασης.

Αυτό επιτυγχάνεται με ελαχιστοποίηση της συνολικής αντίστασης γείωσης της εγκατάστασης καθώς και την διατήρηση των βηματικών τάσεων και των τάσεων επαφής σε επιτρεπτά επίπεδα χρησιμοποιώντας κατάλληλα υλικά, πιστοποιημένα σύμφωνα με τα διεθνή standards.

Γείωση Φ/Β

Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια θα πρέπει να εγκατασταθεί έτσι ώστε το πλαίσιο να γειώνεται σωστά. Σε περίπτωση που το σύστημα περιλαμβάνει πάνω από μία γεννήτρια, όλες οι γεννήτριες θα πρέπει να γειώνονται στο ίδιο σημείο, και θα πρέπει η γείωση να γίνει έτσι ώστε να διασφαλίζεται η συνεχής γείωση όλων των γεννητριών ακόμα και σε περίπτωση αφαίρεσης μίας ή και περισσότερων γεννητριών.

Προστασία έναντι υπερτάσεων

Καθώς η συχνότητα, η ένταση του ρεύματος, το σημείο πτώσης των κεραυνών και τα εξ' επαγωγής δευτερογενή δυναμικά δεν μπορούν να προσδιοριστούν, δεν υπάρχει σύστημα το οποίο να προσφέρει απόλυτη ασφάλεια. Σκοπός κάθε εγκατάστασης ενός Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (Σ.Α.Π.) είναι η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας ζημιών.

Καθώς το κόστος ενός πλήρους Σ.Α.Π. ξεπερνά κατά πολύ το κόστος εγκατάστασης ενός μικρού Φ/Β συστήματος, θα πρέπει να γίνει μελέτη σκοπιμότητας πριν από μια τέτοια εγκατάσταση.

Αυτό που έχει χαμηλό κόστος και θα προσφέρει κάποιον βαθμό προστασίας είναι η προστασία έναντι υπερτάσεων εξ' επαγωγής. Οι καλωδιώσεις των Φ/Β συστημάτων, καθώς είναι συχνά μεγάλου μήκους, περικλείουν την οικία, είναι κάθετες προς την γραμμή του ορίζοντα και βρίσκονται στην ύπαιθρο, είναι εύκολο να επηρεαστούν επαγωγικά από την πτώση κεραυνών. Ο τεχνικός που έχει αναλάβει την εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος, θα πρέπει να είναι σε θέση να συμβουλέψει, ή και να εκτελέσει την εγκατάσταση ο ίδιος.

Κάθε προστασία εναντίον υπερτάσεων προϋποθέτει την ύπαρξη γείωσης καλής ποιότητας. Η εγκατάσταση προστασίας χωρίς την ύπαρξη συστήματος γείωσης καλής ποιότητας είναι άσκοπη.

Ασφάλειες

Πρέπει να φροντιστεί η τοποθέτηση ασφαλειών κατάλληλου τύπου και σωστό μεγέθους. Σε περίπτωση που αποφασισθεί να χρησιμοποιηθούν αυτόματες ασφάλειες σχεδιασμένες για συνεχές ρεύμα, θα πρέπει να τοποθετηθούν και τηκόμενες ασφάλειες σε κάθε περίπτωση. Τέλος, πρέπει να φροντιστεί να εγκατασταθούν οι απαραίτητες διατάξεις ζεύξης/απόζευξης των γεννητριών, ώστε να είναι δυνατή η ασφαλής εγκατάσταση και απεγκατάστασή τους χωρίς τον κίνδυνο δημιουργίας τόξου (ARC) το οποίο μπορεί να καταστρέψει τους ακροδέκτες ή και να προκαλέσει ατύχημα ή τραυματισμό.

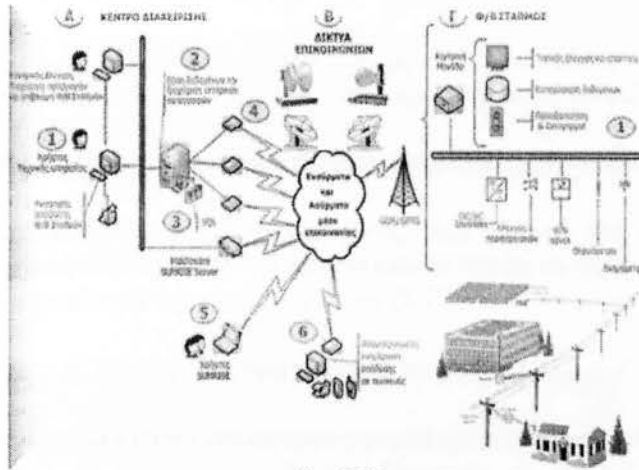
3.3.3.5.8. Σύστημα τηλεπίβλεψης

Το σύστημα αυτό καταγράφει τοπικά δεδομένα και τα μεταδίδει σε εξουσιοδοτημένους χρήστες που επιθυμούν να ελέγχουν, να ρυθμίζουν, να μεταβάλλουν και να εξάγουν συμπεράσματα για την λειτουργία και απόδοση του σταθμού από απόσταση.

Το σύστημα τηλεμετρίας αποτελείται από:

- Τον κεντρικό σταθμό MCC (Master Control Center) που παρακολουθεί το σύνολο των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών και επεξεργάζεται όλες τις πληροφορίες που συλλέγονται.
- Το δίκτυο επικοινωνιών που είναι το μέσο μετάδοσης των πληροφοριών.
- Τους απομακρυσμένους σταθμούς μέτρησης, που είναι το σύνολο του εξοπλισμού και λογισμικού, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τον έλεγχο, συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων και την μετάδοσή τους στον κεντρικό σταθμό.
- Η επικοινωνία του Φ/Β σταθμού με το κέντρο διαχείρισης μπορεί να γίνει με ασύρματα ή ενσύρματα μέσα.

σύστημα τηλεπλήξης



εικόνα 3.22

Στην περίπτωση Αυτόνομου Συστήματος απαραίτητα είναι και τα εξής δύο εξαρτήματα, επιπροσθέτως σε αυτά που προαναφέρθηκαν:

1. Ρυθμιστής Φόρτισης:

Συσκευή που χρησιμοποιείται στα αυτόνομα για να ελέγχει και να ρυθμίζει τη φόρτιση των συσσωρευτών

2. Συστοιχίες μπαταριών:

Χρησιμοποιούνται μπαταρίες κλειστού τύπου, βαθιάς εκφόρτισης και μεγάλης χωρητικότητας με υψηλής αντοχής στοιχείο.

3.3.3.6. Συντήρηση φ/β συστημάτων

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες έχουν μεγάλο χρόνο ζωής και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. Συνήθως έχουν 25 χρόνια εγγύηση λειτουργίας. Η εγγύηση δηλώνει ότι η ισχύς εξόδου των πλαισίων θα είναι τουλάχιστον 80% της αρχικής ισχύος μετά από 25 χρόνια. Εάν η γωνία εγκατάστασης είναι πάνω από 5°, η επιφάνεια καθαρίζεται από τη βροχή. Σε περίπτωση που η συγκέντρωση των ρύπων είναι υπερβολική, η επιφάνεια πρέπει να καθαριστεί με υγρό πανί. Εάν είναι απαραίτητος ο καθαρισμός της πίσω επιφάνειας, πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή, ώστε να μην δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα στο κοντί διασύνδεσης ή σε κάποιο ακροδέκτη. Σε περίπτωση που διαπιστωθεί οξείδωση σε κάποια ηλεκτρική επαφή, πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιο ειδικό προϊόν για τον καθαρισμό ηλεκτρικών επαφών.

Περιοδικά (κάθε 6-12 μήνες) πρέπει να ελέγχονται:

- Οι ηλεκτρικές διασυνδέσεις για σημάδια οξείδωσης, χαλάρωσης κ.λπ.
- Η καλωδίωση για σημάδια φθοράς
- Τα σημεία στήριξης της γεννήτριας στη ράγα
- Η ράγα στήριξης για σταθερότητα
- Οι κοιλίες σύσφιξης για οξείδωση

Να ελέγχονται επίσης και τα υπόλοιπα κομμάτια του συστήματος (μετατροπέας, συσσωρευτές) σύμφωνα με τα εγχειρίδια χρήσης τους. Οι μετατροπείς έχουν πιο μικρή εγγύηση και ίσους χρειαστούν αντικατάσταση μετά από 10 χρόνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Κανονισμοί-ειδικά πρότυπα:

EN-IEC 61215: πραγματεύεται τις ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές για φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου,

EN-IEC 61646: πραγματεύεται τα φωτοβολταϊκά τεχνολογίας λεπτών υμενίων,

IEC 61730-1: πραγματεύεται θέματα που αφορούν στις προδιαγραφές ασφαλείας τις οποίες πρέπει να πληρούν τα Φ/Β πλαίσια και τα υλικά σύνδεσής τους

IEC 60364-7-712 Ed. 1.0 : πραγματεύεται θέματα που αφορούν στην εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων σε κτηριακές εγκαταστάσεις.

HD384 : κανονισμοί για την υλοποίηση της εγκατάστασης στην πλευρά του Εναλλασσόμενου Ρεύματος (Ε.Ρ.) Παρά ταύτα, δεν υπάρχουν ενιαία αποδεκτοί κανονισμοί οι οποίοι να αναφέρονται στην υλοποίηση της ηλεκτρολογικής σύνδεσης στην πλευρά Συνεχούς Ρεύματος (Σ.Ρ.)

3.3.3.7. Ενσωμάτωση σε κτήρια

Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί έντονο ενδιαφέρον για εφαρμογές Φ/Β συστημάτων ενσωματωμένων σε κτήρια. Στις εφαρμογές αυτές τα Φ/Β συστήματα εγκαθίστανται σε κτήρια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ συγχρόνως τα Φ/Β πλαίσια χρησιμοποιούνται σαν δομικά στοιχεία για την κάλυψη εξωτερικών επιφανειών του κτηρίου, όπως π.χ. Σε οροφές, προσόψεις, σκίαστρα κ.λπ. Επίσης μπορούν να εγκατασταθούν ομοίως και σε κατασκευές του ευρύτερου οικιστικού περιβάλλοντος, όπως σε υπαίθρια πάρκινγκ, στέγαστρα, ηχοπετάσματα κ.λπ.

Για εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων σε υπάρχουσες κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κοινά πλαίσια με το πλαίσιο αλουμινίου που διαθέτουν. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται μια πρόσθετη ενδιάμεση κατασκευή πάνω στην οποία θα πρέπει να τοποθετηθούν τα Φ/Β πλαίσια.

Για εφαρμογές Φ/Β συστημάτων σε νέα κτήρια είναι προτιμότερα τα πλαίσια χωρίς το πλαίσιο αλουμινίου τα οποία επιτρέπουν την ενσωμάτωσή τους σαν δομικές επιφάνειες του κτηρίου. Η στήριξη των πλαισίων μπορεί να γίνει με ειδικά σχεδιασμένα υλικά ή με τυποποιημένα υλικά που χρησιμοποιούνται στην αγορά για την στήριξη υαλοπινάκων.

Επίσης πολλές κατασκευάστριες εταιρείες μπορούν να παράγουν Φ/Β κατά παραγγελία σε συγκεκριμένες διαστάσεις ή ακόμα και σε συγκεκριμένα γεωμετρικά σχήματα.

Για εφαρμογές ενσωμάτωσης Φ/Β πλαισίων σε κτήρια διατίθενται και πλαίσια διαφόρων χρωμάτων και βαθμού διαφάνειας, σε βάρος όμως της απόδοσης. Επίσης οι κατασκευαστές διαθέτουν και ειδικά προϊόντα όπως Φ/Β πλαίσια που μπορούν να αντικαταστήσουν απευθείας κεραμίδια, ή άλλα συμβατικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη οροφών, ή τα οποία μπορούν να μπουν ακόμα και στην θέση των κοινών υαλοπινάκων παρέχοντας ταυτόχρονα ηλιακή ενέργεια και ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες.

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτήριο:

- **Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα.** Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από ξύλινα ή μεταλλικά είδη στηριγμάτων και οι περισσότεροι κατασκευαστές Φ/Β συστημάτων προσφέρουν στηρίγματα που ταιριάζουν ακριβώς στα Φ/Β πλαίσια. Σε μερικές περιπτώσεις, η κλίση είναι ρυθμιζόμενη. Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος των Φ/Β πλαισίων, όταν χρειάζεται να γίνει συντήρηση βοηθά, επίσης, στον καλό αερισμό και στο δροσισμό των στοιχείων, αυξάνοντας έτσι την απόδοσή τους. Εντούτοις, το κόστος είναι σχετικά υψηλό, γιατί απαιτείται η χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.

- **Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοζόμενη στο εξωτερικό του κελύφους**, η οποία εξέρχει από την οροφή ή την πρόσοψη του κτηρίου. Η κατασκευή αυτή στηρίζεται στο εξωτερικό κέλυφος του κτηρίου. Χρειάζεται, όμως προσοχή για την καλή μόνωση των σημείων στα οποία στηρίζεται η βάση. Η τοποθέτηση αυτή επιτρέπει επίσης τον καλό αερισμό και την ψύξη των Φ/Β στοιχείων. Το κόστος είναι συνήθως μικρότερο σε σύγκριση με το κόστος που απαιτεί η τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά μεγαλύτερο από το κόστος των μεθόδων που περιγράφονται στη συνέχεια. Αποτελεί μια καλή λύση, ειδικά σε ανακαινιζόμενα σπίτια, στα οποία δεν είναι δυνατόν να γίνουν μεγάλες αλλαγές στο εξωτερικό του κελύφους.
- **Απευθείας τοποθέτηση**. Στην περίπτωση αυτή, η εξωτερική επίστρωση του κτηρίου αντικαθίσταται από Φ/Β πλαίσια. Παραδείγματος χάριν, τα Φ/Β στοιχεία τοποθετούνται, με τρόπο που το ένα επικαλύπτει εν μέρει το άλλο, όπως ακριβώς τα κεραμίδια. Το φωτοβολταϊκό κάλυμμα προστατεύει το κτήριο, αλλά δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα για την στεγανοποίησή του. Το κόστος όμως αυτής της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλό, γιατί απαιτεί ελάχιστα πρόσθετα υλικά. Επίσης, η υποκατάσταση ορισμένων δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την εξωτερική κάλυψη του κελύφους του από τα Φ/Β πλαίσια μειώνει το συνολικό κόστος.
- **Ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στο κέλυφος του κτηρίου**. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτηριακού κελύφους από Φ/Β πλαίσια. Η καλή εφαρμογή αυτής της τεχνικής απαιτεί τη στεγανή σύνδεση των Φ/Β πλαισίων μεταξύ τους. Παραδείγματος χάριν, Φ/Β στοιχεία χωρίς μεταλλικό σκελετό τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για την στήριξη συμβατικών διαφανών οροφών ή προσόψεων. Τα νέου τύπου ημιδιαφανή στοιχεία είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων, παρέχοντας στο σχεδιαστή τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών φωτισμού και ηλιοπροστασίας παράλληλα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των Φ/Β παρέχει δυνατότητες για σημαντική μείωση του κόστους, καθώς εξοικονομείται το κόστος των δομικών στοιχείων του κελύφους τα οποία αντικαθίστανται από τα Φ/Β στοιχεία.

Το μεγάλο πλεονέκτημα των BIPVs είναι προφανώς η βελτιωμένη εμφάνιση του συστήματος. Με ένα ενσωματωμένο σύστημα στη στέγη τα πλαίσια είναι στην πραγματικότητα αθέατα. Επίσης σε ένα καινούργιο κτήριο συμφέρει η χρήση των BIPVs καθώς αποφεύγουμε το επιπλέον κόστος των κεραμιδιών ή άλλων δομικών στοιχείων και της τοποθέτησής τους.

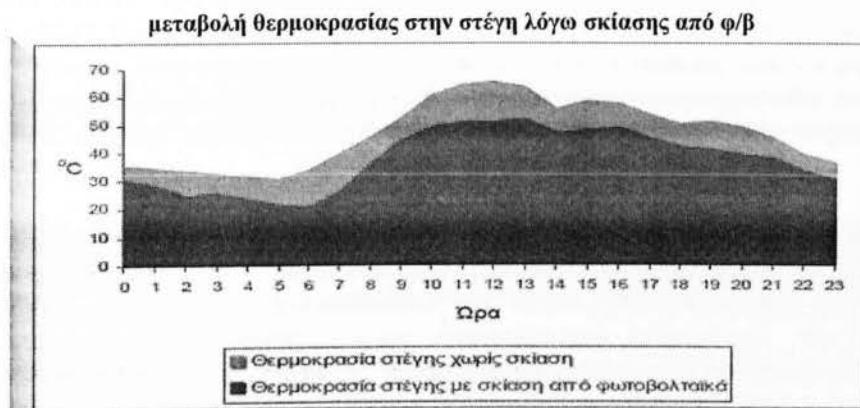
Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό ώστε τα Φ/Β πλαίσια να δένουν αισθητικά με την αρχιτεκτονική του κτηρίου. Κατά τη φάση της σχεδίασης του Φ/Β συστήματος απαιτείται πλέον και η ενεργός συμμετοχή των αρχιτεκτόνων, ώστε να συνδυασθεί η τεχνική λύση με αποτελέσματα που πληρούν τους όρους της αισθητικής.

Το κυριότερο μειονέκτημα είναι το κόστος τους που σ' αυτή την περίπτωση μπορεί κάποιες φορές να είναι πιο αυξημένο σε σύγκριση με μια τυπική Φ/Β εγκατάσταση πάνω σε μια υπάρχουσα στέγη αλλά αν δούμε το BIPV σαν δομικό στοιχείο τότε είναι το μόνο που μπορούμε να αποσβέσουμε σε βάθος χρόνου στο κτήριο.

Ένας επιπρόσθετος παράγοντας που χρίζει προσοχής είναι ο αερισμός των πλαισίων και αυτό γιατί η απόδοσή τους «πέφτει» ελαφρώς με την αύξηση της θερμοκρασίας. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να εξασφαλίσουμε αρκετή ποσότητα ροής αέρα πίσω από τα πλαίσια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η θερμοκρασία του δώματος κάτω ακριβώς από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι χαμηλότερη απ' ό,τι η θερμοκρασία του ακάλυπτου δώματος. Σε μια ζεστή καλοκαιρινή μέρα με άπνοια, η θερμοκρασία του δώματος κάτω από τα φωτοβολταϊκά μπορεί να είναι και 13 βαθμούς χαμηλότερη από ό,τι αν ο ήλιος χτυπούσε κατ' ευθείαν το δώμα, όπως φαίνεται και στο παρακάτω ενδεικτικό διάγραμμα. Με άλλα λόγια, ο τελευταίος όροφος ενός κτηρίου υποφέρει λιγότερο από τη ζέστη.



εικόνα 3.23

Επίσης τα φωτοβολταϊκά μπορούν να συνδυαστούν με πράσινη στέγη. Στην περίπτωση αυτή έχουμε πολλαπλά οφέλη. Η μεν πράσινη στέγη δροσίζει το φωτοβολταϊκό και αυξάνει την απόδοσή του, το δε φωτοβολταϊκό εμποδίζει τη γρήγορη εξάτμιση και απαιτείται λιγότερο νερό για την πράσινη στέγη. Επιπλέον, μετρήσεις έδειξαν ότι αυξάνει την βιοποικιλότητα της πράσινης στέγης στα σημεία που σκιάζεται από τα φωτοβολταϊκά.

Πλεονεκτήματα διάσπαρτης παραγωγής από μικρές μονάδες

- Τα Φ/Β αποτελούν την κυριότερη τεχνολογία ανανεώσιμων που μπορεί να ενταχθεί ευρέως στις πόλεις με αποδεκτές αισθητικά λύσεις.
- Μείωση της ζήτησης και ειδικά όταν η ηλεκτρική παραγωγή από Φ/Β συμπίπτει με την αιχμή ζήτησης
- μείωση των απωλειών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας
- αύξηση της αξιοπιστίας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο
- αντικατάσταση ή αναβολή επέκτασης συμβατικών σταθμών παραγωγής με θετικά αποτελέσματα για το περιβάλλον
- δεν χρειάζεται να γίνουν νέα δίκτυα άρα επενδύσεις για την απορρόφηση της ενέργειας
- σύντομος χρόνος ένταξης μονάδων Φ/Β στο δίκτυο
- σύμπτωση παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος από τα Φ/Β με την αιχμή ζήτησης, όπως οι καλοκαιρινές αιχμές λόγω χρήσης κλιματιστικών
- διείσδυση χωρίς κανένα πρόβλημα μέχρι βαθμό διείσδυσης περίπου 25 με 30% του μέγιστου φορτίου του συστήματος, χωρίς να δημιουργούν προβλήματα συνεργασίας και ασφάλειας με το ηλεκτρικό σύστημα

3.3.4. «ΕΙΔΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΥΡΙΩΣ ΣΕ ΔΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΕΓΕΣ ΚΤΗΡΙΩΝ»

Από 1ης Ιουλίου 2009 ισχύει πλέον η δυνατότητα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10kWp και στη στέγη των σπιτιών, άρα η παραγωγή και πώληση ρεύματος από ηλιακή ενέργεια και από ιδιώτες. (12323/ΓΓ175/4.6.2009 Κοινή Υπουργική Απόφαση - ΚΥΑ). Τα διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ εντάσσονται στο καθεστώς του ανεξάρτητου παραγωγού. Δηλαδή, το σύνολο της ενέργειας που παράγεται από την ηλεκτροπαραγωγική μονάδα πωλείται στη ΔΕΗ και δεν χρησιμοποιείται για την μερική ή ολική τροφοδότηση των φορτίων της κτηριακής εγκατάστασης (ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου).

Στα μέσα του 2010, το Κοινοβούλιο ενέκρινε ένα νέο νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Ν. 3851/2010, ΦΕΚ 85Α, 4-6-2010), ο οποίος επιφέρει σημαντικές αλλαγές σε ότι αφορά στην αδειοδότηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ακολούθησαν μια σειρά από υπουργικές αποφάσεις, οι οποίες τροποποίησαν παλαιότερες ρυθμίσεις κυρίως πολεοδομικού χαρακτήρα για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, όπως η ΥΑ 36720/25-8-2010 "Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτήρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς" (ΦΕΚ 376/6-9-2010) σύμφωνα με την οποία δεν χρειάζεται πλέον ούτε η άδεια εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, όπως ίσχυε μέχρι πρότινος.

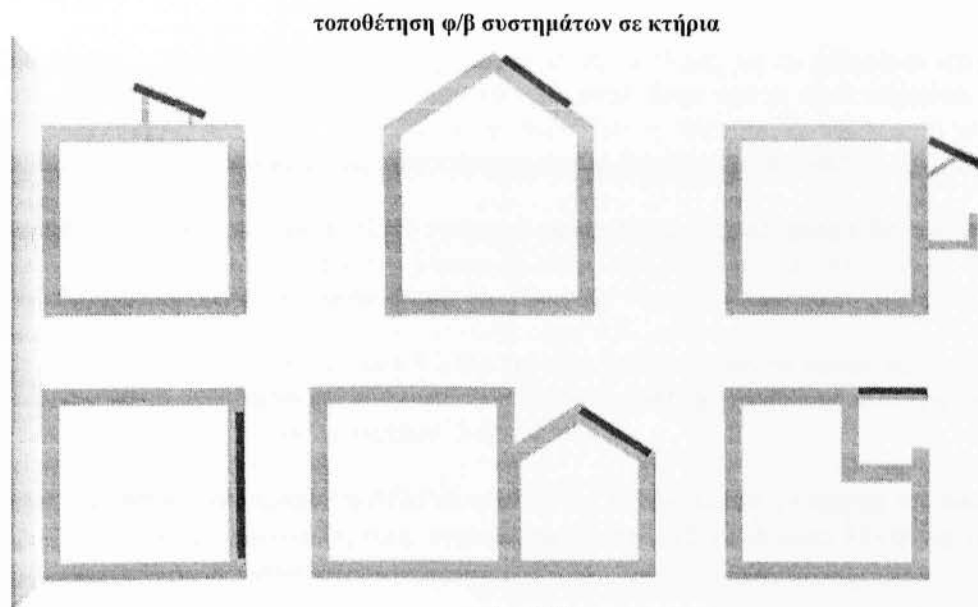
Τα δύο βασικά πλεονεκτήματα που δίνει στους ιδιώτες είναι τα εξής:

1. Δεν απαιτούνται πολύπλοκες διαδικασίες όπως αδειοδοτήσεις από διάφορους φορείς, ούτε φορολογικές υποχρεώσεις όπως έναρξη επαγγελματικής δραστηριότητας παραγωγής ρεύματος ή φορολόγηση για την παραγωγή του ρεύματος.
2. Η τιμή αγοράς από την ΔΕΗ του παραγόμενου ρεύματος είναι 0,55 ευρώ ανά κιλοβατώρα (αναπροσαρμοζόμενη προς τα επάνω ετησίως) ενώ η τιμή που χρεώνει η ΔΕΗ για την κατανάλωση του ιδιοκτήτη είναι περίπου 5 φορές χαμηλότερη. Οι όροι αυτοί ισχύουν μέχρι το 2012, μετά η τιμή θα αρχίσει να αποκλιμακώνεται κατά 5% ετησίως και η σύμβαση που υπογράφεται είναι για 25 χρόνια.

Έτσι λοιπόν η διαδικασία ολοκληρώνεται εντός το πολύ 65 ημερών και απαιτείται μόνο αίτηση στη ΔΕΗ (με εξαίρεση διατηρητέα κτήρια και παραδοσιακούς οικισμούς όπου απαιτείται η έγκριση της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου [ΕΠΑΕ]). Τα υπόλοιπα τα αναλαμβάνει η εταιρεία φωτοβολταϊκών που θα κάνει την εγκατάσταση. Για τη συμμετοχή στο πρόγραμμα απαιτείται η ύπαρξη ή η εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα (ή άλλης εγκατάστασης Α.Π.Ε για ζεστό νερό χρήσης, όπως π.χ. Γεωθερμία).

3.3.4.1. Πού επιτρέπεται

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών επιτρέπεται σε στέγες σπιτιών, σε ταράτσες μονοκατοικίας ή πολυκατοικίας, συμπεριλαμβανομένων στεγαστρών βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτηρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης, αλλά και σε οικόπεδα (ακόμη και σε εκτός σχεδίου) αρκεί να υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο της ΔΕΗ.



εικόνα 3.24

Για να ενταχθούν στο Πρόγραμμα οι οικιακοί καταναλωτές, θα πρέπει:

1. Να έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Να έχουν δηλαδή μετρητή της ΔΕΗ στο όνομά τους (ή στον κοινόχρηστο λογαριασμό της πολυκατοικίας αν επιλεγεί συλλογική εγκατάσταση).
2. Να καλύπτεται μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. ηλιακό θερμοσίφωνα, βιομάζα, γεωθερμική αντλία θερμότητας)

Από τον Σεπτέμβριο του 2010, το Πρόγραμμα αφορά όλη την Επικράτεια. Ως μέγιστη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων στο πλαίσιο του Προγράμματος ορίζεται, για την ηπειρωτική χώρα, τα διασυνδεδεμένα με το σύστημα νησιά και την Κρήτη τα 10 kWp και για τα λοιπά μη διασυνδεδεμένα νησιά τα 5 kWp.

Στην περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτηρίου (ταράτσα), επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός και μόνο συστήματος και τότε πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω όροι. Είτε να συμφωνήσουν εγγράφως οι υπόλοιποι ιδιοκτήτες, είτε το φωτοβολταϊκό να εγκατασταθεί εξ ονόματος όλων των ιδιοκτητών (τους οποίους στην περίπτωση αυτή εκπροσωπεί ο διαχειριστής). Αν οι ταράτσα είναι κοινόκτητη και οι κύριοι του χώρου αυτού θέλουν να την παραχωρήσουν σε κάποιο άλλο ιδιοκτήτη του κτηρίου που δεν έχει δικαιώματα στην ταράτσα, μπορούν να το κάνουν. Αν το σύστημα μπει σε στέγαστρο βεράντας διαμερίσματος, προφανώς μπορούν να μουν περισσότερα συστήματα σε μια πολυκατοικία.

3.3.4.2. Πόσο κοστίζει και τί αποδίδει

Όλη η παραγόμενη από τα φωτοβολταϊκά ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ και πωλείται προς 55 λεπτά την κιλοβατώρα (0,55 €/kWh), τιμή που είναι εγγυημένη για 25 χρόνια για τις Συμβάσεις Συμψηφισμού που συνάπτονται τα έτη 2009,2010,2011 και αναπροσαρμόζεται με τον πληθωρισμό (25% επί του πληθωρισμού ετησίως). Αξίζει, ωστόσο, να σημειωθεί πως η παραπάνω τιμή μειώνεται κατά 5% ετησίως για τις Συμβάσεις Συμψηφισμού που συνάπτονται το διάστημα από 01/01/2012 μέχρι και 31/12/2019.

Ο ιδιώτης παραγωγός συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ και να το πληρώνει στην τιμή που το πληρώνει και σήμερα (περίπου 10-12 λεπτά την κιλοβατώρα). Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει ένα νέο μετρητή για να καταγράφει την παραγόμενη ενέργεια. Το κόστος για το ρολόι βαρύνει τον παραγωγό και το κόστος σύνδεσης τις περισσότερες φορές δεν ξεπερνά τα 500€.

Ένα kWp κοστίζει περίπου 3500 ευρώ τελική τιμή μαζί με τα έξοδα τοποθέτησης κ.λπ. και παράγει περίπου 1200 kWh ανά έτος (λίγο χαμηλότερα στη βόρεια Ελλάδα, λίγο περισσότερο στη νότια). Έτσι λοιπόν θα αποδίδει στον ιδιοκτήτη περίπου 660 ευρώ ετησίως.

Αρα λοιπόν με φωτοβολταϊκή εγκατάσταση 5 kWp (κόστος 25000 ευρώ) τα έσοδα θα είναι περίπου 3300 ευρώ ετησίως και με εγκατάσταση 10 kWp (κόστος 30000 ευρώ) τα έσοδα θα είναι περίπου 6600 ευρώ ετησίως. Η απόσβεση γίνεται λοιπόν σε περίπου 5-6 χρόνια.

Από τα έσοδα αυτά βέβαια θα αφαιρεί η ΔΕΗ το κόστος της κατανάλωσης ρεύματος του σπιτιού (το οποίο όπως είπαμε το χρεώνει με χαμηλότερη τιμή, σήμερα γύρω στα 0,12 ευρώ κατά Μ.Ο) και το υπόλοιπο θα κατατίθεται σε λογαριασμό του δικαιούχου.

Αν, για παράδειγμα, στο δίμηνο το φωτοβολταϊκό σας παράγει ηλεκτρική ενέργεια αξίας 250€ και καταναλώνετε ενέργεια αξίας 100€, θα σας έρθει πιστωτικός λογαριασμός 150€, ποσό που θα καταθέσει η ΔΕΗ στον τραπεζικό σας λογαριασμό.

Πέρα από την ελκυστική τιμή αγοράς του παραγόμενου ρεύματος, δεν υπάρχει επιδότηση αγοράς εξοπλισμού. Ήδη όμως κάποιες τράπεζες προσφέρουν δάνεια, ειδικά για αυτό τον σκοπό με ευνοϊκότερους όρους. Ο οικιακός μικροπαραγωγός ηλιακού ηλεκτρισμού δεν θεωρείται πια επιτηδευματίας, με άλλα λόγια απαλλάσσεται από το άνοιγμα βιβλίων στην εφορία.

Όπως αναφέρει η σχετική κοινή υπουργική απόφαση, "δεν υφίστανται για τον κύριο του φωτοβολταϊκού συστήματος φορολογικές υποχρεώσεις για τη διάθεση της ενέργειας αυτής στο δίκτυο" Με άλλα λόγια, τα όποια έσοδα έχουν από την πώληση της ενέργειας δεν φορολογούνται. Με βάση τον ισχύοντα φορολογικό νόμο, δικαιούνται επιπλέον και έκπτωση δαπανών από το εισόδημα (εκπίπτει 20% της δαπάνης για εγκατάσταση φωτοβολταϊκού και μέχρι 700€ ανά σύστημα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

3.3.4.3. Τί ισχύει στις άλλες χώρες της Ε.Ε.

Η οικονομική πολιτική feed-in-tariff είναι η πιο διαδεδομένη αυτή τη στιγμή στην Ε.Ε. , δηλαδή η αγορά της Φ/Β κιλοβατώρας σε ικανοποιητική τιμή από τον εκάστοτε εθνικό φορέα, χωρίς περαιτέρω επιδοτήσεις δημοσίου χρήματος στην επένδυση. Ακολουθεί πίνακας με ενδεικτικές τιμές:

πίνακας 3.Υ Μέτρα υποστήριξης Φ/Β στην Ε.Ε

Μέτρα Υποστήριξης Φ/Β στην Ε.Ε

ΧΩΡΑ	ΤΙΜΗ kWh	ΣΥΜΒΑΣΗ
Αυστρία	€0,60 < 20kWp, €0,47 > 20kWp	2003,2
Βέλγιο	0,45 €	10 έτη
Γαλλία	€0,15 (< 5kWp οικίες, < 150kWp εκτός κτηρίων, < 1MWp εμπορικά/δημόσια κτήρια), €0,30 (Κορσική/Κοινοπολιτεία)	20 έτη
Γερμανία	€0,574 (στέγες), €0,624 (προσόψεις) < 30kWp €0,545 (στέγες), €0,596 (προσόψεις) 30kWp- 100kWp €0,540 (στέγες), €0,590 (προσόψεις) > 100kWp	20 έτη
Ιταλία	€0,60 για σύμβαση 20 έτη, €0,90 για σύμβαση 10 έτη και χρηματοδότηση περίσσειας ενέργειας από Φ/Β	Από 2005
Ισπανία	€0,4215 < 100kWp, €0,22 από 100kWp-50MWp	25 έτη
Κύπρος	€0,26 σε συνδυασμό με επιδότηση αρχικού κεφαλαίου	
Πορτογαλία	€0,51 < 5kWp, €0,28 > 5 kWp (αν.π.) €0,25 (αυτοπαρ.)	Διάρκεια ζωής

Διαδικασίες

Σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση “Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτήρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς”(25-82010) δεν χρειάζεται πλέον ούτε η άδεια εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, όπως ίσχυε μέχρι πρότινος. Απλώς πρέπει να γνωστοποιηθεί η έναρξη εργασιών στη ΔΕΗ όταν κατατεθεί εκεί ο φάκελος για σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο.

Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πάνω από την απόληξη του κλιμακοστασίου, του φρεατίου ανελκυστήρα και οποιασδήποτε άλλης κατασκευής. Η διάταξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων δεν θα πρέπει να δημιουργεί χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης ή ημιυπαίθριο. Σε περίπτωση ορόφου σε υποχώρηση, οι εγκαταστάσεις αυτές θα περιορίζονται στο περίγραμμα του ορόφου.

Σε περίπτωση τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών σε υπάρχουσες στέγες, θα πα πρέπει αυτή να γίνεται εντός του περιγράμματος της στέγης ακολουθώντας την κλίση της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Αν τα φωτοβολταϊκά τοποθετούνται σε δώμα, θα πρέπει η απόσταση από το στηθαίο του δωματος να είναι μισό (0,5) μέτρο εσωτερικά αυτού για λόγους ασφαλείας.

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν από κάποιον ενδιαφερόμενο επενδυτή είναι τα εξής:

1. Να έρθει σε επαφή με μια εταιρεία που θα προμηθεύσει τον εξοπλισμό και θα κάνει την εγκατάσταση για να αποφασισθεί τί σύστημα θα επιλεγεί τελικά και πώς θα εγκατασταθεί.
2. Με τη βοήθεια της εταιρείας- εγκαταστάτη, να κάνει την αίτηση στην τοπική μονάδα Δικτύου της ΔΕΗ (Περιοχή) στην οποία γνωστοποιείται και η έναρξη εργασιών, υπογράφοντας ο ίδιος και ο υπεύθυνος για την εγκατάσταση μηχανικός. Επισυνάπτονται τα έγγραφα και τα στοιχεία υπ' αριθμ. 1 έως και 7 του εντύπου αίτησης. Η ΔΕΗ εξετάζει το αίτημα και προβαίνει εντός είκοσι (20) ημερών από την παραλαβή της αίτησης στην έγγραφη διατύπωση Προσφοράς Σύνδεση η οποία περιλαμβάνει την περιγραφή και την δαπάνη των έργων σύνδεσης και ισχύει για τρεις (3) μήνες από την ημερομηνία έκδοσής της.

Αφού ο ιδιοκτήτης κάνει αποδεκτή την προσφορά όρων σύνδεσης, υπογράφει την σύμβαση καταβάλλοντας την σχετική δαπάνη στην Περιοχή ΔΕΗ. Η ΔΕΗ κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης εντός είκοσι (20) ημερών από την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης, εφόσον δεν απαιτούνται νέα έργα Δικτύου (πέραν της εγκατάστασης νέου μετρητή).

3. Να υποβάλει αίτηση κατάρτισης της Σύμβασης Συμψηφισμού στην τοπική υπηρεσία εμπορίας της ΔΕΗ, ή στα γραφεία άλλου προμηθευτή (εφόσον η ΔΕΗ δεν είναι ο προμηθευτής ηλεκτρικής ενέργειας για τον συγκεκριμένο μετρητή κατανάλωσης με τον οποίο θα γίνεται συμψηφισμός). Η σύμβαση υπογράφεται εντός δεκαπέντε (15) ημερών από την παραλαβή του αιτήματος.
4. Να υποβάλει αίτηση ενεργοποίησης της σύνδεσης στην Περιοχή ΔΕΗ.

Επισυνάπτονται τα έγγραφα και στοιχεία υπ' αριθμ. 9 έως και 11 του εντύπου αίτησης. Προϋποθέσεις είναι η ετοιμότητα της εγκατάστασης και η ολοκλήρωση των έργων σύνδεσης. Η ΔΕΗ τον ειδοποιεί τηλεφωνικά για τον ορισμό της ημερομηνίας διενέργειας του ελέγχου της εγκατάστασης. Η ενεργοποίηση της σύνδεσης γίνεται αμέσως μετά από την επιτυχή ολοκλήρωση του ελέγχου. Εάν κατά την διενέργεια του ελέγχου διαπιστωθούν ελλείψεις ή δυσλειτουργίες στις εγκαταστάσεις του ενδιαφερομένου, η σύνδεση παραμένει ανενεργή μέχρις ότου ο ενδιαφερόμενος προβεί στις διορθωτικές ενέργειες που θα του υποδείξει η ΔΕΗ.

3.4.ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

3.4.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υπάρχουν περιπτώσεις που ένας καταναλωτής δεν έχει την δυνατότητα να συνδεθεί με το δίκτυο παροχής ενέργειας ώστε να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες. Σε αυτές τις περιπτώσεις, πρέπει να εγκατασταθεί ένα αυτόνομο σύστημα παραγωγής ενέργειας. Πριν την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ήπιων μορφών ενέργειας ένα τέτοιο σύστημα θα είχε ως βάση μια ηλεκτρογεννήτρια που θα λειτουργούσε με πετρέλαιο. Πλέον, υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης συστημάτων ήπιων μορφών ενέργειας που θα εξασφαλίζουν αυτονομία. Επειδή όμως η χρήση μιας και μόνο πηγής ενέργειας δεν επαρκεί ή θα απαιτούσε υπερδιαστασιολόγηση του συστήματος, χρησιμοποιούνται τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας.

Ένα υβριδικό σύστημα είναι ένα δυναμικό σύστημα ισχύος το οποίο χρησιμοποιεί πάνω από μία μεθόδους παραγωγής ενέργειας για να καλύπτει την απαιτούμενη ενέργεια. Συνήθως, εκτός από τα φωτοβολταϊκά, συνδυάζονται και άλλες πηγές ενέργειας, (κυρίως τοπικές και ανανεώσιμες) όπως ανεμογεννήτριες, μικρουδροηλεκτρική ισχύς, υδροηλεκτρική ισχύς ποταμών, βιομάζα. Συχνό φαινόμενο, όμως, είναι να συνδυάζεται μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μία συμβατική πηγή όπως η τροφοδοσία από το τοπικό δίκτυο ή από ηλεκτρογεννήτριες πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος - H/Z), μπαταρίες και γεννήτριες μετατροπής. Γενικά τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν τις μορφές ενέργειας για να τροφοδοτούν το σύστημα συνεχώς με σταθερή τάση, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους διακοπής της τροφοδοσίας. Χαρακτηρίζονται ως δυναμικά συστήματα, καθώς είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εναλλάσσονται ανάμεσα στις διαθέσιμες πηγές ενέργειας ή και να τις συνδυάζουν ταυτόχρονα με αποτέλεσμα να εξαρτώνται κατά το ελάχιστο από τις μεταβολές των εξωγενών παραγόντων, όπως το τοπικό δίκτυο, η ηλιοφάνεια, η ένταση του ανέμου, η ροή του νερού κ.λπ.

3.4.2. ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΕΝΑ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Τα υβριδικά συστήματα κατά κύριο λόγο εφαρμόζονται για την αδιάλειπτη λειτουργία σημαντικών οικιακών, επαγγελματικών εφαρμογών ή εφαρμογών πρώτης ανάγκης όπως στρατιωτικές μονάδες, αεροδρόμια, νοσοκομεία ηλεκτρικών φορτίων ή ευαίσθητων φορτίων, σε περιοχές όπου το κεντρικό δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα (διακοπές ή μεταβολές τάσης). Ο πιο συνηθισμένος συνδυασμός είναι αυτός μιας συστοιχίας φωτοβολταϊκών και μιας ανεμογεννήτριας. Τα φωτοβολταϊκά είναι πιο ισχυρά για μικρά φορτία, ενώ οι ανεμογεννήτριες, συνήθως, βοηθούν για μεγαλύτερα φορτία. Επίσης, για οικιακή χρήση υπάρχουν τα υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών – θερμικής ισχύος (PV-T). Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συλλέκτες που ενσωματώνουν σε ένα σώμα την παραγωγή ηλεκτρικής & θερμικής ενέργειας για την κάλυψη όλων των τύπων αναγκών ενός κτιρίου. Ενώ στα τυπικά φωτοβολταϊκά πάνελ ο συντελεστής απόδοσης πέφτει με την άνοδο της θερμοκρασίας, αντίθετα τα υβριδικά πάνελ PV-T επωφελούνται απορροφώντας την περιττή θερμότητα του φωτοβολταϊκού τμήματος για την παραγωγή θερμικής ενέργειας. Αυτή η λειτουργία δρα ευεργετικά για το φωτοβολταϊκό τμήμα, το οποίο λειτουργεί σε ιδανικές θερμοκρασίες και επομένως παράγει έως και 50% περισσότερη ενέργεια από ένα αντίστοιχο απλό φωτοβολταϊκό πάνελ. Σε εφαρμογές που η ανάγκη για συνεχή παροχή ενέργειας είναι επιτακτική μπορεί να εφαρμοστεί ο συνδυασμός μιας συστοιχίας φωτοβολταϊκών με μια ανεμογεννήτρια και μία ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου. Έτσι, επιτυγχάνεται η αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος όλο το χρόνο (και το χειμώνα όπου η ανεμογεννήτρια παίζει ένα σημαντικό ρόλο ενίσχυσης όλου του φωτοβολταϊκού συστήματος). Παράλληλα η ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου, συνήθως ενεργοποιείται αυτόματα σε έκτακτες περιπτώσεις για να υποβοηθήσει το φωτοβολταϊκό σύστημα. Εφόσον το υβριδικό σύστημα αποτελείται μόνο από ηλεκτρογεννήτρια και είναι εγκατεστημένο σε συνδυασμό με το κεντρικό δίκτυο, τότε το κεντρικό δίκτυο χρησιμοποιείται ως εφεδρική πηγή σε περίπτωση ανάγκης.

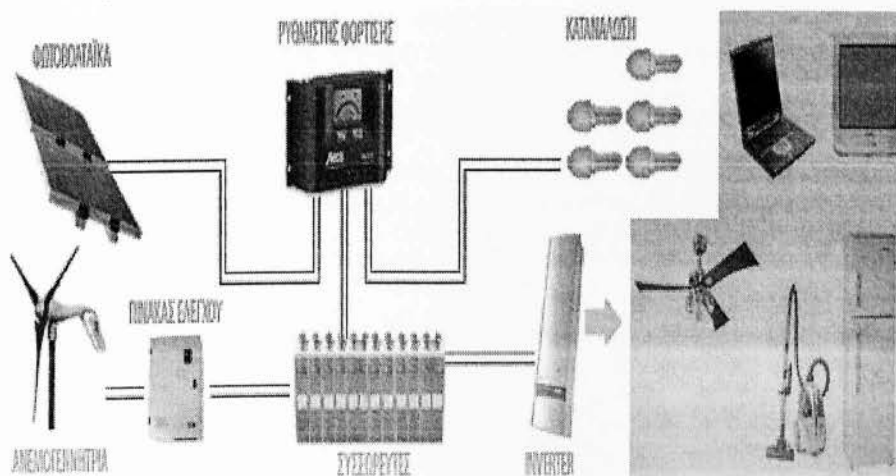
3.4.3.ΜΕΡΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ Φ/Β -ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η λύση του υβριδικού συστήματος χρησιμοποιείται κατά κόρον σε κτήρια απομακρυσμένα από το κεντρικό δίκτυο όπου δεν υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις. Στα υβριδικά συστήματα αυτά εγκαθίστανται φωτοβολταϊκά πλαίσια για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και μικρή ανεμογεννήτρια για παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο. Η ενέργεια που παράγεται είτε καταναλώνεται άμεσα για την κάλυψη των φορτίων είτε-όταν υπάρχει περίσσια-αποθηκεύεται σε μπαταρίες μεγάλου βάθους εκφόρτισης οι οποίες αποδίδουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν δεν παράγεται από τα φωτοβολταϊκά και την ανεμογεννήτρια. Για να μην υπάρξει κίνδυνος να μείνει χωρίς ρεύμα το κτήριο (σε περιπτώσεις συννεφιάς και άπνοιας), καλό είναι να υπάρχει και μια μικρή γεννήτρια πετρελαίου. Κατά τον σχεδιασμό του συστήματος πρέπει να ληφθεί υπ' όψη πως ενώ συνολικά η ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά εγκατεστημένο kW είναι μεγαλύτερη από ανεμογεννήτρια σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά, τα φωτοβολταϊκά έχουν το πλεονέκτημα να παράγουν έστω και μικρά ποσά ενέργειας ακόμα και με συννεφιά. Αντιθέτως, όταν υπάρχει άπνοια, η ανεμογεννήτρια δεν παράγει καθόλου ενέργεια.

Ένα υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιεί φωτοβολταϊκά και μικρή ανεμογεννήτρια αποτελείται στο σύνολό του από τα εξής μέρη:

- φωτοβολταϊκά για την παραγωγή ενέργειας από τον ήλιο
- ανεμογεννήτρια για την παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο
- ρυθμιστής φόρτισης μπαταριών για την φόρτιση των μπαταριών από τα φωτοβολταϊκά
- inverter για την μετατροπή της τάσης του ρεύματος από τις μπαταρίες στα φορτία
- μπαταρίες κλειστού τύπου για την αποθήκευση της ενέργειας
- πίνακας προστασίας και ελέγχου για τον έλεγχο του συστήματος

υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας με τη χρήση φωτοβολταϊκών και μικρής ανεμογεννήτριας



εικόνα 3.25

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Νομπιλάκης Σπυρίδων, 2011 «Διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Διασυνδεδεμένη Κατοικία»
- [2] AVECO Ο.Ε.Τ.Ε. , επίσημη ιστοσελίδα: www.aveco.gr
- [3] PHOTOVOLTAIC , επίσημη ιστοσελίδα: www.photovoltaic.gr
- [4] «Μικρές ανεμογεννήτριες, Εφαρμογές τον Οικιακό Τομέα», Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών, Οκτώβριος 2009, επίσημη ιστοσελίδα: www.cea.org.cy
- [5] «ΗΛΙΑΚΕΣ ΣΤΕΓΕΣ, Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στον οικιακό-κτηριακό τομέα», Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, Ιούλιος 2009
- [6] Ιωάννης Κ.Καλδέλλης, 1999, «Διαχείριση της αιολικής ενέργειας»
- [7] Ιωάννης Κ.Καλδέλλης, Κοσμάς Α.Καβαδίας, 2001, « Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας»

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ^{[1][2]}

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν σχεδιάζεται μια εγκατάσταση συστημάτων ήπιων μορφών ενέργειας πρέπει να εξετασθούν συγκεκριμένα ζητήματα έτσι ώστε η διαστασιολόγηση του συστήματος να επιτυγχάνει βέλτιστη χρηστικότητα και οικονομική αποδοτικότητα.

Πρώτο στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπ' όψη είναι η ενεργειακή παραγωγή που πρέπει στο ελάχιστο να επιτυγχάνεται από την εγκατάσταση.

Στην περίπτωση αυτόνομου καταναλωτή ο σχεδιασμός πρέπει να εξασφαλίζει την ύπαρξη διαθέσιμης ηλεκτρικής ενέργειας ανά πάσα στιγμή μέσω του συστήματος των ήπιων μορφών.

Εάν το κτήριο είναι διασυνδεδεμένο με την ΔΕΗ, τότε ο στόχος για την ποσότητα ενέργειας που παράγει η εγκατάσταση ορίζεται από τον ιδιοκτήτη-επενδυτή. Στα διασυνδεδεμένα κτήρια δεν υπάρχει ανάγκη για αποθήκευση της ενέργειας και γι' αυτό δεν επιβαρύνονται με το κόστος των μπαταριών.

Επίσης, στα διασυνδεδεμένα κτήρια, σημασία έχει το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας και όχι το πότε αυτή είναι διαθέσιμη.

Στην παρούσα εργασία εξετάζουμε με θεωρητικούς υπολογισμούς την λειτουργία μικρών ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Για να μπορούμε να υπολογίσουμε την απόδοση από την ανεμογεννήτρια πρέπει να έχουμε δεδομένα για το αιολικό δυναμικό της περιοχής.

Αντίστοιχα, για τα φωτοβολταϊκά, πρέπει να έχουμε γνώση της ετήσιας μέσης έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας έτσι ώστε να μπορούμε να προβλέψουμε την ενέργεια που θα μας αποφέρει η τοποθέτησή τους.

Βασικό στοιχείο του σχεδιασμού είναι το κόστος αγοράς και εγκατάστασης. Ο υπολογισμός του κόστους είναι σχετικά εύκολος καθώς είναι δεδομένες οι τιμές της αγοράς.

Έχοντας τα δεδομένα για το αιολικό δυναμικό και την ηλιοφάνεια στην περιοχή εγκατάστασης και ξέροντας το κόστος ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος για την ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά, μπορούμε να υπολογίσουμε ορισμένα σημαντικά στοιχεία που θα βοηθήσουν στον κατάλληλο σχεδιασμό του συστήματος.

Πιο συγκεκριμένα, μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας, το κόστος της εγκατάστασης και τα έσοδα από την πώληση της ενέργειας, ενώ μπορούν να υπολογισθούν και οικονομικοί δείκτες για την αξιολόγηση της επένδυσης όπως η Καθαρά Παρούσα Αξία (ηρν)

Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι υπολογισμοί των παραπάνω στοιχείων για διαφορετικές περιπτώσεις αιολικού δυναμικού και ηλιοφάνειας και για διαφορετικούς (ως προς την εγκατεστημένη ισχύ και όχι τα χαρακτηριστικά απόδοσης) συνδυασμούς ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών πλαισίων.

4.2.ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Για το υπολογιστικό μέρος της εργασίας έχουν ληφθεί τρεις περιπτώσεις αιολικού δυναμικού και τρεις περιπτώσεις μέσης ηλιακής έντασης ακτινοβολίας.

Για το αιολικό δυναμικό έχει επιλεγεί το θεωρητικό μοντέλο της κατανομής Weibull για τον υπολογισμό της πυκνότητας πιθανότητας στο οποίο θέτοντας διαφορετικές τιμές στις σταθερές k και C προκύπτουν τα αιολικά δυναμικά.

Για την μέση ετήσια ένταση ηλιακής ακτινοβολίας έχουν ληφθεί τρεις τιμές. Μια χαμηλή τιμή που βρίσκεται στην ζώνη G και αντιστοιχεί σε τιμές που συναντώνται στην βόρεια Ελλάδα, μια μεσαία τιμή στην ζώνη D που αντιστοιχεί στην κεντρική Ελλάδα και μια υψηλή τιμή που αντιστοιχεί σε τιμές για την Ρόδο ή τις Κυκλάδες.

4.2.1.ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)

4.2.1.1.Ετήσια παραγωγή ενέργειας από ανεμογεννήτρια

Για τους υπολογισμούς της παραγωγής ενέργειας από μικρές ανεμογεννήτριες, θεωρήσαμε πως οι εκάστοτε μηχανές που επιλέγουμε λειτουργούν με καμπύλη λειτουργίας N/N_0 ίδια με αυτήν της εφαρμογής 4.13 του βιβλίου “υπολογιστικές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας (Αιολική Ενέργεια-Μικρά Υδροηλεκτρικά)” των Ι.Κ.Καλδέλλη, Κ.Α.Καββαδία. Μέσω της καμπύλης Weibull και για διαφορετικές σταθερές C (με $C=1,1$ μέσο) και $K = 1,8$ υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής ισχύος ω . Οι τιμές N/N_0 σε σχέση με την ταχύτητα του αέρα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

πίνακας 4.1 τιμές N/N_0 για την ανεμογεννήτρια της μελέτης

Ταχύτητα (m/s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Αδιάστατη ισχύς (N/N_0)	0,00	0,00	0,00	0,03	0,09	0,16	0,25	0,36	0,50	0,67	0,83	0,93	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Η πυκνότητα πιθανότητας βάσει κατανομής Weibull είναι η εξής:

$$f_w(V)=k/C*(V/C)^{k-1}*exp[-(V/C)^k]$$

αντικαθιστώντας τα k και C υπολογίζεται η πυκνότητα πιθανότητας και από τον τύπο

$$\omega=\int_{x_0}^{x_2} f(x)d(x)=[(x_2-x_0)/6]*[f(x_0)+4f(x_1)+f(x_2)]$$

έτσι για τα τρία ζευγάρια k και C έχουμε τους αντίστοιχους συντελεστές ω .

πίνακας 4.Π συντελεστές ω για διαφορετικά C

k, C	$k=1,8 C= 4,4$	$k=1,8 C= 6,6$	$k=1,8 C= 8,8$
ω	0,104	0,271	0,431

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Για την ετήσια παραγωγή ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια υπολογίζουμε το γινόμενο της ονομαστικής ισχύος N_0 επί την διαθεσιμότητα CF και τον χρόνο Δt .

$$E_{0w} = CF \cdot \Delta t \cdot N_0$$

Η διαθεσιμότητα CF είναι το γινόμενο του μέσου συντελεστή ισχύος ω επί την τεχνική διαθεσιμότητα Δ .

Για τους υπολογισμούς της εργασίας αυτής η τεχνική διαθεσιμότητα έχει θεωρηθεί 100% και ο μέσος συντελεστής ω έχει υπολογιστεί βάση της καμπύλης Weibull για διαφορετικές σταθερές K και C με το K να είναι σταθερό και ίσο με 1,8 και το C να είναι 4,4, 6,6 και 8,8 στις τρεις διαφορετικές περιπτώσεις αιολικού δυναμικού που εξετάζουμε. Αντικαθιστώντας στον τύπο το CF που είναι ίσο με ω καθώς $\Delta=100\%$ και $CF = \Delta \cdot \omega$, τον χρόνο Δt ίσο με 8760 ώρες και την ονομαστική ισχύ N_0 της εκάστοτε ανεμογεννήτριας, έχουμε τα αποτελέσματα για την ετήσια παραγωγή ενέργειας από ανεμογεννήτρια που δίνονται στον πίνακα 4.ΙΙΙ.

πίνακας 4.ΙΙΙ ετήσια παραγωγή ενέργειας από ανεμογεννήτρια

ΜΕΓΕΘΟΣ Α/Γ (kW)	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		
	$\omega=0,104$	$\omega=0,271$	$\omega=0,431$
0,9	820	2.137	3.398
5	4.555	11.870	18.878
10	9.110	23.740	37.756

4.2.1.2. Ετήσια παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά

Για τους υπολογισμούς της παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά χρησιμοποιήθηκε το παρακάτω πλαίσιο του οποίου τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Ως μέσο συντελεστή ισχύος έχουμε επιλέξει $\eta=10\%$.

πίνακας 4.ΙV Τεχνικά Χαρακτηριστικά Kyocera LA KS

Μέγιστη ισχύς	51.0 W
Τάση μέγιστης ισχύος	16.9 V
Ένταση μέγιστης ισχύος	3.02 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος	21.2 V
Ρεύμα βραχυκυκλώσεως	3.25 A
Μήκος	988 mm
Πλάτος	448 mm
Πάχος	36 mm
Βάρος	5.9 kg
Εμβαδόν κυψέλης	100 cm ²
Αριθμός κυψελών	36
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	14%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Για την ετήσια παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά, υπολογίζουμε το γινόμενο της μέσης ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας H_t επί το συνολικό εμβαδόν των πλαισίων ($z \cdot \text{Εμβαδόν Πλαισίου}$) επί τον μέσο ετήσιο συντελεστή απόδοσης η

$$E_{\text{ορν}} = H_t \cdot z \cdot \text{Εμβαδόν Πλαισίου} \cdot \eta \text{ μέσο}$$

Για τους υπολογισμούς της εργασίας αυτής έχουμε λάβει τον μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης η , ίσο με 0,1 (10%) και τρεις περιπτώσεις μέσης ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας H_t , $H_t=1300 \text{ kWh/m}^2$, $H_t=1500 \text{ kWh/m}^2$ και $H_t=1700 \text{ kWh/m}^2$ ενώ το εμβαδόν του ενός πλαισίου είναι ίσο με $0,36 \text{ m}^2$. Αντικαθιστώντας στον παραπάνω τύπο έχουμε τα αποτελέσματα του πίνακα 4.V.

πίνακας 4.V ετήσια παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά

ΑΡΙΘΜΟΣ Φ/Β ΠΑΝΕΛ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (kW)	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)		
		ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ $H_t=1300 \text{ kWh/m}^2$	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ $H_t=1500 \text{ kWh/m}^2$	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ $H_t=1700 \text{ kWh/m}^2$
10	0,51	468	540	612
20	1,02	936	1080	1224
30	1,53	1404	1620	1836
40	2,04	1872	2160	2448
50	2,55	2340	2700	3060
60	3,06	2808	3240	3672
70	3,57	3276	3780	4284
80	4,08	3744	4320	4896
90	4,59	4212	4860	5508
100	5,1	4680	5400	6120
110	5,61	5148	5940	6732
120	6,12	5616	6480	7344
130	6,63	6084	7020	7956
140	7,14	6552	7560	8568
150	7,65	7020	8100	9180
160	8,16	7488	8640	9792
170	8,67	7956	9180	10404
180	9,18	8424	9720	11016
190	9,69	8892	10260	11628
200	10,2	9360	10800	12240

4.2.2. ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (€)

4.2.2.1.Ετήσια έσοδα από την μικρή ανεμογεννήτρια

Για τον υπολογισμό των ετήσιων εσόδων R_{0w} που προκύπτουν από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας (που έχει παραχθεί από ανεμογεννήτρια) στο δίκτυο, υπολογίζουμε το γινόμενο της συνολικής ενέργειας E_{0w} που έχει παράξει η ανεμογεννήτρια σε ένα έτος επί την τιμή της κιλοβατώρας. Για τους υπολογισμούς έχουμε λάβει ως δεδομένη τιμή πώλησης το **0,25 € ανά kWh** τιμή στην οποία αγοράζει η ΔΕΗ την παρούσα στιγμή την παραγόμενη από ανεμογεννήτρια κιλοβατώρα.

$$R_{0w} = E_{0w} \cdot 0,25 \quad (E_{0w} \text{ σε kWh})$$

4.2.2.2.Κόστος εγκατάστασης της μικρής ανεμογεννήτριας (€)

Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης μιας μικρής ανεμογεννήτριας και του εξοπλισμού για την σύνδεση και πώληση στο δίκτυο υπολογίζεται εμπειρικά και με βάση τις τιμές που επικρατούν στην αγορά πως είναι περίπου 2000 € ανά kW ονομαστικής ισχύος. Στην πραγματικότητα όσο πιο μεγάλη είναι η ανεμογεννήτρια, τόσο μικρό είναι το κόστος ανά εγκατεστημένη ισχύ. Στην εργασία αυτή και προς χάριν απλοποίησης των υπολογισμών, θεωρούμε πως το κόστος είναι το ίδιο και στις τρεις περιπτώσεις ανεμογεννητριών και ισούται με 2000 € ανά kW.

$$IC_{0w} = 2000 \cdot N_{0w} \quad (N_{0w} \text{ σε kW})$$

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζονται τα ετήσια έσοδα από τις εκάστοτε ανεμογεννήτριες και το κάθε αιολικό δυναμικό καθώς και το κόστος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών αυτών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.VI.

πίνακας 4.VI κόστος επένδυσης και ετήσια έσοδα από ανεμογεννήτρια

ΜΕΓΕΘΟΣ Δ/Γ (kW)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ ΑΠΟ ΠΩΛΗΣΗ		
		$\omega=0,104$	$\omega=0,271$	$\omega=0,431$
0,9	1.800	205	535	850
5	10.000	1.140	2.968	4.720
10	20.000	2.280	5.935	9440

4.2.2.3.Ετήσια έσοδα από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (€)

Για τον υπολογισμό των ετήσιων εσόδων R_{0pv} που προκύπτουν από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας (που έχει παραχθεί από φωτοβολταϊκά) στο δίκτυο, υπολογίζουμε το γινόμενο της συνολικής ενέργειας E_{0pv} που έχουν παράξει τα φωτοβολταϊκά πλαίσια σε ένα έτος επί την τιμή της κιλοβατώρας . Για τους υπολογισμούς έχουμε λάβει ως δεδομένη τιμή πώλησης το 0,495 € ανά kWh τιμή στην οποία αγοράζει η ΔΕΗ την παρούσα στιγμή την παραγόμενη από φωτοβολταϊκά κιλοβατώρα.

$$R_{0pv}=E_{0pv}\cdot 0,495 \text{ (} E_{0pv} \text{ σε kWh)}$$

4.2.2.4.Κόστος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων (€)

Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών και της σύνδεσης με το δίκτυο, υπολογίζεται γύρω στα 3000 ευρώ ανά εγκατεστημένο kW ισχύος. Όπως και για τις ανεμογεννήτριες, έτσι κι στα φωτοβολταϊκά, το κόστος ανά kW μειώνεται όσο μεγαλύτερη είναι η εγκατάσταση. Όμως εμείς θα το θεωρούμε σταθερό και ίσο με 3000 € ανά kW.

$$I_{C0pv}=3000\cdot N_{0pv} \text{ (} N_{0pv} \text{ σε kWh)}$$

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζονται τα ετήσια έσοδα από τα εκάστοτε εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πλαίσια και τις διάφορες τιμές της μέσης ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και το κόστος εγκατάστασης των πλαισίων αυτών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.VII.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

πίνακας 4.VII κόστος επένδυσης και ετήσια έσοδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝ Η ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ ΑΠΟ ΠΩΛΗΣΗ		
		ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ H _τ =1.300 kWh/m ²	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ H _τ =1.500kWh/m ²	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ H _τ =1.700kWh/ m ²
0,51	1.530	231	267	303
1,02	3.060	463	535	606
1,53	4.590	694	802	910
2,04	6.120	926	1.069	1.213
2,55	7.650	1.157	1.337	1.516
3,06	9.180	1.388	1.604	1.819
3,57	10.710	1.620	1.871	2.122
4,08	12.240	1.851	2.138	2.426
4,59	13.770	2.083	2.406	2.729
5,1	15.300	2.314	2.673	3.032
5,61	16.830	2.546	2.940	3.335
6,12	18.360	2.777	3.208	3.638
6,63	19.890	3.008	3.475	3.941
7,14	21.420	3.240	3.742	4.245
7,65	22.950	3.471	4.010	4.548
8,16	24.480	3.703	4.227	4.851
8,67	26.010	3.934	4.544	5.154
9,18	27.540	4.165	4.811	5.457
9,69	29.070	4.397	5.079	5.761
10,2	30.600	4.628	5.346	6.064

4.2.2.5.Συνολικά ετήσια έσοδα (€)

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε τα ετήσια συνολικά έσοδα από πώληση ενέργειας από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά πλαίσια προσθέτοντας τα επιμέρους έσοδα:

$$R_0 = R_{0w} + R_{0pv}$$

4.2.2.6.Συνολικό κόστος εγκατάστασης (€)

Αντίστοιχα το συνολικό κόστος της επένδυσης σε εγκατάσταση ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών πλαισίων δίνεται από το άθροισμα των επί μέρους κοστών:

$$IC_0 = IC_{0w} + IC_{0pv}$$

4.2.3.ΚΑΘΑΡΑ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

4.2.3.1. Εισαγωγή

Θέλοντας να εξετάσουμε αν μια επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα, υπολογίζουμε συγκεκριμένους οικονομικούς δείκτες. Ένας τέτοιος δείκτης είναι και η Καθαρά Παρούσα Αξία (npv_n). Με τον δείκτη αυτό μπορούμε να υπολογίσουμε την αξία της επιχείρησης σε n χρόνια λαμβάνοντας υπ' όψη το κόστος της αρχικής επένδυσης, τα επιτόκια δανείων, τον πληθωρισμό, το ετήσιο κόστος του χρήματος και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας της επένδυσης. Ο δείκτης NPV_n ή αλλιώς Παρούσα Αξία, μας δίνει την αξία της επένδυσης μετά από n χρόνια ως χρηματικό ποσό, ανεξάρτητα από το κόστος της αρχικής επένδυσης. Επομένως δεν είναι τόσο χρήσιμος όσο η Καθαρά Παρούσα Αξία npv_n που είναι αδιάστατος αριθμός.

Ο υπολογισμός της Παρούσας Αξίας δίνεται από τον τύπο:

$$NPV_n = npv_n \cdot IC_0$$

όπου IC_0 το αρχικό κόστος της επένδυσης
 npv_n η Καθαρά Παρούσα Αξία μετά από n χρόνια.

Ο υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας δίνεται από τον τύπο:

$$npv_n = (R_0/IC_0) \cdot [a_e(1-a_e^n)/1-a_e] - 1 + \gamma - m \cdot [a_m(1-a_m^n)/1-a_m]$$

όπου

R_0 είναι τα έσοδα που προκύπτουν από την πώληση της ενέργειας

IC_0 το κόστος αγοράς και εγκατάστασης του συστήματος

$a_e = (1+e)/(1+i)$, $a_m = (1+g)/(1+i)$

n είναι τα έτη ($n=20$)

e είναι ο ετήσιος ρυθμός αναπροσαρμογής της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας (για τους υπολογισμούς της εργασίας $e=0,04$)

i είναι το ετήσιο κόστος του χρήματος (για τους υπολογισμούς της εργασίας $i=0,09$)

g είναι ο ετήσιος πληθωρισμός $=0,03$ (για τους υπολογισμούς της εργασίας $g=0,03$)

m είναι ο συντελεστής σταθερού κόστους συντήρησης (για τους υπολογισμούς της εργασίας

$m=0,04$ για την ανεμογεννήτρια και $m=0,01$ για τα φωτοβολταϊκά)

γ είναι η κρατική επιδότηση ($\gamma=0$ για την εργασία αυτή)

4.2.3.2. Πίνακες

Αντικαθιστώντας στους παραπάνω τύπους τις τιμές, έχουμε τα αποτελέσματα για την Παρούσα Αξία και την Καθαρά Παρούσα Αξία για τις διαφορετικές περιπτώσεις αιολικού δυναμικού, μέσης ηλιακής έντασης ακτινοβολίας και για κάθε εγκατεστημένη ισχύ ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών πλαισίων. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά και για τους συνδυασμούς τους.

 πίνακας 4.III NPV₂₀ για μικρές ανεμογεννήτριες

ΜΕΓΕΘΟΣ Α/Γ (kW)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	NPV ₂₀		
		$\omega=0,104$	$\omega=0,271$	$\omega=0,431$
0,9	1.800	-41	4.140	8.130
5	10.000	-212	22.338	45.139
10	20.000	-456	45.877	90.278

 πίνακας 4.IX NPV₂₀ για φωτοβολταϊκά πλαίσια

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	NPV ₂₀		
		ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ H _τ =1.300 kWh/m ²	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ H _τ =1.500kWh/m ²	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ H _τ =1.700kWh/m ²
0,51	1.530	1.224	1678	2133
1,02	3.060	2.447	3.356	4.266
1,53	4.590	3.671	5.034	6.398
2,04	6.120	4.894	6.713	8.531
2,55	7.650	6.118	8.391	10.664
3,06	9.180	7.341	10.069	12.797
3,57	10.710	8.565	11.747	14.929
4,08	12.240	9.788	13.425	17.062
4,59	13.770	11.012	15.103	19.195
5,1	15.300	12.235	16.781	21.328
5,61	16.830	13.459	18.459	23.460
6,12	18.360	14.682	20.138	25.593
6,63	19.890	15.906	21.816	27.726
7,14	21.420	17.129	23.494	29.859
7,65	22.950	18.353	25.172	31.991
8,16	24.480	19.576	26.850	34.124
8,67	26.010	20.800	28.528	36.257
9,18	27.540	20.023	30.206	38.390
9,69	29.070	23.247	31.885	40.522
10,2	30.600	24.470	33.563	42.655

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.X npv_{20} για μικρές ανεμογεννήτριες

ΜΕΓΕΘΟΣ Α/Γ (kW)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	npv_{20}		
		$\omega=0,104$	$\omega=0,271$	$\omega=0,431$
0,9	1.800	-0,02	2,3	4,52
5	10.000	-0,02	2,3	4,52
10	20.000	-0,02	2,3	4,52

πίνακας 4.XI npv_{20} για φωτοβολταϊκά πλαίσια

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (€)	npv_{20}		
		ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ $H_t=1.300 \text{ kWh/m}^2$	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ $H_t=1.500 \text{ kWh/m}^2$	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ $H_t=1.700 \text{ kWh/m}^2$
0,51	1.530	0,80	1,10	1,39
1,02	3.060	0,80	1,10	1,39
1,53	4.590	0,80	1,10	1,39
2,04	6.120	0,80	1,10	1,39
2,55	7.650	0,80	1,10	1,39
3,06	9.180	0,80	1,10	1,39
3,57	10.710	0,80	1,10	1,39
4,08	12.240	0,80	1,10	1,39
4,59	13.770	0,80	1,10	1,39
5,1	15.300	0,80	1,10	1,39
5,61	16.830	0,80	1,10	1,39
6,12	18.360	0,80	1,10	1,39
6,63	19.890	0,80	1,10	1,39
7,14	21.420	0,80	1,10	1,39
7,65	22.950	0,80	1,10	1,39
8,16	24.480	0,80	1,10	1,39
8,67	26.010	0,80	1,10	1,39
9,18	27.540	0,80	1,10	1,39
9,69	29.070	0,80	1,10	1,39
10,2	30.600	0,80	1,10	1,39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.XII NPV και npv για $H\tau=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	NPV ₂₀ για $H\tau=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$			npv ₂₀ για $H\tau=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$		
	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW
0,51	1.183	1.011	767	0,36	0,09	0,04
1,02	2.406	2.235	1.991	0,50	0,17	0,09
1,53	3.630	3.458	3.214	0,57	0,24	0,13
2,04	4.853	4.682	4.438	0,61	0,29	0,17
2,55	6.077	5.905	5.661	0,64	0,33	0,20
3,06	7.300	7.129	6.885	0,66	0,37	0,24
3,57	8.524	8.352	8.108	0,68	0,40	0,26
4,08	9.747	9.576	9.332	0,69	0,43	0,29
4,59	10.971	10.799	10.555	0,70	0,45	0,31
5,1	12.194	12.023	11.779	0,71	0,48	0,33
5,61	13.418	13.246	13.002	0,72	0,49	0,35
6,12	14.641	14.470	14.226	0,73	0,51	0,37
6,63	15.865	15.693	15.449	0,73	0,53	0,39
7,14	17.088	16.917	16.673	0,74	0,54	0,40
7,65	18.312	18.140	17.896	0,74	0,55	0,42
8,16	19.535	19.364	19.120	0,74	0,56	0,43
8,67	20.759	20.587	20.343	0,75	0,57	0,44
9,18	21.983	21.811	31.567	0,75	0,58	0,45
9,69	23.206	23.034	22.790	0,75	0,59	0,46
10,2	24.430	24.258	24.014	0,75	0,60	0,47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.XIII NPV και npv για $H\tau=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	NPV ₂₀ για $H\tau=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$			npv ₂₀ για $H\tau=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$		
	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW
0,51	1.637	1.466	1.222	0,49	0,13	0,06
1,02	3.316	3.144	2.900	0,68	0,24	0,13
1,53	4.994	4.822	4.578	0,78	0,33	0,19
2,04	6.672	6.500	6.256	0,84	0,40	0,24
2,55	8.350	8.178	7.934	0,88	0,46	0,29
3,06	10.028	9.857	9.613	0,91	0,51	0,33
3,57	11.706	11.535	11.291	0,94	0,56	0,37
4,08	13.384	13.213	12.969	0,95	0,59	0,40
4,59	15.062	14.891	14.647	0,97	0,63	0,43
5,1	16.741	16.569	16.325	0,98	0,65	0,46
5,61	18.419	18.247	18.003	0,99	0,68	0,49
6,12	20.097	19.925	19.681	1,00	0,70	0,51
6,63	21.775	21.603	21.359	1,00	0,72	0,54
7,14	23.453	23.282	23.038	1,01	0,74	0,56
7,65	25.131	24.960	24.716	1,02	0,76	0,58
8,16	26.809	26.638	26.394	1,02	0,77	0,59
8,67	28.488	28.316	28.072	1,02	0,79	0,61
9,18	30.166	29.994	29.750	1,03	0,80	0,63
9,69	31.844	31.672	31.428	1,03	0,81	0,64
10,2	33.522	33.350	33.106	1,03	0,82	0,65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.XIV NPV και npv για $H\tau=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	NPV ₂₀ για $H\tau=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$			npv ₂₀ για $H\tau=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$		
	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW
0,51	2.092	1.920	1.676	0,63	0,17	0,08
1,02	4.225	4.053	3.809	0,87	0,31	0,17
1,53	6.358	6.186	5.942	0,99	0,42	0,24
2,04	8.490	8.319	8.075	1,07	0,52	0,31
2,55	10.623	10.451	10.207	1,12	0,59	0,37
3,06	12.756	12.584	12.340	1,16	0,66	0,42
3,57	14.889	14.717	14.473	1,19	0,71	0,47
4,08	17.021	16.850	16.606	1,21	0,76	0,52
4,59	19.154	18.982	18.739	1,23	0,80	0,55
5,1	21.287	21.115	20.871	1,24	0,83	0,59
5,61	23.420	23.248	23.004	1,26	0,87	0,62
6,12	25.552	25.381	25.137	1,27	0,89	0,66
6,63	27.685	27.514	27.270	1,28	0,92	0,68
7,14	29.818	29.646	29.402	1,28	0,94	0,71
7,65	31.951	31.779	31.535	1,29	0,96	0,73
8,16	34.083	33.912	33.668	1,30	0,98	0,76
8,67	36.216	36.045	35.801	1,30	1,00	0,78
9,18	38.349	38.177	37.933	1,31	1,02	0,80
9,69	40.482	40.310	40.066	1,31	1,03	0,82
10,2	42.614	42.443	42.199	1,32	1,05	0,83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.XV NPV και npv για $H\tau=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	NPV ₂₀ για $H\tau=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$			npv ₂₀ για $H\tau=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$		
	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW
0,51	5.363	24.162	47.100	1,61	2,10	2,19
1,02	6.587	25.385	48.324	1,36	1,94	2,10
1,53	7.810	26.609	49.547	1,22	1,82	2,01
2,04	9.034	27.832	50.771	1,14	1,73	1,94
2,55	10.257	29.056	51.994	1,09	1,65	1,88
3,06	11.481	30.279	53.218	1,05	1,58	1,82
3,57	12.704	31.503	54.441	1,02	1,52	1,77
4,08	13.928	32.726	55.665	0,99	1,47	1,73
4,59	15.151	33.950	56.888	0,97	1,43	1,68
5,1	16.375	35.174	58.112	0,96	1,39	1,65
5,61	17.598	36.397	59.335	0,94	1,36	1,61
6,12	18.822	37.621	60.559	0,93	1,33	1,58
6,63	20.045	38.844	61.782	0,92	1,30	1,55
7,14	21.269	40.068	63.006	0,92	1,28	1,52
7,65	22.492	41.291	64.229	0,91	1,25	1,50
8,16	23.716	42.515	65.453	0,90	1,23	1,47
8,67	24.939	43.738	66.676	0,90	1,21	1,45
9,18	26.163	44.962	67.900	0,89	1,20	1,43
9,69	27.386	46.185	69.124	0,89	1,18	1,41
10,2	28.610	47.409	70.347	0,88	1,17	1,39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.XVI NPV και npv για $H\tau=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	NPV ₂₀ για $H\tau=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$			npv ₂₀ για $H\tau=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$		
	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW
0,51	5.818	24.616	47.555	1,75	2,13	2,21
1,02	7.496	26.295	49.233	1,54	2,01	2,13
1,53	9.174	27.973	50.911	1,44	1,92	2,07
2,04	10.852	29.651	52.589	1,37	1,84	2,01
2,55	12.530	31.329	54.267	1,33	1,78	1,96
3,06	14.208	33.007	55.946	1,29	1,72	1,92
3,57	15.887	34.685	57.624	1,27	1,67	1,88
4,08	17.565	36.363	59.302	1,25	1,64	1,84
4,59	19.243	38.042	60.980	1,24	1,60	1,81
5,1	20.921	39.720	62.658	1,22	1,57	1,78
5,61	22.599	41.398	64.336	1,21	1,54	1,75
6,12	24.277	43.076	66.014	1,20	1,52	1,72
6,63	25.955	44.754	67.692	1,20	1,50	1,70
7,14	27.634	46.432	69.371	1,19	1,48	1,67
7,65	29.312	48.110	71.049	1,18	1,46	1,65
8,16	30.990	49.789	72.727	1,18	1,44	1,64
8,67	32.668	51.467	74.405	1,17	1,43	1,62
9,18	34.346	53.145	76.083	1,17	1,42	1,60
9,69	36.024	54.823	77.761	1,17	1,40	1,58
10,2	37.702	56.501	79.439	1,16	1,39	1,57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.XVII NPV και npv για $H\tau=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	NPV ₂₀ για $H\tau=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$			npv ₂₀ για $H\tau=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$		
	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW
0,51	6.272	25.071	48.009	1,88	2,17	2,23
1,02	8.405	27.204	50.142	1,73	2,08	2,17
1,53	10.538	29.337	52.275	1,65	2,01	2,13
2,04	12.671	31.469	54.408	1,60	1,95	2,08
2,55	14.803	33.602	56.541	1,57	1,90	2,04
3,06	16.936	35.735	58.673	1,54	1,86	2,01
3,57	19.069	37.868	60.806	1,52	1,83	1,98
4,08	21.202	40.000	62.939	1,51	1,80	1,95
4,59	23.334	42.133	65.072	1,50	1,77	1,93
5,1	25.467	44.266	67.204	1,49	1,75	1,90
5,61	27.600	46.399	69.337	1,48	1,73	1,88
6,12	29.733	48.531	71.470	1,47	1,71	1,86
6,63	31.866	50.664	73.603	1,47	1,70	1,85
7,14	33.998	52.797	75.735	1,46	1,68	1,83
7,65	36.131	54.930	77.868	1,46	1,67	1,81
8,16	38.264	57.062	80.001	1,46	1,65	1,80
8,67	40.397	59.195	82.134	1,45	1,64	1,79
9,18	42.529	61.328	84.266	1,45	1,63	1,77
9,69	44.662	63.461	86.399	1,45	1,62	1,76
10,2	46.795	65.593	88.532	1,44	1,62	1,75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.ΠΙΧΧ NPV και npv για $H\tau=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	NPV ₂₀ για $H\tau=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$			npv ₂₀ για $H\tau=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$		
	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW
0,51	9.354	46.362	91.501	2,81	4,02	4,25
1,02	10.577	47.586	92.725	2,18	3,64	4,02
1,53	11.801	48.809	93.948	1,85	3,35	3,82
2,04	13.024	50.033	95.172	1,64	3,10	3,64
2,55	14.248	51.257	96.395	1,51	2,90	3,49
3,06	15.471	52.480	97.619	1,41	2,74	3,35
3,57	16.695	53.704	98.842	1,33	2,59	3,22
4,08	17.918	54.927	100.066	1,28	2,47	3,10
4,59	19.142	56.151	101.290	1,23	2,36	3,00
5,1	20.365	57.374	102.513	1,19	2,27	2,90
5,61	21.589	58.598	103.737	1,16	2,18	2,82
6,12	22.812	59.821	104.960	1,13	2,11	2,74
6,63	24.036	61.045	106.184	1,11	2,04	2,66
7,14	25.259	62.268	107.407	1,09	1,98	2,59
7,65	26.483	63.492	108.631	1,07	1,93	2,53
8,16	27.706	64.715	109.854	1,05	1,88	2,47
8,67	28.930	65.939	111.078	1,04	1,83	2,41
9,18	30.153	67.162	112.301	1,03	1,79	2,36
9,69	31.377	68.386	113.525	1,02	1,75	2,31
10,2	32.600	69.609	114.748	1,01	1,71	2,27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.IXX NPV και npv για $H\tau=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	NPV ₂₀ για $H\tau=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$			npv ₂₀ για $H\tau=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$		
	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW
0,51	9.808	46.817	91.956	2,95	4,06	4,27
1,02	11.486	48.495	93.634	2,36	3,71	4,06
1,53	13.164	50.173	95.312	2,06	3,44	3,88
2,04	14.843	51.851	96.990	1,87	3,22	3,71
2,55	16.521	53.530	98.669	1,75	3,03	3,57
3,06	18.199	55.208	100.347	1,66	2,88	3,44
3,57	19.877	56.886	102.025	1,59	2,75	3,32
4,08	21.555	58.564	103.703	1,54	2,63	3,22
4,59	23.233	60.242	105.381	1,49	2,53	3,12
5,1	24.911	61.920	107.059	1,46	2,45	3,03
5,61	26.590	63.598	108.737	1,43	2,37	2,95
6,12	28.268	65.277	110.416	1,40	2,30	2,88
6,63	29.946	66.955	112.094	1,38	2,24	2,81
7,14	31.624	68.633	113.772	1,36	2,18	2,75
7,65	33.302	70.311	115.450	1,35	2,13	2,69
8,16	34.980	71.989	117.128	1,33	2,09	2,63
8,67	36.658	73.667	118.806	1,32	2,05	2,58
9,18	38.337	75.345	120.484	1,31	2,01	2,53
9,69	40.015	77.024	122.162	1,30	1,97	2,49
10,2	41.693	78.702	123.841	1,29	1,94	2,45

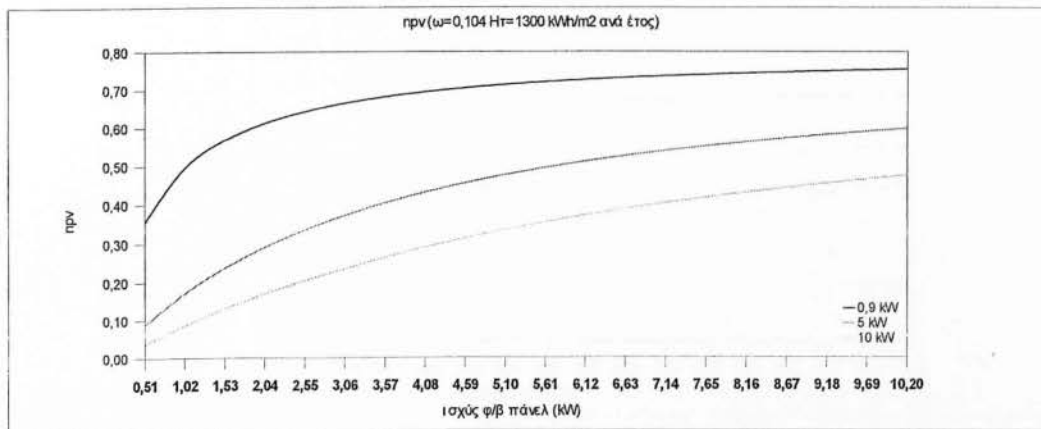
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Πίνακας 4.XX NPV και npv για $H\tau=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$

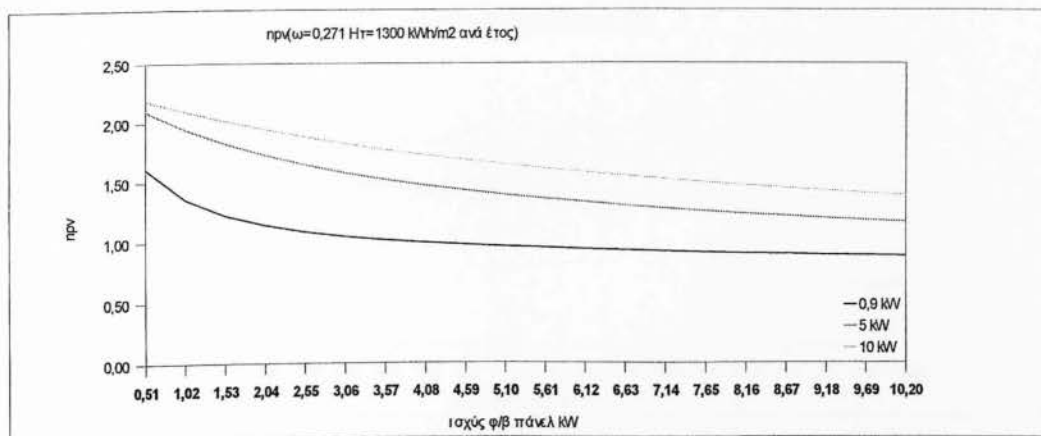
ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kW)	NPV ₂₀ για $H\tau=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$			npv ₂₀ για $H\tau=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$		
	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 0,9 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 5 kW	ΙΣΧΥΣ Α/Γ 10 kW
0,51	10.263	47.272	92.411	3,08	4,10	4,29
1,02	12.396	49.404	94.543	2,55	3,78	4,10
1,53	14.528	51.537	96.676	2,27	3,53	3,93
2,04	16.661	53.670	98.809	2,10	3,33	3,78
2,55	18.794	55.803	100.942	1,99	3,16	3,65
3,06	20.927	57.935	103.074	1,91	3,02	3,53
3,57	23.059	60.068	105.207	1,84	2,90	3,43
4,08	25.192	62.201	107.340	1,79	2,80	3,33
4,59	27.325	64.334	109.473	1,75	2,71	3,24
5,1	29.458	66.467	111.605	1,72	2,63	3,16
5,61	31.590	68.599	113.738	1,70	2,56	3,09
6,12	33.723	70.732	115.871	1,67	2,49	3,02
6,63	35.856	72.865	118.004	1,65	2,44	2,96
7,14	37.989	74.998	120.136	1,64	2,39	2,90
7,65	40.121	77.130	122.269	1,62	2,34	2,85
8,16	42.254	79.263	124.402	1,61	2,30	2,80
8,67	44.387	81.396	126.535	1,60	2,26	2,75
9,18	46.520	83.529	128.667	1,59	2,23	2,71
9,69	48.652	85.661	130.800	1,58	2,19	2,67
10,2	50.785	87.794	132.933	1,57	2,16	2,63

4.2.3.3.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

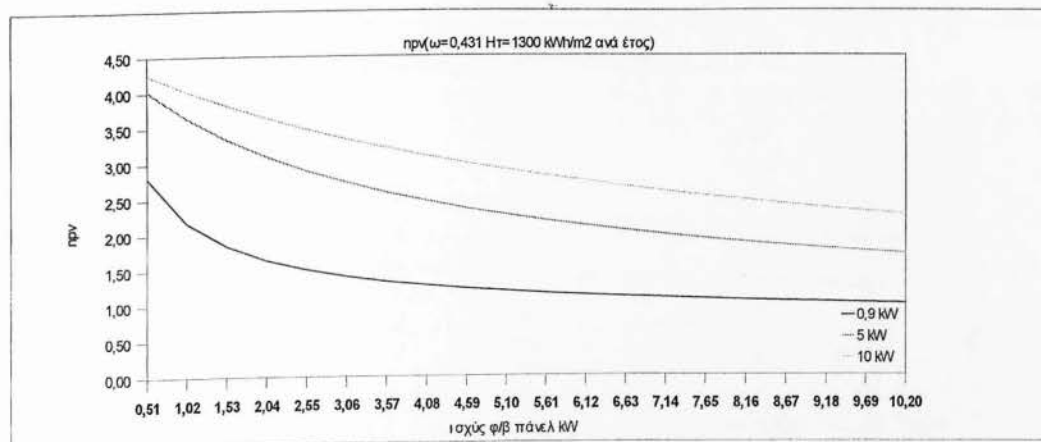
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η Καθαρά Παρούσα Αξία για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών για όλες τις περιπτώσεις αιολικού δυναμικού και έντασης ηλιακής ακτινοβολίας που εξετάζουμε στην εργασία αυτή. Στο παράρτημα που ακολουθεί στο τέλος, υπάρχουν διαγράμματα για διαφορετικές τιμές πώλησης της ενέργειας από ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκά.



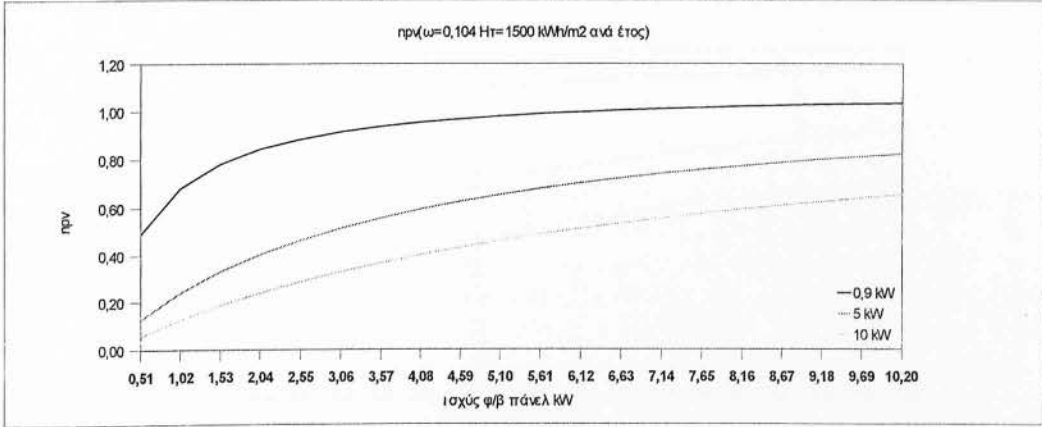
εικόνα 4.1



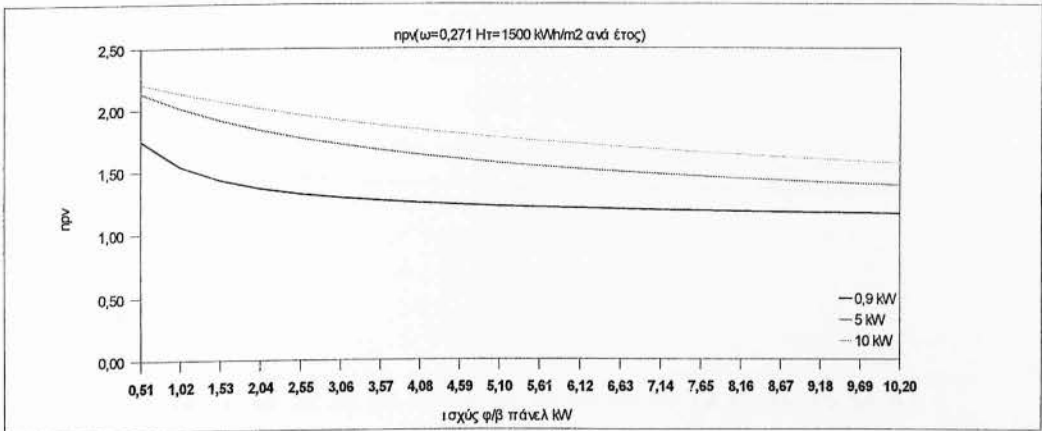
εικόνα 4.2



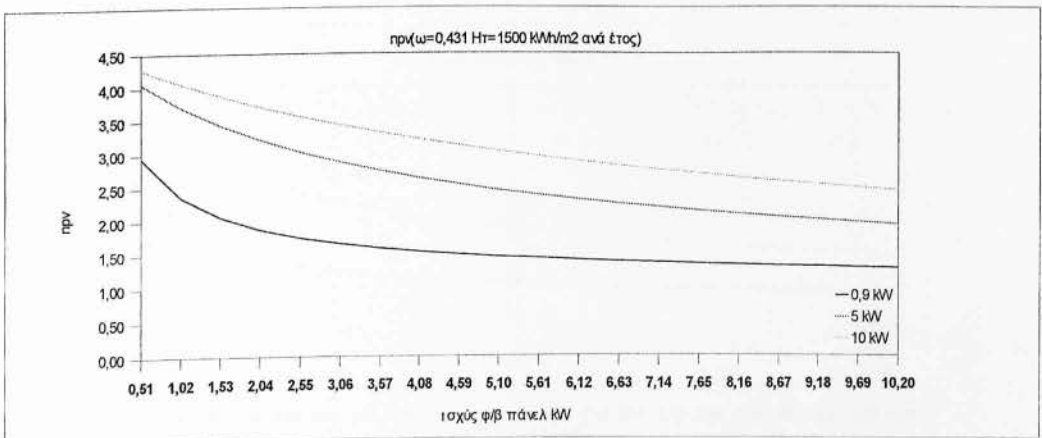
εικόνα 4,3



εικόνα 4.4

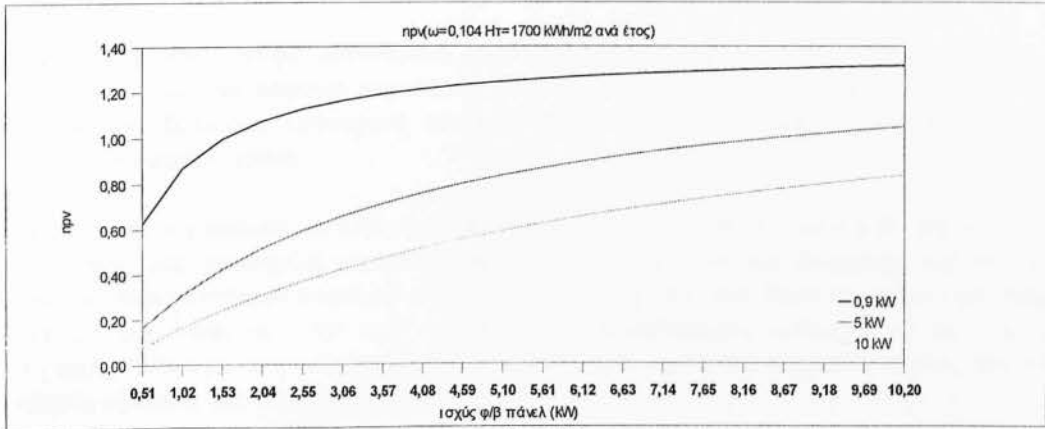


εικόνα 4.5

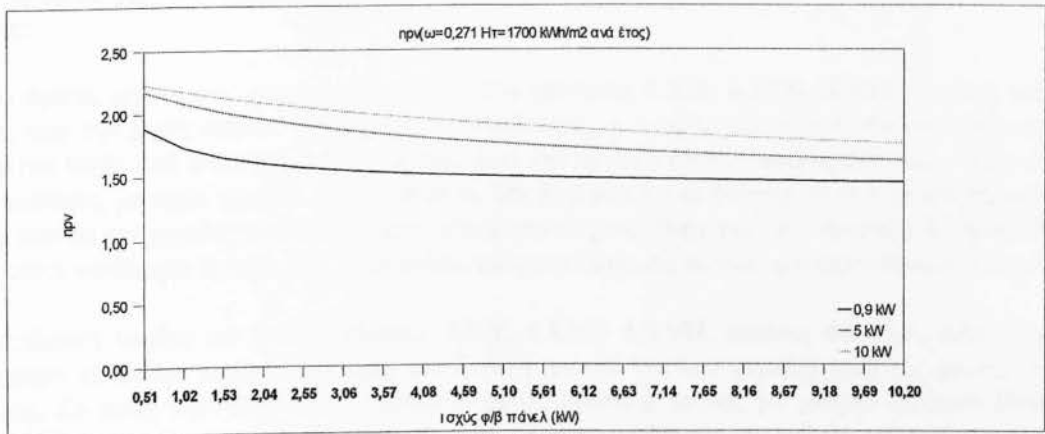


εικόνα 4.6

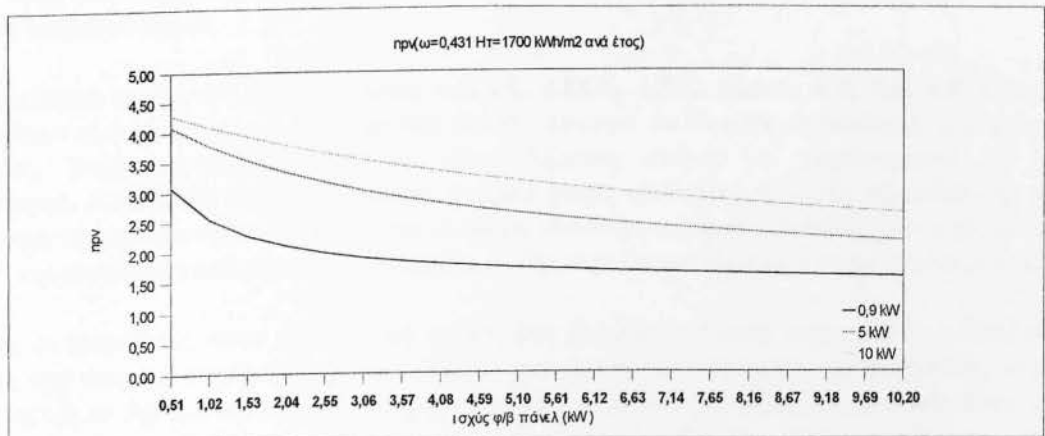
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο



εικόνα 4.7



εικόνα 4.8



εικόνα 4.9

4.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εκτός της περίπτωσης που έχουμε συντελεστή ισχύος 0,104 για την ανεμογεννήτρια, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις η ανεμογεννήτρια παράγει περισσότερη ενέργεια ετησίως ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά (σύγκριση πινάκων 4.ΠΙ και 4.V). Τόσο χαμηλό συντελεστή (0,104) συναντάμε εντός του αστικού ιστού.

Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, αν λάβουμε υπ' όψη το μικρότερο κόστος ανά kW της ανεμογεννήτριας, αν θεωρήσουμε πως μας απασχολεί αποκλειστικά η παραγωγή καθαρής ενέργειας και όχι το αντίτιμο πώλησης αυτής, η ανεμογεννήτρια αποτελεί την καλύτερη λύση (π.χ. ένα δημόσιο κτήριο με στόχο να είναι ZEB δεν εξετάζει την διαφορά στην τιμή πώλησης της κιλοβατώρας ανάλογα με την πηγή καθώς η επιδότηση της τιμής είναι κρατική). Το πρόβλημα βρίσκεται στο ύψος της ανεμογεννήτριας που εντός πόλης μπορεί να καθιστά αδύνατη την τοποθέτησή της.

Αν υπολογίσουμε την τιμή πώλησης της ενέργειας τα συμπεράσματα ποικίλουν ανάλογα την περίπτωση. Πιο συγκεκριμένα για τον δείκτη pr_{n20} που είναι και ο πιο ενδιαφέρων οικονομικά, έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

1. Για συντελεστή ισχύος της ανεμογεννήτριας 0,104 (πίνακες 4.XII, 4.XIII, 4.XIV, εικόνες 4.1, 4.4, 4.7) ανεξάρτητα από την μέση ετήσια ένταση της ακτινοβολίας, η τιμή του δείκτη μεγαλώνει όσο αυξάνεται η εγκατεστημένη ισχύς από φωτοβολταϊκά. Επίσης, όσο πιο μεγάλη είναι η ανεμογεννήτρια, τόσο μειώνεται ο δείκτης. Επομένως, με τόσο χαμηλό συντελεστή ω , δεν συμφέρει η επένδυση σε ανεμογεννήτρια. Μοναδική περίπτωση που θα υπήρχε λόγος τοποθέτησης ανεμογεννήτριας είναι για την επίτευξη Κτηρίου Μηδενικής Ενέργειας εάν η διαθέσιμη έκταση δεν επαρκούσε για εγκατάσταση ικανών φωτοβολταϊκών πλαισίων.

2. Για συντελεστή ισχύος $\omega = 0,271$ (πίνακες 4.XV, 4.XVI, 4.XVII, εικόνες 4.2, 4.5, 4.8) η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων μειώνει την τιμή του δείκτη, ειδικά για την χαμηλή τιμή της μέσης έντασης της ακτινοβολίας. Σε αυτή την περίπτωση (πιθανόν εκτός αστικού ιστού, με μέτριο αιολικό δυναμικό), αν πολεοδομικά δεν υπάρχει εμπόδιο, η τοποθέτηση ανεμογεννήτριας συμφέρει περισσότερο. Μπορεί η προσθήκη φωτοβολταϊκών να μειώνει τον δείκτη, αυτό δεν σημαίνει πως είναι ασύμφορα. Απλώς, εάν το κεφάλαιο προς επένδυση είναι περιορισμένο, θα είναι προτιμότερο να επενδυθεί σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια.

3. Για συντελεστή ισχύος $\omega = 0,431$ (πίνακες 4.IXX, 4.IXX, 4.XX, εικόνες 4.3, 4.6, 4.89) η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων μειώνει την τιμή του δείκτη, αισθητά σε όλες τις περιπτώσεις μέσης έντασης της ακτινοβολίας. Ένας συντελεστής $\omega = 0,431$ είναι βεβαίως σπάνιο να παρουσιαστεί σε μια μικρή ανεμογεννήτρια. Απαιτείται μεγάλη ταχύτητα ανέμου χωρίς απότομες αλλαγές κατεύθυνσης και τύρβη. Όπως και στην προηγούμενη παράγραφο, έτσι κι εδώ η επένδυση σε φωτοβολταϊκά είναι ζήτημα διαθέσιμων κεφαλαίων και συνολικών απαιτήσεων σε ενέργεια αν θέλουμε να πετύχουμε Κτήριο Μηδενικής Ενέργειας.

Γενικότερα, οι μεταβολές στον συντελεστή ισχύος της ανεμογεννήτριας είναι μεγάλες ανάλογα με την περιοχή και την ύπαρξη κτηρίων ή όχι. Αντιθέτως, η μέση ετήσια ένταση της ακτινοβολίας, μεταβάλλεται λιγότερο (εκτός αν έχουμε σκίαση από κτήρια ή φυσικά εμπόδια) με αποτέλεσμα η επένδυση να είναι σε όλες τις περιπτώσεις βιώσιμη. Επομένως, σε αστικό περιβάλλον δεν συνιστάται εγκατάσταση ανεμογεννήτριας. Αντιθέτως, σε μια ταράτσα πολυκατοικίας, τα φωτοβολταϊκά μπορούν να είναι μια συμφέρουσα επένδυση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Ένα πρόβλημα που έχει η επένδυση σε φωτοβολταϊκά είναι η πιθανή έλλειψη αρκετής επιφάνειας, ειδικά εντός πόλεων όπου η ταράτσα είναι το μόνο σημείο τοποθέτησής τους. Σε μια τέτοια περίπτωση μπορεί να εξετασθεί η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών αποδοτικότερων σε ισχύ ανά επιφάνεια, με μειονέκτημα το αυξημένο κόστος τους.

Αντίστοιχα, για τις ανεμογεννήτριες, όπου υπάρχει συνεχής αλλαγή κατεύθυνσης του ανέμου, λύση θα μπορούσε να είναι μια μηχανή κατακόρυφου άξονα που λειτουργεί ανεξάρτητα από την φορά του ανέμου.

Εκτός πόλεων τα δεδομένα είναι διαφορετικά. Η τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας μπορεί να είναι πιο επικερδής αρκεί να υπάρχει ένα μέτριο αιολικό δυναμικό. Με την πώληση της ενέργειας στο δίκτυο, λύνεται το πρόβλημα που αντιμετωπίζει ένα αυτόνομο κτήριο και έγκειται στο γεγονός ότι οι ανεμογεννήτριες μπορεί να μην παράγουν καθόλου ρεύμα σε μια περίοδο άπνοιας. Η συνεχής παραγωγή ρεύματος κατά την διάρκεια της ημέρας (έστω και μικρής ποσότητας σε περίπτωση συννεφιάς) από τα φωτοβολταϊκά, παύει να είναι πλεονέκτημα σε διασυνδεδεμένα κτήρια.

Την παρούσα στιγμή, τα φωτοβολταϊκά έχουν ένα ακόμα πλεονέκτημα σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες. Αυτό είναι το γεγονός πως υπάρχουν πολλά προγράμματα από τράπεζες που δανειοδοτούν την εγκατάστασή τους κάτι που δεν ισχύει για τις ανεμογεννήτριες. Επίσης, πρόβλημα είναι η άρνηση από την ΔΕΗ να αγοράσει ρεύμα από ανεμογεννήτριες κάτω των 50kW. Αν συνεχίσει να ισχύει αυτή η πολιτική της ΔΕΗ, η επένδυση στα φωτοβολταϊκά είναι μονόδρομος για τους επενδυτές που λειτουργούν σε επίπεδο κατοικίας.

Όλα τα προηγούμενα συμπεράσματα ισχύουν στην περίπτωση που συνεχίσει η ΔΕΗ να αγοράζει το ρεύμα σε υψηλές τιμές. Στο παράρτημα που ακολουθεί στο τέλος της εργασίας, παρουσιάζονται πίνακες και διαγράμματα για τον δείκτη h_{pv20} για διάφορες περιπτώσεις τιμών της πωλούμενης κιλοβατώρας.

Αν εξετάσουμε το ζήτημα επίτευξης ZEB, έχοντας αφαιρέσει τον παράγοντα της τιμής πώλησης της ενέργειας, τότε είναι εμφανές πως σε ένα κτήριο εντός αστικού ιστού την περισσότερη ενέργεια που απαιτείται θα την εξασφαλίζουν τα φωτοβολταϊκά και αντιστρόφως σε ένα κτήριο εκτός πόλης, η ανεμογεννήτρια θα συμβάλει περισσότερο στην επίτευξη του στόχου του ZEB.

Τέλος, επειδή η τεχνολογία εξελίσσεται, το κόστος των συστημάτων παραγωγής ενέργειας από ήπιες μορφές, (ειδικά των φωτοβολταϊκών) αναμένεται να μειωθεί στο μέλλον, επομένως οι συσχετισμοί είναι πολύ πιθανόν να αλλάξουν. Δεδομένο πρέπει να θεωρείται όμως πως οι Ήπιες Μορφές Ενέργειας μπορούν να είναι οικονομικά προσοδοφόρες ακόμα και στην κλίμακα των μικρών οικιακών εγκαταστάσεων.

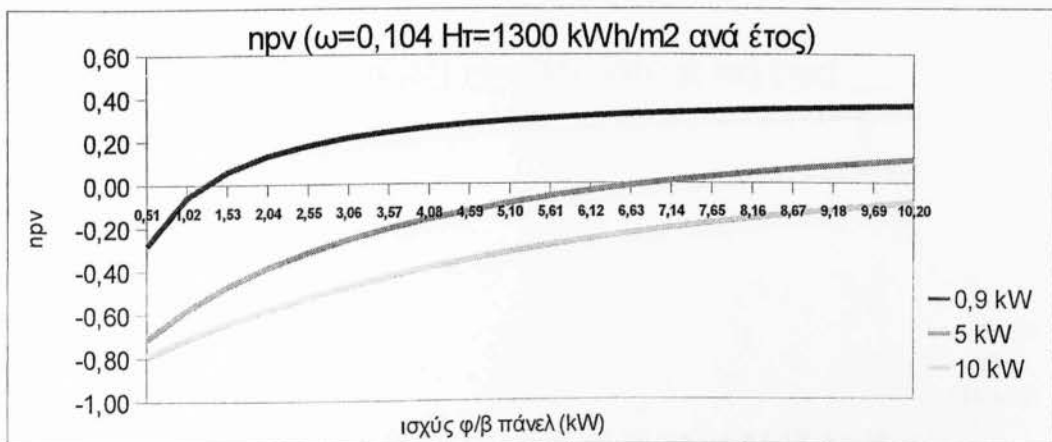
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Ιωάννης Κ.Καλδέλλης, 1999, «Διαχείριση της αιολικής ενέργειας»
[2] Ιωάννης Κ.Καλδέλλης, Κοσμάς Α.Καββαδίας, 2001, « Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας»

ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

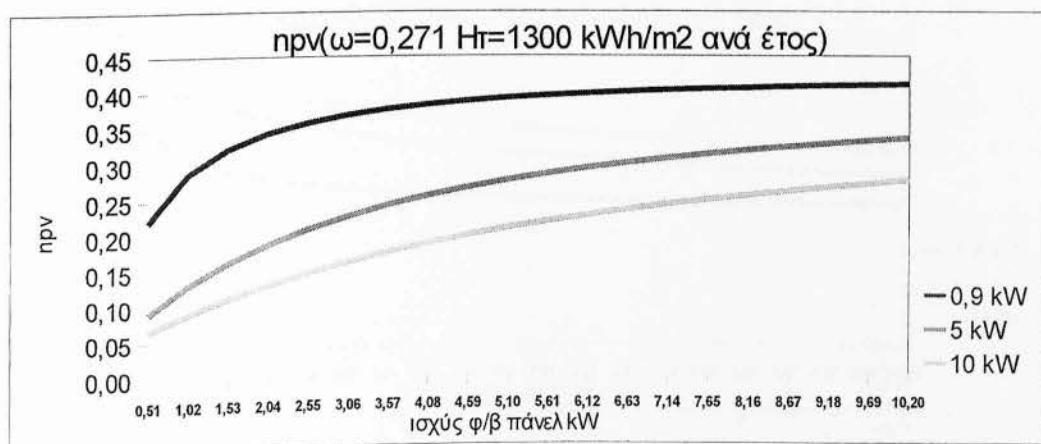
npv20 για Ht=1300 kWh/m2 ω=0,104			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,28	-0,71	-0,79
1,02	-0,06	-0,58	-0,71
1,53	0,06	-0,47	-0,64
2,04	0,13	-0,39	-0,58
2,55	0,18	-0,32	-0,52
3,06	0,22	-0,26	-0,47
3,57	0,24	-0,21	-0,43
4,08	0,26	-0,16	-0,39
4,59	0,28	-0,12	-0,35
5,1	0,29	-0,09	-0,32
5,61	0,30	-0,06	-0,29
6,12	0,31	-0,03	-0,26
6,63	0,32	-0,01	-0,23
7,14	0,33	0,01	-0,21
7,65	0,34	0,03	-0,18
8,16	0,34	0,05	-0,16
8,67	0,35	0,07	-0,14
9,18	0,35	0,08	-0,12
9,69	0,35	0,09	-0,11
10,2	0,36	0,11	-0,09



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

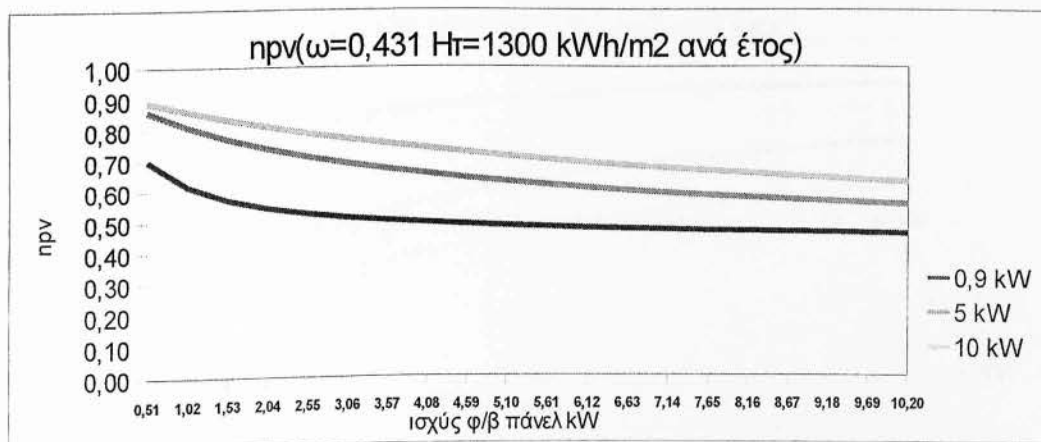
ηpv20 για Ητ=1300 kWh/m2 ω=0,271			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,22	0,09	0,07
1,02	0,29	0,13	0,09
1,53	0,32	0,16	0,11
2,04	0,34	0,19	0,13
2,55	0,36	0,21	0,15
3,06	0,37	0,23	0,16
3,57	0,38	0,24	0,18
4,08	0,38	0,25	0,19
4,59	0,39	0,27	0,20
5,1	0,39	0,28	0,21
5,61	0,39	0,29	0,22
6,12	0,40	0,29	0,23
6,63	0,40	0,30	0,23
7,14	0,40	0,31	0,24
7,65	0,40	0,31	0,25
8,16	0,41	0,32	0,25
8,67	0,41	0,32	0,26
9,18	0,41	0,33	0,27
9,69	0,41	0,33	0,27
10,2	0,41	0,34	0,28



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

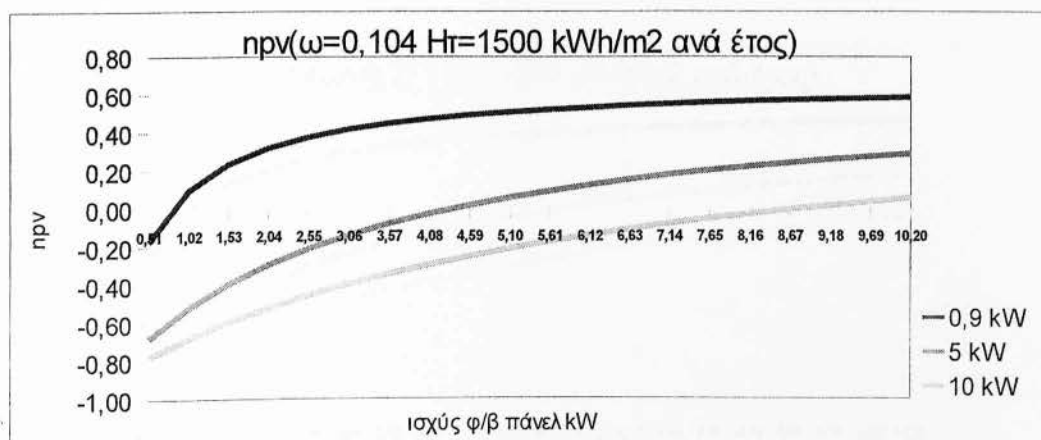
ισχύς φ/β kW	η _{pv20} για Η _t =1300 kWh/m ² ω=0,431		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,70	0,86	0,89
1,02	0,62	0,81	0,86
1,53	0,57	0,77	0,83
2,04	0,54	0,74	0,81
2,55	0,53	0,71	0,79
3,06	0,51	0,69	0,77
3,57	0,50	0,67	0,75
4,08	0,50	0,65	0,74
4,59	0,49	0,64	0,72
5,1	0,48	0,63	0,71
5,61	0,48	0,62	0,70
6,12	0,48	0,61	0,69
6,63	0,47	0,60	0,68
7,14	0,47	0,59	0,67
7,65	0,47	0,58	0,66
8,16	0,47	0,58	0,65
8,67	0,46	0,57	0,65
9,18	0,46	0,56	0,64
9,69	0,46	0,56	0,63
10,2	0,46	0,55	0,63



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

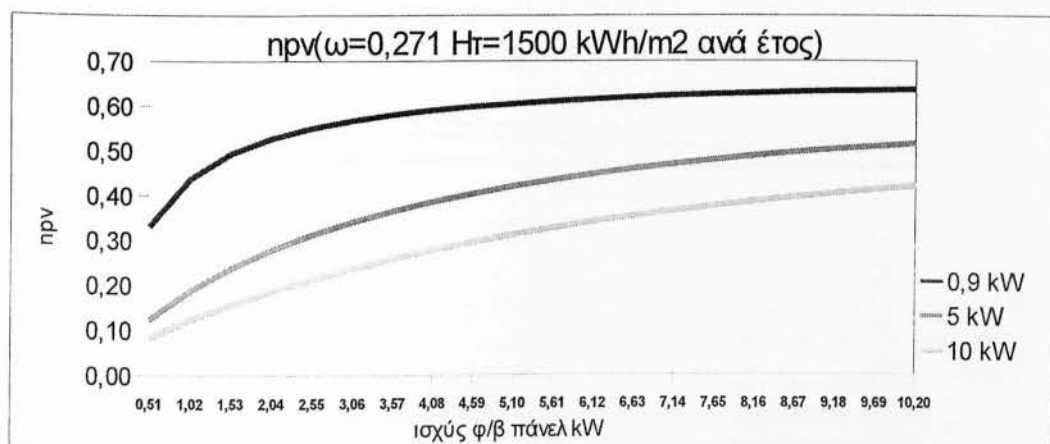
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

npv20 για $H_T=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,17	-0,68	-0,78
1,02	0,09	-0,52	-0,68
1,53	0,23	-0,40	-0,60
2,04	0,32	-0,30	-0,52
2,55	0,37	-0,21	-0,46
3,06	0,42	-0,14	-0,40
3,57	0,45	-0,08	-0,34
4,08	0,47	-0,03	-0,30
4,59	0,49	0,02	-0,25
5,1	0,51	0,06	-0,21
5,61	0,52	0,09	-0,18
6,12	0,53	0,12	-0,14
6,63	0,54	0,15	-0,11
7,14	0,55	0,18	-0,08
7,65	0,56	0,20	-0,05
8,16	0,57	0,22	-0,03
8,67	0,57	0,24	-0,01
9,18	0,58	0,26	0,02
9,69	0,58	0,27	0,04
10,2	0,59	0,29	0,06



Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

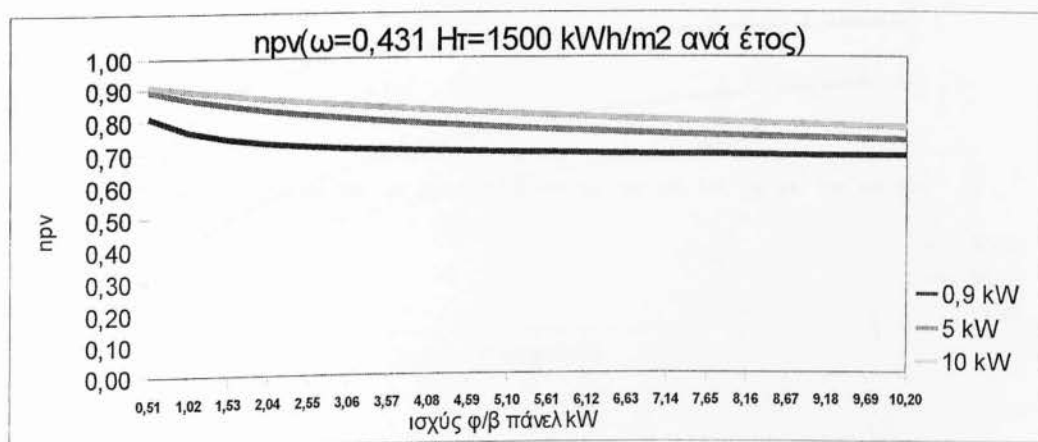
η _{pv} 20 για Η _τ =1500 kWh/m ² ω=0,271			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,33	0,12	0,08
1,02	0,44	0,19	0,12
1,53	0,49	0,24	0,16
2,04	0,53	0,28	0,19
2,55	0,55	0,31	0,21
3,06	0,57	0,34	0,24
3,57	0,58	0,37	0,26
4,08	0,59	0,39	0,28
4,59	0,60	0,41	0,30
5,1	0,61	0,42	0,31
5,61	0,61	0,44	0,33
6,12	0,62	0,45	0,34
6,63	0,62	0,46	0,35
7,14	0,62	0,47	0,37
7,65	0,63	0,48	0,38
8,16	0,63	0,49	0,39
8,67	0,63	0,50	0,40
9,18	0,63	0,50	0,41
9,69	0,64	0,51	0,41
10,2	0,64	0,52	0,42



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

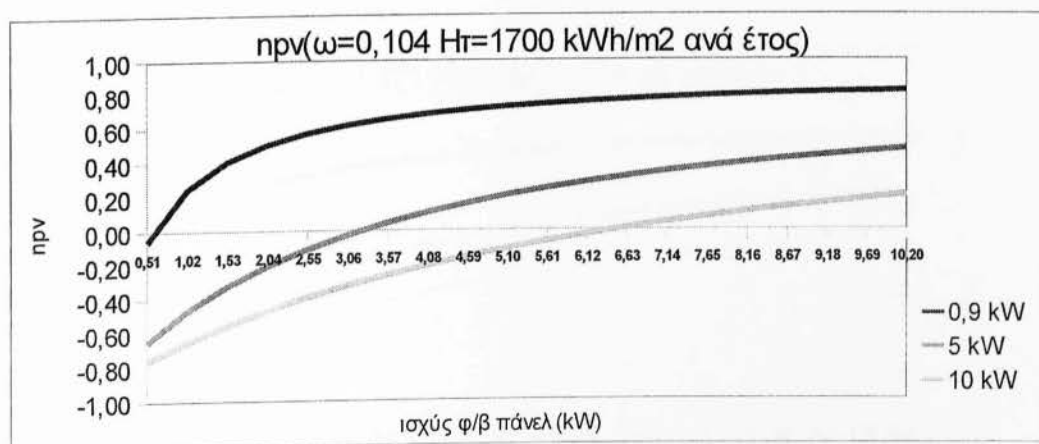
npv20 για Ht=1500 kWh/m2 $\omega=0,431$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,81	0,89	0,91
1,02	0,77	0,87	0,89
1,53	0,74	0,85	0,88
2,04	0,73	0,83	0,87
2,55	0,72	0,82	0,86
3,06	0,71	0,80	0,85
3,57	0,71	0,79	0,84
4,08	0,70	0,79	0,83
4,59	0,70	0,78	0,82
5,1	0,70	0,77	0,82
5,61	0,70	0,77	0,81
6,12	0,69	0,76	0,80
6,63	0,69	0,76	0,80
7,14	0,69	0,75	0,79
7,65	0,69	0,75	0,79
8,16	0,69	0,75	0,79
8,67	0,69	0,74	0,78
9,18	0,69	0,74	0,78
9,69	0,69	0,74	0,78
10,2	0,69	0,73	0,77



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

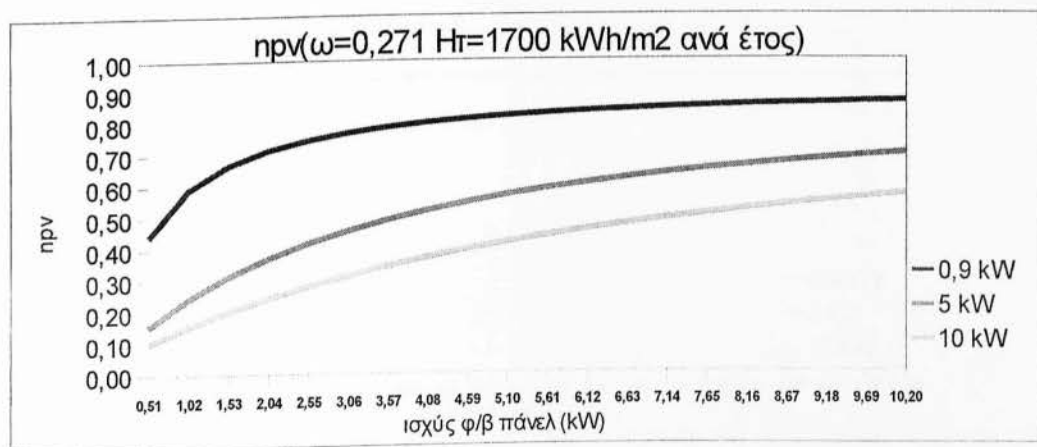
ισχύς φ/β kW	ηpv20 για Ητ=1700 kWh/m2 ω=0,104		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,06	-0,65	-0,76
1,02	0,25	-0,47	-0,65
1,53	0,41	-0,32	-0,55
2,04	0,50	-0,20	-0,47
2,55	0,57	-0,11	-0,39
3,06	0,62	-0,03	-0,32
3,57	0,65	0,04	-0,26
4,08	0,68	0,10	-0,20
4,59	0,70	0,15	-0,15
5,1	0,72	0,20	-0,11
5,61	0,74	0,24	-0,07
6,12	0,75	0,28	-0,03
6,63	0,76	0,31	0,01
7,14	0,77	0,34	0,04
7,65	0,78	0,37	0,07
8,16	0,79	0,39	0,10
8,67	0,80	0,41	0,13
9,18	0,80	0,43	0,15
9,69	0,81	0,45	0,18
10,2	0,81	0,47	0,20



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

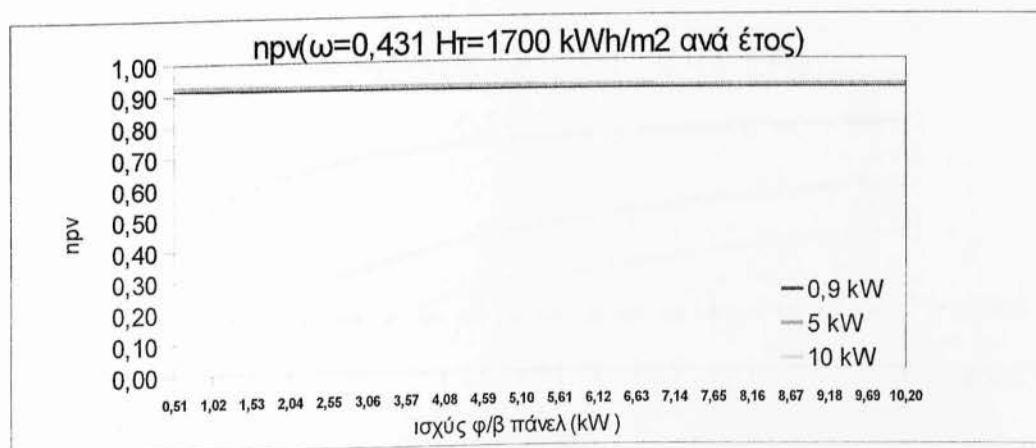
npv20 για $H_T=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,44	0,15	0,10
1,02	0,59	0,24	0,15
1,53	0,67	0,31	0,20
2,04	0,71	0,37	0,24
2,55	0,75	0,42	0,28
3,06	0,77	0,46	0,31
3,57	0,79	0,49	0,34
4,08	0,80	0,52	0,37
4,59	0,81	0,54	0,39
5,1	0,82	0,57	0,42
5,61	0,83	0,59	0,44
6,12	0,83	0,60	0,46
6,63	0,84	0,62	0,47
7,14	0,84	0,63	0,49
7,65	0,85	0,65	0,51
8,16	0,85	0,66	0,52
8,67	0,86	0,67	0,53
9,18	0,86	0,68	0,54
9,69	0,86	0,69	0,56
10,2	0,86	0,70	0,57



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

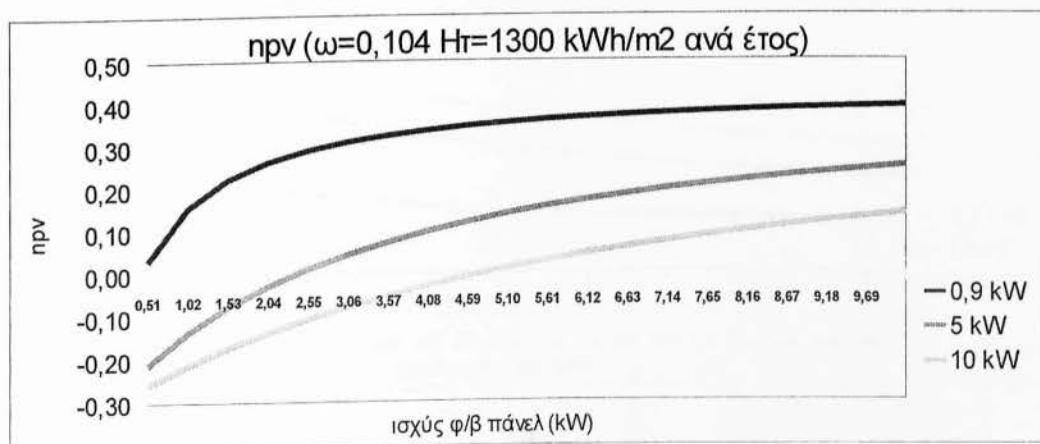
ηpv20 για Ητ=1700 kWh/m2 ω=0,431			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,92	0,92	0,93
1,02	0,92	0,92	0,92
1,53	0,92	0,92	0,92
2,04	0,92	0,92	0,92
2,55	0,92	0,92	0,92
3,06	0,91	0,92	0,92
3,57	0,91	0,92	0,92
4,08	0,91	0,92	0,92
4,59	0,91	0,92	0,92
5,1	0,91	0,92	0,92
5,61	0,91	0,92	0,92
6,12	0,91	0,92	0,92
6,63	0,91	0,92	0,92
7,14	0,91	0,92	0,92
7,65	0,91	0,92	0,92
8,16	0,91	0,92	0,92
8,67	0,91	0,92	0,92
9,18	0,91	0,92	0,92
9,69	0,91	0,92	0,92
10,2	0,91	0,92	0,92



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

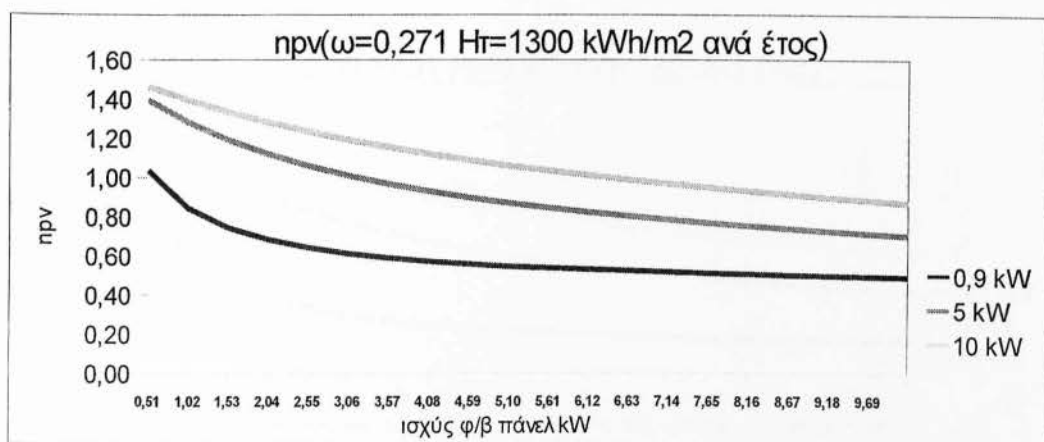
Τιμή πώλησης kWh 0,2€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

ισχύς φ/β kW	ηpv20 για Ητ=1300 kWh/m2 ω=0,104		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,03	-0,21	-0,26
1,02	0,16	-0,14	-0,21
1,53	0,22	-0,08	-0,17
2,04	0,26	-0,03	-0,14
2,55	0,29	0,01	-0,11
3,06	0,31	0,05	-0,08
3,57	0,33	0,07	-0,05
4,08	0,34	0,10	-0,03
4,59	0,35	0,12	-0,01
5,1	0,35	0,14	0,01
5,61	0,36	0,16	0,03
6,12	0,37	0,17	0,04
6,63	0,37	0,18	0,06
7,14	0,37	0,20	0,07
7,65	0,38	0,21	0,09
8,16	0,38	0,22	0,10
8,67	0,38	0,23	0,11
9,18	0,39	0,23	0,12
9,69	0,39	0,24	0,13
10,2	0,39	0,25	0,14



Τιμή πώλησης kWh 0,2€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

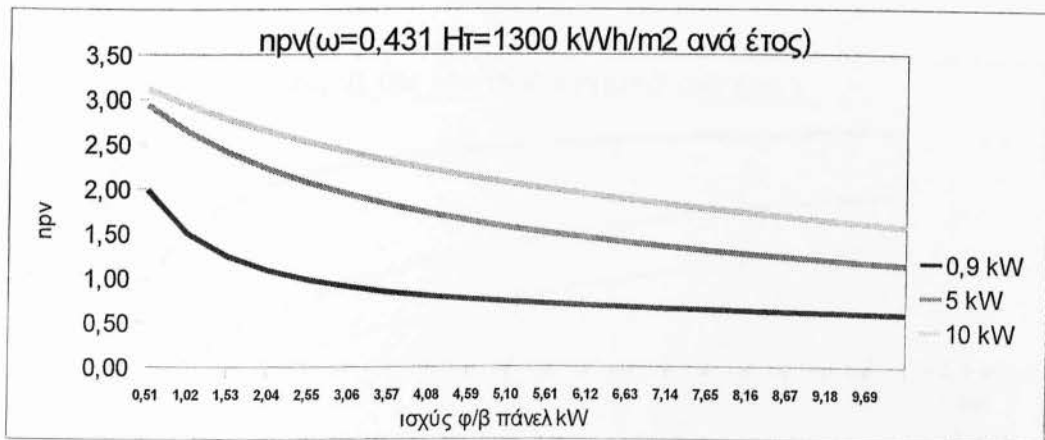
ισχύς φ/β kW	npv20 για $H_T=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 10 kW
0,51	1,03	1,39	1,46
1,02	0,84	1,28	1,39
1,53	0,75	1,19	1,33
2,04	0,69	1,12	1,28
2,55	0,64	1,06	1,23
3,06	0,61	1,01	1,19
3,57	0,59	0,97	1,15
4,08	0,57	0,93	1,12
4,59	0,56	0,90	1,09
5,1	0,55	0,87	1,06
5,61	0,54	0,85	1,03
6,12	0,53	0,82	1,01
6,63	0,52	0,80	0,99
7,14	0,52	0,79	0,97
7,65	0,51	0,77	0,95
8,16	0,51	0,75	0,93
8,67	0,50	0,74	0,91
9,18	0,50	0,73	0,90
9,69	0,50	0,72	0,88
10,2	0,49	0,71	0,87



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,2€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

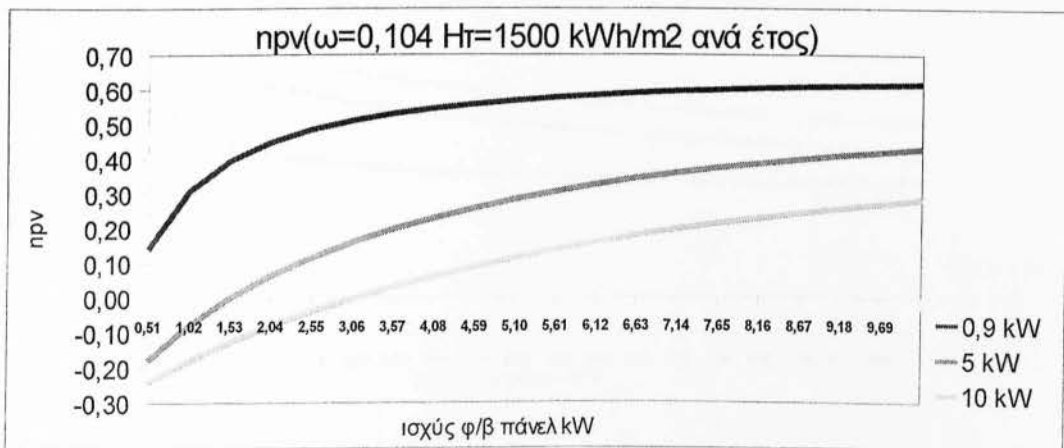
ισχύς φ/β kW	npv20 για $H_T=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 10 kW
0,51	1,99	2,94	3,11
1,02	1,50	2,64	2,94
1,53	1,25	2,41	2,78
2,04	1,09	2,22	2,64
2,55	0,98	2,07	2,52
3,06	0,91	1,94	2,41
3,57	0,85	1,83	2,31
4,08	0,80	1,73	2,22
4,59	0,77	1,65	2,14
5,1	0,74	1,57	2,07
5,61	0,71	1,51	2,00
6,12	0,69	1,45	1,94
6,63	0,67	1,40	1,88
7,14	0,66	1,35	1,83
7,65	0,64	1,31	1,78
8,16	0,63	1,27	1,73
8,67	0,62	1,23	1,69
9,18	0,61	1,20	1,65
9,69	0,60	1,17	1,61
10,2	0,59	1,14	1,57



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,2€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

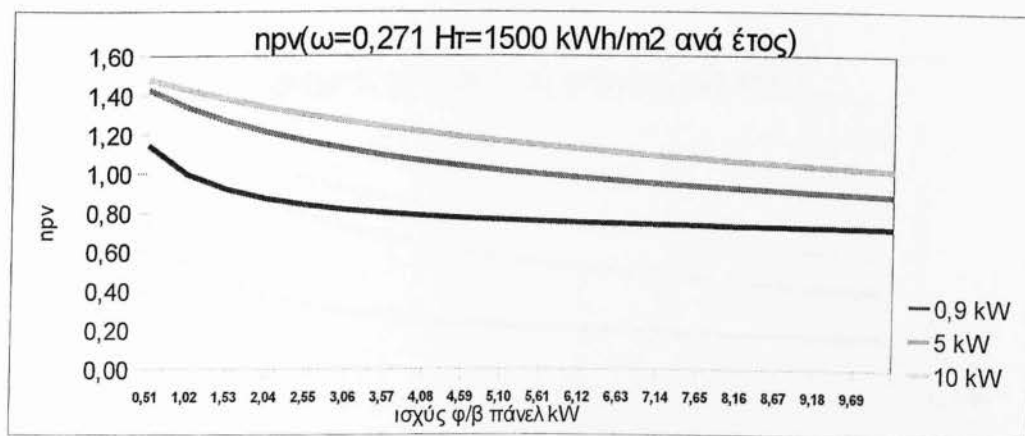
npv20 για $H_t=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,14	-0,18	-0,24
1,02	0,31	-0,08	-0,18
1,53	0,40	0,00	-0,13
2,04	0,45	0,06	-0,08
2,55	0,48	0,12	-0,04
3,06	0,51	0,16	0,00
3,57	0,53	0,20	0,03
4,08	0,55	0,23	0,06
4,59	0,56	0,26	0,09
5,1	0,57	0,28	0,11
5,61	0,58	0,31	0,14
6,12	0,58	0,33	0,16
6,63	0,59	0,34	0,18
7,14	0,60	0,36	0,20
7,65	0,60	0,37	0,21
8,16	0,60	0,39	0,23
8,67	0,61	0,40	0,24
9,18	0,61	0,41	0,26
9,69	0,61	0,42	0,27
10,2	0,62	0,43	0,28



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,2€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

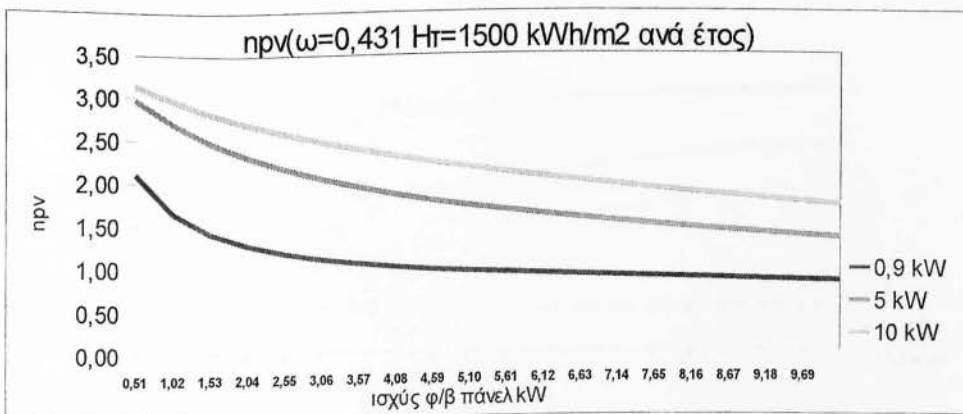
ισχύς φ/β kW	npv20 για Ht=1500 kWh/m2 ω=0,271		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	1,14	1,43	1,43
1,02	1,00	1,34	1,43
1,53	0,92	1,27	1,38
2,04	0,87	1,21	1,34
2,55	0,84	1,16	1,30
3,06	0,82	1,13	1,27
3,57	0,80	1,09	1,24
4,08	0,78	1,06	1,21
4,59	0,77	1,04	1,19
5,1	0,76	1,02	1,16
5,61	0,76	1,00	1,14
6,12	0,75	0,98	1,13
6,63	0,74	0,96	1,11
7,14	0,74	0,95	1,09
7,65	0,74	0,94	1,08
8,16	0,73	0,92	1,06
8,67	0,73	0,91	1,05
9,18	0,73	0,90	1,04
9,69	0,72	0,89	1,03
10,2	0,72	0,89	1,02



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

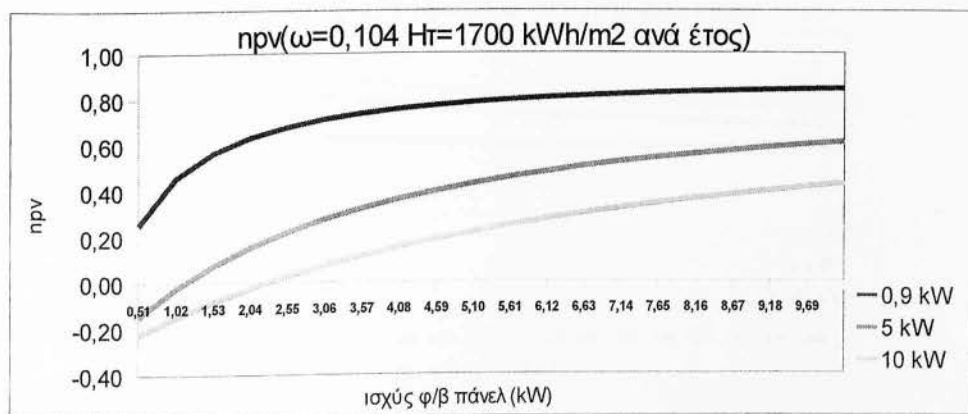
Τιμή πώλησης kWh 0,2€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

ηpv20 για Ητ=1500 kWh/m2 ω=0,431			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	2,10	2,97	3,13
1,02	1,65	2,70	2,97
1,53	1,42	2,49	2,82
2,04	1,27	2,31	2,70
2,55	1,18	2,17	2,59
3,06	1,11	2,05	2,49
3,57	1,05	1,95	2,40
4,08	1,01	1,86	2,31
4,59	0,98	1,79	2,24
5,1	0,95	1,72	2,17
5,61	0,93	1,66	2,11
6,12	0,91	1,61	2,05
6,63	0,89	1,56	2,00
7,14	0,88	1,51	1,95
7,65	0,86	1,48	1,90
8,16	0,85	1,44	1,86
8,67	0,84	1,41	1,82
9,18	0,83	1,38	1,79
9,69	0,83	1,35	1,75
10,2	0,82	1,32	1,72



Τιμή πώλησης kWh 0,2€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

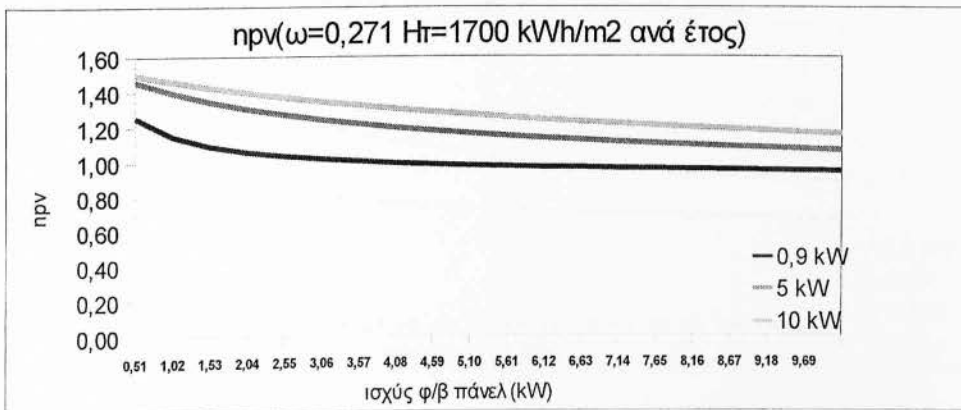
npv20 για $H_T=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,25	-0,15	-0,22
1,02	0,46	-0,02	-0,15
1,53	0,57	0,07	-0,08
2,04	0,63	0,15	-0,02
2,55	0,68	0,22	0,03
3,06	0,71	0,27	0,07
3,57	0,74	0,32	0,12
4,08	0,76	0,36	0,15
4,59	0,77	0,40	0,19
5,1	0,78	0,43	0,22
5,61	0,79	0,46	0,25
6,12	0,80	0,48	0,27
6,63	0,81	0,50	0,30
7,14	0,82	0,52	0,32
7,65	0,82	0,54	0,34
8,16	0,83	0,56	0,36
8,67	0,83	0,57	0,38
9,18	0,84	0,59	0,40
9,69	0,84	0,60	0,41
10,2	0,84	0,61	0,43



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,2€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

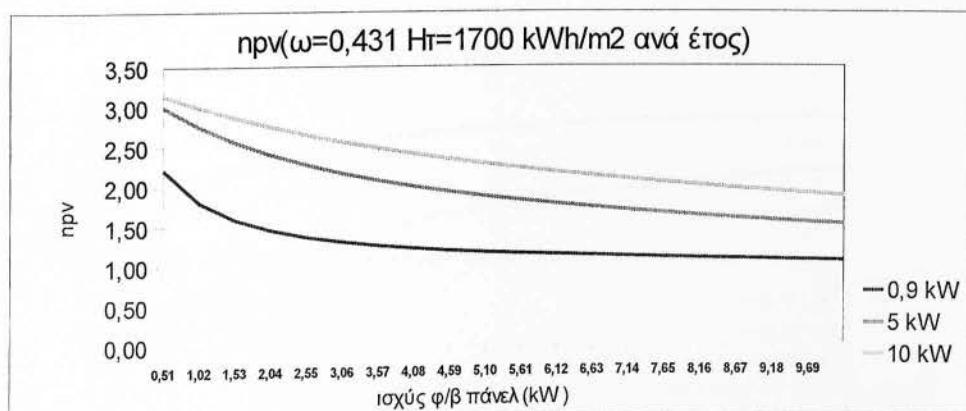
ηρν20 για Ητ=1700 kWh/m2 ω=0,271			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	1,26	1,46	1,50
1,02	1,15	1,39	1,46
1,53	1,09	1,34	1,42
2,04	1,06	1,30	1,39
2,55	1,03	1,27	1,37
3,06	1,02	1,24	1,34
3,57	1,00	1,22	1,32
4,08	0,99	1,20	1,30
4,59	0,99	1,18	1,29
5,1	0,98	1,16	1,27
5,61	0,97	1,15	1,25
6,12	0,97	1,13	1,24
6,63	0,96	1,12	1,23
7,14	0,96	1,11	1,22
7,65	0,96	1,10	1,21
8,16	0,96	1,09	1,20
8,67	0,95	1,09	1,19
9,18	0,95	1,08	1,18
9,69	0,95	1,07	1,17
10,2	0,95	1,07	1,16



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,2€ από α/γ και 0,4€ από φωτοβολταϊκά

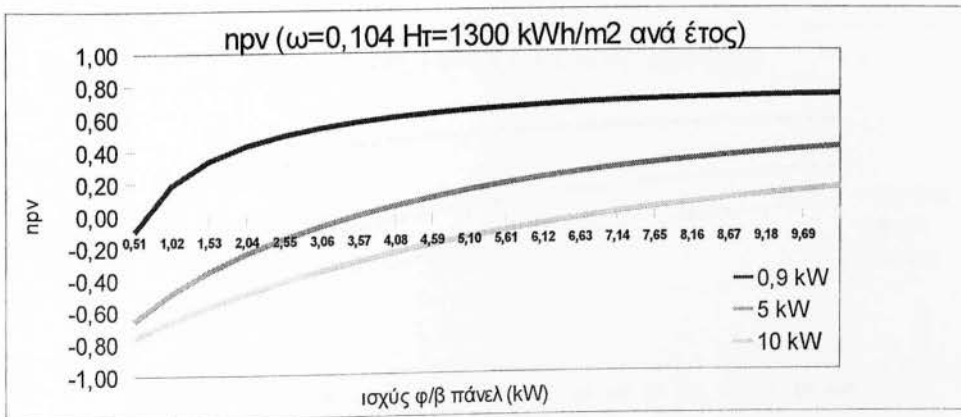
ηρν20 για Ητ=1700 kWh/m2 ω=0,431			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	2,21	3,00	3,15
1,02	1,80	2,75	3,00
1,53	1,59	2,56	2,87
2,04	1,46	2,40	2,75
2,55	1,37	2,28	2,65
3,06	1,31	2,17	2,56
3,57	1,26	2,07	2,48
4,08	1,22	1,99	2,40
4,59	1,19	1,92	2,34
5,1	1,17	1,86	2,28
5,61	1,14	1,81	2,22
6,12	1,13	1,76	2,17
6,63	1,11	1,72	2,12
7,14	1,10	1,68	2,07
7,65	1,09	1,64	2,03
8,16	1,08	1,61	1,99
8,67	1,07	1,58	1,96
9,18	1,06	1,55	1,92
9,69	1,05	1,53	1,89
10,2	1,05	1,50	1,86



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

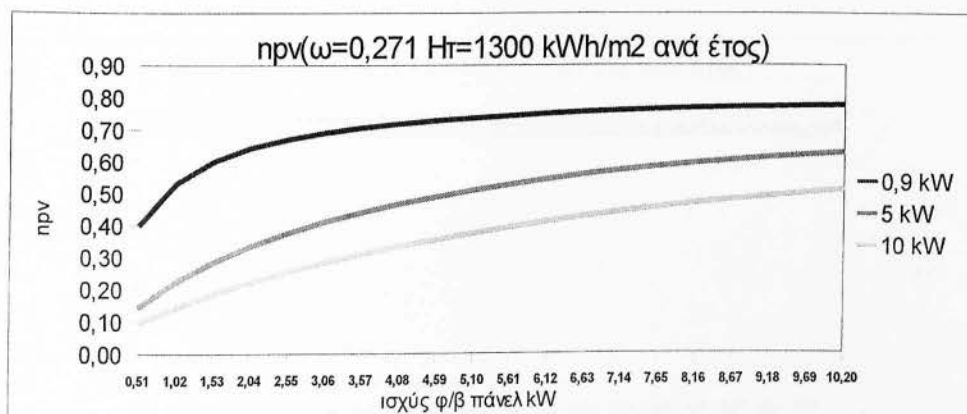
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,5€ από φωτοβολταϊκά

ισχύς φ/β kW	npv20 για $H_T=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,10	-0,66	-0,77
1,02	0,19	-0,49	-0,66
1,53	0,34	-0,35	-0,57
2,04	0,43	-0,24	-0,49
2,55	0,49	-0,15	-0,42
3,06	0,54	-0,07	-0,35
3,57	0,57	-0,01	-0,29
4,08	0,60	0,05	-0,24
4,59	0,62	0,10	-0,19
5,1	0,64	0,14	-0,15
5,61	0,65	0,18	-0,11
6,12	0,67	0,22	-0,07
6,63	0,68	0,25	-0,04
7,14	0,69	0,28	-0,01
7,65	0,69	0,30	0,02
8,16	0,70	0,32	0,05
8,67	0,71	0,35	0,08
9,18	0,71	0,36	0,10
9,69	0,72	0,38	0,12
10,2	0,72	0,40	0,14



Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,5€ από φωτοβολταϊκά

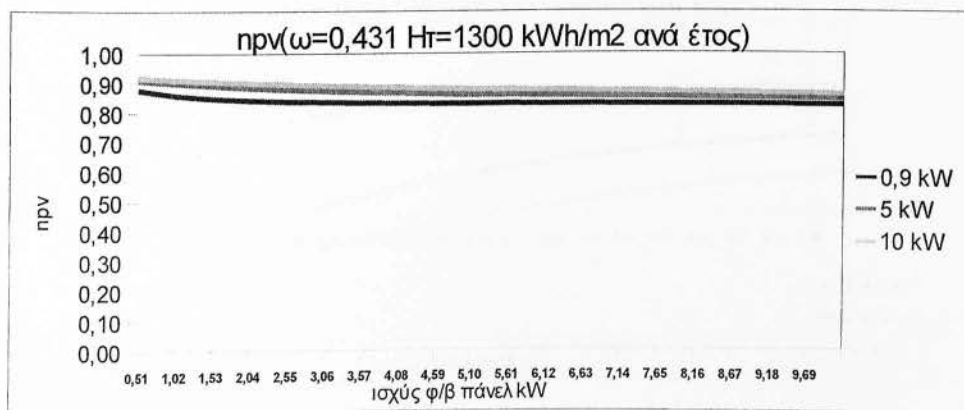
npv20 για $H_T=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,40	0,14	0,09
1,02	0,53	0,22	0,14
1,53	0,60	0,28	0,18
2,04	0,64	0,33	0,22
2,55	0,67	0,38	0,25
3,06	0,69	0,41	0,28
3,57	0,71	0,44	0,31
4,08	0,72	0,47	0,33
4,59	0,73	0,49	0,36
5,1	0,74	0,51	0,38
5,61	0,74	0,53	0,40
6,12	0,75	0,54	0,41
6,63	0,75	0,56	0,43
7,14	0,76	0,57	0,44
7,65	0,76	0,58	0,46
8,16	0,77	0,59	0,47
8,67	0,77	0,60	0,48
9,18	0,77	0,61	0,49
9,69	0,77	0,62	0,50
10,2	0,78	0,63	0,51



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

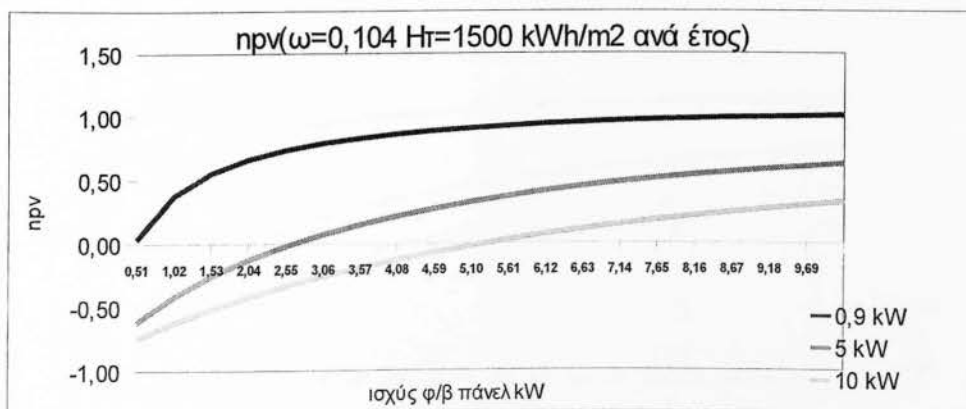
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,5€ από φωτοβολταϊκά

ισχύς φ/β kW	npv20 για Ht=1300 kWh/m2 ω=0,431		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,88	0,91	0,92
1,02	0,86	0,90	0,91
1,53	0,85	0,89	0,91
2,04	0,84	0,89	0,90
2,55	0,84	0,88	0,90
3,06	0,84	0,87	0,89
3,57	0,83	0,87	0,89
4,08	0,83	0,87	0,89
4,59	0,83	0,86	0,88
5,1	0,83	0,86	0,88
5,61	0,83	0,86	0,88
6,12	0,83	0,86	0,87
6,63	0,83	0,85	0,87
7,14	0,83	0,85	0,87
7,65	0,83	0,85	0,87
8,16	0,83	0,85	0,87
8,67	0,83	0,85	0,87
9,18	0,83	0,85	0,86
9,69	0,83	0,85	0,86
10,2	0,83	0,85	0,86



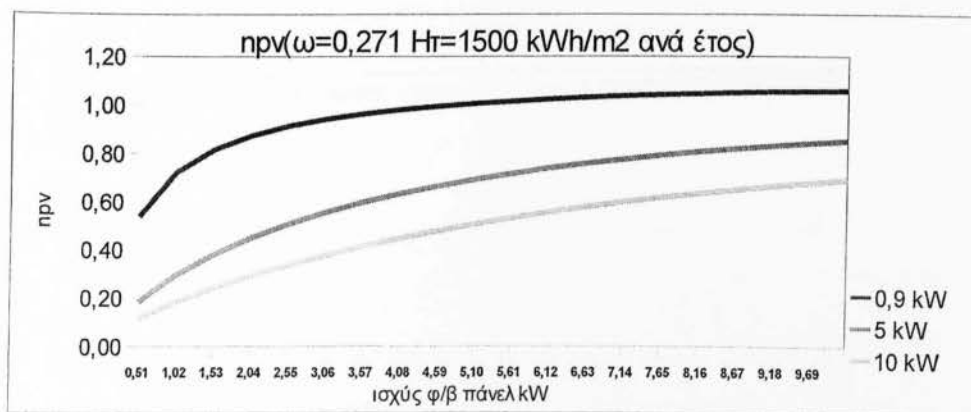
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,5€ από φωτοβολταϊκά

ισχύς φ/β kW	npv20 για H _T =1500 kWh/m ² ω=0,104		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,03	-0,62	-0,75
1,02	0,38	-0,42	-0,62
1,53	0,55	-0,26	-0,51
2,04	0,66	-0,13	-0,42
2,55	0,74	-0,02	-0,33
3,06	0,79	0,07	-0,26
3,57	0,83	0,15	-0,19
4,08	0,86	0,22	-0,13
4,59	0,89	0,27	-0,07
5,1	0,91	0,33	-0,02
5,61	0,93	0,37	0,03
6,12	0,94	0,41	0,07
6,63	0,95	0,45	0,11
7,14	0,96	0,48	0,15
7,65	0,97	0,51	0,18
8,16	0,98	0,54	0,22
8,67	0,99	0,56	0,25
9,18	1,00	0,58	0,27
9,69	1,00	0,61	0,30
10,2	1,01	0,62	0,33



Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,5€ από φωτοβολταϊκά

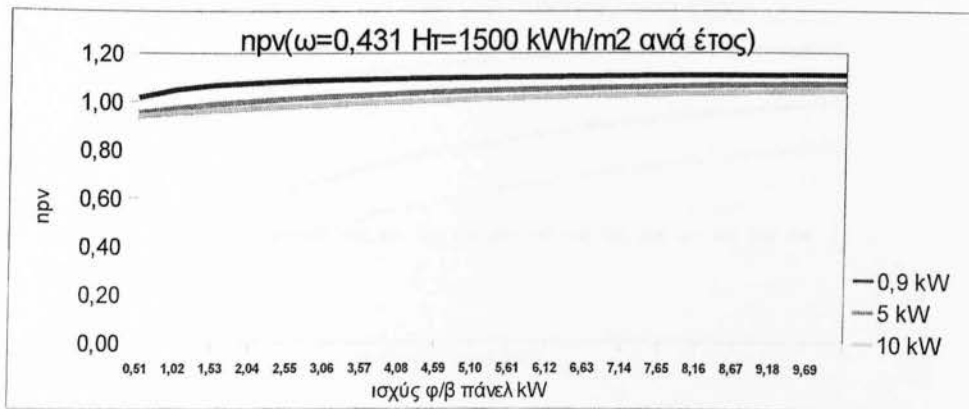
npv20 για $H_T=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,54	0,18	0,12
1,02	0,72	0,29	0,18
1,53	0,82	0,38	0,24
2,04	0,87	0,45	0,29
2,55	0,91	0,51	0,34
3,06	0,94	0,56	0,38
3,57	0,96	0,60	0,42
4,08	0,98	0,63	0,45
4,59	0,99	0,66	0,48
5,1	1,01	0,69	0,51
5,61	1,01	0,72	0,53
6,12	1,02	0,74	0,56
6,63	1,03	0,76	0,58
7,14	1,04	0,78	0,60
7,65	1,04	0,79	0,62
8,16	1,05	0,81	0,63
8,67	1,05	0,82	0,65
9,18	1,05	0,83	0,66
9,69	1,06	0,84	0,68
10,2	1,06	0,85	0,69



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

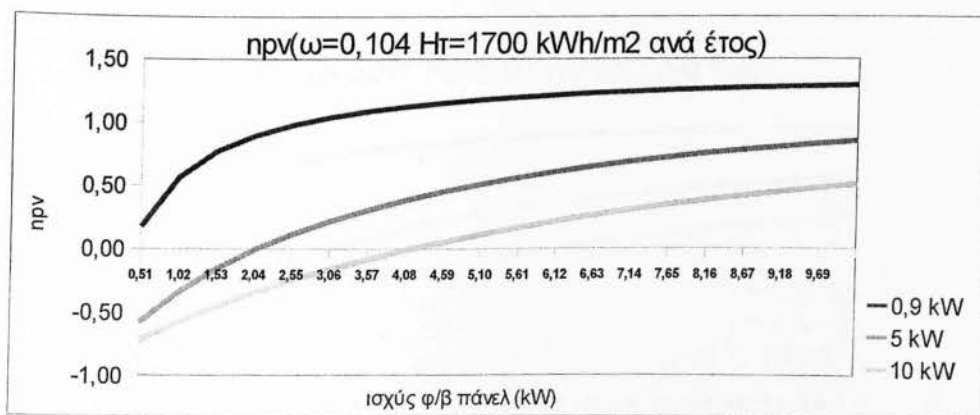
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,5€ από φωτοβολταϊκά

npv20 για $H_t=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,431$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	1,02	0,95	0,94
1,02	1,05	0,97	0,95
1,53	1,07	0,99	0,96
2,04	1,08	1,00	0,97
2,55	1,08	1,01	0,98
3,06	1,09	1,02	0,99
3,57	1,09	1,03	0,99
4,08	1,09	1,03	1,00
4,59	1,10	1,04	1,00
5,1	1,10	1,04	1,01
5,61	1,10	1,05	1,01
6,12	1,10	1,05	1,02
6,63	1,10	1,05	1,02
7,14	1,10	1,06	1,03
7,65	1,11	1,06	1,03
8,16	1,11	1,06	1,03
8,67	1,11	1,07	1,04
9,18	1,11	1,07	1,04
9,69	1,11	1,07	1,04
10,2	1,11	1,07	1,04



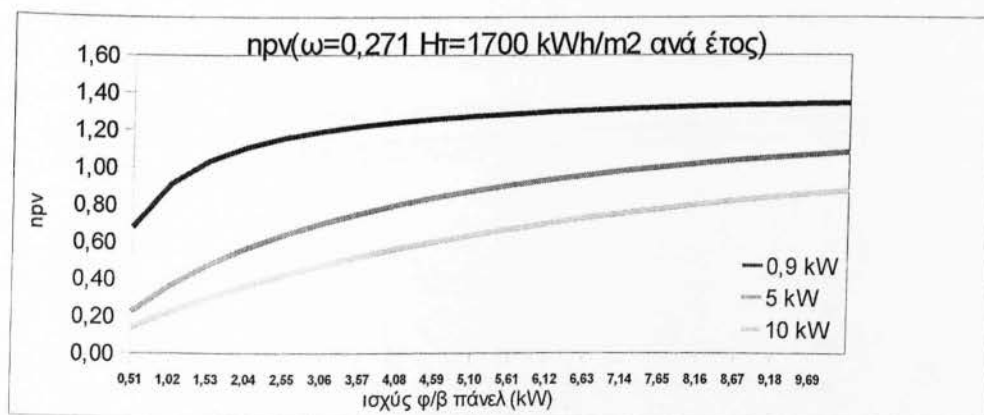
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,5€ από φωτοβολταϊκά

ισχύς φ/β kW	npv20 για $H_T=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,17	-0,58	-0,72
1,02	0,56	-0,35	-0,58
1,53	0,77	-0,16	-0,46
2,04	0,89	-0,01	-0,35
2,55	0,98	0,11	-0,25
3,06	1,04	0,22	-0,16
3,57	1,09	0,31	-0,08
4,08	1,12	0,38	-0,01
4,59	1,15	0,45	0,05
5,1	1,18	0,51	0,11
5,61	1,20	0,56	0,17
6,12	1,21	0,61	0,22
6,63	1,23	0,65	0,26
7,14	1,24	0,69	0,31
7,65	1,25	0,72	0,34
8,16	1,26	0,75	0,38
8,67	1,27	0,78	0,42
9,18	1,28	0,80	0,45
9,69	1,28	0,83	0,48
10,2	1,29	0,85	0,51



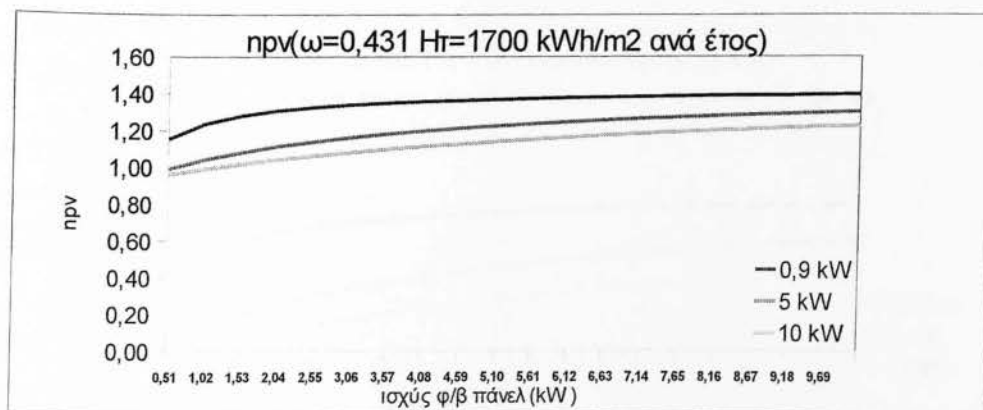
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,5€ από φωτοβολταϊκά

npv20 για Ht=1700 kWh/m2 ω=0,271			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,67	0,22	0,14
1,02	0,91	0,36	0,22
1,53	1,03	0,47	0,30
2,04	1,11	0,56	0,36
2,55	1,16	0,64	0,42
3,06	1,19	0,70	0,47
3,57	1,22	0,75	0,52
4,08	1,24	0,80	0,56
4,59	1,26	0,84	0,60
5,1	1,27	0,87	0,64
5,61	1,29	0,90	0,67
6,12	1,30	0,93	0,70
6,63	1,30	0,96	0,73
7,14	1,31	0,98	0,75
7,65	1,32	1,00	0,78
8,16	1,32	1,02	0,80
8,67	1,33	1,04	0,82
9,18	1,33	1,05	0,84
9,69	1,34	1,07	0,86
10,2	1,34	1,08	0,87



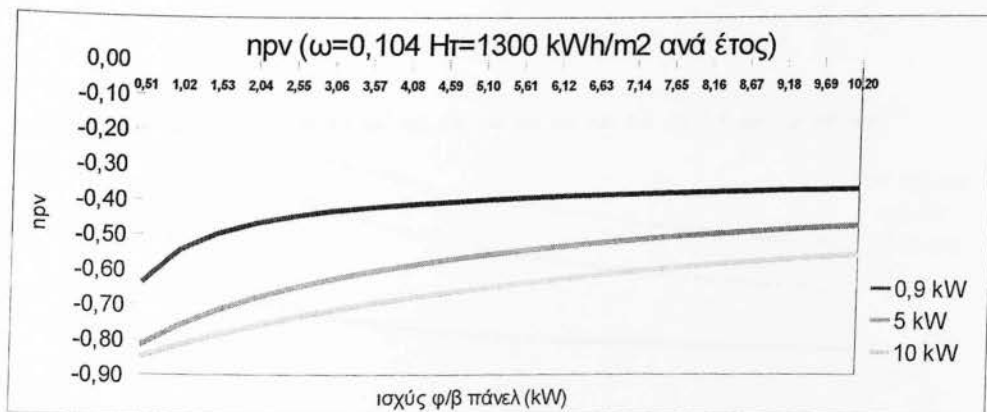
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,5€ από φωτοβολταϊκά

ισχύς φ/β kW	ηpv20 για Ητ=1700 kWh/m2 ω=0,431		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	1,15	0,99	0,96
1,02	1,24	1,04	0,99
1,53	1,28	1,08	1,02
2,04	1,31	1,11	1,04
2,55	1,33	1,14	1,06
3,06	1,34	1,16	1,08
3,57	1,35	1,18	1,10
4,08	1,36	1,20	1,11
4,59	1,36	1,21	1,13
5,1	1,37	1,22	1,14
5,61	1,37	1,24	1,15
6,12	1,38	1,25	1,16
6,63	1,38	1,25	1,17
7,14	1,38	1,26	1,18
7,65	1,38	1,27	1,19
8,16	1,39	1,28	1,20
8,67	1,39	1,28	1,21
9,18	1,39	1,29	1,21
9,69	1,39	1,29	1,22
10,2	1,39	1,30	1,22



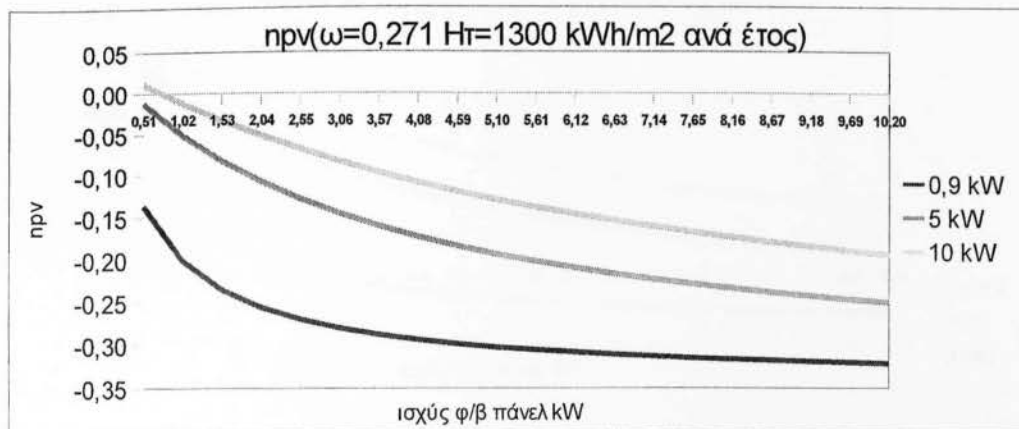
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,2€ από φωτοβολταϊκά

ισχύς φ/β kW	npv20 για $H_T=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,64	-0,82	-0,85
1,02	-0,54	-0,76	-0,82
1,53	-0,50	-0,72	-0,79
2,04	-0,47	-0,68	-0,76
2,55	-0,45	-0,65	-0,74
3,06	-0,43	-0,63	-0,72
3,57	-0,42	-0,61	-0,70
4,08	-0,41	-0,59	-0,68
4,59	-0,41	-0,57	-0,67
5,1	-0,40	-0,56	-0,65
5,61	-0,39	-0,55	-0,64
6,12	-0,39	-0,53	-0,63
6,63	-0,39	-0,52	-0,62
7,14	-0,38	-0,52	-0,61
7,65	-0,38	-0,51	-0,60
8,16	-0,38	-0,50	-0,59
8,67	-0,38	-0,49	-0,58
9,18	-0,38	-0,49	-0,57
9,69	-0,37	-0,48	-0,56
10,2	-0,37	-0,48	-0,56



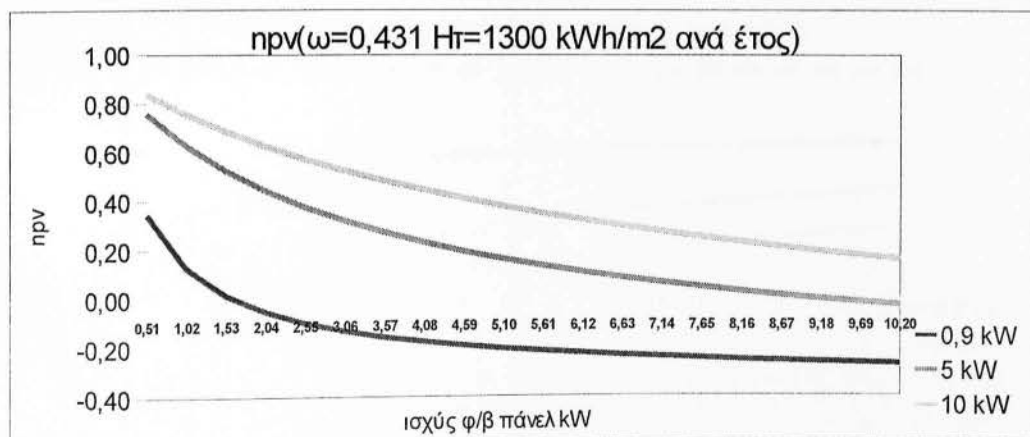
Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,2€ από φωτοβολταϊκά

npv20 για $H_T=1300 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,14	-0,01	0,01
1,02	-0,20	-0,05	-0,01
1,53	-0,23	-0,08	-0,03
2,04	-0,26	-0,11	-0,05
2,55	-0,27	-0,13	-0,07
3,06	-0,28	-0,14	-0,08
3,57	-0,29	-0,16	-0,09
4,08	-0,29	-0,17	-0,11
4,59	-0,30	-0,18	-0,12
5,1	-0,30	-0,19	-0,13
5,61	-0,31	-0,20	-0,14
6,12	-0,31	-0,21	-0,14
6,63	-0,31	-0,21	-0,15
7,14	-0,31	-0,22	-0,16
7,65	-0,31	-0,23	-0,17
8,16	-0,32	-0,23	-0,17
8,67	-0,32	-0,24	-0,18
9,18	-0,32	-0,24	-0,18
9,69	-0,32	-0,24	-0,19
10,2	-0,32	-0,25	-0,19



Τιμή πόλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,2€ από φωτοβολταικά

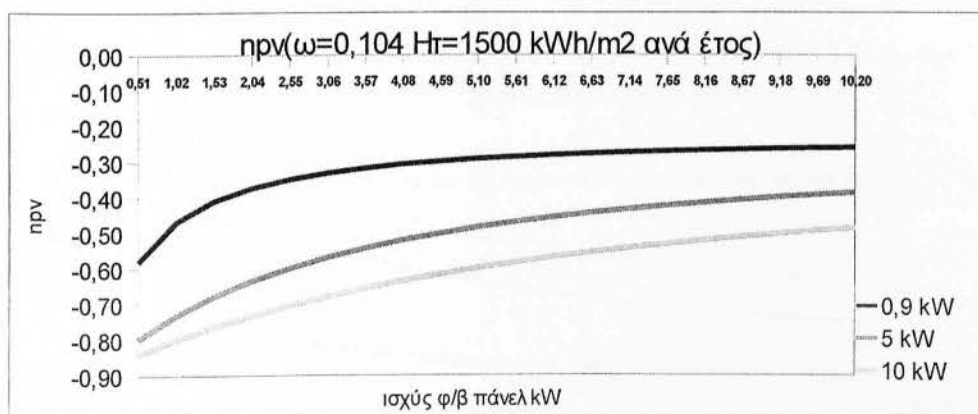
npv20 για H _T =1300 kWh/m ² ω=0,431			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,34	0,76	0,84
1,02	0,13	0,63	0,76
1,53	0,02	0,53	0,69
2,04	-0,05	0,44	0,63
2,55	-0,10	0,38	0,58
3,06	-0,13	0,32	0,53
3,57	-0,16	0,27	0,48
4,08	-0,18	0,23	0,44
4,59	-0,20	0,19	0,41
5,1	-0,21	0,16	0,38
5,61	-0,22	0,13	0,35
6,12	-0,23	0,11	0,32
6,63	-0,24	0,08	0,29
7,14	-0,24	0,06	0,27
7,65	-0,25	0,04	0,25
8,16	-0,26	0,03	0,23
8,67	-0,26	0,01	0,21
9,18	-0,26	0,00	0,19
9,69	-0,27	-0,02	0,17
10,2	-0,27	-0,03	0,16



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,2€ από φωτοβολταϊκά

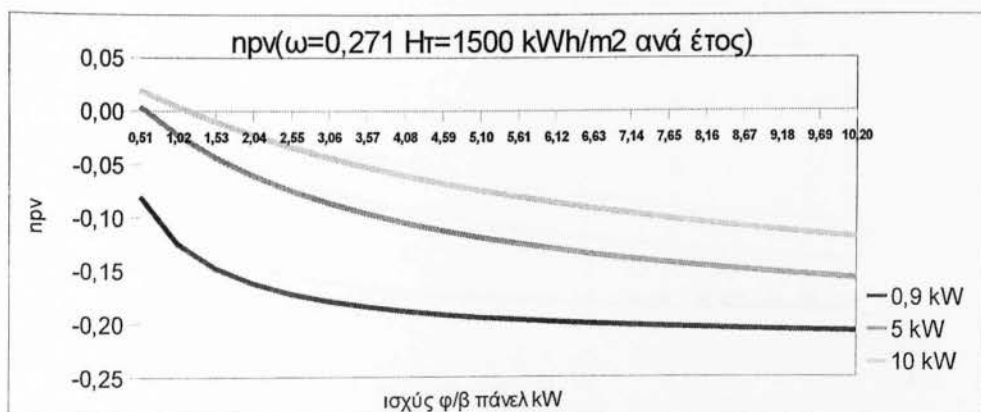
ηρν20 για Ητ=1500 kWh/m2 ω=0,104			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,58	-0,80	-0,84
1,02	-0,47	-0,73	-0,80
1,53	-0,41	-0,68	-0,76
2,04	-0,37	-0,64	-0,73
2,55	-0,35	-0,60	-0,70
3,06	-0,33	-0,57	-0,68
3,57	-0,32	-0,54	-0,66
4,08	-0,31	-0,52	-0,64
4,59	-0,30	-0,50	-0,62
5,1	-0,29	-0,49	-0,60
5,61	-0,29	-0,47	-0,58
6,12	-0,28	-0,46	-0,57
6,63	-0,28	-0,44	-0,56
7,14	-0,27	-0,43	-0,54
7,65	-0,27	-0,42	-0,53
8,16	-0,27	-0,42	-0,52
8,67	-0,27	-0,41	-0,51
9,18	-0,26	-0,40	-0,50
9,69	-0,26	-0,39	-0,49
10,2	-0,26	-0,39	-0,49



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,2€ από φωτοβολταϊκά

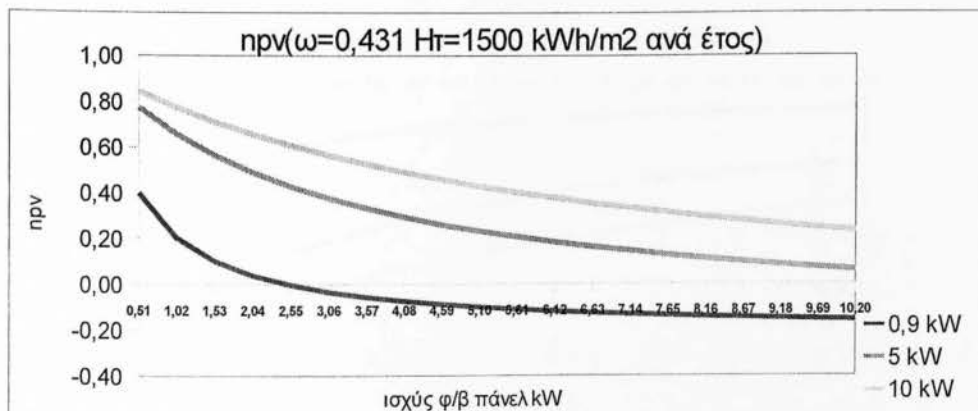
npv20 για $H_T=1500 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,08	0,00	0,02
1,02	-0,12	-0,02	0,00
1,53	-0,15	-0,04	-0,01
2,04	-0,16	-0,06	-0,02
2,55	-0,17	-0,07	-0,03
3,06	-0,18	-0,09	-0,04
3,57	-0,18	-0,10	-0,05
4,08	-0,19	-0,11	-0,06
4,59	-0,19	-0,11	-0,07
5,1	-0,19	-0,12	-0,07
5,61	-0,20	-0,13	-0,08
6,12	-0,20	-0,13	-0,09
6,63	-0,20	-0,14	-0,09
7,14	-0,20	-0,14	-0,10
7,65	-0,20	-0,14	-0,10
8,16	-0,20	-0,15	-0,11
8,67	-0,21	-0,15	-0,11
9,18	-0,21	-0,15	-0,11
9,69	-0,21	-0,16	-0,12
10,2	-0,21	-0,16	-0,12



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,2€ από φωτοβολταϊκά

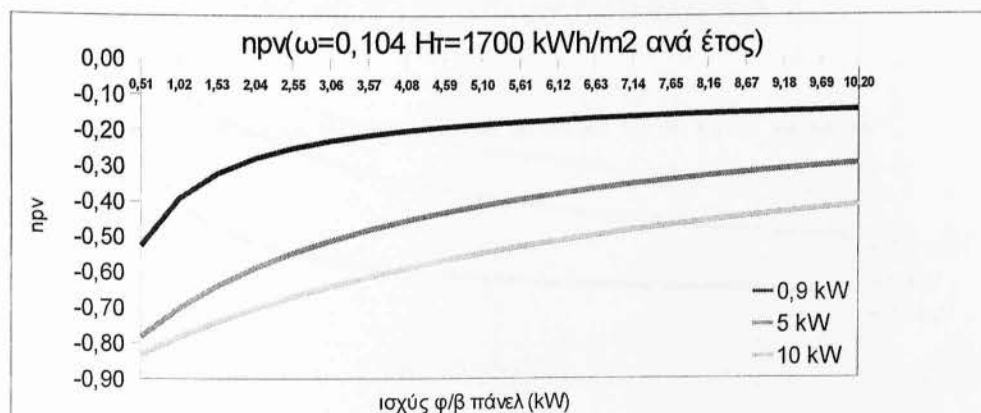
ισχύς φ/β kW	npv20 για Ητ=1500 kWh/m ² ω=0,431		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,40	0,77	0,84
1,02	0,20	0,66	0,77
1,53	0,10	0,57	0,71
2,04	0,04	0,49	0,66
2,55	0,00	0,43	0,61
3,06	-0,03	0,38	0,57
3,57	-0,06	0,33	0,53
4,08	-0,07	0,29	0,49
4,59	-0,09	0,26	0,46
5,1	-0,10	0,23	0,43
5,61	-0,11	0,21	0,40
6,12	-0,12	0,18	0,38
6,63	-0,13	0,16	0,35
7,14	-0,13	0,14	0,33
7,65	-0,14	0,13	0,31
8,16	-0,14	0,11	0,29
8,67	-0,15	0,10	0,28
9,18	-0,15	0,08	0,26
9,69	-0,16	0,07	0,25
10,2	-0,16	0,06	0,23



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,2€ από φωτοβολταϊκά

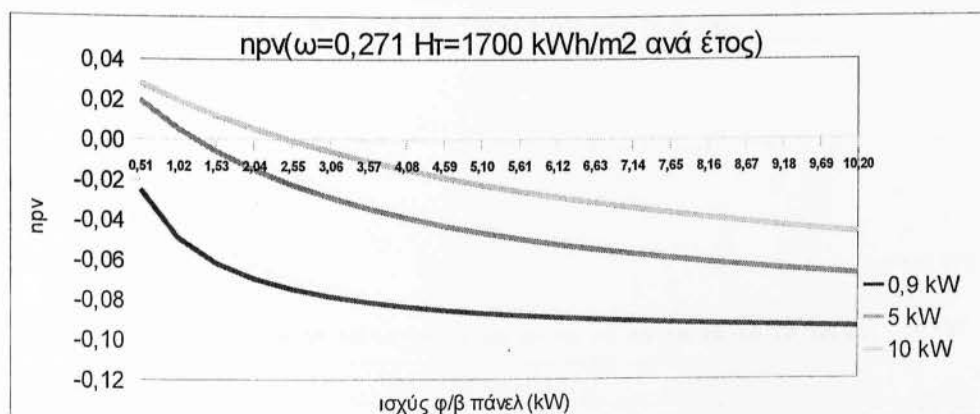
ισχύς φ/β kW	npv20 για $H_T=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,104$		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,53	-0,78	-0,83
1,02	-0,39	-0,70	-0,78
1,53	-0,32	-0,64	-0,74
2,04	-0,28	-0,59	-0,70
2,55	-0,25	-0,55	-0,67
3,06	-0,23	-0,51	-0,64
3,57	-0,22	-0,48	-0,61
4,08	-0,20	-0,46	-0,59
4,59	-0,19	-0,43	-0,57
5,1	-0,18	-0,41	-0,55
5,61	-0,18	-0,39	-0,53
6,12	-0,17	-0,38	-0,51
6,63	-0,17	-0,36	-0,50
7,14	-0,16	-0,35	-0,48
7,65	-0,16	-0,34	-0,47
8,16	-0,16	-0,33	-0,46
8,67	-0,15	-0,32	-0,44
9,18	-0,15	-0,31	-0,43
9,69	-0,15	-0,30	-0,42
10,2	-0,15	-0,30	-0,41



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,2€ από φωτοβολταϊκά

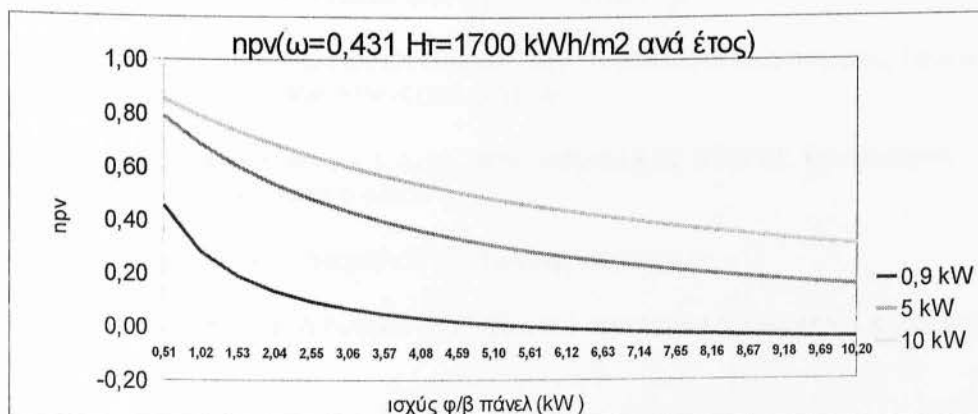
ισχύς φ/β kW	npv20 για $H_T=1700 \text{ kWh/m}^2$ $\omega=0,271$		
	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	-0,02	0,02	0,03
1,02	-0,05	0,01	0,02
1,53	-0,06	-0,01	0,01
2,04	-0,07	-0,01	0,01
2,55	-0,07	-0,02	0,00
3,06	-0,08	-0,03	-0,01
3,57	-0,08	-0,03	-0,01
4,08	-0,08	-0,04	-0,01
4,59	-0,09	-0,04	-0,02
5,1	-0,09	-0,05	-0,02
5,61	-0,09	-0,05	-0,03
6,12	-0,09	-0,05	-0,03
6,63	-0,09	-0,06	-0,03
7,14	-0,09	-0,06	-0,03
7,65	-0,09	-0,06	-0,04
8,16	-0,09	-0,06	-0,04
8,67	-0,09	-0,06	-0,04
9,18	-0,09	-0,06	-0,04
9,69	-0,09	-0,07	-0,04
10,2	-0,09	-0,07	-0,05



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τιμή πώλησης kWh 0,1€ από α/γ και 0,2€ από φωτοβολταϊκά

ηρν20 για Ητ=1700 kWh/m2 ω=0,431			
ισχύς φ/β kW	α/γ 0,9 kW	α/γ 5 kW	α/γ 5 kW
0,51	0,45	0,79	0,85
1,02	0,28	0,69	0,79
1,53	0,19	0,60	0,73
2,04	0,13	0,54	0,69
2,55	0,09	0,48	0,64
3,06	0,07	0,43	0,60
3,57	0,05	0,39	0,57
4,08	0,03	0,36	0,54
4,59	0,02	0,33	0,51
5,1	0,01	0,30	0,48
5,61	0,00	0,28	0,46
6,12	-0,01	0,26	0,43
6,63	-0,02	0,24	0,41
7,14	-0,02	0,23	0,39
7,65	-0,03	0,21	0,38
8,16	-0,03	0,20	0,36
8,67	-0,04	0,18	0,34
9,18	-0,04	0,17	0,33
9,69	-0,04	0,16	0,32
10,2	-0,04	0,15	0,30



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. Νομπιλάκης Σπυρίδων, 2011 «Διεΐσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Διασυνδεδεμένη Κατοικία»
2. Χ.Καρανίκας, «Ενεργειακή σπατάλη από τα ελληνικά σπίτια»
3. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, «Ενέργεια και περιβάλλον 2008»
4. Luis Perez-Lombard, Jose Ortiz, Christine Pout, 2007 «A review on buildings energy consumption information»
5. Anna Joanna Marszal and Per Heiselberg «Zero Energy Building (ZEB) definitions – A literature review»
6. P. Torcellini, S. Pless, and M. Deru, 2006 «Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition»
7. Patxi Hernandez, Paul Kenny, 2010 "From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)"
8. L. Zhu, R. Hurt, D. Correa, R. Boehm, 2009 «Comprehensive energy and economic analyses on a zero energy house versus a conventional house»
9. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 18-6-2010
10. Ιστοσελίδα: zeb.buildinggreen.com
12. AVECO O.E.T.E. , επίσημη ιστοσελίδα: www.aveco.gr
13. PHOTOVOLTAIC , επίσημη ιστοσελίδα: www.photovoltaic.gr
14. Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών, Οκτώβριος 2009, «Μικρές ανεμογεννήτριες, Εφαρμογές του Οικιακού Τομέα» επίσημη ιστοσελίδα: www.cea.org.cy
15. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, Ιούλιος 2009, «ΗΛΙΑΚΕΣ ΣΤΕΓΕΣ, Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στον οικιακό-κτιριακό τομέα»
16. Ιωάννης Κ.Καλδέλλης, 1999, «Διαχείριση της αιολικής ενέργειας»
17. Ιωάννης Κ.Καλδέλλης, Κοσμάς Α.Καββαδίας, 2001, « Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας»

